

माध्यमिक पाठ्यक्रम

२१२ - विज्ञान आणि तंत्रज्ञान

पुस्तक - १

अभ्यासक्रम सहनिर्देशक  
श्रीमती नीलम गुप्ता  
डॉ. अलोक कुमार गुप्ता  
डॉ. राजीव प्रसाद

प्रकल्प समन्वयक  
श्रीमती अशिमा सिंग



राष्ट्रीय मुक्त विद्यालयी शिक्षा संस्थान

ए-२४-२५. इंस्टीट्यूशनल एरिया, सेक्टर-६२, नोएडा-२०१ ३०९ (उ.प्र.)

Website: [www.nios.ac.in](http://www.nios.ac.in), Toll Free No. 18001809393

एनआईओएस वाटरमार्क 80 जीएसएम पेपर पर मुद्रित।

---

© राष्ट्रीय मुक्त विद्यालयी शिक्षा संस्थान

मुद्रण : दिसंबर, 2013 (2,000 प्रतियाँ)

सचिव, राष्ट्रीय मुक्त विद्यालयी शिक्षा संस्थान, ए-24-25, इंस्टीट्यूशनल एरिया, सेक्टर-62, नोएडा-201309 द्वारा प्रकाशित एवं मैसर्स अरावली प्रिन्टर्स एण्ड पब्लिशर्स, (प्रा.) लि., डब्ल्यू-30, ओखला इंडस्ट्रियल एरिया, फेस-II, नई दिल्ली-110020 द्वारा मुद्रित

**राष्ट्रीय मुक्त विद्यालयीन शिक्षण संस्था सल्लागार समिती**

<b>डॉ. सितांशु स. जेना</b> चेअरमन रा.मु.शा.सं., नवीन दिल्ली	<b>डॉ. कुलदीप अग्रवाल</b> निर्देशक (शैक्षणिक) रा.मु.शा.सं., नवीन दिल्ली	<b>डॉ. वेंकटेश श्रीनिवासन</b> साहायक प्रतिनिधी UNFPA नवी दिल्ली	<b>श्रीमती गोपा विश्वास</b> सह.संचालक (शैक्षणिक) रा.मु.शा.सं., नवीन दिल्ली	<b>डॉ. सोनिया बहल</b> सह. संचालक (शैक्षणिक) रा.मु.शा.सं., नोईडा
---	---	---	--	---

**अभ्यासक्रम समिती – अध्यक्ष**

**प्रा. आर.डी. शुक्ला**  
प्राध्यापक व विभाग प्रमुख  
DESM, NCERT, नवी दिल्ली

**प्रा. टि.आर. राव.**  
प्राध्यापक (निवृत्त),  
दिल्ली विद्यापीठ

**डॉ. विजय सारडा**  
प्राध्यापक, झाकीर हुसेन,  
दिल्ली महाविद्यालय, दिल्ली

**डॉ. अनिक वसिष्ठ**  
प्राचार्य, शासकीय उच्च माध्यमिक  
विद्यालय, जाफराबाद

**डॉ. डी.के. राव**  
उपसंचालक, DEC, IGNOU  
नवी दिल्ली

**डॉ. भारती सरकार**  
प्राध्यापिका (निवृत्त)  
दिल्ली विद्यापीठ

**श्री. कन्हैयालाल**  
प्राचार्य (निवृत्त)  
शिक्षण विभाग, नवी दिल्ली

**श्रीमती शिवानी गोस्वामी**  
PGT and HOD (निवृत्त),  
मदत इंटरनॅशनल स्कूल, दिल्ली

**श्री. अनिल कुमार**  
प्राचार्य, राजकीय प्रतिभा विकास  
विद्यालय, शालीमार बाग, दिल्ली

**प्रा. सुनिता मल्होत्रा**  
स्कूल ऑफ सायन्सेस,  
दिल्ली विद्यापीठ

**डॉ. सुविता दत्त**  
प्राचार्य, मैत्रेयी महाविद्यालय,  
दिल्ली विद्यापीठ, दिल्ली

**प्रा. शेर सिंग**  
प्राचार्य, नवयुग स्कूल,  
लोधी रोड, दिल्ली

**श्री. आर.एस.दास**  
उपप्राचार्य (निवृत्त) BRMVB  
हायस्कूल, लजतपनगर, नवी दिल्ली

**प्रा. व्ही.पी. श्रीवास्तव**  
प्राध्यापक, DESM, NCERT,  
नवी दिल्ली

**प्रा. ए.के. भटनागर**  
प्राध्यापक, झाकीर हुसेन,  
दिल्ली महाविद्यालय, दिल्ली

**डॉ. एम. के. गांधी**  
शिक्षणाधिकारी, CISCE बोर्ड,  
नवी दिल्ली

**श्रीमती नीलम गुप्ता**  
शिक्षणाधिकारी (पर्यावरणशास्त्र,  
जीवशास्त्र) NIOS, नोएडा

**संपादक मंडळ**

**प्रा. आर.डी. शुक्ला**  
प्राध्यापक व विभाग प्रमुख  
DESM, NCERT, नवी दिल्ली

**डॉ. रंजना सक्सेना**  
प्राध्यापक, दयालसिंग महाविद्यालय,  
दिल्ली विद्यापीठ, नवी दिल्ली

**श्रीमती रिटा थोकचाम**  
4/43 A पहिला मजला  
विजयनगर, दिल्ली

**डॉ. विजय सारडा**  
प्राध्यापक, झाकीर हुसेन,  
दिल्ली महाविद्यालय, दिल्ली

**श्रीमती शिवानी गोस्वामी**  
PGT & HOD (निवृत्त),  
मदत इंटरनॅशनल स्कूल, दिल्ली

**श्रीमती नीलम गुप्ता**  
शिक्षणाधिकारी (पर्यावरणशास्त्र,  
जीवशास्त्र) NIOS, नोएडा

**श्री. शेर सिंग**  
प्राचार्य, नवयुग स्कूल,  
लोधी रोड, दिल्ली

**श्रीमती किंकिणी मिश्रा**  
वरिष्ठ वैज्ञानिक  
विज्ञान प्रसार, नोएडा

**डॉ. अलोककुमार गुप्ता**  
शिक्षणाधिकारी (भौतिक)  
NIOS, नोएडा

**श्री. आर.एस.दास**  
उपप्राचार्य (निवृत्त) BRMVB  
हायस्कूल, लजतपनगर, नवी दिल्ली

**श्रीमती उर्निल महेंद्रू**  
G-146, एल.वाय. पश्चिम  
विहार कॉलनी, नवी दिल्ली

**डॉ. राजीव प्रसाद**  
शिक्षणाधिकारी (रसायन)  
NIOS, नोएडा

**डॉ. भारती सरकार**  
प्राध्यापिका (निवृत्त)  
दिल्ली विद्यापीठ

**श्रीमती एस.के. अरोरा**  
G-114/190 मीरा अपार्ट.  
प. विहार कॉलनी, दिल्ली

**पाठलेखक**

**डॉ. संजीव कुमार** (प्राध्यापक)  
स्कूल ऑफ सायन्सेस, IGNOU

**श्री. शेर सिंग** (प्राचार्य)  
नवयुग स्कूल, लोधी रोड, दिल्ली

**डॉ. एम. के. गांधी**  
शिक्षणाधिकारी, CISCE बोर्ड,  
नवी दिल्ली

**डॉ. सुबोध मोहंती** (संचालक)  
विज्ञान प्रसार, नोएडा

**श्री. कन्हैयालाल** प्राचार्य (निवृत्त)  
शिक्षण विभाग, नवी दिल्ली

**श्री. कपिल त्रिपाठी**  
वरिष्ठ वैज्ञानिक  
विज्ञान प्रसार, नोएडा

**प्रा. आर.डी. शुक्ला** (प्राध्यापक)  
DESM, NCERT, नवी दिल्ली

**डॉ. ओ.पी. शर्मा** (उपसंचालक)  
NCIDE, IGNOU, दिल्ली

**डॉ. सी. एम. नॉटीयाल**  
वरिष्ठ वैज्ञानिक  
BSIP, लखनौ

**डॉ. विजय सारडा** (प्राध्यापक)  
झा.हु. दि.म.वि., दिल्ली

**श्री. आर. एस. दास** उपप्राचार्य (निवृत्त)  
BRMVB हायस्कूल, नवी दिल्ली

**जीवन कौशल्य सल्लागार गट**

**श्रीमती अशिमा सिंग** (प्रकल्प अधिकारी)  
NIOS, नोएडा

**डॉ. जया** (राष्ट्रीय कार्यक्रम अधिकारी)  
(UNFPA) ५५, लोधी इस्टेट नवी दिल्ली

**विज्ञान प्रसार**

**अभ्यासक्रम समन्वयक**

**श्रीमती निलम गुप्ता** शिक्षणाधिकारी (पर्यावरणशास्त्र,  
जीवशास्त्र) NIOS, नोएडा

**डॉ. अलोककुमार गुप्ता** शिक्षणाधिकारी  
(भौतिक) NIOS, नोएडा

**डॉ. राजीव प्रसाद**

**मराठी भाषांतर**

**श्री. अ. गं. कडेकर**  
समन्वयक, विज्ञान आणि तंत्रज्ञान  
एस.एस.सी. बोर्ड, पुणे

**श्रीमती स्मिता कुलकर्णी** (व्याख्याती)  
आवासाहेव गरवारे महाविद्यालय,  
पुणे

**श्रीमती मोहिनी कुलकर्णी** (व्याख्याती)  
आवासाहेव गरवारे महाविद्यालय,  
पुणे

**रेखा कलाकार**

**श्री. महेश शर्मा,**  
रा.मु.शा.सं. नवीन दिल्ली

**श्री. प्रशांत सोनी**

**श्रीमती माधवी रावळ**

**वेदिका एन्टरप्रायजेस**  
टाईपसेट और डिझाईन, पुणे

# *Mukta Vidya Vani*



Mukta Vidya Vani is a pioneering initiative of the National Institute of Open Schooling (NIOS) for using Streaming Audio for educational purposes. This application of ICT will enhance accessibility as well as quality of programme delivery of NIOS Programmes. This is a rare accomplishment of NIOS as the first Open and Distance Learning Institute to start a two way interaction with its learners, using streaming audio and the internet.

Keeping in mind the fact that the transmission is done through the web, the NIOS website ([www.nios.ac.in](http://www.nios.ac.in)) has a link that will take any user to the Mukta Vidya Vani. Mukta Vidya Vani thus enables a two way communication with any audience that has access to an internet connection, from the studio at its Headquarters in NOIDA, where NIOS has set up a state-of-art studio, which will be used for this purpose as well as for recording educational audio programmes meant for NIOS learners, though others can also take advantage of this facility.

Mukta Vidya Vani is a modern interactive, participatory and cost effective programme, involving an academic perspective along with the technical responsibilities of production of audio and video programmes, which are one of the most important components of the multi channel package offered by the NIOS. These programmes will attempt to present the topic/ theme in a simple, interesting and engaging manner, so that the learners get a clear understanding and insight into the subject matter.

NIOS has launched a scheme to motivate the learners to participate in the Mukta Vidya Vani by sending their Audio CD's to the respective regional centre on various subjects such as-

1. Poetry / Shloka recitation
2. Story telling
3. Radio Drama
4. Music
5. Talks on various topic related to the NIOS curriculum including Painting, Vocational Subjects etc.
6. Quiz
7. Mathematics puzzles etc.

The selected CD can be webcast on Mukta Vidya Vani and the winner participant be rewarded suitably.

Learners may visit the NIOS website and participate in live programmes from 2pm to 5pm on all week days and from 10.30am to 12.30pm on Saturdays, Sundays and all Public Holidays. The Subject Experts in the Studio will respond to their telephonic queries during this time. A weekly schedule of the programmes for webcast is available on the NIOS website. The Studio telephone number are 0120-4626949 and Toll Free No. 1800-180-2543.



## अध्यक्षांचा संदेश

प्रिय विद्यार्थी मित्रांनो,

बदलत्या काळाप्रमाणे जशा सर्वसाधारणपणे समाजाच्या आणि समाजातील विशिष्ट गटांच्या गरजा बदलत असतात त्याचप्रमाणे त्या गरजा भागवण्याच्या पद्धती आणि तंत्रज्ञानामध्येही बदल घडवणे आवश्यक असते. शिक्षण हे बदलाचे उपकरण किंवा हत्यार आहे. योग्य वेळेला योग्य त-हेचे शिक्षण मिळाल्याने समाजामध्ये सकारात्मक बदल घडून येतो. नविन आव्हाने स्विकारण्यासाठी दृष्टिकोन बदलतो तसेच आपत्कालिन परिस्थितीला तोंड देण्याचे धैर्य निर्माण होते. अभ्यासक्रमामध्ये वेळोवेळी नविन संकल्पना, शोधांचा अंतर्भाव केल्याने हे ज्ञान, शक्ति, धैर्य प्रभावीपणे आत्मसात करता येते. वर्षानुवर्षे एकच अभ्यासक्रम राबवला असता कोणताही हेतू साध्य होत नाही. त्यातून सद्यस्थितीला सामोरे जाण्यासाठी आवश्यक असलेल्या वक्तृशः तसेच समाजसुधारणेसाठी आवश्यक गरजा भागत नाहीत.

हयाच हेतूने संपूर्ण देशातून विचारवंत, अभ्यासक वेळोवेळी एकत्र येऊन अभ्यासक्रमात गरजेप्रमाणे आवश्यक असलेले बदल घडवून आणतात. हया सर्वातूनच राष्ट्रीय अभ्यासक्रम संरचना (National Curriculum Framework – NCF, 2005) अस्तित्वात आली. त्याद्वारे पूर्वप्राथमिक, प्राथमिक, माध्यमिक आणि उच्च माध्यमिक अशा वेगवेगळ्या स्तरांवर गरजेप्रमाणे आवश्यक अभ्यासक्रमांची निर्मिती झाली.

राष्ट्रीय आणि सामाजिक बांधिलकीची ही संरचना मनात ठेवूनच आम्ही चालू काळात माध्यमिक स्तरावर विषयांच्या अभ्यासक्रमांमध्ये आवश्यकतेप्रमाणे सुधारणा केली आहे. मुक्त शिक्षण आणि दूर शिक्षण पध्दतीतून राष्ट्रीय मुक्त शिक्षण संस्थेतर्फे (NIOS) अभ्यासक्रमावर आधारित साधनांची आणि लिखित वाङ्मयाची निर्मिती करणे हा प्रमुख अत्यावश्यक हेतू NIOS च्या सर्व उपक्रमांमध्ये अंतर्भूत असतो. त्यामुळे ही अभ्यासाची क्रमिक पुस्तके, साधने समजण्यासाठी सोपी, ज्ञानरंजक आणि आकर्षक असावीत हयासाठी आम्ही विशेष प्रयत्न केले आहेत.

हे पुस्तक रंजक आणि सर्व गरजा भागवणारे असे परिपूर्ण व्हावे हयासाठी ज्या प्रतिभावान, अभ्यासक विचारवंतांनी मदत केली आहे. त्या सर्वांचा मी आभारी आहे. हे पुस्तक तुम्हालाही सर्व दृष्टीने उपयुक्त ठरेल अशी मला आशा आहे.

राष्ट्रीय मुक्त शिक्षण संस्थेतर्फे (NIOS) मी तुम्ही सर्वांना उज्वल यश मिळो अशी शुभेच्छा देतो.

डॉ. एस.एस.जेना  
अध्यक्ष (एनआयओएस)

## संचालकांचा अभिप्राय

प्रिय विद्यार्थी मित्रांनो,

राष्ट्रीय मुक्त शिक्षण संस्थेचा शिक्षण विभाग तुमच्या गरजा आणि आवश्यकता लक्षात घेऊन नेहमीच नवनवीन उपक्रमांची निर्मिती करण्याच्या प्रयत्नात असतो. सध्या आम्ही माध्यमिक स्तरावरील सर्व विषयांच्या अभ्यासक्रमात सुधारणा करत आहोत. देशातील इतर सर्व राज्य मंडळांच्या अभ्यासक्रमांशी समतुल्य अभ्यासक्रम तयार करण्यासाठीच ही सुधारणा होत आहे. त्यासाठी आम्ही CBSE आणि इतर राज्य मंडळांच्या माध्यमिक अभ्यासक्रमांचा तुलनात्मक आढावा घेतला.

राष्ट्रीय अभ्यासक्रम संरचनेने NCERT चा संदर्भ घेतला. अशा प्रकारे सर्वांगीण तुलनात्मक अभ्यास करून आम्ही जीवनाशी निगडित गोष्टींवर आधारित सोपा आणि कार्यशील अभ्यासक्रम तयार केला. हा अभ्यासक्रम तयार करण्यामध्ये आपल्या देशातील प्रतिभावंत शिक्षण तज्ज्ञांचा अंतर्भाव आहे. त्यांच्या मार्गदर्शनाखालीच आम्ही सद्यस्थितीला अनुसरून सुधारित अभ्यासक्रमाची निर्मिती केली आहे.

हयाबरोबरच आम्ही शैक्षणिक साधनांचीही निर्मिती केली. अभ्यासक्रमातून जुन्या, कालबाह्य संकल्पना आणि माहिती काढून टाकली आणि नवनवीन संकल्पना आणि माहितीचा अंतर्भाव करून हे पुस्तक ज्ञानवर्धक व आकर्षक बनविण्याचा प्रयत्न केला.

तुमच्या हातात असलेले हे पुस्तक माहितीपूर्ण आणि आकर्षण वाटेल अशी मला आशा आहे. पुस्तकामध्ये काही कमतरता वाटल्यास त्याच्या सुधारणेसाठीच्या सुचनांचे स्वागत होईल.

तुम्ही तुमच्या आयुष्यात यशस्वी आणि आनंदी व्हाल अशी मी शुभेच्छा देतो.

(डॉ. कुलदीप अगरवाल)  
संचालक (शैक्षणिक)

## आपल्याशी हितगुज

राष्ट्रीय मुक्त शिक्षण संस्थेत तुमचे स्वागत असो !

तुमच्या आयुष्याचे ध्येय ठरवण्यासाठी तुम्ही नुकतेच पहिले पाऊल टाकले आहे . नेहमीच कोणत्याही गोष्टीची "सुरुवात" करणे हा अवघड, जटिल असा भाग असतो . तथापि, एकदा सुरुवात झाली की तुम्हाला तुमच्याबद्दल चांगल्या अशा भावना निर्माण होतात . स्वतःमध्ये सुधारणा करून उत्तम व्यक्ती व्हावेसे वाटते . तुमच्या लक्षात येईल की वैयक्तिक विकासाच्या हया प्रवासामध्ये जगात किती प्रचंड ज्ञान आहे . तसेच स्वतःच्या क्षमता, दुसऱ्यांचे गुण, जीवनावश्यक तत्वे आणि सभोवतालच्या इतर गोष्टींची कल्पना येईल . हा जीवनाचा प्रवास आनंदाने, उत्साहाने सुरू करा .

संपूर्ण जगामध्येच शिक्षण पध्दतीतील दृष्टिकोनात आणि उद्दिष्टांमध्ये अमूलाग्र बदल होत आहेत . तुमचे हित लक्षात घेऊन राष्ट्रीय मुक्त शिक्षण संस्थेने जीवनावश्यक कौशल्ये प्राप्त करण्यासाठी शैक्षणिक साधनांच्या निर्मितीची प्रक्रिया सुरू केली आहे . फक्त शैक्षणिकच नाही तर तुमच्यामधील वैयक्तिक व सामाजिक क्षमता वाढवून तुम्हाला सक्षम बनवणे हाच आमचा दृष्टिकोन आहे . विषयाच्या ज्ञानाबरोबरच तुम्ही जीवनातील ताण तणावांना सामोरे जाऊन त्यातून धैर्याने कसा मार्ग काढाल हयाचेही शिक्षण देणे आमचे उद्दिष्ट आहे . तुम्ही योग्य आणि अयोग्य, चांगले आणि वाईट हयातील फरक ओळखून स्वतःच्या आयुष्यातील नोकरी-व्यवसायासंदर्भातील योग्य निर्णय घेण्यास पात्र झाले पाहिजे . हया अभ्यासक्रमाद्वारे राष्ट्रीय मुक्त शिक्षण संस्था तुमच्यामध्ये जीवनातील आव्हाने पेलण्यासाठी आणि आलेल्या संधीचा चांगल्या प्रकारे फायदा घेण्यासाठी वेगवेगळी आवश्यक कौशल्ये निर्माण करत आहे . अशा प्रसंगांमध्ये तुम्ही स्वतःला किंवा समाजाला हानी न पोहोचवता संवेदनशीलपणे सकारात्मक पाऊले उचलाल .

तुमच्यासारख्या मुक्त शिक्षण घेणा-या विद्यार्थ्यांसाठी हे पुस्तक म्हणजे "लेखी शिक्षक" आहे . त्यामध्ये रोजच्या जीवनात येणा-या अनुभवांचाच मागोवा घेतला आहे .

फक्त ज्ञान असणे पुरेसे नसते त्या ज्ञानाचा वापर करणे गरजेचे असते . तसेच नुसती इच्छा असणे पुरेसे नसून क्रिया करणे महत्वाचे असते .

- जॉन वॉल्फगॅंग गोथे

हे पुस्तक वाचताना तुमच्या लक्षात येईल की त्यामधील पाठांमध्ये कृतीपाठ, पाठावर आधारित प्रश्नांचा अंतर्भाव केला आहे . ते प्रश्न सोडवण्याचा प्रामाणिकपणे प्रयत्न करा . तुम्हाला शिकण्याची आणि सरावाची व्यवस्थित संधी मिळेल . अशा पध्दतीने कृती पाठांची व गृहपाठांची काळजीपूर्वक रचना केली आहे .

तुम्हाला किती आकलन झाले आहे हे तपासण्यासाठी पाठावरील प्रश्नांची निर्मिती केली आहे . आपल्या प्रत्येकामध्ये असलेली वेगवेगळी जीवनकौशल्ये म्हणजेच आपल्या क्षमता . हया क्षमता वाढविण्यासाठी आपल्याला भगीरथ प्रयत्न करणे गरजेचे आहे . पाठातील प्रश्नांची उत्तरे

आपल्याला शक्य असलेल्या सर्व गोष्टी आपण केल्या तर आपला स्वतःचा सर्वांगीण विकास होईल .

- थॉमस एडिसन

शोधण्याने ही जीवनकौशल्ये फार कष्ट न घेता विकसीत होतील . आता तुम्ही हया मार्गावर मार्गक्रमण करत आहात आणि यशाकडे वाटचाल करण्यासाठी महत्वाची भूमिका बजावत आहात .

प्रिय मित्रांनो, हया देशातील करोडो युवकांमधील तुम्ही एक आहात . तुम्हीच या देशाचे भवितव्य आहात . हया माणसांच्या गर्दीत स्वतःचे वेगळे स्थान निर्माण करण्याची आणि सर्वांमध्ये चमकण्याची क्षमता तुमच्यामध्ये आहे . तुमच्यासमोर कोणत्या व्यक्तित्वाचा आदर्श आहे? नेतृत्वगुण, संवाद कौशल्य, निर्मिती कौशल्य, वस्तुस्थितीची आकलन क्षमता, लोकांबरोबर आंतरक्रिया व नातेसंबंध हया सर्व गुणांमुळेच एखादी व्यक्ती गर्दीमध्ये सुध्दा वेगळी उठून दिसते, चमकते म्हणून तुमच्या समोर आलेल्या विषयावर तुम्ही प्रभूत्व मिळवा तसेच तुमच्या व्यक्तिमत्त्वाला वेगवेगळे पैलू पाडा .

तुमच्यामधील जीवन कौशल्ये वाढविण्यासाठी तसेच रोजच्या व्यवहारात यशस्वी होण्यासाठी हया पुस्तकाचा तुम्हाला निश्चितच उपयोग होईल . हया पुस्तकाच्या अभ्यासातून परिस्थितीनुरूप बदल घडवणे, सकारात्मक विचार करणे, भावना आणि वर्तनावर नियंत्रण ठेवणे अशा सर्व गोष्टी आत्मसात केल्याने जीवन कौशल्ये विकसीत होतील .

जीवनकौशल्ये शिकविणारे हे परिपूर्ण पुस्तक तुम्हाला रोजच्या जीवनात उपयुक्त ठरेल अशी मला आशा वाटते . तुमच्यामध्ये अनुकूलनक्षमता निर्माण व्हावी, तुमचे वर्तन सकारात्मक विचारसरणीच्या भावनांवर आधारित असावे अशा संकलित जीवनकौशल्यांच्या प्राप्तीचे उद्दिष्ट डोळ्यासमोर ठेऊन सदर पुस्तकाची निर्मिती केली आहे .

अशिमा सिंग

प्रकल्प समन्वयक

(युवा शिक्षण प्रकल्प) asheemasingh@nios.ac.in

## आपल्याशी हितगुज

प्रिय विद्यार्थी मित्रांनो

विज्ञान आणि तंत्रज्ञानाच्या सुधारित अभ्यासक्रामांमध्ये तुमचे स्वागत असो . हया अभ्यासक्रमाची रचना तुमच्यासारख्या विशेषतः शिक्षणात रस असलेल्या आणि त्यासाठी भारावून गेलेल्या विद्यार्थ्यांसाठी केली आहे . विज्ञान आणि तंत्रज्ञानात शिकलेली कौशल्ये आणि तंत्रे वास्तविक जीवनातील परिस्थितींमध्ये विद्यार्थ्यांना सक्षमपणे वापरता येतील अशा तःहेने हया नव्या अभ्यासक्रमाची रचना केली आहे . हया विषयाची दोन पुस्तके आहेत आणि तुम्ही त्या दोन्ही पुस्तकांचा अभ्यास करावा अशी अपेक्षा आहे . पहिल्या पुस्तकामध्ये चार विभाग आहेत . प्रत्येक विभागामध्ये वेगवेगळ्या घटकांचा अंतर्भाव केलेला आहे . उदाहरणार्थ विज्ञानातील मापनपध्दती,

आपल्या परिसरातील घटक , गतिमान वस्तू आणि उर्जा . हया विभागाचा अभ्यास केल्यानंतर तुम्हाला दैनंदिन जीवनातील वेगवेगळ्या घटनांमागील शास्त्रीय तत्वांचे आकलन होईल . दुसऱ्या पुस्तकामध्ये तीन विभाग असून त्यामध्ये सजीव सृष्टी, नैसर्गिक साधन संपदा आणि मानव व पर्यावरण हया घटकांचा अंतर्भाव आहे .

जसजसा तुम्ही पाठांचा अभ्यास करायला सुरुवात करणार तसे तुमच्या लक्षात येईल की पाठामध्ये दिलेल्या अनेक कृती/ गोष्टी दैनंदिन जीवनात अनुभवावयास मिळतात . हे कृतीपाठ विशेषतः अवघड संकल्पना नीट समजण्याच्या दृष्टिने तयार केले आहेत . तसेच हया कृतीपाठांमधून तुम्हाला विचारशक्ती तसेच सामाजिक व भावनिक कौशल्यांचा विकास करण्याची संधी मिळेल . मेंदूला चालना देणारे कृतीपाठ, सर्वेक्षण, Case Studies, वगैरे कृती तुम्ही नेटाने प्रयत्नपूर्वक करा .

हे पुस्तक तुम्हाला फक्त अभ्यासापुरतेच उपयुक्त वाटेल असे नाही तर एक जबाबदार, विचारी माणूस जो समाजामध्ये विधायक कार्य करून सकारात्मक बदल घडवून आणेल असे बघण्यास मदत करेल हयाची आम्हाला खात्री आहे . हे पुस्तक तुम्हाला विज्ञान आणि तंत्रज्ञानाच्या नव्या युगात सहजपणे वावरण्यास मदत करेल अशी आम्हाला आशा आहे . हया अभ्यासक्रमासंदर्भात तुम्हाला कोणत्याही प्रकारच्या अडचणी किंवा शंका आल्यास संकोच न बाळगता आम्हाला लिहा . तुमच्या प्रतिपादाचे नेहमीच स्वागत होईल .

ध्येय समोर ठेवा आणि ध्येयापर्यंत पोचा .

यशस्वी व्हा अशी शुभेच्छा |

**श्रीमती नीलम गुप्ता**

वरिष्ठ शिक्षणाधिकारी

(पर्यावरण आणि जीवशास्त्र)

राष्ट्रीय मुक्त शिक्षण संस्था,

नोंड (उ.प्र)

Email.:neelam@nios.ac.in

**डॉ. अलोक कुमार गुप्ता**

शिक्षणाधिकारी

(पदार्थविज्ञान)

राष्ट्रीय मुक्त शिक्षण संस्था,

नोंड (उ.प्र)

Email.:90phy@nios.ac.in

**डॉ. राजीव प्रसाद**

शिक्षणाधिकारी

(रसायनशास्त्र)

राष्ट्रीय मुक्त शिक्षण संस्था,

नोंड (उ.प्र)

Email.:90chem@nios.ac.in



## अध्ययन साहित्याचा उपयोग कसा कराल?

सर्वसामान्य शाळेतील शिक्षणपद्धतीपेक्षा राष्ट्रीय मुक्त विद्यालयातील शिक्षण पद्धती पूर्णपणे भिन्न आहे. या भिन्न शिक्षण पद्धतीमध्ये आपण प्रवेश घेतला आहे. येथे प्रवेश घेतल्याबद्दल आपले स्वागत करून अभ्यासासंबंधी काही उपयुक्त माहिती खाली दिली आहे.

### स्वयंअध्ययन

सर्वसामान्य शाळेमध्ये शिकविण्यासाठी, मार्गदर्शन करण्यासाठी, शंकांनिरसन करण्यासाठी व अभ्यासाला प्रेरणा देण्यासाठी शिक्षक उपलब्ध असतात. त्याचप्रमाणे शाळेतील विद्यार्थी परस्परांमध्ये चर्चा करून स्वतःच्या अडचणी दूर करू शकतात. शाळेची ग्रंथालये उपयुक्त माहिती पुरवू शकतात. प्रयोगशाळेत प्रयोग करून आपण ज्ञान मिळवू शकतो. अभ्यासेतर उपक्रमात भाग घेऊनसुद्धा आपण ज्ञानात भर घालू शकतो. आपल्यासाठी वेगवेगळ्या शैक्षणिक विषयांवर आकाशवाणी आणि दूरदर्शन कार्यक्रम तयार करून सादर केले जातात. कार्यक्रमांद्वारे मौलिक मार्गदर्शन मिळते. अशा तऱ्हेने शाळेतील विद्यार्थ्यांना ज्ञानार्जनासाठी सर्व वाजुंनी मदत मिळते.

परंतु मुक्त विद्यालयात विद्यार्थ्यांना मार्गदर्शनासाठी शिक्षक उपलब्ध नसतात. विद्यार्थ्यांना स्वतःच्या जबाबदारीवरच ज्ञानार्जन करावे लागते. याचा अर्थ विद्यार्थीच स्वतःचा शिक्षक असतो. त्यामुळे शाळेतील विद्यार्थ्यांपेक्षा स्वतः ज्ञानार्जन करणारया मुक्त विद्यालयातील विद्यार्थ्यांची स्वतःवरील जबाबदारी शतपटीने वाढते. परंतु त्याबरोबरच ही गोष्ट अतिशय आव्हानात्मक आहे. ही बाब देखील सत्य आहे.

मुक्त विद्यालयातील विद्यार्थी ज्ञानार्जनासाठी फक्त स्वतःवर आणि स्वतःवरच अवलंबून असतो. याचाच अर्थ असा की स्वतःच्या अभ्यासाचे वेळापत्रक स्वतः विद्यार्थ्यांलाच ठरवावे लागते, नियमितपणे अभ्यास करावा लागतो. अभ्यास करण्याची, प्रगतीची ऊर्जा कायम ठेवावी लागते आणि उत्तीर्ण होऊन ध्येय साध्य करावे लागते.

### अभ्यासाहित्याविषयी

राष्ट्रीय मुक्त विद्यालय शिक्षण संस्था आपल्याला सर्व प्रकारचे अभ्यास साहित्य पुरविण्यासाठी प्रयत्नशील आहे. त्यापैकी काही अभ्यास साहित्य (पाठयपुस्तक) आपल्या हातात आहे. आम्ही या साहित्याला पाठयपुस्तक (text book) असे न म्हणता या साहित्याला अभ्यास साहित्य (learning material) म्हटले आहे. शाळेतील पाठयपुस्तकापेक्षा हे अभ्यास साहित्य अगदी निराळे आहे. या अभ्यास साहित्यामध्ये पाठयपुस्तक आणि ते शिकविणारा अध्यापक यांचा अप्रतिम मिलाफ आहे. वर्गात शिक्षक ज्या पद्धतीने ज्ञानार्जन करतात, विद्यार्थ्यांच्या संकल्पना दृढ करतात आणि ज्ञानाचा पाया पक्का करतात. त्याप्रमाणेच शिक्षक ज्या पद्धतीने समजावून सांगतात अगदी तशाच पद्धतीने या पुस्तकातील मजकूर तयार केला गेला आहे. योग्य त्या ठिकाणी खुलाशाबरोबरच निवडक उदाहरणे आणि अनुरूप आकृत्या, चित्रे, आलेख देण्यात आले आहेत. म्हणूनच हे पुस्तक भारदस्त झाले आहे. परंतु त्यामुळे घाबरून जाऊ नका.

पाठयपुस्तकातील धड्यांची विभागणी विभागावार करण्यात आली आहे. ती विभागणी आणि त्याचे कारण आपण समजावून घेऊ या.

**प्रस्तावना :** प्रस्तावनेमध्ये जे लिहिलेले असते त्याचा संबंध शीर्षकाशी असतो .



**उद्दिष्टे :** प्रकरणामधून तुम्ही जे शिकणे अपेक्षित असते ते या विधानांवरून तुम्हाला समजू शकते . प्रकरण वाचल्यानंतर तुम्ही जो अभ्यास करणे अपेक्षित असते तो उद्दिष्ट्यांच्या मदतीने तपासू शकता . उद्दिष्टे जरूर वाचा



**टिपणे :** (notes) प्रत्येक पानावर काही रिकामी जागा आहे तिथे तुम्ही महत्त्वाचे मुद्दे लिहू शकता .



**पाठ्यांशावरील प्रश्न :** प्रत्येक भागानंतर तुम्हाला किती समजले आहे ते तपासण्यासाठी लघुत्तरी प्रश्न दिले आहेत . प्रकरणाच्या शेवटी या प्रश्नांची उत्तरे दिलेली आहेत . ते प्रश्न जरूर सोडवा . प्रश्नांची उत्तरे तुम्हाला माहित आहेत का नाहीत यावरून पुढचे प्रकरण वाचायचे का परत आधीच्या प्रकरणाचा अभ्यास करायचा हे तुम्ही ठरवू शकाल .



**तुम्ही काय शिकलात?**

प्रकरणातील मुख्य मुद्दे सारांश रूपाने यात सांगितलेले आहेत . उजळणीसाठी तुम्हाला याची मदत होईल . यात तुम्ही तुमचे स्वतःचे काही मुद्दे पण लिहू शकता .



**संकीर्ण प्रश्न :** यात लघुत्तरी आणि दीर्घोत्तरी प्रश्न असतात . संपूर्ण प्रकरण समजून घेण्याची संधी उत्तरांचा सराव करून तुम्हाला मिळू शकेल .



**उत्तरे :** तुमची उत्तरे किती प्रमाणात बरोबर आहेत हे तुम्हाला दिलेल्या उत्तरावरून लक्षात येईल .

## व्यक्तिगत संपर्क कार्यक्रम

आपल्या अध्ययन केंद्रात प्रत्येक विषयासाठी संपर्क सत्रे आयोजित करण्यात येतात. नेहमीच्या शाळेत ज्या पद्धतीने विषयाचे अध्ययन होते, त्या पद्धतीने या सत्रात विषय शिकविला जात नाही, हे ध्यानात घ्या. या सत्रामध्ये तुमच्या शंकांचे निरसन केले जाईल. तुमच्या अडचणी सोडविल्या जातील. अभ्यासाबाबत तुम्हाला मार्गदर्शन आणि सल्ला दिला जाईल. म्हणून या संपर्कसत्रांचा जास्तीत जास्त फायदा घेण्यासाठी विषयाची चांगली तयारी करा आणि संपर्क सत्राला उपस्थित रहा.

## गणिती कार्यशाळा कार्यक्रम

राष्ट्रीय मुक्त विद्यालय शिक्षण संस्थेने गणित या विषयाची प्रयोगशाळा पुस्तिका तयार केली आहे. या प्रयोगशाळा पुस्तिकेतील कृती प्रत्यक्ष करण्याची संधी आपणास संपर्क केंद्रावरील गणिती कार्यशाळा कार्यक्रमात मिळेल.

## दूरचित्रवाणी, आकाशवाणी वरील कार्यक्रम

राष्ट्रीय मुक्त विद्यालय शिक्षण संस्थेने विषयाशी संबंधित आकाशवाणीवरून प्रक्षेपित करण्यासाठी काही कार्यक्रम तयार केले आहेत. तसेच दूरदर्शनवरून प्रदर्शित करण्यासाठी सुद्धा काही कार्यक्रम तयार केले आहेत. हे सर्व कार्यक्रम मनोरंजक तर आहेतच परंतु या कार्यक्रमाच्या दर्शन - श्रवणामुळे आपल्या ज्ञानात भर पडेल. अभ्यासास मदत होईल.

या कार्यक्रमाच्या सीडीज (ऑडिओ, व्हीडिओ) आपल्याला संपर्क केंद्रावर सुद्धा उपलब्ध होतील. आपण त्या केंद्रावरून घेऊन जा. ऐका, पाहा आणि परत आणून घ्या.

## आपल्या अभ्यासाच्या नियोजनासाठी काही उपयुक्त सूचना

आपल्या अभ्यासाचे नियोजन करणे अत्यंत गरजेचे आहे. त्यासाठी काही उपयुक्त सूचनांचा आपण विचार करा.

कोणतीही गोष्ट साध्य करण्यासाठी कठोर परिश्रमाला पर्याय नाही, ही गोष्ट ध्यानात ठेवा. जितके जास्त कठोर परिश्रम, तितके जास्त उज्वल यश आपल्या पदरात पडते. ध्येय गाठण्यासाठी कुठल्याही चोरवाटांचा उपयोग होत नाही. परीक्षेच्या वेळी मदत करण्याचे कोणीही आश्वासन दिले तर त्यावर अजिबात भरवसा ठेऊ नका. कारण परीक्षाकेंद्रावर अतिशय कडेकोट बंदोबस्त आणि अत्यंत दक्ष अशी पर्यवेक्षण व्यवस्था असते. यातून सुद्धा तुमचा प्रयत्न यशस्वी झाला, तरी सुद्धा तुम्हाला ज्ञान मिळणार नाही. हा तुमचा सर्वात मोठा तोटा होईल. यासाठी अतिशय प्रामाणिकपणे अभ्यास करून परीक्षेत उत्तम यश मिळवा. आयुष्यात यशस्वी व्हा.

राष्ट्रीय मुक्त विद्यालय शिक्षण संस्था आपल्याला सर्वच बाबतीत स्वातंत्र्य आणि लवचिकता देणे. उदा. सर्वच विषय एकाचवेळी घेऊन परीक्षेला बसण्याची सक्ती आपल्यावर नाही. परीक्षार्थीनी आपल्याला आपले काम / व्यवसाय सांभाळून अभ्यासासाठी किती वेळ देता येईल याचा स्वतःशी विचार करावा. एकाच वेळी सर्व विषयांचा अभ्यास करता येईल का याचा आढावा घ्यावा. तसे नसल्यास काही विषय या वेळी तर काही पुढच्यावेळी देण्यासंबंधी विचार करावा व त्याप्रमाणे अभ्यासाचे नियोजन करावे. एकाचवेळी सर्व विषयांचा अभ्यास करण्याचा प्रयत्न केल्यास कोणत्याच विषयावर लक्ष केंद्रीत होणार नाही आणि अपयशाचे धनी व्हावे लागेल.

म्हणून आपल्या सोयीनुसार सकाळ, दुपार, संध्याकाळ केव्हाही अभ्यासासाठी वेळ निश्चित करा. कालावधी निश्चित करा. प्रत्येक विषयाला कितीही वेळ द्यावयाचा याचे वेळापत्रक ठरवा. हे वेळापत्रक पाळण्याचा कसोशीने प्रयत्न करा.

अभ्यास करताना घटकातील ज्या संकल्पना महत्त्वाच्या वाटतात त्या पेन्सिलीने अधोरेखित करा. महत्त्वाचे मुद्दे अधोरेखित करा. आपल्या अभ्यास संस्थेने दिलेल्या अभ्यास साहित्यावरच अवलंबून आहे. तरी सुद्धा आवश्यकता वाटल्यास आणि वेळ असल्यास इतर पुस्तकातूनही व ज्ञानसाधनांमार्फत ज्ञान मिळवा. पण आमची अशी खात्री आहे की आम्ही दिलेले अभ्याससाहित्य आपल्यादृष्टिने पुरेसे आहे. आपल्या विषयांचे अभ्याससाहित्य (पुस्तके) जवळ बाळगा.

आपल्याला ज्या संकल्पना आणि मुद्दे समजले नाहीत, ते लिहून ठेवा. याबाबत आपल्या पालकांबरोबर, मित्रांबरोबर चर्चा करा. अध्ययन केंद्रातील मार्गदर्शकाकडून आपल्या शंकांचे निरसन करा.

पाठामध्ये विचारलेल्या सर्व प्रश्नांची उत्तरे तयार करा. विभागाच्या शेवटी विचारलेल्या सर्व प्रश्नांची उत्तरे तयार करा. याने तुमचा अभ्यास तर होईलच. तसेच यामुळे परीक्षेची तयारी सुद्धा होईल. याबरोबरच नमुना प्रश्नपत्रिका आणि गतवर्षीच्या प्रश्नपत्रिका सोडविण्याचा प्रयत्न करा. या प्रश्नांची उत्तरे मित्रांना, पालकांना दाखवा. त्यांच्याबरोबर चर्चा करा.

आपल्या मदतीसाठी काही मुद्दे सुचविले आहेत. अभ्यासासाठी आपण सुद्धा यापेक्षा चांगले मार्ग सुचवा. अभ्यासाचे चांगले तंत्र शोधा आणि अंमलात आणा.

यामुळे आपल्याला निश्चितपणे उज्वल यश प्राप्त होईल.

धन्यवाद!

# अभ्यासक्रमाचा आढावा

१

## विभाग 1- शास्त्रीय मापन पद्धती .

1. विज्ञान व तंत्रज्ञानातील मापन पद्धती .

## विभाग 2 .आपल्या परिसरातील घटक

2. आपल्या परिसरातील घटक .
3. अणू आणि रेणू
4. रासायनिक अभिक्रिया आणि समिकरणे .
5. अणूची संरचना .
6. मूलद्रव्यांच्या वर्गीकरणाची आवर्त सारणी .
7. रासायनिक बंध .
8. आम्ले,अल्कली आणि क्षार .

## विभाग ३ . गतिमान पदार्थ

9. गती आणि तत्संबंधी माहिती .
10. बल आणि गती .
11. गुरुत्वाकर्षण

## विभाग 4 .उर्जा

12. उर्जेचे स्रोत
13. कार्य आणि उर्जा
14. औष्णिक उर्जा
15. प्रकाश उर्जा
16. विद्युत उर्जा
17. विद्युत धारेचा चुंबकीय परिणाम
18. ध्वनी आणि दळणवळण .

२

## विभाग 5- सजीवसृष्टी

19. सजीवांचे वर्गीकरण
20. पृथ्वीवरील सजीवांचा इतिहास
21. सजीवांचे घटक -पेशी आणि उर्जा
22. जीवप्रक्रिया -1 -  
पोषण ,वहन,श्वसन आणि उत्सर्जन
23. जीवप्रक्रिया -2  
नियंत्रण आणि सहनिर्देशन
24. जीव प्रक्रिया -3 -  
प्रजनन
25. अनुवंशिकता

## विभाग -6-नैसर्गिक साधनसंपदा

26. हवा आणि पाणी
27. धातू आणि अधातू
28. कार्बन आणि कार्बनी संयुगे

## विभाग -7 -मानव आणि पर्यावरण

29. नैसर्गिक पर्यावरण
30. मानवाचा पर्यावरणांवरील परिणाम
31. अन्ननिर्मिती
32. आरोग्य आणि स्वच्छता .

## Awards Won by NIOS

Several projects have been implemented by the NIOS to tap the potential of Information and Communication Technology (ICT) for promoting of Open and Distance Learning (ODL) system. The Ni-On project of NIOS won the National Award for e-governance and Department of Information and Technology, Govt. of India. In further recognition of its On-line initiatives and best ICT practices, the NIOS received the following awards:

### NIOS WINS National Award for e-Governance 2008-09

Silver icon for Excellence in Government Process Re-engineering, Instituted by Government of India Department of Administrative Reforms and Public Grievances & Department of Information Technology.



### NIOS receives NCPEDP MPHASIS Universal Design Awards 2012



National Institute of Open Schooling (NIOS) has been awarded THE NCPEDP - MPHASIS UNIVERSAL DESIGN AWARDS 2012 instituted by National Centre for Promotion of Employment for Disabled People. The award was given by **Sh. Mukul Wasnik, Hon'ble Minister for Social Justice and Empowerment, Govt. of India** on 14th August, 2012. NIOS has been selected for its remarkable work done for the learners with disabilities through ICT by making its web portal [www.nios.ac.in](http://www.nios.ac.in) completely accessible for such learners.

### The Manthan Award South Asia & Asia Pacific 2012

The Manthan Award South Asia & Asia Pacific 2012 to recognize the best ICT practices in e-Content and Creativity instituted by Digital Empowerment Foundation in partnership with World Summit Award, Department of Information Technology, Govt. of India, and various other stakeholders like civil society members, media and other similar organisations engaged in promoting digital content inclusiveness in the whole of South Asian & Asia Pacific nation states for development. The award was conferred during **9th Manthan Award Gala South Asia & Asia Pacific 2012 at India Habitat Centre on 1st Dec. 2012.**



# अनुक्रमणिका

## विभाग 1. शास्त्रीय मापन पद्धती .

- 1 . विज्ञान व तंत्रज्ञानातील मापन पद्धती . 1

## विभाग 2 . आपल्या परिसरातील घटक

- 2 . आपल्या परिसरातील घटक . 22
- 3 . अणू आणि रेणू 49
- 4 . रासायनिक अभिक्रिया आणि समिकरणे . 72
- 5 . अणूची संरचना . 96
- 6 . मूलद्रव्यांच्या वर्गीकरणाची आवर्त सारणी . 116
- 7 . रासायनिक बंध . 142
- 8 . आम्ले, अल्कली आणि क्षार . 160

## विभाग ३ . गतिमान पदार्थ

- 9 . गती आणि तत्संबंधी माहिती . 199
- 10 . बल आणि गती . 236
- 11 . गुरुत्वाकर्षण 260

## विभाग 4 . उर्जा

- 12 . उर्जेचे स्रोत 278
- 13 . कार्य आणि उर्जा 305
- 14 . औष्णिक उर्जा 319
- 15 . प्रकाश उर्जा 337
- 16 . विद्युत उर्जा 376
- 17 . विद्युत धारेचा चुंबकीय परिणाम 414
- 18 . ध्वनी आणि दळणवळण . 442

# Awards Won by NIOS



**Web Ratna Awards 2012 Platinum Icon under Outstanding Web Content** for Acknowledging exemplary initiatives/practices in the realm of e-Governance for dissemination of information & services instituted by Department of Information Technology, Ministry of Communications & IT (MC&IT) and National Informatic Centre (NIC), Government of India. The award has been conferred by Hon'ble Minister of Communications and Information Technology Shri Kapil Sibal on 10th December 2012 at Dr. D.S Kothari Auditorium, DRDO Bhawan, Dalhousie Road, New Delhi.

## TOI Social Impact Award 2012

NIOS has been selected as winner of the Social Impact Award 2012 instituted by Times of India in partnership with J P Morgan. The Award is given in the recognition of magnificent work done by an individual or groups or institutions making an impact in the society in various segment including Education. NIOS feels honoured to accept the award.



The award was conferred on 28th January 2013 at a function in presence of President of India and high level dignitaries.

## National Awards for the Empowerment of Persons with Disabilities, 2012



The NIOS received the National Award for the Empowerment of persons with disabilities, 2012 Instituted by Ministry Social Justice and Empowerment, Govt. of India. The NIOS got this award under the category of best accessible Website for making its website [www.nios.ac.in](http://www.nios.ac.in) completely accessible for person with disabilities. The website is bilingual in Hindi and English. It also has provisions of Screen Reader, increasing text size, colour contrast scheme etc. for disabled learners. This award was conferred by the Hon'ble President of India at Vigyan Bhawan, New Delhi on 6th February, 2013. Dr. S.S. Jena Chairman, NIOS received the award.





## 1

## विज्ञान आणि तंत्रज्ञान यामधील मापन

प्रत्येकाला रोजच्या व्यवहारात कोणत्या ना कोणत्या गोष्टींचे मोजमाप करण्याची गरज असतेच. उदा.-स्वयंपाक करताना आपण धान्य,डाळी,भाजीपाला इ. कच्चा माल मोजूनच घेतो आणि तो ठराविक काळच शिजवतो. जेव्हा आपण बाजारात भाजीपाला किंवा फळे खरेदीसाठी जातो,तेव्हा आपण ती मोजूनच घेतो.

समजा तुमचा कोणता मित्र सर्वात जास्त वेगाने पळतो,हे तुम्हास ठरवायचे आहे. त्यासाठी तुम्ही तुमच्या मित्रांना मैदानाच्या एका टोकापासून दुस-या टोकापर्यंत पळावयास सांगाल आणि दुस-या टोकाशी कोण पहिला पोहोचतो ते पहाल. म्हणजेच तुम्ही त्यासाठी लागणारा वेळ मोजाल. या मापनावरून तुमचा मित्र किती वेगाने पळतो, हे तुम्हास सांगता येईल का ?त्यासाठी तुम्हास त्याने ठराविक वेळात किती अंतर काटतो,याची अचूक नोंद घ्यावी लागेल. विज्ञान आणि तंत्रज्ञानामुळे रोजच्या व्यवहारातील स्वयंपाक, बाजारहाट,शिवणकाम,खेळ, प्रवास यामध्ये लागणारी मापने अचूक घेता येतात.

मापन म्हणजे काय? त्याची आपणास का गरज आहे? मापन कसे करावे? मापन (संख्यात्मक) कसे सांगावे की ज्यामुळे सर्वांना सारखाच बोध होईल. सध्याची 'आंतरराष्ट्रीय एकक पध्दती' [International System of Units] कोणती आहे ? यासारख्या प्रश्नांचा उलगडा या पाठात केला आहे. तसेच लांबी, वस्तुमान,काळ,क्षेत्रफळ,घनफळ या भौतिक राशींचे मापन कोणकोणत्या साधनांनी करतात याचीसुध्दा माहिती या पाठात आहे.



## उद्देश :

- या पाठाचा अभ्यास केल्यानंतर पुढील गोष्टी आत्मसात होतील.
- मापनाची व्याख्या आणि मापनाची गरज समजेल.
- शरीराच्या अवयवांचा लांबी मोजण्यासाठी कसा उपयोग करतात आणि या मापनात कोणत्या त्रुटी आहेत त्या कळतील.
- प्राचीन भारतीय आणि इतर संस्कृतीमध्ये कोणकोणत्या मापन पध्दती वापरात होत्या,याची माहिती कळेल.



- सर्वत्र समान मापन पध्दती असण्याची गरज कळेल .
- मूलभूत एकके आणि साधित एकके यांच्या व्याख्या करता येतील आणि या एककांमधील फरक कळेल .
- मूलभूत भौतिक राशींची आंतरराष्ट्रीय एकके लिहिता येतील .
- या एककांच्या पटीत असणारी एकके लिहू शकाल .
- आंतरराष्ट्रीय एकके [SI units] नियमांचा वापर करून अचूकपणे मांडू शकाल .

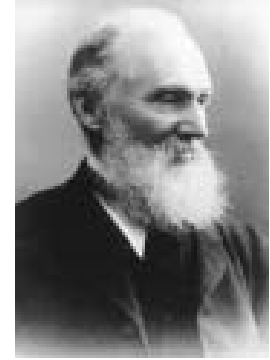
### 1.1 मापन म्हणजे काय?

समजा तुम्हाला मैदानाची लांबी मोजावयास सांगितली आहे . अशा वेळेस तुम्ही काय कराल? मैदानाच्या एका टोकाकडून दुस-या टोकाकडे जाताना किती पावले लागली ते मोजाल . किंवा अंतर मोजण्यासाठी मापनपट्टीचा (मीटरपट्टीचा) वापर कराल . यावेळीसुद्धा मीटरपट्टीने मोजण्यासाठी एका टोकाकडून पट्टीने मोजणी करत दुस-या टोकाकडे जावे लागेल . आणि मोजणीसाठी पट्टी किती वेळा वापरावी लागली याची नोंद करावी लागेल .

आता दुसरे उदाहरण पाहू . समजा तुम्हाला एका खोक्यात भरलेल्या पुस्तकांचे वजन करावयाचे आहे . त्यासाठी तराजूचा वापर करावा लागेल आणि तराजू समतोल करण्यासाठी किती किलोग्रॅमची वजने टाकावी लागली याची नोंद करावी लागेल . हे वजन करणेसुद्धा एक प्रकारचे मापनच आहे .

**निवडलेले मापन साधन आपण किती वेळा वापरले याचे गणन म्हणजे मापन होय .**

ज्या बाबी विषयी तुम्ही बोलत असता त्या बाबींचे मापन करून ते माप आकड्यात सांगता आले म्हणजे तुम्ही ज्या बाबींविषयी बोलता त्या बाबींचे पुरेसे ज्ञान तुम्हाला आहे हे लक्षात येते . परंतु ती बाव मोजता आली नाही . तिचे मापन आकड्यात सांगता आले नाही . तर तुमचे त्या बाबीसंबंधीचे ज्ञान अपुरे आणि असमाधानकारक आहे, हे लक्षात येते . कदाचित ही ज्ञान मिळविण्याची सुरुवात असू शकेल . परंतु याने तुमची वैचारिक पातळी वैज्ञानिक पातळीपर्यंत पोहोचू शकत नाही याची नोंद घ्या .



लॉर्ड केल्विन (1824-1907)

#### 1.1.1 आपणास मापनाची गरज का लागते ?

समजा आंबे खरेदी साठी तुम्ही बाजारात गेला आहात आणि आंब्याचा भाव प्रति किलोग्रॅम 50 रू . आहे .

समजा फळविक्रेत्याने 4-5 बारीक आकाराचे आंबे की ज्याचे एकत्रित वजन 1 किलोग्रॅमपेक्षा नक्की कमी आहे, तुम्हाला दिले आणि त्याचे वजन 1 किलोग्रॅम आहे असे सांगून तुमच्याकडून एक किलोचे पैसे मागितले तर ते तुम्हाला आवडेल का ? त्याचप्रमाणे एका किलोग्रॅमच्या पैशात एक किलोग्रॅमपेक्षा जास्त आंबे देणे त्याला परवडणार नाही . म्हणून अचूक मापनाची ग्राहकाला आणि विक्रेत्याला गरज





टिपा

असते. अचूक मापनाअभावी त्यांच्यामध्ये वाद होऊ शकतील. म्हणून अचूक मापन ही रोजच्या जीवनातील अत्यावश्यक गोष्ट आहे.

अचूक मापनाची आवश्यकता का आहे? त्याच्या शिवाय आपले चालू शकणार नाही का असे कदाचित तुम्ही विचाराल.

त्यासाठी अंतरिक्षयानाचे उदाहरण आपण घेऊ या. अंतरिक्षयान अचूक ठिकाणी अचूक वेळेत कसे पोहोचते ? किंवा अगोदरच ठरविलेल्या ठिकाणी आणि ठरविलेल्या वेळीच ते कसे उतरते? हे केवळ अचूक मापन प्रक्रिया आणि अनेक गुंतागुंतीच्या आकडीमोडी यामुळे शक्य होते.

मापन करण्यासाठी वापरण्यात येणा-या विशिष्ट परिणामास 'एकक' असे म्हणतात.

### 1.1.2 एकक म्हणजे काय ?

अशी कल्पना करा की, तुमचे डोळे बांधलेले आहेत आणि तुमच्या हातात काही नोटा दिल्या आहेत. नोटा मोजल्या असता त्या 46 आहेत हे तुमच्या लक्षात येते. पण तुमच्या हातात नक्की किती पैसे आहेत हे तुम्ही सांगू शकाल का? त्यासाठी त्या नोटा रू. 10, रू. 50, रू. 100 किंवा कोणत्या किंमतीच्या आहेत याची माहिती असणे गरजेचे आहे.

त्याचप्रमाणे दोन झाडे एकमेकांपासून 100 अंतरावर आहेत, असे सांगितले, तर त्यापासून तुम्हाला कोणता बोध होईल? ती झाडे एकमेकांपासून 100 सेमी, 100 फूट किंवा 100 मीटर यापैकी कोणत्या अंतरावर आहेत?

या उदाहरणांवरून असे लक्षात येते की, प्रत्येक मापन अशा पध्दतीने सांगितले गेले पाहिजे की त्यापासून योग्य तो बोध होईल आणि त्या मापनाचा एक आणि एकच अर्थ होईल. त्यासाठी आपणास दोन गोष्टींची माहिती पाहिजे. एक म्हणजे आपण मोजण्यासाठी कोणते प्रमाणित मापन वापरले आहे. उदा. सेंटीमीटर, मीटर किंवा फूट आणि ते प्रमाणित मापन किती वेळा वापरले गेले आहे.

कोणत्याही भौतिक गोष्टींचे मापन केल्यानंतर आपण तिची किंमत संख्येत सांगतो. भौतिक गोष्टीची किंमत म्हणजे मापनासाठी घेतलेले प्रमाणित मापन आपण किती वेळा वापरले ती संख्या होय.

मापनासाठी घेतलेल्या प्रमाणित मापनास 'एकक' असे म्हणतात.

**भौतिक गोष्टीची किंमत = एकक × एकक किती वेळा वापरले ती संख्या**

भौतिक मापन करण्यासाठी आपण जे माप वापरतो त्यास एकक असे म्हणतात.

भौतिक मापनाच्या किंमतीचे दोन भाग असतात. पहिला म्हणजे संख्या व दुसरा म्हणजे एकक या दोघांचा गुणाकार म्हणजे भौतिक मापनाची किंमत होय.

म्हणून भौतिक मापन सांगताना संख्या आणि एकक सांगणे अत्यावश्यक आहे.

वरील चर्चेवरून रोजच्या व्यवहारात प्रत्येक ठिकाणी मापनाची गरज असते. हे आपल्या लक्षात आले. असे मापन करण्यासाठी आणि किंमत सांगण्यासाठी एककाची असणारी गरजही आपल्या लक्षात आली असेलच. एककाच्या गुणधर्माविषयी आपण माहिती घेऊ.



टिपा

### 1.1.3 एककाचे गुणधर्म

आपण अंतर किलोग्रॅममध्ये मोजू शकतो का? नक्कीच नाही, अंतर किलोग्रॅममध्ये मोजणे हा विचित्रपणाच होईल. अंतर व किलोग्रॅम यांचा काहीही संबंध नाही.

एकक हे ज्या गोष्टीचे मापन करावयाचे आहे, त्याच्याशी संबंधितच असले पाहिजे. ते वापरण्यास सोयीचे असले पाहिजे. दोन शहरांमधील अंतर आपण इंचात सांगू का? त्यासाठी किलोमीटर हेच एकक सोयीस्कर होईल. एकक संबंधित आणि वापरण्यास सोईचे तर हवेच परंतु ते अचूक भाषेत सांगितलेले असले पाहिजे. उदा. माझे घर आणि घराशेजारील दुकान यामधील अंतर 200 पावलांचे आहे, असे सांगितल्यास पाऊल कोणाचे म्हणजे मुलाचे का मोठ्या माणसाचे याचा खुलासा केला गेला पाहिजे. तसेच दोन पावलांमधील अंतर चालतानाचे की पळतानाचे आणि दोन पावलांमधील नक्की अंतर याचाही खुलासा आवश्यक आहे म्हणजे एकक हे

- मापनाशी संबंधित
- वापरण्यास सुलभ
- आणि अचूक भाषेत सांगितलेले असले पाहिजे.

आजच्या जगात अचूक मोजमाप ही अत्यंत गरजेची गोष्ट आहे. अचूक मोजमापासाठी असंख्य उपकरणे तयार करण्यात आली आहेत.

दीड कोटी वर्षांमध्ये फक्त एक सेकंदाची चूक होईल इतके अचूक अणू घडयाळ शास्त्रज्ञांनी तयार केले आहे, ही किती आश्चर्याची गोष्ट आहे.

आपले पूर्वज मापनासाठी कोणत्या पध्दती वापरत होते? मापनासाठी कोणती साधने व एकके ते वापरत होते ? मापनपध्दतीचा विकास कसा होत गेला याचा आपण ऐतिहासिक मागोवा घेऊ या.



#### सरावासाठी प्रश्न 1.1

1. मापन म्हणजे काय? दोन उदाहरणे देऊन स्पष्ट करा.
2. एककाची व्याख्या सांगा.
3. एककाचे गुणधर्म सांगा.

### 1.2 : आपल्या पूर्वजांच्या मापनपध्दती :-

मापनप्रक्रिया आणि मापनासाठी लागणारी साधने यांना अतिशय प्राचीन इतिहास आहे. मानवी संस्कृतीच्या उदयाच्या वेळी मानव शेती करू लागला. समाज रचना अस्तित्वात आली. त्याकाळी मानवाच्या अशा लक्षात आले की एकच व्यक्ती सर्व गोष्टी करू शकत नाही. समाजातील व्यक्ती परस्परंवर अवलंबून आहेत. त्यासाठी व्यापार सुरू झाला आणि मापनाची गरज निर्माण झाली. मापनासाठी वेगवेगळ्या पध्दती अस्तित्वात आल्या. या पध्दतींमध्ये सुधारणा होत होत आधुनिक मापनपध्दती अस्तित्वात आली.

आपल्या पूर्वजांनी मापनासाठी कोणकोणत्या गोष्टींचा वापर केला, याचा आपण आढावा घेऊ या.



आकृती 1.1 मापनाकरिता वापरले जाणारे शरीराचे विविध अवयव.

प्राचीन काळापासून शरीराच्या अवयवांचा व इंद्रियांच्या वेगवेगळ्या गोष्टींचा मापनासाठी उपयोग करण्यात येत होता. त्यापैकी काही मापने पुढीलप्रमाणे आहेत. तर्जनी-एका बोटाच्या लांबीइतके अंतर, क्युबिट- एका हाताच्या सांध्यापासून मधल्या बोटाच्या टोकापर्यंतचे अंतर, वीत-हाताचा पंजा ताणला असता अंगठ्याच्या वरच्या टोकापासून करंगळीच्या वरच्या टोकापर्यंतचे अंतर. फॅदम-शेतकऱ्याने (म्हणजेच सर्वसामान्य प्रौढ माणसाने) दोन्ही हात सरळ रेषेत ताणले असता दोन्ही हातांच्या मधल्या बोटांमध्ये असणा-या अंतराइतके अंतर. गमतीची गोष्ट म्हणजे अजूनसुद्धा काहीवेळा ही अंतरे मापनासाठी वापरली जातात.

काही ऐतिहासिक मापने रोजच्या व्यवहारातील गोष्टींवरसुद्धा अवलंबून होती. उदा. रोमन संस्कृतीत अंतरासाठी 'पेस' हे एकक वापरात होते. 1000 पेस अंतर म्हणजे एक मैल होय. त्याचप्रमाणे सोळाव्या शतकात धान्याच्या दाणा हे वस्तुमानाचे एकक होय. एक गव्हाचा दाणा म्हणजे एक एकक वस्तुमान मानले जाई.

1.1.3 मध्ये दिलेल्या एककाच्या गुणधर्मानुसार वरील एककांचे मूल्यमापन करा. या एककांमध्ये असणा-या त्रुटी खाली दिलेल्या मोकळ्या जागेत नमूद करा.

-----

-----

-----

-----

-----

-----

खालील कृती वरील प्रश्नांच्या उत्तरासाठी उपयोगी ठरेल. कृती करा आणि आपण वर लिहिलेले उत्तर परत एकदा तपासा.





टिपा



**कृती 1.1**

आपल्या शरीराचे अवयव एकक मानून आपण अचूक मापन करू शकतो का?व्यक्तिगत संपर्क कार्यक्रमात [Personal Contact Programme -PCP] आपण ही मापने घेऊ शकतो . त्यासाठी फळा (किंवा टेबल, बाक,भिंत किंवा पुरेशी लांबी असलेला कोणताही पदार्थ ) घ्या . 4-5 व्यक्तींचा गट मापनासाठी वापरा . फळ्याची लांबी वीत आणि बोटांच्या साहाय्याने मोजा . आणि त्याची नोंद खालील तक्त्यात करा .

ही कृती वर्गात किंवा घरीसुध्दा करता येईल . वर्गात कृती करताना 4-5 विद्यार्थ्यांचा गट करावा . }घरी कृती करताना घरातील व्यक्ती किंवा मित्रमंडळी यांची मदत घ्यावी .]

अ . क्र .	मोजणा-या व्यक्तित्चे नाव	फळ्याची लांबी * वीत/बोटे
1	A	10 वीत 3 बोटे
2	B	
3	C	
4	D	
5	E	
6	F	

(\* मापनासाठी घेतलेली वस्तू .)

आता तुमच्या मित्राला किंवा गटातील व्यक्तिला त्याच फळ्याची लांबी मोजण्यास सांगा . आणि तक्त्यात भरा . अशा त-हेने सर्वांना फळ्याची लांबी मोजावयास सांगा . आलेली उत्तरे तक्त्यात लिहा . सर्वांची उत्तरे सारखी येणार नाहीत . आपल्या अवयवांचा उपयोग लांबीचे अचूक मापन करण्यासाठी करता येतो/ करता येत नाही .}योग्य पर्यायावर बरोबरची खूण करा .]

**1.2.1 प्रमाणित एककाची गरज -**

शरीराच्या अवयवांचा वापर करून केलेले मापन कमी जास्त असते . व ते अचूकही असत नाही . हे वरील कृतीवरून आपल्या लक्षात आले असेलच .हाताचे माप वेगवेगळे असल्यामुळे व्यक्ती गणिक मापन बदलते . उदा . हात किंवा पाऊल हे एकक घेतल्यास मापन करणा-या व्यक्तित्वर त्या मापनाची किंमत अवलंबून राहिल . अशा प्रकारच्या मापनाने रोजच्या व्यवहारात अडचण निर्माण झाली त्याचप्रमाणे दोन देशांमधील व्यवहारातसुध्दा अडचण आली . अवयवांच्या साहाय्याने मापन करण्यामधील त्रुटी दूर करण्यासाठी आणि अचूक मोजमापासाठी आणि मापनात एकसूत्रीपणा यावा म्हणून नवीन मापन पध्दतीची गरज भासू लागली . त्यासाठी सर्वत्र सर्वांना सर्वकाळ मान्य होतील अशा प्रमाणित एककांची निर्मिती करण्यात आली .



टिपा

सर्वात प्रथम इजिप्तियन संस्कृतीमध्ये सुमारे 3000 वर्षापूर्वी लांबीच्या अचूक मापनाचा प्रश्न सोडविण्याचा प्रयत्न करण्यात आला. त्यासाठी त्यांनी क्युबिट (Cubit) हे प्रमाणित एकक शोधून काढले. त्या वेळी असलेला इजिप्तचा राजा फरोह याच्या खांद्यापासून हाताच्या मधल्या बोटांच्या टोकापर्यंतचे अंतर म्हणजे एक क्युबिट असे मानण्यात आले. त्या अंतराच्या लांबीच्या अचूक मापनपध्दत्या तयार करण्यात आल्या. हा प्रमाणित क्युबिट होय. त्यामुळे सर्व देशभर क्युबिट या एककाची लांबी सारखीच राहू लागली. याचप्रमाणे इतर देशातील राज्यकर्त्यांनी सुद्धा प्रमाणित एकक निर्मितीचे प्रयत्न केले. उदा. इंग्लंडचा राजा हेन्री – I (1100 ते 1137) याने यार्ड हे एकक तयार केले. त्यासाठी त्याने स्वतःच्या नाकापासून त्याच्या ताणलेल्या हाताच्या अंगठ्यापर्यंतचे अंतर म्हणजे एक यार्ड अंतर होय. असे जाहीर केले. राणी इलिझाबेथ – I हिने 8 फर्लांग अंतर बरोबर एक मैल अंतर असे जाहीर केले. एक फर्लांग [Furrow - नांगराने चर, Long - लांबी, Furlong – अंतर] नांगराने बैल जोडी एक दमात नांगरत असलेले अंतर होय. हे अंतर 220 यार्ड इतके असते.

ही प्रमाणित मापने उपयुक्त होती. परंतु ती अल्पकाळच टिकली. राज्यकर्ता सत्तेपासून दूर झाला किंवा त्याचे निधन झाले, तर त्याने तयार केली प्रमाणित मापने वापरली जात नसत आणि नवी मापनपध्दती अंमलात येई. निरनिराळ्या देशांमध्ये आणि एकाच देशातील निरनिराळ्या प्रांतात वेगवेगळे राज्यकर्ते असत. प्रत्येक जण वेगवेगळी मापन पध्दती वापरत असे. त्यामुळे अठराव्या शतकामध्ये वस्तुमान, लांबी, क्षेत्रफळ, घनफळ इ. मापनांची असंख्य एकके वापरात आली.

भारतात प्राचीन काळापासून मापन पध्दतीचा विकास कसा होत गेला, याचा आपण ऐतिहासिक मागोवा घेऊ या.

### 1.2.2: भारतीय मापन पध्दती :

प्राचीन काळापासून भारतीय मापन पध्दतीचा विकास होत आला आहे.

#### अ. प्राचीन कालीन भारतीय मापन पध्दती -

प्राचीन काळी वस्तूंच्या किंवा झाडांच्या सावल्यांच्या लांबीचा उपयोग वेळेचा अंदाज करण्यासाठी होत असे. जास्त लांबीचा कालावधी (उदा. -दिवस, पंधरवडा) हा चंद्राच्या कलेनुसार सांगितला जात होता. अजूनसुद्धा चंद्राच्या कलेनुसार वार्षिक दिनदर्शिका तयार करण्यात येतात.

भारतात वेगवेगळ्या कालावधीत उत्तम प्रतीच्या वेगवेगळ्या मापन पध्दती अस्तित्वात होत्या. उदा. सुमारे पाच हजार वर्षापूर्वी अस्तित्वात असणा-या मोहेंजोदरो संस्कृतीमध्ये सगळीकडे विटांचा आकार सारखा होता आणि विटांची लांबी, रुंदी व उंची यांचे गुणोत्तर 4:2:1 हे होते.

त्याचप्रमाणे सुमारे 2400 वर्षापूर्वी असणा-या चंद्रगुप्त मौर्य याच्या कारकीर्दीत प्रमाणित वजन मापांची आदर्श अशी मापन पध्दती अस्तित्वात होती. प्रत्येकाने प्रमाणित वजन मापेच वापरली पाहिजेत असा त्याचा आदेश होता. या पध्दतीत लांबीचे सर्वात लहान एकक 'परमाणू' हे होते. त्यावरील श्रेणीत लांबीचे एकक 'अंगूल' हे होते. लांब अंतरासाठी 'योजन' हे एकक वापरले जाई. एक योजन अंतर म्हणजे सुमारे दहा किलोमीटर अंतर होय.



टिपा

चंद्रगुप्त मौर्य कालात वापरण्यात येणारी विविध वजनमापे .

8 परमाणू	=	1 रजःकण (स्थाच्या चाकावरील एक धूलीकण)
8 रजःकण	=	1 लक्ष (डोक्यामध्ये असणा-या ऊवाच्या अंड्याचे आकारमान)
8 लक्ष	=	1 यूकमध्यः
8 यूकमध्यः	=	1 यवमध्यः
8 यवमध्यः	=	1 अंगूल .
8 अंगुळे	=	1 धनुमुष्टी

संदर्भ—कौटिल्याचे अर्थशास्त्र

‘आयुर्वेद’ या भारतीय उपचार पध्दतीत वस्तुमान आणि आकारमानासाठी अचूक अशी मापनयंत्रणा होती. प्रत्येक रोगासाठी औषधाची वेगवेगळी मात्रा असे. रोग्याला योग्य ती मात्रा देण्यासाठी वजनमापाची यंत्रणा अचूकपणे वापरली जात होती.

**ब. मध्ययुगीन काळातील भारतीय मापन पध्दती -**

मध्ययुगीन काळामध्ये सुध्दा भारतात उत्तम प्रतीची मापन पध्दती अस्तित्वात होती. अबूल फजल इ अल्लामी या लेखकाने ‘अने अकबरी’ हा ग्रंथ लिहिला. या ग्रंथामध्ये त्याने मापनपध्दतीची माहिती दिली आहे. ग्रंथात वर्णन केल्याप्रमाणे अकबर बादशहाच्या काळात ‘गज’ हे लांबी मोजण्याचे एकक होते. एका गजाचे सारखे चोवीस भाग केलेले असत. त्या प्रत्येक भागास ‘तसू’ असे म्हणत. जमीन मोजणे, इमारती बांधणे, विहिरी खणणे, बागा व रस्ते तयार करणे या बाबतीतील मोजमापासाठी ही पध्दती मोठ्या प्रमाणावर वापरली जात असे. आधुनिक काळात सुध्दा अगदी 1956 पर्यंत म्हणजेच मेट्रिक पध्दती वापरात येईपर्यंत ‘गज’ हे एकक सगळीकडे मोठ्या प्रमाणावर वापरले जात होते. आजही ग्रामीण भागामध्ये गज हेच एकक मापनासाठी वापरले जाते.

**क. मध्ययुगीन काळातील भारतीय मापन पध्दती -**

ब्रिटीश राजवटीमध्ये संपूर्ण भारतात मापनामध्ये एकसूत्रता आणण्याच्या दृष्टिने पुष्कळ प्रयत्न करण्यात आले. ब्रिटीश राज्यकर्त्यांनी भारतीय मापन पध्दतीची इंग्लंडमधील मापन पध्दतीशी सांगड घालण्याचे प्रयत्न केले. याच कालावधीत लांबीसाठी इंच, फूट, यार्ड ही एकके तर वस्तुमानासाठी ग्रेन, औंस, पौंड ही एकके वापरण्यास सुरुवात झाली.

स्वातंत्र्यप्राप्तीपर्यंत व मेट्रिक पध्दती अस्तित्वात येईपर्यंत आपल्याकडे हीच मापनपध्दती वापरात होती. याखेरीज वस्तुमापनासाठी रती, मासा, तोळा, छटाक, शेर आणि मण ही एकके सुध्दा अस्तित्वात होती. एक रती म्हणजे गुंजेच्या एका बीचे वस्तुमान होय. ते साधारणपणे 120 मिली ग्रॅमएवढे भरते. रती हे एकक सोनार आणि औषध देणारे वैद्य वापरत असत.

ब्रिटीश काळातील वस्तुमान मापन पध्दती

8 रती	=	1 मासा
12 मासे	=	1 तोळा
5 तोळे	=	1 छटाक
16 छटाक	=	1 शेर
40 शेर	=	1 मण
1 मण	=	100 पौंड (ट्रॉय)

शास्त्रीय मापनपध्दती



टिपा



सरावासाठी प्रश्न 1.2

1. चंद्रगुप्त मौर्य काळातील लांबीचे सर्वात लहान एकक कोणते?
2. शरीराच्या कोणकोणत्या अवयवांचा मापनासाठी वापर करतात ?
3. अचूक मोजमाप घेण्यासाठी शरीराच्या अवयवांचा उपयोग का करता येत नाही?
4. कोणत्या कालावधीत लांबी मोजण्यासाठी 'गज' या एककाचा वापर केला जात असे ?

1.3 आधुनिक मापन पध्दती

फ्रेंच राज्यक्रांतीनंतर (1790) फ्रेंच शास्त्रज्ञांनी नवी मापन पध्दती प्रस्थापित करण्याच्या दृष्टिने पुढाकार घेतला. त्यासाठी राष्ट्रीय पातळीवर एकके प्रमाणित करावीत आणि मापनपध्दतीमध्ये दशांश अपूर्णाकाचा वापर करावा असे त्यांनी सुचविले. त्यामुळेच 'दशमान मापन' पध्दतीचा उदय झाला. ही पध्दती हिंदु- अरेबिक दशमान संख्यापध्दतीप्रमाणेच दहाच्या पटीत आहे.

उत्तरध्रुव आणि विषुववृत्त जोडणा-या आणि फ्रान्समधील डंकर्क व स्पेनमधील बर्सेलिना या गावावरून जाणा-या रेखावृत्ताच्या 1 कोटयांशाच्या भागास (1/10<sup>7</sup>) एक मीटर असे म्हणतात.

वारकाईने पूर्ण विचार करून लांबी आणि वस्तुमान यांच्या एककांची व्याख्या करण्यात आली. आणि व्यवहारात वापरण्यासाठी त्यांची प्रमाणित एकके तयार करण्यात आली. एक मीटरचे प्रमाणित एकक- प्लॅटिनम-इरिडीयम संमिश्राच्या पट्टीवर मारण्यात आलेल्या दोन रेषांमधील अंतरास 'एक मीटर' अंतर असे म्हणतात.

त्याचप्रमाणे 1 घन डेसि मीटर पाण्याच्या आकाराच्या प्लॅटिनम- इरिडीयम संमिश्रापासून तयार केलेल्या वृत्तचितीस एक एकक वस्तुमान असे म्हणतात. (1 किलोग्रॅम)

ही दोन्ही प्रमाणित मापने 'आंतरराष्ट्रीय वजनमापसंस्था' सर्व्ह-पॅरिस या ठिकाणी संग्रहित केली आहेत. या एककाच्या त्याच संमिश्रामध्ये प्रतिकृती तयार करून सभासद राष्ट्रांना पुरविण्यात आल्या आहेत.

कालमापनाच्या बाबतीत पृथ्वीच्या स्वांगपरिभ्रमणाच्या कालावधीवरून केलेले तास,मिनिट आणि सेकंद हेच संबोध कायम ठेवण्यात आले आहेत.



टिपा

1875 साली झालेल्या आंतरराष्ट्रीय मीटर परिषदेनुसार आंतरराष्ट्रीय व्यापार आणि दळणवळण क्षेत्रात दशांश मापन पध्दती वापरावयाचा ठराव करण्यात आला.

मापनपध्दतीत सुधारणा होताना अनेक नव्या मापन पध्दती अस्तित्वात आल्या. त्यापैकी 'सेमी ग्रॅम सेकंद पध्दती' [CGS System] आणि 'मीटरकिग्रॅ सेकंद पध्दती' [MKS System] या पध्दती मोठ्या प्रमाणावर वापरल्या जाणा-या पध्दती आहेत.

CGS पध्दतीत सेंटिमीटर हे एकक लांबीसाठी ग्रॅम हे एकक वस्तुमानासाठी आणि सेकंद हे एकक कालमापनासाठी वापरतात. तर MKS पध्दतीत मीटर हे एकक लांबीसाठी, किलोग्रॅम हे एकक वस्तुमानासाठी आणि सेकंद हे एकक कालमापनासाठी वापरतात.

1958 मध्ये एककाची व्याख्या पुन्हा करण्याची गरज भासली. त्यावर संशोधन करून 1983 पासून लांबीचे एकक मीटर याची व्याख्या पुढीलप्रमाणे करण्यात आली.

सेकंदाच्या  $1/29,97,92,458$  भागात प्रकाशाने निर्वात प्रदेशात काटलेल्या अंतराच्या लांबीस एक मीटर असे म्हणतात.

मापनपध्दतीत सुधारणा करता करता सध्या अस्तित्वात असलेली आंतरराष्ट्रीय मापन पध्दती [Standard International System- SI] उदयास आली. आंतरराष्ट्रीय मापन पध्दतीबद्दल आता आपण माहिती घेऊ या.

#### 1.4 आंतरराष्ट्रीय एकके [SI Units]

इ.स. 1960 मध्ये भरलेल्या 11 व्या वजनमाप परिषदेमध्ये [General Conference on Weight and Measure-CGPM]

आंतरराष्ट्रीय एकक पध्दती स्वीकारण्यात आली. SI हे लघुरूप Le System International de Unit's ] या फ्रेंच नावाचे आहे.

लांबी, वस्तुमान, काल, घनता इ.गोष्टींचे मापन करावे लागते.

ज्या राशीचे मापन करावयाचे आहे, त्या राशीस 'भौतिक राशी' [Physical quantity] असे म्हणतात.

SI पध्दतीत सात मूलभूत राशींसाठी सात मूलभूत एकके प्रमाणित करण्यात आली आहेत. या सात मूलभूत राशींच्या साहाय्याने इतर साधित राशींचे [derived Unit] मापन केले जाते.

मूलभूत राशीचे नाव, चिन्ह आणि त्याचे SI एकक तक्ता क्र. 1.1 मध्ये दिले आहे.



तक्ता 1.1 - मूलभूत, भौतिक राशीचे नाव,चिन्ह SI मधील एकक आणि एककाचे चिन्ह.

अ.क्र.	मूलभूत भौतिक राशी	राशीचे चिन्ह	SI एककाचे नाव	एककाचे चिन्ह
1	लांबी	l	मीटर	m
2	वस्तुमान	m	किलोग्रॅम	kg
3	काल	t	सेकंद	s
4	विद्युतधारा	I	अॅम्पीअर	A
5	तापमान	T	केल्वीन	K
6	द्रव्यसंचय	n	मोल	Mol
7	प्रकाशाची तीव्रता	I	कॅडेला	cd



टिपा

**टीप -** तापमान अंश सेल्सिअस [ $^{\circ}\text{C}$ ] किंवा अंश फॅरनहीट [f] मध्ये सुध्दा मोजतात. वस्तुमान,द्रव्यसंचय,प्रकाशाची तीव्रता यांची तक्ता क्र. 1.1 मध्ये दिलेल्या माहिती विषयी थोडा खुलासा आवश्यक वाटतो.

एखाद्या वस्तूमध्ये असलेल्या द्रव्यास वस्तुमान असे म्हणतात.तर द्रव्यसंचय म्हणजे एखाद्या वस्तूमध्ये असणा-या रेणूंचे ग्रॅममधील वस्तुमान म्हणजे 'मोल' होय.

उदा. - HCl चा 1 मोल = 36.46 ग्रॅम HCl चे 2 मोल =  $36.46 \times 2 = 72.92$  ग्रॅम प्रकाशाची तीव्रता म्हणजे बिंदू स्रोताने एका सेकंदात एका दिशेने उत्सर्जित केलेला प्रकाश होय.



### कृती 1.2

आपल्या घरातील ज्वरमापी घ्या. ज्वरमापीवरील खुणा आपल्या फलकांकडून समजावून घ्या.

- ज्वरमापीवर कोणत्या दोन प्रकारच्या मापनांच्या खुणा आहेत?
- आपल्या शरीराचे तापमान मोजा आणि ते अंश सेल्सिअस आणि अंश फॅरनहीटमध्ये मांडा.
- जर या बाबतीत काही अडचण आल्यास आपल्या डॉक्टरांना विचारा.

**टीप -** आपल्या शरीराचे तापमान 98.2 ते 98.6 फॅरनहीटच्या दरम्यान असते.

### 1.4.1 साधित एकके [Derived Units]

लांबी,वस्तुमान,काल ही आंतरराष्ट्रीय मूलभूत एकके परस्परांवर अवलंबून नाहीत.क्षेत्रफळ घनता, वेग ही एकके मूलभूत एककांचा वापर करून व्यक्त करता येतात. या एककांना 'साधित एकके' असे म्हणतात. ज्या भौतिक राशींची एकके मूलभूत एक किंवा जास्त एकके वापरून तयार केली जातात, त्यांना साधित एकके असे म्हणतात.

एखाद्या भौतिक राशीचे साधित एकक व्यक्त करण्याकरिता ती राशी आणि मूलभूत एकके यामधील संबंध शोधवा लागेल. त्यानंतर योग्य त्या मूलभूत एककांचा वापर करून त्यावरून ह्या भौतिक



टिपा

राशीचे साधित एकक व्यक्त करावे लागेल. मूलभूत एककांचा वापर करून साधित एकके कशा प्रकारे तयार करता येतात, हे आपण काही उदाहरणांवरून समजावून घेऊ या.

**उदा.1 - क्षेत्रफळाचे साधित एकक काढणे.**

क्षेत्रफळाचे एकक काढण्यासाठी आपणास क्षेत्रफळ आणि मूलभूत एकके यामधील संबंध शोधावा लागेल. आपणास माहित आहे की, लांबी व रुंदी यांचा गुणाकार म्हणजे क्षेत्रफळ होय.

$$\text{क्षेत्रफळ} = \text{लांबी} \times \text{रुंदी}$$

परंतु रुंदी म्हणजे लांबीचेच रूप आहे.

$$\text{क्षेत्रफळ} = \text{लांबी} \times \text{लांबी}$$

क्षेत्रफळाचे एकक काढण्यासाठी मूलभूत राशींच्या किंमती घालून,

$$\text{क्षेत्रफळाचे एकक} = \text{मीटर} \times \text{मीटर} = \text{मीटर}^2 = \text{m}^2$$

क्षेत्रफळाचे एकक  $\text{m}^2$  हे आहे. हे एम-वर्ग असे वाचतात. त्याचप्रमाणे घनफळाचे एकक  $\text{m}^3$  (एम-घन) आहे याचा पडताळा घ्या.

**उदा.2 - बलाचे साधित एकक काढणे.**

आपणास बलाची व्याख्या माहित आहे.

$$\text{बल} = \text{वस्तुमान} \times \text{संवेग} = \text{वस्तुमान} \times \text{वेगातील बदल} \quad \text{खाल}$$

$$\text{परंतु वेगातील बदल} = \text{लांबी} / \text{काल}$$

$$\text{बल} = \text{वस्तुमान} \times \text{लांबी} \times 1 / \text{काल} = \text{वस्तुमान} \times \text{लांबी} / \text{काल}^2$$

बलाचे साधित एकक काढण्यासाठी समीकरणाच्या उजवीकडील मूलभूत भौतिक राशींची एकके मांडू.

$$\text{बलाचे एकक} \Rightarrow \text{SI unit of force} = \text{kg m/s}^2 = \text{kg ms}^{-2}$$

**तक्ता 1.2 : आंतरराष्ट्रीय एकक पध्दतीमधील काही भौतिक राशींची साधित एकके.**

अ.क्र.	भौतिक राशी	सूत्र	एकक	संज्ञा
1.	क्षेत्रफळ	लांबी × लांबी	चौरस मीटर	$\text{m}^2$
2.	घनफळ	लांबी × लांबी × लांबी	घन मीटर	$\text{m}^3$
3.	वेग	लांबी / काल	मीटर प्रतिसेकंद	$\text{ms}^{-1}$
4.	त्वरण	(लांबी / काल)	मीटर प्रति सेकंद वर्ग	$\text{ms}^{-2}$
5.	वारंवारता	1 / लांबी	व्यस्तांक मीटर	$\text{m}^{-1}$

6.	घनता	वस्तुमान / (लांबी) <sup>3</sup>	किलोग्रॅम प्रति घनमीटर	Kgm <sup>-3</sup>
7.	कार्य	वस्तुमान × लांबी <sup>2</sup> / काल <sup>2</sup>	किलोग्रॅम मीटर वर्ग प्रतिसेकंद वर्ग	Kg m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>

बल, दाब यासारख्या भौतिक राशींचा व्यवहारात सतत वापर केला जातो. परंतु त्यांची साधित एकके अतिशय गुंतागुंतीची आहेत. त्यामुळे त्यांचा सतत वापर करणे जिकीरीचे होते. या साधित एककांना विशिष्ट नावाने संबोधले जाते.

नेहमीच्या वापरातील साधित एककांची विशिष्ट नावे पुढील तक्त्यात दिली आहेत.

### 1.3: भौतिक राशींची साधित एकके, विशिष्ट नाव आणि संज्ञा.

अ. क्र.	भौतिक राशी	साधित एकक	विशिष्ट नाव	संज्ञा
1.	वारंवारता	s <sup>-1</sup>	हर्ट्झ	H <sub>z</sub>
2.	बल	m.kg.s <sup>-2</sup>	न्यूटन	N
3.	दाब, ताण	m <sup>-1</sup> .kg.s <sup>-2</sup>	पास्कल	Pa
4.	ऊर्जा, कार्य	Kg.m <sup>2</sup> .s <sup>-2</sup>	ज्यूल	J
5.	शक्ती	Kg.m <sup>2</sup> .s <sup>-3</sup>	वॉट	W



### सरावासाठी प्रश्न 1.3

- (1) फरक स्पष्ट करा - मूलभूत एकके - साधित एकके.
- (2) वस्तुमान आणि द्रव्यसंचय यामधील फरक सांगा.
- (3) दाबाचे साधित एकक तयार करा. (दाब = बल/क्षेत्रफळ)
- (4) आकाशवाणीवरून कार्यक्रम सादर करताना कार्यक्रम प्रसारणासाठी कोणते एकक वापरतात ?
- (5) घरातील दिवा किंवा ट्यूबलाईट यावर लिहिलेले एकक पहा. तक्ता क्र. 1.3 वरून हे एकक कोणत्या भौतिक राशीचे आहे, त्या राशीचे नाव सांगा.
- (6) वीणा, मोहिंदर आणि आलम बाजारात गेले. वीणाने दूध लिटरच्या मापाने खरेदी केले. मोहिंदरने कपडे वाळत घालण्याची दोरी विक्रेत्याच्या टेबलावर असलेल्या दोन खुणांच्या मापाने मोजून खरेदी केली तर आलमने तराजूच्या एका पारड्यात दगड ठेऊन बटाटे मापणा-या विक्रेत्याकडून बटाटे खरेदी केले. तर योग्य मापनसाधने न वापरणा-यांकडून कोणी खरेदी केली? या खरेदीसाठी लागणा-या योग्य मापनसाधनांची नावे व एकके सांगा.





टिपा

### 1.4.2 : आंतरराष्ट्रीय मापन एककांची गुणिते व हिस्से- (SI-Prefixes)

भौतिक राशींचे मापन करताना काही वेळेस मूलभूत एककाच्या तुलनेत प्रचंड मापा मिळते. उदा.-

पृथ्वीचे वस्तुमान = 5,970,000,000,000,000,000,000,000 kg

= 5,97 वर बावीस शून्ये.

सूर्याची त्रिज्या = 6,96,000,000 मी.

मुंबई ते दिल्ली अंतर = 1,400,000 मी.

याउलट काही वेळेस मापन करताना मूलभूत एककाच्या तुलनेत अतिशय छोटे माप मिळते. उदा.-

हायड्रोजन अणूची त्रिज्या = 0.000,000,000,05 मी.

इलेक्ट्रॉनचे वस्तुमान ( $m_e$ ) = 0.000,000,000,000,000,000,911 Kg

मोजली जाणारा भौतिक राशी प्रमाणित एककाच्या तुलनेत खूप मोठी किंवा खूप सूक्ष्म असल्यास त्या राशीची किंमत लिहिणे, वाचणे, लक्षात ठेवणे अतिशय अडचणीचे होते.

त्यामुळे सोयीसाठी खूप मोठे किंवा खूप सूक्ष्म आकडे संक्षिप्त पध्दत रूपात व्यक्त केले जातात. या पध्दतीस 'शास्त्रीय अंक नोंदणी' (Scientific notation of numbers) असे म्हणतात.

या पध्दतीत मांडणीसाठी दशमान पध्दती पाळली जाते. त्यामुळे मूलभूत एककांची गुणिते किंवा हिस्से दहाच्याच पटीत असतात. आपण या पध्दतीने वरील भौतिक राशींचे पुनर्लेखन करू.

पृथ्वीचे वस्तुमान =  $5.97 \times 10^{24}$  kg

सूर्याची त्रिज्या =  $6.96 \times 10^8$  m

मुंबई ते दिल्ली अंतर =  $1.4 \times 10^6$  m

हायड्रोजन अणूची त्रिज्या =  $5 \times 10^{-11}$  m

इलेक्ट्रॉनचे वस्तुमान ( $m_e$ ) =  $9.11 \times 10^{-31}$  kg

या प्रकारच्या मांडणीत संख्या बरीचशी सोपी वाटते. तरीसुद्धा यामध्ये घातांकित संख्या असल्याने मांडणी किचकट वाटते. ही मांडणी आणखी सोपी करण्यासाठी आंतरराष्ट्रीय एककांना उपसर्ग जोडण्याची शिफारस करण्यात आली. हे उपसर्ग जोडल्यामुळे कोणतीही भौतिक राशी सोप्या अंकात व्यक्त करणे शक्य झाले.  $10^{-24}$  ते  $10^{+24}$  या विस्तृत मर्यादित राशींना उपसर्ग देण्यात आले आहेत. खालील तक्ता क्र.1.4 अभ्यासा.

तक्ता 1.4 राशींची गुणिते व हिस्से यासाठी वापरलेले उपसर्ग.

गुणिते	उपसर्ग	चिन्ह	हिस्से	उपसर्ग	चिन्ह
$10^{24}$	योद्टा	Y	$10^{-1}$	डेसि	d
$10^{21}$	झेद्टा	Z	$10^{-2}$	सेंटी	c
$10^{18}$	एक्सा	E	$10^{-3}$	मिली	m
$10^{15}$	पेटा	P	$10^{-6}$	मायक्रो	m
$10^{12}$	टेरा	T	$10^{-9}$	नॅनो	n
$10^9$	गिगा	G	$10^{-12}$	पायको	p
$10^6$	मेगा	M	$10^{-15}$	फेमटो	f
$10^3$	किलो	k	$10^{-18}$	अॅट्टो	a
$10^2$	हेक्टो	h	$10^{-21}$	झेप्टो	z
$10^1$	डेका	da	$10^{-24}$	योक्टो	y



टिपा

### 1.4.3 : आंतरराष्ट्रीय एककांना उपसर्ग कसे जोडावेत ?

एककांना उपसर्ग जोडताना एका मूलभूत नियमाचा वापर करावा. दिलेल्या भौतिक राशीची किंमत 0.1 ते 1000 या दरम्यान येईल अशा पध्दतीने उपसर्गाची निवड करावी. पुढील उदाहरणांवरून हा नियम आपल्या लक्षात येईल.

$$\text{सूर्याची त्रिज्या} = 6.96 \times 10^8 \text{m} = 696 \times 10^6 \text{m} = (696 \text{mm} \text{ मेगा मीटर})$$

$$\text{म्हणजेच } 6.96 \times 10^8 \text{m} = 0.696 \times 10^9 \text{ Gm} (0.696 \text{ गिगा मीटर})$$



### सरावासाठी प्रश्न 1.4

खालील भौतिक राशी एककांना वापरावयाचे उपसर्ग वापरून लिहा.

(1) प्रोटॉनची त्रिज्या =  $1.2 \times 10^{-15} \text{ m} = \dots\dots\dots$

(2) रक्तातील तांबड्या पेशीची त्रिज्या =  $3.7 \times 10^{-6} \text{ m} = \dots\dots\dots$

(3) आपल्या आकाशगंगेची त्रिज्या =  $6 \times 10^9 \text{ m} = \dots\dots\dots$

टीप - आंतरराष्ट्रीय एककांना उपसर्ग जोडताना खालील नियमांचा वापर करावा.



टिपा

- उपसर्ग आणि एककाचे चिन्ह यामध्ये अंतर असू नये. उदा. नॅनोग्रॅम लिहिताना ng असे लिहावे. n g असे लिहू नये.
- उपसर्गाचा वापर नेहमी एककाबरोबरच करावा. उपसर्ग स्वतंत्रपणे लिहू नये. उदा. 10u (दहा म्यू) यामुळे आपणास काहीच बोध होत नाही मापन 10ug असे लिहावे.
- एका वेळेस एकच उपसर्ग वापरावा. उदा.  $10^{-12}$  g हे मापन 1pg असेच लिहावे. 1mmg असे लिहू नये.
- उपसर्ग C (डिग्री सेल्सिअस) या तापमानाच्या एककाबरोबर वापरत नाहीत.
- उपसर्ग वापरलेल्या एककाचा घात केला असता तो उपसर्गासकट संपूर्ण राशीला लागू होतो. उदा.  $1\text{km}^2 = (1000\text{m})^2 = (10^3 \text{m} \times 10^3\text{m})^2 = 10^6 \text{m}^2$   
 $1\text{km}^2 = (1000\text{m})^2 = 1000\text{m}^2$  असे लिहू नये.

आपण मूलभूत एककांचा अभ्यास केला. भौतिक राशींची साधित एकके कशी तयार करतात ते पाहिले. एककांना उपसर्ग वापरण्याची गरज आणि पध्दती आपण पाहिली. एकके कशी लिहावीत याचे सर्वसामान्य नियम आता आपण पाहू.

#### 1.4.4 : एकके लिहिण्यासंबंधीचे नियम -

जगभर एकाच मापनपध्दतीचा वापर व्हावा यासाठी शास्त्रज्ञांनी पुष्कळ परिश्रम केले आणि आंतरराष्ट्रीय एकक पध्दती अस्तित्वात आली. म्हणून ही पध्दती वापरताना त्यामधील संज्ञांची व्याख्या अगदी स्पष्ट हवी. त्यामध्ये संदिग्धता असू नये. शब्दाचे व्याकरण योग्य असावे. म्हणजे सर्वाना ही पध्दती सारख्याच त-हेने वापरता येईल. हे उद्दीष्ट साध्य करण्यासाठी व्याकरणदृष्ट्या अचूक नियम तयार करण्यात आले आहेत. सर्वसामान्यपणे वापरण्यात येणारे नियम खालीलप्रमाणे आहेत.

- भौतिक राशीची किंमत लिहिताना संख्या व एकक यामध्ये जागा सोडावी. उदा. 100mg असे न लिहिता 100 mg असे लिहावे. तापमान आणि कोनाचे माप लिहिताना संख्या व एकक यामध्ये जागा सोडू नये. उदा.  $40^{\circ}\text{C}$  [चाळीस अंश सेल्सिअस] तापमान ; 15,20',30'' [15 अंश 20 मिनिट 30 सेकंद] कोनाचे माप.
- भौतिक राशींची मापे अनेकवचनात लिहिली तरी एककाचे चिन्हात बदल होत नाही. उदा- 10 mg असेच लिहावे. 10 mgs असे लिहू नये.
- राशी मांडताना एककाचे चिन्ह लिहिल्यानंतर पूर्णविराम देऊ नये. उदा. '10 mg . द्रावण' हे चूक आहे. राशी वाक्याच्या शेवटी आल्यास वाक्य संपले म्हणून द्यावयाचा पूर्ण विराम चालेल. उदा. द्रावणाचे आकारमान =10 ml.
- मूलभूत एककांच्या संयोगाने साधित एकक तयार झाले असल्यास वेगवेगळ्या एककांच्या चिन्हांमध्ये जागा सोडावी. उदा. m s चा अर्थ मीटर सेकंद असा होतो. तर ms चा अर्थ मिलीसेकंद असा होतो.



टिपा

राशीची संख्या आणि अक्षर जागा न सोडता जोडून लिहिल्यास पहिले अक्षर उपसर्गाचे आहे, असे मानले जाण्याची शक्यता असते.

- ज्याची किंमत एकपेक्षा कमी आहे अशा राशी लिहिताना दशांश अपूर्णाकाच्या अलीकडे शून्य लिहिणे आवश्यक आहे. उदा. . 928m असे न लिहिता 0.92m असे लिहावे.
- जी एकाचे विशिष्ट नावापासून तयार झाली आहेत (उदा. ज्यूल, न्यूटन) त्या एकांचे चिन्ह लिहिताना ते अक्षर पहिल्या लिपीमध्येच [Capital Letter] लिहावे. उदा. 30.5 j असे न लिहिता 30.5 J असेच लिहावे. एकाचे संपूर्ण नाव लिहिताना ते अनेकवचनात लिहू नये. उदा. 30.5 Joules असे न लिहिता 30.5 Joule असेच लिहावे.

- एकांच्या घातांकित राशी वापरताना तो राशी अक्षरी लिहावयाचा असल्यास प्रथम एकक व नंतर घात लिहावा. उदा. सेकंदाचा वर्ग, ग्रॅमचा घन इ.

क्षेत्रफळ व घनफळाच्या राशी वरील नियमाला अपवाद आहेत. त्या लिहिताना प्रथम घात व नंतर एकक लिहितात. उदा. चौरस मीटर, घनसेंटीमीटर इ.

- दिलेल्या राशीमध्ये ऋण घातांक असल्यास तिरकी रेषा (/) वापरू नये. जर वापरली तर ती फक्त एकदाच वापरावी. उदा वायू स्थिरांक लिहिताना.

$\text{JK}^{-1} \text{mol}^{-1}$  असा किंवा  $\text{J/K}^{-1} \text{mol}^{-1}$  असा लिहावा. तो  $\text{J/K/mol}$  असा लिहू नये. या अगोदर देखील उपसर्गाबाबत जे नियम सांगितले आहेत, ते सुध्दा या नियमावरोवरच वापरावेत.



### आपण काय शिकलो ?

- आपण कोणताही व्यवसाय करित असलो तरी अचूक माप हे आपल्या रोजच्या जीवनाचे आवश्यक अंग आहे.
- मापन प्रक्रिया ही तुलनेची प्रक्रिया असून मापनसाधन आपण किती वेळा वापरले याचे गणन म्हणजेच मापन होय.
- भौतिक राशींचे अचूक मापन करणे अत्यावश्यक आहे. ते आपल्या रोजच्या व्यवहारात, व्यापारात आणि शास्त्रीय संशोधनात उपयोगी पडते.
- कोणत्याही भौतिक राशीचे प्रमाणित एककच दुस-या ठिकाणी असलेल्या त्याच प्रकारची राशी मोजण्यासाठी करतात.
- एकक हे मापनाशी संबंधित वापरण्यास सुलभ आणि सर्वाना समजेल अशा निःसंदिग्ध भाषेत सांगितले पाहिजे.

- प्राचीन काळी शरीराच्या अवयवांचा व इंद्रियांचा मापनासाठी उपयोग करण्यात येत होता . परंतु ते मापन अचूक एकसारखे नव्हते . त्यामुळे गोंधळ आणि मतभेद होऊ लागले . या मापनाचा दुसरीकडे उपयोगही होत नव्हता .
- आता जगभर एकच 'आंतरराष्ट्रीय एकक पध्दती' [SI Unit] वापरण्यात येते . या पध्दतीत सात मूलभूत एकके असून ही एकके सात मूलभूत भौतिक राशींची आहेत . या मूलभूत भौतिक राशी 1)लांबी 2)वस्तुमान 3)काल 4)विद्युतधारा 5) तापमान 6)द्रव्यसंचय आणि 7)प्रकाशाची तीव्रता या आहेत .
- या सात मूलभूत राशींच्या एकाखेरीज इतर सर्व भौतिक राशींची एकके एक किंवा अनेक मूलभूत एकके वापरून तयार केली जातात . या एककांना 'साधित एकक' असे म्हणतात . काही साधित एककांना विशिष्ट नावे देण्यात आलेली आहेत .
- दिलेली राशी मूलभूत एककाच्या तुलनेत खूपच मोठी किंवा खूपच लहान असेल तर एककाला उपसर्ग जोडतात .
- आंतरराष्ट्रीय एककांचा वापर करताना/लिहिताना एकके लिहिण्याच्या नियमांचे पालन करावे .



### अंतिम प्रश्नसंग्रह

1. खालीलपैकी कोणते एकक आंतरराष्ट्रीय एकक नाही?
 

(A)मीटर (B) पौंड (C) किलोग्रॅम (D) सेकंद
2. एका द्रावणाचे वस्तुमान 10mg म्हणजे ..... आहे
 

(A)  $10^{-6}$  g (B)  $10^{-12}$  g (C)  $10^{-9}$ g (D)  $10^{-3}$ g
3. खालील विधाने सत्य की असत्य ते सांगा .
 

(i) आंतरराष्ट्रीय एकके अचूक नाहीत .

(ii)  $1\text{mm}^2=10^{-3} \text{m}^2$

(iii)  $10^{-15}\text{g}= 1 \text{mpg}$

(iv) दावाचे आंतरराष्ट्रीय एकक पास्कल हे आहे .
4. खालील मापने योग्य ते उपसर्ग वापरून लिहा .
 

(i)  $2 \times 10^{-8}\text{s}$  (ii)  $1.54 \times 10^{-10}\text{m}$

(iii)  $1.98 \times 10^{-6} \text{mol}$  (iv) 200 000 kg



5. खालील वस्तू घेताना कोणती एकके वापरणार?
- (A) वेणी बांधण्यासाठी लागणारी रेबीन  
(B) दूध (C) बटाटे
6. आपल्या शरीराचे तापमान मोजण्यासाठी वापरण्यात येणारे आंतरराष्ट्रीय एकक सांगा.
7. आंतरराष्ट्रीय एककांचे फायदे सांगा.

## परिशिष्ट - I

- 1) **वस्तुमान (mass)** – वस्तुमानाचे आंतरराष्ट्रीय एकक किलोग्रॅम हे आहे. प्लॅटिनम-इरिडियम या संमिश्रापासून तयार केलेल्या विशिष्ट आकाराच्या वृत्तचितीच्या वस्तुमानास एक किलोग्रॅम वस्तुमान असे म्हणतात. ही वृत्तचिती आंतरराष्ट्रीय वजनमाप संस्था-सर्व्ह, पॅरिस या ठिकाणी संग्रहित केली आहे. ही वृत्तचिती 1887 साली तयार केली आहे आणि तिचे संमिश्र खूपच टिकाऊ असल्यामुळे अजूनसुद्धा ती बदलली नाही. या एककाच्या त्याच संमिश्रामध्ये प्रतिकृती तयार करून सभासद राष्ट्रांना पुरविण्यात आल्या आहेत. यापैकी प्रतिकृती क्र.57 ही भारताला देण्यात आली आहे. ही प्रतिकृती 'राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाळा' नवी दिल्ली येथे ठेवण्यात आली आहे.
- 2) **लांबी (length)** – लांबीचे आंतरराष्ट्रीय एकक मीटर हे आहे. सुरुवातीला मीटरची व्याख्या खालीलप्रमाणे होती. 'उत्तर ध्रुवापासून निघून पॅरिसमधून जाणा-या आणि विषुववृत्ताला मिळणा-या रेखावृत्ताच्या  $1/10^7$  भाग म्हणजे एक मीटर होय.' परंतु ही व्याख्या अव्यवहार्य असल्याने बदलण्यात आली. इ.स.1875 मध्ये मीटरची नवीन व्याख्या करण्यात आली. 'प्लॅटिनम-इरिडियम संमिश्राच्या पट्टीवर मारण्यात आलेल्या दोन रेषांमधील अंतरास एक मीटर अंतर असे म्हणतात. ही पट्टीसुद्धा पॅरिसमध्ये सुरक्षित ठेवण्यात आली होती. ही एकके अत्यंत सुरक्षित लागतात. परंतु नैसर्गिक प्रकोपामध्ये ही एकके सुरक्षित राहू शकत नाहीत. तसेच त्यांची अचूकता सध्याच्या शास्त्रीय आणि तंत्रज्ञानाच्या प्रगती पुरतीच मर्यादित आहे. त्यामुळे इ.स. 1983 मध्ये पुन्हा एकदा मीटरची व्याख्या बदलण्यात आली. 'सेकंदाच्या  $1/29,97,92,458$  भागात प्रकाशाने निर्वात प्रदेशात काटलेल्या अंतराच्या लांबीस एक मीटर अंतर असे म्हणतात. या व्याख्येमुळे प्रकाशाचा निर्वात प्रदेशातील वेग सेकंदास  $29,97,92,458$  आहे, हे लक्षात येते.
- 3) **काल (Time)** – काळाचे आंतरराष्ट्रीय एकक सेकंद हे आहे. सुरुवातीला पृथ्वीच्या स्वांगपरिभ्रमणाच्या कालावधीवरून कालाचे एकक तयार केले गेले. पृथ्वीचा स्वांगपरिभ्रमणाचा कालावधी 24 भागात विभागला गेला. प्रत्येक भागास तास नाव दिले. 1 तास 60 मिनिटात विभागला आणि 1 मिनिट 60 सेकंदात विभागले गेले. म्हणून एक सेकंद म्हणजे सौर दिवसाचा वा भाग होय. परंतु पृथ्वीची स्वांगपरिभ्रमणाची कालमर्यादा बदलती असते. त्यामुळे सौर दिवसाची कालमर्यादाही अगदी सूक्ष्मप्रमाणात का होईना बदलते. म्हणून 1967 मध्ये भरलेल्या तेराव्या वजनमाप परिषदेमध्ये सेकंदाची व्याख्या पुढीलप्रमाणे करण्यात आली. 'सेरियम- 133 या मूलद्रव्याच्या एका अणूची  $9192631770$  आंदोलने होण्यासाठी



टिपा

लागणारा कालावधी म्हणजे सेकंद होय. सेकंदाच्या व्याख्येची ही संकल्पना अणू घडयाळात वापरण्यात आली आहे.

4. **तापमान (Temperature)** – तापमानाचे आंतरराष्ट्रीय एकक केल्विन हे आहे. निरपेक्ष तापमापीवर खालचा स्थिरबिंदू निरपेक्ष शून्य आहे. आणि तो या तापमानाबरोबर आहे. आणि हाच पाण्याचा गोठणबिंदूदेखील आहे. निरपेक्ष तापमापीचा एक एकक भाग हा निरपेक्ष तापमापीच्या भागाइतका म्हणजेच पाण्याचा गोठणबिंदूएवढा असतो.
5. **विद्युतधारा (Electric current)** – विद्युतधारेचे आंतरराष्ट्रीय एकक ॲम्पिअर [A] हे आहे. ॲम्पिअरचे व्याख्या पुढीलप्रमाणे करतात. मुक्त प्रदेशामध्ये प्रत्येकी एक मीटर लांबीच्या दोन वाहकतारा परस्परांना समांतर व परस्परांपासून एक मीटर अंतरावर ठेवल्या असताना त्यामधून वाहणा-या विद्युतधारेमुळे  $2 \times 10^{-7}$  न्यूटन बल प्रयुक्त होत असल्यास त्या तारांमधील विद्युतधारेचे मूल्य एक ॲम्पिअर आहे, असे म्हणतात.
6. **द्रव्यसंचय (Amount of Substance)** – द्रव्यसंचयाचे आंतरराष्ट्रीय एकक मोलहे आहे. 0.012kg वस्तुमानाच्या  $c-12$  या कार्बन अणूच्या समस्थानिकांमध्ये जेवढे मूलभूत घटक असतील तेवढेच मूलभूत घटक असणा-या कोणत्याही पदार्थास 'एक मोल' असे म्हणतात.
7. **प्रकाशाची तीव्रता (Luminous intensity)** – प्रकाशाच्या तीव्रतेचे आंतरराष्ट्रीय एकक कॅडेला हे आहे. कॅडेला या एकाकाची व्याख्या पुढीलप्रमाणे करतात. 'बिंदूस्रोतापासून एकाच दिशेने एकाच रंगाच्या आणि हर्ट्झ वारंवारता असणा-या आणि वॅट्स प्रत्येक स्टेराडिअम इतकी तीव्रता असणा-या प्रकाशास एक कॅडेला प्रकाश असे म्हणतात.



पाठांतर्गत प्रश्नांची उत्तरे

1.1 :

1. मापन म्हणजे मोजणे होय. निवडलेले मापनसाधन आपण किती वेळा वापरले याचे गणन म्हणजे मापन होय. उदा. लांबीसाठी आपण इंचाचे माप असलेला टेप वापरतो. आकारमानासाठी आपण घसेंमीच्या रबुणा केलेले मोजमाप वापरतो.
2. मापनासाठी घेतलेल्या प्रमाणित मापनास एकक असे म्हणतात.
3. एकक हे मापनाशी संबंधित वापरण्यास सुलभ आणि अचूक भाषेत सांगितलेले असले पाहिजे.

1.2 :

1. परमाणू

2. हात, तर्जनी, पाऊल .
3. कारण प्रत्येकाच्या अवयवाची लांबी वेगवेगळी असते आणि अचूक आणि तंतोतंत मोजमापासाठी आपण आपल्या ज्ञानेन्द्रियांवर भरवसा ठेवू शकत नाही .
4. अकरा वादशहाच्या काळात .

### 1.3 :

- 1 मूलभूत एकके साधित एकके  
(a) फक्त सात आहेत . संख्येने प्रचंड आहेत .  
(b) स्वतंत्र आहेत . मूलभूत एककांवर आधारित आहेत .
1. वस्तुमान - वस्तूमध्ये असलेले द्रव्य .  
द्रव्यसंचय - वस्तूमध्ये असणा-या रेणूंचे ग्रॅममधील वस्तुमा .
2. दाब= बलाचे एकक  
क्षेत्रफळाचे एकक = =  $\text{Kg m}^{-1}\text{s}^{-2}$
3. हर्ट्झ
4. वॉट
5. मोहिंदर आणि आलम मीटर आणि किलोग्रॅम

### 1.4:

- (i) 1.2 fm
- (ii) 3.7 m
- (iii) 60 Em

### अधिक माहितीसाठी-

‘कहानी माप तोल की’ विज्ञान प्रसार पब्लिकेशन .

[www.vigyanprasar.gov.in](http://www.vigyanprasar.gov.in).





## आपल्या परिसरातील घटक

तुम्ही आधीच्या पाठात मापनाच्या एककांविषयी शिकलात. आपण जे खातो पितो किंवा श्वासोच्छ्वास करतो ती हवा हे सगळे द्रव्य असते म्हणजेच आपण सर्व द्रव्यांनी वेढलेले असतो. कोणतीही वस्तू जिला वस्तुमान असते आणि जी जागा व्यापते तिला द्रव्य असे म्हणतात. आपल्याला या विश्वाबद्दल अधिक माहिती समजून घेण्यासाठी द्रव्य म्हणजे काय ते आधी समजून घेतले पाहिजे.

या भागामध्ये तुम्ही द्रव्यासंबंधीची माहिती घेणार आहात. त्याचप्रमाणे द्रव्यासंबंधीची माहिती समजून घेताना मापनाच्या संकल्पनांचा कसा उपयोग होतो हेही समजून घेऊया.



### उद्दिष्टे :

या पाठाचा अभ्यास केल्यानंतर

- द्रव्य म्हणजे काय आणि द्रव्याचे कणस्वरूप तुम्ही स्पष्ट करू शकाल.
- द्रव्याच्या तीन अवस्था घन, द्रव आणि वायु यांची स्पष्ट कल्पना येऊन त्यातील फरकही तुम्हाला स्पष्ट करता येईल.
- द्रव्याच्या अवस्थेवर तापमानाचा आणि दाबाचा होणारा परिणाम सांगता येईल.
- द्रव्याच्या वर सांगितलेल्या तीन अवस्थांचे एकमेकांतील अवस्थांतर योग्य उदाहरणांनी स्पष्ट करता येईल.
- दिलेल्या द्रव्याचे मूलद्रव्य, संयुग किंवा मिश्रण असे वर्गीकरण करता येईल.
- एकजिनसी व अनेकजिनसी मिश्रणातील फरक सांगता येईल.
- द्रावण, द्रावक आणि द्राव्य यांच्या व्याख्या लिहिता येतील.
- द्रावणातील घटकांची टक्केवारी गणिताने काढता येईल.
- संधारणाचे (suspension) गुणधर्म व त्यांचे उपयोग याचे वर्णन करता येईल.
- मिश्रणातील घटक वेगळे करण्याच्या किंवा एकदा पदार्थ शुद्ध करण्याच्या साध्या पध्दतींचे वर्णन करता येईल.



## 2.1 द्रव्य म्हणजे काय ?

कोणताही पदार्थ, ज्याला वस्तुमान आहे आणि जो जागा व्यापतो त्याला द्रव्य असे म्हणतात. आपल्या भोवतीचे सर्व घन (स्थायू), द्रव आणि वायू पदार्थ हे द्रव्याचे बनलेले असतात. द्रव्य हे छोटे कण एकत्र येउन बनलेले असते असा शास्त्रज्ञांचा दृढ समज आहे. तुम्ही हे छोटे/सूक्ष्म कण पाहू शकत नाही परंतु तुम्ही पदार्थ / द्रव्य पाहू शकता. उदा. पुस्तक, मोटार, पत्र, मोबाईल फोन, लाकडाचा तुकडा, झाडे, पिशवी इ. तुम्हीही थोडा विचार करून आपल्या दैनंदिन जीवनातील अजून काही उदाहरणे द्या.

आपण जेव्हा म्हणतो की द्रव्याला वस्तुमान असते याचा अर्थ असा की त्याला वजन असते. पदार्थ जितका जड तितके त्याचे वस्तुमान जास्त. द्रव्य जागा व्यापते याचा अर्थ द्रव्याला आकारमान असते.

एखादा पदार्थ म्हणजे ज्यामध्ये एकाच प्रकारचे (शुद्ध) द्रव्यकण असतात (अणू किंवा रेणू) पाणी, लोखंड, सोने, तांबे, अॅल्युमिनीअम, ऑक्सिजन ही पदार्थांची काही उदाहरणे आहेत. **सगळे पदार्थ 'द्रव्य' असतात पण द्रव्याची सगळी रूपे म्हणजे पदार्थ नसतात.** हे कसे शक्य आहे ? तुम्हाला आश्चर्य वाटतेय ना ? असो . पदार्थ हे द्रव्याचे शुद्ध रूप होय म्हणजे पदार्थात अंतर्वा हय (पूर्णपणे) द्रव्याचे तेच रूप भरलेले असते. आता आपण शीतपेये आणि माती यांचे उदाहरण घेऊ या. तुम्ही त्यांना कोणत्या वर्गात बसवाल ? ते एकच पदार्थ नसून अनेक पदार्थांचे मिश्रण आहेत. आता तुम्हाला पदार्थ म्हणजे काय ते सांगता येईल का ?

## 2.2 पदार्थाचे कण स्वरूप

मानवास द्रव्याच्या कणस्वरूपाविषयी प्रश्न पडतो. यासंबंधी पूर्वी दोन दृष्टीकोन होते. एक विचारप्रवाह असा होता की जर आपण एखादया द्रव्याचा तुकडा घेतला (उदा. दगड) आणि तोडून त्याचे छोटे छोटे तुकडे केले, त्या छोटया तुकडयाचे अजून छोटे तुकडे केले तर ही प्रक्रिया अनेकवेळा/वारंवार करता येते. द्रव्य/पदार्थ हे एकसंघ किंवा सलग असल्याने त्याचे कोणत्याही आकाराचे तुकडे करणे किंवा अतिशय छोटया तुकडयांमध्ये त्यांचे विभाजन करणे शक्य होते. ग्रीक तत्ववेत्ते प्लेटो आणि अॅटिस्टॉटल या विचारप्रवाहाचे होते.

दुस-या विचारप्रवाहानुसार द्रव्याच्या विभाजनाची प्रक्रिया काही ठराविक वेळाच करता येते. एक वेळ अशी येते की द्रव्याच्या अतिशय सूक्ष्म कणांचे यापुढे विभाजन करता येत नाही. त्यांचा असा विश्वास होता की द्रव्य हे अशा सूक्ष्म/ अतिलहान कणांनी बनलेले आहे. वेगळया शब्दात सांगायचे झाले तर द्रव्य हे कणस्वरूप असते. द्रव्याच्या विभाजन करता न येणा-या लघुत्तम कणास 'अणू' असे म्हणतात. अणू हा शब्द (इंग्रजीत अॅटम) ग्रीक भाषेतील अॅटोमॉस (atomos) म्हणजे 'विभाजन करता न येणारा' (अविभाजी) यावरून आला आहे.

भारतीय तत्ववेत्ता 'कणाद' आणि ग्रीकतत्ववेत्ते 'ल्युसिपस' आणि डेमोक्रीटस हे या विचारप्रवाहाचे होते. डेमोक्रीटसने अणू या संज्ञेची निर्मिती केली. पुढे या संज्ञेवद्दलच्या कल्पना बदलत गेल्या. 1803 मध्ये जॉन डाल्टनने अणूची आधुनिक संकल्पना मांडली. आज आपण अणू हा द्रव्याचा मूळ कण आहे आणि पदार्थाचे सर्व रासायनिक गुणधर्म त्यावरून स्पष्ट करता येतात हे पाहतो.



टिपा

द्रव्याचे भौतिक गुणधर्म स्पष्ट करताना रेणू हे फार महत्वाचे असतात. पाठ क्र.३ मध्ये अणू आणि रेणू याविषयी सखोल माहिती दिली आहे. आता आपण पदार्थाचे वर्गीकरण कसे करतात हे पाहू.



### पाठांतर्गत प्रश्न 2.1

- द्रव्य म्हणजे काय ?
- खालीलपैकी कोणते पदार्थ शुद्ध स्वरूपात नाहीत ?  
(अ) लोखंड (ब) पाणी (क) माती
- 'अणू' ही संकल्पना नव्याने कोणी मांडली आणि तिचा अर्थ काय ?

### 2.3 द्रव्याच्या अवस्था

द्रव्याचे वर्गीकरण अनेक प्रकारांनी करता येते परंतु द्रव्याचे वर्गीकरण खालील दोन प्रमुख पध्दतींनी करतात.

- द्रव्याच्या भौतिक अवस्थेवर आधारित जसे स्थायू, द्रव आणि वायू.
- द्रव्याच्या/पदार्थाच्या संरचनेवर आधारित जसे मूलद्रव्य, संयुग किंवा मिश्रण

आपण या वर्गीकरणाविषयी आता सविस्तर चर्चा करू.

आता आपण द्रव्याच्या/पदार्थाच्या भौतिक अवस्थेवर आधारित वर्गीकरणाची चर्चा करू. सर्व सामान्यपणे पदार्थाच्या तीन अवस्था असतात. स्थायू, द्रव आणि वायू. पदार्थाच्या या तीन अवस्थांमध्ये त्याचे गुणधर्म वेगळे असतात. पाणी हे या तीनही अवस्थांमध्ये आढळते. त्यांची नावे आहेत वाफ अथवा वाष्प (वायू), कक्ष तापमानाचे पाणी (द्रव) आणि बर्फ (स्थायू) नैसर्गिक करित्या तीनही अवस्थांमध्ये आढळणारा पाणी हा एकमेव पदार्थ आहे.

पदार्थाची वेगवेगळ्या भौतिक अवस्थेतील गुणवैशिष्ट्ये ही आंतररेण्वीय बलावर अवलंबून असतात. जे बल रेणूंना एकत्र बांधते त्या बलास आंतररेण्वीय बल असे म्हणतात. आंतररेण्वीय बल (घटक रेणूंमधील बल) रेणूंना एकत्र ठेवण्याचा प्रयत्न करते परंतु औष्णिक उर्जा मात्र नेहमीच त्यांना एकमेकांपासून दूर ठेवण्याचा प्रयत्न करते. पदार्थ कक्ष तापमानाला आणि दिलेल्या परिस्थितीत त्याच्या स्थायू, द्रव किंवा वायू यापैकी कोणत्या अवस्थेत असेल हे औष्णिक उर्जा आणि रेणूंच्या परस्परक्रियेमुळे तयार होणा-या उर्जेमुळे ठरते. औष्णिक किंवा उष्णता उर्जा पदार्थाचे एका अवस्थेतून दुस-या अवस्थेत रूपांतर करू शकते. अशा रितीने द्रव्याची/पदार्थाची कणरूपस्थिती आंतररेण्वीय बल आणि औष्णिक उर्जा या दोन्हीवर अवलंबून असते. हया दोन्ही उर्जा मूलतः तापमानावर अवलंबून असतात. द्रव्याच्या प्रत्येक अवस्थेचे काही विशिष्ट गुणधर्म असतात.

आता तुम्ही या गुणधर्मांबद्दल माहिती घेणार आहात.



टिपा

### 2.3.1 स्थायू :

आपल्या सभोवताली आपण अगणित स्थायू वस्तू पहातो . लाकडाचा तुकडा, दगड, पेन्सिल, पेन, संगणक ह्यासर्व वस्तू स्थायूंची उदाहरणे आहेत . स्थायूंना निश्चित असा आकार आणि ठेवण असते . स्थायूचा आकार आणि ठेवण त्यांची त्यांना आपण होऊन बदलता येत नाही . (आ.2.1 पहा) परंतु वाह्यबल वापरून तुम्ही स्थायूचा आकार बदलू शकता . उदा . तुम्ही धातूचा तुकडा कापून त्यावर हातोडा चालवून त्याचा आकार बदलू शकता . तुम्हाला स्थायूंचा आकार बदलण्याचा आणखी काही वेगळा मार्ग सुचतो का? हो तुम्ही सांगू शकाल . टोकून त्याचा पत्रा तयार करणे किंवा त्याची तार काढणे .



आ. २.१

स्थायू पदार्थातील घटक कण / रेणू एकमेकांच्या खूप जवळ असतात . त्यांच्यावर कार्यरत असणारे आंतररेण्वीय बल हे फार मोठ्या ताकदीचे असते . त्या बलामुळे रेणू त्यांची जागा सोडू शकत नाहीत किंवा ते हलू शकत नाही . याच कारणाने स्थायू हे कठीण व कडक किंवा न वाकणारे असतात . तसेच ते दबले जाऊ शकत नाहीत . अणू किंवा रेणूंना जर बल लावून म्हणजे बळजवरीने जवळ आणण्याचा प्रयत्न केला तर त्यांच्यातील आंतररेण्वीय आकर्षण बलाचे रूपांतर प्रतिकर्षण बलात होते . स्थायूला उष्णता दिली असता त्याच्या कणांची (रेणूंची) औष्णिक उर्जा वाढते आणि त्याचा परिणाम म्हणून स्थायूचे रूपांतर द्रवात होते . ज्या तापमानाला हे घडते त्याला त्या स्थायूचा विलय बिंदू किंवा वितलन बिंदू असे म्हणतात .

### 2.3.2 द्रव :

पाणी हे द्रव आहे . मोहरीचे तेल, रॉकेल इ . द्रवाची उदाहरणे आहेत . तुम्हाला आणखी काही उदाहरणे सांगता येतील का? द्रवाला निश्चित असे आकारमान असते परंतु द्रवाला निश्चित असा आकार नसतो . तो ज्या भांड्यात असतो त्या भांड्याचा आकार त्याला प्राप्त होतो . द्रव प्रवाही असतात . तुम्ही द्रव ओतू शकता किंवा सांडू शकता तसे तुम्ही स्थायू सांडू शकता का ?

द्रव पदार्थाचे गुणधर्म हे स्थायू आणि वायू यांच्या दरम्यानचे असतात . द्रवामधील आंतररेण्वीय बल हे स्थायू पेक्षा कमी म्हणजे कमकुवत तर वायू पेक्षा जास्त म्हणजे बलवान असते . स्थायूप्रमाणे द्रव पदार्थातील रेणूंची/कणांची जागा ठरलेली नसते परंतु वायूंच्या रेणूप्रमाणे द्रवाचे रेणू हालचाल करू शकतात . द्रवांमध्ये वायूंमध्ये असते त्यापेक्षा जास्त बलवान आंतररेण्वीय बल असते . द्रवातील घटक कण (अणू अथवा रेणु) एकमेकांपासून तुटून दुस-या रेणूंकडे आकर्षिते जाऊ शकतात .



टिपा

स्थायूप्रमाणेच जर द्रवांच्या रेणूवर दाब देऊन जवळ आणण्याचा प्रयत्न केला तर त्यांच्यातील आंतररेण्वीय बल हे प्रतिकर्षण बलात रूपांतरीत होते. द्रवाच्या आकारमानावर दाबाचा विशेष परिणाम होत नाही यामागचे हेच कारण आहे.

### 2.3.3 वायू :

आपण वायू पाहू शकत नाही परंतु ते आपल्या सभोवती असतात. जेव्हा वारा वाहतो तेव्हा हवा असल्याचे आपल्याला समजते. वारा म्हणजे वाहती हवा आणि ही अनेक वायूंचे मिश्रण आहे. उदा. ऑक्सिजन, नायट्रोजन, अरगॉन, कार्बन-डाय-ऑक्साईड आणि इतर. वायू त्यांना उपलब्ध असलेली सर्व जागा म्हणजे पूर्ण भांड्याचे आकारमान व्यापतात मग त्या भांड्याचे आकारमान कितीही असो. (आ. 2.1 पहा) वायूंमध्ये आंतररेण्वीय बल अतिशय शीण असल्याने त्याचे रेणू मुक्तपणे हालचाल करतात. त्यांना एकत्र जखडून ठेवण्यास हे बल असमर्थ असते. या क्षीण आंतररेण्वीय बलामुळे हे रेणू एकमेकांपासून दूर रहातात. वायूंमधील रेणू एकमेकांपासून दूर असल्याने त्यांच्यावर दाब दिल्यास ते एकमेकांजवळ येतात. वायूंवर प्रचंड दाब प्रयुक्त करता येतो हे याच कारणाने आपणास वायूवर एका ठराविक मर्यादित दाब प्रयुक्त करता येतो. या मर्यादेच्या पलिकडे गेल्यास वायूच्या रेणूतील प्रतिकर्षणबल वाढते. वायूच्या आकारमानावर ही तापमानाचा परिणाम होतो. तापमान वाढल्यास वायूचे आकारमान ही वाढते. उदा. एखाद्या बंद भांड्यास उष्णता दिल्यास त्यातील हवेचे आकारमान वाढते आणि त्याचा स्फोट होतो.

आपल्या सुदैवाने आपल्याला वायूवर बल प्रयुक्त करता येते असे जर नसते तर आपल्याला CNG (कॉम्प्रेसड नॅचुरल गॅस) मिळाला नसता. तुम्हाला सर्वांना माहितच आहे की CNG हे वाहनांसाठी प्रदूषण न करणारे इंधन म्हणून वापरले जाते. ब-याच ऑटोरिक्षा आणि बसच्या मागील बजूस CNG असे लिहिलेले तुम्ही पाहिले असेल. आपण स्वयंपाकघरातील स्वयंपाकासाठी गॅस सिलिंडर्स वापरू शकतो कारण त्यात LPG हा दाब प्रयुक्त करता येण्याजोगा वायू भरलेला असतो. वायूंच्या दाब प्रयुक्ततेची अशी अनेक उदाहरणे देता येतील. तुम्ही अजून काही उदाहरणे देऊ शकता का ? रूग्णालयातील ऑक्सिजनची नळकांडी (सिलिंडर्स) हे त्याचे अजून एक उदाहरण आहे.



आ. 2.2 स्थायू, द्रव आणि वायू यांच्यामधील रेणूचे वितरण



**?** तुम्हाला हे माहित आहे का ?

वर पाहिलेल्या पदार्थांच्या मूलभूत तीन अवस्था स्थायू, द्रव आणि वायू ह्या पृथ्वीवरच प्रामुख्याने आढळतात परंतु विश्वाच्या इतर भागात त्या एवढ्या प्रामुख्याने आढळत नाहीत. तुम्हाला हे समजल्यावर आश्चर्य वाटेल की विश्वातील 99% पदार्थ हे स्थायू, द्रव आणि वायू नसतात. प्रामुख्याने आढळणारे द्रव्याचे स्वरूप 'प्लाझ्मा' हे असते. सूर्य आणि इतर ता-यांमध्ये 'प्लाझ्मा' असतो. तुम्ही पुढच्या इयत्तेत प्लाझ्माविषयी शिकणार आहात.

पदार्थांच्या तीन अवस्थांचे विविध गुणधर्म सारांशरूपाने तक्ता क्र. 2.1 मध्ये दिले आहेत.

तक्ता 2.1 पदार्थांच्या तीन अवस्थांचे विविध गुणधर्म

पदार्थ / द्रव्याची अवस्था	आकारमान	घनता	आकार	प्रवाहीपणा	दाब प्रयुक्तता
स्थायू	निश्चित आकारमान असते.	उच्च	निश्चित आकार	प्रवाही नसतात	नगण्य
द्रव	निश्चित आकारमान असते	स्थायूपेक्षा कमी	निश्चित आकार नसतो भांड्याचा आकार धारण करतो.	सहज प्रवाही	अतिशय कमी
वायू	निश्चित आकारमान नसते	कमी	निश्चित आकार नसतो	सहज प्रवाही	अतिशय मोठी



**पाठांतर्गत प्रश्न 2.2 :**

- तीन अवस्थांपैकी कोणत्या अवस्थेत द्रव्याला निश्चित आकारमान नसते. तुमचे उत्तर सकारण द्या.  
(अ) स्थायू (ब) द्रव (क) वायू
- स्थायूंना निश्चित असा आकार का असतो ?
- नैसर्गिकरित्या तीनही अवस्थेत आढळणा-या एका पदार्थाचे नाव लिहा.

**?** तुम्हास हे माहित आहे का ?

ज्या भौतिक जगाभोवती तुम्ही सर्व गोष्टींची रचना करू शकता त्या भौतिक जगामध्ये दोन मूलभूत संकल्पना आहेत. त्या दोन मूलभूत संकल्पना म्हणजे द्रव्य आणि उर्जा. द्रव्य आणि उर्जा या संकल्पना एकमेकांशी  $E = mc^2$  या सुत्राने निगडित आहेत. यामध्ये  $E =$  उर्जा,  $m =$  वस्तुमान,  $c =$  प्रकाशाचा वेग. सर्व काळात प्रसिध्द असलेल्या अल्बर्ट आईनस्टाईन या थोर शास्त्रज्ञाने द्रव्याचे उर्जेत रूपांतर करता येते आणि उर्जेचे द्रव्यात रूपांतर करता येते असे सिध्द केले परंतु द्रव्यांचे

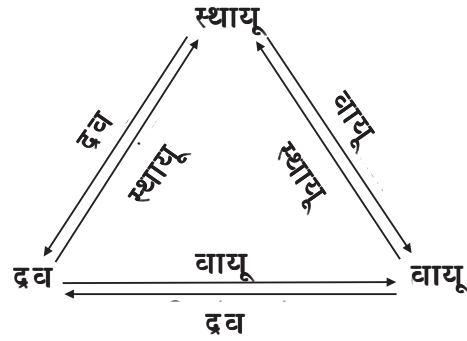


टिपा

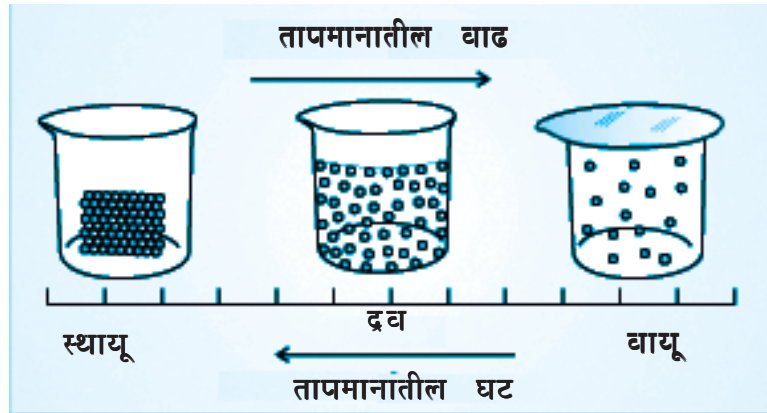
रूपांतर उर्जत करणे हे जरी सोपे असले तरी उर्जेचे रूपांतर द्रव्यात करणे मात्र अवघड आहे याबद्दल शंकाच नाही .

## 2.4 तापमान आणि दाब यांचा द्रव्याच्या अवस्थेवर होणारा परिणाम

स्थायू पदार्थाला उष्णता दिली असता काय घडते? याचा कधी तुम्ही विचार केला आहे का ? जेव्हा स्थायू पदार्थास उष्णता दिली जाते तेव्हा तो प्रसरण पावतो . हे प्रसरण अगदी थोडे असते . खरे तर औष्णिक उर्जा मिळाल्यावर पदार्थाचे कण (अणू किंवा रेणू ) त्यांच्या जागी जास्त वेगाने कंप पावू लागतात आणि त्यामुळे ते जास्त जाग (अवकाश) व्यापतात . यापुढे त्यांना उष्णता दिल्यास त्या कणांची उर्जा वाढते, ते त्यांची ठरलेली जागा सोडतात आणि मग स्थायू वितळतात . एकदा का स्थायूचा द्रव झाला की त्याला भांडयामध्ये ओतता येते . यापूर्वी शिकल्याप्रमाणे द्रव ज्या भांडयात ओततात त्या भांडयाचा आकार ते घेतात . द्रव अवस्थेतील कण मुक्तपणे हालचाल करू शकतात . आता आपण द्रवाला उष्णता दिल्यास काय घडते ते पाहूया . उष्णता (औष्णिक उर्जा) मिळाल्यामुळे द्रवाचे वायूत रूपांतर होते . कणांची गतीज उर्जा खूप वाढल्याने ते द्रवात असणा-या आंतररेण्वीय बलांवर मात करू शकतात . त्यामुळे द्रवाचे वायूत (वाफेत) रूपांतर होते .



रूपांतरण क्रिया



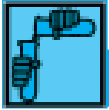
आ. 2.4 तापमानाच्या बदलांमुळे स्थायूचे द्रवात आणि द्रवाचे वायूत अवस्थांतर आणि वायूचे द्रवात आणि द्रवाचे स्थायूत अवस्थांतर



टिपा

वायूला उष्णता दिली असता त्याच्या कणांची गतिज उर्जा वाढते. ते मुक्तपणे व अधिक वेगाने हालचाल करू शकतात. आंतररेण्वीय अंतरही वाढते आणि दाब स्थिर ठेवला असता वायूचे आकारमानही वाढते. एखादा फुगवलेली फुगा जाळाच्या जवळ आणल्यानंतर काय होते ते तुम्हास माहित आहे का ?

एका ठराविक तापमानास शुद्ध स्वरूपातील स्थायूचे रूपांतर द्रवात होते किंवा दुस-या शब्दात सांगायचे झाले तर एखादया शुद्ध पदार्थाचे एका विशिष्ट तापमानावर स्थायू अवस्थेतून द्रव अवस्थेत रूपांतर होते. या विशिष्ट तापमानास त्या विशिष्ट स्थायू पदार्थाचा वितलन बिंदू किंवा विलय बिंदू असे म्हणतात. त्याचप्रमाणे जेव्हा द्रवाचे तापमान घटते तेव्हा एका विशिष्ट तापमानावर त्याचे स्थायूत रूपांतर होते. या तापमानास त्या विशिष्ट द्रवाचा गोठणबिंदू असे म्हणतात. ज्या तापमानास द्रव पदार्थ उकळतो आणि त्याचे वायूत रूपांतर होते (बाष्प होते) त्या तापमानास त्या द्रवाचा उत्कलनबिंदू असे म्हणतात.



कृती 2.1

पदार्थाच्या तीन अवस्थांचे एकमेकात रूपांतर करून दाखवणे.

**साहित्य** - बर्फ, भांडे, उष्णता देण्याचे साधन उदा. गॅसचा बर्नर

**कृती** - एका भांड्यात बर्फ घ्या. त्याला हळूहळू उष्णता द्या. प्रथम तो वितळेल आणि त्याचे पाणी होईल. तुम्ही जर त्यास अजून उष्णता दिलीत तर त्याची वाफ तयार होईल.

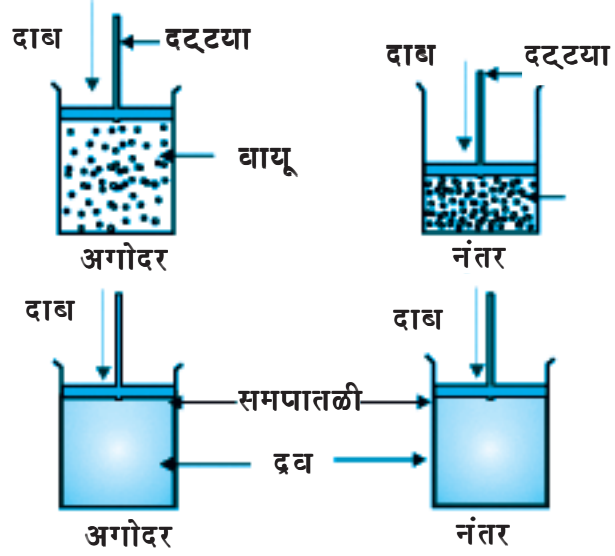
तुम्ही हे लक्षात ठेवा की पदार्थाच्या तीनही अवस्था तापमान आणि दाबाच्या बदलास वेगवेगळ्या प्रतिक्रिया देतात. पदार्थाच्या तीनही अवस्थांमध्ये जेव्हा तापमान वाढते तेव्हा पदार्थ प्रसरण पावतात किंवा त्यांच्या आकारमानात वाढ होते. तापमान कमी केले असता ते आंकुचन पावतात किंवा त्यांच्या आकारमानात घट होते. परंतु स्थायू आणि द्रव यावर होणारा दाबाचा परिणाम नगण्य असतो. दाब दिला असता वायूंचे आकारमान मात्र सहजपणे कमी होते.



कृती 2.2

खाली दिलेला प्रयोग करून तुम्ही द्रव आणि वायूवर होणा-या दाबाच्या परिणामाचे निरीक्षण करू शकाल.

एक इंजेक्शन देण्याची पिचकारी घ्या. पिचकारीचा मागील भाग ओढा त्यामुळे पिचकारीचा आतील सर्व भाग हवेने भरून जाईल. पिचकारीचे तोंड खरी वूचाने बंद करा. आता पिचकारीचा मागील भाग थोडासा आत ढकलून आतील हवा दाबा. तुम्हाला काय दिसते ? तुम्हाला असे दिसेल की पिचकारीचा मागील भाग सहजपणे पुढे ढकलला जातो. परंतु हे फक्त एका ठराविक मर्यादितपर्यंतच करता येते. यावरून असे दिसते की हवा सहजपणे दाबली जाऊ शकते. हाच प्रयोग तुम्ही द्रव घेऊन करा, जितक्या सहजतेने हवेच्या बाबतीत तुम्ही पिचकारी आत ढकलू शकलात तितक्याच सहजतेने तुम्ही द्रवाबाबतीत हे करू शकलात का ? तुम्ही प्रयत्न करूनही हे शक्य होत नाही. याचे कारण द्रवाचे रेणू वायूच्या तुलनेत जास्त जवळ असतात.



आ. 2.5 वायू आणि द्रवावर दाबाचा परिणाम



### पाठांतर्गत प्रश्न 2.3

१. स्थायूच्या तुलनेत वायू जास्त का दाबले जाऊ शकतात ?
२. पाण्याचे वर्फात रूपांतर तुम्ही कसे कराल ?

## 2.5 मुलद्रव्ये, संयुगे आणि मिश्रणे

### 2.5.1 मूलद्रव्ये

सर्व पदार्थ रासायनिक मूलद्रव्यांचे बनलेले असतात. रासायनिक मूलद्रव्य हे पदार्थाचे अत्यंत मूलभूत रूप आहे. रासायनिक प्रक्रियेने तोडून त्यांचे साध्या पदार्थात रूपांतर करता येत नाही. रासायनिक मूलद्रव्य हा शुद्ध पदार्थ असतो व त्यात एकाच प्रकारचे अणू असतात. तसेच त्याच्या अणुक्रमांकांमुळे तो वेगळा ओळखू येतो. हेलियम, कार्बन, लोखंड, सोने, चांदी, तांबे, अॅल्युमिनीयम, हायड्रोजन, ऑक्सिजन, नायट्रोजन, सल्फर, क्लोरीन, आयोडिन, युरॅनिअम आणि प्लुटोनियम ही काही मुलद्रव्यांची उदाहरणे आहेत.

मूलद्रव्ये ही विश्वाच्या उभारणीतील प्रमुख घटक आहेत. आजपर्यंत 114 मूलद्रव्यांचा शोध लागला आहे. या एकूण 114 मूलद्रव्यांपैकी जवळजवळ 90 मूलद्रव्ये पृथ्वीवर नैसर्गिकरित्या सापडतात आणि उरलेली मूलद्रव्ये अणुकेंद्रीय अभिक्रियांमध्ये कृत्रिमरित्या बनवली जातात. विश्वाच्या एकूण वस्तुमानापैकी 99% वस्तुमान हे फक्त हायड्रोजन (92%) आणि हेलियम (7%) यांचे असते. विश्वाच्या एकूण वस्तुमानाच्या 1% हा इतर उरलेल्या मूलद्रव्यांचा वाटा असतो.

पृथ्वीवर नैसर्गिकरित्या सापडणा-या 90 मूलद्रव्यांपैकी सिलिकॉन आणि ऑक्सिजन ही दोन मूलद्रव्ये पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचा तीन चतुर्थांश भाग व्यापतात. आपले शरीरसुद्धा मूलद्रव्यांनी बनलेले आहे पण मनुष्य शरीरातील त्याची रचना अथवा त्यातील घटक हे पृथ्वीच्या पृष्ठभागापेक्षा वेगळे असतात. हे तक्ता 2.2 मध्ये दाखविले आहे.



टिपा

क्र .	मूलद्रव्य	वस्तुमानानुसार टक्केवारी	
		पृथ्वीचा पृष्ठभाग	मानवी शरीर
01.	अॅल्युमिनीयम	6.5	खूप थोडे
02.	कॅल्शियम	3.6	1.5
03.	कार्बन	0.03	18.5
04.	हायड्रोजन	0.14	9.5
05.	लोग्‌वॅंड	5.0	खूप थोडे
06.	मॅग्नेशियम	2.1	0.1
07.	ऑक्सिजन	46.6	65.0
08.	सिलीकॉन	27.7	खूप थोडे
09.	सोडियम	2.8	0.2
10.	गंधक (सल्फा)	0.03	0.3

जरी मूलद्रव्ये ही पृथ्वीचा पृष्ठभाग आणि मानवी शरीर या दोहोंचाही घटक असली तरी मानवामध्ये याचे बरेच उपयोग आहेत. उदा. मानवास विचार करण्याची शक्ति असते इ. आपणच आपल्या पृथ्वीची काळजी घ्यायला हवी असे आपणास वाटते का ?

### 2.5.2 संयुगे

संयुगे ही दोन किंवा दोनापेक्षा जास्त मूलद्रव्यांच्या रासायनिक संयोगाने तयार होतात. दोन किंवा अधिक मूलद्रव्यांच्या, वस्तुमानाच्या ठराविक प्रमाणात होणा-या रासायनिक संयोगाने तयार होणा-या शुद्ध पदार्थास संयुग असे म्हणतात.

जेव्हा संयुग तयार करण्यासाठी मूलद्रव्ये एकत्र येतात तेव्हा प्रत्येक मूलद्रव्यांचे वैयक्तिक गुणधर्म लोप पावतात. ज्या मूलद्रव्यांपासून संयुग बनते त्या मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मपेक्षा संयुगांचे गुणधर्म वेगळे असतात. उदा. पाणी हे संयुग आहे. ते हायड्रोजन व ऑक्सिजन या मूलद्रव्यांपासून तयार होते. परंतु पाण्याचे गुणधर्म हे हायड्रोजन आणि ऑक्सिजनच्या गुणधर्मपेक्षा अगदी वेगळे आहेत. संयुगांचे विश्व हे अत्यंत अद्भुत असे आहे याचे कारण संयुगांच्या गुणधर्मातील विविधता हे होय. संयुगांची काही उदाहरणे खाली दिली आहेत.

ग्लुकोज	ग्लिसेरॉल	कॅल्शियम ऑक्साईड
सोडियम क्लोराईड	सल्फ्युरिक आम्ल	कार्बन डाय ऑक्साईड
हायड्रोक्लारीक आम्ल	क्लोरोफॉर्म	अॅसेटिक आम्ल
सोडियम कार्बोनेट	इथेनॉल	कार्बन मोनो ऑक्साईड
फिनॉल	सिट्रिक आम्ल	मिथेन



टिपा

मूलद्रव्य, संयुग आणि मिश्रण हे चित्राद्वारे आकृती 2.6 मध्ये दाखविले आहेत .

मूलद्रव्ये	हायड्रोजन रेणू	ऑक्सिजन रेणू
	पाण्याचे रेणू	नायट्रोजन पेरॉक्साईडचे रेणू
संयुगे	हायड्रोजन व ऑक्सिजनचे मिश्रण	हायड्रोजन पेरॉक्साईड व पाणी यांचे मिश्रण
मिश्रणे		

आकृती 2.6

या चित्रावरून असे लक्षात येते की मूलद्रव्ये एकत्र येऊन त्यांचे संयुग बनते परंतु मिश्रणामध्ये मूलद्रव्ये व संयुगे आपापले अस्तित्व टिकवून ठेवतात .

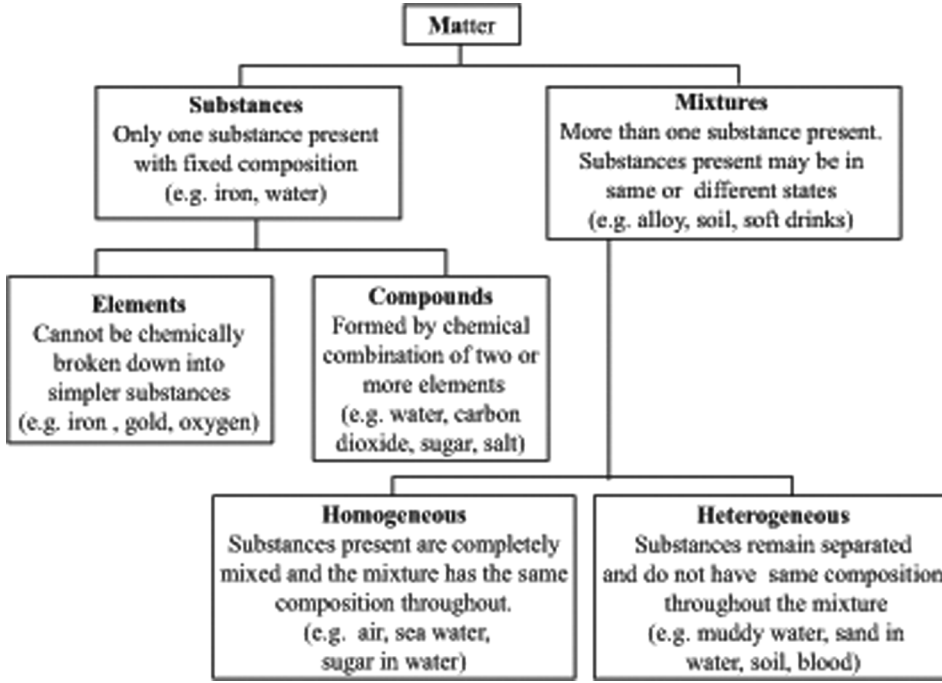
### 2.5.3 मिश्रणे

आपल्या दैनंदिन जीवनामध्ये आपला अनेक पदार्थांशी संबंध येतो . यातील बरेचसे पदार्थ हे (मूलद्रव्ये व संयुगे) शुध्द स्वरूपात नसतात, तर ते दोन किंवा अधिक शुध्द पदार्थांचे मिश्रण असतात . पुढील विभागात आपण मिश्रणांच्या प्रकाराविषयी माहिती घेऊ . मिश्रणांचे भाग पूर्णतः मिसळणारे व न मिसळणारे यावरून दोन प्रकार पडतात .

मूलद्रव्ये, संयुगे आणि द्रव्याचे इतर प्रकार यांच्यातील संबंध सारांश रूपाने आकृती 2.7 मध्ये सांगितला आहे .



टिपा



आ. 2.7 द्रव्याचे वर्गीकरण



### पाठांतर्गत प्रश्न 2.4

- खालील पदार्थांचे मूलद्रव्य, संयुग आणि मिश्रण यामध्ये वर्गीकरण करा. अॅल्युमिनियम, कार्बन, ग्रॅनाईट, पाणी, सिलिकॉन, कार्बन - डाय - ऑक्साईड, हवा आणि साखर
- मूलद्रव्य आणि संयुग यातील फरक लिहा.
- विश्वामध्ये सर्वाधिक सापडणारे मूलद्रव्य कोणते ?

### 2.6.1 समांग मिश्रण

ज्यांना अतिसार होतो ती माणसे **ORS** (जलसंजीवनी) घेतात हे तुम्ही पाहिले असेल. जलसंजीवनी (**ORS**) म्हणजे काय? पाण्यामध्ये थोडेसे मीठ आणि साखर घालून तुम्ही स्वतःच **ORS** बनवू शकता. **ORS** (जलसंजीवनी) हे समांग मिश्रणाचे किंवा द्रावणाचे उदाहरण आहे. आपण आता समांग मिश्रणाची माहिती घेऊ या.

काही मिश्रणांमध्ये घटक पदार्थ पूर्णपणे अशा रितीने मिसळलेले असतात की त्या घटकांचे प्रमाण सर्व ठिकाणी सारखेच असेल. अशी एकसारखी रचना असणा-या मिश्रणांना समांग मिश्रणे असे म्हणतात. उदा. तुम्ही जेव्हा पेळ्यामध्ये साखर व पाणी घालून सरवत बनवता तेव्हा संपूर्ण मिश्रणाला गोडवा येतो. तांत्रिकदृष्ट्या अशा समांग मिश्रणांना **द्रावण** असे म्हणतात. उदा. मीठ हा स्थायू पदार्थ आहे परंतु पाण्यात विरघळला असता त्याचे द्रवरूप मिश्रण किंवा मीठाचे द्रावण तयार होते. मीठ पाण्यामध्ये एकसारखे पूर्णपणे पसरते पण ते दिसत नाही (आ. 2.8) पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचा दोन तृतीयांश भाग समुद्राचे पाणी आहे. हे





टिपा

पाणी दुसरे तिसरे काही नसून विविध क्षारांचे पाण्यातील समांग मिश्रण (द्रावण) होय. समुद्राच्या पाण्यात ऑक्सिजन, कार्बन डाय ऑक्साईड यासारखे वायू विरघळलेल्या अवस्थेत असतात. आपण श्वसनासाठी वापरतो ती हवा हे देखील विविध वायूंचे समांग मिश्रण आहे. दोन द्रव पदार्थांचे देखील समांग मिश्रण तयार होते. उदा. पाणी आणि इथेनॉल एकमेकांत सर्व प्रमाणात मिसळतात. दुस-या शब्दात सांगायचे झाले तर पाणी हे इथिल अल्कोहोलबरोबर आणि इथिल अल्कोहोल पाण्याबरोबर मिसळते. बरीचशी संमिश्रे देखील दोन किंवा दोनापेक्षा जास्त धातूंची समांग मिश्रणे आहेत. सोने आणि तांबे हे स्थायूंचे समांग द्रावण तयार करतात. सोनार सोन्याच्या छोट्या तुकड्यावरून ही त्याच्या शुध्दतेची परीक्षा करू शकतात हे तुम्हाला माहित आहे का ?



### आ. 2.8 मीठ आणि पाणी एकत्र होताना

ज्या मिश्रणामध्ये पदार्थ एकमेकांत पूर्णपणे मिसळलेले असतात व त्यांची रचना सर्व ठिकाणी सारखीच असते त्यांना समांग मिश्रण असे म्हणतात.

वेगवेगळे पदार्थ मिसळून तयार होणारी विविध समांग मिश्रणे खाली तक्ता क्र.2.3 मध्ये सारांशात दिली आहेत.

तक्ता 2.3 विविध प्रकारची समांग मिश्रणे

मिश्रणाचा प्रकार	वर्णन	उदाहरणे	तुम्ही इथे दुसरे उदाहरण लिहाल का?
स्थायू + द्रव	द्रवामध्ये स्थायू पदार्थ विरघळून पारदर्शक द्रावण तयार होणे	पाणी आणि साखर पाणी आणि मीठ टिंक्चर आयोडीन व इथिल अल्कोहोल	
द्रव + द्रव	यांचे एकच पारदर्शक मिश्रण तयार होते.	पाणी व इथिल अल्कोहोलचे मिश्रण	
वायू + द्रव	द्रवामध्ये वायू पूर्णपणे विरघळून पारदर्शक द्रावण तयार होते.	सोडा वॉटर किंवा कोणतेही शीतपेय	
वायू + वायू	दोन किंवा अधिक वायूंचे मिश्रण	हवा	
स्थायू + स्थायू	काही धातूंची संमिश्रे	ब्रास , ब्रॉझ	

वरील प्रश्न सोडवताना तुम्ही तुमच्या मित्रांची किंवा इतरांची मदत घेऊ शकता.

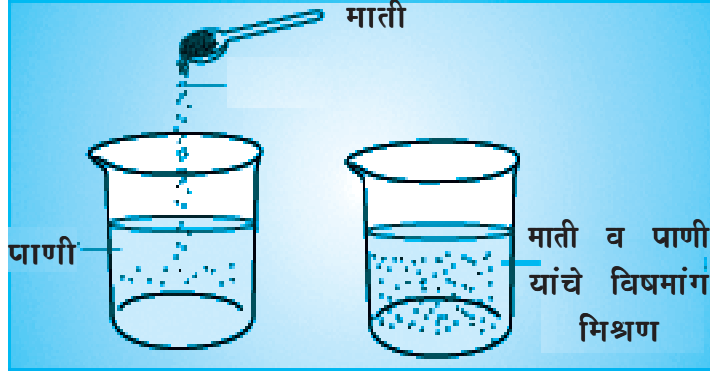




टिपा

### 2.6.2 विषमांग मिश्रण

तुम्ही बाजारातून कधी मिश्रण आणले आहे का? तुमचे उत्तर हो असल्यास तुमच्या हे लक्षात आले असेल की मिश्रणात वेगवेगळे घटक असतात व ते वेगळे दिसून येतात. ज्या मिश्रणांमध्ये घटक पदार्थ एकमेकात पूर्णपणे मिसळत नाहीत तर वेगवेगळेच रहातात त्या मिश्रणांना विषमांग मिश्रणे असे म्हणतात. (आ. 2.9) अशा मिश्रणांमध्ये एक पदार्थ दुस-या पदार्थात छोट्या कणांच्या रूपात, दवविंदूसारखा किंवा बुडबुड्याच्या रूपात सगळीकडे पसरलेला दिसतो.



### आकृती

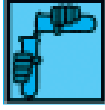
ज्या मिश्रणामध्ये घटक पदार्थ वेगळे रहातात आणि जे एकजिनसी नसते अशा मिश्रणास विषमांग मिश्रण असे म्हणतात. वेगवेगळे पदार्थ मिसळून तयार होणारी वेगवेगळ्या प्रकारची मिश्रणे खालील तक्त्यात ( तक्ता क्र. 2.4) मध्ये सारांशाने सांगितली आहेत.

तक्ता 2.4 विविध प्रकारची विषमांग मिश्रणे

मिश्रणाचा प्रकार	वर्णन	उदाहरणे	तुम्ही इथे दुसरे उदाहरण लिहाल का?
संधारण	स्थायू + द्रव	पाणी व पिटाचे मिश्रण, नदीचे गढूळ पाणी	
जेल	स्थायूमध्ये द्रवकण अडकून तयार होते.	फ्रुट जेली व अगार जेल	
ईमलशन	एका द्रवाचे छोटे कण दुस-या द्रवात संधारित होणे.	दूध	
अेरोसोल	द्रवाचे किंवा स्थायूचे छोटे कण वायूमध्ये पसरून राहणे.	ढग (वायूमध्ये द्रव) धूर (वायूमध्ये स्थायू)	
फेस (फोम)		दाढीचा फोम, पॉलिस्टायरिन फोम (थर्मोकोल)	



टिपा



कृती 2.3

तुम्ही तुमच्या घरातील किंवा परिसरातील दहा वस्तू घेऊन त्यांच्या घटकांची रचना व मिळण्याचे टिकाण यावरून त्यांचे खालील तक्त्यात वर्गीकरण करा.

अनु क्रमांक	पदार्थ किंवा वस्तूचे नाव	मूलद्रव्य	संयुग	मिश्रण		माहित नाही
				समांग	विषमांग	
01	पाणी					
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						



पाठांतर्गत प्रश्न 2.5

१. एथिल अल्कोहोल आणि पाणी यांचे मिश्रण कोणत्या प्रकारचे असते? समांग की विषमांग?
२. दोन स्थायू पदार्थांपासून मिळणा-या स्यांग मिश्रणाचे एक उदाहरण द्या.

2.7 द्रावण आणि त्याची संहती

जेव्हा एक किंवा अधिक पदार्थ (द्रव्य) दुस-या पदार्थांमध्ये (द्रावकांमध्ये) पूर्णपणे विरघळते तेव्हा द्रावण (समांग मिश्रण) तयार होते. जेव्हा आपण द्रावणाचा विचार करतो तेव्हा आपल्या डोळ्यासमोर येणारी सर्वसामान्य उदाहरणे ही स्थायू पदार्थ पाण्यात विरघळल्याने तयार होण्या-या द्रावणाची असतात. साखर किंवा मीठ पाण्यात विरघळून या प्रकारचे द्रावण मिळते. पृथ्वीचा दोन तृतीयांश पृष्ठभाग हा द्रावणाने व्यापलेला आहे हे तुम्हांस माहित आहे का ? हे द्रावण म्हणजे महासागरातील पाणी याचा तुम्हाला नक्कीच अंदाज बांधता येईल. समुद्रातील पाणी म्हणजे विद्राव्य खनिजांचे पाण्यातील द्रावण होय. यामध्ये ऑक्सिजन, नायट्रोजन, कार्बन-डाय-ऑक्साईड यासारखे वायूही असतात. हे विद्राव्य वायू महासागरातील जलचर प्राण्यांच्या जीवन रक्षणासाठी अत्यंत महत्वाचे असतात.



दोन किंवा दोनापेक्षा जास्त द्रवरूप पदार्थांची काही द्रावणे आहेत. तुम्हाला माहित आहे की एथिल अल्कोहोल व पाणी द्रावण करण्यासाठी कोणत्याही प्रमाणात एकमेकात मिसळतात तसेच घनरूप आयोडिन एथिल अल्कोहोलमध्ये विरघळवले असता टिंक्चर आयोडिन तयार होते याच्यामध्ये जंतुनाशक गुणधर्म असतो.

स्थायू किंवा घनपदार्थ द्रवात विरघळवून तयार होणा-या द्रावणाचे दोन भाग असतात.

- जो घन पदार्थ विरघळतो त्यास द्राव्य असे म्हणतात.
- ज्या द्रवात स्थायू पदार्थ विरघळतो त्या द्रवास द्रावक असे म्हणतात.



आ. 2.10 मीठ व पाणी यांचे मिश्रण

तुम्ही आत्ताच पाहिले की फक्त स्थायू पदार्थ पाण्यात विरघळयाने द्रावण तयार होत नाही तर आधी वर्णन केल्याप्रमाणे इतरही वेगवेगळ्या प्रकारची द्रावणे असतात. अशा वेळी जो पदार्थ मोठया प्रमाणात घेतलेला असतो त्यास द्रावक असे म्हणतात आणि जो पदार्थ सामान्यपणे कमी प्रमाणात असतो त्यास द्राव्य असे म्हणतात.

जेव्हा एखादा पदार्थ एखाद्या द्रावकात विरघळतो तेव्हा ते विशिष्ट द्राव्य त्या विशिष्ट द्रावकात **विद्राव्य** आहे असे म्हणतात.

जर ते द्रव्य विरघळले नाही तर ते **अविद्राव्य** आहे असे म्हणतात. सर्वसामान्यपणे द्रावक म्हणून पाणी वापरले जाते. त्यामध्ये मोठया संख्येने (अनेक) पदार्थ विरघळतात. या त्याच्या गुणधर्मांमुळे त्यास वैश्विक द्रावक असे म्हणतात. विविध प्रकारचे पदार्थ पाण्यात विरघळतात. पाण्याच्या या एकमेवाद्वितीय गुणधर्मांमुळेच झाडे जमिनीतून खनिज पदार्थ घेऊ शकतात. पाणी हे उत्तम द्रावक असल्याने ते विविध प्रकाराने वापरले. परंतु पाण्याच्या या एकमेवाद्वितीय गुणधर्मांमुळे त्याचे काही तोटेही होतात. उदा. पाणी सहजपणे दूषित होते त्यामुळे पिण्याच्या पाण्याचे शुद्धीकरण करणे हे एक अत्यंत महत्वाचे आव्हान आहे.

आणखी काही महत्वाचे द्रावक आहेत. उदा. सेंद्रिय द्रवपदार्थ. सेंद्रिय द्रावणात फक्त सेंद्रिय संयुगे विरघळतात. ती पाण्यापेक्षा वेगळी असतात तसेच महत्वाची ही असतात. एथिल अल्कोहोल, वेंझीन ही अशा सेंद्रिय द्रावकांची उदाहरणे आहेत.



टिपा

### 2.7.1 द्रावणाचे संहतीकरण :

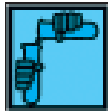
जेव्हा आपण द्रावणांविषयी बोलतो तेव्हा संहतीकरण ही संज्ञा आपण वारंवार वापरतो. द्रावणाचे संहतीकरण हे द्रावकाच्या दिलेल्या वस्तुमानात अगर आकारमानात असलेल्या द्राव्याच्या संख्येमध्ये (वजनामध्ये) सांगितले जाते. सामान्यपणे द्रावणाच्या संहतीकरणाची व्याख्या द्रावणाच्या **एका ठराविक आकारमानात असलेल्या द्राव्याचे वस्तुमान** अशी केली जाते. ( हे ठराविक आकारमान साधारणपणे 1 लिटर असे घेतले जाते) द्रावणाचे संहतीकरण हे द्राव्याच्या ग्रॅममधील वस्तुमानाच्या टक्केवारीच्या स्वरूपात ही सांगितले जाते. 100 ग्रॅम द्रावणातील द्राव्याचे वस्तुमान कसे काढतात हे खाली दाखविले आहे.

$$\text{द्राव्य (\%)} = \left( \frac{\text{द्राव्याचे वस्तुमान}}{\text{द्रावणाचे वस्तुमान}} \right) \times 100$$

ग्लुकोजचे वस्तुमानाप्रमाणे 10% द्रावण याचा अर्थ असा की ग्लुकोजच्या 100 ग्रॅम द्रावणामध्ये 10 ग्रॅम ग्लुकोज असते म्हणजेच (याचा अर्थ असा) यामध्ये 10 ग्रॅम ग्लुकोज 90 ग्रॅम पाण्यामध्ये विरघळवलेले असते.

जेव्हा आपण एखादा पदार्थ पाण्यात विरघळवतो. उदा. साखर तेव्हा जसजसे आपण साखरेचे प्रमाण वाढवतो तसतसे ते द्रावण संहत होत जाते. विरल द्रावणामध्ये द्राव्याचे प्रमाण कमी/थोडे असते. तापमान स्थिर ठेऊन जर आपण द्रावकामध्ये द्राव्य टाकत राहिलो तर एकवेळ अशी येते की द्रावकामध्ये द्राव्य विरघळत नाही. यावेळी आपण म्हणतो की हे द्रावण द्राव्याच्या संदर्भातून संपृक्त झाले.

परंतु आता तापमान वाढविल्यास जास्त द्राव्य विरघळू शकते. ठराविक तापमानाला द्राव्याच्या संपृक्त द्रावणातील संहतीला त्या द्राव्याची त्या विशिष्ट द्रावकातील विद्राव्यता असे म्हणतात.



कृती 2.4

सोडियम क्लोराईडचे पाण्यात द्रावण तयार करा. त्याची संहती 1 लिटर पाण्यामध्ये वस्तुमानाने 10 ग्रॅम सोडियम क्लोराईड इतकी असू द्या.

१. एक खूण असलेले पात्र घ्या. (उदा. शंकूपात्र, चोचपात्र) ते उर्ध्वपातित पाण्याने (द्रावकाने) अर्धे भरा.
२. 10 ग्रॅम सोडियम क्लोराईड (द्राव्य) वजन करा.
३. हे सोडियम क्लोराईड काळजीपूर्वक पात्रातील पाण्यात टाका.
४. हळूवारपणे पात्र हलवा की जेणेकरून सगळे सोडियम क्लोराईड विरघळेल.
५. आता अजून उर्ध्वपातित पाणी घालून द्रावणाचे आकारमान 1 लिटर इतके करा. पात्रावरील खुणेपर्यंत पाणी घातले की आकारमान 1 लिटर इतके होईल.
६. शेवट काळजीपूर्वक पात्र हलवून एकजिनसी द्रावण तयार करा.



पाठांतर्गत प्रश्न 2.6

१. तुम्हाला साखरेचे 40 टक्क्याचे 1 किलोग्रॅम इतके द्रावण वस्तुमानाने तयार करावयाचे आहे. तुम्हाला किती साखरेची व पाण्याची गरज लागेल ?  
साखर .....  
पाणी .....
२. ज्या द्रवपदार्थात स्थायू विरघळतो आणि त्याचे द्रावण तयार होते त्या द्रव पदार्थास काय म्हणतात ?
३. दिलेले द्रावण अधिक संतत करण्यासाठी तुम्ही अजून काय घालाल ?

संधारणे (Suspensions) :

शहरी काय किंवा ग्रामीण विभागात काय हिवाळ्यामध्ये धुके दिसणे म्हणजे अगदी नेहमीचा अनुभव असतो. धुके म्हणजे काय? अतिशय छोटे पाण्याचे कण हवेमध्ये निलंबित अवस्थेत असतात. म्हणून धुके हे एक प्रकारे संधारणच होय. अनेक पदार्थ असे असतात की ते एकमेकांत मिसळत नाहीत. काही स्थायू असे असतात की ते पाण्यात किंवा इतर द्रव्यात विरघळत नाहीत आणि असेही काही द्रव असतात की जे एकमेकांत मिसळत नाहीत. जर असे पदार्थ (एकमेकांत न मिसळणारे) मिसळले तर त्यापासून विषमांग मिश्रण तयार होते. भोवतालच्या माध्यमात निलंबित झालेल्या किंवा पसरलेल्या कणांच्या आकारावरून विषमांग मिश्रणे दोन भागात विभागली जातात. १) कलिली २) संधारण कलिली मिश्रणांचा अभ्यास तुम्ही वरच्या वर्गात करणार आहात. इथे आपण संधारणाची थोडक्यात माहिती घेऊ या. द्रावकात न विरघळणारे परंतु उघड्या डोळ्यांनी दिसणारे पदार्थाचे छोट्या आकाराचे कण संधारण तयार करतात.

पायसाच्या कणांचा आकार छोटा असतो साधारणपणे 1-1000 nm इतका परंतु त्याच्या उलट संधारणातील कणांचा आकार मात्र मोठा असतो. संधारणातील कणांचा आकार 1000 nm च्या पेक्षा जास्त असतो. जेव्हा आपण पाण्यात पीठ घालतो तेव्हा पीठ पाण्यात विरघळत नाही परंतु त्याची (slurry) तयार होते त्यास संधारण असे म्हणतात. परंतु पीठात पाण्याचे प्रमाण कमी घातल्यास (200 ग्रॅम पीठ आणि 100 ग्रॅम पाणी) आपल्याला चपाती करण्याजोगा पीठाचा गोळा मिळतो. जेव्हा संधारणाला धक्का न लावता तसेच ठेवले जाते तेव्हा त्यातील निलंबित कण तळाशी वसतात. (आ. 2.11)



आ. 2.11 धक्का न लावता/ न हलविता ठेवल्यास संधारणातील निलंबित कण तळाशी वसतात.



टिपा



टिपा

वैद्यकीय शास्त्रात संंधारणांचा खूप उपयोग होतो. उदा. बेरियम सल्फेट (हे पाण्यात अतिशय कमी प्रमाणात विद्राव्य आहे.) हे अर्धपारदर्शक माध्यम आहे. हे 'क्ष' किरणाने रोग परीक्षा करण्यासाठी (क्ष किरण तपासणीसाठी) वापरले जाते. (बेरियम धातू परीक्षा) जी औषधे पाण्यात विरघळत नाहीत त्यांना संंधारणाच्या रूपात दिले जाते. उदा. पेनिसिलीन, अर्नॉक्सिलीन. तुम्हीही काही औषधाच्या बाटल्या पहा. तुम्हाला त्यावर संंधारण असे लिहिलेले आढळले का ?



### कृती 2.5

तुमच्या घरात उपलब्ध असलेल्या पदार्थापासून संंधारण तयार करा.

**साहित्य** - गव्हाचे पीठ (साधारणपणे 1 वाटी, 200 ग्रॅम), पाणी, एक पेला (250 मि.ली) आणि एक चमचा

**कृती** - एक पेल्यात पाणी घ्या. त्यामध्ये गव्हाचे पीठ घाला. चमच्याच्या सहाय्याने पाणी ढवळा. हे मिश्रण हलू न देता / धक्का न लावता काही काळ ठेवा. तुमचे निरीक्षण लिहा. तुम्ही संंधारण बनवलेत की द्रावण बनवलेत ते ओळखा. तुमच्या उत्तरामागचे एखादे तरी कारण सांगा.

### मिश्रणाचे विलगीकरण :

तुम्ही कधीतरी कोणाला गहू अथवा तांदूळ निवडताना पाहिले आहे का ? म्हणजेच तुम्ही विषमांग मिश्रणातील घटक भौतिक पध्दतीने कसे वेगळे करतात? हे पाहिले आहे. तुम्ही कधी खडीसाखर खाल्ली आहे का ? खडीसाखर तयार करताना साखर आणि पाण्याच्या समांग मिश्रणातून साखर वेगळी केली जाते. अनेक उद्देशांसाठी आपल्याला घरात किंवा कारखान्यात समांग आणि विषमांग अशी दोन्ही मिश्रणे विलग/वेगळी करावी लागतात. सुदैवाने आपण साखर किंवा मीठ यांच्या पाण्यातील द्रावणातून साखर किंवा मीठ पाण्याचे वाष्पीभवन करून मिळवू शकतो. मिश्रणाचे वेगवेगळे घटक विलग करण्यासाठी अनेक प्रकारची भौतिक तंत्रज्ञाने उपलब्ध आहेत. **ही सर्व** विलगीकरणाचे तंत्रे मिश्रणातील घटकांच्या भौतिक गुणधर्मातील फरकांवर आधारित आहेत. खाली दिलेले दोन घटक विलगीकरणासाठी उत्तम असणारी तंत्रे निवडण्यासाठी मदत करतात.

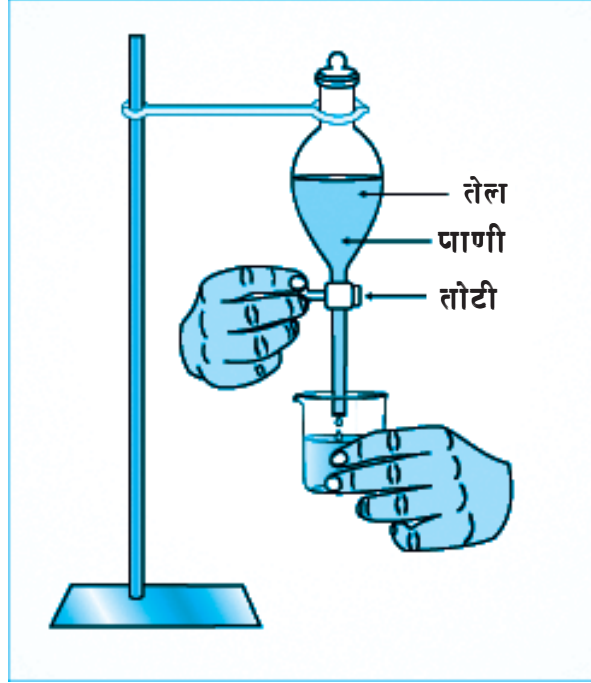
- १ मिश्रणाचा प्रकार
- २ तुम्हाला मिळवायचा आहे तो घटक

इथे आपण विलगीकरणाच्या काही सामान्य तंत्रांचे वर्णन करू या.

### विलगकारी नरसाळे वापरून विलगीकरण करणे :

एकमेकांत न मिसळणा-या दोन द्रवांचे मिश्रण (उदा. पाणी आणि तेल) यांचे विलगीकरण हे विलगकारी नरसाळे वापरून करता येते. मिश्रण विलगकारी नरसाळ्यात घेऊन थोडावेळ तसेच

ठेवून द्या. जेव्हा द्रवाचे दोन थर वेगळे होतील तेव्हा खालच्या वाजूस जमलेला दाटसर द्रव (जास्त घनता असलेला) तोटी उघडून प्रथम गोळा करावा. (आ. 2.12 पहा) ही पध्दत कारखान्यात खूप उपयोगी पडते.



आ. 2.12 विलगकारी नरसाले वापरून पाणी आणि तेल यांचे विलगीकरण

### 2.9.2 बाष्पीभवनाचे विलगीकरण :

द्रव (द्रावक) आणि स्थायू (द्राव्य) द्रावणातून वेगळे करण्यासाठी सूर्यप्रकाशाच्या सहाय्याने किंवा उष्णता देऊन द्रव पदार्थ द्रावणातून काढून टाकला जातो. बाष्पीभवनाचे तुम्ही फक्त स्थायू किंवा चूर्णाच्या रूपातील द्राव्य घटक परत मिळवू शकता. परंतु द्रावक जर ज्वलनशील असेल तर तुम्ही उष्णता देण्यासाठी ज्योत वापरू शकत नाही त्याऐवजी तुम्ही उष्णता देण्याचे विद्युत साधन/उपकरण किंवा तेलाचे अथवा पाण्याचे भांडे (कुकरसारखे) वापरू शकता. समुद्राच्या पाण्यापासून बाष्पीभवनाच्या प्रक्रियेने मीठ वेगळे करण्यासाठी समुद्रकिनारी उथळ वाफे तयार करतात असे तुम्ही ऐकले असेल.

### गाळण्याच्या प्रक्रियेने विलगीकरण

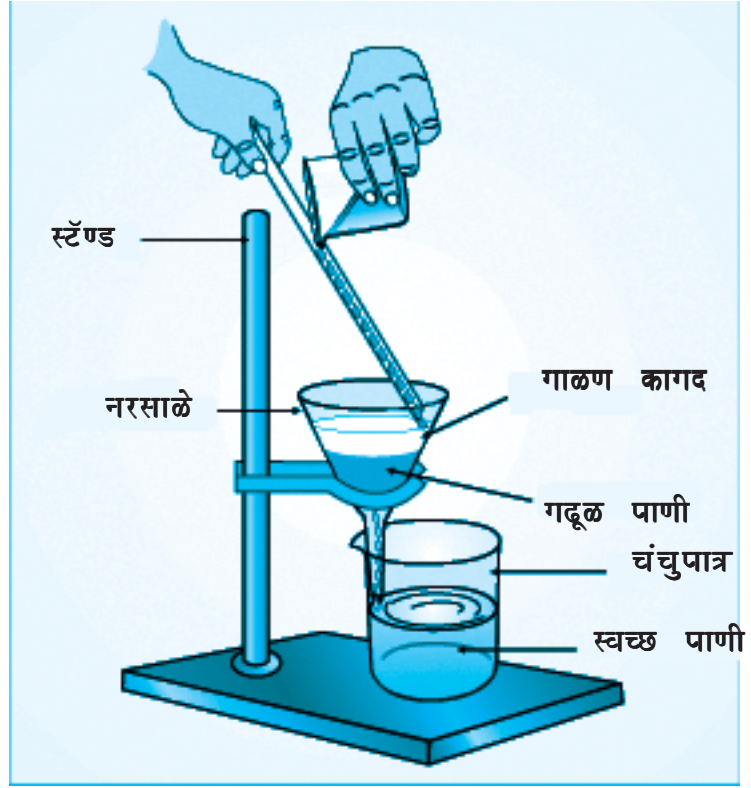
विपमांग मिश्रणातून द्रवपदार्थापासून स्थायू पदार्थ वेगळे करण्यासाठी गाळणे ही एक उत्तम पध्दत आहे. गाळण्याचे स्थायू पदार्थ गाळण कागदावर अवशिष्ट म्हणून गोळा करता येतो आणि द्रव पदार्थ हा (filterate) म्हणून मिळतो. कारखान्यांमध्ये गाळण पध्दती मोठ्या प्रमाणावर वापरली जाते.

आ. 2.13 गाळण प्रक्रिया (अ) साधे गाळणे (ब) निर्वातात गाळणे





टिपा



आ. 2.13 गाळण प्रक्रिया (अ) साधे गाळणे (ब) निर्वातात गाळणे

#### 2.9.4 स्फटीकीभवने विलगीकरण :

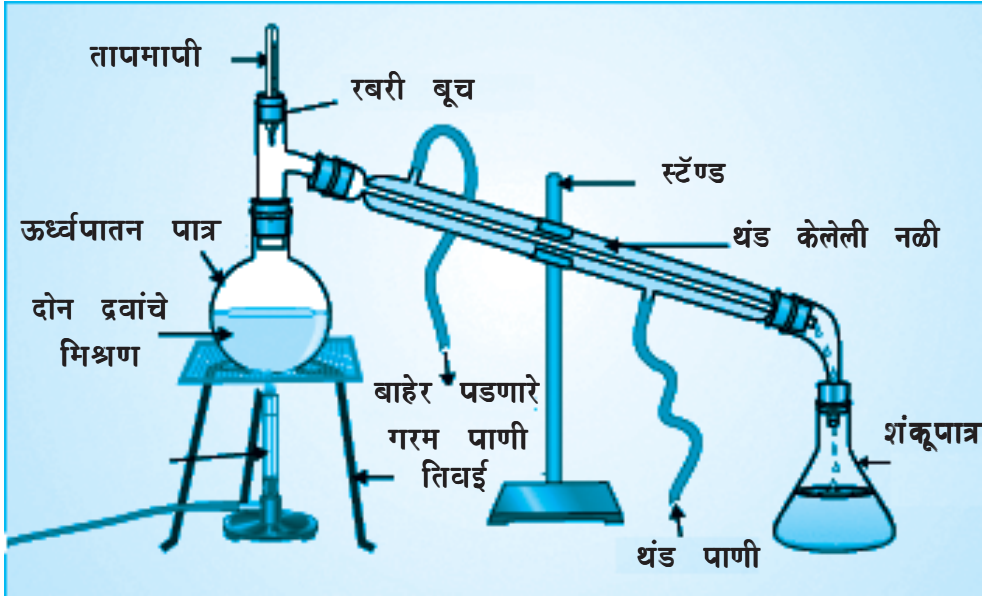
एखाद्या द्रावणातून स्थायूचे स्फटिक मिळविण्याच्या पध्दतीला स्फटिकीभवन असे म्हणतात. द्रवापासून स्थायू वेगळे करण्याच्या स्फटिकीभवनाच्या पध्दतीची सुरवात द्रवाच्या वाष्पीभवने होते



पण स्फटिकीभवनाच्या पध्दतीत द्रावण पुरेसे संपृक्त झाल्यावर वाष्पीभवन थांबवले जाते. या पध्दतीने मिळवलेले संपृक्त द्रावण, त्यातून स्फटिक मिळण्यासाठी सावकाशपणे थंड केले जाते. हे स्फटिक नंतर गाळण प्रक्रियेने वेगळे केले जातात. मिश्री (खडीसाखर) ही साखरेच्या संपृक्त द्रावणाच्या स्फटिकीभवनाने तयार केली जाते.

### 2.9.5 उर्ध्वपातनाने विलगीकरण :

समांग मिश्रणातून द्रव पदार्थ वेगळा करण्यासाठी उर्ध्वपातन ही पध्दत वापरली जाते. उर्ध्वपातनाच्या पध्दतीमध्ये द्रव किंवा द्रवाचे मिश्रण उर्ध्वपातनाच्या पात्रात उकळले जाते. तयार झालेली वाफ पाण्याने थंड केलेल्या नळीतून (condenser) पाठवली जाते व उर्ध्वपातित द्रव गोळा केला जातो (आ. 2.14 पहा).जेव्हा दोन मिश्रणीय (एकमेकांत पूर्णपणे मिसळणारी) द्रवांची द्रावणे विलग करावयाची असतात तेव्हा त्या द्रवांचे उत्कलन विंदू वेगळे असतात. या वस्तुस्थितीवर आधारित त्यांचे विलगीकरण केले जाते. दोन द्रवांच्या उत्कलनविंदूमध्ये बराच मोठा फरक असावा लागतो.



आ. 2.14 उर्ध्वपातनाचे साधन

### 2.9.6 चुंबकीय गुणधर्मावर आधारित विलगीकरण :

तुम्ही चुंबकीय व अचुंबकीय पदार्थांचे मिश्रण विलग कसे कराल ? चुंबकीय व अचुंबकीय पदार्थांच्या मिश्रणातून चुंबकीय पदार्थ चुंबक वापरून वेगळे करता येतात. उदाहरणार्थ चुंबकत्व असणारे लोखंडाचे कण, वाळू, साखर, लाकडाचा भुस्सा इ. अचुंबकीय पदार्थांपासून तुम्हाला चुंबक वापरून विलग करता येतील (आ. 2.15) औद्योगिक क्षेत्रात लोखंडी पदार्थ अचुंबकीय पदार्थांपासून वेगळे करण्यासाठी ही पध्दत वापरतात. यामध्ये खूप मोठे विद्युतचुंबक वापरतात. उदा. लोखंडाचे धातुक





टिपा



आ. 2.15 मिश्रणाचे चुंबकाद्वारे विलगीकरण



कृती 2.6 :

लोखंडाचे कण व साखर यांच्या मिश्रणातुण लोखंडाचे कण विलग करणे .

साहित्य -

साखर, लोखंडाचे कण, चुंबक

**कृती** - साखरेचे स्फटिक आणि लोखंडाचे कण यांचे मिश्रण तयार करा .हे मिश्रण एका कागदावर पसरा . या मिश्रणावर चुंबक धरा . लोखंडाचे कण चुंबकाकडे आकर्षित होतील . चुंबकापासून लोखंडाचे कण काढा .ही प्रक्रिया लोखंडाचे कण मिश्रणातून संपूर्णपणे निघेपर्यंत करा .



कृती 2.7

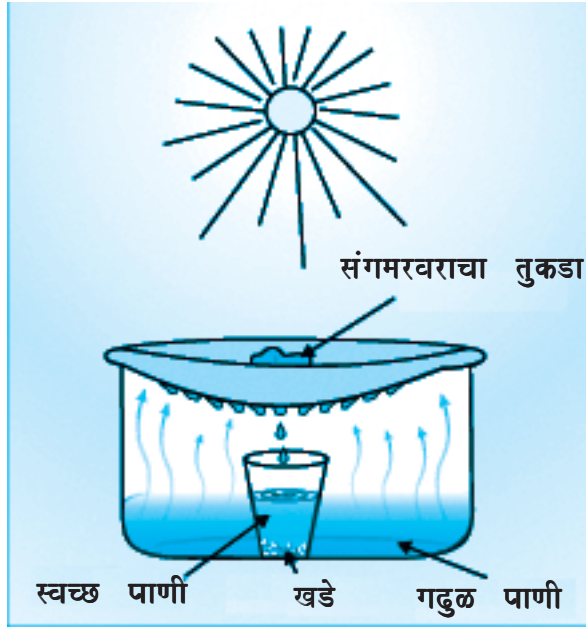
गढूळ पाण्यापासून सौरउर्जा वापरून उर्ध्वपातन प्रक्रियेने पाणी विलग करणे .

**साहित्य** - एक मोठे तसराळे (पसरट भांडे), या भांड्यांच्या उंची पेक्षा कमी उंचीचा काचेचा पेला, गुंडाळण्यासाठी प्लास्टिकचा कागद, 9 ते 10 छोटे संगमरवराचे तुकडे किंवा खडे, प्लास्टिकचा पापुद्रा (पातळ प्लॅस्टिक पिशवीचा तुकडा) 2 लिटर, गढूळ पाणी

**कृती** -

१. मोठ्या पसरट भांड्यात गढूळ पाणी घ्या . त्यामध्ये आकृती 2.16 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे काचेचा पेला ठेवा . काचेचा पेला नीट स्थिर रहावा यासाठी त्याला वाजूने खड्यांचा किंवा संगमरवराच्या तुकड्यांचा आधार द्या .
२. पसरट भांड्यास वरून प्लॅस्टिकचा कागद लावून घट्ट बंद करा . प्लॅस्टिकचा कागद सेलोटैपने चिकटवून टाका .

३. या प्लॅस्टिकच्या कागदावर संगमरवराचा एक तुकडा ठेवा जेणेकरून त्यास थोडा झोळ येईल आणि त्यामुळे पाणी गोळा होण्यास मदत होईल. प्लॅस्टिक ग्लासला चिकटणार नाही असे पहा.
४. हे पसरट भांडे सूर्यप्रकाशात ब-याच तासांसाठी ठेवा. तुम्हाला असे दिसेल की पाण्याच्या वाफेचे संघनन होऊन ते प्लॅस्टिकच्या आतील वाजूतून काचेच्या पेल्यामध्ये जमा होत आहे.



आ. 2.16 पाण्याच्या शुद्धीकरणाची सौरभट्टी

वर दिलेल्या टप्प्यांनी जे साधन (device) तयार केले त्यास सौरभट्टी (solar still) असे म्हणतात. (आ. 2.16 पहा) यामध्ये वाष्पीभवन आणि संघनन या नैसर्गिक प्रक्रियांचा वापर गढूळ पाण्याच्या शुद्धीकरणासाठी केला आहे. पसरट भांड्यात ठेवलेले गढूळ पाणी सूर्याच्या उष्णतेने तापते. त्या पाण्याची वाफ होते आणि चिखल/माती भांड्याच्या तळाशी रहाते. बाहेरच्या थंड हवेमुळे प्लॅस्टिकचा कागद थंड असतो त्यामुळे वाफ प्लॅस्टिकच्या कागदास लागली की तिचे संघनन होते. पेल्यात पडलेले पाणी हे स्वच्छ पाणी असते.



### पाठांतर्गत प्रश्न 2.7

१. लोखंडाचे कण आणि धुळीकण वेगळे करण्यासाठी कोणत्या भौतिक गुणधर्माचा वापर करतात ?  
 (अ) चुंबकीय (ब) विद्युत (क) घनता
२. साखरेचे खडीसाखरेच्या (मिश्रीच्या) रूपात विलगीकरण करण्यास ..... असे म्हणतात.  
 (अ) वाष्पीभवन (ब) स्फटिकीभवन (क) उर्ध्वपातन





टिपा



### आपण काय शिकलो ?

- द्रव्याला वस्तुमान असते आणि द्रव्य जागा व्यापते. द्रव्य शोधता येते आणि त्याचे मापन करता येते किंवा ते मोजता येते.
- द्रव्याच्या तीन भौतिक अवस्था असतात. स्थायू, द्रव आणि वायू. पदार्थ/द्रव्य हे या तीनपैकी एका अवस्थेत असते.
- तापमान आणि दाब बदलून द्रव्याच्या एका विशिष्ट अवस्थेचे रूपांतर दुस-या अवस्थेत करता येते.
- स्थायूला निश्चित असा आकार असतो आणि स्वतःहून त्यांना तो बदलता येत नाही.
- द्रवाला स्वतःचा असा आकार नसतो. तो ज्या भांड्यात ठेवलेला असतो त्या भांड्याचा आकार त्याला प्राप्त होतो.
- वायूला स्वतःचा असा आकार नसतो. तो ज्या भांड्यात ठेवतात त्या भांड्याचे आकारमान तो व्यापतो.
- द्रव्याचे त्याच्या घटकांवर आधारित तीन वर्गात वर्गीकरण केले जाते.  
(i) मूलद्रव्य (ii) संयुग आणि (iii) मिश्रण
- मूलद्रव्य हे द्रव्याचे मुलभूत स्वरूप आहे आणि रासायनिक प्रक्रियेने त्याची तोड करून सरल पदार्थात त्याचे रूपांतर करता येत नाही.
- संयुग हा दोन किंवा दोनापेक्षा अधिक मूलद्रव्यांपासून बनलेला शुद्ध पदार्थ असतो. तो मूलद्रव्यांच्या वस्तुमानाच्या निश्चित प्रमाणात रासायनिक प्रक्रियेने एकत्र केलेला असतो.
- द्रव्याच्या अवस्थांवर दाब आणि तापमानाचा परिणाम होतो.
- पदार्थांमध्ये त्यांच्या गुणधर्मप्रमाणे मिश्रणाचे विविध प्रकार आढळतात.
- ज्या मिश्रणामध्ये पदार्थ पूर्णपणे मिसळून जातो आणि तो वेगळा ओळखता येत नाही. त्यास समांग मिश्रण असे म्हणतात. समांग मिश्रणाला द्रावण असेही म्हणतात.
- ज्या मिश्रणामध्ये घटक पदार्थ वेगळे रहातात त्यांच्या घटकांची रचना एकसारखी नसते. त्या मिश्रणास विषमांग मिश्रण असे म्हणतात.
- संधारण हे विषमांग मिश्रण असते. यामध्ये तरंगणारे कण हे ब-यापैकी मोठे असून ते अखेरीस तळाशी बसतात.
- मिश्रणातील घटक वेगळे करून पदार्थ शुद्ध करण्याच्या अनेक पध्दती आहेत. त्यातील काही पध्दती म्हणजे गाळणे, स्फटिकीभवन आणि उर्ध्वपातन



### अंतिम प्रश्नसंग्रह

१. खाली दिलेल्या विधानांपैकी चूक अथवा बरोबर विधाने ओळखा व त्यावर त्याप्रमाणे खूण करा.

(i) द्रव पदार्थास निश्चित असा आकार असतो.

चूक/ बरोबर



- (ii) रासायनिक प्रक्रियेने मूलद्रव्याचे अजून साध्या पदार्थात विभाजन करता येत नाही.  
चूक/बरोबर
- (iii) तापमान वाढवूनही स्थायू पदार्थाचे रूपांतर द्रव पदार्थात करता येत नाही.  
चूक/ बरोबर
- (iv) तापमान कमी करून द्रव पदार्थाचे स्थायू पदार्थात रूपांतर करता येते.  
चूक/ बरोबर
२. खालील पदार्थ कक्ष तापमानास कोणत्या अवस्थेत असतात ते सांगा.
- (i) लोखंड (ii) पाणी (iii) नायट्रोजन  
(iv) कार्बन (v) सोने (vi) ऑक्सिजन
३. खालील तक्त्यामध्ये विविध पदार्थांची यादी दिलेली आहे. हे पदार्थ मूलद्रव्य, संयुग, मिश्रण किंवा द्रावण यापैकी काय आहेत ते ओळखा.
- (i) दूध (ii) साखर (iii) चांदी  
(iv) हवा (v) पाणी (vi) समुद्राचे पाणी  
(vii) लोखंड (viii) साखर (ix) कार्बन - डाय - ऑक्साईड
४. स्वयंपाकाच्या गॅसच्या सिलिंडरची साठवण्याची जागा गरम आणि ज्योतीजवळ नसावी का?
५. खाली दिलेल्या मिश्रणातील घटक वेगळे करण्याची सुयोग्य पध्दती सांगा
- पदार्थ वेगळे करण्याची पध्दती
1. दहयापासून पदार्थ पाणी वेगळे करणे.
  2. गढूळ पाण्यापासून स्वच्छ पाणी वेगळे करणे.
  3. पाणी आणि तेल यांचे मिश्रण वेगळे करणे.
  4. लाकडाच्या भुश्यापासून लोखंडी खिळे वेगळे करणे.
  5. साखरेच्या संपृक्त द्रावणातून साखर वेगळी करणे.



पाठांतर्गत प्रश्नांची उत्तरे

2.1

१. कोणताही पदार्थ ज्यास वस्तुमान असते व जो जागा व्यापतो त्यास द्रव्य असे म्हणतात.
२. माती
३. डेमॉक्रिटस, अणू या शब्दाचा अर्थ अविभाजी (विभाजन न होणारा) असा आहे.

2.2

१. वायू. वायूला ठराविक आकारमान नसते याचे कारण वायूतील आंतररेण्वीय बले अतिशय क्षीण असतात. त्यामुळे वायूचे रेणू एकमेकांपासून दूर असतात. ते सतत हालचाल करीत असतात. ते कोणत्याही आकारमानाचे पात्र पूर्णपणे भरून टाकतात.



टिपा

२. स्थायूंच्या रेणूंना निश्चित स्थान असते. त्यांच्यामध्ये अधिक शक्तिशाली आंतररेण्वीय बल कार्यरत असते त्यामुळे स्थायूंना निश्चित असा आकार प्राप्त होतो.

३. पाणी

### 2.3

१. स्थायूंचे रेणू खूप जवळजवळ असतात. त्यांना अजून जवळ आणण्याचा प्रयत्न केल्यास त्यांच्यामध्ये शक्तिशाली प्रतिकर्षण बल कार्यान्वित होते म्हणून स्थायूंवर जास्त दाब देऊन आकुंचित करता येत नाही. परंतु वायूंमध्ये त्यांचे रेणू खूप अंतरावर असतात आणि दाब देऊन ते जवळ आणता येतात.

२. तापमान कमी करून पाण्याचे रूपांतर बर्फात करता येते.

### 2.4

मूलद्रव्य	संयुग	मिश्रण
ॲल्युमिनीयम	पाणी	हवा
कार्बन	कार्बन-डाय-ॲक्साईड	
सिलीकॉन	साखर	
गॅफाईट		

### 2.5

१. एथिल, अल्कोहोल व पाणी यांचे मिश्रण समांग मिश्रण आहे.

२. संमिश्रे, उदा. ब्रास

### 2.6

१. साखर - 400 ग्रॅम

पाणी - 600 ग्रॅम

२. द्रावक

३. द्राव्य

### 2.7

१. चुंबकीय

२. स्फटिकीभवन

## अणु आणि रेण



मागील पाठात आपण द्रव्यासंबंधी शिकलो. द्रव्याच्या विभाजनाची कल्पना भारतामध्ये खूप पूर्वी म्हणजे जवळजवळ ५०० ख्रिस्तपूर्व वर्षी 'महर्षी कणाद' या भारतीय तत्ववेत्त्याने त्यांच्या 'दर्शन' या ग्रंथात मांडली. (वैश्विक दर्शन) ते म्हणाले की आपण जर द्रव्याचे विभाजन करत गेलो तर आपल्याला लहान आणि त्याहून लहान असे कण मिळतात. परंतु एकवेळ अशी येते की त्यानंतर द्रव्याचे विभाजन करता येणे शक्य नसते. या कणांना त्यांनी 'परमाणू' असे नाव दिले. ही संकल्पना पुढे 'पकुध कात्यायन' याने सविस्तर मांडली. कात्यायन म्हणाले की हे कण सर्वसामान्यपणे संयोगावस्थेत आढळतात आणि त्यामुळे आपल्याला विविध प्रकारचे द्रव्य मिळते.

त्याच कालखंडाच्या सुमारास एक प्राचीन ग्रीक तत्ववेत्ता डेमोक्रीटस (460-370 ख्रिस्तपूर्व) आणि ल्युसिप्पस यांनी आपण जर द्रव्याचे विभाजन करित गेलो तर एक वेळ अशी येते की त्यापुढे विभाजन करणे शक्य नसते असे सुचविले. डेमोक्रीटसने या प्रत्येक कणास 'अॅटम' म्हणजे 'अणू' (म्हणजे अविभाजनीय) असे संबोधिले. या कल्पना तत्वज्ञानाच्या अभ्यासावर आधारलेल्या होत्या. या कल्पनांना बळकटी येण्यासाठी जे प्रयोग करावे लागतात त्याचे काम मात्र १८ व्या शतकापर्यंत झाले नाही. परंतु आज मात्र आपल्याला अणू म्हणजे काय? आणि पदार्थाचे विविध गुणधर्म त्यावर कसे अवलंबून असतात हे सर्व माहित आहे. या पाठामध्ये आपण अणू, रेणू आणि त्याच्याशी संबंधित असलेल्या बाबींचा उदा. मोलची संकल्पना आणि मोलचे वस्तुमानांक यांचा अभ्यास करणार आहोत. तसेच आपण एखाद्या संयुगाचे रेणूसूत्र कसे लिहावयाचे तेही शिकणार आहोत.



### उद्दिष्टे

या पाठाचा अभ्यास केल्यानंतर तुम्ही खालील गोष्टी करू शकाल.

- वस्तुमानाच्या अक्षय्यतेचा नियम व स्थिर प्रमाणाचा नियम सांगणे.
- डाल्टनच्या अणूसिद्धांताच्या मुख्य /ठळक वैशिष्ट्यांची (Features) यादी करणे.
- अणू आणि रेणू यामधील फरक सांगणे.
- समस्थानिक वस्तुमानांक, अणुवस्तुमानांक आणि रेणूवस्तुमानांक यांच्या व्याख्या सांगणे.
- 'मोलची' संकल्पना आणि मोलचा वस्तुमानांक यांच्या व्याख्या सांगणे.



- रासायनिक अभिक्रियांना 'मोलची' संकल्पना लावून अभिक्रियाकारक व उत्पादिते यांच्यामधील सांख्यिक नाते दाखवणे .
- आत्तापर्यंत शिकलेल्या विविध संकल्पनांवर आधारित उदाहरणे सोडवणे .

### ३.१ रासायनिक संयोगाचे नियम

अठराव्या शतकांनंतर रासायनिक शास्त्रामध्ये प्रचंड मोठ्या प्रमाणात प्रगती झाली . ही प्रगती उष्णतेचे प्रकार आणि पदार्थाचे ज्वलन कसे होते या कुतुहलातूनच झाली . प्रमुख प्रगती ही काळजीपूर्वक रासायनिक तराजू वापरून रासायनिक अभिक्रियेत वस्तुमानात होणारा बदल पहाताना केली गेली . थोर फेंच रसायनशास्त्रज्ञ अँटोनी लव्हाझियर याने रासायनिक अभिक्रियेचा अभ्यास करण्यासाठी तराजू वापरली . त्याने हवा असलेल्या बंद भांड्यामध्ये पारा तापवला . व-याच दिवसानंतर लाल रंगाचा मर्क्युरी (II) ऑक्साईड हा पदार्थ तयार झाला . त्या भांड्यात असलेल्या वायूचे वस्तुमान कमी झालेले होते . उरलेला वायू हा ज्वलनासाठी व जीवनासाठी मदत करू शकत नव्हता . भांड्यातील तो उरलेला वायू नायट्रोजन म्हणून ओळखला गेला . जो वायू पा-याशी संयोग पावला तो ऑक्सिजन होता . पुढे त्याने मर्क्युरी (II) ऑक्साईड वजन करून मोजून घेतले व त्यावर काळजीपूर्वक प्रयोग केले . खूप तीव्र उष्णता दिल्याने रंगाने लाल असलेले मर्क्युरी (II) ऑक्साईडचे पारा व ऑक्सिजन यात अपघटन होते . त्याने पारा व ऑक्साईड या दोघांचेही वजन केले . त्या दोघांचे एकत्रित वस्तुमान हे घेतलेल्या मर्क्युरी (II) ऑक्साईडच्या वस्तुमानाइतके होते . लव्हासियर शेवटी या निष्कर्षाला आला की प्रत्येक रासायनिक अभिक्रियेत सगळ्या अभिक्रियाकारकांचे एकूण वस्तुमान (वजन) हे सर्व उत्पादितांच्या एकूण वजनाइतके असते . या नियमाला वस्तुमानाच्या अक्षयत्तेचा नियम असे म्हणतात .

जेव्हा रसायनशास्त्रज्ञ अभिक्रियाकारक व उत्पादिते यांची अचूक वस्तुमाने ठरवू लागले तेव्हा शास्त्राची फार जलद प्रगती झाली . फेंच रसायनशास्त्रज्ञ क्लांउडे बर्थोलिट आणि जोसेफ प्राऊस्ट यांनी जेव्हा संयुगे तयार होताना दोन मूलद्रव्ये एकत्र येतात तेव्हा त्यांचे (वस्तुमानाचे) प्रमाण काय असते? यावर काम केले . या काळजीपूर्वक केलेल्या कामामुळे प्राऊस्टने १८०८ मध्ये नियमित किंवा स्थिर प्रमाणाचा मूलभूत नियम स्पष्टपणे प्रतिपादन केला . 'दिलेल्या रासायनिक संयुगात त्यामध्ये असणा-या मुलद्रव्यांचे वस्तुमानारूप प्रमाण हे ठराविक असते . हे प्रमाण संयुग तयार होण्याच्या प्रक्रियेवर किंवा मूळ संयुगावर अवलंबून नसते .

उदाहरणार्थ, शुध्द पाण्यामध्ये हायड्रोजनचे वस्तुमान आणि ऑक्सिजनचे वस्तुमान यांचे प्रमाण नेहमी 1:8 इतके असते . मग त्या पाण्याचा स्रोत कोणताही असो . दुस-या शब्दांत सांगायचे झाले तर शुध्द पाण्यामध्ये वस्तुमानाच्या 11.11 % हायड्रोजन आणि 88.89 % ऑक्सिजन असतो मग ते पाणी विहिरीतले असो, नदीतले असो किंवा डबक्यातले असो . म्हणजे जेव्हा ९.० ग्रॅम पाण्याचे अपघटन केले जाते तेव्हा नेहमीच 1.0 ग्रॅम हायड्रोजन व 8.0 ग्रॅम ऑक्सिजन मिळतो त्यापुढे जाऊन असे म्हणता येईल की जेव्हा 3.0 ग्रॅम हायड्रोजन व 8.0 ग्रॅम ऑक्सिजन यांचे मिश्रण जाळले जाते . तेव्हा 9.0 ग्रॅम पाणी तयार होते व 2.0 ग्रॅम हायड्रोजन अभिक्रिया न करता शिल्लक उरतो . त्याचप्रमाणे सोडियम क्लोराईट मध्ये वस्तुमानाच्या 60.66% क्लोरिन आणि 39.34% सोडियम असतो मग ते क्षारांच्या खाणीतून





काढलेले असो किंवा महासागराच्या पाण्याच्या किंवा भू-मध्य समुद्राच्या पाण्याच्या स्फटिकीभवनाने मिळविलेले असो किंवा सोडिअम आणि क्लोरिन या त्यांच्या मूलद्रव्यांचे एकीकरण करून तयार केलेले असो. या विधानामध्ये नक्कीच महत्त्वाचा शब्द आहे तो म्हणजे शुद्ध. पुर्नउत्पादित होणारे प्रायोगिक निष्कर्ष हे वैज्ञानिक विचारांचे द्योतक असतात. खरे तर आधुनिक विधान हे प्रायोगिक निष्कर्षावर आधारलेले आहे. संशोधकांनी नेहमीच यातील सत्य शोधण्यासाठी काम केले आणि त्यातूनच त्यांना अनेक सिध्दांताचा आणि नियमांचा शोध लागला.

हया सत्याच्या शोधाने विज्ञानाच्या विकासामध्ये मोठीच भूमिका बजावली.

### ३.२ डाल्टनचा अणूसिध्दांत

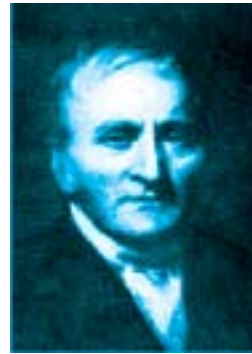
इंग्लिश संशोधक जॉन डाल्टन हा अणूचे अस्तित्व सांगणारा पहिला संशोधक नव्हता. कारण आपण मागच्या विभागात पाहिले की ही कल्पना फार प्राचीन काळाची होती. डाल्टनचा प्रमुख सहभाग हा या कल्पना क्रमाने मांडून अणूच्या अस्तित्वाचा पुरावा देणे यामध्ये होता. लहासिएर आणि प्राउस्ट यांनी सांगितलेले वस्तुमानातील नाते (वस्तुमान अक्षयत्तेच्या नियमाच्या स्वरूपात व स्थिर प्रमाणाच्या नितामाच्या स्वरूपात) हे जास्त योग्य पध्दतीने मूलद्रव्यांच्या अणूच्या अस्तित्वाचे सांगता येते हे डाल्टनने दाखवून दिले.

1803 मध्ये डाल्टनने रासायनिक तत्वज्ञानाची एक नवीन पध्दती प्रकाशित केली. त्यामध्ये त्याने खाली दिलेल्या विधानांद्वारे द्रव्याचा अणूसिध्दांत मांडला.

१. द्रव्य अविभाजनीय अशा अणूंचे बनलेले असते.
२. एकाच रासायनिक मूलद्रव्याच्या सर्व अणूंचे वस्तुमान व इतर सर्व गुणधर्म समान असतात.
३. विभिन्न मूलद्रव्यांचे अणू वेगवेगळे असतात आणि विशेषतः या अणूंचे वस्तुमानही भिन्न असते.
४. अणू अविनाशी असतात आणि रासायनिक अभिक्रियेमध्ये ते ओळख टिकवून ठेवतात.
५. मूलद्रव्यापासून संयुग तयार होण्याच्या क्रियेत वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांचे अणू एकमेकांशी लहानात लहान पूर्ण संख्येच्या गुणोत्तरात संयोग पावतात.

डाल्टनच्या सिध्दांतातील चौथे गृहितक हे सरळ सरळ वस्तुमान अक्षयत्तेच्या नियमाशी संबंधित आहे.

मूलद्रव्याच्या प्रत्येक अणूला एक ठराविक वस्तुमान असते तसेच रासायनिक अभिक्रियेत अणूंची पुर्नरचना होत असते म्हणून अभिक्रियेनंतर उत्पादितांचे वस्तुमान तेच रहावयास हवे. पाचवे गृहितक हे स्थिर प्रमाणाच्या नियमाचे स्पष्टीकरण करण्याचा एक प्रयत्न होता. संयुग हे दोन किंवा अधिक मूलद्रव्यांचे अणू लहान पूर्ण संख्येच्या गुणोत्तरात असलेले द्रव्य होय. अणूला ठराविक वस्तुमान असते म्हणून संयुगातही मूलद्रव्ये वस्तुमानाच्या ठराविक प्रमाणात असली पाहिजेत.



जॉन डाल्टन (1766-1844)



टिपा

डाल्टनच्या अणूसिध्दांताने वस्तुमानाच्या अक्षयत्तेचे नियम व स्थिर प्रमाणाचे नियमच फक्त स्पष्ट केले असे नाही तर नवीन नियमांचे भाकित देखील केले. या सिध्दांतावर आधारित त्याने गुणित प्रमाणांचा सिध्दांतही मांडला. या सिध्दांताचे विधान असे आहे की जेव्हा दोन मूलद्रव्ये एकापेक्षा अधिक संयुगे तयार करतात तेव्हा दुस-या मूलद्रव्याच्या ठराविक वस्तुमानाच्या तुलनेत पहिल्या मूलद्रव्याचे त्या संयुगातील वस्तुमान हे नेहमी लहान पूर्णसंख्येच्या गुणोत्तरात असते.

उदा. कार्बन आणि ऑक्सिजन ही दोन मूलद्रव्ये कार्बन मोनोऑक्साईड आणि कार्बन डाय ऑक्साईड अशी दोन संयुगे तयार करतात. कार्बन मोनोऑक्साईड मध्ये 1.0 ग्रॅम कार्बन करिता 1.3321 ग्रॅम इतका ऑक्सिजन असतो तर कार्बन डायऑक्साईड मध्ये 1.0 ग्रॅम कार्बनकरिता 2.6642 ग्रॅम ऑक्सिजन असतो. दुस-या शब्दांत सांगायचे झाले तर एक ग्रॅम कार्बनसाठी कार्बन डाय ऑक्साईड मध्ये कार्बन मोनोऑक्साईड च्या पेक्षा दुप्पट ऑक्सिजन असतो.  $(2.6642=1 \times 1.3321$  ग्रॅम) अणूसिध्दांत याचे स्पष्टीकरण असे देतो की कार्बन डाय ऑक्साईड मध्ये एका कार्बन साठी दोन ऑक्सिजनचे अणू असतात तर कार्बन मोनोऑक्साईडमध्ये एका कार्बनसाठी एकच ऑक्सिजनचा अणू असतो. म्हणजेच कार्बन डायऑक्साईड मध्ये ऑक्सिजनने कार्बनशी असलेले प्रमाण कार्बन मोनो ऑक्साईड मध्ये असलेल्या ऑक्सिजनच्या प्रमाणाच्या दुप्पट असते. अणूसिध्दांतावरून मांडलेल्या गुणित सिध्दांताच्या नियमावरून रसायनशास्त्रज्ञांना या सिध्दांताविषयी खत्री पटली.

### अणू म्हणजे काय?

आत्ताच तुम्ही मागील विभागात शिकल्याप्रमाणे अणू हा मूलद्रव्यांचा लघुत्तम कण असतो व त्यामध्ये त्या मूलद्रव्यांचे सर्व गुणधर्म जतन केलेले असतात. एका मूलद्रव्याचे अणू दुस-या मूलद्रव्यांच्या अणूपेक्षा वस्तुमानाने व आकाराने भिन्न असतात. सुरुवातीला भारतीय व ग्रीक तत्ववेत्त्यांच्या दृष्टीने हे अणू अविभाजनीय होते. आधी नमूद केल्याप्रमाणे अणू हे नाव त्यांच्या पायाभूत तत्वज्ञानातून ठेवले गेले. आज आपणास माहित आहे की अणू अविभाजनीय नाहीत. ते अजून लहान कणात तोडता येतात. कदाचित या प्रक्रियेत ते त्यांची रासायनिक ओळख गमावू शकतात. परंतु या सर्व विकासाच्या पलिकडे जाऊन असे म्हणता येईल की अजूनही अणू हे द्रव्याचे मूलभूत कण असतात.

### 3.2.2 अणूचा आकार कसा असतो ?

अणू खूपच लहान असतात. आपल्या कल्पनेपेक्षा किंवा आपण केलेल्या तुलनेपेक्षा ही ते लहान असतात. तुम्हाला अणूच्या आकाराची कल्पना यावी म्हणून एका उदाहरणाचा नीट विचार करा. अटलांटिक महासागरात जेवढे चहाचे चमचे पाणी असेल त्याच्या तिप्पट अणू एका चहाच्या चमच्याएवढ्या (1 मि.ली) पाण्यात असतात. जेव्हा लक्षावधी अणू एकमेकांवर रचले जातात तेव्हा त्याच्या स्तराची जाडी ही एखाद्या कागदाच्या जाडीइतकी असते. वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांच्या अणूंचे वस्तुमानाच वेगळे असते असे नाही तर त्यांचे आकारही वेगवेगळे असतात असे डाल्टने सांगितले. आपल्याला अणूचे वस्तुमान, आकार, इतर गुणधर्म याविषयी एवढी उत्सुकता का बर आहे? याचे कारण अगदी साधे आहे की आपल्या भोवतालच्या सर्व वस्तू (द्रव्य) ह्या अणूंच्या बनलेल्या आहेत. मग हा अणू असतो तरी कसा? आयताकृती, वर्तुळाकृती की गोल? अणूच्या ख-या आकाराची कल्पना करणे खूप कठीण आहे. परंतु सर्व प्रायोगिक हेतूसाठी हा आकार गोल धरला जातो आणि म्हणूनच आपण त्याच्या त्रिज्येविषयी बोलतो. अणूचा आकार अतिशय लहान व डोळ्याला न दिसणारा असल्याने आपण तो सांगण्यासाठी नॅनोमीटर हे माप वापरतो.  $(1 \text{ नॅनोमीटर}=10^{-9} \text{ मीटर})$

तुम्हाला खालील तक्त्यावरून त्याच्या आकाराचा अंदाज घेईल. (तक्ता 3.1)

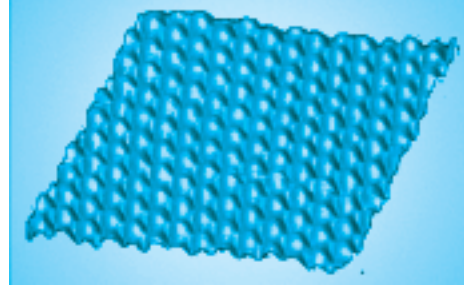
तक्ता 3-1 सापेक्ष आकार

त्रिज्या (मीटरमध्ये)	उदाहरण
$10^{-10}$	हायड्रोजन अणू
$10^{-4}$	वाळूचा कण
$10^{-1}$	कलिंगड
$0.2 \times 10^{-1}$	क्रिकेटचा चेंडू

तुम्ही तुमच्या उघड्या डोळ्यांनी अणू पाहू शकत नाही. परंतु आधुनिक तंत्रज्ञानामुळे आपण मूलद्रव्यांच्या पृष्ठभागावरील अणूंची मोठी केलेली (विस्तारित) प्रतिमा तयार करू शकतो. या तंत्रज्ञानाला स्कॅनिंग टनेलिंग मायक्रोस्कोपी (STM) असे म्हणतात. (आ. 3.2)

### 3.2.3 अणूचे वस्तुमान -

डाल्टने अणूच्या वस्तुमानाची संकल्पना सांगितली. डाल्टनच्या मते एकाच मूलद्रव्याच्या सर्व अणूंचे वस्तुमान सारखेच असते परंतु वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांच्या अणूंचे अणुवस्तुमान वेगवेगळे असते. डाल्टनला प्रत्येक अणूचे वजन करणे शक्य झाले नाही म्हणून त्याने संयुग तयार करण्यासाठी लागणा-या मूलद्रव्यांचे सापेक्ष वस्तुमान मोजले. यावरून त्याने सापेक्ष अणुवस्तुमाने काढली.



आ. ३.२ स्कॅनिंग टनेलिंग मायक्रोस्कोपी या तंत्राने घेतलेली तांब्याच्या पृष्ठभागाची प्रतिमा

उदाहरणार्थ आपण प्रयोगाने असे ठरवू शकतो की 1.0 ग्रॅम हायड्रोजन 7.9367 ग्रॅम ऑक्सिजन बरोबर अभिक्रिया करून पाणी तयार करतो. आपल्याला जर पाण्याचे रेणूसूत्र माहित असेल तर सहजपणे आपण ऑक्सिजनच्या अणूचे हायड्रोजनच्या अणूच्या सापेक्ष वस्तुमान ठरवू शकतो/काढू शकतो. डाल्टनकडे पाणी तयार करण्यासाठी लागणा-या प्रत्येक मूलद्रव्याच्या अणूचे प्रमाण ठरविण्याचा मार्ग नव्हता. त्याने हायड्रोजन व ऑक्सिजनचे अणू संख्येने सारखेच आहेत असे गृहित धरले. त्याच्या या गृहितकामुळे ऑक्सिजन अणूचे वस्तुमान हायड्रोजनच्या अणूच्या वस्तुमानाच्या 7.9367 पट असते असे होते. खरे पाहिले तर हे चूक आहे. आता आपल्याला माहित आहे की पाण्यातील हायड्रोजनच्या अणूंची संख्या ऑक्सिजनच्या अणूंच्या संख्येच्या दुप्पट आहे. (पाण्याचे रेणूसूत्र  $H_2O$  असे आहे.) म्हणून ऑक्सिजन अणूचे सापेक्ष वस्तुमान  $2 \times 7.9367$  म्हणजे हायड्रोजन अणूच्या **15.873** पट असले पाहिजे. डाल्टनच्या नंतर अनेक शास्त्रज्ञांनी हायड्रोजनच्या प्रमाणात अनेक मूलद्रव्यांचे सापेक्ष अणु वस्तुमान निश्चित केले. त्यानंतर हायड्रोजनच्या प्रमाणाची जागा ऑक्सिजनच्या प्रमाणाने घेतली कारण ऑक्सिजन जास्त क्रियाशील असल्याने मोठ्या संख्येने संयुगे तयार करतो.



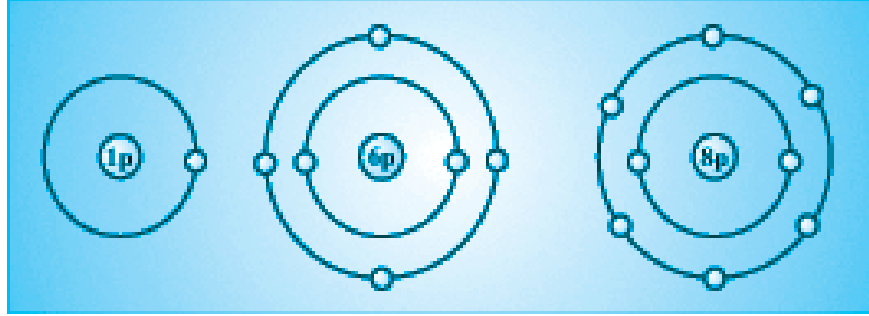
टिपा



टिपा

1961 मध्ये  $C^{12}$  (किंवा  ${}_6C^{12}$ )चे अणुवस्तुमानाचे प्रमाण स्वीकारले गेले. हे प्रमाण अणुवस्तुमान मोजण्याचे साधन 'मास स्पेक्ट्रोमीटर' याच्या मापनावर आधारित होते. 'मास स्पेक्ट्रोमीटरचा शोध विसाव्या शतकाच्या सुरुवातीला लागला. मास स्पेक्ट्रोमीटरने अचूक अणुवस्तुमान निश्चित करता येत असे. अणूंची वस्तुमाने  $C^{12}$  च्या अणुवस्तुमानाच्या तुलनेत मिळविली जात असत. खरे पाहता  $C-12$  हे समस्थानिक प्रमाण म्हणून निवडले गेले आणि त्याचे वस्तुमान तंतोतंत अणु वस्तुमानाच्या 12 एककाइतके आहे असे मानले. एक अणुवस्तुमान एकक (atomic mass unit, amu) म्हणजे बरोबर  $C-12$  अणूच्या वस्तुमानाचा  $\frac{1}{12}$  भाग. अलिकडे अणुवस्तुमान एकक (amu) हे 'युनिफाईड मास युनिट' असे संवाधले जाते व ते 'u' या अक्षराने दर्शविले जाते

समस्थानिके आणि अणुवस्तुमान - डाल्टनने अणूला अविभाजनीय कण मानले. त्यानंतरच्या संशोधनामध्ये असे सिद्ध झाले की इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन आणि न्युट्रॉन यासारख्या कितीतरी मूलभूत कणांनी अणु बनलेला आहे. त्यातील इलेक्ट्रॉन हा ऋणप्रभारित तर प्रोटॉन हा धनप्रभारित असतो. एकाच अणूतील इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉनची संख्या सारखीच असते. इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन वर सारखेच परंतु विरुद्ध प्रभार असतात त्यामुळे अणु हा विद्युतदृष्ट्या उदासिन असतो. अणूच्या केंद्रभागी असलेल्या केंद्रकात प्रोटॉन असतात आणि केंद्रकाभोवती ऋणप्रभारित इलेक्ट्रॉन असतात.



### आ. 3.3 केंद्रकाभोवतीची इलेक्ट्रॉन्सची रचना

(अ) हायड्रोजन      (व) (कार्बन)      (क) ऑक्सिजन      अणू

केंद्रकातील प्रोटॉनच्या संख्येला अणुक्रमांक असे म्हणतात. तो 'Z' या इंग्रजी अक्षराने दाखविला जातो. उदाहरणार्थ आ. 3.3 मध्ये ऑक्सिजन अणूच्या केंद्रकात 8 प्रोटॉन आहेत, कार्बन अणूच्या केंद्रकात 6 प्रोटॉन आहेत आणि हायड्रोजन अणूच्या केंद्रकात फक्त एक (1) प्रोटॉन आहे. म्हणून ऑक्सिजन, कार्बन व हायड्रोजन यांचे अणुक्रमांक अनुक्रमे 8, 6 व 1 असे आहेत. अणूच्या केंद्रकात काही उदासिन कणही असतात त्यांना 'न्युट्रॉन' असे म्हणतात. प्रोटॉनचे वस्तुमान आणि न्युट्रॉनचे वस्तुमान जवळजवळ सारखेच (एकच) असते.



टिपा

केंद्रकाचे एकूण वस्तुमान = प्रोटॉनचे वस्तुमान + न्यूट्रॉनचे वस्तुमान

प्रोटॉन व न्यूट्रॉनच्या एकूण संख्येस अणुवस्तुमानांक असे म्हणतात. अणुवस्तुमानांक 'A' या इंग्रजी अक्षराने दर्शविला जातो. संकेतानुसार अणुक्रमांक हा त्या विशिष्ट मूलद्रव्याच्या अणूच्या संकेतचिन्हाच्या डाव्या कोप-यात खालच्या वाजूस लिहिला जातो आणि अणुवस्तुमानांक हा डाव्या कोप-यात सर्वात वरच्या वाजूस लिहिला जातो. उदा. संकेतचिन्ह  ${}_{6}C^{12}$  हे कार्बन अणूच्या केंद्रकात एकूण 12 कण (केंद्रकी) असतात. त्यातील 6 प्रोटॉन असतात असे दर्शविते. यावरून त्यामध्ये  $12-6=6$  न्यूट्रॉन असले पाहिजेत. त्याचप्रमाणे  ${}_{8}O^{16}$  हे संकेतचिन्ह असे दर्शविते की ऑक्सिजन अणूमध्ये 8 प्रोटॉन व 16 केंद्रकी असतात. (8 प्रोटॉन + 8 न्यूट्रॉन) अणु विद्युतदृष्ट्या उदासिन असल्याने त्यामध्ये 8 प्रोटॉन व 8 इलेक्ट्रॉन असतात. त्यापुढे जाऊन असे म्हणता येईल की अणुक्रमांकामुळे (Z) एका मूलद्रव्याचे अणु दुस-या मूलद्रव्याच्या अणूंपासून वेगळे ओळखता येतात.

[ म्हणून मूलद्रव्याची व्याख्या अशी करता येईल की 'असा पदार्थ की ज्यातील सर्व अणूंचे अणुक्रमांक समान असतात. ]

परंतु दिलेल्या मूलद्रव्याच्या अणूच्या केंद्रकात सारख्याच संख्येने न्यूट्रॉन असतील असे मात्र नाही. उदा. निसर्गात सापडणा-या ऑक्सिजनच्या अणूमध्ये सारखेच प्रोटॉन असतात त्यामुळे इतर मूलद्रव्याच्या पेशा तो वेगळा असल्याचे समजते परंतु त्याच्या केंद्रकात असलेल्या न्यूट्रॉनची संख्या पण वेगळी असते. एकाच मूलद्रव्याच्या अणूंचे अणुवस्तुमानांक वेगळे असल्याचे हे कारण आहे. उदा. एका प्रकारच्या ऑक्सिजनच्या एका अणूमध्ये 8 प्रोटॉन व 8 न्यूट्रॉन असतात. दुस-या प्रकारच्या ऑक्सिजनच्या एका अणूमध्ये 8 प्रोटॉन व 9 न्यूट्रॉन असतात तर तिस-या प्रकारच्या ऑक्सिजनच्या अणूमध्ये 8 प्रोटॉन आणि 10 न्यूट्रॉन असतात. हे ऑक्सिजनचे अणु आपण अनुक्रमे  ${}^{16}_8O$ ,  ${}^{17}_8O$  आणि  ${}^{18}_8O$  असे दर्शवितो.

मूलद्रव्याच्या ज्या अणूंचे अणुक्रमांक (Z) समान असतात पण अणुवस्तुमानांक (A) भिन्न असतात. तेव्हा त्यांना 'समस्थानिके' असे म्हणतात. जेव्हा याप्रमाणे एकाच मूलद्रव्याच्या अणूंचे अणुवस्तुमानांक भिन्न असतात तेव्हा आपण त्या मूलद्रव्याच्या अणूंचा सरासरी अणुवस्तुमानांक घेतो हे गणिताने काढण्यासाठी त्या समस्थानिकाची विपुलता पायाभूत धरली जाते. काही मूलद्रव्यांचे अणुवस्तुमानांक तक्ता क्र. 3.2 मध्ये दिले आहेत.

उदाहरण 3.1 - क्लोरीन हा दोन समस्थानिकांचे  ${}^{35}_{17}Cl$ ,  ${}^{37}_{17}Cl$  म्हणून आढळतो. ही समस्थानिके 3:1 या प्रमाणात असतात. तर क्लोरीनचे सरासरी अणुवस्तुमान किती असेल?

उत्तर : व हे 3:1 या प्रमाणात आहेत. म्हणजेच चार अणूपैकी तीन अणूंचे वस्तुमान 35 व एका अणूचे वस्तुमान 37 आहे.

म्हणून सरासरी अणुवस्तुमान एकक

क्लोरीनचे सरासरी वस्तुमान 35.5 u

(इथे u = युनिट म्हणजे एकक)



टिपा

तक्ता क्र.3.2

काही सामान्य मूलद्रव्यांचे अणुवस्तुमान (अणुभार)

मूलद्रव्य	संज्ञा	वस्तुमान (u)	मूलद्रव्य	संज्ञा	वस्तुमान
अॅल्युमिनीअम	Al	26.93	मॅग्नेटियम	Mg	24.31
अरगॉन	Ar	39.95	मॅंगनीज	Mn	54.94
असेनिक	As	74.92	मर्क्युरी (पारा)	Hg	200.59
बेरियम	Ba	137.34	निऑन	Ne	20.18
बोरॉन	B	10.81	निकेल	Ni	58.71
ब्रोमीन	Br	79.91	नायट्रोजन	N	14.01
सिझीयम	Cs	132.91	ऑक्सिजन	O	16.00
कॅल्शियम	Ca	40.08	फॉस्फरस	P	30.97
कार्बन	C	12.01	प्लॅटिनम	Pt	195.00
क्लोरिन	Cl	35.45	पोटॅशियम	K	39.1
क्रोमियम	Cr	52.00	रेडॉन	Rn	222**
कोबाल्ट	Co	58.93	सिलिकॉन	Si	23.09
कॉपर	Cu	63.56	चांदी	Ag	107.87
फ्लोरिन	F	19.00	सोडियम	Na	23.00
सोने	Au	196.97	सल्फर	S	32.06
हेलियम	He	4.00	टिन	Sn	118.69
हायड्रोजन	H	1.008	टिटॅनियम	Ti	47.88
आयोडिन	I	126.90	टंगस्टन	W	183.85
आयर्न (लॉगब्रंड)	Fe	55.85	युरेनियम	U	238.03
लेड (शिसे)	Pb	207.19	व्हॅनिडीयम	V	50.94
लिथियम	Li	6.94	क्झिऑन	Xe	131.30
			झिंक (जस्त)	Zn	65.37

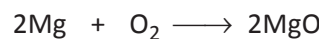
अणु वस्तुमाने (अणुभार) ही सरासरी अणुवस्तुमाने असून दोन दशांश स्थळापर्यंत काढलेली आहेत. प्रत्यक्षात वापरताना आपण पूर्ण संख्या (round figure) वापरतो.

\*\* किरणोत्सारी.



पाठांतर्गत प्रश्न 3.1

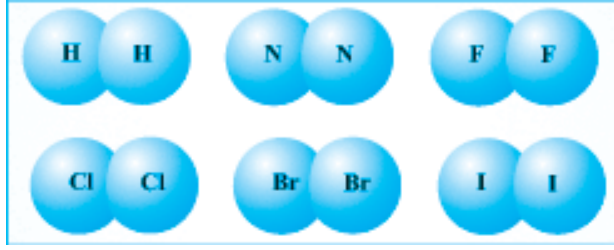
- वस्तुमानाच्या अक्षयत्तेचा आणि स्थिरप्रमाणाचे नियम सांगणा-या दोन शास्त्रज्ञांची नावे सांगा.
- 20 ग्रॅम शुद्ध ऑक्सिजन असलेल्या एका पात्रात 12 ग्रॅम ऑक्सिजन शिल्लक असल्याचे आढळते. हे स्थिर प्रमाणाच्या नियमानुसार घडले आहे हे दाखवा.





### 3.3 रेणू म्हणजे काय ?

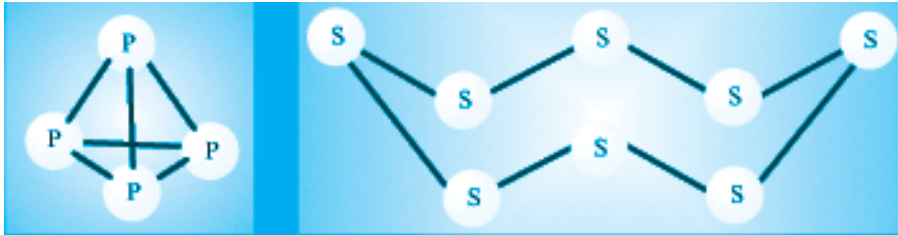
अणूंची अभिक्रिया होऊन रेणू तयार होतो असे डालटनने त्याच्या गृहीतकात सांगितले व त्यास त्याने संयुग अणू असे म्हटले. आज आपल्याला रेणू म्हणजे काय ते माहित आहे. दोन किंवा दोनापेक्षा जास्त एकाच किंवा वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांच्या ठराविक संरचनेत असणा-या अणूंच्या समुदायाला (समुच्चयाला - aggregate) रेणू असे म्हणतात. हे अणू रासायनिक बलाने किंवा रासायनिक बंधाने एकत्र बांधले गेलेले असतात. तुम्ही रेणूसंबंधीची सर्वोत्तम माहिती 'रासायनिक बंध' या पाठात घेणार आहात. अणू हा पदार्थाचा सर्वात लहान कण आहे. परंतु यांस स्वतंत्र अस्तित्व नसते. याउलट रेणू हा मूलद्रव्याचा किंवा संयुगाचा अस्तित्वात असणारा अगर सामान्य परिस्थितीत स्वतंत्र असणारा सर्वात लहान कण मानला जातो. पदार्थाचा रेणू त्या पदार्थाचे सर्व रासायनिक गुणधर्म दर्शवितो. रेणूच्या रासायनिक रचनेचे वर्णन करण्यासाठी आपण मूलद्रव्यांच्या संज्ञा आणि रेणूसूत्रे (विभाग 3.5 मध्ये वर्णन केल्यानुसार) यांची मदत घेऊया. आपल्याला ऑक्सिजनचा रेणू माहित आहे. ऑक्सिजनचा रेणू हा दोन अणूंचा बनलेला आहे आणि म्हणून तो द्विअणू रेणू आहे. (तो  $O_2$  असा दर्शविला जातो.) हायड्रोजन, नायट्रोजन, क्लोरिन, ब्रोमीन आणि आयोडिन ही द्विअणू रेणूंची इतर उदाहरणे आहेत ते अनुक्रमे  $H_2, N_2, F_2, Cl_2, Br_2$  आणि  $I_2$  असे दर्शविले जातात. (आ.3.4)



आ. 3.4 द्विअणू रेणूंची प्रातिनिधीक उदाहरणे.

इतर काही मूलद्रव्ये जास्त गुंतागुतीची रचना असणा-या रेणूंमध्ये अस्तित्वात असतात. फॉस्फरसच्या रेणूमध्ये त्याचे चार अणू असतात. ( $P_4$  असे दर्शवितात)तर सामान्य तापमानावर आणि दाबाखाली गंधक हे आठ अणूंच्या रेणूमध्ये अस्तित्वात असते. (आ. 3.5) चार अणूंनी बनलेला रेणू चौअणू रेणू असतो. सर्वसामान्यपणे तीन किंवा चार अणूंनी बनलेले रेणू बहुअणू रेणू या गटात मोडतात. फक्त काही वर्षापूर्वी कार्बनचा एक गट ज्याला बकमिनीस्टर फुलेरिन असे म्हणतात व ज्याचे रेणूसूत्र  $C_{60}$  असे आहे याचा शोध लावला गेला ते तुम्ही नंतर मोठ्या वर्गात शिकणार आहात.

फॉस्फरसच्या  $P_4$  रेणूची संरचना गंधकाच्या  $S_8$  रेणूची संरचना.



आ. 3.5 फॉस्फरस व गंधकाचे रेणू



टिपा



संयुगाचे रेणू एकापेक्षा जास्त प्रकारच्या रेणूंनी बनलेले असतात. एक माहितीतले उदाहरण म्हणजे पाण्याचा रेणू. पाण्याचा रेणू हा एकापेक्षा जास्त प्रकारच्या अणूंनी बनलेला असतो. एका पाण्याच्या रेणूमध्ये दोन हायड्रोजनचे अणू व एक ऑक्सिजनचा अणू असतो. तो  $H_2O$  असा दर्शविला जातो. एक अमोनियाचा रेणू हा एक नायट्रोजनच्या अणू व तीन हायड्रोजनच्या अणूंनी बनलेला असतो. इथिल अल्कोहोलचा रेणू हा नऊ अणूंनी बनलेला असतो. (कार्बनचे दोन अणू, हायड्रोजनचे सहा अणू, आणि ऑक्सिजनचा एक अणू) आ. 3.6



पाण्याचा रेणू                      अमोनियाचा रेणू                      इथिल अल्कोहोलचा रेणू  
आ. 3.6                      पाणी, अमोनिया आणि इथिल अल्कोहोलचे रेणू.

### ३.३.१ रेणूचे वस्तुमान

आत्ताच तुम्ही वाचले की रेणू ज्या सूत्राच्या स्वरूपात दर्शविला जातो त्याला रेणूसूत्र असे म्हणतात. रेणूसूत्र हे मूलद्रव्याचे किंवा संयुगाचे असू शकते.

सामान्यपणे संयुगाचे रेणूसूत्र हे त्या पदार्थाचा रेणूभार काढण्यासाठी वापरले जाते. जर पदार्थ रेणूंचा बनला असेल तर (उदा.  $CO_2$ ,  $H_2O$  किंवा  $NH_3$ ) रेणूभार काढणे सोपे जाते. रेणूभार म्हणजे रेणूसूत्रात असलेल्या सर्व अणूंच्या अणूभाराची बेरीज. म्हणजेच रेणूभार हा रेणूमध्ये असलेल्या सर्व अणूंच्या अणूभारांची बेरीज होय.

$CO_2$  चा रेणूभार खाली दाखविल्याप्रमाणे काढला जातो.

C	$1 \times 12.0 u = 12.0u$
2O	$2 \times 16.0u = 32.0u$
<hr/>	
$CO_2$ रेणूभार = $44.0u$	

म्हणून आपण  $CO_2$  चा रेणूभार  $44.0u$  असा लिहितो.

त्याचप्रमाणे आपण  $NH_3$  चा रेणूभार खाली दाखविल्याप्रमाणे काढतो.

N	$1 \times 14.0 u = 14.0u$
3H	$3 \times 1.08u = 3.24u$
<hr/>	
$(NH_3)$ अमोनियमचा रेणूभार = $17.24u$	



$\text{NH}_3$  चा रेणूभार =  $17.24u$

जे पदार्थ रेणूंच्या स्वरूपात नसतात त्यांचा आपण सूत्रभार किंवा सूत्र वस्तुमान काढतो. उदा. सोडियम क्लोराईड ( $\text{NaCl}$  या सूत्राने दर्शविले जाते.) हा आयनिक पदार्थ आहे. यासाठी आपण रेणूभाराप्रमाणेच सूत्रभार किंवा सूत्र वस्तुमान काढूया. सोडियम क्लोराईड ( $\text{NaCl}$ ) मध्ये सूत्रभार (सूत्रवस्तुमान) = सोडियमचा एका अणूचे वस्तुमान + क्लोरिनचा एका अणूचे वस्तुमान =  $23u$  +  $35.5u$  =  $58.5u$

तुम्ही रेणवीय व आयनिक संयुगावद्दल जास्त व सखोल माहितीनंतर घेणार आहात.



### पाठांतर्गत प्रश्न 3.2

- नायट्रोजन तीन ऑक्साईड बनवतो.  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  आणि  $\text{N}_2\text{O}_3$ . यावेळी गुणित प्रमाणाच्या सिध्दांताचे पालन होते हे दाखवा.
- सिलीकॉनचा अणुक्रमांक 14 आहे जर सिलीकॉनची केंद्रकात 14, 15 व 16 न्यूट्रॉन असलेली तीन समस्थानिके असतील तर त्याच्या समस्थानिकांची संज्ञा काय असेल ?
- खाली ज्यांची सूत्रे दिली आहेत त्या संयुगांचे रेणूभार काढा. ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{H}_2$  आणि  $\text{CH}_3\text{OH}$ ).

### 3.4 मोलची संकल्पना :

जेव्हा आपण दोन पदार्थ मिसळतो तेव्हा आपल्याला एक किंवा एका पेशा जास्त नवीन पदार्थ मिळतात. उदा. जेव्हा आपण हायड्रोजन व ऑक्सिजन मिसळतो आणि मिश्रण पेटवतो तेव्हा आपल्याला पाणी हा नवीन पदार्थ मिळतो. हे आपण रासायनिक समीकरणाच्या स्वरूपात दर्शवू शकतो.



वरील समीकरणामध्ये हायड्रोजनचे दोन रेणू (चार अणू) ऑक्सिजनच्या एका रेणूची (दोन अणूंची) अभिक्रिया करतात व पाण्याचे दोन रेणू तयार होतात. आपल्याला, रासायनिक अभिक्रियेत एका विशिष्ट पदार्थाचे किती अणू अथवा रेणू दुस-या पदार्थाच्या किती अणू अथवा रेणूशी अभिक्रिया करतात हे जाणून घेण्याची खूप जिज्ञासा असते. मग ते कितीही लहान असोत. या प्रश्नाचे उत्तर म्हणजे एक सोयीचे एकक असणे होय. तुम्हाला एक सोयीस्कर एकक असणे आवडणार नाही का? एखाद्या पदार्थातील अणू किंवा रेणू मोजण्यासाठी एकक असणे हे नक्कीच सुयोग्य आणि सोयीस्कर आहे. ह्या अणू आणि रेणू मोजण्याच्या रासायनिक एककास 'मोल' असे म्हणतात.

हा 'मोल' शब्द 1896 मध्ये विल्हेल्म ओसवाल याने परिचित करून दिला. त्याने लॅटिन शब्द 'मोल' म्हणजे ढीग किंवा ढिगारा यावरून शोधला. या मोलची संज्ञा 'mol' अशी आहे. हे SI पध्दतीवर आधारित पदार्थाची संख्या मोजण्याचे एकक आहे.

मोल म्हणजे पदार्थाची एवढी संख्या की ज्यात प्राथमिक स्वरूपाच्या एवढ्या वस्तू (उदा. अणू, रेणू, सूत्र एकक किंवा काही मूलभूत कण) असतील. जेवढे अणू 0.012 किलोग्रॅम  $\text{C-12}$  समस्थानिकात असतात.



टिपा



साध्या सोप्या शब्दांत सांगायचे तर 'मोल' म्हणजे 0.012 किलोग्रॅम (12 ग्रॅम) C-12 मध्ये जेवढे अणू असतील तेवढ्या संख्येचे अणू . जरी 'मोलची' व्याख्या कार्बन अणूच्या संबंधात दिली असली तर हे एकक सर्व पदार्थांना लागू आहे . जसे एकक डझन म्हणजे १२ किंवा एक ग्रॅस म्हणजे कशाचीही 144 इ.संख्या.डझन किंवा ग्रॅस सारखे मोल हे शास्त्रज्ञांचे मोजण्याचे एकक आहे .

मोल वापरून शास्त्रज्ञ (मुख्यत्वेकरून रसायनशास्त्रज्ञ) दिलेल्या पदार्थातील अणू किंवा रेणू मोजतात . आता हे प्रयोगाने सिध्द झाले आहे की 12 ग्रॅम C-12 मध्ये जेवढे अणू असतात ते 602,200,000,000,000,000,000 किंवा  $6.023 \times 10^{23}$  एवढे असतात . या आकड्याला ॲव्होगड्रोचा नंबर असे म्हणतात . हे नाव इटालियन वकील आणि भौतिकशास्त्राचा अभ्यासक अमिदो ॲव्होगड्रो याच्या सन्मानार्थ दिले आहे .या आकड्याला जेव्हा 'मोल' ने भागले जाते तेव्हा तो एक स्थिरांक बनतो आणि त्याला ॲव्होगड्रोचा स्थिरांक असे म्हणतात . हा  $N_A$  या संज्ञेने दर्शवितात .  $N_A=6.023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  आपण पाहिले आहे की,

C चे अणूवस्तुमान =

He चे अणूवस्तुमान =

हेलियमच्या एका अणूपेक्षा कार्बनचा अणू तिप्पट जड असतो हे आपण जाणू शकतो . याच युक्तिवादाने 100 कार्बनचे अणू हे 100 हेलियमच्या अणूंच्या तिप्पट जड असतात . त्याचप्रमाणे कार्बनचे  $6.023 \times 10^{23}$  अणू हे हेलियमच्या  $6.023 \times 10^{23}$  एवढ्या अणूंच्या तिप्पट जड असतात . परंतु  $6.023 \times 10^{23}$  एवढ्या कार्बनच्या अणूंचे वजन 12 ग्रॅम इतके असते म्हणून  $6.023 \times 10^{23}$  एवढ्या हेलियमच्या अणूंचे वजन ग्रॅम = ग्रॅम इतके असेल . अशीच आपण आणखी काही मूलद्रव्यांची उदाहरणे घेऊ शकतो . आणि त्या मूलद्रव्यांच्या एक मोल अणूंचे वस्तुमान काढू शकतो .

### 3.4.1 मोलर वस्तुमान -

पदार्थाच्या एका मोलच्या वस्तुमानाला मोलर वस्तुमान असे म्हणतात .हा पदार्थ म्हणजे मूलद्रव्य किंवा संयुग असू शकते . ऑक्सिजनच्या एका मोल अणूंचे वस्तुमान म्हणजे ऑक्सिजनच्या  $6.023 \times 10^{23}$  एवढ्या अणूंचे वस्तुमान . ऑक्सिजनच्या एक मोल अणूंचे वजन 16 ग्रॅम इतके असते . जेव्हा आपण म्हणतो की ऑक्सिजनचे 'एक मोल रेणू' तेव्हा त्याचा अर्थ  $6.023 \times 10^{23}$  इतके ऑक्सिजनचे रेणू ( $O_2$ ) असा होतो . ऑक्सिजनचे एक मोल रेणूंचे वजन 32.0 ग्रॅम इतके असते .

थोडक्यात ऑक्सिजनच्या वस्तुमान = 32 ग्रॅम /मोल .

जेव्हा आपल्याला आपण एक मोल अणू घ्यायचे की एक मोल रेणू घ्यायचे असा प्रश्न पडतो तेव्हा आपण त्या पदार्थाचे नैसर्गिक स्वरूप घ्यावे . उदा . ऑक्सिजनचा एक मोल म्हणजे ऑक्सिजन रेणूंचा एक मोल कारण ऑक्सिजन हा निसर्गामध्ये रेणूच्या स्वरूपात आढळतो . संयुगांच्यासाठी ही हाच युक्तिवाद लागू पडतो . उदा . पाण्याचा एक मोल म्हणजे पाण्याचे एक मोल रेणू ज्याचे वजन 18 ग्रॅम आहे . सांख्यिक दृष्टिने पदार्थाचा एक मोल हा त्या पदार्थाच्या ग्रॅममध्ये सांगितलेल्या अणू किंवा रेणूभाराएवढा असतो .

## अणु आणि रेणु

लक्षात ठेवा की, मोलर वस्तुमान हे नेहमी ग्रॅम /मोल किंवा ग्रॅम मोल<sup>-1</sup> या एककात सांगितले जाते .

उदा . नायट्रोजनचे (N<sub>2</sub>) मोलर वस्तुमान =28 ग्रॅम मोल<sup>-1</sup>

क्लोरिनचे (Cl<sub>2</sub>) मोलर वस्तुमान =71 ग्रॅम मोल<sup>-1</sup>

तक्ता क्र.2.3 मध्ये काही पदार्थांचे रेण्वीय आणि मोलर वस्तुमान दिलेले आहे .

### तक्ता क्र.3.3 रेण्वीय आणि मोलर वस्तुमाने

सूत्र	रेण्वीय वस्तुमान (u)	मोलर वस्तुमाने (ग्रॅम/ मोल)
O <sub>2</sub> (ऑक्सिजन)	32.0	32.0
Cl <sub>2</sub> (क्लोरिन)	71.0	71.0
P <sub>4</sub> (फॉस्फरस)	123.9	123.9
CH <sub>4</sub> (मिथेन)	16.0	16.0
NH <sub>3</sub> (अमोनिया)	17.0	17.0
HCl (हायड्रोक्लोरिक आम्ल वायू)	36.5	36.5
CO <sub>2</sub> कार्बनडायऑक्साईड)	44.0	44.0
SO <sub>2</sub> (सल्फर डाय ऑक्साईड)	64.0	64.0
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH (इथिल अल्कोहोल)	46.0	46.0
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (बेंझीन )	78.0	78.0

उदा . 3.2 ऑक्सिजनच्या 3.5 मोलमध्ये किती ग्रॅम असतात .

उत्तर : मोलचे ग्रॅममधील वस्तुमानात किंवा उलट रूपांतर करण्यासाठी आपल्याला वस्तुमान आणि मोल यातील संबंधाची माहिती असणे जरूरी आहे .

(O<sub>2</sub>) ऑक्सिजनचे मोलर वस्तुमान =32 ग्रॅम मोल<sup>-1</sup>

$$3.5 \text{ मोल मध्ये असलेले ऑक्सिजनचे ग्रॅम} = 3.5 \text{ ऑक्सिजनचे मोल} \times 32.0 \text{ ग्रॅम मोल}^{-1} \\ = 112.0 \text{ ग्रॅम ऑक्सिजन}$$

**उदा . 3.3** 37 ग्रॅम पाण्यातील रेणूंची संख्या काढा .

उत्तर : मोलची संकल्पना आपल्याला अणूंची संख्या आणि त्यांचे वस्तुमान यातील संबंध दाखविते त्यामुळे आपल्याला पदार्थाच्या दिलेल्या वस्तुमानात असलेली कणांची संख्या काढता येते .

विभाग २  
आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा



टिपा

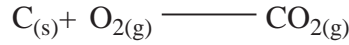
$$\begin{aligned} \text{पाण्याच्या मोलची संख्या} &= \frac{\text{पाण्याचे (H}_2\text{O) वस्तुमान}}{\text{पाण्याचे (H}_2\text{O) मोलर वस्तुमान}} \\ &= \frac{27 \text{ ग्रॅम}}{18 \text{ ग्रॅम मोल}^{-1}} \\ &= \text{मोल} = 1.5 \text{ मोल} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{पाण्याच्या एका मोलमध्ये } 6.023^{23} \text{ इतके रेणू असतात. म्हणून पाण्याच्या } 1.5 \text{ मोलमध्ये} \\ &= 6.02^{23} \text{ रेणू } 1.5 \text{ मोल} \\ &= 9.03^{23} \text{ रेणू असतील.} \end{aligned}$$



### पाठांतर्गत प्रश्न 3.3

1. मोल आणि रेणूंची संख्या यातील संबंध सोडवून दाखवा.
2. रेण्वीय वस्तुमान म्हणजे काय? ते मोलर वस्तुमानाहून कसे वेगळे आहे?
3. खालील अभिक्रिया लक्षात घ्या.



18 ग्रॅम कार्बन, ऑक्सिजनच्या सान्निध्यात जाळला तर किती मोल कार्बन डाय ऑक्साईड तयार होईल?

4. सोडियम क्लोराईडचे (NaCl) मोलर वस्तुमान किती आहे?

### 3.5. संयुगांची रासायनिक सूत्रे लिहिणे

तुम्हाला माहितच आहे की दोन किंवा अधिक मूलद्रव्ये वस्तुमानाच्या निश्चित प्रमाणात एकत्र येऊन (स्थिर प्रमाणाचा सिध्दांत) संयुगे बनतात. म्हणून संयुगामध्ये संयोग पावणा-या अणूंचा आकडा ठरलेला असतो. मूलद्रव्ये त्यांच्या संज्ञेने दाखविली जातात. (उदा. हायड्रोजनची संज्ञा -H, सोडियमची संज्ञा -Na). त्याचप्रमाणे संयुग हे सुध्दा संक्षिप्त स्वरूपात दाखविले जाते. त्यास त्याचे रासायनिक सूत्र असे म्हणतात. संयुगाचे सूत्र 1) त्यात असलेली मूलद्रव्ये 2) प्रत्येक मूलद्रव्याच्या अणूंचा आकडा दाखवते. दुस-या शब्दांत संयुगाचे सूत्र हे त्याची रासायनिक संरचनाही (Composition) दाखविते. संयुगातील मूलद्रव्यांचे अणू हे त्यांच्या संज्ञेने दाखविले जातात व त्यांचा आकडा हा सबस्क्रिप्टने दाखविला जातो (Subscript). (H<sub>2</sub>O) सूत्रामध्ये हायड्रोजनचे दोन अणू हे (Subscript) 2 ने दाखविले जातात तर ऑक्सिजनचे अणू सबस्क्रिप्ट (Subscript) शिवाय लिहिला जातो. याचा अर्थ असा की ऑक्सिजनचा अणू एकच आहे.

संयुजा आणि सूत्रीकरण -

प्रत्येक मूलद्रव्याची दुस-या मूलद्रव्याबरोबर संयोग पावण्याची एक निश्चित (ठराविक)क्षमता असते. मूलद्रव्याच्या या संयोग पावण्याच्या क्षमतेस त्याची संयुजा असे म्हणतात. मूलद्रव्याची संयोग



टिपा

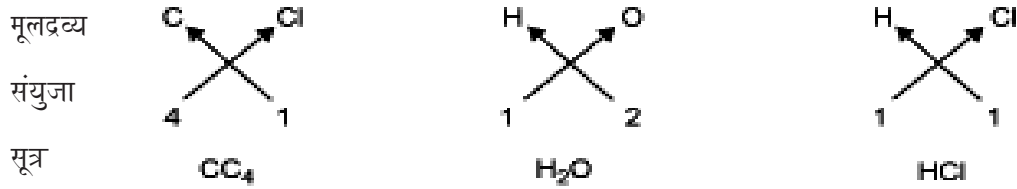
पावण्याची क्षमता ही मूलद्रव्यांच्या इलेक्ट्रॉन संरूपणावर आधारित असते. काही मूलद्रव्यांच्या संयुजा खाली तक्ता क्र. 3.4 मध्ये दिल्या आहेत.

तक्ता क्र. 3.4 मूलद्रव्यांच्या संयुजा

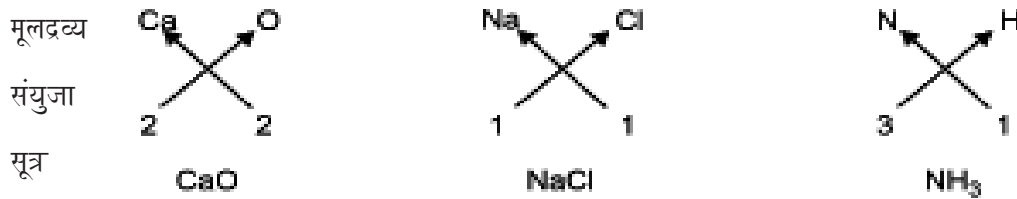
मूलद्रव्ये	संज्ञा	संयुजा	मूलद्रव्ये	संज्ञा	संयुजा
हायड्रोजन	H	1	फॉस्फरस	P	5
ऑक्सिजन	O	2	सोडियम	Na	1
कार्बन	C	4	मॅग्नेशियम	Mg	2
नायट्रोजन	N	3	कॅल्शियम	Ca	2
क्लोरीन	Cl	1	अॅल्युमिनीअम	Al	3
ब्रोमीन	Br	1	लोखंड	Fe	2
आयोडीन	I	1	भेरियम	Ba	2

बरीचशी साधी संयुगे दोन मूलद्रव्यांनी बनलेली असतात. अशा संयुगांना (Binary) संयुगे असे म्हणतात. अशा संयुगाची सूत्रे लिहिणे सोपे असते जेव्हा धातूचा, अधातूशी संयोग होतो तेव्हा धातू मूलद्रव्याची संज्ञा डाव्या हाताला आणि अधातू मूलद्रव्याची संज्ञा उजव्या हाताला लिहीली जाते. (जर दोन्हीही मूलद्रव्ये अधातू असतील तर जास्त विद्युत ऋणभारित मूलद्रव्य उजवीकडे लिहिले जाते.) संयुगाचे नाव लिहिताना प्रथम लिहिलेल्या मूलद्रव्याचे नाव जसेच्या तसे लिहावे व दुसरे मूलद्रव्य किंवा जास्त विद्युत ऋणप्रभारित मूलद्रव्याचे नाव शेवटी आईड (ide) असे लिहावे. रासायनिक सूत्र लिहित असताना खाली दर्शविल्याप्रमाणे संयुजा लिहाव्यात आणि संयोग पावणा-या अणूंच्या संयुजा खाली दाखविल्याप्रमाणे फुलीच्या विरुद्ध वाजूस जोडाव्यात.

कार्बन व क्लोरीनपासून तसेच हायड्रोजन व ऑक्सिजनपासून आणि हायड्रोजन व क्लोरीन पासून तयार होणा-या संयुगांची सूत्रे खाली दाखविल्याप्रमाणे आपण लिहू शकतो.



अधिक स्पष्ट होण्यासाठी आपण आणखी काही संयुगांची उदाहरणे घेऊ या.



अशा पध्दतीने आपण विविध संयुगांची सूत्रे लिहू शकतो फक्त त्यासाठी आपणस त्यातील मूलद्रव्यांच्या संयुजा माहित हव्यात.



टिपा

आधी नमूद केल्याप्रमाणे मूलद्रव्याच्या अणूंची संयुजा ही त्याच्या इलेक्ट्रॉन संरूपणावर अवलंबून असते. काही वेळा मूलद्रव्य एकापेक्षा जास्त संयुजा दाखविते. त्यावेळी आपण ते मूलद्रव्य बदलती संयुजा दाखवते असे म्हणतो. उदा. नायट्रोजन अनेक ऑक्साईड्स बनवते.  $N_2O$ ,

$N_2O_2$ ,  $N_2O_3$ ,  $N_2O_4$ , आणि  $N_2O_5$ , जर आपण ऑक्सिजनची संयुजा दोन आहे. असे मानले तर नायट्रोजनची वरील ऑक्साईडमधील संयुजा अनुक्रमे 1,2,3,4,5 अशी आहे. संयुजा नेहमी ठराविकच असतेच असे नाही. नायट्रोजन प्रमाणे फॉस्फरसही  $PBr_3$  आणि  $P_2O_5$  या त्याच्या संयुगात दिसत असल्याप्रमाणे 3 व 5 अशा संयुजा दाखवतो. या सर्व संयुगात एकापेक्षा जास्त अणू आहेत. अशा वेळी अणूंची संख्या ही मोनो, डाय, ट्राय इ. सांख्यिक उपसर्गाने दर्शविली जाते. हे तक्ता क्र.3.5 मध्ये सांगितले आहे.

तक्ता क्र. ३.५ सांख्यिक उपसर्ग

अणूंची संख्या	उपसर्ग	उदाहरण
1	मोनो	कार्बन मोनॉक्साईड ( $CO$ )
2	डाय	कार्बन डायऑक्साईड ( $CO_2$ )
3	ट्राय	फॉस्फरस ट्रायक्लोराईड ( $PCl_3$ )
4	टेट्रा	कार्बन टेट्रा क्लोराईड ( $CCl_4$ )
5	पेंटा	डाय नायट्रोजन पेंटॉक्साईड ( $N_2O_5$ )

इथे आपल्याला असे लक्षात येते की शेवटी येणारे ओ किंवा ॲ हे उपसर्ग व्यंजनाआधी लोप पावतात. उदा. मोनॉक्साईड, पेंटॉक्साईड इ. तेथे सांख्यिक उपसर्ग आणि मूलद्रव्याच्या नावामध्ये रिकामी जागा नसते. पहिल्या मूलद्रव्यासाठी मोनो या उपसर्गाचाही लोप होतो. जेव्हा सूत्रामध्ये हायड्रोजन हे पहिले मूलद्रव्य असते तेव्हा हायड्रोजनच्या आधी (कोणताही अंक असला तरी) उपसर्ग लावला जात नाही. उदा.  $H_2S$  या संयुगाचे नाव हायड्रोजन सल्फाईड असे असून डाय हायड्रोजन सल्फाईड असे नाही.

अशाप्रकारे आपण द्विभाजी संयुगाची सूत्रे लिहिणे त्यामानाने सोपे असल्याचे पाहिले. परंतु जेव्हा आपल्याला दोनापेक्षा जास्त मूलद्रव्ये असलेल्या (बहुअणूरेणू) संयुगाचे सूत्र लिहावयाचे असेल तेव्हा मात्र ते जरा अवघडच काम आहे. पुढील विभागात आपण अजून जास्त अवघड संयुगांचे सूत्रीकरण पहाणार आहोत.

मूलभूतपणे संयुगे ही दोन प्रकारची असतात. सहसंयुज संयुगे व आयनिक संयुगे हे तुम्ही पुढे पहाणार आहात.  $H_2O$  आणि  $NH_3$  ही सहसंयुज संयुगे आहे.  $NaCl$  व  $MgO$  ही आयनिक संयुगे आहेत. आयनिक संयुगे ही दोन प्रभारित घटकांनी बनलेली असतात. त्यातील एक धनप्रभारित असतो तर दुसरा ऋणप्रभारित असतो.  $NaCl$  मध्ये दोन आयन आहेत.  $Na^+$  आयन. या आयनांवर असलेला प्रभार वापरून आयनिक संयुगाचे सूत्र लिहिले जाते. जेव्हा आयनिक संयुगामध्ये एक धातू आणि एक अधातू असतो जसे  $NaCl$ ,  $MgO$  मध्ये असते त्याप्रमाणे तेव्हा त्याचे सूत्र लिहिणे सोपे असते. जेव्हा आयनिक संयुगामध्ये दोनापेक्षा जास्त मूलद्रव्ये असतात तेव्हा त्याचे सूत्रीकरण



हे जरा अवघड काम असते. त्यावेळी आपल्याला कॅटायन व अॅनायन वरील प्रभार माहित असणे आवश्यक असते.

### 3.5.2 आयनिक संयुगाचे सूत्रीकरण

जर आपल्याला कॅटायन व अॅनायन वरील प्रभार माहित असतील तर आयनिक संयुगाचे सूत्रीकरण सोपे जाते. लक्षात ठेवा की आयनिक संयुगांमध्ये कॅटायन व अॅनायन यावरील एकूण प्रभार हा शून्याबरोबर असतो (शून्य असतो) कॅटायन व अॅनायन यांची त्यांच्यावरील प्रभारासहित काही उदाहरणे खाली तक्ता क्र. 3.6 मध्ये दिली आहेत.

तक्ता क्र. 3.6 काही सर्वसामान्य आयनिक संयुगे तयार करणारे कॅटायन व अॅनायन

अॅनायन (ऋणप्रभारित आयन)	प्रभार	कॅटायन (धनप्रभारित आयन)	प्रभार
क्लोराईड आयन ( $\text{Cl}^-$ )	-1	पोटॅशियम आयन ( $\text{K}^+$ )	+1
नायट्रेट आयन ( $\text{NO}_3^-$ )	-1	सोडियम आयन ( $\text{Na}^+$ )	+1
हायड्रॉक्साईड आयन ( $\text{OH}^-$ )	-1	अॅमोनियम आयन ( $\text{NH}_4^+$ )	+1
बायकार्बोनेट आयन ( $\text{HCO}_3^-$ )	-1	मॅग्नेशियम आयन ( $\text{Mg}^{2+}$ )	+2
नायट्राईट आयन ( $\text{NO}_2^-$ )	-1	कॅल्शियम आयन ( $\text{Ca}^{2+}$ )	+2
अॅसिटेट आयन ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ )	-1	लेड आयन ( $\text{Pb}^{2+}$ )	+2
ब्रोमाईड आयन ( $\text{Br}^-$ )	-1	आयर्न आयन ( $\text{Fe}^{2+}$ )	+2
आयोडाईड आयन ( $\text{I}^-$ )	-1	झिंक आयन ( $\text{Zn}^{2+}$ )	+2
सल्फाईट आयन ( $\text{SO}_3^{2-}$ )	-2	कॉपर आयन (क्युप्रिक) ( $\text{Cu}^{2+}$ )	+2
कार्बोनेट आयन ( $\text{CO}_3^{2-}$ )	-2	मर्क्युरी आयन (मर्क्युरिक) ( $\text{Hg}^{2+}$ )	+2
सल्फेट आयन ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	-2	आयर्न (ईक) आयन ( $\text{Fe}^{3+}$ )	+3
सल्फाईड आयन ( $\text{S}^{2-}$ )	-2	अॅल्युमिनीअम आयन ( $\text{Al}^{3+}$ )	+3
फॉस्फेट आयन ( $\text{PO}_4^{3-}$ )	-3		

समजा तुम्हाला सोडियम सल्फेटचे सूत्र लिहायचे आहे. सोडियम सल्फेट ( $\text{Na}^+$ ) व ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) आयनांनी बनलेले आहे. यासाठी धनप्रभार व ऋणप्रभार यांना तिरकस फुली मारून (Subscript) लिहावेत. ही तिरकस फुली मारण्याचा हेतू असा की धन व ऋण प्रभारांची संख्या समान करण्यासाठी किती आयनांची आवश्यकता आहे हे समजावे.

आयन



प्रभार

1                      2

धनप्रभार

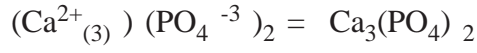
ऋणप्रभार



यावरून सोडियम सल्फेटचे सूत्र  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  असे मिळते. आपण प्रभारांचा समतोल खाली दिल्याप्रमाणे तपासू शकतो.

$$\left. \begin{array}{l} 2\text{Na}^+ = 2 \times (+1) = +2 \\ 1\text{SO}_4^{2-} = 1 \times (-2) = -2 \end{array} \right\} = 0$$

अशा रितीने  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  हे संयुग विद्युतदृष्ट्या उदासिन आहे. आता हे स्पष्ट आहे की कॅटायन वरील प्रभार दाखवणारा अंक अॅनायन कडे जातो व अॅनायन वरील प्रभार दाखवणारा अंक कॅटायनकडे जातो. कॅल्शियम फॉस्फेटचे सूत्र लिहिण्यासाठी आपणास प्रत्येक आयनावरील प्रभार विचारात घ्यावा लागतो आणि वर केलेल्या चर्चेनुसार त्याचे सूत्र लिहावे लागते.



संयुगाची सूत्रे लिहिणे हे आपल्याला सरावाने जमू शकते. म्हणून वर केलेल्या मार्गदर्शानुसार तुम्ही अनेक आयनिक संयुगाची सूत्रे लिहून पहा.



पाठांतर्गत प्रश्न ३.४

- खाली दिलेल्या मूलद्रव्यांपासून तयार होणा-या संयुगाचे नाव लिहा.
  - हायड्रोजन व सल्फर
  - नायट्रोजन व हायड्रोजन
  - मॅग्नेशियम व ऑक्सिजन
- खाली दिलेल्या अणू व आयनांपासून जी संयुगे तयार होतात त्यांची नावे व सूत्रे लिहा.
  - पोटॅशियम व आयोडाईड आयन
  - सोडियम व सल्फेट आयन
  - अॅल्युमिनीयम व क्लोराईड आयन
- यातून तयार होणा-या संयुगांची सूत्रे लिहा
  - $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$
  - $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$
  - $\text{Ba}^{2+}$ ,



आपण काय शिकलो ?

- स्थिर प्रमाणाच्या सिध्दांतानुसार एखाद्या शुद्ध पदार्थाच्या नमुन्यामध्ये नेहमी तीच मूलद्रव्ये वस्तुमानाच्या त्याच प्रमाणात संयोग पावतात.





- जेव्हा एक मूलद्रव्य दुस-या मूलद्रव्याबरोबर संयोग पावते आणि एकापेक्षा जास्त संयुगे तयार करते तेव्हा एका मूलद्रव्याची विविध वस्तुमाने दुस-या मूलद्रव्याच्या ठराविक वस्तुमानाशी साध्या पूर्णांकाच्या प्रमाणात संयोग पावतात. हा गुणित प्रमाणाचा सिध्दांत आहे .
- जॉन डाल्टन याने अणू हा अविभाजी कण असल्याची कल्पना मांडली . अणू हा मूलद्रव्याचे सर्व गुणधर्म दाखविणारा मूलद्रव्याचा लघुत्तम (सर्वात लहान)कण आहे . अणूला स्वतंत्र अस्तित्व नसते त्यामुळे तो संयोग पावलेल्या अवस्थेत रहातो .
- मूलद्रव्याचा किंवा संयुगाचा लघुत्तम कण म्हणजे रेणू होय . यामध्ये त्या पदार्थाचे सर्व गुणधर्म दिसतात आणि सर्वसामान्य परिस्थितीत त्याला स्वतंत्र अस्तित्व असते .
- ज्या मूलद्रव्यांनी रेणू बनलेला आहे त्या मूलद्रव्यांच्या संज्ञा वापरून रेणूचे प्रातिनिधीक असे रासायनिक सूत्र लिहिता येते .
- कोणत्याही संयुगाची रचना त्याच्या रासायनिक सूत्राने दाखविता येते .
- समस्थानिक c-12 च्या अणूला 12 अणुवस्तुमानाचे एकक दिलेले आहे आणि बाकी इतर 8 मूलद्रव्यांच्या अणूंचे अणुवस्तुमान (अणूभार) हे त्याच्या सापेक्ष तुलनेने काढले जातात .
- C<sup>12</sup> (कार्बन 12)च्या 0.012 किलो ग्रॅममध्ये जेवढे अणू असतात तितक्याच संख्येने जेव्हा एखादया पदार्थात कण (अणू,आयन किंवा रेणू इ.)असतात तेव्हा तो पदार्थ एक मोल आहे असे म्हणतात .
- C<sup>12</sup> च्या 0.012 किलोग्रॅम वजनामध्ये जेवढी अणूंची संख्या असते त्या संख्येला ॲव्होगड्रो चा नंबर असे म्हणतात . हा 6.02<sup>23</sup> च्या बरोबर असतो . ॲव्होगड्रोचा स्थिरांक 6.02<sup>23</sup> मोल<sup>-1</sup> असा लिहिला जातो .
- पदार्थाच्या एक मोल अणूच्या किंवा एक मोल रेणूच्या किंवा एक मोल सूत्र एकाकाच्या वस्तुमानास त्याचे मोलर वस्तुमान असे म्हणतात .
- कोणत्याही संयुगाचे घटक हे त्याच्या सूत्राने दाखविले जातात . संयुगाचे सूत्र लिहिताना मूलद्रव्याची संयुजा वापरली जाते . हे साधारणतः सहसंयुज संयुगामध्ये दिसते .
- मूलद्रव्याच्या संयोग पावणाच्या क्षमतेला संयुजा असे म्हणतात . संयुजा ही इलेक्ट्रॉन संरूपणाशी निगडीत असते .
- आयनिक संयुगामध्ये प्रत्येक आयनावरील भार हा संयुगाचे रासायनिक सूत्र ठरविण्यासाठी वापरतात .



अंतिम प्रश्नसंग्रह :

1. खालील बाबींचे वर्णन करा .
 

(अ) वस्तुमान अक्षय्यतेचा सिध्दांत	(ब) स्थिर प्रमाणाचा सिध्दांत
(क) गुणित प्रमाणाचा सिध्दांत	



2. जॉन डाल्टन याने अणूचा कोणता सिध्दांत सांगितला ? गेल्या दोन शतकात या सिध्दांतात कोणते फरक झाले?
3. खाली दिलेल्या प्रत्येक समस्थानिकांमधील प्रोटॉन,न्यूट्रॉन व इलेक्ट्रॉनची संख्या सांगा .
4. बोरॉनची 10.13u व 11.01u वस्तुमान असलेली दोन समस्थानिके आहेत त्याची विपुलता अनुक्रमे 19.77% व 80.23% इतकी आहे . तर बोरॉनचे सरासरी अणूवस्तुमान किती?  
(उत्तर -10.81u)
5. खालील प्रत्येक समस्थानिकांची संज्ञा लिहा .  
(अ) अणुक्रमांक 19 , अणुभार -40  
(ब) अणुक्रमांक 7 , अणुभार -15  
(क) अणुक्रमांक 18 , अणुभार -40  
(ड) अणुक्रमांक 17 , अणुभार -37
6. मूलद्रव्य व संयुग यातील फरक उदाहरणाने स्पष्ट करा .
7. एका इलेक्ट्रॉनवरील प्रभार  $1.6022 \times 10^{-19}$  कुलोम इतका आहे तर एक मोल इलेक्ट्रॉनवरील एकूण प्रभार किती ?
8. 8.0 ग्रॅम ऑक्सिजनमध्ये ऑक्सिजनचे (O<sub>2</sub>) किती रेणू असतात ? जर ऑक्सिजनच्या रेणूचे ऑक्सिजनच्या अणूमध्ये विभाजन झाले तर ऑक्सिजन अणूचे किती मोल मिळतील?
9. गृहित धरा की मानवी शरीरात 80 % पाणी असते . एखाद्या 65 किलो वजन असणा-या माणसाच्या शरीरातील पाण्याच्या रेणूंची संख्या काढा .
10. तक्ता क्र.3.2 मध्ये दिलेले अणुवस्तुमानांक वापरा व खाली दिलेल्या संयुगांची मोलर वस्तुमाने काढा .  
HCl, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, CO आणि NaCl
11. कार्बनचे सरासरी अणूवस्तुमान 12.014 इतके आहे तर (अ) 2.0 ग्रॅम कार्बन (ब) 8.0 ग्रॅम कार्बन मधील कार्बनचे मोल काढा .
12. खाली दिलेल्या रेणूंचे ड्राय, ट्राय, टेट्रा,पेंटा हेक्सा अणू रेणू असे वर्गीकरण करा .  
H<sub>2</sub>, P<sub>4</sub>, SF<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>, PCl<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub> OH, PCl<sub>5</sub>, HCl
13. खाली दिलेल्यांचे वस्तुमान सांगा .  
(अ) 6.02<sup>23</sup> ऑक्सिजनचे अणू  
(ब) 6.02<sup>23</sup> फॉस्फरसचे रेणू  
(क) 3.01<sup>23</sup> इतके ऑक्सिजनचे रेणू
14. खाली दिलेल्या मध्ये किती अणू असतात ?  
(अ) सल्फरचे 0.1 मोल  
(ब) 18 ग्रॅम पाणी (H<sub>2</sub>O)



- (क) 0.44 ग्रॅम कार्बन डाय ऑक्साईड ( $\text{CO}_2$ )
15. डाल्टनच्या अणूसिध्दांताची गृहित तत्वे सांगा .
16. खाली दिलेले 'मोल'मध्ये लिहा .
- (अ) 16.0 ग्रॅम ऑक्सिजन वायू ( $\text{O}_2$ )
- (ब) 32 ग्रॅम पाणी ( $\text{H}_2\text{O}$ )
- (क) 22 ग्रॅम कार्बन डाय ऑक्साईड ( $\text{CO}_2$ )
17. एखाद्या संयुगाचे रासायनिक सूत्र कशाचे प्रातिनिधीत्व करते?
18. खाली दिलेल्या संयुगाची रासायनिक सुत्रे लिहा .
- (अ) कॉपर (II) सल्फेट
- (ब) कॅल्शियम फ्लुराईड
- (क) अल्युमिनीयम ब्रोमाईड
- (ड) झिंक सल्फेट
- (इ) अमोनियम सल्फेट



पाठांतर्गत प्रश्नांची उत्तरे

3.1

- (i) लव्हाझिर ने वस्तुमानाच्या अक्षयत्तेचा सिध्दांत मांडला व प्राऊस्ट ने स्थिर प्रमाणाचा सिध्दांत मांडला .
- (ii) एका भांड्यामध्ये 12.0 ग्रॅम ऑक्सिजन अभिक्रिया न करता शिल्लक उरला . म्हणजे  $(20 - 12) = 8$  ग्रॅम ऑक्सिजनचे अभिक्रिया केली . 12 ग्रॅम मॅग्नेशियम व 8 ग्रॅम ऑक्सिजन यांची 12:8 या प्रमाणात अभिक्रिया झाली .  $\text{MgO}$  तयार होण्यामध्ये असे घडण्याची शक्यता होती . त्यामुळे 24 ग्रॅम मॅग्नेशियम 16 ग्रॅम ऑक्सिजनबरोबर अभिक्रिया करेल किंवा 12 ग्रॅम मॅग्नेशियम 8.0 ग्रॅम ऑक्सिजनबरोबर अभिक्रिया करेल .

3.2

- (i) नायट्रोजनचे अणू वस्तुमान 14u आणि ऑक्सिजनचे अणूवस्तुमान 16u इतके आहे . NO मध्ये 14 ग्रॅम नायट्रोजन 16.0 ग्रॅम ऑक्सिजन बरोबर अभिक्रिया करतो .  
NO<sub>2</sub> मध्ये 14 ग्रॅम नायट्रोजन 32.0 ग्रॅम ऑक्सिजन बरोबर अभिक्रिया करतो .  
N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> मध्ये 28 ग्रॅम नायट्रोजन 48.0 ग्रॅम ऑक्सिजन बरोबर अभिक्रिया करतो .  
किंवा  
14.0 ग्रॅम नायट्रोजन 24 ग्रॅम ऑक्सिजनबरोबर अभिक्रिया करतो .



टिपा

$\text{NO}, \text{NO}_2$  आणि  $\text{N}_2\text{O}_3$  मध्ये 12.0 ग्रॅम नायट्रोजन वरोवर अभिक्रिया करण्यासाठी लागणारा ऑक्सिजन 16:32:24 किंवा 2:4:3 इतक्या प्रमाणात लागतो यावरून गुणित प्रमाणाचा सिध्दांत सिध्द होतो.

(ii) Si चा अणुक्रमांक 14 आहे.

सिलिकॉनच्या अणूचा अणुवस्तुमानांक की ज्यामध्ये 14, 15 व 16 न्यूट्रॉन आहेत. हे अनुक्रमे 28, 29 व 30 आहेत. म्हणून सिलिकॉनच्या समस्यापिकांच्या संज्ञा



(iii)  $\text{C}_2\text{H}_4$  चा रेणूभार = कार्बनच्या दोन अणूंचे वस्तुमान + हायड्रोजनच्या 4 अणूंचे वस्तुमान

$$= 2$$

पाण्याचा रेणूभार = हायड्रोजनच्या दोन अणूंचे वस्तुमान + ऑक्सिजनच्या एका अणूंचे वस्तुमान

$$= 2$$

$\text{CH}_3\text{OH}$  चा रेणूभार = कार्बनच्या दोन अणूंचे वस्तुमान + हायड्रोजनच्या 4 अणूंचे वस्तुमान + ऑक्सिजनच्या एका अणूंचे वस्तुमान

$$= 1$$

$$= 12 + 4 + 16u$$

$$= 32 u$$

### 3.3

1. पदार्थाच्या एका मोलमध्ये त्या पदार्थाचे  $6.023 \times 10^{23}$  इतके रेणू असतात. म्हणजेच पदार्थाचा एक मोल = पदार्थाचे  $6.023 \times 10^{23}$  इतके रेणू

2. रेणूभार किंवा रेण्वीय वस्तुमान म्हणजे त्या रेणूमध्ये असणा-या सर्व अणूंच्या अणुवस्तुमानाची बेरीज.

रेणूभार म्हणजे एका रेणूचे वस्तुमान तर मोलर वस्तुमान म्हणजे 1 मोल किंवा  $6.023 \times 10^{23}$  इतक्या मूलभूत कणांचे (अणू रेणू किंवा आयन) वस्तुमान.

3.  $\text{C}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)}$   
1 मोल                      1 मोल                      1 मोल  
(12 ग्रॅम)                      (16 ग्रॅम)                      (44 ग्रॅम)

12 ग्रॅम कार्बनमुळे कार्बनडाय ऑक्साईडचा एक मोल तयार होतो.

18 ग्रॅम कार्बन 1.5 मोल कार्बनडाय ऑक्साईड तयार करेल.

$\text{NaCl}$  चे मोलर वस्तुमान = (2 ग्रॅम मोल<sup>-1</sup>)  
= 58.5 ग्रॅम मोल<sup>-1</sup>

3.4

1. (i)  $H_2S$   
(ii)  $NH_3$   
(iii)  $MgO$
2. (i)  $KI$ , पोटॅशियम आयोडाईड  
(ii)  $Na_2SO_4$ , सोडियम सल्फेट  
(iii)  $AlCl_3$ , अॅल्युमिनीयम क्लोराईड
3. (i)  $HgCl_2$   
(ii)  $Pb_3(PO_4)_2$   
(iii)  $BaSO_4$



टिपा



## रासायनिक अभिक्रिया आणि समीकरणे

आपल्या सभोवताली आपण रोज वेगवेगळ्या पध्दतीचे बदल पहातो. यातील काही बदल हे साधे असतात आणि तात्पुरत्या स्वरूपाचे असतात. तर काही खरच खूप गुंतागुंतीचे आणि कायमस्वरूपी असतात. जेव्हा आपण बर्फ एखाद्या भांड्यात हवेत उघडा ठेवतो तेव्हा तो वितळतो व त्याचे पाण्यात रूपांतर होते. जेव्हा हे भांडे परत आपण शीतकपाटात ठेवतो तेव्हा त्याचा पुन्हा बर्फ होतो. हा बदल तात्पुरत्या स्वरूपाचा आहे आणि पदार्थ परत त्याच्या मूळ स्वरूपात जाऊ शकतो. अशा बदलांना भौतिक बदल असे म्हणतात. परंतु जेव्हा दूधाचे दह्यात रूपांतर होते तेव्हा त्याचे परत दूध करता येत नाही. अशा बदलाला रासायनिक बदल असे म्हणतात. या पध्दतीचे बदल हे कायमस्वरूपी असतात. भौतिक व रासायनिक हे दोन्ही प्रकारचे बदल हे आपल्या दैनंदिन जीवनाचे आवश्यक भाग आहेत. आपण हे बदल समीकरणाच्या स्वरूपात मांडू शकतो.



### उद्दिष्टे :

या पाठाचा अभ्यास पूर्ण केल्यानंतर तुम्ही खालीलगोष्टी करू शकाल.

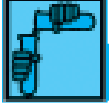
- साधी रासायनिक समीकरणे लिहून त्यांचे संतुलन करणे.
- संतुलित रासायनिक समीकरणांच्या अभिप्रायाचे वर्णन करणे.
- मोल, वस्तुमान आणि अभिक्रियाकारक व उत्पादिते यांच्यातील संबंधाचा शोध लावणे.
- रासायनिक अभिक्रियांचे संयोग, विघटन, विस्थापन आणि दुहेरी विस्थापन अभिक्रिया अशांमध्ये वर्गीकरण करणे.
- ऑक्सिडेशन व क्षपणप्रक्रिया (रेडॉक्स अभिक्रिया) यांच्या व्याख्या सांगणे आणि त्यांचे क्षरण, कुजणे आणि दैनंदिन जीवनातील इतर स्वरूपे यांच्याशी असलेले संबंध सांगणे



टिपा

#### 4.1 रासायनिक समीकरणे :

तुम्ही दैनंदिन जीवनामध्ये तुमच्या सभोवताली अनेक रासायनिक बदल पाहिले असतील. आता आपण बदलाचे निरीक्षण करण्यासाठी काही कृती करूया.



#### कृती 4.1 :

अ. 2.0 ग्रॅम लांब मॅग्नेशियमची रिबन घ्या. खरखरीत कागदाने (sand paper) ती स्वच्छ करा. चिमट्यामध्ये घट्ट धरा. ती पूर्ण जळोपर्यंत स्पिरीटच्या दिव्यावर अगर बर्नरवर तापवा. तुमच्या डोळ्यापासून रिबन जास्तीत जास्त दूर ठेवण्याचा प्रयत्न करा. तुम्हाला काय दिसले ? मॅग्नेशियमची रिबन डोळे दिपवणा-या प्रकाशाने जळते व त्यावेळी खूप उष्णता बाहेर पडते त्यानंतर तिचे चूर्णरूप पदार्थात रूपांतर होते.



आ. 4.1 मॅग्नेशियम रिबनचे ज्वलन

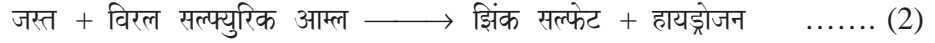
ब. जस्ताचे काही कण शंकूपात्रात किंवा परीक्षानळीत घ्या. त्यामध्ये विरल सल्फ्युरिक किंवा हायड्रोक्लोरिक आम्ल टाका. तुम्हाला काय दिसले ? परीक्षानळीतून वायू बाहेर पडताना दिसेल. तुम्ही जर परीक्षानळीच्या बुडाशी हात लावलात तर तुम्हाला ती गरम झाली आहे असे लक्षात येईल. अशाच प्रकारच्या अनेक कृती तुम्ही प्रयोगशाळेत किंवा एखादया खोलीत करू शकाल.

#### 4.1.1 या रासायनिक बदलांचे वर्णन कसे करता येईल ?

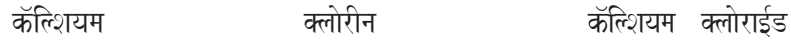
वर उल्लेखलेल्या दोन्ही अभिक्रिया शब्दांमध्ये खाली दिल्याप्रमाणे लिहिता येतील.



अभिक्रियाकारक                      उत्पादित



ज्या पदार्थांमध्ये रासायनिक बदल घडतो त्यांना अभिक्रियाकारक असे म्हणतात. जे पदार्थ रासायनिक बदलाचा परिणाम म्हणून तयार होतात त्यांना उत्पादिते असे म्हणतात. पहिल्या अभिक्रियेमध्ये मॅग्नेशियम व ऑक्सिजन यांच्यात रासायनिक बदल होतो म्हणून त्यांना अभिक्रियाकारक असे म्हणतात तर दुस-या अभिक्रियेमध्ये जस्त आणि विरल सल्फ्युरिक आम्ल हे अभिक्रियाकारक आहेत. त्याचप्रमाणे पहिल्या अभिक्रियेमध्ये मॅग्नेशियम ऑक्साईड हा नवीन पदार्थ तयार होतो. त्याला उत्पादित म्हणतात (ते उत्पादित आहे.) दुस-या अभिक्रियेमध्येमधील उत्पादित तुम्ही सांगू शकाल का ? हो. दुस-या अभिक्रियेमध्ये झिंकसल्फेट व हायड्रोजन ही उत्पादिते आहेत. रासायनिक अभिक्रियेत अभिक्रियाकारक वाणाच्या डावीकडे व उत्पादिते वाणाच्या उजवीकडे लिहितात. अभिक्रियाकारक ते उत्पादिते हा बदल वाणाने दर्शवितात. जेव्हा एकापेक्षा जास्त अभिक्रियाकारक किंवा उत्पादिते असतात तेव्हा (+) चिन्हाचा वापर करतात. बघूया खाली दिलेली अभिक्रिया तुम्हाला पूर्ण करता येते का ?

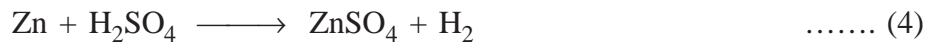


#### 4.1.2 रासायनिक समीकरण लिहिणे

रासायनिक बदल दाखवणारा आणखी कुठला जवळचा मार्ग आहे का ? हो. रासायनिक समीकरणाद्वारा आपण हे नक्कीच करू शकतो. एखादे रासायनिक समीकरण शब्दांमध्ये लिहिण्यापेक्षा रासायनिक सूत्र वापरून लिहिल्यास अधिक संक्षिप्त होऊ शकते. या पूर्वीच्या पाठात तुम्ही रासायनिक सूत्राच्या सहाय्याने संयुग कसे लिहितात/दाखवतात याचा अभ्यास केला आहे. आता जर आपण वर लिहिलेल्या समीकरण (1) मध्ये मॅग्नेशियम, ऑक्सिजन व मॅग्नेशियम ऑक्साईड या शब्दांऐवजी सूत्रे वापरली तर आपल्याला



त्याचप्रमाणे दुस-या समीकरणातही शब्दांऐवजी सूत्रे वापरली तर आपल्याला अशी



संक्षिप्त समीकरणे लिहिता येतील.

आधीच्या पाठात शिकलेला वस्तुमानाच्या अक्षय्यतेचा सिध्दांत तुमच्या लक्षात आहे का? त्या सिध्दांताप्रमाणे अभिक्रियाकारक अणूंची संख्या व त्यांचे वस्तुमान हे उत्पादित अणूंच्या संख्येवरोवर व वस्तुमानावरोवर असावयास हवे. आता आपण रासायनिक समीकरणे (3) व (4) यांच्या दोन्ही वाजूतील (डावी व उजवी वाजू) अणूंची संख्या मोजू या. आपल्याला असे दिसेल की समीकरण (3) मध्ये डाव्या व उजव्या वाजूतील ऑक्सिजन अणूंची संख्या समान नाही परंतु समीकरण (4) मध्ये दोन्ही वाजूतील अणूंची संख्या समान आहे. ज्या रासायनिक समीकरणामध्ये वाणाच्या दोन्ही

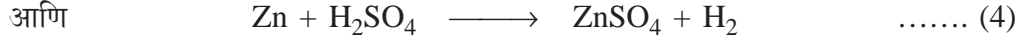




वाजूतील अणूंची संख्या समान नसते त्या रासायनिक समीकरणांना **कच्चे रासायनिक समीकरण** असे म्हणतात. अशी कच्ची रासायनिक समीकरणे, समीकरणात योग्य तो गुणक वापरून संतुलित केली जातात. पुढील विभागात आपण रासायनिक समीकरणे कशी संतुलित करावीत हे शिकणार आहोत.

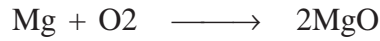
#### 4.2 संतुलित रासायनिक समीकरणे :

द्यास्तुमानाच्या अक्षय्यतेच्या सिद्धांतानुसार द्रव्य निर्माण ही करता येत नाही व नष्ट ही करता येत नाही. त्यामुळे रासायनिक अभिक्रियेमध्ये उत्पादितात असणा-या प्रत्येक मूलद्रव्याचे वस्तुमान हे अभिक्रियाकारकाचा वस्तुमानाबरोबर (समान) असले पाहिजे. दुस-या शब्दात सांगायचे तर रासायनिक अभिक्रियेच्या सुरवातीला आणि शेवटी प्रत्येक मूलद्रव्याच्या अणूंची संख्या तेवढीच रहाते म्हणून संतुलित रासायनिक समीकरणामध्ये एखादया विशिष्ट मूलद्रव्याच्या अणूंची संख्या अभिक्रियाकारकात व उत्पादितात समानच असायला हवी. जर असे नसेल तर ते समीकरण संतुलित नाही असे म्हणावे लागेल. आता आपण वरील समीकरण (3) व (4) यांचा परत विचार करू या.

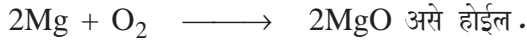


वरीलपैकी कोणते समीकरण संतुलित आहे ? इथे स्पष्टच कळते की समीकरण (4) हे संतुलित आहे कारण Zn, H, S व ऑक्सिजन यांच्या अणूंची संख्या समीकरणाच्या दोन्ही बाजूला समान आहे म्हणून समीकरण (4) हे संतुलित रासायनिक समीकरण आहे असे म्हणता येईल. आता समीकरण (3) चे काय ते पाहू. साध्या निरीक्षणानेही आपल्याला असे दिसते की अभिक्रियाकारकाच्या बाजूची मॅग्नेशियम अणूंची संख्या ही उत्पादिताच्या बाजूच्या मॅग्नेशियमच्या अणूच्या संख्येएवढीच आहे परंतु अभिक्रियाकारकाच्या बाजूची ऑक्सिजन अणूंची संख्या दोन असून उत्पादितांच्या बाजूची ऑक्सिजनच्या अणूंची संख्या मात्र एकच आहे (MgO). उत्पादिताच्या बाजूला ऑक्सिजन अणूंची संख्या समान करण्यासाठी आपल्याला उत्पादिताच्या बाजूस 2MgO असे लिहावे लागेल.

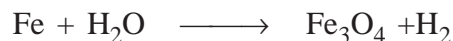
आता तयार झालेले समीकरण



असे आहे. आता वरील समीकरणामध्ये डाव्या बाजूस एक मॅग्नेशियमचा अणू कमी आहे म्हणून मॅग्नेशियमचे अणू संतुलित करण्यासाठी आपल्याला मॅग्नेशियमच्या आधी 2 लावण्याची गरज आहे आता समीकरण



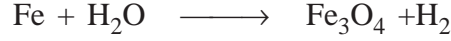
आता बाणाच्या दोन्ही बाजूला मॅग्नेशियम व ऑक्सिजन अणूंची संख्या समान होईल आणि रासायनिक समीकरण संतुलित होईल. रासायनिक समीकरण संतुलित करण्याच्या या पध्दतीला **टोला व चाचणी पध्दत** असे म्हणतात. आता आपण लिहीण्यासाठी व संतुलित करण्यासाठी दुसरी एक रासायनिक अभिक्रिया विचारात घेऊ या. जेव्हा लाल होईपर्यंत तापविलेल्या लोखंडावरून वाफ जाऊ दिली जाते तेव्हा हायड्रोजन वायू मुक्त होतो व लोखंडाचे चुंबकीय गुणधर्म असलेले ऑक्साईड (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) तयार होते हे आपण खाली दर्शविण्याप्रमाणे स्पष्ट करू शकतो.





आपण जर या वरील समीकरणाचे नीट परीक्षण केले तर आपल्याला असे दिसेल की हे समीकरण संतुलित नाही. आपण खाली दिलेल्या पाय-या वापरून हे समीकरण संतुलित करण्याचा प्रयत्न करू या.

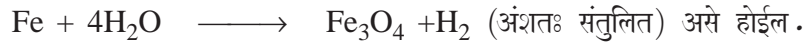
**पायरी (i)** – समीकरणाचा काळजीपूर्वक अभ्यास करा आणि असंतुलित समीकरणातील वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांच्या अणूंची संख्या लिहा.



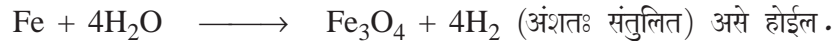
तक्ता 4.1 अभिक्रियाकारक व उत्पादिते यातील  
विविध मूलद्रव्यांच्या अणूंच्या संख्येची तुलना

मूलद्रव्य	अभिक्रियाकारकाच्या (डाव्या) बाजूस असणारी अणूंसंख्या	उत्पादितांच्या (उजव्या) बाजूस असणारी अणूंची संख्या
Fe	1	3
H	2	2
O	1	4

**पायरी (ii)** – आपण संतुलनाची सुरुवात जास्तीत जास्त (सर्वात जास्त) अणूंसंख्या असलेल्या संयुगापासून करू या. हे संयुग अभिक्रियाकारक असेल किंवा उत्पादित असेल. आता संयुगातील सर्वात जास्त अणूंसंख्या असलेले मूलद्रव्य निवडू या.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  या संयुगामध्ये ऑक्सिजन या मूलद्रव्याचे सर्वात जास्त अणू आहेत. वाणाच्या उजव्या हातास ऑक्सिजनचे चार अणू आहेत. तर डाव्या हातात मात्र एकच अणु आहे. आता ऑक्सिजनचे संतुलित करण्यासाठी आपण पाण्याच्या अणूंच्या मागे 4 हा गुणक लावू या. आता समीकरण



**पायरी (iii)** - इथे Fe आणि H अणू अजूनही संतुलित झालेले नाहीत. आता आपण हायड्रोजनचे अणू संतुलित करू या. यासाठी वाणाच्या उजव्या बाजूस हायड्रोजनच्या रेणूंची संख्या 4 लिहू या. आता समीकरण



**पायरी (iv)** – आता तीन मूलद्रव्यांपैकी फक्त Fe असंतुलित राहिला आहे. लोखंडाचे अणू संतुलित करण्यासाठी आपण डाव्या बाजूस लोखंडाचे 3 अणू लिहू या आणि आता समीकरण



**पायरी (v)** – सरतेशेवटी सगळ्या तीन्ही मूलद्रव्यांची वाणाच्या दोन्ही बाजूस असलेली अणूंची संख्या मोजा. तुम्हाला असे आढळेल की ऑक्सिजन, हायड्रोजन व लोखंड यांच्या अणूंची संख्या वाणाच्या दोन्ही बाजूस समान झाली आहे आणि अशारितीने संतुलित समीकरण मिळाले आहे.

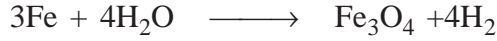




टिपा

#### 4.2.1 आपल्याला रासायनिक समीकरण अधिक माहिती देणारे कसे करता येईल ?

संतुलित समीकरणामध्ये



आपल्याला अभिक्रियाकारकांची व उत्पादितांची भौतिक स्थिती (अवस्था) बदल माहिती मिळत नाही म्हणजे ते स्थायू आहेत की द्रव आहेत की वायू आहेत हे समजत नाही परंतू अभिक्रियाकारक व उत्पादिते यांच्याबरोबर स्थायूसाठी (s) द्रवासाठी (l) व वायूसाठी (g) वापरून आपण अधिक माहिती देणारे रासायनिक समीकरण तयार करू शकतो. अशा रितीने आपण वरील समीकरण



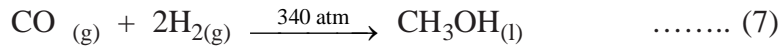
असे लिहू शकतो. इथे H<sub>2</sub>O जवळ (g) लिहीला आहे यावरून असे स्पष्ट दिसते की अभिक्रियेमध्ये पाणी हे वाफेच्या म्हणजेच वायूच्या स्वरूपात वापरले आहे. यापुढे जाऊन अभिक्रियेमध्ये अभिक्रियाकारक किंवा उत्पादिते ही पाण्याच्या द्रावणाच्या स्वरूपात घेतली असतील तर त्या पदार्था पुढे कंसात (aq) असे लिहून आपण ते दाखवू शकतो. उदा.



क्विक लाईम

स्लेक्ड लाईम

कधी कधी अभिक्रियेसाठी लागणा-या अभिक्रियेच्या शर्ती उदा. तापमान, दाब, उत्प्रेरक इ.सुध्दा अभिक्रियेमध्ये समीकरणामध्ये वाणाच्या वर अगर खाली दाखविल्या जातात. उदा.



वातावरणीय दाब



क्लोरोफिल

#### रासायनिक समीकरणे संतुलित करण्यासाठी काही उपयोगी टिपण्या -

- रासायनिक समीकरण संतुलित करण्यासाठी शक्य असलेला सर्वात साधा पूर्णसंख्या गुणकाचा संच वापरावा. सहसा आपण अशा समीकरणामध्ये अपूर्णाकी गुणक वापरत नाही कारण रेणू हे अपूर्णाकात उपलब्ध नसतात. आपण समीकरणाला योग्य अशा अंकाने गुणून पूर्ण समीकरणामध्ये पूर्णांक संख्या गुणक म्हणून असतील असे पहावे.
- समीकरण संतुलित करत असताना अभिक्रियाकारक व उत्पादितांच्या रेणूसूत्रातील (subscripts) बदलू नयेत याचे कारण पदार्थाची ओळखच त्यामुळे बदलू शकते. उदा. 2NO<sub>2</sub> म्हणजे नायट्रोजन डाय ऑक्साईडचे दोन रेणू पण आपण जर (subscript) ची संख्या दुप्पट केली तर N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> होईल व हे डाय नायट्रोजन टेट्राऑक्साईडचे रेणूसूत्र आहे म्हणजे पूर्णतः वेगळे संयूग आहे.



टिपा

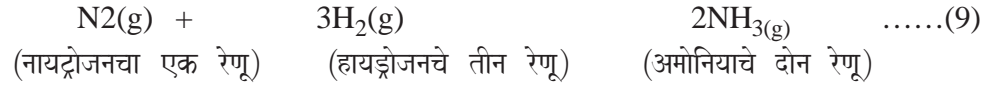
### 4.3 संतुलित रासायनिक समीकरणाचा अभिप्राय

गुणधर्मानुसार रासायनिक समीकरण फक्त अभिक्रियाकारक व उत्पादिते यांचेच वर्णन करते. परंतु संतुलित रासायनिक समीकरण हे रासायनिक अभिक्रियेविषयी खूप सारी परिमाणवाचक माहिती देते. एक संतुलित रासायनिक समीकरण आपल्याला

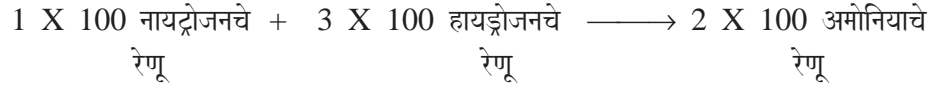
१. अभिक्रियेमध्ये भाग घेणा-या अणू आणि रेणूंची संख्या सांगते. त्याचप्रमाणे त्याच्याशी संबंधित असलेली वस्तुमाने अणूवस्तुमानाच्या एककात (amu किंवा u) सांगते.
२. अभिक्रियेमध्ये भाग घेणा-या मोलची संख्या, त्यांचे ग्रॅममधील वस्तुमान किंवा इतर सोयीच्या एककामधील वस्तुमान सांगते.
३. जर सर्व अभिक्रियाकारक व उत्पादित वायूरूप अवस्थेत असतील तर त्यांच्या आकारमानात असणारा संबंध ही सांगते.

#### 4.3.1 मोल आणि वस्तुमान यांच्यातील संबंध -

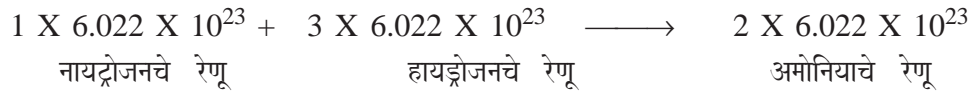
आपण नायट्रोजन व हायड्रोजन यांच्यामधील उत्प्रेरकाच्या सान्निध्यात घडणारी रासायनिक अभिक्रिया विचारात घेऊ या.



आपण हे संपूर्ण समीकरण कुठल्याही अंकाने गुणू या. उदा. 100



समजा आपण हे संपूर्ण समीकरण  $6.022 \times 10^{23}$  (अॅव्होगड्रोचा अंक) या अंकाने गुणले तर



पण कुठल्याही पदार्थाचे  $6.022 \times 10^{23}$  रेणू हे त्याचा 1 मोल असतात

म्हणून आपण असे लिहू या की



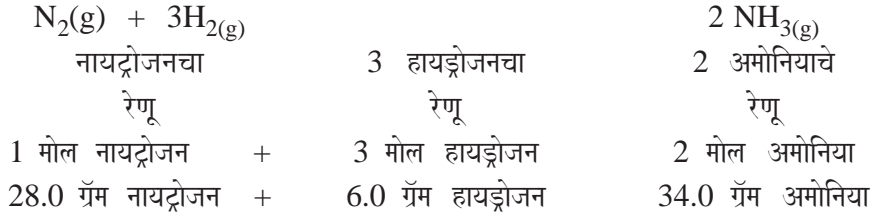
आता मोलर वस्तुमान लक्षात घेता आपण असे लिहूया की



किंवा



आता आपण परत एकदा समीकरण (g) लिहू या.



**लक्षात ठेवा** - जर आपण संतुलित रासायनिक समीकरण लिहिले तरच आपल्याला वापरलेल्या किंवा तयार झालेल्या पदार्थाचे मोजमाप करता येईल.

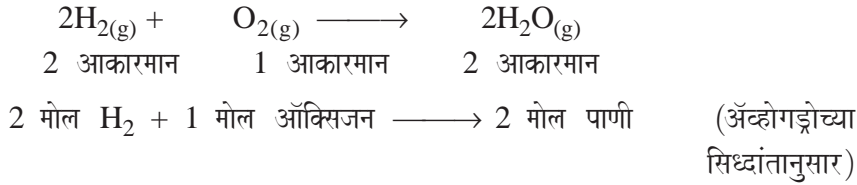
#### 4.3.2 वायूंचा समावेश असलेल्या अभिक्रियांचा आकारमानाशी असलेला संबंध

फ्रेंच रसायनतज्ञ गेल्युसॅक यांस असे आढळले की वायूरूप अवस्थेतील अभिक्रियाकारक व उत्पादिते यांचे आकारमान एकमेकांशी लहान मूळ संख्यांनी संबंधित असते. फक्त यावेळी आकारमान हे एकाच तापमानावर आणि दावावर मोजले असले पाहिजे.

गे ल्युसॅकचे आकारमानाच्या मूळांकाचे गुणोत्तर म्हणजे खर तर आकारमानाच्या निश्चित प्रमाणाचा सिध्दांतच होय.

निश्चित प्रमाणाचा सिध्दांत हा आपण तिस-या पाठात अभ्यासलेला आहे हे लक्षात ठेवा. अणू आणि रेणू हे वस्तुमानाच्या सापेक्ष होते. आपण खाली दिलेले उदाहरण पाहू या.

catalyst →



इथे हायड्रोजन, ऑक्सिजन व पाण्याची वाफ हे एकाच तापमानावर व समान दावाखाली आहेत. (समजा  $100^{\circ}C$  आणि 1 वातावरण दाब) या मूलभूत संकल्पनेवरून आपण असे अनुमान काढू शकतो की जर आपण 100 मिली हायड्रोजन आणि 50 मिली ऑक्सिजन घेतला तर आपल्याला 100 मिली पाण्याची वाफ मिळेल. फक्त सर्व आकारमाने एकाच तापमानावर आणि समान दावाखाली मोजली पाहिजेत. अशारितीने संतुलित रासायनिक समीकरणावरून आपल्याला अभिक्रियाकारकांचे आणि उत्पादितांचे मोल, वस्तुमान आणि आकारमान यांतील संबंध मिळू शकतात. रासायनिक गणितांमध्ये हे परिमाणांचे संबंध फार उपयोगी पडतात असे दिसून आले आहे.



#### पाठांतर्गत प्रश्न 4.1

- खालील प्रत्येक अभिक्रियासाठी एक रासायनिक समीकरण लिहा.
- जस्त धातू हायड्रोक्लोरीक आम्लाच्या पाण्यातील द्रावणावर अभिक्रिया करतो व झिंक क्लोराईडचे द्रावण आणि हायड्रोजन वायू तयार करतो.
- स्थायू रूपातील मर्क्युरी (II) ऑक्साईड तापवले असता द्रवरूप पारा व ऑक्सिजन वायू तयार होतात.





टिपा

२. खालील रासायनिक समीकरणे संतुलित करा.



३. संतुलित रासायनिक समीकरणे म्हणजे काय? रासायनिक समीकरणे संतुलित का असावीत?

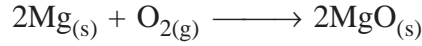
#### 4.4 रासायनिक समीकरणांचे प्रकार

आत्तापर्यंत आपण रासायनिक बदल समीकरणांद्वारे कसा व्यक्त करतात याचा अभ्यास केला. तसेच एखादे रासायनिक समीकरण संतुलित करून त्यापासून उपयुक्त अशा परिमाणांची माहिती कशी मिळवतात याचाही अभ्यास केला. आपण रासायनिक अभिक्रियांचे विविध प्रकारात वर्गीकरण करू शकतो.

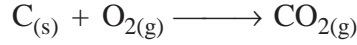
- |                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| १. संयोग अभिक्रिया    | २. अपघटन अभिक्रिया           |
| ३. विस्थापन अभिक्रिया | ४. दुहेरी विस्थापन अभिक्रिया |

##### 4.4.1 संयोग अभिक्रिया

संयोग अभिक्रियेमध्ये त्याच्या नावात म्हटल्याप्रमाणे दोन किंवा अधिक पदार्थ (मूलद्रव्ये किंवा संयुगे) संयोग पावतात व नवीन पदार्थ तयार होतो. उदा. जेव्हा एखादया पदार्थाचे ज्वलन होते तेव्हा त्याचा हवेतील ऑक्सिजनशी संयोग होतो. आपण कृती 4.1 मध्ये पाहिले की मॅग्नेशियमची रिबनचे जे डोळे दिपवणा-या प्रकाशात ज्वलन होते त्यावेळी मॅग्नेशियमच्या रिबनचा ऑक्सिजनशी संयोग होतो व खालीलप्रमाणे अभिक्रिया होते.



आता कार्बनचीही अशीच अभिक्रिया लिहू या.



आता पुढे आपण काही कृती करू या.



कृती 4.2

थोडेसे कॅल्शियम ऑक्साईड (CaO) (क्विकलाईम) घ्या. त्यामध्ये सावकाशपणे पाणी ओता. (आ. 4.2) चंचूपात्राला बाहेरून हाताने स्पर्श करा. तुम्हाला तापमानातील बदल जाणवला का? हो. ते हाताला गरम लागले. तुम्ही पाहिले असेल की घर चुन्याने रंगवताना पांढरे स्थायूरूप द्रव्य पाण्यामध्ये टाकतात व काही वेळाने ते उकळायला लागते. हे पांढरे स्थायूरूप द्रव्य म्हणजे कॅल्शियम ऑक्साईड असते. ते पाण्याशी अभिक्रिया करते व कॅल्शियम हायड्रॉक्साईड तयार होते. क्विकलाईम व पाणी यांची अभिक्रिया होताना उष्णता बाहेर पडते आणि तापमान वाढते ही अभिक्रिया खाली दिलेल्या समीकरणाच्या रूपात व्यक्त केली जाते.



आ. 4.2 क्विकलाईम व पाणी यातील अभिक्रिया





टिपा

#### 4.4.2 अपघटन अभिक्रिया

तुम्ही आधी पाहिलेत की चुना पट्टार किंवा क्विकलाईमचे द्रावण घराला रंग देण्यासाठी वापरतात. तुमच्या मनात हे क्विकलाईम (चुना) कुठे बरे सापडते असा विचार आला का ? लाईमस्टोन भट्टीत तापविल्यावर चुना मिळतो. लाईमस्टोनला उष्णता दिली असता लाईम (चुना) व कार्बन डाय ऑक्साईड मिळतो.



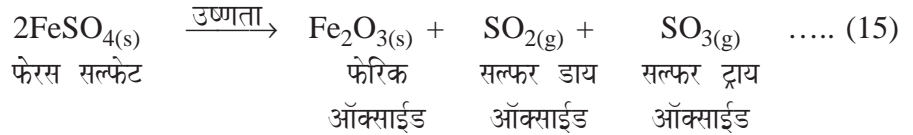
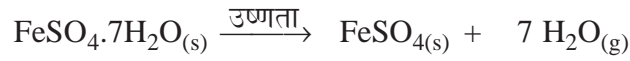
लाईमस्टोन                      क्विकलाईम      कार्बन डाय ऑक्साईड

ही अभिक्रिया अपघटन अभिक्रियेचे उदाहरण आहे. अपघटन अभिक्रिया म्हणजे ज्या अभिक्रियेत एका संयुगाचे अपघटन होऊन दोन किंवा दोनापेक्षा जास्त पदार्थ (मूलद्रव्ये किंवा संयुगे) तयार होतात. आता आपण काही कृती करूया.



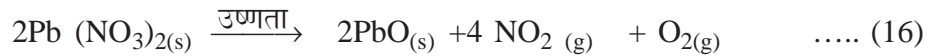
#### कृती 4.3

साधारणपणे 2.0 ग्रॅम फेरस सल्फेट आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एका कठीण परीक्षानळीत घ्या. परीक्षानळी परीक्षानळी पकडण्याच्या चिमट्याने घट्ट धरा आणि ज्योतीवर तापवा. साधारणपणे 1 मिनिट इतका वेळ उष्णता दिल्यावर फेरस सल्फेटच्या रंगात बदल झालेला दिसून येतो. काळजीपूर्वक बाहेर पडलेल्या वायूचा वास घ्या. तुम्हास काय दिसले ? सावकाशपणे फेरस सल्फेटच्या स्फटिकांचा हिरवा रंग (निस्तेज) कमी होताना दिसेल आणि गंधक जळल्याचा वास येईल.



इथे प्रथम फेरस सल्फेटच्या स्फटिकातून पाणी बाहेर पडते आणि नंतर त्याचे SO<sub>2</sub> व SO<sub>3</sub> वायूमध्ये अपघटन होते.

असेच दुसरे अपघटन अभिक्रियेचे उदाहरण खाली दिले आहे.



लेड नायट्रेट                      लेड ऑक्साईड      नायट्रोजन      डाय ऑक्साईड

वर दिलेल्या अभिक्रियेमध्ये उष्णता दिल्याने अपघटन घडून येते. या अभिक्रिया औष्णिक अपघटन या प्रकारात मोडतात.

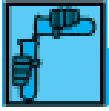




टिपा

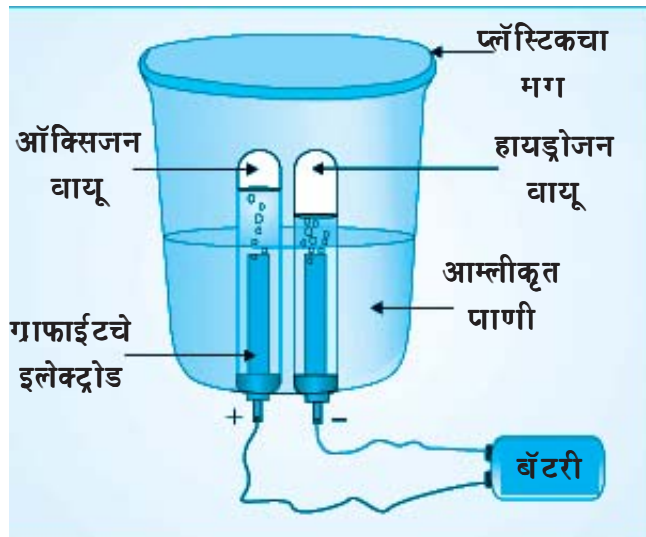


आ. 4.3 फेरस सल्फेटचे औष्णिक अपघटन



कृती 4.4

एक प्लास्टिकचा मग घ्या. त्याच्या तळाशी दोन भोके पाडा. त्यामध्ये खराची बुचे वसवा. त्यामध्ये ग्रॅफाईटचे इलेक्ट्रोड वसवा. हे इलेक्ट्रोड 6V च्या बॅटरीला जोडा.



आ. 4.4 पाण्याचे विद्युत अपघटन

आता काळजीपूर्वक पहा काय होते ते. तुम्हाला दोन्ही इलेक्ट्रोडवरती वायूचे बुडबुडे दिसतील. दोन परीक्षानळ्या घ्या. त्यामध्ये पाणी भरा आणि दोन्ही ग्रॅफाईटच्या इलेक्ट्रोडवर पालथ्या घाला.

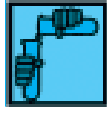


टिपा

इलेक्ट्रोडवर तयार होणारे पाण्याचे बुडबुडे परीक्षानळीतील पाण्याला विस्थापित करतात. काही वेळाने दोन्ही वायूंचे आकारमान पहा. तुम्हाला असे दिसेल की दोन्ही वायूंच्या (ऑक्सिजन व हायड्रोजन) आकारमानाचे गुणोत्तर हे 1:2 इतके आहे. आता काळजीपूर्वक वायू भरलेल्या दोन्ही परीक्षानळ्या एकामागोमाग काढा व तुमच्या शिक्षकांची मदत घेऊन त्यातील वायूचे परीक्षण करा.

हे दोन्ही वायू हायड्रोजन व ऑक्सिजन हे असून त्यांच्या आकारमानाचे गुणोत्तर अनुक्रमे 2:1 असे आहे. (गे ल्युसॅकचा सिध्दांत) या प्रयोगामध्ये पाण्याचे जे अपघटन होते ते पाण्यामधून विद्युतप्रवाह गेल्याने होते. ज्या अभिक्रियेमध्ये विद्युत उर्जेने संयुगाचे अपघटन होते व दोन किंवा दोनापेक्षा जास्त पदार्थ (मूलद्रव्ये किंवा संयुगे) तयार होतात त्या अभिक्रियेस विद्युत अपघटनी अभिक्रिया म्हणतात.

**4.4.3 विस्थापन अभिक्रिया** - या प्रकारची अभिक्रिया समजून घेण्यासाठी आपण खाली दिलेली कृती करू या.



कृती 4.5

दोन परीक्षा नळ्या घ्या. प्रत्येक परीक्षानळीत 10 मि.ली. इतके कॉपर सल्फेटचे द्रावण घ्या. त्यांना 'अ' व 'ब' अशी खूण करा. आता दोन लोखंडाचे खिळे घ्या. ते खरखरीत (सॅडपेपर) कागदाने स्वच्छ करा. 'अ' परीक्षानळीत आ. 4.5 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे लोखंडी खिळ्याला दोरा बांधून तो बुडवा. जवळजवळ 20 मिनीटांनंतर खिळ्याच्या पृष्ठभागावर होणा-या बदलाचे निरीक्षण करा. त्याचप्रमाणे कॉपरसल्फेटच्या द्रावणाचा रंगही पहा. 'अ' परीक्षानळीतील कॉपरसल्फेटच्या द्रावणाच्या रंगाची 'ब' परीक्षानळीतील कॉपर सल्फेटच्या द्रावणाच्या रंगाशी तुलना करा. तुम्हाला काय दिसले? कॉपर सल्फेटचा निळा रंग निस्तेज होताना दिसतो. त्याचप्रमाणे 'अ' परीक्षानळीतील द्रावणात बुडवलेल्या लोखंडी खिळ्याचाही रंग पहा आणि त्याची दुस-या परीक्षानळीतील लोखंडी खिळ्याशी त्याची तुलना करा. तुम्हाला असे दिसेल की लोखंडी खिळ्याचा पृष्ठभाग तपकीरी झाला आहे. तुम्हाला समजले का की लोखंडी खिळा तपकीरी का होतो? आणि कॉपर सल्फेटचे निळ्या रंगाचे द्रावण निस्तेज का होते?

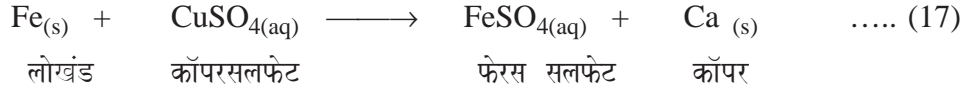


आ. 4.5 कॉपर सल्फेट आणि लोखंड यातील अभिक्रिया



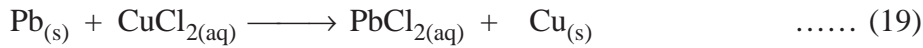
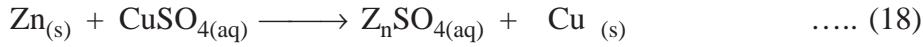
टिपा

हे सर्व खाली दिलेल्या रासायनिक अभिक्रियेमुळे घडले.



या अभिक्रियेमध्ये एक मूलद्रव्य (लोगखंड) दुस-या मूलद्रव्यास (कॉपर) म्हणजे कॉपर सल्फेटच्या द्रावणातून तांब्यास विस्थापित करते. या पध्दतीच्या अभिक्रिया विस्थापन अभिक्रिया या प्रकारात मोडतात. विस्थापन अभिक्रिया म्हणजे ज्या अभिक्रियेत एक मूलद्रव्य दुस-या मूलद्रव्यास त्याच्या संयुगातून विस्थापित करते.

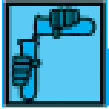
विस्थापन अभिक्रियेची इतर उदाहरणे -



जस्त आणि शिसे हे दोन्हीही धातू तांब्यापेक्षा जास्त क्रियाशील असल्याने ते तांब्याला त्याच्या संयुगातून विस्थापित करतात.

#### 4.4.4 दुहेरी विस्थापन अभिक्रिया

हया प्रकारच्या अभिक्रिया समजून घेण्यासाठी खालील कृती करू या.



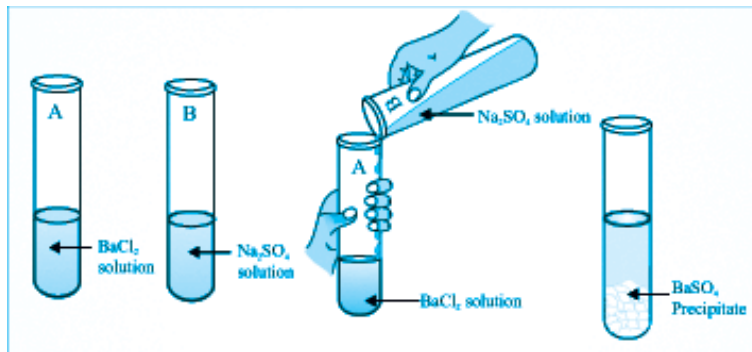
कृती 4.6

दोन परीक्षानळ्या घ्या. त्यांना 'अ' व 'ब' अशा खूणा करा. 'अ' परीक्षानळीत साधारणपणे 4 मि.ली सोडियम सल्फेटचे द्रावण घ्या आणि 'ब' परीक्षानळीत 4 मि.ली. बेरियम क्लोराईडचे द्रावण घ्या. आता 'अ' परीक्षानळीतील द्रावण 'ब' परीक्षानळीत ओता. तुम्हाला काय दिसते? एक पांढरा पदार्थ तयार झालेला दिसतो. त्यास 'साका' किंवा अवक्षेप असे म्हणतात. ही अभिक्रिया आपण खालीलप्रमाणे लिहू शकतो.



सोडियम      बेरियम      बेरियम      सोडियम  
सल्फेट      क्लोराईड      सल्फेट      क्लोराईड

(पांढरा अवक्षेप)



आ. 4.6 सोडियम सल्फेट व बेरियम क्लोराईड यांच्यामधील अवक्षेपण अभिक्रिया



$BaSO_4$  चा पांढरा अवक्षेप  $Ba^{2+}$  आयन्स व  $SO_4^{2-}$  आयन्स यांच्या अभिक्रियमुळे तयार होतो. दुसरे तयार झालेले उत्पादित सोडियम क्लोराईड हे आहे ते द्रावणातच रहाते. ज्या अभिक्रियेमध्ये अभिक्रियाकारकाच्यामध्ये आयनांची देवघेव होते त्या अभिक्रियांना दुहेरी विस्थापन अभिक्रिया असे म्हणतात. तुम्ही संयुगात होणा-या विविध अभिक्रियांचे प्रकार शोधून काढा.

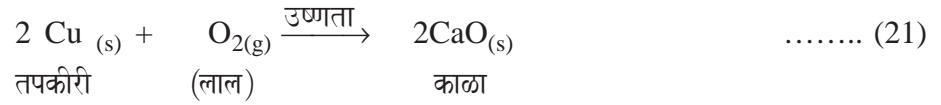
#### 4.5 ऑक्सिडेशन व क्षपण ( रेडॉक्स अभिक्रिया )

रेडॉक्स अभिक्रिया समजून घेण्यासाठी आपण खाली दिलेली कृती करून पाहू या.



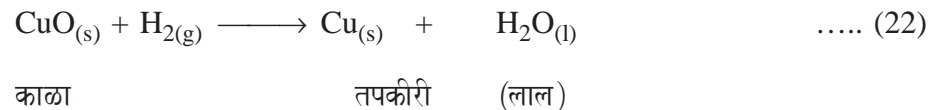
#### कृती 4.7

एक चायना डिश घ्या. त्यामध्ये 2.0 ग्रॅम तांब्याची पूड(चूर्ण) टाका व आकृती 4.7 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे डिशला तीव्र उष्णता द्या. तुम्हाला काय दिसते? तांब्याची पूड काळी झालेली दिसते. का बरे ? हे असे होते कारण जेव्हा ऑक्सिजन तांब्याबरोबर संयोग पावतो तेव्हा रंगानप काळे असलेले कॉपर ऑक्साईड तयार होते. ही अभिक्रिया खालीलप्रमाणे लिहितात.



#### आ.4.7 तांब्याच्या चूर्णास हवेमध्ये उष्णता देणे

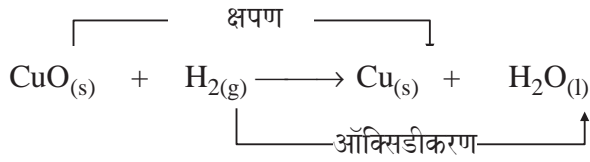
आता जर तुम्ही या काळ्या ( $CuO$ ) (चूर्णावरून) हायड्रोजन वायु जाऊ दिला तर काळ्या चूर्णाचा पृष्ठभाग परत तपकीरी रंगाचा झालेला दिसतो. हाच तांब्याचा मूळ रंग आहे. ही अभिक्रिया खाली दिल्याप्रमाणे लिहितात.





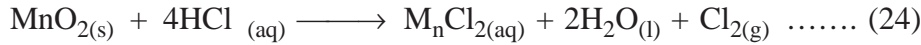
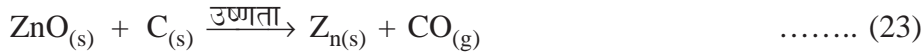
अभिक्रिया क्र. 21 मध्ये तांबे ऑक्सिजन घेते आणि त्याचे ऑक्सिडीकरण झाले असे म्हटले जाते. अभिक्रिया क्र.22 मध्ये कॉपर ऑक्साईडमधून ऑक्सिजन वायू बाहेर निघतो म्हणून क्षपण झाले असे म्हटले जाते. या अभिक्रियेत हायड्रोजन, ऑक्सिजन घेतो त्यामुळे त्याचे ऑक्सिडीकरण होते. जेव्हा अभिक्रियेदरम्यान पदार्थ ऑक्सिजन घेतो तेव्हा त्याचे ऑक्सिडीकरण झाले असे म्हणतात आणि जेव्हा अभिक्रियेदरम्यान पदार्थातून ऑक्सिजन बाहेर पडतो तेव्हा त्याचे क्षपण झाले असे म्हणतात.

अशारितीने या अभिक्रियेत अभिक्रियेची प्रक्रिया सुरु असताना एका अभिक्रियाकारकाचे ऑक्सिडीकरण होते तर दुस-याचे क्षपण होते अशा अभिक्रियांना ऑक्सिडीकरण-क्षपण अभिक्रिया किंवा रेडॉक्स अभिक्रिया असे म्हणतात. या खाली दिलेल्या पध्दतीने काळजीपूर्वक दाखविल्या जातात.



वर दाखविलेल्या अभिक्रियेत CuO ऑक्सिजन पुरवतो म्हणून तो ऑक्सिडीकारक पदार्थ आहे आणि हायड्रोजन, ऑक्सिजन घेतो म्हणून तो क्षपणक आहे. रेडॉक्स अभिक्रियेमध्ये ऑक्सिडीकारक पदार्थाचे क्षपण होते आणि क्षपणकाचे ऑक्सिडीकरण होते.

रेडॉक्स अभिक्रियेची आणखी काही उदाहरणे



सर्व रेडॉक्स अभिक्रियेमध्ये तुम्ही पाहिले की एका पदार्थाचे ऑक्सिडीकरण होते तर दुस-या पदार्थाचे क्षपण होते. ऑक्सिडीकरणाशिवाय क्षपण नाही व क्षपणाशिवाय ऑक्सिडीकरण नाही. आता पुढील विभागात आपण इलेक्ट्रॉनच्या देवघेवीतून रेडॉक्स अभिक्रियेचा भाग ढोवळ मानाने स्पष्ट करण्याचा प्रयत्न करणार आहोत.

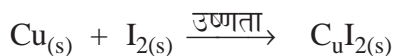
#### 4.5.1 इलेक्ट्रॉनच्या देवघेवीच्या संदर्भातून रेडॉक्स अभिक्रिया

तुम्ही नुकतेच ऑक्सिडीकरण व क्षपण हे ऑक्सिजन व हायड्रोजनच्या देवघेवीतून शिकलात परंतु अशा रितीने रेडॉक्स अभिक्रियेची केलेली व्याख्या फक्त काही अभिक्रियानाच लागू पडते.

आता आपण खाली दिलेल्या अभिक्रिया पाहू.



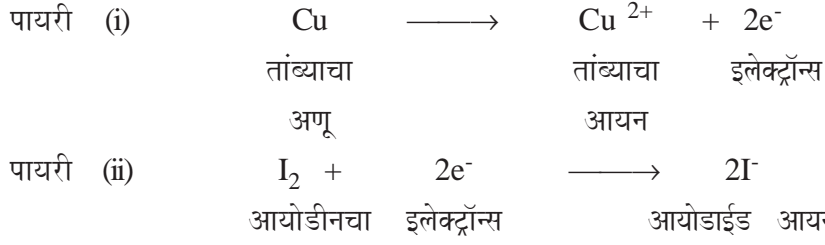
या अभिक्रियांमध्ये कुठेच ऑक्सिजन व हायड्रोजनची देवघेव दिसत नाही पण तरीही या ऑक्सिडीकरण - क्षपण अभिक्रिया आहेत. (अभिक्रिया 25 )





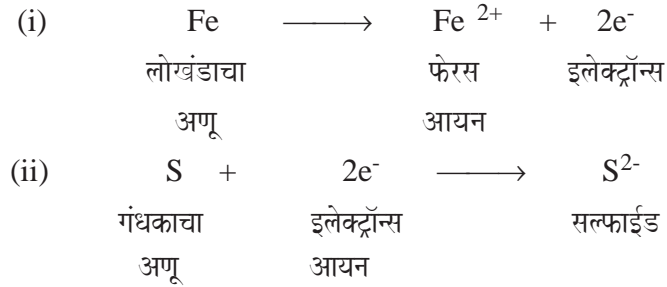
टिपा

ही खालीलप्रमाणे दोन टप्प्यात लिहिता येते .



पहिल्या टप्प्यामध्ये तांब्याचा अणू दोन इलेक्ट्रॉन गमावून क्युप्रिक आयन  $\text{Cu}^{2+}$  बनतो आणि दुस-या टप्प्यात आयोडीन अणू हे दोन इलेक्ट्रॉन घेऊन आयोडाईड आयन बनवतो . इथे आपण असे म्हणूया की तांबे इलेक्ट्रॉन गमावते म्हणून त्याचे ऑक्सिडीकरण होते आणि आयोडीन इलेक्ट्रॉन घेतो त्यामुळे त्याचे क्षपण होते म्हणजेच ज्या अभिक्रियेत एकादा पदार्थ इलेक्ट्रॉन देतो त्या अभिक्रियेला ऑक्सिडीकरण असे म्हणतात आणि ज्या अभिक्रियेत एखादा पदार्थ इलेक्ट्रॉन घेतो त्या अभिक्रियेला क्षपण असे म्हणतात . जो पदार्थ दुस-या पदार्थाचे ऑक्सिडीकरण करतो त्यास ऑक्सिडीकारक पदार्थ असे म्हणतात . ऑक्सिडीकारक पदार्थाचे अभिक्रियेमध्ये क्षपण होते . त्याचप्रमाणे जेव्हा एखादा पदार्थ दुस-या पदार्थाचे क्षपण करतो तेव्हा त्याला क्षपणक असे म्हणतात . अभिक्रियेच्या दरम्यान क्षपणकाचे ऑक्सिडीकरण होते . अभिक्रिया क्र. (25 ) मध्ये तांबे क्षपणक म्हणून काम करते तर आयोडीन ऑक्सिडीकारक म्हणून काम करते .

त्याचप्रमाणे अभिक्रिया क्र. (26) मध्ये लोखंड क्षपणक म्हणून काम करते आणि सल्फर (गंधक) ऑक्सिडीकारक म्हणून काम करते .



आता तुम्ही खाली दिलेल्या जागेमध्ये विचारलेल्या प्रश्नांची उत्तरे लिहा .

- (1) क्षपणक .....
- (2) ऑक्सिडीकारक .....
- (3) ऑक्सिडीकरण झालेले मूलद्रव्य .....
- (4) क्षपण झालेले मूलद्रव्य .....

(टीप - तुमचे उत्तर खाली दिलेल्या नियमांना धरून हवे)

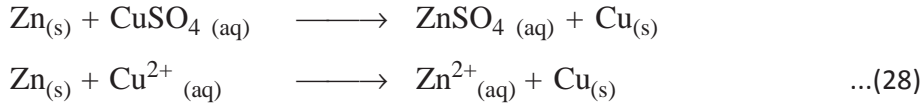
**इलेक्ट्रॉन मिळणे म्हणजे क्षपण आणि इलेक्ट्रॉन बाहेर पडणे म्हणजे ऑक्सिडीकरण**

आधी सांगितल्याप्रमाणे ऑक्सिडीकरण व क्षपण या दोन्ही प्रक्रिया एकाच वेळी घडणा-या आहेत .



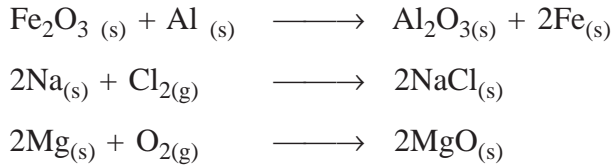
टिपा

खाली दिलेल्या विस्थापन अभिक्रियांचा आता विचार करू या .



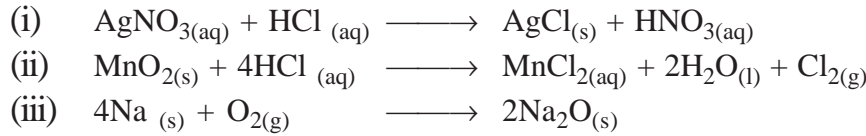
इथे जस्त इलेक्ट्रॉन गमावते आणि  $\text{Zn}^{2+} (aq)$  मध्ये रूपांतरित होते . हे जे इलेक्ट्रॉन जस्ताने गमावले आहेत ते  $\text{Cu}^{2+}$  आयन स्वीकारतात आणि त्याचे रूपांतर तांब्याच्या अणूत होते . ही ऑक्सिडीकरण व क्षण यांची ढोबळ व्याख्या आपण इतर अनेक अभिक्रियांना लावू शकतो .

आणखी काही रेडॉक्स अभिक्रियांची उदाहरणे खाली दिलेली आहेत .

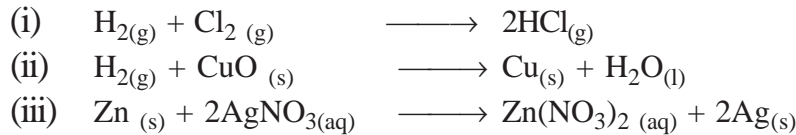


#### पाठांतर्गत प्रश्न 4.2

१ . खाली दिलेल्या अभिक्रियांचे परीक्षण करा आणि त्यापैकी कोणत्या अभिक्रिया ह्या रेडॉक्स अभिक्रिया नाहीत ते ओळखा .



२ . खाली दिलेल्या अभिक्रियांमधील ऑक्सिडीकरण झालेले पदार्थ व क्षण झालेले पदार्थ ओळखा .



#### 4.5.2 रेडॉक्स अभिक्रियांचा दैनंदिन जीवनावर होणारा परिणाम

आपण आधीच्या विभागात रासायनिक अभिक्रियांचे विविध प्रकार शिकलो . या अभिक्रियांपैकी रेडॉक्स अभिक्रिया ह्या आपल्या जीवनात खूप महत्वाच्या आहेत . आपण आर्थिकदृष्ट्या महत्वाच्या असलेल्या क्षण या विषयावर चर्चा करू या . आपल्या अन्नाशी, खाण्यपिण्याच्या वस्तूंशी ज्याचा संबंध येतो त्या दृष्टीने कुजणे/ नासणे ही प्रक्रियाही खूप महत्वाची ठरते . कुजणे आणि क्षण ह्या दोन्ही प्रक्रिया ह्या रेडॉक्स अभिक्रियेचे परिणाम आहेत .

- क्षण
- कुजणे





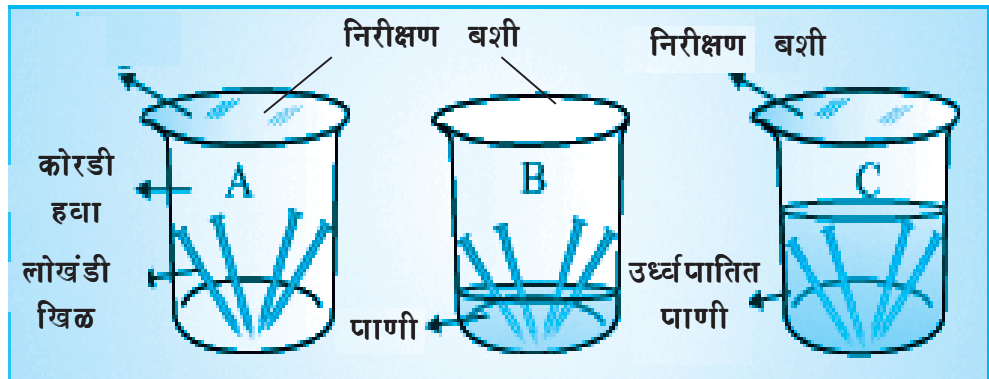
( जो पदार्थ जीवाणूंचा (बॅक्टेरिया) चा नाश करतो त्यास जंतुनाशक असे म्हणतात. अतिशय परिणामकारी जंतुनाशके ही तीव्र ऑक्सिडीकारक असतात. विरंजके रंगीत वस्तूंचे विरंजन करतात व दुसरा रंगहीन पदार्थ तयार करतात. बरीचशी जंतुनाशके अगदी क्लोरीन धरून वेगवेगळ्या संयुगाच्या स्थायू स्वरूपात उपलब्ध असतात. उदा. कॅल्शियम हायपोक्लोराईट  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  हे एक ऑक्सिडीकारक आहे. धातूचे जोडकाम करण्यासाठी वापरत असलेल्या ऑक्सिड -ॲसिटिलीन बॅटरीमध्ये ॲसिटिलनिचे ऑक्सिडीकरण होते व फार उच्च तापमान तयार होते.)

(अ) क्षरण - क्षरण ही विध्वंसक रासायनिक प्रक्रिया आहे. यामध्ये धातूचे हवा आणि त्यातील आर्द्रता यांच्या सानिध्यात ऑक्सिडीकरण होते. लोखंडांचे गजणे, चांदीचे काळे पडणे, तांब्यावर, वासवर व ब्रॉझवर हिरव्या रंगाचा थर तयार होणे ही क्षरणाची काही उदाहरणे आहेत. याच्यामुळे लोखंड व स्टील यापासून बनलेल्या पूल, जहाजे, मोटारगाड्या, यंत्रे यांचे फार मोठे नुकसान होते. प्रत्येक वर्षी या नुकसानीसाठी म्हणजे ती भरून काढण्यासाठी व होऊ नये याच्या प्रयत्नासाठी अब्जावधी रुपये खर्च होतो. आपल्यासारख्या औद्योगिक विकास करत असलेल्या देशांना क्षरणाचा प्रतिबंध करणे हे एक फार मोठे आव्हान आहे.



कृती 4.8

तीन छोटी चंचूपात्रे घ्या. त्यांना 'अ', 'ब' व 'क' अशी खूण करा. प्रत्येक चंचूपात्रात ३.० ग्रॅम लोखंडाचे खिळे टाका. 'अ' चंचूपात्रात इतर काहीही न घालता त्याचे तोंड निरीक्षण बशीने झाका. 'ब' चंचूपात्रात थोडेसे पाणी घालून लोखंडी खिळे ओले करा आणि चंचूपात्र उघडेच ठेवा. 'क' चंचूपात्रात लोखंडी खिळे बुडतील एवढे पाणी घाला. (आ. 4.8) तीन्ही चंचूपात्रे याच अवस्थेत तीन दिवस ठेवा. त्यानंतर चंचूपात्रातील बदलाचे निरीक्षण करा. 'अ' चंचूपात्रातील लोखंडी खिळयावर काहीच परिणाम झालेला दिसत नाही. 'ब' चंचूपात्रातील लोखंडी खिळे गंजलेले दिसतात व 'क' चंचूपात्रातील लोखंडी खिळयावर काहीच परिणाम झालेला दिसत नाही. यावरून तुम्ही गंजण्यासाठी आवश्यक असणा-या गोष्टी लिहा.



आ. 4.8





टिपा

### क्षरण प्रतिबंध कसा करावा ?

धातूचा क्षरणापासून बचाव करण्यासाठी म्हणजे मुख्यत्वेकरून लोखंडाचे गंजणे थांबविण्यासाठी पुष्कळ पध्दती आहेत .

- एका धातूवर दुस-या धातूचा थर देऊन उदा . लोखंडावर सहज ऑक्सिडीकरण न होणा-या निकेल अथवा क्रोमियम धातूचा थर दिल्यास हा थर हवेतील ऑक्सिजनचा आणि आर्द्र तेचा जे क्षरणाचे प्रमुख कारण आहेत त्यांचा मुख्य धातूशी (लोखंडाशी) संपर्क होऊ देत नाहीत .
- जास्त क्रियाशील धातूशी जोडल्याने किंवा लवकर ऑक्सिडीकरण होणा-या धातूचा थर देण्याने क्षरणाचा प्रतिबंध होऊ शकतो . उदा . जेव्हा लोखंड मॅग्नेशियमशी जोडले जाते किंवा त्यावर जस्ताच थर दिला जातो तेव्हा त्याचा (लोखंडाचा) क्षरणापासून बचाव होतो . लोखंडाच्या सळ्या वितळवलेल्या जस्तामध्ये बुडवून लोखंडी सळ्यांच्या पृष्ठभागावर जस्ताचा थर बसवला जातो . या लोखंडावर जस्ताचा थर देण्याच्या प्रक्रियेला 'गॅलव्हायझेशन' असे म्हणतात .
- रंग देऊन प्रतिबंध करणे .



### (ब) कुजणे/नासणे/ आंबणे/ कुबणे :

कधीतरी तुम्ही तेल/ तूप असलेले अन्नपदार्थ फार दिवस ठेवल्यानंतर त्याला येणारा वास किंवा त्यांची चव घेतली असेल . तुम्हाला ताज्या तेल तूपाचा आणि अशा खूप शिळ्या तेल तूपाच्या वासातील फरक जाणवला असेल . हे का बरे होते? हे असे होते याचे कारण तेल-तूपाचे ऑक्सिडीकरण होते व ते नासतात . या बदलाला कुजणे किंवा नासणे असे म्हणतात . तेल-तूपाचे ऑक्सिडीकरण होऊन आम्ले तयार होतात . या आम्लांना दुर्गंधी असते व त्यांची चव वाईट असते .

बरेचसे शिजवलेले, तेलात अगर तुपात तळलेले अन्नपदार्थ हवाबंद डब्यात विक्रीसाठी ठेवलेले असतात . अन्नपदार्थ हवा बंद डब्यामध्ये ठेवल्याने ऑक्सिडीकरणाच्या प्रक्रियेचा वेग कमी होतो . ज्या पदार्थात तेल-तूप असते . त्यामध्ये ऑक्सिडीकरण होऊ नये म्हणून त्यात ऑक्सिडीकरण विरोधी पदार्थ मिसळले जातात . तुम्हाला हे माहित आहे का? की बटाटा अथवा केळीचे चिप्स यांचे उत्पादक चिप्स भरण्याच्या पिशव्यातून नायट्रोजन वायू जाऊ देतात कारण त्यामुळे चिप्स मध्ये असलेल्या तेलाचे ऑक्सिडीकरण होऊ शकत नाही .



टिपा



### तुम्ही काय शिकलात?

- एखादे रासायनिक समीकरण म्हणजे त्या अभिक्रियेचे लघुलिपीतील वर्णन असते. ते समीकरण अभिक्रियाकारक, उत्पादिते आणि त्या सर्वांची भौतिक अवस्था संज्ञेद्वारे दर्शविते.
- संतुलित रासायनिक समीकरणामध्ये रासायनिक अभिक्रियेत भाग घेणा-या प्रत्येक प्रकारच्या अणूंची संख्या अभिक्रियाकारके व उत्पादिते या दोन्ही बाजूस समान असते.
- जर प्रभार असलेले आयन समीकरणामध्ये असतील तर अभिक्रियाकारकांमधील प्रभाराची एकूण बेरीज ही उत्पादितांच्यावरील प्रभाराच्या एकूण बेरीजेइतकी असते.
- रासायनिक अभिक्रियेचे संतुलन करताना अभिक्रियाकारकांच्या व उत्पादितांच्या रेणुसूत्रात बदल करण्याची परवानगी नसते.
- संतुलित रासायनिक समीकरण, वस्तुमानाच्या अक्षय्यतेचा सिध्दांतांचे तसेच स्थिर प्रमाणाच्या सिध्दांतांचे पालन करते.
- संयोग अभिक्रियेत दोन किंवा अधिक पदार्थांचा संयोग होऊन एकच नवीन पदार्थ तयार होतो.
- अपघटन अभिक्रियेमध्ये एकाच पदार्थाचे अपघटन होऊन दोन किंवा दोनापेक्षा जास्त पदार्थ तयार होतात. अशारीतीने अपघटन अभिक्रिया ह्या संयोगी अभिक्रियेच्या एकदम उलट असतात.
- ज्या अभिक्रियेत उत्पादिते तयार होण्याच्या दरम्यान उष्णता बाहेर पडते त्या अभिक्रियांना **उष्मादायी अभिक्रिया** असे म्हणतात आणि ज्या अभिक्रियेत उत्पादिते तयार होण्याच्या दरम्यान उष्णता शोषली जाते त्यांना **उष्माग्राही अभिक्रिया** असे म्हणतात.
- ज्या अभिक्रियेत एखादे मूलद्रव्य दुस-या एखादया मूलद्रव्यास त्याच्या संयुगातून विस्थापित करते त्या अभिक्रियेस **विस्थापन अभिक्रिया** असे म्हणतात.
- जेव्हा दोन वेगवेगळ्या आयनांची दोन वेगवेगळ्या अभिक्रियाकारकातून अदलावदल होते तेव्हा तेथे दुहेरी विस्थापन अभिक्रिया घडलेली दिसून येते.
- जेव्हा दोन पदार्थांतील आयनांची अदलावदल होऊन अविद्राव्य क्षार तयार होतात तेव्हा त्या अभिक्रियांना अवक्षेपण अभिक्रिया असे म्हणतात.
- ऑक्सिडीकरण म्हणजे ऑक्सिजन घेणे किंवा हायड्रोजन गमावणे आणि क्षपण म्हणजे ऑक्सिजन गमावणे व हायड्रोजन घेणे. ऑक्सिडीकरण आणि क्षपण या एकाचवेळी घडणा-या अभिक्रिया आहेत. त्यांना एकत्रितपणे रेडॉक्स अभिक्रिया असे म्हणतात.
- रेडॉक्स अभिक्रियांची ढोबळ मानाने इलेक्ट्रॉन गमावणे किंवा मिळवणे या स्वरूपात व्याख्या केली जाते. इलेक्ट्रॉन मिळणे म्हणजे क्षपण होणे तर इलेक्ट्रॉन गमावणे म्हणजे ऑक्सिडीकरण होणे.
- उदयोगधंदयामध्ये तसेच जीवनातील परिस्थितीमध्येही रेडॉक्स अभिक्रिया खूप महत्वाच्या आहेत.



1. (अ) खाली दिलेल्यांसाठी रासायनिक समीकरणे लिहा व ती संतुलित करा.
  - (अ) कार्बन + ऑक्सिजन  $\longrightarrow$  कार्बन डाय ऑक्साईड
  - (ब) हायड्रोजन + क्लोरिन  $\longrightarrow$  हायड्रोजन क्लोराईड
  - (क) बेरियम क्लोराईड + सोडियम सल्फेट  $\longrightarrow$  बेरियम सल्फेट + सोडियम क्लोराईड

(ब) संतुलित रासायनिक समीकरणे भौतिक अवस्थेच्या संज्ञांसह तसेच आवश्यक त्या अटींसह लिहा .

  - (अ) नायट्रोजन हायड्रोजनशी उत्प्रेरक लोखंडाच्या सान्निध्यात 200 वातावरणाच्या दाबाखाली आणि 600°C तापमानाला अभिक्रिया करतो आणि अमोनिया हे उत्पादित तयार होते .
  - (ब) सोडियम हायड्रॉक्साईडचे पाण्यातील द्रावण हायड्रोक्लोरीक आम्लाबरोबर अभिक्रिया करते आणि सोडियम क्लोराईड व पाणी तयार करते .
  - (क) क्लोरिन वायूमध्ये फॉस्फरसचे ज्वलन होते व फॉस्फरस पेंटाक्लोराईड तयार होते .

(क) खाली दिलेली रासायनिक समीकरणे संतुलित करा .

  - (अ)  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{HNO}_3 \longrightarrow \text{Ca(NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$
  - (ब)  $\text{BaCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{aq}) \longrightarrow \text{BaSO}_4(\text{s}) + \text{HCl} (\text{aq})$
  - (क)  $\text{CuSO}_4 (\text{aq}) + \text{Zn} (\text{s}) \longrightarrow \text{ZnSO}_4 (\text{aq}) + \text{Cu} (\text{s})$
  - (ड)  $\text{H}_2\text{S} (\text{g}) + \text{SO}_2 (\text{g}) \longrightarrow \text{S} (\text{s}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$
  - (इ)  $\text{BaCl}_2(\text{aq}) + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{aq}) \longrightarrow \text{AlCl}_3(\text{aq}) + \text{BaSO}_4(\text{s})$
  - (फ)  $\text{Pb(NO}_3)_2(\text{aq}) + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3(\text{aq}) \longrightarrow \text{Fe(NO}_3)_3(\text{aq}) + \text{PbSO}_4(\text{s})$
  - (ग) कॅल्शियम हायड्रॉक्साईड + कार्बनडाय ऑक्साईड  $\longrightarrow$  कॅल्शियम कार्बोनेट + पाणी
  - (ह) अॅल्युमिनीयम + कॉपर (II) क्लोराईड  $\longrightarrow$  अॅल्युमिनीयम क्लोराईड + तांबे
  - (ळ) कॅल्शियम कार्बोनेट + हायड्रोक्लोरीक आम्ल  $\longrightarrow$  कॅल्शियम क्लोराईड + पाणी + कार्बनडाय ऑक्साईड
2. संतुलित रासायनिक समीकरण म्हणजे काय? संतुलित रासायनिक समीकरणाचे तीन विशिष्ट गुणधर्म लिहा .
3. विस्थापन अभिक्रिया ही दुहेरी विस्थापन अभिक्रियेहून कशी वेगळी आहे? दोन योग्य उदाहरणे देऊन स्पष्ट करा .
4. लोखंडाच्या चु-यावर हायड्रोक्लोरीक आम्ल टाकले असता काय होते ? खालीलपैकी बरोबर उत्तरास (✓) अशी खूण करा .



- (अ) हायड्रोजन वायू व आयर्न क्लोराईड तयार होते आणि याचे वर्गीकरण हे विस्थापन अभिक्रियेमध्ये होते .
- (ब) आयर्न क्लोराईड व क्लोरीन वायू तयार होतात आणि याचे वर्गीकरण अपघटन अभिक्रियेत होते .
- (क) आयर्न हायड्रॉक्साईड व पाणी तयार होते आणि याचे वर्गीकरण संयोगी अभिक्रियेत होते .
- (ड) अभिक्रिया होत नाही परंतु याचे वर्गीकरण दुहेरी विस्थापन अभिक्रियेत होते .
8. खालील प्रत्येक अभिक्रियेचे संयोग,अपघटन, विस्थापन आणि दुहेरी विस्थापन अभिक्रियेत वर्गीकरण करा .
- (अ)  $\text{Zn}_{(s)} + 2\text{AgNO}_{3(aq)} \longrightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}_{(s)}$
- (ब)  $2\text{KNO}_{3(s)} \xrightarrow{\text{उष्णता}} 2\text{KNO}_2 + \text{O}_{2(g)}$
- (क)  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_{2(aq)} + 2\text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow \text{Ni}(\text{OH})_{2(s)} + 2\text{NaNO}_{3(aq)}$
- (ड)  $2\text{KClO}_{3(s)} \xrightarrow{\text{उष्णता}} 2\text{KCl}_{(s)} + 3\text{O}_{2(g)}$
- (इ)  $\text{MgO}_{(s)} + \text{C}_{(s)} \longrightarrow \text{CO}_{(g)} + \text{Mg}_{(s)}$
9. संयोग व अपघटन अभिक्रियेतील फरक सांगा . योग्य उदाहरणाने स्पष्ट करा .
10. क्षपणाशिवाय ऑक्सिडीकरण होते का? तुमचे उत्तर योग्य असल्याचे स्पष्ट करा .
11. संयोग आणि विस्थापन अभिक्रिया या एक प्रकारच्या रेडॉक्स अभिक्रिया आहेत . तुम्ही या विधानाशी सहमत आहात का? तसे असल्यास योग्य उदाहरणाने या दृष्टिकोनावर चर्चा करा .
12. जेथे रेडॉक्स अभिक्रिया घडतात अशी देनंदिन जीवनातील दोन उदाहरणे द्या . तुम्ही हे कसे सिध्द कराल ?
13. खालील अभिक्रियेमध्ये ऑक्सिडीकरण व क्षपण झालेल्या पदार्थाची नावे लिहा आणि तसेच ऑक्सिडीकारक व क्षपणक ही सांगा .
- (अ)  $\text{Ca}_{(s)} + \text{Cl}_{2(g)} \xrightarrow{\text{उष्णता}} \text{CaCl}_{2(s)}$
- (ब)  $3\text{MnO}_{2(s)} + 4\text{Al}_{(s)} \xrightarrow{\text{उष्णता}} 3\text{Mn}_{(l)} + 2\text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$
- (क)  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)} + 3\text{CO}_{(s)} \xrightarrow{\text{उष्णता}} 2\text{Fe}_{(s)} + 3\text{CO}_{2(g)}$
14. इलेक्ट्रॉन स्थानांतरावर खाली दिलेल्या बाबी स्पष्ट करा .
- (अ) ऑक्सिडीकरण (ब) क्षपण
15. आकारमानाच्या प्रमाणाचा सिध्दांत कोणता? स्पष्ट करा .



पाठांतर्गत प्रश्नांची उत्तरे

4.1

1. (i)  $\text{Zn(s)} + 2\text{HCl (aq)} \longrightarrow \text{ZnCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g}) + \text{H}_2$   
 (ii)  $2\text{HgO (s)} \longrightarrow 2\text{Hg (l)} + \text{O}_2$
2. (i)  $\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{aq}) + 2\text{NaOH (aq)} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 (\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O (l)}$   
 (ii)  $2\text{Al (s)} + 6\text{HCl (aq)} \longrightarrow 2\text{AlCl}_3 (\text{aq}) + 3\text{H}_2 (\text{g})$
3. वायूरूप अवस्थेतील अभिक्रियाकारक व उत्पादिते यांची आकारमाने ही रासायनिक अभिक्रियेमध्ये एकमेकांशी छोट्या पूर्णांक संख्येने संबंधीत असतात. फक्त त्यावेळी आकारमाने ही एकाच तापमानावर व दाबाखाली मोजली गेली पाहिजेत. संतुलित रासायनिक समीकरणामध्ये आपल्याला आकारमानातील आणि अभिक्रियाकारक व उत्पादिते यांचे मोल यांच्यातील संबंध कळतात.

4.2

1. खालील समीकरण हे रेडॉक्स अभिक्रियेचे उदाहरण नाही.  
 ( i )  $\text{AgNO}_3(\text{aq}) + \text{HCl (aq)} \longrightarrow \text{AgCl(s)} + \text{HNO}_3(\text{aq})$
2. (i)  $\text{H}_2$  चे ऑक्सिडीकरण होते आणि  $\text{Cl}_2$  चे क्षपण होते.  
 (ii)  $\text{H}_2$  चे ऑक्सिडीकरण होते आणि  $\text{CuO}$  चे क्षपण होते.  
 (iii)  $\text{Zn}$  चे ऑक्सिडीकरण होते आणि  $\text{AgNO}_3$  मधील  $\text{Ag}^+$  चे क्षपण होते.



टिपा



## अणूची संरचना

तुम्ही तिस-या पाठात अणू आणि रेणू हे द्रव्याचे घटक आहेत असे शिकलात तसेच अणू हे द्रव्याचे सर्वात लहान घटक आहेत असेही तुम्ही शिकलात. चवथ्या पाठात तुम्ही रासायनिक अभिक्रिया, त्यांचे प्रकार आणि त्या कशा दर्शवितात याचा अभ्यास केलात. तुम्हाला माहित आहे की डाल्टनच्या अणूसिध्दांतानुसार वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांचे अणु वेगवेगळे असतात आणि रासायनिक अभिक्रियांमध्ये अभिक्रिया करणा-या वेगवेगळ्या पदार्थांच्या अणूंमध्ये फेररचना होते. असो आज आपल्याला माहित आहे की डाल्टनच्या विचाराप्रमाणे अणू हे अविभाजनीय नाहीत. अणूला संरचना असते आणि त्यामध्ये खूप छोटे घटक असतात. या भागात आपण अणूची संरचना कशी असते? अणूचे घटक कोणते? वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांचे अणू वेगवेगळे का असतात ? या आणि अशा अनेक प्रश्नांची उत्तरे शोधण्याचा प्रयत्न करणार आहोत.

या पाठाची सुरवात आपण अणूचे उपघटक म्हणजे इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन इ. च्या अभ्यासाने करू या. त्यानंतर आपण या शोधावर आधारित अणूच्या ज्या प्रतिकृती तयार केल्या गेल्या त्याही पाहू या. अणूच्या संरचनेच्या वेगवेगळ्या प्रतिकृती कशा विकसित केल्या गेल्या याची चर्चा करू या आणि तसेच या प्रतिकृतींचे यश आणि त्यातील त्रुटी यांचेही स्पष्टीकरण करू या. यानंतर अणूमधील इलेक्ट्रॉनची मांडणी किंवा विभागणी देखील पाहू या. इलेक्ट्रॉनच्या या मांडणीला इलेक्ट्रॉन संरूपण असे म्हणतात. या इलेक्ट्रॉन संरूपणाचा मूलद्रव्यांचे विविध गुणधर्म समजून घेण्यासाठी खूप उपयोग होतो. इलेक्ट्रॉन संरूपण त्यापासून तयार झालेल्या रासायनिक बंधनाचे स्वरूपही ठरवू शकते. या विषयी आपण पाठ क्र. ७ 'रासायनिक बंधने' यामध्ये शिकणार आहोत.



### उद्दिष्टे :

या पाठाच्या अभ्यासानंतर तुम्ही खालील गोष्टी करू शकाल.

- द्रव्यामध्ये भारकण असतात याविषयीची एखादी घटना आठवणे.
- इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन यांच्या शोधाचे वर्णन करणे.
- डाल्टनच्या अणूसिध्दांताचे स्पष्टीकरण आणि त्याचे अपयश सांगणे.
- थॉमसन आणि रूदरफोर्ड यांच्या अणूच्या प्रतिकृतींची चर्चा करू शकाल आणि त्यातील त्रुटी सांगणे.
- बोहरने मांडलेली अणूची प्रतिकृती थोडक्यात सांगणे.
- न्यूट्रॉनच्या शोधाचे वर्णन करणे.
- प्रोटॉन, इलेक्ट्रॉन व न्यूट्रॉन यांच्या वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्मांची तुलना करणे.

## अणूची संरचना

- कक्षमध्ये इलेक्ट्रॉन भरण्याचे विविध नियम स्पष्ट करणे आणि २० अणुक्रमांकापर्यंतच्या मूलद्रव्यांमध्ये इलेक्ट्रॉनची विविध कक्षेतील विभागणी कशी केली जाते हे सांगणे.
- संयुजेची व्याख्या सांगणे आणि एखादया अणूचे इलेक्ट्रॉन संरूपण आणि त्याची संयुजा यातील संबंध सांगणे.
- अणूचा अणुक्रमांक व अणूभारांक यांची व्याख्या सांगणे.
- समस्यानिके आणि आयसोबार (isobars) यांचे वर्णन करणे.
- सरासरी अणुवस्तुमानांक काढणे व त्याची व्याख्या लिहिणे तसेच त्याची अपूर्णाकातील किंमत स्पष्ट करणे.

### 5.1 अणूमधील भारकण

डाल्टनच्या अणूसिध्दांताविषयी तुम्ही तिस-या पाठात वाचलेत, हा सिध्दांत 1803 साली मांडला गेला. या सिध्दांतानुसार सर्व द्रव्याचा अणू हा सर्वात अविभाज्य कण आहे असे मानले गेले. डाल्टनच्या सिध्दांताने त्या काळी माहित असलेले वस्तुमान अक्षय्यतेचा नियम, स्थिर प्रमाणाचा नियम आणि गुणित प्रमाणाचा सिध्दांत इ. चे स्पष्टीकरण करत आले परंतु 19 व्या शतकाच्या अखेरीस काही प्रयोगाद्वारे असे दिसले की डाल्टनने सांगितल्याप्रमाणे अणू हा द्रव्याचा सर्वात लहान व अविभाज्य असा कण नाही. तो अजून छोट्या कणांचा बनलेला आहे. या कणांना इलेक्ट्रॉन्स, प्रोटॉन्स व न्यूट्रॉन्स असे म्हणतात. इलेक्ट्रॉन हे ऋणप्रभारित असतात तर प्रोटॉन धनप्रभारित असतात. न्यूट्रॉन हे प्रभार रहित स्वरूपाचे असतात. तुम्ही आता प्रभार असलेले अणूंचे उपघटक कण याविषयी अभ्यास करणार आहात.

#### 5.1.1 इलेक्ट्रॉन्सचा शोध

सन 1885 मध्ये सर विल्यम क्रुक्स याने निर्वात पोकळीत कॅथोड किरण नली वापरून धातू तापवला असता त्याच्या वर्तनाचा अभ्यास केला. यासाठी त्याने प्रयोगांची मालिका केली. धातूचे दोन इलेक्ट्रोड अंशतः निर्वात केलेल्या काचेच्या नलीत बसवून कॅथोड किरण नली तयार होते. निर्वात नली म्हणजे ज्या नलीतून जवळजवळ सर्व हवा काढून टाकलेली असते. ऋणप्रभारित इलेक्ट्रोडला कॅथोड तर धनप्रभारित इलेक्ट्रोडला ॲनोड असे म्हणतात. हे इलेक्ट्रोड उच्च विद्युतदावाच्या (voltage) च्या स्रोताला जोडलेले असतात. अशी कॅथोड किरण नली आ. 5.1 मध्ये दाखविली आहे.



आ. 5.1 कॅथोड किरण नली - निर्वात काचेच्या नलीमध्ये इलेक्ट्रोडमधून उच्च विद्युत दाब पाठवला असता कॅथोड किरणे तयार होतात.

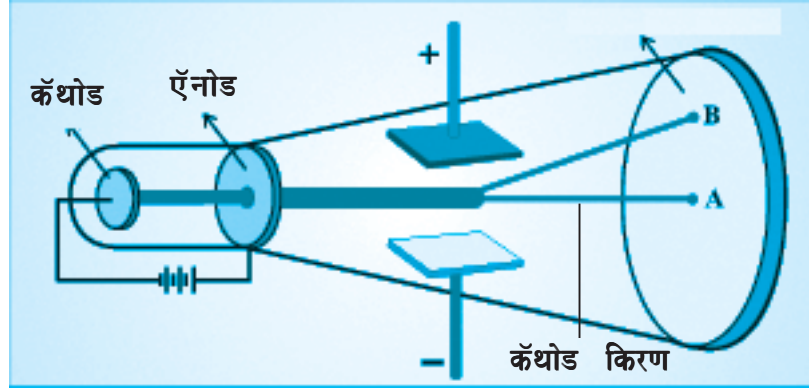




टिपा

जेव्हा निर्वात नळीमध्ये असलेल्या इलेक्ट्रोडमधून अतीउच्च विद्युत दाब पाठविला जातो तेव्हा कॅथोडमधून कणांची मालिका बाहेर पडते असे निरीक्षणास आले. हे कण कॅथोडपासून ऍनोडपर्यंत प्रवास करतात. त्यांना कॅथोड किरणे असे म्हणतात. बाहेरून चुंबकीय किंवा विद्युत क्षेत्र कार्यरत नसल्यास हे किरण सरळ रेषेत प्रवास करतात. सन 1897 मध्ये इंग्लिश भौतिकशास्त्रज्ञ सर जे.जे. थॉमसन यांनी हे किरण ऋणप्रभारित कणांनी बनल्याचे दाखवले त्यांनी हा निष्कर्ष प्रयोगाच्या निरीक्षणातून काढला. हे प्रयोग बाहेरून लावलेल्या विद्युतक्षेत्रात केले गेले. खाली कॅथोड किरणांचे काही महत्वाचे गुणधर्म दिले आहेत.

- कॅथोड किरण सरळ रेषेत प्रवास करतात.
- कॅथोड किरण ज्या कणांनी तयार होतात त्या कणांचे वस्तुमान नगण्य असते. ते फार वेगाने प्रवास करतात.
- कॅथोड किरणातील कण ऋणप्रभारित असतात जेव्हा विद्युत क्षेत्र लागू केले जाते तेव्हा ते धनप्रभारित पट्टीकडे आकर्षित होतात.
- कॅथोड किरणांचे स्वरूप हे कॅथोड किरण नलिकेमध्ये भरलेल्या वायूवर अवलंबून नाही. तसेच ते कॅथोड आणि ऍनोड तयार करण्यासाठी वापरलेल्या धातूच्या स्वरूपावरही अवलंबून नाही. या प्रत्येक घटनेमध्ये प्रभार व वस्तुमान यांचे प्रमाण ( $e/m$ ) समान रहाते.



आ. 5.2 कॅथोड किरण ऋणप्रभारित असतात. ते कॅथोडपासून ऍनोड (A) पर्यंत सरळरेषेत प्रवास करतात परंतु बाहेरून लावलेल्या विद्युत क्षेत्रामुळे ते धनप्रभारित पट्टी (B) कडे वळतात.

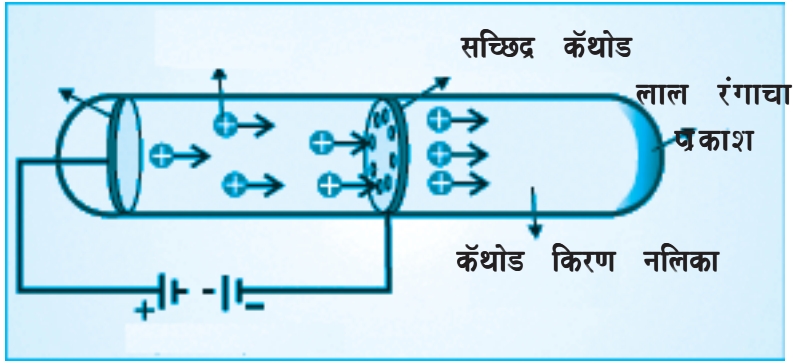
कॅथोड किरण तयार करणा-या अशा कणांना नंतर इलेक्ट्रॉन असे नाव दिले गेले. त्यावेळी असेही लक्षात आले की कॅथोड किरणांचे स्वरूप हे कॅथोडसाठी कोणता धातू वापरला आहे यावर किंवा कॅथोड किरण नलिकेमध्ये कोणता वायू भरला आहे यावर अवलंबून नसते यावरून थॉमसनने निष्कर्ष काढला की सर्वच अणूंमध्ये इलेक्ट्रॉन असतात. यावरून असा अर्थ निघतो की डाल्टन आणि इतर संशोधकांना वाटत होते त्याप्रमाणे अणू हे अविभाज्य नाहीत. दुस-या शब्दात सांगायचे झाले तर अणूच्या संरचनेचा डाल्टनचा सिध्दांत काही अंशी चुकीचा ठरला.



या निष्कर्षामुळे एक नवीन प्रश्नपुढे उभा राहिला तो म्हणजे जर अणू विभाज्य आहे तर त्यामध्ये कोणते घटक आहेत ? आज अनेक छोटे कण अणूचे घटक असल्याचे आढळते अशा अणूचे उपघटक असणा-या कणांना उपआण्विक कण असे म्हणतात. इलेक्ट्रॉन्स हे अणूच्या घटकांपैकी एक घटक आहेत हे तुम्ही मागे पाहिलेले. आता आपण अणूमध्ये असणा-या दुस-या घटक कणांचा अभ्यास पुढील विभागात करू या.

### 5.1.2 प्रोटॉनचा शोध

इलेक्ट्रॉनचा शोध लागण्याच्या (व-याच) फार आधी 1886 मध्ये युजेन गोल्ड स्टार्नने विद्युत जागृती करणा-या (discharge tube) बळीमध्ये कमी दावाने हवा भरून आणि सच्छिद्र कॅथोड वापरून एक प्रयोग केला. जेव्हा विद्युत जागृती करणा-या नळीमध्ये असणा-या इलेक्ट्रोडमध्ये उच्च विद्युत दाव दिला गेला तेव्हा सच्छिद्र कॅथोडच्या मागे एक फिक्या लाल रंगाचा प्रकाश दिसला.



### आ. 5.3- गोल्ड स्टार्नची सच्छिद्र कॅथोड असलेली कॅथोड किरणनलिका.

हा प्रकाश कॅथोड किरणांच्या विरुद्ध दिशेने जाणा-या दुस-या प्रकारच्या किरणांमुळे होता. या किरणांना अॅनोड किरण किंवा धनप्रभारित किरण असे म्हटले गेले. ते धनप्रभारित होते आणि त्यांना कॅनॉल किरण असेही म्हणतात कारण सच्छिद्र कॅथोडच्या छिद्रातून किंवा कॅनॉल मधून ते जाऊ शकतात. अॅनोड किरण किंवा कॅनॉल किरण विषयीची निरीक्षणे खाली दिली आहेत.

- कॅथोड किरणांप्रमाणे अॅनोड किरणेही सरळ रेषेत प्रवास करतात.
- अॅनोड किरण ज्या कणांनी बनलेले असतात त्यांना वस्तुमान आणि गतिज उर्जा असते.
- कॅनॉल किरणातील कण इलेक्ट्रॉन्सपेक्षा जड असून त्यांच्यावर धनप्रभार असतो.
- कणांवर असलेला धनप्रभार हा इलेक्ट्रॉनवर असलेल्या ऋणप्रभाराच्या पूर्णांक संख्येच्या गुणित प्रमाणात असतो.
- अॅनोड किरणांमध्ये असलेल्या कणांचे स्वरूप आणि त्याचा वर्ग हे विद्युत जागृती नलिकेत भरलेल्या वायूवर अवलंबून असतात.





टिपा

ॲनोड किरणांचा उगम हा कॅथोड किरण व निर्वात नळीत असलेला वायू यांच्या परस्परांवरील क्रियेवर अवलंबून असतो. हे खाली दिल्याप्रमाणे स्पष्ट करता येईल.

कॅथोडमधून बाहेर पडलेल्या इलेक्ट्रॉन्सची नळीतील वायूत असलेल्या उदासिन अणूंबरोबर टक्कर होते आणि त्यात असणारे एक किंवा जास्त इलेक्ट्रॉन बाहेर टाकले जातात. यामुळे धनप्रभारित कण मागे रहातात. हे कण कॅथोडकडे जातात. जेव्हा कॅथोड किरण नलिकेमध्ये हायड्रोजन वायू असतो तेव्हा किरणांचे कण सर्वात हलके असतात. त्यामुळे त्यांचे  $e/m$  हे गुणोत्तर सर्वात जास्त असते. रूदरफोर्डने सिध्द केले की हे कण हायड्रोजन आयनाप्रमाणे (एक इलेक्ट्रॉन काढलेला हायड्रोजनचा अणू) असतात. या कणांना प्रोटॉन असे नाव दिले. सर्व द्रव्यांमध्ये प्रोटॉन असतातच यावरून आपणास असे दिसते की थॉमसन आणि गोल्डस्टाईन यांनी जे प्रयोग केले त्यानुसार अणूमध्ये दोन प्रकारचे कण असतात. ते विरुद्ध प्रभाराचे असतात. अणू हा विद्युत दृष्ट्या उदासिन असतो. तुम्हाला दिलेल्या अणूच्या या कणांच्या संख्येत काय संबंध असेल असे वाटते ?

दोन प्रभारित कण, प्रोटॉन व इलेक्ट्रॉन, यांच्या व्यतिरिक्त एका उदासिन कणाचाही शोध लावला गेला. त्याचा अभ्यास तुम्ही या पाठामध्ये नंतर करणार आहात. आता तुम्हाला किती समजले आहे ते पहायची वेळ झाली आहे. त्याकरिता तुम्ही तयार व्हा आणि खाली दिलेले पाठांतर्गत प्रश्न सोडवा.



### सरावासाठी प्रश्न 5.1

१. द्रव्याचे घटक असणा-या दोन प्रभारित कणांची नावे सांगा.
२. कॅथोड किरणनलिकेचे वर्णन करा.
३. कॅथोड किरण नलिकेमधील कॅथोडमधून बाहेर पडणा-या ऋणप्रभारित कणांचे नाव सांगा.
४. वेगवेगळे वायू वापरून मिळवलेल्या कॅथोड किरणांच्या  $e/m$  चे मूल्य वेगवेगळे का असते?

अणूचे घटक असणा-या इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन्सच्या शोधानंतर **किरणोत्सारीता** म्हणजे काही अणूमधून स्वयंप्रेरणेने होणारे किरणांचे उत्सर्जन यामुळे ही अणु अविभाज्य नसून त्याचे विभाजन होऊ शकते हे सिध्द झाले.

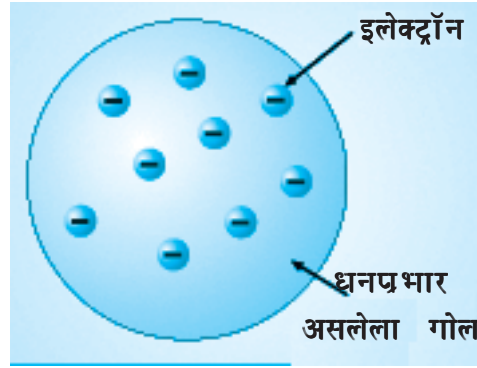
### 5.2 अणूच्या सुरवातीच्या प्रतिकृती

विभाग 5.1 मध्ये तुम्ही अणूचे विभाजन होते व त्यामध्ये तीन प्रकारचे कण असतात असे शिकलात. आता प्रश्न पडतो तो असा की हे अणूमधील कण अणूमध्ये कसे मांडलेले असतात? अणूतील कणांच्या मांडणीला अणूची संरचना असे म्हणतात. प्रयोगांच्या निरीक्षणांवर आधारित अणूच्या संरचनेसाठी वेगवेगळ्या प्रतिकृती सुचविल्या गेल्या. या विभागात आपण अशा दोन प्रतिकृतींची म्हणजे (1) थॉमसनची प्रतिकृती आणि (2) रूदरफोर्डची प्रतिकृती याविषयी चर्चा करणार आहोत.



### 5.2.1 थॉमसनची प्रतिकृती :-

तिस-या पाठात तुम्ही शिकलात की सर्व द्रव्य हे अणूंचे बनलेले असते आणि सर्व अणू हे विद्युतदृष्ट्या उदासिन असतात. इलेक्ट्रॉन हे अणूचे घटक असतात असा शोध लागल्यानंतर थॉमसनने निष्कर्ष काढला की अणूमध्ये तेवढ्याच संख्येने धनप्रभार असतात. यावर आधारित अणूच्या संरचनेची प्रतिकृती त्याने सुचविली. या प्रतिकृतीनुसार अणू म्हणजे एक खूप मोठा एकसारखा धनप्रभार असलेला गोल असून त्यावर छोटे ऋणप्रभारित इलेक्ट्रॉन सर्वत्र सारखे पसरलेले आहेत. आ. 5.4 या प्रतिकृतीला प्लम पुडिंग प्रतिकृती असे म्हणतात. यामध्ये इलेक्ट्रॉन्स हे पुडींगमधील प्लम (वेदाणा, मनुका), जे ऋणप्रभारित आहेत ते दर्शवितात. ही प्रतिकृती कलिंगडाशी मिळतीजुळती आहे यामध्ये कलिंगडाचा गर हा धनप्रभार दर्शवितो आणि विया इलेक्ट्रॉन दर्शवितात परंतु तुम्ही हे लक्षात घ्या की कलिंगडात खूप विया असतात पण अणूमध्ये मात्र तेवढे इलेक्ट्रॉन नसतात.



आ. 5.4 थॉमसनची प्लम पुडिंग प्रतिकृती

### 5.2.2 रूदरफोर्डची प्रतिकृती :-

अर्नेस्ट रूदरफोर्ड व त्याचे सहकारी किरणोत्सारितेच्या क्षेत्रात काम करित होते. ते द्रव्यावर होणा-या ( $\alpha$ ) अल्फा कणांच्या परिणामांचा अभ्यास करत होते. अल्फा कण म्हणजे हेलियमचे केंद्रक. हे हेलियमच्या अणूतून दोन इलेक्ट्रॉन काढल्यानंतर मिळते. 1910 मध्ये हॅन्स जायगर (रूदरफोर्ड चा तंत्रज्ञ) आणि अर्नेस्ट मार्सडेन (रूदरफोर्डचा शिष्य) यांनी तो सुप्रसिद्ध  $\alpha$  कणांच्या विखुरण्याचा प्रयोग केला. त्यामुळे थॉमसनची प्रतिकृती अपयशी ठरली. आपण आता या प्रयोगाचा अभ्यास करू या.

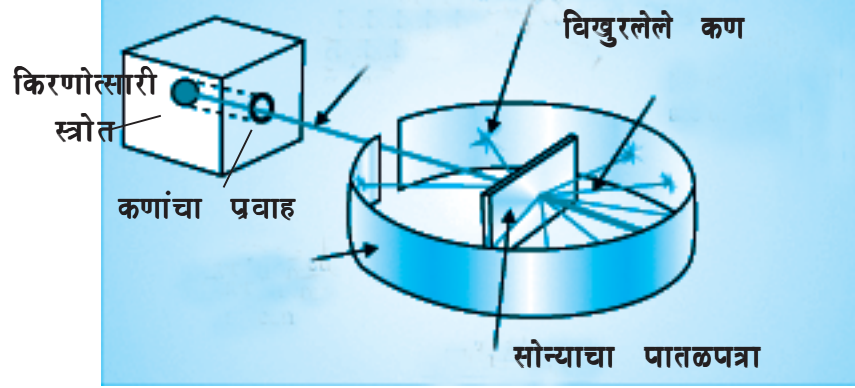
#### ◀ किरणांच्या विखुरण्याचा प्रयोग :-

या प्रयोगामध्ये किरणोत्सारी स्रोतापासून निघालेल कणांचा प्रवाह सोन्याच्या एका पातळ पत्र्याच्या तुकड्यावर सोडण्यात आला. (पत्र्याची जाडी साधारणपणे 0.00004 से.मी) थॉमसनच्या प्रतिकृतीवर आधारित अशी अपेक्षा होती की ◀ कण हे सोन्याच्या पत्र्यातून तसे सरळ जातील आणि पत्र्याच्या मागे ठेवलेल्या फोटोग्राफिक प्लेट (photographic plate) वर दिसतील परंतु प्रत्यक्षात मिळालेले प्रयोगाचे निष्कर्ष हे थोडेसे आश्चर्यकारक होते. आ. 5.5 प्रयोगात असे आढळले की,



टिपा

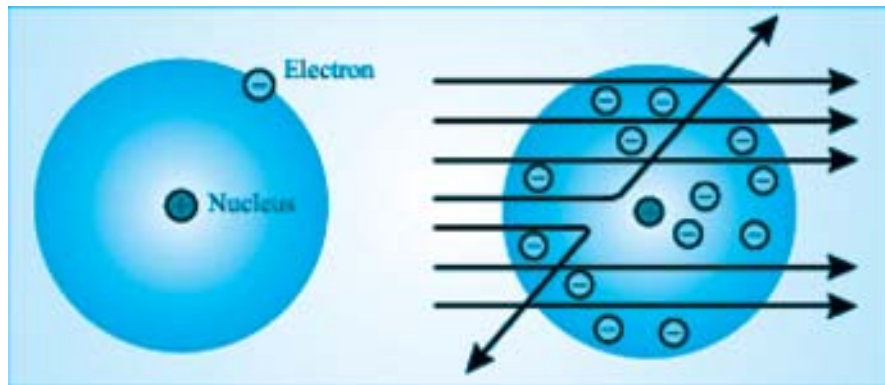
- वरेचसे कण सोन्याच्या पज्यातून सरळ बाहेर गेले.
- काही कण दिशा बदलून काही कोन करून वळून गेले.
- काही कण मोठा कोन करून दिशा बदलून गेले.
- 12,000 कणांपैकी एक कण मात्र त्याच दिशेने परत आला (गिला तसा परत आला.)



### आ. 5.5 प्रयोगाची मांडणी व जायगर व मार्सडेन यांच्या कण विखुरण्याच्या प्रयोगातील निरीक्षण

कण विखुरण्याच्या प्रयोगाचे अनुमान रूदर फोर्डने 1911 साली स्पष्ट केले आणि अणूची दुसरी प्रतिकृती सुचविली. रूदरफोर्डच्या या प्रतिकृतीनुसार (आ. 5.6)

- अणूमध्ये मध्यभागी दाट आणि धनप्रभारित भाग असतो. त्याला केंद्रक असे म्हणतात.
- अणूवर असलेला सर्व धनप्रभार आणि त्याचे वरेचसे वस्तुमान हे केंद्रकात एकवटलेले असते.
- अणूचा उरलेला भाग ही मोकळी जागा असून त्यामध्ये खूप छोटे ऋणप्रभारित इलेक्ट्रॉन असतात.



आ. 5.6 (अ) रूदरफोर्डची अणूची प्रतिकृती (ब) रूदरफोर्डच्या प्रतिकृतीनुसार त्यांच्या विखुरण्याच्या प्रयोगाच्या अनुमानाचे स्पष्टीकरण

## अणूची संरचना

त्याने सुचवलेल्या प्रतिकृतीवर आधारित विद्युरण्याच्या प्रयोगाची प्रायोगिक निरीक्षणे स्पष्ट करता आली. हे आ. 5.6 व मध्ये स्पष्ट करण्यात आले आहे. अणूमधील इलेक्ट्रॉनच्या मधून जाणारे कण कुठे ही विचलीत न होता सरळ जातात. फक्त जे कण धनप्रभारित केंद्रकाच्या अगदी जवळून जातात तेच त्यांच्या वाटेवरून विचलीत होतात. अगदी थोडे कण जे केंद्रकावर आढळतात ते परत त्याचमागिने मागे येतात.

या प्रतिकृतीच्या आधारे रूदरफोर्ड केंद्रकाच्या आकाराविषयी भाकित करू शकला. यावरून त्याने केंद्रकाची त्रिज्या ही अणूच्या त्रिजेच्या कमीत कमी पट लहान असते असे सांगितले. पुढे दिलेल्या उदाहरणाच्या साधर्म्यावरून आपण केंद्रकाच्या आकाराची कल्पना करू शकतो. जर अणूचा आकार क्रिकेटच्या मैदानाएवढा (stadium) असेल तर केंद्रकाचा आकार हा त्या मैदानाच्या मधोमध वसलेल्या माशी एवढा आहे.



### सरावासाठी प्रश्न 5.2

1. अणूच्या थॉमसन प्रतिकृतीचे वर्णन करा. त्या प्रतिकृतीला काय म्हणतात ?
2. थॉमसनची प्रतिकृती जर बरोबर असती तर कण विद्युरण्याच्या प्रयोगामध्ये काय दिसून आले असते ?
3. कण विद्युरण्याचा प्रयोग कोणी केला ? आणि त्याची निरीक्षणे कोणती ?
4. रूदरफोर्डने सुचविलेल्या अणूच्या प्रतिकृतीचे वर्णन करा.

### 5.3 रूदरफोर्डच्या प्रतिकृतीतील त्रुटी (उणीवा)

रूदरफोर्डच्या प्रतिकृतीनुसार ऋणप्रभारित इलेक्ट्रॉन वर्तुळाकार कक्षमध्ये धनप्रभारित केंद्रकाभोवती फिरत असतात परंतु मॅक्सवेलच्या विद्युतचुंबकीय सिध्दांतानुसार (या विषयी तुम्ही वरच्या वर्गात शिकणार आहात.) एखादा प्रभारित कण जर दुस-या प्रभारित कणाभोवती वेगाने फिरत असेल तर त्या प्रभारित कणामधून प्रभावी किरणांच्या स्वरूपात सातत्याने उर्जा बाहेर टाकाली जाते. या उर्जेच्या हानीमुळे इलेक्ट्रॉनचा वेग मंद होतो म्हणून इलेक्ट्रॉन हे चक्राकार गतीने केंद्रकाच्या भोवती फिरतील असे समजून चालू आणि शेवटी ते केंद्रकात पडतील. हे आ. 5.7 मध्ये दाखवले आहे. दुस-या शब्दात सांगायचे झाले तर अणू हा स्थिर राहणार नाही. परंतु आपल्याला माहित आहे की अणू हा स्थिर आहे आणि अशा त-हेने तो कोसळलेला दिसत नाही. अशा रितीने रूदरफोर्डची प्रतिकृती अणूची स्थिरता स्पष्ट करू शकत नाही. तुम्हाला माहित आहे की अणूमध्ये बरेच इलेक्ट्रॉन असू शकतात. रूदरफोर्डची प्रतिकृती



आ. ५.७

विभाग २  
आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा



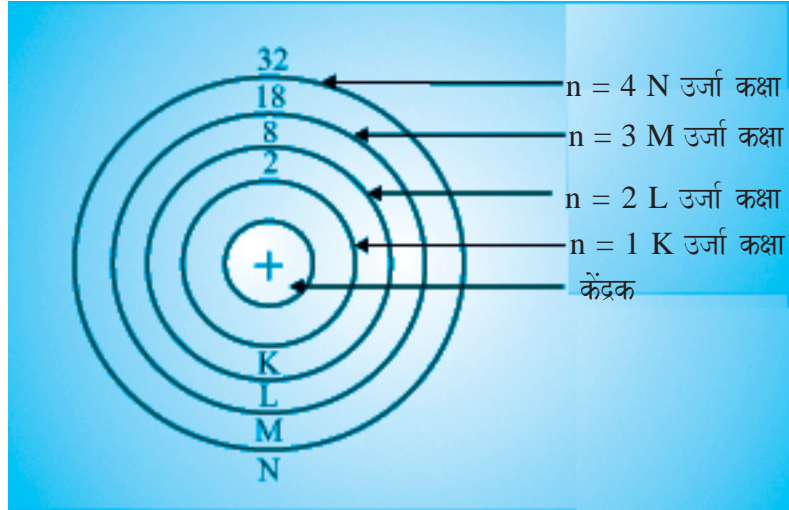
टिपा

केंद्रकाभोवती इलेक्ट्रॉन्स कसे विभागले आहेत याविषयी काहीच माहिती देत नाही. रूदरफोर्डच्या प्रतिकृतीमधील अजून एक उणीव म्हणजे ही प्रतिकृती अणुक्रमांक (प्रोटॉनची संख्या) व अणुवस्तुमानांक यांच्यामधील संबंध स्पष्ट करू शकत नाही. ही समस्या पुढे चॅडविकने न्यूट्रॉनचा शोध लावून सोडवली. तुम्ही यासंबंधी विभाग 5.5 मध्ये शिकणार आहात.

#### 5.4 बोहरची अणूची प्रतिकृती

सन 1913 मध्ये नील बोहर या रूदरफोर्डच्या विद्यार्थ्याने रूदरफोर्डच्या प्रतिकृतीतील त्रुटी दूर करण्यासाठी एक प्रतिकृती सुचवली. बोहरने सुचविलेल्या दोन गृहीतकांच्या आधारे त्याची प्रतिकृती समजावून घेता येते. ही गृहीतके अशी आहेत.

**गृहीतक 1** – इलेक्ट्रॉन विशिष्ट उर्जा असलेल्या विशिष्ट वर्तुळाकार मार्गाने केंद्रस्थानी असलेल्या केंद्रकाभोवती फिरत असतात जसे आपल्या सौरप्रणालीमध्ये विविध ग्रह सूर्याभोवती विशिष्ट कक्षेत (trajectory) भ्रमण करीत असतात. ग्रहांप्रमाणेच केंद्रकाभोवतीच्या काही निश्चित अशा वर्तुळाकार मार्गांनीच भ्रमण करण्याची इलेक्ट्रॉन्सना मुभा असते. या मार्गांना कक्षा किंवा उर्जापातळी असे म्हणतात. कक्षेमध्ये भ्रमण करणारे इलेक्ट्रॉन्स उर्जा उत्सर्जित करीत नाहीत. दुस-या शब्दात सांगायचे तर ते उर्जा बाहेर टाकत नाहीत म्हणून या कक्षांना स्थिर कक्षा किंवा स्थिर स्थिती असे म्हणतात. रूदरफोर्डच्या प्रतिकृतीने ज्या स्थिर अणूच्या समस्येस तोंड दिले त्या समस्येस बोहरने स्थिर स्थितीच्या धाडसी संकल्पनेने उत्तर दिले.



#### आ. ५.८ बोहरच्या प्रतिकृतीनुसार अणूमधील वेगवेगळ्या कक्षा किंवा उर्जा पातळीच्या निश्चित उर्जा दाखविणारी आकृती

नंतर असे लक्षात आले की बोहरने सुचविलेली वर्तुळाकार कक्षेची संकल्पना ही पुरेशी नाही आणि म्हणून तिच्यामध्ये निश्चित उर्जेच्या उर्जा कक्षा असा बदल करण्यात आला. वर्तुळाकार कक्षा ही द्विदितीय आहे तर उर्जा कक्षा ह्या त्रिदितीय प्रभाग असतात. निश्चित उर्जा असलेल्या कक्षा ह्या K, L, M, N, इ. अक्षरांनी दर्शवितात किंवा त्या धनपूर्णांक संख्येने (1, 2, 3, ..... इ) दर्शवितात.



## अणूची संरचना

या कक्षांची उर्जा 'n' या संख्येनुसार वाढत जाते  $n = 1$  असताना या उर्जापातळीची उर्जा सर्वात कमी असते. त्यानंतर प्रत्येक कक्षेमध्ये जास्तीत जास्त किती इलेक्ट्रॉन समावले जाऊ शकतात ते  $2n^2$  या सूत्राने काढता येते. इथे 'n' म्हणजे कक्षांची संख्या. अशा प्रकारे पहिल्या कक्षेत ( $n=1$ ) जास्तीत जास्त दोन इलेक्ट्रॉन समावतात (मावतात) तर दुस-या कक्षेत 8 इलेक्ट्रॉन जातात आणि याप्रमाणे प्रत्येक कक्षा ही पुढे विविध उपपातळींमध्ये ज्याला उपकक्षा असे म्हणतात विभागली जाते याचा अभ्यास तुम्ही वरच्या वर्गात करणार आहात.

**गृहीतक - 2** - इलेक्ट्रॉन उर्जा ग्रहण करून किंवा बाहेर टाकून त्याची कक्षा बदलू शकतो. कनिष्ठ उर्जा पातळीत ( $E_i$ ) मध्ये असणारा इलेक्ट्रॉन एक फोटॉन इतकी उर्जा शोषून उच्च उर्जा पातळीत ( $E_f$ ) मध्ये जाऊ शकतो. ही उर्जा पुढील सूत्राने काढता येते.

$$E = h\nu = E_f - E_i$$

त्याचप्रमाणे जेव्हा इलेक्ट्रॉन त्याच्या सुरवातीच्या उच्च उर्जा पातळीतून ( $E_i$ ) अंतिम कनिष्ठ उर्जा पातळीमध्ये ( $E_f$ ) मध्ये येतो तेव्हा एक फोटॉन इतकी उर्जा मुक्त होते. (आ. 5.9)



आ. 5.9 अणूमधील इलेक्ट्रॉन त्याची उर्जापातळी योग्य उर्जा शोषून किंवा मुक्त करून बदलू शकतो.



### सरावासाठी प्रश्न 5.3

१. रूडरफोर्डच्या अणूच्या प्रतिकृतीतील कोणत्याही दोन त्रुटी सांगा.
२. बोहरच्या प्रतिकृतीची गृहीतके सांगा.
३. बोहरची अणूची प्रतिकृती अणूची स्थिरता कशी स्पष्ट करते ?

अशा रितीने बोहरची अणूची प्रतिकृती रूडरफोर्डच्या प्रतिकृतीतील त्रुटी दूर करते. हे अणूची स्थिरता आणि केंद्रकाभोवतीची इलेक्ट्रॉनची विभागणी यांच्याशी संबंधित आहे. तुम्हाला आठवत असेल

## विभाग २

आपल्या परिसरातील घटक



टिपा



टिपा

की रूदरफोर्डच्या प्रतिकृतीतील तिसरी त्रुटी ही अणूचा अणुवस्तुमानांक व अणुक्रमांक (प्रोटॉन्सची संख्या) यांच्यातील संबंध स्पष्ट करू न शकणे ही होती. आता आपण न्यूट्रॉनच्या शोधामुळे ही समस्या कशी सुटली याचा अभ्यास करूया.

### 5.5 न्यूट्रॉनचा शोध

तुम्हाला आठवत असेल की जेव्हा आपण रूदरफोर्डच्या प्रतिकृतीच्या अपयशाची चर्चा करत होतो तेव्हा ही प्रतिकृती अणूच्या अणू वस्तुमानांक आणि अणुक्रमांक (प्रोटॉनची संख्या) यांच्यातील संबंध स्पष्ट करू शकत नव्हती असा आपण उल्लेख केला होता. रूदरफोर्डच्या प्रतिकृतीप्रमाणे हेलियम अणूचे वस्तुमान (ज्यामध्ये दोन प्रोटॉन्स असतात) हे हायड्रोजन अणूच्या (ज्यात फक्त एक प्रोटॉन असतो) वस्तुमानाच्या दुप्पट असले पाहिजे (इलेक्ट्रॉन खूप हलके असल्याने त्याचे वस्तुमान लक्षात घेतले नाही) परंतु प्रत्यक्षात हेलियम व हायड्रोजनच्या अणूच्या वस्तुमानाचे प्रमाण हे 4:1 असे आहे म्हणून असे सुचविण्यात आले की अजून एक प्रकारचे उपअण्विय (sub-atomic) कण केंद्रकात असले पाहिजेत आणि ते उदासिन असून त्यांना वस्तुमान असावे.

अशा प्रकारचे कण जेम्स चॅडविकने सन 1932 मध्ये शोधून काढले. ते विद्युतदृष्ट्या उदासिन असल्याचे आढळले त्यांना न्यूट्रॉन असे नाव दिले. हायड्रोजनशिवाय इतर सर्व अणूंच्या केंद्रकात न्यूट्रॉन्स असतात. न्यूट्रॉन 'n' ने दर्शवितात आणि त्याचे वस्तुमान एका प्रोटॉनच्या वस्तुमानापेक्षा थोडेसे जास्त असल्याचे आढळले आहे. म्हणजे जर हेलियम अणूच्या केंद्रकात दोन प्रोटॉन्स व दोन न्यूट्रॉन्स असतील तर हेलियम आणि हायड्रोजनच्या वस्तुमानाचे गुणोत्तर (4:1) असते हे स्पष्ट करता येईल. अणूचे घटक असणा-या तीन मूलभूत कणांचे गुणधर्म तक्ता क्र. 5.1 मध्ये दिले आहेत.

#### तक्ता 5.1 मूलभूत उपअण्विय (subatomic) कणांचे गुणधर्म

कण	संज्ञा	वस्तुमान किलोमध्ये	प्रात्यक्ष भार कुलोम मध्ये	सापेक्ष भार
इलेक्ट्रॉन	e	$9.109389 \times 10^{-31}$	$1.602177 \times 10^{-19}$	-1
प्रोटॉन	p	$1.672623 \times 10^{-27}$	$1.602177 \times 10^{-19}$	1
न्यूट्रॉन	n	$1.674928 \times 10^{-27}$	0	0



#### सरावासाठी प्रश्न 5.4

- न्यूट्रॉन म्हणजे काय ? आणि अणूमध्ये ते काठे असतात ?
- कणामध्ये किती न्यूट्रॉन्स असतात ?
- इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉनमधील फरक सांगा .

### 5.6 अणुक्रमांक व अणुवस्तुमानांक

अणूच्या केंद्रकात धनप्रभारित कण म्हणजे प्रोटॉन आणि उदासिन कण म्हणजे न्यूट्रॉन असतात असे तुम्ही शिकलात. अणूमधील प्रोटॉन्सच्या संख्येला अणुक्रमांक असे म्हणतात आणि तो 'Z' या संज्ञेने





दर्शवितात. मूलद्रव्याच्या सर्व अणूंचा अणुक्रमांक हा सारखा असतो. इलेक्ट्रॉन्स केंद्रकाच्या बाहेरील जागा व्यापतात. अणू विद्युतदृष्ट्या उदासिन असतो म्हणून त्याच्या केंद्रकातील प्रोटॉन्सची संख्या ही बरोबर इलेक्ट्रॉन्सच्या संख्येइतकीच असते म्हणून

$$\text{अणुक्रमांक} = \text{प्रोटॉन्सची संख्या} = \text{इलेक्ट्रॉन्सची संख्या} = Z$$

तुम्हाला आठवेल की डाल्टनच्या सिध्दांतानुसार वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांचे अणू एकमेकांपासून वेगळे असतात. आता आपण असे म्हणू शकतो की त्यांचे वेगळेपण हे त्या मूलद्रव्याच्या केंद्रकात असलेल्या प्रोटॉन्सच्या वेगळ्या संख्येमुळे असते. दुस-या शब्दात सांगायचे तर वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांचे अणुक्रमांक वेगवेगळे असतात. उदा. हायड्रोजनचा अणू आणि हेलियमचा अणू हे वेगळे असतात कारण हायड्रोजन अणूच्या केंद्रकात एकच प्रोटॉन असतो तर हेलियम अणूच्या केंद्रकात दोन प्रोटॉन्स असतात. त्यांचे अणुक्रमांक अनुक्रमे 1 व 2 असे आहेत. तुम्ही रूदरफोर्डच्या प्रतिकृतीत शिकलात की अणूचे वस्तुमान हे त्याच्या केंद्रकात एकवटलेले असते. याचे कारण अणूच्या केंद्रकात प्रोटॉन व न्यूट्रॉन नावाचे दोन जड कण असतात. या कणांना एकत्रितपणे न्यूक्लिऑन्स असे म्हणतात. अणूच्या केंद्रकातील न्यूक्लिऑन्सच्या संख्येला त्याचा अणुवस्तुमानांक असे म्हणतात. हा 'A' च्या अक्षराने दाखवला जातो. हा मूलद्रव्याच्या अणूच्या केंद्रकातील प्रोटॉन व न्यूट्रॉन यांच्या संख्येइतका असतो. अशारितीने

$$\text{अणुवस्तुमानांक (A)} = \text{प्रोटॉन्सची संख्या (z)} + \text{न्यूट्रॉन्सची संख्या (n)}$$

अणुक्रमांक व अणुवस्तुमानांक हे मूलद्रव्याच्या संज्ञेबरोबरही दाखवले जातात. X या मूलद्रव्याचा अणुक्रमांक Z व अणुवस्तुमानांक A असल्यास तो खालीलप्रमाणे दाखवितात.

$$\begin{matrix} 12 \\ \text{C} \\ 6 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{A} \\ \text{X} \\ \text{Z} \end{matrix}$$

उदा. याचा अर्थ कार्बनचा अणुक्रमांक 6 आणि अणुवस्तुमानांक 12 आहे. अणूमधील वेगवेगळ्या मूलभूत कणांची संख्या काढण्यासाठी याचा वापर करतात. आपण कार्बनकरिता ती काढू या. कार्बनचा अणुक्रमांक 6 आहे याचा अर्थ त्यातील

$$\text{प्रोटॉन्सची संख्या} = \text{इलेक्ट्रॉन्सची संख्या} = 6$$

$$\text{अणुवस्तुमानांक} = \text{प्रोटॉन्सची संख्या} + \text{न्यूट्रॉन्सची संख्या}$$

$$\Rightarrow 12 = 6 + \text{न्यूट्रॉन्सची संख्या}$$

$$\Rightarrow \text{न्यूट्रॉन्सची संख्या} = 12 - 6 = 6$$

अशारितीने कार्बनच्या एका अणूमध्ये 6 प्रोटॉन्स, 6 इलेक्ट्रॉन्स आणि 6 न्यूट्रॉन्स असतात.



### सरावासाठी प्रश्न 5.5

1. सोडियम अणूचा अणुक्रमांक 11 आहे व त्याचा अणुवस्तुमानांक 23 आहे तर त्यातील प्रोटॉन्स, इलेक्ट्रॉन्स व न्यूट्रॉन्सची संख्या काढा.



टिपा

2. 7 प्रोटॉन्स आणि 8 न्यूट्रॉन्स असणा-या अणूचा अणुवस्तुमानांक काढा .
3. आणि मधील इलेक्ट्रॉन्स, प्रोटॉन्स आणि न्यूट्रॉन्सची संख्या काढा .

### 5.7 इलेक्ट्रॉन संरूपण - निरनिराळ्या कक्षेतील इलेक्ट्रॉन्सची विभागणी

विभाग 5.4 मध्ये चर्चितप्रमाणे इलेक्ट्रॉन्स निश्चित अशा मार्गावरून भ्रमण करतात . त्यांना कक्षा (orbit) किंवा शेल (shell) असे म्हणतात . या अणूच्या केंद्रकाभोवती असतात . या कक्षांच्या उर्जा वेगवेगळ्या असतात आणि त्यांच्यामध्ये सामावून घेतल्या जाणा-या इलेक्ट्रॉन्सची संख्या ही वेगवेगळी असते . आता प्रश्न असा पडतो की या कक्षांमध्ये इलेक्ट्रॉन्सची विभागणी कशी केली जाते ? या प्रश्नाचे उत्तर बोहर आणि व्यूरी यांनी दिले आहे . त्यांच्या योजनेनुसार इलेक्ट्रॉन्सची विभागणी खाली दिलेल्या नियमानुसार केली जाते .

- I. अणूमधील कक्षा किंवा शेल या K,L,M,N या अक्षरांनी किंवा धनपूर्णांक संख्या  $n = 1,2,3,4, \dots$  यांनी दर्शवितात .
- II. या कक्षा उर्जेच्या चढत्या क्रमाने मांडल्या जातात . M कक्षेची उर्जा ही L कक्षेच्या उर्जे पेक्षा जास्त असते आणि L कक्षेची उर्जा ही K कक्षेच्या उर्जेपेक्षा जास्त असते .
- III. एखादया कक्षेत सामावल्या जाणा-या जास्तीत जास्त इलेक्ट्रॉन्सची संख्या  $2n^2$  या सूत्राने दिली जाते . इथे 'n' म्हणजे कक्षेची संख्या, अशारितीने वेगवेगळ्या कक्षेत सामावून घेतले जाणा-या जास्तीतजास्त इलेक्ट्रॉन्सची संख्या खालीलप्रमाणे काढली जाते .

K कक्षेतील (कमाल) जास्तीत जास्त इलेक्ट्रॉन्स (किंवा  $n=1$  पातळी)  $= 2n^2 = 2 \times (1)^2 = 2$

L कक्षेतील जास्तीत जास्त (कमाल) इलेक्ट्रॉन्स (किंवा  $n=2$  पातळी)  $= 2n^2 = 2 \times (2)^2 = 8$

M कक्षेतील जास्तीत जास्त (कमाल) इलेक्ट्रॉन्स (किंवा  $n= 3$  पातळी)  $= 2n^2 = 2 \times (3)^2 = 18$  याप्रमाणे . तक्ता 5.2 पहा .

#### तक्ता क्र. 5.2 वेगवेगळ्या कक्षांची इलेक्ट्रॉन्स सामावून घेण्याची क्षमता

'n' चे मूल्य	कक्षेचे नाव	कमाल क्षमता
1	K कक्षा	2
2	L कक्षा	8
3	M कक्षा	18
4	N कक्षा	32

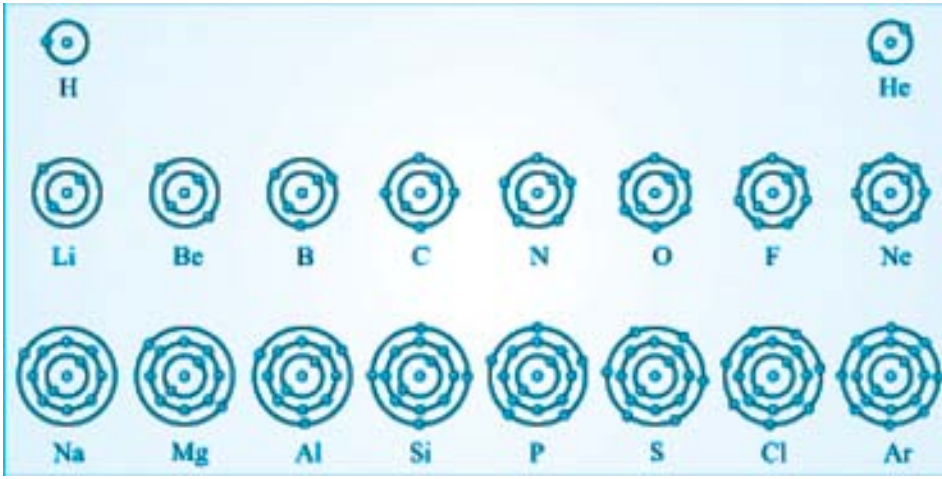
- IV. उर्जेच्या चढत्या क्रमाने कक्षा भरल्या जातात .
- V. जोपर्यंत आतील कक्षा पूर्णपणे भरत नाहीत तोपर्यंत दिलेल्या कक्षेत इलेक्ट्रॉन्स भरले जात नाहीत .

मूलद्रव्याच्या अणूच्या विविध कक्षेतील इलेक्ट्रॉन्सच्या मांडणीला इलेक्ट्रॉन संरूपण असे म्हणतात . हे सर्व मुद्दे लक्षात घेऊन आता आपण विविध मूलद्रव्यांच्या अणूतील इलेक्ट्रॉन्स विविध कक्षेत कसे भरले जातात त्याचा अभ्यास करूया .

## अणूची संरचना

- हायड्रोजन अणूमध्ये (H) एक इलेक्ट्रॉन असतो. हा एक इलेक्ट्रॉन पहिल्या कक्षेत जातो आणि म्हणून त्याचे इलेक्ट्रॉन संरूपण 1 असे दर्शवितात.
- पुढील हेलियम (He) या मूलद्रव्याच्या अणूमध्ये 2 इलेक्ट्रॉन्स असतात. पहिल्या कक्षेमध्ये दोन इलेक्ट्रॉन्स सामावू शकतात म्हणून दुसराही इलेक्ट्रॉन पहिल्याच कक्षेत जातो. हेलियमचे इलेक्ट्रॉन संरूपण 2 असे लिहीले जाते.
- तिसरे मूलद्रव्य लिथियम (Li) यामध्ये 3 इलेक्ट्रॉन्स असतात. आता त्यातील दोन इलेक्ट्रॉन पहिल्या कक्षेत जातात तर तिसरा इलेक्ट्रॉन पुढील उच्च उर्जा पातळीमध्ये म्हणजेच दुसऱ्या कक्षेत जातो अशा प्रकारे लिथियम (Li) चे इलेक्ट्रॉन संरूपण 2,1 असे आहे.

अशाच प्रकारे इतर मूलद्रव्यांचेही इलेक्ट्रॉन संरूपण लिहीले जाऊ शकते. ज्या मूलद्रव्यांच्या अणूंचे अणुक्रमांक 1 ते 18 आहेत. अशा मूलद्रव्यांच्या अणूची संरचना आ. 5.10 मध्ये दिली आहे.



आ. 5.10 अणुक्रमांक 1 ते 18 असलेल्या मूलद्रव्यांच्या अणूची बोहरच्या प्रतिकृतीनुसार संरचना

### 5.7.1 संयुजेची संकल्पना

आताच आपण पहिल्या अठरा मूलद्रव्यांच्या इलेक्ट्रॉन संरूपणाची चर्चा केली. तुम्ही आ. 5.10 मध्ये पाहू शकता की वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांमध्ये वाहयतम कक्षेतील किंवा संयुजा कक्षेतील इलेक्ट्रॉन्सची संख्या वेगवेगळी असते. या वाहयतम कक्षेतील इलेक्ट्रॉन्सना संयुजा इलेक्ट्रॉन्स असे म्हणतात. संयुजा म्हणजे एखादया अणूने एक संयुज अणूवरोवर तयार केलेल्या रासायनिक बंधांची संख्या. हायड्रोजन हा एक संयुज अणू असल्याने एखादया मूलद्रव्याची संयुजा ही हायड्रोजनच्या अणूच्या संख्येवरून म्हणजे त्या मूलद्रव्याचा एक अणू हायड्रोजनच्या किती अणूवरोवर संयोग पावतो त्या संख्येवरून ठरवली जाते. उदा.  $H_2O$ ,  $NH_3$  आणि  $CH_4$  मध्ये ऑक्सिजन, नायट्रोजन आणि कार्बन यांच्या संयुजा अनुक्रमे 2,3 आणि 4 अशा आहेत.

ज्या मूलद्रव्यांच्या अणूची वाहयतम कक्षा ही पूर्णपणे भरलेली असते ती मूलद्रव्ये रासायनिक क्रिया कमी प्रमाणात दाखवतात किंवा अजिवात दाखवत नाहीत. वेगळ्या शब्दात सांगायचे तर त्यांची संयोग पावण्याची क्षमता किंवा संयुजा 'शून्य' असते. ज्या मूलद्रव्यांच्या संयुजा कक्षा पूर्णपणे भरलेल्या असतात त्यांचे इलेक्ट्रॉन संरूपण स्थिर असल्याचे समजले जाते. मुख्य गटातील मूलद्रव्यांच्या संयुजा

विभाग २  
आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा



टिपा

कक्षमध्ये जास्तीत जास्त 8 इलेक्ट्रॉन्स असतात याला 'अष्टकाचा नियम' असे म्हणतात. याविषयीची माहिती तुम्ही सातव्या पाठात घेणार आहात. अणूची संयोग पावण्याची क्षमता किंवा त्याची इतर अणूंबरोबर अभिक्रिया करून रेणू तयार करण्याची प्रवृत्ती ही तो त्याच्या बाह्यतम कक्षेत किती सहजतेने अष्टक तयार करू शकतो यावर अवलंबून असते. मूलद्रव्याच्या संयुजा ह्या अष्टकाचा नियम लावून इलेक्ट्रॉन संरूपणाच्या आधारे गणिताने काढल्या जातात. ते खालीलप्रमाणे दिसते.

- जर संयुजा इलेक्ट्रॉन्सची संख्या 4 किंवा त्यापेक्षा कमी असेल तर मूलद्रव्याची संयुजा, संयुजा इलेक्ट्रॉन्सच्या संख्येइतकी असते.
- जर संयुजा इलेक्ट्रॉन्सची संख्या 4 पेक्षा जास्त असेल तर सामान्यपणे मूलद्रव्याची संयुजा ही (8 - संयुजा इलेक्ट्रॉन्सच्या संख्या) इतकी असते.

अशारितीने

संयुजा = संयुजा इलेक्ट्रॉन्सची संख्या (चार किंवा चारपेक्षा कमी संयुजा इलेक्ट्रॉन्स असल्यास)

संयुजा = 8 - संयुजा इलेक्ट्रॉन्सची संख्या (चारपेक्षा जास्त संयुजा इलेक्ट्रॉन्स असल्यास)

अणूक्रमांक 1 ते 18 असलेल्या मूलद्रव्यांची रचना आणि इलेक्ट्रॉन संरूपण त्यांच्या संयुजा सोबत तक्ता क्र. 5.3 मध्ये दिले आहे.

तक्ता क्र. 5.3 अणूक्रमांक 1 ते 18 असलेल्या मूलद्रव्यांची रचना,  
त्यांचे इलेक्ट्रॉन संरूपण आणि सामान्य संयुजा

मूलद्रव्याचे नाव	संज्ञा	अणू क्रमांक	प्रोटॉन्सची संख्या	न्यूट्रॉन्सची संख्या	इलेक्ट्रॉन्सची संख्या	इलेक्ट्रॉन्सची विभागणी				संयुजा
						K	L	M	N	
हायड्रोजन	H	1	1	-	1	1	-	-	-	1
हेलियम	He	2	2	2	2	2	-	-	-	0
लिथियम	Li	3	3	4	3	2	1	-	-	1
बेरिलियम	Be	4	4	5	4	2	2	-	-	2
बोरॉन	B	5	5	6	5	2	3	-	-	3
कार्बन	C	6	6	6	6	2	4	-	-	4
नायट्रोजन	N	7	7	7	7	2	5	-	-	3
ऑक्सिजन	O	8	8	8	8	2	6	-	-	2
फ्लोरीन	F	9	9	10	9	2	7	-	-	1
निऑन	Ne	10	10	10	10	2	8	-	-	0
सोडियम	Na	11	11	12	11	2	8	1	-	1
मॅग्नेशियम	Mg	12	12	12	12	2	8	2	-	2
ॲल्युमिनियम	Al	13	13	14	13	2	8	3	-	3
सिलिकॉन	Si	14	14	14	14	2	8	4	-	4
फॉस्फरस	P	15	15	16	15	2	8	5	-	3,5
सल्फर	S	16	16	16	16	2	8	6	-	2
क्लोरीन	Cl	17	17	18	17	2	8	7	-	1
अरगॉन	Ar	18	18	22	18	2	8	8	-	0

## अणूची संरचना

मूलद्रव्याच्या आवर्ती मांडणीमध्ये इलेक्ट्रॉन संरूपण किती महत्वाचे असते ते तुम्ही पुढील पाठात शिकणार आहात. ही इलेक्ट्रॉन संरूपणे विविध मूलद्रव्यांमधील बंधांचे स्वरूप समजावून देण्यात मदत करतात यासंबंधी आपण पाठ क्र. 7 मध्ये पाहू.



### सरावासाठी प्रश्न 5.6

१. नायट्रोजन अणूमध्ये किती कक्षा भरलेल्या आहेत ? (अणूक्रमांक = 7 )
२. ज्या मूलद्रव्यामध्ये पहिली कक्षा भरलेली असते त्या मूलद्रव्याचे नाव सांगा .
३. अणूक्रमांक 11 असलेल्या मूलद्रव्याचे इलेक्ट्रॉन संरूपण लिहा .



### आपण काय शिकलो ?

- डाल्टनच्या अणूसिध्दांतानुसार अणू हा सर्व द्रव्यांचा सर्वात लहान अविभाजी घटक असतो. हा सिध्दांत वस्तुमान अक्षय्यतेचा नियम , स्थिरप्रमाणाचा नियम आणि गुणित प्रमाणाचा नियम स्पष्ट करू शकतो . परंतु 19 व्या शतकाच्या शेवटी काही प्रयोगांनी असे दाखवले की अणू हा द्रव्याचा सर्वात लहान कण नाही आणि तो अविभाजीही नाही . तो (अणू) अजून छोट्या कणांनी ज्याला इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन व न्यूट्रॉन म्हणतात यांनी बनलेला आहे .
- जेव्हा कॅथोड किरण नलिकेतील इलेक्ट्रोड्सच्या दरम्यान उच्च विद्युतदाब पाटेपित केला जातो . तेव्हा कॅथोडमधून किरण तयार होतात आणि ते कॅथोडकडून ॲनोडकडे वाहून नेले जातात . याला कॅथोड किरण असे म्हणतात . हा शोध सर जे .जे . थॉमसन यांनी लावला यावरून असे दिसले की हे किरण ऋणप्रभारित कणांचा प्रवाह होते . या ऋणप्रभारित कणांना इलेक्ट्रॉन्स म्हणतात . इलेक्ट्रॉनच्या शोधावरून असा अर्थ निघतो की डाल्टन व इतरांच्या म्हणण्याप्रमाणे अणू हा अविभाजी नाही .
- युजेन गोल्डस्टाईन याने विद्युत जागृती करणा-या नळीमध्ये अगदी कमी दाबाखाली हवा भरून व सच्छिद्र कॅथोड वापरून ॲनोड किरणांचा शोध लावला . ॲनोड किरणांच्या शोधामुळे अणूतील धनप्रभारित प्रोटॉन्सचे अस्तित्व निर्विवाद सिध्द झाले .
- थॉमसनच्या प्लम पुडींग प्रतिकृतीनुसार अणू हे एकसारखा धनप्रभार असलेले व त्याबरोबर छोटा ऋणप्रभार असलेले इलेक्ट्रॉन, हयामध्ये सर्वत्र पसरलेले असे असतात .
- जायगर आणि मार्सडेन यांनी केलेल्या किरण विखुरण्याच्या प्रयोगामुळे थॉमसनची अणूची प्रतिकृती अपयशी ठरली . या प्रयोगामध्ये किरणोत्सारी स्रोतापासून मिळवलेला कणांचा प्रवाह सोन्याच्या एका पातळ पत्र्याच्या तुकड्याच्या दिशेने सोडण्यात आला . वरचेसे कण सोन्याच्या पत्र्यातून सरळ गेले . काही कण थोड्याशा कोनाने वळून गेले तर अगदी थोडे कण मोठ्या कोनात वळले आणि अगदी थोडे पूर्ण वळून परत आले .
- किरण विखुरण्याच्या प्रयोगाचे निष्कर्ष रूदरफोर्डच्या प्रतिकृतीतून स्पष्ट केले गेले . त्याला अनुसरून अणूमध्ये दाट आणि धनप्रभारित भाग असतो त्याला केंद्रक असे म्हणतात . ते





टिपा

केंद्रस्थानी असते आणि ऋणप्रभारित इलेक्ट्रॉन्स त्याभोवती फिरत असतात. सर्व धनप्रभार आणि अणूचे बरेचसे वस्तुमान हे केंद्रकात असते.

- रूडरफोर्डची प्रतिकृती अणूची स्थिरता, इलेक्ट्रॉन्सची विभागणी आणि अणुक्रमांक, (प्रोटॉन्सची संख्या) व अणुवस्तुमानांक स्पष्ट करू शकली नाही आणि म्हणून ही प्रतिकृती अपयशी ठरली.
- नील बोहरने त्याच्या म्हणजे अणूच्या बोहरच्या प्रतिकृतीद्वारे अणूची स्थिरता आणि अणूतील इलेक्ट्रॉन्सची विभागणी या समस्यांवर मात केली. बोहरची प्रतिकृती त्याच्या दोन गृहितकांवरून समजून घेता येते. **पहिले गृहीतक :** केंद्रभागी असलेल्या केंद्रकाच्या भोवती निश्चित उर्जा असलेल्या ठराविक वर्तुळाकार मार्गांनी इलेक्ट्रॉन्स भ्रमण करीत असतात. **दुसरे गृहीतक :** इलेक्ट्रॉन उर्जा ग्रहण करून किंवा मुक्त करून त्याची कक्षा किंवा उर्जा पातळी बदलू शकतो.
- सन 1932 मध्ये जेम्स चॅडविक याने अणूतील विद्युतदृष्ट्या उदासिन असणारे कण म्हणजे न्यूट्रॉन यांचा शोध लावला.
- अणूमध्ये असलेल्या प्रोटॉन्सच्या संख्येला अणुक्रमांक असे म्हणतात आणि तो 'Z' या अक्षराने दाखवतात तर अणूमध्ये असणा-या न्युक्लिऑन्सच्या संख्येला (प्रोटॉन्स + न्यूट्रॉन्स) अणुवस्तुमानांक असे म्हणतात. तो 'A' या अक्षराने दाखवतात.
- वेगवेगळ्या कक्षांमध्ये त्याच्या चढत्या उर्जेनुसार इलेक्ट्रॉन्सची विभागणी होते. या विभागणीला इलेक्ट्रॉन संरूपण असे म्हणतात. एखादया कक्षेमध्ये असणा-या जास्तीत जास्त इलेक्ट्रॉन्सची संख्या  $2n^2$  या सूत्राने मिळते इथे 'n' म्हणजे कक्षेचा क्रमांक.
- संयुजा म्हणजे एखादया अणूने एक संयुजा असलेल्या अणूशी तयार केलेल्या रासायनिक बंधांची संख्या. जर संयुजा इलेक्ट्रॉन्सची संख्या चार किंवा चारापेक्षा कमी असेल तर त्याची संयुजा ही संयुजा इलेक्ट्रॉन्सच्या संख्येइतकी असते तर संयुजा इलेक्ट्रॉन्सची संख्या चारापेक्षा जास्त असेल तर सामान्यपणे त्याची संयुजा ही 8 वजा संयुजा इलेक्ट्रॉन्सची संख्या एवढी असते.



### अंतिम प्रश्नसंग्रह

१. जे.जे. थॉमसन यांनी इलेक्ट्रॉनचा शोध कसा लावला ? त्याने केलेल्या अणूच्या प्लम - पुडींग प्रतिकृतीचे स्पष्टीकरण करा.
२. सर्व अणूंमध्ये इलेक्ट्रॉन्स असतात या निष्कर्षापर्यंत थॉमसन कशामुळे आले ?
३. खाली दिलेले उपअण्विय कण ओळखा.
  - अ. यांची केंद्रकातील संख्या अणुक्रमांकाएवढी असते.
  - ब. हा कण केंद्रकात आढळत नाही.



टिपा

- क. या कणावर विद्युत प्रभार नाही.
- ड. या कणाचे वस्तुमान इतर उपअण्विक कणांपेक्षा खूप कमी असते.
४. खालीलपैकी कोण अणूच्या केंद्रकात आढळतात ?
- अ. फक्त प्रोटॉन्स व न्यूट्रॉन्स
- ब. प्रोटॉन्स, न्यूट्रॉन्स आणि इलेक्ट्रॉन्स
- क. फक्त न्यूट्रॉन्स
- ड. फक्त इलेक्ट्रॉन्स व न्यूट्रॉन्स
५. अर्नेस्ट रूदरफोर्डने कण आणि सोन्याचा पत्रा वापरून केलेल्या प्रयोगाचे वर्णन करा. यामुळे केंद्रकाचा शोध कसा लागला?
६. आपल्याला अणूविषयी अणुक्रमांक काय सांगतो.
७. अणूमध्ये असलेल्या इलेक्ट्रॉन्सच्या आणि प्रोटॉन्सच्या संख्येमधील संबंध काय असतो?
८. नील वोहरने रूदरफोर्डच्या अणूच्या प्रतिकृतीत कशी सुधारणा केली ?
९. स्थिर स्थिती मधून काय समजते?
१०. कक्षा म्हणजे काय? L- कक्षमध्ये किती इलेक्ट्रॉन्स सामावले जातात?
११. मूलद्रव्यांचे इलेक्ट्रॉन संरूपण लिहिण्यासाठी असलेले नियम सांगा.



पाठांतर्गत प्रश्नांची उत्तरे

5.1

१. इलेक्ट्रॉन्स व प्रोटॉन्स
२. कॅथोड किरण नलिका ही अंशतः निर्वात काचेच्या नळीमध्ये असलेल्या दोन धातूच्या इलेक्ट्रोडनी बनलेली असते. ऋणप्रभारित इलेक्ट्रोडला कॅथोड तर धनप्रभारित इलेक्ट्रोडला ऍनोड असे म्हणतात. हे इलेक्ट्रोड्स उच्च विद्युतदावाच्या स्रोताला जोडलेले असतात.
३. इलेक्ट्रॉन
४. जेव्हा कॅथोडमधून उत्सर्जित झालेले इलेक्ट्रॉन्स नलिकेमध्ये असलेल्या वायूच्या उदासिन अणूशी टक्कर करतात तेव्हा त्यामध्ये असलेले एक किंवा जास्ती इलेक्ट्रॉन्स काढून टाकतात त्यामुळे धनप्रभारित कण मागे राहतात आणि ते कॅथोड कडे नेले जातात. वेगवेगळ्या वायूंमध्ये प्रोटॉन्सची संख्या वेगवेगळी असते त्यामुळे धनप्रभारित आयनांचे  $e/m$  मूल्य वेगळे असते.





टिपा

## 5.2

१. थॉमसनच्या प्रतिकृतीनुसार अणू हे समान धनप्रभार असलेला आणि अनेक छोटे ऋणप्रभारित इलेक्ट्रॉन्स त्यामध्ये पसरलेला एक मोठा गोल आहे. या प्रतिकृतीला प्लम पुडिंग प्रतिकृती असे संबोधले गेले.
२. जर थॉमसनची प्रतिकृती बरोबर असती तर कण विखुरण्याच्या प्रयोगामध्ये बरेचसे कण अणूमधून सरळ गेले असते.
३. जायगर आणि मार्क्सडेन यांनी कण विखुरण्याचा प्रयोग केला. जेव्हा किरणोत्सारी स्रोतापासून निघालेला कणांचा प्रवाह एका पातळ सोन्याच्या पत्र्यावर थेट जाऊ दिला असता बरेचसे कण त्या सोन्याच्या पत्र्यातून सरळ निघून गेले. काही कण थोड्याशा अंशानी वळले तर काही थोडे कण जास्त अंशानी वळले आणि अगदीच थोडे कण मागे वळले.
४. रूदरफोर्डच्या प्रतिकृतीप्रमाणे अणूमध्ये दाट आणि धनप्रभारित भाग असतो. याला केंद्रक असे म्हणतात. ते अणूच्या केंद्रस्थानी असते. तसेच त्यामध्ये ऋणप्रभारित इलेक्ट्रॉन्स असतात. ते केंद्रकाभोवती भ्रमण करतात. सर्व धनप्रभार आणि अणूचे बरेचसे वस्तुमान हे त्याच्या केंद्रकात एकवटलेले असते.

## 5.3

१. रूदरफोर्डची प्रतिकृती, अणूची स्थिरता, इलेक्ट्रॉन्सची विभागणी आणि अणूवस्तुमानांक व अणूक्रमांक (प्रोटॉन्सची संख्या) यांच्यातील संबंध स्पष्ट करू शकली नाही.
२. बोहरच्या प्रतिकृतीची दोन गृहीतके अशी आहेत.
  - (I) केंद्रस्थानी असलेल्या केंद्रकाभोवती निश्चित अशी उर्जा असलेल्या ठराविक वर्तुळाकार मार्गांनी इलेक्ट्रॉन्स भ्रमण करतात.
  - (II) उर्जा ग्रहण करून किंवा मुक्त करून इलेक्ट्रॉन्स त्यांची कक्षा किंवा उर्जा पातळी बदलू शकतात.
३. इलेक्ट्रॉन्स जेव्हा त्यांना दिलेल्या उर्जापातळीत / कक्षेत असतात तेव्हा ते उर्जा गमावत नाहीत असे सुचवून बोहरच्या प्रतिकृतीने अणूच्या स्थिरतेचे स्पष्टीकरण दिले.

## 5.4

1. हा अणूच्या केंद्रकात असणारा उदासिन उपअण्विय कण आहे.
2. कणामध्ये दोन न्यूट्रॉन्स असतात
3. इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन मधील फरक त्यांचा प्रभार आणि वस्तुमानाच्या स्वरूपात सांगता येतो. इलेक्ट्रॉन ऋणप्रभारित असतो तर प्रोटॉन धनप्रभारित असतो. दुसरे म्हणजे प्रोटॉन हा इलेक्ट्रॉनपेक्षा खूप जड म्हणजे जवळजवळ 1840 पट जड असतो.





टिपा

### 5.5

1. प्रोटॉन्सची संख्या = 11  
इलेक्ट्रॉन्सची संख्या = 11  
न्यूट्रॉन्सची संख्या = 12
2. अणुवस्तुमानांक = प्रोटॉन्सची संख्या + न्यूट्रॉन्सची संख्या  
म्हणून अणुवस्तुमानांक = 7 + 8 = 15
3. प्रोटॉन्सची संख्या = अणुक्रमांक = 18  
इलेक्ट्रॉन्सची संख्या = प्रोटॉन्सची संख्या = 18  
न्यूट्रॉन्सची संख्या = अणुवस्तुमानांक - प्रोटॉन्सची संख्या = 40-18 = 22  
प्रोटॉन्सची संख्या = अणुक्रमांक = 19  
इलेक्ट्रॉन्सची संख्या = प्रोटॉन्सची संख्या = 19  
न्यूट्रॉन्सची संख्या = अणुवस्तुमानांक - प्रोटॉन्सची संख्या = 40-19 = 21

### 5.6

1. नायट्रोजनचे इलेक्ट्रॉन संरूपण आहे 2,5 म्हणजे त्याच्या दोन कक्षा भरलेल्या आहेत. पहिली कक्षा (क्षमता - 2 इलेक्ट्रॉन्स) ही पूर्णपणे भरलेली आहे तर दुसरी कक्षा (क्षमता - 8 इलेक्ट्रॉन्स) अंशतः भरलेली आहे.
2. हेलियम
3. अणुक्रमांक 11 असलेल्या मुलद्रव्याचे इलेक्ट्रॉन संरूपण 2,8, 1 असे आहे.



## मूलद्रव्यांचे आवर्ती वर्गीकरण

मागील पाठात तुम्ही अणूंची संरचना आणि त्यांचे इलेक्ट्रॉन संरूपण याविषयीचा अभ्यास केलात. सारखे इलेक्ट्रॉन संरूपण असणा-या मूलद्रव्यांचे रासायनिक गुणधर्मही सारखेच असतात हे ही तुम्ही त्याचबरोबर शिकलात. 19 व्या शतकाच्या मध्यापर्यंत बरीचशी मूलद्रव्ये (जवळ जवळ 60) माहिती झाली होती. या मूलद्रव्यांचा पध्दतशीरपणे अभ्यास करण्यासाठी त्यांचे वर्गीकरण करण्याची आवश्यकता भासली. या पाठात तुम्ही प्राचीन काळापासून ते आजच्या आधुनिक काळापर्यंतच्या वर्गीकरणाच्या विकासाचा प्रवास पाहणार आहात. आधुनिक आवर्त सारणीत मूलद्रव्यांचे काही गुणधर्म कसे बदलत जातात याचाही तुम्ही अभ्यास करणार आहात.



उद्देश :

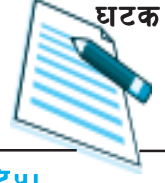
या पाठाचा अभ्यास केल्यानंतर तुम्ही खालील गोष्टी करू/सांगू शकाल -

- मूलद्रव्यांच्या वर्गीकरणाच्या विकासाचे थोडक्यात वर्णन,
- मॅंडेलीकच्या आवर्त सारणीची मुख्य वैशिष्ट्ये,
- मॅंडेलीकच्या आवर्तसारणीतील त्रुटींचे स्पष्टीकरण,
- आधुनिक आवर्ती नियम (आधुनिक आवर्तसारणीचा नियम),
- आधुनिक आवर्त सारणीच्या वैशिष्ट्यांचे वर्णन,
- आधुनिक आवर्ती वर्गीकरणाचे स्पष्टीकरण,
- अणूंचा आकार आणि धातूगुणधर्म यांच्या बदलाचा कल आवर्त सारणीत कसा दिसतो ते.

### 6.1.1 .

#### 6.1.1. मूलद्रव्यांचे वर्गीकरण करण्याची आवश्यकता.

तुम्ही कधीतरी औषधाच्या दुकानात गेला असाल. त्यामध्ये हजारो औषधे साठवलेली असतात. एवढे असूनही तुम्ही जेव्हा एखादे विशिष्ट औषध मागता तेव्हा औषध विक्रेता ते औषध सहजपणे



शोधून काढतो. हे कसे शक्य होते? हे शक्य होण्याचे कारण म्हणजे औषधांचे विविध गटात आणि उपगटात वर्गीकरण करून त्याप्रमाणे त्यांची मांडणी केलेली असते. यामुळे ती शोधून काढणे सहज शक्य होते. अठरावे शतक सुरू होण्यापूर्वी फक्त काहीच मूलद्रव्ये माहिती होती. त्यामुळे त्यांचा अभ्यास करणे व त्यांचे गुणधर्म अभ्यासणे आणि त्यांची प्रत्येक संयुगे लक्षात ठेवणे सहज शक्य होते. परंतु 19व्या शतकाच्या मध्यात 60 च्या वर मूलद्रव्यांच्या शोध लागला. त्यांच्यापासून तयार झालेल्या संयुगांची संख्याही प्रचंड मोठी होती. मूलद्रव्यांच्या या वाढत्या संख्येमुळे त्यांच्या प्रत्येकाच्या गुणधर्माचा अभ्यास करणे अधिकाधिक कठीण होऊ लागले. त्यामुळे त्यांच्या वर्गीकरणाची गरज भासू लागली. त्यामुळे विविध मूलद्रव्यांचे गटामध्ये वर्गीकरण करण्याची सुरुवात झाली आणि त्याची मूलद्रव्यांच्या पध्दतशीर अभ्यासासाठी मदत झाली.

### 6.1.2. वर्गीकरणाचा विकास -

अनेक प्रयत्नांनंतर शास्त्रज्ञांना मूलद्रव्ये गटामध्ये मांडण्यामध्ये यश आले. त्यांच्या असे लक्षात आले की जरी प्रत्येक मूलद्रव्य हे दुस-यापेक्षा वेगळे असले तरी काही मूलद्रव्यांमध्ये थोडेसे सारखेपण असते. म्हणून सारखेपणा असणारी मूलद्रव्ये एका गटात मांडली आणि वर्गीकरणाची सुरुवात झाली. वेगवेगळ्या शास्त्रज्ञांनी वेगवेगळ्या प्रकारचे वर्गीकरण सुचवले. मूलद्रव्यांचे पहिले वर्गीकरण धातू व अधातू असे होते. या वर्गीकरणामुळे मर्यादित हेतू साध्य झाले कारण जर्मनियम आणि अँटिमनी यासारखी मूलद्रव्ये धातू आणि अधातू या दोन्हींचेही गुणधर्म दाखवत होती. त्यांना या दोन्ही पैकी कोणत्याही गटात टाकणे शक्य नव्हते.

शास्त्रज्ञ मूलद्रव्यांच्या न बदलणा-या वैशिष्ट्यांच्या शोधात होते. सन 1815 मध्ये विल्यम प्राऊट यांच्या कामानंतर मूलद्रव्यांचा अणूवस्तुमानांक स्थिर रहातो असे आढळून आले. म्हणून याच्या आधारे वर्गीकरण केल्यास समाधानकारक वर्गीकरण होईल असे वाटले. आता तुम्ही मूलद्रव्यांचे वर्गीकरण करण्यासाठी केलेले चार मुख्य प्रयत्न शिकणार आहात. ते खालीलप्रमाणे आहेत.

1. डोबेरायनरची त्रिके
2. न्यूलॅंड्स्चा अष्टकाचा नियम
3. मेंडेलीकची आवर्त सारणी व आवर्ती नियम
4. आधुनिक आवर्त सारणी

### 6.1.3 : डोबेरायनरची त्रिके

सन 1829 मध्ये जर्मन रसायनतज्ञाने तीन मूलद्रव्यांचा एक गट याप्रमाणे गट तयार केले व त्यांना त्रिके असे संबोधले. (तक्ता 6.1) या त्रिकांमधील तीनही मूलद्रव्यांचे भौतिक व रासायनिक गुणधर्म सारखे होते. त्याने एक नियम सांगितला. त्याला डोबेरायनरचा त्रिकांचा नियम असे म्हणतात. या नियमाप्रमाणे मूलद्रव्ये जेव्हा त्यांच्या चढत्या अणूवस्तुमानांकाप्रमाणे मांडली जातात. तेव्हा मधल्या मूलद्रव्यांचा अणूवस्तुमानांक हा इतर दोन



आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा

मूलद्रव्यांच्या अणुवस्तुमानांकाच्या वेरजेच्या सरासरी इतका असतो. तसेच मधल्या मूलद्रव्याचे गुणधर्म ही इतर दोन मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मांच्या दरम्यान असतात.

तक्ता 6.1 डोबेरायनरची मूलद्रव्यांची त्रिके

अनुक्रमांक	मूलद्रव्य	अणुवस्तुमान	I व III यांची सरासरी
1.	I लिथियम II सोडियम III पोटॅशियम	7 23 39	$\frac{7+39}{2}=23$
2.	I कॅल्शियम II स्ट्रॉशियम III बेरियम	44 88 137	$\frac{44+137}{2}=90.5$
3.	I क्लोरीन II ब्रोमीन III आयोडिन	35.5 80 127	$\frac{35.5+127}{2}=81.25$

फक्त काहीच मूलद्रव्यांची मांडणी या त्रिकांमध्ये करता येत असल्याने हे वर्गीकरण मोठ्या प्रमाणावर मान्यता पावले नाही.

#### 6.1.4. न्यूलॅंड्सचा अष्टकाचा नियम -

सन 1864 मध्ये इंग्लिश रसायनतज्ञ जॉन अलेक्झांडर न्यूलॅंड्स याने मूलद्रव्यांची त्यांच्या चढत्या अणुवस्तुमानांकानुसार मांडणी केली. तेव्हा त्याला असे आढळले की प्रत्येक आठव्या मूलद्रव्याचे गुणधर्म हे पहिल्या मूलद्रव्याच्या गुणधर्मासारखेच असतात. याला न्यूलॅंड्सने अष्टकाचा नियम असे संबोधले याचे कारण म्हणजे संगीतातील सप्तस्वरांवरोबर असणारे यांचे साधर्म्य. संगीतात जसे सात स्वरांनंतर परत पहिला स्वर येतो तसे.

1	2	3	4	5	6	7	8
सा	रे	ग	म	प	ध	नी	सा

न्यूलॅंड्सने केलेली मूलद्रव्यांची मांडणी तक्ता 6.2 मध्ये दिली आहे. लिथियमपासून (Li) सुरुवात केली असता आठवे मूलद्रव्य सोडियम (Na) हे येते आणि त्याचे गुणधर्म हे लिथियमच्या गुणधर्मा सारखेच आहेत. तसेच बेरिलियम (Be), मॅग्नेशियम (Mg) आणि कॅल्शियम (Ca) हे सारखेच गुणधर्म दर्शवितात. फ्लोरीन (F), क्लोरीन (Cl) हे देखील रासायनिकदृष्ट्या सारखेच आहेत.

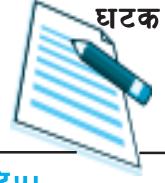
तक्ता 6.2 काही मूलद्रव्यांची त्यांच्या अणुवस्तुमानांकासहित अष्टकाच्या नियमानुसार मांडणी.

## मूलद्रव्यांचे आवर्ती वर्गीकरण

Li	Be	B	C	N	O	F
(7)	(9)	(11)	(12)	(14)	(16)	(19)
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
(23)	(24)	(27)	(28)	(31)	(32)	(35.5)
K	Ca					
(39)	(40)					

## विभाग २

आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा

### न्यूलॅंड्सच्या अष्टकाच्या नियमाची योग्यता :

- अणुभारांक किंवा अणुवस्तुमानांक हा वर्गीकरणाचा पाया मानला गेला .
- काही अंतरानंतर परत दाखविले जाणारे गुणधर्म म्हणजे गुणधर्मात दिसणारा आवर्तीपणा हा प्रथमच ओळखला गेला .

### न्यूलॅंड्सच्या अष्टकाच्या नियमातील त्रुटी :

- ज्या मूलद्रव्यांचा अणुभार 40 u पेक्षा जास्त आहे त्यांना हा नियम लागू पडत नाही . म्हणून त्यावेळी जी 60 मूलद्रव्ये माहित होती त्यांचे या नियमानुसार वर्गीकरण करता आले नाही .
- जेव्हा निष्क्रीय वायूंचा शोध लागला तेव्हा असे लक्षात आले की ते नववे मूलद्रव्य असून त्याचेही गुणधर्म पहिल्या 8 व्या मूलद्रव्याप्रमाणेच नसून पहिल्या मूलद्रव्याप्रमाणेच आहेत .

याचा परिणाम असा झाला की ही अष्टकाची नवी कल्पना फेटाळली गेली . परंतु न्यूलॅंड्सची मूलद्रव्यांच्या वर्गीकरणासाठी अणुभार हा मूलभूत गुणधर्म वापरण्याची पायाभूत संकल्पना पुढे लॉथर मेयर आणि डी . मॅंडेलीफ या दोन शास्त्रज्ञांनी उचलून धरली . त्यांचे मुख्य उद्दिष्ट साध्य झाले ते म्हणजे त्या दोघांनी त्यांच्या या कामामध्ये माहिती असलेली जवळजवळ सर्व मूलद्रव्ये अंतर्भूत केली . तरीही आपण मॅंडेलीफने सुचविलेल्या वर्गीकरणाविषयी चर्चा करूया . हे वर्गीकरण मोठ्या प्रमाणात मान्यता पावले आणि आता हे आधुनिक वर्गीकरणाचा पाया झाले आहे .

### 6.1.5: मॅंडेलीफचा आवर्ती नियम आणि आवर्त सारणी :-

दिमित्री मॅंडेलीव्ह (किंवा मॅंडेलीफ किंवा मॅंदाज्येव)या रशियन रसायनतज्ञाने त्यावेळी माहित असलेल्या सर्व म्हणजे 63 मूलद्रव्यांच्या आणि त्यांच्या संयुगांच्या गुणधर्मांचा अभ्यास केला . मूलद्रव्यांची त्यांच्या चढत्या अणुभारांकाप्रमाणे मांडणी केली असता सारखे गुणधर्म असलेली मूलद्रव्ये काही अंतराने परत दिसतात असे त्याच्या निरीक्षणात आले . सन 1869 मध्ये त्याने त्याचे निरीक्षण दिलेल्या विधानाच्या स्वरूपात मांडले त्यालाच मॅंडेलीफचा आवर्ती नियम असे म्हणतात .

**मूलद्रव्यांचे रासायनिक व भौतिक गुणधर्म हे त्यांच्या अणुभारांकाचे आवर्ती फल आहेत .**

आवर्ती फल म्हणजे जे काही अंतराने परत परत दिसते . मॅंडेलीफने मूलद्रव्यांची एका तक्त्याच्या स्वरूपात मांडणी केली त्यालाच मॅंडेलीफची आवर्तसारणी असे म्हणतात .

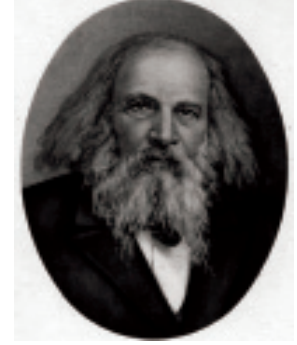
आपल्या परिसरातील



टिपा

### मेंडेलीफची आवर्त सारणी -

मेंडेलीफने मूलद्रव्यांची मांडणी आडव्या आवर्तनांमध्ये त्यांच्या अणूभारांच्या चढत्या क्रमाने केली. यामध्ये आडव्या आवर्तनात जेव्हा मूलद्रव्याचे गुणधर्म आवर्तनातील पहिल्या मूलद्रव्याप्रमाणे दिसले त्या मूलद्रव्याने आवर्तनाचा शेवट केला. त्यानंतरचे मूलद्रव्य त्याने पहिल्या मूलद्रव्याच्या खाली लिहिले आणि अशारितीने दुसऱ्या आवर्तनाची सुरुवात केली. मेंडेलीफने मूलद्रव्यांच्या अणूभारांपेक्षाही जास्त महत्व मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मांना दिले आणि हेच त्याच्या वर्गीकरणाचे यश आहे. काही वेळा त्याला एका विशिष्ट स्थानातील मूलद्रव्य सापडले नाही. अशा वेळी त्याने ती स्थाने रिकामी सोडली कारण त्या मूलद्रव्यांचा शोध अजून लागला नव्हता इतकेच, नाही तर त्याने त्या मूलद्रव्यांच्या आणि त्यांच्या संयुगांच्या गुणधर्मांचे भाकितही केले होते. काही वेळेस त्याने गुणधर्म व स्थान यांची योग्य जुळणी होण्यासाठी मूलद्रव्यांचे स्थानही पुढे मागे केले होते. अशा रितीने काम करताना माहित असलेल्या जवळजवळ सर्व मूलद्रव्यांची मांडणी त्याने आवर्तसारणीत केली.



जेव्हा अजून काही मूलद्रव्यांचा शोध लागला तेव्हा त्यांना सामावून घेण्यासाठी ही आवर्तसारणी थोडी बदलून अद्यावत करण्यात आली. जेव्हा राजवायूंचा शोध लागला तेव्हा त्यामध्ये अजून एक गण (शून्य गण) मिळवण्यात आला. (वाढविण्यात आला)

### तक्ता 6.3 मेंडेलीफची अद्यावत आवर्तसारणी.

Groups	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			
Oxides	RO		RO		R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		RO <sub>2</sub>		R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		RO <sub>3</sub>		R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>		RO <sub>3</sub>			
Hydrides	RH		RH <sub>2</sub>		RH <sub>3</sub>		RH <sub>4</sub>		RH <sub>5</sub>		RH <sub>6</sub>		RH <sub>7</sub>		RH <sub>8</sub>			
Periods	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	Transition series			
1	H 1.008																	
2	Li 6.939		Be 9.012		B 10.81		C 12.011		N 14.007		O 15.999		F 18.998					
3	Na 22.99		Mg 24.31		Al 29.98		Si 28.09		P 30.974		S 32.06		Cl 35.453					
4	K 39.102		Ca 40.08		Sc 44.96		Ti 47.90		V 50.94		Cr 50.20		Mn 54.94		Fe 55.85		Co 58.93	Ni 58.71
	Cu 63.54		Zn 65.37		Ga 69.72		Ge 72.59		As 74.92		Se 78.96		Br 79.909					
5	Rb 85.47		Sr 87.62		Y 88.91		Zr 91.22		Nb 92.91		Mo 95.94		Tc 99		Ru 101.07		Rh 102.91	Pd 106.4
	Ag 107.87		Cd 112.40		In 114.82		Sn 118.69		Sb 121.75		Te 127.60		I 126.90					
6	Cs 132.90		Ba 137.34		La 138.91		Hf 178.49		Ta 180.95		W 183.85				Os 190.2		Ir 192.2	Pt 195.09
	Au 196.97		Hg 200.59		Tl 204.37		Pb 207.19		Bi 208.98									

### मेंडेलीफच्या आवर्तसारणीची मुख्य वैशिष्ट्ये .:

मेंडेलीफच्या आवर्तसारणीची मुख्य वैशिष्ट्ये खाली दिल्याप्रमाणे आहेत. -

1. आवर्तसारणीत मूलद्रव्यांची मांडणी स्तंभ व आवर्तने यामध्ये केली.

2. आडव्या ओळींचा आवर्तन असे म्हटले गेले. आवर्तसारणीत सहा आवर्तन आहेत. त्यांना एक ते सहा असे अंक दिलेले आहेत. 4 थे, 5 वे व 6 वे आवर्तन हे मूलद्रव्यांच्या दोन ओळींनी (मालिकांनी) वनलेले आहे.
3. दिलेल्या प्रत्येक आवर्तनातील मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मांमध्ये डावीकडून उजवीकडे अनुक्रम (चढता किंवा उतरता) दिसून येतो.
4. यामध्ये असलेल्या स्तंभांना गण असे म्हणतात. यामध्ये आठ गण असून त्यांना एक ते आठ असे रोमन अंक दिलेले आहेत.
5. एक ते सात हे गण पुढे अ आणि व अशा उपगणात विभागलेले आहेत. परंतु आठव्या गणात मात्र तीन मूलद्रव्ये आहेत व ती तीन आवर्तनात आहेत.
6. एका विशिष्ट गटात असलेली सर्व मूलद्रव्ये रासायनिक दृष्ट्या सारख्याच प्रवृत्तीची आहेत. गणामध्ये वरपासून खालपर्यंत असलेली सर्व मूलद्रव्ये त्यांच्या भौतिक व रासायनिक गुणधर्मांमध्ये ठराविक क्रम दर्शवितात.

### मेंडेलीफच्या आवर्ती वर्गीकरणाचे फायदे -

#### 1. सर्व मूलद्रव्यांचे वर्गीकरण -

मेंडेलीफच्या वर्गीकरणामध्ये त्या वेळी ज्ञात असलेल्या सर्व म्हणजे 63 मूलद्रव्यांचा त्यांच्या अणुभारांकाप्रमाणे समावेश केला गेला. तसेच या मूलद्रव्यांचा पध्दतशीर अभ्यास त्यामुळे सोपा झाला.

#### 2. अणुभारांकाची दुरुस्ती-

बेरिलियम (Be), सोने (Au), इंडियम (In) अशा काही मूलद्रव्यांचे अणुभारांक त्यांच्या सारणीतील स्थानाप्रमाणे दुरुस्त करण्यात आले. (बॉक्स 1 पहा).

#### 3. नवीन मूलद्रव्यांसंबंधी भाकित-

मेंडेलीफने आवर्तसारणीमध्ये मूलद्रव्यांची मांडणी त्यांच्या चढत्या अणुभारांकाप्रमाणे केली आणि जिथे जिथे त्याला एखादे मूलद्रव्य त्या मूलद्रव्याच्या अपेक्षित गुणधर्माप्रमाणे मिळाले नाही तेव्हा त्याने ते स्थान रिक्त सोडले. या स्थानातील मूलद्रव्याचा शोध लागावयाचा आहे असे त्याने सांगितले. इतकेच नाही तर त्या मूलद्रव्यांचे गुणधर्म काय असतील व त्यांची काही संयुगे या वददलही त्याने भाकित केले. उदा. हयाने सिलीकॉन या मूलद्रव्याच्या खालच्या स्थानात असलेल्या आवर्तसारणीतील त्याच गटातील (IV व) अनोळखी मूलद्रव्याच्या अस्तित्वाबद्दल भाकित केले. त्याने त्याला ईका-सिलीकॉन (म्हणजे सिलीकॉनच्या खाली एक जागा) असे संवाधले. त्यानंतर जर्मनीमधील सी.ए.विंकलर याने हे मूलद्रव्य शोधून काढले आणि त्याला जर्मेनियम असे न व दिले. त्याचे प्रत्यक्षातील व भाकित केलेले गुणधर्म जवळजवळ सारखेच होते. (बॉक्स 2 पहा). ईका -बोरॉन

#### बॉक्स नं.१

इंडियम या मूलद्रव्याचा अणुभारांक ७६ आणि संयुजा २ आहे असे मानले गेले होते. परंतु मेंडेलीफने आवर्तसारणीत असलेल्या इंडियमच्या स्थानावरून इंडियमचा अणुभारांक ११३.१ आणि संयुजा ३ असली पाहिजे असे सांगितले. आधुनिक आवर्तसारणीनुसार इंडियमचा अणुभारांक ११४.८२ आणि संयुजा ३ आहे.



आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा

बॉक्स २		
मॅंडेलिफने ईका-सिलिकॉन मूलद्रव्याविषयी केलेले भाकित		
गुणधर्म	मॅंडेलिफने केलेले भाकित ईका-सिलिकॉन	निसर्गात सापडलेले मूलद्रव्य जर्मॅनियम
अणूभार	७२.०	७२.६
घनता ग्रॅ.cm <sup>2</sup>	५.५०	५.३६
विलयबिंदू	उच्च	१२३१k
आम्लावरोवर अभिक्रिया	फार कमी प्रमाणात अभिक्रिया	हायड्रोक्लोरिक आम्लावरोवर अभिक्रिया नाही. पण नायट्रिक आम्लावरोवर अभिक्रिया घडून येते.
आम्लारीवरोवर अभिक्रिया	अभिक्रिया नाही	विरल सोडियम हायड्रॉक्साईडवरोवर अभिक्रिया नाही
ऑक्साईड क्षार	MO <sub>2</sub>	GeO <sub>2</sub>
सल्फाईड क्षार	MS <sub>2</sub>	GeS <sup>2</sup>
क्लोराईड क्षार	MCl <sub>4</sub>	GeCl <sub>4</sub>
क्लोराईड क्षाराचा उत्कलनांक	373K	356K

व ईका-अॅल्युमिनीअम ही मॅंडेलीफने भाकित केलेल्या अजून दोन मूलद्रव्यांची उदाहरणे आहेत.

**4. मूलद्रव्यांची संयुजा** - मॅंडेलीफने केलेले वर्गीकरण मूलद्रव्यांची संयुजा समजून घेण्यासाठी ही मदत करते. उदाहरणार्थ गण 1 मधील सर्व मूलद्रव्यांची म्हणजे हायड्रोजन, लिथियम, सोडियम, पोटॅशियम, रूबिडियम, सिझीयम या सर्व मूलद्रव्यांची संयुजा एक (1) आहे.

**मॅंडेलीफच्या आवर्तसारणीतील त्रुटी**

- हायड्रोजनचे स्थान** - हायड्रोजनला 1 अ गटामध्ये अल्कली धातूवरोवर स्थान दिले आहे कारण हायड्रोजन व अल्कली धातू यामध्ये साम्य आढळते. परंतु हायड्रोजन व हॅलोजन्स (VII अ गट) यामध्येही साम्य आढळते.
- समस्थानिकांची स्थाने** - मूलद्रव्यांच्या समस्थानिकांचे अणूभारांक वेगवेगळे असतात. त्यामुळे त्या प्रत्येकास वेगळे स्थान असावयास हवे. या उलट ते रासायनिकदृष्ट्या सारखे आहेत त्यामुळे ते एकाच स्थानामध्ये असले पाहिजेत. प्रत्यक्षात पाहता मॅंडेलीफच्या आवर्त सारणीत समस्थानिकांना कोणतीच वेगळी जागा/स्थान दिलेले नाही. उदा. कार्बनची दोन समस्थानिक <sup>12</sup>₆C व <sup>14</sup>₆C ही एकाच स्थानामध्ये ठेवली आहेत.
- मूलद्रव्यांच्या काही असंगत जोड्या**- मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मांचा विचार केल्याने काही ठिकाणी जास्त अणूभारांक असलेल्या मूलद्रव्यांना कमी अणूभारांक असलेल्या मूलद्रव्यांच्या आधी स्थान दिले गेले आहे. उदा. जास्त अणूभारांक (58.9) असलेल्या कोबाल्ट यास कमी अणूभारांक (58.7) असलेल्या निकेलच्या आधी स्थान दिले गेले आहे. अजून अशा काही जोड्या खालीलप्रमाणे आहेत.

(i) टेल्युरियम(127.6) यास आयोडिन(126.9) च्या आधी त्यास दिले गेले आहे.



(ii) अरगॉन (39.9) यास पोटॅशियम (39.1) च्या आधी स्थान दिले गेले आहे .

4. रासायनिक दृष्ट्या भिन्न असणा-या मूलद्रव्यांचा गट - तांबे व चांदी यांसारख्या मूलद्रव्यांचे अल्कली धातूंची (लिथियम, सोडियम) कोणतेच साम्य नाही तरीही त्यांना एकाच गटात म्हणजे गट 1 अ मध्ये ठेवले आहे .
5. रासायनिकदृष्ट्या सारख्या असलेल्या मूलद्रव्यांना वेगळे केले - सोने, प्लॅटिनम यांसारखी रासायनिक दृष्ट्या सारख्या असणा-या मूलद्रव्यांना वेगवेगळ्या गटात स्थान दिले .



### सरावासाठी प्रश्न 6.1

1. अ, व व क ही मूलद्रव्ये डोबेरायनरचे त्रिक बनवतात . 'अ' चा अणूभारांक 20 व 'क' चा अणूभारांक 40 आहे तर 'व' चा अणूभारांक काढा .
2. मॅडेलीफने मूलद्रव्यांचे वर्गीकरण करण्यासाठी अणूचा कोणता गुणधर्म वापरला ?
3. मॅडेलीफच्या आवर्ती वर्गीकरणामध्ये रासायनिकदृष्ट्या सारख्या असणा-या मूलद्रव्यांना कोठे स्थान देण्यात आले आहे . गटामध्ये की आवर्तनामध्ये ?
4. मॅडेलीफच्या आवर्तसारणीत काही रिक्त स्थाने आहेत त्यांचा संदर्भ काय ?
5. मॅडेलीफच्या आवर्तसारणीतील कोणत्याही तीन त्रुटी सांगा .

### 6.2 आधुनिक आवर्ती नियम

जरी मॅडेलीफच्या आवर्तसारणीत सर्व मूलद्रव्यांचा समावेश असला तरी काही वजनाने हलकी मूलद्रव्ये ही वजनाने जड असलेल्या मूलद्रव्यांच्या आधीच्या स्थानात ठेवली आहेत . मूलद्रव्यांच्या अशा जोड्यांनी (असाधारण जोड्या) आवर्ती नियम मोडलेला दिसतो . तसेच मूलद्रव्यांच्या समस्थानिकांना आवर्तसारणीत वेगळे स्थान दिलेले नाही . या सर्व कारणांनी असे वाटले की आवर्तसारणीतील मूलद्रव्यांची मांडणी ही अणूभारांकाच्याही पेक्षा जास्त मूलभूत असलेल्या दुस-या कुठल्या तरी गुणधर्मावर आधारित असावी .

सन 1913 मध्ये हेन्री मोस्ले या इंग्लिश भौतिक शास्त्रज्ञाने मूलद्रव्यांचा मूलभूत गुणधर्म हा अणूभारांक नसून अणूक्रमांक आहे असा शोध लावला . एखाद्या मूलद्रव्याचा अणूक्रमांक (Z) म्हणजे त्याच्या अणूतील केंद्रकात असलेल्या प्रोटॉनची संख्या . अणू विद्युत्दृष्ट्या उदासिन असल्याने त्याच्या इलेक्ट्रॉनची संख्याही अणूक्रमांका इतकीच असते म्हणजेच प्रोटॉन्स इतकी असते .

या प्रगतीनंतर आवर्ती नियम बदलण्याची गरज आहे आणि आवर्त सारणीमध्ये बदल केला पाहिजे असे वाटले .

#### 6.2.1 आधुनिक आवर्ती नियम -

आधुनिक आवर्ती नियम असे सांगतो की मूलद्रव्यांचे रासायनिक व भौतिक गुणधर्म हे त्यांच्या अणूक्रमांकाचे आवृत्ती फल आहेत . म्हणजेच मूलद्रव्ये जर त्यांच्या अणूक्रमांकाच्या चढत्या क्रमाने



आपल्या परिसरातील  
घटक



मांडली तर सारखे गुणधर्म असणारी मूलद्रव्ये काही ठराविक अंतराने पुन्हा पुन्हा आलेली दिसतात. सुदैवाने सुधारित आवर्ती नियमानुसारही मेंडेलीफच्या वर्गीकरणामध्ये फार मोठा बदल करावा लागला नाही कारण ते ही वर्गीकरण मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मावर आधारलेले होते. खरे तर वर्गीकरणासाठी अणूक्रमांक पायाभूत मानल्याने असंगत जोड्या व समस्थानिकांची स्थाने या सारख्या प्रमुख त्रुटी दूर करता आल्या.

आवर्ती नियमामध्ये बदल केल्यानंतर आवर्त सारणीमध्ये व-याचशा सुधारणा सुचविण्यात आल्या. आता आपण आधुनिक आवर्त सारणी जी आता वापरात आहे त्याचा अभ्यास करूया.

### आवर्तीपणाचे कारण :-

मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मातील आवर्ती पणाचे कारण आता आपण समजावून घेऊया. आता अल्क धातूंचे म्हणजे पहिल्या गणातील मूलद्रव्यांचे (लिथियम, सोडियम, पोटॅशियम, रुबिडियम, सिझीयम व फ्रॅन्सियम) अणूक्रमांक अनुक्रमे 3, 11, 19, 37, 55 व 87 असलेल्यांचे इलेक्ट्रॉन संरूपण (खालील तक्त्यात दिले आहे) विचारात घेऊया.

### तक्ता क्र.6.4 पहिल्या गणातील मूलद्रव्यांचे इलेक्ट्रॉन संरूपण

मूलद्रव्य	इलेक्ट्रॉन संरूपण
${}_3\text{Li}$	2,1
${}_{11}\text{Na}$	2,8,1
${}_{19}\text{K}$	2,8,8,1
${}_{37}\text{Rb}$	2,8,18,8,1
${}_{55}\text{Cs}$	2,8,18,18,8,1
${}_{87}\text{Fr}$	2,8,18,32,18,8,1

या सर्व मूलद्रव्यांच्या शेवटच्या कक्षेत एक इलेक्ट्रॉन आहे व म्हणून त्यांचे गुणधर्मही खाली दिल्याप्रमाणे सारखेच आहेत.

- ते उत्तम क्षपणक आहेत.
- ते एक (I) संयुजा असलेले धनप्रभारित आयन (कॅटायन) तयार करतात.
- ते मऊ धातू आहेत.
- ते अतिशय क्रियाशील आहेत व ते निसर्गात संयोग पावलेल्या स्थितीत सापडतात.
- ते ज्योतीला रंग देतात.
- ते हायड्रोजन बरोबर हायड्रॅड संयुगे तयार करतात.

## मूलद्रव्यांचे आवर्ती वर्गीकरण

- (vii) ते ऑक्सिजनवरोवर अल्कधर्मी ऑक्साईड्स तयार करतात .
- (viii) ते पाण्यावरोवर अभिक्रिया करून धातूंची हायड्रॉक्साईड्स तयार करतात आणि हायड्रोजन मुक्त करतात .

असे आढळून आले आहे की सारखे इलेक्ट्रॉन संरूपण असणा-या मूलद्रव्यांचे गुणधर्मही सारखे असतात म्हणून परत परत दिसणारे सारखे इलेक्ट्रॉन संरूपण हे मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मांच्या आवर्तीपणाचे कारण आहेत .

### 6.3 आधुनिक आवर्त सारणी

आधुनिक आवर्ती नियमावर आधारित असलेल्या आवर्त सारणीला आधुनिक आवर्तसारणी असे म्हणतात . आत्ता जी आवर्तसारणी ग्राह्य धरली आहे तिला दीर्घश्रेणी आवर्त सारणी असे म्हणतात .

हिला मॅंडेलीफच्या सारणीचा, ज्यामध्ये उपगण अ आणि ब वेगळे केले आहेत, विस्तारित भाग असेही म्हणतात .

आता तुम्ही दीर्घश्रेणी आवर्तसारणीच्या प्रमुख वैशिष्ट्यांचा (तक्ता 6.5मध्ये दिलेल्या) अभ्यास करणार आहात .

#### 6.3.1 दीर्घश्रेणी आवर्तसारणीची प्रमुख वैशिष्ट्ये -

काही मूलद्रव्ये त्यांच्या गुणधर्मांमध्ये एकमेकांशी साधर्म्य दाखवितात तर काही मूलद्रव्ये वेगळेपण दाखवितात . यामागचे कारण समजण्यासाठी आपल्याला दीर्घश्रेणी आवर्त सारणीची मदत होते . या सारणीतील मूलद्रव्यांची मांडणी ही त्यांच्या इलेक्ट्रॉन संरूपणाप्रमाणे केलेली आहे . तक्ता 6.5 पाहून तुमच्या लक्षात आले असेल की ही सारणीही उभ्या आणि आडव्या ओळीत विभागलेली आहे . उभ्या ओळींना गण असे म्हणतात तर आडव्या ओळींना आवर्त असे म्हणतात .

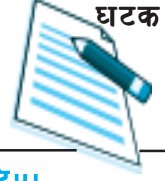
**1. गण -** आवर्त सारणीमध्ये 18 उभ्या ओळी आहेत . प्रत्येक उभ्या ओळींना गण असे म्हणतात . या गणांना 1 ते 18 असे (अरेबिक) अंक दिले आहेत . गणामध्ये असलेल्या सर्व मूलद्रव्यांचे इलेक्ट्रॉन क्षरूपण व त्यांच्यामध्ये असलेल्या

संयुजा इलेक्ट्रॉनची संख्या सारखीच असते . तुम्ही पहिला गण (अल्क धातू व 17 वा गण (हॅलोजन्स) या मधील मूलद्रव्यांकडे पहा . जसजसे तुम्ही गणातील खालच्या मूलद्रव्यांकडे जाता तसे तशी एक कक्षा वाढत जाते . तक्ता क्र.6.6 मध्ये हे दाखविले आहे .

## विभाग २

आपल्या परिसरातील

घटक



टिपा



तक्ता 6.5 आधुनिक आवर्त सारणी

Group →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18								
↓ Period	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	IV	V	VI	VII	VIII								
1	hydrogen 1 H																	helium 2 He								
2	lithium 3 Li	beryllium 4 Be															boron 5 B	carbon 6 C	nitrogen 7 N	oxygen 8 O	fluorine 9 F	neon 10 Ne				
3	sodium 11 Na	magnesium 12 Mg																aluminum 13 Al	silicon 14 Si	phosphorus 15 P	sulfur 16 S	chlorine 17 Cl	argon 18 Ar			
4	potassium 19 K	calcium 20 Ca	scandium 21 Sc	titanium 22 Ti	vanadium 23 V	chromium 24 Cr	manganese 25 Mn	iron 26 Fe	cobalt 27 Co	nickel 28 Ni	copper 29 Cu	zinc 30 Zn	gallium 31 Ga	germanium 32 Ge	arsenic 33 As	selecnium 34 Se	bromine 35 Br	krypton 36 Kr								
5	rubidium 37 Rb	strontium 38 Sr	yttrium 39 Y	zirconium 40 Zr	niobium 41 Nb	molybdenum 42 Mo	technetium 43 Tc	ruthenium 44 Ru	rhodium 45 Rh	palladium 46 Pd	silver 47 Ag	cadmium 48 Cd	indium 49 In	tin 50 Sn	antimony 51 Sb	tellurium 52 Te	iodine 53 I	xenon 54 Xe								
6	cesium 55 Cs	barium 56 Ba	lanthanum 57-71 La	hafnium 72 Hf	tantalum 73 Ta	tungsten 74 W	rhenium 75 Re	osmium 76 Os	iridium 77 Ir	platinum 78 Pt	gold 79 Au	mercury 80 Hg	thallium 81 Tl	lead 82 Pb	bismuth 83 Bi	polonium 84 Po	astatine 85 At	radon 86 Rn								
7	francium 87 Fr	radium 88 Ra	actinium 89-103 Ac	thorium 90 Th	protactinium 91 Pa	uranium 92 U	neptunium 93 Np	plutonium 94 Pu	americium 95 Am	curium 96 Cm	berkelium 97 Bk	californium 98 Cf	einsteinium 99 Es	fermium 100 Fm	mendelevium 101 Md	nobelium 102 No	lawrencium 103 Lr	unnilium 110 Uun	unnilium 111 Uun	ununium 112 Uun	ununium 113 Uun	ununium 114 Uun	ununium 115 Uun	ununium 116 Uun	ununium 117 Uun	ununium 118 Uun

Chemical series of the periodic table

Alkali metals	Alkaline earth metals	Lanthanides	Actinides	Transition metals
Poor metals	Metalloids	Nonmetals	Halogens	Noble gases



तक्ता क्र.6.6

गण -1		गण -17	
मूलद्रव्य	इलेक्ट्रॉन संरूपण	मूलद्रव्य	इलेक्ट्रॉन संरूपण
Li	2,1	F	2,7
Na	2,8,1	Cl	2,8,7
K	2,8,8	Br	2,8,8,7
Rb	2,8,18,8,1	I	2,8,18,18,7

पहिल्या गणातील सर्व मूलद्रव्यांच्या संयुजा कक्षमध्ये फक्त एक इलेक्ट्रॉन आहे. लिथियममध्ये दोन कक्षमध्येच इलेक्ट्रॉन आहेत. तर सोडियममध्ये तीन,पोटॅशियममध्ये चार व रूबिडियममध्ये पाच कक्षमध्ये इलेक्ट्रॉन आहेत. त्याचप्रमाणे सतराव्या गणातील सर्व मूलद्रव्यांमध्ये 7 संयुजा इलेक्ट्रॉन आहेत परंतु फ्लोरीन पासून आयोडिन पर्यंत कक्षांची संख्या वाढत जाते.

2. **आवर्तने** - आवर्तसारणीत सात आडव्या ओळी आहेत. प्रत्येक ओळीला आवर्तन असे म्हणतात. आवर्तनातील मूलद्रव्यांचे अणूक्रमांक हे अनुक्रमाने असतात. आवर्तने 1 ते 7 या अरेबिक अंकांने दर्शवितात.

प्रत्येक आवर्तनामध्ये नवीन कक्ष भरण्याची सुरुवात होते. आवर्तनाचा अंक हा त्या आवर्तनातील ज्या कक्षेची इलेक्ट्रॉन भरण्याची सुरुवात होते. तिचाही अंक असतो. उदा. तिस-या आवर्तनातील मूलद्रव्यांमध्ये (N=3) डावीकडून उजवीकडे तिसरी कक्षा (M = कक्षा) भरावयास सुरुवात होते. या आवर्तनातील पहिले मूलद्रव्य सोडियम (2,8,1) आहे. याच्या संयुजा कक्षेत (३ री कक्षा) फक्त इलेक्ट्रॉन असतो तर याच आवर्तनातील शेवटचे मूलद्रव्य अरगॉन (Ar-2,8,8) यामध्ये संयुजा कक्षेत 8 इलेक्ट्रॉन असतात. तिसरी 8 कक्षा हळूहळू कशी भरत जाते. ते खालील तक्त्यात दाखवले आहे.

तिस-या आवर्तनातील मूलद्रव्ये	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
इलेक्ट्रॉन संरूपण	2,8,1	2,8,2	2,8,3	2,8,4	2,8,5	2,8,6	2,8,7	2,8,8

\* परंतु हे लक्षात ठेवा की सामान्य मूलद्रव्यांमध्येच संयुजा कक्षेत एका पाठोपाठ एक असे इलेक्ट्रॉन भरले जातात. परंतु संक्रामक मूलद्रव्यांमध्ये आतील अपूर्ण कक्षेतही इलेक्ट्रॉन भरले जातात.

- (अ) पहिले आवर्तन हे सर्वात लहान आवर्तन आहे. त्यामध्ये फक्त दोन मूलद्रव्ये आहेत. H आणि He.
- (ब) दुस-या व तिस-या आवर्तनांना लघु आवर्तने म्हणतात. यात प्रत्येकी 8 मूलद्रव्ये असतात.
- (क) चवथ्या व पाचव्या आवर्तनांस दीर्घ आवर्तने म्हणतात. यात प्रत्येकी 18 मूलद्रव्ये असतात.
- (ड) सहावे व सातवे आवर्तन ही प्रदीर्घ आवर्तने असून त्यात प्रत्येकी 32 मूलद्रव्ये असतात.

आपल्या परिसरातील



### 6.3.2 मूलद्रव्यांचे प्रकार :

1. **मुख्य गणातील मूलद्रव्ये** - आवर्त सारणीच्या डाव्या बाजूस असलेल्या पहिल्या व दुस-या गणातील मूलद्रव्ये तसेच आवर्तसारणीत उजव्या बाजूस असलेल्या 13 ते 17 गणातील मूलद्रव्यांना मुख्य गणातील मूलद्रव्ये किंवा प्रातिनिधीक मूलद्रव्ये असे म्हणतात. त्यांची वाहयतम कक्षा अपूर्ण असते म्हणजेच त्यांच्या सर्वात शेवटच्या कक्षेत आठपेक्षा कमी इलेक्ट्रॉन असतात.

2. **राजवायू** - आवर्तसारणीत सर्वात उजव्या बाजूला असलेल्या 18 व्या गणातील मूलद्रव्यांना राजवायू असे म्हणतात. त्यांच्या वाहयतम कक्षेत 8 इलेक्ट्रॉन असतात फक्त हेलियम मध्ये वाहयतम कक्षेत दोन इलेक्ट्रॉन असतात.

त्यांची प्रमुख वैशिष्ट्ये खालीलप्रमाणे आहेत.-

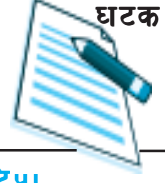
- (अ) त्यांच्या वाहयतम कक्षेत आठ इलेक्ट्रॉन असतात. (फक्त हेलियम मध्ये दोन इलेक्ट्रॉन असतात)
- (ब) त्यांची संयोग पावण्याची क्षमता किंवा संयुजा शून्य असते.
- (क) ते अभिक्रिया करत नाहीत आणि जवळजवळ निष्क्रिय असतात.
- (ड) सर्व सदस्य वायू आहेत.

3. **संक्रामक मूलद्रव्ये** - आवर्त सारणीतील मधल्या भागात ( 3ते 12 या गणात) असणा-या मूलद्रव्यांना संक्रामक मूलद्रव्ये असे म्हणतात. त्यांच्यामध्ये वाहयतम दोन कक्षा अपूर्ण असतात.

ही मूलद्रव्ये सर्वात जास्त विद्युतधन प्रभारित मूलद्रव्यांपासून सर्वात जास्त विद्युत ऋणप्रभारित मूलद्रव्यांपर्यंतच्या बदलाचे प्रतिनिधीत्व करतात म्हणून त्यांना संक्रामक मूलद्रव्ये असे नाव दिले गेले आहे.त्यांची महत्त्वाची वैशिष्ट्ये खालीलप्रमाणे आहेत.

- (अ) ही सर्व मूलद्रव्ये धातू आहेत व त्यांचे विलय बिंदू व उत्कलन बिंदू उच्च आहेत.
- (ब) ते उष्णता व विद्युत यांचे सुवाहक आहेत.
- (क) यातील काही मूलद्रव्ये चुंबकाकडे आकर्षिक होतात.
- (ड) यातील बरीचशी मूलद्रव्ये उत्प्रेरक (Catalyst) म्हणून वापरली जातात.
- (इ) ते बदलत्या संयुजा दर्शवितात.

4. **आंतर संक्रामक मूलद्रव्ये** - यांना दुर्मिळ मृदा मूलद्रव्ये असेही म्हणतात. त्यांना मुख्य आवर्तसारणीच्या तळाशी वेगळे स्थान दिले आहे. यांच्या दोन मालिका असून त्यामध्ये प्रत्येकी 14 मूलद्रव्ये आहेत. पहिल्या मालिकेत लॅथनॉईड्स असे म्हणतात यामध्ये अणुक्रमांक 58 ते 71 ही मूलद्रव्ये येतात. (Ce ते Lu) यांना 57 व्या मूलद्रव्यांच्या बरोबरच्या



म्हणजे लॅथेनम बरोबरच्या जागा (गण 3 ,आवर्तन 6)दिल्या आहेत. याचे कारण त्यांच्यामध्ये बरेच साम्य आढळते.

फक्त सोयीसाठी त्यांना मुख्य आवर्तसारणीत तळाशी दाखवले आहे. दुसरी 14 दुर्मिळ मृदा मूलद्रव्यांची मालिका ॲक्टिनाईड या नावाने संबोधली जाते. यामध्ये अणूक्रमांक 90 ते 103 (Th ते Lr) अशी मूलद्रव्ये आहेत. ह्या सर्व मूलद्रव्यांना ॲक्टिनियम - 89 (Ac) च्या बरोबर (गण-3 आवर्तन-7) त्याच ठिकाणी जागा दिली आहे. परंतु सोयीसाठी त्यांना मुख्य आवर्तसारणीमध्ये खाली दाखवले आहे.

सर्व दुर्मिळ मृदा मूलद्रव्यांमध्ये (लॅथेनाईड्स व ॲक्टिनाईड्स) तीन बाह्यतम कक्षा अपूर्ण आहेत. म्हणून त्यांना आंतरसंक्रामक मूलद्रव्ये असे म्हणतात.

तुम्हाला हे समजून गंमत वाटेल की लॅथेनम हे मूलद्रव्य लॅथेनाईड नाही. व ॲक्टिनियम हे मूलद्रव्य ॲक्टिनाईड नाही.

5. **धातू** - आवर्तसारणीच्या डाव्या हाताला धातू आहेत. तीव्र धातू असणारी मूलद्रव्ये,अल्क धातू (Li, Na, K, Rb ,Cs, Fr ) आणि अल्का मृदा धातू ( Be, B,Mg, Ca, Sr, Ba, Ra ) हे अनुक्रमे गण-1 व गण-2 मध्ये आहेत.
6. **अधातू** - आवर्तसारणीतील उजवी बाजू अधातूंची व्यापली आहे. हॅलोजनसारखी (F,Cl,Br,I,At ) तीव्र अधातू मूलद्रव्ये आणि चालकोजेन्स (O,S,Se,Te,Po) हे अनुक्रमे 17 व 16 या गणात असतात.
7. **धातूसदृश मूलद्रव्ये ( Metalloids)-** धातूसदृश ही मूलद्रव्ये धातू व अधातू या दोघांचेही गुणधर्म दर्शवितात. 13 व्या गणापासून 16 व्या गणाच्या तळापर्यंत तिरकी रेषा काढल्यास या रेषेवर असलेली मूलद्रव्ये धातूसदृश असतात यांना अंशतः धातू असेही म्हणतात.



**कृती 6.1**

खाली दिलेल्या अक्षर समुहातील अक्षरांची जुळवाजुळव करून मूलद्रव्यांचे नाव शोधा. त्यांचे आवर्त सारणीतील स्थान व त्यांचे नाव योग्य त्या रिकाम्या जागी भरा.

- (अ) र अ न गॉ ..... हा राजवायू आहे यांचे स्थान आधुनिक आवर्तसारणीतील ..... गणात आणि तिस-या आवर्तनात आहे.
- (ब) य म थि ली ..... हा अल्कधातू असून त्याचे स्थान आधुनिक आवर्तसारणीतील ..... आवर्तनात आहे.
- (क) लि श म य कॅ ..... हा अल्कमृदा धातू आधुनिक आवर्तसारणीतील ..... या गणात व चवथ्या आवर्तनात आहे.





टिपा

(ड) स फ फॉ स र ..... हा धातूसदृश असून आधुनिक आवर्तसारणीत तो 15 व्या गणात व ..... आवर्तनात आहे.

### 6.3.3 आधुनिक आवर्तसारणीचे फायदे :-

खाली दिलेले मुद्दे मेंडेलीफच्या आवर्त सारणीतील त्रुटी दूर करतात. म्हणून आधुनिक आवर्त सारणी जगभरातील शास्त्रज्ञांनी स्वीकारली आहे.

1. **समस्थानिकांची स्थाने** - मूलद्रव्यांच्या सर्व समस्थानिकांचे अणुक्रमांक सारखेच असतात आणि म्हणून आधुनिक आवर्त सारणीत ते एकाच स्थानावर असतात.
2. **असंगत जोड्या** - वर्गीकरणाचा पाया अणुक्रमांक मानल्यास या सर्व जोड्यांची विसंगती दूर होते. उदा. कोबाल्ट (अ.क्र.27) जरी त्याचा अणूभार निकेल पेक्षा थोडा जास्त असला तरी निकेल (अ.क्र.28) च्या अगोदरच येतो.
3. **इलेक्ट्रॉन संरूपण** - हे वर्गीकरण मूलद्रव्यांच्या इलेक्ट्रॉन संरूपणाप्रमाणे आहे. म्हणजे ज्या मूलद्रव्यांचे इलेक्ट्रॉन संरूपण एका ठराविक पध्दतीचे आहे. त्यांना सर्वांना आवर्त सारणीत एकाच गणात स्थान दिले आहे. तसेच या आवर्तसारणीत मूलद्रव्यांचे गुणधर्म हे त्यांच्या इलेक्ट्रॉन संरूपणाशी निगडित केले आहेत. हा मुद्दा पुढील विभागात सविस्तर चर्चिण्यात आला आहे.
4. **धातू आणि अधातू यांना वेगळे करणे** - धातू आणि अधातू व धातूसदृश यांची स्थाने आधुनिक आवर्त सारणीत स्पष्टपणे दाखविली आहेत.
5. **संक्रामक मूलद्रव्यांची स्थाने** - यामध्ये संक्रामक मूलद्रव्यांची स्थाने विशेष स्पष्ट केली आहेत.
6. **मूलद्रव्यांचे गुणधर्म** - यामध्ये मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मामध्ये होणारे बदल, त्यातील फरक इ. स्पष्टपणे व्यक्त होते.
7. ही सारणी सुलभ आणि पध्दतशीर असून वेगवेगळ्या धातूंचे गुणधर्म लक्षात ठेवण्याचा सोपा मार्ग आहे.



### सरावासाठी प्रश्न 6.2

1. मेंडेलीफच्या आवर्त सारणीत कोणत्याही दोन त्रुटी/दोष सांगा, की जे आधुनिक आवर्त सारणीतून काढून टाकले आहेत. ते कसे काढले गेले आहेत ?
2. धातूसदृश मूलद्रव्ये ही 13 व्या गणापासून 16 व्या गणाच्या खालच्या टोकापर्यंत काढलेल्या तिरक्या रेपेवर असतात. आधुनिक आवर्त सारणीत त्यांचे हे स्थान योग्य आहे का ?



6.4

**आवर्ती गुणधर्म** - मागील विभागात तुम्ही दीर्घश्रेणी आवर्त सारणीची प्रमुख वैशिष्ट्ये शिकलात आणि तुम्हाला माहित आहे की ते गण आणि आवर्तनांनी बनलेले आहे. आपण त्यांचे दोन महत्वाचे गुणधर्म परत पाहूया.

1. दिलेल्या गणामध्ये इलेक्ट्रॉन भरलेल्या कक्षा वाढत जातात. एकाच गणातील सर्व मूलद्रव्यांमध्ये संयुजा कक्षेत सारखेच इलेक्ट्रॉन्स असतात. परंतु हे इलेक्ट्रॉन केंद्रापासून सर्वात दूर असलेल्या वरच्या कक्षेत असतात. या दृष्टीकोनातून जसजसे गणामध्ये खाली खाली जावे तसतसे बाह्यतम कक्षेवर कार्य करणारे केंद्रकीय बल कमी कमी होत जाते.
2. दिलेल्या आवर्तनात व ठराविक कक्षेत केंद्रकीय बल आणि संयुजा इलेक्ट्रॉनची संख्या डावीकडून उजवीकडे वाढत जाते. त्यामुळे संयुजा इलेक्ट्रॉन आणि केंद्रक यातील आकर्षण बल हे आवर्तनात डावीकडून उजवीकडे वाढत जाते.

वर दिलेले हे बदल गुणधर्मांवर परिणाम करतात आणि गण व आवर्तनामध्ये बदल दर्शवितात. हे अणुक्रमांकाच्या काही अंतराने पुनरावृत्ती दाखवितात. त्यांना आवर्ती गुणधर्म असे म्हणतात. आता तुम्ही आवर्त सारणीतील दोन अशा गुणधर्मातील बदल अभ्यासणार आहात.

**अ. अणूचा आकार -**

स्वतंत्र अणूमध्ये अणूच्या केंद्रकाचा मध्यभाग आणि बाह्यतम कक्षा यातील अंतर म्हणजे अणूचा आकार होय. याला अणूची त्रिज्या असेही म्हणतात. ही पिकोमीटरमध्ये ( $1\text{pm}=10^{-12}\text{m}$ ) मोजली जाते. अणूचा आकार हा अणूचा खूप महत्वाचा गुणधर्म आहे याचे कारण इतर अनेक गुणधर्मांशी तो संबंधित आहे.

**आवर्त सारणीत अणूच्या आकारात दिसणारा बदल -**

अणूचा आकार आवर्तनामध्ये डावीकडून उजवीकडे कमी कमी होत जातो परंतु गणामध्ये वरपासून खालपर्यंत वाढत जातो. उदा. दुस-या आवर्तनातील आणि पहिल्या गणातील अणूच्या त्रिज्या अनुक्रमे तक्ता क्र. 6.7 व 6.8 मध्ये दिल्या आहेत.

तक्ता क्र.6.7. दुस-या आवर्तनातील मूलद्रव्यांच्या अणूच्या त्रिज्या.

अणुक्रमांक	3	4	5	6	7	8	9
दुस-या आवर्तनातील मूलद्रव्ये	Li	Be	B	C	N	O	F
पिकोमीटर मध्ये अणूच्या त्रिज्या	1.34	90	82	77	75	73	72
अणूचा आकार	O	O	O	O	O	O	O

आवर्तनामध्ये अणुक्रमांक आणि त्यामुळे केंद्रकातील धनप्रभार हळूहळू वाढत जातो. याचा परिणाम म्हणून इलेक्ट्रॉन्स जास्त तीव्रतेने आकर्षित होतात आणि ते केंद्रकाच्या जास्त जवळ येतात. यामुळे आवर्तनामध्ये डावीकडून उजवीकडे अणूचा आकार कमी कमी होत जातो.



टिपा

आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा

गणामध्ये खाली खाली जाताना अणूभोवती नवीन कक्षेची भर पडते. ही कक्षा केंद्रकापासून सर्वात दूर असते. त्यामुळे इलेक्ट्रॉन्स केंद्रकापासून दूर जातात. त्यामुळे गणामध्ये वरपासून खालपर्यंत अणूचा आकार वाढत जातो.

तक्ता क्र.6.8. गण I मधील मूलद्रव्यांच्या अणूंच्या त्रिज्या.

अणुक्रमांक	मूलद्रव्य (गण 1 मधील)	अणूची त्रिज्या पिकोमीटरमध्ये	अणूचा आकार
3	Li	134	○
11	Na	154	○
19	K	196	○
37	Rb	211	○
55	Cs	225	○

व. धातू गुण व अधातू गुण गुणधर्म -

एखाद्या मूलद्रवांच्या इलेक्ट्रॉन देऊन धनप्रभारित आयन (कॅटायन) तयार करण्याच्या प्रवृत्तीला त्या मूलद्रव्याची विद्युत धनप्रभारिता किंवा त्याचा धातू गुण असे म्हणतात. अल्क धातू हे सर्वात जास्त विद्युत धनप्रभारित आहेत. मूलद्रव्यांच्या इलेक्ट्रॉन घेऊन ऋणप्रभारित आयन (ॲनायन) तयार करण्याच्या प्रवृत्तीला त्या मूलद्रव्याची विद्युत ऋणप्रभारिता किंवा त्याचा अधातू गुण असे म्हणतात.

(अ) गणामध्ये धातूगुणाविषयी दिसणारा बदल -

गणामध्ये वरपासून खालपर्यंत इलेक्ट्रॉन देण्याची प्रवृत्ती वाढत जाते. म्हणून धातूगुणही वाढत जातो. त्यामुळे विद्युतधनप्रभारिता गुण आणि धातू प्रवृत्ती वाढत जाते. खाली दाखविल्याप्रमाणे हा बदल 14 व्या गणात सर्वात उत्तम रितीने दिसून येतो.

तक्ता क्र.6.9. 14 व्या गणातील मूलद्रव्यांचे धातू गुण.

मूलद्रव्ये	प्रवृत्ती/गुण
C	अधातू
Si	धातू-सदृश
Ge	धातू-सदृश
Sn	धातू
Pb	धातू

(ब) आवर्तनामध्ये धातू गुणाविषयी दिसणारा बदल -

आवर्तनामध्ये डावीकडून उजवीकडे धातू गुण कमी कमी होत जातो. याचे कारण आवर्तनामध्ये आयनीभवनाची ऊर्जा वाढत जाते. त्यामुळे विद्युतधनप्रभारिता कमी कमी होत जाते आणि म्हणून धातूगुणही कमी होतो. तिस-या आवर्तनातील मूलद्रव्यांच्या धातू गुणातील बदल खाली दर्शविले आहेत.

तक्ता क्र. 6.10 तिस-या आवर्तनातील मूलद्रव्यांचे धातूगुण.

मूलद्रव्य	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
प्रवृत्ती /गुण	धातू	धातू	धातू	धातू सदृश	अधातू	अधातू	अधातू

या विभागात तुम्ही आवर्त सारणीतील काही गुणधर्मांच्या बदलांचा अभ्यास केलात. आवर्त सारणीतील काही महत्त्वाचे गुण/प्रवृत्ती सामान्यपणे खाली सारांशाने दिल्या आहेत.

तक्ता क्र. 6.11 गण आणि आवर्तनातील विविध आवर्ती गुणधर्मातील बदल.

गुणधर्म	आवर्तनामध्ये डावीकडून उजवीकडे	गणामध्ये वरपासून खालपर्यंत
अणूक्रमांक	वाढतो	वाढतो
अणूचा आकार	कमी होतो	वाढतो
धातू गुण	कमी होतो	वाढतो
अधातू गुण	वाढतो	कमी होतो



सरावासाठी प्रश्न 6.3

1. रिकाम्या जागी योग्य शब्द भरा.

- (अ) आवर्तनामध्ये डावीकडून उजवीकडे केंद्रक व संयुजा इलेक्ट्रॉन मधील आकर्षण बल .....
- (ब) आवर्तनामध्ये डावीकडून उजवीकडे मूलद्रव्यांच्या अणूची त्रिज्या.....
- (क) गणामध्ये वरून खाली मूलद्रव्यांच्या अणूची त्रिज्या .....
- (ड) गणामध्ये वरून खाली मूलद्रव्यांचे धातू गुण.....

आपल्या परिसरातील



टिप

आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा

2. खाली दिलेल्या शब्द कोड्यात आडवी, उभी, तिरकी वरून खाली मूलद्रव्यांची नावे इंग्रजीमध्ये आलेली आहेत. तुम्हाला पाच मिनीटात किती मूलद्रव्यांची नावे शोधता येतात ते पहा.

Z	N	H	Y	D	R	O	G	E	N
M	B	I	C	A	R	B	O	N	O
A	D	E	T	B	A	R	I	U	M
G	X	Y	H	R	M	U	S	A	S
N	A	D	E	O	O	A	O	O	I
E	I	U	J	P	X	G	I	S	L
S	O	D	I	U	M	Y	E	L	I
I	D	M	U	X	A	I	G	N	C
U	I	O	M	O	G	E	Y	E	O
M	N	D	P	S	B	O	R	O	N
A	E	C	H	L	O	R	I	N	E

पाठांतर्गत प्रश्नांच्या उत्तरात तुम्ही काढलेली उत्तरे तपासून पहा आणि काही नावे राहून गेली का ते पहा.

3. खाली दिलेल्या पैकी किती कोडी तुम्ही सोडवू शकता ते पहा.

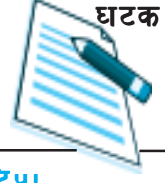
- मी एकटाच असा राजवायू आहे की माझ्या वाह्यतम कक्षेत दोन इलेक्ट्रॉन आहेत. मी कोण ?
- आधुनिक आवर्तसारणीत माझे स्थान सोळाव्या गणात आहे. तुमच्या श्वसनासाठी माझी खूप आवश्यकता आहे. मी कोण ?
- मी क्लोरीनशी संयोग पावून टेबल सॉल्ट (मीठ) तयार करतो. मी कोण ?

टीप - उत्तरे पुढे दिली आहेत.



आपण काय शिकलो ?

- मूलद्रव्यांचे प्रथम केलेले वर्गीकरण हे धातू व अधातू असे होते.
- अणूभारांकाच्या (जुने नाव - अणूचे वजन) शोधानंतर मूलद्रव्याचा मूलभूत गुणधर्म म्हणून त्याचा विचार झाला. आणि इतर गुणधर्मांशी त्याचा संबंध प्रस्थापित करण्याविषयी प्रयत्न झाले.



- जॉन डोबेरायनरने मूलद्रव्यांना त्रिकांच्या गटात एकत्र केले. अणूभारांक आणि मधल्या मूलद्रव्यांचे गुणधर्म हे इतर दोन मूलद्रव्यांच्या अणूभारांकाच्या सरासरी इतके असतात. त्याला फक्त काहीच मूलद्रव्ये त्रिकांमध्ये एकत्र करता आली. उदा. (i) Li,Na व K (ii) Ca, Sr,Ba (iii) Cl,Br,I इ.
- न्यूलॅंड्सने गुणधर्मातील आवर्तीपणा पहाण्याचा प्रयत्न केला व त्यावरून त्याने अष्टकाचा नियम सांगितला. 'जेव्हा मूलद्रव्ये त्यांच्या चढत्या अणूभारांकाप्रमाणे मांडली जातात तेव्हा प्रत्येक आठव्या मूलद्रव्याचे गुणधर्म हे पहिल्या मूलद्रव्याच्या गुणधर्मासारखे असतात. त्याला माहित असलेल्या 60 मूलद्रव्यांपैकी फक्त कॅल्शियम पर्यंतच्या मूलद्रव्यांची मांडणी याप्रमाणे करता आली.
- मेंडेलीफने अणूभारांक व इतर गुणधर्म यातील संबंधाचे निरीक्षण केले आणि त्याचा आवर्ती नियम मांडला. 'मूलद्रव्यांचे भौतिक व रासायनिक गुणधर्म हे त्यांच्या अणूभारांकाचे आवर्ती फल आहेत.'
- मेंडेलीफने प्रथम आवर्तसारणी तयार केली. तिला त्याचे नाव दिले गेले. त्यामध्ये माहिती असलेल्या सर्व मूलद्रव्यांचा समावेश होता. त्यामध्ये सात आडव्या ओळी असून त्यांना आवर्तने असे म्हटले गेले आणि त्यांना 1 ते 7 अंक दिले गेले. त्यामध्ये आठ उभे स्तंभ असून त्यांना गण असे म्हणतात. त्यांना I ते VIII असे अंक दिले गेले.
- मेंडेलीफच्या आवर्त सारणीतील साध्य झालेली मुख्य उद्दिष्टे म्हणजे -
  - 1) माहित असलेल्या सर्व मूलद्रव्यांना सारणीमध्ये स्थान मिळाले.
  - 2) नव्या मूलद्रव्यांचे भाकित केले गेले.
- मेंडेलीफच्या आवर्तसारणीतील मुख्य त्रुटी म्हणजे -
  - 1) समस्थानिकांची स्थाने
  - 2) अरगॉन व पोटॅशियम सारख्या मूलद्रव्यांच्या असंगत जोड्या.
  - 3) वेगळे असलेल्या मूलद्रव्यांना एकाच गटात स्थान आणि सारख्या असलेल्या मूलद्रव्यांना वेगळ्या गटात स्थान.
- मोस्लेने मूलद्रव्यांचा मूलभूत गुणधर्म हा अणूभारांक नसून अणुक्रमांक असल्याचा शोध लावला. या शोधाप्रमाणे आवर्ती नियमात बदल करून तो 'मूलद्रव्यांचे रासायनिक व भौतिक गुणधर्म हे त्यांच्या अणुक्रमांकाचे आवर्तीफल आहेत असा केला. हाच आधुनिक आवर्ती नियम होय.
- आधुनिक आवर्ती सारणी अणुक्रमांकावर आधारित आहे. त्याची दीर्घश्रेणी IUPAC ने स्वीकारली आहे. त्यामध्ये सात (1-7) आवर्तने असून 18 (1-18) गण आहेत. यामध्ये मेंडेलीफच्या आवर्तसारणीतील त्रुटी काढून टाकल्या गेल्या आहेत. एकाच गणातील सर्व मूलद्रव्यांमध्ये सारखेच संयुजा इलेक्ट्रॉन असतात आणि म्हणून ते सारखीच संयुजा दाखवितात. त्यांचे रासायनिक गुणधर्मही समान असतात.



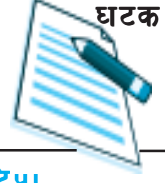
- मूलद्रव्यांच्या आवर्त सारणीतील मांडणीमध्ये आवर्तीपणा दिसतो. अणूची त्रिज्या आणि धातू गुण गणामध्ये वरपासून खालीपर्यंत वाढताना दिसतात आणि आवर्तनात डावीकडून उजवीकडे कमी होताना दिसतात.



वस्तुनिष्ठ प्रश्न -

I. अचूक निवडीला खूण (✓) करा.

- 1) खालीलपैकी कोणता प्रयत्न हा मूलद्रव्यांच्या वर्गीकरणाचा पहिला प्रयत्न होता ?  
(अ) मूलद्रव्यांचे धातू आणि अधातू असे वर्गीकरण  
(ब) न्यूलॅंड्सचा अष्टकाचा नियम  
(क) डोबेरायनरची त्रिके  
(ड) मेंडेलीफची आवर्त सारणी.
- 2) अष्टकाचा नियम ..... ने सांगितला.  
(अ) मेंडेलीफ (ब) न्यूलॅंड्स (क) लॉथर मेयर (ड) डोबेरायनर
- 3) मेंडेलीफने सांगितलेल्या आवर्ती नियमानुसार मूलद्रव्यांचे गुणधर्म ..... चे आवर्ती फल आहेत.  
(अ) अणूचे आकारमान (ब) अणूचा आकार  
(क) अणूक्रमांक (ड) अणूवस्तुमानांक
- 4) सर्व मूलद्रव्यांच्या केंद्रकात सार्वत्रिक असणारा कण म्हणजे ..... होय.  
(अ) न्यूट्रॉन (ब) प्रोटॉन (क) इलेक्ट्रॉन (ड)  $\alpha$  कण
- 5) सोडियम पेक्षा पोटॅशियम हा जास्त धातूगुण असणारा आहे कारण .....  
(अ) दोघांच्याही बाह्यतमकक्षेत एक इलेक्ट्रॉन आहे.  
(ब) दोघेही खूपच विद्युतधनप्रभारित आहेत.  
(क) सोडियम हा पोटॅशियम पेक्षा आकाराने मोठा आहे.  
(ड) पोटॅशियम हा सोडियमपेक्षा आकाराने मोठा आहे.
- 6) खालीलपैकी कोणते मूलद्रव्य त्याच्या क्लोराईड संयुगामध्ये त्याची संयुजा ही संयुजा इलेक्ट्रॉन इतकी दाखवत नाही ?



- अ) NaCl (ब) MgCl<sub>2</sub> (क) AlCl<sub>3</sub> (ड) PCl<sub>3</sub>
- 7) खालीलपैकी कोणत्या मूलद्रव्याची कॅटायन (धन प्रभारित आयन) करण्याची प्रवृत्ती सर्वात कमी आहे?
- अ) Na (ब) Ca (क) B (ड) Al
- 8) खालीलपैकी कोण अल्क धातूच्या परिवारातील नाही?
- (अ) Li (ब) Na (क) Be (ड) K
- 9) आवर्तसारणीतील 5 व्या आवर्तनातील मूलद्रव्यांची संख्या ..... असते.
- अ) 2 (ब) 8 (क) 32 (ड) 18
- 10) अणुक्रमांक 9 असलेले मूलद्रव्य खालील अणुक्रमांकाच्या पैकी कोणत्या मूलद्रव्याशी साम्य दाखवते?
- (अ) 35 (ब) 27 (क) 17 (ड) 8
- 11) आवर्तसारणीतील कोणत्या आवर्तनात अणुक्रमांक 20 असलेल्या मूलद्रव्याचे स्थान आहे ?
- अ) 4 (ब) 3 (क) 2 (ड) 1

**ी. खालील विधानापैकी चूक व बरोबर ओळखा .**

१. डोवेरायनरच्या त्रिकातील मधल्या मूलद्रव्याचे गुणधर्म हे इतर दोन मूलद्रव्यांच्या दरम्यानचे आहेत .
२. आवर्तसारणीतील उभ्या स्तंभांना गण असे म्हणतात .
३. मेंडेलीफने मूलद्रव्यांचे वर्गीकरण करताना फक्त त्यांच्या अणूभारांकाचा आधार घेतला .
४. एका गणातील सर्व मूलद्रव्ये रासायनिक दृष्ट्या सारखी असतात .
५. आधुनिक आवर्ती नियम अणूभारांकावर आधारित आहे .
६. मूलभूत गुणधर्म असल्याने अणुक्रमांकांचे महत्त्व हेन्री मोस्लेने जाणले .
७. आधुनिक आवर्त सारणीत 18 गण (स्तंभ) आहेत .
८. आवर्त सारणीतील मधल्या भागात अधातूंचे स्थान आहे .
९. आधुनिक आवर्ती वर्गीकरणात प्रत्येक आवर्तन नवीन कक्षत इलेक्ट्रॉन भरण्याने सुरू होते .

**ीी. रिकाम्या जागा भरा .**

1. आधुनिक आवर्ती नियमानुसार मूलद्रव्याचे गुणधर्म हे त्याच्या ..... आवर्तीफल आहेत .

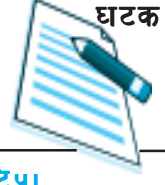


2. .... क्रमांक हा कक्षेच्या क्रमांकाइतकाच असतो की जी कक्षा आवर्तनातील मूलद्रव्यांमध्ये हळूहळू भरली जाते.
3. विशिष्ट आवर्तनातील सामान्य मूलद्रव्यांमध्ये ..... कक्षेत एक एक करून इलेक्ट्रॉन भरले जातात.
4. विशिष्ट गणातील सर्व मूलद्रव्यांचे इलेक्ट्रॉन संरूपण ..... असते.
5. आधुनिक आवर्तसारणीमध्ये गणांना ..... पासून..... पर्यंत अंक दिलेले आहेत.
6. आवर्त सारणीतील दुस-या व तिस-या आवर्तनास ..... आवर्तने म्हणतात.
7. आवर्तसारणीत मुख्य गणातील मूलद्रव्ये डावीकडील 1 व 2 या गणात तर उजवीकडील .....ते ..... या गणात असतात.
8. अठराव्या गणातील सर्व मूलद्रव्यांच्या संयुजा कक्षेत (फक्त पहिल्या मूलद्रव्यांच्या सोडून) ..... इलेक्ट्रॉन असतात.
9. सर्व संक्रामक मूलद्रव्ये धातू असून त्यांचा विलय बिंदू व उत्कलन बिंदू .....असतात.
10. तिस-या गणातील व सातव्या आवर्तनातील 14 दुर्मिळ मृदा धातूंच्या गटाला..... असे म्हणतात.
11. .... मध्ये असणा-या सर्व मूलद्रव्यांची संयुजा सारखीच असते.
12. आवर्तनामध्ये डावीकडून उजवीकडे अणूंचा आकार ..... .
13. मॅग्नेशियम हे कॅल्शियमपेक्षा ..... धातूगुणाचे आहे.
14. आवर्तसारणीत कार्बनचे स्थान ..... गणात आहे.
15. 15 व्या गणातील सर्व मूलद्रव्यांच्या संयुजा कक्षेत ..... इलेक्ट्रॉन असतात.

**(ब) लघुत्तरी प्रश्न (एका शब्दात अगर एका वाक्यात उत्तरे द्या.)**

1. मूलद्रव्यांचे सर्वात प्रथम वर्गीकरण काय होते.
2. न्यूलॅंड्सचा अष्टकाचा नियम सांगा.
3. राजवायूंच्या शोधानंतर मूलद्रव्यांचे कोणते वर्गीकरण अपयशी ठरले ?
4. मॅंडेलीफचा आवर्ती नियम सांगा.
5. मॅंडेलीफच्या आवर्त सारणीत गणांना कशाप्रकारे क्रमांक दिले होते ?
6. आधुनिक आवर्ती नियम मूलद्रव्यांच्या ज्या मूलभूत गुणधर्मावर आधारलेला आहे त्या गुणधर्माचे नाव सांगा.





7. आधुनिक आवर्त सारणीत किती गण आहेत ?
8. आधुनिक आवर्त सारणीत गणांना कशाप्रकारे क्रमांक दिले आहेत?
9. सामान्य मूलद्रव्ये म्हणजे काय ?
10. आधुनिक आवर्त सारणीत मधल्या भागात असणा-या मूलद्रव्यांना काय म्हणतात ?
11. अणूचा आकार म्हणजे काय ?
12. आवर्तनामध्ये व गणामध्ये अणूचा आकार कशाप्रकारे बदलत जातो ?
13. कुठल्याही गणात सर्वात मोठ्या आकाराचे मूलद्रव्य कोठे असते ?
14. ज्या गणात धातू ,अधातू व धातूसदृश अशा तीनही प्रकारची मूलद्रव्ये आहेत असे गण सांगा .

### III. लघुत्तरी प्रश्न (30 ते 40 शब्दात उत्तरे लिहा)

१. डोबेरायनरचा त्रिकांचा नियम लिहा .
२. क्लोरिन ,ब्रोमीन व आयोडिन (अणुभारांक अनुक्रमे 35.5,80.0 आणि 127) मिळून त्रिक तयार करतात हे दाखवा .
३. न्यूलॅंड्सच्या अष्टकाच्या नियमाची कारणे सांगा .
४. मेंडेलीफच्या आवर्तसारणीचे स्तंभ आणि आवर्तने यांच्या माध्यमातून वर्णन करा .
५. मेंडेलीफच्या आवर्ती वर्गीकरणाची दोन साध्य उद्दिष्टे सांगा .
६. मेंडेलीफच्या आवर्ती वर्गीकरणाचे दोन दोष सांगा .
७. आधुनिक आवर्ती नियम लिहा .
८. गण आणि आवर्तने यांच्या स्वरूपात आधुनिक आवर्त सारणीचे वर्णन करा .
९. ज्या चार वर्गामध्ये मूलद्रव्यांचे वर्गीकरण केले आहे त्यांची नावे सांगा . आणि आवर्त सारणीतील कोणत्या भागात ते आहेत ते सांगा .
१०. दीर्घश्रेणी आधुनिक आवर्त सारणीचे फायदे सांगा . त्यातील दोघांचे स्पष्टीकरण द्या .
११. एका ठराविक गणातील सर्व मूलद्रव्यांचे इलेक्ट्रॉन संरूपण कसे असते ? 17 व्या गणातील मूलद्रव्यांचे उदाहरण घेऊन स्पष्ट करा .
१२. विशिष्ट आवर्तनातील मूलद्रव्यांचे इलेक्ट्रॉन संरूपण कसे बदलते ? दुस-या आवर्तनातील मूलद्रव्यांचे उदाहरण घेऊन स्पष्ट करा .
१३. अणूच्या त्रिज्येची व्याख्या लिहा .



१४. गणामध्ये वरून खाली धातू गुण बदलत जातात का ? व कसे ?

IV. दीर्घोत्तरी प्रश्न (60 ते 70 शब्दांमध्ये उत्तरे द्या.)

1. मेंडेलीफचा आवर्ती नियम सांगा. आणि त्या आधारावर आवर्त सारणीची बांधणी कशी केली त्याचे वर्णन करा.
2. मेंडेलीफच्या आवर्ती वर्गीकरणाचे गुण व दोष कोणते ?
3. गण व आवर्तनाच्या स्वरूपात आधुनिक आवर्त सारणीचे वर्णन करा.
4. खाली दिलेली मूलद्रव्ये कोणत्या प्रकारची आहेत ? आवर्त सारणीत त्यांचे स्थान कोठे आहे ?  
(अ) मुख्य गणातील मूलद्रव्ये (ब) राजवायू  
(क) संक्रामक मूलद्रव्ये (ड) आंतर संक्रामक मूलद्रव्ये.
5. आधुनिक आवर्त सारणीच्या गुणांची चर्चा करा.
6. आधुनिक आवर्त सारणी व इलेक्ट्रॉन संरूपण यातील नाते स्पष्ट करा.
7. गणामध्ये व आवर्तनामध्ये होणारा अणूच्या आकारातील फरक स्पष्ट करा.
8. धातूगुण व आयनीभवनाची ऊर्जा यातील संबंध सांगा. आवर्त सारणीमध्ये धातूगुणात होणारा बदल स्पष्ट करा.



पाठांतर्गत प्रश्नांची उत्तरे

6.1

$$1. \text{ अणूभारांक } v = \frac{20+40}{2} = 30$$

2. अणूभारांक

3. गण

4. ही मूलद्रव्याची स्थाने आहेत की ज्याचा शोध अजून लागायचा आहे.

5. खालीलपैकी कोणतेही तीन.

- (i) हायड्रोजनचे स्थान (ii) समस्थानिकांचे स्थान (iii) मूलद्रव्यांच्या असंगत जोड्या  
(iv) रासायनिक दृष्ट्या एकसारख्या नसलेल्या मूलद्रव्यांचे गट (v) रासायनिक दृष्ट्या सारखी असणारी मूलद्रव्ये वेगळी ठेवणे. (vi) इलेक्ट्रॉन संरूपणाविषयी कोणतेही स्पष्टीकरण दिलेले नसणे.

6.2

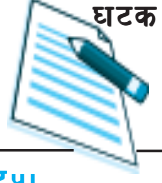
1. जेव्हा मूलद्रव्ये त्यांच्या अणुक्रमांकाच्या चढत्या क्रमाने मांडली गेली तेव्हा असंगत जोड्यातील विसंगती आपोआपच काढली गेली. याचे कारण पहिल्या मूलद्रव्याचा अणुक्रमांक हा दुसऱ्या मूलद्रव्याच्या अणुक्रमांकापेक्षा कमी होता जरी त्यांचे अणुभारांक अनुक्रमे जास्त व कमी असले तरी.
2. समस्थानिकांची स्थाने - मूलद्रव्यांच्या सर्व समस्थानिकांचे अणुक्रमांक हे एकच असतात त्यामुळे आवर्त सारणीत त्या सर्वांना एकच स्थान दिले गेले आहे.

6.3

1. (अ) वाढत जाते (ब) कमी होत जातात.  
(क) वाढत जातात (ड) वाढत जातात.
2. आडवे - हायड्रोजन, कार्बन, बेरियम, सोडियम, बोरॉन  
उभे - मॅग्नेशियम, आयोडिन, हेलियम, निऑन, सिलिकॉन  
तिरके- नायट्रोजन, ऑक्सिजन
3. (i) हेलियम (ii) ऑक्सिजन (iii) सोडियम.

आपल्या परिसरातील

घटक



टिपा



## आम्ले, आम्लारी व क्षार

पिढ्यान पिढ्या आपले पालक (पूर्वज) तांब्यांच्या भांड्यांना चकचकीतपणा आणण्यासाठी चिंचेचा किंवा लिंबाच्या रसाचा वापर करताना दिसतात. आपली आई लोणचे ठेवण्यासाठी धातूच्या भांड्याचा वापर करत नाही. मीठ आणि साखरेचा उपयोग पदार्थ नासू नयेत यासाठी परिणामकारकरित्या केला जातो. आपल्या पूर्वजांना चिंच, लिंबू, व्हिनेगर, साखर हे पदार्थ परिणामकारकरित्या वापरता येतात हे कसे माहित झाले? हा सामान्य सामुदायिक शहाणपणा होता. जो पिढ्यान पिढ्या पुढे दिला गेला. आता आपल्या घरात ब्लिचींग पावडर, बेकींग सोडा वगैरे पदार्थ नेहमी वापरले जातात. तुम्ही स्वच्छता करण्यासाठी विविध पदार्थ वापरले असतील. उदा. उघडी सांडपाण्याची नळी किंवा पाईप किंवा खिडकीच्या तावदानाच्या काचा चकचकीत करण्यासाठी ही रसायने कशी काम करतात? या पाठामध्ये आपण या व अशा प्रश्नांची उत्तरे शोधणार आहोत. यातील व-याचश्या उदाहरणाचे वर्गीकरण आम्ले, आम्लारी आणि क्षार असे करता येते आपण या विभागात या पदार्थांची गटवारी करू या. आपण त्यांच्या वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्माचा अभ्यास ही करू या. तसेच आपण सामू (आम्लाचे परिमाण) म्हणजे काय ते ही शिकू या आणि आपल्या जीवनातील त्यांचे महत्व समजाऊन घेऊ या.



### उद्देश :

हा पाठ पूर्ण शिकल्यावर तुम्ही खालील गोष्टी करू शकाल.

- आम्ल, आम्लारी, क्षार आणि दर्शक यांच्या व्याख्या सांगणे.
- काही घरगुती वापरत असलेली आम्ले, आम्लारी, क्षार यांची उदाहरणे देणे व योग्य दर्शक सुचविणे.
- आम्ले व आम्लारी यांचे गुणधर्म सांगणे.
- तीव्र आणि सौम्य आम्ले व तीव्र आणि सौम्य आम्लारी यातील फरक सांगणे.
- आम्ले आणि आम्लारी यांच्या आयनीभवनामध्ये पाण्याची भूमिका स्पष्ट करणे.
- पाण्याच्या आयनिक प्रॉडक्टच्या स्थिरांकाचे स्पष्टीकरण देणे.

## आम्ले, आम्लारी व क्षार

- सामू ची व्याख्या करणे .
- हायड्रोजन आयनांची संहती आणि पाण्यातील द्रावणाचे उदासिन, आम्लधर्मी व आम्लारीधर्मी सामू यांच्यातील संबंध सांगणे .
- सामू चे दैनंदिन जीवनातील महत्व ओळखणे .
- क्षारांची व्याख्या करणे व त्यांना बनविण्याच्या पध्दतींचे वर्णन करणे .
- क्षाराचा स्वभावधर्म आणि त्याच्या पाण्यातील द्रावणाचा सामू यातील नाते ठरवणे .
- बेकिंग सोडा (खाण्याचा सोडा), धुण्याचा सोडा, प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस, विरंजक चूर्ण यांचे उत्पादन व यांचा उपयोग यांचे वर्णन करणे .

### 8.1 आम्ले आणि आम्लारी :

हजारो वर्षांपासून व्हिनेगर, लिंबू, आवळा, चिंच आणि इतर अनेक अन्नपदार्थ आंबट चवीचे असतात हे लोकांना माहित आहे . पण काही शे वर्षांपूर्वीच या पदार्थांची आंबट चव त्यात असणा-या आम्लांमुळे असते असे सुचविले गेले . 'आम्ल' हा शब्द लॅटिन भाषेतील अक्रे म्हणजे आंबट या शब्दावरून आला . हा शब्द प्रथम रॉबर्ट बॉईल याने 17 व्या शतकात पदार्थासाठी त्यांच्या गुणधर्मा प्रमाणे आम्ल किंवा आम्लारी असे संबोधण्यासाठी वापरला .

आम्ले	आम्लारी
चवीला आंबट असतात .	चवीला कडवट असतात .
धातूचे क्षण करतात	हाताला बुळबुळीत किंवा सावणाप्रमाणे लागतात .
निळा लिटमस तांबडा करतात .	तांबडा लिटमस निळा करतात .
आम्लारीबरोबर मिसळल्यास आम्लधर्मीपणा कमी होतो .	आम्लबरोबर मिसळल्यास आम्लारीपणा कमी होतो .

जरी रॉबर्ट बॉईल आम्ले व आम्लारी यांची स्वभाव वैशिष्टे स्पष्ट करण्यात यशस्वी झाला तरी त्यांच्या रासायनिक संरचनेवर आधारित त्यांच्या वर्तणुकीचे स्पष्टीकरण त्याला देत आले नाही . पुढे 19 व्या शतकाच्या शेवटी स्विडीश शास्त्रज्ञ स्वांते अ-हेनियस याने हे सिध्दीस नेले . त्याने असे सुचवले की पाण्यात विरघळवल्यावर बरीचशी संयुगे विघटीत होऊन आचन तयार करतात आणि त्या पदार्थांचे गुणधर्म हे मुख्यतः त्यांच्या आयनांचेच गुणधर्म असतात . यावर आधारित त्याने आम्ले व आम्लारी यांनी तयार केलेल्या आयनांना जे त्यांच्या वैशिष्ट्यपूर्ण वागणुकीस जबाबदार आहेत त्यांना ओळखले आणि त्यांच्या व्याख्या दिल्या .

#### 8.1.1 आम्ले :

पाण्यात विरघळवला असता जो पदार्थ हायड्रोजन ( $H^+$ ) आयन देतो त्यास आम्ल असे म्हणतात . उदा . हायड्रोक्लोरिक आम्ल ( $HCl_{(aq)}$ ) त्याच्या पाण्यातील द्रावणात खालीलप्रमाणे विघटीत जेते .

## विभाग २

### आपल्या परिसरातील

#### घटक

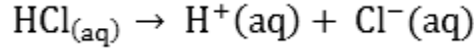


टिपा

आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा



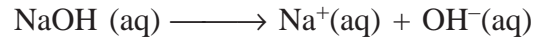
H<sup>+</sup>  
आम्ले

आम्लाची काही उदाहरणे अशी आहेत .

- (i) हायड्रोक्लोरिक आम्ल (HCl) – जाठर रसातील
- (ii) कार्बोनिक आम्ल (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) - शीतपेयातील
- (iii) ॲसकॉरबिक आम्ल (क - जीवनसत्व) - लिंबू व इतर फळांमधील
- (iv) सिट्रिक आम्ल - संत्री व लिंबू यामधील
- (v) ॲसेटिक आम्ल - व्हिनेगरमधील
- (vi) टॅनिक आम्ल - चहामधील
- (vii) नायट्रिक आम्ल (HNO<sub>3</sub>) – प्रयोगशाळेत वापरले जाणारे
- (viii) सल्फुरिक आम्ल (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) – प्रयोगशाळेत वापरले जाणारे

### 8.1.2. आम्लारी :

जो पदार्थ पाण्यात विरघळवला असता हायड्रॉक्सील (OH<sup>-</sup>) आयन देतो त्यास आम्लारी असे म्हणतात . उदा . सोडियम हायड्रॉक्साईड पाण्यात विरघळवले असता खालीलप्रमाणे विघटीत होते .



(OH<sup>-</sup>)  
आम्लारी

पाण्यात विद्राव्य असणा-या आम्लारींना अल्क असे म्हणतात . आम्लारींची काही उदाहरणे अशी आहेत .

- (i) सोडियम हायड्रॉक्साईड किंवा धुण्याच्या सावणात वापरण्यात येणारा कॉस्टिक सोडा .
- (ii) पोटॅशियम हायड्रॉक्साईड (KOH) किंवा अंधोळीच्या सावणात वापरण्यात येणारे पोटॅश
- (iii) कॅल्शियम हायड्रॉक्साईड (Ca(OH)<sub>2</sub>) किंवा घराला पांढरा रंग देण्यासाठी वापरण्यात येणारी चुन्याची निवळी (लाईम वॉटर) .
- (iv) मॅग्नेशियम हायड्रॉक्साईड (Mg(OH)<sub>2</sub>) आम्लपित्त आटोक्यात ठेवण्यासाठी वापरण्यात येणारे मिल्क ऑफ मॅग्नेशिया
- (v) अमोनियम हायड्रॉक्साईड (NH<sub>4</sub>OH) किंवा केस रंगवण्यासाठी वापरण्यात येणारे

### 8.1.3. दर्शक :

तुम्ही कपड्यावर पडलेला हळदीचा किंवा ग्रेव्हीचा डाग सावण लावल्यावर लाल होतो असे पाहिले असेल . काय बरे झाले असेल ? हळदीने सावणात असलेल्या आम्लारीचा दर्शक म्हणून काम केले . असे अनेक पदार्थ आहेत की जे आम्लामधे एक रंग दाखवतात तर आम्लारीमध्ये वेगळा रंग दाखवतात . अशा पदार्थांना आम्ल व आम्लारींचे दर्शक असे म्हणतात .



लिटमस हा नैसर्गिक रंग काही लायकेन्समध्ये सापडतो. तो सर्वप्रथम वापरलेला दर्शक आहे. तो आम्लामध्ये लाल रंग दाखवतो. तर आम्लारीमध्ये निळा रंग दाखवतो. फेनॉलप्यॅलिन व मेथिल ऑरेंज हे अजून काही दर्शक आहेत. या दर्शकांचे आम्लामध्ये, आम्लारीमध्ये व उदासिन द्रावणातील रंग खाली तक्ता क्र. 8.1 मध्ये दिले आहेत.

तक्ता क्र. 8.1 काही दर्शकांचे आम्ल व आम्लारी द्रावणातील रंग

दर्शक	आम्लधर्मी द्रावणातील रंग	उदासिन द्रावणातील रंग	आम्लारीधर्मी द्रावणातील रंग
लिटमस	लाल	जांभळा	निळा
फेनॉल प्यॅलिन	रंगहीन	रंगहीन	गुलाबी
मेथिल ऑरेंज	लाल	केशरी	पिवळा



### सरावासाठी प्रश्न 8.1

1. खाली दिलेले पदार्थ आम्ल किंवा आम्लारीच्या वाटलीत लिहा.

- मिल्क ऑफ मॅग्नेशिया
- मानवातीला जाठर रस
- शीतपेये
- चुन्याची निवळी
- व्हिनेगर
- सावण



2. खालील द्रावणांचा एक थेंब कापलेल्या कच्च्या सफरचंदावर, दहयावर आणि धुण्याच्या सोड्याच्या द्रावणावर टाकला असता काय होईल ते सांगा.

- फेनॉलप्यॅलिन
- लिटमस

### 8.2 आम्ले आणि आम्लारींचे गुणधर्म :

प्रत्येक पदार्थाचा काहीतरी वैशिष्टपूर्ण गुणधर्म असतो. पदार्थ दाखवत असलेल्या गुणधर्मानुसार आपण त्याला आम्ल किंवा आम्लारीच्या गटात टाकू शकतो. आता आपण आम्ले व आम्लारी यांच्या वैशिष्टपूर्ण गुणधर्मांचा अभ्यास करू या.

#### 8.2.1 आम्लांचे गुणधर्म :

आम्लांचे वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्म खालीलप्रमाणे आहेत.

आपल्या परिसरातील



1. चव :

तुमच्या लक्षात आले असेल की काही जे अन्नपदार्थ आपण खातो ते चवीला आवंट असतात. बरीचशी कच्ची फळे, लिंबू, व्हिनेगर आणि नासलेले दूध यांच्या आवंट चवी त्यांच्यामध्ये असणा-या आम्लांमुळे असतात म्हणून आपण आम्ले चवीला आवंट असतात असे म्हणू शकतो. हे विशेषतः सौम्य आम्लांसाठी खरे आहे. (तक्ता 8.2 पहा)

तक्ता क्र. 8.2 काही सामान्य पदार्थात असणारी आम्ले

पदार्थ	त्यात असलेले आम्ल
1. लिंबाचा रस	सिट्रीक आम्ल आणि ॲसकॉरविक आम्ल (क - जीवनसत्व)
2. व्हिनेगर	सामान्यपणे ओळखले जाणारे ॲसेटीक आम्ल अथवा इथेनॉईक आम्ल
3. चिंच	टारटारिक आम्ल
4. नासलेले दूध	लॅक्टिक आम्ल



कृती 8.1

तुमच्या घराशेजारील दुकानात जा आणि खालील गोष्टी आणा.

1. दहयाचे पॅकेट
2. ट्रेट्रापॅकचा ज्यूस

यांचे लिटमस कागदाने परीक्षण करा आणि ते आम्लधर्मी आहेत का ते पहा.

2. दर्शकांवरील क्रिया :

आपण आधीच्या विभागात (8.1.3) असे शिकलो की दर्शक आम्ल व अल्क यांच्यामध्ये वेगवेगळे रंग दाखवतात. आता आपण परत एकदा सामान्यपणे वापरल्या जाणा-या तीन दर्शकांचा आम्लामधील रंग लक्षात घेऊ या (आठवू या)

तक्ता क्र. 8.3 काही दर्शकांचे आम्लाच्या बरोबर दिसणारे रंग

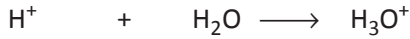
दर्शक	आम्ल माध्यमातील रंग
1. लिटमस	लाल
2. फेनॉलफ्थॅलीन	रंगहीन
3. मेथिल ऑरेंज	लाल





### 3. विद्युतवाहकता आणि आम्लांचे विचरण (आयनीभवन) : -

तुम्हाला माहित आहे का? की आम्लांच्या पाण्यातील द्रावणातून वीज वाहते. अशी द्रावणे सामान्यतः मोटरकार मध्ये आणि इनव्हर्टरच्या बॅटरीत वापरतात. जेव्हा आम्ले पाण्यात विरघळवली जातात तेव्हा ते आयन तयार करतात. हे आयन विद्युत वहनासाठी मदत करतात या प्रक्रियेला विचरण किंवा आयनीभवन असे म्हणतात. अधिक स्पष्टपणे सांगायचे झाले तर आम्ले हे आयन  $H^+$  आयन तयार करतात ज्यामूळे आम्लांना वैशिष्टपूर्ण गुणधर्म प्राप्त होतात.  $H^+$  या स्वरूपात नसून ते पाण्याच्या रेणूवरोबर संयोग पावलेले असतात. हे खाली दाखवले आहे.



हायड्रोजन आयन हायड्रोनियम आयन

आयनांना हायड्रोनियम आयन असे म्हणतात. या आयनांना  $H^+(aq)$ . असेही संबोधले जाते. आम्लांच्या पाण्यातील द्रावणाच्या विचरणाच्या (आयनीभवनाच्या) प्रमाणावर त्यांचे तीव्र व सौम्य असे वर्गीकरण केले जाते.

#### अ. तीव्र व सौम्य आम्ले :

आम्लांचे तीव्र व सौम्य आम्ले असे वर्गीकरण करतात. त्यांचे गुणधर्म खालीलप्रमाणे आहेत.

**हे लक्षात ठेवा** - सर्व हायड्रोजन असलेली संयुगे आम्ले नसतात. इथिल अल्कोहोल ( $C_2H_5OH$ ) व ग्लूकोज ( $C_6H_{12}O_6$ ) यांच्यामध्ये हायड्रोजन आहे परंतु ते पाण्यात विरघळल्यावर आयन तयार करत नाहीत. त्यांची द्रावणे आम्लधर्मी नसतात व त्यातून विद्युतधारा वाहत नाही.

तीव्र आम्ले	सौम्य आम्ले
<p>ज्या आम्लांचे पाण्यात पूर्ण विचरण (आयनीभवन) होते त्यांना तीव्र आम्ले म्हणतात. नायट्रिक आम्लाचे पाण्यात पूर्णपणे आयनीभवन होते.</p> $HNO_3(aq) \longrightarrow H^+(aq) + NO_3^-(aq)$ <p>एकूण सात तीव्र आम्ले आहेत.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. HCl - हायड्रोक्लोरिक आम्ल</li> <li>2. HBr - हायड्रोब्रोमिक आम्ल</li> <li>3. HI - हायड्रोआयोडिक आम्ल</li> <li>4. HClO<sub>4</sub> - परक्लोरिक आम्ल</li> <li>5. HClO<sub>3</sub> - क्लोरिक आम्ल</li> <li>6. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - सल्फ्युरिक आम्ल</li> <li>7. HNO<sub>3</sub> - नायट्रिक आम्ल</li> </ol>	<p>ज्या आम्लांचे विचरण पाण्यामध्ये कमी प्रमाणात विचरण (आयनीभवन) होते त्यांना सौम्य आम्ले असे म्हणतात. सर्व सेंद्रिय आम्ले जसे ॲसेटिक आम्ल आणि काही असेंद्रिय आम्ले ही सौम्य आम्ले होत.</p> <p>त्यांचे विचरण अपूर्ण असल्याने दोन्ही दिशेला असलेल्या अर्ध्या वाणाने ते दाखवले जाते. दुहेरी वाण इथे खालील गोष्टी दर्शवतो.</p> $HF(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + F^-(aq)$ <ol style="list-style-type: none"> <li>(i) हायड्रोफ्लुओरिक आम्ल पाण्यातील द्रावणात फक्त आणि आयन नसून आयनीभवन न झालेले ही असते.</li> <li>(ii) हायड्रोफ्लुओरिक आम्लाच्या पाण्यातील द्रावणात आयनीभवन न झालेल्या HF (aq) रेणूंमध्ये व त्यापासून तयार झालेल्या आणि आयनांमध्ये</li> </ol>

आपल्या परिसरातील  
घटक

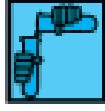


टिपा

	समतोल असतो. उदाहरणे अ. अॅसेटिक आम्ल $\text{CH}_3\text{COOH}$ किंवा (इथेनॉईल आम्ल) ब. $\text{HF}$ – हायड्रोफ्लुओरिक आम्ल क. $\text{HCN}$ – हायड्रोसायनिक आम्ल ड. $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ – बेंझॉईक आम्ल
--	---

#### 4. आम्ल आणि धातूच्या अभिक्रिया :

आम्लांच्या धातूवरोवरच्या अभिक्रिया आपल्याला खाली दिलेल्या कृतीमधून अभ्यासता येतील.



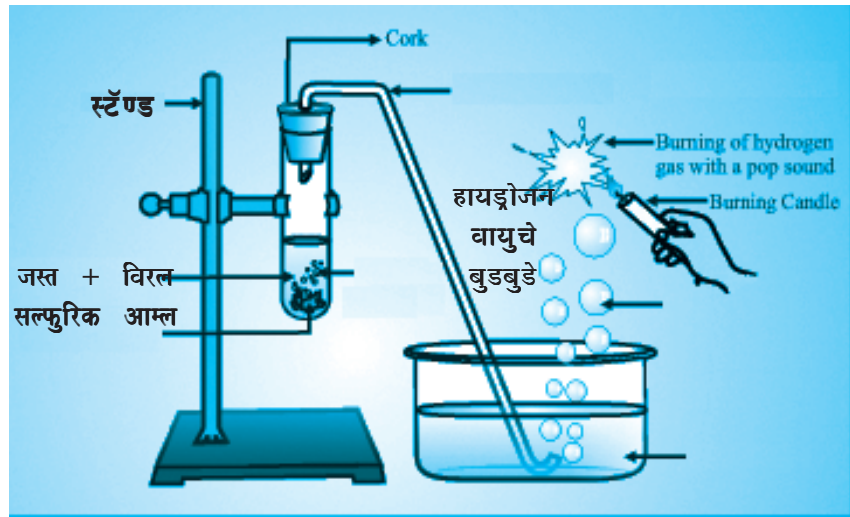
#### कृती 8.1

**उद्देश :** आम्ल व धातू यांच्या अभिक्रियांचा अभ्यास करणे.

**साहित्य :** परीक्षानळी, जस्ताचे छोटे तुकडे, विरल  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , काडेपेटी, परीक्षानळीचा चिमटा

**कृती :**

- एका परीक्षानळीत जस्ताचे थोडे तुकडे घ्या.
- परीक्षानळीच्या वाजूने हळूहळू, काळजीपूर्वक विरल सल्फ्युरिक आम्ल घाला.
- आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे साहित्याची मांडणी करा.
- परीक्षानळीच्या तोडांशी जळती काडेपेटीतील काडी आणा.

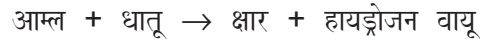


आ. 8.1 जस्त आणि विरल सल्फ्युरिक आम्ल यांच्या अभिक्रियेचा अभ्यास . तयार झालेला वायू जळतीकाडी जवळ आणल्यावर फट आवाजाने जळतो .

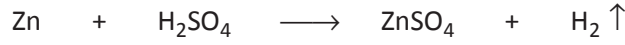
निरीक्षण :

- जेव्हा जस्ताच्या तुकड्यावर विरल सल्फ्युरिक आम्ल टाकले तेव्हा हायड्रोजन वायू तयार होतो. वायूचे बुडबुडे द्रावणातून वर येऊ लागतात.
- जेव्हा काडेपेटीतील जळती काडी परीक्षानळीच्या तोंडाशी आणली जाते तेव्हा परीक्षानळीतील वायू पॉप् अशा आवाजाने जळतो. यावरून तयार झालेला वायू हायड्रोजन असल्याचे समजते.

या प्रयोगावरून असे सांगता येते की जस्ताची जेव्हा विरल सल्फ्युरिक आम्लाबरोबर क्रिया होते तेव्हा हायड्रोजन वायू तयार होतो. दुसरे धातू जसे लोखंड वापरले असता ही अशीच अभिक्रिया होतांना दिसते. सामान्यपणे असे म्हणता येईल की अशा अभिक्रियेमध्ये धातू हे आम्लापासून हायड्रोजन विस्थापित करतात आणि हायड्रोजन वायू बाहेर पडतो. धातू आम्लांतील उर्वरित भागाबरोबर संयोग पावतो आणि 'क्षार' हे संयुग तयार करतो. अशा रितीने



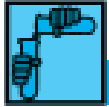
उदा. जस्त आणि विरल सल्फ्युरिक आम्ल यातील अभिक्रिया खालीलप्रमाणे लिहिता येईल.



जस्त धातू विरल सल्फ्युरिक आम्ल जिंक सल्फेटक्षार हायड्रोजनवायू

5. आम्लाची धातूच्या कार्बोनेट आणि हायड्रोजन कार्बोनेट बरोबर अभिक्रिया :

आम्लांची धातूच्या कार्बोनेट आणि हायड्रोजन कार्बोनेट बरोबरची अभिक्रिया कृती 8.2 च्या मदतीने अभ्यासता येईल.



कृती 8.2

तुमच्या अभ्यासिकेच्या रसायनशास्त्राच्या प्रयोगशाळेत हा प्रयोग तुम्हाला करता येईल.

**उद्देश :** आम्लाची धातूच्या कार्बोनेट बरोबर आणि हायड्रोजन कार्बोनेटबरोबर होणा-या अभिक्रियेचा अभ्यास करणे.

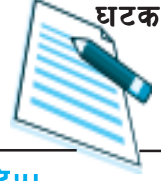
**साहित्य :** एक परीक्षानळी, एक मोठी जाड परीक्षानळी, थिसल नरसाळे, वायूवाहक नळी, सोडियम कार्बोनेट, सोडियम हायड्रोजन कार्बोनेट, विरल HCl आणि ताजी चुन्याची निवळी

कृती :

- प्रथम एक जाड मोठी परीक्षानळी घ्या. त्यामध्ये 0.5 g सोडियम कार्बोनेट टाका.
- दुस-या छोट्या परीक्षानळीत 2 (mL) ताजी चुन्याची निवळी घ्या.

आपल्या परिसरातील

घटक

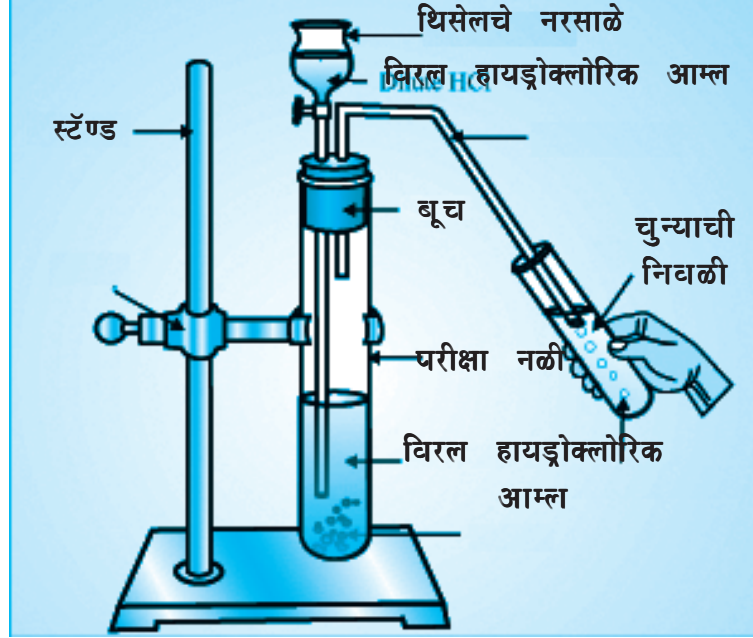


टिपा

आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा



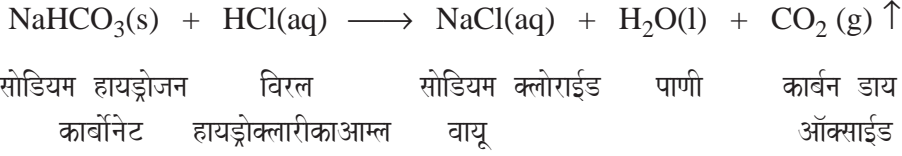
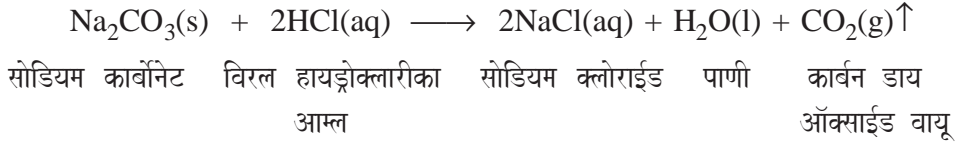
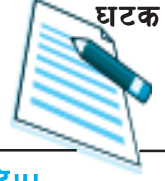
**आ. 8.2 आम्ल आणि धातूचे कार्बोनेट आणि हायड्रोजन कार्बोनेट यांतील अभिक्रियेचा अभ्यास करण्यासाठी प्रयोगाची मांडणी**

- मोठ्या परीक्षानळीत साधारणपणे 3 मिली इतके विरल हायड्रोक्लोरिक आम्ल टाका. (ज्या परीक्षानळीत सोडियम कार्बोनेट घेतले आहे.) परीक्षानळीला वायूवाहक नळी आणि थितल नरसाळे वसवलेले बूच वसवा. (आकृती 8.2 प्रमाणे)
- वायूवाहक नळीचे दुसरे टोक चुन्याची निवळी घेतलेल्या परीक्षानळीत बुडवा. (आ. 8.2 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे)
- चुन्याच्या निवळीचे वारकाईने निरीक्षण करा.
- हाच प्रयोग सोडियम हायड्रोजन कार्बोनेट घेऊन पुन्हा करा.

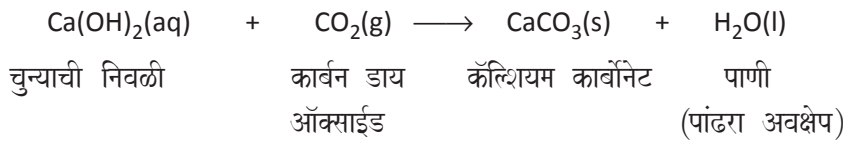
**निरीक्षण :**

- जेव्हा सोडियम कार्बोनेट किंवा हायड्रोजन कार्बोनेट वर विरल HCl आम्ल टाकले जाते तेव्हा कार्बन डाय ऑक्साईड वायू बाहेर पडतो
- कार्बन डाय ऑक्साईड वायू चुन्याच्या निवळीत सोडला असता ती दुधी रंगाची होते.
- कार्बन डाय ऑक्साईड वायू जास्त प्रमाणात सोडल्यास चुन्याचीनिवळी परत रंगहीन होते.

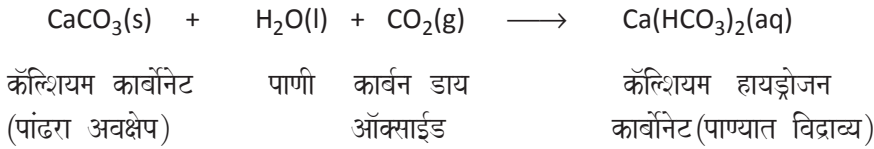
वरील कृतीवरून असा निष्कर्ष निघतो की जर सोडियम कार्बोनेट किंवा हायड्रोजन कार्बोनेटवर विरल हायड्रोक्लोरिक आम्लाची क्रिया केली तर कार्बन डाय ऑक्साईड वायू मुक्त होतो . या अभिक्रिया अनुक्रमे अशा आहेत –



तयार झालेला कार्बन डाय ऑक्साईड वायू चुन्याच्या निवळीत ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) सोडला असता ती दुधी होते कारण कॅल्शियम कार्बोनेटचा पांढरा अवक्षेप तयार होतो.



जर चुन्याच्या निवळीत कार्बन डाय ऑक्साईड वायू जास्त प्रमाणात सोडला तर कॅल्शियम कार्बोनेटचा पांढरा अवक्षेप नाहीसा होतो. याचे कारण पाण्यात विद्राव्य असलेले कॅल्शियम हायड्रोजन कार्बोनेट तयार होते.



अशा रितीने आपण थोडक्यात असे म्हणू शकतो की

धातूचे कार्बोनेट + आम्ल  $\rightarrow$  क्षार + पाणी + कार्बन डाय ऑक्साईड

आणि धातूचे हायड्रोजन कार्बोनेट + आम्ल  $\rightarrow$  क्षार + पाणी + कार्बन डाय ऑक्साईड

## 6. आम्लांची धातूंच्या ऑक्साईडबरोबर अभिक्रिया :

आपण आम्लांची धातूंच्या ऑक्साईडबरोबर होणारी अभिक्रिया कृती 8.3 द्वारा अभ्यासू शकतो.



### कृती 8.3

ही कृती तुम्ही तुमच्या अभ्यास केंद्राच्या रसायनशास्त्राच्या प्रयोगशाळेत करू शकता.

**उद्देश :** आम्लाच्या धातूंच्या ऑक्साईडबरोबरच्या अभिक्रियेचा अभ्यास करणे.

**साहित्य :** चंचुपात्र, काचेची दांडी, कॉपर ऑक्साईड व विरल हायड्रोक्लोरिक आम्ल

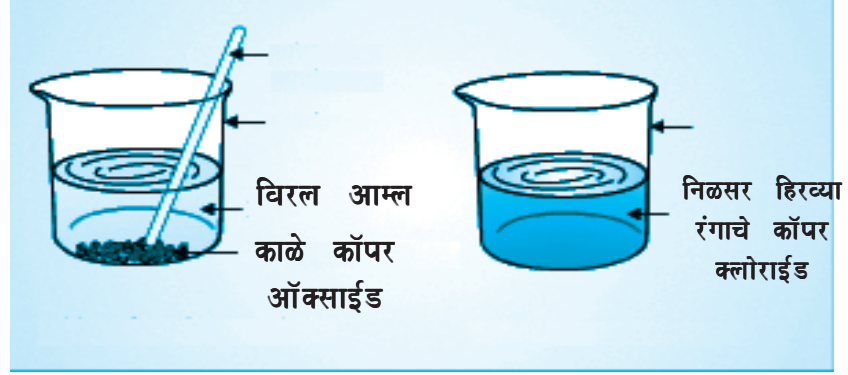
**कृती :**

आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा

- एका चंचुपात्रात थोडेसे काळ्या रंगाचे कॉपर ऑक्साईड घ्या
- त्यामध्ये जवळजवळ 10 mL विरल हायड्रोक्लोरिक आम्ल टाका आणि काचेच्या दांड्याने हळूवारपणे ढवळा (आ. 8.3 (अ))
- अभिक्रिया होत असताना चंचुपात्राचे नीट निरीक्षण करा.



(अ) अभिक्रियेपूर्वी

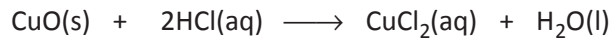
(ब) अभिक्रियेनंतर

आ. 8.3 विरल हायड्रोक्लोरिक आम्ल व कॉपर ऑक्साईड यातील अभिक्रिया(अ) अभिक्रियेपूर्वी कॉपर ऑक्साईडचे काळे कण पारदर्शक हायड्रोक्लोरिक आम्लामध्ये व(ब) अभिक्रियेनंतर निळसर हिरवे द्रावण

### निरीक्षण

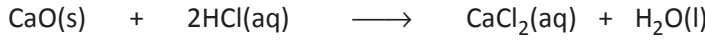
- जेव्हा कॉपर ऑक्साईड आणि विरल हायड्रोक्लोरिक आम्ल यांचे मिश्रण मिसळले तेव्हा कॉपर ऑक्साईडचे काळे कण रंगहीन विरल हायड्रोजन आम्लामध्ये तरंगत असलेले दिसतात .
- जसजशी अभिक्रिया होते तसतसे काळे कण हळूहळू विद्राव्य होताना दिसतात आणि द्रावणाचा रंग कॉपर (II) क्लोराईड (क्युप्रिक क्लोराईड - क्षार) क्षार तयार झाल्याने निळसर हिरवा होतो .

या कृतीवरून आपण असे अनुमान काढू शकतो की कॉपर ऑक्साईड आणि विरल हायड्रोक्लोरिक आम्ल यांच्यातील अभिक्रियेचा परिणाम कॉपर (II) क्लोराईड (क्युप्रिक क्लोराईड) तयार होण्यात होतो . हा क्षार निळसर हिरवे द्रावण तयार करतो .ही अभिक्रिया खालीलप्रमाणे होते .



कॉपर                      विरल                      कॉपर (II)              पाणी  
ऑक्साईड              हायड्रोक्लोरिक आम्ल              क्लोराईड

अजून बरीचशी , मॅग्नेशियम ऑक्साईड (MgO), कॅल्शियम ऑक्साईड (CaO) किंवा निवकलाई म यासारखी धातूंची ऑक्साईड्स आम्लावरोवर याच पध्दतीने अभिक्रिया करतात . उदा .



कॅल्शियम ऑक्साईड    विरल हायड्रोक्लोरीक    कॅल्शियम    पाणी  
(क्विक लाईम)                    आम्ल                    क्लोराईड

अशारितीने आपण थोडक्यात धातूंची ऑक्साईड्स आणि आम्ले यातील सामान्य अभिक्रिया खालील प्रमाणे लिहू शकतो .

धातूचे ऑक्साईड + आम्ल    क्षार + पाणी

### 7. आम्ले आणि आम्लारींच्या अभिक्रिया :

खालील कृतीच्या आधारे आपण आम्ले आणि आम्लारी यातील अभिक्रियांचा अभ्यास करू या .



कृती 8.4

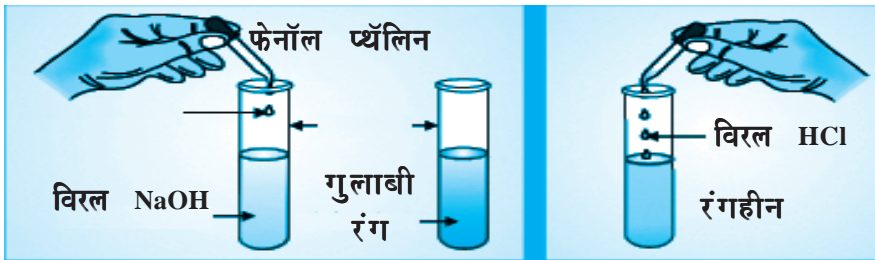
ही कृती तुमच्या अभ्यास केंद्राच्या रासायनिक प्रयोगशाळेत करून पाहू शकता .

**उद्देश :** आम्ले आणि आम्लारीमधील अभिक्रियेचा अभ्यास करणे .

**साहित्य :** परीक्षानळी, ड्रॉपर, फेनॉलप्यॅलिन दर्शक, सोडियम हायड्रॉक्साईडचे द्रावण आणि विरल हायड्रोक्लोरीक आम्ल

**कृती :**

- एका परीक्षानळीत साधारपणे 2ml इतके सोडियम हायड्रॉक्साईडचे द्रावण घ्या .
- त्यामध्ये फेनॉलप्यॅलिन दर्शकाचे एक थेंब टाका आणि रंगाचे निरीक्षण करा .
- आता ड्रॉपरच्या सहाय्याने त्यामध्ये थेंब थेंब विरल हायड्रोक्लोरीक आम्ल टाका आणि द्रावण सतत ढवळत रहा
- द्रावण रंगहीन होईपर्यंत हे करा .
- आता परत NaOH च्या द्रावणाचे काही थेंब टाका . द्रावणाला परत रंग येईल .



आ. 8.4 NaOH आणि HCl मधील अभिक्रिया(अ) गुलाबी रंगाचे NaOH असलेले द्रावण आणि एक थेंब फेनॉलप्यॅलिन(ब) HCl घातल्यावर द्रावण रंगहीन होते .



आपल्या परिसरातील

घटक



टिपा

निरीक्षण :

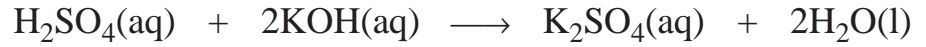
- जेव्हा फेनॉलप्लॅटिनचा एक थेंब NaOH च्या द्रावणात घातला / टाकला तेव्हा द्रावणाचा रंग गुलाबी झाला.
- या द्रावणात HCl घातल्यावर द्रावणाचा गुलाबी रंग फिका झाला. हे NaOH व HCl यातील अभिक्रियेमुळे झाले.
- जेव्हा संपूर्ण NaOH ची HCl शी अभिक्रिया होते तेव्हा द्रावण रंगहीन होते.
- परत NaOH घातल्यास द्रावणाचा रंग परत गुलाबी होतो.

या कृतीवरून आपणास असे दिसते की जेव्हा HCl, NaOH च्या द्रावणात घातले तेव्हा त्या दोघांची एकमेकांशी अभिक्रिया झाली. जेव्हा पुरेसे HCl घातले गेले तेव्हा NaOH चे आम्लारी धर्मी गुणधर्म आणि HCl चे आम्लधर्मी गुणधर्म नाहीसे झाले म्हणून या प्रक्रियेला **उदासिनीकरण** असे म्हणतात. याचा परिणाम क्षार आणि पाणी तयार होण्यात झाला. हायड्रोक्लोरिक आम्ल आणि सोडियम हायड्रॉक्साईड यांच्या अभिक्रियेतून सोडियम क्लोराईड व पाणी तयार होते.

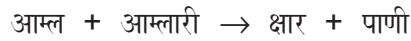


हायड्रोक्लोरिक आम्ल      सोडियम हायड्रॉक्साईड      सोडियम क्लोराईड      पाणी

आम्ले आणि आम्लारी मध्ये साधारण सारख्याच अभिक्रिया होतात. उदा. सल्फ्युरिक आम्ल आणि पोटॅशियम हायड्रॉक्साईड यांची अभिक्रिया होऊन पोटॅशियम सल्फेट व पाणी तयार होते.



सल्फ्युरिक आम्ल      पोटॅशियम हायड्रॉक्साईड      पोटॅशियम सल्फेट      पाणी  
सामान्यपणे आम्ल आणि आम्लारी यातील अभिक्रिया खालीलप्रमाणे लिहिता येते.



8. क्षरणकारी गुणधर्म :

आम्लांची विविध पदार्थांवर उदा. धातू, धातूंच्या ऑक्साईड आणि हायड्रॉक्साईड इ. वर हल्ला करण्याच्या क्षमतेला त्यांचा क्षरणकारी गुणधर्म असे समजले जाते. ( इथे असे लक्षात घ्या की 'क्षरण' हा शब्दप्रयोग धातूंच्या संदर्भातील आहे.) धातू जेव्हा वातावरणात उघडे ठेवले जातात तेव्हा त्यांचा विविध प्रक्रियांनी -हास होतो. उदा. ऑक्सिडीकरण. आम्ले विविध पदार्थांवर हल्ला करू शकत असल्याने आम्ले क्षरणकारी असतात.

**तीव्र आणि क्षरणकारी हे एकमेकांपासून निराळे आहेत.**

आम्लांची क्षरणकारी कृती ही त्यांच्या तीव्रतेशी संबंधित नसते. तर ती आम्लामधील ऋणप्रभारित भागाशी संबंधित असते. उदा. हायड्रोक्लोरिक आम्ल (HF) हे सौम्य आम्ल आहे. तरीही ते क्षरणकारी आहे कारण ते काचेवर हल्ला करू शकते आणि इतकेच नव्हे





तर काच विरघळवूही शकते. फ्लुओराईड आयन सिलिका ग्लासमधील सिलिकॉनवर हल्ला करतो तर हायड्रोजन आयन काचेतील सिलिकामधील ऑक्सिजनवर हल्ला करतो.



सिलिका (काचेतील) हायड्रोफ्लुओरिक सिलिकॉन टेट्राफ्लु पाणी  
आम्ल ओराईड

### 8.2.2 आम्लारींचे गुणधर्म :

आम्लारींचे काही वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्म खाली दिले आहेत.

#### 1. चव आणि स्पर्श :

आम्लारींना कडवट चव असते आणि त्यांची द्रावणे स्पर्शाला बुळबुळीत असतात.

#### 2. दर्शकांची क्रिया :

आधी पाहिल्याप्रमाणे (विभाग 8.1.3) प्रत्येक दर्शक आम्लारीच्या बरोबर विशिष्ट रंग दर्शवितो. सामान्यपणे वापरात असलेल्या तीन दर्शकांचे आम्लारींबरोबरचे रंग खाली दिले आहेत. त्यामुळे ते तुम्हाला चटकन आठवतील.

#### सूचना

जरी आपण आम्ले व आम्लारी यांच्या चवीबद्दल बोललो असू तरी त्यांची चव घेऊ नये. त्यांच्यातील बरीचशी आम्ले उपद्रवी आहेत तसेच तीव्र आम्ले व आम्लारी यांना स्पर्श करणे ही टाळावे कारण ते त्वचेला हानीकारक आहे.

### तक्ता क्र. 8.3 काही सामान्य दर्शकांचे आम्लारींच्या द्रावणातील रंग

दर्शक	आम्लारीमधील रंग
१. लिटमस	निळा
२. फेनॉलप्टॅलिन	गुलाबी
३. मेथिल ऑरेंज	पिवळा

आम्लारींच्या पाण्यातील द्रावणातून विद्युतधारा वाहते. हे आयन तयार झाल्याने घडते. आम्लांप्रमाणे आम्लारींचेही पाण्यात विरघळल्यानंतर विचरण होते. आम्लारी  $\text{OH}^-$  आयन तयार करतात. हे आयन त्यांच्या वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्मास जबाबदार असतात. जे आम्लारी पाण्यात विद्राव्य असतात आणि त्यांच्या पाण्यातील द्रावणात आयन देतात त्यांना अल्कली असे म्हणतात. सर्व अल्कली हया आम्लारी असतातच पण सर्व आम्लारी मात्र अल्कली नसतात. त्यांच्या द्रावणातील विचरणाच्या प्रमाणावर त्यांचे तीव्र आणि सौम्य आम्लारी असे वर्गीकरण केले जाते.

(अ) तीव्र व सौम्य आम्लारी : आम्लारींचे तीव्र आणि सौम्य आम्लारी असे वर्गीकरण केले जाते आणि त्यांची वैशिष्ट्ये खालीलप्रमाणे आहेत.

आपल्या परिसरातील

घटक

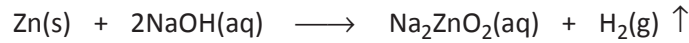


टिपा

तीव्र आम्लारी	सौम्य आम्लारी
<p>हया आम्लारींचे पाण्यामध्ये संपूर्ण विचरण होते आणि धनप्रभारित आयन(कॅटायन) व आयन तयार होतात. उदा. पोटॅशियम हायड्रॉक्साईडचे विचरण असे होते. <math>KOH(aq) \longrightarrow K^+(aq) + OH^-(aq)</math> एकूण सात तीव्र आम्लारी आहेत. त्या आवर्तसारणीतील गण 1 व 2 मधील मूलद्रव्यांचे हायड्रॉक्साईड आहेत.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. LiOH - लिथियम हायड्रॉक्साईड</li> <li>2. NaOH - सोडियम हायड्रॉक्साईड</li> <li>3. KOH - पोटॅशियम हायड्रॉक्साईड</li> <li>4. RbOH - रूबिडीयम हायड्रॉक्साईड</li> <li>5. CsOH - सिझीयम हायड्रॉक्साईड</li> <li>6. Ca(OH)<sub>2</sub> - कॅल्शियम हायड्रॉक्साईड</li> <li>7. Sr(OH)<sub>2</sub> - स्ट्रॉशियम हायड्रॉक्साईड</li> <li>8. Ba(OH)<sub>2</sub> - बेरियम हायड्रॉक्साईड</li> </ol>	<p>सौम्य आम्लारी विचरणाने OH<sup>-</sup> आयन तयार करत नाहीत. ते पाण्याशी अभिक्रिया करून OH<sup>-</sup> आयन तयार करतात. <math>NH_3(g) + H_2O(l) \longrightarrow NH_4OH</math> <math>NH_4OH(aq) \longrightarrow NH_4^+(aq) + OH^-(aq)</math> <math>NH_3(g) + H_2O(l) \longrightarrow NH_4^+(aq) + OH^-(aq)</math> किंवा ज्या अभिक्रियेत OH<sup>-</sup> आयन तयार होतात.त्या पूर्णत्वास जात नाहीत आणि त्या द्रावणात OH<sup>-</sup> आयनांची संहती त्यामानाने कमी असते. समीकरणामध्ये दोन्ही दिशेला अर्ध्या वाणांचा वापर केला असता असे समजते की अभिक्रिया पूर्ण होण्यापूर्वीच संतुलीकरण झाले आहे. सौम्य आम्लारींची उदाहरणे. (i) OH (ii) (iii) (iv) इ.</p>

#### 4. आम्लारींची धातूंबरोबर अभिक्रिया :

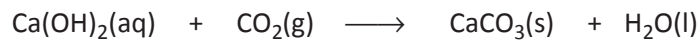
आम्लांप्रमाणेच आम्लारीसुद्धा क्रियाशील धातूंबरोबर अभिक्रिया करतात आणि हायड्रोजन वायू मुक्त करतात. अशा अभिक्रियांचा अभ्यास पूर्वी दिलेल्या कृती 8.2 च्या मदतीने करता येतो. उदा.  
सोडियम हायड्रॉक्साईड जस्ताबरोबर अभिक्रिया करते. ही अभिक्रिया खाली दिली आहे.



जस्त धातू + सोडियम हायड्रॉक्साईड → सोडियम झिंकेट + हायड्रोजनवायू

#### 5. अधातूंच्या ऑक्साईड बरोबर आम्लारींची अभिक्रिया :

आम्लारी, अधातूंच्या ऑक्साईडबरोबर जसे CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> इ. अभिक्रिया करतात आणि क्षार व पाणी तयार करतात.



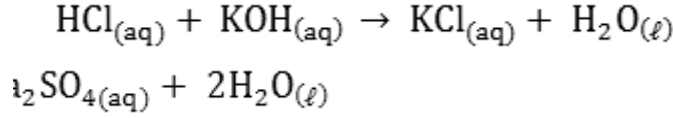
कॅल्शियम हायड्रॉक्साईड कार्बन डाय कॅल्शियम पाणी  
(चुन्याची निवळी) ऑक्साईड कार्बोनेट

सामान्यपणे या अभिक्रिया खालीलप्रमाणे लिहील्या जातात.



६. आम्लारींच्या आम्लांबरोबरील अभिक्रिया :

आपण या मागील विभागात आम्ले आणि आम्लारी यांच्या आपापसातील अभिक्रिया पाहिल्या. अशा अभिक्रियांना उदासिनीकरणाच्या अभिक्रिया असे म्हणतात. त्यापासून क्षार आणि पाणी तयार होते. खाली आणखी काही उदासिनीकरणाच्या अभिक्रियांची उदाहरणे दिली आहेत.



सोडियम हायड्रॉक्साईड आणि पोटॅशियम हायड्रॉक्साईड यांच्यासारख्या तीव्र आम्लारी सेंद्रिय पदार्थांच्या वावतीत क्षरणकाचे काम करतात. ते त्वचेतील प्रथिनांचे आणि मासांचे पृथःकरण करून लगदा (पेस्टीमास) तयार करतात. या क्रियेला कॉस्टिक क्रिया असे म्हणतात आणि या गुणधर्मामळे सोडियम हायड्रॉक्साईडला कॉस्टिक सोडा असे म्हणतात. तर पोटॅशियम हायड्रॉक्साईडला कॉस्टिक पोटॅश असे म्हणतात. परंतु कॉस्टिक हा शब्दप्रयोग आम्लाच्या क्षरणक्रियेसाठी वापरत नाहीत.



सरावासाठी प्रश्न 8.1

- खाली दिलेली आम्ले असणा-या पदार्थांची नावे सांगा.
 

(अ) इथेनॉईक आम्ल (ब) टारटारिक आम्ल
- खालीलपैकी कोणती आम्ले त्यांच्या पाण्यातील द्रावणात अंशतः विचरीत होतात ?
 

(अ) HBr (ब) HCN (क) HNO<sub>3</sub> (ड) C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>COOH
- एक आम्ल X या पदार्थाशी अभिक्रिया करते आणि वायू मुक्त करते. हा वायू त्याच्या जवळ जळती काडी नेली असता फट अशा आवाजाने जळतो तर X हा पदार्थ कोणत्या गुणधर्माचा असेल?
- एक आम्ल Z या पदार्थाशी अभिक्रिया करते तेव्हा CO<sub>2</sub> वायू मुक्त होतो. तर Z हा पदार्थ कोणत्या गुणधर्माचा असेल ?
- खालीलपैकी कोणती ऑक्साईड्स आम्लारीबरोबर अभिक्रिया करतात ?
 

(अ) CaO (ब) SO<sub>2</sub>

8.3 पाणी आणि आम्ल व आम्लारींचे विचरण :

या आधीच्या विभागात आपण शिकलो की जो पदार्थ त्याच्या पाण्यातील द्रावणात H<sup>+</sup> आयन देतो तो आम्ल असतो आणि जो पदार्थ त्याच्या पाण्यातील द्रावणात OH<sup>-</sup> आयन देतो तो आम्लारी असतो. या प्रक्रियांमध्ये पाणी फार महत्वाची भूमिका बजावते या संबंधी आता आपण या विभागात शिकू या.

आपल्या परिसरातील



टिपा

आपल्या परिसरातील



टिपा

8.3.1 आम्ल आणि आम्लारी यांच्या विचरणात पाण्याची भूमिका :

जर कोरडा HCl वायू असलेल्या परीक्षानळीच्या तोंडाशी निळ्या लिटमसची छोटी पट्टी धरली तर त्या पट्टीचा रंग बदलत नाही परंतु जेव्हा ती पट्टी पाण्याचा थेंब टाकून ओली करून परीक्षानळीच्या तोंडाशी धरली तर तिचा रंग लाल होतो यावरून असे दिसते की कोरड्या HCl वायू मध्ये आयन नसतात. फक्त जेव्हा तो पाण्यात विरघळतो तेव्हा आयन तयार होतात आणि ते निळ्या लिटमस कागदाचा रंग तांबडा करून आम्ल धर्म दाखवतात. तशीच वर्तणूक आम्लारींकडून दाखवली जाते. जेव्हा कोरड्या हवेत कोरड्या NaOH च्या बशीजवळ पटकन लाल लिटमसचा कागद नेला तर रंगामध्ये बदल दिसून येत नाही. NaOH हे आर्द्रताशोषक संयुग आहे आणि ते लगेचच हवेतील दमटपणा शोषून घेते व ओले होते. जेव्हा हे घडते तेव्हा लाल लिटमस कागदाचा रंग निळा होतो. अशा रितीने जरी कोरड्या NaOH मध्ये आयन असले तरी ते स्वतंत्र नसतात आणि म्हणून आम्लारीधर्म दाखवत नाहीत. पाण्याचा सान्निध्यात आल्यावर आयन स्वतंत्र होतात आणि लाल लिटमस कागदाचा रंग बदलून आम्लारीधर्म दाखवतात. वरील चर्चेवरून असे लक्षात येते की विविध पदार्थांचा आम्ल धर्म आणि आम्लारीधर्म हा तेव्हाच दिसतो जेव्हा ते पाण्यात विरघळवले जातात.

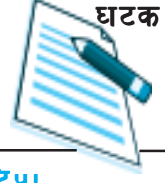
हे लक्षात असू द्या (सूचना) :

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> पाण्यात विरघळवणे ही मोठ्या प्रमाणात उष्मादायी प्रक्रिया आहे. म्हणून H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> चे पाण्यातील द्रावण करताना संहत सल्फ्युरिक आम्ल हे पाण्यात हळूहळू ढवळत सोडले जाते. संहत सल्फ्युरिक आम्लात कधीही पाणी ओतू नये कारण फार मोठ्या प्रमाणात उष्णता बाहेर पडते व त्याबरोबर आम्लाचे शिंतोडे उडतात त्यामुळे त्वचेवर भाजल्याच्या गंभीर जखमा होतात तसेच ज्या वस्तुवर हे शिंतोडे पडतील त्या वस्तुचे नुकसान होते.

- (i) सल्फ्युरिक आम्लासारखे एखादे आम्ल व सोडियम हायड्रॉक्साईड सारखी एखादी आम्लारी पाण्यात विरघळवल्यास ते द्रावण गरम लागते यावरून असे दिसते की हे द्रावण होण्याची प्रक्रिया उष्मादायी आहे. उष्णता उर्जेचा काही भाग द्रावण तयार होण्याच्या प्रक्रियेत बाहेर टाकला जातो. ही उर्जा आम्ल किंवा आम्लारीच्या रेणूतील हायड्रोजनचे आयन व हायड्रॉक्सीलचे आयन यांना बांधणा-या बलांना म्हणजे रासायनिक बंधांना तोडण्यासाठी वापरली जाते. याचा परिणाम म्हणून स्वतंत्र आयन तयार होतात.
- (ii) बरेचसे आम्लारी ही आयनिक संयुगे असतात आणि त्यांच्या स्थायू अवस्थेतही त्यांच्यात आयन असतात. उदा. सोडियम हायड्रॉक्साईड हा व आयनांनी बनलेला आहे हे आयन त्यांच्यात असणा-या तीव्र इलेक्ट्रोस्टॅटिक बलाने (धन व ऋण आयनातील आकर्षण बल) घट्ट बांधलेले असतात. पाणी हे माध्यम (द्रावक) असल्याने ही बले कमी होतात व पाण्यात विरघळण्यासाठी आयन मुक्त होतात.

8.3.2 पाण्याचे स्वयंप्रेरित विचरण :

आम्ल आणि आम्लारीच्या रसायनशास्त्रामध्ये पाणी फार महत्वाची भूमिका बजावते आपण पाहिले आहे की ते आम्ल आणि आम्लारीचे विचरण होऊन त्यापासून आणि तयार होण्यासाठी मदत करते. पाणी स्वतः विचरित होते आणि यालाच पाण्याचे स्वयंप्रेरित विचरण असे म्हणतात.



**पाण्याचे स्वयंप्रेरित विचरण :**

पाण्याचे  $H^+(aq)$  आणि  $OH^-(aq)$  आयन यामध्ये विचरण होते .



पाण्याचे विचरण अत्यंत कमी प्रमाणात होते . प्रत्येक अब्ज पाण्याच्या रेणुंमधुन फक्त दोन रेणूंचे  $25^{\circ}C$  तापमानास विचरण होते . त्यामुळे तयार होणा-या  $H^+(aq)$  and  $OH^-(aq)$  आयनांची व आयनांची संहती खूप कमी असते .  $25^{\circ}C$  तापमानास ( $298K$ )

$$[H^+] = [OH^-] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$$

इथे चौकोनी कंस हे त्या आयनांची रेण्वीय संहती दाखवतात म्हणून  $[H^+]$  हे  $H^+(aq)$  आयनांची संहती mol मध्ये दाखवतात आणि  $[OH^-]$  हे  $OH^-(aq)$  आयनांची संहती mol मध्ये दाखवतात .

इथे हे नमूद करणे आवश्यक आहे की शुद्ध पाण्यामध्ये आणि पाण्यातील सर्व उदासिन द्रावणांमध्ये  $[H^+] = [OH^-]$  असते .

तसेच शुद्ध पाण्यामध्ये  $H^+(aq)$  आणि  $OH^-(aq)$  सर्व पाण्यातील द्रावणामध्ये दिलेल्या तापमानाला आणि यांच्या संहतीचा गुणाकार नेहमीच स्थिर असतो . या गुणाकाराला पाण्याचे आयनिक मूल्य (प्रॉडक्ट) असे म्हणतात . हे  $K_w$  ह्या संज्ञेने दाखवितात याला पाण्याच्या आयनिक प्रॉडक्टचा स्थिरांक असेही म्हणतात .

$$K_w = [H^+] [OH^-]$$

$25^{\circ}C$  ( $298K$ ) ला शुद्ध पाण्याचा  $K_w$  हा खालीलप्रमाणे काढतात .

$$\begin{aligned} K_w &= (1.0 \times 10^{-7}) \times (1.0 \times 10^{-7}) \\ &= 1.0 \times 10^{-14} \end{aligned}$$

**8.3.3. उदासिन, आम्लधर्मी आणि अल्कधर्मी द्रावणे :**

आपण पाहिले की शुद्ध पाण्यामध्ये  $H^+(aq)$  आणि  $OH^-(aq)$  आयनांची संख्या सारखीच असते . त्यामुळे त्यांची संहती देखील सारखीच असते .

$$[H^+] = [OH^-]$$

**(i) उदासिन द्रावणे :** सर्व उदासिन द्रावणामध्ये  $H^+(aq)$  आणि  $OH^-(aq)$  आयनांची संहती सारखीच असते .

$$[H^+] = [OH^-]$$

दुस-या शब्दात आपण असे म्हणू शकतो की ज्या द्रावणामध्ये  $H^+(aq)$  आयनांची संख्या  $OH^-(aq)$  आयनांच्या संख्येवरोबर असते त्या द्रावणाला उदासिन द्रावण असे म्हणतात .

**(ii) आम्लधर्मी द्रावणे :** आम्ले त्यांच्या द्रावणात  $H^+(aq)$  आयन तयार करतात . त्यामुळे त्यांच्या द्रावणात  $H^+(aq)$  आयनांची संहती वाढते .

$$[H^+] > [OH^-]$$

आपल्या परिसरातील



टिपा

आणि  $[H^+] > 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$

दुस-या शब्दात सांगायचे तर आम्लधर्मी द्रावणे म्हणजे ज्या द्रावणामध्ये  $H^+(aq)$  आयनांची संहती  $OH^-(aq)$  आयनांच्या संहतीपेक्षा जास्त असते. आपण मागे पाण्याचे आयनिक मूल्य ( $K_w$ ) हे दिलेल्या तापमानास स्थिरांक असते असे पाहिले आहे. हे आयनांची संहती कमी असतानाच शक्य आहे.

$$[OH^-] < 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$$

(iii) **आम्लारीधर्मी द्रावणे :** आम्लारी त्यांच्या पाण्यातील द्रावणात  $OH^-(aq)$  आयन देतात. त्यामुळे त्यांची संहती वाढते त्यामुळे आम्लारीधर्मी द्रावणात

$$[OH^-] > [H^+]$$

आणि  $[OH^-] > 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$

दुस-या शब्दांत सांगायचे झाले तर आम्लारीधर्मी द्रावणे म्हणजे ज्या द्रावणामध्ये  $H^+(aq)$  आयनांची संख्या ही  $OH^-(aq)$  आयनांच्या संख्येपेक्षा कमी असते.

इथेही पाण्याचे आयनिक मूल्य  $K_w$  हे स्थिरांक असल्याने  $H^+(aq)$  आयनांची संहती कमी होते म्हणून

$$[H^+] < 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$$

आपण पाण्यातील द्रावणाचे स्वभावविशेष हायड्रोजन  $H^+(aq)$  आयनांच्या संहतीवरून खाली दिलेल्या तक्ता क्र 8.3 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे थोडक्यात सांगू शकतो.

**तक्ता क्र. 8.3 वेगवेगळ्या प्रकारच्या पाण्यातील द्रावणांमधील  $H^+(aq)$  आयनांची संहती**

द्रावणाचा प्रकार	25°C (298K) ला $H^+$ आयनांची संहती
उदासिन	$[H^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$
आम्लधर्मी	$[H^+] > 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$
आम्लारीधर्मी	$[H^+] < 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$



**सरावासाठी प्रश्न 8.2**

1. HCl वायूच्या सानिध्यातही कोरडा निळा लिटमस कागद तसाच रहातो का ?
2. आम्ल आणि आम्लारींच्या विचरणासाठी पाणी कसे मदत करते ?
3. खाली दिलेल्या पाण्यातील द्रावणांचे प्रकार ओळखा (आम्लधर्मी, आम्लारीधर्मी की उदासिन?)

- (अ) द्रावण अ -  $[H^+] < [OH^-]$   
 (ब) द्रावण ब -  $[H^+] > [OH^-]$   
 (क) द्रावण क -  $[H^+] = [OH^-]$

#### 8.4 सामू आणि त्याचे महत्व :

जेव्हा संहतीच्या ( आयनांच्या) वेगवेगळ्या टप्प्यांशी संबंध येतो तेव्हा हा टप्पा 10 चा काही घातांक आहे हे लक्षात येते. सोयीसाठी आपण अतिशय छोटे केलेले लॉगेरिथमिक परिमाण वापरू शकतो. रूढीप्रमाणे आपण आयनाची संहती दाखविण्यासाठी pH (सामू) परिमाण वापरतो. डॅनिश जैवरसायन तज्ञ सोरेन सोरेनसेन याने 1909 मध्ये pH (सामू) परिमाणाची निर्मिती केली. pH (सामू) याचा अर्थ 'हायड्रोजनची शक्ति.'

सामू म्हणजे हायड्रोजन आयन संहतीच्या व्यस्तांकाचा लॉगेरिथम होय. हा खालीलप्रमाणे लिहिला जातो.

$$pH =$$

तसेच सामू म्हणजे आयन संहतीचा उणे लॉगेरिथम होय सामू =  $pH = -\log [H^+]$ .

समीकरणातील उणे चिन्हामुळे  $[H^+]$  वाढते आणि pH (सामू) कमी होते आणि  $[H^+]$  कमी झाल्यास pH वाढते म्हणजेच सामू वाढतो.

शुद्ध पाण्यामध्ये  $25^{\circ}C$  (298K) तापमानास

$$[H^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

$$\text{Log } [H^+] = \log(10^{-7}) = -7$$

$$\text{आणि } pH = -\log[H^+] = -(-7) \quad pH = 7$$

शुद्ध पाण्यामध्ये  $25^{\circ}C$  (298K) तापमानास  $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$

म्हणून  $pOH = 7$

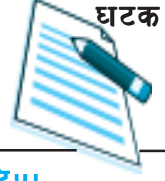
$$K_w = 1.0 \times 10^{-14}$$

$$pK_w = 14$$

$pK_w$ , pH आणि  $pOH$  यातील संबंध खालीलप्रमाणे आहेत.

$$pK_w = pH + pOH$$

$$25^{\circ}C \text{ (298K) तापमानास} \quad 14 = pH + pOH$$



आपल्या परिसरातील



### 8.4.1 सामू कल्पनेवर आधारित परिगणन (calculation) :

मागील विभागात आपण सामू संकल्पना पाहिली. त्याचप्रमाणे त्याचे हायड्रोजन आयन व हायड्रॉक्सील आयनांबरोबर असणारे नाते ही पाहिले. आता या विभागात आपण त्या नातेसंबंधचा वापर काही गणिती हिशोब (परिगणन) करण्यासाठी कसा करतात हे पाहू.

या पाठात वापरण्यात आलेली सामूची किंमत काढण्याची पध्दती आपण (i) फक्त तीव्र आम्ले व आम्लारी यांच्या द्रावणासाठी वापरू शकतो. (ii) तसेच आम्ले व आम्लारी यांची द्रावणे खूप विरल नसावीत आणि आम्ले व आम्लारी यांची संहती  $10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ . च्या पेक्षा कमी नसावी.

**उदाहरण 8.1 :** 0.001 रेणुभार असलेल्या HCl द्रावणाचा pH सामू काढा.

**उत्तर :** HCl हे तीव्र आम्ल असून त्याचे पाण्यामध्ये पूर्ण विचरण होते.



वरील समीकरणावरून असे स्पष्ट होते की HCl च्या 1 मोल पासून 1 मोल  $[\text{H}^+]$  आयन मिळतात. म्हणून  $[\text{H}^+]$  आयनांची संहती ही HCl आयनांच्या संहती एवढीच आहे. म्हणजे 0.001 मोलर किंवा  $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$  इतकी आहे.

$$\begin{aligned} \text{म्हणून} \quad [\text{H}^+] &= 1 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \\ \text{pH} &= -\log[\text{H}^+] = -(\log 10^{-3}) \\ &= -(-3 \times \log 10) = -(3 \times 1) = 3 \\ \text{म्हणून,} \quad \text{pH} &= 3 \end{aligned}$$

**उदाहरण 8.2 :**  $5 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$  इतकी संहती असलेल्या सल्फ्युरिक आम्लाच्या पाण्यातील द्रावणाचा सामू काढा.

**उत्तर :** सल्फ्युरिक आम्ल पाण्यामध्ये खालीलप्रमाणे विचरित होते.



सल्फ्युरिक आम्लाचा प्रत्येक मोल  $[\text{H}^+]$  आयनांचे दोन मोल देतो ( रेणुभार) म्हणून  $5 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$  संहती असलेल्या 1 लि. द्रावणात  $5 \times 10^{-5} \text{ moles}$  इतके  $\text{H}_2\text{SO}_4$  चे मोल असतात. ते  $2 \times 5 \times 10^{-5} = 10 \times 10^{-5}$  किंवा  $1.0 \times 10^{-4} \text{ moles}$  मोल इतके  $[\text{H}^+]$  आयन देतात म्हणून

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \\ \text{pH} &= -\log[\text{H}^+] = -\log 10^{-4} = -(-4 \times \log 10) \\ &= -(-4 \times 1) = 4 \end{aligned}$$

**उदाहरण 8.3** NaOH च्या  $1 \times 10^{-4}$  रेणुभार असलेल्या द्रावणाचा सामू काढा.

**उत्तर :** NaOH हे तीव्र आम्लारी आहे. त्याचे पाण्यातील विचरण खालीलप्रमाणे होते.





मोल NaOH, 1 मोल OH<sup>-</sup> आयन देते म्हणून

$$[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \text{pOH} &= -\log[\text{OH}^-] = -\log \times 10^{-4} = -(-4) \\ &= 4 \end{aligned}$$

म्हणून,

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= 14 - \text{pOH} = 14 - 4 \\ &= 10 \end{aligned}$$

**उदाहरण 8.4**  $1.0 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$ . इतकी हायड्रोजन आयनांची संहती असलेल्या द्रावणाचा सामू काढा.

**उत्तर :** इथे द्रावण जरी खूप विरल असले तरी दिलेली संहती ही आम्ल किंवा आम्लारीची नाही तर [H<sup>+</sup>] आयनांची आहे म्हणून खालील समीकरणावरून सामू काढता येईल.

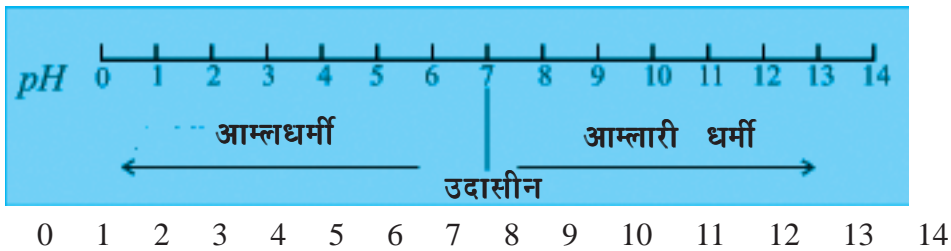
$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

$$\text{given } [\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{pH} &= -\log 10^{-8} = -(-8 \times \log 10) \\ &= -(-8 \times 1) = 8 \end{aligned}$$

### 8.4.2 सामू पट्टी :-

सामू पट्टीचा पल्ला 0 ते 14 इतका असतो. सामू 7 असल्यास द्रावण उदासिन, सातपेक्षा कमी असल्यास द्रावण आम्लधर्मी व सातपेक्षा जास्त असल्यास द्रावण आम्लारीधर्मी समजले जाते, खाली आ. 8.5 मध्ये ही पट्टी दाखवली आहे.



### आ. 8.5 सामू पट्टी

यापूर्वी आपण कोणाच्याही पाण्यातील द्रावणात pH आणि pOH यांची बेरीज स्थिरांक असते हे शिकलो. म्हणून जेव्हा एकाचे मूल्य वाढते. दुस-याचे कमी होते. हे संबंध खाली आ. 8.6 मध्ये दाखवले आहे.



आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा

$$pH + pOH = 14$$

आ. 8.6 25<sup>0</sup>C तापमानास pH व pOH यामधील संबंध

तक्ता क्र. 8.5 काही सामान्य आम्ले व आम्लारी यांचे सामू

सामान्य आम्ले	सामू	सामान्य आम्लारी	सामू
HCl (4%)	0	रक्तद्रव	7.4
जठरातील आम्ल	1	अंड्यातील पांढरे	8.0
लिंबाचा रस	2	समुद्राचे पाणी	8.0
व्हिनेगर	3	खाण्याचा सोडा	9.0
संत्री	3.5	आम्ल पित्तनाशक	10.0
सोडा, द्राक्षे	4	अमोनियाचे पाण्यातील द्रावण	11.0
नासलेले दूध	4.5	चुन्याची निवळी	12
ताजे दूध	5.0	सांडपाणी स्वच्छ करणारे	13
मानवी लाल	6 - 8	कॉस्टिक सोडा(NaOH 4%)	14
शुध्द पाणी	7.0		

### 8.4.3 सामू ठरविण्याची पध्दती :

द्रावणाचे सामू ठरविण्यासाठी योग्य असा दर्शक वापरतात किंवा pH मीटर हे साधन वापरतात. pH मीटर या साधनाने सामूची किंमत अचूक काढता येते. याविषयी जास्त माहिती तुम्ही वरच्या वर्गात घेणार आहात. इथे आपण द्रावणाच्या सामूची किंमत काढण्यासाठी दर्शकांचा उपयोग कसा करतात ते पाहू या.

### वैश्विक दर्शक किंवा सामू कागद :

हे अनेक दर्शकांचे मिश्रण आहे. दिलेल्या सामूच्या किंमतीस हे एक विशिष्ट रंग दाखवते. रंगाचा मार्गदर्शक तक्ता वाटली बरोबर दिलेला असतो किंवा एक विशिष्ट कागदाची पट्टी त्यात दिलेली असते तिला सामू कागदाची पट्टी असे म्हणतात. ज्या द्रावणाची परीक्षा करावयाची आहे त्याचे वैश्विक दर्शकाच्या एका थेंबाने परीक्षण केले जाते किंवा सामू कागदावर ज्या द्रावणाची परीक्षा करावयाची आहे त्याचा एक थेंब टाकला जातो. या सामू कागदाचा रंग किंवा वैश्विक द्रावण घातल्यावर तयार झालेला रंग हा मार्गदर्शक पट्टीवर ताडून त्यावरून सामूची किंमत पाहिली जाते. अशा त-हेने मिळविलेल्या सामूच्या किंमती ह्या साधारण बरोबर असतात.



आ. 8.7 रंगाचा तक्ता / वैश्विक दर्शकाचा मार्गदर्शक/ सामू कागद

#### 8.4.2 दैनंदिन जीवनात सामूचे महत्व :

दैनंदिन जीवनात 'सामू' फार महत्वाची भूमिका बजावतो. त्यातील काही उदाहरणे येथे दिली आहेत.

##### (अ) मानव आणि प्राण्यातील सामू :

आपल्या शरीरात घडणा-या ब-याचशा जैव रासायनिक अभिक्रिया ह्या सामूच्या छोट्या पट्ट्यात 7.0 ते 7.8 या दरम्यान घडतात. या सामूमध्ये थोडासाही बदल झाल्यास या प्रक्रियांमध्ये विघाड होतो.

##### (ब) आम्लीय पाऊस :

जेव्हा पावसाच्या पाण्याचा सामू 5.6 च्या खाली जातो तेव्हा त्या पावसाला आम्लीय पाऊस असे म्हणतात. जेव्हा आम्लीय पावसाचे पाणी नदीमधून वाहत जाते तेव्हा नदीच्या पाण्याचा सामू ही कमी होतो व ते आम्लीय होते. त्यामुळे जलचर प्राण्यांचे जीवन रक्षण कठीण होते.

##### (क) वनस्पतींचा सामू :

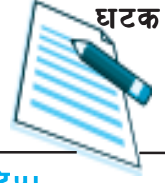
जेव्हा जमिनीचा सामू काही ठराविक टप्प्यात असतो तेव्हाच वनस्पतींची निरोगी वाढ होते. जमिनीचा सामू खूप आम्लधर्मी किंवा आम्लारीधर्मी नसावा.

##### (ड) चयापचय संस्थेमधील :

आपले जठर अन्न पचनासाठी लागणारे हायड्रोक्लोरीक आम्ल तयार करते जेव्हा आपण मसालेदार अन्न खातो तेव्हा जठरात मोठ्या प्रमाणात हायड्रोक्लोरीक आम्ल तयार होते आणि त्यामुळे आम्लपित्त होते. आम्लपित्त म्हणजे जळजळ होणे किंवा पोट दुखणे देखील या त्रासातून सुटका होण्यासाठी 'आम्लपित्तनाशक' औषधे आपण वापरतो ही औषधे आम्लारीधर्मी असतात. उदा. मिलक ऑफ मॅग्नेशिया म्हणजे मॅग्नेशियम हायड्रॉक्साईडचे पाण्यातील द्रावण.

##### (इ) प्राणी व वनस्पतींचा स्वबचाव :

मधमाशीच्या डंग्रामुळे खूप वेदना होतात आणि जळजळ होते हे त्यांच्यात असलेल्या मिथेनॉईक आम्लामुळे होते. बेकींग सोड्यासारख्या सौम्य आम्लारीच्या वापराने वेदनेपासून मुक्तता मिळू शकते. काही खाजकोयली सारख्या वनस्पतींमध्ये दंश करणारे केस असतात. ते त्यांच्या सानिध्यात येणा-या प्राण्यांच्या आणि मानवांच्या शरीरामध्ये मिथेनॉईक आम्ल टोचतात. त्यामुळे खूप वेदना होतात व जळजळ होते.



आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा

खाजकोयलीच्या झाडाशेजारीच उगवणा-या डॉक प्लॅटची पाने दंश झालेल्या टिकाणी चोळल्यास दुखण्यास आराम पडू शकतो .

(फ) दातांचे किडणे :

दातांचे आवरण इन्मेल हे कॅल्शियम फॉस्फेटपासून बनलेले असते . कॅल्शियम फॉस्फेट हा आपल्या शरीरातील सर्वात कठीण पदार्थ आहे आणि आपण जे विविध खाद्यपदार्थ खातो त्याचा परिणाम ते सोसू शकते . प्रत्येक जेवणानंतर तोंड नीट न धुतल्यास तोंडात राहणारे अन्नकण व साखर हे तोंडात असणा-या बॅक्टेरीयामुळे विघटीत होऊ लागतात . या प्रक्रियेमुळे आम्ल तयार होऊन सामू 5.5 च्याही खाली जातो ही आम्लीय परिस्थिती तयार झाल्याने दाताच्या इन्मेल आवरणाचे क्षरण होऊ लागते आणि दूरवर त्याचा परिणाम दात किडण्यामध्ये होतो .



सरावासाठी प्रश्न 8.3

- १ . द्रावणाचे pOH 5.2 इतके आहे . तर त्याचा सामू (pH) काय असेल? या द्रावणाचा प्रकार कोणता असेल? (आम्लीय, आम्लारी की उदासिन?) ते सांगा .
- २ . द्रावणाचा सामू 9.0 आहे त्यातील  $H^+$  आयनांची संहती काय असेल ?
- ३ . खाली दिलेल्या द्रावणांचे प्रकार सांगा (आम्लधर्मी, आम्लारीधर्मी किंवा उदासिन?)

(अ) द्रावण अ = pH = pOH

(ब) द्रावण ब = pH > pOH

(क) द्रावण क = pH < pOH

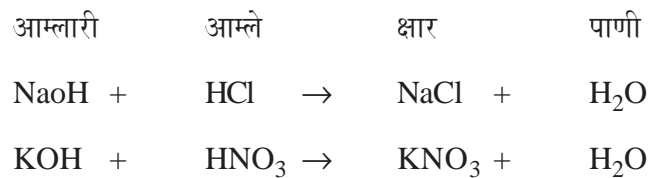
8.5 क्षार :

क्षार ही आयनिक संयुगे असतात . ते आयन सोडून इतर धनप्रभारित आयनांनी (कॅटायन) व आयन सोडून इतर ऋणप्रभारित आयनांनी (अॅनायन) बनलेले असतात .

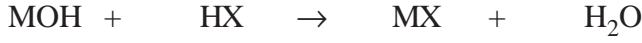
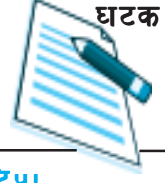
1. आम्ले व आम्लारी यांच्या उदासिनीकरणातून :

क्षार हे उदासिनीकरणाच्या अभिक्रियेचे उत्पादित असतात .

उदाहरणार्थ :



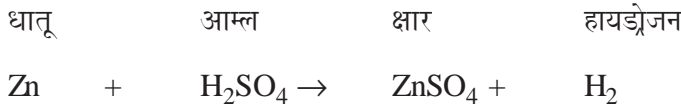
∴ सामान्यपणे



वरील सर्व अभिक्रियांमध्ये आपल्याला दिसते की, क्षारातील धन प्रभारित आयन (कॅटायन) हा आम्लारीतून आला आहे. म्हणून त्याला धनजागृतीयुक्त आयन (बेसिक रेडिकल) असे म्हणतात. क्षारातील ऋणप्रभारित आयन हा आम्लामधून येतो म्हणून त्यास (अॅसिड रेडिकल) ऋणजागृतीयुक्त आयन असे म्हणतात. उदा. NaCl या क्षारामध्ये धनप्रभारित  $\text{Na}^+$  आयन NaOH या आम्लारीमधून आला आहे आणि म्हणून तो धनजागृतीयुक्त आयन किंवा बेसिक रेडिकल आहे. तर ऋणप्रभारित आयन  $\text{Cl}^-$  HCl मधून आला आहे आणि म्हणून तो अॅसिडीक रेडिकल किंवा ऋणजागृतीयुक्त आयन आहे असे म्हणतात.

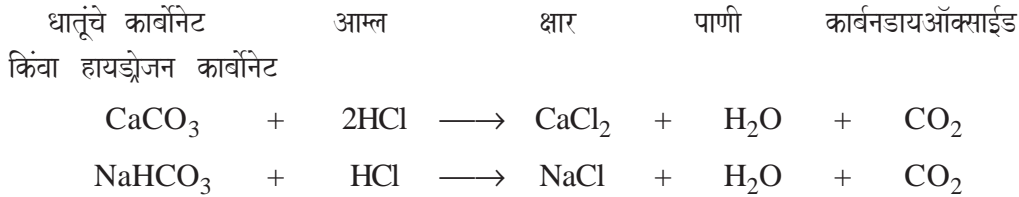
### 2. धातूवर आम्लांची क्रिया होऊन :

धातू आणि आम्ल यांच्यामध्ये अभिक्रिया झाली असता क्षार तयार होतात व त्याबरोबर हायड्रोजन वायू तयार होतो.



### 3. धातूंच्या कार्बोनेट व हायड्रोजन कार्बोनेट वर आम्लाची अभिक्रिया होऊन :

धातूंच्या कार्बोनेट व हायड्रोजन कार्बोनेटवर (बायकार्बोनेट) आम्लाची क्रिया होऊन क्षार तयार होतात. त्याबरोबर पाणी व कार्बन डाय ऑक्साईड तयार होतो.



### क्षारांचे वर्ग आणि त्यांच्या पाण्यातील द्रावणाचे प्रकार :

क्षार		क्षारांच्या द्रावणाचा प्रकार	PH (सामू) (25°C ला )
आम्लाचे	आम्लारींचे		
तीव्र	तीव्र	उदासिन	PH = 7
सौम्य	तीव्र	आम्लारीधर्मी	PH > 7
तीव्र	सौम्य	आम्लधर्मी	PH < 7
सौम्य	सौम्य	अधिक माहितीची आवश्यकता भासते.	-

आपल्या परिसरातील

घटक



टिपा

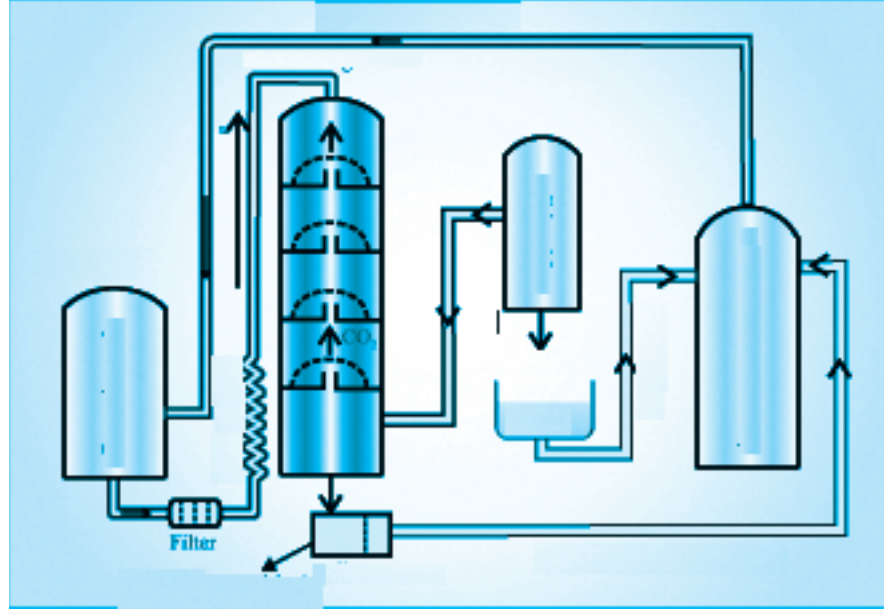
### 8.6 : सामान्यपणे वापरले जाणारे काही क्षार :

आपल्या घरामध्ये व कारखान्यात विविध हेतूसाठी खूप मोठ्या संख्येन क्षार वापरले जातात . आपण या विभागात अशाच काही क्षारांसंबंधी माहिती करून घेऊ या .

#### 8.6.1 : बेकींग सोडा :

तुम्ही पाहिले असेल की तुमची आई काही डाळी शिजवताना बेकींग सोडा वापरते . हे तू का वापरतेस ? असे जर तुम्ही तिला विचारले तर ती सांगेल यामुळे स्वयंपाकात काही पदार्थ लवकर शिजतात अन्यथा त्यांना शिजावयास खूप वेळ लागतो . रासायनिकदृष्ट्या बेकींग सोडा म्हणजे सोडियम हायड्रोजन कार्बोनेट ( $\text{NaHCO}_3$ )

(a) **उत्पादन :** बेकींग सोड्याचे उत्पादन सॉल्वे प्रक्रियेने केले जाते . खरे तर ही प्रक्रिया धुण्याचा सोडा बनविण्यासाठी वापरली जाते परंतु त्यामध्ये (प्रक्रियेच्या दरम्यान) बेकींग सोडा ही तयार होते .



आ. 8.9 बेकींग सोडा बनविण्याची सॉल्वे प्रक्रिया

**आवश्यक कच्चा माल :**

वॉशिंग सोड्याच्या उत्पादनाकरिता लागणारा कच्चा माल

- लाईम स्टोन म्हणजे कॅल्शियम कार्बोनेट  $\text{CaCO}_3$
- सोडियम क्लोराईड ( $\text{NaCl}$ ) (ब्राईनच्या स्वरूपात) म्हणजे  $\text{NaCl}$  चे संपृक्त द्रावण
- अमोनिया ( $\text{NH}_3$ )

**प्रक्रिया :**

सॉल्वे प्रक्रियेमध्ये लाईम स्टोनला तीव्र उष्णता देऊन कार्बन डाय ऑक्साईड वायू मिळवला जातो.



लाईम स्टोन                      क्विक लाईम                      कार्बन डाय ऑक्साईड

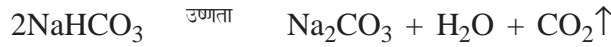
तयार झालेला कार्बन डाय ऑक्साईड वायू थंड ब्राईन मधून (NaCl च्या पाण्यातील संपृक्त द्रावणातून) पाठवला जातो परंतु त्याआधी ब्राईन अमोनिया घालून संपृक्त केले जाते.



सोडियम हायड्रोजन कार्बोनेट                      अमोनियम क्लोराईड

NaHCO<sub>3</sub> पाण्यामध्ये कमी प्रमाणात द्रावणीय आहे. त्यामुळे त्याचे पांढरे स्फटिक स्फटिकीभवनाने तयार होतात. त्याचे पाण्यातील द्रावण आम्लारीधर्मी आहे. ते सौम्य आहे व क्षरण न करणारे आम्लारी आहे.

**उष्णतेचा परिणाम :** सोडियम हायड्रोजन कार्बोनेटला उष्णता दिली असता त्याचे रूपांतर सोडियम कार्बोनेट मध्ये होते आणि कार्बनडाय ऑक्साईड वायू मुक्त होतो.



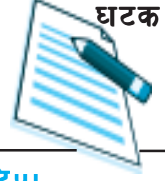
सोडियम कार्बोनेट

## ब. उपयोग :

- काही पदार्थ शिजविण्यासाठी याचा उपयोग होतो.
- बेकिंग पावडर तयार करण्यासाठी याचा उपयोग होतो. (सोडियम हायड्रोजन, कार्बोनेट आणि टारटारिक आम्ल यांचे मिश्रण म्हणजे बेकिंग पावडर होय.) बेकिंग करताना म्हणजे भट्टीत भाजताना बेकींग सोडियममधून कार्बन डाय ऑक्साईड वायू मुक्त होतो. या कार्बन डाय ऑक्साईडमुळे कणिक/ मैदा यांचा गोळा फुगतो. या प्रक्रियेत तयार होणा-या सोडियम कार्बोनेट (  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ) मुळे पदार्थास कडवट चव येते म्हणूनफक्त बेकिंग सोडा न वापरता बेकिंग पावडरही वापरतात. बेकींग पावडर मधील टारटारिक आम्ल सोडियम कार्बोनेटबरोबर उदासिनीकरण करते आणि त्यामुळे पदार्थाला कडवट चव येत नाही. बेकिंग पावडर वापरून केक आणि पेस्ट्रीन हलक्या, मऊ, खूप फुगलेल्या करता येतात.
- औषधांमध्ये :** बेकिंग सोडा (NaHCO<sub>3</sub>) ही सौम्य, क्षरण न करणारी आम्लारी असल्याने याचा उपयोग पोटात प्रमाणाबाहेर तयार झालेल्या आम्लांचे उदासिनीकरण करण्यासाठी व वेदना नाशक म्हणून केला जातो. स्थायू स्वरूपातील खाण्यायोग्य आम्लांबरोबर (जसे टारटारिक आम्ल, सिट्रीक आम्ल) मिसळून हे फसफसणा-या पेयासोबत अपचन दूर करण्यासाठी वापरले जाते.

आपल्या परिसरातील

घटक



टिपा

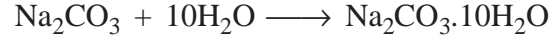
आपल्या परिसरातील



### 8.6.2 धुण्याचा सोडा :

धुण्याचा सोडा कपडे धुण्यासाठी वापरला जातो. या रसायनाच्या वापरामुळेच परीटाने धुतलेले कपडे शुभ्र दिसतात. रासायनिक दृष्ट्या धुण्याचा सोडा म्हणजे सोडियम कार्बोनेट डिका हायड्रेट  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

**उत्पादन :** धुण्याचा सोडा देखील ही सॉल्वे प्रक्रियेने उत्पादित केला जातो. आपण यापूर्वीच बेकिंग सोड्यासाठी लागणा-या कच्च्या मालाची माहिती घेतली आहे. सोडियम कार्बोनेट, सोडियम हायड्रोजनच्या कॅल्सिनेशनने मिळवले जाते. (कॅल्सिनेशन म्हणजे भट्टीत तीव्र उष्णता देणे) नंतर त्याचे पाण्यातून स्फटिकीभवन केले जाते.



#### (ब) उपयोग :

- याचा उपयोग कॉस्टिक सोडा, काच, सावण पावडर, बोरेक्स तयार करण्यासाठी व कागद कारखान्यात होतो.
- पाण्याचा कायमस्वरूपी कठिणपणा घालविण्यासाठी होतो.
- घरगुती स्वच्छता करण्यासाठी होतो.

### 8.6.3 प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस :

तुम्ही घरातील छतावर किंवा भिंतीवर सुंदर नक्षीकाम केलेले पाहिले असेल. ते प्लॅस्टर ऑफ पॅरिसने केले जाते. यालाच POP असेही म्हणतात. रासायनिक दृष्ट्या हे  $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  or  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$  असते. (कॅल्शियम सल्फेट हेमीहायड्रेट)

**उत्पादन - कच्चा माल :** जिप्सम ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ) हे कच्चा माल म्हणून वापरले जाते.  
**प्रक्रिया :**

जिप्सम ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ) आणि प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ ) यातील एकमेव फरक म्हणजे प्लॅस्टर ऑफ पॅरिसमध्ये कमी स्फटिकजल रेणू असतात. जेव्हा जिप्समला  $100^\circ\text{C}$  ( $373\text{K}$ ) इतक्या तापमानावर तापवले जाते तेव्हा त्यातील काही स्फटिकजल रेणू निघून जातात आणि प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस तयार होते.



या अभिक्रियेचे तापमान  $100^\circ\text{C}$  च्या वर जाऊ दिले जात नाही कारण सर्वच स्फटिकजल निघून जाऊन स्फटिकजल नसलेले  $\text{CaSO}_4$  तयार होईल. याला डेड बर्नट असे म्हणतात. याच्यामध्ये पाण्याबरोबर मिश्रण केल्यावर घट्टपणा घेण्याचा गुणधर्म नाहीसा होतो.



ब. उपयोग :

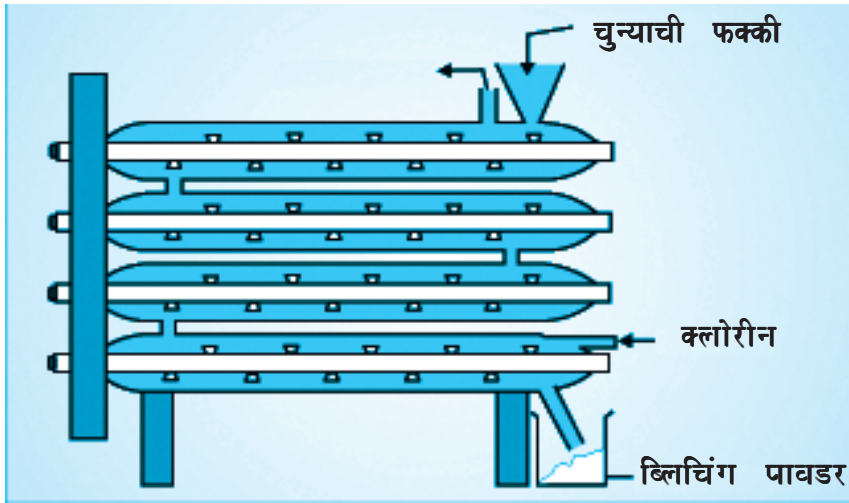
१. खेळणी, पुतळे इ. बनविण्यासाठी साचे तयार करण्यासाठी
२. वैद्यकशास्त्रात हाड मोडले असता प्लॅस्टर करताना तसेच कवळीचे साचे बनविण्यासाठी
३. भिंतीचा व छताचा पृष्ठभाग सपाट करण्यासाठी
४. छतावर, भिंतीवर, खांबावर सुबक नक्षीकाम करण्यासाठी
५. फळयावर लिहीण्यासाठी खडू बनविताना
६. अग्निशामक द्रव्ये बनविण्यासाठी

8.6.4 ब्लिचींग पावडर :

तुम्हाला नवे कापड इतके शुभ्र का असते ? हे माहित आहे का ? ते इतके शुभ्र कसे करतात ? हे ब्लिचींग पावडरच्या सहाय्याने कापड उत्पादन करतानाच करतात. ब्लिचींग ही एक कापडाचा रंग काढून त्याला शुभ्र बनविण्याची प्रक्रिया आहे. या कामासाठी ब्लिचींग पावडर फार पूर्वीपासून वापरतात. रासायनिक दृष्ट्या हे कॅल्शियम ऑक्सिक्लोराईड ( $\text{CaOCl}_2$ ) आहे.

अ. उत्पादन - लागणारा कच्चा माल :

ब्लिचींग पावडरच्या उत्पादनासाठी लागणारा कच्चा माल आहे. 1) स्लेकड लाईम - चून्याची फक्की  $\text{Ca(OH)}_2$  2) क्लोरीन वायू  $\text{Cl}_2$



आ. 8.10 हासेन क्लेव्हर प्लांट - ब्लिचींग पावडरच्या उत्पादनासाठी

प्रक्रिया :

हे हासेन क्लेव्हर या पध्दतीने उत्पादित केले जाते. या प्लांटमध्ये कास्ट आयर्न पासून बनवलेली चार सिलिंडर (नळकांडी) असतात. त्याला तळाशी क्लोरीन वायू आत सोडण्यासाठी जागा असते.

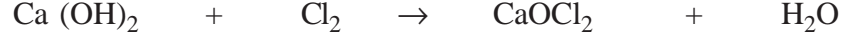


आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा

कोरडी चुन्याची फक्की ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) क्लोरीन वायूच्या सिलिंडरमध्ये वरून सोडली जाते. चुन्याची फक्की सिलिंडरमध्ये खाली पडताना ती वर येणा-या क्लोरीन वायूशी संयोग पावते या अभिक्रियेमुळे व्हीचींग पावडर तयार होते व ती तळाशी जमा होते.



चुन्याची फक्की क्लोरीन वायू व्हीचींग पावडर

ब : उपयोग :

१. सुती व खादीच्या कापडाचे विरंजन करण्यासाठी कापड उद्योगात
२. लाकडाच्या मलिदयाचे विरंजन करण्यासाठी कागद उद्योगात
३. लोकर आकसू नये यासाठी
४. पाणी निर्जंतुक करताना जंतुनाशक म्हणून
५. क्लोरोफॉर्मच्या उत्पादनात
६. रासायनिक उद्योगात ऑक्सिजन पुरवणारा घटक म्हणून



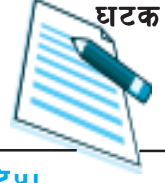
सरावासाठी प्रश्न 8.5

1.  $\text{CaSO}_4$  मधील बेसक व ॲसिडीक (धनजागृतीयुक्त व ऋणजागृतीयुक्त) रॅडिकल ओळखा.
२. आम्ल व आम्लारी यांची अभिक्रिया करून  $\text{CuSO}_4$  तयार केले या अभिक्रियेच्या वेळी वापरलेले आम्ल व आम्लारी ओळखा.
३. खालीलपैकी कोणते रेणूसूत्र प्लॅस्टर ऑफ पॅरिसचे अचूक रेणूसूत्र आहे?  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  किंवा  $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$



आपण काय शिकलो ?

- आम्लधर्मी पदार्थाची चव आंबट असते. ते निळा लिटमस तांबडा करतात. ते धातूंचे क्षरण करतात त्यांच्या पाण्यातील द्रावणात ते  $\text{H}^+$  आयन तयार करतात.
- आम्लारीधर्मी पदार्थ चवीला कडू असतात. ते तांबडा लिटमस निळा करतात. ते स्पर्शा ला बुळबुळीत असतात. त्यांच्या पाण्यातील द्रावणात ते  $\text{OH}^-$  आयन तयार करतात.
- दर्शक हे असे पदार्थ असतात की ते आम्ल माध्यमात एक रंग दाखवतात तर आम्लारी माध्यमात दुसराच रंग दाखवतात. लिटमस, फेनॉलथॅलिन, मेथिल ऑरेंज हे काही सामान्यपणे वापरात असणारे दर्शक आहेत.



- व-याचशा कच्च्या फळांमध्ये, व्हिनेगरमध्ये, लिंबू व नासलेल्या दुधात आम्ल असते. तर चुन्याची निवळी, खिडकीची तावदाने स्वच्छ करण्यासाठी वापरण्यात येणारा द्रव इ. मध्ये आम्लारी असते.
- आम्ल आणि आम्लारी यांच्या पाण्यातील द्रावणातुन विद्युतधारा वाहते कारण आम्ल आणि आम्लारी पाण्यात विरघळवले असता विचरण पावतात आणि धन व ऋणप्रभारित आयन तयार होतात. हे आयन विद्युतधारा वहनासाठी मदत करतात.
- तीव्र आम्ले व आम्लारी पाण्यात संपूर्णपणे विचरीत होतात.  $HCl$ ,  $HBr$ ,  $HI$ ,  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ,  $HClO_4$  आणि  $HClO_3$  ही तीव्र आम्ले आहेत. आणि  $LiOH$ ,  $NaOH$ ,  $KOH$ ,  $RbOH$ ,  $CsOH$ ,  $Ca(OH)_2$ ,  $Sr(OH)_2$  आणि  $Ba(OH)_2$  हे तीव्र आम्लारी आहेत.
- सौम्य आम्ले व आम्लारी पाण्यामध्ये थोड्या प्रमाणात विचारित होतात. उदा.  $HF$ ,  $HCN$ ,  $CH_3COOH$  इ. काही सौम्य आम्ले आहेत.  $NH_4OH$ ,  $Cu(OH)_2$ ,  $Al(OH)_3$  इ. काही सौम्य आम्लारी आहेत.
- आम्ले व आम्लारी धातूंबरोबर अभिक्रिया करतात आणि क्षार व हायड्रोजन वायू तयार करतात.
- आम्ले धातूंच्या कार्बोनेट व हायड्रोजन कार्बोनेटशी अभिक्रिया करतात आणि क्षार, पाणी व कार्बन डाय ऑक्साईड वायू तयार करतात.
- आम्ले धातूंच्या ऑक्साईडबरोबर अभिक्रिया करतात व क्षार आणि पाणी तयार करतात.
- आम्लारी अधातूंच्या ऑक्साईडबरोबर अभिक्रिया करतात आणि क्षार व पाणी तयार करतात.
- आम्ले आणि आम्लारी एकमेकांबरोबर अभिक्रिया करतात व क्षार आणि पाणी तयार करतात. या अभिक्रियांना उदासिनीकरणाच्या अभिक्रिया म्हणतात.
- आम्ले आणि आम्लारी पाण्यात विरघळल्यावरच त्यांचे विचरण होते.
- पाणी स्वतः विचरीत होते आणि व आयन समान संख्येमध्ये तयार होतात. याला पाण्याचे स्व-विचरण असे म्हणतात. ह्या विचरणाचे प्रमाण खूप कमी असते.
- पाण्याच्या स्व-विचरणाने तयार होणा-या व आयनांची संहती  $25^{\circ}C$  तापमानास  $1.0 \times 10^{-7}$  मोलर इतकी असते.
- हायड्रोजन व हायड्रॉक्सिल आयनांच्या संहतीच्या गुणाकाराला पाण्याचे आयनिक मूल्य किंवा पाण्याचा आयनिक मूल्याचा स्थिरांक असे म्हणतात. हा  $K_w$  ने दाखवतात. आम्ल, आम्लारी किंवा क्षार यासारखा कोणताही पदार्थ पाण्यात विरघळवला तरी पाण्याचे आयनिक मूल्य तेच रहाते.

आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा

- सामू (pH) ची व्याख्या किंवा  $-\log [H^+]$  व pOH ची व्याख्या  $pOH = -\log [OH^-]$  आणि  $pK_w = -\log K_w$  अशी केली जाते.
- शुद्ध पाण्यामध्ये किंवा कोणत्याही पाण्यातील द्रावणात  $25^\circ C$  तापमानास  $pH + pOH = pK_w = 14$  असते.
- शुद्ध पाण्यात  $[H^+] = [OH^-]$  असते तसेच हे उदासिन द्रावणांसाठी ही सत्य आहे. pH च्या शब्दात सांगायचे तर पाण्यामध्ये किंवा उदासिन द्रावणात  $pH = pOH = 7$
- आम्लीय द्रावणात  $[H^+] > [OH^-]$  आणि pH तसेच  $25^\circ C$  तापमानास pH
- आम्लारीच्या द्रावणात  $[H^+] < [OH^-]$  आणि pH तसेच  $25^\circ C$  तापमानास pH
- बरेच दर्शक एकत्र करून वैखिक दर्शक तयार करतात. दर्शक प्रत्येक pH (सामू) च्या मूल्यास वेगवेगळा परंतु विशिष्ट रंग देतो.
- मानवामध्ये व प्राण्यांमध्ये आढळणा-या जैवरासायनिक प्रक्रियेत अचूक pH (सामू) राखणे हे खूप महत्वाचे असते.
- जर पावसाच्या पाण्याचा (pH) सामू 5.6 च्या खाली असेल तर त्याला आम्लीय पाऊस असे म्हणतात. हा पाऊस अपायकारक असतो.
- झाडांच्या वाढीमध्ये तसेच आपल्या शरीरातील चयापचयाच्या क्रियेमध्ये pH (सामू) महत्वाची भूमिका बजावतो.
- क्षार ही आयनिक संयुगे असून त्यातील धनप्रभारित आयन (कॅटायन) हे सोडून इतर कोणतेही असतात आणि ऋणप्रभारित आयन (अॅनायन) हे सोडून इतर कोणतेही असतात. ते उदासिनीकरणाच्या अभिक्रियेमध्ये तयार होतात.
- आम्ले आणि आम्लारी यांच्या धातूंबरोबरच्या अभिक्रियेत क्षार तयार होतात. तसेच धातूंचे कार्बोनेट्स व हायड्रोजन कार्बोनेट्स यांची आम्लांबरोबर अभिक्रिया होऊन व अधातूंच्या ऑक्साईडबरोबर आम्लारीची अभिक्रिया होऊन क्षार तयार होतात.



अंतिम प्रश्नसंग्रह

(अ) वस्तुनिष्ठ प्रश्न

I. अचूक निवडीस (✓) खूण करा.

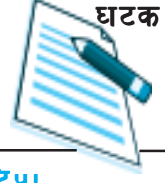
1. लिंबाच्या रसात \_\_\_\_\_ असते.

(अ) टारटारीक आम्ल

(ब) अॅसकॉर्बिक आम्ल

(क) अॅसेटीक आम्ल

(ड) लॅक्टिक आम्ल



2. आम्लाच्या पाण्यातील द्रावणातून विद्युतधारा वाहते. यावरून असे दिसते की \_\_\_\_\_  
 (अ) त्यामध्ये आयन असतात. (ब) त्यामध्ये आयन असतात.  
 (क) त्यामध्ये कॅटायन व अॅनायन असतात (ड) त्यामध्ये व आयन असतात.
3. खालीलपैकी कोणते आम्ल तीव्र आम्ल नाही ?  
 (अ) HCl (ब) HBr (क) HI (ड) HF
4. पाण्याच्या स्वयंप्रेरित विचरणात \_\_\_\_\_  
 (अ) मोठ्या प्रमाणात आयन तयार होतात.  
 (ब) मोठ्या प्रमाणात आयन तयार होतात.  
 (क) व आयन समान संख्येत तयार होतात.  
 (ड) आणि आयन वेगवेगळ्या संख्येने तयार होतात.
5. कोणत्याही आम्लारीच्या पाण्यातील द्रावणात \_\_\_\_\_  
 (अ)  $[H^+] > [OH^-]$  (ब)  $[H^+] < [OH^-]$   
 (क)  $[H^+] = [OH^-]$  (ड)  $[H^+] = 0$
6. HCl च्या पाण्यातील द्रावणात खालीलपैकी कोणता आयन नसतो ?  
 (अ)  $H^+$  (ब)  $OH^-$  (क) HCl (ड)  $Cl^-$
7. खालीलपैकी कोणता पदार्थ धुण्याच्या सोड्याच्या उत्पादनात कच्चा माल म्हणून वापरत नाहीत ?  
 (अ) लार्डमस्टोन (ब) अमोनिया  
 (क) चुन्याची फक्की (ड) सोडियम क्लोराईड

## II. खालील विधानासमोर चूक (F) किंवा बरोबर (T) लिहा.

1. आम्ले पाण्याच्या सानिध्यातच आयन देतात.
2. चुन्याच्या निवळीत निळा लिटमस तांबडा होतो.
3. HF हे तीव्र आम्ल आहे.
4. जेव्हा आम्ले धातूच्या ऑक्साईडबरोबर अभिक्रिया करतात तेव्हा हायड्रोजन वायू ( $H_2$ ) तयार होतो.
5. आम्लाची क्षरणाची क्रिया ही त्यांच्यात असणा-या आयनांमुळे होते.

आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा

6. जेव्हा पावसाच्या पाण्याचा (pH) सामू 5.6 च्या वर जातो तेव्हा त्यास आम्लीय पाऊस असे म्हणतात .
7. सर्व क्षारांची पाण्यातील द्रावणे उदासिन असतात म्हणजेच ती आम्लधर्मी किंवा आम्लारीधर्मी नसतात .

### III. गाळलेल्या जागा भरा .

1. आम्लांची चव \_\_\_\_\_ असते तर आम्लारींची चव \_\_\_\_\_ असते .
2. मिल्क ऑफ मॅग्नेशियामध्ये \_\_\_\_\_ लिटमस \_\_\_\_\_ होतो .
3. सल्फ्युरिक आम्लाचा एक मोल, आयनांचे \_\_\_\_\_ मोल व (सल्फेट) आयनांचे \_\_\_\_\_ मोल देतो .
4. आम्लांची धातूंच्या हायड्रोजन कार्बोनेटवर अभिक्रिया केली असता \_\_\_\_\_ वायू तयार होतो .
5. वायू चुन्याची निवळीत सोडला असता \_\_\_\_\_ मुळे ती दुधी रंगाची होते .
6. आम्ल व आम्लारी यांच्यामधील अभिक्रियेस \_\_\_\_\_ म्हणतात .
7. मधमाशीच्या दंशातून \_\_\_\_\_ आम्ल शरीरात टाकले जाते . त्यामुळे असह्य वेदना होतात व जळजळ होते .
8. मध्ये \_\_\_\_\_ हा आम्ल मुलक आहे व \_\_\_\_\_ हा आम्लारी मुलक \_\_\_\_\_ आहे .
9. रासायनिकदृष्ट्या बेकिंग सोडा हे \_\_\_\_\_ आहे .

### (ब) दीर्घोत्तरी प्रश्न

१. आम्ल म्हणजे काय ?
२. अन्नपदार्थात सापडणारी आम्लांची दोन उदाहरणे द्या .
३. आम्लारी म्हणजे काय ?
४. आम्लारींची दोन उदाहरणे द्या .
५. दर्शक म्हणजे काय ?
६. मेथिल ऑरेंज दर्शकाचा रंग सांगा . (i) आम्लामध्ये (ii) आम्लारीमध्ये
७. आम्ले व आम्लारी यांच्या द्रावणातून विद्युतधारा का वाहते ?
८. तीव्र आणि सौम्य आम्लातील फरक एक एक उदाहरण देऊन स्पष्ट करा .



९. जस्त व सल्फ्युरिक आम्ल यांच्यामधील अभिक्रिया लिहा .
१०. धातूंच्या कार्बोनेटस्वर आम्लांची क्रिया केली असता कोणता वायू मुक्त होतो ? आणखी कोणत्या प्रकारची संयुगे आम्लावरोवर अभिक्रिया करून हाच वायू तयार करतात?
११. कोणत्या प्रकारची ऑक्साईड्स आम्लावरोवर अभिक्रिया करतात ? एक उदाहरण द्या व त्याचे आम्लावरोवरच्या अभिक्रियेचे संतुलित समीकरण लिहा .
१२. आम्ले व आम्लारी यांच्यामधील अभिक्रियेस कोणते नाव आहे ? या अभिक्रियेत कोणती उत्पादिते तयार होतात ?
१३. आम्लांची क्षरणाची क्रिया ही त्यांच्या तीव्रतेवर अवलंबून नसते हे विधान स्पष्ट करा .
१४. खालीलसाठी प्रत्येकी एक उदाहरण द्या . (i) तीव्र आम्लारी (ii) सौम्य आम्लारी
15. आम्लारीवरोवर अभिक्रिया करणा-या पदार्थांच्या तीन वर्गाची यादी करा . त्या प्रत्येकाचे एक उदाहरण द्या आणि प्रत्येकात होत असलेली रासायनिक अभिक्रिया द्या .
१६. तांबडा लिटमस व निळा लिटमस यांची प्रत्येकी एक पट्टी हायड्रोजन क्लोराईड वायूच्या सान्निध्यात आणली असता काय होते ते सांगा . जेव्हा या लिटमसच्या पट्ट्या ओल्या करून हायड्रोजन क्लोराईड वायूच्या सान्निध्यात आणल्या जातात तेव्हा कोणत्या पट्टीत काय बदल होतो ?
17. NaOH चा छोटा तुकडा कोरड्या तांबड्या लिटमसच्या कागदावर ठेवला . प्रथम त्यामध्ये काहीच बदल आढळून आला नाही पण काही वेळाने NaOH ज्या ठिकाणी ठेवले आहे तेथील रंग बदलून निळा झाल्याचे दिसते हे स्पष्ट करा .
१८. आम्ले व आम्लारी यांच्या विचरणात पाणी कसे मदत करते ते स्पष्ट करा .
१९. पाण्याचे स्वयंप्रेरित विचरण म्हणजे काय? त्यामध्ये तयार होणा-या घटकांची नावे सांगा . त्यांची  $25^{\circ}\text{C}$  तापमानास असणारी संहती सांगा .
२०. पाण्याचे आयनिक मूल्य काय आहे ? त्याची  $25^{\circ}\text{C}$  तापमानास असणारी किंमत सांगा . जर पाण्यात आम्ल, आम्लारी किंवा क्षार विरघळवले तर ही किंमत बदलते का ?
21. (1) शुध्द पाणी (2) उदासिन द्रावण (3) आम्लीय द्रावण (4) आम्लारीचे द्रावण यामध्ये हायड्रोजन आयन व हायड्रॉक्सिल आयन यांचा काय संबंध असतो ?
२२. सामू म्हणजे काय ? द्रावणातील हायड्रॉक्सिल आयनांचे प्रमाण वाढल्यास सामूवर काय परिणाम होतो ?
२३. सामू (अ) 7.0 (ब) 11.9 व (क) 3.2 असल्यास ही पाण्यातील द्रावणे आम्लधर्मी, आम्लारीधर्मी किंवा उदासिन यापैकी कोणत्या प्रकारची असतील ?
24.  $1.0 \times 10^{-4}$  मोलर  $\text{HNO}_3$  च्या द्रावणाचा सामू काढा .

आपल्या परिसरातील

घटक



टिपा

25.  $1.0 \times 10^{-5}$  मोलर KOH च्या द्रावणाचा सामू काढा .
26.  $1.0 \times 10^{-2}$  mol L<sup>-1</sup> प्रतिलिटर NaCl च्या द्रावणाचा सामू काढा .
- २७ . वैश्विक दर्शक म्हणजे काय ?
- २८ . मानवामध्ये व प्राण्यामध्ये व आपल्या चयापचय संस्थेमध्ये सामूचे काय महत्व आहे?
- २९ . आम्लीय पाऊस म्हणजे काय ?
- ३० . जेव्हा एखादयास अपघाताने खाजकोयलीच्या झाडाचा स्पर्श होतो तेव्हा कोणत्या रसायनामुळे वेदना आणि जळजळ होते ?
- ३१ . क्षार म्हणजे काय ? त्याची दोन उदाहरणे द्या .
- ३२ . आम्लापासून क्षार कसे मिळवले जातात ? यामध्ये वापरण्यात येणार चार प्रकारचे पदार्थ सांगा .
- ३३ . रासायनिक सूत्रे द्या (i) बेकिंग सोडा (ii) धुण्याचा सोडा
34. बेकिंग सोड्याच्या उत्पादनात वापरण्यात येणा-या कच्च्या मालाची यादी करा आणि योग्य त्या रासायनिक समीकरणांच्या मदतीने या प्रक्रियेचे वर्णन करा .
- ३५ . बेकिंग पावडर व बेकिंग सोडा यातील फरक स्पष्ट करा . केक तयार करण्यासाठी बेकिंग पावडर वापरणे अधिक पसंत करतात कारण सांगा .
- ३६ . बेकिंग सोड्याचे दोन उपयोग लिहा .
- ३७ . धुण्याचा सोडा म्हणजे काय ? त्याचे रासायनिक सूत्र द्या . सॉलव्हे पध्दतीने त्याचे उत्पादन कसे केले जाते ?
- ३८ . धुण्याच्या सोड्याचे दोन उपयोग लिहा .
- ३९ . प्लॅस्टर ऑफ पॅरिसचे रासायनिक सूत्र लिहा . त्याचे उत्पादन कसे केले जाते? त्या उत्पादनामध्ये काय काळजी घ्यावी लागते ?
- ४० . प्लॅस्टर ऑफ पॅरिसचे कोणतेही चार उपयोग लिहा .
- ४१ . विरंजन म्हणजे काय ? रासायनिकदृष्ट्या विरंजक चूर्ण म्हणजे काय ? त्याचे कोणतेही चार उपयोग लिहा .
- ४२ . विरंजक चूर्णाच्या उत्पादनाची पध्दती लिहा तसेच त्यासाठी लागणा-या कच्च्या मालाची यादी द्या . यामध्ये होणा-या अभिक्रियांची रासायनिक समीकरणे द्या .





पाठांतर्गत प्रश्नांची उत्तरे

8.1

1. आम्लीय - व, क आणि इ  
आम्लारीधर्मी - अ, ड आणि फ
2. फेनॉलफ्थॅलिन - कच्या सफरचंदाबरोबर रंगहीन, कॉस्टीक सोडा व सावण यांच्या द्रावणात गुलाबी

8.2

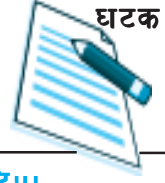
1. (अ) व्हिनेगर (ब) चिंच
2. व आणि ड
3. तो नक्कीच धातू असेल .
4. ते एकतर धातूचे कार्बोनेट असेल किंवा धातूचे हायड्रोजन कार्बोनेट असेल .
5.  $SO_2$

8.3

1. HCl वायूमध्ये आयन नसतात आणि तो आम्लधर्मी नाही यामुळे
2.
  - (i) विरघळविण्याच्या प्रक्रियेत बाहेर पडणारी उष्णता आम्लाच्या रेणूतील हायड्रोजन अणू व आम्लारीच्या रेणूतील हायड्रॉक्सिल गट यांना घट्ट बांधून ठेवणा-या बलावर मात करून किंवा त्यांना बांधून ठेवणारे रासायनिक बंध तोडून विचरणाच्या प्रक्रियेस मदत करते .
  - (ii) धनप्रभारित आयन व ऋणप्रभारित आयन यामधील स्थिरविद्युतीय बल पाण्याच्या मुळे कमजोर होते .
3. (अ) द्रावण अ - आम्लारी धर्मी  
(ब) द्रावण ब - आम्लधर्मी  
(क) द्रावण क - उदासिन

8.4

1. ज्याअर्थी  $pH + pOH = 14$



आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा

$$\begin{aligned} \text{pH} &= 14 - P \\ &= 14 - 5.2 \\ &= 8.8 \end{aligned}$$

ज्याअर्थी pH 8 आहे त्याअर्थी हे आम्लारीधर्मी आहे .

$$2. \quad \text{pH} = -\log[\text{H}^+] = 9$$

$$\therefore \log[\text{H}^+] = -9$$

$$\text{किंवा } [\text{H}^+] = 10^{-9} \text{ mol L}^{-1}$$

3. (अ) द्रावण अ - उदासिन  
(ब) द्रावण ब - आम्लारीधर्मी (कारण यामध्ये  $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$ )  
(क) द्रावण क - आम्लधर्मी (कारण यामध्ये  $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$ )

### 8.5

1. आम्लधर्मी मूलक  
आम्लारीधर्मी मूलक
2. आम्ल (आम्लीय मूलक शी सुसंगत असणारे )  
आम्लारी (आम्लारीधर्मी मूलक शी सुसंगत असणारे )
3. (अ) कार्बोनेट (ब) पोटॅशियम क्षार
4.  $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$



## रासायनिक बंधने

पाठ क्र. पाच मध्ये तुम्ही विविध मूलद्रव्यांच्या अणूंचे इलेक्ट्रॉन संरूपण आणि मूलद्रव्यांच्या आवर्ती गुणधर्मातील बदल या बदलची माहिती वाचलीत. आपण आपल्या सभोवताली अनेक पदार्थ पाहतो. हे पदार्थ मूलद्रव्ये किंवा संयुगे असतात. एकाच किंवा वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांचे अणू संयोग पावू शकतात हे ही तुम्हाला माहित आहे. जेव्हा एकाच मूलद्रव्याचे अणू संयोग पावतात तेव्हा आपल्याला त्या मूलद्रव्याचा रेणू मिळतो. परंतु जेव्हा वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांचे अणू संयोग पावतात तेव्हा आपल्याला संयुगे मिळतात. परंतु अणू संयोग का पावतात? तुम्हाला हा प्रश्न पडला का ?

या पाठात आपण या प्रश्नाचे उत्तर शोधणार आहोत. आपण रासायनिक बंध म्हणजे काय ते प्रथम स्पष्ट करूया आणि नंतर विविध प्रकारचे रासायनिक बंध जे अणूंना एकत्र जोडतात व विविध प्रकारचे पदार्थ (रसायने) बनवतात त्याविषयी चर्चा करूया. या चर्चेत हे बंध कसे तयार होतात हे ही मुख्यत्वेकरून पाहूया.

पदार्थाचे गुणधर्म त्यांच्या अणूंमधील बंधांच्या प्रकारावर अवलंबून असतात. सोडियम क्लोराईड (मीठ) आणि धुण्याचा सोडा हे पाण्यामध्ये विरघळतात तर मिथेन वायू आणि नॅफ्थॅलीन पाण्यात विरघळत नाहीत हे या पाठात तुम्ही शिकणार आहात. याचे कारण त्याच्यामध्ये असणा-या बंधांचे प्रकार वेगवेगळे असतात. विद्राव्यतेतील फरकाबरोबरच ही दोन्ही प्रकारची संयुगे त्यांच्या गुणधर्मा मध्येही वेगळी असतात. हे देखील तुम्ही या पाठात शिकणार आहात.



उद्देश :

हा पाठ पूर्ण केल्यावर तुम्ही खालील गोष्टी करू शकाल.

- राजवायूंच्या संरूपणाची स्थिरता ओळखू शकाल आणि इतर मूलद्रव्यांची रासायनिक बंधाद्वारे हे इलेक्ट्रॉन संरूपण मिळविण्याची पध्दती ही समजू शकाल.
- इलेक्ट्रॉन देऊन किंवा घेऊन स्थिर, राजवायूंचे इलेक्ट्रॉन संरूपण मिळवून शेवटी आयनिक बंध कसे तयार होतात हे समजू शकाल.
- आयनिक संयुगांचे काही सामान्य गुणधर्म वर्णन करू शकाल व त्यामागचे कारणही सांगू शकाल.

- इलेक्ट्रॉनची भागीदारी करून स्थिर, राजवायूंचे इलेक्ट्रॉन संरूपण मिळवून सहसंयुज बंध कसे तयार होतात हे स्पष्ट करू शकाल .
- एकेरी ,दुहेरी व तिहेरी बंध कसे तयार होतात याचे स्पष्टीकरण आणि ते लुईस विंदू पध्दतीच्या मदतीने कसे दाखवितात ते सांगता येईल .
- सहसंयुज पदार्थांचे काही सामान्य गुणधर्म स्पष्ट करून त्यामागील कारणही सांगता येईल .

### 7.1 अणू संयोग का पावतात ?

या प्रश्नाचे उत्तर राजवायूंच्या इलेक्ट्रॉन संरूपणामध्ये दडलेले आहे . असे आढळले आहे की राजवायू नावे हेलियम,निऑन,अरगॉन, क्रिप्टॉन,क्झिनॉन आणि रेडॉन हे इतर मूलद्रव्यांवरोबर संयुगे तयार करण्यासाठी अभिक्रिया करत नाहीत . म्हणजेच ते क्रियाशील नाहीत . त्यांच्या निष्क्रीय स्वभावामुळे त्यांना सुरुवातीला निष्क्रीय वायू असे संबोधले जात असे . राजवायू त्यांच्या विशिष्ट इलेक्ट्रॉन संरूपणामुळे, जे खूप स्थिर आहे त्यामुळे क्रियाशील नसतात . जेव्हा आपण राजवायूंचे इलेक्ट्रॉन संरूपण लिहितो (खाली दिलेला तक्ता पहा .) तेव्हा हेलियमखेरीज इतर सर्व मूलद्रव्यांच्या शेवटच्या कक्षेत 8 इलेक्ट्रॉन आहेत असे आपणास आढळते .

तक्ता क्र. 7.1 राजवायूंचे इलेक्ट्रॉन संरूपण

नाव	संज्ञा	अणुक्रमांक	इलेक्ट्रॉन संरूपण	शेवटच्या कक्षेतील इलेक्ट्रॉनची संख्या
हेलियम	He	2	2	2
निऑन	Ne	10	2,8	8
अरगॉन	Ar	18	2,8,8	8
क्रिप्टॉन	Kr	36	2,8,18,8	8
क्झिनॉन	Xe	54	2,8,18,18,8	8
रेडॉन	Ra	86	2,8,18,32,18,8	8

ज्या अणूंच्या शेवटच्या कक्षेत 8 इलेक्ट्रॉन असतात , ते स्थिर असतात व ते संयुगे तयार करू शकत नाहीत असे अनुमान काढले गेले . इतर अणू जसे हायड्रोजन ,सोडियम,क्लोरीन इ .की ज्यांच्या शेवटच्या कक्षेत 8 इलेक्ट्रॉन नसतात ते रासायनिक अभिक्रिया करतात . एकमेकांवरोबर संयोग पावून ते स्थिर होऊ शकतात आणि जवळच्या राजवायूंचे इलेक्ट्रॉन संरूपण ( $8 e^-$ )(आणि हेलियम मध्ये  $2e^-$ ) त्यांच्या शेवटच्या कक्षेत मिळवू शकतात . रासायनिक बंधाच्या मागचे हे मुख्य कारण आहे . स्थिर संरचनेसाठी आठ इलेक्ट्रॉन मिळवणे याला अष्टकाचा नियम असे म्हणतात . अष्टकाचा नियम ब-याच संयुगातील रासायनिक बंधाचे स्पष्टीकरण देतो . संयुगामध्ये अणू आकर्षण बलाने एकत्र ठेवले जातात आणि परिणामी रासायनिक बंध तयार होतात . रासायनिक बंध तयार होण्याने उर्जा कमी होते . ही उर्जा प्रत्येक भाग घेणा-या अणूच्या उर्जेपेक्षा कमी असते . तयार होणा-या संयुगाची



आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा

उर्जा ही अभिक्रियाकारक अणू किंवा रेणू यांच्या उर्जेच्या वेरजेपेक्षा कमी असते आणि म्हणून ते जास्त स्थिर असतात अशा रितीने तयार होणा-या संयुगाची स्थिरता हा रासायनिक बंधामध्ये महत्त्वाचा भाग असतो. उरलेल्या पाठामध्ये विविध पदार्थांच्यामधील बंधाचे प्रकार याविषयीची माहिती तुम्ही घेणार आहात. आम्ही आयनिक बंध व सहसंयुज बंध याविषयीची स्पष्टीकरण या पाठात देणार आहोत. पुढील विभागात आयनिक बंधाविषयीचे शिक्षण सुरू करण्यापूर्वी तुम्ही खालील प्रश्नांची उत्तरे देऊन आपल्याला किती समजले आहे ते पहा.



सरावासाठी प्रश्न 7.1

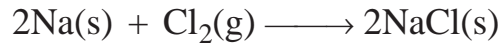
1. अष्टकाचा नियम लिहा.
2. राजवायू निष्क्रीय का असतात ?
3. खाली दिलेल्या तक्त्यामध्ये तीन मूलद्रव्ये व त्यांचे अणुक्रमांक दिले आहेत. त्यांच्यापैकी कोणती मूलद्रव्ये स्थिर आहेत आणि संयुगे तयार करणार नाहीत ते लिहा.

मूलद्रव्य	अणुक्रमांक	स्थिर /अस्थिर
A	10	
B	36	
C	37	

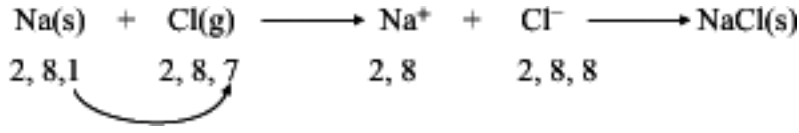
7.2 : आयनिक बंध

जो रासायनिक बंध इलेक्ट्रॉन धातूकडून अधातूकडे जाण्याने तयार होतो त्यास आयनिक किंवा इलेक्ट्रॉन व्हॅलेंट बंध असे म्हणतात.

उदा. जेव्हा सोडियम धातू आणि क्लोरीन वायू एकमेकांच्या सहवासात येतात तेव्हा ते प्रचंड तीव्रतेने (जोराने) क्रिया करतात आणि सोडियम क्लोराईड तयार होते. ही अभिक्रिया खाली दिली आहे.



सोडियम क्लोराईड मधील बंध आपण खाली दिलेल्या पध्दतीने समजाऊन घेऊ. सोडियम (Na) चा अणुक्रमांक 11 आहे. आपण त्याचे इलेक्ट्रॉन संरूपण 2,8,1 असे लिहीतो. त्याच्या शेवटच्या कक्षेत (M कक्षा) 1 इलेक्ट्रॉन आहे. जर त्याने हा इलेक्ट्रॉन गमावला तर त्याच्यामध्ये 10 इलेक्ट्रॉन उरतील आणि तो धनप्रभारित होईल. अशा प्रकारच्या धनप्रभारित आयनाला कॅटायन असे म्हणतात. या उदाहरणातील कॅटायनला सोडियम कॅटायन (Na<sup>+</sup>) असे म्हणतात. हे खाली आकृती क्र.7.1 मध्ये दाखवले आहे.



### आ.7.1 सोडियम क्लोराईडची घडण

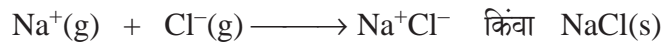
लक्षात ठेवा की सोडियमच्या कॅटायन मध्ये 11 प्रोटॉन आणि फक्त 10 इलेक्ट्रॉन असतात. त्याच्या शेवटच्या म्हणजे (L) कक्षेत 8 इलेक्ट्रॉन असतात. म्हणजे सोडियमच्या अणूने त्याच्या शेवटच्या कक्षेतील 1 इलेक्ट्रॉन देऊन राजवायूचे इलेक्ट्रॉन संरूपण मिळविले. इलेक्ट्रॉन गमावण्याची परिणीती आयन तयार होण्यामध्ये होते आणि आणि या प्रक्रियेला आयनीभवन असे म्हणतात. अशा प्रकारे अष्टकाच्या नियमाने सोडियमच्या अणूचा सोडियम आयन ( $\text{Na}^+$ ) होऊन त्याला स्थिरता प्राप्त होते. सोडियम अणूचे आयनीभवन होऊन सोडियमचा आयन तयार होण्यासाठी  $496\text{kJ mol}^{-1}$  एवढी ऊर्जा लागते.

आता क्लोरिन अणूचा अणुक्रमांक 17 आहे त्याचे इलेक्ट्रॉन संरूपण 2,8,7 असे आहे. सोडियमच्या अणूकडून (अणुक्रमांक 11) (इलेक्ट्रॉन संरूपण 2,8,1) एक इलेक्ट्रॉन घेऊन तो क्लोरीन अणू आपले अष्टक पूर्ण करतो.

सोडियमचा आयन ( $\text{Na}^+$ ) आणि क्लोराईड आयन ( $\text{Cl}^-$ ) एकत्र येऊन आयनिक बंध तयार होतो. आणि स्थायूरूप सोडियम क्लोराईड ( $\text{NaCl}$ ) तयार होतो.

लक्षात ठेवा की वरील प्रक्रियेत क्लोरिन अणूने एक जादा इलेक्ट्रॉन मिळविला आणि म्हणून त्याचा ऋणप्रभारित आयन ( $\text{Cl}^-$ ) तयार झाला. अशा ऋणप्रभारित आयनाला ऍनायन असे म्हणतात. क्लोराईड आयनाच्या शेवटच्या कक्षेत 8 इलेक्ट्रॉन असतात. आणि म्हणून अष्टकाच्या नियमानुसार त्याला स्थिर इलेक्ट्रॉन संरूपण प्राप्त होते. क्लोरीन अणूपासून क्लोरीन आयन तयार होताना  $349\text{kJ mol}^{-1}$  इतकी ऊर्जा बाहेर पडते.

अशा रितीने तयार झालेले कॅटायन ( $\text{Na}^+$ ) आणि ऍनायन ( $\text{Cl}^-$ ) हे विद्युतदृष्ट्या प्रभारित घटक असतात. ते कुलोविक (Coulombic) किंवा स्थिर विद्युत (Electrostatic force) आकर्षण बलाने एकत्र बांधले जातात. हे स्थिर विद्युत आकर्षण बल जे कॅटायन व ऍनायन यांना एकत्र बांधते त्यास आयनिक बंध किंवा इलेक्ट्रोव्हॅलेंट (electrovalent) बंध असे म्हणतात. हा खालीलप्रमाणे दर्शवितात.



लक्षात घ्या की वरील समीकरणात आपण फक्त शेवटच्या कक्षेतील इलेक्ट्रॉन दाखवले आहेत. अशा संरचनेस लुईसची संरचना असे म्हणतात. आपण जर सोडियम आयन तयार होण्यासाठी लागणारी उर्जा आणि क्लोराईड आयन तयार होताना मुक्त होणारी उर्जा यांची तुलना केली तर त्यामध्ये  $147\text{kJ mol}^{-1}$  एवढ्या उर्जेचा विचार करता सोडियम क्लोराईड तयार होणे हे किंवा करणे हे तितकेच अनुकूल नाही. परंतु सोडियम क्लोराईड हा स्फटिकरूपात असलेला स्थायू अस्तित्वात आहे. याचे कारण असे की जेव्हा सोडियम आयन व क्लोराईड आयन एकत्र येऊन स्फटिकरूप

आपल्या परिसरातील  
घटक

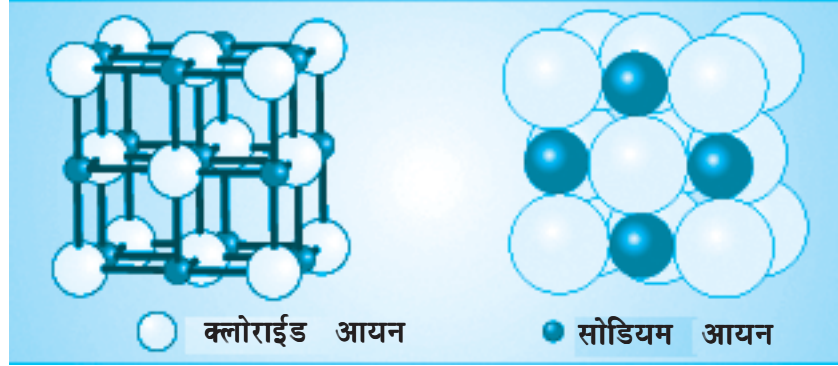


टिपा

संरचना तयार करतात तेव्हा उर्जा मुक्त होते. ही उर्जा वर कमी पडत असलेल्या उर्जेला भरून काढते.

तुम्ही हे पाहू शकता की प्रत्येक सोडियम आयन हा त्याच्या स्थायूरूपातील संरचनेत सहा क्लोराईड आयनांनी वेढलेला आहे आणि प्रत्येक क्लोराईड आयन हा सहा सोडियम आयनांनी वेढलेला आहे. सोडियम व क्लोराईड आयनांतील आकर्षण बल हे सर्व दिशांना सारखेच आहे.

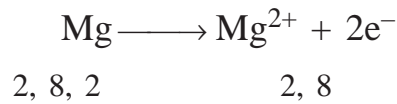
अशा रितीने कुठलाही विशिष्ट सोडियमचा अणू हा कुठल्याही विशिष्ट क्लोराईड आयनांशी बांधलेला नाही. म्हणून तेथे NaCl सारखा कुठलाही घटक नाही. इथे NaCl हे (empirical) सूत्र असून त्यात प्रत्येक Cl<sup>-</sup> आयनसाठी एक Na<sup>+</sup> आयन असतो असे दर्शविले आहे.



### आ. 7.2 सोडियम क्लोराईडची संरचना

अशाच प्रकारे आपण लिथियम व पोटॅशियम अणूपासून तयार झालेले कॅटायन आणि फ्लुओरिन, ऑक्सिजन व सल्फर अणूपासून तयार झालेले ऍनायन यांचे स्पष्टीकरण देऊ शकतो.

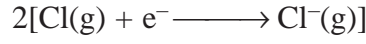
आता आपण आणखी एक आयनिक संयुग नाव मॅग्नेशियम क्लोराईड कसे तयार होते ते पाहूया. Mg चा अणुक्रमांक 12 आहे. म्हणजे त्याच्या अणूमध्ये 12 प्रोटॉन आहेत. तसेच त्याच्यात असणा-या इलेक्ट्रॉन्सची संख्या ही 12 आहे म्हणून मॅग्नेशियम अणूचे इलेक्ट्रॉन संरूपण 2,8,2 असे आहे. आता आपण मॅग्नेशियमच्या अणूपासून मॅग्नेशियमचा आयन कसा तयार होतो ते पाहूया. आताच आपण पाहिले की त्याच्या शेवटच्या कक्षेत 2 इलेक्ट्रॉन आहेत. तो हे दोन इलेक्ट्रॉन देऊन टाकतो आणि राजवायू निऑनचे स्थिर इलेक्ट्रॉन संरूपण प्राप्त करून घेतो. हे आकृती क्र. 7.3 मध्ये दाखवले आहे.



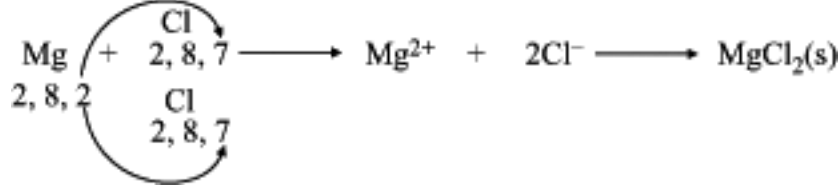
### आ. 7.3 मॅग्नेशियम आयनाची घडण

तुम्हाला दिसेल की तयार होणा-या मॅग्नेशियमच्या आयनामध्ये फक्त 10 इलेक्ट्रॉन आहेत आणि त्यावर +2 इतका भार आहे. हा दिवधनभारित आयन आहे व त्यास Mg<sup>2+</sup> आयन असे दर्शवितात.

जे दोन इलेक्ट्रॉन मॅग्नेशियम देतो ते दोन इलेक्ट्रॉन दोन क्लोरीनचे अणू प्रत्येकी एक प्रमाणे घेतात आणि दोन क्लोराईड आयन तयार करतात.

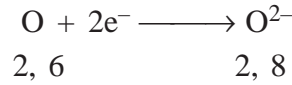


अशा रितीने एक मॅग्नेशियमचा आयन व दोन क्लोराईड आयन एकत्र येऊन मॅग्नेशियम क्लोराईड  $\text{MgCl}_2$  तयार होते म्हणून आपण आकृती क्र.7.4 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे लिहू शकतो.



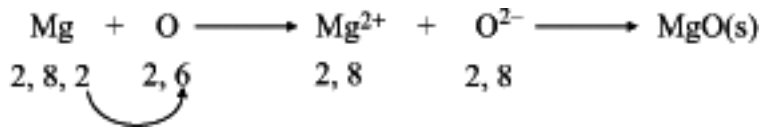
#### आ. 7.4 मॅग्नेशियम क्लोराईडची घडण

समजा मॅग्नेशियमचा आयन क्लोराईड आयनांच्या ऐवजी ऑक्साईड अॅनायन बरोबर संयोग पावला तर काय होते ते आता आपण पाहूया. ऑक्सिजन अणूचा अणुक्रमांक 8 आहे आणि त्यात 8 इलेक्ट्रॉन असतात. त्याचे इलेक्ट्रॉन संरूपण 2,6 असे आहे. जर त्याला अजून दोन इलेक्ट्रॉन मिळाले तर तो राजवायू निऑनचे स्थिर इलेक्ट्रॉन संरूपण मिळवू शकतो जे दोन इलेक्ट्रॉन मॅग्नेशियम अणूने देऊन टाकले आहेत ते ऑक्सिजन अणूने घेतले. हे दोन इलेक्ट्रॉन घेतल्यावर ऑक्सिजन अणूचा ऑक्साईड अॅनायन तयार होतो. हे खाली आकृती क्र.7.5 मध्ये दाखवले आहे.



#### आ. 7.5 ऑक्साईड आयनाची घडण

ऑक्साईड अॅनायन मध्ये ऑक्सिजन अणूच्या तुलनेत दोन इलेक्ट्रॉन जास्त असतात. म्हणून त्यावर दोन ऋणप्रभार असतात. म्हणून तो  $\text{O}^{2-}$  आयन असा दर्शवतात. मॅग्नेशियम आयन ( $\text{Mg}^{2+}$ ) आणि ऑक्साईड आयन ( $\text{O}^{2-}$ ) स्थिर विद्युत आकर्षण बलाने एकत्र येतात त्यामुळे मॅग्नेशियम ऑक्साईड तयार होते. आ. 7.6



#### आ. 7.6 मॅग्नेशियम ऑक्साईडची घडण

अशा प्रकारे मॅग्नेशियम ऑक्साईड हे आयनिक संयुग आहे. यामध्ये दिवधनप्रभारित कॅटायन ( $\text{Mg}^{2+}$ ) आणि दिवऋणप्रभारित अॅनायन ( $\text{O}^{2-}$ ) स्थिर विद्युत आकर्षण बलाने एकत्र बांधले जातात. सोडियम क्लोराईड प्रमाणेच मॅग्नेशियम ऑक्साईडची घडण ही उर्जा कमी होऊन घडते त्यामुळे मॅग्नेशियम ऑक्साईडला मॅग्नेशियम व ऑक्सिजन अणूच्या मानाने स्थिरता प्राप्त होते.

आपल्या परिसरातील घटक



टिप



आपल्या परिसरातील  
घटक



टिपा

अशाचप्रकारे इतर आयनिक संयुगातील आयनिक बंधने स्पष्ट करता येतील. आयनिक संयुगे खूप वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्म दाखवतात. त्याची चर्चा खाली केली आहे.

### 7.2.1: आयनिक संयुगांचे गुणधर्म

आयनिक संयुगे ही तीव्र स्थिरविद्युत आकर्षण बलाने एकत्र बांधल्या गेलेल्या कॅटायन आणि अॅनायन यांनी बनलेली असतात. ही संयुगे खालील सामान्य वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्म दाखवतात.

#### (अ) भौतिक अवस्था -

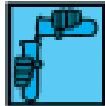
आयनिक संयुगे स्फटिकी स्थायू असतात. स्फटिकामध्ये आयनांची ठराविक पध्दतीची रचना असते. आयनिक संयुगे कठीण आणि ठिसूळ असतात.

#### (ब) विलय बिंदू व उत्कलन बिंदू -

आयनिक संयुगाचे विलय बिंदू व उत्कलन बिंदू उच्च असतात. सोडियम क्लोराईडचा विलयबिंदू  $1074\text{ K}(801^{\circ}\text{C})$  आणि उत्कलनबिंदू  $1686\text{ K}(1413)$  इतका आहे. आयनिक संयुगाचा विलयबिंदू व उत्कलनबिंदू उच्च असतात कारण त्यांच्या आयनांमध्ये तीव्र स्थिरविद्युत आकर्षण बले असतात. या आकर्षण बलावर मात करण्यासाठी मोठ्या प्रमाणात उष्णता उर्जेची आवश्यकता भासते. आयनिक संयुगांना दिली गेलेली उष्णता उर्जा त्यांच्या आयनिक स्फटिकातील कॅटायन व अॅनायन यांच्यातील आकर्षण बलावर मात करण्यासाठी वापरली जाते. लक्षात ठेवा की स्फटिकामध्ये कॅटायन व अॅनायनची त्रिमीतीय नियमित रचना असते त्यास स्फटिकी जाळी असे म्हणतात. उष्णता दिल्यावर ही स्फटिकी जाळी तुटते आणि आयनिक संयुगे वितळलेल्या स्थितीमध्ये येतात. या स्थितीत कॅटायन व अॅनायन हे मुक्त हालचाल करू शकतात.

(क) विद्युत-वाहकता- आयनिक संयुगे त्यांच्या वितळलेल्या स्थितीत, तसेच पाण्यातील द्रावणात विद्युत वाहक असतात. ज्याअर्थी आयन हे त्यांच्या वितळलेल्या स्थितीत हालचालीसाठी स्वतंत्र असतात त्याअर्थी ते घटामध्ये एका ध्रुवापासून (electrode) दुस-या ध्रुवापर्यंत विद्युत धारा वाहून नेतात. अशा रितीने आयन हे वितळलेल्या स्थितीमध्ये विद्युतधारा वाहून नेतात. परंतु स्थायू रूपात अशा प्रकारची आयनांची हालचाल शक्य नसते कारण ते स्फटिकी जाळीतील ठराविक जागा व्यापतात. म्हणून स्थायू स्थितीत आयनिक संयुगे विद्युत वाहक नसतात.

त्यांच्या पाण्यातील द्रावणात आयनिक संयुगे विरघळण्यासाठी पाणी वापरले जाते त्यामुळे त्यांच्या आयनांतील स्थिर विद्युत आकर्षण बले कमकुवत होण्यास मदत होते.जेव्हा ही बले क्षीण होतात तेव्हा आयन हालचालीसाठी मुक्त होतात आणि म्हणून ते विद्युत धारा वाहू शकतात.

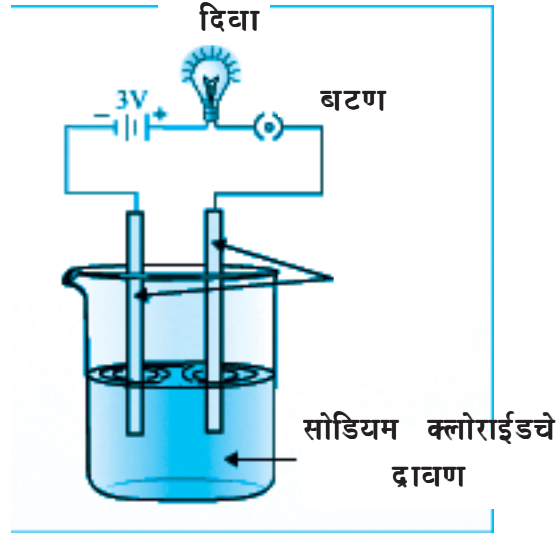


कृती 7.1

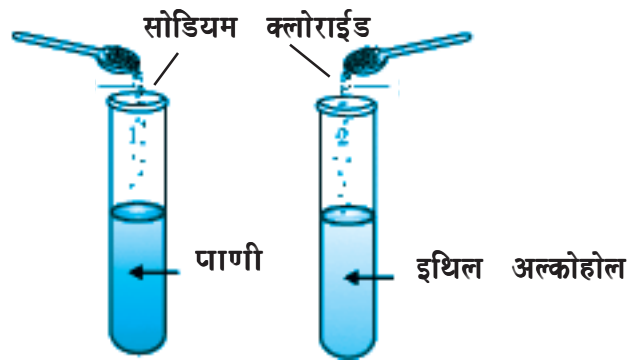
1 मोठा चमचा भरून  $\text{NaCl}$  घ्या. व ते 100 मिली. पाण्यात विरघळवा. हे द्रावण 200 मिली. क्षमता असलेल्या चंचूपात्रात घ्या. त्यामध्ये ग्रॅफाईटचे दोन ध्रुव तयार करा. (वापरलेल्या कोरड्या घटापासून हे तुम्हास मिळू शकतील.) आता हे ध्रुव एकमेकांशी 3V च्या कोरड्या घटाने

## आम्ले, आम्लारी व क्षार

जोडा . तसेच आकृती 7.7 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे एक दिवा ही या विद्युत मंडलात जोडा .सुरूवातीस साधे पाणी चंचुपात्रात घेऊन (200 मिली) दिवा कसा पेटतो आहे ते पहा . आता साध्या पाण्याऐवजी NaCl चे द्रावण घेऊन दिवा कसा पेटतो ते पहा . तुम्हास या दोन्ही दिव्यात काय फरक जाणवला ? आत्ताच तुम्ही अभ्यास केल्यानुसार आयनिक बंधावर आधारित अनुमान काढा .



कृती 72



विभाग २

आपल्या परिसरातील घटक



टिपा



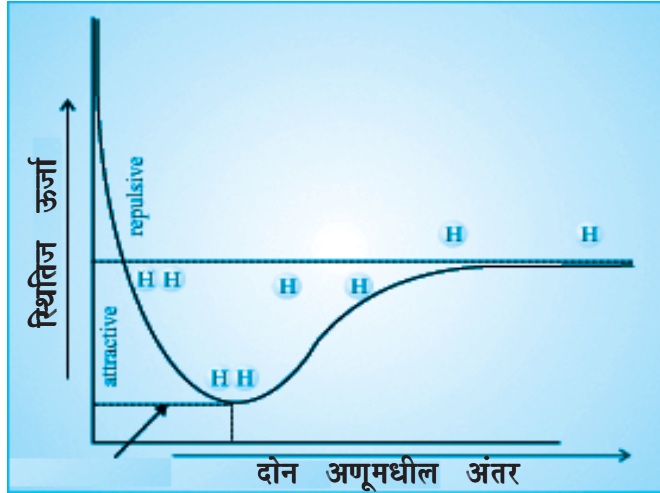
सरावासाठी प्रश्न 7.2

1. NaCl मध्ये असलेल्या दोन प्रकारच्या आयनांची नावे सांगा .
2.  $\text{Na}^+$  आयनामध्ये किती कक्षा असतात ?
3.  $\text{Cl}^-$  आयनामध्ये किती इलेक्ट्रॉन असतात?
- ४ . आयनिक संयुगात असणा-या आकर्षण बलाचे नाव सांगा .
- ५ . सोडियम क्लोराईडच्या स्फटीकी जाळीत क्लोरीन आयन किती सोडियम आयनांनी वेढलेला असतो ?
6.  $\text{Na}_2\text{O}, \text{CaCl}_2$  आणि  $\text{MgO}$  यांची घडण सांगा .
- ७ . स्थायू स्थितीत NaCl हा विद्युत दुर्वाहक आहे कारण सांगा .

7.3 सहसंयुज बंध -

या विभागामध्ये आपण अजून एका प्रकारच्या बंधाचा म्हणजे सहसंयुज बंधाचा अभ्यास करणार आहोत . रेणूंची घडण समजण्यासाठी सहसंयुज बंधाची मदत होते . पाठ क्र .2 मध्ये तुम्ही अभ्यासले आहे की सारख्या अणूंनी उदा .  $\text{H}_2, \text{Cl}_2, \text{O}_2, \text{N}_2$  वगैरे तयार झालेले रेणू हे मूलद्रव्याचे रेणू असतात . तर वेगवेगळ्या अणूंनी तयार झालेले रेणू उदा .  $\text{HCl}, \text{NH}_3, \text{CH}_4, \text{CO}_2$  वगैरे संयुगाचे रेणू असतात . आता आपण हे रेणू कसे तयार होतात हे पाहू .

आता आपण हायड्रोजन रेणूची ( $\text{H}_2$ ) घडण समजावून घेऊया . हायड्रोजनच्या अणूमध्ये एक इलेक्ट्रॉन असतो . दुस-या हायड्रोजनच्या अणूच्या एका इलेक्ट्रॉनवरोबर भागीदारी करून तो हेलियम या राजवायूचे इलेक्ट्रॉन संरूपण मिळवू शकतो . जेव्हा दोन हायड्रोजनचे अणू जवळ येतात तेव्हा एका अणूमधील इलेक्ट्रॉन व दुस-या अणूतील प्रोटॉन यात आकर्षण असते तसेच त्यांच्यातील दोन इलेक्ट्रॉन मध्ये व दोन प्रोटॉन मध्ये प्रतिकर्षण असते . सुरुवातीला जेव्हा दोन हायड्रोजनचे अणू एकमेकांच्या जवळ येतात तेव्हा त्यांची स्थितीज उर्जा आकर्षण बलामुळे कमी होते . (आ . 7.9) एका ठराविक अंतरावर दोन अणूमधील स्थितीज उर्जेचे मूल्य सर्वात कमी होते . यापुढे जर दोन्ही अणूमधील अंतर अजून कमी झाले तर प्रतिकर्षण बलामुळे स्थितीज उर्जा वाढते . जेव्हा आकर्षण बल व प्रतिकर्षण बल एकमेकांना संतुलित करतात आणि स्थितीज उर्जा सर्वात कमी होते तेव्हा सहसंयुज बंध तयार होतो . ह्या कमी झालेल्या उर्जेमुळेच सहसंयुज बंध तयार होतो .



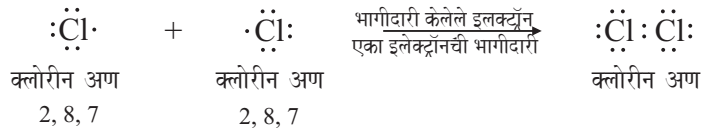
आ. 7.9

H<sub>2</sub> मधील सहसंयुज बंधाची घडण खालीलप्रमाणे दाखवता येते .

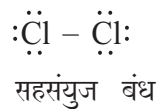


यानंतर आपण क्लोरीन रेणूची (Cl<sub>2</sub>) घडण पाहूया . क्लोरीनच्या रेणूमध्ये क्लोरीनचे दोन अणू असतात . आता क्लोरीनचे हे दोन अणू क्लोरीनच्या रेणूशी कसे बांधलेले असतात ?

तुम्हाला माहित आहे की क्लोरीन अणूचे इलेक्ट्रॉन संरूपण 2,8,7 असे आहे . प्रत्येक क्लोरीनच्या अणूला त्याचे अष्टक पूर्ण करण्यासाठी एका इलेक्ट्रॉनची आवश्यकता असते . जर दोन क्लोरीनच्या अणूंनी त्यांच्यातील एका इलेक्ट्रॉनची खाली दाखवल्याप्रमाणे भागीदारी केली तर दोघेही अरगॉन या राजवायूचे स्थिर इलेक्ट्रॉन संरूपण मिळवू शकतात .



लक्षात ठेवा की भागीदारी केलेली इलेक्ट्रॉनची जोडी ही दोन क्लोरीन अणूंच्या मध्ये दाखविली जाते . याप्रमाणे प्रत्येक क्लोरीन अणूला 8 इलेक्ट्रॉन मिळतात . भागीदारी केलेली इलेक्ट्रॉनची जोडी दोन्ही क्लोरीन अणूंना एकत्र बांधून ठेवते . असा बंध जो अणूंमधील इलेक्ट्रॉनच्या भागीदारीने तयार होतो त्यास सहसंयुज बंध असे म्हणतात . अशा रितीने दोन क्लोरीन अणूंमध्ये सहसंयुज बंध असतो असे आपण म्हणू शकतो . हा बंध क्लोरीनच्या दोन अणूंमध्ये एक रेघ मारून खालीलप्रमाणे दाखविला जातो .



काही वेळा क्लोरीन अणूभोवती इलेक्ट्रॉन दाखवत नाहीत आणि क्लोरीन -क्लोरीन बंध खालीलप्रमाणे दर्शवितात . Cl - Cl

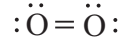
आपल्या परिसरातील  
घटक



याप्रमाणे आपण ऑक्सिजनच्या अणूंपासून ऑक्सिजनच्या रेणूची घडण कशी होते ते ही समजू शकतो. ऑक्सिजनच्या अणूचा अणुक्रमांक 8 आहे. त्यामध्ये 8 प्रोटॉन व 8 इलेक्ट्रॉन असतात. ऑक्सिजन अणूचे इलेक्ट्रॉन संरूपण 2,6 असे आहे. आता प्रत्येक ऑक्सिजनच्या अणूस त्याचे अष्टक पूर्ण करण्यासाठी दोन इलेक्ट्रॉनची गरज असते. दोन ऑक्सिजनचे अणू दोन इलेक्ट्रॉनची भागीदारी करतात आणि त्यांचे अष्टक पूर्ण करतात हे खाली दाखविले आहे.

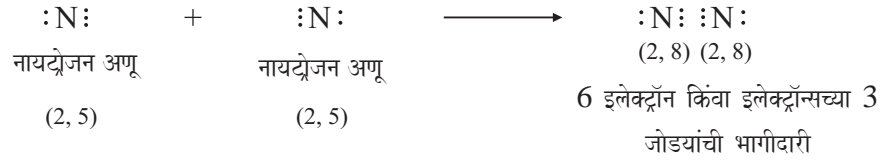


ज्या चार इलेक्ट्रॉनची (इलेक्ट्रॉनच्या दोन जोड्यांची) दोन अणूंमध्ये भागीदारी झाली ते त्या अणूंच्या मध्ये आहेत. म्हणून त्या भागीदारी केलेल्या इलेक्ट्रॉनच्या दोन जोड्या ह्या ऑक्सिजनच्या दोन अणूंमधील दुहेरी बंधाने दर्शवितात. अशा रितीने ऑक्सिजनच्या रेणू खालीलप्रमाणे दर्शवितात.



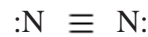
दोन ऑक्सिजनचे अणू एकमेकांशी दोन सहसंयुज बंधाने बांधलेले आहेत असे म्हणतात. असा बंध ज्यामध्ये दोन सहसंयुज बंध असतात. त्यास दुहेरी बंध असे म्हणतात.

आता पुढील उदाहरण आपण नायट्रोजन रेणूचे ( $\text{N}_2$ ) घेऊया आणि दोन नायट्रोजनचे अणू कोणत्या पध्दतीने एकत्र बांधलेले असतात ते समजावून घेऊया. नायट्रोजनच्या अणूमध्ये 7 प्रोटॉन आणि 7 इलेक्ट्रॉन असतात. त्याचे इलेक्ट्रॉन संरूपण 2, 5 असे लिहितात. नायट्रोजन अणूला त्याच्या शेवटच्या कक्षेत 8 इलेक्ट्रॉन होण्यासाठी अजून तीन इलेक्ट्रॉनची आवश्यकता असते. म्हणजेच दोन नायट्रोजन अणूंमध्ये तीन इलेक्ट्रॉनच्या भागीदारीची आवश्यकता असते. हे खाली दिले आहे.



प्रत्येक नायट्रोजनचा अणू 3 इलेक्ट्रॉनची भागीदारी करतो. अशा रितीने 6 इलेक्ट्रॉन किंवा 8 इलेक्ट्रॉनच्या जोड्यांची दोन नायट्रोजन अणूंमध्ये भागीदारी होते. म्हणून प्रत्येक नायट्रोजनचा अणू आपले अष्टक पूर्ण करू शकतो.

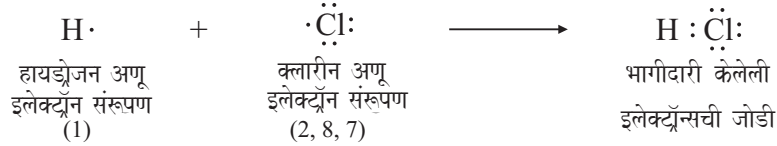
जेव्हा 6 इलेक्ट्रॉन्स (किंवा 3 इलेक्ट्रॉनच्या जोड्या) नायट्रोजन अणूंमध्ये भागीदारी करतात तेव्हा त्यांच्यामध्ये तीन सहसंयुज बंध तयार होतात. हे तीन बंध दोन नायट्रोजनच्या अणूंमध्ये तीन रेषा मारून खालीलप्रमाणे दर्शवितात.



असा बंध जो तीन सहसंयुज बंधानी तयार झालेला असतो त्यास तिहेरी बंध असे म्हणतात. आत्तापर्यंत आपण एकाच मूलद्रव्याच्या अणूंमधील सहसंयुज बंध कसे तयार होतात याविषयी चर्चा करित होतो. परंतु वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांच्या अणूंमध्ये सुद्धा इलेक्ट्रॉनच्या भागीदारीमुळे सहसंयुज बंध तयार



होऊ शकतात. हे समजण्यासाठी आपण HCl चे उदाहरण घेऊ या. हायड्रोजनच्या अणूच्या बाह्यतम कक्षेत एक इलेक्ट्रॉन असतो आणि क्लोरीन अणूच्या बाह्यतम कक्षेत सात इलेक्ट्रॉन असतात. यातील प्रत्येक अणूमध्ये जवळच्या राजवायूचे इलेक्ट्रॉन क्षरूपण मिळण्यासाठी एक इलेक्ट्रॉन कमी असतो जर त्यांनी एका इलेक्ट्रॉनच्या जोडीची भागीदारी केली तर हायड्रोजनला त्याच्या बाह्यतम कक्षेत दोन इलेक्ट्रॉन मिळतील तर क्लोरीनला त्याच्या बाह्यतम कक्षेत 8 इलेक्ट्रॉन मिळतील. एका इलेक्ट्रॉनच्या जोडीची भागीदारी करण्याने HCl चा रेणू कसा तयार होतो ते खाली दाखविले आहे.



अशाचप्रकारे आपण इतर सहसंयुज संयुगातील बंधांची घडण स्पष्ट करू शकतो. सहसंयुज संयुगातील बंधाचे स्वरूप समजून घेतल्यानंतर आता आपण ही सहसंयुज संयुगे कोणत्या प्रकारचे गुणधर्म दाखवितात ते पाहू.

### 7.3.1 - सहसंयुज पदार्थाचे गुणधर्म -

सहसंयुज संयुगे ज्या रेणूंनी बनलेली असतात ते विद्युतदृष्ट्या उदासिन असतात. सहसंयुज संयुगाच्या रेणूमधील आकर्षण बले ही आयनिक संयुगांच्या मध्ये असलेल्या आकर्षण बलापेक्षा कमी ताकदीची असतात. म्हणून सहसंयुज संयुगाचे गुणधर्म हे आयनिक संयुगाच्या गुणधर्मपेक्षा वेगळे असतात. सहसंयुज संयुगाचे वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्म खाली दिलेले आहेत.

#### (अ) भौतिक स्थिती -

वेगवेगळ्या रेणूमधील क्षीण आकर्षण बलामुळे ज्याला आपण आंतररेण्वीय बले असे म्हणतो त्यामुळे सहसंयुज संयुगे ही वायू, द्रव आणि स्थायू रूपात आढळतात. उदा.  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$  हे वायू आहेत तर पाणी आणि  $\text{CCl}_4$  हे द्रवरूप आहेत तर आयोडिन हे स्थायूरूप आहे.

#### (ब) विलयबिंदू आणि उत्कलनबिंदू -

रेणूमध्ये असणारी आकर्षण बले क्षीण स्वरूपाची असल्याने ती तोडण्यासाठी कमी उर्जा लागते. म्हणून सहसंयुज संयुगांचा विलयबिंदू व उत्कलन बिंदू हा आयनिक संयुगांपेक्षा कमी असतो. उदा. नॅथ्युलीन हे सहसंयुज संयुग आहे. त्याचा विलयबिंदू  $353\text{K}$  ( $80^\circ\text{C}$ ) आहे. तसेच दुसरे सहसंयुज संयुग कार्बन टेट्राक्लोराईड याचा उत्कलनबिंदू  $350\text{K}$  ( $77^\circ\text{C}$ ) आहे.

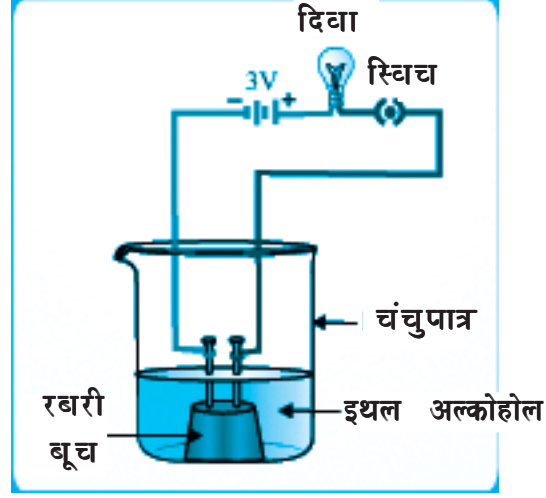
#### (क) विद्युत वाहकता -

सहसंयुज संयुगामध्ये उदासिन रेणू असतात आणि त्यामध्ये भारकण नसतात. उदा. आयन किंवा इलेक्ट्रॉन. म्हणून ही संयुगे विद्युत वाहून नेऊ शकत नाहीत आणि म्हणून यांना विद्युतधारेचे दुर्बल वाहक असे म्हणतात. आ. 7.10

आपल्या परिसरातील  
घटक



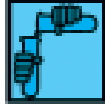
टिपा



आ. 7.10 इथिल अल्कोहोल (सहसंयुज संयुग) हे विद्युत दुर्वाहक आहे.

(ड) विद्राव्यता -

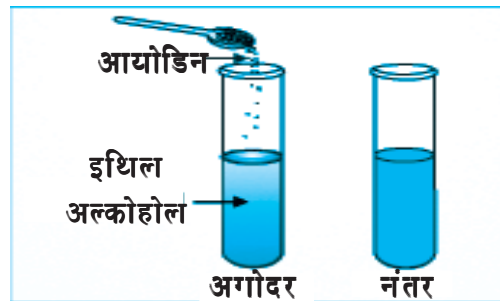
सहसंयुज संयुगे साधारणतः पाण्यात विद्राव्य नसतात परंतु ती सेंद्रीय द्रावकात उदा. अल्कोहोल, क्लोरोफॉर्म, बेंझीन, इथर इ. मध्ये विद्राव्य असतात.



कृती 7.3

साधारण ५ मिली. इतके इथिल अल्कोहोल एका परिक्षा नळीत घ्या. त्यामध्ये आयोडिनचे काही स्फटीक टाका. परीक्षानळी चांगली हलवा. तुम्हाला काय आढळते? इथिल अल्कोहोलचा रंग गद तपकीरी झालेला दिसतो. यावरून तुम्ही काय अनुमान काढाल? आयोडिन इथिल अल्कोहोलमध्ये विद्राव्य आहे. तुमचे निरीक्षण लिहा. आता तेवढेच आयोडिन घेऊन इथिल अल्कोहोल जेवढे घेतले होते तेवढ्याच आकारमानाचे पाणी घेऊन त्यात विरघळण्याचा प्रयत्न करा. (आ. 7.11) (आयोडिनच्या इथिल अल्कोहोल मधील द्रावण हे टिंक्चर आयोडिन म्हणून ओळखले जाते आणि जंतुनाशक द्रावण म्हणून वापरले जाते.)

सहसंयुज बंध आणि सहसंयुज संयुगे यांचे गुणधर्म समजावून घेतल्यावर आता तुम्ही खालील प्रश्नांची उत्तरे द्या. त्यामुळे तुम्हाला किती समजले आहे हे तुम्हाला कळेल.



आ. ७.११ - आयोडिनची इथिल अल्कोहोल मधील विद्राव्यता.



सरावासाठी प्रश्न 7.3

1. सहसंयुज बंध कसे तयार होतात ?
2.  $O_2$ ,  $HCl$ ,  $Cl_2$  आणि  $N_2$  यांची घडण दाखवा .
3. खालील संयुगात किती सहसंयुज बंध आहेत ते सांगा .  
(i)  $H_2O$ , (ii)  $HCl$ , (iii)  $O_2$  (iv)  $N_2$
4. खाली दाखविलेल्या बदलांमध्ये किती इलेक्ट्रॉन दिले किंवा घेतले जातात ते सांगा .  
( 1)  $N \rightarrow N^{3-}$  (ii)  $Cl \rightarrow Cl^-$  (iii)  $Cu \rightarrow Cu^{2+}$  (iv)  $Cr \rightarrow Cr^{3+}$
5. इथिल अल्कोहोलचे पाण्यातील द्रावण विद्युत दुर्वाहक असल्याचे कारण सांगा .



आपण काय शिकलो ?

- रासायनिक बंधनाचे मूलभूत कारण हे धातूकडून अधातूकडे इलेक्ट्रॉन जाऊन किंवा दोन अधातूंमध्ये इलेक्ट्रॉनची भागीदारी होऊन राजवायूचे इलेक्ट्रॉन संरूपण मिळवणे हे आहे .
- मूलद्रव्यांचे अणू निसर्गामध्ये मुक्तपणे सापडत नाहीत . राजवायू सोडून सर्वच मूलद्रव्यांच्या अणूंमध्ये संयुजा कक्षेत आठापेक्षा कमी इलेक्ट्रॉन असतात . सामान्यपणे आणि सामान्य परिस्थितीत राजवायू इतर मूलद्रव्याबरोबर अभिक्रिया करत नाहीत कारण त्यांना स्थिर इलेक्ट्रॉन संरूपण मिळाले आहे म्हणजेच त्यांच्या बाह्यतम कक्षेत किंवा संयुजा कक्षेत 8 इलेक्ट्रॉन असतात .
- सर्व अणूंचा स्थिर स्थिती किंवा राजवायूचे संरूपण प्राप्त करून घेण्याकडे कल असतो . संयुजा कक्षेमध्ये 8 इलेक्ट्रॉन्स देवघेव करून किंवा भागीदारी करून मिळविण्यासाठी ते इतर मूलद्रव्यांच्या अणूंशी संयोग पावतात . रासायनिक बंधनाच्या मागील हे मूलभूत कारण आहे आणि यालाच अष्टकाचा नियम म्हणतात .
- मूलद्रव्यांच्या रेणूंमधील अणू हे रासायनिक बंधनांनी एकत्र बांधलेले असतात . जेव्हा रासायनिक बंध तयार होतात तेव्हा उर्जा कमी होते ही उर्जा त्यात भाग घेणा-या प्रत्येक अणूपेक्षा कमी असते . परिणामतः तयार होणारे संयुग हे जास्त स्थिर, कमी उर्जा असलेले असते .
- रासायनिक बंधने दोन प्रकारची असतात . 1) आयनिक बंधन 2) सहसंयुज बंधन
- आयनिक बंधन - जो रासायनिक बंध इलेक्ट्रॉनच्या देवीघेवीमुळे (धातूकडून अधातूकडे) तयार होतो त्यास आयनिक बंध किंवा (इलेक्ट्रोव्हॅलंट) विद्युतसंयुज बंध असे म्हणतात .
- आयनिक बंध तयार होण्याच्या तीन पाय-या आहेत .





आपल्या परिसरातील

घटक



टिपा

- (i) इलेक्ट्रॉन गमावण्याने / देण्याने धातूचे कॅटायन (धनप्रभारित आयन) तयार होणे .
- (ii) इलेक्ट्रॉन मिळाल्यामुळे ऍनायन (ऋणप्रभारित आयन) तयार होणे .
- (iii) कॅटायन आणि ऍनायन यांचा स्थितीज विद्युत आकर्षण बलाने संयोग होऊन आयनिक बंध तयार होणे .

- आयनिक संयुगे ही स्थायूरूप , कठीण आणि उच्च विलयबिंदू व उच्च उत्कलन बिंदू असणारी असतात . ती पाण्यामध्ये विद्राव्य असतात तर सेंद्रीय द्रावणात अविद्राव्य असतात . वितळलेल्या अवस्थेत आणि पाण्यातील द्रावणात ते विद्युत सुवाहक असतात .
- सहसंयुज बंधन - दोन अणूंच्या आपापसातील समान इलेक्ट्रॉनच्या भागीदारीमुळे तयार होणा-या बंधास सहसंयुज बंध असे म्हणतात . सहसंयुज बंधाची रेणूंची घडण समजावून घेण्यासाठी मदत होते .  $H_2$ ,  $Cl_2$ ,  $O_2$  आणि  $N_2$  हे रेणू सारख्या अणूमधील इलेक्ट्रॉनच्या भागीदारीमुळे तयार होतात . तर  $HCl$  व  $H_2O$  ही संयुगे वेगवेगळ्या अणूमधील इलेक्ट्रॉनच्या भागीदारीमुळे तयार होतात .
- भागीदारी करणा-या इलेक्ट्रॉनच्या संख्येवर आधारित सहसंयुज संयुगाचे एकेरी बंधाने बांधलेली, दुहेरी बंधानी बांधलेली आणि तिहेरी बंधानी बांधलेली असे वर्गीकरण केले जाते जेव्हा दोन्ही अणूंकडून एका इलेक्ट्रॉनची भागीदारी होते तेव्हा एकेरी बंध तयार होतो . जसे  $Cl - Cl$  किंवा  $Cl_2$  आणि  $H - H$  किंवा  $H_2$
- जेव्हा दोन सारखे अणू इलेक्ट्रॉनच्या दोन जोड्यांची भागीदारी करतात तेव्हा दुहेरी बंध तयार होतो . उदा .  $O=O$  किंवा  $O_2$  आणि जेव्हा प्रत्येक अणू-तीन इलेक्ट्रॉनची भागीदारी करतो तेव्हा तिहेरी बंध तयार होतो . उदा .  $N \equiv N$  किंवा  $N_2$
- वेगवेगळे अणू देखील इलेक्ट्रॉनची भागीदारी करतात परंतु तेव्हा इलेक्ट्रॉनची जोडी जास्त क्रियाशील अणूकडे सरकते जसे  $HCl$  आणि
- सहसंयुज संयुगे ब-याचदा द्रव किंवा वायू स्थितीत असतात . काही स्थायूही असतात . त्यांचा विलयबिंदू आणि उत्कलन बिंदू कमी असतो . ते पाण्यामध्ये अविद्राव्य असतात पण सेंद्रीय द्रावकात विद्राव्य असतात . ते विद्युत दुर्वाहक असतात .



### अंतिम प्रश्नसंग्रह

1. आयनिक संयुगे त्यांच्या पाण्यातील द्रावणातून विद्युत धारा वाहून नेतात . कारण द्या .
2. सहसंयुज संयुगाचे विलयबिंदू हे आयनिक संयुगांच्या विलयबिंदूपेक्षा कमी असतात . असे का ?
3. सोडियमच्या अणूपासून सोडियमच्या आयनाची घडण स्पष्ट करा .
4.  $MgCl_2$  मधील बंधन तुम्ही कसे स्पष्ट कराल ?



5. आयनिक संयुगाच्या संदर्भात खालीलपैकी कोणते विधान सत्य आहे?
  - (i) ते पाण्यात अविद्राव्य असतात .
  - (ii) ते उदासिन असतात .
  - (iii) यांचे उत्कलन बिंदू उच्च असतात .
6. आयनिक संयुगाचे तीन वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्म सांगा .
7. सहसंयुज बंध कसा तयार होतो ?
8. खाली दिलेल्या रेणूमधील सहसंयुज बंधाची संख्या सांगा .
  - (i)  $Cl_2$ ,                      (ii)  $N_2$ ,                      (iii)  $O_2$                       (iv)  $H_2$
9. खालील विधाने चूक की बरोबर ते सांगा .
  - (i) आयनिक संयुगामध्ये असलेले आयन क्षीण स्थितीज विद्युत आकर्षण बलाने एकत्र बांधलेले असतात .
  - (ii) आयनिक संयुगाचा विलयबिंदू व उत्कलनबिंदू उच्च असतो .
  - (iii) सहसंयुज संयुगे विद्युत -सुवाहक असतात .
  - (iv) स्थायरूप सोडियम क्लोराईड हे विद्युत - सुवाहक आहे .
10. खालील संयुगाचे आयनिक किंवा सहसंयुज असे वर्गीकरण करा .
  - (i) सोडियम क्लोराईड                      (ii) कॅल्शियम क्लोराईड
  - (iii) ऑक्सिजन                      (iv) हायड्रोजन क्लोराईड
  - (iv) मॅग्नेशियम ऑक्साईड                      (vi) नायट्रोजन
11. 'क्ष' या मूलद्रव्याचा अणूक्रमांक 11 आहे आणि 'य' या मूलद्रव्याचा अणूक्रमांक -8 आहे . ते कोणत्या प्रकारचा बंध तयार करतील ? 'क्ष' आणि 'य' यांच्यातील अभिक्रियेने तयार होणा-या संयुगाचे रेणूसूत्र लिहा .
12. पाण्याच्या रेणूने असलेल्या विविध प्रकारच्या बंधाची नावे लिहा .



पाठांतर्गत प्रश्नांची उत्तरे

1. प्रत्येक अणूचा राजवायूप्रमाणे स्थिरता मिळविण्यासाठी त्याच्या बाह्यतम कक्षेत '2' किंवा '8' इलेक्ट्रॉन करण्याकडे कल असतो .
2. कारण त्यांचे निष्क्रिय वायूंचे संरूपण असते त्यामुळे ते स्थिर होते .

आपल्या परिसरातील घटक



टिपा

3. अ आणि व

7.2

1) सोडियम आयन  $\text{Na}^+$  आणि क्लोराईड आयन  $\text{Cl}^-$

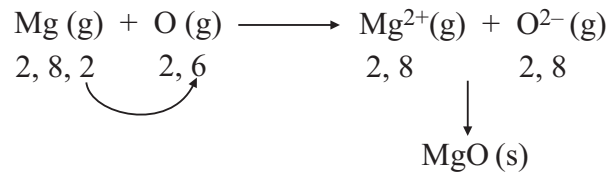
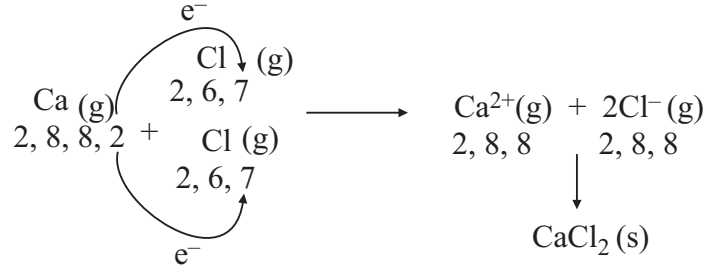
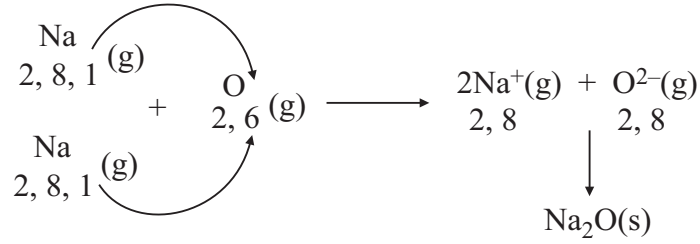
2) दोन ( 2 )

3) 18

4) स्थितीज विद्युत आकर्षण बल

5) सहा

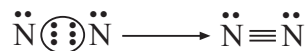
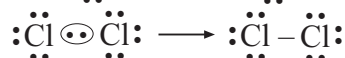
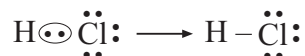
6)



7.  $\text{Na}^+$  आणि  $\text{Cl}^-$  आयन मुक्त स्थितीत नसल्यामुळे

7.3

1. सहसंयुज बंध हा दोन अणूंमधील समान संख्येच्या इलेक्ट्रॉनच्या भागीदारीमुळे तयार होतो .



3. (i) 2 (ii) 1 (iii) 2 (iv) 3
4. (i) 3 इलेक्ट्रॉन मिळतात .  
(ii) 1 इलेक्ट्रॉन मिळतो .  
(iii) 2 इलेक्ट्रॉन गमावले जातात .  
(iv) 3 इलेक्ट्रॉन गमावले जातात .
5. इथिल अल्कोहोल त्याच्या पाण्यातील द्रावणात  $H^+$  आयन तयार करू शकत नाही म्हणून त्यातून विद्युत धारा वाहत नाही .





## 9

## गती आणि तिचे विवरण

आपण आपल्या सभोवतालच्या अनेक वस्तूंची हालचाल पाहतो. उदा. रस्त्यावरून जाणा-या सायकली, मोटारी, बसेस, रूळावरून धावणारी आगगाडी, आकाशातील विमान, फिरणा-या पंख्यांची पाती, हालणारा झोका. या वस्तूंची हालचाल कशामुळे होते? वरील सर्व हालचाली एकाच प्रकारच्या आहेत का? यापैकी काहींची हालचाल सरळ रेषेत होते. काही वक्राकार फिरतात तर काही पुढे-मागे होतात. या हालचाली कशा प्रकारे होतात? या हालचालींमध्ये वेगळेपणा कोणता आहे? या प्रश्नांची उत्तरे आपल्याला या पाठात मिळतील. गतीची संकल्पना आणि गतीचे प्रकार यासंबंधीची माहिती आपण घेऊ. यासाठी आपण विस्थापन, वेग आणि त्वरण यांचे संबोध विकसित करणार आहोत. या राशी परस्परांशी आणि कालमापनाशी कशा प्रकारे संबंधित आहेत हे आपण पाहणार आहोत. एखादी वस्तू सतत एकाच गतीने जात असल्यास तिच्यामध्ये निर्माण होणा-या त्वरणाचीही माहिती आपण घेणार आहोत.



## उद्देश :

या पाठाचा अभ्यास केल्यानंतर-

- गतीची संकल्पना स्पष्ट करता येईल. विराम आणि गती यामधील फरक स्पष्ट करता येईल.
- गतीचे प्रकार- रेषीय, वर्तुळाकार, घूर्णन आणि दोलनगती. (Rectilinear)(Circular) (Rotational) (Oscillatory) सांगता येईल.
- अंतर, विस्थापन, चाल, सरासरी, चाल, त्वरण यांच्या व्याख्या करता येईल.
- एकाच दिशेतील एकसमान गती एकसमान त्वरण यांचे संबोध स्पष्ट करता येतील.
- विस्थापन/काल आणि गती/काल यांचे आलेख काढून त्याचे स्पष्टीकरण देता येईल.
- विस्थापन, चाल सरासरी, चाल, वेग आणि गती/काल यांचे आलेख काढून त्याचे स्पष्टीकरण देता येईल.
- विस्थापन, चाल सरासरी, चाल, वेग आणि त्वरण यामधील संबंध स्पष्ट करता येईल. गतीविषयक समीकरणे मांडता येतील.



- गतीविषयक समीकरणांचा व्यवहारात वापर करता येईल .
- वर्तुळाकार गतीची संकल्पना स्पष्ट करता येईल .

### 9.1 विराम आणि गती

एखाद्या चालत्या बसकडे तुम्ही पाहिल्यास तुमच्या असे लक्षात येईल की बस पुढे-पुढे जात आहे . म्हणजेच कालसापेक्ष तिचे स्थान बदलत आहे . याचा अर्थ ती गतिमान आहे .

अशी कल्पना करा की,तुम्ही चालत्या बसमध्ये बसला आहात . तुमच्या बसच्याच दिशेने आणि चालीने दुसरी बस तुमच्या बसला समांतर जात आहे . तुमच्या असे लक्षात येईल की तुमच्या बसच्या संदर्भात दुस-या बसची स्थिती बदलत नाही . त्यावरून असे दिसते की तुमच्या बसच्या संदर्भात दुसरी बस विराम अवस्थेतच आहे . तथापि आजूबाजूच्या संदर्भात दोन्ही बस गतिशीलच आहेत . अशा त-हेने एखाद्या निरिक्षकाच्या संदर्भात एखादी वस्तू विराम अवस्थेत असेल तर दुस-या निरिक्षकाच्या संदर्भात तीच वस्तू गतिमान असेल . यालाच आपण 'सापेक्ष गती' असे म्हणतो .

सापेक्ष गतीच संकल्पना थोडी स्पष्ट करू .

समजा तुम्ही बसमध्ये बसला आहात आणि लाल दिवा असल्यामुळे बस चौकात थांबली आहे . अशा वेळेस आपली शेजारी असणारी बस सुरू होऊन पुढे गेली तर आपली बस मागे चालली आहे,असा आपल्याला भास होतो . चिंटू आणि गोदू बाजारात जात आहेत . गोदू पळत जात आहे आणि त्यामागे चिंटू चालत जात आहे . जरी ते दोघे एकाच दिशेने जात असले तरी त्यांच्यामधील अंतर सतत वाढत जाईल . गोदूला चिंटू त्याच्यापासून दूर जात आहे असे वाटेल . तर चिंटूला गोदू त्याच्यापुढे दूर जात आहे असे वाटेल .ही सापेक्ष गती होय . }आ 9.1 पहा].



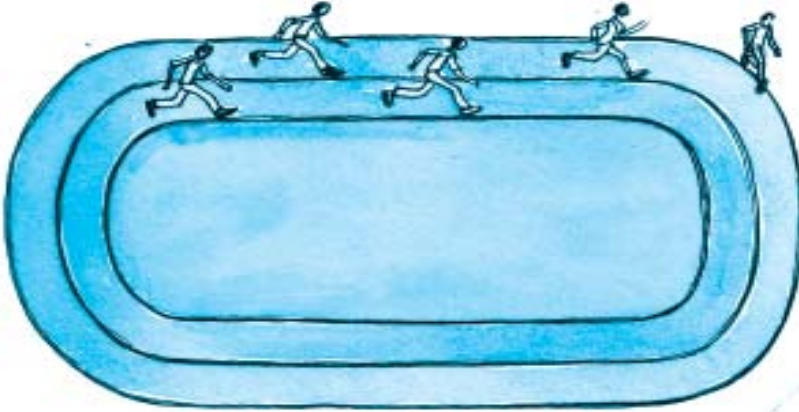
आ .9.1 सापेक्ष गतीचे उदाहरण

### विचार करा . कृती करा .

एके दिवशी संध्याकाळी निमिश नदीकाठावर उभा होता . निरिक्षण करताना त्याला पुढील गोष्टी आढळल्या . बोटी नदीत विहार करित आहेत . वाहने पुलावरून जात आहेत . गुरे गावाकडे जाण्यासाठी रस्त्यावरून जात आहेत . पक्षी घरट्याकडे परतत आहेत . नुकताच चंद्रोदय होत आहे . निमिशच्या मनात काय चालले आहे, हे तुम्ही ओळखू शकाल का? निमिश भोवती कोणत्या प्रकारची परिस्थिती आहे?



निरीक्षकसापेक्ष एखाद्या वस्तूच्या स्थितीत सतत होणारा बदल म्हणजे गती होय. हा निष्कर्ष आपण काढू शकतो. समजा मैदानात उभ्या असणा-या मित्राकडे तुम्ही जात आहात. तर तुमच्यामध्ये कोणत्या प्रकारची गती आहे? तुम्ही स्वतःनेच निरीक्षण करत असाल तर तुम्ही गतिमान आहात असे म्हणू शकता का? तुमच्या सापेक्ष तुमचा मित्र गतिमान आहे का? मित्रासापेक्ष तुम्ही गतिमान आहात का? निरीक्षक स्वतः सापेक्ष कधीही गतिमान असू शकत नाही हे लक्षात घ्या. तुम्ही मित्राकडे जात आहात आणि विरुद्ध दिशेने मित्र तुमच्याकडे येत आहे ही गतीशीलता आहे. निरीक्षकसापेक्ष एखाद्या वस्तूच्या स्थितीत सतत बदल होणे म्हणजे ती वस्तू गतीशील हे लक्षात येते. मात्र हा बदल सतत होत असला पाहिजे. गतीचा संबोध समजण्यासाठी आपण एक गमतीशीर उदाहरण घेऊ. समजा 200 मीटर धावण्याचा शर्यतीत पाच स्पर्धक आहेत. ते स्पर्धक A,B,C,D आणि E आहेत असे मानू. आणि दर सेकंदाला ते अनुक्रमे 2,3,4,3,2 मीटर वेगाने धावत आहे असे मानू. आ. 9.2 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे ते ठराविक मार्गावरून धावत आहेत. तर कोणत्या खेळाडू सापेक्ष कोणता खेळाडू गतिमान आहे आणि कोणत्या खेळाडूसापेक्ष कोणता खेळाडू विराम अवस्थेत आहे हे आपण सांगू शकाल का? आपली उत्तरे तक्ता क्र. 9.1 मध्ये लिहा.



आ. 9.2

तक्ता क्र. 9.1

अ. क्र.	निरीक्षक स्पर्धक	निरीक्षकसापेक्ष		शेरा
		गतिमान स्पर्धक	विराम अवस्थेतील स्पर्धक	
1.	A	B,C,D	E	A सापेक्ष E हा विरामअवस्थेत आहे. कारण 1 सेकंदात या दोघांमधील अंतरात काहीतरी बदल होत नाही. परंतु B,C,D यांच्या बाबतीत हा बदल होतो.
2.	B			
3.	C			
4.	D			
5.	E			

गतिमान पदार्थ



टिपा

यावरून निमिशच्या काही प्रश्नांची उत्तरे तुम्हास देता येतील.

9.1.1. गतीचे प्रकार :

आपल्या दैनंदिन जीवनात आपण अनेक वस्तू हालताना पाहतो . काही वस्तू सरळ रेषेमध्ये हालचाल करतात . उदा . सपाट पृष्ठभागावरून घरंगळत जाणारा चेंडू उंच इमारतीवरून खाली पडणारा दगड तसेच 100 मी . शर्यतीच्या मार्गावरून धावणारा धावपटू . या सर्व उदाहरणांमध्ये वस्तू आपल्या जागा सरळरेषेमध्ये ठराविक काळात बदलतात . या प्रकारच्या गतीस 'एकरेषीय गती' असे म्हणतात . या प्रकारच्या गतीची आणखी दोन उदाहरणे सांगा .



(अ) सपाट पृष्ठभागावरून घरंगळत जाणारा चेंडू



(ब) हातातून पडणारा दगड



(क) शर्यतीच्या मार्गावरून धावणारा धावपटू .

आ. 9.3 एकरेषीय गतीची उदाहरणे .

घडयाळातील काट्यांची गती जत्रेमध्ये गोल फिरणारे 'भेरी गोराऊंड' किंवा पंख्यांची फिरणारी पाती यांच्या गती पहा . या प्रकारच्या गतीमध्ये वस्तू वर्तुळाकार मार्गाने सरकते . अशा प्रकारच्या गतीला 'वर्तुळाकार गती' असे म्हणतात .



कृती 9.1

(अ) तुमच्या उंचीपेक्षा कमी लांबीची दोरी घेऊन तिच्या एका टोकाला लहान दगड बांधा आणि ती दोरी खिळयाला टांगून ठेवा . हाताने दगड खिळयापर्यंत न्या आणि सोडून द्या .

(ब) दगड स्थिर होऊ द्या . दगड एका टोकाला न्या आणि सोडून द्या .



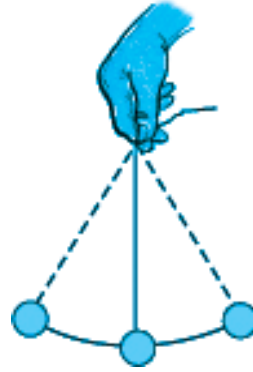
## गती आणि तिचे विवरण

(क) खिळयापासून दोरी सोडवा. तिचे टोक घट्ट हातात धरा आणि दोरीचा दगड गरागरा फिरवा.

खालील तक्त्यामध्ये (तक्ता क्र.9.2) मध्ये गतीचा प्रकार आणि त्याचे समर्थन करा.

तक्ता क्र.9.2

कृती	गतीचा प्रकार	समर्थनार्थ कारण
अ		
ब		
ख		



(अ) दगड दोरीला वांधून दोरी हातात घेतली आहे. (ब) दगडाला आंदोलने देत आहे



(क) दगड गरागरा फिरवीत आहे.

### आ. क्र.9.4

वा-यावर डोलणा-या झाडाच्या फांद्या तुम्ही पाहिल्या आहेत ना ? त्या विशिष्ट बिंदूभोवती वर खाली हालत असतात या प्रकारच्या हालचालीस 'कंपन गती' असे म्हणतात. या प्रकारच्या वस्तू एका विशिष्ट बिंदूभोवती हालचाल करते. या बिंदूस संतुलित स्थिती बिंदू असे म्हणतात. हालणारा झोपाळा किंवा भिंतीवर घडयाळामध्ये असणारा दोलक ही कंपनगतीची उदाहरणे आहेत. शिवणयंत्राच्या सुईला कोणत्या प्रकारची गती असते? निमिशने निरिक्षण केलेल्या गतीचे वर्गीकरण आता तुम्ही करू शकाल.

## विभाग ३

### गतिमान पदार्थ



टिपा

गतिमान पदार्थ

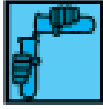


टिपा

9.2 : अंतर आणि विस्थापन

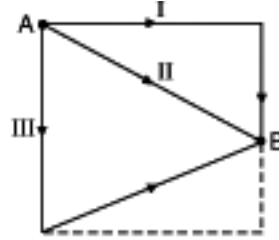
विस्थापित होणा-या वस्तूच्या दृष्टीने दोन बिंदू अत्यंत महत्वाचे असतात. पहिला बिंदू म्हणजे वस्तू ज्या बिंदूपासून विस्थापित होण्यास सुरुवात होते. तो बिंदू-म्हणजे आरंभबिंदू आणि दुसरा बिंदू म्हणजे काही कालानंतर वस्तू ज्या बिंदूपाशी स्थिर होते तो अंत्यबिंदू.

आरंभबिंदूपासून अंत्यबिंदूपर्यंत वस्तू ज्या मार्गाने गेली त्या मार्गाचे आरेखन करतात. वस्तूने काटलेल्या दोन बिंदूमधील (आरंभ आणि अंत्य) मार्गास 'अंतर' असे म्हणतात. आरंभबिंदूपासून अंत्यबिंदूपर्यंत आपण असंख्य मार्गाने जाऊ शकतो. म्हणजेच हे बिंदू साधण्यासाठी आपण वेगवेगळ्या मापाची अंतरे वापरू शकतो. अंतराचे एकक मीटर (m) किंवा किलोमीटर (km) हे आहे.



कृती 9.2

एक वस्तू आरंभबिंदूपासून अंत्यबिंदूपर्यंत वेगवेगळ्या तीन मार्गांनी जाते. प्रमाण 1 सेमी = 10 मी.



Take a scale 1 cm = 10 m

आ. कृ. 9.5

प्रत्येक मार्गाचे अंतर मोजा. वस्तूचे विस्थापन होताना वस्तूची स्थिती सारखी बदलत असते. वस्तूच्या स्थितीमध्ये होणा-या बदलास विस्थापन असे म्हणतात. आरंभबिंदू व अंत्यबिंदू यामधील कमीत कमी अंतर म्हणजे विस्थापन होय. आरंभबिंदूपासून अंत्यबिंदूकडे वस्तू नेहमी सरळ रेषेत जाईल असे नाही. म्हणून अशा वेळेस काटलेले विस्थापन अंतराएवढे असणार नाही.

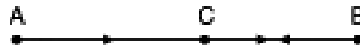


कृती 9.3

दिलेल्या आकृतीमधील विस्थापन आणि अंतर मोजा. आलेली मापने तक्ता क्र. 9.3 मध्ये लिहा.



(a) वस्तू बिंदू A पासून बिंदू B कडे जाते.



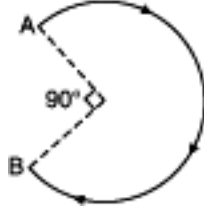
(b) वस्तू बिंदू A पासून बिंदू B कडे जाते व तेथून बिंदू C कडे जाते.



(c) वस्तू बिंदू A कडून बिंदू B कडे व तेथून परत बिंदू A कडे येते .



(d) वस्तू बिंदू A पासून बिंदू B कडे जाते व तेथून बिंदू C कडे जाते .



(e) वस्तू बिंदू A पासून वक्राकार मार्गाने बिंदू B पाशी जाते .

आ. क्र. 9.6

कृती	अंतर	विस्थापन
A		
B		
C		
D		
E		

यावरून आपण पुढील निष्कर्ष काढू शकतो .

- विस्थापन अंतरापेक्षा कमी किंवा अंतराएवढे असते .
- जेव्हा वस्तू दिशा न बदलता सरळ रेषेत जाते,तेव्हा विस्थापन अंतराएवढे असते .
- जेव्हा वस्तू सरळ रेषेत जात नाही तेव्हा विस्थापन अंतरापेक्षा कमी असते .
- विस्थापनाची किंमत शून्य येऊ शकते . परंतु अंतराची किंमत शून्य येऊ शकत नाही .
- आरंभ बिंदू आणि अंत्यबिंदू यामधील कमीत कमी अंतर म्हणजे विस्थापन होय .
- वस्तूने काटलेल्या मार्गाच्या लांबीस अंतर असे म्हणतात .
- अंतर हे मार्गावर अवलंबून असते तर विस्थापन हे स्थितीवर (आरंभबिंदू,अंत्यबिंदू ) अवलंबून असते .

यावरून विस्थापनाच्या दुप्पट अंतर असलेला मार्ग तुम्ही सांगू शकाल का?

गतिमान पदार्थ



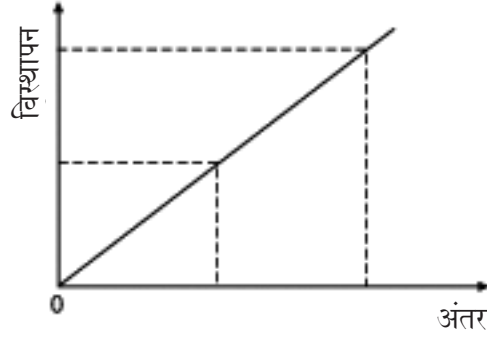
टिपा

9.2.1 अंतर आणि विस्थापन यांचा आलेखः -

अंतर आणि विस्थापन या राशी आपणास आलेखाद्वारे दाखविता येतात. आलेख काढण्यासाठी पुढील कृती करा.

- (i) परिमाणांच्या उच्चतम आणि नीचतम किंमती काढा.
- (ii) दिलेली माहिती आलेख कागदावर पूर्णपणे येण्यासाठी योग्य ते प्रमाण निवडा.
- (iii) स्वतंत्र किंमत  $x$  अक्षावर आणि अवलंबित किंमत  $y$  अक्षावर घ्या.

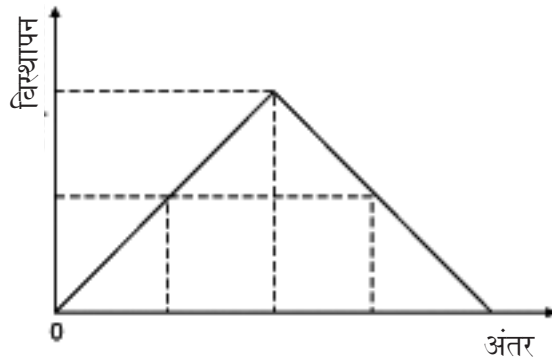
$x$  अक्षावर अंतर आणि  $y$  अक्षावर विस्थापन घ्या. जेव्हा दिशाबदल न होता वस्तू सरळ रेषेत जाते तेव्हा अंतर हे विस्थापनाएवढेच असते. जर तुम्ही हा आलेख काढला तर येणारी आलेख रेषा ही सरळ रेषा असेल आणि ती आरंभविंदूतून जाईल आणि ती  $x$  अक्षाशी  $45^\circ$  मापाचा कोन करेल. (आ. क्र.9.7 पहा)



आ. क्र.9.7

आता आपण दुसरी परिस्थिती विचारात घेऊ. या परिस्थितीत वस्तू एका ठिकाणावरून दुस-या ठिकाणी जाते आणि परत मूळ ठिकाणी येते.

जर हा आलेख काढला तर येणारी आलेख रेषा सरळ रेषा असून ( $x$  अक्षाशी)  $45^\circ$  मापाचा कोन करील. आणि  $x$  अक्षाच्या महत्तम किंमतीपर्यंत जाऊन परत ती खालच्या दिशेने येऊन  $x$  अक्षाला येऊन मिळते.



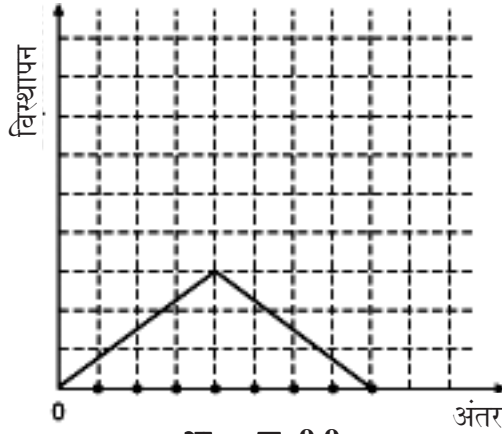
आ.क्र.9.8



यावरून आपण पुढील निष्कर्ष काढू शकतो .

- जर आलेखरेषा ही सरळ रेषा असेल आणि तिने  $x$  अक्ष आणि  $y$  अक्ष यांच्याशी 45मापाचा कोन केला असेल तर आलेखरेषेने दर्शविलेली गती एकरेषीय गती असते आणि अंतर आणि विस्थापन यांचे मूल्य समान असते .
- विस्थापनेच्या एकाच मूल्यासाठी अंतराचे मूल्य वेगवेगळे असू शकते .
- जर आलेखरेषेने  $x$  अक्ष आणि  $y$  अक्ष यांच्याशी 45मापाचा कोन केला नाही तर आलेखरेषेने दर्शविलेली गती एकरेषीय गती नसते .

जेव्हा वस्तूची गती वर्तुळाकार असते तेव्हा आलेखावरील उच्चतम विस्थापन बिंदू वर्तुळाकार मार्गाच्या त्रिज्येएवढा येतो . आणि वस्तूने काटलेले अंतर आ . क्र .9.9 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे कालसापेक्ष बदलत जाते .



सरावासाठी प्रश्न 9.1

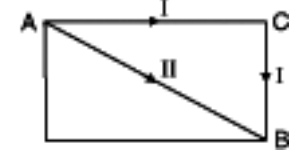
उत्तरासाठी योग्य पर्याय निवडा .

1. दिशा न बदलता वस्तूने एका सरळ रेषेत काटलेले अंतर =
  - (a) काटलेले अंतर  $>$  विस्थापन
  - (b) काटलेले अंतर  $<$  विस्थापन
  - (c) काटलेले अंतर  $=$  विस्थापन
  - (d) अंतर शून्य नाही परंतु विस्थापन शून्य आहे .
2. वर्तुळाकार गतीमध्ये काटलेले अंतर
 

(a) नेहमी $>$ विस्थापन	(b) नेहमी $<$ विस्थापन
(c) नेहमी $=$ विस्थापन	(d) जेव्हा विस्थापन शून्य असते तेव्हा शून्य असते .



3. आकृती 9.10 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे दोन व्यक्ती बिंदू A पासून बिंदू B पर्यंत अनुक्रमे मार्ग ACB आणि AB ने गेल्या. तर
- (a) त्यांनी काटलेले अंतर सारखेच आहे.  
 (b) त्यांचे विस्थापन सारखे आहे.  
 (c) व्यक्ती I चे विस्थापन > व्यक्ती II चे विस्थापन  
 (d) व्यक्ती I ने काटलेले अंतर < व्यक्ती II ने काटलेले अंतर.
4. R त्रिज्या असलेल्या सायकलचे चाक सरळ रस्त्याने जात असता चाकाने अर्धवर्तुळ पूर्ण केले. तर खालील विधानपैकी कोणते विधान सत्य ठरेल?
- (a) अंतर = विस्थापन  
 (b) अंतर < विस्थापन  
 (c) विस्थापन = 2 R  
 (d) विस्थापन = r
5. एक वस्तू वरचे दिशेने 20 m इतके अंतर गेली आणि 10 सेकंदांनंतर फेकणा-या हातात परत आली तर वस्तूचे विस्थापन =
- (a) 20m  
 (b) 40m  
 (c) शून्य  
 (d) 60m
6. 14 मी त्रिज्या असलेल्या वर्तुळाकार मार्गावरून जाणा-या वस्तूचा अंतर -विस्थापन आलेख काढा.



आ.क्र.9.10

**9.3 : एकसमान आणि नैकसमान गती-  
 [Uniform and Non-uniform Motion]**

वस्तू 'अ' आणि वस्तू 'ब' या दोन वस्तूंची गतीविषयक माहिती तक्ता क्र. 9.4 मध्ये दिली आहे. तिचे निरीक्षण करा.

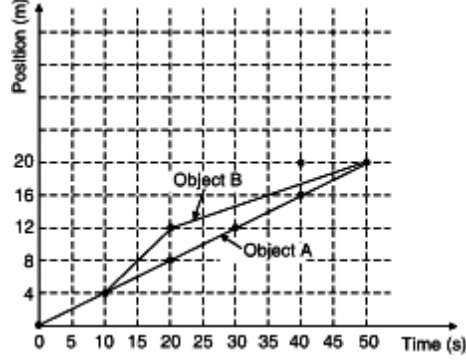
तक्ता क्र. 9.4

(कालावधी सेकंदामध्ये) t	0	10	20	30	40	50
अची स्थिती (x <sub>1</sub> मी)	0	4	8	12	16	20
बची स्थिती (x <sub>2</sub> मी)	0	4	12	12	12	20

वस्तू अ आणि वस्तू ब यांच्या गतीविषयक माहितीमध्ये काही फरक दिसतो का? अ आणि ब या वस्तूंना एकाच वेळेस गती दिली. दोन्ही वस्तूंनी सारखेच अंतर सारख्याच कालावधीत काटले. परंतु अ वस्तूने सारखेच अंतर सारख्याच कालावधीत काटले तर ब वस्तूने सारखेच अंतर सारख्याच कालावधीत काटले नाही. एखादी वस्तू सारख्याच कालावधीत सारखेच अंतर काटत असेल तर त्या गतीस 'एकसमान गती' असे म्हणतात. एखादी वस्तू सारख्या कालावधीत एकसमान अंतर काटत नसेल तर त्या गतीस 'नैकसमान गती' असे म्हणतात. वरील उदाहरणामध्ये अ वस्तूची गती एकसमान आहे तर ब वस्तूची गती नैकसमान आहे.

## गती आणि तिचे विवरण

वस्तू अचा आणि वस्तू बचा अंतर- कालावधीत आलेख काढा. आणि दोन्ही गतीच्या आलेखातील फरक लक्षात घ्या. वस्तू अचा आलेख एक सरळ रेषा येते तर वस्तू बचा आलेख मात्र सरळ रेषा येत नाही. } आ.क्र.9.11 चे निरीक्षण करा.]



आ.क्र. 9.11 एकसमान/नैकसमान गती-आलेख

### 9.3.1 : चल (Speed)

एखाद्या ठिकाणाला भेट द्यावयाची असल्यास त्या ठिकाणी जाण्यासाठी आपणास किती वेळ लागेल याचा आपण निश्चितपणे विचार करतो. त्यासाठी आपण काय करतो? ते ठिकाण किती दूर आहे आणि किती वेगाने जाणार आहेत याचा अंदाज घेतो. आपण किती वेगाने जाणार आहोत याचे मापन म्हणजे चाल होय.

**चाल** - एखाद्या वस्तूने एकक काळात काटलेल्या अंतरास त्या वस्तूची चाल असे म्हणतात काटलेले अंतर

$$\text{चाल} = \frac{\text{त्यासाठी लागलेला वेळ}}{\text{काटलेले अंतर}}$$

आंतरराष्ट्रीय मापन पध्दतीत (SI) चालीचे एकक मीटर दर सेकंद हे आहे. हे  $\text{ms}^{-1}$  असे लिहितात. व्यवहारात  $\text{kmh}^{-1}$  हे एकक वापरले जाते.

$$1 \text{ kmh}^{-1} = \frac{1000\text{m}}{60 \times 60} = \frac{5}{18} \text{ ms}^{-1}$$



### कृती 9.4

तक्ता क्र.9.5 मध्ये A,B,C,D या चार वस्तूंची विराम अवस्थेपासून दर सेकंदांनी असणारी परिस्थिती दर्शविली आहे.

यापैकी कोणत्या वस्तूंची गती एकसमान आणि कोणत्या वस्तूंची गती नैकसमान आहे हे ओळखा.

## विभाग ३

### गतिमान पदार्थ



टिपा

गतिमान पदार्थ



तक्ता क्र. 9.4

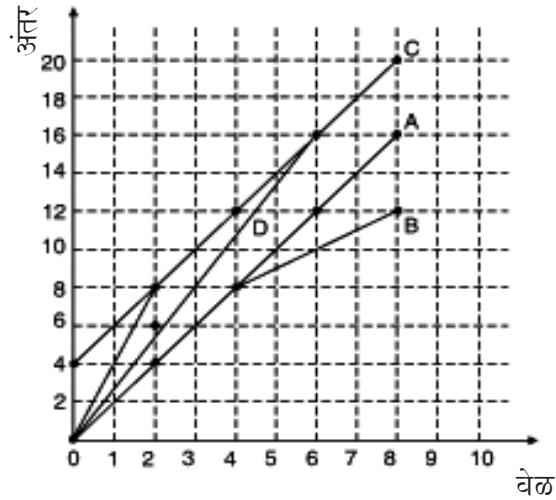
(कालावधी सेकंद) (s)	वस्तू	0	2	4	6	8
काटलेले अंतर (m)	A	0	4	8	12	16
	B	0	8	8	10	12
	C	4	8	12	16	20
	D	0	6	12	16	20

गतीचे स्वरूप ठरविण्यासाठी हाच तक्ता खालीलप्रमाणे करता येईल.

लागलेला (s) कालावधी काटलेले अंतर (m)	2-0=2	4-2=2	6-4=2	8-6=2
A	4-0=4	8-4=4	12-8=4	16-12=4
B	8-0=8	8-8=0	10-8=2	12-10=2
C	8-4=4	12-8=4	16-12=4	20-16=4
D	8-4=4	12-6=4	16-12=4	20-16=4

वरील तक्त्यावरून वस्तू A आणि वस्तू C या ठराविक वेळात ठराविक अंतर करतात. त्यावरून त्यांची चाल एकसमान आहे. हे आपल्या लक्षात येते. वस्तू B आणि वस्तू D या ठराविक वेळात ठराविक अंतर काढत नाहीत. त्यावरून त्यांची चाल नैकसमान आहे हे आपल्या लक्षात येते.

वस्तूने काटलेले अंतर आणि लागलेला कालावधी यांचा आलेख देखील आपल्याला आलेखावरून एकसमान आणि नैकसमान चाल ओखत्रता येते. आलेखावर A,B,C आणि D या वस्तूंची स्थिती दर्शविली आहे.



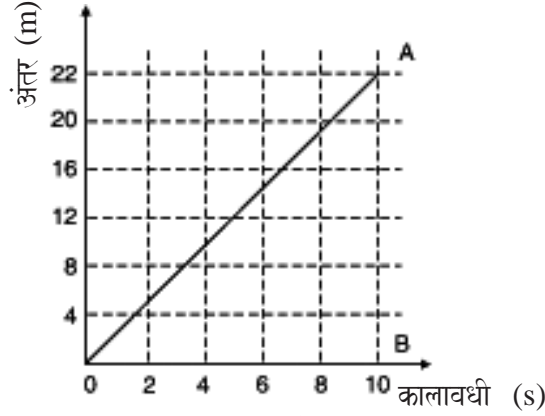
आ. क्र.9.12





एकसमान चाल असलेल्या वस्तू A आणि वस्तू C चे आलेख सरळ रेषा आहेत . आणि नैकसमान चाल असलेल्या वस्तू B आणि वस्तू D चे आलेख मात्र सरळ रेषा नाहीत . या आलेखासाठी x अक्षावर 1 एकक= 1 सेकंद आणि y अक्षावर 1 एकक= 2 मीटर हे प्रमाण घेतलेले आहे .

वस्तूने काटलेले अंतर आणि त्यासाठी लागलेला वेळ याच्या आलेखास ‘अंतर –कालावधी’ आलेख असे म्हणतात . }आलेख आ.क्र.9.13]



आ.क्र.9.13

आ.क्र.9.13 मधील आलेखात 10 सेकंदात 22 मीटर अंतर काटलेले आहे .

$$\text{वस्तूची चाल} = \frac{22(m)}{10(s)} = 2.2 \text{ ms}^{-1}$$

$\frac{4(60)}{1800} = \frac{240}{1800}$  ही चाल दुस-या पध्दतीनेसुध्दा दर्शविता येते . चाल =  $\frac{AB}{OB}$  गुणोत्तरास ‘आलेखाचा चढ’ असे म्हणतात . आलेखाचा चढ म्हणजेच वस्तूची हालचाल .

**उदा. 9.1 :** एक वस्तू 40 मी.लांब आणि 20 मी रुंद असलेल्या आयताकृतीच्या बाजूवरून प्रदक्षिणा घालत आहे . दोन प्रदक्षिणा पूर्ण करण्यासाठी त्या वस्तूला 30 मिनिटे लागतात . तर वस्तूची चाल काढा .

$$\text{उकल - चाल} = \frac{\text{काटलेले अंतर}}{\text{त्यासाठी लागलेला वेळ}}$$

$$= \frac{2 \times 2(20 + 40)m}{30 \times 60s}$$

$$= \frac{2}{15} \text{ ms}^{-1}$$

### 9.3.2 : वेग (Velocity)

समजा तुम्हास एखाद्या ठिकाणी जावयाचे आहे आणि तिथे जाण्यासाठी 4 ते 5 मार्ग उपलब्ध आहेत . तर तुम्ही कोणता मार्ग वापराल ? अर्थातच जो जवळचा मार्ग आहे, त्याचाच उपयोग करू . या

गतिमान पदार्थ



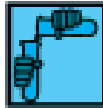
टिपा

मार्गालाच 'विस्थापन' असे म्हणतात. मागच्या विभागात तुम्हास अंतराबाबत माहिती मिळालीच आहे. आरंभबिंदूपासून अंत्यबिंदूपर्यंत सर्वात जवळच्या मार्गाने विस्थापन होते. विस्थापनाच्या गतीस वेग असे म्हणतात. वेग म्हणजे विस्थापन आणि त्याला लागणारा वेळ याचे गुणोत्तर होय.

$$\text{वेग} = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{त्यासाठी लागलेला वेळ}}$$

वेगाचे आणि चालीचे एकक सारखेच म्हणजे SI पध्दतीत  $\text{ms}^{-1}$  आणि व्यवहारात  $\text{kmh}^{-1}$  हे आहे. विस्थापनाची दिशा प्रारंभबिंदूपासून अंत्यबिंदूकडे असते. त्यामुळे वेगाची दिशा सुध्दा प्रारंभबिंदूपासून अंत्यबिंदूकडे असते. वेगाला विशिष्ट दिशा असते. चालीला मात्र दिशा नसते. कारण चाल म्हणजे वस्तूने ठराविक काळात कोणत्याही दिशेने काटलेले अंतर होय ज्या राशी परिमाणाच्या साहाय्याने पूर्णपणे व्यक्त करता येतात त्यांना 'अदिश राशी' असे म्हणतात. उदा. चाल. ज्या राशी व्यक्त करण्यासाठी परिमाण आणि दिशा यांची गरज असते त्यांना 'सदिश राशी' असे म्हणतात. उदा. वेग. खालील सूत्राने सुध्दा वेग काढता येतो.

$$\text{वेग} = \frac{\text{स्थानबदल}}{\text{त्यासाठी लागलेला वेळ}}$$



कृती 9.5

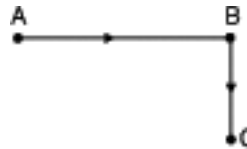
खालील वावतीत वस्तूची गती लक्षात घ्या. प्रत्येक ठिकाणची वस्तूची चाल आणि वेग काढा. ज्या ठिकाणी चाल आणि वेग यांच्या राशी वेगवेगळ्या आहेत त्यांच्या वावतीत तुम्ही काढलेला निष्कर्ष लिहा.



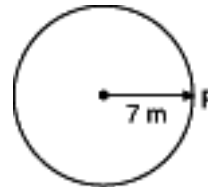
वस्तू A कडून B कडे 10 सेकंदात जाते. प्रमाण  $1 \text{ cm} = 10 \text{ m}$



वस्तू A कडून B कडे आणि तेथून C कडे 10 सेकंदात जाते. प्रमाण  $1 \text{ cm} = 10 \text{ m}$



वस्तू A कडून B कडे आणि तेथून 20 सेकंदात जाते. प्रमाण  $1 \text{ cm} = 10 \text{ m}$



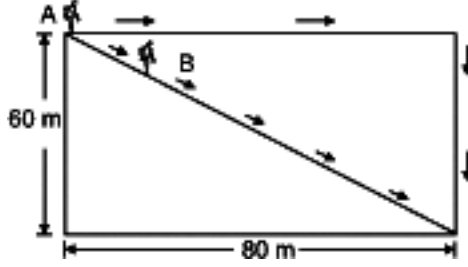
वस्तू 7 मी त्रिज्येच्या वर्तुळाच्या परिघाइतके अंतर 10 सेकंदात जाते.

आ. क्र. 9.14



आता तुम्हाला चाल आणि वेग यामधील फरक कळालाच असेल. वेगाचे तात्कालिक परिणाम म्हणजे चाल होय. प्रवासाचा वेळ, श्रम आणि इंधन वाचविण्यासाठी नियोजनाचे महत्त्व आता तुम्हाला जाणवले असेलच.

**उदा. 9.2 :** एका शेताची लांबी 80m व रुंदी 60m आहे. शेताच्या एका टोकाकडून समोरील टोकाकडे जाण्यासाठी A आणि B हे दोघे निघाले. दोघांनाही तेथे पोहोचण्यासाठी सारखाच वेळ म्हणजे प्रत्येकी 30 मिनिटे लागली. परंतु ते दोघेजण आ.क्र. 9.15 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे वेगवेगळ्या मार्गाने गेले. तर दोघांची चाल आणि वेग काढा.



आ. क्र. 9.15

**उकल :** दोघांचे विस्थापन सारखेच आहे.

$$\text{विस्थापन} = \sqrt{60^2 + 80^2} = \sqrt{3600 + 6400} = \sqrt{10000} = 100m$$

$$A \text{ आणि } B \text{ चा वेग} = V = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{त्यासाठी लागलेला वेळ}} = \frac{100m}{30 \times 60s} = \frac{1}{18} ms^{-1}$$

$$A \text{ ची चाल} = \frac{\text{काटलेले अंतर}}{\text{त्यासाठी लागलेला वेळ}} = \frac{(80 + 60)m}{30 \times 60s} = \frac{140}{3800} ms^{-1} = \frac{14}{380} ms^{-1}$$

$$B \text{ ची चाल} = \frac{\text{काटलेले अंतर}}{\text{त्यासाठी लागलेला वेळ}} = \frac{100s}{30 \times 60s} = \frac{1}{18} ms^{-1}$$

**टीप :** दोघांचा वेग सारखाच आहे. परंतु चाल मात्र भिन्न आहे.

### 9.3.3 : सरासरी चाल आणि सरासरी वेग चालीचा उपयोग

प्रवासाचे किती अंतर किती वेळात काटले किंवा संपूर्ण अंतर किती वेळात काटले हे काढण्यासाठी होत नाही. कारण वस्तू नेहमीच समान अंतर समान वेळात काढू शकत नाही. सर्वसाधारण पणे वस्तू नेहमीच असमान वेगाने प्रवास करते. नैकसमान गती काढण्यासाठी 'सरासरी चाल' हा संवोध उपयोगी पडतो.

सरासरी चाल म्हणजे एकूण काटलेले अंतर आणि त्याला लागलेला वेळ यांचे गुणोत्तर होय.

गतिमान पदार्थ



टिपा

$$\therefore \text{सरासरी चाल} = \frac{\text{एकूण काटलेले अंतर}}{\text{त्यासाठी लागलेला वेळ}}$$

त्याचप्रमाणे सरासरी वेग काढण्यासाठी एकूण काटलेल्या अंतराचे जागी एकूण विस्थापनाची किंमत घ्यावी लागेल.

$$\therefore \text{सरासरी वेग} = \frac{\text{एकूण विस्थापन}}{\text{एकूण लागलेला वेळ}}$$

सरासरी चाल आणि सरासरी वेग यावरील काही उदाहरणे या संबोधांच्या स्पष्टीकरणासाठी सोडवू या.

**उदा. 9.3** - एक वस्तू 50m अंतर 30 सेकंदात आणि त्यापुढील 100m अंतर 45 सेकंदात काटते. तर तिची सरासरी चाल सांगा.

**उकल** : वस्तूने काटलेले अंतर = 50 + 100 = 150m

अंतर काटण्यास लागलेला वेळ = 30 + 45 = 75 s

$$\therefore \text{सरासरी चाल} = \frac{\text{एकूण काटलेले अंतर}}{\text{त्यासाठी लागलेला वेळ}} = \frac{150m}{75s} = 2ms^{-1}$$

**उदा. 9.4** : एक वस्तू  $10ms^{-1}$  या चालीने 10 सेकंद जाते.  $8ms^{-1}$  या चालीने 8 सेकंद जाते तर तिची सरासरी चाल काढा.

**उकल** : वस्तूने 10 सेकंदात काटलेले अंतर =  $10 \times 10 = 100m$  वस्तूने 8 सेकंदात काटलेले अंतर =  $8 \times 8 = 64m$  वस्तूने काटलेले एकूण अंतर =  $100 + 64 = 164m$  त्यासाठी लागलेला एकूण वेळ =  $10 + 8 = 18s$

$$\begin{aligned} \text{सरासरी चाल} &= \frac{\text{एकूण काटलेले अंतर}}{\text{त्यासाठी लागलेला वेळ}} \\ &= \frac{164m}{18s} = 9.11ms^{-1} \end{aligned}$$

**उदा. 9.5** : एक वस्तू  $5ms^{-1}$  या चालीने 50 m अंतर जाते. आणि  $6ms^{-1}$  या चालीने 60 m अंतर जाते. तर वस्तूची सरासरी चाल काढा.

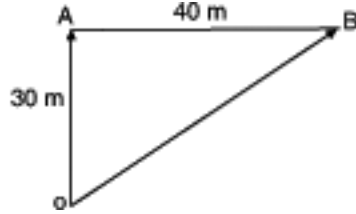
**उकल** - वस्तूने काटलेले एकूण अंतर = 50 + 60 = 110m त्यासाठी लागलेला एकूण वेळ = 10s + 10s = 20s

$$\therefore \text{सरासरी चाल} = \frac{\text{एकूण काटलेले अंतर}}{\text{त्यासाठी लागलेला वेळ}}$$

$$= \frac{110m}{20s} = 5.5ms^{-1}$$

**उदा. 9.6 :** एक वस्तू 10 सेकंदात 30 m उत्तरेकडे जाते. त्यापुढील 10 सेकंदात ती 40 m पूर्वेकडे जाते. तर वस्तूचा सरासरी वेग काढा.

**उकल :**



आ. 9.16 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे वस्तूचे विस्थापन OB आहे.

$$\text{विस्थापन } OB = \sqrt{30^2 + 40^2} = \sqrt{900+1600} = \sqrt{2500} = 50 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{सरासरी वेग} &= \frac{\text{एकूण विस्थापन}}{\text{एकूण लागलेला वेळ}} \\ &= \frac{50m}{(10+10)s} = \frac{50m}{20s} = 2.5ms^{-1} \end{aligned}$$

**उदा. 9.7 :** 14 m वर्तुळाच्या परीघावरून एक वस्तू फिरत आहे. 20 सेकंदांमध्ये ती एक प्रदक्षिणा पूर्ण करते. तर सरासरी वेग काढा.

**उकल :** वस्तू प्रदक्षिणा करून मूळ जागी परत येते. म्हणून तिचे विस्थापन शून्य आहे. म्हणून सरासरी वेगसुद्धा शून्य आहे.

वरील उदाहरणांवरून आपण पुढील निष्कर्ष काढू शकतो.

- वेगाचे तात्कालिक परिणाम म्हणजे चाल होय. परंतु सरासरी चाल ही सरासरी वेगाचे परिमाण होऊ शकत नाही.
- सरासरी वेग हा सरासरी चालीइतका किंवा त्यापेक्षा कमी असू शकतो.
- सरासरी वेग हा शून्य असू शकतो. परंतु सरासरी चाल शून्य असू शकत नाही.



### सरावासाठी प्रश्न 9.2

- स्तंभ I मध्ये  $kmh^{-1}$  मधील काही राशी दिल्या आहेत. स्तंभ II मध्ये त्याच्याशी संलग्न  $ms^{-1}$  मधील राशी दिल्या आहे. स्तंभ I मधील किंमतीशी स्तंभ II मधील किंमतीची योग्य जोडी लावा.



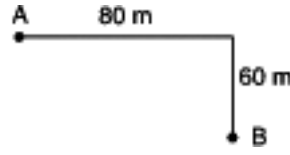
गतिमान पदार्थ



टिपा

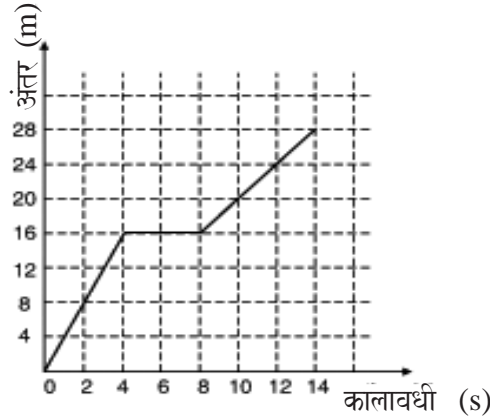
स्तंभ I	स्तंभ II
(a) $1\text{kmh}^{-1}$	(i) $20\text{ms}^{-1}$
(b) $18\text{ kmh}^{-1}$	(ii) $10\text{ms}^{-1}$
(c) $72\text{ kmh}^{-1}$	(iii) $5/18\text{ ms}^{-1}$
(d) $36\text{ kmh}^{-1}$	(iv) $5\text{ ms}^{-1}$

1. आ. 9.17 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे एका सायकल स्वाराला स्थान A पासून स्थान B कडे जाण्यास 20 सेकंद लागतात. तर दोन स्थानांमधील अंतर, विस्थापन आणि सायकल स्वाराची चाल काढा.



आ. 9.17

2. खालीलपैकी कोणत्या परिस्थितीत वस्तूची चाल आणि सरासरी चाल यांची किंमत सारखीच असेल.
- उंचावरून टाकलेला चेंडू
  - घडयाळातील मिनीट काटा.
  - उतारावरून घरंगळत येणारा चेंडू
  - मुंबई ते दिल्ली जाणारी रेल्वे
  - एकसमान चालीने जाणारी वस्तू.
3. एका वस्तूच्या गतीचे अंतर-कालावधी आलेख दिला आहे. (आ. 9.18) त्यावरून या वस्तूची सरासरी चाल आणि सर्वात जास्त चाल सांगा



आ. 9.18

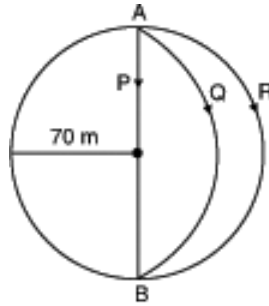


5. तक्ता 9.7 मध्ये एका वस्तूची चाल व काटलेले अंतर आणि कालावधी यांचा आलेख दिला आहे. त्यावरून त्या वस्तूची सरासरी चाल सांगा. चाल एकसमान का नैकसमान ते ही सांगा.

तक्ता 9.7

कालावधी (s)	0	10	20	30	40	50
अंतर (m)	0	2	4	6	8	10

6. अपंग खेळाडूंच्या शर्यतीत एका खेळाडूने निम्मे अंतर 60 मिनिटात व उरलेले निम्मे अंतर 40 मिनिटात काटले त्याने एकूण 1200m अंतर काटले असल्यास त्याची सरासरी चाल सांगा.
7. एक रेल्वेगाडी 16 तासात 1200 किमी अंतर काटते. त्यापैकी पहिल्या 10 तासात ती 800 किमी अंतर काटते. तर उरलेले अंतर उरलेल्या 6 तासात काटण्यासाठी गाडीच्या चालीचा दर किती असावा? गाडीची सरासरी चाल काढा.
8. एक पक्षी एका झाडाकडून दुस-या झाडाकडे  $40\text{kmh}^{-1}$  या चालीने जातो. तर दुस-या झाडाकडून पहिल्या झाडाकडे  $60\text{kmh}^{-1}$  या चालीने परत येतो. तर या प्रवासाची सरासरी चाल काढा.
9. आ. 9.19 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे P,Q आणि R हे तीन खेळाडू A पासून B कडे जात आहेत तर, कोणत्या खेळाडूची चाल सर्वात जास्त आहे? कोणत्या खेळाडूला सर्वात जास्त अंतर काटावे लागले ?



आ. ९.१९

#### 9.4 : आलेखाद्वारे गतीचे विवरण .

एक राशी बदलला असता दुसरा राशी त्या प्रमाणात कसा बदलतो हे आलेखाने दाखविता येते.

#### 9.4.1 : स्थान-कालावधी आलेख .

एखाद्या वस्तूच्या हालचालीची मांडणी आलेखाद्वारे दाखविल्यास त्या वस्तूच्या हालचालीचे पृथक्करण करणे सोयीचे जाते. एखाद्या वस्तूच्या हालचालीचा आलेख काढताना, त्या वस्तूचे वेळोवेळी असणारे स्थान  $y$  अक्षावर तर संबंधित कालावधी  $x$  अक्षावर दाखविला आहे. उदाहरण म्हणून एका वस्तूची निरनिराळ्या वेळी असलेली स्थाने तक्ता 9.8 मध्ये दाखविली आहेत.

गतिमान पदार्थ



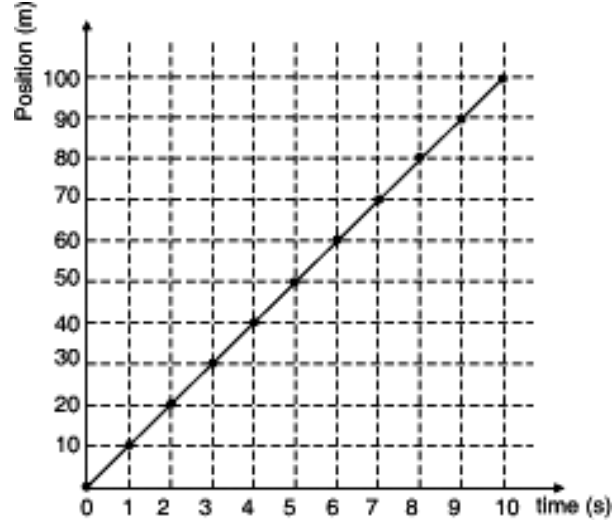
टिपा

तक्ता क्र.9.8 वस्तूचे वेगवेगळ्या वेळी असणारे स्थान-

वेळ (s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
स्थान (m)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

तक्ता क्र. 9.8 मध्ये दर्शविलेल्या माहितीवरून स्थान-कालावधी आलेख काढण्यासाठी आलेख कागदावर आडव्या अक्षावर (x अक्षावर) कालावधी तर उभ्या अक्षावर (y अक्षावर) वस्तूचे स्थान दर्शवू. हा आलेख काढण्यासाठी योग्य प्रमाण निश्चित करू.

आ. 9.20 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे x अक्षावरील 1 सेमी मापन 10 मीटर अंतर दाखविते. आलेखावरील विविध स्थाने व कालावधी दर्शविणारे बिंदू जोडले तर आपणास आ.क्र. 9.20 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे सरळ रेषा मिळते. ही रेषा तक्ता क्र.9.8 मध्ये दिलेल्या माहितीनुसार स्थान व कालावधी निर्देशित करते.



आ. 9.20 तक्त्यात दिलेल्या माहितीनुसारस्थान-कालावधी आलेख .

या आलेखावरून आपल्या लक्षात येते की, वस्तूचे विस्थापन पहिल्या, दुस-या ..... आणि दहाव्या सेकंदातही एकसमान म्हणजे 10m आहे.10 सेकंदात विस्थापन 100 मीटर होते. म्हणून वेग =  $\frac{100m}{10s} = 10 \text{ ms}^{-1}$  असा गतीच्या पूर्ण कालावधीसाठी आहे .

∴ पहिल्या सेकंदातील वेग =  $10 \text{ ms}^{-1}$  दुस-या सेकंदातील वेग =  $10 \text{ ms}^{-1}$

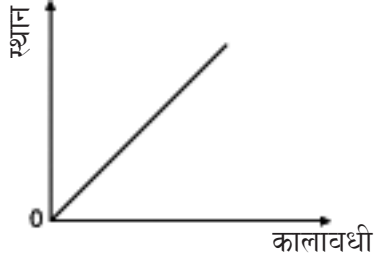
म्हणजेच वेग हा गतीच्या काळात एकसमान म्हणजे 10 ms आहे.जेव्हा एखाद्या वस्तूचा वेग हा त्या कालावधीत एकसमान असतो. तेव्हा त्या गतीला 'एकसमान गती' असे म्हणतात. आ. 9.20 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे एकसमान गतीचा आलेख सरळ रेषा असते.

स्थान - कालावधी आलेखाप्रमाणेच विस्थापन-कालावधी आलेख काढता येतो. विस्थापन उभ्या अक्षावर (y अक्षावर) आणि कालावधी आडव्या अक्षावर (x अक्षावर) दाखवितात. आ. 9.20 मध्ये विस्थापन एकसमान म्हणजे  $10 \text{ m s}^{-1}$  असल्याने हाच आलेख उभ्या अक्षाला 'स्थान' ऐवजी विस्थापन हे नाव दिल्यास हाच आलेख विस्थापन-कालावधी आलेख होईल.

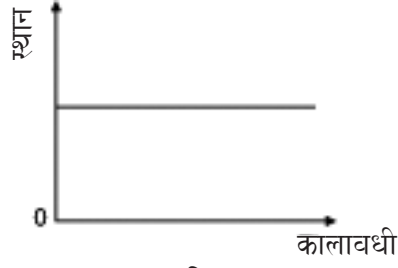


## गती आणि तिचे विवरण

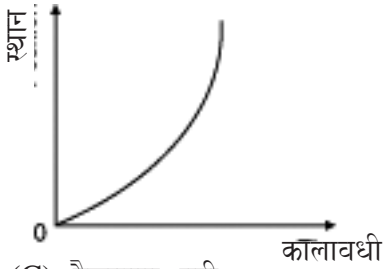
हा भाग चांगला लक्षात घेण्यासाठी पुढील आलेखांचे निरीक्षण करा.



(A) एकसमान गती



(B) स्थिर वस्तूस्थान



(C) नैकसमान गती,  
स्थानबदल - वाढता दर



(D) नैकसमान गती,  
स्थानबदल - घटता दर

आ. 9.21 (A)(B)(C)(D)

### 1.4.1 : वेग-कालावधी आलेख -

आलेख कागदावर आडव्या अक्षावर (x- अक्ष) आणि वेग उभ्या अक्षावर (y- अक्ष) घ्या. x- अक्षावर 1 सेमी = 1 सेकंद हे प्रमाण घ्या. y- अक्षावर 1 सेमी = 10 ms<sup>-1</sup> हे प्रमाण घ्या. तक्ता क्र.9.9 मधील माहितीवर आधारित आलेख क्र.9.22 काढला आहे.

तक्ता 9.9 .वस्तू A आणि वस्तू B वेग-कालावधी.

कालावधी (s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
A चा वेग (ms <sup>-1</sup> )	0	10	20	30	40	50	60	70	80
B चा वेग (ms <sup>-1</sup> )	0	0	10	10	10	10	10	10	10

तक्ता क्र. 9.9. मध्ये दिलेल्या माहितीनुसार काढलेल्या वस्तू A आणि वस्तू B च्या वेग -कालावधी आलेखांमध्ये दोन्ही रेषा सरळ रेषा आहेत कारण दोन्ही ठिकाणी वेग एकसमान आहेत.

वस्तू B ची आलेख रेषा x अक्षाला समांतर आहे.

वस्तू B ची आलेख रेषा आणि x अक्ष यामध्ये बंदिस्त असलेले क्षेत्र लक्षात घ्या. (आ. 9.22 पहा).

विभाग ३

गतिमान पदार्थ



टिपा

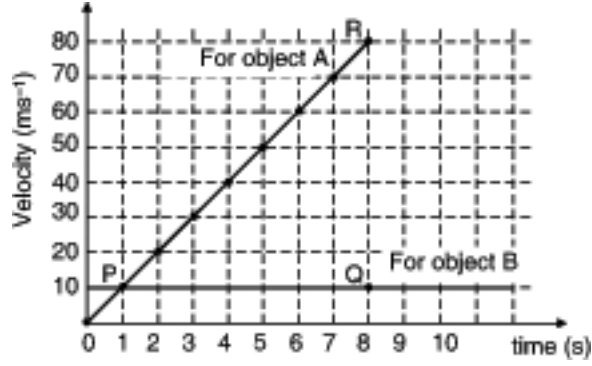
वेग (ms<sup>-1</sup>)

B कालावधी (s)

गतिमान पदार्थ



टिपा



आ. 9.22 वस्तू A आणि वस्तू B चा तक्त्यातील माहितीनुसार आलेख रेखा OR ही वस्तू A चा वेग दर्शविते. रेखा PQ ही वस्तू B चा वेग दर्शविते.

$$\therefore \text{क्षेत्र} = (8\text{s}) \times (10\text{ms}^{-1}) = 80\text{m}$$

हे B या वस्तूचे 8 सेकंदात झालेले विस्थापन होय.

वेग कालावधी = वस्तूचे त्या कालावधीत झालेले विस्थापन,

आलेखाखालील क्षेत्र

त्याचप्रमाणे A या वस्तूचा आलेख आणि x- अक्ष यामध्ये बंदिस्त असलेले क्षेत्र (आ.९.२२ पहा)

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} (8\text{s}) \times (80 - 0)\text{ms}^{-1} \\ &= (8\text{s}) \end{aligned}$$

हे B या वस्तूचे 8 सेकंदात झालेले विस्थापन होय.

त्याचप्रमाणे वस्तू B साठी एकसमान वेगाच्या बाबतीमधील निष्कर्ष सर्वसामान्य नियम म्हणून उपयोगी पडतो.

एका वस्तूचे एकसमान वेगाने (v) विशिष्ट कालावधीत (t) विस्थापन (x)=

$$(x) = vt \quad (\text{एकसमान गतीसाठी समीकरण})$$

वस्तूंना वेगवेगळी गती का प्राप्त होते? यासंबंधी आपण कधी विचार केला का? जमिनीवर टाकलेल्या चेंडूकडे लक्ष द्या. चेंडूची गती हळूहळू कमी होत तो स्थिरावतो. याचाच अर्थ वस्तू गतीमान असताना तिच्या वेगात सतत बदल होत असतो. म्हणजेच वेग हा कधीही एकसमान नसतो. या गतीलाच 'त्वरण' असे म्हणतात.

### 9.5 : त्वरण - [Acceleration]

मागील भागात आपण नैकरेपीय गतीबद्दल माहिती घेतली. नैकरेपीय गतीमध्ये वेगवेगळ्या कालावधीत गतीचा वेग वेगवेगळा असतो. वेगातील बदलाचा दर म्हणजे त्वरण होय. एखाद्या वस्तूचे त्वरण म्हणजे त्या वस्तूच्या वेगातील बदल भागिले (त्या बदलाचा) कालावधी होय.



टिपा

$$\text{त्वरण (a)} = \frac{\text{वेगातील बदल}}{\text{कालावधी}}$$

त्वरणाचे एकक  $\text{ms}^{-2}$  असून त्वरण ही सदिश राशी आहे. त्वरणाची दिशा वेगातील बदलाच्या दिशेने असते. समजा एका गाडीचा वेग 2 सेकंदाच्या कालावधीत  $10\text{ms}^{-1}$  पासून  $30\text{ms}^{-1}$  पर्यंत बदलतो.



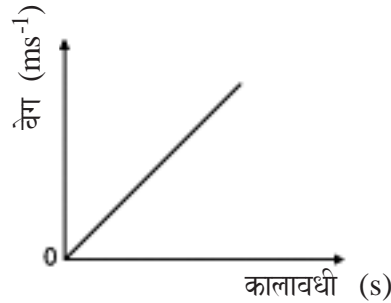
9.23 बदलता वेग

$$\text{त्वरण (a)} = \frac{30\text{ms}^{-1} - 10\text{ms}^{-1}}{2.0\text{s}} = 10\text{ms}^{-2}$$

याचा अर्थ असा की, गाडीचे त्वरण +x दिशेने असून तिचा वेग प्रतिसेकंदास  $10\text{ms}^{-1}$  ने वाढतो.

जर एखाद्या वस्तूचे तिच्या गतीच्या कालावधीतील त्वरण हे कायम असेल तर ती वस्तू एकसमान त्वरणाने जात आहे असे म्हणतात. अशा गतीचा वेग व कालावधीचा आलेख म्हणजे आ. 9.24 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे कालावधीच्या अक्षाकडे झुकलेली सरळ रेषा येते.

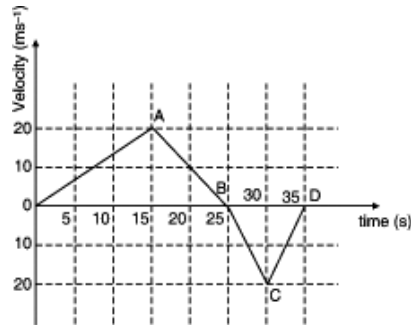
एका कालावधीमधील वस्तूचा अंतिम वेग हा आरंभीच्या वेगापेक्षा जास्त असेल तर आ. 9.24 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे त्वरण धन होईल. परंतु अंतिम वेग हा आरंभीच्या वेगापेक्षा कमी असेल त्वरण ऋण होईल.



आ.क्र. 9.24 एकसमान त्वरणाने जाणा-या वस्तूचा वेग-कालावधी आलेख

वस्तूचा वेग कायम असतो त्या कालावधीमध्ये वेगात कोणताही बदल होत नाही. म्हणजेच एकसमान गतीमध्ये त्वरण शून्य असते तर असमान गतीमध्ये त्वरण हे शून्येत्तर असते.

उदा. 9.8 -



आ.क्र. 9.25

गतिमान पदार्थ



हा वेग -कालावधी आलेख आहे. आलेखावरून अंतर आणि विस्थापन काढा.

**उकल** - काटलेले अंतर =  $\Delta OAB$  चे क्षेत्रफळ +  $\Delta BCD$  चे क्षेत्रफळ

$$= \frac{1}{2} (25) \times (20) + \frac{1}{2} (10) \times (20)$$

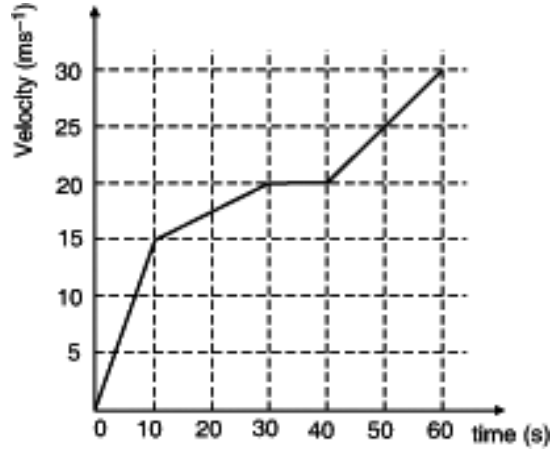
$$= 250 + 100 = 350 \text{ m}$$

विस्थापन =  $\Delta OAB$  चे क्षेत्रफळ -  $\Delta BCD$  चे क्षेत्रफळ

$$\frac{1}{2} (25) \times (20) - \frac{1}{2} (10) \times (20)$$

$$= 250 - 100 = 150 \text{ m}$$

**उदा. 9.9** : आ.क्र. 9.26 हा वेग-कालावधी आलेख आहे. या आलेखावरून त्वरण-कालावधी आलेख तयार करा. (आ. क्र.9.27)



आ.क्र. 9.26 वेग-कालावधी आलेख.

**उकल** - दिलेल्या वेग-कालावधी आलेखावरून O ते 10.5 कालावधीतील त्वरण

$$= \frac{15-0}{10-0} = \frac{15}{10} = 1.5 \text{ ms}^{-2}$$

10 ते 20.5 आणि 20-30 s या कालावधीतील त्वरण सारखेच आहे.

$$= \frac{20-15}{30-10} = \frac{5}{20} = 0.25 \text{ ms}^{-2}$$

30 ते 40s या कालावधीतील त्वरण

$$= \frac{20-20}{40-30} = 0,$$

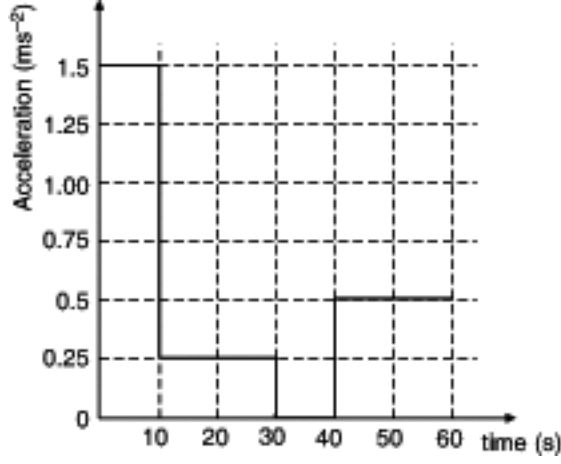
40 ते 50s आणि 50 ते 60s या कालावधीतील त्वरण

$$= \frac{30-20}{60-40} = \frac{10}{20} = 0.25 \text{ ms}^{-2}$$



टिपा

मिळालेल्या त्वरणांच्या किंमतीवरून पुढीलप्रमाणे त्वरण -कालावधी आलेख काढता येईल .

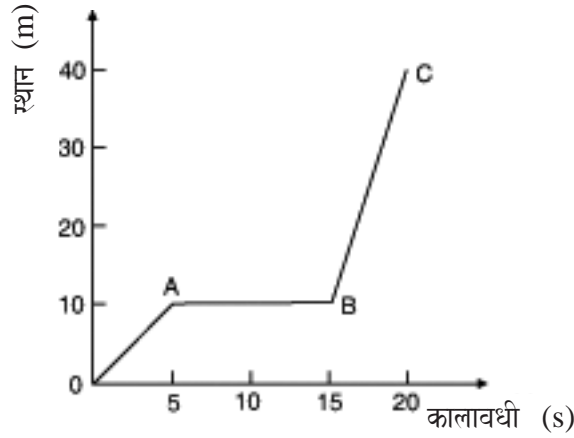


आ.क्र. 9.27 त्वरण -कालावधी आलेख .



सरावासाठी प्रश्न 9.3

- एका वस्तूचा स्थान -कालावधी आलेख आ. 9.28 मध्ये दाखविला आहे. या वस्तूच्या गतीचे वर्णन करा .



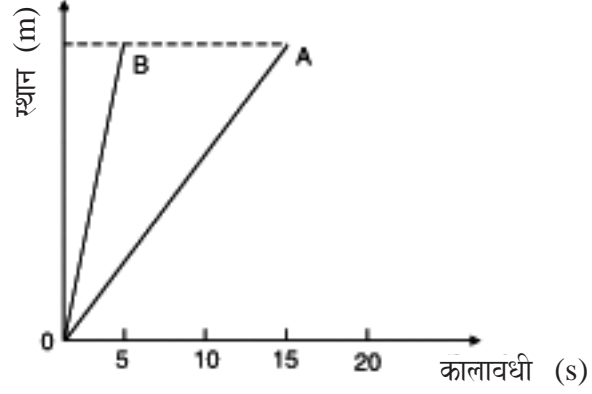
आ.क्र. 9.28 त्वरण -कालावधी आलेख .

- आ. क्र. 9.29 मध्ये दाखविलेल्या दोन वस्तूंच्या वेगाची तुलना करा .

गतिमान पदार्थ



टिपा



आ.क्र. 9.29 वस्तू A आणि वस्तू B चा स्थान-कालावधी आलेख .

3. तक्ता क्र. 9.10 मध्ये दिलेल्या माहितीवरून वस्तू A आणि वस्तू B यांच्या गतीचा आलेख काढा .

तक्ता 9.10

कालावधी	0	10	20	30	40	50
वस्तू A चे स्थान (m)	0	5	5	5	5	5
वस्तू B चे स्थान (m)	0	2	4	6	8	10

4. एक गाडी आरंभस्थानापासून एकसमान त्वरणाने चालू होते आणि 5 सेकंदात तिचा वेग  $2\text{ms}^{-1}$  होतो . पुढील 10 सेकंदात तिचा वेग एकसमानतेने कमी होत होत 10 व्या सेकंदाच्या अखेरीस ती थांबते . या गतीसाठी वेग-कालावधी आलेख काढा .या आलेखावरून (i) त्वरण (ii) मंदन (iii) काटलेले अंतर काढा .
5. एक वस्तू  $10\text{ms}^{-1}$  या एकसमान चालीने जात असता 5 व्या सेकंदास अचानक विरुद्ध दिशेने जाण्यास सुरुवात करते आणि पुढील 5 सेकंदात ती थांबते . या गतीचा स्थान-कालावधी आलेख काढा .

### 9.6 : गतीविषयक समीकरणे – [ Equations of Motion ]

एक वस्तूचा आरंभीचा वेग  $u$  (कालावधी  $t=0$  असताना) एकसमान त्वरण  $a$  आणि  $t$  कालानंतरचा वेग  $v$  आहे . या काळातील विस्थापन  $s$  आहे .

या राशींमध्ये असणारा परस्परसंबंध पाहू या .

आपणास माहिती आहे की,

$$\text{त्वरण} = \frac{\text{वेगातील बदल}}{\text{कालावधी}}$$



टिपा

म्हणजेच  $a = \frac{v-u}{t}$   
 किंवा  $v = u + at$  ... (9.1)

$v = u + at$  ... (9.1)

याला 'गती विषयक पहिले समीकरण' असे म्हणतात. त्याचमाणे आपल्याला हे देखील माहिती आहे की,

विस्थापन = सरासरी वेग  $\times$  कालावधी

म्हणजेच  $s =$   $=$

किंवा  $s = ut + \frac{1}{2}at^2$  ... (9.2)

याला 'गतिविषयक दुसरे समीकरण' असे म्हणतात.

जर एखादी वस्तू विराम अवस्थेत गतिमान होत असेल तर,  $u=0$  आणि

$s = 0 \times t + \frac{1}{2}at^2$

~~$s = \frac{(v+u)t}{2}$~~  किंवा  $s = \frac{1}{2}at^2$

$s = \frac{1}{2}at^2$

यावरून असे दिसून येते की, एखाद्या वस्तूचे विस्थापन हे त्याचे त्वरण एकसमान असताना  $t^2$  शी समप्रमाणात असते. आणि एखाद्या वस्तूचे विस्थापन हे वेग एकसमान असताना (म्हणजेच त्वरण शून्य असताना)  $t$  शी समप्रमाणात असते.

आपण , आणि  $s = \left(\frac{v+u}{2}\right)t$

यांचा गुणाकार केला, तर

$a.s =$   $=$

किंवा  $2a.s = v^2 - u^2$

किंवा  $v^2 = u^2 + 2as$  ... (9.3)

याला 'गतीविषयक तिसरे समीकरण' असे म्हणतात.

उंचावरून सोडलेल्या वस्तू खाली येत असताना तिचे त्वरण एकसमान त्वरण असते. हे त्वरण सूत्रामध्ये 'a' ऐवजी 'g' या अक्षराने दर्शविले जाते.



टिपा



सरावासाठी प्रश्न 9.4

1. एक चेंडू  $19.6 \text{ ms}^{-1}$  या आरंभिक वेगाने सरळ वर फेकला गेल्यावर तो जमिनीपासून जेवढ्या उंचावरून वर फेकला गेला, तेवढ्याच उंचीवर परत झेलला गेला तर,
  - (i) तो चेंडू किती उंचीपर्यंत पोहोचेल?
  - (ii) तो चेंडू किती काळ हवेत राहील? ( $g=9.8 \text{ ms}^{-2}$  घ्या.)
2. एक वीट  $192.08 \text{ ms}^{-1}$  या आरंभिक वेगाने  $9.8 \text{ m}$  उंचीवर असलेल्या कामगाराकडे सरळ वर फेकली तर कामगाराकडे पोहोचताना त्या वीटेचा वेग आणि त्वरण किती असेल?
3. एक वस्तू विराम अवस्थेतून गतिमान होताना  $10 \text{ ms}^{-1}$  गती घेते. तिचे त्वरण  $10 \text{ ms}^{-2}$  या गतीने होत असल्यास त्या वस्तूने  $10$  सेकंदामध्ये काटलेले अंतर काढा.
4. एक मोटार विराम अवस्थेतून गतिमान होताना पहिल्या  $10$  सेकंदात  $50 \text{ m}$  व त्यापुढील  $10$  सेकंदात  $100 \text{ m}$  अंतर काटते. तर मोटारीची सरासरी चाल सांगा.

9.7: एकसमान वर्तुळाकार गती : [Uniform circular Motion]

रस्त्यावरून जाणा-या सायकलची गती आपण पाहतो. सायकलचे हालचाल करणारे सर्व भाग एकाच प्रकारे हालतात का? जर तसे नसेल तर कशा वेगवेगळ्या प्रकाराने फिरतात? सायकलचे पॅडल कशा प्रकारे फिरते? अशा अनंत प्रकारचे प्रश्न निमिशारखेच तुम्हालाही पडले असतील. या प्रश्नांची उत्तरे शोधण्याचा प्रयत्न करू या. सायकलची रस्त्यावरील गती सरळ रेषेत आहे.



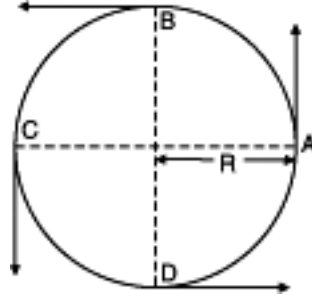
आ.क्र. 9.30 सायकलची रस्त्यावरील गती

आता जरा सायकलच्या चाकांकडे लक्ष द्या. चाकावरील कोणताही बिंदू चाकाच्या आसापासून सतत समान अंतरावर असतो तो बिंदू आस या स्थिर बिंदूभोवती फिरत असतो. गतीच्या या वर्णनावरून ही गती वर्तुळाकार गती आहे, हे आपल्या लक्षात आले असेलच.



पेडल असलेल्या दातेरी चाकाच्या गती विषयी काय सांगता येईल? ज्या वेळी आपण पेडल मरत नाही, त्यावेळी दातेरी चाक सरळ रेषेतच जाते. ती नैकरेषीय गती असते. पेडल मारताना मात्र ते चाक वर्तुळाकार गतीमध्ये फिरते. एकाच वेळी दोन गती असणारा सायकलचा भाग कोणता?

सायकलच्या चाकाची किंवा पेडलच्या दातेरी चाकाची वर्तुळाकार गती असतानाच चाके रेषीय गतीत सरळ जात असतात. म्हणून या चाकांना एकाच वेळी वर्तुळाकार आणि रेषीय गती असते.



आ. क्र. 9.31 वर्तुळाकार गती.

आ. 9.31 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे  $R$  त्रिज्या असलेल्या वर्तुळपरिघांवरून फिरत आहे. या वस्तूच्या मार्गामधील कोणतेही चार  $A, B, C$  आणि  $D$  हे बिंदू निवडा. वस्तू गतीमान असताना ठराविक वेळेत ठराविक अंतर काटत असेल तर ती वस्तू एकसमान गतीने जाते. या एकसमान गतीमध्ये ठराविक अंतर ठराविक कालावधीत काटले जाते. त्यामुळे ही एकसमान वर्तुळाकार गती आहे. काटलेले अंतर आणि लागलेला वेळ यांचे गुणोत्तर कायम आहे. म्हणजेच चाल कायम आहे. एकसमान वर्तुळाकार गतीमध्ये चाल ही राशी स्थिर असते.

आता वेगाविषयी विचार करा. वेग हा गतीच्याच दिशेने असतो. आकृती 9.31 चे निरीक्षण केले असता गतीची दिशा प्रत्येक बिंदूशी बदलते. बिंदू  $A, B, C$  आणि  $D$  पहा. त्याने हा दिशाबदल लक्षात येईल. गतीची दिशा बदलल्याने वेगाची दिशाही बदलते. ही गती त्वरणीत गती असते हे आपल्या लक्षात येईल. गतीचा दिशाबदल झाल्याने हे त्वरण निर्माण होते. या गतीमध्ये चाल मात्र कायम राहते. एकाच चालीने जाणा-या वस्तूमध्ये त्वरण निर्माण होते ही या गतीच्या बाबतीतील गमतीशीर बाब आहे.

खाली दिलेल्या चौकोनामध्ये गतीशी संबंधित पुढील शब्द दिलेले आहेत. हे शब्द उभ्या रेषेत किंवा आडव्या ओळीत आहेत. ते शोधून शब्द लंबवर्तुळाकार रेषेने बंदिस्त करा. आणि त्या संज्ञेची व्याख्या लिहा.

विचार करा आणि शोधा.

लपलेले शब्द -

KILOMRE, SPEED, VELOCITY, MACHMETER, DISTANCE, ACCELERATE.



गतिमान पदार्थ



टिपा

Think and Do

K	I	L	O	M	E	T	R	E	T	O
S	P	E	E	D	T	O	N	C	N	E
O	N	D	I	S	T	A	A	N	O	E
P	D	I	S	P	L	A	C	D	I	A
A	N	S	V	E	L	O	C	I	T	Y
T	A	P	P	E	E	R	C	S	A	N
K	A	L	U	D	I	N	E	T	R	A
T	E	A	M	Y	O	Y	L	A	E	D
M	A	C	H	I	N	E	E	N	L	L
E	P	E	P	T	A	D	R	C	E	K
T	O	M	F	T	R	E	A	E	C	D
R	N	E	N	G	I	N	T	G	C	Q
E	E	N	K	L	O	M	E	T	A	R



सरावासाठी प्रश्न 9.5

- वर्तुळाकार गतीमध्ये ज्या बिंदूभोवती वस्तू फिरते, तो बिंदू
  - नेहमी स्थिर असतो .
  - नेहमी गतिमान असतो .
  - गतिमान असतो किंवा नसतो .
  - दोलनगतीत असतो .
- एकसमान वर्तुळाकार गतीमध्ये
  - चाल कायम असते .
  - गती कायम असते .
  - चाल आणि गती दोन्ही कायम असतात .
  - चाल किंवा गती दोन्ही कायम नसतात .
- फिरत असलेल्या पंख्याच्या पात्यावरील बिंदू

- (a) नेहमी एकसमान वर्तुळाकार गतीत असतो .
- (b) नेहमी एकसमान त्वरणीत गतीत असतो .
- (c) एकसमान किंवा नैकसमान वर्तुळाकार गतीत असतो .
- (d) बदलत्या त्वरणीत वर्तुळाकार गतीत असतो .



**आपण काय शिकलो ?**

- एखादी वस्तू एकाच स्थानावर काही काळ राहिल्यास ती विराम अवस्थेत आहे असे समजावे .
- एखाद्या वस्तूने आपले स्थान काही कालावधीत बदलते तर ती वस्तू गतीमान आहे असे समजावे .
- एखादी वस्तू सरळ रेषेत एका पातळीत जात असेल तर त्या गतीस एकरेषीय गती असे म्हणतात . उदा . सरळ रेषेत रस्त्यावरून जाणारी मोटार .
- एखादी वस्तू वर्तुळाकार मार्गाने मार्गक्रमण करत असेल तर त्या गतीस वर्तुळाकार गती असे म्हणतात . उदा . घडयाळातील काट्यांची गती .
- वस्तूने काटलेल्या दोन बिंदूमधील मार्गाच्या लांबीस अंतर असे म्हणतात .
- आरंभबिंदू व अंत्यबिंदू यामधील अंतरास विस्थापन असे म्हणतात .
- एकक काळात काटलेल्या अंतरास त्या वस्तूची चाल असे म्हणतात . तर एकक काळात होणा-या विस्थापनास वेग असे म्हणतात .
- सरळ रेषेमध्ये एकसमान-चालीने जाणा-या वस्तूचा आलेख म्हणजे कालावधी अक्षाकडे झुकलेली सरळ रेषा होय . या रेषेचा चढ म्हणजेच गतीमान असलेल्या वस्तूचा वेग होय .
- सरळ रेषेत एकसमान वेगाने जाणा-या वस्तूचा आलेख म्हणजे कालावधीच्या अक्षास समांतर असणारी रेषा होय . या भागाचे रेषेखालील क्षेत्रफळ म्हणजे वस्तूने काटलेले अंतर होय .
- सरळ रेषेत एकसमान त्वरण असणा-या वस्तूचा वेग म्हणजे कालावधी अक्षाकडे झुकलेली सरळ रेषा होय . या रेषेचा चढ म्हणजेच वस्तूमधील त्वरण होय .
- एकसमान त्वरण असलेली गती असताना,

$$v = u + at$$

$$s = ut + \frac{1}{2} at^2$$

$$v^2 = u^2 + 2as$$

u= आरंभीचा वेग , v= अंतिम वेग , u= 't' सेकंदात काटलेले अंतर .





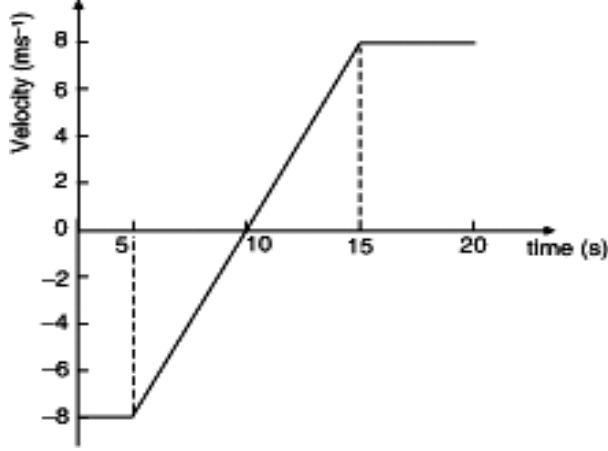
- एक वस्तू विराम अवस्थेतून गतीमान होऊन एकसमान त्वरणाने  $t$  सेकंद जाते. तर या कालावधीतील वस्तूची चाल .....  
 (a)  $\frac{a.t}{2}$  (b)  $2a.t$  (c)  $\frac{1}{2} at^2$  (d)  $a^2.t$
- एक मोटार विराम अवस्थेतून गतीमान होऊन  $4ms^{-2}$  या एकसमान त्वरणाने जाते. तर मोटारीने 1 सेकंद 2 सेकंद 3 सेकंद आणि 4 सेकंद या कालावधीत काटलेले अंतर ...  
 (a) 4,8,16,32 (b) 2,8,18,32 (c) 2,6,10,14 (d) 4,16,32,64
- वेगाची दिशा त्वरणाची दिशा निश्चित करते का?
- त्वरण आणि वस्तूने काटलेले अंतर यामधील संबंध स्पष्ट करा.
- खाली नमूद केलेल्या कणांना त्वरण आहे का नाही ते स्पष्ट करा.  
 (i) सरळ रेषेत एकसमान चालीने जाणारा कण.  
 (ii) वक्राकार रेषेत एकसमान चालीने जाणारा कण.
- x-अक्षावरून एक मित्तीय गती असणा-या वस्तूचा वेग व त्वरण यांची चिन्हे व किंमत यांची चिन्हे व किंमत यांची जुळणी दिली आहे. प्रत्येक जुळणीचे व्यवहारातील एक उदाहरण द्या.

वेग	त्वरण	उदाहरण
a +	+	उतारावरून घरंगळणारा चेंडू
b +	-	
c +	0	
d -	+	
e -	-	
f -	0	
g 0	+	
H 0	-	

- एका मोटारीचा आरंभीचा वेग  $7ms^{-1}$  असून दर 2 सेकंदास  $8.0 ms^{-2}$  या प्रमाणात त्वरा होते. तर मोटारीचा त्वरणाच्या अखेरीस असणारा वेग सांगा.



8. सरळ रेषेमध्ये प्रवास करणा-या मोटारीचा वेग  $5.0 \text{ ms}^{-1}$  आहे. 4 सेकंदांनंतर तो वेग  $8.0 \text{ ms}^{-1}$  इतका होतो. तर मोटारीचे त्या कालावधीमधील सरासरी त्वरण किती?
9. सरळ रेषेतून जाणा-या एका वस्तूचा वेग कालावधी आलेख आ.क्र.9.32 मध्ये दाखविला आहे. या वस्तूचे 0 ते 5 सेकंद, 5 ते 15 सेकंद आणि 0 ते 20 सेकंद या कालावधीमधील सरासरी त्वरण काढा.



आ. क्र. 9.32

10. एका मोटारीच्या वेगात दर 8 सेकंदांनी होणारा बदल खालील तक्त्यात दाखविला आहे.

तक्ता क्र. 9.12

क्र	काल (s)	वेग ( $\text{ms}^{-1}$ )
1	0.0	0.0
2	1.0	4.0
3	2.0	8.0
4	3.0	12.0
5	4.0	16.0
6	5.0	20.0
7	6.0	20.0
8	7.0	20.0
9	8.0	20.0

- i. मोटारीच्या गतीचा वेग कालावधी आलेख काढा.
- ii. मोटारीने पहिल्या 2 सेकंदांमध्ये काटलेले अंतर काढा.

गतिमान पदार्थ



टिपा

iii. मोटार पहिल्या 4 सेकंदामध्ये किती अंतर जाईल.

iv. मोटार 8 सेकंदात किती अंतर जाईल?

v. आलेख रेषेचा  $t=5s$  आणि  $t=7s$  या दरम्यातील चढ काढा. हा चढ काय दर्शवितो ?

11. एका मोटारीचे स्थान आणि काळ खालील तक्त्यात दिलेला आहे.

तक्ता क्र. 9.12

क्र	काळ (s)	स्थान (m)
1	0	0.0
2	5	100.0
3	10	200.0
4	15	200.0
5	20	200.0
6	25	200.0
7	30	112.5
8	35	75.0
9	40	37.5
10	45	0.0

i. मोटारीचे वेळोवेळी असणा-या स्थान व काळाचा आलेख काढा.

ii. मोटारीच्या पहिल्या 10 सेकंदातील सरासरी वेग काढा.

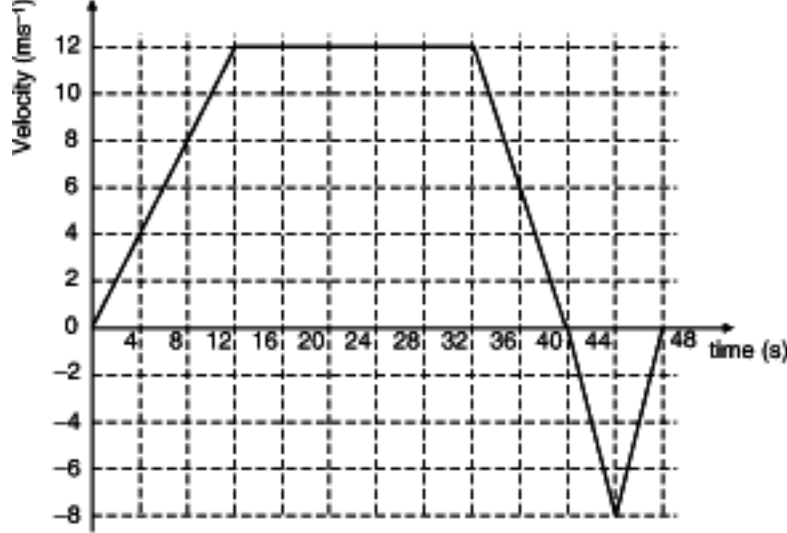
iii. मोटारीचा  $t=10s$  ते  $t=20s$  या कालावधीतील सरासरी वेग काढा.

iv. मोटारीचा  $t=20s$  ते  $t=25s$  या कालावधीतील सरासरी वेग काढा. या गतीच्या दिशेसंबंधात तुम्ही काय सांगू शकाल?

12. एक वस्तू 19.6 m उंचीवरून सोडली. या घटनेचा वस्तू सोडल्यापासून ती जमिनीवर पडेपर्यंतचा विस्थापन कालावधी आलेख काढा. वस्तू जमिनीवर पडताना तिचा वेग काय होता ते ही काढा.



13. एक वस्तू 19.6 m उंचीवरून सोडली. ती जमिनीवर पडली. तिने तिच्या पतनाच्या शेवटच्या सेकंदात किती अंतर काटले ते काढा.
14. एका गतिमान वस्तूचा सुरुवातीचा वेग  $u$  आणि अंतिम वेग  $v$  आहे. वस्तू एकसमान त्वरणाने जात आहे तर वस्तूचा सरासरी वेग  $u$  आणि  $v$  यांच्या बेरजेच्या सरासरी इतका आहे हे दाखवा.
15. आलेख 9.33 मध्ये एका वस्तूची गती दाखविली आहे. त्यावरून अंतर, सरासरी चाल, विस्थापन, सरासरी वेग, त्वरण काढा.



आ. क्र. 9.33

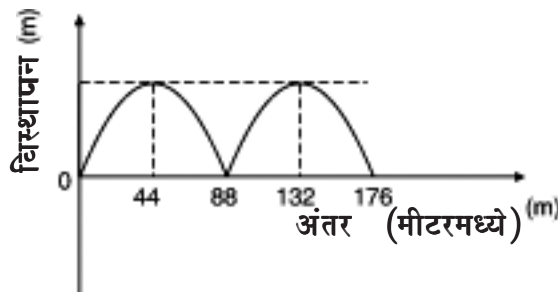
16. एक वस्तू विराम अवस्थेतून गतिमान होते आणि 5 सेकंदात  $10\text{ms}^{-1}$  वेग घेते. तर तिचे त्वरण काढा.



पाठांतर्गत प्रश्नांची उत्तरे

9.1

- (1) c                      (2) a                      (3) b                      (4) a                      (5) c
- (6)



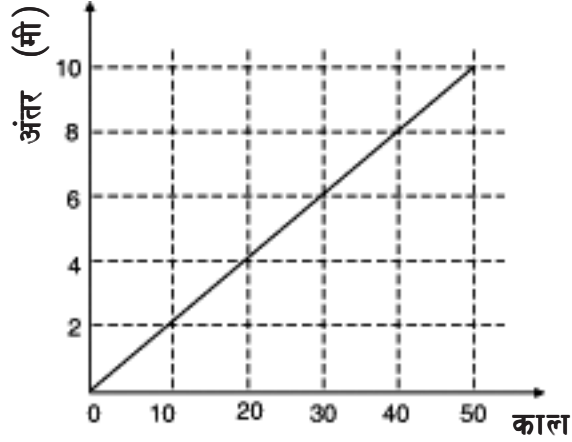
आ. क्र. 9.34

गतिमान पदार्थ



9.2

- (1) a-iii , b- iv, c-I, d-ii
- (2) अंतर =140 m, विस्थापन =100 m, चाल =7ms<sup>-1</sup>
- (3) (v) एकसमान चालीने जाणारी वस्तू.
- (4) 2ms<sup>-1</sup> , 5ms<sup>-1</sup>
- (5) सरासरी चाल =0.20 ms<sup>-1</sup>, चाल एकसमान आहे.

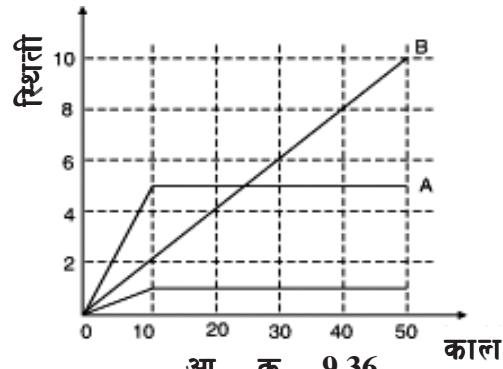


आ. क्र. 9.35

- (6) 0.2ms<sup>-1</sup> (7) 63 kmh<sup>-1</sup> (8) 48 kmh<sup>-1</sup> (9) P,R

9.3

- (1) पहिल्या 5 सेकंदांमध्ये वस्तू एकसमान चालीने (2ms<sup>-1</sup>) जाते. 5 ते 15 सेकंद या कालावधीत वस्तू विराम अवस्थेत असते. 15 ते 20 सेकंदांमध्ये ती वस्तू परत 2ms<sup>-1</sup> या एकसमान चालीने जाते. वस्तूची गती नैकसमान आहे.
- (2) वस्तू A ची गती वस्तू B च्या गतीच्या चारपट आहे.

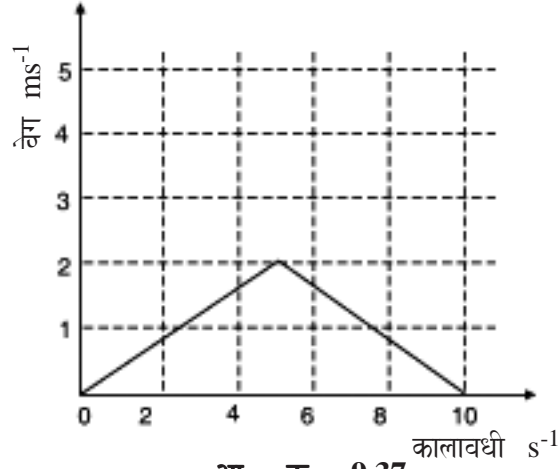


आ. क्र. 9.36





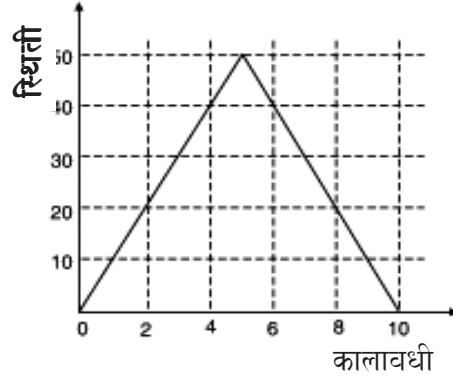
(4)



(i) त्वरण  $=a=0.4 \text{ ms}^{-2}$  (ii) मंदन  $=-a=0.4 \text{ ms}^{-2}$

(iii) काटलेले अंतर  $=d=10 \text{ ms}$

(5)



9.4 :

(1) (i) 19.6m (ii) 45

(2) 0 आणि  $9.8 \text{ms}^{-2}$

(3) 600m

(4)  $7.5 \text{ms}^{-1}$ .

9.5 :

(1) a (2) a (3) b



## बल आणि गती

मागील पाठात आपण पदार्थांच्या सरळ रेषेतील गतीचा अभ्यास केला. गती एक समान किंवा नैकसमान असते हे ही आपणास माहिती आहे. स्थिर असलेली वस्तू आपण गतीमान करू शकलो किंवा गतिमान असलेली वस्तू आपण स्थिर अवस्थेत आणू शकतो. स्थिर वस्तू गतीमान होते किंवा गतीमान वस्तू स्थिर होते, हे कशामुळे घडते, हे आपणास माहिती आहे का? गतीमान वस्तूची गती किंवा दिशा कशामुळे बदलल्या जातात? जमिनीवर घातलेल्या जाजमाला (कार्पेटला) काठीने बडवले असता धुळीचे कण कसे वाहेर पडतात? जमिनीवर टाकलेला चेंडू काही अंतर गेल्यानंतर स्थिर कसा होतो? वस्तू कापण्याची उपकरणे (चाकू, सुरी, कात्री) धारदार का असतात.

यासारख्या प्रश्नांची उत्तरे आपण या पाठात पाहणार आहोत.



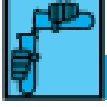
### उद्देश :

हा पाठ पूर्ण झाल्यानंतर तुम्ही खालील गोष्टी करू शकाल.

- गतीच्या कारणांचे विवेचन करू शकाल. बलाचे संबोध स्पष्ट करू शकाल.
- संतुलित बल आणि असंतुलित बल यामधील फरक स्पष्ट करू शकाल.
- जडत्व, वस्तुमान आणि संवेग यांच्या व्याख्या करू शकाल.
- गतीविषयक तीन नियमांच्या व्याख्या सांगून त्यांचे स्पष्टीकरण देऊ शकाल तसेच त्यांचे रोजच्या व्यवहारातील उपयोजन आणि महत्व सांगू शकाल.
- गती, वस्तुमान आणि त्वरण यांच्यातील परस्परसंबंध प्रस्थापित करू शकाल.
- घर्षण व त्यास कारणीभूत असणारे घटक यांचे स्पष्टीकरण देऊ शकाल.
- बलगती घर्षण हे गतीजन्य घर्षणापेक्षा कमी असते. याचा खुलासा देऊ शकाल.
- रोजच्या व्यवहारातील घर्षणाचे महत्व सोदाहरण सांगू शकाल.
- प्रणोद आणि दाब यांचे सोदाहरण स्पष्टीकरण देऊ शकाल.

10.1 बल आणि गती [Force and Motion]

जर आपण जमीनीवर चेंडू ठेवला, तर तो तेथेच स्थिर राहतो जोपर्यंत आपण त्याला धक्का देत नाही, तोपर्यंत तो हलत नाही. अशा तऱ्हेने पदार्थांना जो धक्का दिला जातो, त्यास बल असे म्हणतात. ही गोष्ट समजण्यासाठी आपण एक कृती करून पाहू.



कृती 10.1

दोन्ही हातांच्या तळव्यामध्ये एक फुगविलेला फुगा धरा. दोन्ही हातांनी तो फुगा दावा. (आ. 10.1) आपल्याला काय आढळते? फुगा दाबला असता त्याचा आकार बदलतो. यावरून पदार्थांवर बल लावले असता पदार्थांचा आकार बदलू शकतो, हे आपल्याला कळते. याखेरीज बलाचे अजून दुसरे कोणते परिणाम दिसून येतात?



आ. 10.1 फुगा दाबला असता त्याचा आकार बदलतो.

फुटबॉल खेळताना चेंडूची दिशा बदलावयाची असल्यास एका विशिष्ट दिशेने त्या चेंडूला पाय मारावा लागतो. जेव्हा चेंडूला पाय मारला जातो, तेव्हा दिशा बदलण्यासाठी काही बल लावले जाते. त्याचप्रमाणे बल लावून आपण वस्तूची चाल बदलू शकतो. उदा. वेगात चाललेल्या सायकलला ब्रेक लावला असता तिची चाल बदलते (कमी होते.)

वरील कृतीवरून पदार्थांवर बल लावले असता -

- पदार्थ विराम अवस्थेतून गतीमान होतो.
- गतीमान पदार्थांची चाल बदलते.
- गतीमान पदार्थांची दिशा बदलते.
- पदार्थांचा आकार बदलतो. हे लक्षात येते.

आपण काय शिकलो, याची आता चाचणी घेऊ.



सरावासाठी प्रश्न 10.1

१. क्रिकेट खेळणारा खेळाडू बॅटने चेंडूची दिशा बदलतो, त्यावेळी तो बल लावतो का?
२. बल लावलेल्यामुळे पदार्थांचा आकार बदलतो, यासंबंधीचे एक उदाहरण सांगा.

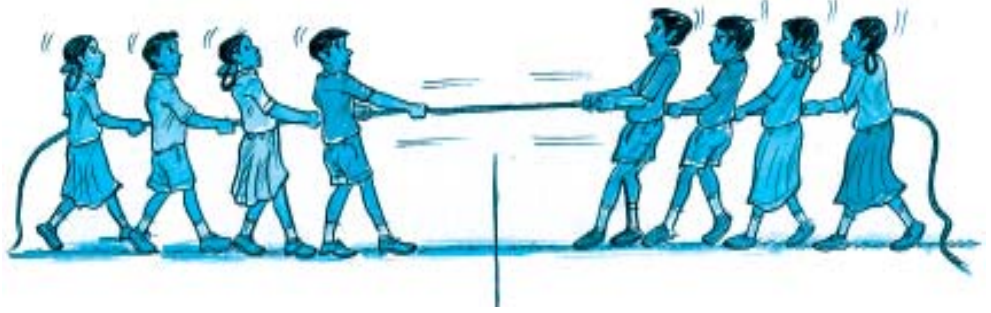




टिपा

10.2 संतुलित आणि असंतुलित बल [ Balanced and Unbalanced force]

तुम्ही रस्सीखेच स्पर्धा कधी पाहिली आहे का ? (आ. 10.2)



आ. 10.2 रस्सीखेच

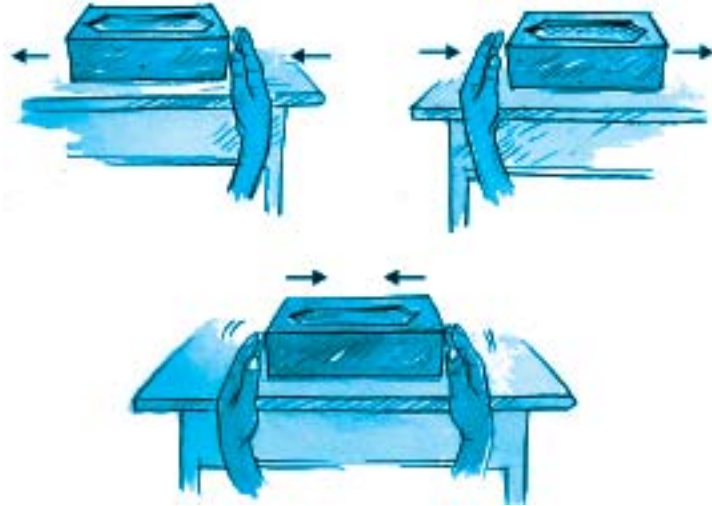
या स्पर्धेत दोन्ही बाजू सारख्याच बलाने तो दोर खेचतात, तेव्हा तो दोर स्थिर असतो म्हणजेच दोरावर संतुलित बल कार्य करित असते. एका संघाने जास्त बल लावले तर दोर आणि दुसरा संघ त्यांच्या बाजूला खेचला जातो. या ठिकाणी लावलेले बल असंतुलित बल असते.

संतुलित बल आणि असंतुलित बल यांचा संबोध स्पष्ट होण्यासाठी आपण खालील कृती करू.



कृती 10.2

टेबलावर एक वीट ठेवा. आपल्या उजव्या हाताने ती वीट डावीकडे ढकला. ती वीट डाव्या बाजूला सरकू लागते. [आ. 10.3(a)] आता आपल्या डाव्या हाताने ती वीट उजवीकडे ढकला. आता ती वीट कोणत्या दिशेने सरकते ? [ आ. 10.3(b)]



आ. 10.3 संतुलित आणि असंतुलित बले

आता ती वीट दोन्ही हातांनी सारखेच बल लावून ढकला. [ आ. 10.3 (c)] आता काय होते ? ती वीट कोणत्याही दिशेला हलत नाही. वीट का हलत नाही, यासंबंधी आपण काही विचार केला आहे का ? या ठिकाणी दोन्ही बले परस्परांना संतुलित करित आहेत. या बलाला 'संतुलित बल' असे म्हणतात.

संतुलित बलामुळे कोणता बदल घडून येतो ? वरील उदाहरणात पाहिल्याप्रमाणे एखाद्या पदार्थावर संतुलित बल लावले असता पदार्थाच्या स्थितीत कोणताही बदल होत नाही. विराम अवस्थेतील पदार्थ विराम अवस्थेतच आणि गतीमान अवस्थेतील पदार्थ गतीमान अवस्थेच राहता.

आता कृती 10.1 लक्षात घ्या. फुग्यावर लावलेले बल संतुलित आहे का असंतुलित आहे ? होय, तुम्ही बरोबर आहात. फुग्यावर लावलेले बल संतुलित आहे आणि त्यामुळे फुग्याचा आकार बदलला आहे.

जेव्हा वेगवेगळ्या परिणामांची बले विटेवर लावली जातात, त्यावेळी काय होते ? यावेळी जास्त बलाच्या दिशेने वीट सरकू लागते. या बलाला असंतुलित बल असे म्हणतात. पदार्थावर असंतुलित बलाने कार्य केले असता पदार्थाच्या विरामअवस्था किंवा गती बदलते.

संतुलित आणि असंतुलित बलाची आणखी उदाहरणे शोधा.



### सरावासाठी प्रश्न 10.2

१. संतुलित बल म्हणजे काय ?
२. संतुलित पदार्थांमध्ये त्वरण निर्माण करू शकते का ?
३. पदार्थावर असंतुलित बलाने कार्य केले असता पदार्थांमध्ये कोणता बदल होतो ?

## 10.3 न्यूटनचे गतीविषयक नियम :

### 10.3.1. जडत्व :

आपण झाडाची फांदी जोराने हलविली, तर झाडाची पाने आणि फळे खाली पडतात. जाजम (कार्पेट) काठीने बडविले असता धुळीचे कण बाहेर पडतात असे का होते ?

या प्रश्नाचे उत्तर पदार्थांमधील जडत्व हे आहे. जडत्व म्हणजे काय ? एका साध्या प्रयोगावरून आपण जडत्वाचा गुणधर्म समजावून घेऊ.



### कृती 10.3

30 cm X 8 cm आकाराचा एक गुळगुळीत कागद घ्या. तो कागद अशा रीतीने टेबलावर ठेवा की, त्याचा काही भाग हा त्या टेबलाच्या काठाबाहेर येईल. कागदावर पाण्याने अर्धा भरलेला पेला ठेवा. झटका देऊन कागद ओढा. (आ. 10.4) आपल्याला काय अनुभव येतो ? भरलेला पेला



गतिमान पदार्थ



टिपा

आपले स्थान बदलत नाही. तो आहे तिथेच राहतो. पेल्यामध्ये असणारे जडत्व पेल्याला सरकत्या कागदाबरोबर सरकू देत नाही.



आ. 10.4 जडत्वामुळे पेला आहे तिथेच राहतो.

विराम अवस्थेत असणारा पदार्थ विराम अवस्थेतच आणि गतिमान अवस्थेत असणारा पदार्थ गतिमान अवस्थेतच राहण्याच्या या प्रवृत्तीस 'जडत्व' असे म्हणतात. रोजच्या व्यवहारात जडत्वाची अनेक उदाहरणे आपणास आढळून येतात. जडत्वामुळेच धावण्याच्या शर्यतीत भाग घेतलेले धावपटू अंतिम रेषा पार केल्यानंतरसुद्धा काही अंतर धावतात. याच प्रवृत्तीमुळे मधाची बाटली उलटी केली तरी मध लवकर बाहेर पडत नाही. बाटलीला खालच्या दिशेने झटका दिल्यास मात्र मध लवकर बाहेर पडतो. कारण झटका दिल्यानंतर बाटली जरी विराम अवस्थेत आली तरी जडत्वाच्या गुणधर्मामुळे मध गतिमानच असतो त्यामुळे तो बाहेर पडतो.

### 10.3.2. जडत्व आणि वस्तुमान [ Inertia and Mass]

जडत्वामुळे पदार्थ आपली अवस्था बदलण्यास विरोध करतो, हे आपण पाहिले. सर्व पदार्थांमध्ये सारखेच जडत्व असते का? हे आपण आता पाहू.

एक पुढ्याचे खोके घ्या. ते सपाट आणि गुळगुळीत पृष्ठभागावर ठेवा आणि ढकला. नंतर ते खोके शिगोशींग पुस्तकांनी भरा आणि ढकला. आपल्या काय लक्षात येते? पुस्तकांनी भरलेले खोके ढकलण्यापेक्षा रिकामे खोके ढकलणे का सोपे जाते?

एकाच गतीने जाणारा टेनिसचा चेंडू व क्रिकेटचा चेंडू आपल्याला अडवायचा आहे. अडवण्यासाठी कोणत्या चेंडूवर जास्त जोर लावावा लागेल? टेबल टेनिसच्या चेंडूपेक्षा क्रिकेटच्या चेंडूवर जास्त जोर लावावा लागेल.

सर्व पदार्थ आपली विराम अवस्था किंवा गतिमान अवस्था बदलण्यास विरोध करतात. जड वस्तू हलक्या वस्तूपेक्षा जास्त विरोध करतात. या निरीक्षणावरून आपण काय अनुमान काढू शकू? यावरून वस्तूचे वस्तुमान म्हणजे वस्तूच्या जडत्वाचे निर्देशक आहे असे अनुमान काढता येते.

### 10.3.3 : न्यूटनचा गती विषयक पहिला नियम – [Newton's First Law of Motion]

'पदार्थ आपली गतिमान अवस्था बदलण्यास विरोध करतात' हे आपण पाहिले आहे. न्यूटनचे या गोष्टीचा सखोल अभ्यास करून आपले निरीक्षण गतीविषयक तीन मूलभूत नियमान मांडले. या नियमांनी पदार्थांवर गतीचा होणारा परिणाम कळण्यास मदत होते.



**न्यूटनचा गतीविषयक पहिला नियम :**

जर एखाद्या वस्तूवर कोणतेही बाह्य असंतुलित बल कार्य करित नसेल तर त्या वस्तूची विराम अवस्था किंवा एका सरळ रेषेतील गतीमान अवस्था कायम राहते. तिच्यात काहीही बदल होत नाही.

सर्व पदार्थ आपली गतीमान अवस्था बदलण्यास विरोध करतात हे न्यूटनच्या गतीविषयक पहिल्या नियमात सांगितले आहे. या गुणधर्मास आपण 'जडत्व' असे म्हणतो. म्हणून न्यूटनच्या पहिल्या नियमाला 'जडत्वाचा नियम' असेही म्हणतात.

या नियमाची असंख्य उदाहरणे आपल्या पाहण्यात आहेत. विराम अवस्थेतील बस जेव्हा अचानक गतीमान होते, तेव्हा बसमध्ये उभा असलेला प्रवासी मागे फेकला जातो. (आ. 10.5) का ?



**आ. 10.5 बस अचानक गतीमान झाली असता बसमध्ये उभा असलेला प्रवासी मागे फेकला जातो.**

याचा खुलासा आपल्याला गतीविषयक पहिल्या नियमावरून देता येईल. बस विराम अवस्थेत असताना प्रवासीपण विराम अवस्थेत असतो. बस अचानक गतीमान झाल्यामुळे बसला चिकटून असलेले पाय गतीमान होतात. शरीराचा वरचा भाग मात्र जडत्वामुळे विराम अवस्थेत राहण्याचा प्रयत्न करतो. त्यामुळे प्रवासी मागे फेकला जातो. गतीमान असलेली बस अचानक थांबली तर काय होते ? (आ. 10.6) बसमध्ये उभा असलेला प्रवासी पुढे फेकला जातो का ? याचा खुलासा मागील उदाहरणाप्रमाणेच देता येईल.



**आ. 10.6 बस अचानक थांबली असता बसमध्ये उभा असलेला प्रवासी पुढे फेकला जातो.**



## गतिमान पदार्थ



टिपा

जाजम (कार्पेट) काठीने बडविले असता धुळीचे कण का बाहेर पडतात? याचा खुलासा तुम्हाला आता देता येईल. गतिविषयक पहिल्या नियमातर आधारित खुलासा करा.

## 10.3.4. संवेग [Momentum] :

गतिमान वस्तू थांबविण्यासाठी लागणारे बल पदार्थाच्या वस्तुमानावर अवलंबून असते, हे आपण या अगोदरच्या भागात पाहिले आहे. सारखेच वस्तुमान असलेले दोन चेंडू भिन्न भिन्न गतीने फेकले, तर कोणता चेंडू अडवावयास जास्त बल लागेल, ह्याचा अनुभव आपणास येईल. पदार्थ थांबविण्यास लागणारे बल पदार्थाच्या गतीवरसुद्धा अवलंबून असते.

बंदूकीतून गोळी झाडली असता त्या गोळीने एखाद्याचा प्राणही घेतला जातो. परंतु तीच गोळी आपण हाताने फेकली तर काहीही होत नाही. ट्रकचे उदाहरण घ्या. रस्त्याच्या कडेला विराम अवस्थेत असणारा ट्रक उपद्रवकारक नसतो. परंतु गतिमान अवस्थेत असणार ट्रक मात्र रस्त्याच्या मध्ये असलेल्या माणसाचा प्राण घेतो. ट्रकच्या गतीमुळे आपल्याला भीती वाटते का ? तसे असते तर ट्रकच्याच वेगाने जाणा-या खेळण्यातील मोटारीचीसुद्धा आपल्याला भीती वाटली असती.

यावरून असे लक्षात येते की पदार्थांमुळे होणारा आघात पदार्थाचे वस्तुमान आणि पदार्थाचा वेग यावर अवलंबून असतो. वस्तुमान आणि वेग या दोन राशींच्या मदतीने आपणास राशी मिळते. ती राशी म्हणजे 'संवेग' होय.

वस्तुमान (M) आणि वेग (V) यांचा गुणाकार म्हणजे संवेग (p) होय.

$$\text{संवेग} = \text{वस्तुमान} \times \text{वेग} \quad (10.1)$$

प्रमाणित आंतरराष्ट्रीय एकक पद्धतीनुसार संवेगाचे एकक किलोग्रॅम-मीटर / सेकंद (kgms-1) हे आहे. संवेगाला परिमाण आणि दिशा असते. वेगाची दिशा हीच संवेगाची दिशा असते.

## 10.३.५ न्यूटनचा गतिविषयक दुसरा नियम

न्यूटनच्या पहिल्या नियमानुसार असंतुलित बलामुळे पदार्थाच्या वेगात बदल घडून येतो. बलामुळे संवेगातदेखील बदल घडून येतो. न्यूटनचा गतिविषयक दुसरा नियम बल आणि संवेग यामधील संबंध स्पष्ट करतो.

**न्यूटनचा गतिविषयक दुसरा नियम :** पदार्थावर बल लावले असता पदार्थाच्या संवेगामध्ये होणारा बदल हा पदार्थावर लावलेल्या बलाच्या समप्रमाणात आणि बलाच्याच दिशेत असतो.

न्यूटनचा गतिविषयक दुसरा नियम बल आणि त्वरण यातील संबंधही स्पष्ट करतो.

पदार्थ m वर स्थिर बल F कार्य करित असताना t या कालावधीत पदार्थाचा वेग u पासून v पर्यंत बदलतो.

पदार्थाचा सुरवातीचा संवेग =  $p_1 = mu$



सर न्यूटन





आणि  $t$  कालावधीनंतरचा संवेग =  $p_2 = mv$

$t$  कालावधीत होणारा संवेग बदल =  $p_2 - p_1$

$$\therefore \text{संवेगवदलाचा दर} = \frac{P_2 - P_1}{t}$$

गतीविषयक दुस-या नियमानुसार, बलाचे परिणाम (F)

$$F \propto \frac{P_2 - P_1}{t}$$

$$\text{किंवा } F = \frac{k(P_2 - P_1)}{t} \dots\dots\dots (10.2)$$

[  $k$  = समानुपाती स्थिरांक ]

समीकरणात  $P_1 = mu$  आणि  $P_2 = mv$ , या किंमती घालून,

$$F = \frac{k(mv - mu)}{t}$$

$$= \frac{km(v - u)}{t}$$

$\frac{v-u}{t}$  ही राशी  $t$  कालावधीत वेगातील बदलाचा दर दर्शविते. परंतु हा दर म्हणजे त्वरण ( $a$ ) आहे.

$$\therefore F = kma \dots\dots\dots (10.3)$$

आपण एकक बलाची व्याख्या अशी करू की जेणेकरून आपल्याला स्थिरांक  $k$  ची किंमत 1 आहे, असे ठरविता येईल.

एकक वस्तूमानात (1 kg) एकक त्वरण ( $1\text{ms}^{-1}$ ) निर्माण करणा-या बलास एकक बल असे म्हणतात.

$$\therefore \text{एकक बल} = k (1\text{kg}) \times (1\text{ms}^{-1})$$

$\therefore$  या समीकरणात स्थिरांक  $k$  ची किंमत 1 येते.

$\therefore$  समीकरणात (10.3) हे खालीलप्रमाणे मांडता येते.

$$F = ma \dots\dots\dots (10.4)$$

बलाचे एकक 'न्यूटन' आहे आणि बल  $N$  या चिन्हाने दर्शवितात.

1kg वस्तूमानात  $1\text{ms}^{-1}$  त्वरण निर्माण करणा-या बलास एक न्यूटन बल असे म्हणतात.

1 न्यूटन बल म्हणजे किती बल ? याचा अंदाज तुम्ही करू शकता का ?

त्यासाठी वजन माप पेटीतील 100 ग्रॅम वस्तूमानाचे वजन आपल्या तळहातावर घ्या. तळहातावरील बलाचे गणन करा.

समीकरण (10.4) वरून,

$$F = ma$$

गतिमान पदार्थ



टिपा

$$\begin{aligned} \text{वरील उदाहरणात } m &= \frac{1}{10} \text{ kg आणि } a = 10 \text{ ms}^{-2} \\ \therefore F &= \frac{1}{10} \text{ kg} \times 10 \text{ ms}^{-2} \\ &= 1 \text{ N (न्यूटन)} \end{aligned}$$

∴ 100 ग्रॅम वस्तूमान असलेले वजन आपल्या तळहातावर सुमारे 1 Newton बल प्रयुक्त करते.

### 10.3.6 : गतीविषयक दुस-या नियमाची व्यावहारिक उदाहरणे :

गतीविषयक दुस-या नियमाची अनेक उदाहरणे आपल्याला आढळतात. व-याच ठिकाणी आपण कालावधीत बदल करून संवेगाचा दर कमी किंवा जास्त करण्याचा प्रयत्न करित असतो. उदा.

(1) क्रिकेट खेळताना वेगात आलेला चेंडू झेलण्यासाठी क्षेत्ररक्षक हात मागे का नेतो ?

(आ. 10.7 ) क्षेत्ररक्षक हात मागे नेऊन चेंडूचा संवेग शून्य करण्यासाठी लागणारा कालावधी वाढवत असतो. संवेग कमी झाल्यानंतर झेल घेण्यासाठी अगदी कमी बलही पुरेसे होते आणि खेळाडूंच्या हातांना दुखापत होत नाही.



#### आ. 10.7 क्षेत्ररक्षक झेल घेताना आपले हात मागे नेतो.

(2) एखादी व्यक्ती सिमेंटच्या फरशीवर पडली असता तिला दुखापत का होते ?

पडण्यापूर्वी त्या व्यक्तीचा वेग ( समजा  $u$  ) आणि संवेग  $mu$  असतो. पडताक्षणीच त्या व्यक्तीचा वेग 0 म्हणून संवेग देखील 0 होतो. ही क्रिया क्षणार्धात घडते. त्यामुळे संवेग बदलाच्या दराचे परिणाम प्रचंड होते आणि खूप मोठे बल कार्यान्वित होते. त्यामुळे व्यक्तीला दुखापत होते याउलट ती व्यक्ती माती, गवत किंवा गादीवर पडली तर संवेग शून्य करण्यासाठी लागलेल्या दीर्घ कालावधीमुळे व्यक्तीला दुखापत होत नाही म्हणून बल कमी होते.

(3) कराटे खेळणारा खेळाडू एकावर एक रचलेल्या चार पाच फरशांची चळत किंवा बर्फाची लादी एका फटक्यात कशी तोडतो ?

कराटे खेळणारा खेळाडू फरशांवर किंवा बर्फाच्या लादीवर हाताची अत्यंत जलद हालचाल करून प्रहार करतो. त्यामुळे अत्यंत थोड्या कालावधीत संपूर्ण हाताचा संवेग शून्य होतो आणि फरशीवर

किंवा वर्फाच्या लादीवर खूप मोठे बल कार्यान्वित होते हे बल फरश्या किंवा लादी तोडण्यास पुरेसे असते .

- (4) दोरीने बांधलेल्या काठ्या दोरीला धरून घाईने उचलली असता दोरी तुटते . (आ . 10.8) या प्रसंगी दोरी का तुटते याचा खुलासा देता येईल का ?



आ . 10.8 दोरीने बांधलेल्या काठ्या घाईने उचलेली असता दोरी तुटते .

उदा . 10.1 :

3 kg वस्तूमान असलेल्या वस्तूवर 15 N मूल्य असलेले बल तर वस्तूमध्ये निर्माण होणारे त्वरण काढा .

उकल : गतीविषयक दुस-या नियमानुसार,

$$F = ma$$

$$m = 3 \text{ kg आणि } F = 15 \text{ N,}$$

$$\therefore 15 \text{ N} = 3 \text{ kg} \times a$$

$$\therefore a = \frac{15 \text{ N}}{3 \text{ kg}} = 5 \text{ ms}^{-2}$$

उदा . 10.1 :

50 kg वस्तूमानात  $5 \text{ ms}^{-2}$  त्वरण निर्माण करण्यासाठी लागणारे बल काढा .

उकल : न्यूटनच्या गतीविषयक दुस-या नियमानुसार,

$$F = ma$$

$$\text{येथे } m = 50 \text{ kg आणि } a = 5 \text{ ms}^{-2}$$

$$\therefore F = 50 \text{ kg} \times 5 \text{ ms}^{-2}$$

$$= 250 \text{ N}$$



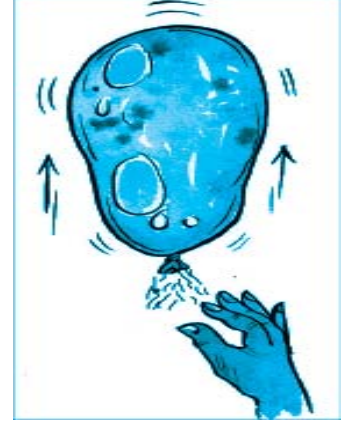
गतिमान पदार्थ



टिपा

10.3.7. न्यूटनचा गतीविषयक तिसरा नियम [Newton's

हवा भरलेला फुगा सोडला असता त्यातील हवा ज्या दिशेने बाहेर पडते, त्याचा विरुद्ध दिशेने फुगा जातो, हे आपण पाहिले असेलच (आ. 10.9) बाहेर पडणा-या हवेच्या विरुद्ध दिशेने फुगा का जातो ? त्याचे कारण शोधू या .



आ. 10.9 बाहेर पडणा-या हवेच्या विरुद्ध दिशेने फुगा जातो .



आ. 10.10 नावेतून किना-यावर उडी मारणारी मुलगी

नावेतून बाहेर उडी मारताना आपले पाऊल नावेवर मागील दिशेने बल प्रयुक्त करते . पा बलाला 'क्रियाबल' असे म्हणतात . त्याचवेळी नावसुद्धा आपण केलेल्या बलाइतकेच परंतु विरुद्ध दिशेने बल आपल्यावर प्रयुक्त करते . याला 'प्रतिक्रिया बल' असे म्हणतात .

या प्रक्रियेत दोन घटक आणि दोन बले आहेत, हे लक्षात घ्या . आपण नाव मागे ढकलतो आणि नाव आपल्याला पुढे ढकलते . क्रियाबल आणि प्रतिक्रियाबल यांची परिमाणे समान असतात परंतु त्यांच्या दिशा परस्परविरुद्ध असतात .

परत एकदा फुग्याकडे वळू या . फुग्यातून बाहेर पडलेली हवा (क्रिया बल) फुग्यावर बल प्रयुक्त करते आणि हे बल फुग्याला मागे ढकलते . (प्रतिक्रिया बल )

न्यूटनच्या गतीविषयक तिस-या नियमात क्रिया आणि प्रतिक्रिया यामधील संबंध सांगितला आहे .

न्यूटनचा गतीविषयक तिसरा नियम -

प्रत्येक क्रिया बलाला समान परिमाणाचे प्रतिक्रियाबल अस्तित्वात असते व त्यांच्या दिशा परस्परविरुद्ध असतात . क्रिया आणि प्रतिक्रिया एकाच घटकावर कार्य करीत असतील तर बलांचे संतुलीकरण होते आणि घटक विराम अवस्थेत राहतो .

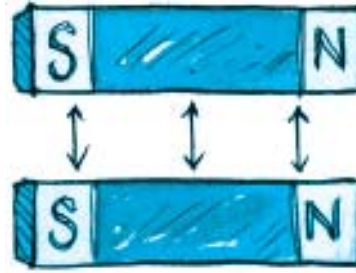
आ. 10.11 पहा . यातील क्रिया आणि प्रतिक्रिया ओळखा . ट्रक हललेल का नाही, हे ही सांगा .



आ. 10.11

**गतीविषयक तिस-या नियमांची वैशिष्ट्ये -**

- (i) दोन बलांपैकी कोणते बल क्रियाबल आणि कोणते बल प्रतिक्रियाबल हे आपण सांगू शकत नाही. त्यांचे परस्परात परिवर्तन होऊ शकते.
- (ii) क्रियाबल आणि प्रतिक्रियाबल भिन्न वस्तूंवर क्रिया करतात.
- (iii) जोपर्यंत क्रियाबदल कार्यरत असते. तोपर्यंतच प्रतिक्रियाबल कार्यरत असते. म्हणजेच ही दोन्ही बले एक सामायिक आहेत.



आ. 10.12 दोन चुंबकांमधील प्रतिकर्षण

ज्या दोन वस्तूंमध्ये क्रियाबल आणि प्रतिक्रियाबल कार्यरत आहे, त्या दोन वस्तू एकमेकांच्या सान्निध्यात असण्याची गरज नाही. त्या एकमेकांपासून दूर असल्या तरी चालतात. उदा. दोन लोहचुंबक परस्पराजवळ नसले तरी त्यांच्यामध्ये आकर्षण आणि प्रतिकर्षण ही बले कार्यरत असतात. (आ. 10.12)

क्रियाबल आणि प्रतिक्रियाबलामुळेच आपल्याला जमिनीवरून चालता येते. हे आपणास ठाऊक आहे का ? हे कसे घडते ते पाहू.

जमिनीवरून चालताना आपण जमिनीला मागच्या दिशेने ढकलत असतो. हे क्रियाबल आहे.

या बदल्यात जमीनसुद्धा तितक्याच परिमाणाने आपल्या पायाला पुढच्या दिशेने ढकलत असते. हे प्रतिक्रियाबल आहे. प्रतिक्रियाबलामुळेच आपण जमिनीवरून चालू शकतो.

त्याचप्रमाणे पोहताना आपण हाताने व पायाने पाण्याला मागे सारतो. तेव्हा त्याची प्रतिक्रिया म्हणून पाणी पोहोणा-याला पुढे ढकलते. (आ. 10.13 )



गतिमान पदार्थ



टिपा



### आ. 10.13 पाण्याला मागे सारून पोहणारा पुढे जाते

जेट विमाने आणि अग्निवाणसुद्धा क्रिया - प्रतिक्रिया तत्वावरच कार्य करतात. या दोन्हीमध्ये इंधनाचे ज्वलन होते. ज्वलनामुळे निर्माण झालेले उष्ण वायू शेट्टीकडील वाजूकडून प्रचंड वेगाने बाहेर फेकले जातात. (क्रिया) या वायूमुळे तेवढ्याच परिमाणाचे बल विरुद्ध दिशेने प्रयुक्त केले जाते आणि जेट विमान, अग्निवाण प्रचंड वेगाने पुढे जातात. (प्रतिक्रिया बल) (आ. 10.14)

सायकलमधून गोळी झाडल्यानंतर रायफलचा दस्ता आपल्या खांद्यावर आदळतो. याचे कारण सांगा.

### 10.3.8 संवेग अक्षय्यता [ Conservation of Momentum]

संवेग अक्षय्यतेचा सिध्दांत हा विज्ञानातील अत्यंत महत्वाचा सिध्दांत आहे. 'जर दोन किंवा अधिक वस्तूवर कोणतेही बाह्यबल कार्य करित नसेल आणि त्यांची टक्कर झाली तर त्या वस्तूंचा आघातापूर्वीचा एकूण संवेग हा त्यांच्या आघातानंतरच्या एकूण संवेगाइतकाच असतो.' न्यूटनच्या गतीविषयक नियमावरून, संवेगबदलाचा दर म्हणजेच बल होय, हे आपण पाहिले आहे.

$\therefore P_1 =$  सुरवातीचा संवेग  $P_2 =$  अंतिम संवेग -  $t$  कालावधीनंतर

$$\therefore F = \frac{P_2 - P_1}{t}$$

F ची किंमत 0 असल्यास समीकरण  $P_2 = P_1$  मिळते.

याचाच अर्थ असा की, कोणतेही बाह्यबल कार्य करित नसल्यास दिलेल्या प्रणालीतील संवेग कायम राहतो.

एका साध्या कृतीने आपण संवेग अक्षय्यतेच्या नियमाचा पडताळा घेऊ शकतो.



आ. 10.14 जेट विमान आणि अग्निवाण यांचे कार्य



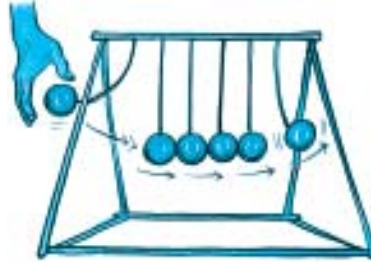
कृती 10.4

प्लॅस्टिकची नळी उभी अर्धी कापा. त्यातील एका भागाचा 40 cm तुकडा कापून घ्या. या अर्धभागाच्या आकाराच्या सात गोट्या घ्या. या अर्धभागात आ. 10.15 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे एकमेकांना स्पर्श करतील अशा त-हेने गोट्यांची रचना करा. यापैकी शेवटची गोटी हलवून सुमारे 15 सेमी मागे घ्या. या गोटीला बोटाने टिचकी मारून गती द्या आणि निरीक्षण करा. आपणास असे दिसते की, गतीमान झालेली गोटी शेवटच्या गोटीवर आदळते आणि ती विराम अवस्थेत येते. परंतु सर्वात पुढची गोटी गतिमान होते व काही अंतर पुढे जाते. सर्वात पुढच्या गोटीची गती किती असेल ? या गोटीच्या गतीची तुलना आपण टिचकी मारून गती दिलेल्या गोटीच्या गतीबरोबर करा. दोन्ही गती समान आहेत का ? समान असल्यासही बाव काय दर्शविते? दोन्ही गती समान आहेत म्हणजेच प्रणालीमधील आघातापूर्वीचा आणि आघातानंतरचा संवेग सारखाच असतो. हे सिद्ध होते.



तुम्हाला माहिती आहे का ?

शेजारच्या चित्रात दाखविलेले खेळणे आपण पहिले आहे काय ? जर नसेल तर खेळण्याच्या दुकानात किंवा वैज्ञानिक वस्तु संग्रहालयात जाऊन पहा. हे खेळणे कोणत्या वैज्ञानिक नियमावर/ सिद्धांतावर आधारित आहे ?



उदा. 10.3:

3 kg वस्तूमानाच्या रायफलमधून 0.03kg वस्तूमानाची गोळी  $100\text{ms}^{-1}$  या वेगाने झाडली तर रायफलचा प्रतिक्रमण वेग काढा.

उकल -

रायफलचे वस्तूमान =  $m_1 = 3\text{kg}$

गोळीचे वस्तूमान =  $m_2 = 0.03\text{kg}$

रायफलचा सुरवातीचा वेग =  $u_1 = 0$

गोळीचा सुरवातीचा वेग =  $u_2 = 0$

रायफलचा अंतिम वेग =  $v_1 = ?$





गतिमान पदार्थ



टिपा

गोळीचा अंतिम वेग =  $v_2 = 100\text{ms}^{-1}$

संवेग अक्षय्यतेच्या नियमानुसार ,

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$

समीकरणात दिलेल्या किंमती घालून,

$$\therefore 0 + 0 = (3 \times v_1) + (0.03 \times 100)$$

$$\therefore 0 = 3 + 3$$

$$\therefore v_1 = \frac{-100 \times 0.03}{3} = -1.0\text{ms}^{-1}$$

$$\therefore \text{रायफलचा प्रतिक्षेपण वेग} = -1.0\text{ms}^{-1}$$

वजा चिन्ह रायफलच्या वेगाची दिशा गोळीच्या वेगाच्या विरुद्ध आहे, हे दर्शविते .

**उदा . 10.4 –**

5 kg वस्तूमानाच्या रायफलमधून  $250 \text{ ms}^{-1}$  या वेगाने गोळी झाडली . रायफलचा प्रतिक्षेपण वेग  $-1\text{ms}^{-1}$  हा होता . तर गोळीचे वस्तूमान काढा .

उकल :	रायफल	गोळी
	$M = 5 \text{ Kg}$	$m = ?$
	$V = -1 \text{ ms}^{-1}$	$v = 250 \text{ ms}^{-1}$
	$U = 0$	$u = 0$

संवेग अक्षय्यतेच्या नियमानुसार,

$$MU + mu = MV + mv$$

$$\therefore 0 = MV + mv$$

$$m = \frac{-MV}{v} = \frac{-5 \times (-1)}{250} = \frac{1}{50} = 0.02\text{kg}$$

$$\therefore \text{गोळीचे वस्तूमान} = 0.02 \text{ kg} = 20 \text{ g}$$





सरावासाठी प्रश्न 10.3

१. नुकताच धुतलेला ओला कपडा झटकला असता त्यामधून पाण्याचे सूक्ष्म थेंब का बाहेर उडतात ?
२. बस अचानक थांबली असता बसमध्ये उभा असलेला प्रवासी पुढे का फेकला जातो ?
३. एकसारख्या असणा-या दोन ट्रक एकाच वेगाने जात आहेत. त्यापैकी एक ट्रक रिकामी आहे. तर दुसरी ट्रक मालाने भरलेली आहे. यापैकी कोणत्या ट्रकचा संवेग जास्त आहे?
४. 5 kg वस्तूमान असलेली वस्तू  $-10\text{ms}^{-1}$  या वेगाने जात आहे. तर वस्तूमधील संवेग काढा.
५. मुष्टीयुद्ध चालू असताना टोसा घेणारा खेळाडू आपले डोके मागे का घेतो ?

10.4 घर्षण [Friction]

जमिनीवर घर्षण जाणारा चेंडू काही अंतर जातो आणि हळूहळू जाण थांबतो. मोटारीचे इंजिन बंद केल्या केल्या मोटारीचा वेग कमी कमी होत मोटार थांबते. असे का होते? याचे उत्तर शोधू या.

10.4.1. घर्षण बल [ force of friction]

न्यूटनच्या गतीविषयक पहिल्या नियमानुसार जर एखाद्या वस्तूवर कोणतेही बाह्य असंतुलित बल कार्य करित नसेल वस्तूची एका सरळ रेषेतील गतीमान अवस्था कायम राहते. वरील उदाहरणातील चेंडू किंवा मोटार बाह्य बलामुळे विराम अवस्थेत येतात का ? जरा विचार करा ! चेंडू किंवा मोटार ज्या बलामुळे विराम अवस्थेत येतात, त्या बलास 'घर्षण बल' असे म्हणतात. एकमेकांच्या सानिध्यात येणा-या कोणत्याही दोन पृष्ठभागांमध्ये घर्षणबल अस्तित्वात असते. घर्षण बलाची दिशा ही नेहमी गतीच्या दिशेविरुद्ध असते.

एकसमान वेगाने जाणा-या वस्तूवर कोणकोणती बले कार्यरत असतात, हे आपण पाहू. वस्तू एकसमान वेगाने जात असेल तर घर्षणबलाविरुद्ध समान बल लावलेच पाहिजे. या ठिकाणी दोन्ही बले संतुलित बले असतात. ही दोन्ही बले एकमेकांना नष्ट करतात आणि या वस्तूवरील एकूण बल शून्य होते. म्हणून त्या वस्तूचे त्वरण शून्य होते. आणि त्यामुळे वस्तूचा वेग स्थिर राहतो. तो वाढत नाही किंवा कमी होत नाही.

एखाद्या पृष्ठभागावर वस्तू गतीमान होण्यापूर्वी असणा-या प्रतिकारात्मक बलाला 'स्थितिक घर्षण' [Static Friction] असे म्हणतात. एखादी वस्तू एखाद्या पृष्ठभागावर गतीमान होते, तेव्हा वस्तू व पृष्ठभागामधील घर्षणाला 'सरकते किंवा गतीजन्य घर्षण' [Sliding or Kinetic Friction] असे म्हणतात. गतीजन्य घर्षण हे स्थितीजन्य घर्षणापेक्षा कमी असते.



टिप

गतिमान पदार्थ



टिपा

### 10.4.2. घर्षणावर परिणाम करणारे घटक -

खडबडीत रस्त्यापेक्षा गुळगुळीत डांबरी रस्त्यावरून सायकल चालविणे सोपे जाते ; याचा अनुभव सर्वांना आहेच. असे का होते ? घर्षण पृष्ठभागाच्या खडबडीतपणावर किंवा गुळगुळीतपणावर अवलंबून असते का ? याचे उत्तर शोधू या.



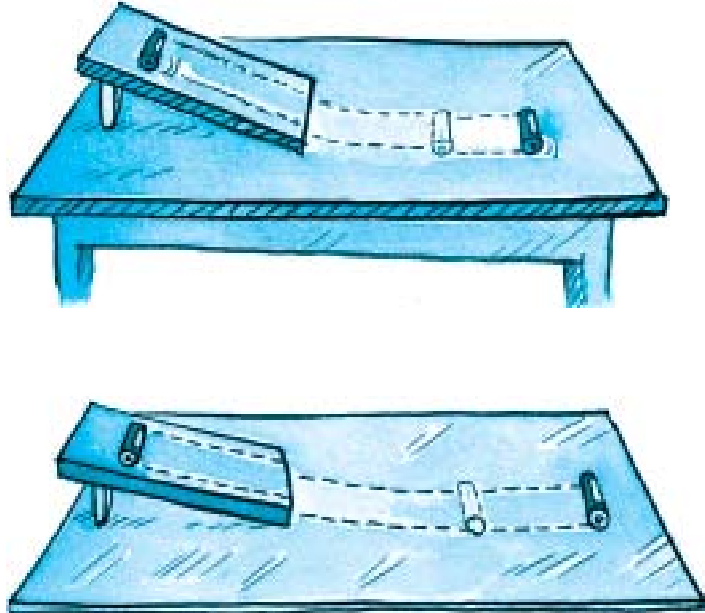
### कृती 10.5

आ. 10.16 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे एका टेबलावर एक फळी तिरकी करून ठेवा. फळीच्या वरच्या वाजूस एक खूण करा. या खुणेवर घडयाळात वापरण्यात येणारा पेन्सिल सेल धरा आणि तो सोडून द्या. तो घरंगळत खाली येतो आणि काही अंतर गेल्यानंतर थांबतो. टेबलावर पेन्सिल सेलने काटलेले अंतर मोजा. त्याची नोंद करा.

आता टेबलावर पुरेसे लांबखंड असणारे काचेचे तावदान ठेवा आणि तिरक्या फळीवरील खुणेवर पेन्सिल सेल धरा आणि सोडून द्या. तो घरंगळत खाली येतो आणि काचेच्या पृष्ठभागावर काही अंतर काटून थांबतो. सेलने काचेच्या पृष्ठभागावर काटलेले अंतर मोजा. त्यांची नोंद करा.

आता टेबलावर वाळू पसरा आणि हीच कृती पुन्हा करा. सेलने वाळूवर काटलेले अंतर मोजा. त्याची नोंद करा.

कोणत्या पृष्ठभागावर सेलने सर्वात जास्त अंतर काटले? सर्वात कमी अंतर कोणत्या पृष्ठभागावर काटतो ? त्यावरून काय निष्कर्ष निघतो ?



आ. 10.16. वेगवेगळ्या पृष्ठभागावर पेन्सिल सेल वेगवेगळे अंतर काटतो.



काचेच्या पृष्ठभागावर पेन्सिल सेलने सर्वात जास्त अंतर काटले आहे. तर वाळूच्या पृष्ठभागावर सर्वात कमी अंतर काटले आहे.

हा फरक वेगवेगळ्या पृष्ठभागांवर निर्माण झालेल्या वेगवेगळ्या घर्षणबलांमुळे घडतो. वाळूच्या खडबडीत पृष्ठभागाच्या तुलनेत गुळगुळीत काचेवरील घर्षण अगदी कमी असते. ज्यावर घर्षण अवलंबून असते, त्यापैकी पृष्ठभागाचा गुळगुळीतपणा हा एक घटक आहे.

एकाच पृष्ठभागावरून एक जड व एक हलकी पेटी ओढण्याचा प्रयत्न करा. जड पेटी ओढण्यास जास्त बल लागते. जड पेटीची लंबरूप प्रतिक्रिया (normal reaction) हलक्या पेटीपेक्षा जास्त असते. पेटीच्या वजनाच्या विरोधात पेटीच्या पृष्ठभागावर होणारी क्रिया म्हणजे लंबरूप प्रतिक्रिया होय. यामुळेच जड पेटीचे घर्षणबल जास्त असते. घर्षण लंबरूप प्रतिक्रियेवर अवलंबून असते.

### 10.4.3 घर्षणाचे फायदे आणि तोटे -

आपल्या रोजच्या व्यवहारात घर्षण बल महत्वाची भूमिका बजावते. घर्षणाचे अनेक फायदे तोटे आहेत.

#### घर्षणाचे फायदे -

(1) तुम्ही बर्फावरून किंवा ओल्या गुळगुळीत संगमरवरी फरशीवरून चालण्याचा प्रयत्न केला आहे का ? या पृष्ठभागावरून चालताना आपला तोल राखणे कठीण जाते. चालताना पाऊल किंवा बूट आणि जमीन यांच्या दरम्यान घर्षण निर्माण होते. ह्या बलामुळे आपण चालू शकतो. जर घर्षण नसते तर चालणे किंवा पळणे अशक्य झाले असते.

(2) केवळ घर्षणामुळेच आपण पेन्सिलीने कागदावर आणि खडूने फळयावर लिहू शकतो. बांधकामासाठी लागणा-या अनेक प्रकारच्या साहित्यामध्ये घर्षण असल्यामुळेच इमारती उभ्या राहतात. घर्षण नसते तर आपण भिंतीस खिळासुद्धा ठोकू शकलो नसतो.

(3) मोटारीचे टायर आणि रस्ता यामधील घर्षण वाढावे म्हणून टायरवर नक्षी काढलेली असते. त्यामुळे टायर जमिनीची पकड उत्तम प्रकारे घेऊ शकतात. वाहनांचे ब्रेक्स केवळ घर्षणावरच कार्य करतात.

ज्या ठिकाणी घर्षण उपयुक्त आहे, अशी रोजच्या व्यवहारामधील आणखी काही उदाहरणे शोधा.

#### घर्षणाचे तोटे -

(1) यंत्र चालू असताना यंत्राच्या चल भागांमध्ये घर्षण होते. त्याने अनावश्यक उष्णता निर्माण होते. चल भागांची झीज होते. शिवाय ऊर्जासुद्धा फुकट जाते. घर्षणामुळे यंत्रांची कार्यक्षमता कमी होते. कारण बरीचशी ऊर्जा घर्षणावर मात करण्यातच खर्च होते. यंत्राची कार्यक्षमता वाढविण्यासाठी घर्षण कमी करावे लागेल. त्यासाठी यंत्रांच्या चल भागांमध्ये वंगण घालावे लागेल.

ब-याचशा यंत्रांमध्ये घर्षण कमी करण्यासाठी यंत्रांच्या चल भागांमध्ये बारीक स्टीलच्या गोळ्या (ball bearing) टकातात. गोळ्या घातल्यामुळे सरकत्या घर्षणाऐवजी गतीजन्य घर्षण निर्माण होते.

गतिमान पदार्थ



टिपा

गतिजन्य घर्षण सरकत्या घर्षणापेक्षा पुष्कळच कमी असते. त्यामुळे यंत्रांच्या चल भागामधील घर्षणसुध्दा कमी होते.

(2) घर्षणामुळे चप्पल किंवा बूट यांच्या टाचा झिजतात. सतत रहदारी असणा-या पाय-यासुध्दा (उदा. रेल्वे किंवा रस्त्यावरील ओव्हर ब्रिज यांच्या पाय-या) झिजलेल्या दिसतात.

वंदना आणि नवनीत वर्फावरून पळण्याच खेळ खेळत आहेत. त्यासाठी त्या दोघांनी विशेष प्रकारचे बूट घातले आहेत. वंदनाने आ. (A) मध्ये दाखविलेले आणि नवनीतने आ. (B) मध्ये दाखविलेले बूट घातले आहेत. तर पळण्याच्या खेळामधील शर्यत कोण जिंकेल ?



(A) वंदनाचे बूट



(B) नवनीतचे बूट

ज्या ठिकाणी घर्षणामुळे तोटा होतो, अशी आणखी उदाहरणे शोधा.

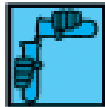


सरावासाठी प्रश्न 10.4

- (1) मोटारचे इंजिन बंद केल्यानंतर वेगाने जाणा-या मोटारचा वेग कमी का होतो ?
- (2) केळीच्या सालीवरून आपला पाय का घसरतो ?
- (3) मोटारींच्या टायरवर नक्षी का काढलेली असते ?

10.5 प्लावक बल आणि दाब [ Thurst and Pressure]

आपल्या आजूबाजूला असणा-या टेबल, खुर्ची, पाण्याने भरलेली वादली या गोष्टींकडे लक्ष द्या. या गोष्टी आपल्या वजनाइतका दाब जमीनीवर देत असतात. वजन म्हणजे वस्तूचा लंबरूपात असणारा जमिनीवरील दाब होय. जमीन क्षितिजासमांतर असते. त्यामुळे वर उल्लेख केलेल्या गोष्टी जमिनीवर लंबरूपात दाब निर्माण करत असतात. पदार्थावर लंब रूपात पडणा-या बलास 'प्लावक बल' असे म्हणतात. प्लावक बलाचा काय परिणाम होतो, ते पाहू.



कृती 10.6

10cm x 10cm x 0.1cm आकाराचा एक लाकडी तक्ता घ्या. आ. 10.17(a) मध्ये दाखविल्याप्रमाणे त्याच्या चारही कोप-यात चार लांब खिळे ठोका. एका पसरट भांडे घेऊन, त्यामध्ये

6 cm उंचीपर्यंत वाळू भरा.या वाळूवर आ. 10.17(b) मध्ये दाखविल्याप्रमाणे खिळयाच्या डोक्याच्या वाजूने तक्ता ठेवा. तक्त्यावर 500g चे वजन ठेवा. खिळे वाळूत किती खोलीपर्यंत घुसतात, ते पहा.



(a)



(b)



(c)

आ. 10.17 (a)(b)(c) हे दाब बल लावलेल्या पृष्ठभागाच्या क्षेत्रफळावर अवलंबून असतो हे दाखविणा-या प्रयोगाची मांडणी

आता वाळूवर आ. 10.7(c) मध्ये दाखविल्याप्रमाणे खिळयाच्या डोक्याच्या वाजूने तक्ता ठेवा आणि तक्त्यावर तेवढेच म्हणजे 500g चे वजन ठेवा. खिळे वाळूत किती खोलीपर्यंत घुसतात, ते पहा.

वरील दोन कृती पैकी कोणत्या कृतीत वाळूत खिळे खोल अंतरापर्यंत जातात? दुस-या कृतीत वाळूमध्ये खिळे खोल अंतरापर्यंत जातात.

प्लावक बलाचे कार्य बल कार्य करित असणा-या पृष्ठभागाच्या क्षेत्रफळावर अवलंबून असते. पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ जितके कमी असते, तितका प्लावक बलाचा परिणाम अधिक होतो. एकक पृष्ठभागावर असणा-या प्लावक बलास 'दाब' असे म्हणतात.

$$\therefore \text{दाब} = \frac{\text{प्लावक बल}}{\text{क्षेत्रफळ}} \dots\dots\dots 10.5$$

दाबाचे SI पध्दतीतील एकक Nm<sup>-2</sup> हे आहे. या एकास थोर शास्त्रज्ञ ब्लेस पास्कल याच्या सन्मानार्थ पास्कल (Pa) हे नाव दिले आहे.

**? तुम्हाला माहिती आहे का ?**

फ्रान्समधील ब्लेस पास्कल हे थोर तत्वज्ञ आणि गणिती होते. द्रवावर दाब दिला असता त्याचे प्रसारण कसे होते या बाबतीत त्यांनी काही नियम तयार केले. हे 'द्रवावरील दाबप्रसारणाचे पास्कलचे नियम' म्हणून प्रसिध्द ब्लेस पास्कल आहेत. अगदी सुरवातीचे आकडेमोडीचे यंत्रसुध्दा (1623-1662) त्यांनीच तयार केले होते. यांच्या सन्मानार्थ दाबाच्या एकास पास्कल (Pa) हे नाव दिले आहे.



टिपा

गतिमान पदार्थ



टिपा

समीकरण 10.5 वरून असे लक्षात येते की, प्लावक बल लहान क्षेत्रफळावर कार्य करित असल्यास जास्त दाब निर्माण करते आणि तितकेच प्लावक बल मोठ्या क्षेत्रफळावर कार्य करित असल्यास कमी दाब निर्माण करते. यामुळे चाकू, सु-या, काज्या, कु-हाडी यांची पाती अत्यंत धारदार केलेली असतात.

काही बावतीत दाब कमी करणे आवश्यक असते. या ठिकाणी प्लावक बल ज्या पृष्ठभागावर काम करते त्या पृष्ठभागाचे क्षेत्रफळ वाढवितात. उदा. इमारतीचा पाया आणि धरणाच्या भिंती तळाशी रूंद असतात. त्याचप्रमाणे अवजड सामान वाहून नेणा-या ट्रकचे टायर जास्त रूंद असतात. त्याचप्रमाणे सैन्यातील अवजड रणगाडे सलग साखळ्यांवरच चालत असतात.



सरावासाठी प्रश्न 10.5

- (1) हमाल डोक्यावरून ओझे वाहताना ओझ्याखाली डोक्यावर कापडाची चुंबळ का ठेवतो?
- (2) खिळ्याचे टोक अणकुचीदार का असते?
- (3) खांद्यावरून न्यावयाच्या पिशवीचा (शबनम पिशवी) बंद किंवा पट्टा रूंद का असतो ?
- (4) दाबाचे SI पध्दतीतील एकक सांगा.



आपण काय शिकलो ?

- एखाद्या पदार्थावर असंतुलित बल लावले असता पदार्थाची विराम अवस्था किंवा गतीमान अवस्था बदलते.
- संतुलित बल लावल्यामुळे पदार्थाची विराम अवस्था किंवा गतीमान अवस्था बदलत नाही. संतुलित बल ज्या पदार्थावर लावले आहे, त्या पदार्थाचा आकार बदलू शकतो.
- पदार्थ आपली विराम अवस्था किंवा गतीमान अवस्था बदलण्यास विरोध करतात. यालाच जडत्व असे म्हणतात.
- वस्तूचे वस्तूमान म्हणजे वस्तूच्या जडत्वाचे निर्देशक आहे.
- न्यूटनच्या गतीविषयक पहिला नियम - जर एखाद्या वस्तूवर कोणतेही बाह्य असंतुलित बल कार्य करित नसेल तर त्या वस्तूची विराम अवस्था किंवा एका सरळ रेषेतील गतीमान अवस्था कायम राहते.
- संवेग म्हणजे पदार्थाचे वस्तूमान आणि वेग यांचा गुणाकार होय. संवेगाचे SI एकक  $\text{kgms}^{-1}$  हे आहे.
- न्यूटनचा गतीविषयक दुसरा नियम - संवेग बदलाचा दर लावलेल्या बलाशी समानुपाणी असतो आणि संवेगाचे परिवर्तन बलाच्या दिशेने होते.

- बलाचे एकक 'न्यूटन' असून बल N या चिन्हाने दर्शविले जाते. 1kg वस्तूमानात  $1\text{ms}^{-1}$  त्वरण निर्माण करणा-या बलास एक न्यूटन बल असे म्हणतात.
- न्यूटनचा गतीविषयक तिसरा नियम - प्रत्येक क्रियाबलाला समान परिमाणाचे प्रतिक्रियाबल अस्तित्वात असते व त्यांच्या दिशा परस्परविरुद्ध असतात.
- संवेग अक्षय्यतेच्या नियमानुसार एखाद्या प्रणालीतील एकूण संवेग नेहमी कायम असतो.
- घर्षण बल नेहमी पदार्थाच्या गतीस विरोध करते. घर्षणबल संपर्कात येणा-या पृष्ठभागाच्या गुळगुळीतपणावर अवलंबून असते. तसेच ते लंबरूप प्रतिक्रियेवर अवलंबून असते.
- गतीजन्य घर्षण हे सरकत्या घर्षणापेक्षा कमी असते.
- पदार्थावर लंबरूपात पडणा-या बलास प्लावक बल असे म्हणतात.
- एकक पृष्ठभागावर असणा-या प्लावक बलास दाब असे म्हणतात. दाबाचे SI पध्दततीतील एकक  $\text{Nm}^{-2}$  हे आहे. या एककास पास्कल (Pa) असे म्हणतात.



अंतिम प्रश्नसंग्रह

- (1) धावपटू अंतिम रेषा पार केल्यानंतरसुद्धा काही अंतर धावतात याचे कारण स्पष्ट करा.
- (2) एस्. टी. बसच्या टपावर ठेवलेले सामान दोरीने बांधण्यास का सांगतात ?
- (3) जाजम (कार्पेट) काठीने वडविले असता धुळीचे कण का बाहेर पडतात ?
- (4) न्यूटनचा गतीविषयक पहिला नियम सांगा.  
विराम अवस्थेतील बस जेव्हा अचानक गतीमान होते, तेव्हा बसमध्ये उभा असलेला प्रवासी मागे का फेकला जातो ?
- (5) संवेगाची व्याख्या सांगा. संवेगबदलाचा दर बलावर अवलंबून असतो, याचे स्पष्टीकरण द्या.
- (6) 10kg वस्तूमान असलेली वस्तू  $7\text{ms}^{-1}$  या वेगाने जात आहे तर संवेगाचे मूल्य काढा.
- (7) 10 kg वस्तूमान असलेल्या वस्तूवर 50N बल प्रयुक्त केले तर तिचे त्वरण किती असेल ?
- (8) न्यूटनचा गती विषयक तिसरा नियम सांगा. आग विझवताना अतिशय मोठा फवारा असलेला आणि प्रचंड वेगाने पाणी बाहेर टाकणारा पाईप हातात स्थिर पकडणे का कठीण जाते?
- (9) प्रत्येक क्रियाबलाला समान परिमाणाचे प्रतिक्रियाबल अस्तित्वात असते व त्यांच्या दिशा परस्परविरुद्ध असतात. मग ही बले परस्परांना संतुलित का करित नाहीत ?



टिप

गतिमान पदार्थ



टिपा

- (10) 72 km/n या वेगाने मोटारसायकल जात आहे. ब्रेक लावल्यानंतर ती 6 सेकंदाने थांबते. स्वारासकट मोटारसायकलेचे वस्तुमान 175kg आहे. तर ब्रेकला लावण्यासाठी किती बल लावले ते सांगा.
- (11) 2kg वस्तुमानाची एक वस्तू  $10\text{ms}^{-1}$  या वेगाने सरळ रेषेत जात आहे. ही वस्तू विरामस्थितीत असलेल्या आणि 6 kg वस्तुमान असलेल्या दुस-या वस्तूवर जाऊन आदळते. त्या दोन्ही वस्तू सरळ रेषेत पुढे जातात. तर आघाताच्या आधीचा आणि आघातानंतरचा संवेग काढा.
- (12) घर्षणबल म्हणजे काय? घर्षण कमी करण्याच्या दोन पध्दती सांगा.
- (13) प्लावक बल आणि दाब यामधील संबंध स्पष्ट करा. प्लावक बलाचे आणि दाबाचे SI पध्दतीतील एकक सांगा.
- (14) टेबलावर ठेवलेला लाकडी टोकळा टेबलाच्या पृष्ठभागावर 49N प्लावक बल प्रयुक्त करतो. लाकडी टोकळ्याचे आकारमान 40 cm x 20cm x 10cm आहे. हाच टोकळा टेबलावर (a) 20cm x 10 cm आणि (b) 40 cm x 20 cm या बाजूंनी ठेवला असता निर्माण होणारे प्लावक बल काढा.



पाठांतर्गत प्रश्नांची उत्तरे

10.1

- (1) होय
- (2) कणकेचा गोळा हाताने दाबला असता त्याचा आकार बदलतो.

10.2

- (1) एखाद्या पदार्थावर परस्परविरुद्ध दिशेने दोन किंवा अधिक बले परस्परांना संतुलित करीत असल्यास त्या बलांना 'संतुलित बल' असे म्हणतात.
- (2) नाही. संतुलित बले पदार्थाच्या गतीमध्ये बदल करू शकत नाहीत.
- (3) पदार्थाची विरामअवस्था किंवा गतीशील अवस्था असंतुलित बलाने बदलली जाते.

10.3

- (1) विराम अवस्थेतील जडत्वामुळे. कपडा झटकला असता सूक्ष्म थेंब स्वतःची जागा बदलत नाहीत. ते बाहेर पडतात.
- (2) बस अचानक थांबली असता बसला चिकटून असलेला शरीराचा भाग (पाय) विराम अवस्थेत येतात. परंतू गतीच्या जडत्वामुळे प्रवाशाच्या शरीराचा वरचा भाग पुढे जातो व त्यामुळे प्रवासी पुढे फेकला जातो.



- (3) संवेग = वस्तुमान x वेग  $\therefore$  मालाने भरलेल्या ट्रकचा
- (4) संवेग =  $m \times v = 5\text{kg} \times 10\text{ms}^{-1} = 50\text{kg ms}^{-1}$
- (5) संवेगाचा दर कमी करण्यासाठी खेळाडू डोके मागे नेतो. त्यामुळे मारलेल्या टोशाचा परिणाम कमी होतो.

#### 10.4

- (1) मोटारीची चाके आणि जमीन यांच्यामधील घर्षणबलामुळे
- (2) केळीची साल व जमीन यामधील घर्षण अत्यंत कमी असते.
- (3) नक्षीमुळे टायर आणि जमीन यांच्यामध्ये मोठ्या प्रमाणावर घर्षणबल निर्माण होते त्यामुळे टायर जमिनीची चांगली पकड घेतात.

#### 10.5

- (1) कापडाची गोलाकार चुंबळ डोक्यावर ठेवल्याने ओझे आणि डोके यामधील संपर्कक्षेत्र वाढते. त्यामुळे डोक्यावरील दाब कमी होतो.
- (2) दाब वाढविण्यासाठी
- (3) दाब कमी करण्यासाठी
- (4)  $\text{Nm}^{-2}$  किंवा पास्कल (Pa)





## गुरुत्वाकर्षण

मागील पाठात आपण पदार्थाची विराम अवस्था किंवा गतीमान अवस्था बदलण्यासाठी बलाची आवश्यकता असते हे पाहिले. उंचावरून कोणताही पदार्थ टाकला असता तो जमीनीवरच पडतो हे आपणास माहिती आहेच. सर्व पदार्थ जमीनीवरच का पडतात? हे पदार्थावरील पृथ्वीच्या आकर्षणामुळे होत असते. यालाच गुरुत्वाकर्षण असे म्हणतात. या पाठात आपण गुरुत्वाकर्षण, गुरुत्वबल आणि पदार्थाच्या गतीत होणारा गुरुत्वीय बलाचा परिणाम पाहणार आहोत. तसेच आपण उध्दरणशक्ती आणि आर्किमिडीजचे तत्व या विषयीसुद्धा माहिती घेणार आहोत.



उद्देश :

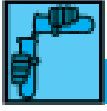
या पाठाचा अभ्यास केल्यानंतर तुम्ही खालील गोष्टी करू शकाल.

- गुरुत्वाकर्षण बलाची उदाहरणे देऊ शकाल.
- न्यूटनचा गुरुत्वाकर्षणाचा सिध्दान्त सांगू शकाल.
- गुरुत्वीय त्वरण हा संबोध स्पष्ट करू शकाल.
- पदार्थाचे गुरुत्वीय त्वरणाच्या प्रभावीखालील पतन काढण्यासाठी गतीविषयक नियमांचा वापर करू शकाल.
- गुरुत्वबलाची गतीविषयक उदाहरणे सोडवू शकाल.
- वस्तूमान आणि वजन यामधील फरक स्पष्ट करू शकाल. त्यांच्यामधील संबंध जाणू शकाल.
- मुक्तपतनाची व्याख्या सांगू शकाल. वजनरहित अवस्थेविषयी खुलासा करू शकाल.
- द्रवामध्ये अंशतः किंवा पूर्णपणे बुडालेल्या पदार्थाविषयी उध्दरणशक्तीचा संबोध वापरून खुलासा देऊ शकाल.
- आर्किमिडीजचा सिध्दांत सांगू शकाल. त्याचा वापर करून उदाहरणे सोडवू शकाल.

### 11.1 गुरुत्वबल [Force of Gravitation]

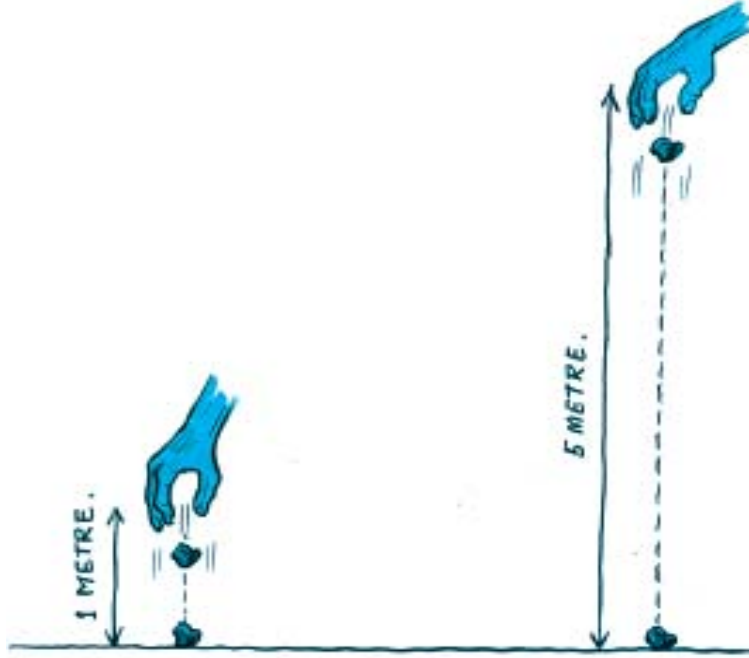
कोणतीही वस्तू उंच फेकली तर ती खाली येते. तसेच उंचावरून कोणतीही वस्तू टाकली तर ती खालीच येते. याचा अनुभव आपणास आहेच. त्याचप्रमाणे झाडाची पाने, फुले, फळे जमिनीवरच पडतात. असे का होते? याचाच अर्थ असा की, वस्तू, पाने, फुले, फळे यावर कोणते तरी बल कार्य करित असले पाहिजे. हे कोणत्या प्रकारचे बल आहे? या प्रश्नाचे उत्तर सर्व प्रथम आयझॅक न्यूटन या शास्त्रज्ञाने दिले.

या बाबतीत न्यूटनची गमतीशीर कथा आहे. एकदा न्यूटन सफरचंदाच्या झाडाखाली बसला असताना एक सफरचंद खालीच का पडले? त्यावर कोणते बल कार्य करित होते? त्यासाठी आपण एक कृती करून पाहू.



#### कृती 11.1

जमिनीपासून सुमारे 1 मीटर उंचीवरून छोटासा दगड अलगद सोडा. जमिनीवर पडताना त्याची चाल तोच दगड सुमारे 5 मीटर उंचीवरून (घराच्या पहिल्या मजल्यावरून) अलगद सोडा. जमिनीवर पडताना त्याची चाल दोनही बाबतीत जमिनीवर पडण्यावेळेची त्याची चाल सारखी असते का? कोणत्या पतनावेळी त्याची चाल जास्त असते? दगडाला त्वरणीत करणारे बल कोणते असते?



वरील कृतीत गुरुत्वाकर्षणामुळे दगडामध्ये त्वरण निर्माण झाले, हे आपल्या लक्षात येते. गुरुत्वाकर्षणामुळे फळ, इतर वस्तू पृथ्वीवर पडतात, हे न्यूटनच्या लक्षात आले. त्याने विचार केला की पृथ्वी जर सफरचंद, दगड यांना आकर्षित करते तर तिने चंद्राला का आकर्षू नये? याच बलामुळे चंद्र पृथ्वीभोवती आणि ग्रहमालिका सूर्याभोवती फिरत असेल का?





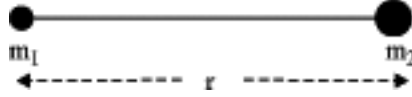
पृथ्वी चंद्राला सतत आकर्षून घेत असल्यामुळेच चंद्र पृथ्वीभोवती भ्रमण करीत आहे. असा निष्कर्ष न्यूटनने काढला. याच गृहीतकाचा विस्तार करून त्याने सांगितले की हेच आकर्षण बल सूर्य आणि ग्रहमाला यांच्यामध्ये आहे. या बलास 'गुरुत्वाकर्षण' असे म्हणतात. त्याने सांगितले की सर्व विश्वामध्ये गुरुत्वाकर्षण बल आहे. विश्वातील सर्व वस्तू परस्परांना आकर्षित करतात.

या गुरुत्व बलाची एक कुतुहलजनक बाब म्हणजे वस्तूंचे आकारमान कितीही असले तरी त्या वस्तूंमध्ये परस्पर आकर्षण असतेच.

### 11.2 'न्यूटनचा गुरुत्वाकर्षणाचा नियम'

अनेक निरीक्षणे करून न्यूटनने गुरुत्वाकर्षणाचा नियम शोधून काढला. आणि तो त्याने गणिती सूत्रात सांगितला.

न्यूटनचा गुरुत्वाकर्षण नियम - विश्वातील कोणत्याही दोन वस्तू कोठेही असल्या तरी त्यांच्यात परस्परांना आकर्षणारे गुरुत्वबल प्रयुक्त असते. हे बल त्या वस्तूंच्य वस्तुमानाच्या गुणाकाराशी वस्तुमानापाती व वस्तूंमधील अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्तानुपाती असते. हे बल त्या दोन वस्तूंना जोडणा-या सरळ रेषेवर प्रयुक्त झालेले असते.



#### आ. 11.2 न्यूटनचा गुरुत्वाकर्षण नियम

सूत्ररूपाने ,

$$F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

या ठिकाणी  $m_1, m_2$  = वस्तूंचे वस्तुमान

$r^2$  = दोन वस्तूंमधील अंतर

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad .(11.1)$$

$G$  = गुरुत्व स्थिरांक  $G$  हा स्थिरांक असून त्यास 'गुरुत्व स्थिरांक' असे म्हणतात. विश्वामध्ये त्याची किंमत सर्वत्र सारखीच असते.

SI मापन पध्दतीत वस्तुमान ( $m_1, m_2$ ) किलोमध्ये, बल ( $F$ ) न्यूटनमध्ये आणि अंतर ( $r$ ), मीटरमध्ये मोजतात.

म्हणून SI मापन पध्दतीत  $G$  या स्थिरांकांमध्ये मूल्य  $6.67 \times 10^{-11} \text{ NM}^2 \text{ KG}^{-2}$  येते. हे मूल्य अत्यंत कमी असल्याने अत्यंत क्षीण असते.

आता आपण एकाच बाकावर आणि एकमेकांमध्ये एक मीटर अंतर असलेल्या दोन मित्रांमध्ये असणा-या गुरुत्वाकर्षणाचे मूल्य काढू. त्यापैकी एकाचे वजन 50 Kg व दुस-याचे वजन 40 Kg आहे असे मानू.

आता आकर्षणबल =

$$F = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 40 \times 40}{1 \times 1}$$

$$= 13340 \times 10^{-11} \text{ N}$$

$$= 113.34 \times 10^{-8} \text{ N}$$

गुरुत्वाकर्षण अत्यंत क्षीण असल्याने गुरुत्वबलाचे हे मूल्य अत्यंत कमी आहे .

तराजूच्या पारड्यात टाकलेल्या कागदाच्या एका कपट्याने पारड्यावर जे बल प्रयुक्त केलेले असते, ते बल वरील बलाच्या शंभरपट असते . यावरून हे बल किती क्षीण असते, हे आपल्या लक्षात येईलच . गुरुत्वबल अत्यंत क्षीण असल्यानेच आपण जमिनीवरील दगड उचलू शकतो . भांग पाडून भारित केलेल्या कंगव्याने जमिनीवरील कागदाचे कपटे उचलू शकतो . मात्र वस्तुमान जितके जास्त तितकी गुरुत्वाकर्षणाची तीव्रता जास्त म्हणजेच गुरुत्वबल जास्त .

**उदा . 11.1** 40 Kg वस्तुमानाचा मुलगा जमिनीवर उभा आहे . पृथ्वीचे वस्तुमान  $24 \text{ Kg}$  आणि तिची त्रिज्या  $6 \text{ m}$  असल्यास पृथ्वी आणि तो मुलगा यांमध्ये असणा-या गुरुत्वबलाची किंमत काढा .

$6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ Kg}^{-2}$  स्थिरांकाचे मूल्य]

**उकल -** पृथ्वीचे वस्तुमान =  $6 \times 10^{24} \text{ Kg}$

मुलाचे = 40 Kg      पृथ्वीची त्रिज्या =  $6.67 \times 10^6 \text{ m}$

[मुलगा आणि पृथ्वीचा केंद्रविंदू याच्यामधील अंतर तिच्या त्रिज्येएवढे असते]

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$$

मुलगा व पृथ्वी यांच्यामध्ये असणारे गुरुत्वबल

$$= \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24} \times 40}{6.37 \times 10^6 \times 6.37 \times 10^6} = 394.5 \text{ N}$$

मुलगा आणि पृथ्वी यामध्ये असणारे बल मागे पाहिलेल्या दोन मित्रांच्यामध्ये असणा-या बलाच्या कोटयवधीपट आहे, हे आपण लक्षात घ्या .

पृथ्वी प्रयुक्त करित असलेल्या गुरुत्वबलालाच गुरुत्वाकर्षण असे म्हणतात . पृथ्वी, चंद्र, सूर्य यासारख्या प्रचंड वस्तुमानांच्या खगोलांमध्ये असणारे आकर्षण देखील प्रचंड असते .



### सरावासाठी प्रश्न 11.1

1. जवळजवळ वसलेल्या दोन विद्यार्थ्यांमध्ये गुरुत्वाकर्षण बल का जाणवत नाही?





टिपा

2. दोन वस्तूंमधील अंतर 4पटीने वाढविले असता,त्यांच्यामध्ये असणा-या गुरुत्वबलावर काय परिणाम होईल?
3. G ला वैश्विक गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक असे का म्हणतात?

### 11.3 गुरुत्वत्वरण [Acceleration due to gravity]

कृती 11.1 मध्ये दगड जमिनीवर पडताना त्याची चाल समान वाढत जाते हे आपण पाहिले आहे. दगड आणि पृथ्वी यांच्यामध्ये असणा-या आकर्षणामुळे दगडामध्ये त्वरण निर्माण होते. या त्वरणाला काही विशेष नाव देता येईल का? या त्वरणाला गुरुत्वाकर्षणामुळे होणारे त्वरण म्हणजेच गुरुत्वत्वरण असे म्हणतात.

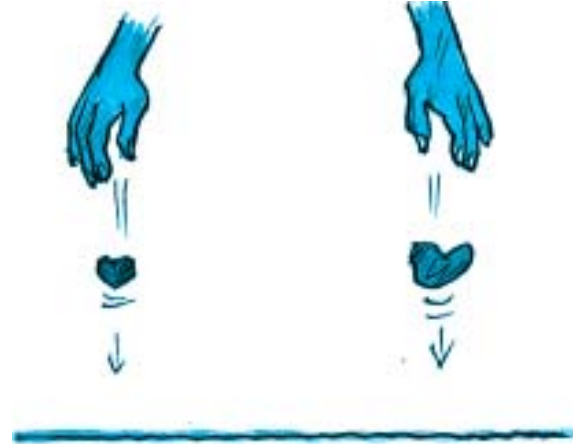
मोठ्या वस्तूमानाचा दगड घेतल्यास त्वरण वाढते का? जास्त वस्तूमानाच्या वस्तू कमी वस्तूमानाच्या वस्तूपेक्षा लवकर जमिनीवर पडतात का? याची उत्तरे शोधू या.



#### कृती 11.2

**खबरदारी** - ही कृती करताना कोणालाही इजा होणार नाही याची काळजी घ्या.

दोन वेगवेगळ्या वस्तूमानाने दगड घेऊन आपल्या मित्राला दोन मजली इमारतीच्या गच्चीवर पाठवा. त्याला ते दोन दगड एकाच वेळी खाली टाकण्यास सांगा. (आ. 11.3) दगडांच्या पतनाकडे वारकाई ने लक्ष घ्या. दोन्ही दगड एकाच वेळी जमिनीवर पडतात का/



आ. 11.3 उंचावरून वेगवेगळ्या वस्तूमानाचे दगड एकाच वेळी टाकणे.



तुम्हाला माहिती आहे का ?

हे आपणास माहित आहे का ? गॅलिलीओने पिसाच्या झुकत्या मनो-यावरून निरनिराळ्या वस्तूनाच्या वस्तू एकाच वेळी खाली सोडल्या आणि पान 263 वरील चित्रा सारख्याच गतीने एकाच वेळी जमिनीवर पडल्या. अशी कथा सांगितली आहे.



तुम्हीसुद्धा वरीलप्रमाणे कृती करून पहा.



कृती 11.3

पाच रूपयाचे नाणे व आकाराचा एक कागद दोन मजली इमारतीच्या गच्चीवरून एकाच वेळी खाली सोडा. आपल्याला असे दिसून येते की नाणे अगोदर जमिनीवर पडते व त्यानंतर व-याच वेळाने कागद जमिनीवर पडतो. यावरून तुमचा निष्कर्ष काय असेल? जड वस्तू हलक्या वस्तूपेक्षा जास्त वेगाने जमिनीवर पडतात,असा निष्कर्ष काढण्याचा उतावळेपणा करू नका.

आता याच कागदाचा घट्ट बोळा करा आणि परत नाणे व तो बोळा तितक्याच उंचीवरून खाली सोडा. आता काय आढळते. नाणे व बोळा एकाच वेळी जमिनीवर पडतात.

सुरुवातीच्या वेळी कागद सोडला असता कागदाचे क्षेत्रफळ जास्त असल्यामुळे कागदाचे हवेशी घर्षण होऊन कागदाची गती कमी झाली. वस्तूचे क्षेत्रफ जेवढे जास्त तेवढे हवेचे घर्षण जास्त असते. यावरून काय निष्कर्ष काढाल ?

यावरून दोन भिन्न वस्तूनाचे पदार्थ एकाच उंचीवरून एकाच वेळी सोडले असता एकाच वेळी जमिनीवर पडतात हे सिद्ध होते.



टिपा

गतिमान पदार्थ



टिपा

? तुम्हाला माहिती आहे का ?

ब्रिटीश शास्त्रज्ञ रॉबर्ट बॉईल याने एक नाणे व एक पीस काचेच्या नळीत घेतले. वाताकर्षक पंपाने त्याने काचेच्या नळीतील हवा काढून घेतली. नंतर त्याने ही परिक्षानळी उलटी केली असता नाणे व पीस एकाच गतीने एकाच वेळी खाली आले व नळीच्या तळावर पडले.



नाणे किंवा बोळा उंचावरून सोडला असता पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे त्यांच्यामध्ये त्वरण निर्माण होतो. नाणे किंवा बोळा एकाच वेळी जमिनीवर पडतात, याचा अर्थ त्यांच्यामध्ये निर्माण त्वरण सारख्याच मूल्याचे असले पाहिजे.

एखाद्या विशिष्ट जागेच्या संदर्भात कोणत्याही वस्तूमानाच्या पदार्थासाठी चे मूल्य सारखेच अशते. चे पध्दतीत एकक त्वरणाचेच म्हणजे  $ms^{-2}$  आहे.

गुरुत्वत्वरणाचे चे सूत्र शोधण्याचा प्रयत्न करू या. कृती 11.1 मधील दगडाचे वस्तूमान  $g$  आहे असे मानू.

दगड पडतानाचे गुरुत्वत्वरण आहे. बल म्हणजे वस्तूमान आणि त्वरण यांचा गुणाकार हे आपणास माहित आहे

$$F = mg$$

मागे सिध्द केल्याप्रमाणे

$$mg = G \frac{Mm}{r^2}$$

or

$$g =$$

या ठिकाणी  $M$ - पृथ्वीचे वस्तूमान आणि  $r$ = वस्तू आणि पृथ्वीचा मध्य यामधील अंतर वस्तू पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरच असल्यास समी. 11.3 मध्ये  $r$ - म्हणजे पृथ्वीची त्रिज्या ( $R$ ) येते.

$$g =$$



## गुरुत्वाकर्षण

$g$  ची किंमत पडणा-या वस्तूच्या वस्तुमानावर अवलंबून नसते हे ध्यानात ठेवा. पृथ्वीची त्रिज्या सर्व ठिकाणी सारखी नाही. त्यामुळे  $g$  ची किंमत त्रिज्येनुसार बदलते.  $g$  ची किंमत विषुववृत्तापेक्षा उत्तर व दक्षिण ध्रुवावर जास्त असते. पृथ्वीच्या पाठीवर  $g$  ची सर्वसामान्य किंमत  $9.8 \text{ ms}^{-2}$  ही गृहित धरतात.

### 11.4 वस्तूची गुरुत्वाकर्षणीय गती [Motion of an object under Gravity]

पृथ्वीच्या पाठीवर  $g$  ची किंमत सगळीकडे एकच आहे हे आपणास माहित आहे. म्हणून पाठ क्र. 9 मध्ये अभ्यासलेली गतीविषयक तीनही समीकरणे येथे लागू पडतात. फक्त येथे त्वरण 'a' ऐवजी गुरुत्वत्वरण 'g' हे पद वापरावे लागेल.

म्हणून  $g$  च्या संदर्भात गतीविषयक तीन समीकरणे पुढीलप्रमाणे होतील.

$$V = u + gt \dots \dots \dots (11.5)$$

$$S = ut + \frac{1}{2} gt^2 \dots \dots \dots (11.6)$$

$$V^2 = u^2 + 2gs \dots \dots \dots (11.7)$$

येथे  $u$  = प्रारंभीचा वेग  $V$  = अंतिम वेग  $s$  = काटलेले अंतर  $t$  = कालावधी  $g$  = गुरुत्वबल

**उदा. 11.2 :**

पृथ्वीचे वस्तुमान  $6.4 \times 10^{24} \text{ Kg}$  आणि त्रिज्या वेग  $6.4 \times 10^6 \text{ m}$  आहे. तर  $g$  ची किंमत काढा.  $[G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ NM}^2 \text{ Kg}^{-2}]$

$$g = \frac{6.7 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2} \times 6 \times 10^{24} \text{ kg}}{(6.4 \times 10^6 \text{ m})^2}$$

$$g =$$
$$=$$
$$= 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

**उदा. 11.3 -**

पृथ्वीचे वस्तुमान  $6 \times 10^{24} \text{ Kg}$  आणि चंद्राचे वस्तुमान  $7.4 \times 10^{22}$  आहे. या दोघांमधील अंतर  $3.84 \times 10^8 \text{ m}$  इतके आहे. तर त्या दोघांमधील गुरुत्वाकर्षणाचे मूल्य काढा.  $[G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ NM}^2 \text{ Kg}^{-2}]$

**उकल -**

$$\text{पृथ्वीचे वस्तुमान} = m_1 = 6 \times 10^{24} \text{ Kg}$$

## विभाग ३

### गतिमान पदार्थ



टिपा

गतिमान पदार्थ



टिपा

$$\text{चंद्राचे वस्तुमान} = m_2 = 7.4 \times 10^{-22} \text{ Kg}$$

$$\text{पृथ्वी व चंद्र यामधील अंतर} = r = 3.84 \times 10^8 \text{ m}$$

$$G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ Kg}^{-2}$$

समी 11.1 वरून पृथ्वीचे चंद्रावरील गुरुत्वाकर्षण =

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

=

$$= 2.01 \times 10^{20} \text{ N}$$

**उदा. 11.4 -**

एक चेंडू वर फेकला असता 122.5m उंच जातो. तर (i) चेंडू वर फेकताना वेग काय होता?  
(ii) चेंडू किती वेळात उच्चतम स्थानावर पोहोचला? ( $g=9.8 \text{ ms}^{-2}$  घ्या.)

**उकल -** काटलेले अंतर =  $S = 122.5\text{m}$

$$\text{अंतिम वेग} = V = 0 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{गुरुत्व त्वरण} = g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

(i) समी 11.7 वरून  $V^2 = u^2 - 2 g s$

$$0 = u^2 + 2(-9.8 \text{ ms}^{-2}) \times 122.5$$

वरच्या दिशेला  $g$  ची किंमत उणे असते.

$$-u^2 = -2 \times -9.8 \times 122.5$$

$$-u^2 = -2 \times 9.8 \times 122.5$$

$$u^2 = 2 \times 9.8 \times 122.5$$

$$u^2 = 2401 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

$$u = 49 \text{ ms}^{-1}$$

चेंडू वर फेकतानाचा वेग  $49 \text{ ms}^{-1}$  होता.

(ii) समी 11.5 वरून  $V = u + g t$

$$0 = 49 \text{ ms}^{-1} + (-9.8 \text{ ms}^{-2}) \times t$$

$$t = \frac{49}{9.8} \text{ s} = 5 \text{ s}$$

चेंडू वर फेकतानाचा वेग  $49 \text{ ms}^{-1}$

उच्चतम स्थानावर पोहोचण्यासाठी लागणारा वेळ 5 सेकंद



### सरावासाठी प्रश्न 11.2

1. गुरुत्वत्वरण म्हणजे काय?
2. उंचावरून एकाच वेळी सोडलेले जड आणि हलके पदार्थ एकाच गतीने जमीनीकडे का येतात?
3. SI पध्दतीतील गुरुत्व त्वरणाचे एकक सांगा.
4. गुरुत्व त्वरणाच्या संदर्भात गती विषयक तीन समीकरणे सांगा.

## 11.5 वस्तुमान आणि वजन [ Mass and Weight]

### 11.5.1 वस्तुमान -

वस्तूतील द्रव्य संचयास वस्तुमान असे म्हणतात. वस्तूचे वस्तुमान ही स्थिर राशी आहे ती स्थल परत्वे बदलत नाही. वस्तू पृथ्वीवर, चंद्रावर किंवा अवकाशात कोठेही असली तरी तिची किंमत स्थिर असते. वस्तुमान तराजूने मोजतात.

मागील पाठात आपण पदार्थाचे वस्तुमान म्हणजे पदार्थाचे /जडत्वाचे मापन होय, हे पाहिले. वस्तुमान जितके जास्त तितके जडत्वही जास्त, हे यावरून लक्षात येते.

### वजन -

पृथ्वी पदार्थाला ज्या गुरुत्वीय बलामुळे स्वतःकडे आकर्षून घेते त्यास पदार्थाचे वजन असे म्हणतात. बल आणि त्वरण यामधील संबंधाची उजळणी करा.

$$\text{बल} = \text{वस्तुमान} \times \text{त्वरण}$$

$$F = m \ g \dots\dots\dots(11.8)$$

पदार्थाचे वजन W या चिन्हाने (अक्षराने) दर्शविल्यास,

$$W = m \times g \dots\dots\dots(11.9)$$

कारण वजन म्हणजे बलच आहे. त्यामुळे SI पध्दतीतील बलाचे जे एकक आहे तेच एकक वजनाचे आहे. SI पध्दतीत बलाचे एकक न्यूटन (N) आहे. बल (वजन) लंब दिशेत प्रयुक्त होते. वजन म्हणजेच बलाला परिमाण आणि दिशा असते. सामान्यपणे वजन स्प्रिंगतुलेने मोजतात.



गतिमान पदार्थ



टिपा

समी.11.9. वरून आपल्या लक्षात येते की पदार्थाचे वजन पदार्थाचे वस्तुमान आणि  $g$  ची किंमत यावर अवलंबून असते. विशिष्ट जागेच्या संदर्भात  $g$  ची किंमत कायम असल्याने त्या जागी पदार्थाचे वजन पदार्थाच्या वस्तुमानाशी सम प्रमाणात असते. एकाच पदार्थाचे वजन पृथ्वीवर वेगवेगळ्या ठिकाणी वेगवेगळे येईल. कारण पृथ्वीवर वेगवेगळ्या ठिकाणी  $g$  ची किंमत वेगवेगळी असते.

11.5.3 वजनरहित अवस्था [ Weightlessness ] -

लिफ्टमधून वर जाताना आपणास वजन वाढल्यासारखे वाटणे आणि लिफ्टमधून खाली येताना वजन कमी झाल्यासारखे वाटणे हा अनुभव आपणास येतो. तसेच जत्रेतील मेरी-गो-राऊंडमध्ये बसून गरगर फिरताना आपण हलके झाल्याचा अनुभव येतो. अंतराळवीर अंतराळयानात वजनरहित अवस्थेत वावरताना आपण फोटोमध्ये किंवा टी.व्ही.मध्ये पाहतो. वजनरहित अवस्था म्हणजे काय ?



कृती 11.4

आ. 11.4 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे एक जाड पुस्तक हाताच्या तळव्यावर ठेवा. पुस्तकाचे वजन हातास जाणवते का ? आता हात जोराने जलद गतीने खाली घ्या. आता काय वाटते? पुस्तकांचे वजन कमी झाल्यासारखे वाटते का ? वजन कमी झाल्यासारखे वाटणे यासाठी काही खुलासा देऊ शकाल का?



आ.11.4 हातामधील पुस्तक हात जलद गतीने खाली घेतला.

सर्वसाधारणपणे आपण वजन स्प्रिंगतुलेने मोजतो. ही स्प्रिंगतुला भक्कम आधाराला टांगलेली असते. वजनासाठी आपण वजनकाटा सुध्दा वापरतो. हा काटा जमिनीवर ठेवलेला असतो.

समजा जमिनीवर ठेवलेल्या वजनकाटयावर एक लहान मुलगा उभा आहे. मुलगा स्वतःच्या वजनाइतके (W) बल काटयावर खालच्या दिशेने लावत आहे. (आ. 11.5)



आ. 11.5 वजनकाटयावर उभा असलेला मुलगा

गतीविषयक तिस-या नियमानुसार वजनकाटा मुध्दा  $R$  मूल्याचे प्रतिक्रियावल वरच दिशेने लावत आहे.  $R$  चे मूल्य मुलाच्या वजनाइतके म्हणजे  $W$  एवढेच असते. वजनकाटा  $R$  हे प्रतिक्रिया हे प्रतिक्रिया बल मोजतो. तेच त्या लहान मुलाचे वजन होय.

आता अशी कल्पना करा की वजनकाटयाखाली असलेली जमीन अचानक काढून घेतली. तर काय होईल?

तो मुलगा आणि वजनकाटा हे एकाच त्वरणाने खाली जातील. त्या वेळी मुलगा वजनकाटयावर काहीही बल लावू शकणार नाही. वजनकाटयामधील काटामुध्दा शून्यावर स्थिर होईल. मुक्तपतनाने गुरुत्वाकर्षण क्षेत्रात अशा त-हेने पडणा-या मुलाची वजनरहित अवस्था होते.

अंतराळवीर अंतराळयानात वजनरहित अवस्थेत का वावरतात याचे कारण आपणास आता कळले असेलच. अंतराळयात पृथ्वीकडे मुक्त पतनाने येते. त्यामुळे वजनरहित अवस्थेत अंतराळवीर अंतराळयानात तरंगताना दिसतात. (आ. 11.6)



सरावासाठी प्रश्न 11.3

1. पदार्थाचे वस्तुमान आणि वजन यामधील फटकाचे दोन मुद्दे सांगा.
2. पदार्थाचे वजन कोणत्या दोन प्रमुख घटकांवर अवलंबून असते ?
3. फळ झाडावरून पडतानाच्या काळात त्याचे वजन किती असते ?

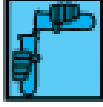


आ. 11.6 अंतराळयातील अंतराळयात्री



## 11.6 उध्दरणशक्ती आणि आर्किमिडीजचे तत्व-[ Buoyancy and Archimedes' Principle] -

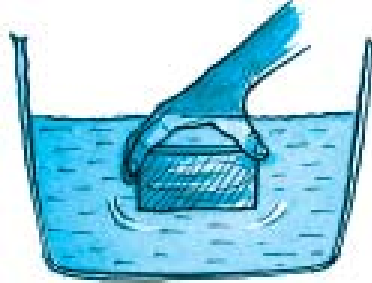
पाण्याने भरलेल्या वादलीत पेला पूर्णपणे बुडविला तर तो पाण्याने भरतो आणि पाण्यातून बाहेर काढल्यानंतर मात्र तो जड वाटतो . पाण्यात असताना हलका वाटणारा पेला पाण्याबाहेर काढल्यावर जड का वाटतो ? त्यासाठी आपण एक कृती करून पाहू .



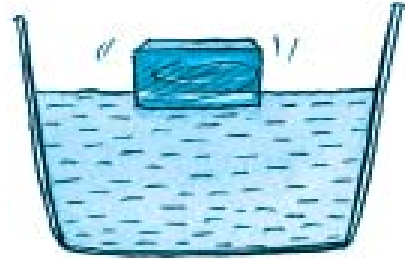
### कृती 11.5

एका मोठ्या वादलीत पाणी घ्या . आणि मोठ्या आकाराचा ठोकळा पाण्यात सोडा . काय आढळते? तो ठोकळा पाण्यात तरंगताना दिसतो .

आता तो ठोकळा हाताने पाण्यात ढकला . आपल्याला काय जाणवते? ठोकळ ढकलताना वरच्या दिशेने प्रतिकारबल जाणवते का? याचाच अर्थ पाणी ठोकळ्यावर वरच्या दिशेने प्रतिकारबल लावत आहे . आता ठोकळा पाण्यामध्ये पूर्णपणे बुडोपर्यंत ढकला . (आ . 11.7 (a) आणि ठोकळा सोडून द्या . आता काय दिसते? ठोकळा उसळी मारून वर येतो आणि परत पाण्याच्या पृष्ठभागावर तरंगताना दिसतो . (आ . 11.7 (b)



(a) पाण्यात पूर्णपणे बुडविलेला ठोकळा .



(b) पृष्ठभागावर तरंगणारा ठोकळा

### आ . 11.7 (a) (b)

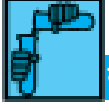
यामध्ये लाकडी ठोकळ्यावर वरच्या दिशेने बल प्रयुक्त करणा-या बलास उध्दरण बल किंवा उध्दरणशक्ती असे म्हणतात . या बलास उर्ध्व प्लावक बल (upthrust) असेही म्हणतात .

कोणत्याही द्रवात किंवा वायूत पदार्थ बुडविला असता त्या द्रवाची किंवा वायूची उध्दरणशक्ती त्या पदार्थावर कार्य करते . उध्दरणशक्तीची आणखी काही उदाहरणे सांगू शकाल का ?

एखाद्या वस्तूवर प्रयुक्त केलेल्या उध्दरण शक्तीचे परिमाण कोणते असते ? सर्व वस्तू एकाच द्रवात बुडविल्या तर सर्व वस्तूंचे उध्दरणशक्ती प्रयुक्त होईल का ? एखादी वस्तू अनेक द्रवात बुडविली तर वस्तूवर प्रत्येक द्रवाने प्रयुक्त केलेली उध्दरणशक्ती सारखीच असेल का ?

आर्किमिडीजच्या तत्वाचा अभ्यास केल्यानंतर आपणास या सर्व प्रश्नांची उत्तरे मिळू शकतील .

### 11.6.2 आर्किमिडीजचे तत्व -



#### कृती 11.6

एक दगड घ्या आणि आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे ती स्प्रिंग तराजूला टांगून ठेवा. (आ. 11.8 (a) स्प्रिंगतराजूचे वाचन नोंदवून ठेवा. हे दगडाचे हवेतील वजन होय. नंतर पाण्याने भरलेले भांडे हातात घेऊन त्या पाण्यात तो दगड हळूहळू पूर्णपणे बुडवा. आ. 11.8 (b) काळजीपूर्वक निरीक्षण करा. स्प्रिंगतराजूच्या वाचनात काही बदल दिसतो का? स्प्रिंगतराजूवरील वजन कमी होते.

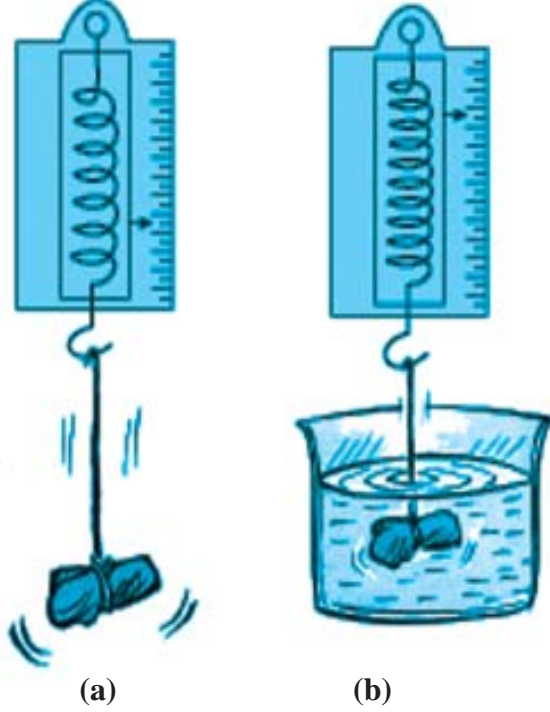
दगड पाण्यात हळूहळू सोडताना वजन हळूहळू कमी होत होते. तराजूचा काटा वरच्या दिशेला सरकत होता. याकडे लक्ष द्या. तसेच दगड पाण्यात पूर्णपणे बुडविल्यानंतर स्प्रिंगतराजूच्या वाचनात काहीही बदल होत नाही हे ही लक्षात घ्या. या निरीक्षणांवरून काय अनुमान काढाल? दगड पाण्यात बुडत असताना द्रवाची उध्दरणशक्ती त्या दगडावर वरच्या दिशेने प्रयुक्त होते. त्यामुळे स्प्रिंगतराजूवरील काटा वर सरकतो आणि वाचन कमी होते.

द्रवाच्या उध्दरणशक्तीचे परिमाण मोजण्यासाठी आर्किमिडीजने जो शोध लावला, त्यास 'आर्किमिडीजचे तत्व' असे म्हणतात.

### आर्किमिडीजचे तत्व -

एखादी वस्तू द्रवात पूर्णपणे किंवा अंशतः बुडविली असता तिचा वजनात घट आल्याचे भासते. ही घट त्या वस्तूने वाजूस सारलेल्या द्रवाच्या वजनाइतकी असते.

आर्किमिडीजच्या तत्वाचे उपयोजन पुष्कळ ठिकाणी करतात. जहाजे आणि पाणबुड्या बांधताना आर्किमिडीजचे तत्व वापरतात. द्रवाची घनता मोजण्यासाठी तयार करण्यात येणा-य द्रवगुरुत्वमापकात (hydrometer) किंवा दुधाची शुध्दता मोजण्यासाठी तयार करण्यात आलेले दूधमापकात (Lactometer) आर्किमिडीजचेच तत्व वापरलेले असते.



आ. 11.8 दगड पाण्यात बुडविला असता स्प्रिंग तराजू वरील वजन कमी होते.





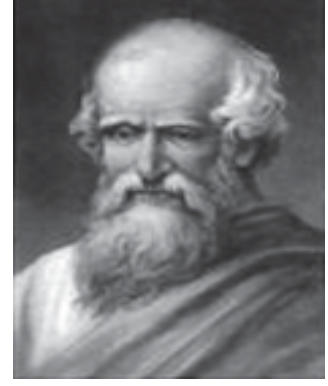
गतिमान पदार्थ



टिपा

? तुम्हाला माहिती आहे का ?

आर्किमिडीज हा ग्रीस देशातील अतिशय थोरगणित आणि शास्त्रज्ञ होता. आर्किमिडीजने द्रवाच्या उध्दरणशक्तीबाबत जे तत्व शोधले त्यास आर्किमिडीजचे तत्व असे म्हणतात. पाण्याने पूर्णपणे भरलेल्या टवात आर्किमिडीज आंगोळीसाठ उतरला असता टवामधून पाणी बाहेर पडले आणि त्याला द्रवाच्या उध्दरणशक्तीच्या तत्वाचा साक्षात्कार झाला. त्याला या गोष्टीचा एवढा आनंद झाला की तो तसाच टवामधून बाहेर पडला. आणि 'युरेका' 'युरेका' (मला सापडले) असे ओरडत रस्त्याने धावू लागला. त्यानेच आर्किमिडीज मळसूत्राचा (स्कूचा) शोध लावला. याने भूगर्भातील पाणी वर काढता येते.



आर्किमिडीज (इ.स.पूर्व 287 -212)

भूमिती आणि यंत्रशास्त्र यामध्ये त्याने भरीव कामगिरी केली. त्याने एकदा सांगितले. "मला पुरेशी लांब आणि पुरेशी भक्कम काठी आणि उभे राहण्यास जागा द्या. मी या काठीने (तरफेने) पृथ्वीसुद्धा उचलून दाखवितो."



#### सरावासाठी प्रश्न 11.4

1. पाण्याने भरलेल्या वादलीत पेला पूर्णपणे बुडविला. पाण्याने भरलेला पेला पाण्याबाहेर काढल्यावर जड का वाटतो?
2. पाण्यात पूर्णपणे बुडवून सोडून दिलेले वूच उसळी मारून पृष्ठभागावर का येते ?
3. उध्दरणशक्ती म्हणजे काय ?
4. वस्तू निर्वात प्रदेशात ठेवली असता उध्दरणशक्ती त्यावर कार्य करू शकते का?
5. आर्किमिडीजच्या तत्वांची दोन उपयोजने सांगा.
6. आर्किमिडीजच्या तत्वांची दोन उपयोजने सांगा. (व्यवहारातील उदाहरणे सांगा).





आपण काय शिकलो ?

- न्यूटनचा गुरुत्वाकर्षण नियम- विश्वातील दोन वस्तू कोठेही असल्या तरी त्यांच्यात परस्परांना आकर्षणारे गुरुत्वबल प्रयुक्त असते. हे बल त्या वस्तूंच्या वस्तूमानाच्या गुणाकाराशी समानुपाती आणि वस्तूंमधील अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्तानुपाती असते.
- सर्वसामान्य वस्तूमान असलेल्या वस्तूंमधील गुरुत्वाकर्षण अत्यंत क्षीण असते. मात्र प्रचंड वस्तूमानांच्या खगोलांमध्ये असणारे गुरुत्वाकर्षण देखील प्रचंड असते.
- पृथ्वी प्रयुक्त करीत असलेल्या गुरुत्वबलालाच गुरुत्वाकर्षण असे म्हणतात.
- गुरुत्वामुळे निर्माण होणा-या त्वरणाची किंमत [  $g$  ची किंमत] वस्तूच्या वस्तूमानावर अवलंबून नसते.
- पृथ्वी पदार्थाला ज्या गुरुत्वीय बलामुळे स्वतःकडे आकर्षून घेते त्यास पदार्थाचे वजन असे म्हणतात. पदार्थाचे वजन म्हणजेच पदार्थाचे वस्तूमान आणि  $g$  यांचा गुणाकार असतो.
- वस्तूचे वस्तूमान ही स्थिर राशी आहे. ती स्थलपरत्वे बदलत नाही. परंतु पदार्थाचे वजन मात्र स्थानानुसार बदलते.
- मुक्तपतनाने गुरुत्वाकर्षण क्षेत्रात पडणारी वस्तू वजनरहित अवस्थेत असते.
- कोणतीही वस्तू द्रवात बुडविली असता त्या वस्तूवर द्रवाची उध्दरणशक्ती प्रयुक्त होते.
- एखाद्या जागी एखाद्या वस्तूवर प्रयुक्त होणारी द्रवाची उध्दरण शक्ती (i) द्रवाची घनता आणि (ii) द्रवामध्ये पदार्थाचा जितका भाग बुडला आहे त्या भागाचे आकारमान यावर अवलंबून असते.
- आर्किमिडीजचे तत्व - एखादी वस्तू द्रवात पूर्णपणे किंवा अंशतः बुडविली असता तिच्या वजनात घट आल्याचे भासते. ही घट त्या वस्तूने बाजूस सारलेल्या द्रव्याच्या वजनाइतकी असते.



अंतिम प्रश्नसंग्रह

1. न्यूटनचा गुरुत्वाकर्षणाचा नियम सांगा.
2. दोन वस्तूंमधील अंतर दुप्पट केले असता त्याचा त्या दोन वस्तूंमध्ये असणा-या गुरुत्वाकर्षणावर काय परिणाम होईल?
3. दोन वस्तूंचे वस्तूमान दुप्पट केले असता त्याचा त्या दोन वस्तूंमध्ये असणा-या गुरुत्वाकर्षणावर काय परिणाम होईल?





4. पृथ्वीचे वस्तूमान, पृथ्वीची त्रिज्या आणि गुरुत्व स्थिरांक यांच्यासंदर्भात गुरुत्व त्वरणाचे सूत्र सिद्ध करा.
5. फक्त गुरुत्वबल प्रयुक्त केले असता मुक्त पतन अवस्थेत पडणा-या वस्तूच्या बाबतीत गतीविषयक समीकरणे लिहा. वस्तूमान आणि वजन यातील फरकाचे मुद्दे सांगा.
6. पदार्थाचे वजन कोणत्या घटकांवर अवलंबून असते ?
7. प्लॅस्टिकची बाटली घट्ट बूच लावून पाण्याखाली सोडली असता उसळी मारून पृष्ठभागावर का येते ?
8. उध्दरणशक्ती म्हणजे काय? एखाद्या जागी एखाद्या वस्तूवर प्रयुक्त होणारी उध्दरणशक्ती कोणत्या बाबींवर अवलंबून असते ?
9. आर्किमिडीजचे तत्व सांगा. आर्किमिडीजच्या तत्वाच्या उपयोजनाची दोन उदाहरणे सांगा.
10. सूर्य आणि पृथ्वी यामधील सरासरी अंतर  $1.5 \times 10^{11} \text{m}$  आहे.  
पृथ्वीचे वस्तूमान  $6 \times 10^{24} \text{Kg}$  आहे.  
सूयाचे वस्तूमान  $2 \times 10^{30} \text{Kg}$  आहे.  
G ची किंमत  $6.7 \times 10^{-11} \text{Nm}^2 \text{Kg}^{-2}$  आहे.  
तर सूर्य आणि पृथ्वी यामधील गुरुत्वाकर्षण बल काढा.
11. एका वस्तूचे वजन 49 N आहे. तर त्या वस्तूचे वस्तूमान काढा. [  $g=9.8 \text{ms}^{-2}$  ]
12. 45m उंचीच्या मनो-यावरून एक दगड टाकला तर जमिनीवर पडतेवेळी दगडाचा वेग काय असेल ? [  $g=10 \text{ms}^{-2}$  ]
13. एका वस्तूचे हवेतील वजन 3.5 N आणि पाण्यातील वजन 2 N आहे. तर वस्तूवर कार्य करणा-या उध्दरणशक्तीचे मूल्य काढा.
14. एक वस्तू द्रवात पूर्णपणे बुडविली असता तिने विस्थापित केलेल्या द्रवाचे वजन 1 N भरले. तर द्रवाने वस्तूवर किती उध्दरणबल प्रयुक्त केले ते काढा.



पाठांतर्गत प्रश्नांची उत्तरे

11.1

1. गुरुत्वाकर्षण बल अतिशय क्षीण आहे. म्हणून कमी वस्तूमानाच्या वस्तू या बलामुळे परस्परांकडे आकर्षिल्या जात नाही.
2. गुरुत्वबल हे दोन वस्तूंमधील अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्तानुपाती असते. म्हणून अंतर 4 पटीने वाढविले असता गुरुत्वबल  $(1/4)^2 = 1/16$  पटीने कमी होईल.

3. G ची किंमत पृथ्वीच्या पाठीवर किंवा विश्वात सगळीकडे सारखीच असते. म्हणून G ला वैश्विक गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक असे म्हणतात.

### 11.2

1. पदार्थ पृथ्वीकडे आकर्षिला जात असता पदार्थांमध्ये जे त्वरण निर्माण होते त्यास गुरुत्व त्वरण असे म्हणतात.
2. जड किंवा हलक्या पदार्थांवर कार्य करणा-या गुरुत्वाकर्षणाचे मूल्य सारखेच असते. त्यामुळे तो पदार्थ एकाच गतीने खाली येतात.
3. SI पध्दतीतील गुरुत्वत्वरणाचे एकक  $ms^{-2}$
4. गुरुत्वाकर्षणाच्या बाबतीत गतीविषयक तीन समीकरणे.
  - (i)  $v = u + g t$
  - (ii)  $s = u t + \frac{1}{2} g t^2$
  - (iii)  $v^2 = u^2 + 2g s$

### 11.3 :

1. वस्तूतील द्रव्य संचयास वस्तूमान असे म्हणतात.
  - (a) वस्तूमान स्थलपरत्वे बदलत नाही.
  - (b) पृथ्वी पदार्थांला ज्या गुरुत्वीय बलामुळे स्वतःकडे आकर्षून घेते त्यास पदार्थांचे वजन असे म्हणतात. वजन स्थलपरत्वे बदलते.
2. पदार्थांचे वजन (i) वस्तूमान व (ii) g ची किंमत यावर अवलंबून असते.
3. शून्य.

### 11.4 :

1. पाण्यात असताना भरलेल्या पेल्यावर पाण्याची उध्दरणशक्ती कार्य करित असते. त्यामुळे तो हलका वाटतो. पाण्याबाहेर काढल्यानंतर उध्दरणशक्तीचा परिणाम नष्ट झाल्यामुळे तो जड वाटतो.
2. पाण्याच्या उध्दरणशक्तीमुळे.
3. कोणताही पदार्थ द्रवात बुडविला असता पदार्थावर द्रवाकडून वरच्या दिशेने बल प्रयुक्त केले जाते, त्यास उध्दरणशक्ती असे म्हणतात.
4. नाही.
5. आर्किमिडीजच्या तत्वाचे उपयोग
  - (i) जहाजे आणि पाणबुड्या बांधताना.
  - (ii) द्रवगुरुत्वमापकात आणि दूधमापकात





## उर्जेचे स्रोत

आपण अन्न खातो, त्यामुळे आपल्याला जगता येते. आपल्या शरीराची वाढ होते. मोटारसायकली ट्रॅक्टस, बसेस, जहाज आणि विमाने यांना पळण्यासाठी इंधनाची गरज भासते. अन्न शिजविण्यासाठी आपल्याला इंधन लागते. अन्नापासून किंवा इंधनापासून काय मिळते? होय. तुम्ही अगदी बरोबर सांगितले ! आपणास ऊर्जा मिळते. सकाळी उठल्यापासून रात्री झोपेपर्यंत आणि झोपेत सुद्धा ऊर्जा कार्यरत असते. आपणास जाणिव असो ना नसो ऊर्जा आपल्या शरीराचा अविभाज्य घटक आहे. पुरेशा ऊर्जेअभावी लोकांच्या दैनंदिन व्यवहारात अडथळे निर्माण होतात. सौर ऊर्जा, विद्युत ऊर्जा, यांत्रिक ऊर्जा, उष्ण ऊर्जा, अणु ऊर्जा आणि आपल्या शरीरातील ऊर्जा आपल्या दृष्टीने महत्वाच्या आहेत. शरीरातील ऊर्जेमुळेच आपल्याला हालचाल करता येते, बोलता येते, ऊर्जेशिवाय या गोष्टी शक्य झाल्या असत्या का ?

आपल्याला आवश्यक असणारी ऊर्जा आपण कोठून मिळवतो, हा महत्वाचा प्रश्न आहे. या पाठात आपण उर्जेचे निरनिराळे स्रोत, त्यांचे महत्व आणि त्यांचे फायदे तोटे पाहणार आहोत. उर्जा संकट म्हणजे काय? ते का निर्माण झाले? ऊर्जेची वचत कशी करावी? ऊर्जा संवर्धन कसे करावे? यासंबंधी चर्चा करणार आहोत.



### उद्देश :

या पाठाचा अभ्यास केल्यानंतर पुढील गोष्टी आत्मसात होतील -

- ऊर्जेची व्याख्या, ऊर्जेच्या विविध रूपांची यादी करू शकाल.
- आपल्या देशातील पारंपारिक आणि अपारंपारिक ऊर्जा स्रोत ओळखू शकाल.
- नवीकरणयोग्य आणि नवीकरणअयोग्य ऊर्जा स्रोत यामधील फरक ओळखू शकाल.
- खनिज, तेल, पाणी, वारा, जैवइंधन, भूगर्भ ऊर्जा, अणु ऊर्जा या विविध ऊर्जा स्रोतांची माहिती सांगू शकाल.
- सर्व ऊर्जा स्रोतांचा जनक सूर्यच आहे हे जाणू शकाल.
- प्रत्येक ऊर्जा स्रोताचे फायदे तोटे सांगू शकाल.

- ऊर्जा संकट म्हणजे काय आणि ते का निर्माण झाले ? हे सांगू शकाल .
- ऊर्जा स्रोतांचे संवर्धन करण्याची गरज जाणू शकाल .
- ऊर्जा संकटाची तीव्रता कमी करण्यासाठी कोणते उपाय योजावेत, याची माहिती देऊ शकाल .
- ऊर्जा बचत आणि ऊर्जा संवर्धन यांचे आपल्या जीवनातील महत्व जाणू शकाल .

### 12.1 : ऊर्जा

ऊर्जा हा शब्द आपल्या रोजच्या वापरातील आहे . ऊर्जा म्हणजे एखाद्या पदार्थात असलेली कार्य करण्याची क्षमता होय . सर्व प्रकारच्या शारीरिक आणि शरीरांतर्गत क्रियांसाठी ऊर्जेची गरज असते . एखाद्या पदार्थात ऊर्जा आहे, याच अर्थ त्या ऊर्जेचा वापर करण्याची क्षमता आहे, असा होतो . कार्यासाठी ऊर्जेचा वापर करणारी असंख्य उदाहरणे आपल्या आजूबाजूला आढळतील . मोटारीमध्ये इंधन घातल्यावरच मोटार रस्त्यावरून धावू शकते . घडयाळामध्ये घातलेल्या बॅटरीत ऊर्जा साठविलेली असते . त्या ऊर्जेचा वापर करून घडयाळ चालते . नदीला आलेल्या पुराच्या पाण्यात प्रचंड ऊर्जा असते . त्यामुळे नदीचे बांध फुटतात . वाहत्या वा-यामध्ये असलेल्या ऊर्जेमुळे झाडांची पाने हलतात .

#### 12.1.1 : आपल्या जीवनातील ऊर्जेचे महत्व -

ऊर्जा हा आपल्या आयुष्याचा अविभाज्य घटक आहे . ऊर्जेमुळेच आपले जीवन सुखदायक झाले आहे . ऊर्जेमुळे आपली भौतिक साधनांची उत्पादकता प्रचंड प्रमाणावर वाढली आहे . त्यामुळे जुन्या काळातील लोकांपेक्षा अधिक सुकरता, स्वास्थ्य, गतीमानता आपल्याला उपलब्ध झाली आहे . जुन्या काळातील लोक उष्णतेसाठी आणि त्यांच्या काळातील यंत्रासाठी लाकूड, पाणी आणि खनिज तेल यापासून मिळणा-या ऊर्जेवर अवलंबून होते . आपणसुद्धा ऊर्जेसाठी कोणत्या ना कोणत्या इंधनावरच अवलंबून असतो .

देशामध्ये होणा-या ऊर्जेचा वापरावर देशाची आर्थिक आणि भौतिक प्रगती मोजली जाते . ऊर्जे शिवाय आपल्या शरीराच्या श्वसन, रूधिराभिसरण, पचन यासारख्या मूलभूत संस्थांचे कार्य सुरूच होणार नाही . वनस्पतीसुद्धा सूर्यप्रकाश ही ऊर्जा नसल्यास कर्बग्रहण प्रक्रियेन कार्बन-डाय-ऑक्साईड, पाणी आणि खनिज यांच्या पासून अन्न तयार करू शकणार नाहीत . विद्युत ऊर्जा नसल्यास असंख्य प्रकारची उत्पादिते देणारी यंत्रे चालू शकणार नाहीत . आपणास लागणारे अन्न, कापड, घरे, वाहने इ . जीवनावश्यक वस्तू तयार करण्यासाठी अगदी सुरुवातीपासून शेवटपर्यंत ऊर्जेची गरज असते . सध्यातर मानवी जीवनाच्या सर्वच क्षेत्रात विद्युत ऊर्जा हा घटक अपरिहार्य बनला आहे . उदा . आपल्या घरातील सर्व साधने - दिवे, पंखे, टि . व्ही, फ्रीज, संगणक, मायक्रोओव्हन यासाठी विद्युत ऊर्जाच लागते . सर्व उद्योग आणि कारखाने विजेवरच चालतात .

#### 12.1.2 : ऊर्जेची विविध रूपे -

आपल्या रोजच्या व्यवहारात आपण उष्णता, प्रकाश, यांत्रिक, विद्युत, रासायनिक, ध्वनी ऊर्जांचा वापर करीत असतो .



## उर्जा



टिपा

यापैकी उष्णता, प्रकाश आणि विद्युत या ऊर्जांचा वापर सर्वात जास्त केला जातो. आपल्या वेगवेगळ्या कामासाठी आपण सर्व ऊर्जा प्रकारांचा वापर करीत असतो.

आपल्या गरजेनुसार योग्य प्रकारची उपकरणे आणि साधने वापरून आपण एका प्रकारच्या ऊर्जेचे रूपांतर दुस-या प्रकारच्या ऊर्जेत करू शकतो. आपल्याला सतत लागणारी ऊर्जा आपण वेगवेगळ्या स्रोतांपासून मिळवतो. वेगवेगळ्या ऊर्जा प्रकारांचा अभ्यास आपण यापुढील पाठातून करणारच आहोत.

### १२.१. ३४ वेगवेगळ्या प्रकारांचे ऊर्जा स्रोत -

ज्यापासून कोणत्याही प्रकारची वापरण्या योग्य ऊर्जा निर्माण होऊ शकते, त्याला "ऊर्जा स्रोत" असे म्हणतात. वेगवेगळ्या कामासाठी आपल्याकडे अनेक ऊर्जा स्रोत उपलब्ध आहेत. कोळसा, पेट्रोल, डिझेल, केरोसीन, नैसर्गिक वायू, याबरोबरच जलविद्युत निर्मिती यंत्रे, पवन चक्क्या, सौर ऊर्जा फलक (Solar panels) जैविक वस्तुसंचय (biomass) या ऊर्जा स्रोतांशी आपण संबंधित आहोत. ऊर्जा स्रोतांचे वर्गीकरण दोन प्रकारात करता येते. (i) नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोत (ii) नवीकरणअयोग्य ऊर्जा स्रोत

(i) **नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोत (Renewable Energy Sources)**– ज्या ऊर्जा स्रोतांचे त्यांच्या अंगभूत क्षमतेने नवीकरण होणे आणि चक्रीय क्रमाने थोड्या कालावधीत ज्यांचे पुनरुत्पादन होऊ शकते अशा ऊर्जा स्रोतांना नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोत असे म्हणतात.

(ii) **नवीकरणअयोग्य ऊर्जा स्रोत (Non- Renewable Energy Sources)**– जे ऊर्जा स्रोत एकदा वापर केल्यानंतर नष्ट होतात व पुनर्वापरासाठी उपलब्ध होऊ शकत नाहीत अशा ऊर्जा स्रोतांना नवीकरणअयोग्य ऊर्जा स्रोत असे म्हणतात.



### सरावासाठी प्रश्न 12.1

1. ज्या ठिकाणी आपण वेगवेगळ्या ऊर्जा स्रोतांचा वापर करतो, अशा रोजच्या व्यवहारातील पाच कृती सांगा.
2. ज्या ऊर्जा स्रोतांचा वापर सर्वात जास्त केला जातो असे तीन ऊर्जा स्रोत सांगा.
3. तुलना करा - नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोत - नवीकरणअयोग्य, ऊर्जा स्रोत.

### 12.2 : नवीकरणअयोग्य ऊर्जा स्रोत (Non- Renewable Energy Sources)

मोटारी, बसेस, ट्रॅक्स, ट्रॅक्टर्स, आगगाड्या आणि विमाने यासाठी भूगर्भातून काढलेले पेट्रोल किंवा डिझेल हे इंधन वापरले जाते. त्याचप्रमाणे रॉकेल किंवा नैसर्गिक वायू या इंधनाचा वापर स्वयंपाकघरात केला जातो.

खनिज तेल, कोळसा आणि नैसर्गिक वायू यांचे साठे मर्यादित आणि लवकर संपुष्टात येणारे आहेत. त्यांची पुनर्निर्मिती किंवा पुनर्वापर करता येत नाही. या स्रोतांना नवीकरणअयोग्य ऊर्जा स्रोत असे म्हणतात.



सध्या तरी आपण आपणास लागणारी बहुतेक ऊर्जा जीवाश्म इंधने-पेट्रोल,डिझेल,कोळसा आणि नैसर्गिक वायू या नवीकरणअयोग्य ऊर्जा स्रोतांपासून मिळवत आहोत .

आताचा होणारा ऊर्जा वापर आणि भविष्यात लागणारी ऊर्जेची गरज ध्यानात घेता जीवाश्म इंधने (पेट्रोल,डिझेल) आणि नैसर्गिक वायू यांचा सध्याचा साठा आपणास अजून 30 ते 35 वर्षे पुरू शकेल . तसेच कोळशाचा सध्याचा साठा आपणास अजून 100 वर्षे पुरू शकेल . म्हणून आपण हे साठे जपून वापरले पाहिजेत . त्यांचा अयोग्य वापर आणि नासाडी टाळली पाहिजे .

किरणोत्सारी रेडियमचे भंजन करून अतिशय मोठ्या प्रमाणावर अणू ऊर्जा मिळते . या ऊर्जेचे रूपांतर विद्युत ऊर्जेत करतात . रेडियमसुद्धा नवीकरणअयोग्य ऊर्जा स्रोत आहे .

आता आपण ज्या जीवाश्म इंधनांचा वापर ऊर्जा स्रोत म्हणून करतात त्यांची माहिती घेऊ .

### 12.2.1 : जीवाश्म इंधने-परंपरागत ऊर्जा स्रोत-(Fossil Fuels- Conventional Source of Energy)-

कोळसा, पेट्रोल, डिझेल,नैसर्गिक वायू हे अत्यंत महत्त्वाचे आणि परंपरागत ऊर्जा स्रोत आहेत हे स्रोत नवीकरणअयोग्य ऊर्जा स्रोत आहेत . फार पूर्वीपासून आपण उष्णता,प्रकाश आणि विद्युत ऊर्जा यांच्या निर्मितीसाठी जीवाश्म इंधनांचा वापर करत आलो आहोत . अजूनसुद्धा संपूर्ण जगभर विद्युतनिर्मितीसाठी याच इंधनाचा वापर करण्यात येतो . जगातील 85 % ऊर्जा जीवाश्म इंधने जाळूनच मिळविली जाते . कार्बन हा जीवाश्म इंधनाचा महत्त्वाचा घटक आहे . वाहतूक साधनांसाठी जीवाश्म इंधने हा महत्त्वाचा ऊर्जा स्रोत आहे . जगामध्ये विद्युतनिर्मिती करण्यासाठी दरवर्षी 1.9 अब्ज टन एवढा प्रचंड कोळशाचा साठा वापरला जातो, हे वाचून आपणास आश्चर्य वाटेल . जीवाश्म इंधनात मोठ्या प्रमाणावर रासायनिक ऊर्जा साठविलेली असते . ही साठविलेली रासायनिक ऊर्जा उष्णता,प्रकाश आणि यांत्रिक ऊर्जेत रूपांतरित होते .

जीवाश्म इंधने कशी तयार झाली असावीत? या विषयी तुम्हाला कुतुहल असेल . लक्षावधि वर्षा पूर्वी प्राणी आणि वनस्पती यांचे अवशेष भूगर्भात खोलवर गाडले गेले . या अवशेषांवर पृथ्वीच्या गाभ्यातील प्रचंड उष्णता आणि भूगर्भावरील खडक व माती यांचा प्रचंड दाब यांचा वर्षानुवर्षे परिणाम होत राहिला . त्यामुळे या जैविक अवशेषांचे पृथक्करण होऊन जीवाश्म इंधन तयार झाले .

#### (a) कोळसा -

ज्या प्रकारे इतर जीवाश्म इंधने तयार झाली,त्याच प्रकारे परंतु थोड्या वेगळ्या प्रक्रियेने कोळसा तयार झाला . कोळसा तयार होण्याच्या प्रक्रियेस कोलिफिकेशन (Coalification) असे म्हणतात . वनस्पति अवशेषांवर प्रचंड उष्णता आणि प्रचंड दाब यांचा परिणाम होऊन त्यामानाने थोड्या कालावधीत कोळसा तयार होतो . कोळसा हा सर्वत्र एकसारखा असणारा जीवाश्म नाही . त्याच्यातील घटक पदार्थ साठयानुसार बदलत असतात . वनस्पतिज अवशेष कोणत्या वनस्पतींचे आहेत आणि अवशेषांवर किती प्रमाणात आणि किती कालावधीसाठी उष्णता व दाब यांचा परिणाम झाला आहे .यावर कोळशातील घटक पदार्थ व कोळशाचा प्रकार अवलंबून असतो .

कोळसा पीट,लिग्नाईट, सब- विटुमिनस आणि विटुमिनस या चार प्रकारचा असतो .

उर्जा



टिपा

- (i) **पीट** - या कोळशात फक्त वनस्पतिज अवशेषच असतात . पूर्वी लाकडाऐवजी हा कोळसा इंधन म्हणून वापरत असत .
- (ii) **लिग्नाईट** - हा कोळसा म्हणजे विटकरी रंगाचा पदार्थ असून यामध्येसुद्धा व-याच प्रमाणात वनस्पतिज अवशेष असतात . याचे कॅलरीमूल्य (उष्णता निर्माण करण्याची क्षमता) अगदी कमी असते .
- (iii) **सब - विटुमिनस-** हा कोळसा म्हणजे काळसर रंगाची छटा असलेला आणि कमी प्रमाणावर वनस्पतिज पदार्थ असणारा कोळसा होय . याचे कॅलरीमूल्य प्रमाणित कोळशाच्या कॅलरीमूल्यापेक्षा कमी असते .
- (iv) **विटुमिनस** - हा सर्वात उच्च प्रकारचा कोळसा असून तो चकचकीत काळा,अतिशय वजनदार आणि ठिसूळ असतो . याचे कॅलरीमूल्य सर्व कोळशात सर्वात जास्त असते .

**कोळशापासून विद्युत ऊर्जा निर्मिती**

कोळशापासून विद्युत ऊर्जा कशी तयार होते, याचे आपणास कुतुहल वाटत असेल . हे कार्य कोळसा विद्युत निर्मिती केंद्रामध्ये होते . या केंद्रामध्ये मोठ्या भट्ट्यांमध्ये प्रचंड प्रमाणावर कोळसा जाळून प्रचंड उष्णता ऊर्जा निर्माण करतात . या उष्णतेवर बॉयलरमध्ये असलेल्या पाण्याची वाफ करतात . वाफ प्रसरण पावते त्यामुळे बॉयलरच्या आतील वाजूस दाब निर्माण होतो . वाफ निघून जाण्याच्या मार्गामध्ये वाफ-चक्की (Steam turbine) ठेवलेली असते .वाफेमुळे वाफ-चक्की फिरते . या प्रक्रियेत चल वाफेमध्ये असणारी ऊर्जा यांत्रिक ऊर्जेत रूपांतरित होते . या ऊर्जेमुळे विद्युत जनित्रातील चुंबक गतीमान होतो . त्यामुळे विद्युत ऊर्जा निर्माण होतो . ही ऊर्जा ऊर्जावितरण यंत्रणेकडे पाठविली जाते . या यंत्रणेमार्फत ती सर्व ठिकाणी वितरित होते .

**(b) नैसर्गिक वायू-**

नैसर्गिक वायू हा आपल्या देशातील महत्त्वाचा ऊर्जा स्रोत आहे . अंटार्क्टिका खंडाखेरीज पृथ्वीच्या पाठीवर सर्व ठिकाणी जीवाश्म इंधनाचे साठे सापडले आहेत . या सर्वच साठ्यांमध्ये काही प्रमाणात नैसर्गिक वायू असतो . हा मिथेन वायू असतो . मिथेन वायू हा जसा जमिनीत सापडतो, तसाच पृथ्वीवर तो अन्यत्रही सापडतो . तो साठलेल्या पाण्याच्या डबक्यांमध्ये मोठ्या प्रमाणावर तयार होतो . सजीवांच्या पचनक्रियेत सुद्धा हा वायू तयार होतो .

नैसर्गिक वायू हे जीवाश्म इंधन असून ते गॅसोलिनपेक्षा चांगले जळते .ज्वलनात हरितगृहपरिणामाचा (Green house effect) मुख्य घटक असलेला कार्बन डाय ऑक्साईड वायू मुक्त होत नाही .

पेट्रोल आणि डिझेलपेक्षा या वायूची उपलब्धता जास्त आहे . परंतु ती सुद्धा मर्यादितच आहे हे लक्षात ठेवले पाहिजे .

**12.2.2 : जीवाश्म इंधनापासून मिळणा-या ऊर्जेचे फायदे आणि तोटे -**

जीवाश्म इंधन वापरण्यामुळे जसा फायदा होतो तसाच तोटाही होतो .





टिपा

### जीवाश्म इंधनाचे फायदे -

- जीवाश्म इंधनापासून होणारी ऊर्जा निर्मिती तांत्रिक दृष्ट्या सोपी आणि आर्थिकदृष्ट्या फायदेशीर असते.
- जीवाश्म इंधनाचे कॅलरीमूल्य उच्च दर्जाचे असते.
- जीवाश्म इंधनामुळे एकाच ठिकाणी प्रचंड प्रमाणावर विद्युत ऊर्जा निर्मिती करता येते.
- पेट्रोल, डिझेल, गॅस या जीवाश्म इंधनांची वाहतूक खाण ते ऊर्जा निर्मिती केंद्र यामध्ये नळ टाकून केली जाते. त्यामुळे ती स्वस्त, सुरक्षित आणि सुलभ होते.
- जीवाश्म इंधन वापरून विद्युत ऊर्जा निर्मिती करणारी केंद्र कोणत्याही ठिकाणी आणि अतिशय सोप्या पध्दतीने उभारता येतात.

### जीवाश्म इंधनाचे तोटे -

- जीवाश्म इंधनाचा ऊर्जा स्रोत म्हणून वापर करताना प्रदूषण हा सर्वात मोठा तोटा आहे. जीवाश्म इंधने जळताना ब-याच मोठ्या प्रमाणावर विषारी वायूंची निर्मिती होते. कोळसा वापरून ऊर्जा निर्मिती होताना विषारी पांढरी राख (Fly ash) सगळीकडे पसरते. यामुळे पर्यावरण प्रदूषित होते. प्रक्रियेत बाहेर पडलेला कार्बन डाय ऑक्साईड वायू सूर्याची उष्णता ग्रहण करतो. त्यामुळे जागतिक तापमानात वाढ होते. (Global warming) कार्बन डाय ऑक्साईडबरोबरच कोळसा जळताना सल्फर डाय ऑक्साईड वायू बाहेर टाकतो. त्यामुळे आम्लवर्षा (acid rain) होण्याची शक्यता असते.
- जीवाश्म इंधनांचा पुरवठा मर्यादित आहे आणि त्यांची पुनर्निर्मिती होत नाही. ज्या वेगाने वापर होत आहे तो वेग पाहता त्यांचे साठे लवकरच संपुष्टात येतील असे वाटते.
- जीवाश्म इंधनाच्या उत्खननात जमिनीच्या ब-याच भागाचा विनाश झाला असून त्यामुळे तेथील पर्यावरणही धोक्यात आले आहे.
- खाणीतून कोळसा काढणे हा अतिशय कष्टप्रद आणि धोकादायक काम आहे. ब-याच वेळी खाणीतील कामगारांच्या जीवावर देखील वेतते.
- नैसर्गिक वायूचा इंधन म्हणून वापर करताना त्या परिसरात सर्वत्र दुर्गंधी पसरते.



### तुम्हाला माहिती आहे का ?

जीवाश्म इंधनांच्या ज्वलनामुळे तयार होणारे सूक्ष्म कण अतिशय धोकादायक असतात. हे विषारी कण पुष्कळ आठवडे तरंगत राहू शकतात. तसेच ते दूरवर देखील प्रवास करू शकतात. 10 मायक्रॉनपेक्षाही कमी आकार असणारे हे कण फुफ्फुसांच्या आतल्या भागात जाऊन चिकटतात. यापेक्षा कमी आकारमान असलेले कण रक्तप्रवाहात प्रवेश करू शकतात. त्यामुळे फुफ्फुसांचे कार्य बिघडते. हे कण स्वतःबरोबरच विषारी पदार्थ म्हणजेच जड धातूचे कण आणि प्रदूषके वाहून नेतात. यामुळे ज्यांना इजा होते त्यांना तीव्र दम्याची लागण होते. आणि त्यांना गंभीर स्वरूपाचे छातीचे आणि फुफ्फुसांचे विकार होतात.



औद्योगिक शहरांमध्ये उद्योग धंदे चालविण्यासाठी, व्यापारी व निवासी घरांसाठी, वाहनांसाठी प्रचंड ऊर्जा लागते. यातील 80% पेक्षा जास्त ऊर्जा कोळसा, खनिज तेल आणि नैसर्गिक वायू जाळून मिळविली जाते. यांना जीवाश्म इंधने म्हणतात. ही इंधने सजीव, प्राणी (समुद्रातील सूक्ष्म प्राणी) आणि वनस्पती यांच्या अवशेषांपासून तयार होतात. पेट्रोल, डिझेल, जेट विमानांचे इंधन ही सर्व जीवाश्म इंधनेच आहेत.

### 12.2.3 : अणुऊर्जा-

रेडियम, युरेनियम या किरणोत्सारी मूलद्रव्यांपासून ऊर्जा तयार करता येते. या मूलद्रव्यांमधून सतत किरणोत्सार तयार होत असतो. मूलद्रव्यांच्या स्वरूपात बदल होताना अणूभंजनसुद्धा होते. अणूपासून ऊर्जा कशी मिळते, ते आपण पाहू. प्रत्येक अणुकेंद्रकात मोठ्या प्रमाणावर ऊर्जा साठविलेली असते हे आपणास माहिती आहेच. युरेनियमच्या एका जड अणूचे दोन हलक्या वस्तुमानाच्या अणूत रूपांतर होताना प्रचंड प्रमाणावर ऊर्जा उत्पन्न होते.  $E=mc^2$   $E =$  निर्माण झालेली ऊर्जा  $m =$  कमी झालेले वस्तुमान  $C =$  प्रकाशाचा वेग युरेनियम - 235 च्या अणुकेंद्रकावर न्यूट्रॉनचा योग्य त्या चालीने मारा केला असता न्यूट्रॉन अणुकेंद्रकात शोषला जातो.

त्यामुळे - 235 चा अणू अत्यंत अस्थिर होतो आणि त्याचे विभंजन होऊन दोन हलक्या वस्तुमानाचे अणू तयार होतात आणि न्यूट्रॉनसुद्धा मुक्त होतात. मुक्त न्यूट्रॉन U-235 च्या अणुकेंद्रकांचे विभंजन करतात ही प्रक्रिया पुढे चालू राहते. ही क्रिया अत्यंत कमी वेळात (सेकंदाच्या काही भागात) घडून येते. यासच 'शृंग्रला अभिक्रिया' असे म्हणतात. या प्रक्रियेत प्रचंड ऊर्जा निर्माण होते ही ऊर्जा पाण्याची वाफ करण्यासाठी वापरली जाते. वाफेने वाफ-चक्की फिरते आणि विद्युत ऊर्जा निर्माण होते.

केंद्रकीय विखंडन क्रिया केंद्रकीय क्रियाधानीमध्ये (nuclear reactor) नियंत्रित परिस्थितीत अचूकतेने पार पाडली जाते जर प्रक्रिया नियंत्रित केली नाही तर अनियंत्रित शृंग्रला अभिक्रिया घडून येऊन क्षणार्धात बॉम्बसारखा स्फोट होईल. विखंडन अभिक्रिया नियंत्रित करण्यासाठी अभिक्रियेत मुक्त झालेले न्यूट्रॉन नियंत्रण कांड्यांमध्ये (Control rod) शोषले जातात. नियंत्रण कांड्या बोरान आणि कॅडियम या मूल द्रव्यांपासून तयार केलेल्या असतात. आपल्या देशात विद्युत ऊर्जा निर्मितीसाठी तारापूर, कला पक्कम, कोटा नरोरा यासारख्या ठिकाणी केंद्रकीय क्रियाधानी कार्यरत आहेत.

### केंद्रकीय संमिलन (Nuclear Fusion)

दोन हलक्या मूलद्रव्यांचे अणू संयोग पाहून जड मूलद्रव्याचा अणू तयार होतो आणि प्रचंड ऊर्जा निर्माण होते. यास केंद्रकीय संमिलन असे म्हणतात. उदा. हायड्रोजनचे अणू संयोग पावून जड हायड्रोजन अणू (ड्युटेरियम) तयार होतो व ऊर्जा निर्मिती होते.

### अणुकेंद्रकीय विखंडन (Nuclear Fission)

किरणोत्सारी मूलद्रव्यांच्या अणूचे विखंडन त्याच्या निम्यापेक्षा थोडे कमी वस्तुमान असलेल्या दोन मूलद्रव्यात होते. या प्रक्रियेत प्रचंड ऊर्जा उत्पन्न होते. दोन हलक्या अणूंचे वस्तुमान मूळ अणूच्या वस्तुमानापेक्षा थोडेसे कमी असते. या क्रियेस अणुकेंद्रकीय विखंडन असे म्हणतात. दोन्ही अणूंचे वस्तुमान कमी होते. कमी झालेल्या वस्तुमानाचे रूपांतर  $E=mc^2$  या सूत्रानुसार प्रचंड ऊर्जेत होते.



केंद्रकीय संमिलन घडून येण्यासाठी प्रचंड तापमानाची गरज असते. हे तापमान सुमारे 40 लाख [40,00,000 C°] इतके प्रचंड असते. आपला सूर्य आणि इतर ता-यांमध्ये याच प्रकारे ऊर्जा निर्मिती होत असते. हायड्रोजन बॉम्ब तयार करण्यासाठी ही प्रक्रिया वापरली जाते.



### तुम्हाला माहिती आहे का ?

जर अनियंत्रित शृंग्रला अभिक्रिया चालू केली तर अभिक्रियेत तयार झालेले मुक्त इलेक्ट्रॉन्स सेकंदाच्या काही भागात संपूर्ण युरेनियमच्या तुकड्यांमध्ये विखंडन अभिक्रिया घडवून आणतात आणि क्षणार्धात विध्वंसक अणुस्फोट होतो. अमेरिकेने दुस-या महायुद्धामध्ये जपानच्या हिरोशिमा आणि नागासकी या दोन शहरावर अणुबॉम्ब टाकले होते.

### अणू ऊर्जेचे उपयोग -

अणू ऊर्जा नवीकरणअयोग्य ऊर्जा स्रोत आहे. अणूसंमिलन किंवा विखंडन प्रक्रियेत युरेनियम वापरल्यानंतर त्याचा -हास होतो. त्याचा पुनर्वापर करता येत नाही. अणू ऊर्जेचे पुष्कळ उपयोग आहेत.

- अणू भट्टीमध्ये निर्माण झालेली अणू ऊर्जा विद्युत ऊर्जेत रूपांतरित करता येते.
- मोठ्या बोटी आणि पाणबुड्या यांना अणू ऊर्जा पुरवितात. त्यामुळे बोटींना सतत इंधन पुरवठा करण्याची गरज रहात नाही. या बोटी खोलवर समुद्रात दीर्घकाळापर्यंत प्रवास करू शकतात.
- अणूभट्ट्यांमध्ये होणा-या क्रियांमध्ये मूलद्रव्यांची किरणोत्सारी अपरूपे (Radioisotopes) तयार होतात. या अपरूपांचा वापर वैद्यकशास्त्र, शेती, विज्ञान आणि संशोधनात होतो.

### अणू ऊर्जेचे तोटे -

जीवाश्म इंधनाला पर्याय म्हणून अणूऊर्जेचा वापर वाढत आहे. परंतु तो तितकाच धोकादायकही आहे. या प्रक्रियेत बाहेर पडणारी विषारी प्रारणे आणि निर्माण होणारे किरणोत्सारी त्याज्य पदार्थ हे दोन मोठे धोके आहेत. याविषयी आपण आणखी माहिती घेऊ.

- अणू ऊर्जा निर्मिती करताना अपघाताने विषारी प्रारणांची गळती झाल्यास प्रारणे सजीवांच्या (मानवांच्या) शरीरात खोलवर घुसून पेशींचे न भरून येणारे प्रचंड नुकसान करतात असे होऊ नये म्हणून अणूभट्ट्यांवर प्रारणे शोषून घेणा-या शिसासारख्या धातूचे जाड कवच असते. तरीसुद्धा अपघाताने प्रारणांची गळती होण्याचा धोका आजूबाजूच्या प्रदेशाला आणि पर्यावरणाला असतोच. अणूभट्ट्यांमध्ये झालेले दोन मोठे अपघात आठवत असतीलच. त्यापैकी पहिला अपघात अमेरिकेतील श्रीमाईल आयलंड या ठिकाणी आणि दुसरा अपघात (तेव्हांचा) रशिया या देशातील चेर्नोबिल या ठिकाणी झाला. विषारी प्रारणे बाहेर पडल्यामुळे पर्यावरण, सजीव यांची प्रचंड प्रमाणावर हानी झाली. इतकी की या हानीचा संपूर्ण तपशील अद्याप तयार होऊ शकला नाही.



- दुसरा महत्त्वाचा मुद्दा म्हणजे या प्रक्रियेत (विंग्रडन/संमिलन) तयार झालेल्या प्रचंड विषारी किरणोत्सारी पदार्थांची विल्हेवाट लावण्याची समस्या, अणुऊर्जा निर्मितीमध्ये विषारी प्रारणे बाहेर टाकणारे अनेक किरणोत्सारी पदार्थ निर्माण होतात. या पदार्थांना किरणोत्सारी उत्सृष्ट पदार्थ (Nuclear waste) असे म्हणतात. सध्या तरी सर्व उत्सृष्ट पदार्थ शिशाच्या जाड पिंपात भरून भूगर्भात खोलवर गाडून ठेवतात. अजून आपल्याला या उत्सृष्ट पदार्थांची विल्हेवाट लावण्याचा सुरक्षित आणि समाधानकारक मार्ग सापडला नाही.

तरीसुद्धा जीवाश्म इंधनापेक्षा अणू इंधन वापरणे खालील कारणामुळे सोयीचे जाते.

- जीवाश्म इंधने वापरल्याने मोठ्या प्रमाणावर हानीकारक त्याज्य वायू निर्माण होतात. अणूभट्टीमध्ये अणू इंधनाचे ज्वलनच होत नाही. त्यामुळे हानीकारक वायू निर्मिती होत नाही.
- अत्यंत थोड्या अणूइंधनापासून प्रचंड ऊर्जा निर्मिती होते.



### सरावासाठी प्रश्न 12.2

- कोणत्याही चार नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोतांची नावे सांगा. प्रत्येक स्रोताचा एक फायदेशीर गुणधर्म सांगा.
- अणू ऊर्जा हा जीवाश्म इंधनांना अतिशय चांगला पर्याय आहे. परंतु हा पर्याय मोठ्या प्रमाणावर वापरला जात नाही हे सकारण सांगा.
- ऊर्जेसाठी नैसर्गिक वायू वापराला असणा-या मर्यादा सांगा.

### 12.3 : नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोत [ Renewable Energy Sources]

सध्या जागतिक पातळीवर ऊर्जेची सर्व गरज जीवाश्म इंधने- कोळसा, खनिज तेल आणि नैसर्गिक वायू भागवत आहेत. परंतु हे नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोत आहेत आणि यांचे साठे सुद्धा मर्यादित आहेत. त्याचप्रमाणे जीवाश्म इंधनांचा पर्यावरणावर होणा-या दुष्परिणामांवर देखील लक्ष देणे आवश्यक आहे.

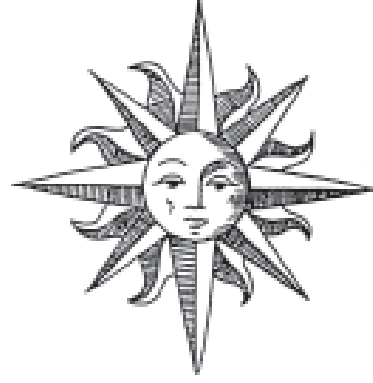
यावर पर्याय म्हणजे पर्यावरणपूरक नैसर्गिक इंधनांचा शोध घेणे होय. अशी नवीकरण योग्य आणि नैसर्गिक इंधने पुष्कळ आहेत. एवढेच नव्हे तर ही इंधने मोठ्या प्रमाणावर सुद्धा उपलब्ध आहेत. पाणी, वारा, सूर्यप्रकाश, भूगर्भीय ऊर्जा, समुद्राच्या लाटा, हायड्रोजन वायू, जैववस्तुमान (biomass) ही त्यापैकी काही इंधने आहेत. ही इंधने वापरण्यात आणखी सुद्धा काही फायदे आहेत.

- नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोतांमुळे प्रदुषके, हरितगृह वायू आणि विषारी पदार्थ निर्माण होतात. नवीकरणयोग्य इंधनामुळे या सर्व गोष्टी ब-याच प्रमाणात कमी होतील.
- नवीन इंधनामुळे पर्यावरणाचा समतोल राखण्यास मदत होईल. त्याचप्रमाणे नवीकरण योग्य ऊर्जा स्रोतांचे संवर्धन करण्यासही मदत होईल.
- नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोत अविनाशी आहेत.



### 12.3.1 : सूर्य- ऊर्जेचा मूलभूत स्रोत-

गेली काही अब्ज वर्षे सूर्य पृथ्वीला ऊर्जा पुरवत आला आहे. आणि अजून काही अब्ज वर्षे तो पृथ्वीला ऊर्जा पुरवणार आहे. सर्व प्राणी बहुतांशी वनस्पतीपासून ऊर्जा प्राप्त करतात. त्यामुळे सूर्य हा प्राणी आणि वनस्पती यांचा जीवनाधार आहे असे म्हणण्यास हरकत नाही. एवढेच नव्हे तर दूध, अंडी, तूप यात साठवलेली ऊर्जा सुध्दा सौर ऊर्जाच आहे. सूर्य हा सर्व सजीवांचा ऊर्जा स्रोत आहे. अणू केंद्रकीय ऊर्जेव्हेरीज सर्व ऊर्जांचा सूर्य हाच स्रोत आहे. जीवाश्म इंधने, जैव इंधने आणि नैसर्गिक वायू यामध्ये सौर ऊर्जा साठविली आहे. वारे आणि वाहत्या नद्यासुध्दा नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोत असून त्यांना सुध्दा सूर्याकडूनच ऊर्जा मिळते.



आ. 12.1 सूर्य

भविष्यकाळात सूर्य हाच सर्वात मोठा नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोत राहणार आहे. सूर्य असे पर्यंत ही ऊर्जा आपणास मिळणार आहे. पृथ्वीवर येणा-या सौर प्रारणापैकी 30 टक्के प्रारणे वातावरणाच्या थरात शोषून घेतली जातात. उरलेली 70 टक्के प्रारणे ढग, जमीन आणि समुद्राकडून शोषली जातात.



### आ. १२.२ शेतीसाठी (पाणी काढण्यासाठी) सौर फलकाचा वापर.

सर्वसामान्यपणे सौर ऊर्जेचा वापर पाणी तापवणे, अन्न शिजविणे, विद्युत ऊर्जा निर्मिती, समुद्राचे पाणी पिण्यायोग्य करणे यासाठी केला जातो. सौर घटात सौर ऊर्जेचे रूपांतर विद्युत ऊर्जेत केले जाते. सौर ऊर्जेचा वापर रस्त्यावरील दिव्यांसाठी केला जातो.

सौर ऊर्जेवर चालणाती वाहनेसुध्दा आहेत. आपल्या घरामध्ये सौर ऊर्जा आपण पाणी तापवण्यासाठी तसेच पोहोण्याच्या तलावामधील पाणी गरम करण्यासाठी वापरतो. मोठ्या प्रमाणावर सौर ऊर्जेचा वापर विद्युत ऊर्जा निर्मिती, वाहने चालवणे, अंतराळयाने यामध्ये करता येईल.

उर्जा



टिपा



आ. १२.३ सौर ऊर्जा संग्राहक फलक

आ. १२.४ सौर कुकर.

### सौर ऊर्जेचे फायदे -

अनादि कालापासून आपण उष्णता व प्रकाश यासाठी सौर ऊर्जा वापरत आहोत.

- सौर ऊर्जेच्या वापरामुळे रासायनिक त्याज्य पदार्थ किंवा विषारी वायू यांची निर्मिती होत नाही. सौर ऊर्जा प्रदुषण मुक्त ऊर्जा स्रोत आहे.
- सौर ऊर्जा तापमान वाढविण्यासाठी किंवा प्रकाश मिळविण्यासाठी वापरता येते.
- सूर्य ऊर्जेचा शाश्वत आणि मोफत स्रोत आहे.
- सौर ऊर्जा विद्युत ऊर्जेत रूपांतरित करता येते आणि विद्युत ऊर्जा सर्वत्र वापरता येते.

### सौर ऊर्जा वापरातील मर्यादा -

सूर्य जरी सर्व ऊर्जा स्रोतांचा स्रोत असला तरी सौर ऊर्जा वापरावर काही मर्यादा आहेत.

1. सौर ऊर्जा यंत्रे फक्त सूर्यप्रकाशातच ऊर्जा निर्मिती करू शकतात. रात्री किंवा ढगाळ वातावरण असताना ही यंत्रे ऊर्जा निर्मिती करू शकत नाहीत.
2. सौर ऊर्जा निर्मिती केंद्र उभारणे अत्यंत खर्चिक आहे.
3. सौर ऊर्जा निर्मितीसाठी उभारण्यात आलेले सौर फलक (Solar Panels) महाग असतात. तसेच ते वारंवार स्वच्छ करावे लागतात.

### 12.3.2 : पवन ऊर्जा (Wind Energy) -

पवन ऊर्जा हा पर्यावरणपूरक ऊर्जा स्रोत आहे. सौर ऊर्जेप्रमाणे पवन ऊर्जा तयार करणे हे हवामान आणि पवनचक्की परिसरावर अवलंबून असते. पवन ऊर्जा हा सर्वात जुना, सर्वात स्वच्छ



आ. १२.५ पवनचक्की



(प्रदूषण विरहीत) सर्वात जास्त प्रगतशील (most developed) ऊर्जा स्रोत आहे. पवन चक्की पासून मोठ्या प्रमाणावर विद्युत ऊर्जा निर्मिती करण्यास बराच मोठा वाव आहे. तुम्ही भिरभिरे पाहिले असेलच. भिरभिरे फिरवले असता काय दिसते? भिरभि-याची पाती फिरू लागतात. यावरून वारा ऊर्जा पुरवितो हे आपल्या लक्षात येते.



### पवन ऊर्जेचे फायदे -

- पवन ऊर्जा स्रोत मोफत आणि खात्रीशीर आहे.
- पवन ऊर्जा प्रदूषण मुक्त आहे.
- जीवाश्म इंधनापासून ऊर्जा निर्मिती केल्यानंतरदूषित द्रव्ये उरतात.परंतु पवन ऊर्जा निर्मितीनंतर दूषित द्रव्ये उरत नाहीत.
- वारा (पवन) हा न संपणारा शास्वत ऊर्जा स्रोत आहे.
- पवनचक्क्यांच्या परिसरात अजूनही शेती होते, गुरे चरतात. त्या ठिकाणी जैव इंधने तयार करता येतील.
- पवनचक्कीचा परिसर शेतीसाठी वापरता येईल.
- समुद्रकिनारी पवन शेतीचा (Wind -farms) प्रयोग करता येईल.
- वरील स्थळ पर्यटण क्षेत्र म्हणूनही वापरता येईल.

आ. १२.६ भिरभिरे

### पवन ऊर्जा वापरातील मर्यादा -

- पवन ऊर्जा सर्व स्थळी सर्व वेळ उपलब्ध होत नाही. आणि ती साठविता येत नसल्याने निर्मिती क्षणीच ती वापरावी लागते.
- अखंड ऊर्जा निर्मितीसाठी एकाच दिशेने एकाच गतीने वारा वाहणे आवश्यक आहे. वा-याची गती कमी झाल्यास विद्युत निर्मितीसुद्धा कमी होते.
- पवन शेतीचा परिसर प्रचंड गोंधळाचा आणि आवाजाचा असतो त्यामुळे स्थानिक रहिवासी त्याला विरोध करतात.
- मोठ्या आकाराची पवन शेती परिसराचे सौंदर्य घालवते.
- पवनचक्की वन्य जीवनाच्या दृष्टिने धोकादायक आहे. पवनचक्कीच्या पात्यात पक्षी अडकतात.

आपल्या देशाच्या ब-याच भागामध्ये नेहमी जोरदार वारे वाहत असतात. त्या ठिकाणी उभारण्यात आलेल्या पवनचक्क्या पाणी उपसण्यासाठी आणि विद्युत ऊर्जा निर्मितीसाठी उपयोगी पडतात. आता पवनचक्कीचे कार्य कसे चालते ते पाहू.



उर्जा



टिपा

### पवनचक्कीचे कार्य —

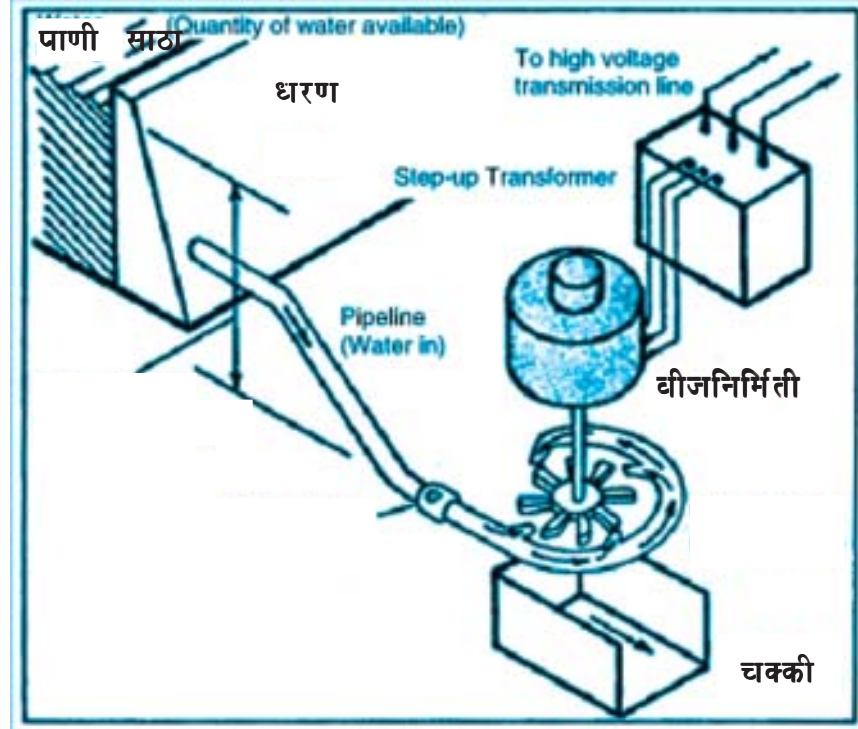
पवनऊर्जेचे रूपांतर दुस-या प्रकारच्या ऊर्जेमध्ये करण्यासाठी पवनचक्की वापरतात. पवनचक्कीला पाती असतात. पवनचक्कीची पाती वा-याच्या दिशेला काटकोनात बसवलेली असतात. या पात्यांमधून वारा गेला असता ही पाती फिरू लागतात. चक्की विद्युत निर्मिती संचाला जोडलेली असते. हा संच यांत्रिक ऊर्जेचे रूपांतर विद्युत ऊर्जेत करतो. पाती वा-याच्या दिशेने अशी बसवलेली असतात की त्यांना महत्तम गती प्राप्त व्हावी व त्यापासून जास्तीत जास्त विद्युत निर्मिती व्हावी.

पूर्वीच्या काळी पवनचक्क्यांचा वापर धान्य दळणे, पाणी उपसणे यासारख्या यांत्रिक कामासाठी करण्यात येत असे. पवनशेतीमध्ये शेकडो पवनचक्क्या असतात. आता पवनशेतीमधून मोठ्या प्रमाणावर विद्युत निर्मिती केली जाते. ही वीज राष्ट्रीय विद्युत प्रसारणासाठी वापरली जाते. छोट्या प्रमाणावर वीज निर्माण करून ती घरात वापरली जाते. खेड्यात दूरवर असलेल्या वस्तीसाठी ही वीज अत्यंत उपयोगी आहे. पवनचक्कीसाठी वा-याची गती 25 km/h असणे आवश्यक आहे. कारण या गतीमुळेच पंखे फिरतात.

### 12.3.3 : जलऊर्जा (Hydroelectric Energy)-

वाहत्या किंवा साठवलेल्या पाण्यात ऊर्जा असते. जलऊर्जा हा ऊर्जेचा मुख्य स्रोत आहे. परंतु याच्या वेसुमार वापरामुळे परिसराला आणि पर्यावरणाला हानी पोहोचते.

### जल विद्युत ऊर्जेची निर्मिती -



आ. 12.7 जलविद्युत ऊर्जा निर्मिती





नैसर्गिक पाण्याच्या प्रवाहावर किंवा उंचावरून पडणा-या पाण्यावर जल विद्युत निर्माण केली जाते. उंचावरून पडणा-या पाण्यातील ऊर्जेचा वापर करून चक्कीला गती दिली जाते आणि विद्युत निर्मिती यंत्रामध्ये विद्युत निर्मिती केली जाते. नदीवर धरण बांधून व धरणामध्ये पाणी साठवून पाण्यामध्ये असलेल्या स्थितीज ऊर्जेचा वापर करून विद्युत निर्मिती करतात.

आ. 12.7 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे धरणात साठविलेले पाणी आपली स्थितीज ऊर्जा चक्कीच्या पात्यांना देते आणि विद्युत निर्मिती होते. जरी धरण बांधणे, विद्युत गृह उभारणे यासाठी पुष्कळ खर्च येत असला तरी धरण व विद्युत गृहाचा देखभालीचा खर्च अत्यंत कमी असल्याने विद्युत ऊर्जा अल्प दरात उपलब्ध होते.

जलसाठयाचा विद्युत निर्मितीची क्षमता जलसाठयाची उंची (खोली) वर अवलंबून असते. या उंचीस 'हेड' (head) असे म्हणतात. जितकी उंची जास्त तितकी विद्युत निर्मिती जास्त म्हणूनच धरणाची उंची नेहमी जास्त ठेवली जाते.

### जल विद्युत ऊर्जेचे फायदे -

- हा नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोत आहे.
- नवीकरणअयोग्य ऊर्जा स्रोतांच्या तुलनेत हा ऊर्जा स्रोत जास्त निर्मिती करणारा व किफायतशीर आहे.
- पाण्याचा पुरवठा सतत होत असल्याने विद्युत ऊर्जा अखंडपणे पुरविता येते.
- कोणत्याही रासायनिक पदार्थाचा वापर नसल्याने रासायनिक त्याज्य पदार्थ किंवा प्रदूषके निर्माण होत नाहीत.
- विद्युत निर्मितीसाठी वापरलेले पाणी शेतीसाठी वापरता येऊ शकते.

**जल विद्युत ऊर्जा वापरातील मर्यादा -** जरी पाणी जलविद्युत ऊर्जेचा मोठा स्रोत आहे. तरीसुद्धा त्यालाही काही मर्यादा आहेत.

- जल विद्युत ऊर्जा निर्मिती केंद्रे आपल्याला हव्या त्या ठिकाणी उभरता येत नाहीत. केंद्र निर्मितीचा प्रारंभिक खर्च प्रचंड असतो. त्यामुळे ही ऊर्जा निर्मिती केंद्र वाहत्या पाण्याचा प्रवाह ज्या ठिकाणी जोरदार असतो किंवा ज्या ठिकाणी पाण्याचा साठा उंचावर असतो त्या ठिकाणीच उभारतात. त्या ठिकाणी वीज निर्मिती करणे व्यावहारिक दृष्ट्या फायदेशीर होते.
- धरण निर्मितीचा खर्च प्रचंड असतो.
- पाण्याचा पुरेसा साठा किंवा पाण्याचा जोरदार प्रवाह आवश्यक असतो.

### 12.3.4 : भू-औष्णिक ऊर्जा [Geo Thermal Energy]-

भू-औष्णिक ऊर्जा हा ऊर्जेचा आणखी एक स्रोत आहे. पृथ्वीच्या अंतरंगात असलेल्या उष्णतेपासून भू-औष्णिक ऊर्जा मिळवितात. ऊर्जा मिळविण्याच्या सर्वात जुन्या स्रोतांपैकी हा एक स्रोत आहे.



रोमन साम्राज्यामध्ये प्रत्यक्ष अग्नि न पेटवता भू औष्णिक ऊर्जेचा वापर करून खोल्या उबदार राखत किंवा अंधोळीचे पाणी तापवत ज्या ठिकाणी जमीन अस्थिर आहे अशा भूप्रदेशात सध्या भू औष्णिक ऊर्जेचा वापर करून विद्युत ऊर्जा निर्माण केली जाते.

भू औष्णिक ऊर्जा कशी मिळवावी हा मोठा प्रश्न आहे. तुम्ही ज्वालामुखींबद्दल ऐकले असेलच. ज्वालामुखी भू औष्णिक ऊर्जेची मुख्य केंद्रे आहेत.

परिसरात जमिनीची जाडी अतिशय कमी असते. त्यामुळे भूगर्भातील उष्णता पृथ्वीच्या वरच्या थरापर्यंत येऊ शकते. ज्वालामुखीच्या क्षेत्रात ज्वालामुखीची बेटे तयार झालेली असतात. निरनिराळ्या खनिजांचे साठे झालेले असतात. उष्ण पाण्यांचे झरे निर्माण झालेले असतात. त्यामुळे हा भूभाग सर्वसामान्य भूगर्भपिक्षा अतिशय वेगळा दिसतो. या भू-औष्णिक केंद्रांमधून ऊर्जा वाफेच्या स्वरूपात मिळविली जाते. ही वाफ वापरून विद्युत निर्मिती केली जाते.

### भू-औष्णिक ऊर्जेचे फायदे -

- भू-औष्णिक केंद्र प्रदूषण मुक्त असते. जर ते केंद्र योग्य त्या दक्षतेने हाताळले तर उपद्रवकारक उत्सृष्ट पदार्थ (by-products) तयार होत नाहीत.
- भू-औष्णिक ऊर्जा केंद्रे चालविण्याचा खर्च अगदी कमी असतो. कारण तेथे फक्त पाण्याचा पंप घालविण्यासाठीच ऊर्जा लागते (ती मुद्धा ऊर्जा केंद्रातूनच घेतली जाते) शिवाय या ठिकाणी इंधन खरेदी, वाहतूक, ते शुद्ध करणे हा खर्च नसतो.
- भू-औष्णिक केंद्र हे स्वच्छ आणि स्वस्त ऊर्जा पुरविणारे उत्कृष्ट केंद्र असते.
- भू- औष्णिक केंद्राची ऊर्जा वापरून अखंड विद्युत पुरवठा करता येतो.
- भू-औष्णिक केंद्रे आकाराने लहान असल्याने त्याचा परिसरावर किंवा पर्यावरणावर काहीही (वाईट) परिणाम होत नाही.

### भू-औष्णिक ऊर्जा वापरातील मर्यादा -

जरी भू औष्णिक ऊर्जा फायदेशीर असली तरी तिच्या वापरावर काही मर्यादा आहेत.

- जर ऊर्जा निर्मिती केंद्र योग्य त-हेने हाताळले नाही तर प्रदूषके तयार होतात.
- जर भूपृष्ठ योग्य त-हेने खणले नाही तर घातक धातूके आणि वायू भूगर्भातून बाहेर पडतात.
- भू-औष्णिक ऊर्जा केंद्रे बराच काळ चालवल्यानंतर ती चालवण्यासाठी लागणारी वाफ (वाष्प ऊर्जा) न मिळण्याची शक्यता असते.



### तुम्हाला माहिती आहे का ?

घनाकृती पृथ्वीचे तीन प्रमुख भाग आहेत. पृथ्वीच्या केंद्रापाशी असणा-या भागास अंतर्गा भा (inner core) असे म्हणतात. यामध्ये पृथ्वीचा केंद्रबिंदू आहे. जसजसे आपण पृथ्वीच्या



केंद्राकडे जाऊ तसतसे तापमान आणि दाब प्रचंड प्रमाणात वाढतात. केंद्रापासून (अंतर्गाभ्यापासून) दूर आल्यास अंतर्गाभ्याच्या वरील थरास गाभा (outercore) असे म्हणतात. त्याच्यावरील भागास मध्यभागा (mantle) असे म्हणतात. मध्यभागावरील भाग म्हणजे पृथ्वीचा पृष्ठभागच होय. या भागास कवच (crust) असे म्हणतात. पृथ्वीच्या कवचाखाली पृथ्वीचा मध्यभाग असतो. या मध्यभागाची जाडी सुमारे 2900 किमी आणि तापमान सुमारे 870° सेल्सियस असते. मध्यभागाखाली खाली सुमारे 2,250 किमी जाडीचा पृथ्वीचा गाभा आहे. येथील तापमान प्रचंड म्हणजे 4,400 सेल्सियस ते 6,100 सेल्सियस इतके असते. गाभ्याखाली पृथ्वीच्या केंद्रापर्यंत पृथ्वीचा अंतर्गाभा असतो. हा अंतर्गाभा पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून सुमारे 6,400 किमी इतका खोल आहे. या अंतर्गाभ्याचे तापमान सुमारे 7000 सेल्सियस इतके असते. पृथ्वीच्या गाभ्याचे तापमान एवढे उच्च असल्यामुळेच आपणास भू-औष्णिक ऊर्जा मिळते.

### 12.3.5 : महासागर - ऊर्जेचा स्रोत -

पृथ्वीवरील महासागर हे नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोत आहेत हे वाचून आपणास नवलच वाटेल. महासागरापासून आपल्याला तीन प्रकारांनी ऊर्जा मिळविता येते. (i) लाटांपासून (ii) भरती-ओहोटी पासून (iii) महासागराच्या पाण्याच्या दोन थरात असलेल्या तापमानाच्या फरकापासून

यांची आपण थोडी माहिती घेऊ.

#### (i) लाटांपासून ऊर्जा निर्मिती-

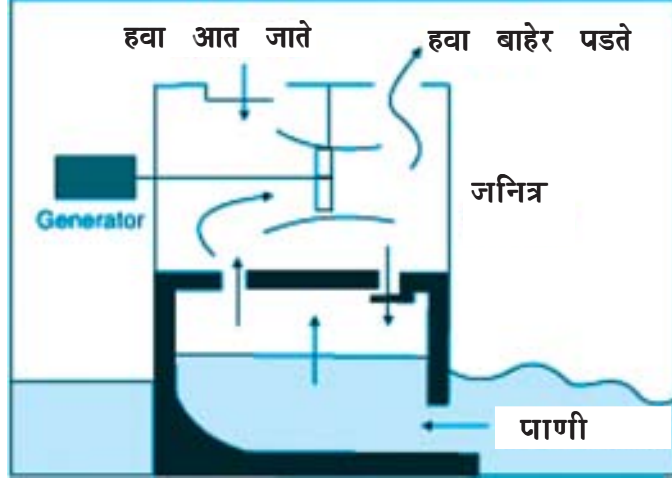
महासागरात सतत असमान उंचीच्या आणि असमान लांबीच्या लाट उसळत असतात. लाटांची वर खाली आणि पुढे मागे होतानाची ऊर्जा वापरून पंपामधील दट्टया वर खाली करता येतो. विद्युत चक्कीची पाती फिरविता येतात. एखाद्या बंदिस्त कोठीतील हवा काढून टाकता येते. महासागराच्या लाटांमध्ये गतिज ऊर्जा असते. या ऊर्जेमुळे चक्कीमध्ये (turbine) ऊर्जा निर्मिती होते. (आ. 12.8 पहा) आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे कोठीमधील हवा बाहेर पडते व कोठी पाण्याने भरते. बाहेर पडणा-या हवेमुळे चक्की फिरते त्यामुळे त्याच्याशी संबंधित असणारे वीज निर्मिती यंत्र (generator) देखील फिरते. लाट ओसरली असता पाणी कोठीमधून बाहेर पडते. चक्कीमधून हवा बंद दरवाजा उघडून परत कोठीत घुसते.

लाटांपासून ऊर्जा निर्मिती करणा-या अनेक पध्दतींपैकी ही एक पध्दत आहे. लाटांच्या वरखाली होण्याच्या गतीमध्ये असलेली ऊर्जा वापरून पंपामधील दट्टया वरखाली करता येतो. त्यापासून वीज निर्मिती सुध्दा करता येते. सध्या तरी लाटांपासून मिळणारी ऊर्जा जहाजांना इशारे देणा-या दीपगृहामध्ये आणि महासागरामध्ये जहाजांना इशारे देण्यासाठी ज्या खुणा (buoys) तरंगत ठेवलेल्या असतात, त्या खुणांना प्रकाशमान करण्यासाठी करतात.

उर्जा



टिपा



### आ. १२.८ लाटांपासून ऊर्जा निर्मिती

#### (i) भरती-ओहोटी पासून ऊर्जा निर्मिती -

सागरामध्ये योग्य ठिकाणी बंधारा घालून सागराला भरती आली असता ते पाणी बंधा-यात साठवितात. ओहोटीच्या वेळी हे पाणी जलविद्युत निर्मितीकेंद्रातून पाणी ज्या पध्दतीने बाहेर पडते, त्याच पध्दतीने बाहेर पडते आणि विद्युत निर्मिती होते. सध्या कॅनडा आणि फ्रान्स या देशांमध्ये भरती-ओहोटीपासून विद्युत निर्मिती करण्याचे प्रकल्प कार्यरत आहेत.

#### (ii) पाण्याच्या दोन थरात असलेल्या तापमानाच्या फरकापासून ऊर्जा निर्मिती -

महासागराच्या पृष्ठभागावर सूर्य किरण पडत असल्याने त्याचे तापमान वाढते. तो उबदार होतो. जसजसे सागरात खोलवर जाऊ तसतसे पाण्याचे तापमान कमी होते. हे पाणी अत्यंत थंड असते. म्हणूनच पाण्यात खोलवर उतरणारे लोक (स्कुबा डायव्हर्स - Scuba divers) उष्णता रोधक कपडे अंगावर घालतात. त्यायोगे शरीरातील उष्णता बाहेर पडू शकत नाही व शरीर उबदार राहते. पृष्ठभागावर असलेले गरम पाणी व खोलवर असलेले थंड पाणी यांच्यामध्ये असलेल्या तापमानाच्या फरकाचा वापर करून ऊर्जा निर्मिती करतात. या प्रक्रियेला 'सागरी तापमान ऊर्जा रूपांतरण' [Ocean Thermal Energy Conversion - OTEC] असे म्हणतात. तापमानातील या फरकाचा वापर करून ऊर्जा निर्मिती करणारे प्रकल्प उभा करता येतात. सध्या या प्रकारचा प्रकल्प जपानमध्ये कार्यरत आहे. आणि हवाई बेटावर नमुन्यादाखल तो उभा करण्यात आला आहे.

#### महासागर ऊर्जा - फायदे -

महासागरात होणा-या भरती-ओहोटी मध्ये प्रचंड ऊर्जा सामावलेली असते. पवनऊर्जेपेक्षा सागर ऊर्जा जास्त खात्रीशीर आहे. कारण लाटा शाश्वत आहेत आणि (लाटा उसळण्याची) वेळ अगोदर सांगता येते. पाण्याची घनता वा-याच्या घनतेपेक्षा कितीतरी जास्त असल्याने वा-यापासून वीज निर्मिती करण्यासाठी जितकी विद्युत निर्मिती यंत्रे लागतात, त्यापेक्षा कितीतरी कमी यंत्रांमध्ये तेवढीच वीज निर्मिती लाटांपासून करता येते.



### महासागर ऊर्जा- तोटे-

विद्युत निर्मिती केंद्राचा आजूबाजूच्या पर्यावरणावर अनिष्ट परिणाम होतो .

विद्युत निर्मिती केंद्राचा परिसर गाळाने भरल्यास तेथपर्यंत येणा-या लाटांचा ओघ,गती कमी होते म्हणून ऊर्जा कमी होते . पर्यायाने ऊर्जा निर्मिती घटते .

### 12.3.6 : जैव वस्तुमानापासून ऊर्जा -

जैववस्तुमान म्हणजे प्राणी आणि वनस्पतींचा टाकाऊ सेंद्रिय भाग होय . यामध्ये केरकचरा,उद्योग धंद्यातील टाकाऊ पदार्थ, शेतातील टाकाऊ पदार्थ,लाकूड,मैला,मैलापाणी आणि सजीवांचे निर्जीव भाग इत्यादी पदार्थ येतात . इतर सर्व स्रोतांप्रमाणेच जैववस्तुमानामध्ये सुध्दा सौर ऊर्जा सामावलेली आहे . म्हणून जैव वस्तुमान हा ऊर्जेचा उत्तम स्रोत आहे .

जैववस्तुमानात सौर ऊर्जा कशा प्रकारे सामावलेली असते हे, आपणास माहित आहे का? वनस्पती प्रकाश संश्लेषण क्रियेमध्ये सौर ऊर्जा ग्रहण करतात . वनस्पती प्राण्यांचा मुख्य आहार आहे . वनस्पतींमधील रासायनिक ऊर्जा प्राण्यांना दिली जाते .

जैव वस्तुमान जाळले असता जैव वस्तुमानामध्ये असणारी रासायनिक ऊर्जा उष्णता ऊर्जेत रूपांतरित होते . जैववस्तुमानामधून बाहेर पडणारी उष्णता ऊर्जा घरांना, उद्योग धंद्यांना तसेच विद्युत निर्मितीसाठी पुरविली जाते . जैव वस्तुमानाच्या ज्वलनामुळे पर्यावरणात विषारी द्रव्ये बाहेर टाकली जातात . मग जैववस्तुमान ऊर्जेचा चांगला स्रोत कसा होईल? जैव वस्तुमान न जाळता सुध्दा आपल्याला त्यापासून ऊर्जा मिळविता येईल का?

या प्रश्नाचे उत्तर होय असे आहे . जैव वस्तुमान जाळूनच त्यापासून ऊर्जा मिळविता येते,असे नाही . तर जैव वस्तुमानाचे रूपांतर ऊर्जा निर्मिती करणा-या अन्य पदार्थांमध्ये करून त्यापासून ऊर्जा मिळविता येते . उदा . जैव वायू किंवा मिथेन, इथेनॉल आणि जैव इंधन हे पदार्थ जैव वस्तुमानापासून तयार करतात आणि या पदार्थांपासून ऊर्जा निर्मिती करतात .

मिथेन वायू हा इंधनासाठी वापरण्यात येणा-या नैसर्गिक वायूचा मुख्य घटक आहे . कुजलेल्या जैव वस्तुमानाचा ढीग, डबकी,वनस्पतींचे आणि प्राण्यांचे उत्सर्जित पदार्थ यामधून मिथेन वायू बाहेर पडत असतो . मिथेन वायूला 'जैववायू' असे म्हणतात . जैव वायूचा इंधन म्हणून स्वयंपाकसाठी आणि प्रकाश मिळविण्यासाठी उपयोग करतात .

जैव वायू आणि जैव डिझेल ही जैव इंधने आहेत . ही इंधने सजीवांचे टाकाऊ भागांपासून बनवितात . (वनस्पतीज तेल व प्राण्यांची चरबी हे टाकाऊ भाग आहेत)

### जैव इंधनाची निर्मिती दोन प्रकारे करतात .

ज्या वनस्पतीमध्ये शर्करा आणि पिष्टमय पदार्थांचे प्रमाण जास्त आहे . अशा वनस्पतींची लागवड करतात .या वनस्पती कापून तुकडे करून एका मोठ्या पिपात भरतात . त्यामध्ये पुरेशा प्रमाणावर यीस्ट टाकून त्या आंबवितात . यापासून इथिल अल्कोहोल किंवा इथेनॉल या इंधनाची निर्मिती होते . मका,सोयाबीन,गहू,ऊस किंवा बीट यापासून इथेनॉल तयार करतात . वाहनांसाठी पेट्रोलऐवजी इथेनॉल

## उर्जा



टिपा

हा उत्तम इंधन पर्याय आहे . परंतु इथेनॉल वापरामुळे यंत्रणा लवकर गंजते . त्यासाठी पेट्रोल आणि इथेनॉल यांच्या मिश्रणातून यंत्रणेला न गंजविणारे आणि पर्यावरण पूरक इंधन तयार करण्यात आले आहे .

जैव इंधन निर्मितीच्या दुस-या प्रकारात ज्या वनस्पतींमध्ये तेलाचे प्रमाण जास्त आहे, अशा वनस्पती वाढवितात . आणि त्या वनस्पतींवर प्रक्रिया करून जैव डिझेल तयार करतात .

खालील तीन प्रकारांनी जैववस्तूमानाचा वापर ऊर्जा स्रोत म्हणून करता येतो .

- जैव वस्तूमान जाळून त्यापासून उष्णता ऊर्जा निर्माण करणे व त्यापासून वाफ निर्माण करणे .
- ऑक्सिजन विरहीत वातावरणात व जैववस्तूमान कुजवून मिथेन वायू तयार करणे .
- तेलाचे प्रमाण जास्त असणा-या वनस्पतींपासून जैव डिझेल तयार करणे .

**जैववस्तूमानाचा ऊर्जा स्रोत म्हणून वापर-फायदे .**

जैववस्तूमान हा शाश्वत ऊर्जा स्रोत आहे कारण आपण नेहमीच पिके घेतो . वनस्पती, झाडे वाढवितो . यापासून कायमच त्याज्य पदार्थांची निर्मिती होत असते .

जैव इंधन ऊर्जा स्रोत म्हणून वापरण्याचे फायदे खालीलप्रमाणे आहेत .

- जैव वस्तूमान न जाळता त्यापासून इतर मार्गांनी ऊर्जा मिळवल्यास ती पर्यावरण पूरक असते .
- जैव वस्तूमानापासून तयार होणारी जैववायू, जैव डिझेल ही इंधने स्वस्त आणि स्वच्छ ऊर्जा स्रोत आहे .
- पृथ्वीच्या पाठीवर कोठेही जैववस्तूमान उपलब्ध असते .
- जैव वस्तूमानाचा अवशिष्ट भाग खत म्हणून वापरता येतो .

**जैववस्तूमानाचा ऊर्जा स्रोत म्हणून वापर-मर्यादा-**

जैववस्तूमान हा नवीकरण योग्य आणि स्वच्छ ऊर्जा स्रोत असला तरी त्याच्या वापरावर काही मर्यादा आहेत .

- जैववस्तूमानापासून निर्माण केलेले जैव इंधन किंवा इथेनॉल हे पेट्रोल इतके कार्यक्षम नसते .
- जैववस्तूमान जाळले असता पर्यावरण प्रदूषित होते . आणि जागतिक तापमान वाढीस (Global Warming) मदत होते .
- जैव इंधनाचा महत्त्वाचा घटक मिथेन वायू अअहे . हा वायू पर्यावरण प्रदूषक आहे .
- जैव वस्तूमान जमा करणे, त्यावर प्रक्रिया करून इथेनॉल हे जैव इंधन तयार करणे हे इतर इंधनाच्या तुलनेत खर्चिक काम आहे .



### 12.3.7 : हायड्रोजन -भविष्यातील ऊर्जा स्रोत -

भविष्यकाळात हायड्रोजन वायू हा सगळ्यात मोठा पर्यावरणपूरक ऊर्जा स्रोत ठरण्याची शक्यता आहे. हायड्रोजन हा ऊर्जा स्रोत वापरल्यास कोळसा,पेट्रोल,डिझेल या परंपरागत ऊर्जा स्रोतांवरील अवलंबित्व कमी होईल.हायड्रोजन वापरामुळे पर्यावरण प्रदूषित करणारे हरित गृह वायू आणि प्रदूषके यांच्यात लक्षणीय घट होईल.

जेव्हा हायड्रोजन वायूचे ज्वलन होते तेव्हा पाण्याची वाफ तयार होते. हायड्रोजनच्या ज्वलनामुळे कार्बन डायऑक्साइड (CO<sub>2</sub>) तयार होत नाही हा हायड्रोजनचा सर्वात मोठा फायदा आहे. त्यामुळे हायड्रोजन वातावरण प्रदूषित करत नाही. सध्याच्या पेट्रोल-डिझेलवर चालणा-या अंतर्गत ज्वलन इंजिनापेक्षा हायड्रोजनवर चालणारे फ्युएल सेल (Fuel Cell) इंजिन जास्त कार्यक्षम आहे. गाडी पेट्रोलवर जेवढे अंतर धावेल त्याच्या दुप्पट अंतर पेट्रोल इतकेच वस्तुमान असलेल्या हायड्रोजन इंधनाने काटले जाईल.

वाहनांसाठी फ्युएल सेल हा अतिशय चांगला पर्याय असला तरी फ्युएल सेल तयार करणे,साठविणे,वितरीत करणे अतिशय अवघड आहे. फ्युएल सेल जेवढी ऊर्जा उत्पन्न करतो,त्यापेक्षा जास्त ऊर्जा फ्युएल सेल तयार करताना खर्च होते. म्हणून फ्युएल सेलच्या कार्यक्षमतेवर अजून संशोधन होणे आवश्यक आहे. हायड्रोजनवर चालविणे जाणारे वाहन चालविणे खर्चिक आहे. कारण वायूरूप हायड्रोजनचे ज्वलनशील द्रवरूप हायड्रोजनमध्ये रूपांतर करण्यासाठी प्रचंड ऊर्जा (पर्यायाने पैसा) लागते.



तुम्हाला माहिती आहे का ?

विश्वामध्ये सर्वात मोठ्या प्रमाणावर आणि सर्वत्र आढळणारा वायू हायड्रोजन वायू आहे.हायड्रोजन हे मूलद्रव्य सर्वात हलके मूलद्रव्य असून वातावरणाच्या तापमानाला आणि दाबाला ते वायूरूप अवस्थेत असते. हायड्रोजन वायू पृथ्वीच्या पाठीवर सापडत नाही. कारण हा वायू सगळ्यात हलका असल्याने तो वातावरणात वर निघून जातो. हायड्रोजन हे मूलद्रव्य इतर मूलद्रव्यांभरोबर संयोग पावते आणि संयुगे तयार करते. उदा. पाणी,कोळसा,पेट्रोलिअम इ.



### सरावासाठी प्रश्न 12.3

1. परंपरागत ऊर्जा स्रोतांपेक्षा आपल्या घरासाठी तुम्ही दुसरा कोणता ऊर्जा स्रोत निवडाल, ते सकारण सांगा.
2. जैववस्तुमान हे उत्कृष्ट इंधन आहे असे मानतात.परंतु आपल्या देशात जीवाश्म इंधनाऐवजी हे इंधन मोठ्या प्रमाणावर का वापरले जात नाही,याची कारणे सांगा.
3. सौर ऊर्जेचे कोणतेही पाच परंपरागत उपयोग सांगा.

## उर्जा



टिपा

## 12.4 : ऊर्जा रूपांतरण (Transformation of Energy)

आपण यापूर्वीच्या भागातून ऊर्जा अनेक रूपात अस्तित्वात असते, हे पाहिले आहे. एका प्रकारच्या ऊर्जेचे रूपांतर दुस-या प्रकारच्या ऊर्जेत करता येते याचीही आपणास कल्पना आहे. परंतु ऊर्जा निर्माण करता येत नाही. तसेच ती नष्टही करता येत नाही. आपण 'ऊर्जा वापरली' असे म्हणतो परंतु ऊर्जा कधीच वापरली जात नाही. (म्हणजेच ती वापरून संपत नाही.) तर तिचे रूपांतर एका ऊर्जा प्रकारातून दुस-या ऊर्जा प्रकारात होते. बहुतेक ऊर्जाचे रूपांतर उष्णता ऊर्जेत होते. परंतु ही ऊर्जा वातावरणात अशा प्रकारे विसरीत होते की या ऊर्जेचा शोधही घेता येत नाही. अगर तिचा उपयोगही करता येत नाही.

रोजच्या व्यवहारात ऊर्जेचे रूपांतरण कसे होते याची काही उदाहरणे आपण आता पाहू.

- अन्नपदार्थात रासायनिक ऊर्जा साठवलेली असते. अन्न ग्रहण करून आपले शरीर ही साठवलेली ऊर्जा वापरते. आणि काही काम करते. त्यावेळी या रासायनिक ऊर्जेचे रूपांतर गतिज ऊर्जेत होते. जेव्हा तुम्ही फुटबॉलच्या चेंडूला 'क्रिक' मारता त्यावेळी अन्नामधील रासायनिक ऊर्जेचे रूपांतर तुमचे स्नायू गतिज ऊर्जेत करतात. चेंडू उंच उडतो. वातावरणच्या घर्षणामुळे त्याची गती कमी होते आणि चेंडूच्या गतिज ऊर्जेचे रूपांतर उष्णता ऊर्जेत होते. (चेंडू किंचित गरम होतो.)
- मोटार पेट्रोल किंवा डिझेलमध्ये असलेली रासायनिक ऊर्जा वापरते. मोटारीचे इंजिन रासायनिक ऊर्जेचे रूपांतर उष्णता आणि गतिज ऊर्जेत करते. हलत्या वस्तूमध्ये उदा. पळणारी वाहने,वाहते पाणी,वारा यामध्ये गतिज ऊर्जा असते.
- औष्णिक विद्युत केंद्रात कोळशामधील रासायनिक ऊर्जेचे रूपांतर गरम वाफेच्या रूपाने उष्णता ऊर्जेत केले जाते. या उष्णता ऊर्जेचे रूपांतर चक्की फिरवून यांत्रिक ऊर्जेत केले जाते. यांत्रिक ऊर्जेचे रूपांतर विद्युत-जनित्राकडून विद्युत ऊर्जेत केले जाते. ही विद्युत ऊर्जा ऊर्जा वितरण व्यवस्थेतून गावे,शहरे,कारखाने इ. ठिकाणी पाठविली जाते. या ठिकाणी विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर पुन्हा उष्णता,प्रकाश,ध्वनी,यांत्रिक इ. ऊर्जेत होते.
- स्प्रिंगसारख्या ताणल्या आणि दाबल्या जाणा-या वस्तूमध्ये स्थितीज ऊर्जा असते.
- धरणात उंचावर साठवलेल्या पाण्यात स्थितीज ऊर्जा साठवलेली असते. ही स्थितीज ऊर्जा पाण्याचा वापर करून इतर ऊर्जा प्रकारात रूपांतरित करतात.
- गरम पदार्थ थंड होताना उष्णता ऊर्जा बाहेर टाकतात.इंधनात आणि बॅटरीच्या सेलमध्ये रासायनिक ऊर्जा साठवलेली असते. इंधनात आणि सेलमध्ये रासायनिक अभिक्रिया होऊन ऊर्जा निर्माण होते.
- जेव्हा आपण दूरध्वनीवरून संभाषण करतो,त्यावेळी दूरध्वनीमधील यंत्रणेमुळे ध्वनी ऊर्जेचे रूपांतर विद्युत ऊर्जेत होते. ही विद्युत ऊर्जा तारांमार्फत दुस-या टोकाला वाहून नेली जाते. दुस-या टोकाशी असलेली दूरध्वनी यंत्रणा या विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर ध्वनी ऊर्जेत करते व संभाषण होते.त्याचप्रमाणे दूरदर्शन संचात विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर प्रकाश आणि ध्वनी ऊर्जेत होते.





ऊर्जा अक्षय्यतेच्या नियमानुसार ऊर्जा निर्माण करता येत नाही किंवा नष्टही करता येत नाही. तिचे एका प्रकारातून दुस-या प्रकारात फक्त रूपांतर करता येते. ऊर्जा रूपांतरणाची सविस्तर चर्चा आपण दुस-या पाठात पाहणार आहोत.

### 12.5 : ऊर्जा संकट आणि त्यावरील उपाय - [ Energy Crisis and Its Mitigation]

सर्व क्रिया मग त्या मोठ्या असोत वा लहान असोत त्यांना कोणत्या ना कोणत्या स्वरूपात ऊर्जा लागतेच. ऊर्जा आपल्या अस्तित्वाचा आणि उन्नतीचा जीवनाधार आहे. विद्युत ऊर्जेचा पुरवठा अपुरा आणि अनिश्चित असल्यामुळे भारतातील कित्येक खेड्यात दिवस दिवस वीज नसते. शहरी भागात सुध्दा वीज पुरवठा समाधानकारक नसते. शहरात काही ना काही कारणासाठी बराच वेळ वीज पुरवठा बंद असतो. उन्हाळ्यात तर वीज पुरवठ्याची समस्या गंभीर होते. वाढती लोकसंख्या आणि त्या लोकसंख्येच्या वाढत्या गरजा यामुळे देशात विजेची मागणी सतत वाढत राहते वाढती राहणार आहे.

#### ऊर्जा संकट -

आपल्या देशात विजेच्या अपु-या आणि खंडीत पुरवठ्यामुळे अनेक समस्या निर्माण झाल्या आहेत. विजेची मागणी आणि पुरवठा यामधील अंतर सतत वाढत आहे. तसेच झपाट्याने वाढत जाणा-या इंधनाच्या किंमतीमुळे देशाच्या आर्थिक आणि सामाजिक उन्नतीवर गंभीर परिणाम झाला आहे. यालाच ऊर्जा संकट असे म्हणतात. सध्या सर्वच प्रगतीशील राष्ट्रांना ऊर्जा संकटास तोंड द्यावे लागत आहे. या ऊर्जा संकटाची कारण मीमांसा करू या.

#### 12.5.1 : ऊर्जा संकटाची कारण मीमांसा -

सध्या संपूर्ण जगाला पुरविल्या जाणा-या ऊर्जेपैकी 85% ऊर्जा कोळसा, खनिज तेल आणि नैसर्गिक वायू या जीवाश्म इंधनापासून पुरविली जाते. म्हणजेच आपण जीवाश्म इंधनाच्या युगात वावरत आहोत. परंतु या इंधनाची उपलब्धता काही दशकांपुरतीच मर्यादित आहे. आपल्या भारतापुरता विचार करावयाचा झाला तर भारताची 70% पेक्षा जास्त ऊर्जा निर्मिती कोळशापासून केली जाते. परंतु आपल्याकडील कोळशाचा साठा मर्यादित आहे आणि कोळशापासून ऊर्जा निर्मिती करताना प्रदूषण विषयक समस्या निर्माण होतात. जरी आपण कोळशाचे आणखी साठे शोधले तरी ऊर्जेची मागणी आणि पुरवठा यामधील दरी कमी होण्याची शक्यता नाही. खेडेगावातल्या लोकांना तर अजून सुध्दा रोज 2 ते 6 तास हिंडून स्वयंपाकासाठी इंधन गोळा करावे लागते. स्वयंपाकासाठी लाकूड वापरण्याच्या आपल्या सवयीमुळे जंगलांची वेसुमार कत्तल झाली आहे आणि वेसुमार प्रदुषण वाढले आहे. ऊर्जा संकटाची मूलभूत कारणे पुढीलप्रमाणे आहेत.

- आपल्याकडे कोळसा आणि खनिज तेल यांचे मर्यादित साठे असले तरी आपल्या ऊर्जा निर्मितीचा सर्व भार या साठ्यांवरच आहे.
- ऊर्जेची मागणी आणि पुरवठा यातील दरी सतत वाढत आहे. ज्या देशाकडून आपण इंधन आयात करतो, त्या देशांतच इंधनाच्या किंमती वाढत आहेत.



- लोक पर्यायी ऊर्जा साधने उदा . सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा, जैव वस्तुमान ऊर्जा वापरण्याबाबत उदासीन आहेत .
- उपलब्ध इंधनांच्या आवश्यकतेपेक्षा जास्त आणि चुकीच्या पध्दतीने वापर केला जात आहे .

### 12.5.2 : ऊर्जा संकटाची तीव्रता कमी करण्याचे उपाय - [ Methods of Mitigating Energy Crisis ] -

ऊर्जा संकटाची तीव्रता कमी करण्यासाठी शासनाने आणि जनतेने एकत्रित खंबीर पावले उचलली पाहिजेत .

- (a) भारतात ऊर्जा समस्येवर अणुऊर्जा वापरणे हा एक पर्याय उपलब्ध आहे . त्याचप्रमाणे आपण प्रगत राष्ट्रांशी अणुइंधन आणि अणुतंत्रज्ञान मिळविण्याच्या दृष्टीने करार केले आहेत . काही देशांमध्ये अणुऊर्जा वापरून इंधनसमस्या सोडविण्याचा प्रयत्न यशस्वी ठरला आहे . फ्रान्स देशामध्ये देशाला लागणा-या विद्युत ऊर्जेपैकी 75% पेक्षा जास्त विद्युत ऊर्जा अणुऊर्जेपासून मिळविली जाते .
- (b) सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा, नैसर्गिक वायू ऊर्जा, जैव वस्तुमान ऊर्जा, या नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोतांपासून ऊर्जा निर्मिती करण्यास प्रोत्साहन दिले गेले पाहिजे . सर्वात जास्त खनिज इंधन चार चाकी वाहनांना वापरले जाते . या वाहनांची कार्यक्षमता आणि प्रति लीटर चाल वाढविण्यासाठी संशोधन झाले पाहिजे . नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोतांपासून ऊर्जा मिळविणे सुध्दा गुंतागुंतीचे आणि खर्चिक काम आहे म्हणून आपण सर्वांनी ऊर्जा बचत व ऊर्जा संवर्धन या गोष्टींकडे गंभीरपणे आणि वारकाईने लक्ष देणे अत्यावश्यक आहे .
- (c) आपला देश शेतीप्रधान देश आहे . त्यामुळे उसापासून इथेनॉल व खाद्यतेलापासून जैव इंधन तयार करण्याच्या दृष्टीने विशेष प्रयत्न आवश्यक आहे .

वरील उपायांखेरीज ऊर्जा संकटाची कमी करण्यासाठी आपण रोजच्या व्यवहारात ऊर्जा बचतीची सवय लावून घेणे आवश्यक आहे . रोजच्या व्यवहारात ऊर्जा बचत कशी करावी याबाबतच्या उपयुक्त सूचना पुढे दिल्या आहेत .

### 12.5.3 : ऊर्जा बचत [Conservation of Energy] -

ऊर्जा संकटावर मात करण्याची गुरु किल्ली देशातील नागरिकांकडेच आहे . त्यासाठी आपण नवीकरणअयोग्य ऊर्जा जपून वापरले पाहिजेत . त्यांचे संवर्धन केले पाहिजे .

‘ऊर्जा बचत म्हणजेच ऊर्जा संवर्धन’ असे म्हणतात . म्हणून आपण ऊर्जा स्रोत काटेकोरपणे वापरले पाहिजेत . एवढेच नव्हे तर ऊर्जेची जास्तीत जास्त बचत केली पाहिजे . या ऊर्जा बचतीची सुरुवात आपण आपल्या घरापासूनच करू या . यासाठी काही उपयुक्त सूचना -

- गरज नसताना दिवे, पंखे आणि इतर विद्युत उपकरणे तावडतोब बंद करा . पाण्याचे नळ उघडे ठेवू नका .



- तांदूळ, डाळ शिजविताना भांड्यावर झाकण अवश्य ठेवा. डाळी शिजवावयाला टाकण्या अगोदर काही वेळ त्यात पाणी घालून त्या भिजत ठेवा. पदार्थ शिजवताना आवश्यक तेवढेच पाणी वापरा. यामुळे स्वयंपाक करताना ऊर्जा बचत साधली जाईल.
- ऊर्जा बचतीचा आणखी एक मार्ग म्हणजे कार्यक्षम उपकरणे वापरणे हा होय. दिव्याइतकी ऊर्जा क्षमता असलेली ट्यूब-लाईट दिव्यापेक्षा जास्त प्रकाश देते. दिवा किंवा ट्यूबलाईट पेक्षा नवीन आलेले LED व CFL दिवे जास्त कार्यक्षम जास्त प्रकाश देणारे आणि कमी ऊर्जा वापरणारे आहेत यासाठी काही देशांनी नेहमीच्या दिव्यांचा (bulbs) वापर करणे थांबविले आहे. अधिक कार्यक्षम आणि कमी इंधनात जास्त ऊर्जा देणा-या स्टोव्ह निर्मितीवर भर दिला पाहिजे. कमी इंधनात जास्त चाल देणारी वाहने वापरली पाहिजेत. त्यांची व्यवस्थित निगराणी राखली पाहिजे. जास्तीत जास्त कार्यक्षम आणि ऊर्जा बचत करणारी विद्युत उपकरणे वापरली पाहिजेत.

ऊर्जा बचत करणा-या फक्त काही बाबी येथे दिलेल्या आहेत. ज्या ठिकाणी ऊर्जेचा अपव्यय होतो अशा बाबी कटाक्षाने टाळल्या पाहिजेत. जर काही कामासाठी थोड्यात अंतरावर जावयाचे असेल तर मोटारसायकली ऐवजी सायकल वापरावी किंवा चालतच जावे. इंधन वाचविण्यासाठी स्वतःचे वाहन न वापरता सार्वजनिक वाहनांचा वापर करावा. कार्यालयात जाताना फक्त एकट्यासाठी वाहन वापरण्याऐवजी इतरांना भागीदार करून घ्यावे.



#### सरावासाठी प्रश्न 12.4

१. घरी आणि कार्यालयात ऊर्जा बचतीसाठी तुम्ही कोणते उपाय योजाल ?
२. आपल्या देशाला ऊर्जा संकटाला का तोंड द्यावे लागत आहे ?
३. 'ऊर्जा निर्माण करता येत नाही तसेच ती नष्ट ही करता येत नाही' या विधानाचे स्पष्टीकरण करा.



#### आपण काय शिकलो ?

- पृथ्वीवरील सर्व क्रियांसाठी ऊर्जा लागते. कार्य करण्याची क्षमता म्हणजेच ऊर्जा होय.
- सूर्य हा सर्व सजीवांचा ऊर्जा स्रोत आहे. ऊर्जा वापरताना आपण प्रत्यक्ष किंवा अप्रत्यक्षपणे सौर ऊर्जाच वापरत असतो.
- कोळसा आणि खनिज तेल ही जीवाश्म इंधने आहेत. आपल्या देशातील प्रमुख ऊर्जा स्रोत कोळसा आणि खनिज तेल हेच आहेत.
- नवीकरणयोग्य आणि नवीकरणअयोग्य ऊर्जा स्रोत संपत आले आहेत.
- नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोतांचा वापर वाढवला पाहिजे. त्यामुळे जीवाश्म इंधनांची बचत होईल आणि पर्यावरणही दूषित होणार नाही.



- ऊर्जा अनेक रूपात अस्तित्वात असते. एका प्रकारच्या ऊर्जेचे रूपांतर दुस-या प्रकारच्या ऊर्जेत करता येत नाही. तसेच ती नष्टही करता येत नाही. ऊर्जेचे रूपांतरण झाले तरी संपूर्ण प्रणालीतील ऊर्जा नेहमीच कायम असते.
- किरणोत्सारी मूलद्रव्याच्या अणूचे त्याच्या निम्न्यापेक्षा थोडे कमी असलेल्या दोन मूलद्रव्यात रूपांतर होणे म्हणजेच विखंडन होय. या प्रक्रियेत प्रचंड ऊर्जा उत्पन्न होते. कमी झालेल्या वस्तुमानाचे  $E = mc^2$  या सूत्रानुसार ऊर्जेत रूपांतर होते.
- ऊर्जा बचत करण्यासाठी ऊर्जा स्रोत जपून वापरले पाहिजेत. शक्य त्या ठिकाणी कमीत कमी ऊर्जा वापरून ऊर्जा बचत, ऊर्जा संवर्धन केले पाहिजे.



अंतिम प्रश्नसंग्रह

१. ऊर्जेची वेगवेगळी रूपे कोणती ?
२. पारंपारिक आणि अपारंपारिक ऊर्जा स्रोतांमधील फरक स्पष्ट करा.
३. पारंपारिक ऊर्जा स्रोत म्हणजे काय ? दोन उदाहरणे द्या.
४. पारंपारिक ऊर्जा स्रोतांपेक्षा अपारंपारिक ऊर्जा स्रोत वापरणे का योग्य आहे, त्याची कारणे सांगा.
५. 'सूर्य हा सर्व सजीवांचा ऊर्जा स्रोत आहे' या विधानाचे स्पष्टीकरण करा.
६. अणू ऊर्जेचे उपयोग सांगा.
७. अणू ऊर्जा निर्मितीमधील धोके सांगा.
८. ऊर्जा संकट म्हणजे काय? त्याची कारणे सांगा.
९. आपल्या देशातील ऊर्जा संकटाची तीव्रता कमी करण्यासाठी तुम्ही कोणते उपाय योजाल ?
१०. ऊर्जा बचतीची आवश्यकता सांगा.



पाठांतर्गत प्रश्नांची उत्तरे

12.1 :

1. (i) स्वयंपाक करणे - उष्णता ऊर्जा आणि इंधनाची रासायनिक ऊर्जा  
(ii) दिवा लावणे - विद्युत ऊर्जा आणि प्रकाश ऊर्जा  
(iii) परस्पर संवाद - ध्वनी ऊर्जा



- (iv) सायकल चालविणे - यांत्रिक ऊर्जा  
 (v) बॅटरी - सेलमधील रासायनिक ऊर्जा
2. (i) उष्णता (ii) प्रकाश (iii) विद्युत
3. नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोत - ज्या ऊर्जा स्रोतांचे त्यांच्या क्षमतेने नवीकरण होते आणि चक्रीय क्रमाने थोड्या कालावधीत ज्यांचे पुनरुत्पादन होऊ शकते अशा ऊर्जा स्रोतांना नवीकरणयोग्य ऊर्जा स्रोत असे म्हणतात .

नवीकरणअयोग्य ऊर्जा स्रोत - जे ऊर्जा स्रोत एकदा वापर केल्यानंतर नष्ट होतात व पुनर्वापरासाठी उपलब्ध होऊ शकत नाहीत . त्यांना नवीकरणअयोग्य ऊर्जा स्रोत असे म्हणतात .

### 12.2 :

1. (i) कोळसा - फायदा - स्वस्त आणि सहज उपलब्ध  
 (ii) खनिज तेल - फायदा - वाहतुकीसाठी उत्तम ऊर्जा स्रोत  
 (iii) नैसर्गिक वायू - फायदा - अतिशय स्वच्छ ज्वलनप्रक्रिया  
 (iv) अणू इंधन - फायदा - अणू इंधन जळत नाही त्यामुळे त्याज्य वायू निर्माण होत नाहीत .
2. अणू ऊर्जा हा पर्याय मोठ्या प्रमाणावर न वापरण्याची कारणे - अणू ऊर्जा केंद्राची उभारणी अत्यंत गुंतागुंतीची व कष्टप्रद क्रिया आहे . त्याच्या सुरक्षिततेसाठी प्रचंड पैसा खर्च होतो . ऊर्जा निर्मिती प्रक्रियेत निर्माण झालेले त्याज्य पदार्थ धोकादायक असतात .
3. ऊर्जेसाठी नैसर्गिक वायू वापराच्या मर्यादा -
- नैसर्गिक वायूचा साठा मर्यादित आहे . त्याची पुननिर्मिती होत नाही
  - नैसर्गिक वायूचा इंधन म्हणून वापर करताना त्या परिसरात सर्वत्र दुर्गंधी पसरते .

### 12.3 :

1. सौर ऊर्जा - कारण सौर ऊर्जा मोफत आणि सहजपणे उपलब्ध होते . ती आपण स्वयंपाकासाठी, पाणी तापविण्यासाठी आणि हिवाळ्यात घर उबदार राखण्यासाठी वापरू शकतो .
2. (i) जैववस्तूमान हे इंधन पेट्रोल एवढे कार्यक्षम नाही .  
 (ii) जैववस्तूमानाचा महत्वाचा घटक मिथेन वायू हा पर्यावरण प्रदूषक वायू आहे .  
 (iii) जैव वस्तूमान जमा करणे, त्यावर प्रक्रिया करून इथेनॉल हे जैव इंधन तयार करणे हे इतर इंधनाच्या तुलनेत खर्चिक काम आहे .



3. सौर उर्जेचे परंपरागत उपयोग - (i) कपडे वाळविणे (ii) पाणी तापविणे  
(iii) धान्य वाळविणे (iv) अंडी उववणे (v) खत वाळवणे

**12.4 :**

1. ऊर्जा बचतीचे उपाय -
  - (a) गरज नसताना दिवे, पंखे, विद्युत उपकरणे बंद करा.
  - (b) पाण्याचे नळ उघडे ठेवू नका.
  - (c) भाजी शिजविताना भांड्यावर झाकण ठेवा.
  - (d) पदार्थ शिजविताना आवश्यक तेवढेच पाणी वापरा.
  - (e) डाळी शिजवायला टाकण्याअगोदर काही वेळ त्या पाण्यात घालून भिजत ठेवा.
  - (f) कार्यक्षम उपकरणे वापरा
  - (g) इंधन बचतीसाठी स्वतःचे वाहन न वापरता सार्वजनिक वाहनांचा वापर करा.
  - (h) कार्यालयात जाताना एकट्यासाठी वाहन वापरण्याऐवजी इतरांना भागीदार करा.
2. ऊर्जा संकटाला तोंड का द्यावे लागते ?
  - १) कोळसा आणि खनिज तेल यांचे साठे मर्यादित परंतु ऊर्जा निर्मितीचा सर्व भार या साठ्यांवरच आहे.
  - २) ऊर्जेची मागणी आणि पुरवठा यातील दरी सतत वाढत आहे.
  - ३) ज्या देशातून आपण इंधन आयात करतो त्या देशातच इंधनाच्या किंमती वाढत आहेत.
  - ४) सौर, पवन, जैव वस्तुमान ही पर्यायी ऊर्जा साधने वापरण्याबाबत लोक उदासीन आहेत. उपलब्ध इंधनाचा आवश्यकतेपेक्षा जास्त आणि चुकीच्या पध्दतीने वापरा.
3. ऊर्जा निर्माण करता येत नाही. तसेच नष्टही करता येत नाही. याचा अर्थ तिचे एका प्रकारातून दुस-या प्रकारात फक्त रूपांतर करता येते. रूपांतर झाले तरीसुद्धा त्या संपूर्ण प्रणालीतील ऊर्जा कायम असते.



## 13

## कार्य आणि ऊर्जा

मागील पाठात आपण पदार्थावर बल लावले असता पदार्थाच्या गतीमध्ये आणि संवेगामध्ये बदल होतो. आणि पदार्थाचे विस्थापन होते, हे पाहिले आहे. या पाठात आपण कार्य, ऊर्जा आणि बल या मूलभूत संकल्पनाविषयी चर्चा करणार आहोत.

कार्य आणि ऊर्जा हे शब्द आपण नेहमी वापरतो. या पाठाचा अभ्यास करून विज्ञानाने या शब्दांच्या व्याख्या कशा केल्या आहेत व त्यांचा संबंध कसा स्पष्ट केला आहे, ते पाहू.

या पाठात आपण ऊर्जेची निरनिराळी रूपे, ऊर्जा रूपांतरणाची उदाहरणे आणि ऊर्जा रूपांतरण नियंत्रित करणारा निसर्गाचा मूलभूत नियम- ऊर्जा अक्षय्यता नियम पाहणार आहोत.



उद्देश :

या पाठाचा अभ्यास केल्यानंतर पुढील गोष्टी आत्मसात होतील.

- कार्य आणि ऊर्जा यांच्या व्याख्या आणि त्यांची SI पध्दतीतील एकके स्थिर बलाने केलेले कार्य.
- ऊर्जेची विविध रूपे व त्यांची उदाहरणे- यांत्रिक, औष्णिक, प्रकाश, ध्वनी, विद्युत, रासायनिक, अणू ऊर्जा
- स्थितीज आणि गतीज ऊर्जा—व्याख्या आणि उदाहरणे.
- ऊर्जा रूपांतरण उदाहरणे
- ऊर्जा अक्षय्यता नियम-व्याख्या आणि स्पष्टीकरण, उदाहरणे.
- बलाची व्याख्या आणि SI पध्दतीतील एकक.

## 13.1 : कार्य

कार्य हा शब्द आपण व्यवहारात नेहमीच वापरतो. सर्वसामान्यपणे वाचणे, लिहिणे, सायकल चालविणे याला आपण कार्य असे म्हणतो. परंतु विज्ञानामध्ये (भौतिक) कार्य या शब्दाला विशिष्ट

उर्जा



टिपा

अर्थ आहे. एखाद्या वस्तूवर क्रिया करणा-या बलामुळे त्या वस्तूचे बलाच्या दिशेने विस्थापन झाले, तरच कार्य झाले असे म्हणतात. याचाच अर्थ असा की,

- एखाद्या वस्तूवर क्रिया करणा-या बलामुळे त्या वस्तूचे बलाच्या दिशेने विस्थापन झाले नाही तर वैज्ञानिक दृष्टिने काहीही कार्य झाले नाही.

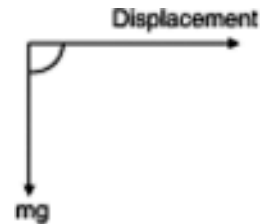
उदा- तुम्ही जेव्हा भिंतीवर जोर लावता आणि भिंत तसूभरही हालत नाही (विस्थापित होत नाही) त्यावेळी झालेले कार्य शून्य असते. (आ. 13.1)



**आ.13.1 भिंतीवर जोर लावता असता विस्थापन नाही, म्हणून कार्यही नाही.**

- एखाद्या वस्तूवर क्रिया करणा-या बलामुळे त्या वस्तूचे विस्थापन झाले नाही किंवा चल वस्तूवर लावलेल्या बलामुळे चल वस्तूच्या वेगात फरक पडला नाही, तर वैज्ञानिक दृष्टिने काहीही कार्य झालेले नाही. उदा. - सपाट रस्त्यावर एकाच वेगाने जाणा-या मोटारीमुळे काहीही कार्य होत नाही. कारण खर्च होणारे इंधन मोटारीच्या घर्षणबलाविरुद्ध कार्य करत राहते. त्यामुळे मोटारीच्या वेगात फरक होत नाही.
- जेव्हा बल आणि विस्थापन यामधील दिशा परस्परांना लंबरूप असतात आणि बलामुळे विस्थापन होत नाही. त्यावेळी बलामुळे झालेले कार्य शून्य असते.

उदा.- एक माणूस जड ओझे घेऊन सपाट रस्त्यावरून जात आहे. माणसाने लावलेले बल गुरुत्वाकर्षणाच्या विरुद्ध दिशेने आहे तर माणसाचे विस्थापन त्याच्याशी लंबरूप होत आहे. म्हणून बलामुळे झालेले कार्य शून्य आहे. (आ. 13.3) आ. 13.3 जड ओझे घेऊन सपाट रस्त्यावरचा जाणारा माणूस बलामुळे झालेले कार्य शून्य कारण बल व विस्थापन परस्परांना लंबरूप आहेत.







**13.2 : कार्य, बल आणि विस्थापन यामधील संबंध**

पदार्थावर प्रयुक्त केलेल्या बलाचे कार्य हे बलाचे परिणाम आणि पदार्थाचे बलाच्या दिशेने झालेले विस्थापन यांच्या गुणाकाराइतके असते.

∴ कार्य = बल × बलाच्या दिशेने झालेले विस्थापन.

जेव्हा बल आणि विस्थापन एकाच दिशेने असतात, तेव्हा झालेले कार्य बल आणि विस्थापन यांच्या गुणाकाराइतके असते.

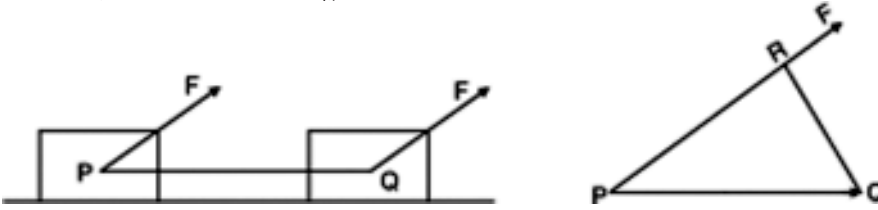
परंतु जेव्हा बल आणि विस्थापन यांच्या दिशा भिन्न असतात, तेव्हा झालेले कार्य बल आणि बलाच्या दिशेने झालेले विस्थापन यांच्या गुणाकाराइतके असते. (आ. 13.2 )

झालेले कार्य =  $W = \text{बल} \times \text{बलाच्या दिशेने झालेले विस्थापन}$ .

$$W = F \times PR \text{ and not } F \times PQ$$

कार्याचे SI एकक न्यूटन-मीटर (Nm) किंवा ज्यूल (J) हे आहे.

1 ज्यूल कार्य (ब्याख्या) 1 एक न्यूटन बलाच्या क्रियेमुळे वस्तूचे बलाच्या दिशेने एक मीटर विस्थापन होत असल्यास, झालेले कार्य 1 ज्यूल असते.



आ. 13.2 जेव्हा बल आणि विस्थापन यांच्या दिशा भिन्न असतात, त्यावेळी झालेले कार्य



**सरावासाठी प्रश्न 13.1**

1. अचूक पर्याय निवडा.
  - (i) केलेले कार्य शून्य असते, जेव्हा .....
    - (a) बल आणि विस्थापन एकाच दिशेने असतात.
    - (b) बल आणि विस्थापन परस्पर विरुद्ध दिशेने असतात.
    - (c) बल आणि विस्थापन परस्परांना लंबरूप असतात.
    - (d) बल आणि विस्थापन यांच्यामध्ये कोन असतो.
  - (ii) बलाने एक वस्तू ..... मीटर विस्थापित झाली असता कार्य होते.



- (a) 0.01                      (b) 0.1                      (c) 1                      (d) 10                      (e) 100m
- (iii) बलाने एक वस्तू ..... मीटर विस्थापीत झाली असता कार्य होते .
- (a) एक माणूस जिऱ्याच्या पाय-या चढत आहे .
- (b) पृथ्वीभेवती एका ठराविक परिघावर उपग्रह फिरत आहे .
- (c) रस्सीखेच खेळणा-या संघांनी दोर दोऱ्ही वाजूंनी ओढून स्थिर ठेवला आहे .
- (d) डोक्यावर जड ओझे घेऊन एक माणूस थांबला आहे .
2. 500 Kg वस्तुमानाची मोटार  $10 \text{ ms}^{-1}$  या एकसमान गतीने खडबडीत रस्त्यावरून जात आहे . मोटारीच्या इंजिनने 1000 N बल प्रयुक्त केले आहे . तर 10 सेकंदात यांचे गणन करा .
- (a) मोटारीवर कार्यरत असलेले एकूण बल                      (b) गुरुत्वीय बल
- (c) इंजिन बल                      (d) घर्षण बल

### 13.3 ऊर्जा आणि कार्य यांच्यामधील संबंध

जेव्हा आपण पुष्कळ वेळ मैदानावर खेळतो किंवा पुष्कळ वेळ घर आवरण्यासारखे कष्टाचे काम करतो, तेव्हा काही वेळानंतर आपण दमतो . आपणास खेळणे किंवा काम करणे जीवावर येते . आपणास भूकही लागते . थोड्या विश्रातीनंतर /खाण्यानंतर आपण पुऱ्हा ताजेंतवाने -खेळणे किंवा काम करण्यायोग्य होतो . या अनुभवाविषयी काय सांगता येईल .

आपण ज्या वेळी खेळतो किंवा काम करतो, त्यावेळी ऊर्जा खर्च होते आणि जास्त खेळण्यासाठी आणि जास्त कामासाठी ऊर्जा लागते .

शरीरामध्ये असणा-या ऊर्जेवर शरीराची काम करण्याची क्षमता ठरते . म्हणजेच,

शरीरामधील ऊर्जा = शरीराची काम करण्याची क्षमता .

ऊर्जा आणि कार्य यांचे एकक सारखेच म्हणजे ज्यूल (J) हे आहे . 100% ऊर्जेचे रूपांतर 100% कार्यात करता येत नाही . कारण व्यवहारात ऊर्जा रूपांतरण होताना काही ऊर्जा वाया जाते, काही ऊर्जा वापरली जात नाही . यांच्या स्पष्टीकरणासाठी खालील कृती करून पहा .

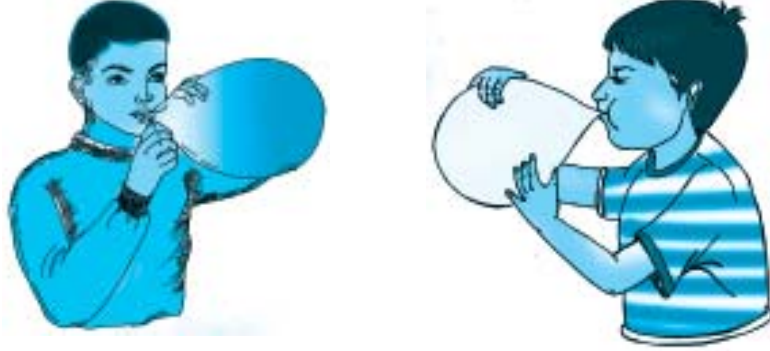


कृती 13.1

आलोक आणि कपील व-यापैकी लांब असणारे (10 सेमी) आ . 13.4 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे फुगवत होते . आलोक फुग्याच्या तोंडाच्या एका वाजूने फुगा फुगवत होता तर कपील फुग्याचे संपूर्ण तोंड तोंडात घेऊन फुगा फुगवत होता . (आ . 13.4)

- दोघांपैकी जास्त प्रयत्न कोण करत आहे ?
- दोघांपैकी जास्त कार्य कोण करत आहे?

ही कृती करा. कोणाचा फुगा जास्त फुगतो, ते पहा. त्याची कारणमीमांसा सांगा.



आ. 13.4 आलोक आणि कपील वेगवेगळ्या पध्दतींनी फुगा फुगवत आहेत.

वरील कृतीच्या निष्कर्षावरून आपण चूल पेटविण्यासाठी फुंकणीचा वापर का करतो, हे आपल्या लक्षात आले असेलच. (आ. 13.5)



13.5 चूल पेटविण्यासाठी फुंकणीचा वापर

टीप : फुंकणी वापरणे आरोग्यदृष्ट्या हानीकारक आहे. कारण त्यामुळे आरोग्य विषयक अनेक समस्या निर्माण होतात.

### 13.4 : ऊर्जेची विविध रूपे

आपण अन्न खाल्ल्याने आपणास अन्नातील रासायनिक ऊर्जा मिळते. ही ऊर्जा शरीरातील स्नायूंना दिली जाते. स्नायूंमधील ऊर्जेमुळे आपण काम करू शकतो. पंग्रा विद्युत ऊर्जेवर चालतो. चुंबकीय ऊर्जेमुळे ऊर्जा विविध रूपात आढळते. जसे यांत्रिक, औष्णिक, प्रकाश, ध्वनी, विद्युत रासायनिक आणि अणूऊर्जा ऊर्जेच्या या विविध रूपांची थोडी माहिती घेऊ.



ऊर्जा



टिपा

1) यांत्रिक ऊर्जा -

एखाद्या पदार्थात त्याच्या स्थितीमुळे (स्थितीज) किंवा त्याच्या गतीमुळे (गतिज) कार्य करण्याची क्षमता निर्माण होते तिला यांत्रिक ऊर्जा असे म्हणतात .

(a) **स्थितीज ऊर्जा** - एखादा हातोडा उंचावर नेऊन मातीच्या ढेकळावर घणला, तर ते ढेकूळ फुटून त्याचे बारीक बारीक तुकडे होतात . एखादा पदार्थ उंचावर गेला असता त्या पदार्थात कार्य करण्याची पात्रता निर्माण होते . म्हणजेच त्यामध्ये ऊर्जा येते .

पदार्थाच्या विशिष्ट स्थितीमुळे त्यात जी ऊर्जा सामावलेली असते . तिला 'स्थितीज ऊर्जा' असे म्हणतात .

एक जड वस्तू व दुसरी हलकी वस्तू एकाच उंचीवरून वाळूच्या ढिगावर टाकल्या असता जड वस्तू हलक्या वस्तूपेक्षा वाळूमध्ये सर्वात जास्त खोलवर जाते . कारण उंचीवरील वस्तूमध्ये जास्त स्थितीज ऊर्जा सामावलेली असते . यावरून स्थितीज ऊर्जा,

- वस्तूचे वजन ( $W=mg$  वजन = वस्तूमान  $\times$  गुरुत्वीय त्वरण) आणि
- वस्तूची जमिनीपासून असणारी उंची (h) यावर अवलंबून असते, हे लक्षात येते .
- स्थितीज ऊर्जा [Ep] वजन (w) आणि उंची (h) ामधील संबंध खालीलप्रमाणे आहे .

$$\text{स्थितीज ऊर्जा} = \text{वजन} \times \text{उंची}$$

(b) **गतिज ऊर्जा** - पदार्थाच्या गतिमान अवस्थेमुळे पदार्थास प्राप्त झालेल्या ऊर्जेस गतिज ऊर्जा असे म्हणतात . चालत्या वस्तूमधील गतिज ऊर्जा कोणत्या घटकांवर अवलंबून असते हे समजण्यासाठी खालील कृती करून पहा .



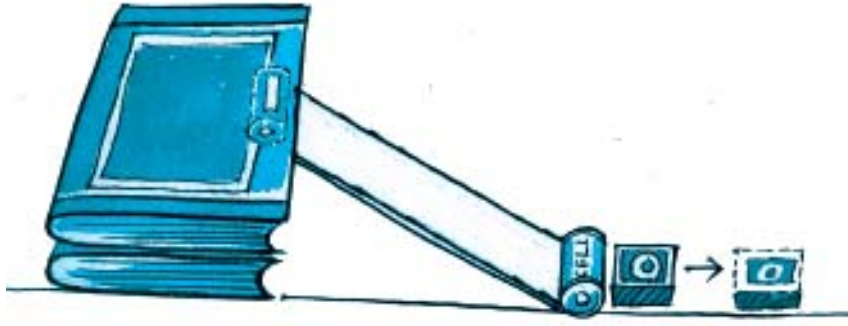
कृती 13.2

आ . 13.6 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे दोन जाड पुस्तके (प्रत्येकी 10cm जाडीची) एकावर एक ठेवा . आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे एक फुलस्केप वही पुस्तकांना तिरकी लावून ठेवा . वहीचा उपयोग घसरगुंडीसारखा होईल . वहीच्या तळाशी एक काडीपेटी वहीला चिकटवून ठेवा . एक पेन्सिल सेल घसरगुंडीच्या वरून सोडा . तो घरंगळत येऊन काडीपेटीवर आपटेल . काडीपेटी हालते का ?

होय ! घरंगळणा-या सेलमध्ये गतिज ऊर्जा असते . ती काडीपेटीला दिली जाते व काडीपेटी काही अंतर पुढे जाते . अशा रितीने हलणा-या वस्तूमध्ये कार्य करण्याची (गतिज) ऊर्जा असते .

आता काडीपेटी पूर्वीसारखीच वहीच्या तळाशी चिकटवून ठेवा आणि टॉर्चमधला सेल (आकाराने पेन्सिल सेलपेक्षा मोठा) घसरगुंडीच्या वरून सोडा तो घरंगळत येऊन काडीपेटीवर आपटेल .

काडीपेटी हलली आणि पेन्सिल सेलपेक्षा जास्त अंतर पुढे गेली . टॉर्चे सेलचे वस्तूमान पेन्सिल सेलपेक्षा जास्त आहे . त्यामुळे टॉर्चे सेलमध्ये जास्त गतिज ऊर्जा असते . त्यामुळे टॉर्च सेलकडून जास्त कार्य होते .



**आ. 13.6 स्थितीज ऊर्जेचे रूपांतर गतिज ऊर्जेत होते, हे दाखविणा-या प्रयोगाची मांडणी**

हाच प्रयोग घसरगुंडीची उंची वाढवून करा. काडीपेटी आणखी पुढे जाते का? यावरून निघणारा निष्कर्ष -

- ज्यावेळी वस्तू उंचावरून खाली होते, त्यावेळी तिच्यातील स्थितीज ऊर्जा कमी होत जाते आणि गतिज ऊर्जा वाढत जाते.
- गतिमान असणा-या वस्तूमध्ये असणारी गतिज ऊर्जा (KE) खालील बाबींवर अवलंबून असते.
  - (i) वस्तूचे वस्तुमान (m) – जितके जास्त वस्तुमान (त्याच गतीसाठी) तितकी जास्त गतिज ऊर्जा.
  - (ii) वस्तूचा वेग (v) – जितका जास्त वेग (त्याच वस्तुमानासाठी) तितकी जास्त गतिज ऊर्जा.

गतिमान वस्तूमध्ये असणारी गतिज ऊर्जा काढण्याचे सूत्र -

$$\text{गतिज ऊर्जा (Kinetic Energy) = KE} = \frac{1}{2}mv^2$$

**2) उष्णता ऊर्जा** - उष्णता हे ऊर्जेचे एकरूप असून ती, जेव्हा वातावरणातून आपल्या शरीरात येते, तेव्हा गरमपणाची जाणिव होते. आणि आपल्या शरीरातून वातावरणात जाते तेव्हा थंडपणाची जाणिव होते. उष्णता ऊर्जेविषयी पाठ 14 मध्ये सविस्तर माहिती दिली आहे.

**3) प्रकाश ऊर्जा** - ज्या ऊर्जेमुळे आपणास वस्तू दिसतात त्या ऊर्जेला प्रकाश ऊर्जा असे म्हणतात. प्रकाश ऊर्जेविषयी पाठ 15 मध्ये सविस्तर माहिती दिली आहे.

**4) विद्युत ऊर्जा** - विद्युत ऊर्जेमुळे दिवे लागतात, पंखे फिरतात, शेतावर पाण्याचे पंप चालतात. रेफ्रिजरेटर चालतो. रेडिओ, टी.व्ही चालतो. विद्युत ऊर्जा भारित कणांच्या हालचालींमुळे निर्माण होते. विद्युत ऊर्जेविषयी पाठ 16 मध्ये सविस्तर माहिती दिली आहे.

**5) चुंबकीय ऊर्जा** - चुंबक लोखंडाला आकर्षित करतो. चुंबकामध्ये कार्य करण्याची ऊर्जा असते. या ऊर्जेला चुंबकीय ऊर्जा असे म्हणतात.



6) **ध्वनी ऊर्जा** - ज्या ऊर्जेमुळे आपल्याला ऐकू येते, त्या ऊर्जेस ध्वनी ऊर्जा असे म्हणतात. ज्या वेळी वस्तू कंप पावते, त्यावेळी ही कंपनी माध्यमामार्फत आपल्या कानाच्या पडद्यावर आदळतात आणि आपल्याला आवाज ऐकू येतो.

7) **अणू ऊर्जा (अणू केंद्रकीय ऊर्जा)** - अणू ऊर्जा हा ऊर्जेचा अपारंपारिक स्रोत आहे. अणूंमध्ये होणा-या अभिक्रियांमुळे अगदी कमी वस्तूमानाचे प्रचंड ऊर्जेत रूपांतर होते. आणि ही ऊर्जा बाहेर पडते. भारत अणूऊर्जेचा वापर करून विद्युत ऊर्जा निर्मितीचा प्रयत्न करत आहे,याविषयी पाठ 12 मध्ये माहिती दिलेलीच आहे.



### सरावासाठी प्रश्न 13.2

1. कार्य आणि ऊर्जा या संज्ञांचे प्रत्येकी एक उदाहरण देऊन स्पष्टीकरण करा.

**रिकाम्या जागा योग्य त्या शब्दांनी भरा.**

- कार्य करण्याची क्षमता म्हणजे ..... होय.
- ऊर्जेच्या सर्व रूपांचे SI एकक ..... आहे.
- धरणाच्या पाण्यामध्ये..... प्रकारची ऊर्जा असते.
- पदार्थाच्या विशिष्ट स्थितीमुळे त्यात जी ऊर्जा सामावलेली असते,तिला ..... असे म्हणतात.
- पदार्थाच्या गतिमान अवस्थेमुळे पदार्थास प्राप्त झालेल्या ऊर्जेस ..... असे म्हणतात.
- $h$  उंचीवर स्थितीज ऊर्जा  $E_p$  आहे. उंचीवर स्थितीज ऊर्जा ..... आहे.
- $h$  उंचीवर असलेल्या वस्तूचे वस्तूमान  $m$  आहे. तिची स्थितीज ऊर्जा  $E_p$  आहे. तर  $h$  उंचीवरच परंतु वस्तूमान असलेल्या वस्तूची स्थितीज ऊर्जा आहे.
- $m$  वस्तूमान असलेली वस्तू  $v$  या गतीने जात आहे. तिची गतिज ऊर्जा  $E_k$  आहे. तीच वस्तू
- $m$  वस्तूमान असलेली वस्तू  $v$  या गतीने जात आहे. तिची गतिज ऊर्जा  $E_k$  आहे.  $2m$  वस्तूमान असलेल्या आणि  $v$  या गतीनेच जाणा-या वस्तूची गतिज ऊर्जा ..... आहे.

### 13.5 : ऊर्जा रूपांतरण आणि ऊर्जा संवर्धन [Energy Transformations and conservation]

यांत्रिक ,उष्णता, प्रकाश ,विद्युत चुंबकीय ,ध्वनी अणूकेंद्रकीय ही ऊर्जेची रूपे विशिष्ट परिस्थितीत दुस-या ऊर्जेत रूपांतरीत होऊ शकतात.



टिपा

एका ऊर्जेचे रूपांतर दुस-या ऊर्जेत होणे,यास ऊर्जा रूपांतरण असे म्हणतात .

खालील उदाहरणांवरून ऊर्जा रूपांतरणाची प्रक्रिया अधिक स्पष्ट होईल .

- धरणात साठविलेल्या पाण्यात स्थितीज ऊर्जेचे रूपांतर गतिज ऊर्जेत होते . वाहत्या पाण्यातील गतिज ऊर्जा विद्युत चक्कीला दिली जाते . तिच्यामध्ये गतिज ऊर्जा निर्माण होते, चक्कीला एक दांडा व दांडयाला तारेचे वेटोळे लावलेले असते . हे तारेचे वेटोळे चुंबकीय क्षेत्रात फिरते आणि गतिज ऊर्जेचे रूपांतर विद्युत ऊर्जेत करते .
- आपल्या घरामधील दिवा किंवा ट्युबलाईट विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर प्रकाश ऊर्जेत करते . विजेची शेगडी विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर उष्णता ऊर्जेत करते आणि विद्युत पंप विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर यांत्रिक ऊर्जेत करतो .
- पेन्सिल सेल रासायनिक ऊर्जेचे रूपांतर विद्युत ऊर्जेत करतो आणि सोलर सेल (सौर घट) प्रकाश ऊर्जेचे रूपांतर विद्युत ऊर्जेत करतो...दिवधातूक पट्टी(थर्मोकपल) उष्णता ऊर्जेचे रूपांतर विद्युत ऊर्जेत करते .
- वक्त्यापुढे असणारा मायक्रोफोन ध्वनी ऊर्जेचे रूपांतर विद्युत ऊर्जेत करतो आणि लाऊडस्पीकर विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर ध्वनी ऊर्जेत करतो .
- इंजिन उष्णता ऊर्जेचे रूपांतर यांत्रिक ऊर्जेत करते आणि यांत्रिक ऊर्जेने घर्षणाविरुद्ध केलेल्या कार्याचे उष्णतेत रूपांतर होते .

‘ऊर्जेचे रूपांतरण होताना त्या प्रणातील एकूण ऊर्जा नेहमी कायम असते’ यालाच ऊर्जा अक्षय्यतेचा नियम असे म्हणतात .



(a) प्रकाश संश्लेषण प्रक्रिया सौर ऊर्जेचे अन्नामधील रासायनिक ऊर्जेत रूपांतर



(b) फटाके वाजविणे रासायनिक फटाके रासायनिक ध्वनी ऊर्जामध्ये रूपांतर वाजविणे



(c) विद्युत दिवा विद्युत ऊर्जेचे प्रकाश ऊर्जेत रूपांतर

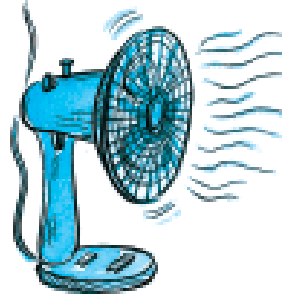


(d) लाऊडस्पीकर विद्युत ऊर्जेचे ध्वनी ऊर्जेत रूपांतर

ऊर्जा



टिपा



(e) पंखा विद्युत ऊर्जेचे गतिज ऊर्जेत रूपांतर



(f) व्यायाम - अन्नामधील रासायनिक ऊर्जेचे स्नायूमधील ऊर्जेत रूपांतर

आ.13.7 ऊर्जा रूपांतरणाची काही उदाहरणे.



### सरावासाठी प्रश्न 13.3

- 1) ऊर्जा रूपांतरणाचे प्रत्येकी एक उदाहरण द्या.
  - (i) रासायनिक ऊर्जेचे उष्णता ऊर्जेत.
  - (ii) यांत्रिक ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेत
  - (iii) उष्णता ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेत
  - (iv) प्रकाश ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेत.
- 2) रिकाम्या जागा भरा -
  - (i) मोटारीमध्ये विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर ..... ऊर्जेत होते.
  - (ii) विद्युत शेगडीमध्ये विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर..... ऊर्जेत होते.
  - (iii) मायक्रोफोन मध्ये ध्वनी ऊर्जेचे रूपांतर ..... ऊर्जेत होते.
  - (iv) लाऊडस्पीकरमध्ये विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर ..... ऊर्जेत होते.
  - (v) इंजिनमध्ये उष्णता ऊर्जेचे रूपांतर ..... ऊर्जेत होते.
  - (vi) जेव्हा आपण तळहात एकमेकांवर घासतो तेव्हा कार्याचे रूपांतर ..... ऊर्जेत होते.

### 13.6 : बल आणि बलाचे एकक

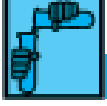
अर्ध्या अश्वशक्तीची मोटार पाणी काढण्यासाठी पुरेशी आहे. एक अश्व शक्तीच्या मोटारिने पोहोचण्याचा तलाव एका तासात भरतो, अशी विधाने तुम्ही ऐकली असतीलच. अश्व शक्ती (Horse Power) हे बलाचे एकक आहे. परंतु बल म्हणजे काय ? किती जलद बल म्हणजे कार्य करण्याचा दर होय. एकक कालावधीत झालेल्या कार्यास बल असे म्हणतात.

$$\text{बल} = \frac{\text{झालेले कार्य}}{\text{लागलेला वेळ}}$$



## कार्य आणि ऊर्जा

बलाचे SI एकक वॉट (W) आहे. 1 ज्यूल कार्य 1 सेकंदात करण्यासाठी जे बल लागते, त्या बलास 1 वॉट बल असे म्हणतात. बल अश्वशक्तीमध्ये सुध्दा मोजतात. अश्वशक्ती (1 Hp)= 746 वॉट्स.



### कृती 13.3

एक उंच जिना सावकाश चढा. तोच उंच जिना पळत पळत चढा. कोणत्या वेळी आपणास दम लागतो? का ?

दुस-या वेळी आपणास दम लागतो. कारण दुस-या वेळी आपण तो जिना कमी कालावधीत चढला, त्यामुळे खर्च करावे लागते.



### तुम्हाला माहिती आहे का ?

- पाण्याचा 200ml भरलेला पेला टेबलावरून तोंडापर्यंत (अंतर अर्धा मीटर) नेण्यासाठी 1J ऊर्जा खर्च करावी लागते.
- $\frac{1}{2}$  Kg वस्तुमानाचा फुटबॉल ३ मीटर उंच उडविण्यासाठी फुटबॉलपटूला 150 J ऊर्जा खर्च करावी लागते.
- 50 Kg वस्तुमान असलेली व्यक्ती जिना वर चढण्यासाठी 5000 J ऊर्जा खर्च करते.
- 20 लीटर पाण्याने भरलेली बादली 20 मीटर खोलीच्या विहिरीतून वर काढण्यासाठी 4000 J ऊर्जा खर्च करावी लागते.



### सरावासाठी प्रश्न 13.4

- 1) कमला एक जिना 5 मिनिटात चढते. सुरैया तोच जिना 3 मिनिटात चढते. दोघींचे वजन सारखेच आहे. तर
  - (i) दोघींपैकी जास्त कार्य कोण करते?
  - (ii) दोघींपैकी जास्त ऊर्जा कोण खर्च करते ?
- 2) 1.5 अश्वशक्ती ऊर्जेचे SI एककात रूपांतर करा.
- 3) एक क्रिकेटचा चेंडू व एक प्लॅस्टिकचा चेंडू समान उंचीवरून खाली टाकले. तर जमिनीवर कोणता चेंडू -
  - (a) अधिक ऊर्जेने आदळेल. (b) कमी शक्तीने आदळेल.

## विभाग ४

### उर्जा



टिपा



आपण काय शिकलो ?

- एखाद्या वस्तूवर क्रिया करणा-या बलामुळे त्या वस्तूचे बलाच्या दिशेने विस्थापन झाले, तर कार्य झाले असे म्हणतात .
- कार्य = बल  $\times$  बलाच्या दिशेने झालेले विस्थापन . [पदार्थावए प्रयुक्त केलेल्या बलाचे कार्य हे बलाचे परिणाम आणि पदार्थाचे बलाच्या दिशेने झालेले विस्थापन यांच्या गुणाकाराइतके असते .]
- कार्य करण्याच्या क्षमतेला ऊर्जा असे म्हणतात . शरीरामध्ये असणा-या ऊर्जेवर शरीराची कार्य करण्याची क्षमता अवलंबून असते .
- ऊर्जा विविध रूपात आढळते, जसे यांत्रिक, औष्णिक, प्रकाश, ध्वनी, विद्युत, रासायनिक आणि अणू ऊर्जा .
- यांत्रिक ऊर्जेचे स्थितीज आणि गतिज असे दोन प्रकार आहेत .
- एका ऊर्जेचे रूपांतर दुस-या ऊर्जेत होणे, यास ऊर्जा रूपांतरण असे म्हणतात .
- ऊर्जेचे रूपांतरण होत असताना ती निर्माण होत नाही किंवा तिचा नाश होत नाही . ऊर्जेचे रूपांतरण होताना त्या प्रणालीतील एकूण ऊर्जा नेहमी कायम असते . 'यालाच 'ऊर्जा अक्षय्यतेचा नियम असे म्हणतात .
- कार्य करण्याचा दर म्हणजे बल होय . बलाचे SI एकक वॅट हे आहे .



अंतिम प्रश्नसंग्रह

- 1) खालील संज्ञाच्या व्याख्या द्या . त्यांची SI एकके सांगा . (a) कार्य (b) बल (c) ऊर्जा
- 2) ऊर्जेची विविध रूपे सांगा .
- 3) ऊर्जा अक्षय्यतेचा नियम सांगा व उदाहरणे देऊन स्पष्टीकरण करा .
- 4) औष्णिक विद्युत ऊर्जा निर्मिती केंद्रातील ऊर्जा रूपांतरण सांगा .
- 5) 0.5 Kg वस्तूमानाच्या चेंडूमध्ये 100 J गतिज ऊर्जा सामावलेली आहे तर चेंडूचा वेग काढा .
- (6) 100 Kg वस्तूमानाची वस्तू 10 m वर उचलली तर,
  - (a) झालेले कार्य काढा .
  - (b) त्या उंचीवरची वस्तूमध्ये असणारी स्थितीज ऊर्जा काढा . [  $g = 10 \text{ ms}^{-2}$  ]



- 7) कमी चाल असलेल्या वाहनांपेक्षा जास्त चाल असलेल्या वाहनांचे अपघात गंभीर का असतात?
- 8) एक वस्तू 'u' या एकसमान वेगाने जात आहे. तितक्याच वस्तुमानाची दुसरी वस्तू '4u' या एकसमान वेगाने जात आहे. तर त्यांच्या गतिज ऊर्जेचे परस्परांशी असणारे गुणोत्तर काढा.
- 9) तीन मजली इमारतीच्या तिस-या मजल्यावर जाण्यासाठी घसरगुंडीसारख्या उतारावरून जाणे चांगले का पाय-यांवरून जाणे चांगले ? आपल्या उत्तराचे स्पष्टीकरण द्या.



पाठांतर्गत प्रश्नांची उत्तरे

१३.१

- 1) (i) c (ii) e (iii) a
- 2) (a) शून्य (B) शून्य (C)  $10^5$  (d)  $-10^{+5}$  J

13.2 :

- 1) कार्य -एखाद्या वस्तूवर क्रिया करणा-या बलामुळे त्या वस्तूचे बलाच्या दिशेने विस्थापन झाले, तर कार्य झाले असे म्हणतात. उदा.- जिऱ्याच्या पाय-या चढणारा माणूस.  
ऊर्जा - कार्य करण्याच्या क्षमतेला ऊर्जा असे म्हणतात. उदा- वजन उचलण्याच्या स्पर्धे मध्ये स्पर्धक (weight lifter) वजन उचलतो.

- 2) ऊर्जा                      3) ज्यूल (J)                      4) स्थितीज                      5) स्थितीज
- 6) गतिज                      7)  $E_p/2$                       8)  $E_p/2$                       9)  $4 E_k$
- 10)  $2E_k$

13.3 :

- i) प्रकाश संश्लेषण प्रक्रियेत हिरव्या वनस्पती प्रकाश ऊर्जेचे रासायनिक ऊर्जेत रूपांतर करून ती पिष्टमय पदार्थाच्या रूपात साठवितात.
- ii) अन्न पचताना अन्नामधील रासायनिक ऊर्जेचे रूपांतर उष्णता ऊर्जेत होते.
- iii) बॅटरीचे /पेन्सिल सेल्स रासायनिक ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेत रूपांतर करतात.
- iv) विद्युत जनित्रामध्ये (generators) यांत्रिक ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेत रूपांतर करा.
- v) औष्णिक विद्युत केंद्रामध्ये उष्णता ऊर्जेचे रूपांतर विद्युत ऊर्जेत होते. [टीप : दिवधातूक पट्टयांना उष्णता दिली असता त्या पट्टया उष्णता ऊर्जेचे रूपांतर तावडतोव विद्युत ऊर्जेत करतात. हे याचे उत्तम उदाहरण आहे.]

ऊर्जा



टिपा

- vi) सौर ऊर्जा घटात प्रकाश ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेत रूपांतर केले जाते .
- (2) (i) यांत्रिक (ii) उष्णता (iii) विद्युत (iv) ध्वनी  
(v) यांत्रिक (vi) उष्णता

## 13.4 :

- (1) (i) दोघींचे वजन सारखेच आहे . दोघी गुरुत्वाकर्षणाच्या विरुद्ध दिशेने कार्य करतात . परंतु दोघीही समान उंचीच चढतात . म्हणून दोघींचे कार्य सारखेच आहे .  
(ii) सुरैया कमी वेळात जिना चढते .बलाचे परिणाम कालाच्या व्यस्तांकावर अवलंबून असते .
- (2) बलाचे SI एकक वॉट (W) हे आहे . 1 अश्वशक्ती = 746 वॉट  
अश्वशक्ती = 746  $\times$  1.5 = 1119.0 वॉट = 1.119 किलोवॉट = 1.12 किलोवॉट
- (3) (a) क्रिकेटचा चेंडू (b) प्लॉस्टिकचा चेंडू .



## 14

## उष्णता ऊर्जा

मागील पाठात आपण उष्णता हे ऊर्जेचे प्रमुख रूप आहे, हे पाहिले आहे. उष्णतेमुळे आपणास गरमपणा किंवा थंडपणा याची जाणिव होते. जर उष्णता शरीरात आली तर आपणास गरम वाटते. जर उष्णता शरीराबाहेत पडली तर आपणास थंड वाटते. शरीरातून उष्णता बाहेर पडू नये म्हणून आपण हिवाळ्यात लोकरी कपडे वापरतो.

सूर्यापासून आपणास उष्णता व प्रकाश मिळतो. सूर्याच्या उष्णतेमुळे कपडे वाळतात, पिके तयार होतात. पाण्याच्या साठयामधून पाण्याची वाफ होते, त्यामुळे पाऊस पडतो. स्वयंपाकासाठी आपणास उष्णता उर्जा लागते तसेच औष्णिक विद्युत उर्जा निर्मितीसाठी सुद्धा उष्णतेचीच गरज असते. या सर्व ठिकाणी आपण उष्णता मिळविण्यासाठी इंधनाचा वापर करतो किंवा वाहकामधून विद्युत प्रवाह पाठवून उष्णता निर्मिती करतो.

पूर्वीच्या काळी अग्नि दगडावर दगड घासून निर्माण करित असत. या दगडांना 'चकमकचे दगड' असे म्हणता. आता आपण यासाठी काडेपेटीचा वापर करतो.

आपले जीवन आणि भौतिक सुविधा यांच्याशी संबंधित उष्णता हा ऊर्जेचा अतिशय महत्वाचा स्रोत आहे.

या पाठात आपण उष्णता निर्मिती, परिणाम आणि तिचे आपल्या जीवनातील स्थान पाहणार आहोत.



उद्देश :

या पाठाचा अभ्यास केल्यानंतर पुढील गोष्टी आत्मसात घेतील.

- उष्णता आणि तापमान यातील फरक सांगणे.
- स्थायू, द्रव आणि वायूरूप द्रव्यांवर उष्णतेचा परिणाम होऊन ते प्रसरण पावतात हे पाहणे.
- प्रयोगशाळेतील तापमापी आणि वैद्यकीय तापमापी यांची रचना आणि कार्यपध्दती पाहणे.
- तापमान मोजण्यासाठी वापरण्यात येणा-या फॅरनहीट, सेल्सियस आणि केल्व्हिन या मापनश्रेणींची माहिती घेणे.

## उर्जा



टिपा

- फॅरनहीट, सेल्सियस आणि केल्व्हिन या मापनश्रेणीमधील परस्परसंबंध पाहणे आणि त्यावरील सांख्यिकी उदाहरणे सोडविणे .
- अप्रकट उष्मा - व्यवहारातील उदाहरणे देणे .
- विशिष्ट उष्माधारकता आणि त्याचे SI पध्दतीतील एकक पाहणे

## 14.1 उष्णता आणि तापमान

एका भांड्यात पाणी घ्या . हात बुडवून पहा . पाणी गरम लागेल नंतर भांडे तापविण्यास ठेवा . थोड्या वेळाने पाण्यात हात बुडवा . पाणी गरम लागेल .

पदार्थाची गरमपणाची किंवा थंडपणाची पातळी म्हणजेच तापमान होय . उष्णता आणि तापमान या परस्परांशी निगडित संज्ञा आहेत . सर्वसाधारणपणे पदार्थाला जास्त उष्णता दिली असता पदार्थाचे तापमान जास्त होते . (वाढते .)

## 14.1.1 उष्णता

किटलीमध्ये पाणी उकळण्यास ठेवले असता पाणी उकळू लागते . वाफ तयार होते . या वाफेने किटलीचे झाकण उघडले जाते . वाफ बाहेर पडल्यानंतर परत झाकण किटलीवर बसते . वाफेमुळे कार्य घडून येते . म्हणून वाफसुद्धा उर्जेचे रूप आहे . वाफेचा हा गुणधर्म आगगाडीच्या वाफेच्या इंजिनाने वापरण्यात आला आहे . वाफेच्या इंजिनात वाफेची उष्णता उर्जा यांत्रिक उर्जेत रूपांतरित केली जाते .

तुम्ही विचाराल याच्या विरुद्ध क्रिया शक्य आहे का? म्हणजेच यांत्रिक उर्जेचे रूपांतर उष्णता उर्जेत करता येणे शक्य आहे का ? का नाही? हे शक्य आहे . तुम्ही ज्यावेळी तळहात एकमेकांवर घासता, त्यावेळी ते गरम होतात . घर्षणामुळे नेहमीच उष्णता उर्जा निर्माण होते .

कार्य आणि उष्णता यातील कार्यकारण भाव सर्वात प्रथम प्रख्यात शास्त्रज्ञ जे.पी. ज्यूल यांच्या लक्षात आला आणि त्यांनी तो प्रायोगिकदृष्ट्या सिध्दही केला .

ज्यूल हा शास्त्रज्ञ पाण्याच्या मोठ्या भांड्यात पाण्याच्या पातळीखाली बंदूकीची नळी धरून एका बोथट खिळयाने नळीला भोक पाडत होता . त्यावेळी एवढी प्रचंड उष्णता निर्माण झाली की त्या उष्णतेने ते पाणी उकळू लागले .

यावर आणखी प्रयोग करून त्याने उष्णतेचे कॅलरी हे एकक शोधून काढले . 1 कॅलरी उर्जा = 4.2 ज्यूल कार्य होय .

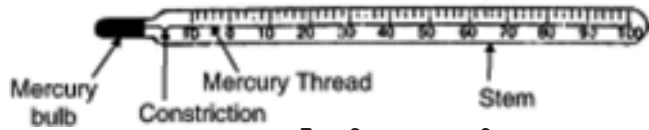
## 14.1.2 तापमान

तापमान ही पदार्थाच्या उष्णतेची पातळी आहे . उष्ण पदार्थ आणि थंड पदार्थ एकत्र ठेवले तर काही वेळानंतर उष्ण पदार्थ पहिल्यासारखा गरम लागणार नाही आणि थंड पदार्थसुद्धा पहिल्याइतका थंड न लागता थोडासा कोमट लागेल . उष्णता ही गरम पदार्थाकडून (उच्च तापमानाच्या पदार्थाकडून) थंड पदार्थाकडे (कमी तापमानाच्या पदार्थाकडे) जाते . तापमान ही पदार्थांमध्ये असणा-या उष्णतेची

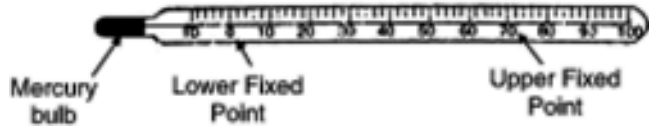
पातळी असून ही पातळी उष्णतावहनाची दिशा ठरविते. उष्णता नेहमीच जास्त तापमानाच्या पदार्थाकडून कमी तापमानाच्या पदार्थाकडे वाहते.

### 14.2 तापमानाचे मापन

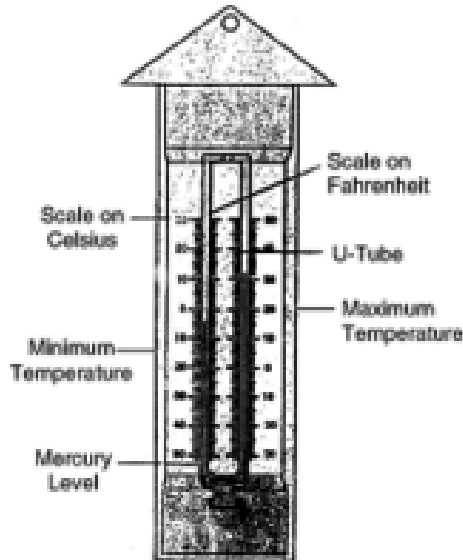
एखादा रोगी जेव्हा डॉक्टरकडे जातो, तेव्हा डॉक्टर त्याच्या शरीराचे तापमान सुरवातीला पाहतात. शरीराचे तापमान तापमापीने मोजतात. वेगवेगळ्या कारणांसाठी तापमान मोजण्यासाठी निरनिराळ्या प्रकारच्या तापमापी उपलब्ध आहेत. शरीराचे तापमान मोजणा-या तापमापीस 'वैद्यकीय तापमापी' असे म्हणतात. (आ. 14.1(a)) प्रयोगशाळेतील प्रयोगात तापमान मोजण्यासाठी वापरण्यात येणा-या तापमापीस 'प्रयोगशाळा तापमापी' असे म्हणतात. (आ. 14.1(b)) हवामानग्रत्यात दिवसाचे उच्चतम आणि न्यूनतम तापमान पाहण्यासाठी वापरण्यात येणा-या तापमापीस 'उच्चतम - न्यूनतम तापमापी' असे म्हणतात. (आ. 14.1(c)) आता याचकामासाठी 'अंकदर्शीतापमापी' (Digital Thermometer) वापरतात. (आ. 14.1 (d))



(a) वैद्यकीय तापमापी



(b) प्रयोगशाळा तापमापी



(c) उच्चतम - न्यूनतम तापमापी



टिपा

उर्जा



टिपा

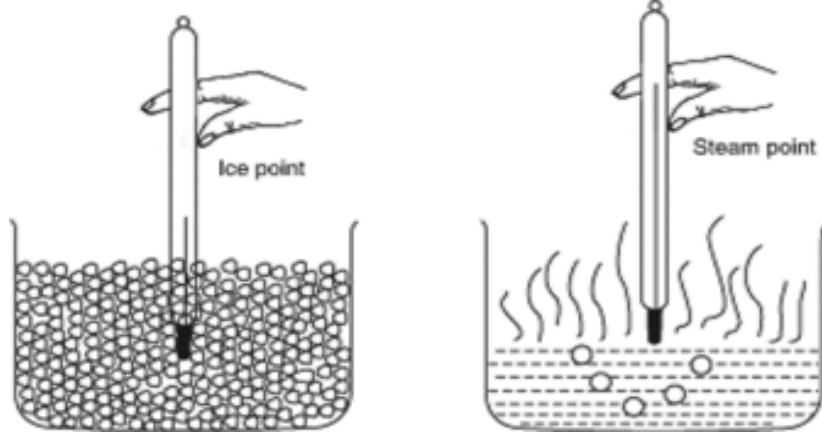


(d) अंकदर्शी तापमापी

## आ. 14.1 तापमापीचे विविध प्रकार

## 14.3 तापमापीची निर्मिती

रोजच्या वापरातील काचेच्या तापमापीमध्ये पारा भरलेला असतो. या प्रकारच्या तापमापीमध्ये काचेच्या पातळ फुग्यात पारा भरलेला असतो. या फुग्याला जाड भिंती असलेली केशनलिका जोडलेली असते. फुग्यामध्ये आणि केशनलिकेच्या काही उंचीपर्यंत पारा भरतात. पारा भरण्यासाठी फुगा आणि केशनलिका विशिष्ट तापमानापर्यंत तापवितात नंतर त्यात पारा भरून हे उपकरण थंड करतात. परत विशिष्ट तापमानापर्यंत तापवून पारा भरतार व उपकरण थंड करतात. ही क्रिया 3 ते 4 वेळा करतात. पुरेसा पारा भरल्यानंतर केशनलिका निर्वात करतात आणि तिचे वरचे टोक सीलबंद करतात नंतर तापमापीचे अचूकतेने अंशांकन केले जाते. अंशांकन करताना तापमापीचा फुगा मापनपट्टीचा खालचा स्थिरबिंदू निश्चित करताना तापमापीचा फुगा बर्फाच्या चु-यात बराच वेळ बुडवून ठेवतात. हा खालचा स्थिर बिंदू ( $0^{\circ}\text{C}$ ) होय. वरचा स्थिरबिंदू निश्चित करताना तापमापीचा फुगा उकळत्या पाण्याच्या वाफेत बराच वेळ धरून ठेवतात. हा वरचा स्थिरबिंदू ( $100^{\circ}\text{C}$ ) होय. दोन्ही ठिकाणी तापमापी बराच वेळ धरण्याचे कारण हे दोन्ही स्थिरबिंदू निश्चित व्हावेन हे आहे.



## आ. 14.2 तापमापीच्या खालच्या आणि वरच्या स्थिरबिंदूंचे अंशांकन

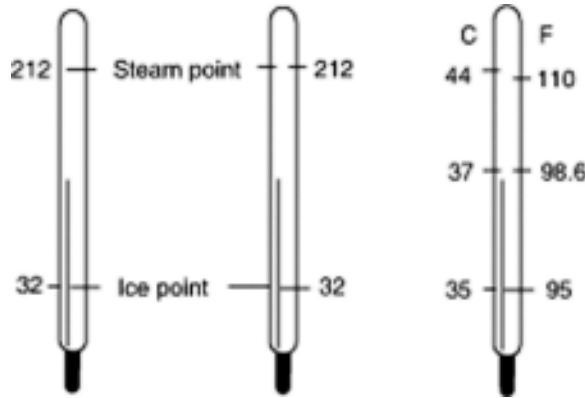
तापमापीमध्ये पारा वापरण्याची कारणे पुढीलप्रमाणे आहेत. तापमापीचा फुगा पदार्थाच्या सानिध्यात ठेवला असता पारा त्या पदार्थाची अत्यंत थोडी उष्णता क्षणार्धात शोषून घेतो. त्यामुळे फुग्यातील पारा प्रसरण पावतो. केशनलिकेतील पा-याच्या धाग्याची लांबी वाढते. पारा विस्तृत तापमान कक्षेत उष्णतेने एकसमान प्रसरण पावतो म्हणजेच तापमानाच्या प्रत्येक अंशात्मक वाढीसाठी तापमापकातील पा-याची लांबी तितक्याच प्रमाणात (समान) वाढते. पारा अपारदर्शक असून तो काचेचा चिकटत नाही. पा-याच्या या गुणधर्मांमुळे विस्तृत तापमान कक्षेत तापमान अचूक मोजण्यासाठी पारा हाच द्रव उपयुक्त आहे.





खालचा स्थिरबिंदू आणि वरचा स्थिरबिंदू यांना वेगवेगळ्या किंमती देऊन आणि यामधील भागाचे समान उपभाग करून, तापमान मोजण्यासाठी वेगवेगळ्या मापनश्रेणी तयार करण्यात आल्या आहेत. आ. 14.3 मध्ये तीन मापनश्रेणी दाखविण्यात आल्या आहेत. त्या मापनश्रेणी सेल्सियस, फॅरनहीट आणि केल्व्हिन अशा आहेत.

सेल्सियस मापनश्रेणीत खालच्या स्थिरबिंदू (बर्फाचे तापमान) 0 व वरचा स्थिरबिंदू (वाफेचे तापमान) 100 मानतात. 0 ते 100 यामधील भागाचे 100 सारखे उपभाग करतात. प्रत्येक भाग 1°C चा असतो. फॅरनहीट मापनश्रेणीत खालचा स्थिरबिंदू (बर्फाचे तापमान) 32 व वरचा स्थिरबिंदू (वाफेचे तापमान) 212 मानतात. 32 व 212 यामधील भागाचे 180 सारखे उपभाग करतात. प्रत्येक भाग 1°F चा असतो. केल्व्हिन मापन श्रेणीत खालचा स्थिरबिंदू (बर्फाचे तापमान) 273 व वरचा स्थिरबिंदू (वाफेचे तापमान) 373 मानतात. 273 ते 373 यामधील भागाचे 100 सारखे उपभाग करतात. प्रत्येक भाग 1K चा असतो.



आ. 14.3 तापमानाच्या वेगवेगळ्या मापनश्रेणी

तीन मापनश्रेणीमधील संबंध दाखविणारे सूत्र

$$\frac{c}{100} = \frac{F - 32}{180} = \frac{K - 273}{100}$$



### सरावासाठी प्रश्न 14.1

खालील विधाने सत्य की असत्य ते सांगा.

- उष्णतेचे मापन केल्व्हिनमध्ये करता येते.
- 30°C पेक्षा -30°F हे कमी तापमान आहे.
- एखाद्या गरम पदार्थाच्या तापमानाची केल्व्हिन मापनश्रेणीतील संख्यात्मक किंमत फॅरनहीट मापनश्रेणीतली किंमतीपेक्षा मोठी असते.
- औष्णिक ऊर्जा कॅलरीज किंवा ज्यूलमध्ये मोजतात.

ऊर्जा



टिपा

- (v) शुद्ध अल्कोहोलचा तापमापी तयार करण्यासाठी / तापमान मोजण्यासाठी उपयोग करता येईल .
- (vi) एखाद्या पदार्थाला हात लावला असता, आपल्या हाताला गार लागते . कारण आपल्या हातातील उष्णता त्या पदार्थाकडे प्रवाहित होते .

#### 14.4 उष्णतेचे परिणाम

पदार्थाला उष्णता दिली असता पदार्थाच्या गुणधर्मात काही बदल होतात . हे बदल उष्णतेचे होणारे परिणाम असतात . ते पुढीलप्रमाणे -

##### 14.4.1 तापमानवाढ

पदार्थाला उष्णता दिली असता पदार्थाच्या तापमानात वाढ होते . त्यामुळे त्या पदार्थाला हात लावला असता गरम लागते .

##### 14.4.2 स्थितीबदल

स्थायू पदार्थाला उष्णता दिली असता त्याचे तापमान विशिष्ट पातळीपर्यंत वाढते . या विशिष्ट पातळीला स्थायूचे रूपांतर द्रव अवस्थेत होते . रूपांतर होत असताना तापमान कायम असते . ज्या स्थिर तापमानाला स्थायू पदार्थाचे द्रव स्थितीत रूपांतर होते . त्या तापमानाला त्या पदार्थाचा 'द्रवणांक' असे म्हणतात . द्रवणांक हा त्या द्रव्याचे गुणवैशिष्ट्य असते . त्याची किंमत त्या द्रव्याच्या बाबतीत नेहमी कायम असते . वेगवेगळ्या स्थायू पदार्थांचे द्रवणांक भिन्न भिन्न असतात . (तक्ता क्र . 14.1)

द्रवणांक तापमानाला स्थायू पदार्थाचे द्रव पदार्थात रूपांतर होण्याच्या प्रक्रियेला 'स्थितीबदल' असे म्हणतात . स्थायूचे द्रवामध्ये रूपांतर होत असताना जी उष्णता शोधली जाते, तिला 'वितळण्याचा अप्रकट उष्मा' असे म्हणतात . कारण या उष्णतेमुळे पदार्थाच्या तापमानात वाढ होत नाही . 1 kg स्थायू पदार्थाचे द्रवणांक तापमानाला द्रवात रूपांतर करण्यासाठी जी उर्जा लागते, तिच्या ज्यूलमधील किमतीस त्या पदार्थाचा मिळण्याचा अप्रकट उष्मा असे म्हणतात . (तक्ता क्र . 14.1)

ज्या स्थिर तापमानाला द्रव पदार्थाचे वायूरूप स्थितीत रूपांतर होते, त्या तापमानाला त्या पदार्थाचा 'उत्कलनांक' असे म्हणतात . द्रवाचे वायूमध्ये रूपांतर होत असताना जी उष्णता शोषली जाते, तिला 'उत्कलनाचा अप्रकट उष्मा' असे म्हणतात . कारण या उष्णतेमुळे पदार्थाच्या तापमानात वाढ होत नाही . 1 Kg द्रव पदार्थाचे उत्कलनांक तापमानाला वायूत रूपांतर करण्यासाठी जी उर्जा लागते, तिच्या ज्यूलमधील किंमतीस त्या पदार्थाचा 'उत्कलनाचा अप्रकट उष्मा' असे म्हणतात . प्रत्येक पदार्थाच्या द्रवणांकांच्या आणि उत्कलनांकांच्या किंमती वेगवेगळ्या असतात . (तक्ता क्र . 14.1)

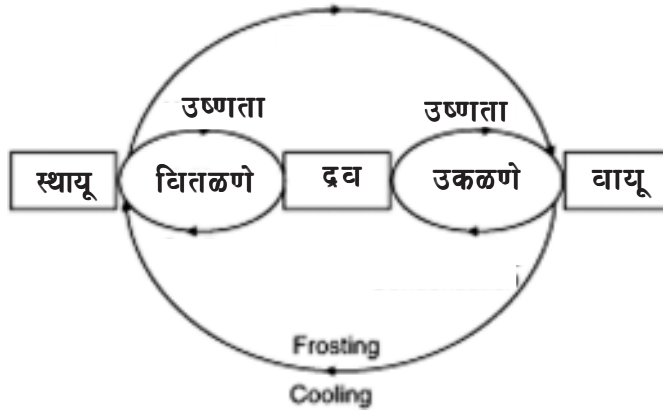
द्रवाचे वायूरूपात रूपांतर खालील दोन प्रकारांनी होते . (i) कोणत्याही तापमानाला द्रवाच्या पृष्ठभागावरून द्रवाची वाफ होते, यालाच वाष्पीभवन असे म्हणतात . (ii) द्रवाच्या उत्कलनविंदूला द्रवाची वाफ होते .



तक्ता 14.1 काही पदार्थांच्या द्रवणांक, उत्कलनांक, वितळण्याचा अप्रकट उष्मा आणि उत्कलनाचा अप्रकट उष्मा यांच्या किंमती

अ. क्र.	पदार्थ	विलयबिंदू ( $^{\circ}\text{C}$ )	वितळण्याचा अप्रकट उष्मा ( $\times 10^3\text{J/kg}$ )	उत्कलनबिंदू ( $^{\circ}\text{C}$ )	उत्कलनांक अप्रकट उष्मा ( $\times 10^3\text{J/kg}$ )
1.	हेलियम	-271	-	-268	25.1
2.	हायड्रोजन	-259	58.6	-252	452
3.	हवा	-212	230	-191	213
4.	परा	-39	11.7	357	272
5.	पाणी	0	335	100	2260
6.	अॅल्युमिनियम	658	322	1800	-
7.	सोने	1063	67	2500	-

वायूरूप पदार्थातून उष्णता काढून घेतली असता वायू  $\rightarrow$  द्रव  $\rightarrow$  स्थायू असा बदल होतो. आ. 14.4 मध्ये स्थितीबदल कसे होतात, ते दाखविले आहे.



आ. 14.4 स्थितीबदल

### 14.5 उष्णतेमुळे होणारे प्रसारण

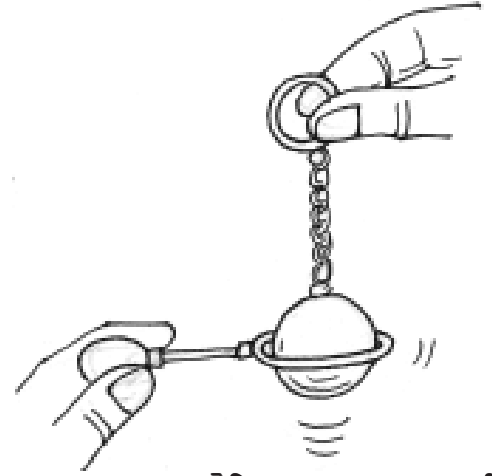
काही चेंडूचा प्रयोग आ. 14.5 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे मूठ असलेली धातूची काडी घ्या. कडीच्याच धातूपासून बनविलेला आणि कडीमधून जेमतेम जाऊ शकेल असा साखळी लावलेला चेंडू घ्या. चेंडू वाफेमध्ये धरून चेंडूला उष्णता द्या आणि चेंडू कडीवर ठेवा. तो कडीमधून जातो का ? तो जात नाही. कारण उष्णता दिल्यामुळे चेंडूच्या आकारमानात वाढ झाली आहे. सर्व पदार्थ उष्णता

उर्जा



टिपा

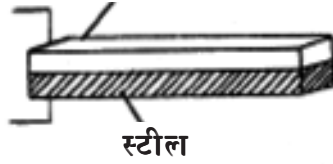
दिली असता प्रसरण पावतात. (अपवाद  $-0^{\circ}\text{C}$  तापमानाचे पाणी  $4^{\circ}\text{C}$  पर्यंत तापविले असता ते प्रसरण पावण्याऐवजी आंकूचन पावते.) पदार्था ला उष्णता दिली असता पदार्थ प्रसरण पावतात यास "औष्णिक प्रसारण" असे म्हणतात. प्रत्येक पदार्थाची औष्णिक प्रसारण क्षमता वेगवेगळी असते. विधातूक पट्टी तापवून या गोष्टीचा पडताळा घेता येईल. दोन निरनिराळ्या धातूंच्या पट्ट्या एकत्रित साधून विधातूक पट्टी तयार केलेली असते.



आ. 14.5 औष्णिक प्रसारणाचा कडी चेंडूचा प्रयोग

स्टील आणि अॅल्युमिनियमची विधातूक पट्टी घ्या. (आ. 14.6) ही पट्टी बुनसेन बर्नखर सारख्याच प्रमाणात तापविली असता. पट्टी वाकते. अॅल्युमिनियमची पट्टी वर आणि स्टीलची पट्टी आतील बाजूस दिसते. यावरून अॅल्युमिनियम स्टीलपेक्षा जास्त प्रमाणात प्रसरण पावते व त्यामुळे पट्टी वाकते हे लक्षात येते.

अॅल्युमिनियम



स्टील



अॅल्युमिनियम  
जास्त प्रमाणात  
प्रसरण पावते

आ. 14.6 विधातूक पट्टी तापविल्यानंतर वाकते.

पट्टीमध्ये झालेले प्रसरण पट्टी जास्त लांब असेल तर जास्त होईल किंवा त्याच पट्टीचे तापमान जास्त वाढविले, तरी जास्त होईल.

धातूच्या पट्टीची लांबी  $0^{\circ}\text{C}$  तापमानाला  $L$  आहे असे मानू. तापमानात  $\Delta t$  वाढ झाली असताना लांबीस  $\Delta L$  वाढ होतो.

$$\therefore \Delta L \propto L_0 \Delta t$$

$$\therefore \Delta L = \alpha L_0 \Delta t$$

$$\therefore \alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta t}$$

$\alpha$  हा त्या धातूसाठी स्थिरांक असून त्याला रेखीय प्रसरण [Linear Expansivity] असे म्हणतात. रेखीय प्रसरण किंवा रेखीय प्रसरण गुणक [Coefficient of Linear Expansion] म्हणजे पदार्थाच्या एकक लांबीमध्ये  $1^{\circ}\text{C}$  तापमान वाढविल्यामुळे होणारा बदल (वाढ) होय. रेखीय प्रसरण गुणकाचे SI एकक प्रत्येक अंश केल्व्हिनला होणारी वाढ हे आहे.  $\text{m/ok}$ .



( हे एकक प्रत्येक अंश सेल्सियसला आकारमानात होणारी वाढ सारखेच आहे. )

स्थायु पदार्थांला उष्णता दिली असता तो पदार्थ लांबी, रुंदी आणि उंची अशा सर्व बाजूंनी प्रसरण पावतो म्हणजेच पदार्थाच्या घनफळात वाढ होते .

आकारमान प्रसरण गुणक म्हणजे स्थायू पदार्थाचे तापमान 1<sup>0</sup>C ने वाढविल्यामुळे स्थायूच्या एकक आकारमानात होणारा बदल होय .

$$r = \frac{\Delta v}{v \Delta t}$$

काही पदार्थांच्या रेखीय प्रसरण गुणक ( ) आणि आकारमान प्रसरण गुणक (r) यांच्या किंमत तक्ता 14.2 मध्ये दिल्या आहेत .

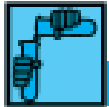
**तक्ता 14.2 काही पदार्थांच्या रेखीय प्रसरण गुणक ( ) आणि आकारमान प्रसरण गुणक (r) यांच्या किंमती .**

अ . क्र .	पदार्थ	रेखीय प्रसरण गुणक(0C <sup>-1</sup> )	आकारमान प्रसरण गुणक(0C <sup>-1</sup> )
1.	वाळू	0.4 X 10 <sup>-6</sup>	1.2 X 10 <sup>-6</sup>
2.	पोलाद	8 X 10 <sup>-6</sup>	24 X 10 <sup>-6</sup>
3.	लोग्ब्रंड	11 X 10 <sup>-6</sup>	33 X 10 <sup>-6</sup>
4.	पितळ	18 X 10 <sup>-6</sup>	54 X 10 <sup>-6</sup>
5.	चांदी	18 X 10 <sup>-6</sup>	54 X 10 <sup>-6</sup>
6.	ॲल्युमिनिअम	25 X 10 <sup>-6</sup>	75 X 10 <sup>-6</sup>
7.	शिसे	2.9 X 10 <sup>-6</sup>	8.7 X 10 <sup>-6</sup>

तक्त्यावरून असे लक्षात येते की स्थायू पदार्थ अत्यंत सूक्ष्म प्रमाणात प्रसरण पावतात . त्यामुळे या गुणधर्माचे गणन करणे सहजासहजी शक्य होत नाही .

परंतु द्रव पदार्थ स्थायू पदार्थांच्या तुलनेत पुष्कळ मोठ्या प्रमाणावर प्रसरण पावतात .

त्यामुळे द्रव आणि वायुरूप पदार्थांचे प्रसरण आपण सहजपणे पाहू शकतो . द्रव आणि वायू यांना निश्चित आकार नसतो . त्यामुळे आपण त्यांचे आकारात्मक प्रसरण पाहू शकतो .



**कृती 14.2**

**द्रव प्रसरण पावतात .**

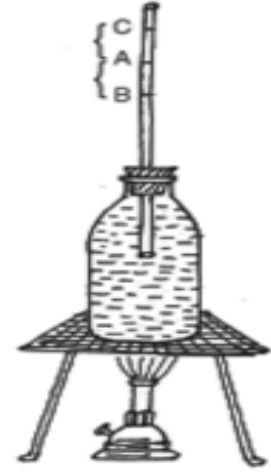
एक छोटी पारदर्शक काचेची वाटली घ्या . इंजेक्शनची वाटली चालू शकेल . ती काठोकाठ पाण्याने भरा . तिच्या झाकणावर बारीकसे छिद्र पाडून छिद्रातून पातळ पारदर्शक प्लॅस्टिकची नळी आत घाला .

उर्जा



टिपा

नळीऐवजी संपूर्णपणे वापरलेल्या बॉलपेनची शार्डनळी (रिफील) वापरली तरी चालेल. नळीमध्ये पाणी वर चढेल. नळीमधील पाण्याच्या पातळीवर खूण करा. (आकृतीमध्ये दाखविल्याप्रमाणे A) आता बाटलीला उष्णता द्या. तुमचे निरीक्षण काय सांगते? नळीतील पाण्याची पातळी खाली येते का? का येते? बाटलीला अजून उष्णता द्या. पाण्याची पातळी खाली येऊन (B पर्यंत) ती परत वाढते का? (A पर्यंत) आणि त्यापुढेही ती वाढते का? (C पर्यंत) असे का होते? सारख्याच तापमान वाढीमुळे काचेपेक्षा पाणी जास्त प्रमाणात प्रसरण पावते असा निष्कर्ष तुम्ही काढू शकाल का?



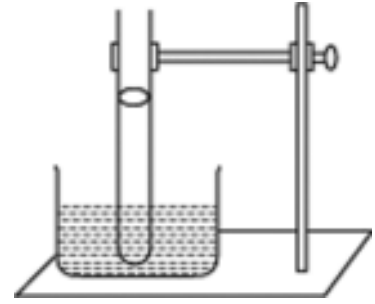
आ. 14.7 द्रवाचे प्रसारण



### कृती 14.3

वायू प्रसरण पावतात.

पातळ काचेची एक कमी व्यास असलेली नळी घ्या. या नळीमध्ये पा-याचा एक थेंब टाका. नंतर नळीचे एक टोक गरम करा आणि गरम असतानाच ते टोक दाबून नळी सीलबंद करा. नळी वातावरणाच्या तापमानाला येऊ द्या. आता नळी उभी धरा आणि पा-याचा थेंब नळीमध्ये जेथे आहे तेथे खूण करा. अशा त-हेने नळीचे सीलबंद टोक आणि पा-याचा थेंब यामध्ये हवा कोंडली आहे. नळी घट्ट धरून ठेवली असता पा-याचा थेंब यामध्ये हवा कोंडली आहे. नळी घट्ट धरून ठेवली असता पा-याचा थेंब आपली जागा बदलताना दिसतो. हा थेंब खाली सरकतो का वर सरकतो? या प्रयोगावरून तुम्ही कोणता निष्कर्ष काढाल? अगदी थोड्या उष्णतेमुळेसुद्धा (तापमानवाढीमुळे सुद्धा) हवा मोठ्या प्रमाणात प्रसरण पावते, असा निष्कर्ष तुम्ही काढू शकाल का?



आ. 14.8 वायूचे प्रसारण

#### 14.5.1 उष्णतेमुळे होणा-या प्रसारणाचे व्यावहारिक उपयोग

१. उष्णतेमुळे (द्रव) पदार्थ प्रसरण पावतात, या गुणधर्माचा वापर करून तापमापी तयार करतात.
२. शार्डच्या दौतीचे घट्ट बसलेले धातूचे झाकण या गुणधर्माचा वापर करून काढता येते. त्यासाठी गरम पाणी असलेल्या मोठ्या भांड्यात ती शार्डची दौत थोडा वेळ ठेवा. उष्णतेने धातूचे झाकण प्रसरण पावते. त्यामुळे ते सैल होते आणि ते उघडले जाते.



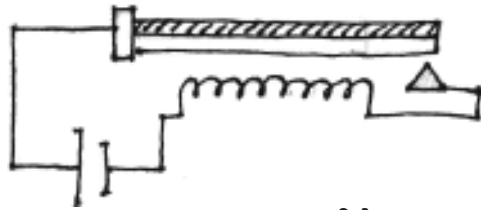
### आ. 14.9 शाईच्या दौतीचे घट्ट बसलेले धातूचे झाकण उघडण्याची पध्दत

३. तुम्ही टांगा पाहिला आहेत ना ? टांग्याच्या लाकडी चाकावर धातूची लोखंडाची धाव बसविलेली असते. ती कशी बसवतात? लोखंडाच्या धावेची त्रिज्या लाकडी चाकापेक्षा किंचित कमी असते. लोखंडाची धाव तापवितात. त्यामुळे धाव प्रसरण पावते आणि तिची त्रिज्या लाकडी चाकाच्या त्रिज्येपेक्षा किंचित जास्त होते. तापलेली धाव लाकडी चाकावर बसवितात. काही वेळाने धाव थंड होऊन लाकडी चाकाला घट्ट आवळून बसते.



### आ. 14.10 लोखंडी धाव लाकडी चाकावर बसविणे

४. तापस्थायी हे तापमान नियंत्रणाचे साधन आहे. विद्युत उपकरणात तापमान नियंत्रण करण्यासाठी तापस्थायी ही द्विधातुक पट्टी बसवितात. त्यामुळे आपोआप तापमान नियंत्रित होते. उपकरणातून विद्युत प्रवाह जाऊ दिला असता तापमान ठराविक झाल्यानंतर द्विधातुक पट्टी वाकते. संपर्क तुटतो, विद्युत मंडल खंडीत होते व तापमान कमी होते. त्यामुळे द्विधातुक पट्टी पुन्हा पहिल्यासारखी होते. संपर्क पुन्हा प्रस्थापित होतो. विद्युतमंडळ पुर्ण होते. तापमान वाढण्यास सुरुवात होते. साध्या तापस्थायीची रचना आ. 14.11 मध्ये दाखविली आहे.



### आ. 14.11 तापस्थायीचे तत्व

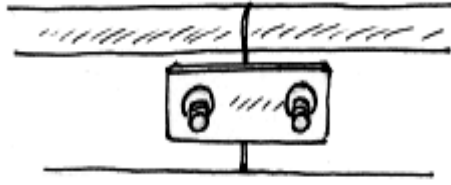
५. ज्या प्रकल्पात धातूचा जास्त वापर आहे, असे मोठे प्रकल्प उभारताना धातूच्या प्रसरणाचा विचार करणे गरजेचे आहे. अन्यथा ते प्रकल्प धोक्यात येतील.

उर्जा

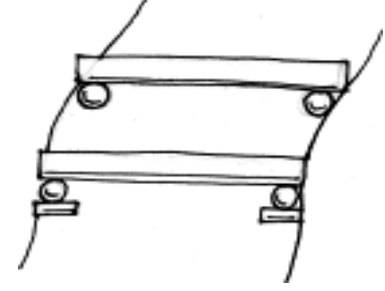


टिपा

- (a) दोन रेल्वे रूळांमध्ये फट ठेवतात. (आ. 14.12 (a) ) अशी फट ठेवली नाही तर हवेतील उष्णाने , लोखंडी रूळ प्रसरण पावतील आणि सांध्याजवळ वेडेवाकडे होतील आणि उपघात होईल .
- (b) लोखंडी पुलाची रचना सलग करत नाहीत . लोखंडी पुलावर टाकलेल्या गर्डची (लोखंडी आडवे खांब) एक बाजू घट्ट न करता तशीच रिकामी (आ. 14.12(b)) रोलरवर (मोठ्या रूळावर) ठेवलेली असते .



14.12(a) रेल्वे रूळामधील फट



(b)लोखंडी पुलाचा रोलरवर ठेवलेला गर्ड

- ६ . गरम चहा काचच्या पेल्यात ओतताना, चहा ओतण्यापूर्वी त्या पेल्यात एक धातुचा चमचा ठेवावा . जर चहा तसाच ओतला तर काचेच्या विषम प्रसारणामुळे पेल्याला तडे जाण्याची शक्यता असते .



### सरावासाठी प्रश्न 14.2

योग्य पर्यायी निवडून रिकाम्या जागा भरा .

- (1) तापस्थायी म्हणून विद्युतक पदार्थाचा उपयोग ..... या विद्युत उपकरणात केला जातो . (विजेचा दिवा, दूरचित्रवाणी संच, शीतकपाट (फ्रिज))
- (2) 1 kg वस्तुमानाच्या मेणाचा विलयबिंदू 2kg वस्तुमानाच्या मेणाच्या विलयबिंदूसापेक्ष ..... असेल . ( दुप्पट, निमपट, तेवढाच )
- (3) वाष्पनाचा अप्रकट उष्मा ..... या एककात मोजतात . (J, J/K, J/kg)
- (4) 100°C तापमानाच्या 1 kg वस्तुमानाच्या वाफेत 2260J उष्णता त्याच तापमानाच्या त्याच वस्तुमानाच्या पाण्यात असणा-या उष्णतेपेक्षा ..... असते . (जास्त, कमी )
- (5) पदार्थाच्या आकारमान प्रसरण गुणक हा रेखीय प्रसरण गुणकाच्या ..... असतो . (एकपट, दुप्पट, तिप्पट )
- (6) स्थायू, द्रव, वायू यामध्ये सर्वात जास्त प्रसरण क्षमता ..... ची आहे . (स्थायू, द्रव, वायू )



### 14.6 विशिष्ट उष्मा धारकता [Specific Thermal Capacity of a Material]



टिपा

भिन्न तापमानाचे दोन पदार्थ निकट संपर्कात ठेवले असता जास्त तापमानाच्या पदार्थाकडून कमी तापमानाच्या पदार्थाकडे उष्णता वाहून नेली जाते. ही क्रिया दोन्ही पदार्थांचे तापमान समान होई पर्यंत चालते. यावेळी या दोन्ही पदार्थांमध्ये "औष्णिक संतुलन" आहे असे म्हणतात. औष्णिक संतुलन साधण्यासाठी गरम पदार्थाला उष्णता गमाववी लागते आणि गरम पदार्थाने जेवढी उष्णता गमावली, तेवढीच उष्णता थंड पदार्थाला मिळते. म्हणजेच,

गरम पदार्थाने गमावलेली उष्णता = थंड पदार्थाने कमावलेली उष्णता. या ठिकाणी उष्णता आजूबाजूला (वातावरणात) गमावली जात नाही. हे गृहीत धरले आहे.

गरम पदार्थाचे तापमान जेवढे जास्त तेवढी जास्त उष्णता थंड पदार्थाला दिली जाते आणि त्या प्रमाणात (जास्त प्रमाणात) त्याचे तापमान वाढते.

गरम पदार्थाकडून थंड पदार्थाकडे होणारे उष्णतेचे वहन हे त्यांच्या तापमानातील फरकाच्या समप्रमाणात असते.

$$Q \propto \Delta Q$$

त्याचप्रमाणे थंड पदार्थाचे तापमान जितके कमी तितकी जास्त उष्णता थंड पदार्थ गरम पदार्थाकडून ग्रहण करतो म्हणजेच.

$$Q \propto m$$

$$\therefore Q \propto m \Delta\theta$$

$$\therefore Q = ms \Delta\theta$$

S = समप्रमाणात स्थिरांक (Constant of proportionality)

समप्रमाणात स्थिरांक पदार्थ ज्या मूलद्रव्यांपासून / संयुगापासून तयार झाला आहे, त्यावर अवलंबून असतो. यालाच त्या पदार्थाची विशिष्ट उष्माधारकता [ Specific Thermal Capacity] असे म्हणतात.

1kg वस्तूमानाच्या पदार्थाचे तापमान 1K ने वाढविण्यासाठी लागणारी उष्णता (ज्यूलमध्ये) म्हणजे त्या पदार्थाची विशिष्ट उष्मा धारकता होय.

विशिष्ट उष्माधारकतेचे SI पध्दततील एकक  $J kg^{-1} K^{-1}$  हे आहे. प्रत्येक पदार्थाची विशिष्ट उष्मा धारकता वेगवेगळी असते. तक्ता 14.3 मध्ये काही पदार्थांच्या विशिष्ट उष्माधारकता दिली आहे.

उर्जा



टिपा

तक्ता 14.3 काही पदार्थांची 20°C तापमानाला विशिष्ट उष्माधारकता

अ.क्र.	पदार्थ (स्थायू)	विशिष्ट उष्माधारकता		पदार्थ (द्रव)	विशिष्ट उष्माधारकता	
		J kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	Cal kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>		J kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> X 10 <sup>3</sup>	Cal kg <sup>-1</sup>
1.	अॅल्युमिनिअम	875	0.290	एथिल अल्कोहोल	2.436	0.58
2.	तांबे	380	0.091	मिथील अल्कोहोल	2.562	0.61
3.	ओतीव लोखंड (cast Iron)	500	0.119	वेन्झीन	1.680	0.40
4.	घडीव लोखंड (wrought Iron)	483	0.115	इथिन	2.352	0.58
5.	पोलाद (steel)	470	0.112	ग्लिसरीन	2.478	0.59
6.	शिसे	130	0.031	पारा	0.140	0.033
7.	पित्तळ	396	0.092	टर्पेटाईन	1.800	0.42
8.	वर्फ	2100	0.502	पाणी	4.200	1.00

तक्त्यावरून पाण्याची विशिष्ट उष्माधारकता सर्वात जास्त आहे हे लक्षात येते. पदार्थांची विशिष्ट उष्मा धारकता जितकी जास्त तितका तो पदार्थ उशिरा गरम किंवा थंड होतो. पदार्थांची विशिष्ट उष्माधारकता जितकी कमी तितका तो पदार्थ लवकर गरम किंवा थंड होतो.



### सरावासाठी प्रश्न 14.3

योग्य पर्याय निवडा.

- (1) r आणि 2r अशी त्रिज्या असलेले दोन लोखंडी गोळे सारख्याच तापमानापर्यंत तापविले. आणि A आणि B अशा दोन भिन्न वर्गाच्या पेट्यांमध्ये ते अनुक्रमे ठेवले. तर वितळलेल्या वर्गाचे वस्तूमान .....
- (a) दोन्ही पेट्यांमध्ये समान असेल.
- (b) B पेक्षा A मधील दुप्पट असेल.
- (c) A पेक्षा B मधील दुप्पट असेल.
- (d) A पेक्षा B मधील चौपट असेल.



- (2) 2 kg वस्तूमानाच्या 20<sup>0</sup>c तापमान असलेला A हा लोखंडी गोळा 1 kg वस्तूमानाच्या 20<sup>0</sup>c तापमान असलेल्या B या लोखंडी गोळ्याच्या सान्निध्यात ठेवला . तर उष्णता .....
- (a) A कडून B कडे जाईल .  
 (b) B कडून A कडे जाईल .  
 (c) तिचे A कडून B कडे किंवा B कडून A कडे स्थानांतरण होणार नाही .  
 (d) प्रथम A कडून B कडे आणि नंतर B कडून A कडे स्थानांतरण होईल .
- (3) 0<sup>0</sup>c तापमानाच्या स्थायूरूप बर्फाला उष्णता दिली असता, त्याचे तापमान .....
- (a) त्वरीत वाढेल . (b) कमी होईल .  
 (c) पूर्ण वितळेपर्यंत बदलणार नाही .  
 (d) प्रथम वाढेल नंतर पुन्हा 0<sup>0</sup>c पर्यंत कमी होईल .
- (4) 100<sup>0</sup>c तापमान असलेल्या पाण्याच्या वाफेला उष्णता दिली असता . तिचे तापमान .....
- (a) बदलणार नाही (b) वाढेल  
 (c) कमी होईल . (d) यापैकी एकही नाही .
- (5) अॅल्युमिनिअमची विशिष्ट उष्माधारकता तांब्याच्या विशिष्ट उष्माधारकतेच्या जवळजवळ दुप्पट आहे . सारख्याच वस्तूमानाच्या तांब्याच्या आणि अॅल्युमिनिअमच्या तुकड्यांना सारख्याच प्रमाणात उष्णता दिली तापमान वाढीबाबत सत्य विधान ..... हे आहे .
- (a) तांबे व अॅल्युमिनिअमची तापमानवाढ सारखीच असेल .  
 (b) तांब्याची तापमानवाढ अॅल्युमिनिअमच्या तापमानवाढीच्या दुप्पट असेल .  
 (c) तांब्याची तापमानवाढ अॅल्युमिनिअमच्या तापमानवाढीच्या निमपट असेल .  
 (d) तांब्याची तापमानवाढ अॅल्युमिनिअमच्या तापमानवाढीच्या चौपट असेल .
- (6) A,B आणि C या तीन तांब्यांच्या तुकड्यांची वस्तूमाने 1:2:3 या पटीत आहेत . तीनही तुकड्यांना सारखीच उष्णता दिली, तर त्यांच्या तापमानात होणारी वाढ .....
- या प्रमाणात असेल .
- (a) A > B > C (b) B > C > A  
 (c) C > B > A (d) A > C > B



## आपण काय शिकलो ?

- उष्णता हे उर्जेचे रूप असून इतर ऊर्जारूपांप्रमाणे उष्णता ऊर्जा कार्यासाठी वापरता येते. म्हणून उष्णता उर्जेचे SI एकक इतर उर्जेप्रमाणेच ज्यूल (J) हे आहे.
- तापमान ही पदार्थाच्या उष्णतेची पातळी आहे. तापमापीच्या साहाय्याने तापमान अंश फॅरनहीट ( $^{\circ}\text{F}$ ), अंशसेल्सिअस ( $^{\circ}\text{C}$ ) आणि केल्व्हिन (K) मध्ये मोजता येते.
- तीन मापनश्रेणीमधील संबंध दाखविणारे सूत्र -  $\frac{C}{100} = \frac{F-32}{180} = \frac{K-273}{100}$
- पदार्थाला उष्णता दिली असता, पदार्थाच्या स्थितीत बदल होत नसेल, तर पदार्थाच्या तापमानात वाढ होते. पदार्थाला उष्णता दिली असता, पदार्थाच्या स्थितीत बदल होत असल्यास, त्या पदार्थाच्या तापमानात वाढ होत नाही. तापमानात बदल होत नसल्याने स्थितीबदलाच्या वेळी दिलेल्या उष्णतेस 'अप्रकट उष्मा' असे म्हणतात.
- अप्रकट उष्मा दोन प्रकारच्या असतात. (a) स्थायू पदार्थाचा वितळण्याचा अप्रकट उष्मा (b) द्रव पदार्थाचा उत्कलनाचा अप्रकट उष्मा
- ज्या स्थिर तापमानाला स्थायू पदार्थाचे द्रव स्थितीत रूपांतर होते, त्या तापमानाला त्या पदार्थाचा द्रवणांक असे म्हणतात. ज्या स्थिर तापमानाला द्रव पदार्थाचे वायूरूप स्थितीत रूपांतर होते, त्या तापमानाला त्या पदार्थाचा उत्कलनांक असे म्हणतात. द्रवणांक आणि उत्कलनांक हे त्या द्रव्याचे गुणवैशिष्ट्य असते.
- पदार्थाना उष्णता दिली असता पदार्थ प्रसरण पावतात परंतु सारखीच उष्णता दिली असता प्रत्येक पदार्थाची प्रसरण पावण्याची क्षमता वेगवेगळी असते.
- प्रसरणक्षमता हे पदार्थाचे गुणवैशिष्ट्य असते. प्रत्येक पदार्थाची प्रसरण क्षमता वेगवेगळी असते.
- द्रवरूप पदार्थ स्थायूरूप पदार्थापेक्षा जास्त प्रसरण पावतात आणि वायूरूप पदार्थ द्रवरूप पदार्थापेक्षा प्रचंड जास्त प्रमाणात प्रसरण पावतात.
- दोन धातूंच्या प्रसरण क्षमतेत फरक असल्याने उष्णता दिल्यानंतर विधातूक पट्टी वाकते. विधातूक पट्टीच्या या गुणधर्माचा वापर 'तापस्थायी' हे साधन तयार करताना केला आहे.
- भिन्न तापमानाचे दोन पदार्थ निकट संपर्कात ठेवले असता जास्त तापमानाच्या पदार्थाकडून कमी तापमानाच्या पदार्थाकडे उष्णता वाहून नेली जाते. ही क्रिया दोन्ही पदार्थांचे तापमान समान होईपर्यंत चालते.



1. उष्णता आणि तापमान यातील फरक स्पष्ट करा .
2. स्थितीबदल होत असताना
  - (a) पदार्थाच्या तापमानात वाढ होते का ?
  - (b) आपण पदार्थाला देत असलेल्या उष्णतेचे काय होते ?
3. तारेचे औष्णिक प्रसरण कोणत्या बाबीवर अवलंबून असते ?
4. विद्युत्प्रेरक पट्टीचे दोन उपयोग सांगा .
5. कोणत्याही पध्दतीचे अंशांकन नसलेला पा-याचा तापमापी तुमच्या जवळ असेल तर तुम्ही त्यावर (a) सेल्सिअस मापनपध्दती आणि (b) फॅरनहीट मापनपध्दतीचे अंशांकन कसे कराल?
6. स्पष्टीकरण द्या .
  - (i) तापमापीत पा-याचा वापर का करतात ?
  - (ii) तापविल्याने विद्युत्प्रेरक पट्टी का वाकते ?
  - (iii)  $100^{\circ}\text{C}$  तापमानाचे उकळते पाणी आणि  $100^{\circ}\text{C}$  तापमानाचीच वाफ यापैकी वाफेने झालेल्या जखमा उकळल्या पाण्याने झालेल्या जखमांपेक्षा का गंभीर असतात ?
  - (iv) शीतपेये थंड करण्यासाठी आपण त्यात बर्फ टाकतो,  $0^{\circ}\text{C}$  तापमानाचे पाणी थंड करण्यासाठी आपण त्यात बर्फ टाकत नाही असे का ?
7. पदार्थाच्या स्थितीबदलाच्या वेळेस दिल्या जाणा-या उष्णतेस 'अप्रकट उष्णता' असे का म्हणतात ?
8. पाणी गरम होण्यासाठी गॅसवर ठेवले . पाणी गॅसवर ठेऊन ते उकळेपर्यंत  $t_1$  वेळ लागला . उकळल्या पाण्याची संपूर्ण वाफ होण्यासाठी  $t_2$  वेळ लागला . तर  $t_1$  आणि  $t_2$  यामधील कोणता कालावधी जास्त आहे ? का ?
9. कोणत्या तापमानाला फॅरनहीट तापमापीवरील अंकात्मक किंमत सेल्सिअस तापमापीवरील अंकात्मक किंमतीच्या दुप्पट असेल?
10. चांदीचा 50 सेमी लांबीचा एक गज थंड केला असता त्याची लांबी 1 मिलीमीटरने कमी होते . तर तो किती अंशातून थंड केला असेल? (चांदीचा रेखीय प्रसरण गुणक= $18 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
11.  $-20^{\circ}\text{C}$  तापमान असलेल्या 200 ग्रॅम वस्तूमानाच्या बर्फाचे रूपांतर  $70^{\circ}\text{C}$  तापमानाच्या पाण्यात करण्यासाठी किती उष्णता ऊर्जा खर्च होईल ते काढा .

उर्जा



टिपा

(बर्फाचा वितळण्याचा अप्रकट उष्मा =  $335 \text{ k J kg}^{-1}$  बर्फाची विशिष्ट उष्माधारकता =  $2100 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^{-1}$  बर्फाची विशिष्ट उष्माधारकता =  $4.2 \text{ k J kg}^{-1} \text{ }^{-1}$ )



पाठांतर्गत प्रश्नांची उत्तरे

14.1 :

- (i) असत्य      (ii) असत्य      (iii) सत्य      (iv) सत्य  
(v) सत्य      (vi) सत्य

14.2 :

1. शीतकपाट (फ्रिज)      2. तेवढाच      3. J/Kg  
4. जास्त      5. तिप्पट      6. वायू.

14.3 :

1. (d)      2. (C)      3.(C)      4. (b)  
5. (b)      6.(a)



## 15

## प्रकाश ऊर्जा

प्रकाश ही सर्वसामान्य अशी एक ऊर्जाच आहे. प्रकाश आपण पाहू शकत नाही, परंतु आपल्या सभोवतालच्या वस्तू प्रकाशामुळे पाहता येतात. विजेरीतील बल्बभोवती अंतर्वक्राकार धातूचा चकचकीत पत्रा तुम्ही पाहिला असेलच, तो असाच का? असा प्रश्न कधी तुमच्या मनात आला की नाही? निरभ्र आकाशात सुर्योदय व सुर्यास्त होताना क्षितीज किरमिजी लालसर दिसते, तर निरभ्र आकाशात रात्रीच्या वेळी आकाशात तारका लुकलुकताना दिसतात.

अशा नैसर्गिक घटनांमागे कारण काय? याचा तुम्ही विचार कधी केला की नाही? प्रस्तुत प्रकरणात या व अशा प्रकारच्या सर्व प्रश्नांची उत्तरे शोधण्याचा प्रयत्न करणे तुम्हास सवय होणार आहे. त्याचप्रमाणे मानवी डोळ्यांचे दोष, आरशांमुळे तसेच भिंगांमुळे मिळणा-या प्रतिमा संबंधी माहितीसुद्धा प्रस्तुत प्रकरणत अभ्यासणार आहोत.



उद्देश :

हे प्रकरण पूर्णपणे अभ्यासल्यानंतर तुम्हास खालील गोष्टींची माहिती करणे शक्य होणार आहे.

- प्रकाशाच्या परावर्तनाची व्याख्या करणे व परावर्तनाचे नियम सांगता येणे.
- सपाट आरशाच्या साहाय्याने तसेच गोलीय आरशांमुळे मिळणारी प्रतिमा यांची किरणाकृती काढून स्पष्टीकरण करणे.
- गोलीय आरशांच्या सूत्रांचा उपयोग करणे, तसेच वर्धन म्हणजे काय ? वर्धनाची व्याख्या करणे.
- प्रकाशाच्या अपवर्तनाची व्याख्या करणे व अपवर्तनाचे नियम सांगता येणे.
- माध्यमाच्या अपवर्तनांकाची व्याख्या करणे आणि त्यासंबंधी स्पष्टीकरण देता येणे.
- निरनिराळ्या प्रकारच्या भिंगांची माहिती घेऊन अंतर्वक्र व बहिर्वक्र भिंगांच्या साहाय्याने प्रतिमा-योग्य किरणाकृती काढून स्पष्ट करणे.
- भिंगांचे सूत्र वापरून वर्धन म्हणजे काय ? ते अभ्यासणे.

उर्जा



टिपा

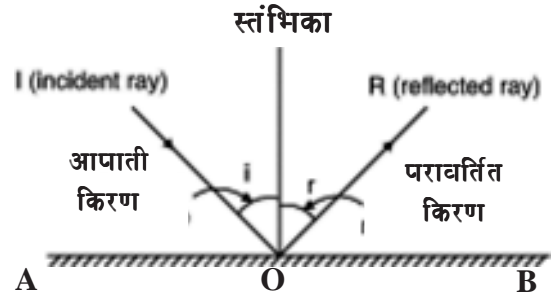
- भिंगाची शक्ती आणि भिंगांक यांचे स्पष्टीकरण करणे .
- योग्य प्रकारच्या भिंगांचा चष्मा वापरून दृष्टिदोषांचे (निकट दृष्टिता आणि दूरदृष्टिता) निराकरण करणे-यांचे स्पष्टीकरण करणे .
- पांढरे प्रकाशकिरण काचेच्या प्रिझममधून गेले असता त्यामधील सात रंगांचे विलगीकरण घडणे- यासंबंधी स्पष्टीकरण करणे .
- प्रकाश किरणांचे (विद्युरणे) विकिरण कसे घडून येते-यासंबंधी स्पष्टीकरण करणे- या गुणधर्मावर आधारित दैनंदिन जीवनात येणारे अनुभव थोडक्यात स्पष्ट करणे .

### 15.1 प्रकाशाचे परावर्तन

आपण वस्तू केव्हा पाहू शकतो याचा विचार कधी केला की नाही? आपण एखादी वस्तू पाहतो म्हणजे त्या वस्तूपासून येणारा प्रकाश आपल्या डोळ्यात शिरतो . ज्या पदार्था पासून प्रकाश उत्सर्जित होतो, अशांना (स्वयंप्रकाशी) प्रकाशमान पदार्थ म्हणतात . उदा . सूर्य ,तारे,जळती मेणवत्ती,दिवा इ . प्रकाश उत्सर्जित करतात . हे प्रकाशमान होत . तर काही पदार्थांवर पडलेला प्रकाश

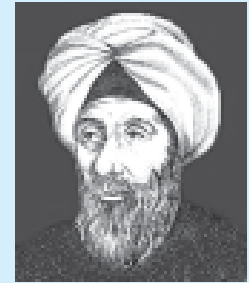
काही प्रमाणात परत त्याच माध्यमात परत फेकला जातो . अशा रितीने एखादया पृष्ठभागावर पडलेले प्रकाशकिरण पुन्हा त्याच माध्यमात परत जाणे यालाच प्रकाशाचे परावर्तन असे म्हणतात .

अशाप्रकारे प्रकाशकिरण एखादया माध्यमातून जात असताना त्या मार्गात एखादा पदार्थ येतो व त्यावर हे प्रकाशकिरण पडून त्याच माध्यमात परत फेकले जातात . (किंवा काही वेळा काही प्रकाश शोषला जातो व काही परत त्याच माध्यमात परत फेकला जातो) या क्रियेला प्रकाशाचे परावर्तन असे म्हणतात . काही पदार्थांचे पृष्ठभाग सपाट व चकचकीत असतात . अशा पदार्थांवर प्रकाशकिरण पडले असता इतर पदार्थांपेक्षा हे जास्त प्रमाणात प्रकाश परावर्तित करतात . असा गुळगुळीत सपाट,चकचकीत पृष्ठभाग असणारा पदार्थ म्हणजेच आरसा होय . सपाट आरशामुळे प्रकाशाचे परावर्तन कसे घडते ते आ . 15.1 मध्ये दाखविले आहे .



आ. 15.1

युक्लीड या ग्रीक गणितीतज्ञाने प्रकाशाचे परावर्तन कसे घडते हे स्पष्ट केले . प्रकाशाच्या परावर्तनाची ही क्रिया नियमांच्या स्वरूपात इ.स.1100 च्या सुमारास अरेवियन शास्त्रज्ञ अल्लाझान यांनी रूपांतरित केली .







प्रकाशाचे परावर्तन अभ्यासत असताना आपणास काही संज्ञा माहिती असणे आवश्यक आहे. त्या खालीलप्रमाणे :-

किरण म्हणजे प्रकाशकिरणाचा मार्ग होय. प्रकाशशलाका म्हणजे अनेक प्रकाशकिरणांचा संच होय. आपाती किरण म्हणजेच परावर्तक पृष्ठभागावर ज्या बिंदूजवळ प्रकाशकिरण पडते, त्या ठिकाणी परावर्तक पृष्ठभागास  $90^\circ$  कोन करणारी रेषा होय. परावर्तक पृष्ठभागापासून परत फिरणा-या प्रकाशास परावर्तित किरण असे म्हणतात. आपाती कोन म्हणजे आपाती किरण व स्तंभिका यांच्यामध्ये होणारा कोन होय. तर परावर्तन कोन म्हणजे परावर्तित किरण व स्तंभिका ह्यांच्यामध्ये होणारा कोन.

### 15.1.1. प्रकाशाच्या परावर्तनाचे नियम :

समजा AB या पृष्ठभागावर 'O' ह्या ठिकाणी (IO) प्रकाशकिरण पडतो. (आ. 15.1 मध्ये दाखविलेल्याप्रमाणे) परावर्तनानंतर ते OR या दिशेने परत जातात. प्रकाशाचे सपाट पृष्ठभागावर होणारे परावर्तन खालील दोन नियमानुसार घडते.

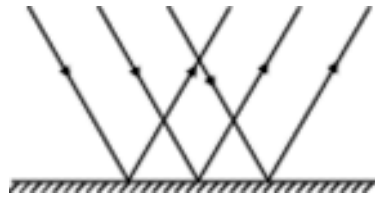
- आपाती किरण, परावर्तित किरण आणि आपाती बिंदूजवळ काढलेली स्तंभिका या रेषा एकाच प्रतलात असतात.
- आपाती कोन आणि परावर्तन कोन हे एकरूप असतात. म्हणजेच

$$\angle i = \angle r$$

प्रकाशाचे परावर्तन घडताना, प्रकाशाचा वेग, वारंवारता आणि तरंगलांबी यामध्ये कोणताही बदल घडत नाही. परावर्तक पदार्थाच्या पृष्ठभागाच्या स्वरूपानुसार प्रकाशाच्या परावर्तनाचे दोन प्रकार पडतात.

### 15.1.2 नियमित परावर्तन :

जेव्हा परावर्तक पृष्ठभाग सपाट व गुळगुळीत असतो अशा पृष्ठभागावर पडलेले सरळ प्रकाशकिरण परावर्तनानंतर सुध्दा सरळच जातात. अशा परावर्तनास नियमित परावर्तन असे म्हणतात. (आ. 15.2)



आ. १५.२

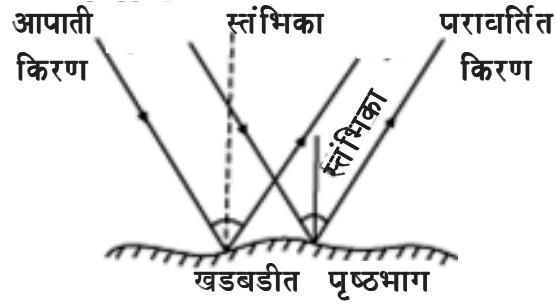
### 15.1.2 विसरित परावर्तन : (अनियमित परावर्तन) :

जेव्हा प्रकाशकिरण एखाद्या खडबडीत पृष्ठभागावर पडतात तेव्हा परावर्तित किरण हे परस्परांना समांतर न जाता सर्व दिशांना परावर्तित होतात. तेव्हा त्यास प्रकाशाचे विसरण (अनियमित परावर्तन) असे म्हणतात.

ऊर्जा



टिपा



आ. १५.३ विसरित परावर्तन

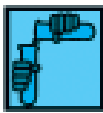
विसरित परावर्तनामध्ये परावर्तक पृष्ठभाग खडबडित असतो, यामुळे समांतर आपाती किरणांच्या आपाती बिंदूजवळ काढलेल्या स्तंभिका समांतर नसतात, परिणामी परावर्तित किरणसुद्धा परस्परांना समांतर नसल्यामुळे सर्व दिशांना परावर्तित होतात. परंतु हे प्रकाशाच्या परावर्तनाच्या नियमानुसार घडते.

### 15.2 : परावर्तनामुळे मिळणारी प्रतिमा

एखादी वस्तू किंवा तिची प्रतिमा पाहण्यासाठी त्यापासून येणारे प्रकाशकिरण निरीक्षकाच्या डोळ्यापर्यंत पोहोचणे आवश्यक असते, तरच ती पाहता येते, हे तुम्ही अभ्यासले आहेच. म्हणजेच वस्तू किंवा तिची प्रतिमा यापासून येणारे प्रकाशकिरण डोळ्यातील दृष्टिपटलावर पडले असता तेथील दृष्टिचेतांतूद्वारे संवेदना मेंदूपर्यंत वाहून नेली जाते. मेंदूतील दृष्टिकेंद्रामार्फत त्याचे दृष्टिज्ञान होते व दिसते. जेव्हा वस्तूपासून येणारे प्रकाशकिरण आपल्या डोळ्यातील दृष्टिपटलावर केंद्रित होतात किंवा केंद्रित झाल्याचे भासतात. तेव्हाच ती वस्तू आपणास दिसते आणि वस्तूची प्रतिमा आपल्या डोळ्यातील दृष्टिपटलावर मिळते असे आपण म्हणू शकतो.

जेव्हा एखादी वस्तू आरशासमोर ठेवली जाते तेव्हा आरशात मिळणारी प्रतिमा ही परावर्तनामुळे तयार होते. त्या वस्तूवरील प्रत्येक बिंदू हा बिंदूप्रकाश उद्गम असतो. अशा वस्तूवरील बिंदूची प्रतिमा मिळण्यासाठी, त्या बिंदूपासून अनेक प्रकाशकिरण निघतात असे मानले जाते. परंतु आपल्या सोयीसाठी आपण दोनच किरणांचा उपयोग करू (वस्तूवरील बिंदूपासून येणारे किरण) या अपातीकिरणांचे परावर्तन घडून (परावर्तनाचे नियम वापरून) परावर्तित किरण जेथे एकत्र येतात (केंद्रित होतात) किंवा एकत्र (केंद्रित) आल्याचे भासतात तेथे प्रतिमा मिळते.

जेव्हा परावर्तित किरण प्रत्यक्ष एकत्र येतात व प्रतिमा मिळते, तेव्हा अशा प्रतिमांना वास्तव प्रतिमा (Real Image) असे म्हणतात. वास्तव प्रतिमा पडद्यावर घेता येते. जेव्हा परावर्तित किरण परावर्तनानंतर एकत्र न येता ते एकत्र मिळाल्याचा भास होतो, तेव्हा अशा प्रतिमांना आभासी प्रतिमा (Virtual Image) असे म्हणतात. आभासी प्रतिमा पडद्यावर किंवा कागदावर घेता येत नाही. आभासी प्रतिमा आरशामागे मिळते.



### कृती 15.1

एक सपाट आरसा घ्या आणि तो आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे (आ. 15.4 पहा) एका पांढऱ्या कागदावर उभा करून ठेवा. एक पोकळ काडी (Straw) घेऊन त्या सपाट आरशाच्या पृष्ठभागाला



उर्जा



टिपा

(vi) एक टाचणी ठेवून बाकीच्या तीन टाचण्या काढून वरीलप्रमाणेच या प्रयोगाची कृती पुन्हा नविन जागी टाचण्या बसवून करावी. अशा रितीने आणखी काही निरीक्षणे घ्या.

या प्रयोगाद्वारे टाचण्यांच्या प्रतिमा आरशात कशा दिसतात. हे तुम्ही पाहू शकता. याशिवाय निरनिराळ्या आपाती किरणांची व त्यांच्या परावर्तित किरणांची दिशा सुध्दा तुम्ही जाणू शकता.

सपाट आरशामुळे प्रतिमा कशी मिळते यासाठी आपण A या टाचणीपासून निघणारा प्रकाशकिरण विचारात घेऊ. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे आपण फक्त तीन किरण a, b, c काढले आहेत. ही किरणे  $M_1, M_2$  आरशावर पडली असता परावर्तित होऊन अनुक्रमे d, e, f या दिशेने जाताना परावर्तनाचे नियमांचा पडताळा येतो.

या प्रयोगात परावर्तित किरण प्रत्यक्ष एकत्र येत नाहीर हे सुध्दा दिसून येते. परंतु हे किरण A या बिंदूजवळ येत असल्याचा भास होतो. जर d, e, f हे किरण मागील बाजूस वाढविले तर ही किरणे आरशातील A प्रतिमाजवळ मिळताना दिसतात. अशा रितीने A' ही A ची आरशातील प्रतिमा होय.

अशा रितीने वरील प्रयोगाद्वारे आपणास सपाट आरशापासून प्रतिमा मिळते, त्या प्रतिमेची खालील वैशिष्ट्ये मिळतात.

- ही प्रतिमा आभासी, सुलटी व पदार्थाएवढीच आहे.

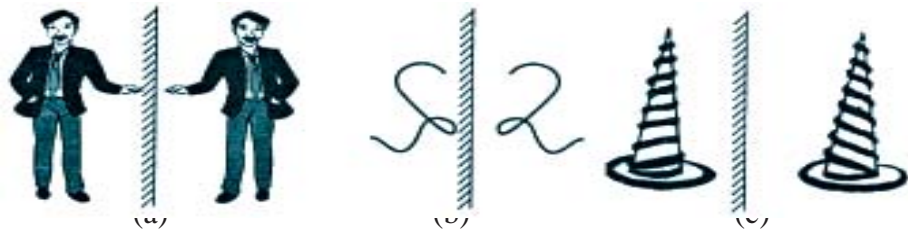
सपाट आरशापासून पदार्थाचे अंतर व प्रतिमेचे अंतर समान आहे. म्हणजेच  $OA = OA'$ .

अशा रितीने सपाट आरशातील बिंदूची प्रतिमा आरशामागे असून त्या बिंदूपासून काढलेल्या लंबरेषेवर असते. तसेच ही प्रतिमा बिंदू प्रतिमा जेवढ्या अंतरावर बिंदू आरशासमोर आहे तेवढ्याच अंतरावर आरशामागे प्रतिमा मिळते. ही प्रतिमा सुलटी, आभासी आणि पदार्थाएवढीच असते.

### 15.3.1 : परावर्तनावर आधारित काही महत्त्वाच्या घटना :

तुमचा हात सपाट आरशासमोर जवळ आणा. तुम्ही काय पाहू शकाल? परावर्तनानंतर तुमचा डावा हात हा उजव हात असल्यासारख्या भास होईल. आकृती 15.6 (a) तसेच 2 ही संख्या परावर्तनानंतर उलट झाल्यासारखी भासते. आ. 15.6 (b)

अशाप्रकारे सपाट आरशामुळे परावर्तन घडून डावखोर (Left handedness) व्यक्ती उजव्या हाताची (Right handedness) वाटते व उजव्या हाताची व्यक्ती डावखोर असल्याचे वाटते. यालाच बाजूची अदलाबदल (Lateral inversion) असे म्हणतात. उदा. डाव्या पिचेचा स्कू हा उजव्या पिचेचा दिसत असल्याने सपाट आरशातील परावर्तनाने जाणवते.



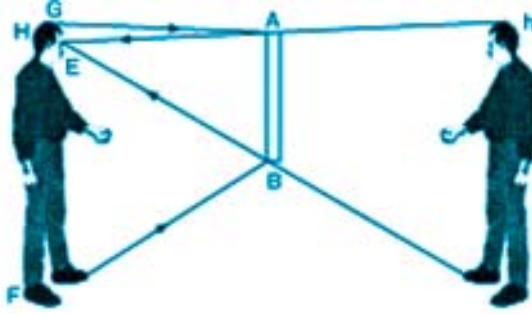
आ. 15.6 सपाट आरशाची प्रतिमा



त्याचप्रमाणे पुढील वाक्य सपाट आरशासमोर वाचले असता ते पुढीलप्रमाणे दिसेल .

सपाट आरशामध्ये दिसणारी प्रतिमा आरशापासून मागे जेवढ्या अंतरावर असते तेवढ्याच अंतरावर वस्तू आरशासमोर असतो . जर वस्तूचे आरशापासूनचे अंतर बदलले तर प्रतिमेचे अंतरसुद्धा तेवढ्याच प्रमाणात बदलते . म्हणजेच जर वस्तू  $V$  या वेगाने आरशाकडे येत असेल तर तिची प्रतिमासुद्धा  $V$  याच वेगाने आरशाकडे येताना जाणवते . आणि प्रत्येक वेळी आरशापासूनचे वस्तूचे अंतर व प्रतिमेचे अंतर समान असते . म्हणूनच प्रतिमेचा वस्तूकडे येण्याचा वेग हा '2r' इतका होईल .

आकृती 15.7 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे किरणाकृती काढली असता आपण असा निष्कर्ष काढू शकतो की, आपली संपूर्ण उंचीची प्रतिमा तिच्यापेक्षा अर्ध्या उंचीच्या सपाट आरशामध्ये पाहू शकतो .



आ.15.7 सपाट आरशातील प्रतिमा

**विचार करा व सोडवा**

L आकाराची एक वस्तू घेऊन तक्त्यात दाखविल्याप्रमाणे भिन्न स्थितीत ठेवून मिळणा-या प्रतिमां संबंधी स्पष्टीकरण करा .

A	
B	
C	
D	



**तुम्हाला माहिती आहे का ?**

आपल्या डोळ्याची दृश्य क्षमता ज्या प्रकाशाची तरंगलांबी 400nm (नॅनोमीटर) ते 700nm (नॅनोमीटर) इतकी आहे . म्हणून 400nm (नॅनोमीटर) ते 700nm तरंगलांबी असणा-या प्रकाशास दृश्य प्रकाश (Visible light) असे म्हणतात . 700nm पेक्षा अधिक तरंगलांबी असणा-या प्रकाशास 'इन्फ्रारेड लाइट' असे म्हणतात . तर 400nm पेक्षा कमी तरंगलांबी असणा-या प्रकाशास 'अल्ट्रा व्हायोलेट लाइट' असे म्हणतात . सर्व प्रकाशीय स्रोत या तिन्ही

उर्जा



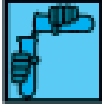
टिपा

प्रकारच्या प्रकाशाचे उत्सर्जन करतात. सूर्यापासून मिळणा-या प्रकाशामध्ये सर्वात अधिक प्रमाणात दृश्य प्रकाश असतो. सामान्यपणे सूर्यप्रकाशात दृश्य प्रकाश असतो. सामान्यपणे सूर्यप्रकाशात दृश्य प्रकाशाचप प्रमाण शे.50, इन्फ्रारेड लाईटचे प्रमाण 40% असून 10% प्रमाण अल्ट्रा व्हायोलेट लाईटचे असते. आपणास सूर्य हाच सर्व प्रकारच्या उर्जांचा मूळ उर्जा स्रोत आहे. सूर्य दर सेकंदास  $3.92 \times 10^{26}$  ज्यूल इतकी उर्जा उत्सर्जित करतो. सूर्याने उत्सर्जित केलेल्या एकूण उर्जेपैकी केवळ 0.0005 % इतकी उर्जा पृथ्वीपर्यंत पोहोचते. सूर्या पासून पृथ्वीवर पोहोचणारी उर्जा दर सेकंदास एकक क्षेत्रफळांवर 1.388 ज्यूल इतकी आहे.



तुम्हाला माहिती आहे का ?

ग्रीक तत्ववेत्ता 'पायथागोरस' याने प्रथम प्रकाशाच्या स्वरूपाविषयी मूलभूत तत्व इ.स.पूर्व ६ व्या शतकात मांडले होते. जेव्हा डोळ्यापासून निघणारा प्रकाश वस्तूपर्यंत पोहोचतो व पुन्हा वस्तूपासून निघणारा प्रकाश डोळ्यापर्यंत पोहोचतो तेव्हा ती वस्तू दिसू लागते. हा सिध्दान्त कालांतराने मागे पडला व त्यामध्ये बदल झाला. हा बदल न्यूटन (1642-1727) यांच्या मौलिक विचारातून (संशोधनातून) घडून आला.

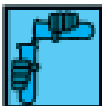


कृती 15.2

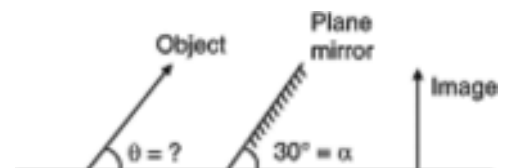
खालील तक्त्यात काही वस्तू दिल्या आहेत. प्रत्येक वस्तू सपाट आरशासमोत ठेवली असता त्या वस्तूची संगत प्रतिमा काढा व तक्ता पूर्ण करा.

तक्ता क्र.15.1

Object	Image
#	.....
O	.....
काम	.....
P	.....
OH	.....



कृती 15.3





तक्ता क्र.15.2

Angle of mirror $\alpha$	Angle of object $\theta$
30°	.....
45°	.....
60°	.....
90°	.....

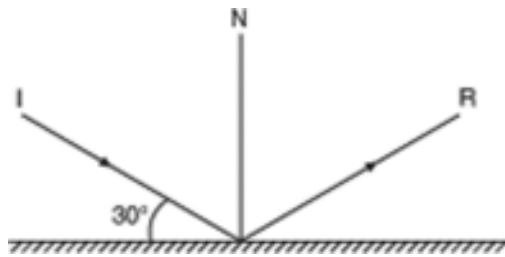


सरावासाठी प्रश्न 15.1

- स्तंभ A मध्ये प्रकाशाचे स्रोत दिले आहेत. तर हे स्रोत स्वयंप्रकाशी आहेत की परप्रकाशी आहेत ते स्तंभ B मध्ये A स्तंभाच्या संगत स्रोतासमोर लिहा.

प्रकाश स्रोत (A)	स्रोताचे स्वरूप (B)
1. प्रकाशित बदल	1.....
2. जळती मेणवत्ती	2.....
3. चंद्र	3.....
4. काजवा (Firefly)	4.....
5. चमकणारी स्टील प्लेट	5.....

- वास्तूवर प्रतिमा व आभासी प्रतिमा यातील फरकाचे दोन मुद्दे लिहा.
- जेव्हा तुम्ही सपाट आरशासमोर उभे राहता. तेव्हा त्या आरशामध्ये सुलटी व आभासी प्रतिमा मिळते. याचवेळी दुसरी एखादी व्यक्ती कॅमे-याने फोटो घेत असेल तर त्या प्रतिमेच्या फोटोचे स्वरूप सांगा.
- एका सपाट आरशावर एक आपाती किरण 30° चा कोन करते. (आकृती 15.9) आपाती किरणाची दिशा न बदलता तो आरसा 30 कोनातून फिरवला तर परावर्तित किरण किती अंशातून फिरेल?



आ. १५.९

उर्जा



टिपा

5. एका सपाट आरशाची उंची 8 सेमी आहे. या आरशासमोर 10 सेमी उंचीची एक वस्तू ठेवली असता त्या प्रतिमेची उंची किती असेल? तसेच तू वस्तू त्या सपाट आरशापासून 6 सेमी अंतरावर ठेवली असता मिळणा-या प्रतिमेची किरणाकृती काढा.
6. एका आरशासमोर 10 सेमी अंतरावर ठेवलेल्या वस्तूची प्रतिमा आरशामागे 10 सेमी अंतरावर मिळते. जर ती वस्तू आरशाच्या दिशेने 4 सेमी हलवली तर तिची प्रतिमा (i) आरसा व (ii) वस्तू सापेक्ष कितीने हलवली जाईल?
7. एक वस्तू सपाट आरशासमोर 6 सेमी/ सेकंद वेगाने आरशाकडे नेली गेली तर तिची प्रतिमा (i) आरशाकडे व वस्तूकडे किती वेगाने जाईल?
8. खालील चौकोनात काही अक्षरे आहेत. आडवी व उभी अक्षरे वापरून खालील शब्द तयार करा. NORMAL, REAL, VIRTUAL, PLANE, IMAGE

N	E	P	R	E	C	T
O	P	X	V	R	T	U
R	L	V	I	R	T	U
M	A	L	R	E	A	L
A	N	I	T	C	A	R
L	E	O	U	T	A	E
A	I	M	A	G	E	J
N	K	N	L	E	N	C

9. पुढील तक्त्यात स्तंभ A व स्तंभ B मध्ये अनुक्रमे वस्तूचे सपाट आरशापासूनचे अंतर व वस्तूची उंची दिली आहे. तर स्तंभ C व स्तंभ D मध्ये अनुक्रमे प्रतिमेचे सपाट आरशापासूनचे अंतर व प्रतिमेची उंची दिली आहे. ते योग्य क्रमाने पुन्हा लिहा व तक्ता पूर्ण करा.

A पदार्थाचे अंतर	B पदार्थाची उंची	C प्रतिमेचे अंतर	D प्रतिमेची उंची
10 सेमी	5 सेमी	10 सेमी	10 सेमी
5 सेमी	10 सेमी	5सेमी	8सेमी
6 सेमी	8 सेमी	6 सेमी	5सेमी



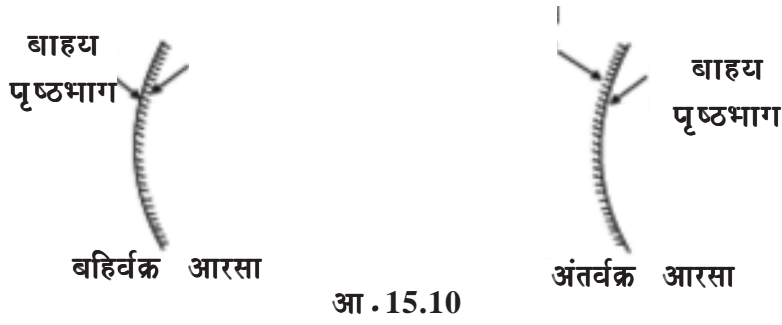


टिप

### 15.4 : गोलीय आरशामुळे घडणारे परावर्तन

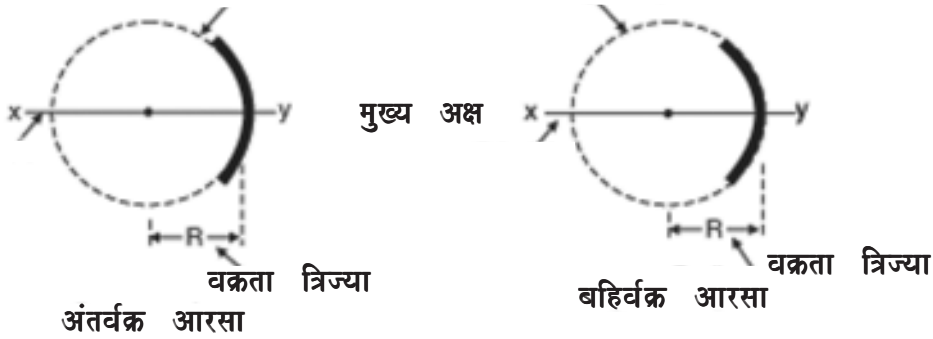
गोलीय आरसा हा एका पोकळ गोलाचा भाग असून त्याचा आतील किंवा बाहेरील पृष्ठभाग चकचकीत केलेला असतो. अशा प्रकारे गोलीय आरशांचे प्रामुख्याने दोन प्रकार पडतात. ते म्हणजे (i) अंतर्वक्र आरसा (ii) बहिर्वक्र आरसा.

- (i) बहिर्वक्र आरसा :- ज्या गोलीय आरशाचा बाहेरील पृष्ठभाग म्हणजेच फुगीर पृष्ठभागावर प्रकाशाचे परावर्तन घडते. (म्हणजेच आतील पृष्ठभागावर पारा लावला जातो.) (आ. 15.10)
- (ii) अंतर्वक्र आरसा :- या गोलीय आरशात आतील बाजूने परावर्तन घडते. (म्हणजेच याच्या बाहेरील पृष्ठभागावर पारा लावला जातो) आ. 15.10 मध्ये पहा.



आ. 15.10

गोलीय आरशामुळे प्रकाशाचे होणारे परावर्तन समजण्यासाठी काही संज्ञा माहित असणे आवश्यक आहे. त्या पुढीलप्रमाणे. (आ. 15.11 पहा)



आ. 15.11

- (i) **वक्रतामध्य (P) (Pole) :-** हा गोलीय आरशाच्या पृष्ठभागाचा मध्य होय. आ. 15.11 मध्ये बिंदू P हा वक्रतामध्य आहे.
- (ii) **वक्रताकेंद्र (c) (Centre of curvature) :-** गोलीय आरसा ज्या गोलाचा भाग असतो त्या गोलाचा केंद्र होय. गोलीय आरशाच्या पृष्ठभागावर दोन भिन्न बिंदूतून दोन लंब काढल्यास त्यांचा छेदनबिंदू हाच वक्रताकेंद्र असतो. (आ. 15.11 पहा) आकृतीत c हा बिंदू वक्रता केंद्र आहे.

उर्जा



टिपा

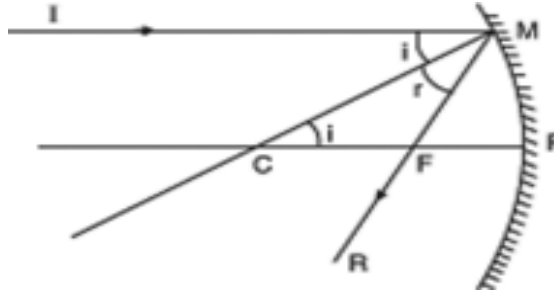
- (iii) **वक्रतात्रिज्या (R) (Radius of curvature) :-** हे गोलीय आरशाचा वक्रतामध्य (P) व वक्रताकेंद्र (c) यातील अंतर होय. आ.15.11 मध्ये CF ही वक्रतात्रिज्या आहे.
- (iv) **मुख्य अक्ष (Principal axis) :-** ही एक काल्पनिक रेषा असून ती वक्रतामध्य आणि वक्रताकेंद्र यांना सामावते. आकृती 15.11 मध्ये वाढविलेली रेषा CP ही मुख्य अक्ष आहे.
- (v) **मुख्य नाभी (F) (Principal focus) :-** गोलीय आरशाच्या मुख्य अक्षाजवळ व मुख्य अक्षाला समांतर असणारे प्रकाशकिरण परावर्तनानंतर ज्या एका बिंदूत एकवटतात. (अंतर्वक्र आरशात) किंवा ज्या बिंदूपासून आल्यासारखे भासतात. (बहिर्वक्र आरशात) अशा मुख्य अक्षावरील बिंदूस त्या गोलीय आरशाची मुख्य नाभी (F) असे म्हणतात. आ. 15.11 मध्ये F हा बिंदू मुख्य नाभी आहे.
- (vi) **नाभीय अंतर (F) (Focal length) :-** गोलीय आरशाचा वक्रतामध्य (P) व मुख्य नाभी (F) यामधील अंतरास नाभीय अंतर (F) असे म्हणतात. आ.१५.११ मध्ये PF हे नाभीय अंतर होईल.

### 15.5: वक्रता त्रिज्या (R) आणि नाभीय अंतर (F) यातील संबंध

आ. 15.12 मध्ये एका अंतर्वक्र आरशावर IM हे आपाती किरण मुख्य अक्षाला समांतर आहे. M हा चा किरणाचा आपाती बिंदू आहे. M बिंदूजवळ आरशाला लंब काढलेली रेषा C या वक्रताकेंद्रातून जाते. MF हे परावर्तित किरण मुख्य नाभीतून (F) जाते. आपणास असे दिसून येते की,

$\angle i = \angle r$  ( $\therefore$  आपाती कोन व परावर्तन कोन समान असतात.)

$\therefore \Delta CMF$  मध्ये  $MF = CF$



आ. 15.12

आरसा कमी फुगीर असल्यामुळे  $MF = CF$  होईल.

$\therefore PC = PF + CF = PF + PF = 2PF$

$\therefore R = 2F$  किंवा ( $\therefore PC = R$  वक्रतात्रिज्या आणि  $F = \frac{R}{2}$  होईल.  $PF = F$  नाभीय अंतर)

अशा रितीने गोलीय आरशाचे नाभीय अंतर (F) हे त्या आरशाच्या वक्रतात्रिज्येच्या (R) निम्मे असते.

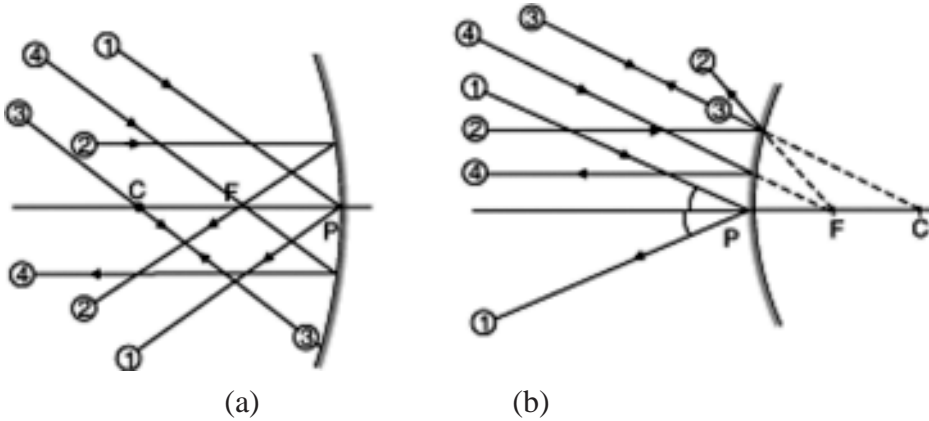


टिपा

### 15.6 : गोलीय आरशामुळे प्रतिमा मिळविण्याचे नियम

गोलीय आरशामुळे प्रतिमा मिळविण्यासाठी किरणाकृती काढताना खालीलपैकी कोणेतही दोन किरण घ्यावेत. हे दोन किरण परावर्तनानंतर ज्या बिंदूत एकवटतात किंवा ज्या बिंदूपासून निघतात असे भासते तो बिंदू प्रतिमेचे स्थान निश्चित करतो.

- (i) **आरशाच्या वक्रतामध्यातून पडणारे किरण :- Ray striking the pole** प्रकाशकिरण आरशाच्या वक्रतामध्याजवळ पडले असता परावर्तनानंतर परत जाताना मुख्य अक्षाच्या दोन्ही बाजूस एकरूप कोन होतात. (आकृती 15.13 मध्ये किरण क्र.1)
- (ii) **समांतर किरण Parallel ray :-** अंतर्वक्र आरशाच्या बाबतीत मुख्य अक्षाला समांतर असणारे आपाती किरण परावर्तनानंतर मुख्य नाभीतून जातात. परंतु बहिर्वक्र आरशाच्या बाबतीत मुख्य अक्षाला समांतर असणारे आपाती किरण परावर्तनानंतर मुख्य नाभीतून आल्यासारखे भासतात. (आ.15.13 मधील किरण क्र.2)
- (iii) **वक्रता केंद्रातून जाणारे किरण :- Ray through centre of curvature** गोलीय आरशाच्या वक्रता केंद्रातून जाणारे प्रकाशकिरण आरशाच्या परावर्तक पृष्ठभागावर पडले असता ते त्याच मार्गाने परावर्तित होतात. (आ.15.13 मधील किरण क्र.3)
- (iii) **मुख्य नाभीतून जाणारे प्रकाश किरण :- Ray through focus** गोलीय आरशाच्या मुख्य नाभीतून जाणारे आपाती किरण आरशाच्या परावर्तक पृष्ठभागावर पडून ते परावर्तनानंतर मुख्य अक्षाला समांतर जातात. (आ.15.13 मधील किरण क्र.4)



आ . 15.13

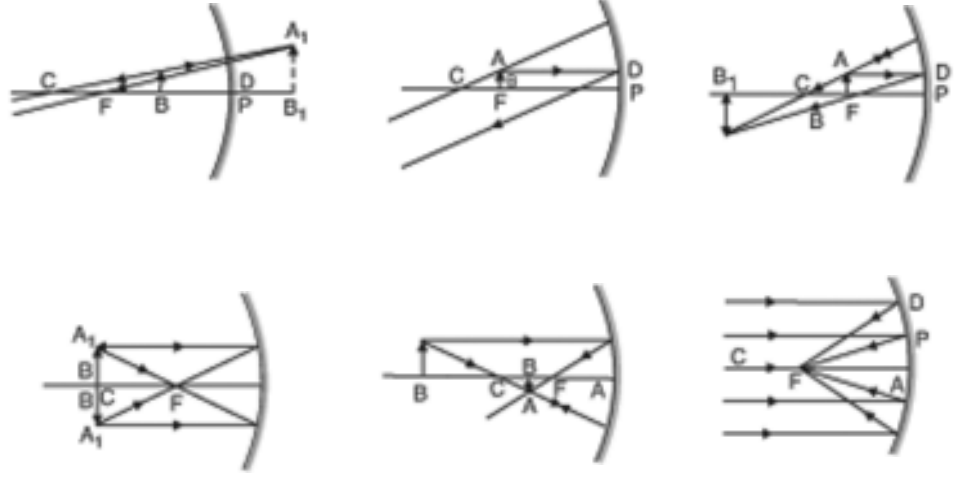
#### 15.6.1: अंतर्वक्र आरशामुळे मिळणारी प्रतिमा :-

वर वर्णन केलेले नियम वापरून अंतर्वक्र आरशासमोर विविध अंतरावर पदार्थ ठेवला असता त्यापासून मिळणारी प्रतिमा किरणाकृतीच्या साहाय्याने ठरविणे.

उर्जा



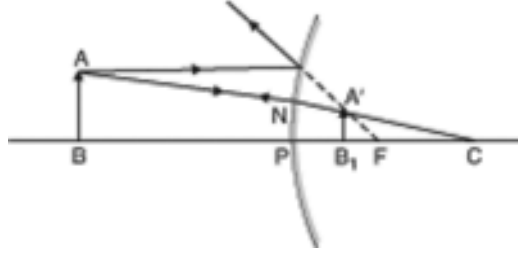
टिपा



आ. 15.14 अंतर्वक्र आरशामुळे मिळणा-या प्रतिमा

15.6.2 : बहिर्वक्र आरशामुळे मिळणारी प्रतिमा

बहिर्वक्र आरशाच्या साहाय्याने प्रतिमा कशी मिळते हे आकृती 15.15 मध्ये दाखविले आहे .



आ. 15.15 बहिर्वक्र आरशामुळे मिळणारी प्रतिमा

अंतर्वक्र आरसा व बहिर्वक्र आरसा यांच्या साहाय्याने मिळणारी प्रतिमा त्या प्रतिमेचे स्थान,स्वरूप व आकार यासंबंधी संक्षिप्त रूपात माहिती खालील तक्त्यात आहे .

वस्तूचे स्थान	प्रतिमेचे स्थान	प्रतिमेचे स्वरूप	प्रतिमेचा आकार
(A) अंतर्वक्र आरशाकरिता			
(i) P व F च्या दरम्यान	आरशामागे	आभासी	सुलटी, मोठी
(ii) F वर	आरशासमोर	अनंत अंतरावर	वास्तव, उलटी
(iii) F व 2F च्या दरम्यान	2F च्या पलीकडे	वास्तव, उलटी	वर्धनीय
(iv) 2F वर	2F वर	वास्तव, उलटी	मोठी
(v) 2F च्या पलीकडे	F व 2F च्या दरम्यान	वास्तव, उलटी	वस्तू एवढीच वस्तूपेक्षा लहान



(vi) अनंत अंतरावर (B) बहिर्वक्र आरशाकरिता आरशाकरिता कोठेही	F जवळ आरशामागे	वास्तव, उलटी P व F च्या दरम्यान	अति लहान आभासी, सुलटी नेहमीच लहान
--	-------------------	---------------------------------------	---



### तुम्हाला माहिती आहे का ?

- आरशाच्या प्रत्येक भागापासून कितीही लांबीच्या वस्तूची पूर्ण प्रतिमा मिळविणे शक्य असते. भिन्न कोनातून व प्रतिमांचे परस्परांवर जोडले जाऊन अंतिम प्रतिमा तयार होते. त्या प्रतिमेचा उजळपणा हा प्रकाशाचे परावर्तन करणा-या पृष्ठभागावर अवलंबून असतो. म्हणूनच मोठ्या आरशापासून मिळणारी प्रतिमा ही लहान आरशापासून मिळणा-या प्रतिमेपेक्षा अधिक उजळ दिसते. या घटनेचा उपयोग चित्रपटांचे छायाचित्रीकरण करताना केला जातो. उदा. राजस्थानमधील जयपूर येथील 'अमेर फोट' या शीशमहालात चित्रपटांचे छायाचित्रीकरण करतात.
- जरी आरशाचा प्रत्येक भाग वस्तूची पूर्ण प्रतिमा मिळवू शकत असला, तरी पूर्ण प्रतिमा मिळवू शकत असला तरी पण आपणास वस्तूच्या ज्या भागापासून परावर्तनानंतर अधिक प्रकाश आपल्या डोळयापर्यंत पोहोचतो तेवढाच भाग अधिक उजळ (स्पष्ट) दिसतो.

### त्यामागील कारण म्हणजे :-

- (i) व्यक्तीच्या मागील वाजूस असणा-या भिंतीची पूर्ण प्रतिमा मिळविण्यासाठी, भिंतीच्या उंचीच्या किमान  $\frac{1}{3}$  उंचीइतका सपाट आरसा आवश्यक असून ती व्यक्ती भिंत व आरसा यांच्या दरम्यान मध्यावर उभी असणे आवश्यक आहे.
  - (ii) दोन सपाट आरसे परस्परांना 'Q' मापाचा कोन करून ठेवले असता बिंदू स्वरूपातील वस्तूच्या प्रतिमांची संख्या पुढील सूत्राने मिळविता येते -  

$$\text{संख्या} = \left( \frac{360^\circ}{Q} \right) - 1$$
 ही समसंख्या असेल तर  $\left( \frac{360^\circ}{Q} - 1 \right)$  प्रतिमा मिळतात आणि जर  $\left( \frac{360^\circ}{Q} \right)$  ही विषम संख्या होते. मिळणा-या प्रतिमांची संख्या एवढीच असते. उदा. जेव्हा दोन सपाट आरसे परस्परांना कोन करून ठेवले तर आपणास 5 प्रतिमा मिळतील. यावरून आपण पुढील निष्कर्ष काढू शकतो-  
 जेव्हा ची किंमत विशिष्ट असेलच असे निश्चितपणे सांगता येणार नाही.
- आपणास दिसू शकणा-या प्रतिमांची संख्या व तयार होणा-या प्रतिमांची संख्या ही भिन्न असू शकते. ही संख्या वस्तू आणि कोन करून ठेवलेले आरसे यांच्या दृष्टिने निरीक्षकाचे स्थान कोठे आहे यानुसार बदलते. उदा. असताना जास्तीत जास्त ३ प्रतिमा मिळतील. परंतु निरीक्षकास दिसू शकणा-या प्रतिमांची संख्या निरीक्षकाच्या स्थितीनुसार ती संख्या किंवा असू शकेल.

ऊर्जा



टिपा

### 15.6.3 आरशांचे उपयोग :-

#### (i) सपाट आरशाचे उपयोग :-

- स्वतःची प्रतिमा पहाणे .
- शोभादर्शी, दूरदर्शी, कोनमापकयंत्र आणि पाणबुडी यामध्ये .
- घरातील कोप-यातील वस्तू पहाणे .
- प्रकाशाचा कवडसा मिळविण्यासाठी

#### (ii) अंतर्वक्र आरशाचे उपयोग :-

- शोधक दीप (search light) मोटारचे समोरचे दिवे, चित्रपट दर्शक (projectors ) इ. मध्ये परावर्तक म्हणून उपयोगी
- सौरकुकर मध्ये सौर ऊर्जा केंद्रिकरणासाठी
- विस्तारित प्रकाशस्रोत निर्माण करून इमारती प्रकाशमान करण्यासाठी .
- परावर्ती दूरदर्शीमध्ये मोठमोठे अंतर्वक्र आरसे परावर्तक म्हणून वापरले जातात .

#### (iii) बहिर्वक्र आरशाचे उपयोग :-

- मोटारी, बसेस, स्कूटर चालकांना मागील वाहने पहाण्यासाठी .
- सुरक्षितपणे वळण घेताना प्रामुख्याने अपघाती वळणावर डबलडेकर बस चालकास या आरशाचा उपयोग निश्चित होतो .

### 15.7 : आरशाचे सूत्र व चिन्हांचे संकेत

गोलीय आरशापासूनचे अंतर मोजण्यासाठी पुढील चिन्हांचे संकेत वापरले जातात .

1. सर्व अंतरे गोलीय आरशाच्या प्रकाशीय मध्यापासून (P) मोजली जातात .
2. आपाती किरणांच्या दिशेने मोजली जाणारी अंतरे ही धन (+) घेतली जातात .
3. आपाती किरणांच्या विरुद्ध दिशेत मोजलेली अंतरे ही ऋण (-) मानतात .
4. मुख्य अक्षाच्या वरच्या दिशेने मोजलेली अंतरे धन (+) तर मुख्य अक्षाच्या खालच्या दिशेने घेतलेली अंतरे ऋण (-) मानतात .

मागील भागात अंतर्वक्र आरशाच्या साहाय्याने वस्तूची प्रतिमा कशी मिळते हे तुम्ही पाहिले आहेच . जेव्हा पदार्थ  $2f$  वर (वक्रताकेंद्रावर- C वर) ठेवला जातो . तेव्हा त्याची प्रतिमा अंतर्वक्र आरशासमोर  $2f$  वरच मिळते . चिन्हांचे संकेत वापरून पदार्थाचे अंतर (u) प्रतिमेचे अंतर (v) आणि नाभीय अंतर (f) यातील संबंध गोलीय आरशांच्या बाबतीत खालीलप्रमाणे मिळतील .



$$u = -2f \quad \text{आणि} \quad v = -2f$$

आणि  $F$  ची किंमत खालीलप्रमाणे

$$\frac{1}{f} = \quad \text{किंवा}$$

$$\frac{1}{f} =$$

या सूत्रास गोलीय आरशाचे सूत्र असे म्हणतात. या सूत्राने  $u, v$  आणि  $F$  यांपैकी कोणत्याही दोन किंमती दिल्या असता उरलेली किंमत काढता येते. हेच सूत्र बहिर्वक्र आरशासाठी वापरता येते. याचा पडताळा घेण्यासाठी गोलीय आरशामुळे (अंतर्वक्र तसेच बहिर्वक्र आरसा) मिळणा-या प्रतिमांची आकृती पहा.

### 15.8 : गोलीय आरशामुळे होणारे विशालन

गोलीय आरसा वापरून आपण एखाद्या वस्तूची मोठी म्हणजेच विशालित प्रतिमा मिळवू शकतो. हे आपणास माहित झाले आहे. प्रतिमेची उंची व पदार्थाची उंची यांच्या गुणोत्तरास रेषीय विशालन (Linear magnification) असे म्हणतात. म्हणजेच

$$\text{रेषीय विशालन } M = \frac{\text{प्रतिमेची उंची (I)}}{\text{प्रतिमेची उंची (O)}} = \frac{v}{u}$$

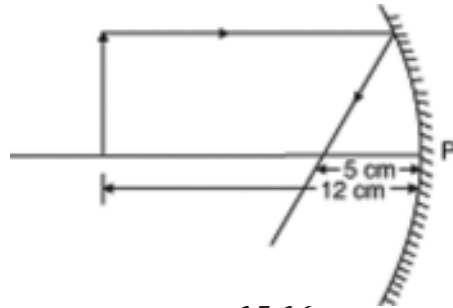
$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

येथे  $V =$  प्रतिमेचे आरशापासूनचे अंतर  $u =$  पदार्थाचे आरशापासूनचे अंतर जेव्हा  $M$  ची किंमत धन येते, तेव्हा प्रतिमा सुलटी असते. तर  $M$  ची किंमत ऋण येते, तेव्हा प्रतिमा उलटी असते हे दर्शविते.



### सरावासाठी प्रश्न 15.2

- आ. 15.16 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे, एका अंतर्वक्र आरशासमोर एक वस्तू ठेवली आहे. या आरशामुळे त्या वस्तूची मिळणा-या प्रतिमेचे स्थान आणि स्वरूप सांगा. टसेच त्या आरशाचे नाभीय अंतर किती ?



आ. 15.16

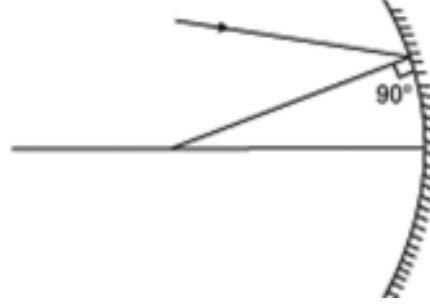
उर्जा



टिपा

2. अंतर्वक्र आरशामुळे मिळणारी प्रतिमा ही आभासी मिळविण्यासाठीची अट (condition) सांगा .

3. आ . 15.17 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे परावर्तक किरण मुख्य अक्षाला मुख्य नाभीच्या पलीकडे किंवा मुख्य नाभीच्या आत छेदेल याची स्थिती सांगा .



आ . 15.17

1. अंतर्वक्र आरशासमोर वक्रताकेंद्राच्या पलीकडे एक वस्तू ठेवली असता मिळणारी प्रतिमा कोणत्या प्रकारची असेल ते लिहा .

2. एका अंतर्वक्र आरशाचे नाभीय अंतर 20 सेमी असून एका वस्तूची प्रतिमा आरशापासून 30 सेमी अंतरावर मिळते . तर त्या वस्तूचे आरशापासूनचे अंतर काढा .

3. अंतर्वक्र आरशाचे दोन उपयोग लिहा .

4. बहिर्वक्र आरशाच्या साहाय्याने मिळणा-या प्रतिमेचे स्वरूप लिहा .

5. एका बहिर्वक्र आरशाचे नाभीय अंतर 12 सेमी आहे . तर पुढील वाबतील पदार्थ त्या आरशासमोर ठेवला असता प्रत्येक वेळी प्रतिमेचे आरशापासूनचे अंतर मिळवा . (i) 8 सेमी (ii) 12 सेमी (iii) 18 सेमी

6. अंतर्वक्र आरशाकरिता पुढील तक्त्यात वस्तू आणि त्याची संगत प्रतिमा यांची स्थिती दिली आहे . यातील रिकाम्या जागी योग्य माहिती भरून तक्ता पूर्ण करा .

वस्तूची स्थिती	प्रतिमेची स्थिती
(i) F वर	(i) .....
(ii) F आणि 2F च्या दरम्यान	(ii) .....
(iii)	(iii) F आणि 2F च्या दरम्यान
(iv)	(iv) 2F च्या पलीकडे
(v) 2F च्या पलीकडे	(v) .....

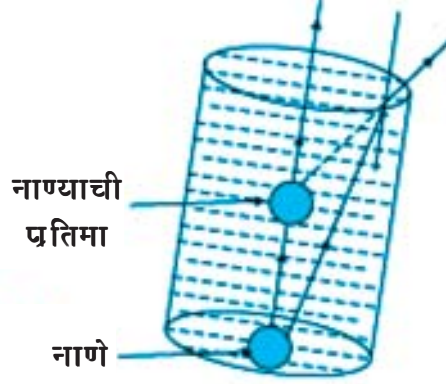




10. बहिर्वक्र आरशाचे दोन उपयोग लिहा .
11. अंतर्वक्र आरसा हा नेहमीच प्रकाश किरणांचे अभिसरण (converges) करतो का ते सांगा .
12. अंतर्वक्र आरशापासून मिळणारी प्रतिमा ही विशालीत असण्यासाठी अटी कोणत्या ते लिहा .

### 15.9: प्रकाशाचे अपवर्तन

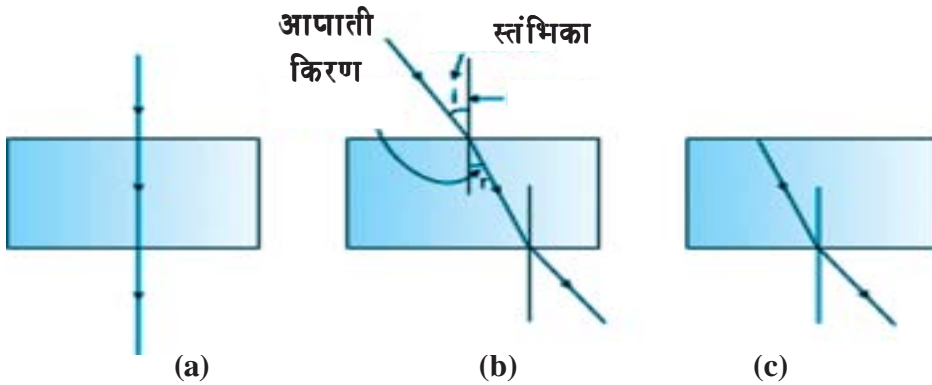
पाण्याने पूर्ण भरलेल्या उभट भांड्याच्या तळाशी असलेल्या नाण्याकडे तुम्ही कधी पाहिले का? ते नाणे आहे त्यापेक्षा कमी खोलीवर ते नाणे आल्याचे दिसते . म्हणजेच ते किंचित वर आल्याचे दिसते . हे असे का घडते ? जेव्हा पदार्थापासून परावर्तित होणारे किरण आपल्या डोळ्यापर्यंत येतात तेव्हाच तो पदार्थ आपणास दिसू शकतो हे तम्ही जाणता आहातच . जेव्हा प्रकाशकिरण पाण्यात बाहेर (हवेत) येतात तेव्हा ते थोडे वळले जातात, यामुळेच ते नाणे आहे त्या ठिकाणापेक्षा थोडे वरती आल्यासारखे भासते . हे आ.15.18 मध्ये दाखविले आहे . असे नेहमीच घडून येईल काय? नेहमीच नाही .



आ . 15.18

जेव्हा प्रकाश किरण एका माध्यमातून दुस-या माध्यमात जाताना आपाती किरण माध्यमाच्या पृष्ठभागाशी तिरपे (कोन करून) असतील . तरच अशी घटना घडते . प्रकाशाचे हे वक्रीभवन हे माध्यमाच्या घनतेवर अवलंबून असते .

जेव्हा प्रकाशकिरण घन माध्यमातून विरळ माध्यमात जातात तेव्हा ते संभिकेपासून दूर जातात . आणि जेव्हा प्रकाशकिरण विरळ माध्यमातून घन माध्यमात जातात . तेव्हा ते स्तंभिकेच्या जवळ येतात . (स्तंभिकेकडे झुकतात) अशा या प्रकाशकिरणाच्या वक्र पावण्याच्या घटनेस (गुणधर्मास) प्रकाशाचे अपवर्तन असे म्हणतात . प्रकाशाचे अपवर्तन कसे घडते हे आकृती 15.19 मध्ये दाखविले आहे .



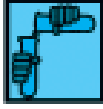
आकृती 15.19

उर्जा



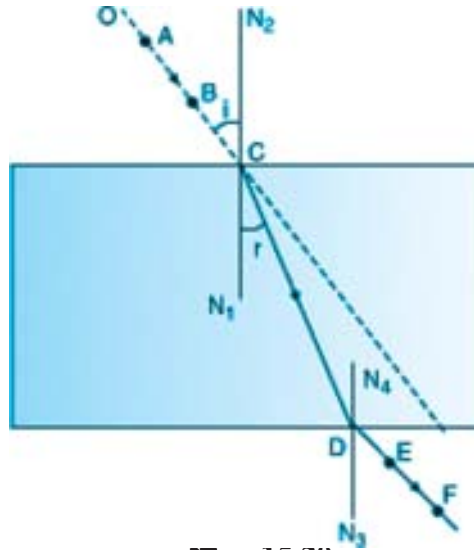
टिपा

आकृती 15.19 (b) आणि (c) मध्ये प्रकाशाचे मार्ग विस्कळीत झाले आहेत, परंतु आ. 15.19 (a) मध्ये प्रकाशाच्या मार्गाचे विचलन (deviation) झालेले नाही तर हे अपवर्तन आहे की नाही? तर होय. हे निश्चितपणे अपवर्तनच आहे. जे आपाती किरण माध्यमाच्या पृष्ठभागाशी लंब असतात तेव्हा अपवर्तन घडताना प्रकाशाचा मार्ग विचलित (deviation) होत नाही. प्रकाशाचे अपवर्तन होताना त्याची वारंवारता बदलत नाही परंतु तरंगलांबीमध्ये बदल घडतो. परिणामी प्रकाशाच्या वेगामध्ये सुध्दा बदल घडतो.



कृती 15.3

एक आरेखन फळक घेऊन त्यावर पांढरा कागद ठेवा. या कागदाच्या मध्यावर एक काचेची चीप ठेवून तिच्या मर्यादा पेन्सिलने आखा. आता काचेची चीप बाजूला घेऊन आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे OC ही रेषा आयताकृतीच्या एका बाजूवर तिरपी काढा. (आकृती 15.20 पहा) या रेषेवर A आणि B अशा दोन टाचण्या बसवा. आता काचेची चीप पूर्ववत ठेवा. आणि काचेच्या चिपेच्या दुस-या बाजूकडून या टाचण्या पहा. आता एक टाचणी (E) कागदावर अशा रितीने बसवा की A, B टाचण्यांच्या चिपेतील प्रतिमा व E टाचणी एकरेषीय दिसतील. आणखी एक (E) टाचणी अशा रितीने बसवा की A, B, E, F हे सर्व एकरेषीय येतील. आता काचेची चीप बाजूला करा. E, F या टाचण्या बाजूला काढून त्यांना जोडणारी रेषा काढा. ही रेषा काचेच्या चिपेच्या मर्यादेस जेथे छेदते. तेथे D नाव द्या. C व D विंदूंना जोडणारी रेषा काढा. पुढे तुटक रेषेने वाढवा. रेषा ABC ही आपाती किरणांची दिशा दर्शविते. (C हा आपाती विंदू होईल) रेषा DEF ही निर्गत किरणांची दिशा दाखविते. तर रेषा CD ही काचेच्या चिपेतील अपवर्तित किरणांची दिशा होईल.



आ. 15.20

$N_1CN_2$  ही C विंदूजवळील स्तंभिका काढा तसेच  $N_3DN_4$  ही D विंदूजवळील स्तंभिका काढा. आता किरण काय दर्शवितात ते पहा. अपवर्तित किरण CD हे C विंदूजवळ स्तंभिकेकडे वळते,



तर D बिंदूजवळ ते (किरण DEF) स्तंभिकेपासून दूर जाते. हे तुम्ही जाणू शकता का? तुम्ही निष्कर्ष काय काढाल?

प्रकाश किरण विरळ (हवा) माध्यमातून घन (काच) माध्यमात जाताना स्तंभिकेकडे वळतात. तसेच प्रकाशकिरण घन (काच) माध्यमातून विरळ (हवा) माध्यमात जाताना ते स्तंभिकेपासून दूर जातात.

### 15.9.1 :- माध्यमाचा अपवर्तनांक :-

प्रकाश किरण एका माध्यमातून दुस-या माध्यमात जाताना त्याच्या वेगात बदल घडतो. प्रकाशकिरण विरळ माध्यमातून घन माध्यमात जाताना त्याचा वेग मंद होतो. परिणामी ते स्तंभिकेकडे झुकते. तर प्रकाशकिरण घन (काच)माध्यमातून विरळ(हवा) माध्यमात जाताना त्याचा वेग वाढतो. यामुळे ते स्तंभिकेपासून दूर जातात. यावरून प्रकाशाचा वेग भिन्न माध्यमात भिन्न असतो. असा निष्कर्ष काढता येतो. म्हणून भिन्न पदार्थांमध्ये प्रकाशकिरण झुकण्याची किंवा अपवर्तन करण्याची क्षमता भिन्न असते. प्रकाशकिरणांची ही झुकणारी क्षमता हयालाच आपण त्या माध्यमाचा अपवर्तनांक असे म्हणतो.

माध्यमाचा अपवर्तनांक (n) म्हणजेच निर्वात जागी असणारा प्रकाशाचा वेग व त्या माध्यमात असणारा प्रकाशाचा वेग यांचे गुणोत्तर होय.

$$\therefore \text{माध्यमाचा अपवर्तनांक (n)} = \frac{\text{निर्वातात प्रकाशाचा वेग}}{\text{माध्यमात प्रकाशाचा वेग}}$$

### 15.10 अपवर्तनाचे नियम

प्रकाश किरणांचे हे वक्र पावणे (झुकणे) हे माध्यमाच्या अपवर्तनांकावरच अवलंबून असते असे नसून ते आपाती कोनावरसुद्धा अवलंबून असते. अपवर्तनाचे नियम पुढीलप्रमाणे :-

- (i) **अपवर्तनाचा पहिला नियम :-** आपाती बिंदूजवळ आपाती किरण, अपवर्तित किरण आणि स्तंभिका हे एकाच प्रतलात असतात. (आ. 15.19)
- (ii) **अपवर्तनाचा दुसरा नियम :-** आपाती कोनाचे साईन (sin) गुणोत्तर आणि अपवर्तित कोनाचे साईन (sin) गुणोत्तर यांचे गुणोत्तर हे माध्यमासाठी स्थिर असते. आणि याची किंमत त्या माध्यमाच्या अपवर्तनाएवढी असते. यालाच 'स्नेलचा' (Snell) अपवर्तनाचा नियम असे म्हणतात.

$$\text{अपवर्तनांक (n)} = \frac{\text{(i= आपाती कोन)}}{\text{r = अपवर्तित कोन}}$$

ऊर्जा



टिपा



## कृती 15.5

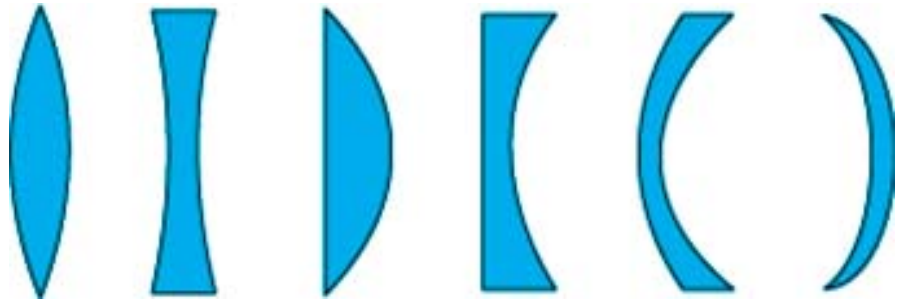
एक पारदर्शी प्लॅस्टिकची वादली घेऊन ती पाण्याने भरा. आ.15.21 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे या वादलीच्या तळाशी वाहेरून लाल रंगाचा विजेचा दिवा ठेवा. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे या वादलीतील पाण्यात डोके बुडवा आणि त्या वल्बकडे पहा. वल्बच्या रंगात काही फरक पडेल काय? नाही. आपणास असे दिसेल की त्याच्या रंगात काहीच फरक होत नाही. याचाच अर्थ असा की, प्रकाशीय माध्यम बदलले तरी त्याच्या रंगात बदल घडत नाही. फक्त वेग व तरंगलांबी यामध्ये बदल घडून येतो. परंतु तरंगाची वारंवारता ही कायम राहते. या प्रयोगावरून असे सिद्ध होते की रंग हे वारंवारतेचे फल (function) असून ते प्रकाशाच्या तरंगलांबीचे नाही.



आ . 15.21

## 15.11 : - गोलीय पृष्ठभाग असलेल्या पदार्थातून प्रकाशाचे अपवर्तन

या विभागात आपण प्रकाशाचे अपवर्तन संदर्भात केवळ भिंगातून प्रकाशाचे अपवर्तन अभ्यासणार आहोत. पारदर्शी माध्यमाच्या कडा एका गोलाचे भाग असतात, अशा पारदर्शी माध्यमाच्या भागास भिंग असे म्हणतात. प्रामुख्याने भिंगाचे प्रकार पुढीलप्रमाणे त्याच्या पृष्ठभागावरून पडतात.

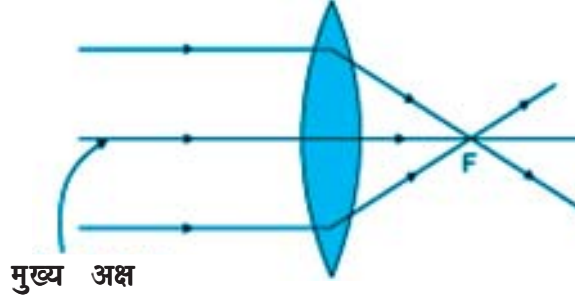


आ . 15.22



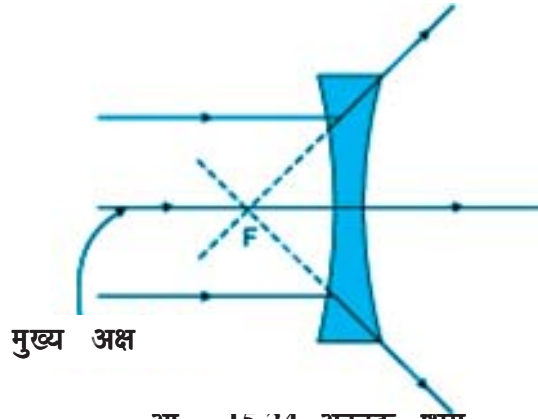
यापैकी प्रमुख प्रकार दोन आहेत. (i) बहिर्वक्र भिंग (ii) अंतर्वक्र भिंग

- (i) **बहिर्वक्र भिंगः - (convex lens) :-** बहिर्वक्र भिंग हे मध्यभागी फुगीर असून कडेला पातळ (कमी जाड) होत गेलेले असते. यावर समांतर किरण पडले असता ते अपवर्तनांतर एका बिंदूत एकवटतात. त्या बिंदूस भिंगाचा केंद्र असे म्हणतात. बहिर्वक्र भिंगास अभिसारी भिंग असेही म्हणतात. (आ.15.23)



आ. 15.23 बहिर्वक्र भिंग

- (ii) **अंतर्वक्र भिंग :- (concave lens) :-** अंतर्वक्र भिंग हे मध्यभागी पातळ (कमी जाड) असून कडेला जाड होत जाते. या भिंगावर समांतर किरण पडले असता ते अपवर्तनांतर पसरतात व मागील बाजूने वाढविले (तुटक रेषेने आ. 15.24) असता एका बिंदूतून निघतात असा भास होतो. म्हणून या भिंगाला अपसारी भिंग असेही म्हणतात. ज्या बिंदूतून आल्यासारखे भासतात त्या बिंदूस केंद्र (मुख्य नाभी) म्हणतात.



आ. 15.24 अतवक्र भिंग

### 15.12 : भिंगामुळे मिळणारी प्रतिमा

कोणत्याही प्रकारच्या भिंगापासून प्रतिमा मिळविण्यासाठी फक्त दोन किरणांची आवश्यकता असते. हे दोन किरण पुढीलप्रमाणे :-

- (i) भिंगाच्या मुख्य अक्षाला समांतर असणारे किरण अपवर्तनांतर मुख्य नाभीत एकवटतात (बहिर्वक्र भिंगामध्ये) तर अंतर्वक्र भिंगाच्या बाबतीत ते किरण मुख्य नाभीपासून पसरतात दिसतात.

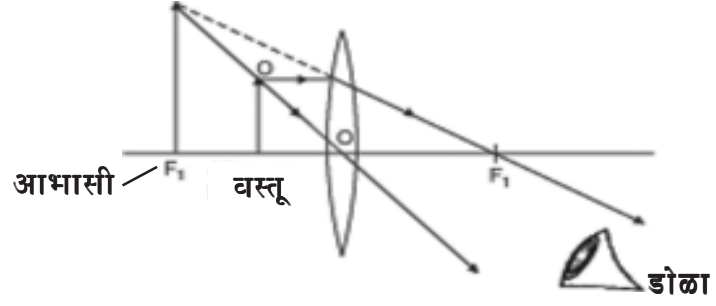
उर्जा



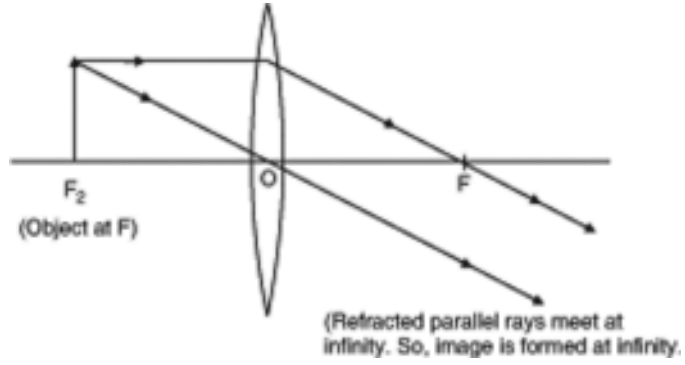
टिपा

(ii) भिंगाच्या प्रकाशीय मध्यापासून जाणारे प्रकाश किरण अपवर्तनानंतर ते मार्ग न बदलता सरळ मागनि जातात .

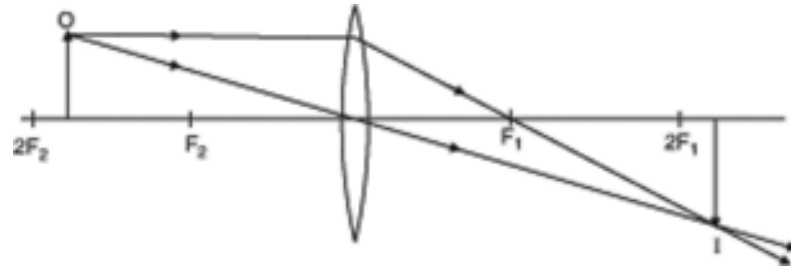
आता आपण बहिर्वक्र भिंगाने तसेच अंतर्वक्र भिंगाने, त्यांच्या समोर निरनिराळ्या अंतरावर पदार्थ ठेवला असताना प्रतिमा कशी मिळते . ते पाहू .



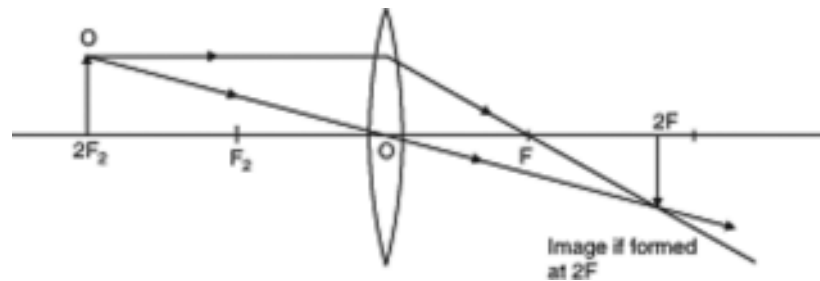
(a)



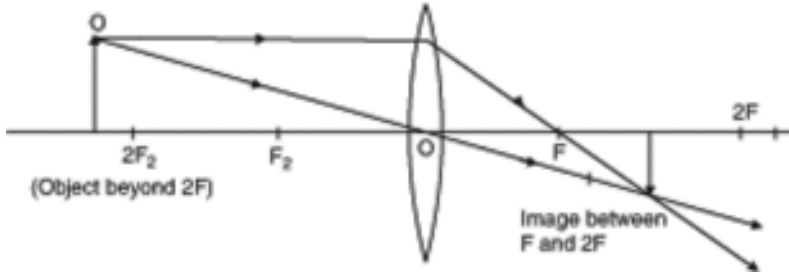
(b)



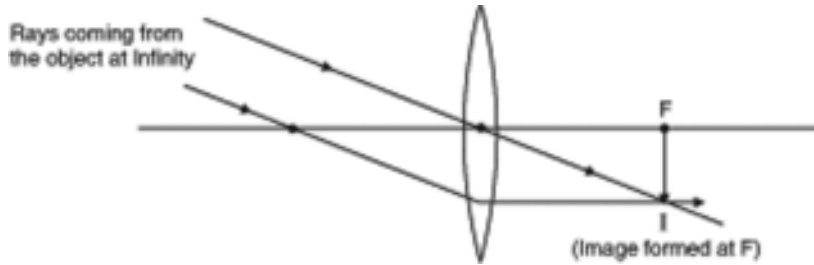
(c)



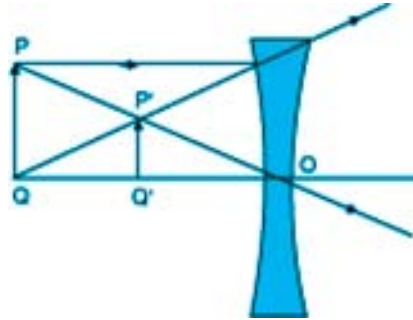
(d)



(e)



(f) बहिर्वक्र भिंगामुळे मिळणारया प्रतिमा (तक्ता क्र. १५.४)



(g) अंतर्वक्र भिंगामुळे मिळणारी प्रतिमा (तक्ता क्र. १५.४)

आ. 15.25

अशाप्रकारे बहिर्वक्र भिंग आणि अंतर्वक्र भिंग यांच्या समोर विविध अंतरावर वस्तू ठेवली असता मिळणा-या प्रतिमेचे स्थान आणि स्वरूप एकत्रित माहितीचा तक्ता पुढीलप्रमाणे :-

तक्ता क्र. 15.4

वस्तूचे स्थान	प्रतिमेचे स्थान	प्रतिमेचे स्वरूप	प्रतिमेचा आकार
(A) बहिर्वक्र भिंगासाठी			
(a) F व O च्या दरम्यान	भिंगासमोर	आभासी,सुलटी	विशालित
(b) F वर	अनंत अंतरावर	वास्तव,उलटी	अतिविशालित
(c) F व 2F च्या दरम्यान	2F च्या पलीकडे	वास्तव,उलटी	मोठी

ऊर्जा



टिपा

(d) 2F वर	2F वर	वास्तव, उलटी	वस्तू एवढीच
(e) 2F च्या पलीकडे	F व 2F च्या दरम्यान	वास्तव, उलटी	लहान
(f) अनंत अंतरावर	F वर	वास्तव, उलटी	अतिशय लहान
<b>(B) अंतर्वक्र भिंगासाठी</b>			
(g) भिंगासमोर कोठेही	भिंगाच्या त्याच वाजूस F व O च्या दरम्यान	सुलटी	आभासी, नेहमी लहान

### 15.13 : चिन्हांचे संकेत व भिंगाचे सूत्र

गोलीय भिंगाच्या बाबतीत :

- भिंगाच्या बाबतीत मोजली जाणारी सर्व अंतरे ही भिंगाच्या प्रकाशीय मध्यापासून (O) मोजली जातात.
- आपाती किरणाच्या दिशेने मोजलेली अंतरे ही धन (+) मानली जातात. तर
- आपाती किरणांच्या विरुद्ध दिशेत मोजली जाणारी अंतरे ही ऋण (-) मानली जातात.
- मुख्य अक्षाच्या वरील वाजूने मोजलेली वस्तूची उंची तसेच प्रतिमेची उंची धन घेतली जाते. तर मुख्य अक्षाच्या खालील दिशेने मोजलेली उंची ऋण घेतली जाते.
- अशा रीतीने वरील चिन्हांचे संकेत वापरले असता आ. 15.25 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे वस्तूचे भिंगाच्या प्रकाशीय मध्यापासूनचे (o) अंतर =u आणि प्रतिमेचे (o) पासूनचे अंतर =v मानू त्याचप्रमाणे भिंगाचे नाभीय अंतर =f मानले असता -  
u, v, f यांचा संबंध खालीलप्रमाणे मिळतो -

यालाच भिंगाचे सूत्र म्हणतात.

बहिर्वक्र भिंगाचे नाभीय अंतर धन घेतले जाते आणि अंतर्वक्र भिंगाचे नाभीय अंतर ऋण घेतले जाते.

### 15.14 : विशालन

काही भिंगामुळे पदार्थाची प्रतिमा पदार्थापेक्षा खूपच लहान असते. हे तुम्हास माहिती झाले आहे. एका ठराविक भिंगाच्या बाबतीत प्रतिमेची उंची व पदार्थाची उंची ह्यांचे गुणोत्तर स्थिर असते. म्हणून प्रतिमेची उंची व पदार्थाची उंची यांच्या गुणोत्तरास त्या भिंगाचे विशालन असे म्हणतात.





$$\therefore \text{विशालन } (m) = \frac{\text{प्रतिमेची उंची (I)}}{\text{पदार्थाची उंची (o)}}$$

$$\text{तसेच विशालन } (m) = \frac{I}{O} \quad \text{आणि} \quad =$$

$m =$  हेच विशालनाचे सूत्र होय .

M हे धन मिळाल्यास प्रतिमा सुलटी आहे . तर M ची किंमत ऋण आल्यास प्रतिमा उलटी आहे . असा संकेत आहे .



### सरावासाठी प्रश्न 15.3

1. कोणत्या प्रकारच्या भिंगामुळे नेहमीचा आभासी प्रतिमा मिळते?
2. बहिर्वक्र भिंगासमोर वस्तू पुढीलप्रमाणे ठेवली असता मिळणारी प्रतिमा किरणाकृतीच्या साहाय्याने दाखवा . (i) F (ii) F व 2F च्या दरम्यान (iii) 2F च्या पलीकडे
3. अंतर्वक्र भिंगाने मिळणारी वस्तूची प्रतिमा किरणा कृतीच्या साहाय्याने दाखवा .
4. एका 20 सेमी नाभीय अंतर असणा-या भिंगामुळे वस्तूची प्रतिमा व वस्तू समान उंचीची आहे . तर भिंग कोणत्या प्रकारचे आहे ते सांगून वस्तूचे भिंगा पासून त्या वस्तूचे अंतर किती?
5. एका बहिर्वक्र भिंगाचे नाभीय अंतर 20 सेमी आहे .या भिंगासमोर 10 सेमी उंचीची वस्तू भिंगापासून 10 सेमी अंतरावर ठेवली तर प्रतिमेची उंची किती ?

### 15.15 काचेच्या प्रिझममधून प्रकाशाचे अपस्करण

प्रिझम ही एक पारदर्शक माध्यम असणारी एक घनाकृती असून त्यात अनेक पृष्ठभाग असतात . याचे पृष्ठभाग सपाट असून परस्परांना समांतर नसतता . ज्यामुळे एका सपाट पृष्ठभागावर पडलेले आपाती किरण त्यामधून बाहेर पडताना ते पृष्ठ सपाट असून समांतर नसते . सामान्यपणे सुसम,काटकोन असणारे समद्विभुज किंवा काटकोन करणारे त्रिकोणी प्रिझम उपयोगात आणले जातात .

पांढरे प्रकाशकिरण काचेच्या प्रिझममधून गेले असता त्यामधील सात रंगाचे विलगीकरण होते आणि सप्तरंगी पट्टा मिळतो . या घटनेस प्रकाशाचे अपस्करण असे म्हणतात .

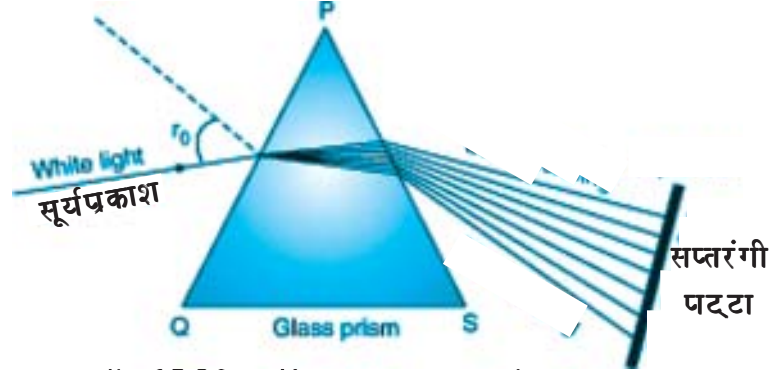
खरे तर पांढरा प्रकाश हा सात रंगानी बनलेला आहे असे मानले जाते . भिन्न रंगाची तरंगलांबीसुद्धा भिन्न असते .यामुळे काचेच्या पारदर्शी माध्यमातून भिन्न रंगांचा प्रकाश गेला असता प्रत्येक रंगासाठी त्या माध्यमाचा अपवर्तनांक हा भिन्न असतो . परिणामी पांढ-या प्रकाशाचे सप्तरंगी पट्टयात रूपांतर होते . आकाशात दिसणारा इंद्रधनुष्य हा या मनोकारी घटनेचा निसर्गातील रंगीत अविष्कार आहे .हा

उर्जा

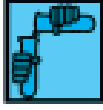


टिपा

अविष्कार जेव्हा सूर्यकिरण पावसाच्या थेंबातून जातात तेव्हा आपणास दिसून येतो. (आ. 15.26 पहा)



आकृती 15.26 प्रिझममधून प्रकाशाचे अपस्करण



कृती 15.6

काचेचा प्रिझम व सूर्यप्रकाश यापासून सप्तरंगी पट्टा मिळविणे :-

- जाड पुढा असणारी एक रिकामी पेटी घ्या. (सामान्यपणे बूट ठेवण्याची रिकामी पेटी) त्याच्या वरच्या बाजूस चाकूच्या साहाय्याने आयताकृती छिद्र तयार करा. हे छिद्र पारदर्शी पांढ-या कागदाने बंद करा.
- या पेटीच्या बंद कागदाच्या विरुद्ध बाजूवर चाकूने एक अरुंद फट तयार करा.
- या पेटीत एक टोकळा ठेवून त्यावर एक प्रिझम ठेवा. (आ. 15.26 पहा)
- या पेटीची फट असणारी बाजू सूर्यप्रकाशाच्या दिशेत येईल अशी ठेवा.
- आता पारदर्शी पांढ-या कागदावर रंगीत पट्टे दिसतात का ते पहा.

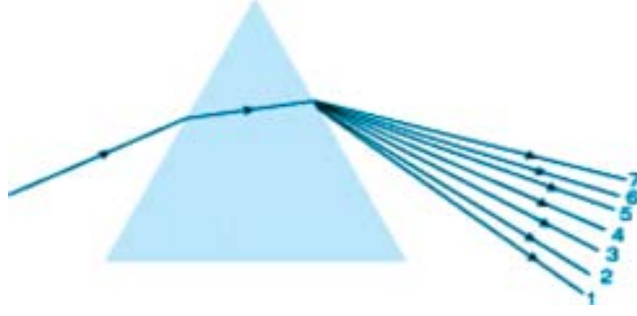
यावरून तुम्ही कोणता निष्कर्ष काढाल ?

तुम्ही या चमकदार रंगीत पट्टेबाबत दिसणारे रंग अनुक्रमे जांभळा, अस्मानी, निळा, हिरवा, पिवळा, नारिंगी आणि तांबड्या अशाच क्रमाने आहेत. इंग्रजीत त्यांची अद्याक्षरे 'VIBGYOR' आहेत आणि मराठीमध्ये उलट क्रमाने 'तांनाविहिअनिजां' अशी आहेत.



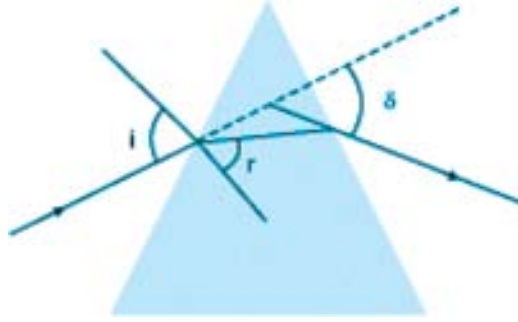
सरावासाठी प्रश्न 15.4

- प्रकाशकिरण जेव्हा हवेतून दुस-या माध्यमात जातात, तेव्हा प्रकाशाचा वेग शे.40 ने कमी होतो. प्रकाशाचा हवेतील वेग  $3 \times 10^8$  m/s असेल तर त्या माध्यमाचा अपवर्तनांक किती?
- खाचेच्या प्रिझममधून सूर्यप्रकाश जाताना अपस्करण मिळणा-या रंगीत पट्ट्यातील रंग आकृतीत क्रमाने लिहा.



आ. 15.27

3. आ. 15.28 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे, आपाती कोन 'L' करिता तो प्रिझम पाण्यात बुडविला असता अपवर्तन कोन 'r' व विचलन कोन 's' यामध्ये बदल घडून येईल ?



आ. 15.28

4. प्रिझममधून पांढरे प्रकाशकिरण गेले असता त्यामधील सात रंगाचे विलगीकरण का घडून येते?
5. प्रकाशाचे अपस्करण हा अविष्कार निसर्गात कशाप्रकारे घडून येतो ते लिहा.

### 15.16 : डोळा आणि त्याचे दोष

डोळ्यामध्ये असलेल्या बहिर्वक्र भिंगामुळे वस्तूची प्रतिमा दृष्टिपटलावर वास्तव, उलटी आणि लहान मिळते. डोळ्याचा फुगीरपणा कमी जास्त करता येतो. परिणामी डोळ्यातील बहिर्वक्र भिंगाचा सुध्दा फुगीरपणा कमी जास्त करता येत असल्यामुळे कोणत्याही वस्तूची प्रतिमा दृष्टिपटलावर सुस्पष्ट मिळविणे शक्य होते. कारण डोळ्यातील भिंग व दृष्टिपटल यांच्या दरम्यानचे अंतर हे स्थिर असते. मानवी डोळा हा पिवळ्याव दृष्टिपटल यांच्या दरम्यानचे अंतर हे स्थिर असते. मानवी डोळा हा पिवळ्या-हिरव्या रंगाच्या 5550 Å या तरंगलांबीसाठी जास्त संवेदनशील आहे. तर जांभळ्या रंगाची तरंगलांबी 4000 Å आणि तांबड्या रंगासाठी (7000 Å हा संवेदनशीलपणा सर्वात कमी आहे.

डोळ्यास दिसणा-या प्रतिमेचा लहानमोठेपणा हा त्या वस्तूने डोळ्याशी केलेल्या कोनावरती (Visual angle) अवलंबून असतो. जेव्हा पदार्थ दूर अंतरावर असतो, तेव्हा डोळ्याशी होणारा कोन लहान होतो, परिणामी त्याची प्रतिमा I ही सुध्दा लहानच असते. म्हणून दूरच्या वस्तू आपणास लहान

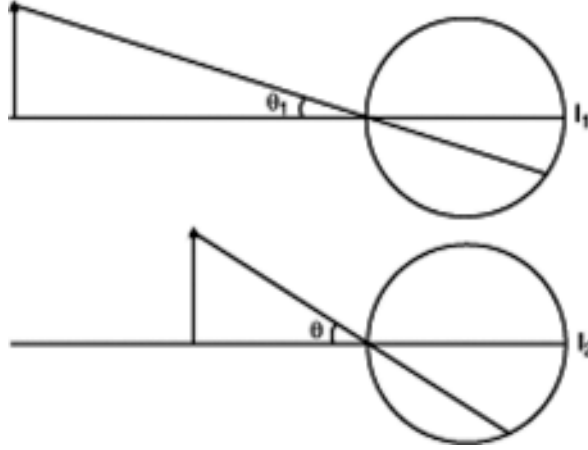
उर्जा



टिपा

भासतात . जर तीच वस्तू डोळयापासून जवळ अंतरावर आणली तर ती वस्तू डोळयाशी मोठा कोन ( $Q$  करीत असते . यामुळे ती प्रतिमा ( $I_2$ ) मोठी असते . (आ . 15.29 पहा)

सामान्य डोळयासाठी दूरच्या आणि जवळच्या वस्तू सुस्पष्ट दिसण्यासाठी काही ठराविक मर्यादपर्यंत अंतरावरची वस्तू डोळयास ताण न देता पाहता येते . दूरच्या वस्तूसाठी हे अनंत अंतर आहे तर जवळच्या वस्तूसाठी हे अंतर किमान 25 सेमी इतके असावे लागते . याचाच अर्थ असा की दूरच्या वस्तू सुस्पष्ट पाहता येतात पण जवळच्या वस्तू सुस्पष्ट व सहजरित्या पाहण्यासाठी ती वस्तू डोळयापासून किमान 25 सेमी अंतरावर असणे आवश्यक आहे . अशाप्रकारे आपल्या डोळयाची क्षमता अनंत अंतर ते 25 सेमी इतके अंतरावरील वस्तू सुस्पष्ट पाहण्याची असते . यालाच डोळयाची समायोजन शक्ती असे म्हणतात . (Power of accommodation) .



**सुस्पष्ट दृष्टिचे लघुत्तम अंतर :-**

जेव्हा वस्तू अनंत अंतरावर असते, त्यावेळी त्या वस्तूपासून येणारे समांतर किरण डोळयातील दृष्टिपटलावर केंद्रित होऊन ती वस्तू डोळयास किमान ताण देऊन पाहता येते . यालाच ताणरहित दृष्टि असे म्हणतात . परंतु ती वस्तू किमान 25 सेमी एवढ्या अंतरावर असताना डोळयावर कामल स्वरूपाचा ताण येतो . याचवेळी त्या वस्तूने डोळयाशी केलेला कोनसुद्धा कमाल (maximum) मापाचा होतो . (वस्तू पाहताना, त्या वस्तूने डोळयाशी केलेल्या कोनास डोळयाचा संमुख्य कोन Visual angle असे म्हणतात)



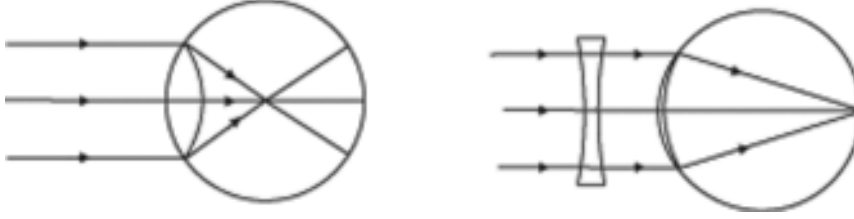
आ . 15.30

**दृष्टिदोष :-** जेव्हा वस्तूची सुस्पष्ट प्रतिमा निरिक्षकाच्या डोळयातील दृष्टिपटलावर मिळत नाही अशा वेळी त्या व्यक्तीस दृष्टिदोष आहे असे मानले जाते .

सर्वसामान्य दृष्टिदोष पुढीलप्रमाणे आहेत -



- (i) **निकटदृष्टिता किंवा निकटदृष्टिदोष :- (Myopia) :-** असा दृष्टिदोष असणा-या व्यक्तींना दूरच्या वस्तू सुस्पष्ट दिसत नाहीत. दूरच्या म्हणजे अनंत अंतरापेक्षा कमी अंतरावर असणा-या वस्तूची प्रतिमा दृष्टिपटलावर केंद्रित न होता, त्याच्या आतील अंतरावर केंद्रित (आ. 15.31) होते. हा दोष योग्य अंतर्वक्र भिंगाचा चष्मा वापरून कमी होतो.



आ. 15.31

- (ii) **दूरदृष्टिता किंवा दूरदृष्टिदोष :- (Hyper metropia) :-** हा दृष्टिदोष असणा-या व्यक्तींना जवळच्या वस्तू सुस्पष्ट दिसू शकत नाहीत, परंतु दूरच्या वस्तू सुस्पष्ट दिसतात. जवळच्या वस्तूपासूनचे येणारे प्रकाशकिरण दृष्टिपटलावर केंद्रित न होता दृष्टिपटलामागे केंद्रित होतात. परिणामी जवळच्या वस्तू अस्पष्ट दिसतात. हा दोष कमी करण्यासाठी योग्य नाभीय अंतराचा बहिर्वक्र भिंगाचा चष्मा वापरावा. (आ. 15.32 पहा)



आ. 15.32

- (iii) **वृद्धदृष्टिता :- (Presbyopia) :-** हा दृष्टिदोष असणा-या व्यक्तिस जवळचे तसेच दूरच्या वस्तू अस्पष्ट दिसतात. दूरच्या वस्तू म्हणजे अनंत अंतरापेक्षा कमी व जवळच्या म्हणजे २५ सेमी पेक्षा अधिक अंतरावर असणा-या वस्तू हा दोष दोन स्वतंत्र चष्मे वापरून किंवा द्विनाभीय (Bifocal) भिंगाचा चष्मा वापरून कमी करता येतो. हा दोष सामान्यपणे वयाच्या 40 वर्षानंतर होतो, म्हणून यास वृद्धदृष्टिदोष असे म्हणतात. या वयामध्ये डोळ्याचे समायोजी स्नायू दुर्बल होतात. परिणामी डोळ्याची समायोजन शक्तीसुद्धा दुर्बल होते.
- (iv) **अबिंदुकता :- (Astigmatism) :-** हा दोष अगदी भिन्न प्रकारचा आहे. पारपटलाचा आकार योग्य गोलाकार नसतो. भिन्न दिशांना नेत्रगोलाचा व्यास भिन्न असतो. परिणामी प्रतिमा योग्य प्रकारे मिळत नाही. योग्य नाभीय अंतराच्या दंडगोल भिंगाचा चष्मा वापरून दोष घालविता येतो.

ऊर्जा

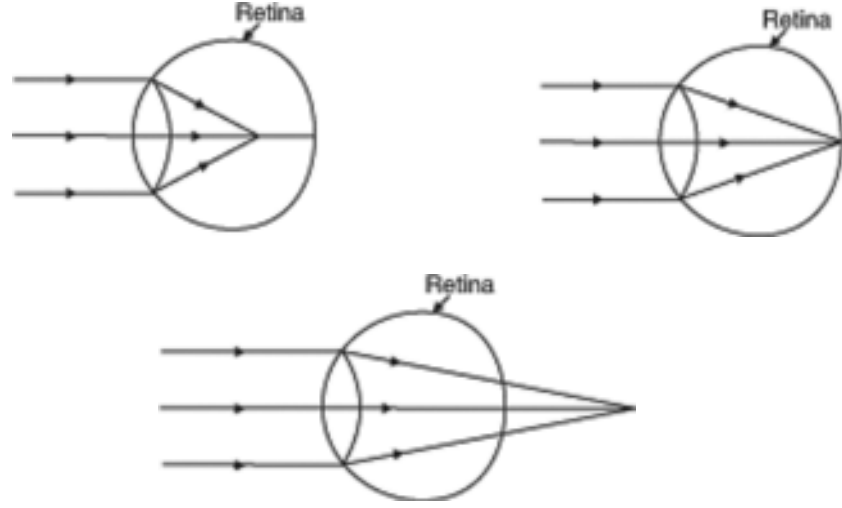


टिपा



## सरावासाठी प्रश्न 15.5

- खालील आकृती 15.33 मध्ये a,b,c या तीन भिन्न प्रकारच्या आकृत्या आहेत. प्रत्येक आकृतीत दृष्टिदोष कोणत्या प्रकारचा आहे हे सांगा. तसेच या दोषाचे निराकरण कसे करता येते ते लिहा.



आ. 15.33

- रिया, टिया आणि जिया या तीन विद्यार्थिनींच्या चष्म्याच्या भिंगाची शक्ती अनुक्रमे +2.D, +4D आणि -2D आहेत. तर त्यांना कोणत्या प्रकारचे दृष्टिदोष आहेत ते सांगा.
- पुढील प्रकारचे दृष्टिदोष कमी करण्यासाठी योग्य प्रकारचा चष्मा वापरताना डोळ्याच्या भिंगाच्या नाभीय अंतरात कसा बदल होतो ते स्पष्ट करा. (i) निकटदृष्टिदोष (ii) दूरदृष्टिता किंवा दूरदृष्टिदोष.



## आपण काय शिकलो ?

- प्रकाश ही एक प्रकारची ऊर्जा आहे. ती दिसू शकत नाही. परंतु प्रकाशामुळे वस्तू पाहता येतात.
- जेव्हा प्रकाशकिरण चकचकीत पृष्ठभागावर पडतात (यानाच आपाती किरण म्हणतात) तेव्हा ते त्याच माध्यमात परत फिरतात. (परावर्तित किरण) या घटनेला (क्रियेला) प्रकाशाचे परावर्तन म्हणतात.
- प्रकाशाचे परावर्तन घडताना, परावर्तनानंतर आपाती कोन आणि परावर्तन कोन समान असतात. तसेच आपाती किरण माध्यमाच्या पृष्ठभागावर ज्या बिंदूत पडतात, त्यास आपाती बिंदू



म्हणतात. या आपाती विंदूजवळ काढलेली स्तंभिका, आपाती किरण व परावर्तित किरण हे एकाच प्रतलात असतात.

- सपाट आरशात मिळणारी प्रतिमा मूळ वस्तूएवढीच आणि वस्तू आरशापासून जेवढ्या अंतरावर असते तेवढ्याच अंतरावर आरशामागे प्रतिमा मिळते, ती आभासी असून तिच्या वाजूची उलटापालट झालेली दिसते.
- गोलीय आरस दोन प्रकारचे असतात. (i) अंतर्वक्र आरसा (ii) बहिर्वक्र आरसा.
- गोलीय आरशाच्या बाबतीत आरशाची वक्रतात्रिज्या ही नाभीय अंतराच्या दुप्पट असते.
- जेव्हा एखादी वस्तू अंतर्वक्र आरशासमोर  $F$  वर,  $F$  आणि  $2F$  च्या दरम्यान,  $2F$  च्या वर,  $2F$  च्या पलीकडे ठेवली असता मिळणारी प्रतिमा अनुक्रमे अनंत अंतरावर  $2F$  च्या पलीकडे,  $2F$  वर,  $F$  आणि  $2F$  च्या दरम्यान मिळते.
- जेव्हा अंतर्वक्र आरशासमोर आरशाचा मध्य व मुख्य नाभी यांच्या दरम्यान वस्तू ठेवली जाते, तेव्हा तिची प्रतिमा नेहमीच आभासी, सुलटी वस्तूपेक्षा लहान असून ती आरशाचा मध्य व मुख्य नाभी यांच्या दरम्यान (आरशामागे) मिळते.
- जेव्हा प्रकाशकिरण एका माध्यमातून दुस-या माध्यमात जातात तेव्हा त्याच्या वेगार बदल घडतो. परिणामी प्रकाशकिरण वक्र पावतात. यालाच प्रकाशाचे अपवर्तन असे म्हणतात.
- दिलेल्या माध्यमांच्या जोडीकरता, आपाती कोनाचे साईन गुणोत्तर व अपवर्तित कोनाचे साईन गुणोत्तर यांचे गुणोत्तर स्थिरांक असते. जर  $I =$  आपाती कोन व  $r =$  अपवर्तित कोन मानले तर
 
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \text{स्थिरांक}$$
- जेव्हा प्रकाशकिरण विरळ माध्यमातून घन माध्यमात जातात तेव्हा ते स्तंभिकेकडे झुकतात. यामुळे आपाती कोनापेक्षा अपवर्तित कोन लहान असतो.
- जेव्हा प्रकाशकिरण घन माध्यमातून विरळ माध्यमात जातात तेव्हा ते स्तंभिकेपासून दूर जातात. यामुळे आपाती कोनापेक्षा अपवर्तित कोन मोठा असतो.
- दोन गोलाकार पृष्ठभाग असलेल्या पारदर्शक माध्यमाला भिंग असे म्हणतात. भिंगे दोन प्रकारची आहेत. (i) बहिर्वक्र भिंग आणि (ii) अंतर्वक्र भिंग. बहिर्वक्र भिंगास अभिसारी भिंग असेही म्हणतात तर अंतर्वक्र भिंगास अपसारी भिंग असे म्हणतात.
- बहिर्वक्र भिंगासमोर वस्तू  $F$  वर,  $F$  आणि  $2F$  च्या दरम्यान,  $2F$  वर,  $2F$  च्या पलीकडे ठेवली असता मिळणारी प्रतिमा अनुक्रमे अनंत अंतरावर  $2F$  च्या पलीकडे,  $2F$  वर,  $F$  आणि  $2F$  च्या दरम्यान मिळते.
- जेव्हा बहिर्वक्र भिंगासमोर वस्तू ही  $F$  आणि प्रकाशीय मध्य यांच्या दरम्यान ठेवली जाते तेव्हा मिळणारी प्रतिमा भिंगाच्या त्याच वाजूस आभासी, सुलटी आणि मोठी मिळते.

उर्जा



टिपा

- गोलीय आरशांचे नाभीय अंतर काढण्याचे सूत्र :  

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$$
- भिंगाचे नाभीय अंतर काढण्याचे सूत्र :
- भिंगाचे नाभीय अंतर मीटर मध्ये व्यक्त केले असता त्याचा व्यस्तांक हा त्या भिंगाची शक्ती होईल . याचे एकक डायोप्टर (Diopter) आहे .
- ज्या व्यक्तिला जवळच्या वस्तू सुस्पष्ट दिसतात परंतु दूरच्या वस्तू अस्पष्ट दिसतात . तेव्हा त्या दृष्टिदोषास निकटदृष्टिता असे म्हणतात . योग्य नाभीय अंतराचा अंतर्वक्र भिंगाचा चष्मा वापरून हा दोष कमी करता येतो .
- ज्या व्यक्तीला दूरच्या वस्तू सुस्पष्ट दिसतात पण जवळच्या वस्तू अस्पष्ट दिसतात, अशा प्रकारच्या दृष्टिदोषास दूरदृष्टिता असे म्हणतात . हा दोष घालविण्यासाठी योग्य नाभीय अंतराचा बहिर्वक्र भिंगाचा चष्मा वापरावा .
- पांढरे प्रकाशकिरण (सूर्यप्रकाश) काचेच्या प्रिझममधून गेले असता त्यामधील घटक रंग विलग होतात आणि सप्तरंगी पट्टा मिळते यालाच प्रकाशाचे अपस्करण असे म्हणतात .
- आकाशात दिसणारा इंद्रधनुष्य हे प्रकाशाच्या अपस्करणाचे निसर्गातील एक मनोहारी उदाहरण आहे .



## अंतिम प्रश्नसंग्रह

1. प्रकाशकिरणाच्या वेगावर पुढील बाबतीत होणारा परिणाम सांगा . (i) घन माध्यमातून विरळ माध्यमात जाताना आणि (ii) विरळ माध्यमातून घन माध्यमात जाताना .
2. आपाती कोन आणि अपवर्तित कोन समान असू शकतील काय ? तुमच्या उत्तराचे समर्थन करा .
3. बहिर्वक्र भिंग हे नेहमीच प्रकाशकिरणांचे अभिसरण करेल काय? हे स्पष्ट करा .
4. अंतर्वक्र भिंगाने मिळणा-या प्रतिमेचे स्वरूप सांगा .
5. पुढील तक्त्यामध्ये आडव्या, उभ्या रेषांनी चौकोनी जाळी (grid) असून त्यामध्ये प्रत्येक लहान चौकोनात अक्षरे आहेत . यामधून प्रकाशाशी संबंधित इंग्रजी शब्द तयार करा .

VIRTUAL, REFRACTION, LENS





टिपा

C	O	A	C	O	N	C	A	V	E	C	Z
C	O	N	V	E	X	E	W	I	M	C	W
V	L	R	E	F	L	R	C	T	I	O	N
I	O	E	I	S	E	R	T	A	R	N	P
R	T	F	M	A	N	E	C	A	R	C	Y
T	A	R	A	T	S	C	T	E	O	A	X
U	M	A	G	N	E	T	O	P	R	V	W
A	C	C	E	P	Q	R	S	T	U	E	V
L	O	T	P	R	I	M	E	T	I	M	E
C	V	I	K	T	U	A	L	M	G	I	N
A	C	O	V	E	R	T	E	X	A	R	P
P	N	U	M	I	R	R	O	R	R	S	Q

- अंतर्वक्र आरसा व बहिर्वक्र आरसा यांचे नाभीय अंतर प्रत्येकी 20 सेमी आहे. या प्रत्येक आरशासमोर 10 सेमी अंतरावर वस्तू ठेवली असता मिळणा-या प्रतिमेचे स्वरूप सांगा.
- एका अंतर्वक्र आरशाचे नाभीय अंतर 12 सेमी आहे. या आरशासमोर 20 सेमी अंतरावर एक वस्तू ठेवली तर मिळणा-या प्रतिमेचे स्थान, स्वरूप आणि विशालन सांगा.
- खालील तक्त्यात माध्यम आणि संगत माध्यमाचा अपवर्तनांक दिला आहे. तर कोणत्या माध्यमात प्रकाशाचा वेग जास्तीत जास्त राहिल ते सांगा.

माध्यम	अपवर्तनांक
A	1.6
B	1.3
C	1.5
D	1.4

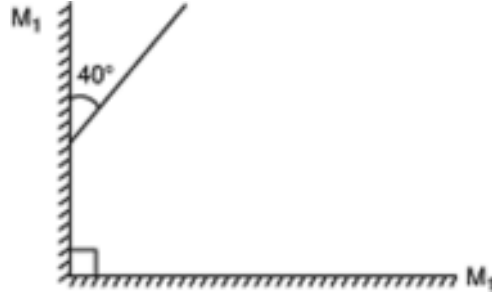
- बहिर्वक्र भिंगाच्या साहाय्याने एका मेणवत्तीची प्रतिमा पडद्यावर मिळते. जर त्या भिंगाच्या खालचा अर्धा भाग काळ्या रंगाने रंगवून तो अर्धा भाग पुर्णपणे अपारदर्शी केला असता त्या मेणवत्तीची पूर्ण प्रतिमा मिळविता येईल काय? किरणाकृतीच्या साहाय्याने तुमच्या उत्तराचे समर्थन करा.
- एखादे भिंग नेहमीच वस्तूची प्रतिमा वास्तव आणि सुलटी मिळवू शकेल काय ?
- प्रकाशाचे अपस्करण म्हणजे काय? प्रकाशाचे अपस्करण घडण्याचे कारण काय?

## उर्जा



टेपा

12. दूरच्या अंतरावर असणारे पदार्थ आपणास लहान दिसतात . तसेच एकमेकांजवळ आल्यासारखे भासतात . यामागील शास्त्रीय कारण सांगा .
13. एक व्यक्ती आडव्या-उभ्या समांतर तारांनी बनलेल्या जाळीकडे पहात आहे . त्या व्यक्तीला त्या जाळीतील आडव्या तारांपेक्षा उभ्या तारा अधिक सुस्पष्ट दिसल्या . हा दृष्टिदोष कोणत्या कारणाने घडतो? हा दृष्टिदोष कसा सुधारला जातो?
14. एक व्यक्ती 30 सेमी अंतरावरील वस्तू सुस्पष्ट पाहते . परंतु 30 मीटर अंतरावरील वस्तू सुस्पष्ट पाहू शकत नाही . तर त्या व्यक्तीचा दृष्टिदोष कोणत्या प्रकारचा आहे? हा दृष्टिदोष कमी करण्यासाठी उपाय सांगा .
15. पुढील प्रकारच्या प्रकाशातील फरक सांगा . दृश्य प्रकाश, अल्ट्राव्हायोलेट लाईट , इन्फ्रारेड लाईट .
16. खालीलपैकी कोणत्या राशींची किंमत ही प्रकाशाचे परावर्तन घडताना स्थिर (कायम) राहते .
  - (i) प्रकाशाचा वेग
  - (ii) प्रकाशाची वारंवारता
  - (iii) प्रकाशाची तरंगलांबी .
17. आकृती 15.34 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे  $M_1$  आणि  $M_2$  हे दोन परावर्तक सपाट पृष्ठभाग परस्परांना काटकोन करून ठेवले आहेत .  $M_1$  पृष्ठभागाशी एक आपाती किरण  $40^\circ$  मापाचा कोन करते . तर दोन्ही आरशाद्वारे होणा-या परावर्तन कोनांची मापे सांगा .



आकृती 15.34

18. एक वस्तू सपाट आरशासमोर दूर ठेवली आहे . तो आरसा वस्तूपासून 0.25 m/s वेगाने नेला . तर आरसा सापेक्ष तसेच वस्तू सापेक्ष त्या प्रतिमेचा वेग किती ते सांगा .
19. एक सपाट आरसा 12 सेमी उंचीचा आहे . त्याच्यासमोर ठेवलेल्या एका वस्तूची प्रतिमा 20 सेमी उंचीची मिळते तर त्या वस्तूची उंची किती ?



पाठांतर्गत प्रश्नांची उत्तरे

उर्जा



टिपा

15.1 उत्तरे

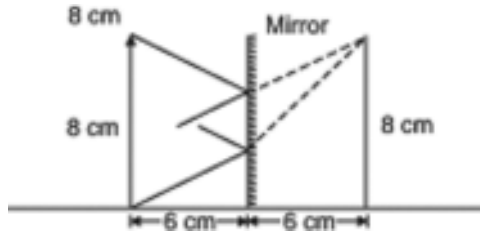
1. 1. स्वयंप्रकाशी                      2. स्वयंप्रकाशी                      3. परप्रकाशी                      4. स्वयंप्रकाशी
5. परप्रकाशी

2. (i) वास्तव प्रतिमा पडद्यावर घेता येते पण आभासी प्रतिमा पडद्यावर घेता येत नाही.  
(ii) जेव्हा परावर्तित प्रकाशकिरण पडद्यावर केंद्रित होतार तेव्हा वास्तव प्रतिमा तयार होते. आणि जेव्हा परावर्तित किरण परावर्तनानंतर एकत्र न येता ते एकत्र मिळाल्याचा भास होतो, तेव्हा ती प्रतिमा आभासी असते.

3. वास्तव

4.  $60^\circ$

5.



6. (i) 4 सेमी                      (ii) 8 सेमी
7. (i) 6 m/s                      (ii) 12 m/s

9.

वस्तूचे अंतर(A)	वस्तूची उंची(B)	प्रतिमेचे अंतर(C)	प्रतिमेची उंची(D)
10 सेमी	5 सेमी	10 सेमी	5 सेमी
5 सेमी	10 सेमी	5 सेमी	10 सेमी
6 सेमी	8 सेमी	6 सेमी	8 सेमी

15.2 : उत्तरे :

1. ती प्रतिमा आरशापासून 8.55 सेमी अंतरावर मिळेल. तसेच ती वास्तव असून त्या आरशाचे नाभीय अंतर 5 सेमी

उर्जा



टिपा

2. वस्तू जेव्हा आरशासमोर मुख्य नाभी व आरशाचा मध्य यांच्या दरम्यान असेल तर प्रतिमा आभासी मिळते.
3. मुख्य नाभीच्या आत.
4. वास्तव, लहान आणि उलटी.
5. आरशासमोर 60 सेमी अंतरावर
6. दाढी करताना दंतवैद्यांना विशालकासारखा उपयोग.
7. नेहमीच आभासी आणि लहान आकाराची.
8. (i) 4.8 सेमी (ii) 6 सेमी (iii) 7.2 सेमी
- 9.

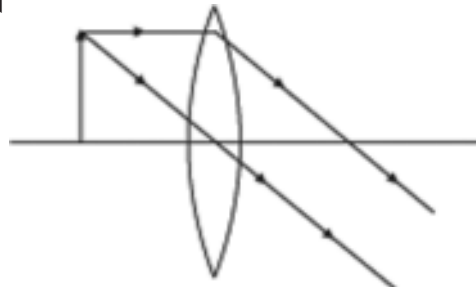
वस्तूचे स्थान	प्रतिमेचे स्थान
(i) F वर	(i) अनंत अंतरावर
(ii) F व 2F च्या दरम्यान	(ii) 2F च्या पलीकडे
(iii) 2F च्या पलीकडे	(iii) F व 2F च्या दरम्यान
(iv) F आणि 2F च्या दरम्यान	(iv) 2F च्या पलीकडे
(v) 2F च्या पलीकडे	(v) F व 2F च्या दरम्यान

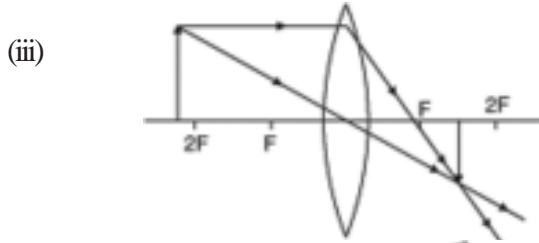
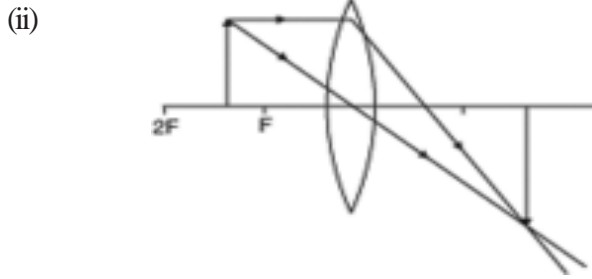
10. (i) वाहनामध्ये मागील वाहने पाहण्यासाठी  
(ii) सुरक्षितपणे वळण घेताना
11. नाही, नेहमीच असे नाही.
12. प्रतिमा आभासी मिळविण्यासाठी वस्तू ही मुख्य नाभी व आरशाचा मध्य यांच्या दरम्यान ठेवणे आवश्यक किंवा वास्तव व विशालीत प्रतिमा मिळविण्यासाठी वस्तू ही F व 2F च्या दरम्यान असणे आवश्यक आहे.

### 15.3 : उत्तरे :

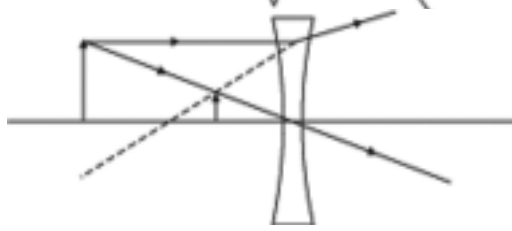
1. अंतर्वक्र भिंग

(i)





3.



4. बहिर्वक्र भिंग 40 सेमी

5. - 20 सेमी

#### 15.4 : उत्तरे :

1.  $5/3$

2. (i) जांभळा (ii) अस्मानी (iii) निळा (iv) हिरवा

(v) पिवळा (vi) नारिंगी (vii) तांबडा

3.  $r$  (अपवर्तित कोन) व विचलन कोन (5) दोन्ही कमी होत जातील.

4. काचेच्या प्रिझमचा अपवर्तनांक हा भिन्न रंगाच्या प्रकाशासाठी भिन्न असतो.

5. आकाशात दिसणारा इंद्रधनुष्य

#### 15.5 उत्तरे :

1. (A) निकटदृष्टिता हा दोष अपसारी (अंतर्वक्र) भिंग वापरून कमी करता येतो.

(B) दोष नाही.

2. रिया आणि तिया यांचा दृष्टिदोष दूरदृष्टिता आहे. जिया हिला निकटदृष्टिता आहे.

3. (i) वाढत जातो. (ii) कमी होत जातो.



## विद्युत ऊर्जा

आपण सर्वांनी, वादळी स्वरूपाचा पाऊस पडताना आकाशत विजांचा चमचमाट व ढगांचा गडगडट अनुभवला आहेच. तसेच थंडीच्या दिवसांत, कोरड्या वातावरणात आपण नायलॉनसारख्या कृत्रिम धाग्यांचे कपडे घालून नंतर ते उतरवताना रात्रीच्या वेळी सौम्य स्वरूपाच्या टिणग्या पडताना किंवा तडतड असा आवाज होताना अनुभवले असेलच. हीच स्थितिक विद्युत होय. तुम्ही खेळत असलेल्या ब-याच खेळण्यामध्ये विद्युत घट (Dry Cell) वापरलेले असतात. हयामधील रासायनिक ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर होते. याच स्वरूपाची विद्युत

ऊर्जा ही विद्युत ऊर्जा निर्मिती केंद्रातून आपल्या घरामध्ये सुध्दा आणली जाते. केवळ एक कळ (Switch) वापरून (दावून) याच्या साहाय्याने आपल्या सुखसोयी निर्माण करू शकतो.

या ऊर्जेपासून उष्णता, प्रकाश निर्माण करता येते. शिवाय कारखान्यातील मोठी यंत्रे चालवण्यासाठी लागणारी शक्ती ही विद्युत ऊर्जेपासून प्राप्त होते. रेडिओ, टी.व्ही, व्हॅक्यूम क्लीनर, वॉशिंग मशीन, मिक्सर ग्राइंडर, X-Ray, विजेवर चालणारी रेल्वे इ. मध्ये विद्युत ऊर्जा वापरली जाते. विद्युत ऊर्जेशिवाय जग ही कल्पनाच अस्वस्थ करणारी आहे. अगदी थोडा वेळ जरी विद्युत पुरवठा खंडित झाला तरी आपण सर्वजण, पाण्यावरोवर काढलेल्या माशाप्रमाणे अस्वस्थ होतो. अशा या विद्युत ऊर्जेचे स्वरूप व कार्य जाणून घेणे निश्चितच आवडले. प्रस्तुत प्रकरणात आपण हेच अभ्यासणार आहोत.



### उद्देश :

हे प्रकरण अभ्यासल्यानंतर पुढील बाबीविषयी माहिती मिळणार आहे.

- दैनंदिन जीवनात स्थितिक विद्युत निर्मितीची काही आधारभूत उदाहरणे.
- विद्युत प्रभारांचे दोन प्रकार असून त्यासंबंधीचे स्पष्टीकरण प्रयोगाच्या साहाय्याने करणे. कुलोमचा विद्युत प्रभाराचा नियम सांगणे.
- स्थितिक विद्युत व विद्युत विभवांतर यांची व्याख्या करणे.
- धारा विद्युत म्हणजे काय ? व्याख्या करता येणे.



- ओहमचा नियम सांगून वाहकाचा विद्युत रोध म्हणजे काय? वाहकाच्या रोधाची व्याख्या करता येणे .
- ओहमचा नियम वापरून रोधांची एकसर जोडणी तसेच रोधांची समांतर जोडणी असताना परिणामी रोध मिळविणे .
- विद्युत शक्ती व विद्युत ऊर्जा यांची औद्योगिक एकांची व्याख्या करणे .तसेच आपल्या घरात वापरली जाणारी विद्युत ऊर्जा व त्यावर होणारा एकूण खर्च यासंबंधीची अंकात्मक (Numerical) उदाहरणे सोडविणे .

### १६.१ स्थितिक विद्युत : (Electrostatics) :-

सामान्य प्लॅस्टिक कंगवा कागदाच्या लहान तुकड्यांजवळ आणला असता तो त्या तुकड्यांना आकर्षून घेत नाही .पण तोच कंगवा घेऊन आपले केस विंचरून पुन्हा त्याच कागदाच्या तुकड्यांजवळ आणला तर मात्र त्या कागदाकडे तुकडे आकर्षिले जातात हे दिसून येते .असे का घडते? हे तुम्हास माहित आहे? कंगव्याने कोरडे विद्युत प्रभार निर्माण होतो . जेव्हा दोन पदार्थ एकमेकांच्या संपर्कात आणून त्यांचे पृष्ठभागांवर घर्षण होऊन प्रभार निर्माण होतो, अशा प्रकारच्या विद्युत प्रभारास घर्षणजन्य विद्युतप्रभार असे म्हणतात . यासंबंधी आणखी माहिती काही कृतींच्या साहाय्याने समजून घेऊ या .



### तुम्हाला माहिती आहे का ?

इ.स.पूर्व 600 मध्ये थेल्स ऑफ मिलेट्स (Thales of Miletus) या ग्रीक तत्ववेत्त्याने तैलस्फटिक (Amber) लोकरीवर घासून भेंडगोळीजवळ(Pits of wood) आणला तर आकर्षिते हे दाखविले . विद्युतप्रभारासंबंधी शास्त्रीय माहिती व अभ्यास करण्याचे श्रेय डॉ.गिलवर्ट या वैद्याकडे जाते . ते इंग्लंडची महाराणी एलिझाबेथ यांचे स्वीय वैद्य होते . त्यानेच प्रथम इ.स.1600 मध्ये प्रभार व चुंबक या माहितीचे प्रकाशन केले . यानेच प्रथम प्रभारित कणांना इलेक्ट्रॉन संबोधले . त्याने प्रत्येक प्रयोगाने असेही सिद्ध केले की केवळ तैलस्फटिक (Amber) यापुरतेच हे मर्यादित नाही तर या शिवाय काच, एवोनाइट,लाग्व (Sealing Wax) इ.पदार्थ सुद्धा प्रभारित करता येतात .



### कृती 16.1

एके दिवशी डॉली आणि जॉली या दोन बहिणी अभ्यास करित होत्या . अचानक डॉलीने टेबलावर कागदाचे लहान तुकडे पसरवून ठेवले आणि ते पेन किंवा हवा न भरलेला रबरी फुगा वापरून उचलण्यास जॉलीस सांगितले . जॉलीने त्या तुकड्याजवळ पेन आणून ते उचलण्याचा प्रयत्न केला पण त्या तुकड्यांवर काहीच परिणाम झाला नाही . नंतर तिने फुग्याच्या साहाय्याने प्रयत्न केला . तरी अशी किमया दाखविता आला नाही .नंतर जॉलीने डॉलीस ही किमया करण्यास सांगितले . डॉलीने तोच पेन घेऊन काही तरी मनात पुटपुटली आणि नकळत तिच्या स्वेटरवर पेन घासला .

ऊर्जा



टिपा

नंतर तो पेन टेबलावर ठेवलेल्या कागदांच्या तुकड्यांजवळ आणला, तेव्हा ते तुकडे पेनकडे आकर्षित ले गेले. या कृतीमुळे जॉली आश्चर्यचकित होऊन ते सांगण्यासाठी तिच्या आईकडे धावत गेली. तसेच तिने हवा न भरलेला खरी फुगा तिच्या कोरड्या केसांवर घासून तो तुकड्यांजवळ आणला त्यावेळी सुध्दा तुकडे त्या फुग्याकडे आकर्षितले गेले. आता त्या डॉलीने तोच पेन स्वतःच्या तळहातावर घासला आणि कागदाच्या तुकड्यांजवळ आणला तेव्हा मात्र ते तुकडे पेनकडे आकर्षितले नसल्याचे आढळून आले. जॉलीस ही डॉलीने केलेली हातचलाखी खरच जादू आहे की यामध्ये विज्ञान सामावले आहे. याविषयीचे कुतुहल वाटले. डॉलीने हा प्रयोग पुन्हा तीच कृती करून स्पष्ट केला. प्रभारित पेन आपल्या शरिरावर (स्पर्श करून) फिरविला असता त्यामधील प्रभार नाहीसा होतो. कारण आपले शरिर विद्युतवाहक आहे, परिणामी तो प्रभार आपल्या शरीरातून भूसंपर्कीत होतो, हे स्पष्ट केले. त्याचप्रमाणे धातूसुध्दा घर्षणाने प्रभारित करता येतात,मात्र यासाठी त्या धातूची मूठ ही काचेची अथवा एबोनाइटची असावी लागते. कारण धातू हे वाहक असतात, शिवाय आपले शरीरसुध्दा वाहक आहे. यामुळे प्रत्यक्ष धातूंना स्पर्श करून ते घासले तर ते प्रभारित करता येत होते. (धातूप्रभाररहित होतो.)



कृती 16.2

दोन पोकळ नळ्या (Stand) लहान कागदाचा तुकडा,रेशमी कापडाचा तुकडा, सुमारे 50cm लांबीचे दोन धागे, एक लहान काचेची बाटली, सेलोटप (Cello tape) कात्री इ.साहित्य घ्या.

एक पोकळ नळी (Straw) घ्या. तिच्या मध्यावर एका धाग्याने बांधून ती नळी टेबलाच्या एका कडेवर सिलोटपच्या साहाय्याने अशारीतीने टांगती बसवा की ती नळी सतत समांतर पातळीत राहिल. टांगती नळी स्थिर होऊ द्या. आता दुसरी नळी घेऊन ती टांगलेल्या नळीच्या जवळ आणा. आणि काही परिणाम घडून येतो का ते पहा. टांगलेल्या नळीवर कोणताच परिणाम होत नाही असेच तुमच्या निदर्शनास येईल.



(i)



(ii)



(iii)



(iv)



(v)



(vi)



(vii)



(viii)

विद्युतप्रभार निर्मिती

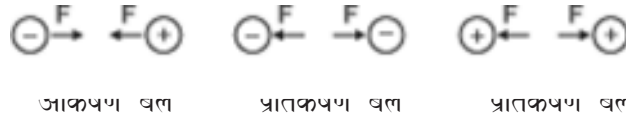




आता टांगलेली नळी एका कागदी तुकड्यावर घासा आणि दुसरी नळी टांगत्या नळीच्या एका टोकाजवळ आणा. त्या नळीचे काळजीपूर्वक निरीक्षण करा. टांगलेली नळी ही तुमच्या हातातील नळीकडे आकर्षिली गेली असल्याचे निदर्शनास येईल.

आता दुसरी नळी (तुमच्या हातातील नळी)कागदी तुकड्यांवर घासून पुन्हा ती टांगत्या नळीच्या एका टोकाजवळ आणा आणि त्या (टांगत्या)नळीवर कोणता परिणाम होतो ते पहा. टांगलेली नळी ही हातातील नळीपासून दूर जात असल्याचे जाणवेल. म्हणजेच प्रतिकर्षण घडत असल्याचे निदर्शनास येईल.

आता काचेची वाटली घेऊन ती रेशमी कापडाच्या तुकड्यावर घासा आणि टांगलेल्या त्याच (वरील) नळीच्या एका टोकाजवळ घासा आणि दोघांमधील वाटली व टांगती नळी या दोघांमधील परस्पर क्रियेचे काळजीपूर्वक निरीक्षण करा. ती काचेची वाटली टांगलेल्या नळीस आकर्षित करताना दिसते.



वरील प्रयोगावरून तुम्ही कोणता निष्कर्ष काढू शकता?

प्रभाररहित दोन नळ्या (Straws) परस्परांना आकर्षित नाहीत. तसेच प्रभारित दोन नळ्यांमुद्धा परस्परांना प्रतिसारित (प्रतिकर्षित) करतात हे निदर्शनास येते. परंतु प्रभारित काचेची वाटली परस्परांकडे आकर्षिली जातात.

यावरून आपणांस पुढील निष्कर्ष काढता येतात :-

- दोन भिन्न प्रकारचे विद्युतप्रभार निर्माण करता येतात.
- काचेची वाटली रेशमी कापडावर घासून त्या वाटलीवर येणारा विद्युतप्रभार आणि पोकळ नळी (Straw) कागदावर घासून त्या नळीवर येणारा विद्युत प्रभार हा भिन्न प्रकारचा असतो. या प्रयोगानुसार मिळणारा सिद्धान्त पुढीलप्रमाणे :- काच रेशमी कापडावर घासली तर काचेवर धन प्रभार येतो, तर पोकळ नळी (Straw) कागदावर घासली असता नळीवर विरुद्ध प्रभार (ऋण)निर्माण होतो.
- सजातीय प्रभारात प्रतिकर्षण असते तर विजातीय प्रभारात आकर्षण असते.

### 16.1.1: प्रभाराचे स्वरूप :-

तुम्ही कधी सतरंजीवर (carpet) बराच वेळ चाळल्यावर दरवाज्याच्या धातूच्या मुठीस स्पर्श झाला असता विजेचा धक्का बसतो, हे अनुभवले आहे काय? हे का घडते हे आपण जाणून घेऊ या.-

जी सतरंजी रबर, नायलॉन,लोकर किंवा पॉलिएस्टर सारख्या विद्युत रोधक पदार्थांने स्तरित केली जाते,अशा सतरंजीवर चालताना बुटांची खालचा तळ आणि सतरंजीवरील विद्युतरोधक आवरण यामध्ये घर्षण होऊन त्यांच्यावर परस्पर विरुद्ध स्वरूपाचा विद्युतप्रभार निर्माण होतो. जेव्हा आपण

उर्जा



टिपा

धातूच्या मुठीला स्पर्श करतो तेव्हा आपल्या शरीरावर मुक्त झालेला प्रभार (सतरंजीवर चालताना घर्षणाने निर्माण होणारा) आणि जमिनीवरील मुक्त प्रभार वाहून जाताना प्रचंड विद्युत विभवांतर (15000 व्होल्टपर्यंतचे) निर्माण होते. परिणामी आपणास विजेचा धक्का अशा वेळी जाणवतो.

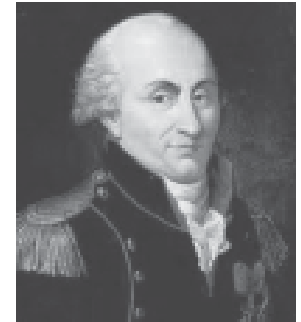
चार्लस डुफे (Charles Dufay) या फ्रेंच रसायनशास्त्रज्ञाने प्रत्येक प्रभारित पदार्थावर प्रयोग केले. त्याने असे निदर्शनास आणले की काचकांडी रेशमी कापडावर घासून काचकांडीवर घासून एबोनाईटवर येणारा प्रभार हे सारखेच नाहीत. याच्या मते रेशमी कापडावर काचकांडी घासून ती विद्युत्प्रभारित करणे यास 'Vitreous electricity' संबोधले आहे आणि एबोनाईट कांडी लोकरी कापडावर घासून एबोनाईट कांडी प्रभारित करणे यास 'Resinous electricity' असे संबोधले आहे. यानंतर वॅजामिन फॅलीनच्या (1706-1790) मतानुसार पहिला प्रभार धनप्रभार आणि दुसरा प्रभार ऋण प्रभार मानला आहे.

जेव्हा दोन पदार्थ परस्परांवर घासले जातात तेव्हा त्यांच्यापैकी एकावर धन प्रभार व दुस-यावर तेवढ्याच परिणामाचा ऋण प्रभार येतो. खरे तर घासण्यामुळे विद्युत्प्रभार निर्माण होत नाही. ज्या पदार्थातून ऋण प्रभार दुस-या पदार्थावर स्थानांतरित होतो. परिणामी त्या (पहिल्या) पदार्थावर धन प्रभार अतिरिक्त झाल्यामुळे तो धनप्रभारित होतो, तर ज्या पदार्थावर ऋण प्रभार स्थानांतरित होतो तो पदार्थ ऋण प्रभार होतो. मूलतः प्रत्येक पदार्थ हा उदासिन (प्रभाररहित) असतो. जरी तो अणू किंवा रेणूपासून बनलेला असतो. ज्या अणूमध्ये प्रोटॉन व न्यूट्रॉनची संख्या ही समान असते. काही पदार्थांच्या बाबतीत त्यांच्या अणूतील इलेक्ट्रॉन, ते पदार्थ अणू किंवा रेणूपासून बनलेला असतो. ज्या अणूमध्ये प्रोटॉन व न्यूट्रॉनची संख्या ही समान असते. काही पदार्थांच्या बाबतीत त्यांच्या अणूतील इलेक्ट्रॉन, ते पदार्थ घासल्यामुळे के अणू पासून ते अलग होतात व दुस-या पदार्थावर स्थानांतरित होतात. यामुळे पहिला पदार्थ धनप्रभारित करण्याच्या या क्रियेमध्ये अणूतील धन प्रभार केंद्रकाच्या आकर्षण बलामुळे बद्ध राहतो. म्हणून तो प्रभारित करण्याच्या क्रियेत सहभागी होत नाही. प्रभाराच्या अक्षय्यतेच्या नियमानुसार एकूण विद्युत्प्रभार हा वेळेनुसार बदलत नाही. एका पदार्थावरील प्रभार दुस-या पदार्थावर केवळ स्थानांतरित होऊन त्यांच्यामध्ये परस्पर आकर्षण-प्रतिकर्षण घडते. परंतु एकूण प्रभार हा स्थिर असतो. हे आकर्षण किंवा प्रतिकर्षण हे कोणकोणत्या वावींवर अवलंबून असते हे प्रथम चार्लस ऑगस्टीन डी कूलोम या फ्रेंच भौतिकतज्ञाने स्पष्ट केले. काही निष्कर्ष काढून ते नियम स्वरूपात खालीलप्रमाणे :-

कूलोमचा नियम : दोन प्रभारांमधील आकर्षण (किंवा प्रतिकर्षण बल) हे त्यांच्यावर असणा-या प्रभाराच्या प्रमाणांशी समानुपाती असून त्यांच्यावरील अंतराच्या वर्गाच्या व्यस्त प्रमाणात असते.

जेव्हा  $L_1$  आणि  $L_2$  हे दोन समान प्रभार परस्परांपासून काही 'r' अंतरावर ठेवले तर त्यांच्यातील प्रतिकर्षण बल (f) ची किंमत पुढील सूत्राने मिळते.

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

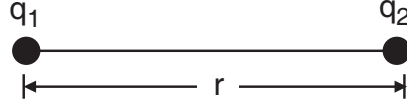


कूलोम



येथे K प्रभार ठेवलेल्या माध्यमाचा स्थिरांक S.I पध्दतीत  $K=9 \times 10^9 \text{ N M}^2 \text{ C}^{-2}$  इतकी किंमत निर्वातात (किंवा हवेत) घेतली जाते.

प्रभार ही अदिश राशी आहे. त्याचे S.I पध्दतीत 'कूलोम' हे एकक आहे. आणि ते 'C' या अक्षराने दाखविले जाते.



आकृती 16.1

जर  $q_1=q_2 = 1\text{C}$  आणि  $r=1$  मीटर तेव्हा

$$F = \frac{9 \times 10^9 \text{ m}^2 \text{ c}^{-2} \times 1 \text{c} \times 1 \text{c}}{(1\text{m})^2} \quad \text{म्हणजेच}$$

$F = 9 \times 10^9 \text{ N}$  होईल. यावरून कूलोमची व्याख्या पुढीलप्रमाणे 'समान मूल्ये असलेले दोन सजातीय विंदूप्रभार निर्वातात परस्परांपासून १ मीटर अंतरावर ठेवले असता, त्या प्रभारांमधील प्रतिकर्षण बल  $9 \times 10^9$  असेल तर प्रत्येक प्रभाराचे मूल्य 1 कूलोम (c) आहे असे म्हणतात. या बलाची दिशा त्या दोन प्रभारांच्या केंद्राशी जोडणा-या रेषेत असते. सजातीय प्रभारामध्ये हे प्रतिकर्षण बल (धन चिन्हांकित) असते तर विजातीय प्रभारामध्ये हे आकर्षण बल (ऋण चिन्हांकित) असते.

### 16.2 : स्थितीक विभव आणि विभवांतर : -(Electrostatic Potential and Potential Difference)

एक प्रभाररहित काचेचा दांडा घ्या. त्यास ठराविक प्रमाणात प्रभारित करा. (+ ve प्रभार) म्हणजे त्यावर तो प्रभार आला. आता त्या प्रभारित दांड्यावर समजा त्याच प्रकारचा प्रभार आणखी द्यावा असे वाटले तर, आधीच त्यावर प्रभार असल्यामुळे आणि सजातीय प्रभारात प्रतिकर्षण असते, या नियमामुळे आपणास यावेळी प्रतिकर्षण बल जाणवते. त्यावर आणखी प्रभार वाढविण्यासाठी एखादया वाहयशक्तीची आवश्यकता भासते. होणारे हे कार्य स्थितीक विभव ऊर्जेच्या स्वरूपात साठवले जाईल. याची कल्पना आपणास -एखादया पदार्थ जमिनीपासून उंच उचलताना गुरुत्वबलाच्या विरुद्ध बल वापरावे लागते आणि हे बल स्थितीक ऊर्जेच्या स्वरूपात त्या पदार्था मध्ये साठविले जाते. याच्याशी करता येते. अशा रीतीने एका शक्तीशाली प्रभार Q स्रोताच्या सान्निध्यात लहान प्रभार q हा r अंतरावर आला असता स्थितीक विद्युत विभव ऊर्जा (Electrostatic Potential energy) U चे मूल्य पुढील सूत्राने मिळते.

$$U = \frac{KQq}{r}$$

प्रभाराच्या स्रोताच्या सान्निध्यात असणा-या कोणत्याही विंदूजवळ निर्माण होणारे स्थितीक विद्युत विभव (Electrostatic Potential) याची व्याख्या पुढीलप्रमाणे करता येईल.

एकक धनप्रभार असलेला विंदूप्रभार अनंत अंतरावरून प्रभार स्रोताजवळ आणताना घडून येणारे कार्य म्हणजेच स्थितीक विद्युत विभव होय. जेव्हा q हा धनप्रभार अनंत अंतरावरून Q प्रभार स्रोताजवळ आणताना घडून येणारे कार्य W मानल्यास V हे स्थितीक विद्युत विभव -

ऊर्जा



टिपा

$$V = \frac{W}{q} \quad \text{किंवा} \quad \frac{U}{q} = \frac{KQ}{r} \quad \text{असे मिळते.}$$

स्थितिक विद्युत विभव ही आदिश राशी आहे. (या राशीला फक्त परिणाम आवश्यक असते मात्र दिशाची जरूरी असते.)

SI पध्दतीत विभवाचे एकक Joule/Coulomb (ज्यूल /कूलोम) आहे. किंवा V(Volt) या अक्षराने दर्शवितात. हे एकक इटालियन भौतिकशास्त्रज्ञ अलेक्झांड्रो व्होल्टा (Alessandro Volta-1745-1827) याच्या सन्मानार्थ दिले आहे.

**1 व्होल्ट (IV) ची व्याख्या पुढीलप्रमाणे :** - एखाद्या विंदूजवळ +1C प्रभार असताना त्यामध्ये निर्माण होणारी स्थितिक ऊर्जा 1J (1 ज्यूल) असेल तर त्या विंदूजवळील विभव 1V (1 व्होल्ट) आहे असे म्हणतात. किंवा -

एक कूलोम विद्युत प्रभाराचे एका विंदूपासून दुस-या विंदूपर्यंत विस्थापन होण्यासाठी एक ज्यूल (1 Joule) एवढे कार्य घडून येत असेल तर त्या दोन विंदूमधील विभवांतर 10 व्होल्ट आहे असे म्हणतात.

$$\therefore 1 \text{ व्होल्ट} = \frac{1 \text{ ज्यूल}}{1 \text{ कूलोम}}$$

समजा q हा एक प्रभार आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे आहे.



**आ. 16.2 q हा प्रभार अनंत अंतरावरून B किंवा C कडे येत आहे.**

समजा B आणि C हे दोन विंदू असून पैकी B विंदू हा C विंदूपेक्षा q ला जवळ आहे. जर q हा प्रभार अनंत अंतरावरून C विंदूजवळ किंवा अनंत अंतरापासून B विंदूजवळ येताना घडणारे कार्य अनुक्रमे  $W_c$  आणि  $W_B$  मानू.

म्हणून विंदू B आणि विंदू C जवळ निर्माण होणारे विभव अनुक्रमे

$$V_B = \frac{W_B}{q} \quad \text{आणि} \quad V_C = \frac{W_c}{q} \quad \text{असे मिळते.}$$

विभवांतर म्हणजेच  $V_B$  आणि  $V_C$  विभवातील फरक होईल. म्हणजेच  $V_B - V_C = \frac{W_B - W_c}{q}$

येथे  $W_B - W_c$  हे प्रभार C विंदूपासून B विंदूपर्यंत येताना घडलेले कार्य होय.

अशा रीतीने B आणि विंदू C यांच्या दरम्यान असणारे विभवांतर म्हणजेच एकक प्रभार C विंदूपासून B विंदूपर्यंत नेताना घडून येणारे कार्य होय.

समजा,  $V_B - V_C = V$  आणि  $W_B - W_c = W$  मानू.

विभवांतर (Potential difference) चे सूत्र पुढीलप्रमाणे :-



$$V = \frac{\text{कार्य}}{\text{प्रभार}}$$

$$\therefore V = \frac{W}{q} \quad 1V = 1 \text{ Joule}$$

1 कूलोम



आ. 16.3 व्होल्टमीटर

**उदा. 16.1 :** 1 कूलोम प्रभार होण्यासाठी इलेक्ट्रॉनची संख्या किती?

उत्तर : समजा  $n$  इलेक्ट्रॉनवरील प्रभार  $1C$  होईल. प्रभार हा इलेक्ट्रॉन मिळाल्यामुळे किंवा कमी झाल्यामुळे निर्माण होतो.

$$1 \text{ इलेक्ट्रॉनवरील प्रभार} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{प्रभार} = q = + n/e$$

$$n = \frac{q}{e} = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{18} \text{ इलेक्ट्रॉन}$$

$$\therefore 1 \text{ कूलोम प्रभारासाठी इलेक्ट्रॉनची संख्या} = 6.25 \times 10^{18} \text{ e.}$$

**उदा. 16.2 :** दोन विंदूमधील विभवांतर  $24V$  असताना  $3C$  प्रभार एका विंदूपासून दुसऱ्या विंदूपर्यंत नेताना घडलेले कार्य काढा.

उत्तर : दिलेल्या किंमती  $q=3C$ ,  $V=24V$ ,  $W=?$

$$WqV$$

$$W=3 \times 24 \quad \text{कार्य} \quad W=72 \text{ ज्यूल.}$$



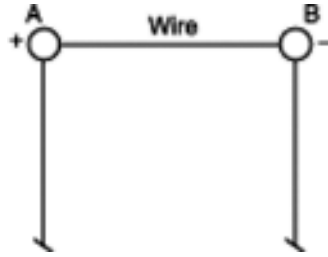
टिपा



सरावासाठी प्रश्न 16.1

- पुढील एककांची व्याख्या लिहा .  
(i) विद्युतप्रभार (ii) विद्युतविभवांतर
- एका काचेची कांडी रेशमी कापडावर घासून त्या कांडीवर +10 मायक्रोकुलोम इतका प्रभार निर्माण होतो . तर या प्रक्रियेत काचकांडीकडून रेशमी कापडावर किती इलेक्ट्रॉन गेले ते मिळवा .
- दोन प्रभारित कणावरील प्रभार दुप्पट केला व त्या कणांमधील अंतर निम्मे केले तर निर्माण होणारे कुलोमचे बल पहिल्यापेक्षा किती पट होईल ?
- दोन लहान प्रभारित गोल परस्परांपासून दुप्पट अंतरावर नेले तर त्यांच्यातील बलावर कोणता परिणाम होईल ?
- एका स्थिर प्रभारित पदार्थापासून 50 सेमी अंतरावर एक प्रभारित कण आणला तेव्हा त्यामध्ये 10 J एवढी स्थितीज ऊर्जा निर्माण होते . जर त्या कणावरील प्रभार 1 मायक्रोकुलोम असेल तर - (i) त्या प्रभारित कणावर त्या ठिकाणी निर्माण होणारे विभव किती? (ii) स्थिर प्रभारित पदार्थावर किती प्रभार आहे ?

आकृती 16.4 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे A आणि B हे धातूचे अनुक्रमे गोल रोधक आवरण असलेल्या स्टॅंडवर ठेवले आहेत . त्यांच्यावर काही धन आणि ऋणप्रभार आहेत . जर हे दोन्ही गोल परस्परांना वाहक तारेने जोडले तर काय घडून येईल ते सांगा .



आकृती 16.4

16.3 : धारा विद्युत

वाहणारे पाणी नदीमध्ये प्रवाह निर्माण करतात हे आपणास माहिती आहे . त्याप्रमाणेच सर्व विद्युत उपकरणे, जसे बल्ब किंवा हिटर (विजेची शेगडी) मधील तारेच्या कुंडलातून (Coils) मधून विद्युतप्रभाराचे वहन घडते व ती उपकरणे कार्यान्वित होतात . वाहकाच्या कोणत्याही काटछेदातून एका सेकंदात जेवढा विद्युतप्रभार प्रवाहित होत असेल त्यास वाहकातून जाणारी विद्युत धारा असे म्हणतात .

$$\text{विद्युतधारा (i) = प्रभार (i) / काल (t)}$$

येथे 'Q' - विद्युतप्रभाराचे SI एकक कूलोम आहे. t - कालाचे SI एकक सेकंद आहे.  
i- विद्युतधाराचे SI एकक अँपिअर होईल.

म्हणून अँपिअरची व्याख्या पुढीलप्रमाणे :-

अँपिअर :-जर वाहकातून एका सेकंदास एक कूलोम इतका प्रभार प्रवाहित होत असेल तर त्या वाहकातून जाणारी विद्युतधारा एक अँपिअर आहे असे म्हणतात.



अँपिअर

$$1 \text{ अँपिअर} = \frac{1 \text{ कूलोम}}{1 \text{ सेकंद}}$$

येथे विद्युतधाराचे SI एकक हे फ्रेंच शास्त्रज्ञ आंद्रे मारी अँपिअर (Anre-Marie Ampere-1775-1836) यांच्या सन्मानार्थ दिले आहे. काही वेळेस विद्युतधारा ही अतिशय अल्प असते,तेव्हा सोयीसाठी मिलिअँपिअर (mA) आणि मायक्रोअँपिअर ( $\mu$ A) एककात मोजतात. धारा विद्युतही आदिश राशी आहे.

1 मिलिअँपिअर  $=10^{-3}$  अँपिअर म्हणजेच  $1 \text{ mA} =10^{-3} \text{ A}$  आणि  $1 \text{ मायक्रोअँपिअर} =10^{-6}$  अँपिअर म्हणजेच

$1 \text{ MA} =10^{-6} \text{ A}$  अशी आहेत.

अँपिअर हे उपकरण विद्युतपरिपथातील वाहणा-या विद्युतधाराचे मापन करते. हे उपकरण त्या विद्युतपरिपथात एकसर पध्दतीने जोडावे लागते.



आ. 16.5 अँपिअर



तुम्हाला माहिती आहे का ?

सर्व धातूमध्ये मुक्त इलेक्ट्रॉनची संख्या मोठ्या प्रमाणात असते. (सुमारे  $10^{29} \text{ M}^{-3}$ ) हे मुक्त इलेक्ट्रॉन प्रभाराचे वाहक असतात. हे मुक्त इलेक्ट्रॉन वाहक धातूमध्ये (तारांमधून)प्रचंड वेगाने इतस्ततः (चोहीकडे) (सुमारे  $10^5 \text{ m/s}$  वेगाने) धातूच्या अणूमधून जातात,तरीसुध्दा

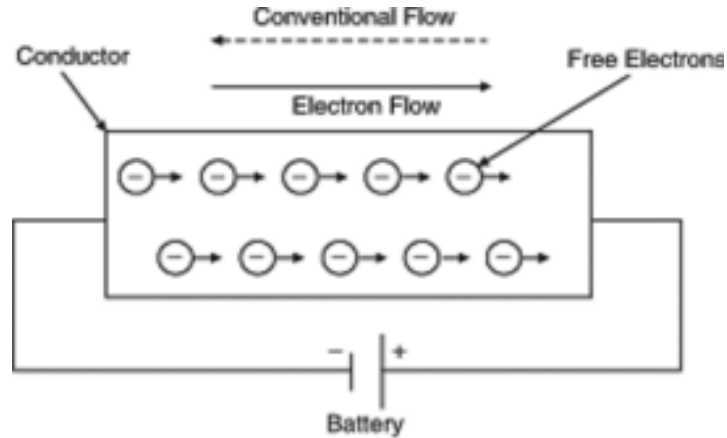
उर्जा



टिपा

परिणामी इलेक्ट्रॉन प्रवाह निर्माण होत नाही. परंतु जेव्हा या वाहकतारेची टोके विद्युतघटास जोडली तर हे इलेक्ट्रॉन एका दिशेने जातात. म्हणजेच वाहक तारेतून विद्युतधारा ही विद्युत घटाच्या धन अग्रपासून प्रवाहित होऊन विद्युत घटाच्या ऋण अग्रपर्यंत सुमारे  $10^{-4}$  m/s या अल्प वेगाने जातो यालाच इलेक्ट्रॉनची वहन (drift) गति असे म्हणतात.

कोणताही पदार्थ हा प्रोटॉन्स, इलेक्ट्रॉन्स आणि न्यूट्रॉन्स यांच्यापासून बनलेला असतो हे आपण आधीच वाचले आहे. प्रोटॉन्सवर धन प्रभार, इलेक्ट्रॉन्सवर ऋण प्रभार आणि न्यूट्रॉन्सवर कोणताच प्रभार नसतो. खरे तर मूलतः अणू हा प्रभाररहित असतो, कारण यामध्ये धनप्रभार व ऋणप्रभार समान संख्येने असतो. परंतु जर एखादी वस्तूमध्ये प्रोटॉन्सची संख्या इलेक्ट्रॉन्स संख्येपेक्षा अधिक असते, तेव्हा ती वस्तू धन प्रभारित असते. आणि जेव्हा वस्तूमधील इलेक्ट्रॉन्सची संख्या ही प्रोटॉन्सच्या संख्येपेक्षा अधिक असते तेव्हा ती वस्तू ऋणप्रभारित असते. जेव्हा प्रभारित वस्तू ही वाहक तारेने (धातूच्या तारेने) प्रभारहीन (प्रभाररहित) वस्तूला जोडली जाते, तेव्हा धन प्रभार हा जास्त विभवाकडून कमी विभवाकडे प्रवाहित होतो. तर ऋण प्रभार हा कमी विभवाकडून जास्त विभवाकडे प्रवाहित होतो. प्रभाराचे हे वहन दोन्ही वस्तूंचे विभव समान पातळीवर येईपर्यंत घडते. प्रभाराचे हे वहन अखंडपणे चालू राहण्यासाठी वाहक तारेने जोडलेल्या दोन प्रभारित वस्तूमधील विभवांतर राखण्यासाठी वाहय ऊर्जा स्रोताची आवश्यकता असते. या वाहयव्लामुळे वाहक तारेतील मुक्त इलेक्ट्रॉन त्या प्रभाराचे विशिष्ट दिशेने प्रवाहित करतात. (कमी विभवाकडून अधिक विभव असलेल्या वस्तूच्या दिशेने वहन) या वाहय ऊर्जा स्रोतास विद्युत घट असे म्हणतात. याची दोन्ही टोके वाहक तारेने जोडून विभवांतर राखण्यास मदत होते. निद्रव घट हा एक प्रकारचा विद्युत घट आहे. अशा रितीने विद्युतघटाची व्याख्या पुढीलप्रमाणे, "ज्या उपकरणाद्वारे रासायनिक ऊर्जेचे, विद्युत ऊर्जेत रूपांतर होते त्यास विद्युत घट असे म्हणतात. विद्युत घटातील ऋणाग्र पट्टी इलेक्ट्रॉन्सना प्रतिकर्षित करते. परिणामी त्या घटास जोडलेल्या वाहक तारेतून प्रवाहित होतात. म्हणून विद्युतघटातील विद्युतप्रवाह हा ऋणाग्राकडून (वाहक तारेतून) घटाच्या धनाग्रापर्यंत जातो. यालाच धारा इलेक्ट्रॉन्स असे म्हणतात. तथापि, तारेमधील विद्युतधारा धन अग्राकडून ऋण अग्राकडे जाते असे मानण्याची प्रथा आहे. म्हणजेच तारेमधील विद्युतधारा इलेक्ट्रॉनच्या गतीमुळे निर्माण होत असली तरी विद्युतधारेची संकेतमान्य दिशामात्र प्रवाहाच्या विरुद्ध दिशेत असते.



आकृती : वाहकतारेतील इलेक्ट्रॉन प्रवाह





संचय घट किंवा विद्युत बॅटरी (Battery) म्हणजेच विद्युत घटांचा समूह होय. विजेरीमध्ये अनेक विद्युत घट वापरून संचय घटाचे कार्य मिळते. याप्रकारचा पहिला विद्युत अलेक्झांड्रो व्होल्टा (Alessandro Volta-1745-1827) यांनी तयार करून या साधनाद्वारे स्थिर स्वरूपाचा एकदिक (D.C) मिळवता येतो. एकदिक विद्युत प्रवाह (D.C) म्हणजेच विद्युतपरिपथातून एकाच दिशेने धारा विद्युत प्रवाहित होते. परिपथातून प्रवाहित होणा-या विद्युतधारा मोजण्यासाठी अॅमीटर हे उपकरण वापरतात.



**सूचना ४ -** विद्युतपरिपथात विद्युत उपकरण जोडल्याखेरीज विद्युत घटास जोडलेल्या वाहक तारेची दोन्ही टोके विद्युतघटाच्या दोन्ही अग्रास जोडू नका. कारण बल्बसारखे विद्युत उपकरण वापरल्याने धारा विद्युत प्रवाहाचा वेग मंद होण्यास मदत होते असे न केल्यास विद्युत परिपथातून विद्युतप्रवाह प्रमाणापेक्षा अधिक झाल्यामुळे वाहक उष्ण तसेच विद्युत घट लवकर निकामी होऊ शकतो.

विद्युतवाहक आणि विद्युतरोधक :- (Conductors and Insulators) – विद्युतदृष्ट्या पदार्थांचे दोन प्रकार पडतात.

(i) विद्युतवाहक (सुवाहक) (Conductors)

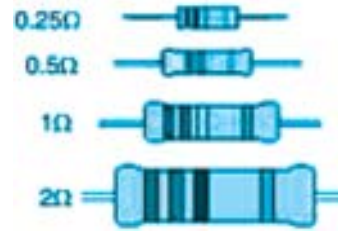
(ii) दुर्वाहक (रोधक) (Insulators)

(i) विद्युतवाहक (सुवाहक):- ज्या पदार्थांमधून प्रभार एका टोकापासून दुस-या टोकापर्यंत सहजरितीने जाऊ शकतो. त्यांना विद्युतवाहक किंवा सुवाहक असे म्हणतात. उदा. सोने, चांदी, तांबे, अॅल्युमिनिअम इ. धातू.

(ii) दुर्वाहक (रोधक):- ज्या पदार्थांमधून प्रभार सहजासहजी जाऊ शकत नाही. त्या पदार्थां स दुर्वाहक किंवा रोधक असे म्हणतात. उदा. रबर, काच, एबोनाइट इ.

### 16.3.2 : रोध (Resistors)

घतिमान इलेक्ट्रॉन त्यांच्या मार्गात येणा-या वाहकाच्या अणूंवर आदळतात. अशा प्रकारच्या आघातामुळे इलेक्ट्रॉनच्या गतीला रोध उत्पन्न होतो. परिणामी विद्युतप्रवाहाच्या गतीला विरोध होतो. या विरोधालाच वाहकाचा रोध असे म्हणतात. हा रोध कधी आवश्यक तर कधी अनावश्यक (Undersirable) स्वरूपाचा होईल. जेव्हा वाहकातून (विद्युत उपकरणे) धारा विद्युत जाताना त्याचे उष्णता ऊर्जेत किंवा प्रकाश ऊर्जेत रूपांतर होते, यावेळी होणारा रोध आवश्यक (dersirable) स्वरूपाचा असतो. अशा ऊर्जेसाठी उदा. (i) उष्णता ऊर्जा विद्युतशेगडी वापरतात. (ii) प्रकाश ऊर्जा विद्युतबल्ब वापरतात.

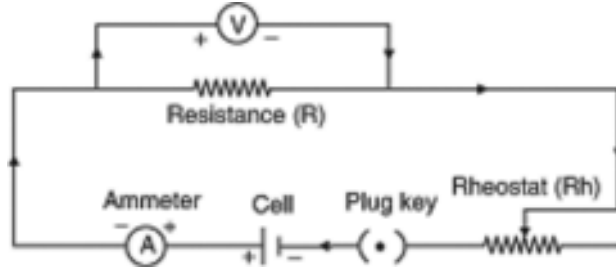




तुम्ही तुमच्या संपर्क केंद्रावर प्रयोगशाळेतील वर्गात उपस्थित राहता तेव्हा, वाहक तारेतून वाहणारी धारा विद्युत आणि वाहकाच्या दोन टोकामधील विभवांतर यांचा संबंध तुमच्या शिक्षकांकडून तसेच वर्गमित्रांकडून समजाऊन घेणे.

साहित्य (उपकरणे): - निर्द्रव विद्युत घट (Dry cell) (1.5v) व्होल्टमीटर (0-1.5v) अॅमीटर (0-1A) प्रमाणित रोध (1  $\Omega$ ) बदलता रोध (Rheostat) 0-1 ohm) तांब्याची तार, प्लग कळ इ.

- (i) प्रथम आकृतीत } आ. 16.6 ] (a) दाखविल्याप्रमाणे स्थिर प्रमाणित रोध (1A) प्रमाणित रोध (R), अॅमीटर (A), निर्द्रव घट (D), प्लग कळ (K) आणि बदलता रोध (Rb) हे एकसर पध्दतीने जोडून व्होल्टमीटर हे R ला समांतर पध्दतीने जोडून घ्या.



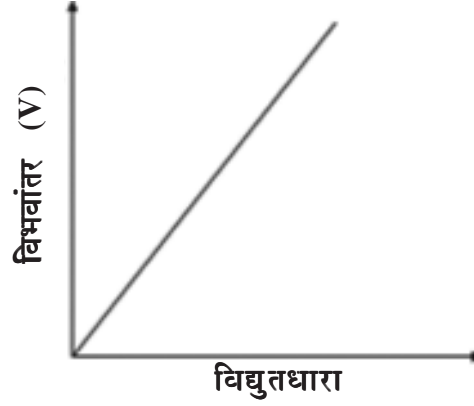
आ. 16.6 (a)

- (ii) प्लग कळ (K) उघडी असताना व्होल्टमीटरचे तसेच अॅमीटरचे वाचन शून्य आहे का ते पहा.
- (iii) प्लग कळ (K) बसवा व बदलता रोध याच्या सहाय्याने अॅमीटर व व्होल्टमीटर थोडे वाचन दाखवितात हे पहा आणि नोंद करा.
- (iv) नंतर पुन्हा बदलता रोधाचा उपयोग करून विद्युतपरिपथातून जाणारी विद्युतधारा वाढवा आणि पुन्हा अॅमीटर व व्होल्टमीटर यांची वाचने घ्या.
- (v) वरीलप्रमाणे आणखी 4 ते 5 वाचने घेऊन नोंद करा.
- (vi) नंतर व्होल्टमीटरचे वाचन व अॅमीटरचे वाचन यांच्या संबंधाचा आलेख काढा.

तुम्ही निरीक्षण काय कराल ? -

तुम्हास पुढीलप्रमाणे निरीक्षणे मिळतात.

- (i) अॅमीटरचे वाचन वाढविले असता त्या प्रमाणातच व्होल्टमीटरचे वाचन वाढते.
- (ii) विभवांतर व विद्युतधारा यांचा आलेख काढला असता तो सरळ रेषा मिळतो. हे आ. 16.6 (b) मध्ये दाखविले आहे.



आकृती 16.6 (b) विभवांतर/विद्युतधारा आलेख

तुम्ही काय अनुमान काढाल ? -

वाहकातून जाणारी विद्युतधारा (i) ही त्या वाहकाच्या दोन टोकांमधील विभवांतराशी (V) समानुपाती असते. म्हणजेच  $V \propto i$  किंवा

$V = Ri$  येथे R हे स्थिरप्रमाणपद आहे. यालाच आपण वाहकाचा रोध असे म्हणतो. हे निरीक्षण प्रथम जॉर्ज सायमन ओहम याने केले. म्हणून यास ओहमचा नियम असे म्हणतात.

ओहमचा नियम :- वाहकाची भौतिक अवस्था म्हणजे वाहकाची लांबी, क्षेत्रफळ, तापमान व द्रव्य (material) हे कायम असताना वाहकातून जाणारी विद्युतधारा (i) ही त्या वाहकाच्या दोन टोकांमधील विभवांतराच्या समानुपाती असते. यालाच ओहमचा नियम असे म्हणतात.

हे लक्षात ठेवा :-

- ओहमचा नियम हा केवळ वाहकतारांसाठीच आहे. तसेच वाहकाची भौतिक स्थिती व तापमान स्थिर असणे आवश्यक आहे. जर वाहक तारेचे तापमान वाढले तर त्याचा विद्युत् रोध सुध्दा वाढेल.
- दिलेल्या वाहकासाठी 'R' म्हणजे वाहकाचा रोध हा स्थिर असतो. यावरूनच वाहकतारेचा रोध खालील बाबींवर अवलंबून असतो हे स्पष्ट होते.
- त्याच्या लांबीवर - वाहकाची लांबी अधिक तर रोध अधिक.
- त्याची जाडी - वाहकाची जाडी जितकी अधिक तितका त्या वाहकाचा रोध कमी असतो.
- वाहकाचा प्रकार - तांब्याच्या तारेचा रोध हा लोखंडी तारेच्या रोधापेक्षा कमी असतो. (दोन्ही तारांची लांबी व जाडी सारखीच असताना )
- म्हणून वाहकाचा रोध वाहकाच्या लांबीशी समानुपाती असून त्याच्या काटछेदाशी व्यस्त प्रमाणात असतो.



- वाहकाचा रोध ही अदिश राशी आहे . याचे SI पध्दतीत ओहम हे एकक असून ते चिन्हाने असे दाखवितात .
- एक ओहम रोध : वाहकाच्या दोन टोकांमध्ये १ व्होल्ट विभवांतर असताना,वाहकातून 1 ॲंपिअर विद्युतधारा जात असेल तर त्या वाहकाचा रोध 1 ओहम (ओमेगा) आहे असे म्हणतात . म्हणजेच

$$1 \text{ ओहम} = \frac{1 \text{ व्होल्ट}}{1 \text{ ॲंपिअर}}$$

उच्च रोध मोजण्यासाठी किलो ओहम (K) आणि मेगा ओहम (M) या एककांचा उपयोग करतात .

$$1 \text{ k}\Omega = 10^3 \Omega \text{ आणि } 1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega$$

### 16.4 : रोधांची जोडणी

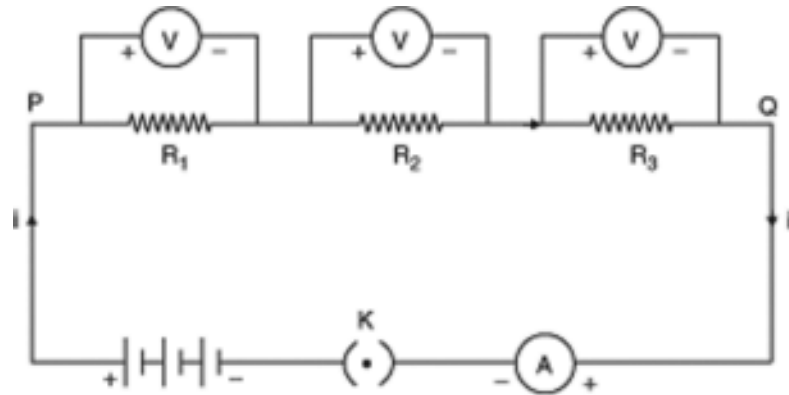
विद्युत परिपथात आपण भिन्नाभिन्न रोध असणारी उपकरणे जोडतो . ही जोडणी दोन प्रकारे करता येते .

एकसर जोडणी : या प्रकारच्या जोडणीमध्ये अनेक रोध जोडता येतात . ते एकमेकांना साखळीप्रमाणे जोडले जातात .परिणामी सर्व रोधातून समान विद्युतधारा वाहते .

रोधांची समांतर जोडणी : सर्व रोधांचे एक टोक विद्युतघटाच्या धनाग्रास जोडून दुसरी टोके त्या विद्युतघटाच्या दुस-या अग्रास म्हणजे ऋणाग्रास जोडून केली जाते . अशा जोडणीस रोधांची समांतर जोडणी म्हणतात .

#### 16.4.1 : एकसर जोडणी : -(Series combination) :

आकृती 16.7 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे तीन रोध,विद्युत घट,ॲमीटर हे एकसर पध्दतीने जोडले आहेत . यामध्ये विद्युतधारा वहनाचा एकच मार्ग असल्याने सर्वांमधून 'i' ही विद्युतधारा प्रवाहित होईल .



आकृती 16.7 रोधांची एकसर जोडणी

प्रत्येक रोधाचे विभवांतर व्होल्टमीटरच्या साहाय्याने मोजले असता, आपणास असे दिसून येते की विभवांतरसुद्धा वाढते . समजा  $R_1, R_2$  आणि  $R_3$  रोधांचे विभवांतर अनुक्रमे  $V_1, V_2$  आणि  $V_3$  मानू . आता ओहमच्या नियमानुसार प्रत्येक रोधासाठी विभवांतर पुढीलप्रमाणे -



$$V_1 = i R_1, \quad V_2 = i R_2, \quad \text{आणि} \quad V_3 = i R_3$$

जर P आणि Q दरम्यानचे विभवांतर V असेल तर

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad \text{होईल.}$$

$$\begin{aligned} V &= iR_1 + iR_2 + iR_3 \\ &= i(R_1 + iR_2 + iR_3) \text{-----(16.1)} \end{aligned}$$

P आणि Q बिंदूच्या दरम्यान एकूण रोध  $R_0$  मानू.

$$V = iR_3 \text{ .....(16.2)}$$

निष्कर्ष (16.1) व (16.2) वरून आपणास पुढील समीकरण मिळते.

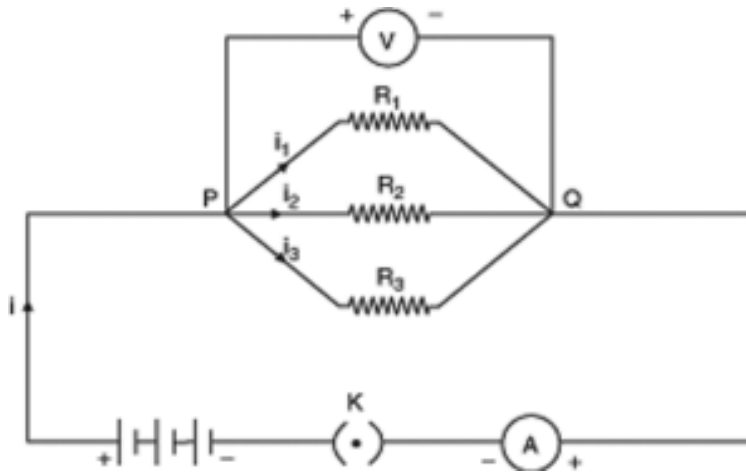
$$iR_s = I (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$\text{किंवा} \quad R_s = R_1 + R_2 + R_3$$

म्हणजेच रोधांची एकसर जोडणूमुळे होणा-या परिणामी रोधांची किंमत त्या जोडणीतील सर्व रोधांच्या बेरजेएवढी असते.

#### 16.4.2 : रोधांची समांतर जोडणी : -(Parallel combination) :

आकृती 16.8 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे तीन रोध समांतर जोडणीने जोडले असून ते विद्युत घट आणि अॅमीटर यांना समांतर जोडणीत आहेत. रोधांच्या समांतर जोडणीमध्ये प्रत्येक रोधास समान मूल्याचे विभवांतर निर्माण होते. परंतु प्रत्येक रोधातून वाहणारी विद्युतधारा ही रोधाशी व्यस्त प्रमाणात असते. म्हणजेच  $R_1, R_2$  आणि  $R_3$  या रोधातून वाहणारी धारा विद्युत अनुक्रमे  $i_1, i_2$  आणि  $i_3$  मानू आणि एकूण विद्युतधारा  $i$  मानल्यास



आकृती 16.8 रोधांची समांतर जोडणी

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad \text{होईल.....(16.3)}$$

उर्जा



टिपा

प्रत्येक रोधाच्या दोन बिंदूतील विभवांतर  $V$  मानू.

आता ओहमच्या नियमानुसार,  $i_1 = \frac{V}{R_1}$ ,  $i_1 = \frac{V}{R_2}$  आणि  $i_1 = \frac{V}{R_3}$  होईल.....(16.4)

जर या समांतर जोडणीतील सर्व रोधांचा परिणामी रोध  $R_p$  मानल्यास,

$$i = \frac{V}{R_p} \dots\dots\dots(16.5)$$

निष्कर्ष (16.4) (16.5) च्या निष्कर्षावरून (16.5) हे समीकरण पुढीलप्रमाणे होईल .

$$\frac{V}{R_p} =$$

म्हणजेच

$$\frac{1}{R_p} =$$

अशा रीतीने रोधांची समांतर जोडणीमध्ये परिणामी रोधाचे व्यस्तांक हे प्रत्येक रोधाच्या व्यस्तांकाच्या बेरजेइतके येते .

हे लक्षात ठेवा :-

1. सामान्यपणे आपल्या घरातील सर्व विद्युत उपकरणे समांतर पध्दतीने जोडणी केलेली असतात . परंतु दिवाळी सारख्या सणाचे वेळी लहान बल्बची माळ ही आरास करण्यासाठी जोडतो, या माळेतील लहान बल्ब हे मात्र एकसर पध्दतीने जोडलेले असतात .
2. जेव्हा एकसर जोडणीत आपण रोधांची संख्या वाढवितो तशी परिणामी रोधाची किंमत सुध्दा वाढत जाते . परंतु समांतर पध्दतीने जोडणी केली तर परिणामी रोधाचे मूल्य हे त्या जोडणीतील लघुत्तम रोधापेक्षा कमी रोध असणारे मिळते .

**? तुम्हाला माहिती आहे का ?**

AVO मीटरला मल्टीमीटर असेही म्हणतात .या उपकरणाद्वारे आपण धारा विद्युत,विभव आणि रोध यांचे मोजमाप करू शकतो . म्हणजेच हे उपकरण अँमीटर, व्होल्टमीटर आणि ओहममीटर या तीन उपकरणांचे कार्य करते .



आकृती AVO मीटर मल्टीमीटर



**उदा. 16.3 :** एका विद्युतपरिपथात जोडलेल्या बल्बमधून तास काल 0.5 A विद्युतधारा प्रवाहित झाली तर त्या विद्युतपरिपथातून जाणारा विद्युत प्रभार किती ?

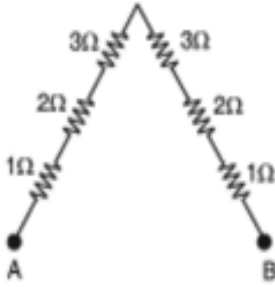
उत्तर : दिलेल्या किमती  $i = 0.5A$  ,  $t = \frac{1}{5}$  तास  $t =$  मिनिटे सेकंद

आता  $Q=it$  हे सूत्र वापरू व किमती घालू.

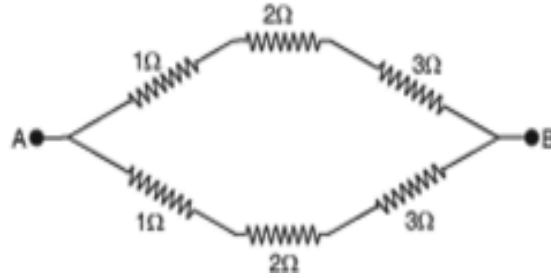
$$\begin{aligned} Q &= it = 12 \times 60 \text{ s} = 720 \text{ s} \\ &= (0.5A) \times 720 \text{ s} = 360 \text{ C} \\ &= 360 \text{ C} \end{aligned}$$

त्या परिपथातून 360 कुलोम विद्युत प्रभार जाईल.

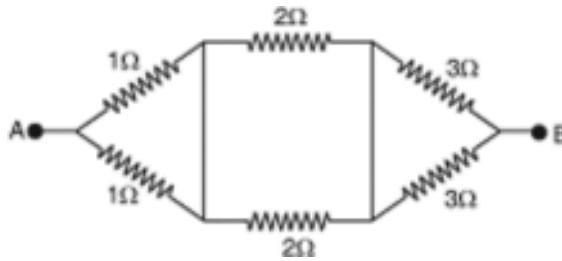
**उदा. 16.4 :** पुढे दिलेल्या आकृतीत केलेल्या रोधांची जोडणीचा परिणामी रोध किती?



(a)



(b)



आकृती 16.9 (c)

उत्तर :

(a) या जोडणीत सर्व रोध एकसर पध्दतीने जोडले आहेत. दिलेल्या किंमती

$$R =$$

येथे परिणामी रोध = 12 होईल.

(b) या आकृतीत जोडलेले रोध दोन्ही प्रकारच्या जोडणीने जोडले आहेत. तीन रोध एकसर जोडणीत असे तीन रोध पुन्हा समांतर पध्दतीने जोडले आहेत. एका एकसर जोडणीत  $R_1 = 1+2+3=6$  तसेच दुस-या एकसर जोडणीत  $R_2 = 1+2+3=6$  आता हयांचा समांतर



जोडणीत परिणामी रोध मिळवू. आता येथे  $R_1=6$  तसेच  $R_2=6$  समांतर जोडणीत परिणामी रोध सूत्र.

$$R_1 =$$

$$R_2 =$$

$$R =$$

एकूण परिणामी रोध  $3 \Omega$  असेल.

(c) यामध्ये ३ समांतर जोडणीत प्रत्येकी २ रोध आहेत. आणि या तिन्ही जोडणी पुन्हा एकसर जोडणीत आहेत. समांतर जोडणीत दोन रोधांकरिता परिणामी रोध

$$\text{सूत्र : } R = \frac{r_1 \times r_2}{r_1 + r_2} = \frac{1 \times 1}{1 + 1} = \frac{1}{2} \Omega \quad (\text{प्रत्येकी } 1 \text{ रोध})$$

$$R = \frac{2 \times 1}{2 + 2} = 1 \Omega$$

$$R = \frac{3 \times 3}{3 + 3} = \frac{9}{6} = \frac{3}{2} = 1.5 \Omega$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{1}{2} + 1 + \frac{3}{2} = 3 \Omega$$



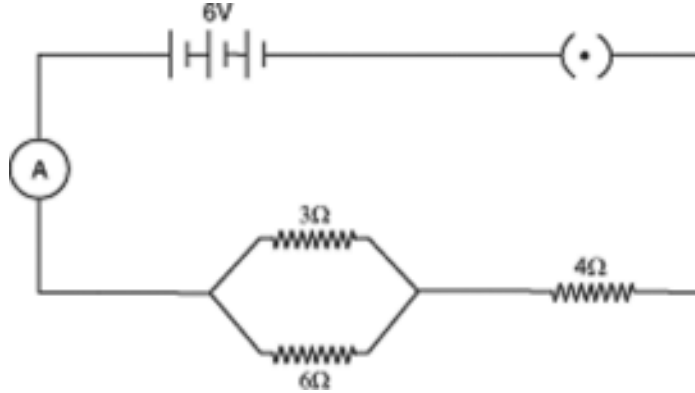
### सरावासाठी प्रश्न 16.2

1. पुढील एककांची व्याख्या लिहा. (i) विद्युतधारा (ii) विद्युतरोध
2. पुढील मापनासाठी वापरावे लागणारे उपकरण सांगा. (i) विद्युतधारा विद्युत विभवांतर
3. विद्युतवाहक हे विद्युतरोधकपासून का भिन्न आहे?
4. व्होल्ट, ओहम आणि अँपिअर यांचा संबंध दर्शविणारे सूत्र सांगा.
5. अनेक विद्युत बल्ब विद्युत परिपथात जोडले आहेत. तर ते बल्ब एकसर पध्दतीने जोडले की समांतर पध्दतीने जोडले ते ठरवा. एखादा बल्ब जरी जळला तरी सर्व विद्युतपरिपथ खंडित होतो. जो बल्ब जळाला तेवढाच बंद झाला.
6. जेव्हा एखादया वाहकाच्या दोन टोकांमधील विद्युत विभवांतर दुप्पट केले तर पुढील कोणत्या बाबींवर परिणाम होतो ? वाहक तारेचा रोध वाहक तारेतून वाहणारी विद्युत धारा.





7. सोबतच्या विद्युत परिपथाच्या अमीटरचे वाचन किती होईल ?



आकृती 16.10

8. २ ओहम, ३ ओहम आणि ६ ओहम रोध असणारे तीन वाहक कसे जोडले असता त्यांचा परिणामी रोध (i) 11 (ii) 4.5 आणि (iii) 4 इतका मिळेल ? विद्युतधारा
9. विद्युत उपकरणे विद्युत परिपथामध्ये विद्युतघटास एकसर पध्दतीने न जोडता तीन समांतर पध्दतीने जोडल्यास होणारे दोन फायदे कोणते ते लिहा .

### 16.5 : विद्युत धाराचा औष्णिक परिणाम

विजेच्या बल्बच्या कुंडलातून (coil-filament) विद्युतधारा सुरू करताच, प्रथम ते कुंडल लालसर दिसते आणि दुस-याच क्षणी ते प्रकाश उत्सर्जित करताना दिसते. हा अनुभव आपणास सर्वसामान्य असाच आहे. तसेच विद्युत हीटरच्या कुंडलातून विद्युतप्रवाह सुरू झाल्यास ते कुंडल लाल होताना उष्णता उत्सर्जित होते. हे का घडते? हे तुम्हास माहिती आहे का ? याचे कारण म्हणजे विद्युत ऊर्जेचे रूपांतर औष्णिक ऊर्जेत होते. या परिणामास विद्युतधाराचा औष्णिक परिणाम असे म्हणतात .

#### 16.5.1 : वाहक तारेतून धारा विद्युत सुरू केल्यास निर्माण होणारी उष्णता : -

समजा  $xy$  या वाहकाचा रोध  $R$  ओहम आहे. या वाहकातून 'i' विद्युतधारा 't' सेकंद कालापर्यंत प्रवाहित करा. वाहक  $xy$  च्या  $x$  व  $y$  या टोकामधील विद्युत विभवांतर  $x$  पासून  $y$  पर्यंत जाताना घडून येणारे कार्य पुढीलप्रमाणे :-

$$\text{कार्य (W)} = \text{विद्युत विभवांतर (v)} \times \text{प्रभार (Q)}$$

$$W = Vit \quad (Q = it)$$

$$\text{ओहमच्या नियमानुसार } V = iR$$

$$W = (iR) \times it$$

$$\text{म्हणजेच } W = i^2Rt \text{ Joules.}$$

ऊर्जा



टिपा

### तुम्ही काय निरीक्षण कराल ?

या प्रयोगात -वाहक तारेतून विद्युतधारा सुरू केल्यास ती तार तापते, म्हणजेच त्या वाहकाच्या एका टोकापासून दुस-या टोकापर्यंत प्रभार वाहताना होणारे कार्य उष्णतेच्या स्वरूपात आढळते. वाहकातून  $i$  इतकी विद्युतधारा  $t$  काळापर्यंत प्रवाहित असताना, वाहकाचा रोध  $R$  असल्यास निर्माण होणारी उष्मा ऊर्जा  $H = i^2Rt$  होईल. अशा रीतीने, रोध  $R$  असलेल्या वाहकामधून विद्युतधारा ( $i$ ),  $t$  कालापुरती जाऊ दिल्यास वाहकामध्ये तयार होणारी उष्मा ऊर्जा ( $H$ ) विद्युतधारेचा वर्ग ( $i^2$ ) वाहकाचा रोध ( $R$ ) आणि विद्युतधारा वाहकातून वाहण्याचा कालावधी ( $t$ ) यांच्याशी समानुपाती असतो. यालाच ओहमचा नियम असे म्हणतात. SI पध्दतीत उष्णतेचे एकक ज्यूल (J) हे आहे. (4.18 Cal=1 Joule)

### 16.5.2 : विद्युत शक्ती : ( Electric Power):-

विद्युत ऊर्जा निर्मितीच्या दरास विद्युतशक्ती असे म्हणतात.

$$\text{विद्युत शक्ती (P)} = \frac{\text{कार्य (w)}}{\text{काल (t)}}$$

$$\begin{aligned} \text{किंवा} &= (iR)i \\ &= i^2R \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{किंवा} &= \left(\frac{V}{R}\right)^2 R \\ &= \frac{V^2}{R} \end{aligned}$$

SI पध्दतीत विद्युतशक्तीचे एकक ज्यूल/सेकंद किंवा वॉट (W) आहे. अशा रीतीने  $P = Vi$  या सूत्रावरून 1(Watt) वॉट म्हणजे -

$$1 \text{ वॉट} = 1 \text{ व्होल्ट} \times 1 \text{ अँपिअर}$$

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \times 1 \text{ A}$$

यावरून वाहकातून 1 अँपिअर विद्युतधारा प्रवाहित होताना विद्युत विभवांतर 1 व्होल्ट असल्यास त्या विद्युतधारेची शक्ती. 1 वॉट आहे असे म्हणतात.

वॉट हे शक्तीचे SI एकक असून ते लहान आहे. मोठी एकके पुढीलप्रमाणे -

शक्तीची मोठी एकके किलोवॉट (KW) आणि मेगावॉट (MW) ही आहेत.

$$1 \text{ किलोवॉट (KW)} = 1000 \text{ W. किंवा } 1 \text{ KW} = 10^3 \text{ Watt}$$



आणि 1 मेगावॉट (MW)=  $10^6$  वॉट किंवा 1MW=  $10^6$  Watts

विद्युतशक्तीचे आणखी एक मोठे एकक आहे- अश्वशक्ती (Horse-Power-hp)

1hp= 746 Watts.

विद्युत उपकरणाद्वारे वापरलेली विद्युत ऊर्जा ही विद्युत शक्ती व काल यांच्या गुणाकाराइतकी असते. SI एकक ज्यूल (J) आहे. हे लहान आहे. परंतु दैनंदिन जीवनात जी विद्युत ऊर्जा आपण वापरतो. त्यांचे मूल्य याच्या कितीतरी पट असते. यासाठी किलोवॉट अवर (kwh) हे औद्योगिक एकक विद्युत ऊर्जेचे वापरले जाते.

1 kwh= $1000 \times 3600 = 3.6 \times 10^6$  J

1 kwh= $3.6 \times 10^6$  J मिळते.

अशा प्रकारे वापरलेल्या विजेचा खर्च काढण्यासाठी किलोवॉट अवर (kwh) एकक वापरतात यास बोर्ड ऑफ ट्रेड (BOT) कडून वापरले जाते किंवा यास व्यवहारात एक युनिट वीज असेही म्हणतात.

1 युनिट वीज =1 kwh= $3.6 \times 10^6$  J

### 16.5.3 : विद्युतधाराचा औष्णिक परिणाम यावर आधारित विद्युत उपकरणे :-

विद्युत धाराचा औष्णिक परिणाम या तत्वावर कार्य करणारी व व्यवहारात वापरली जाणारी अनेक विद्युत उपकरणे आहेत. जसे -विद्युत इस्त्री, विद्युत किटली (Kettle) विद्युत हीटर, विद्युत गिझर, कुकिंग रेंज (Cooking range) विद्युत ओव्हन, विद्युत टोस्टर, विद्युत शेगडी,रूम हीटर (Room heater) इ. या विद्युत उपकरणाखेरीज याचा उपयोग विद्युत फ्यूज, विद्युत वेल्डिंग, विद्युत आर्क (Electric arc) इ.मध्ये उपयोग केला जातो. अशा विद्युत उपकरणात वापरलेले विद्युत विभव हे त्या वाहकात असणारे मुक्त इलेक्ट्रॉन्सना त्वरणीय गती देते. यामुळे ते परस्परांवर आघात करतात. परिणामी त्याचवेळी वाहकाचे अणू/आयन यांनासुद्धा ही ऊर्जा प्राप्त होते. त्या मुक्त इलेक्ट्रॉन्सना स्थिर स्वरूपाचा वेग प्राप्त होते. मात्र गतिज ऊर्जा मिळत नाही. परंतु मुक्त इलेक्ट्रॉन यांच्या परस्पर आघातामुळे त्यांचा कपनविस्तार वाढतो. दुस-या शब्दात सांगावयाचे झाल्यास त्या वाहकातील अणू/आयन यांची वाढलेल्या कपनविस्तारामुळे, कपनांची सरासरी गतिज ऊर्जा ही त्या वाहकाचे तापमान वाढीत होते, म्हणून त्या वाहकापासून उष्णता ऊर्जा मिळते. अशा प्रकारे विद्युत विभवांतर वापरून वाहकाच्या मुक्त इलेक्ट्रॉनमधील स्थितीज ऊर्जेचे रूपांतर वाहकाच्या अणूंची सरासरी गतिज ऊर्जा वाढून शेवटी त्याचे रूपांतर औष्णिक ऊर्जेत घडते. परिणामी वाहक औष्णिक ऊर्जा उत्सारित करतो.

#### विद्युत संसूचक : (Electric Tester) :-

विद्युत परिपथात विद्युत (A.C किंवा D.C) प्रवाहित होते की नाही हे या उपकरणाच्या साहाय्याने निदर्शनास येते. हे स्कू ड्रायव्हर सारखे दिसते. यास असलेली मूठ सहजासहजी धरता येते. यामध्ये एक निऑन दर्शक बल्ब असतो. विद्युत संसूचकाचे स्कू ड्रायव्हरचे टोक एखाद्या विद्युत उपकरणाच्या, जसे विद्युत इस्त्री च्या तळाशी स्पर्श करून ठेवा आणि संसूचकाच्या क्लिपजवळ बोट ठेवले असता भूसंपर्क होण्यास मदत होते. जर निऑन बल्ब लालसर रंगाने

उर्जा



टिपा

प्रकाशित होत असेल तर त्या उपकरणाच्या बाह्य आवरणानून धारा विद्युत जात आहे. यामुळे अशा उपकरणाद्वारे आपणास विद्युत धक्का बसण्याची शक्यता असते. अशा वेळी त्वरीत त्या उपकरणास अलग करून घ्यावे. जर निऑन बल्ब प्रकाशित होत नसेल तर त्या उपकरणातून विद्युत धाराची गळती (leakage) होत नाही असे अनुमान काढता येते. आकृती (Electric Tester) पान क्र.379 विद्युत सॉकेट मध्येचाचे टोक ठेवले असता निऑन बल्ब प्रकाशित होत नसेल तर त्या सॉकेटमध्ये विद्युत धारा येत नाही असा निष्कर्ष काढता येतो. हे उपकरण विजेची उपकरणे दुरुस्त करताना अगर त्यांचे परिक्षण करताना उपयोगी असे एक महत्त्वाचे साधन आहे.



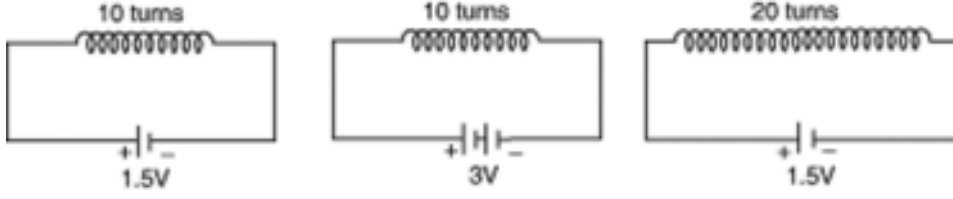
### कृती 16.4

#### विद्युत धाराचा औष्णिक परिणाम अभ्यासणे :-

आवश्यक साहित्य : नायक्रोम तारेचे दोन कुंडल (10 वेढे असणारे एक आणि दुसरे 20 वेढे असणारे) दोन निर्द्रव विद्युत घट, वाहक तार (तांब्याची)

पुढीलप्रमाणे कृती करा :-

- (i) 10 वेढे असणा-या नायक्रोम तारेच्या कुंडलाची दोन टोके वाहक तारेने पक्की जोडा.
- (ii) वाहक तारेची मुक्त दोन टोके आता विद्युत धाराच्या दोन अग्रांना जोडा म्हणजे त्या नायक्रोम कुंडलामध्ये विद्युत धारा प्रवाहित होईल. 10 सेकंदांनंतर प्रवाह खंडित करा. आता त्या तारेस (नायक्रोम कुंडलास) स्पर्श करा व जाणून घ्या.
- (iii) वरील प्रयोग पुन्हा 20 सेकंदासाठी करा.
- (iv) एका विद्युत घटाऐवजी संचय घट वापरून पुन्हा वरीलप्रमाणे कृती करा.
- (v) पुन्हा वरील सर्व पाय-या 20 वेढे असणा-या नायक्रोम कुंडलासाठी करा. आणि स्पर्श करून जाणून घ्या.



आकृती 16.11 (a) (b) आणि (c)

वरील कृतीवरून आपणास पुढील निरीक्षणे मिळतात -

वाहकातून धारा विद्युत प्रवाहित झाल्यास ते वाहक गरम होते. (त्याचे तापमान वाढते.) थोड्याशा कालावधीसाठी सुद्धा नायक्रोम कुंडलातून विद्युत प्रवाहित केल्यास ते कुंडल तापते. जास्त विभवांतराचा विद्युत प्रवाह सुरू केला तर ते कुंडल अधिकच उष्ण होते. जेव्हा तेवढ्याच विभवांतराचा विद्युत प्रवाह मोठ्या कुंडलातून प्रवाहित केला तर निर्माण होणारी उष्णता कमी असते.

यावरून पुढील अनुमान काढता येते. :-

- (i) विद्युत धारेस औष्णिक परिणाम आहे. म्हणजेच वाहक तारेतून विद्युत धारा सुरू केल्यास ते वाहक गरम होते. (तापते)
- (ii) वाहकातून जास्त उष्णता निर्माण केली जाते, जर -
  - त्या वाहकातून जास्त वेळ विद्युत धारा प्रवाहित केली.
  - त्या वाहकाच्या दोन बिंदूंच्या दरम्यान जास्त विद्युतधारा प्रवाहित केला.
  - त्याच वाहकातून जाणा-या विद्युत धारेचे मूल्य वाढविले.



### सरावासाठी प्रश्न 16.3

1. पुढीलपैकी कोणत्या बाबतीत 1 सेकंदात अधिक उष्णता निर्माण होईल. (a) 1 ओहम रोध असणा-या वाहकातून 10 व्होल्ट विभवांतराचा विद्युत धारा सुरू केला. (b) 10 ओहम रोध असणा-या वाहकातून तेवढ्याच विभवांतराचा विद्युत धारा सुरू केला. तुमचे उत्तर सकारण लिहा.
2. खालील बाबतीत वाहकातून विद्युत धारा सुरू होताना निर्माण होणा-या उष्णता ऊर्जेत काय बदल घडतो?
  - (i) वाहकातून जाणा-या विद्युतधाराचे मूल्य दुप्पट केले.
  - (ii) वाहकाच्या दोन बिंदूंच्या दरम्यान असणारे विभवांतराचे मूल्य दुप्पट केले.
  - (iii) वाहकातून वाहणारी विद्युतधारा पहिल्यापेक्षा दुप्पट वेळपर्यंत सुरू केली.
3. एका वाहकाचा रोध 10 ओहम असून त्यामधून 1A विद्युत धारा अर्धा मिनिटे सुरू केली तर निर्माण होणारी उष्णता ऊर्जा किती?





4. दोन विद्युत बल्ब अनुक्रमे 40 W व 60W शक्तीचे आहेत. कोणता बल्ब अधिक प्रकाश उत्सर्जित करेल, जेव्हा ते मुख्य विद्युत परिपथात (i) एकसर पध्दतीने जोडले. (ii) समांतर पध्दतीने जोडले.
5. 1kwh या ऊर्जेचे, ऊर्जेच्या SI एकाकाशी संबंध दर्शविणारे समीकरण लिहा.
6. विद्युतधाराचा औष्णिक परिणाम या तत्वावर आधारित दोन घरगुती उपकरणे (साधने) सांगा.



तुम्हाला माहिती आहे का ?

तुम्हास हे माहिती आहे काय? प्रामुख्याने मोठ्या प्रमाणावर विद्युत ऊर्जा निर्मिती तीन प्रकारे केली जाते.

- (i) जलविद्युत केंद्र- धरणात साठविलेल्या पाण्यामध्ये जी स्थितीज ऊर्जा असते, याचा उपयोग करून विद्युत जनित्र कार्यान्वित करून विद्युतशक्ती निर्माण केली जाते. उदा. पंजाब राज्यातील भाक्रा नानगल जलविद्युत केंद्र
- (ii) औष्णिक विद्युत केंद्र - येथे दगडी कोळसा व तत्सम खनिज इंधन वापरून यापासून पाण्याची वाफ करून या वाफेतील ऊर्जेने टर्बाइन कार्यान्वित करून विद्युत जनित्र कार्यान्वित केले जाते व विद्युत ऊर्जा निर्माण केली जाते. यामध्ये यांत्रिक ऊर्जेचे रूपांतर विद्युत ऊर्जा निर्मितीसाठी होते. उदा. आसाम राज्यातील नामरूप औष्णिक विद्युत केंद्र.
- (iii) आण्विक ऊर्जा केंद्र. (Atomic Power plant) : यामध्ये केंद्रकीय ऊर्जेच्या साहाय्याने उष्णता निर्माण करून त्या उष्णतेने पाण्याची वाफ निर्माण करून या वाफेने टर्बाइन कार्यान्वित करून विद्युतजनित्रे कार्यान्वित होतात. व विद्युत ऊर्जा निर्माण केली जाते. अणुकेंद्रात युरेनियम सारखे मूलद्रव्य वापरतात. उदा. उत्तर प्रदेशातील नरोडा (Narora) अणू ऊर्जा केंद्र.

आपल्या भारत देशात निर्माण केली जाणारी विद्युतशक्ती ही भिन्नदिक(A.C) विद्युतधारा आहे. ही 50Hz व 11000 व्होल्टस् यापेक्षा अधिक विभवांतराची असते. हा विद्युतदाब आणखी अधिक केला जाता. यासाठी आरोहित्र (Step-un-transformer) वापरून विद्युतकेंद्रापासून दूर अंतरावर वाहून नेली जाते. यासाठी जाड वाहकतारा वापरतात. परिणामी दूर अंतरावर विद्युतशक्तीचे स्थानांतरण घडताना अपव्यय कमी केला जातो.

1. **भिन्नदिक विद्युत प्रवाह (A.C):-** जी विद्युत धारा आपले परिणाम व दिशा ठराविक समान कालावधीनंतर बदलते. त्यास भिन्नदिक किंवा प्रत्यावर्ती विद्युत प्रवाह असे म्हणतात.
2. **सर्वसाधारणपणे भिन्नदिक विद्युतप्रवाह (A.C):-** ची निर्मिती ही विद्युत निर्मिती केंद्रात केली जाते. उदा. जलविद्युत केंद्र, औष्णिक विद्युत केंद्र, अणुविद्युत केंद्र शिवाय इतर ऊर्जा स्रोत उदा. पवनचक्की, सौर ऊर्जा, भूगर्भाची औष्णिक ऊर्जा इ. ही विद्युत शक्ती, आपल्या घरापर्यंत तसेच कारखान्यापर्यंत जास्त जाडीच्या वीजवाहक तारांच्या मार्फत पोहचविली जाते.



उदा. 16.5 :- 100 W, 250 V अशा विजेच्या दिव्यातील कुंडलेचे (Filament) विद्युतरोध मिळवा .

उत्तर : दिलेल्या किमती : शक्ती (P)=100W विभवांतर (V)=250V, रोध (R)=?

सूत्र :  $R =$  यात किंमती घालू .

=

त्या विद्युत बल्बमधील कुंडलाचा रोध = 625  $\Omega$

उदा. 16.6 : एका विद्युत हीटरची शक्ती 2kw असून त्यामधून 2 तास एवढ्या वेळेपर्यंत विद्युतधारा सुरू असेल तर निर्माण होणारी ऊर्जा काढा .

सूत्र : दिलेल्या किमती : शक्ती (P) =2kW काल (t)= 2 तास . उष्णता ऊर्जा (Q)=?

सूत्र:  $Q = Pt = 2 \text{ kw } 2 \text{ तास } = 4\text{kwh}$

आता 1kwh= $3.6 \times 10^6$  J यावरून

$Q = 4 \times 3.6 \times 10^6 = 14.4 \times 10^6 = \text{J}$  ऊर्जा

$\frac{250 \times 250^3}{100 \times 10^3} = 625 \text{ s}$  उदा. 16.7 : 1 लीटर पाण्यामध्ये 2kW शक्तीचा हीटर दांडा बुडविला असताना पाण्याचे तापमान 30 C पासून 60 C पर्यंत होण्यासाठी लागणारा वेळ काढा .

उत्तर : येथे 1 लीटर पाण्याचे वस्तुमान (m)=1 Kg होईल .

पाण्याची विशिष्ट उष्मा धारकता (c)= $4.18 \times 10^3 \text{ JKg}^{-1} \text{ c}^{-1}$

तापमानातील फरक ( $\theta$ )= 60 C- 30 C= 30<sup>0</sup> C

शक्ती (P)= 2kw वेळ (t)=?

सूत्र:  $Q=Pt$  तसेच  $Q=mcQ$   $mcQ =pt$  यामध्ये किंमती घालू .

$1\text{kg} \times 4.18 \times 10^3 \times 30 = 2000 \times t$  ( 2 kw = 2000 w)

$1 \times 4.18 \times 10^3 \times 30 = 2000 \times t$

t =

लागणारा वेळ t= 62.7 सेकंद = 1 मिनिटे 2.7 सेकंद

ऊर्जा



टिपा

उदा. 16.8 : एका मोटरची शक्ती 2 hp आहे. ही मोटर 10 तास चालू केली असता किती किलो वॅट अवर (kwh) ऊर्जा वापरली जाईल ?

उत्तर : दिलेल्या किंमती : शक्ती (P)= 2hp = 2 × 746 w

$$P = 1492w=1.492 \text{ kw}$$

सूत्रः  $Q = Pt$  यामध्ये किंमती घालू.

$$Q = 1.492 \times 10 = 14.92 \text{ kwh}$$

वापरलेली ऊर्जा = 14.92 kwh होईल.

उदा. 16.9 : एका विद्युत उपकरणाचा रोध 1000 ओहम आहे. याच्या दोन अग्रादरम्यान 250 व्होल्ट विभवांतराच विद्युतधारा जाताना 10 सेकंदात किती उष्णता ऊर्जा निर्माण होईल?

उत्तर : दिलेल्या किंमती. रोध (R)=1000 विभवांतर (V)=250 V. वेळ (t)=10s उष्णता ऊर्जा (Q)=? × 10<sup>3</sup>

$$\text{सूत्रः } Q = \frac{V^2 t}{R} = \frac{250 \times 250 \times 10}{1000} = 625 \text{ J}$$

Q= 625 ज्यूल ऊर्जा निर्माण होईल.

उदा. 16.10 : एका वाहकातून 96kc विद्युत प्रभार 1 तास प्रवाहित झाला. विद्युत विभवांतर 50V असेल तर निर्माण होणारी उष्णता ऊर्जा किती ते काढा.

उत्तरः दिलेल्या किंमती : विद्युत प्रभार (q)=96 kc q= 96000C विभवांतर (V)= 50 V. वेळ (t)=1 तास. ऊर्जा (W)=?

सूत्रः  $W=qv$  यात किंमती घालू.

$$W = 96000 \times 50 \text{ J}$$

$$W = 4800000 \text{ Joules}$$

उष्णता ऊर्जा (W)= 4.8 × 10<sup>6</sup> J.

उदा. 16.11 : एका विद्युत इस्रीचा रोध 25 आहे. त्यामधून 5A विद्युतधारा 1मिनिट सुरू केल्यास निर्माण होणारी उष्णता ऊर्जा काढा.

उत्तर : दिलेल्या किंमती रोध (R)=25 विद्युतधारा (i)=5A, वेळ (t)=1 मिनिट =60s. उष्णता ऊर्जा (H)=?

सूत्र :  $H=i^2 Rt$  यात किंमती घालू.

$$H = (5)^2 \times 25 \times 60 \text{ J}$$

$$H = 25 \times 1500 \text{ J} = 37500 \text{ J.}$$





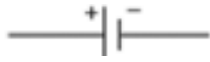
सरावासाठी प्रश्न 16.4

1. पुढीलपैकी कोणाचा विद्युतरोध अधिक आहे . 40 W 220 V बल्ब किंवा 1 KW विद्युत हीटर .
2. पुढीलपैकी विद्युत दिव्यातून जास्तीत जास्त किती विद्युत धारा प्रवाहित होईल ? 100 W, 220 V बल्ब .
3. एका घरात 60 W चा विजेचा दिवा रोज 4 तास सुरु ठेवला तर 30 दिवसात किती युनिट वीज वापरली जाईल ते काढा .
4. एक मोटर 0.25hp शक्तीची आहे . ही 1 तास चालू ठेवली तर किती ज्यूल विद्युत ऊर्जा वापरली जाईल ते काढा .
5. एका विद्युत हीटरमधून 220 V विभवांतराचा 5 A विद्युतधारा जात असेल तर त्या हीटरची विद्युतशक्ती किती ते काढा .
6. पुढीलपैकी कोणत्या विद्युत उपकरणाने अधिक विद्युत ऊर्जा वापरली जाईल- टी.व्ही.सेट, 250 W, 60 मिनिटे आणि टोस्टर - 1.2 kw,  $\frac{1}{6}$  तास . तुम्ही हे जाणता काय ?

टिपा



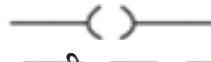
तुम्हाला माहिती आहे का ?



विद्युतघट



विद्युतघट संच



उघडी प्लग कळ



बंद प्लग कळ



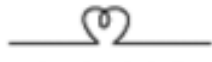
जोडलेल्या तारा



छेदणारया तारा



स्पर्श न करता ओलांडून जाणारया तारा



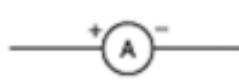
विजेचा दिवा



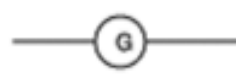
रोध



बदलणारा रोध



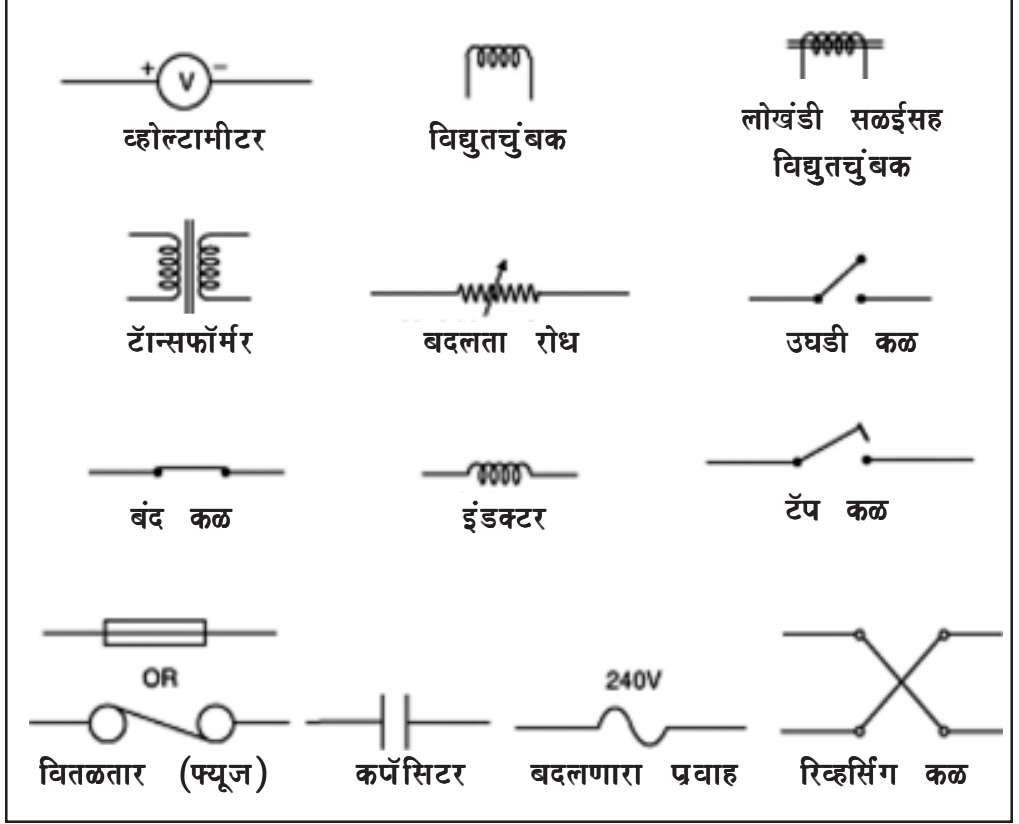
एँमीटर



गॅलव्हानोमीटर



टिपा



आपण काय शिकलो ?

- अणूमध्ये असणारे प्रोटॉन्स आणि इलेक्ट्रॉन्स यांच्यातील परस्पर आकर्षणामुळे ते अणूमध्ये बद्ध असतात .
- जेव्हा दोन भिन्न पदार्थ एकमेकांवर ठेवून घासले जातात, तेव्हा त्या पदार्थांमध्ये कागदाचे लहान तुकडे आकर्षण घेण्याचा वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्म आढळतो . यालाच आपण घर्षणजन्य विद्युत निर्माण होते किंवा पदार्थांवर निर्माण होणारा प्रभार घर्षणाने येतो असे म्हणतात .
- दोन प्रकारचे विद्युतप्रभार असतात . काचकांडी रेशमी कापडावर घासली असता काचकांडीवर धन प्रभार येतो, तर एबोनाइटचा दांडा लोकरी कापडावर घासला तर एबोनाइट दांड्यावर ऋण प्रभार येतो .
- सजातीय विद्युत प्रभारात प्रतिकर्षण असते तर विजातीय प्रभारात आकर्षण असते .
- दोन बिंदू प्रभारातील बल कुलोमच्या नियमानुसार पुढील सूत्राने मिळते .  $F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$
- जेव्हा दोन प्रभारित वाहक परस्परांजवळ आणले किंवा ते तारेने परस्परांना जोडले जातात तेव्हा प्रभाराच्या वहनाची दिशा ही ती वाहकांच्या विद्युतविभवानुसार ठरते .



- विद्युत क्षेत्राच्या विरुद्ध दिशेत विद्युत प्रभा जात असता कार्य घडून येते. हे कार्य त्यामध्ये स्थितीक ऊर्जेच्या स्वरूपात साठविले जाते. म्हणून विद्युत क्षेत्रात प्रभार आणला असता त्यामध्ये स्थितीक ऊर्जा निर्माण होते.
- एक कुलोम विद्युत प्रभारामुळे निर्माण होणा-या विद्युत स्थितीक ऊर्जेला विभव असे म्हणतात. धन प्रभार नेहमी जास्त विभवाकडून कमी विभवाकडे स्थानांतरित होतो. तर ऋण प्रभार कमी विभवाकडून जास्त विभवाकडे स्थानांतरित होतो.
- एखाद्या बिंदूजवळ असणारे विभव म्हणजेच, एकक धनप्रभार अनंत अंतरावरून त्या बिंदूजवळ आणला असता घडून येणारे कार्य होय.
- वाहकाच्या दोन बिंदूमधील विभवांतर म्हणजेच त्या वाहकाच्या एका बिंदूपासून दुस-या बिंदूपर्यंत एक एकक धन प्रभार नेत असताना घडून येणारे कार्य होय. किंवा -  
एक एकक धन प्रभार वाहकाच्या एका अग्रपासून दुस-या अग्रपर्यंत नेत असता घडून येणारे कार्य म्हणजेच त्या दोन बिंदूमधील (अग्रामधील) विभवांतर होय.
- वाहकाच्या कोणत्याही काटछेदातून एका सेकंदात जेवढा विद्युत प्रभार प्रवाहित होत असेल, त्यास वाहकातून जाणारी विद्युत धारा म्हणतात.
- जे साधन, धारा विद्युत निर्माण होण्यासाठी पदार्थाच्या दरम्यान विभवांतर कायम ठेवण्यास मदत करते. त्यास विद्युत घट असे म्हणतात. हे उपकरण रासायनिक ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेत रूपांतर करते.
- विद्युत परिपथाची आकृती काढल्यामुळे, त्या परिपथात विविध विद्युत घटक कशाप्रकारे जोडवीत. या संबंधीची कल्पना येते.
- ओहमचा नियम :- वाहकाची भौतिक अवस्था कायम राहत असेल तर, त्या वाहकातून जाणारी विद्युतधारा  $\vec{V} \propto \vec{I}$  या वाहकाच्या दोन टोकांमधील विभवांतराच्या (V) समानुपाती असते. म्हणजेच  $\frac{V}{I} = \text{स्थिरांक}$ .  
वाहकाची भौतिक अवस्था म्हणजे, वाहकाची लांबी, क्षेत्रफळ, तापमान व द्रव्य (material) होय.
- वाहकातून होणारे गतिमान इलेक्ट्रॉन त्यांच्या मार्गात येणा-या वाहकाच्या अणूंवर आदळतात. अशा प्रकारच्या आघातांमुळे इलेक्ट्रॉनच्या गतीला रोध होतो, यालाच वाहकाचा रोध असे म्हणतात. म्हणजेच  $\frac{V}{I} = R$   $V =$  विभवांतर (व्होल्ट)  
 $I =$  विद्युतधारा (अॅंपिअर)
- $R =$  रोध (ओहम). रोधाचे SI एकक ओहम आहे.
- विद्युत परिपथार रोधांची जोडणी दोन प्रकारे करता येते -  
(i) एकसर जोडणी (ii) समांतर जोडणी



- रोधांची एकसर जोडणीमुळे होणा-या परिणामी रोधांची किंमत त्या जोडणीतील सर्व रोधांच्या बेरजेएवढी असते .
- रोधांची समांतर जोडणीमध्ये परिणामी रोधांचे व्यस्तांक हे प्रत्येक रोधाच्या व्यस्तांकाच्या बेरजेइतके येते .
- वाहकातून विद्युतधारा सुरु केल्यास पुढीलप्रमाणे दोन परिणाम निदर्शनास येतात . (i) औष्णिक परिणाम (ii) चुंबकीय परिणाम
- विद्युतशक्तीचे औद्योगिक एकक किलोवॉट (kw) आणि अश्वशक्ती (hp) आहे .

$$1\text{kw}=10^3 \text{ Watts} \quad \text{आणि} \quad 1\text{hp}=10^3 \text{ Watts}$$



अंतिम प्रश्नसंग्रह

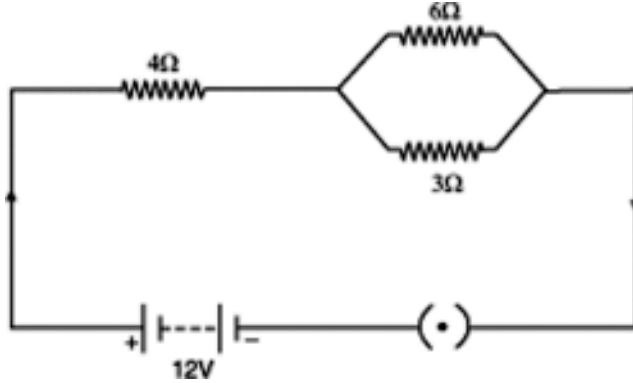
1. खालील प्रत्येक उपप्रश्नास प्रश्नांचे शेवटी प्रत्येकी चार पर्याय दिले आहेत .योग्य तो पर्याय निवडून लिहा .
  - (a) 'A' या वाहकावर Q इतका विद्युतप्रभार आहे .या वाहकाने 'B' या प्रभाररहित वाहकास स्पर्श केला आणि पुन्हा परस्परांपासून ते अलग केले तर 'A' वर असणा-या प्रभाराचे मूल्य .....
    - (i) Q
    - (ii) Q/2
    - (iii) शून्य
    - (iv) 2Q
  - (b)  $JC^{-1}$  हे एकक ..... आहे .
    - (i) विद्युतधारा
    - (ii) विद्युतप्रभार
    - (iii) विद्युतरोध
    - (iv) विभव
  - (c) पुढीलपैकी रोधक पदार्थ ..... आहे .
    - (i) अभ्रक
    - (ii) तांबे
    - (iii) टंगस्टन
    - (iv) लोखंड
  - (d) ज्या उपकरणाद्वारे रासायनिक ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेत रूपांतर होते त्यास..... म्हणतात .
    - (i) विद्युतपंखा
    - (ii) विद्युत जनित्र
    - (iii) विद्युतघट
    - (iv) विद्युतहीटर
  - (d) वाहकाचा रोध हा पुढीलपैकी .....या वावींवर अवलंबून नसतो .
    - (i) तापमान
    - (ii) लांबी
    - (iii) जाडी
    - (iv) आकार
  - (f) प्रत्येकी  $12 \Omega$  रोध असणारे चार वाहक आहेत . पुढीलपैकी कोणती किंमत ते रोध एकसर किंवा आणि समांतर जोडणीने जोडल्यास मिळू शकत नाही .



- (i)  $9 \Omega$       (ii)  $16 \Omega$       (iii)  $12 \Omega$       (iv)  $30 \Omega$

(g) आकृती १६.१२ मध्ये एक विद्युत परिपथ दाखविला आहे. तर पुढीलपैकी कोणते विधान /विधाने सत्य ठरतील.

(i)  $R_1$ ,  $R_2$  आणि  $R_3$  हे एकसर जोडणीत आहेत.



आ. 16.12

(ii)  $R_2$  आणि  $R_3$  हे एकसर जोडणीत आहेत.

(iii)  $R_2$  आणि  $R_3$  हे समांतर जोडणीतील आहेत.

(iv) विद्युतपरिपथातील परिणामी रोध  $[R_1 + (R_2 R_3 / R_2 + R_3)]$  एवढा आहे.

(h) सममूल्य रोध असणारे दोन रोध (Resistors) समांतर जोडणीने जोडले तर त्यांचा परिणामी रोध प्रत्येक रोधाच्या ..... असेल.

(i) अर्धा (निम्मा)      (ii) दुप्पट

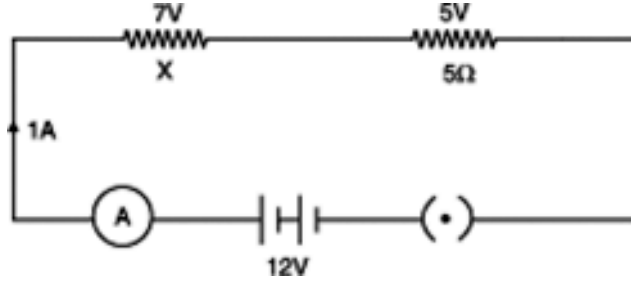
(iii) तेवढाच      (iv)

## 2. पुढील विधाने पूर्ण करा.

- (a) वाहकातून विद्युतधारा सुरु केली असता वाहकाचे तापमान .....
- (b) वाहकाच्या कोणत्याही काटछेदातून एका ..... जेवढा विद्युत ..... प्रवाहित होत असेल, त्यास वाहकातून जाणारी विद्युतधारा असे म्हणतात.
- (c) वाहकातून विद्युतप्रवाह सुरु केल्यास त्या वाहकाभोवती ..... क्षेत्र निर्माण होते.
- (d) एक ॲंपिअर म्हणजे एक ..... दर.....
- (e) विद्युतशक्तीचे एकक..... आहे.
- (f) एकाच धातूपासून समान जाडीच्या दोन वाहकतारा तयार केल्या तर जास्त लांबीच्या तारेचा रोध ..... असेलत.



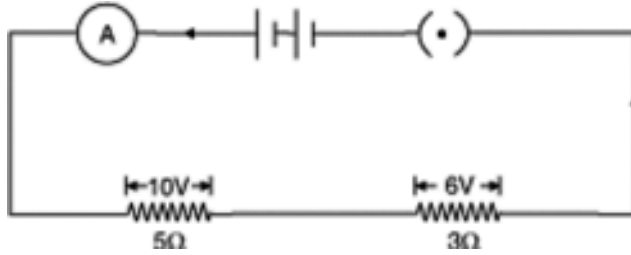
3. विद्युत प्रभार किती प्रकारचा असतो ?
4. अणूतील केंद्रकात अनेक प्रोटॉन्स असतात, आणि हे सर्व धनप्रभारित असतात. तरी सुद्धा ते स्थितिक विद्युत प्रतिकर्षणाने केंद्रकापासून अलग होत नाहीत. याचे कारण काय ?
५. प्रभार हा अविनाशी आहे, म्हणजे काय? ते सांगा.
6. एक बिंदू प्रभार  $+3.0 \text{ uc}$  प्रभारित आहे. हा बिंदूप्रभार दुस-या एका बिंदूप्रभारापासून 10 सेमी दूर केला,जर दुस-या बिंदूप्रभाराचा प्रभार  $-1.5 \text{ uc}$  असेल,तर प्रत्येक प्रभारावर निर्माण होणारे बलाचे परिणाम सांगून दिशा ठरवा.
7. पुढील एका कोणत्या राशीचे आहेत ते सांगा.  
(a)  $Vc$  (b)  $C 5^{-1}$
8. पुढील एका कोणत्या राशीचे आहेत ते एका शब्दांत सांगा.  
(i)  $Jc^{-1}$  (ii)  $5^{-1}$
9. एका संचय घटाच्या एका अग्रापासून दुस-या अग्रापर्यंत 20 c विद्युतप्रभार जाताना 250 J इतके कार्य घडत असेल तर त्या घटाच्या दोन्ही अग्रारदरम्यान असणारे विभवांतर किती ते काढा.
10. पुढील बाबी सांकेतिक चिन्हांने दाखवा.  
(a) विद्युतघट (b) संचय घट (c) रोध (विद्युत उपकरण) (d) व्होल्टमीटर
11. विद्युतधारा वहनाची सांकेतिक दिशा कोणती? वाहकातून विद्युतधारेची दिशा व विद्युतप्रभार वहनाची दिशा एकच आहे की भिन्न ? स्पष्टीकरण द्या.
12. अॅमीटर व व्होल्टमीटर यापैकी कोणते उपकरण विद्युत परिपथात एकसर पध्दतीने जोडतात ? व कोणते उपकरण समांतर पध्दतीने जोडतात ?
13. तुम्हास 3 आणि 6 रोध असणारे दोन वाहक दिले .तर दोन्हीपासून भिन्न रोध मिळविण्यासाठी जोडणी करून मिळणा-या रोधाचे मूल्य सांगा.
14. एका वाहकातून  $+100$  कुलोम चा बिंदूप्रभारद र 5 सेकंदास प्रवाहित होत असेल तर त्या विद्युतधाराचे मूल्य SI पध्दतीत किती होईल ते काढा.
15. वाहकातून विद्युतधारा सुरू असताना किती विद्युत ऊर्जा वापरली हे स्पष्ट करणारा प्रयोग लिहा.
16. आकृती 16.13 चे निरीक्षण करा. त्यावरून 'x' या रोधाची किंमत काढा.



आ . 16.13

17. सोवत दिलेल्या आकृतीत (आ . 16.14 पहा) दिलेल्या विद्युतपरिपथावरून पुढील किंमती मिळवा .

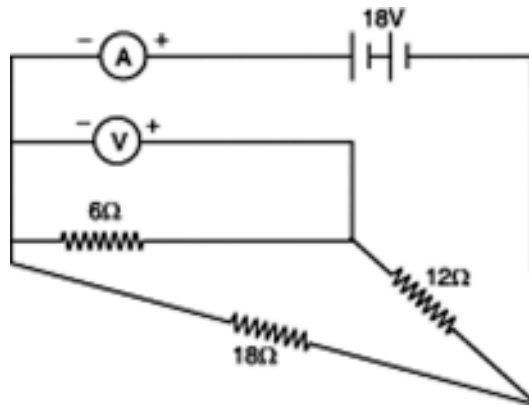
- (i) विद्युतपरिपथातील एकूण परिणामी रोध (i) अॅमीटरचे वाचन .
- (iii) 3 रोध असणा-या वाहकातून जाणा-या विद्युतधाराचे मूल्य मिळवा .



आ . 16.14

18. सोवत दिलेल्या आकृतीत (आ . 16.15) एक विद्युतपरिपथ दाखविला आहे . त्यावरून पुढील किंमती काढा .

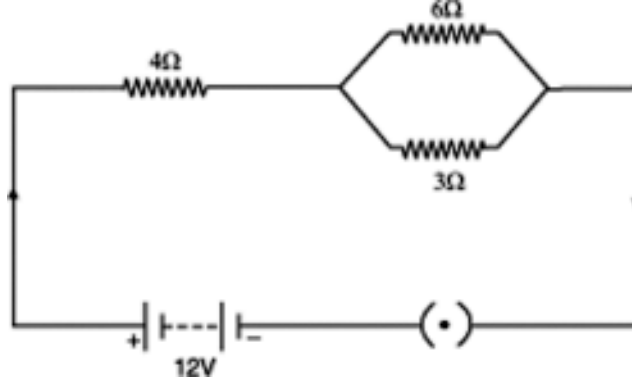
- (i) 12 रोधाच्या वाहकातून वाहणारी विद्युतधारा किती?
- (ii) .6 आणि 18 रोध असणा-या वाहकाच्या दोन बिंदूदरम्यान असणारे विद्युतविभवांतर किती ?



आ . 16.15



19. तुम्हास 1 ओहम, 2 ओहम आणि 3 ओहम रोध असणारे तीन वाहक दिले आहेत. तर पुढीलप्रमाणे परिणामी रोध मिळविण्यासाठी कराव्या लागणा-या जोडणीची विद्युत-परिपथाची आकृती काढा. (a) (b) 6 (c) 1.5
20. एका वाहकाचा रोध 8 असून हा x रोध असणा-या वाहकाशी समांतर पध्दतीने जोडला असता परिणामी रोध 4.8 ओहम मिळतो. तर x रोधाचे मूल्य काढा.
21. सोबत दिलेल्या आकृतीत (आ. 16.16 पहा) दिलेल्या विद्युत परिपथावरून पुढील किंमती काढा.
- (i) विद्युतपरिपथातील एकूण परिणामी रोध.
- (ii) विद्युतपरिपथातून प्रवाहित होणारी एकूण विद्युतधारा.
- (iii) 4 रोध असणा-या वाहकाच्या दोन विंदूमधील (अग्रामधील) असणारे विभवांतर



आ. 16.16

22. प्रत्येकी 32 रोध असणारे वाहक समांतर पध्दतीने जोडले असता परिपथातून 5 ॲंपिअर विद्युतप्रवाह जाईल. विभवांतर 220 v असेल तर किती रोध जोडावे लागतील ते काढा.



आपण काय शिकलो ?

16.1 :

1. (i) विद्युतप्रभारचे एकक कुलोम हे आहे.

कुलोमची व्याख्या पुढीलप्रमाणे :- "समान मूल्य असणारे दोन सजातिय विंदूप्रभार निर्वातात परस्परांपासून 1 मीटर अंतरावर ठेवले असता, त्या प्रभारातील प्रतिकर्षण बल  $9 \times 10^9$  असेल, तर प्रभाराचे मूल्य 1 कुलोम आहे असे मानले जाते."

- (ii) विद्युत विभवांतराचे एकक व्होल्ट आहे.





व्होल्टची व्याख्या पुढीलप्रमाणे :- "एक कूलोम विद्युत प्रभाराचे एका विंदूपासून दुस-या विंदूपर्यंत विस्थापन होण्यासाठी 1 ज्यूल एवढे कार्य घडून येत असेल तर त्या दोन विंदूमधील विभवांतर 1 व्होल्ट आहे असे मानतात."

$$2. \quad N = \frac{Q}{|e|} = \frac{10 \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{13} \text{ इलेक्ट्रॉन}$$

$$3. \quad F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow F = k \frac{2q_1 \times 2q_2}{(r/2)^2} = 8F$$

$$4. \quad F' = 1/4 F$$

5. (i)

$$(ii) \quad U = \frac{KQq}{r} \Rightarrow Q = \frac{Ur}{Kq} = \frac{10 \times 0.5}{9 \times 10^9 \times 10^{-6}} = \frac{5}{9} \times 10^{-3} \text{ C}$$

6. इलेक्ट्रॉनचा प्रवाह हा B या गोल वाहकापासून A या गोलाकार वाहकापर्यंत प्रवाहित होईल. तसेच हा प्रवाह दोन्ही गोलांचे विद्युत विभव समान होईपर्यंतच चालू राहील.

### 16.2 : (स्वयंमूल्यमापन उत्तरे)

1.

$$V = \frac{U}{q} = \frac{10}{10^{-6}} = 10^7 \text{ V}$$

(i) विद्युत धाराचे एकक ॲंपिअर आहे. त्याची व्याख्या- वाहकाच्या कोणत्याही काटछेदातून एका सेकंदात एक कूलोम विद्युतप्रभार प्रवाहित होत असेल तर वाहकातून जाणारी विद्युतधारा 1 ॲंपिअर आहे असे म्हणतात."

(ii) विद्युत रोधाचे एकक ओहम आहे. त्याची व्याख्या - "वाहकाच्या दोन टोकांमध्ये 1 व्होल्ट विभवांतर प्रयुक्त केले असता, वाहकातून 1 ॲंपिअर विद्युतधारा जात असेल तर त्या वाहकाचा रोध 1 ओहम असतो."

2. (i) ॲमीटर (ii) व्होल्टमीटर

3. वाहकामध्ये मुक्त इलेक्ट्रॉन्स असतात,परंतु रोधकांमध्ये मुक्त इलेक्ट्रॉन्स नसतात.

4. म्हणजेच 1 व्होल्ट = 1 ओहम x 1 ॲंपिअर

5.

(i) जेव्हा बल्बच्या जोडणीतील एखादा बल्ब निकामी (fuse) झाला असता पूर्ण विद्युत परिपथ खंडित होत असेल तर बल्बची जोडणी एकसर पध्दतीने केलेली आहे असे जाणावे.

(ii) जेव्हा बल्बच्या जोडणीतील एखादा बल्ब निकामी (fuse) झाला तरी इतर बल्ब कार्यान्वित राहात असतील तर बल्बची जोडणी समांतर पध्दतीने केलेली आहे असे जाणावे.



6. (i) वाहकाच्या रोधावर परिणाम होत नाही.  
(ii) वाहकातून जाणारी विद्युतधारा दुप्पट होईल.
7. 1 A म्हणजेच 1 ॲंपिअर
8. (i) सर्व तिन्ही रोध हे एकसर पध्दतीने जोडले आहेत.  
(ii) 2 Ω रोध व 6 Ω रोध असणारे वाहक समांतर पध्दतीने जोडले आहेत आणि 3 Ω रोध असणारा वाहक हा 2 Ω व 6 Ω रोधांच्या जोडणीची एकसर पध्दतीने जोडला आहे.  
(iii) 3 Ω व 6 Ω चे दोन रोध समांतर पध्दतीने जोडले असून असणारे 2 Ω रोध हा 3 Ω व 6 Ω रोधांच्या जोडणीशी एकसर पध्दतीने जोडला आहे.
9. समांतर जोडणीतील विद्युतपरिपथामध्ये जोडलेले प्रत्येक विद्युत उपकरण हे स्वतंत्रपणे कार्यान्वित होते. आणि त्यांच्या क्षमतेनुसार त्याच्यातून विद्युतप्रवाह वातो. तसेच अशा विद्युतपरिपथातील एकूण परिणामी रोध कमी होतो. जर एखादे विद्युत उपकरण (घटक) विघडले (किंवा बंद पडले) तरी इतर विद्युत उपकरणातून विद्युतधारा प्रवाहित होतेच- म्हणजेच इतर विद्युत उपकरणे योग्य प्रकारे कार्यान्वित होतात.

### 16.3 : (स्वयंमूल्यमापन उत्तरे):-

1.  $\frac{Q}{t} = \frac{V^2}{R}$  या सूत्रानुसार रोध वाढविल्यास विद्युतशक्ती कमी होईल. म्हणून 1 Ω रोधामध्ये 1 S वेळेत अधिक उष्णता प्रवाहित होईल.
2. (i) निर्माण होणारी उष्मा ऊर्जा चार पट होईल.  
(ii) निर्माण होणारी उष्मा ऊर्जा चार पट होईल.  
(iii) निर्माण होणारी उष्मा ऊर्जा दुप्पट होईल.
3.  $Q=i^2 Rt = 1 \times 10 \times 30 = 300J$
4.  $P = \frac{V^2}{R}$ . एकसर जोडणीत वापरलेली ऊर्जा  $=i^2 Rt$  आणि समांतर जोडणीत वापरलेली ऊर्जा  $= \left(\frac{V^2}{R}\right) t$   
(i) कमी वॅटचा बल्ब (उच्च रोध) कमी प्रकाश देतो, तर  
(ii) उच्च वॅटचा बल्ब (कमी रोध) अधिक प्रकाश देतो.
5. 1 kwh=  $3.6 \times 10^6 J$
6. (i) विद्युत हीटर (ii) विद्युत किटली.



16.4 : (स्वयंमूल्यमापन उत्तरे):-

1.  $R = \frac{V^2}{P}$ , 40 W दिव्याचा रोध अधिक असेल.
2.  $i = \frac{P}{V}$ ,  $\therefore i = \frac{100W}{220V} = \frac{5}{11}$  A
3.  $Q = Pt = 60 \text{ W} \times 4 \text{ h} \times 30 = 7200 \text{ Wh} = 7.2 \text{ kWh}$
4.  $Q = Pt = \frac{746}{4} \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 671400 \text{ J}$
5.  $P = VI = 220 \text{ V} \times 5 \text{ A} = 1100 \text{ W}$
6. टी.व्ही.ने वापरलेली ऊर्जा =  $0.25 \text{ W} \times 1 \text{ h} = 0.25 \text{ kWh}$   
टोस्टर ने वापरलेली ऊर्जा =  $1.2 \text{ W} \times \frac{1}{6} \text{ h} = 0.2 \text{ kWh}$



## विद्युत धाराचा चुंबकीय परिणाम

आजच्या या उद्योग समृद्ध जगतामध्ये विद्युत ऊर्जेला महत्त्वाचे स्थान आहे. हे आधीच्या प्रकरणात आपण अभ्यासले आहेच. विद्युत ऊर्जेशिवाय जग ही कल्पनाच अस्वस्थ करणारी आहे. आपण ज्या ऑफिसमध्ये काम करतो, तसेच आपल्या घरीसुद्धा प्रत्येक गोष्ट ही विजेवरच अवलंबून आहे. विविध विद्युत साधने जसे- विद्युत बल्ब, विजेचा पंगडा, टी.व्ही.सेट (दूरदर्शन), रेडिओ, फ्रीज, वॉशिंग मशीन अशी सर्व साधने विद्युत ऊर्जा वापरूनच कार्यान्वित करता येतात.

वाहक तारेतून किंवा कुंडलातून (Coil) विद्युत धारा सुरू केल्यास त्या वाहकाभोवती चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते. विद्युत घंटा ही याच तत्वावर कार्य करते. या उलट एखादा वाहक हा सतत बदलत्या चुंबकीय क्षेत्राच्या सान्निध्यात ठेवला तर त्या वाहकामध्ये प्रवर्तनाने धारा विद्युत निर्माण होते. अशा रितीने धारा विद्युत व चुंबकत्व हे एकमेकांशी कसे पूरक आहेत याची प्रचिती येते. विद्युत केंद्रात निर्माण होणारी वीज उच्च दावाने अतिशक्तीवाहक तारामधून ट्रान्सफॉर्मर (अवरोहित) वापरून आपल्या घरी आणली जाते. या प्रकरणात आपण विजेचा सुरक्षितपणे वापर करण्यासंबंधी अधिक माहिती घेणार आहोत. याच बरोबर चुंबकत्वाशी संबंधित काही मूलभूत संकल्पना स्पष्ट करून सोप्या कृतीद्वारे अभ्यासणार आहोत.



उद्देश :

या प्रकरणाचा अभ्यास केल्यानंतर खालील मुद्द्यांचे तुम्हाला आकलन होईल.

- चुंबक ओळखून त्यांचे गुणधर्म स्पष्ट करणे.
- चुंबकीय क्षेत्र म्हणजे काय? आणि चुंबकीय बलरेषांचे गुणधर्म सांगता येणे.
- वाहकामधून विद्युतधारा सुरू केल्यास त्या वाहकाभोवती चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते, हे दाखविणे.
- विद्युत चुंबकाविषयी स्पष्टीकरण करून, विद्युत घंटाचे कार्य जाणणे.
- चुंबकीय क्षेत्राजवळ वाहक ठेवून त्यामधून विद्युतधारा सुरू केल्यास निर्माण होणारे बल स्पष्टीकरण करणे.

## विद्युत धाराचा चुंबकीय परिणाम

- विद्युत चुंबकीय प्रवर्तन म्हणजे काय, ते स्पष्ट करून दैनंदिन जीवनात त्याचे महत्त्व जाणणे .
- एकदिक प्रवाह (DC) आणि भिन्नदिक प्रवाह (AC) याविषयी स्पष्टीकरण करून त्यावर आधारित उपकरणांची नावे सांगणे .
- कारखान्यात तसेच घरगुती विद्युत ऊर्जा वापरण्यातील संभाव्य धोके जाणून तिचा वापर करताना सुरक्षिततेचे उपाय जाणून घेणे .

### 17.1 चुंबक आणि त्याचे गुणधर्म

प्राचीन काळापासून मानवास चुंबकाविषयी आकर्षण होतेच पण त्याच्या उपयोगाविषयी भिती वाटली होती . चुंबक शोधाविषयीचा इतिहास पाहिला असता चुंबकाचा शोध प्रथम ग्रीकमध्ये, प्राचीन कालातील ग्रीक संस्कृतीचा उदय झाला त्या कालखंडात लागला गेला . त्यांना खडकात सापडलेला चुंबक खनिज रूपातील असून त्यामध्ये लोखंड, निकेल, शिसे इ . पदार्थ आकर्षिले जातात . हा गुणधर्म दिसून आला . यावरून त्याला चुंबक असे नाव दिले . खडकात मिळालेला चुंबक ओवडधोवड आकाराचा असल्याने त्याला प्रथम 'लोडस्टोन' असेही नाव दिले .



आ . 17.1 कोडस्टोन

हा नैसर्गिक चुंबक आयर्न ऑक्साईड ( $Fe_3 O_4$ ) असून त्यामध्ये असणारी आकर्षण शक्ती फारच कमी असल्याने प्रत्यक्ष व्यवहारात त्याचा उपयोग केला जात नव्हता . नंतरच्या काळात म्हणजेच आधुनिक काळात लोखंड, निकेल, शिसे यांचा उपयोग करून कृत्रिमरीतीने शक्तीशाली चुंबक तयार करून त्यांचा प्रत्यक्ष व्यवहारात उपयोग केला जाऊ लागला . अशा कृत्रिम रीतीने तयार केलेल्या चुंबकास कायमच चुंबक (Permanent magnet) असेही म्हणतात . चुंबक ही एक अशी वस्तू आहे ही जी स्वतःभोवती चुंबकीय क्षेत्र निर्माण करते, या क्षेत्र लोखंड, निकेलसारखे पदार्थ (वस्तू) आल्यास त्यांना आकर्षून घेते .

असे शक्तीशाली चुंबक विविध आकाराचे बनविले जातात व त्यांच्याभोवती सातत्याने चुंबकीय क्षेत्र तयार होत असते . सर्वसामान्य जे 'कायम चुंबक' व्यवहारात वापरले जातात ते पुढीलप्रमाणे

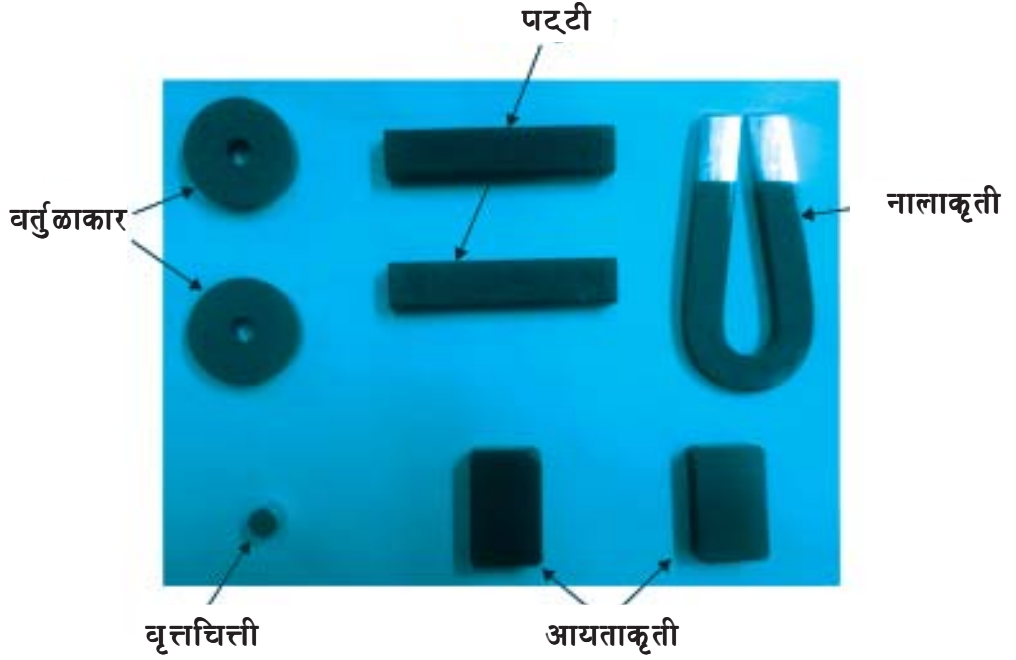
- |  |   |
|--|---|
| (a) पट्टी चुंबक (Bar magnet)             | (b) नालाकृती चुंबक (Horse Shoe magnet)  |
| (c) वृत्तचिती चुंबक (Cylindrical magnet) | (d) वर्तुळाकृती चुंबक (Circular magnet) |
| (e) आयताकृती चुंबक (Rectangular magnet)  |   |

## विभाग ४

### उर्जा



टिपा



आकृती 17.2 विविध आकाराचे चुंबक

वरील आ. 17.2 मध्ये दाखविलेले चुंबक कधी पाहिले आहेत काय ? हे विविध आकाराचे चुंबक विविध उपकरणात वापरले जातात. जसे- टेप रेकॉर्डर, रेडिओ, मोटर, डोअर बेल (Door bell), हेड फोन इ. अशा प्रकारच्या चुंबकाचा उपयोग विविध कारणासाठी, उदा. घट्ट पकड किंवा अलग करण्यासाठी, नियंत्रक, लिफ्ट (elevate -lift), विद्युत ऊर्जेचे यांत्रिक ऊर्जेत रूपांतर करताना मोटर, लाऊड स्पिकर अशा उपकरणात त्याचप्रमाणे यांत्रिक ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेत रूपांतर -जनरेटर, मायक्रोफोन सारख्या उपकरणात चुंबक उपयोगी.

नैसर्गिक चुंबकास जरी त्याच्या मध्यावर दो-याने बांधून मुक्तपणे फिरले असा टांगून ठेवला तर तो नेहमी दक्षिण-उत्तर दिशेतच स्थिर राहतो. अशा स्थिर चुंबकास थोडा धक्का देऊन सोडला तर पुन्हा थोड्याच वेळात तो दक्षिण-उत्तर दिशेतच स्थिर राहतो. चुंबकाचे जे टोक दक्षिण दिशेत स्थिर होते त्यास चुंबकाचा 'दक्षिण-ध्रुव' असे म्हणतात. तर जे टोक उत्तर दिशेत स्थिर होते, त्या वाजूकडील चुंबकाच्या टोकास 'उत्तर ध्रुव' असे म्हणतात. हे चुंबकावर 'N' आणि 'S' अक्षरांनी दर्शविले जाते.



कृती 17.1

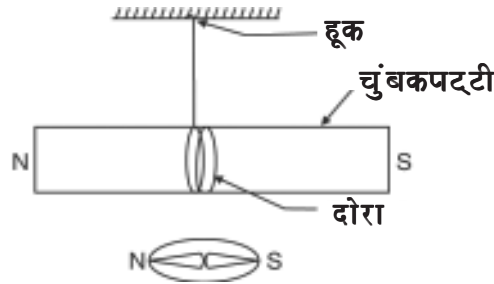
**चुंबकाचे सामान्य गुणधर्म अभ्यासणे -**

साहित्य काय घ्याल?

1. चुंबकसूची, दोन पट्टी चुंबक, लोखंड कीस (Iron filling), (Calpin) इ. पुढील पाय-या करा -

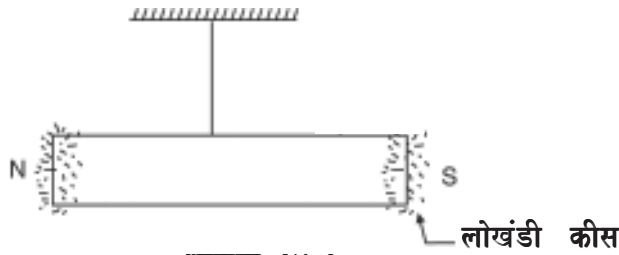


1. एक चुंबकपट्टी घ्या . तिच्या मध्यावर दोरा बांधा व ती स्टॅंडच्या हूकला (hook) अडकवून ठेवा . ती चुंबकपट्टी नेहमी एकाच स्थितीत स्थिर राहते . चुंबकसूचीच्या साहाय्याने दिशांची माहिती करून घेतल्यास आपणास असे निदर्शनास येते की, ती चुंबकपट्टी दक्षिण-उत्तर दिशेतच स्थिर राहते .



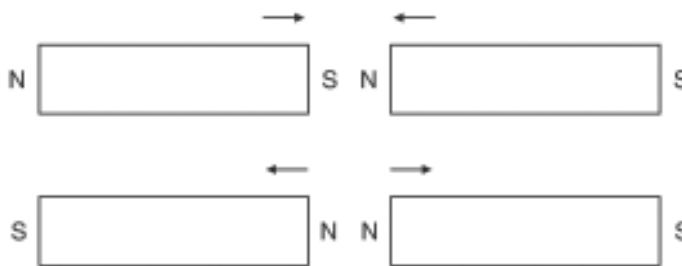
आकृती 17.3 चुंबकसूची

2. एका चुंबकपट्टीजवळ थोडा लोखंडी कीस आणा . तो चुंबक पट्टीस चिकटतो असे दिसून येते . अशा रीतीने चुंबक हा लोखंडास आकर्षितो . चुंबकपट्टीस चिकटलेला लोखंडी नीट पहा . आपणास असे दिसून येते की चुंबकपट्टीच्या दोन्ही टोकाजवळ लोखंडी कीस जास्त प्रमाणात चिकटलेला असून चुंबकपट्टीच्या मध्याजवळ तो अत्यल्प स्वरूपाचा (म्हणजेच नसल्याप्रमाणेच) आढळतो .



आकृती 17.5

3. आता एक चुंबकपट्टी घेऊन तिचे एक टोक मुक्तपणे टांगलेल्या चुंबकाच्या एका टोकाजवळ आणा . तेव्हा एकतर त्यांच्यामध्ये आकर्षण आढळेल किंवा प्रतिकर्षण होत असल्याचे आढळून येईल . विजातिय ध्रुवामध्ये आकर्षण होईल तर सजातिय ध्रुवामध्ये प्रतिकर्षण होत असल्याचे आढळून येते . (N-N किंवा S-S दरम्यान प्रतिकर्षण आढळते आणि N-S किंवा S-N यांच्यामध्ये आकर्षण होते असे दिसून येते .)

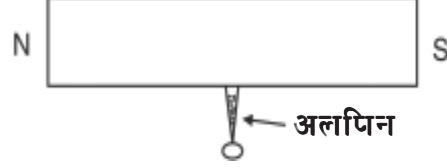


आकृती 17.3 (iii)



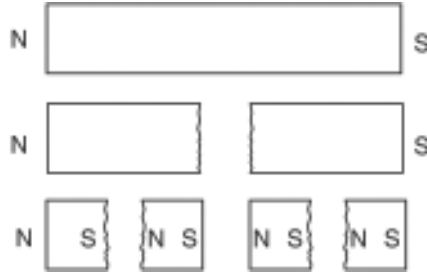
टिपा

- ४ . एक लोखंडी (Alpin) घेऊन थोडा वेळपर्यंत ते चुंबक पट्टीच्या सान्निध्यात ठेवा . थोड्या वेळाने आपण त्याचे परिक्षण केल्यास त्यामध्ये चुंबकत्व आल्याचे आढळते . त्या (alpin) ला मुद्दस लोखंडी किंसाचे कण चिकटतात असे निदर्शनास येते .



आकृती 17.3 (iv)

- 5 . एक चुंबकपट्टी घेवून त्याचे प्रथम मध्यापासून दोन तुकडे करा . पुन्हा त्या अर्धभागाचे प्रत्येकी दोन-दोन तुकडे करा . (एकूण चार तुकडे) आपणास तो प्रत्येक तुकडा हा स्वतंत्र चुंबक निष्कर्ष काढता येतो की, चुंबकाचे ध्रुव, चुंबकापासून अलग करता येत नाहीत .



आकृती 17.3 (v)

17.1.1. : चुंबकाचे गुणधर्म -

वरील कृती 17.1 वरून आपणास चुंबकाचे गुणधर्म पुढीलप्रमाणे सांगता येतील-

1. चुंबक स्वतःकडे लोखंडास आकर्षितो .
2. मुक्तपणे हवेत टांगलेला चुंबक नेहमी दक्षिण-उत्तर दिशेतच स्थिर राहतो .
3. चुंबकाच्या सजातिय ध्रुवांमध्ये प्रतिकर्षण असते, तर विजातिय ध्रुवांमध्ये आकर्षण असते .
4. जर शक्तीशाली चुंबकाच्या सान्निध्यात लोखंडाचे तुकडे ठेवले तर त्या लोखंडी तुकड्यांमध्ये मुद्दसा चुंबकत्व येते .
5. चुंबकाचे ध्रुव चुंबकापासून अलग करता येत नाहीत .



१७.२ : चुंबकीय क्षेत्र : (Magnetic field) :

उर्जा

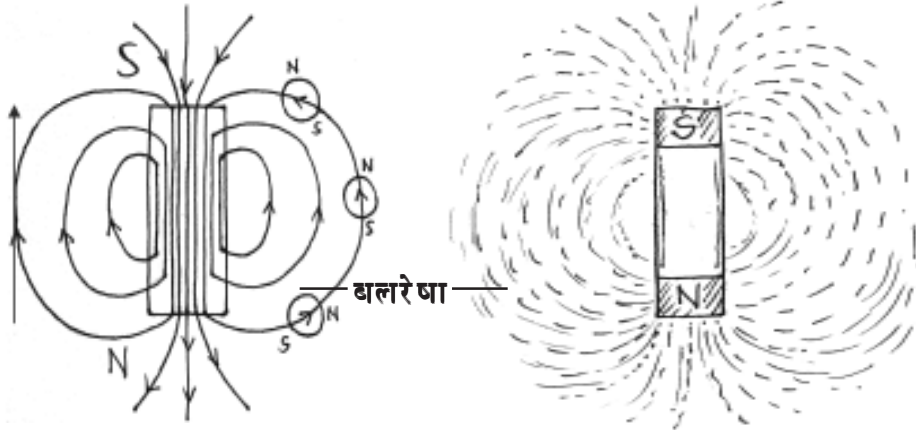


टिपा

एका चुंबकपट्टीजवळ एक लहान चुंबकसूची ठेवा. ती चुंबकसूची फिरते आणि विशिष्ट दिशेत स्थिर राहते. यावरून असे निदर्शनास येते की त्या चुंबकसूचीवर दुसरे चुंबकीय बल क्रिया करित असल्याने ती (चुंबकसूची) फिरते व विशिष्ट दिशेत स्थिर होते. या बलास (Torque) असे म्हणतात.

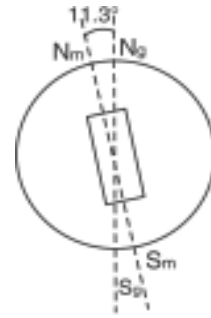
चुंबकपट्टीभोवती जे क्षेत्र निर्माण होते की या क्षेत्रात चुंबकसूची येताच तिच्यावर विशिष्ट बल क्रिया करते म्हणून चुंबकसूची या क्षेत्राजवळ येताच फिरते व विशिष्ट स्थितीत स्थिर राहते. या क्षेत्राला चुंबकीय क्षेत्र असे म्हणतात. आणि या क्षेत्राची दिशा चुंबकीय बलरेषा होय. आ. 17.4 (i) पहा. चुंबकसूचीची दिशा सतत बदलत राहून वक्राकार मार्गाने उत्तर ध्रुवापासून सुरू होऊन दक्षिण ध्रुवाजवळ पूर्ण होते. अशा वक्राकार मार्गास चुंबकीय बलरेषा असे म्हणतात. या चुंबकीय बलरेषा वरील विंदूतून काढलेली लंबरेषा ही चुंबकीय बलाची दिशा दर्शविते. या बलरेषांचे गुणधर्म खालीलप्रमाणे -

1. चुंबकीय बलरेषांची सुरुवात नेहमीच उत्तर ध्रुवापासून होऊन शेवट दक्षिण ध्रुवाजवळ होतो.
2. कोणत्याही दोन बलरेषा एकमेकास कधीच छेदत नाहीत.
3. या बलरेषांचा निकटपणा चुंबकीय क्षेत्रांचे सापेक्ष सामर्थ्य दर्शवितो. जर बलरेषा खूपच जवळ असतील तर चुंबकक्षेत्र प्रबल असते.



आ. 17.4 (i)

आपली पृथ्वी सुद्धा एका महाचुंबकाप्रमाणे गुणधर्म दाखवते. तिचा दक्षिण ध्रुव हा आर्क्टिकच्या (जवळपास) असून उत्तर ध्रुव हा अंटार्क्टिक जवळ आहे. पृथ्वीसुद्धा चुंबकपट्टीचे गुणधर्म दर्शवितो. पृथ्वीच्या केंद्राजवळ उच्च तापमान आहे. हा द्रव सतत हालता राहतो. यामुळे त्याठिकाणी द्रव असून त्यामध्ये लोखंडाचे प्रमाण अधिक असावे, याचा परिणाम म्हणून विद्युत धारा निर्माण होते तसेच पृथ्वीभोवती चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते. पृथ्वीला उत्तर आणि दक्षिण ध्रुव आहेत. हे ध्रुव पृथ्वीच्या गोलाच्या भूमितीय उत्तर-दक्षिण ध्रुवाजवळ नसून ते नकाशात



आ. 17.4 (ii) पृथ्वी - एक महाचुंबक



11.3 □ कोनातून तिरपे आहेत . या कारणामुळे चुंबकसूची मुक्तपणे फिरेल अशी टांगली असता ती उपयोग दिशादर्शक होतो .



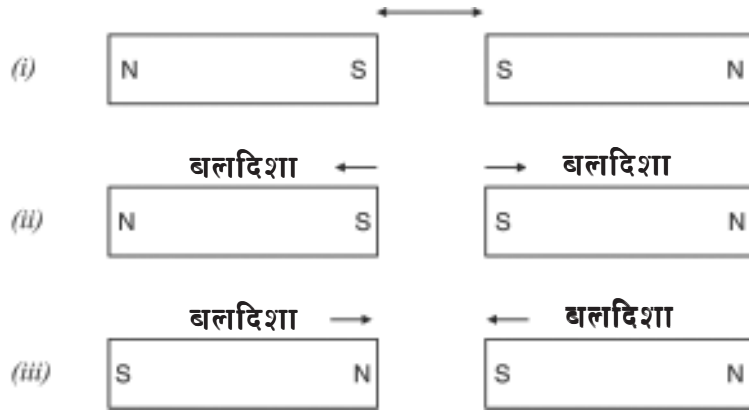
**कृती 17.2**

**चुंबकाचे चुंबकीय क्षेत्र अभ्यासणे :**

यासाठी पुढीलप्रमाणे कृती करा -

1. दोन चुंबकपट्ट्या घ्या . टेबलाच्या पृष्ठभागावर ते चुंबक एकमेकांपासून 10 सेमी अंतरावर एकाच रेषेत येतील अशा रितीने ठेवा .
2. त्या चुंबकपट्ट्यांचे सजातीय ध्रुव समोरासमोर आणून ते एकमेकांजवळ हळूहळू आणा . तुम्हास काय अनुभव येतो .
3. ते ध्रुव एकमेकांना प्रतिकर्षित करतात . असा अनुभव येईल .
4. आता त्याच चुंबकपट्ट्यांचे विजातीय समोरासमोर येतील असे ठेवा . आणि वरीलप्रमाणेच ते ध्रुव (टोके) हळूहळू एकमेकांजवळ आणा . यावेळी ते ध्रुव एकदम परस्परांना आकर्षित होतात असे निदर्शनास येईल . या कृतीवरून आपणास पुढीलप्रमाणे निष्कर्ष काढता येतात .-

चुंबकाभोवती एक विशिष्ट क्षेत्र निर्माण होते, या क्षेत्रात दुसरा चुंबक आणला तर त्या देन्ही चुंबकाच्या दरम्यान चुंबकीय बल निर्माण होते . यालाच चुंबकीय क्षेत्र म्हणतात . सजातीय ध्रुवात प्रतिकर्षण तर विजातीय ध्रुवात आकर्षण होते . हा महत्त्वाचा गुणधर्म मिळतो .



आ. 17.5



**सरावासाठी प्रश्न 17.1**

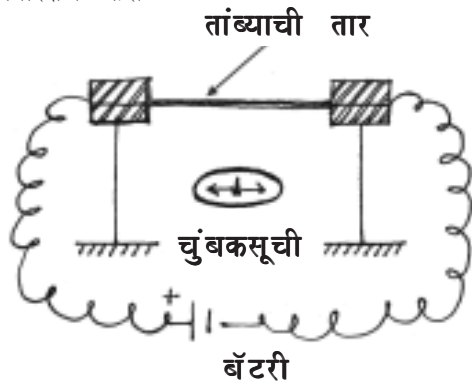
1. चुंबक म्हणजे काय ? चुंबकाचे गुणधर्म लिहा .



2. एका चुंबकाचे दोन तुकडे केले तर त्यांच्यातील चुंबकाच्या गुणधर्मात काय घडून येते?
3. टेलीफोनच्या कोणत्या भागात चुंबकाचा उपयोग केलेला असतो, त्या भागाचे नाव सांगा.
4. दोरीने मध्यावर बांधून टांगून ठेवलेला चुंबक, नेहमी कोणत्या दिशेत स्थिर राहतो?  
(i) पूर्व-पश्चिम (ii) पश्चिम-दक्षिण (iii) उत्तर -दक्षिण (iv) उत्तर -पूर्व
5. अंतराळात चुंबकीय क्षेत्राचे अस्तित्व आहे काय ?
6. चुंबकसूचीचे उत्तर ध्रुव हे पृथ्वीच्या कोणत्या ध्रुवाकडे असते ?  
(i) उत्तर ध्रुव (ii) दक्षिण ध्रुव (iii) केंद्र (iv) वरीलपैकी कोणतेही नाही.
7. चुंबकीय ध्रुव म्हणजे काय ?

**17.3 : वाहकतारेतून विद्युतधारा सुरु केल्यास ,त्या वाहकाभोवती निर्माण होणारे चुंबकीय क्षेत्रः**

वाहकतारेतून विद्युतधारा सुरु केल्यास त्या वाहकाभोवती चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते . हे पाहण्यासाठी पुढीलप्रमाणे कृती करा- यासाठी आवश्यक साहित्य -डवीतील चुंबकसूची, निर्द्रव विद्युत घट (Dry cell), वाहक तार (तांब्याची) दोन लाकडी स्टॅंड इ. डवीतील एक चुंबकसूची घेऊन ती टेबलाच्या पृष्ठभागावर ठेवा . ती दक्षिणोत्तर दिशेत स्थिर राहते . दोन लाकडी स्टॅंडच्या साहाय्याने तांब्याची जाडसर तार अशा रीतीने ताणून डवीतील चुंबकसूचीच्या या जाड तारेची टोके विद्युत घटस स्पर्श करा . (म्हणजेच वाहक तारेतून विद्युत धारा सुरु करा .) त्याचवेळी चुंबकसूचीचे निरीक्षण करा . नंतर अग्रांची अदलाबदल करून वाहकातून विद्युत घटाद्वारे विद्युतधारा सुरु करा . पुन्हा चुंबकसूचीचे निरीक्षण करा .



एच. सी. ओरस्टेड

आकृती 17.6 (a) आणि (b)

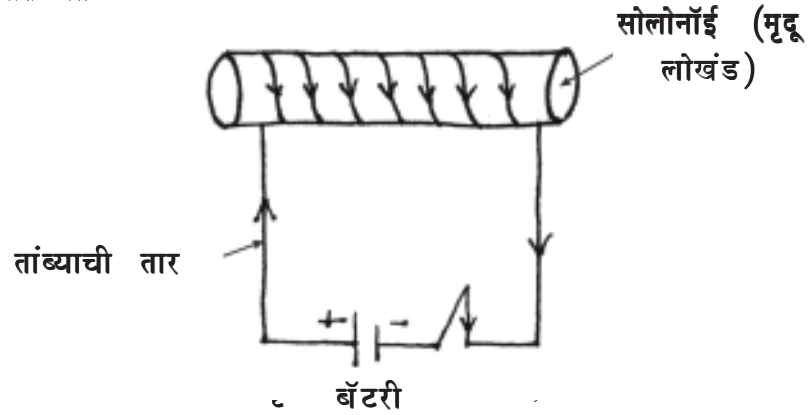
तांब्याच्या जाड तारेतून जोपर्यंत विद्युतधारा प्रवाहित होते तोपर्यंतच चुंबकसूचीचे विचलन घडते असे दिसून येते . टसेच तारेतून वाहणा-या विद्युतधारेची दिशा बदलल्यास चुंबकसूचीचे विचलनाची दिशा सुद्धा बदलली जाते असेही दिसून येते . हा परिणाम प्रथम डेन्मार्क देशातील एच.सी.ओरस्टेड (H.C. Oersted) या शास्त्रज्ञाने 1820 मध्ये दाखविला . यावरून या परिणामास ओरस्टेडचा परिणाम



असेही म्हणतात. विद्युतधाराचा चुंबकीय परिणाम हे तत्व वापरून अनेक विद्युतउपकरणे तयार केली आहेत. जसे -विद्युत मोटर.

### 17.4 : विद्युत चुंबक

मृदू लोखंडाच्या दंडगोलाभोवती रोधकवेष्टित तारेचे वेढे दिल्यास विद्युत चुंबक तयार होते. यासाठी एक आयताकृती जाड कागद घेऊन त्यास दंडगोलाच आकार द्या. यावर त्याच्या एका टोकापासून दुस-या टोकापर्यंत रोधक आवरणाची तांब्याची तार गुंडाळून त्यातून विद्युतधारा जाऊ दिल्यास ते तात्पुरते चुंबक बनते. याचे एक टोक उत्तर ध्रुव व दुसरे टोक दक्षिण ध्रुव बनते. अशा दंडगोलाकार वेढेढ्यास (Solenoid) असे म्हणतात. या वेढेढ्यातून जाणारी विद्युत धारा खंडित करताच विद्युत घटाची अग्रे बदलून विद्युतधारा सुरु केली असता त्या वेढेढ्यातील चुंबकत्वाचे ध्रुवसुध्दा बदलतात असे निदर्शनास येते.



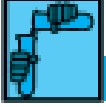
विद्युतक्षेत्राची तीव्रता वाढविण्यासाठी दंडगोलाच्या आतील भागात नरमी लोखंडी वस्तू खिळे ठेवले असता त्यामध्ये कायमचे चुंबकत्व येते. तसेच शक्तीशाली चुंबक सुध्दा अशाच प्रकारे निर्माण करता येतात. विद्युत चुंबक अनेक विद्युत उपकरणात वापरतात, जसे-विद्युत मोटर, विद्युत जनित्र (Generator विद्युत घंटा, MRI मशीन इ. याखेरीज शक्तीशाली विद्युत चुंबकाचा उपयोग अतिवेगात जाणारी रेल्वे, सायक्लोट्रॉन (Cyclotron), CERN सारखी महान यंत्रे (जिनिव्हा प्रयोगशाळेतील यंत्र) यामध्ये अति शक्तीशाली विद्युत चुंबक वापरले गेले आहे.

#### 17.4.1 : चुंबकपदटी व विद्युत चुंबक यातील फरक :-

चुंबकपदटी	विद्युत चुंबक
(i) हा कायम स्वरूपाचा चुंबक असून त्यातील चुंबकत्व स्थिर स्वरूपाचे असते.	(i) हा तात्पुरता चुंबक असून यातील चुंबकत्व, जोपर्यंत विद्युतधारा वाहते तोपर्यंतच अशते. विद्युतधारा खंडित केल्यास त्यामधील चुंबकत्व जाते.
(ii) याची चुंबकीय शक्ती वाढविता येत नाही किंवा कमी करता येते.	(ii) याची चुंबकीय शक्ती बदलता येते. विद्युतधारा जितक्या अधिक प्रमाणात जाईल तेवढे अधिक शक्तीशाली चुंबकत्व येते.



(iii) कमकुवत स्वरूपाचा चुंबक आहे.	(iii) हा शक्तीशाली चुंबक आहे
(iv) अशा चुंबकाच्या धुवातील अदलाबदल सहजासहजी करता येत नाही.	(iv) या चुंबकातील धुवांची अदलाबदल ही विद्युतधारेची दिशा बदल करून सहजरीतीने करता येते.



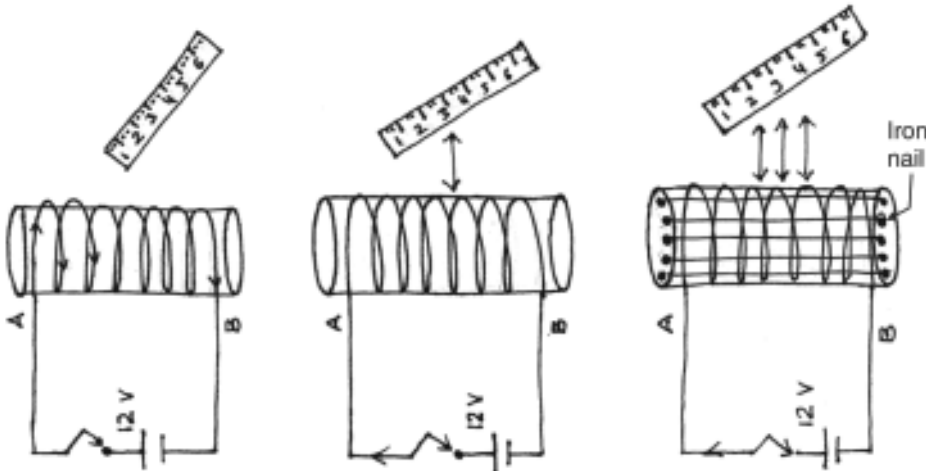
कृती 17.3

विद्युतचुंबक तयार करणे :-

यासाठी आवश्यक साहित्य - एक जाड ड्रॉईंग पेपर, तांब्याची तार 9V विद्युत घट किंवा (बॅटरी एलिमिनेटर - eliminator) कळ, (Switch), लोखंडी मापन पट्टी.

आता पुढीलप्रमाणे पाय-या करा.-

1. ड्रॉईंग पेपरपासून सुमारे 15 सेमी लांब व 1 सेमी व्यासाक्षी दंडगोलाकार नळी तयार करा.
2. या कागदी नळीवर साधारणपणे 100 ते 150 तांब्याच्या तारेचे वेढे घाला. कागदी नळीचा आतील भाग हा रिकामा आहे हे काळजीपूर्वक पहा.



आकृती 17.8 (a) विद्युत चुंबक तयार करणे





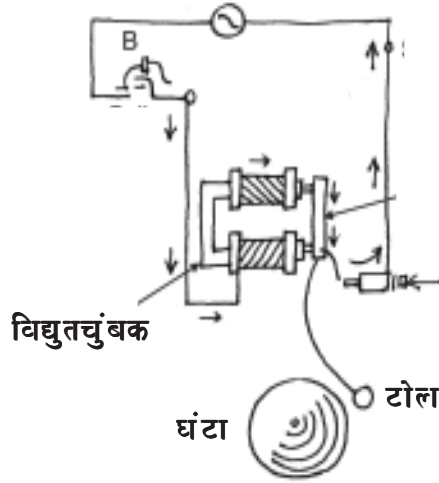
आकृती 17.8 (b)

3. वाहक तारेची टोके कळ वापरून विद्युत घटास जोडा .
4. नळीजवळ लोखंडी मापनपट्टी आणा व काही अनुभव मिळतो ते जाणून घ्या .
5. तुम्हास असे दिसून येते की, त्या लोखंडी मापनपट्टीवर कोणतेही बल क्रिया करित नाही .
6. आता कळ सुरु करा म्हणजे त्या वाहकातून विद्युतधारा सुरु होईल .
7. वाहकातून विद्युतधारा सुरु करताच लोखंडी मापनपट्टी नळीकडे ओढली जाते . यावरून त्या नळीमध्ये चुंबकत्व असल्याचे निश्चित होते . त्या नळीमध्ये प्राप्त होणारे चुंबकत्व हे सोलेनॉइडमुळे येते .
8. आता त्या पोकळ नळीत थोडा लोखंडी कीस भरा . यावेळी आपणास ती लोखंडी पट्टी त्या दंडगोलाकृती नळीकडे जास्त बलाने ओढली जाते . असे दिसून येईल . याचा अर्थ विद्युत चुंबक आता आधीच्या पेक्षा जास्त शक्तीशाली बनतो . पोकळ नळीत लोखंडी चुरा घातल्याने ते एका रेषेत येऊन चुंबकीय बल अधिक होते . त्याचबरोबर चुंबकीय क्षेत्रसुध्दा प्रबल होते .
9. त्या वाहकातून जाणारा विद्युतप्रवाह खंडित करताच ती पोकळ नळीसुध्दा चुंबकीय गुणधर्म विरहीत होते असे दिसून येते .

#### 17.4.2 : विद्युत घंट (Electric Bell) :

विद्युत घंटेचे कार्य कसे बरे चालते . असा प्रश्न कधी तरी तुमच्या मनात आला असेलच . यामध्ये विद्युतचुंबकाचा वापर केलेला असतो . विद्युत घंटेत नालाकृती (ii) विद्युत चुंबक वापरले जाते . विद्युत चुंबकाच्या तारेची दोन टोके विद्युत घट किंवा विद्युत पुरवठा करणा-या मंडलात जोडलेली असतात . या टोकांमध्ये एक दाब बटण आणि जोड तोड रचना असते . बटन दाबल्यामुळे वॅटरीपासून निघालेला विद्युतप्रवाह विद्युतचुंबकाच्या वेटोळयातून जातो . यामुळे मुख्य भागात चुंबकत्व येते . तो चुंबक नरम लोखंडाच्या पट्टीला आकर्षून घेतो व टोल घंटेवर आदळतो आणि मोठा आवाज होतो .

पट्टी चुंबकाकडे आकर्षिली गेल्यावर विद्युत परिपथ खंडित होतो . विद्युत चुंबकातले चुंबकत्व जाते . नरम लोखंडाची पट्टी मागे खेचली जाते . अशा प्रकारे ही क्रिया पुन्हा पुन्हा घडून येते . बटन बंद नाही केले तरी टोल थोड्या थोड्या वेळाने घंटेवर आपटतो .

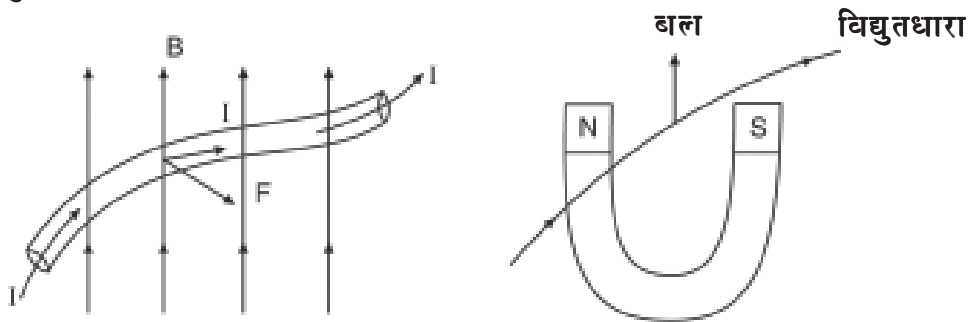


आकृती 17.9 विद्युतघंटा

**17.5 :** वाहकातून विद्युतधारा वाहत असताना तो वाहक चुंबक क्षेत्रात ठेवल्यास त्यावर प्रयुक्त होणा-या बलाचा अभ्यास करणे

वाहकातून विद्युतधारा वाहत असेल तर त्या वाहकाभोवती चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते हे आपण मागील भागात अभ्यासले आहे. या चुंबकीय क्षेत्राची दिशा ही वाहकातून जाणा-या विद्युत धारेच्या दिशेवर अवलंबून असते. त्याचप्रमाणे वाहक चुंबकक्षेत्रात त्या वाहकावर बल प्रयुक्त करते.

यासाठी खालील प्रयोगाने पडताळता येईल. एक नालाकृती (Horse-shoe) चुंबक घ्या. या चुंबकाच्या दोन ध्रुवांच्या दरम्यान एक तांब्याची तार टांगल्या स्थितीत अशी ठेवा की त्या तारेची लांबी ही त्या चुंबकाच्या दोन्ही ध्रुवांच्या चुंबकक्षेत्राशी लंब राहिल. आता वाहकातून विद्युत धारा सुरु करताच ती तांब्याची तार वरच्या बाजूस ताठर बनते. या निरीक्षणावरून आपण असा निष्कर्ष काढू शकतो की, त्या वाहक तारेवर बल क्रिया करित आहे. आता चुंबकाचे ध्रुवाचे जागेत अदलाबदल होईल असा चुंबक ठेवा. त्याच वेळी तांब्याच्या तारेचे (वाहकतारेचे) निरीक्षण करा. यावेळी तांब्याची तार खालच्या बाजूने ताठर होताना दिसून येते. तसेच विद्युतधारेचे प्रमाण वाढविले तर बलाची तीव्रता वाढते असे दिसून येते. हा परिणाम प्रथम मायकेल फॅरडे या शास्त्रज्ञाने दर्शविला. विद्युत मोटरमध्ये याच तत्वाचा उपयोग केला आहे.



आकृती 17.10 (a) आणि (b)

उर्जा

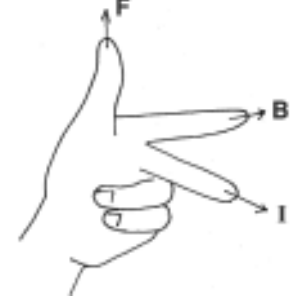


टिपा

चुंबक क्षेत्रात वाहक तारेवर प्रयुक्त होणा-या बलाची दिशा आपणास पुढील नियम वापरून मिळविता येते .

**फ्लेमिंगचा डाव्या हाताचा नियम :-**

जर डाव्या हाताचा अंगठा अंगठयाजवळचे वोट व मधले वोट ताणून लंबरूप स्थितीत धरले . असे की ,अंगठयाजवळचे वोट चुंबकक्षेत्राच्या दिशेने मधले वोट प्रवाहाच्या दिशेने तर अंगठा बलाची दिशा दर्शविले यालाच फ्लेमिंगचा डाव्या हाताचा नियम असे म्हणतात . हा नियम या शास्त्रज्ञाने 1.9 व्या शतकाच्या अखेरीस दर्शविला .याच्या साहाय्याने आता आपण विद्युत मोटर तसेच जनरेटर यांच्यातील बलाची दिशा सहजरित्या जाणू शकतो .



**सरावासाठी प्रश्न 17.2**

1. विद्युतवाहक तारेभोवती निर्माण होणारे चुंबकीय क्षेत्र लोखंडी कणांच्या (किसांच्या) पुढील मांडणीवरून दाखविता येते-
  - (i) विद्युत धारा सुरु करताच लोखंडी कणांची मांडणी वर्तुळाकार स्वरूपाची होते .
  - (ii) विद्युतधारा सुरु करताच लोखंडी कण कार्डावरून दूर फेकले जातात .
  - (iii) ते काहीच सिध्द करू शकत नाही,कारण ही एक जादूची युक्ती आहे .
  - (iv) वरीलपैकी एकही नाही .
2. पुढीलपैकी कोणता गुणधर्म विद्युत चुंबकाशी संबंधित नाही .
  - (i) तो एक कायमचा चुंबक आहे .
  - (ii) ती एक जादूची ताकद असून ती कमी किंवा अधिक करता येत नाही .
  - (iii) विद्युतधारा वहनाची दिशा बदलून त्याचे ध्रुवात अदलाबदल करता येते .
  - (iv) ते शक्तीशाली चुंबकीय बल निर्माण करते .
3. विद्युत मोटरमध्ये चुंबकीय बलाची दिशा माहित करण्यासाठी कोणता नियम वापरतात ?
  - (i) फ्लेमिंगचा उजव्या हाताचा नियम
  - (ii) फ्लेमिंगचा डाव्या हाताचा नियम
  - (iii) उजव्या तळहाताचा नियम
  - (iv) डाव्या तळहाताचा नियम





4. दंडगोलाकृती वाहकतारेच्या कुंडलाच्या (coil) पोकळीत लोखंडी तुकडे ठेवले तर याभोवतीचे चुंबकीय क्षेत्र प्रबल होत .कारण -
  - (i) लोखंडी कणांची मांडणी एकरेपीय होते यामुळे चुंबकीय क्षेत्रात वाढ होते .
  - (ii) लोखंड चुंबकीय क्षेत्रातील पदार्थ आकर्षितात .
  - (iii) पोकळीतील लोखंड प्रत्यक्षात चुंबकीय क्षेत्र कमी करते व खंडित करते .
5. विद्युतचुंबक शक्तीशाली बनवण्यासाठी कोणकोणते घटक कारणीभूत ठरतात ते सांगा .
6. विद्युतचुंबक निर्माण करण्यासाठी सोलेनॉईड (Solenoid) कशाप्रकारे उपयोगी ठरते?

### 17.6 : विद्युत चुंबकीय प्रवर्तन :

प्रस्तुत प्रकरणातील मागील भागात, आपण सोलेनॉईड (Solenoid) मधून विद्युतधारा सुरू केल्यास त्याभोवती चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते हे पाहिले आहे . अगदी याच्या उलट क्रिया केल्यास काय घडेल ? असा विचार तुमच्या मनात आला असेलच . म्हणजेच चुंबकत्वाचे रूपांतर विद्युत धारामध्ये करता येईल काय ? सुप्रसिद्ध शास्त्रज्ञ मायकेल फॅरडे यांना असेच वाटले की जर विद्युतधारेमुळे चुंबकीय क्षेत्र निर्माण करता येत असेल तर बदलत्या चुंबकक्षेत्राने विद्युतधारा निर्माण झालीच पाहिजे . यासाठी त्यांनी अनेक वर्षे प्रयोग इ.स. 1831 मध्ये अशा प्रयोगात विद्युतधारा निर्माण करण्यात यश मिळविले .

बदलत्या चुंबकीय क्षेत्रामुळे वाहकाच्या कडयामध्ये विद्युतधारा निर्माण होणा-या घटनेस विद्युत चुंबकीय प्रवर्तन असे म्हणतात . या तत्वावर आधारित विद्युत जनित्र (Generator), रोहित्र (Transformer) यासारख्या उपकरणांची निर्मिती केली जाते .



कृती 17.4

**हेतू :** बदलत्या चुंबकक्षेत्राने वाहकाच्या कड्यात विद्युत धारा निर्माण करणे :-

यासाठी लागणारे साहित्य :-

शक्तीशाली चुंबक, विद्युत रोधक, नळीवर रोधकवेष्टीत तारेची घट्ट वेटोळी दिलेली कडे, गॅल्व्हानोमीटर इ .

**कृती-** कडे आडवे करा . त्याची मोकळी टोके गॅल्व्हानोमीटरला जोडा . कडयापासून काही अंतरावर चुंबकपट्टी धरा . (हे चुंबक कडयाशी समांतर धरा)

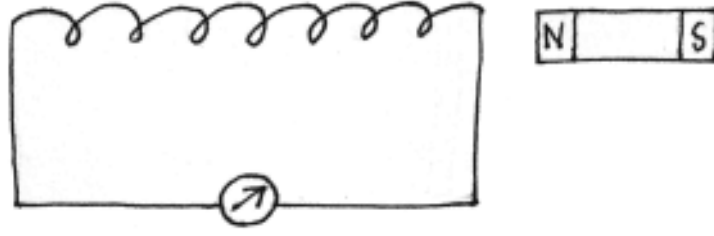
चुंबक कडयाच्या दिशेने हलवा नंतर तोच चुंबक कडयाच्या विरुद्ध दिशेने हलवा (म्हणजेच प्रथम कडयाजवळ आणा व नंतर कडयापासून दूर न्या .) ही क्रिया जलद गतीने करा . (आ . 17.12

(a) पहा) ही क्रिया कित्येक वेळपर्यंत करा .

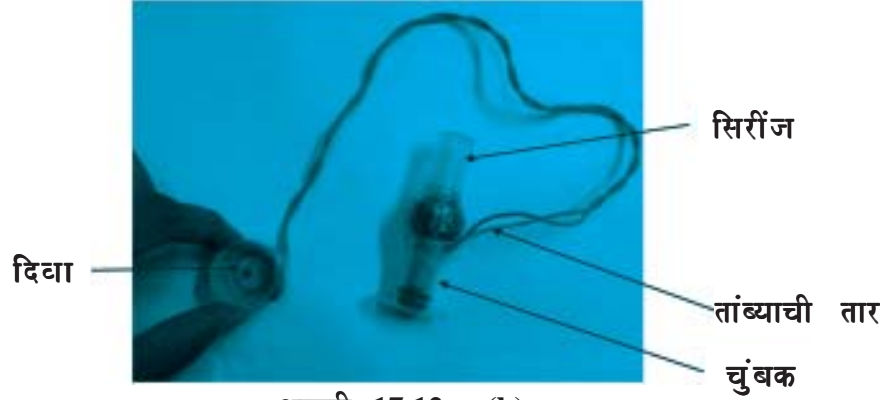
उर्जा



टिपा



आकृती 17.12 (a)



आकृती 17.12 (b)

पुढील निरीक्षणे अनुभवास येतात -कड्याशी सापेक्ष चुंबक पुढे मागे हलविल्यास गॅल्व्हानोमीटर मधील चुंबकसूचीचे विचलन होत. चुंबक कड्याकडे जाताना गॅल्व्हानोमीटर मधील चुंबक सूचीचे एका बाजूला विचलन होते तर चुंबक दूर नेला असता विरुद्ध दिशेने विचलन होते. चुंबक जेवढा वेगात हललेल तेवढे विचलन अधिक होते असे दिसून येते. वरील प्रयोगावरून पुढीलप्रमाणे अनुमान काढता येते- जेव्हा कड्याच्या संगत चुंबकक्षेत्रात बदल होतो तेव्हा कड्यात विद्युतधारा निर्माण होते. जितक्या जलदगतीने चुंबकक्षेत्र बदलेल त्याप्रमाणात विद्युत धारेचे मूल्य वाढते. वरील तत्व चांगल्या प्रकारे समजून घेण्यासाठी पुढील प्रमाणे साधा प्रयोग करू या. -

एक डिस्पोजेबल सिरीज (disposable Syringe) घ्या. (एकदाच वापरावी अशी डॉक्टर इंजेक्शन देताना वापरावी जाणारी पिचकारी) नंतर कमी जाडीच्या रोधकवेष्टन असलेल्या तांब्याच्या तारेने सिरीजच्या मध्यावर सुमारे 150 वेढे घाला. या तारेची दोन्ही टोके (LED light Emitting Diode] बल्बला जोडा. तो LED बल्ब एका लहान प्लॅस्टिक वाटलीच्या तोंडाजवळ घट्ट बसवा. }आ.17.12 (b) पहा] आता त्या सिरीजमध्ये हलता राहिल असा एक दंडगोलाकृती चुंबक ठेवा. नंतर ती सिरीज हातात घेऊन आतिल चुंबक सतत हलता ठेवा. यामुळे चुंबकीय क्षेत्रसुध्दा सतत बदलले जाऊन LED बल्ब प्रकाशित होतो हे दिसून येईल.

### 17.7 विद्युत जनित्र : (Electric Generator):

विद्युत जनित्रामध्ये यांत्रिक ऊर्जेचे रूपांतर विद्युत ऊर्जेत होते. विद्युत चुंबकीय प्रवर्तन या तत्वावर विद्युत जनित्र हे उपकरण आधारलेले आहे.



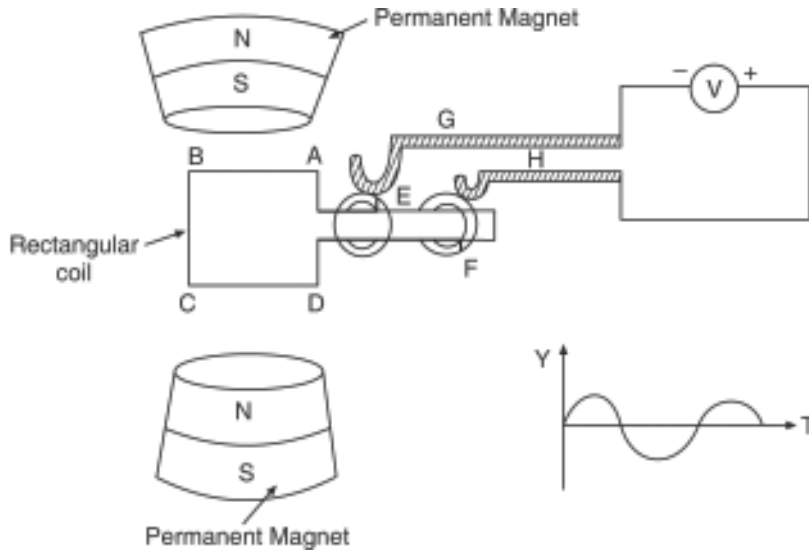
1. **भिन्नदिक प्रवाह जनित्र (A.C. Generator) :** या जनित्रातून पुरवली जाणारी विद्युतधारा बदलती असून विशिष्ट स्थिर कालावधीत दिशा बदलणारी असते.
2. **एकदिक प्रवाह जनित्र : (D.C. Generator) :** हे विद्युत जनित्र स्थिर व एकदिक विद्युतप्रवाह निर्माण करते.

### 17.7.1 : भिन्नदिक जनित्राची रचना व कार्य -

भिन्नदिक जनित्राचे कार्य हे विद्युत चुंबकीय प्रवर्तन या तत्वावर चालते. वाहक तारेच्या वेढ्याचे कडे चुंबकीय क्षेत्रात वेगाने फिरवून किंवा वेढ्यांचे कडे स्थिर ठेवून त्याभोवती चुंबकीय क्षेत्र गतिमान केले असताना भिन्नदिक विभवांतर म्हणजेच भिन्नदिक विद्युतधारा निर्माण करता येते. अशा प्रकारे निर्माण होणा-या विद्युतभारेची तीव्रता खालील मुद्दयांवर अवलंबून असते.

- कड्यावर असणारी वेढ्यांची संख्या
- चुंबकीय क्षेत्राची तीव्रता
- कडे (coil) फिरण्याची गती किंवा चुंबकीय क्षेत्राची गती.

भिन्नदिक जनित्राची रचना आ. 17.13 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे असते. यामध्ये N-S हा शक्तीशाली चुंबक आहे. (नालकृती) ABCD हे आयताकृती कडे असून ते रोधकवेष्टीत तांब्याच्या तारेचे रोधक तारेच्या चौकटीवर जास्त संख्येने वेढे दिलेले असतात. फिरणा-या आसाभोवती फिरणारी रचना केलेली असते. ती चुंबकाच्या चुंबकक्षेत्रात फिरते. E, F या दोन सरकती गोल धातूची कडी फिरणा-या आसावर बसवलेली असतात. ती एकमेकापासून अलग असतात. तसेच आसापासून पण अलग असतात. स्पर्शपट्टया G आणि H या धातूच्या (किंवा कार्बनच्या) असतात. त्यापैकी एक E ला आणि दुसरी F ला जोडलेली असते.



आ. 17.13 भिन्नदिक जनित्र (रचना)

उर्जा

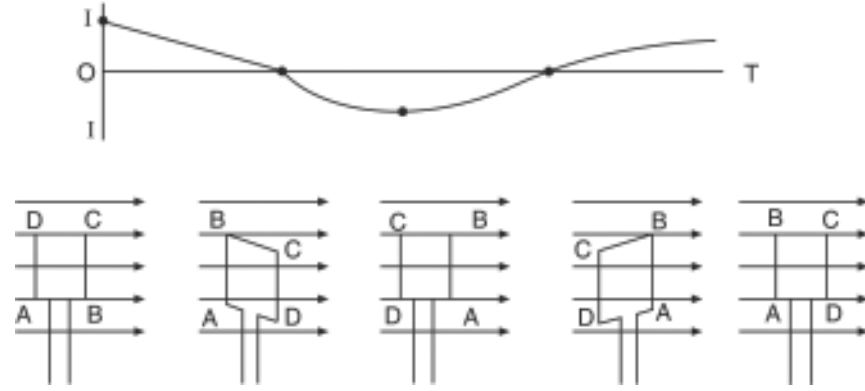


टिपा

### भिन्नदिक जनित्राचे कार्य-

भिन्नदिक जनित्राचे कार्य समजण्यासाठी सुरुवातीला आयताकृती कडे चुंबकीय रेषांना समांतर ठेवून प्रतिघटिक (Anticlockwise) दिशेने फिरण्यास सुरुवात करेल असे मानू.

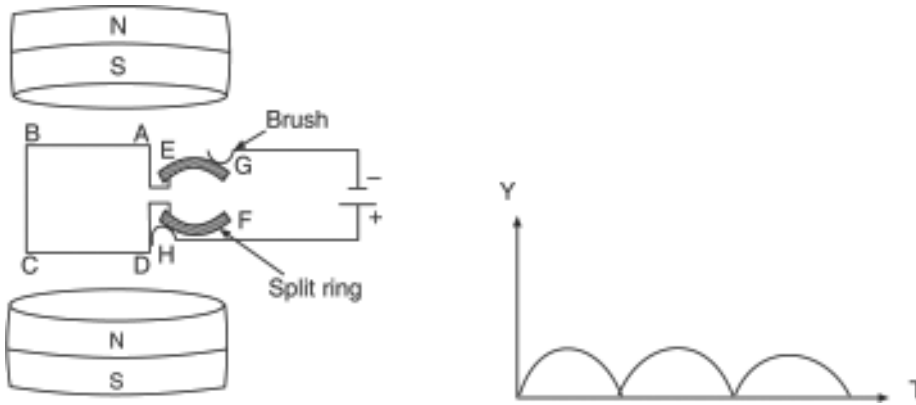
ABCD या पृष्ठभागाच्या बाजूने चुंबकक्षेत्र कड्यात प्रवेश करेल आणि त्याची किंमत शून्यापेक्षा काही सांत (infinite) संख्येइतकी होईल ते कडे चुंबकक्षेत्राला लंबरूप होईपर्यंत वाढेल. कड्याच्या संगत चुंबकक्षेत्र बदलण्याचा दर सुरुवातीस जास्त असतो आणि नंतर सलग तो कमी होत जातो. म्हणून कड्यात प्रवर्तित विद्युतधारा  $t=0$  असताना सर्वात जास्त असते. वेळ वाढत जाईल तशी कमी होते. जेव्हा कडे चुंबकीय बलरेषा (magnetic lines of force) कापण्याचा दर शून्य होतो आणि कड्यातील विद्युतधारा शून्य होते. जर कडे तसेच पुढे फिरवले तर कड्याच्या ज्या बाजूने चुंबकक्षेत्र प्रथम प्रवेश करते ती बाजू बदलत जाते. त्यामुळे चुंबकक्षेत्राची दिशा बदलते. त्याचबरोबर विद्युतधारेची दिशा बदलते. आता ABCD पृष्ठभागाकडून चुंबकक्षेत्र प्रवेश करते आणि ते वाढत जाते. जेव्हा कडे चुंबकक्षेत्राला समांतर होते तेव्हा प्रवाह शून्य होतो, पण बलरेषा (विकर्ष रेषा) कापण्याचा दर सर्वाधिक होतो व प्रवाहपण सर्वाधिक होतो. कडे जसजसे पुढे पुढे फिरेल तसे पृष्ठभाग DCBA संगत कापल्या जाणा-या बलरेषांच्या संख्यांचा दर चुंबकक्षेत्राच्या बदलाच्या कमी दराने वाढत जातात. त्यामुळे कड्यातील विद्युतधारा कमी होईल व शेवटी कडे चुंबकक्षेत्राशी लंबरूप झाल्यावर विद्युतधारा शून्य होईल. नंतर उत्तर ध्रुवाकडे जाणारा पृष्ठभाग विरुद्ध होईल. प्रवाह मूळच्या दिशेने वाहण्यास सुरुवात होईल. कमाल किंमत येईल तेव्हा कडे सुरुवातीच्या स्थितीत येईल. (आ. 17.14 पहा) या आकृतीत कड्याच्या महत्त्वाच्या स्थिती व त्यावेळी असलेला विद्युतप्रवाह दाखविला आहे.



आकृती 17.14 भिन्नदिक जनित्र (कार्य)

### 17.7.2 एकदिक जनित्र (D.C. Generator):

या जनित्राचे कार्यसुध्दा भिन्नदिक जनित्राप्रमाणेच असते. यांच्या रचनेत फक्त एकच बदल असतो. यामध्ये E आणि F असे दोन अर्धवर्तुळाकृती कडी असतात. ती समोरासमोर असतात. जोपर्यंत कडे चुंबकीय क्षेत्रात फिरत असते तोपर्यंत विद्युतधारा ही एकाच दिशेने प्रवाहित होते. कारण एक स्पर्श पट्टी (Brush) कड्याच्या उर्ध्वदिशेने कार्यरत असलेल्या भुजेच्या सतत संपर्कात असते, तर दुसरी स्पर्शपट्टी कड्याच्या खालच्या दिशेने कार्यरत असलेल्या भुजेच्या संपर्कात असते.



आकृती 17.15

**17.7.3 : भिन्नदिक विद्युतधारा (A.C) आणि एकदिक विद्युतधारा (D.C):-**

घरगुती तसेच औद्योगिक क्षेत्रात-कारखान्यामध्ये भिन्नदिक (A.C) प्रकारचीच वीज मोठ्या प्रमाणावर वापरली जाते. आपल्या घरातील कळमधून (Switch) येणारा विद्युतप्रवाह हा भिन्नदिक विद्युतप्रवाहच (A.C) आहे. विद्युतघटापासून मिळणारा विद्युतप्रवाह त्याचप्रमाणे संचय घटापासून (Battery) मिळणारा विद्युतप्रवाह हा एकदिक विद्युतप्रवाह (D.C) असतो. आपण भिन्नदिक विद्युतप्रवाह (A.C) हा एकदिक विद्युतप्रवाहात (D.C) रूपांतरित करू शकतो. यासाठी (Rectifier) हे उपकरण वापरवे लागते. तसेच एकदिक प्रवाह (D.C) सुध्दा भिन्नदिक विद्युत प्रवाहात रूपांतरित करता येते.

1. एकदिक विद्युत शक्तीचे लांब अंतरावर प्रक्षेपण औद्योगिकदृष्ट्या अव्यवहार्य आणि आर्थिकदृष्ट्या न परवडणारे आहे. कारण शक्ती ज्या विद्युत दावाने निर्माण होते त्याच दावानप तिचे प्रक्षेपण होणे आवश्यक असते. पण भिन्नदिक विद्युतप्रवाहाच्या दावाची किंमत वाढविणारी किंवा कमी करणारी उपकरणे शोधली आहेत. त्यांना रोहित्र (Transformer) आणि विद्युत दावाची पातळी कमी करणा-या रोहित्रास अवरोहित्र (Step-down transformer) असे म्हणतात.

रोहित्रामध्ये जर दाब वाढविला तर त्याच प्रमाणात विद्युत प्रवाह कमी होतो आणि उलटपक्षीपण (Vice-versa) म्हणून स्टेप-अप रोहित्राचा उपयोग करून विद्युत शक्ती जास्त दावाने पण कमी प्रवाहाने प्रक्षेपित करता येते. कमी दावाने पण कमी प्रवाहाने प्रक्षेपित करता येते. कमी प्रमाणातील प्रवाहामुळे शक्ती वाया जाण्याचे प्रमाण आणि शिसाच्या तारातून दाब कमी होण्याची शक्यता खूपच कमी होते. शिवाय वितरणाचा खर्च भरपूर कमी होतो. (आ. 17.16 पहा)

2. भिन्नदिक विद्युतधारा वापरून विद्युत मोटरचे कार्य अधिक चांगल्या प्रकारे केले जाते. एकदिक प्रवाह वापरून विद्युत मोटर कार्यान्वित करणे सोयीचे नसते. एकदिक विद्युत प्रवाहाचा उपयोग सामान्यपणे- विद्युतअपघटन, विद्युतघट रिचार्ज करणे, विद्युतचुंबक बनवणे इ. कामासाठी उपयोगी आहे.



3. समान विद्युत दाब असणारा एकदिक विद्युत प्रवाह हा भिन्नदिक विद्युतप्रवाहापेक्षा अधिक धोकादायक असतो. कारण एकदिक विद्युतप्रवाह हा एकाच दिशेने प्रवाहित होतो. यामुळे एखादी व्यक्ती एकदिक प्रवाहाच्या संपर्कात आल्यास ती तेथेच चिकटून राहते, परंतु भिन्नदिक प्रवाहाच्या बाबतीत ती व्यक्ती दूरवर फेकली जाते, कारण विद्युतप्रवाहाची दिशा सतत बदलत असते.
4. एकदिक विद्युत प्रवाहाचे बरेच वहन हे वाहक तारेच्या वरच्या भागातून घडून येते. म्हणून जेव्हा अधिक जाडीची वाहक तार वापरावयाची असते अशावेळी कमी जाडीच्या अनेक तारा घेऊन त्यास दोरखंडाप्रमाणे वळतात आणि अधिक जाडीचे वाहकात रूपांतर करतात. पण एकदिक प्रवाहाच्या बाबतीत अशी वाहक तार वापरता येत नाही.

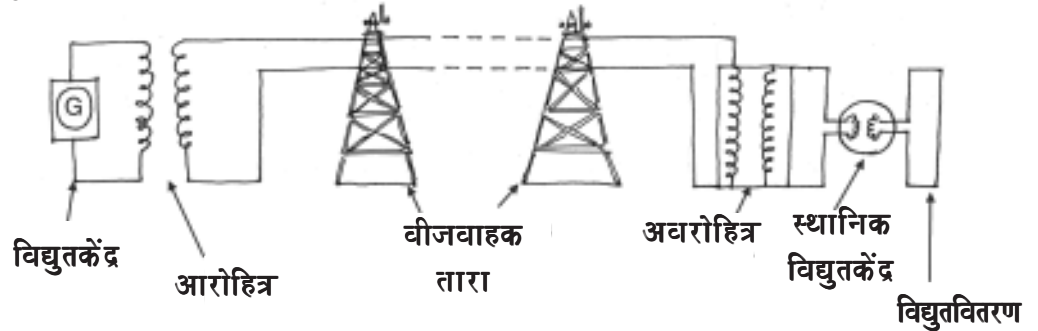
### 17.8 : घरगुती वापरासाठी विद्युतशक्तीचे वितरण :-

तुम्ही तुमच्या घराच्या आसपास उंच आणि मोठे विजेचे खांब पाहिले असतीलच. विद्युतजनित्राची उभारणी ऊर्जा उदगमाजवळ केली जाते. तसेच ही विद्युत शक्ती केंद्रे शहरापासून दूर अंतरावर असतात. जलविद्युतकेंद्रे, औष्णिक विद्युत केंद्रे, अण्विक ऊर्जा केंद्रे, पवनचक्की, भूगर्भाची औष्णिक ऊर्जा इ. ठिकाणी निर्माण होणारी विद्युत शक्ती सामान्यपणे 11KV (विद्युतदाब) आणि 50Hz (वारंवारता) असते. विद्युत ऊर्जा निर्मिती ठिकाणाहून ग्राहकापर्यंत पोहोचण्यासाठी वाहकाची मांडणी देण पध्दतीने केली जाते.

(i) प्रक्षेपण पध्दत (ii) वितरण पध्दत

विभवांतर वाढविणा-या आरोहित्राचा उपयोग करून ही विद्युतशक्ती 13.2 Kv पर्यंत वाढवितात. याच उच्च दावाने वितरण विद्युतधारेचे वितरण होते.

गावाच्या स्टेशनमध्ये हा दाब प्रथम 33Kv पर्यंत (स्टेप-डाऊन) अवरोहिच खाली आणला जाऊन गाव व घरापर्यंत वीज ही 220V आणि 50 Hz आणली जाते. विद्युतधारेची वारंवारता जातात. म्हणजेच भिन्नदिक विद्युतधारा एका सेकंदात 50 चक्र एका दिशेने तर 50 वेळा दुस-या दिशेने वाहक तार, विद्युत बल्बमधील तंतू (Coil) तसेच इतर विद्युत उपकरणे यातून जात असते. याचा अर्थ बल्बद्वारे मिळणारा प्रकाश- दर सेकंदात 100 वेळा प्रकाशित होणे आणि तितक्याच वेळा (दर सेकंदास 100 वेळा) तो बल्ब प्रकाशरहित होतो. परंतु आपल्या डोळयाच्या दृष्टिसातत्य गुणधर्मा मुळे बल्बचा प्रकाश हा सतत अखंडितपणे मिळताना जाणवतो.

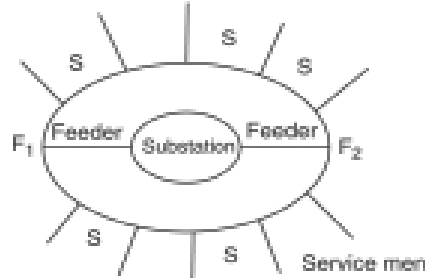


आकृती 17.16



जर रोहित्राचे विद्युत विभव वाढविले तर त्या प्रमाणात विद्युत धारा वहन कमी होते. अशा रितीने आरोहित्र (Step-up transformer) वापरून आपण जास्त दाबाचा विद्युतधारा निर्माण करून विद्युतप्रवाह कमी करू शकतो. या क्रियेमुळे विद्युतधारा दूरपर्यंत नेताना विद्युतशक्ती वाया जाण्याचे प्रमाण कमी होते.

विद्युतशक्तीची वितरण व्यवस्था अशा स्वरूपाची आहे की ज्याच्या साहाय्याने उपकेंद्रातील (Substation) विद्युत ग्राहकापर्यंत पोहोचविली जाते. या व्यवस्थेत पुरवठा केंद्र, वितरक केंद्र, उपवितरक केंद्र आणि सेवाकेंद्र समाविष्ट असतात. सर्वसाधारणपणे वितरण व्यवस्था दोन प्रकारची असते.



आ.१७.१७ विद्युत वितरण - वर्तुळाकार कडे पद्धती

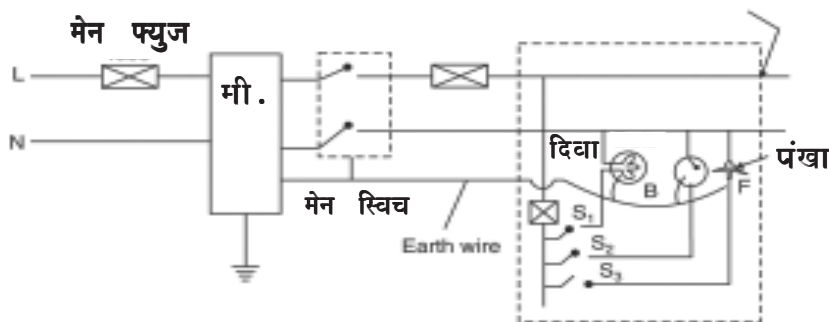
(i) वृक्ष पद्धती (tree System) आणि ii) वर्तुळाकार कडे पद्धती (Ring System)

आजकाल वर्तुळाकृती (Ring System) कडे पद्धतीच वापरली जाते. अशा व्यवस्थेत येणारे वेगवेगळे घटक व त्यांचे वितरण आ. 17.17 मध्ये दाखविले आहे.

### 17.8.1 : घरगुती विद्युत परिपथ (Household Circuits):-

वितरण व्यवस्था केंद्रापासून विद्युत खांबापर्यंत येते. तेथून (घराजवळील खांबावरून) दोन रोधकवेष्टित आवरण असलेल्या दोन तारा आपल्या घरापर्यंत येतात. त्यापैकी एक तार उच्च विभव 220 V वर असते. या तारेला प्रावस्था (Phase) म्हणतात. सर्व साधारणपणे प्रावस्था तार तांबड्या रोधकवेष्टिनाची उदासीन तार (Neutral-N) अक्षराने दर्शवितात. उदासिन तारेच्या रोधकआवरणाचा रंग हा लाल किंवा हिरव्या रंगाची सोडून इतर कोणत्याही रंगाची असते. घरातील सर्व विद्युत उपकरणे या तारांमध्ये समांतर जोडणीने जोडतात.

उदाहरण दाखल एक घरगुती विद्युत परिपथ आ.17.18 मध्ये दाखविला आहे. आपण आणखी एक वाहक तार की ज्याचे रोधकवेष्टन हिरव्या रंगाचे असते. ही तार प्रत्यक्ष जमिनीस जोडतात याला भूसंपर्क (Earth -connecting wire) तार असे म्हणतात. सर्व विद्युत उपकरणे ही भूसंपर्क तारेला जोडतात.



आकृती 17.18 घरगुती विद्युत परिपथ





आपण जी विज वापरतो ती निर्माण करण्यासाठी नैसर्गिक स्रोत वापरले जातात. आपल्या देशातील वाढती लोकसंख्या आणि वाढणारे शहरीकरण यामुळे दिवसेंदिवस विजेची मागणी वाढते आहे. याचा परिणाम आपल्या नैसर्गिक स्रोतावर होत आहे. उदा. औष्णिक विद्युतकेंद्रात दगडी कोळसा, तत्सम नैसर्गिक इंधनाची आवश्यकता असते. म्हणून आपण प्रत्येकाने विजेचा वापर अगदी काटेकोरपणे, काटकसरीने करणे अत्यंत जरूरीचे आहे. विनाकारण येणारा अपव्यय टाळला पाहिजे.

### 17.8.2 : विद्युत ऊर्जेचा वापर करण्यासाठी सुरक्षिततेचे उपाय :-

योग्य काळजी घेऊन विद्युत ऊर्जा वापरल्यास ती सर्वात जास्त सोईची आहे. पण जर निष्काळजीपणे विद्युत ऊर्जा वापरल्यास ती वापरणा-यास व वापरावयाला देणारास प्राणघातक होऊ शकतो.

1. विजेच्या संबंधी कोणतेही काम करताना, तो विद्युतप्रवाह भिन्नदिक (A.C) आहे की एकदिक प्रवाह (D.C) स्वरूपाचा आहे हयांची खात्री करू घ्यावी. कारण समान दाबाचा एकदिक विद्युतप्रवाह (D.C) हा तेवढ्याच दाबाच्या भिन्नदिक विद्युतप्रवाहापेक्षा (A.C) अधिक धोकादायक आहे.
2. वीजवाहक तारांना उघड्या हाताने (bare hands) कधीही स्पर्श करू नका. अशा व्यक्तीस धक्का (Shock) बसू शकतो व त्यामुळे मृत्यूपण संभवतो. भिन्नदिक स्वरूपाच्या विद्युतप्रवाहाने व्यक्ती जोराने दूरवर फेकली जाते तर एकदिक स्वरूपाचा विद्युतप्रवाह असेल तर व्यक्ती त्या तारेलाच चिकटून राहते. विद्युतधारेमुळे होणा-या अपघातात मीटरजवळील मुख्य स्विच (Main-Switch) बंद करावा. कोणत्याही परिस्थितीत त्या व्यक्तीला धक्का बसलेल्या व्यक्तीला नुसत्या हाताने किंवा धातूच्या वस्तूने ढकलू नका. ज्याला धक्का बसला आहे. त्याला रोधकाने (उदा. रबर, काठी, बूट, रबरी, ग्लोव्हज्) दूर ढकलावे. अशा व्यक्तीला चुकूनसुध्दा प्रत्यक्ष स्पर्श करू नका.
3. विद्युत उपकरणावर पाणी मारून ही आग शमविण्याचा प्रयत्न केव्हाही करू नये.
4. विद्युत तारेच्या मंडलाची दुरुस्ती करावयाची असल्यास प्रथम मीटरजवळील मुख्य स्विच (वटण) बंद करावे. जर काही कारणानी चालू विद्युतमंडलात काम करायचे असल्यास प्लॅस्टिकचे/रबरी हातमोजे, रबरी बूट व रोधक हॅडल (मूठ) असलेली उपकरणे वापरावीत.
5. घरगुती विद्युत वाहक तारेच्या जाळयासाठी उच्च (ISI mark) दर्जाच्या योग्य व्यासाच्या आणि रोधक वेष्टणाच्या तारा वापराव्यात. प्लगकळ, सॉकेट, स्विचेस व विद्युत उपकरणे ISI दर्जा पाहून घ्याव्यात. दोन तारा, प्लग, सॉकेट जोडताना घट्ट जोडाव्यात. सांधलेल्या जागी रोधकपट्टी (Insulating tapes) व्यवस्थित गुंडाळून ठेवावी. घरगुती विद्युत मंडलात फ्यूज (Fuse) व भूसंपर्क तार (Earthing wire) जोडल्याची खात्री करावी. फ्यूज हे प्रावस्था तारेवर जोडल्याची व तार प्रवाहाच्या उपयोगानुसर निवडल्याची खात्री करावी.
6. लघुस्वरूपातील विद्युतपरिपथाचा फलक (Miniature Circuit Board-MCB) आहे ही नाही याची खात्री करावी. किमान योग्य प्रकारचा फ्यूज वापरला की नाही याची खात्री करावी.





7. केवळ एक मुख्य स्विच बंद करून घरातील सर्व विद्युत उपकरणातून होणारा विद्युत पुरवठा बंद होईल अशी व्यवस्था केलेली असावी. याचा उपयोग संकटकाळी करता येतो.

### 17.8.3: विद्युतधारेमुळे संभावणा-या धोक्यांची कारणे -

विजेमुळे घरगुती तसेच औद्योगिक क्षेत्रात अनेक गंभीर स्वरूपाचे अपघात घडल्याचे तुम्ही अनेक वेळा ऐकले असेलच. अशा स्वरूपाचे अपघात होण्याची मुख्य कारणे पुढीलप्रमाणे आहेत-

- विद्युत धारेची गळती.
- लघुपरिपथन (Short circuit)
- जास्त प्रमाणात विद्युतभाराचे ओझे. अतिभार (Overload)

#### 1. विद्युतधारेची गळती :

तारेची झीज होऊन किंवा रोधक वेष्टन कडक झाल्याने किंवा जास्त तापल्याने रोधक वेष्टनाचे तुकडे पडतात आणि प्रावस्था तार उघडी पडते. हा तारेचा भाग उपकरणाच्या धातूच्या आवरणांशी संपर्कात आल्यास त्याचा मुख्य विद्युत इतका दाब वाढतो. धातूचे आवरण जर भूसंपर्कात केले असेल तर त्यातून विद्युतप्रवाह जमिनीत जाईल व विद्युतधारेची गळती होईल. माणसाचे शरीर विद्युतवाहक असल्याने त्याचा धातूच्या आवरणास स्पर्श झाल्यास त्यालापण धक्का (Shock) वसेल.

#### 2. लघुपरिपथन (Short circuit) :-

उघडी प्रावस्था तार आणि उघडी उदासिन तार एकमेकांच्या संपर्कात येतात तेव्हा लघुपरिपथन (Short circuit) होते. साधारणतः कमी दर्जाच्या वाहक तारा वापरल्याने लघुपरिपथन (Short circuit) घडून येते. लघुपरिपथन घडल्यामुळे अचानक वाहकातून अधिक प्रमाणात विद्युतप्रवाह वाहत राहिल्याने त्या ठिकाणी ठिणग्या पडून आगीचा धोका संभवतो.

#### 3. अतिभार : (Overload):-

एकाच वेळी परिपथात जास्त उपकरणे सुरू झाली तर तारेच्या क्षमतेपेक्षा जास्त प्रवाह खेचला जातो. घरगुती विद्युत वाहक जाळयात उपकरणे समांतर जोडणीने जोडली जातात. परिणामी रोध कमी होऊन जास्त प्रवाह खेचला जातो. यालाच विद्युतभार (Overload) असे म्हणतात.

उन्हाळयाच्या दिवसात विजेची मागणी वाढलेली असते. परिणामी जास्त भार निर्माण होतो यामुळे ब-याच वेळा रोहित्र (Transformer) जळाल्याचे पाहिले असेल. हे सर्व विद्युतप्रवाहावर अतिभार झाल्याने घडून येते.

### 17.8.4 : विद्युत परिपथात वापरावयाची सुरक्षा उपकरणे :-

#### 1. वितळतार (Electrical Fuse):-

वितळतार म्हणजे शिसे व कथिल यांच्या संमिश्र धातूपासून बनवलेली बारीक तारेचा तुकडा होय. याचा विद्युतरोध बराच असतो परंतु द्रवणांक प्रावस्था तारेपेक्षा कमी असतो. या तारेतून एका ठराविक



महत्तम मर्यादपेक्षा अधिक मूल्य असलेली विद्युतधारा तारेमधून जाऊ लागताच त्या तारेमध्ये निर्माण होणा-या उष्णतेमुळे तार वितळते व परिपथ खंडित होतो. म्हणजेच विद्युतप्रवाह बंद पडतो. विद्युतपरिपथातील उपकरणांचा संभाव्य विघाडापासून बचाव होतो. वितळतार मुख्य स्रोताजवळ (मीटरजवळ) प्रावस्थ तारेवर एकसर जोडणीने जोडली जाते. विद्युतमंडळाशी संबंधित विशेष निर्देश केल्याप्रमाणे निरनिराळ्या मूल्यांच्या प्रवाहासाठी निर्देशित केलेली वितळतात वापरतात. सर्व साधारण घरगुती दिव्यासाठी 5 A व घरगुती शक्तीसाठी 15 A वापरतात. 15A ची वितळतार 5 A च्या वितळतारेपेक्षा कमी व्यासाची (कमी जाडीची) असते.

2. आजच्या आधुनिक MCB या साधनाचा मोठ्या प्रमाणावर उपयोग केला जात आहे. हे विद्युत परिपथात जोडतात. खरे तर MCB हा जणू काही स्वनियंत्रकच आहे. याच्यामुळे विद्युतपरिपथात अचानक अतिदाबाचा विद्युतप्रवाह वाहू लागला किंवा अतिभार होत असेल तर आपोआप विद्युतप्रवाह खंडित होतो यामुळे लघुपरिपथन इ.सारखे होणारे अपघात टाळता येतात. वितळतारेप्रमाणेच (Safty fuse) MCB उपयोगी आहे. MCB व वितळतार यांची तुलना केल्यास दोघांचे कार्य एकच असते परंतु MCB चा आकार वेगवेगळा असू शकतो. याच्या सान्निध्यामुळे सर्व विद्युतउपकरणे अतिदाबाच्या प्रवाहापासून किंवा लघुपरिपथनापासून सुरक्षित ठेवता येतात.

### 3. विद्युत उपकरणांचे भूसंपर्कीकरण : -

विद्युत उपकरणामध्ये विद्युतधारेच्या गळतीपासून होणारा धोका टाळण्यासाठी त्याचे धातूचे उपकरण भूसंपर्कात केलेले असते. यासाठी वेगळी वाहकतार संपूर्ण परिपथात (Circuit) प्रावस्था व उदासिन तारेबरोबर फिरवलेली असते.

सर्व उपकरणांचे धातूचे आवरण भूसंपर्क तारेशी संपर्कात असते. त्या तारेचे दुसरे मोकळे टोक जमिनीत पुरलेल्या तांब्याच्या पट्टीशी जोडलेले असते. यामुळे आवरणाचे विभव जमिनीइतकेच म्हणजे शून्य असते. त्यामुळे आपला धातूच्या आवरणास स्पर्श झाला तर धक्का (Shock) बसत नाही. भूसंपर्क तार ही विद्युतपरिपथात संरक्षण योजना म्हणून असते. ती उपकरण वापरण्याचे संरक्षण करते. वरील विवेचनावरून वितळतार व भूसंपर्कतार विद्युतपरिपथात जोडणे किती आवश्यक आहे हे समजून येते.



### सरावासाठी प्रश्न 17.3

- विद्युत जनित्राचे कार्य हे .....
    - रासायनिक ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेत रूपांतर करणे.
    - यांत्रिक ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेत रूपांतर करणे.
    - विद्युत ऊर्जेचे यांत्रिक ऊर्जेत रूपांतर करणे.
    - विद्युत ऊर्जेचे रासायनिक ऊर्जेत रूपांतर करणे.
- पुढीलपैकी कोणते उपकरण विद्युत चुंबकीय प्रवर्तन या तत्वावर आधारित कार्य करते.



- (i) विद्युत किटली .
  - (ii) विद्युत घंटा
  - (iii) विद्युत दिवा
  - (iv) विद्युत जनित्र
3. विद्युत वितळतारेमध्ये पुढीलपैकी कोणती दोन वैशिष्ट्ये समाविष्ट असावित .
    - (i) उच्च रोध व कमी द्रवणांक (विलयविंदू)
    - (ii) कमी रोध आणि उच्च द्रवणांक
    - (iii) उच्च रोध आणि उच्च द्रवणांक
    - (iv) कमी रोध आणि कमी द्रवणांक
  4. पुढीलपैकी कोणते तत्व-चुंबकीय क्षेत्राचे रूपांतर विद्युतप्रवाह निर्मितीत होऊ शकतो .
    - (i) कूलोमचा नियम .
    - (ii) सोलेनॉईडचे चुंबकीय वर्तन
    - (iii) विद्युतचुंबकीय प्रवर्तन
    - (iv) ओहमचा नियम
  5. कोणते उपकरण जास्त दाबाच्या विद्युतप्रवाहाचे कमी दाबाच्या विद्युतप्रवाहात रूपांतर करते .
    - (i) स्टेप अप रोहित्र
    - (ii) स्टेप डाऊन रोहित्र
    - (iii) Rectifier
    - (iv) ॲम्प्लिफायर (Amplifier)
  6. वितळतार ही पुढीलपैकी कोणत्या घटक धातूपासून बनवितात .
    - (i) सिलिकॉन व कथिल यांचे संमिश्र
    - (ii) कथिल धातूवर जस्ताचा लेप देऊन (आवरण)
    - (iii) कथिल धातूवर निकेलचे आवरण
    - (iv) कथिल धातूवर ॲल्युमिनिअमचे आवरण
  7. फ्लेमिंगच्या डाव्या हाताच्या नियमाने वाहकातून विद्युतप्रवाह जाताना त्यावर क्रिया करणारे बल..... .
    - (i) चुंबकक्षेत्र तसेच विद्युतप्रवाह यांच्याशी समांतर
    - (ii) चुंबकक्षेत्राशी तसेच विद्युतप्रवाहाशी लंबरूप
    - (iii) चुंबकक्षेत्राशी समांतर पण विद्युतप्रवाहाशी लंबरूप दिशेत
    - (iv) चुंबकक्षेत्राशी लंबरूप पण विद्युतप्रवाहाशी समांतर दिशेत .
  8. आपल्या घरात येणा-या कोणत्या तारेमुळे विद्युत उपकरण विघाडापासून वाचविले जाते .
    - (i) प्रावस्था
    - (ii) उदासिन



(iii) भूसंपर्क

(iv) यापैकी एकही नाही .

9. विद्युतधारेमुळे संभावणा-या धोक्यांची तीन कारणे सांगा .
10. घरातील किंवा कारखान्यातील विद्युतप्रवाह तपासण्यासाठी (Check) वापरले जाणारे सर्व साधारण असे उपकरण कोणते ?
11. आपण विद्युतउपकरणास स्पर्श केला असता काही वेळेस आपणास विद्युत धक्का बसतो (Shock) अशा घटनेस सामान्यपणे काय उत्तर देता येईल?
12. A आणि B हे दोन वाहक तारेचे कुंडल (Coil) परस्परांजवळ आणले असता A कुंडलातील विद्युतप्रभारात बदल घडतो . अशावेळी B कुंडलामध्ये प्रवर्तित प्रभार निर्माण होईल काय ? स्पष्टीकरण द्या .



**आपण काय शिकलो ?**

- एखाद्या चुंबकाचे क्षेत्र म्हणजे त्या चुंबकाभोवती ज्या क्षेत्रामध्ये चुंबकसूची आणली असता तिचे विचलन घडते कारण चुंबकीय बल क्रिया करते .
- विद्युतधाराचा चुंबकीय परिणाम या तत्वावर आधारित विद्युत उपकरणे निर्माण केली, जसे - विद्युत पंखा, मिश्रणी (mixer), ज्यूसर, ग्राईडर्स, क्रेन इ .
- चुंबकक्षेत्राच्या बदलाचे विद्युत धारेत होणा-या या बदलास विद्युत प्रवर्तन असे म्हणतात .
- विद्युत चुंबकाची चुंबकीय शक्ती पुढील बाबींवर अवलंबून असते .
  - (i) वाहक तारेतील विद्युत धारेचे प्रमाण
  - (ii) कुंडलाच्या एकक लांबीच्या भागात तयार होणा-या विद्युतचुंबकीय बलरेषांची संख्या .
  - (iii) वाहक तारेच्या वेगळेपणाचे स्वरूप इ .
- फ्लेमिंगचा डाव्या हाताचा नियम - चुंबकक्षेत्रात वाहक तारेवर प्रयुक्त होणा-या बलाची दिशा प्रवाहाच्या दिशेशी व चुंबकक्षेत्राशी लंबरूप असते . बलाच्या दिशा फ्लेमिंगच्या डाव्या हाताच्या नियमाने ठरविता येते .
- विद्युतजनित्र हे असे एक साधन (उपकरण) आहे की ज्याच्या मध्ये यांत्रिक ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेत रूपांतर घडून येते .
- एका ठिकाणापासून दुस-या ठिकाणी विद्युतप्रवाह नेताना उच्च विभवाची कमी प्रमाणात विद्युतप्रवाह नेली जाते .
- रेक्टिफायर (Rectifier) या उपकरणाने A.C विद्युतधाराचे रूपांतर D.C. विद्युतधारेत करता येते . संचय घटापासून मिळणारी विद्युतधारा ही D.C. (एकदिक्) स्वरूपाची असते .



- घरगुती विद्युत उपकरणे नेहमी विद्युत परिपथात समांतर जोडणीने जोडलेली असतात .यामुळे एखादे उपकरण कार्यान्वित करताना त्याचा परिणाम इतर विद्युत उपकरणांवर होत नाही .
- रोहित्रांच्या (Transformers) साहाय्याने उच्च दाबाचा विद्युत प्रवाह कमी दाबाच्या विद्युतप्रवाहात रूपांतर करता येतो . यासाठी अवरोहित्र (Step down Transformers) वापरतात . याउलट कमी दाबाचा विद्युतप्रवाह हा उच्च दाबाच्या विद्युत प्रवाहात रूपांतर करण्यासाठी आरोहित्र (Step -up Transformers) वापरले जाते .
- वितळतारेचा द्रवणांक (Melting point) कमी असतो पण विद्युतरोध अधिक असतो .
- विद्युतपरिपथात काम करणा-या व्यक्तीने खरी हातमोजे तसेच खरी बूट पाण्यात घालणे आवश्यक असते . याचे कारण खरी हे रोधक आहे . यातून विद्युतप्रवाह जाऊ शकत नाही . परिणामी काम करणा-या व्यक्तीस धक्का (Shock) बसू शकत नाही .
- विद्युतप्रवाहामुळे अपघात घडल्यास प्रथम मुख्य स्विच (main switch) बंद करावा . अशा अपघातात जर ती व्यक्ती उपकरणास किंवा वाहक तारेस चिकटली असेल तर अशा व्यक्तीला त्यापासून बाजूला करण्यासाठी प्रत्यक्ष स्पर्श न करता रोधक साधनाने जसे-काठीने त्यास अलग करावे . कोणत्याही परिस्थितीत चिकटलेल्या अशा व्यक्तीस स्पर्श करून अलग करण्याचा प्रयत्न करू नये .
- भूकंप तसेच आगी लागणे अशा संकट काळात प्रथम मुख्य स्विच (main switch) बंद करण्याचा प्रयत्न करावा .



अंतिम प्रश्नसंग्रह

1. चुंबकपट्टीजवळील डवीतील चुंबकसूची आणली असता तिचे विचलन का घडते ?
2. चुंबकीय बलरेषा (विकर्ष रेषा) या संकल्पनेचा उपयोग करून चुंबकीय क्षेत्र स्पष्ट करा .
3. चुंबकीय बलरेषांचे गुणधर्म सांगा .
4. चुंबकक्षेत्रात वाहक ठेवून त्यामधून विद्युतधारा प्रवाहित केल्यास वाहकावर प्रयुक्त होणारे बल स्पष्ट करा .
5. सोलेनॉईड (Solenoid) वापरून विद्युतचुंबक कसा तयार करतात . स्पष्टीकरण करा . तसेच चुंबकपट्टी आणि विद्युतचुंबक यातील फरक सांगा .
6. विद्युत चुंबकीय प्रवर्तन म्हणजे काय? या तत्वावर आधारित एका उपकरणाचे कार्य कसे चालते .स्पष्ट करा .
7. एकदिक विद्युतप्रवाह (D.C) न वापरता भिन्नदिक विद्युत प्रवाह (A.C) वापरण्यामागचे फायदे सांगा .



8. भूसंपर्क तारेचे कार्य कसे चालते? सुरक्षिततेसाठी विद्युत उपकरण नेहमी भूसंपर्क करणे आवश्यक का आहे ते सांगा .
9. घरगुती विद्युत परिपथ अशा प्रकारे तयार करा-ज्यामध्ये विजेच्या खांबावरून येणारी विद्युत घरातील एका खोलीपर्यंत दाखवा .तसेच या खोलीत एक विद्युत पंखा व प्रकाशासाठी एक विद्युत पंखा व प्रकाशासाठी एक विद्युत बल्ब असेल . तसेच सॉकेट (Socket), स्विच (बटण) (Switch) आणि वितळतार (fuse) यांचा उपयोग स्पष्ट करा .
10. ज्या विद्युत उपकरणात विद्युत मोटर वापरली जाते अशी उपकरणांची नावे सांगा .
11. विद्युत निर्मिती केंद्रापासून आपल्या घरापर्यंत विद्युतशक्ती कशारितीने आणली जाते ते स्पष्ट करा .
12. भिन्नदिक् विद्युत जनित्राची रचना व कार्य स्पष्ट करा .
13. विद्युतधाराचा चुंबकीय परिणाम स्पष्ट करा आणि या तत्वावर आधारित विद्युतघंटेचे कार्य स्पष्ट करा .
14. फ्लेमिंगचा डाव्या हाताचा नियम काय आहे ?
15. विद्युत लघुपरिपथन केव्हा घडू शकते ? (Short circuit)



पाठांतर्गत प्रश्नांची उत्तरे

17.1 :

2. त्याचे गुणधर्म बदलत नाहीत .
3. हॅडसेट मधील स्पीकर
4. उत्तर-दक्षिण
5. हो . पण त्याची तीव्रता (प्राबल्य) हे तुमच्या स्थितीवर (जेथे उपस्थित राहता ते ठिकाण) अवलंबून असते .
6. (ii) दक्षिण ध्रुव, जो पृथ्वीचा संगत भौगोलिक उत्तर ध्रुव आहे .
7. चुंबकाच्या ज्या पृष्ठभागापासून अदृश्य स्वरूपाचा विकर्ष रेषा उत्पन्न होतात व पुन्हा त्या चुंबकास विशिष्ट पृष्ठभागात मिळतात . त्या भागास चुंबकाचे ध्रुव म्हणतात .

17.2 :

1. (i)                      2. (ii)                      3. (ii)                      4. (i)
5. (i) वेढ्यांची संख्या (Number of turns)



- (ii) कुंडलातून (Coil) प्रवाहित होणारी विद्युतधारा .
- (iii) दोन ध्रुवांमधील अंतर
6. विद्युत चुंबक तयार करण्यासाठी सोलेनॉईड (Solenoid) वापरतात . सोलेनॉईडच्या पोकळ भागात मृदू लोखंड ठेवले असता त्यामध्ये शक्तीशाली चुंबकत्व येते . म्हणजेच शक्तीशाली चुंबक तयार होतो .

**17.3 :**

1. (ii)            2. (iv)            3. (i)            4. (i)
5. (ii)            6. (i)            7. (ii)            8. (iii)
9. विद्युतधारा गळती, लघुपरिपथन (Short circuit), अतिभार (Over-loading)
10. विद्युत टेस्टर (Electrical tester)
11. योग्य भूसंपर्क तेथे केला नाही .
12. जेव्हा A या कुंडलीतील विद्युतधारेत बदल होतो . तेव्हा त्याच्याशी संगत चुंबकीय क्षेत्र सुद्धा बदलले जाते . B या कुंडलाभोवती निर्माण होणारे चुंबकीय क्षेत्र बदलले जाते . B या कुंडलाभोवतीचे बदललेल्या चुंबकीय क्षेत्राचे रूपांतर प्रवर्तित विद्युत निर्माण होते . यालाच विद्युत चुंबकीय प्रवर्तन असे म्हणतात .



## ध्वनी आणि दळणवळण

आपल्या दैनंदिन जीवनात आपण सतत परस्परांशी संवाद साधत असतो. पक्ष्यांचा चिवचिवाट, वाहनांचे हॉर्न किंवा मांजराचे म्यॉव म्यॉव ओरडणे आपण ऐकतो. हे ध्वनी अनेक स्वरांचे असतात. इतकेच नव्हे तर त्या ध्वनींचा स्तरसुध्दा भिन्न भिन्न असतो. खरे तर केवळ आवाजावरून ही व्यक्ती कोण आहे हे आपणास जाणता येते. आपण परस्परांतील संवाद अनेक प्रकारे करतो. अगदी जन्मलेले मूलसुध्दा शब्दाविना विशिष्ट आवाज करून त्याच्या आई, बाबा व इतर घरातील व्यक्ती, यांचेबरोबर संवाद साधू शकते. मोटेपणी ही व्यक्ती बोलून किंवा लिहून परस्परांशी संवाद साधते. एखादी व्यक्ती समोरासमोर असो वा टेलिफोनद्वारा बोलत असेल, तेव्हा केवळ आवाजावरून ती व्यक्ती कोण हे जाणता येते. सामान्यपणे समोरासमोर व्यक्तींशी बोलून संवाद साधण्याचा अवलंब केला जातो परंतु आजकाल आधुनिक तंत्रज्ञानामुळे परस्पर संवाद साधण्याचे अनेक मार्ग जसे टेलिफोन, रेडिओ, दूरदर्शन (T.V) लिखित स्वरूपातील संदेश उदा. Paging (पेजिंग), SMS, इंटरनेट (e-mail) इ. प्रत्यक्ष संभाषण करताना निर्माण होणा-या ध्वनिलहरी आणि टेलिफोन, रेडिओ (उपग्रहाद्वारे होणारे दळणवळण) यांच्यापासून निर्माण होणारे ध्वनी यांच्या ध्वनिलहरी भिन्न स्वरूपाच्या असतात. प्रत्यक्ष समोरील व्यक्तींशी संभाषण करताना आपण तरंग लहरींचा उपयोग करतो. या ध्वनिलहरी तांत्रिक (Mechanical) स्वरूपातील असतात परंतु रेडिओ, टेलिफोन इ. द्वारा निर्माण होणारा ध्वनी यांच्या विद्युत चुंबकीय रेडिओ लहरी (Electro magnetic radio waves) पासून निर्माण होतो.



### उद्देश :

हे प्रकरण अभ्यासल्यानंतर आपणांस पुढील बाबी विषयीची माहिती मिळणार आहे.

- तरंगांचे स्वरूप आणि वैशिष्ट्ये स्पष्ट करता येणे.
- ध्वनीतरंग (तांत्रिक) आणि विद्युतचुंबकीय तरंग यांच्यातील फरक स्पष्ट करता येणे.
- भिन्न प्रकारच्या तरंगांचे उपयोग तसेच सोनार (SONAR), रडार (RADAR) उपयोग सांगता येणे.
- परस्पर संवाद साधण्यासाठी असणा-या भिन्न प्रकारच्या पध्दती जाणून घेऊन त्यांचा उपयोग जाणता येणे.





- संगणक तंत्रज्ञान तसेच उपग्रहाद्वारे संदेश दळणवळण याविषयी अधिक जाणून घेऊन त्यांचा उपयोग जाणता येणे .
- संगणक तंत्रज्ञान तसेच उपग्रहाद्वारे संदेश दळणवळण याविषयी अधिक जाणून त्याचा वैशिष्ट्यपूर्ण उपयोग करता येणे .

### 18.1 तरंगाचे स्वरूप आणि वैशिष्ट्ये : (Characteristics and Nature of the Wave) :

ध्वनी हा कंपनाचा परिणाम आहे . ध्वनीच्या उद्गमापासून निर्माण झालेली कंपने ही माध्यमातून जाताना टारमांच्या स्वरूपात वहन होते . शेवटी हे तरंग आपल्या कानाच्या पटलावर आपटले असता . ऐकण्याचे ज्ञान हे मेंदूतील श्रवणकेंद्रात होते हेच आपण एका साध्या कृतीने जाणून घेऊ म्हणजेच कंपने आणि ध्वनी यांचा परस्पर संबंध पुढील प्रयोगाने दाखविता येईल .



#### कृती 18.2

साधारणपणे 30 सेमी लांबीची अॅल्युमिनिअम धातूची एक तार घ्या किंवा साधा धातूच्या तारेचा हॅंगर घ्या . (एखाद्या झाडाची लहान फांदी सुद्धा चालेल) यास वाकवून धनुष्याचा आकार द्या . आता एक पुरेशा लांबीचे रबर बँड किंवा इलॅस्टिक दोरी घेऊन ती धनुष्याचा आकार दिलेल्या तारेला (किंवा फांदीला) तिच्या दोन्ही टोकांना अशा रितीने बांधा की ती सतत ताणलेल्या स्थितीत राहिल . जर तुम्ही त्या ताणलेल्या इलॅस्टिक दोरीकडे लक्षपूर्वक पाहिले तर असे आढळून येईल की, जोपर्यंत ती दोरी कंप पावते तोपर्यंत ध्वनी निर्माण होतो .

- जर ती दोरी तुम्ही छेडली (pluck) तरच काही ध्वनी ऐकू येतो . हा ध्वनी स्पष्ट ऐकण्यासाठी तुम्ही त्या तारेच्या धनुष्याचा आकारात थोडा बदल करू शकता . जर तुम्ही त्या छेडलेल्या तारेस स्पर्श केला तर निर्माण, झालेला ध्वनी लगेच नाहीसा होतो असे आढळेल . काळजीपूर्वक निरीक्षण केले तर - जोपर्यंत ती दोरी कंप पावते, तोपर्यंतच ध्वनी निर्माण होतो, व ऐकू येतो .
- कंपने तपासण्यासाठी पुढीलप्रमाणे प्रयोग करा - कागदाची एक लहान पट्टी घ्या . (सुमारे 1cm लांब व 2 ते 3mm रुंदी असणारी ) आणि मध्यावर वाकवून V (व्ही) सारखा आकार देवून ताणलेल्या दोरीवर ठेवा . हीच कृती - गिटार, सितार, एकतारा वाद्यांच्या बाबतीत करता येते . तबला, ड्रम, ढोल यासारखी आघातवाद्ये घेवून त्यांच्या पडद्यावर पावडर किंवा धूळीचे कण टाकून आपण पाहू शकतो . या आघात वाद्यांच्या पडद्यावर आघात करा व थोडी पावडर टाका . ते कण कंप पावताना आपणास स्पष्टपणे दिसतील नंतर त्या कंप पावणा-या पडद्यास अगदी अलगदपणे बोटाने स्पर्श करा . तुम्हास काय आढळते? पडद्याची कंपने आणि त्याबरोबर निर्माण होणारा ध्वनी हळूहळू कमी होतो व थांबतो . त्याचप्रमाणे आपल्या घरातील एक पातेले घेऊन त्यावर स्टील चमच्याने आघात करा . लगेच तुम्हास ध्वनी ऐकू येतो, पण याच पातेल्यास त्याच्या बाह्य पृष्ठभागावर दोन्ही बाजूला घट्ट धरले असता ध्वनी कमी कमी होऊन थांबतो असेही आढळेल .

उर्जा



टिपा

वरीलप्रमाणेच आणखी प्रयोग करून तुम्ही वर्गमित्रांवर चर्चा करा. कंपनीशिवाय ध्वनी हे अशक्य म्हणजेच कंपनी आणि ध्वनी यांचा किती घनिष्ट संबंध आहे, असा निष्कर्ष तुम्ही काढू शकाल काय ? ही कंपनी माध्यमातून जाताना तांत्रिकपणे वहन घडते ह्याचबरोबर आवाजाचे सुद्धा वहन घडते. हे वहन तरंग स्वरूपाचे असते. ध्वनी वहनासाठी माध्यमाची आवश्यकता असते, तरच तांत्रिक ध्वनीलहरींचे वहन घडते आपण जेव्हा बोलतो तेव्हा हे बोलणे आपणास परस्परांना ऐकू येते. असे परस्परातील संभाषण आपण चंद्रावर करू शकणार नाही हे ऐकून आश्चर्य तर वाटले नाही ना ? कारण पृथ्वीवर जसे वातावरण आहे तसे चंद्रावर नाही, परिणामी तेथे ध्वनीवहनास माध्यम नसल्याने आपणास चंद्राच्या पृष्ठभागावर संभाषण करण्यासाठी काही तरी इतर श्रवण उपकरणे वापरावी लागतील. झसे इयरफोन ई. यावरून ध्वनीवहनास (ध्वनीप्रसारणास) माध्यमाची आवश्यकता आहे हे पुन्हा एकदा सिद्ध होते. विद्युत चुंबकीय तरंग मात्र माध्यम नसताना त्यांचे वहन घडते म्हणूनच अति दूरच्या ता-यापासून तसेच कृत्रिम उपग्रहावरून विद्युतचुंबकीय तरंग प्रसारित होऊन पृथ्वीवर (आपणापर्यंत) पोहचतात. पाचाच अर्थ असा की विद्युत चुंबकीय तरंगांचे (Electro magnetic waves) प्रसारणासाठी माध्यमाची आवश्यकता नसते. जसे- दूरदर्शन, रेडिओ, दूरसंचार इ. चे प्रसारण विद्युत चुंबकीय तरंगाने घडते. या तरंगांचा वेग प्रकाशाच्या वेगाइतका प्रचंड असतो. तरंगाची गती ही ठराविक काळात पुन्हा पुन्हा त्याच प्रकारे घडते, त्याच्या गतीची पुनरावृत्ती घडत असते. ध्वनीतरंग हे स्वतःबरोबर उर्जेचे सुद्धा प्रसारण करतात. आपण आता तरंगाविषयी अधिका माहिती जाणून घेऊ.

तलावातील संध पाण्यात दगड टाकल्यास काय घडते हे तुम्ही प्रत्यक्ष कधी पाहिले आहे का? दगडाने पाण्याला स्पर्श करतातच पाण्यामध्ये हालचाल होते. ज्या बिंदूपाशी दगड पाण्याला स्पर्श करतो, तेथे एककेंद्री वर्तुळे निर्माण होतात व दूरवर पसरतात. या एककेंद्री वर्तुळांना 'लहरी' असे म्हणतात. माध्यमातून प्रक्षोभाचा जो आकृतीबंध प्रवास घडतो, त्यास "तरंग" असे म्हणतात. एकामागून एक अशी एककेंद्री वर्तुळे थोडा वेळपर्यंत निर्माण होतांना दिसतील. आपणास पाण्याची (पाण्याच्या कणांची) हालचाल होतांना दिसते, पण प्रत्यक्षात ते हालचाल करीत नाहीत, केवळ प्रक्षोभामुळे (disturbance) त्याची स्थिती बदलते. हेच तरंग होय, या तरंगांचा उंच झालेल्या स्थितीस शिखर (Crest) असे म्हणतात, तर सर्वात कमी स्थिती ला दरी (trough) असे म्हणतात, अशारीतीने शिखर व दरी (Crest and trough) हे तरंगाचे दोन मुख्य घटक आहेत. तरंगांचे प्रसारण होतांना माध्यमाच्या कणांची हालचाल न घडता, ध्वनीचे प्रसारण होते म्हणून तरंग आणि माध्यम हे एकदम भिन्न आहेत.

ध्वनीचे स्वरूप जाणून घेण्यासाठी निरीक्षणाची गरज असते. वासरी वाजविणारा वासरीवर असणा-या विविध भोकांवरून (hoks) हाताची बोटे बदलत असतो. यातूनच निरनिराळ्या स्वरांचे ध्वनी निर्माण होतात. याप्रमाणे सतार वाजविणारा, तो आपली बोटे विविध तारांवरून निरनिराळे स्वर (notes) निर्माण होतात. जेव्हा तुम्ही काचेच्या रिकाम्या ग्लासवर स्टील चमच्याने आघात केल्यास निर्माण होणारा ध्वनी आणि पाण्याने भरलेल्या ग्लासवर त्याच स्टील चमच्याने आघात केल्यास निर्माण होणारा ध्वनी भिन्न स्वरांचे असतात. हे आपणास जाणता येते.

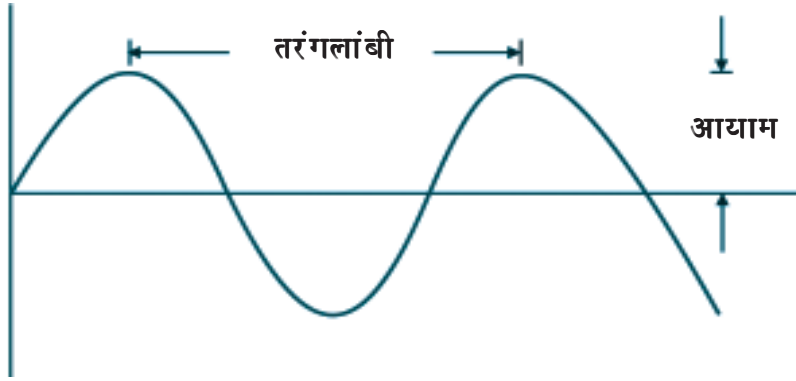
अशा घटनेमागचे कारण माहित होण्यासाठी ध्वनी शास्त्र जाणून घेणे जरूरीचे आहे तसेच काही उपकरणांच्या निर्मितीसाठी ध्वनीशास्त्र अत्यंत उपयोगी आहे. यामध्ये शैक्षणिक उपकरणे, हिअरिंग



एड्स (श्रवणयंत्रे) ध्वनी निर्माण करणारी साधने, उदा. ध्वनीवर्धक (speaker) ध्वनी रेकॉर्ड, ध्वनी अॅम्प्लिफायर इ. उपकरणांचा अभ्यास आपणास करणार आहोत. त्याचप्रमाणे आधुनिक तंत्रज्ञान वापरून आपसात संभाषण, संवाद राखण्यासाठी आधुनिक उपकरणे निर्माण केली जात आहेत. एकाच वेळी अनेक व्यक्तीशी सुसंवाद राखणे, दूरवरच्या व्यक्तींवर सुस्पष्टपणे संभाषण करणे यासाठी आपणास क्षणार्धात संपर्क साधता येतो.

## 18.2 तरंग व त्याचे भाग (Representing a wave)

आपण आपल्या मित्राची ओळख दुसऱ्या व्यक्तीस देताना, त्या मित्राची पुढील संदर्भाने माहिती सांगतो. जसे - त्या मित्राचे नाव, उंची, रंग, लिंग इ. अशाच प्रकारे तरंगाविषयीची काही वैशिष्ट्ये, त्यांना आपण तरंगाचे उपघटक (parameter) असे मानून त्यांचे (तरंगांचे) वर्णन करता येईल. तरंग दर्शविण्यासाठी पुढील बाबी महत्वाच्या ठरतात. तरंगलांबी (wavelength), आयाम (Amplitude), वारंवारता (Frequency) आणि आवर्तनकाल (time period) इ. आहेत.



आकृती 18.1 तरंग

### 18.2.1 तरंग आयाम (Amplitude) :

तरंगाची सर्वात उंची म्हणजे तरंगाचा आयाम होय.

### 18.2.2 तरंग लांबी (Wave length) :

तरंगाच्या दोन लगतच्या शिखरे (rests) किंवा लगतच्या दोन (troughs) यामधील अंतरास तरंगलांबी असे म्हणतात. ही लांबी सामान्यपणे मीटरमध्ये मोजली जाते आणि ही  $\lambda$  (लॅम्डा) या चिन्हाने दाखवितात वरील आकृतीत अवतरंग (Transverse Wave) आकृती आहे. अनुतरंगाच्या (Longitudinal Wave) बाबतीत दोन लगतची संपीडने अथवा विरलने यांच्यातील अंतर हे तरंगलांबी होईल. ( संपीडने - Compressions आणि विरलने -rarefactions )

### 18.2.3 आवर्तन काळ (Time Period) :-

ध्वनीचे प्रसारण होताना एक तरंग पूर्ण होण्यासाठी लागणारा काळ यास आवर्तनकाळ (Time period) असे म्हणतात याचे एकक सेकंद (s) आहे.

उर्जा



टिपा

### 18.2.4 वारंवारता (Frequency):

ध्वनी प्रसारण होताना एका सेकंदात जेवढे तरंग पूर्ण होतात, त्यास त्या ध्वनीची वारंवारता असे म्हणतात याचे एकक हर्ट्झ (Hertz – Hz) आहे .

### 18.2.5 ध्वनीची चाल (speed) किंवा वेग (velocity) :-

तरंग प्रक्षोभाने एका सेकंदात आक्रमिलेले अंतर जेवढे असते . त्यास ध्वनी तरंगाची चाल किंवा वेग असे म्हणतात . याचे एकक meter/second ( $\text{ms}^{-1}$ ) आहे . चाल ही अदिश (scalar) राशी आहे तर वेग ही सदिश (vector) राशी आहे .

ध्वनीबाबत असणारे सर्वच गुणधर्म अगदी स्वतंत्ररीत्या नाहीत त्यापैकी काही गुणधर्म एकमेकांशी संबंधाने जोडले आहेत . **तरंगकाल** (period) हा वारंवारतेशी व्यस्त स्वरूपाचा आहे . याचा अर्थ असा की जर वारंवारता (Frequency) उच्च असेल, तर **तरंगकाल** (period) हा कमी होईल . कारण वारंवारता म्हणजे एका सेकंदात किती पूर्ण तरंग घडून येतात . (ध्वनी प्रसारण होताना निर्माण होणारे शिखर (crest) आणि दरी (trough) ) यानुसार समजून येते . हे वारंवार जास्त प्रमाणित घडून येत असेल तर **तरंगकाल** (period) चा कालावधी हा अगदी कमीच राहणार हेच गणिती सूत्र वापरून पुढीलप्रमाणे त्यांच्या संबंधाचे सूत्र मिळते .

$$T = 1/n$$

येथे  $n$  = वारंवारता, आपण मागील भागात तरंगलांबी म्हणजे दोन लगतच्या शिखरातील (crest) किंवा दोन लगतच्या दरीतील (trough) अंतर होय . हे अभ्यासले आहेच . एका सेकंदात वारंवारतेच्या संख्येइतके तरंगलांबी ची अंतरे म्हणजे ध्वनीचा वेग होईल .

$$\therefore \text{वेग (चाल)} = \text{वारंवारता} \times \text{तरंगलांबी}$$

$$\therefore V = n \times \lambda$$

येथे  $V$  = ध्वनीचा वेग (चाल),  $n$  = वारंवारता आणि  $\lambda$  = तरंगलांबी

जे तरंग सजीव प्राण्यांना ध्वनीच्या स्वरूपात जाणता येतात अशा तरंगांना ध्वनी तरंग किंवा श्राव्य तरंग म्हणतात (Audible Waves) सामान्यपणे निरोगी माणसांना 16Hz ते 20,000Hz वारंवारता असलेला ध्वनी ऐकता येतो . ही श्राव्य मर्यादा ही काही वेळा व्यक्तनुसार कमी अगर जास्त असू शकते . अशा ध्वनी तरंगांना अवश्राव्य तरंग (Infrasonic Waves) तर 20KHz पेक्षा अधिक वारंवारता असणा-या ध्वनी तरंगांना श्रव्यातील तरंग (Ultrasonic waves) असे म्हणतात . वटवाघळासारखे प्राणी हे मानवाच्या श्राव्य कक्षेतील ध्वनीपेक्षा अधिक क्षमतेच्या ध्वनीची संवेदना होत असल्यामुळे अंधारात मार्गातील अडथळा जाणून घेता येतो .

### 18.3 ध्वनीचे हवेतील प्रसारण [ Movement of sound in Air ] :

द्रवातून तसेच स्थायूतून होणारे ध्वनीचे प्रसारण हे अनुतरंग (Longitudinal Waves) प्रकारच्या तरंगाने घडून येते . पाण्यात खडा टाकल्याने विक्षोभ निर्माण होऊन तो बाहेरच्या दिशेने गतिमान होतो पण कागदाचा तुकडा मात्र गतिमान होण्याऐवजी वर आणि खाली हालचाल करतो .



विक्षोभ विंदूपाशी तरंग निर्मिती होते पण माध्यमातील कण त्यांची जागा बदलत नाहीत. जेव्हा त्यांच्यापाशी विक्षोभ पोहोचतो तेव्हा ते फक्त कंप पावतात. अशारीतीने तरंग हा विक्षोभ असून तो जेव्हा माध्यमातून जातो तेव्हा माध्यमातील कण शेजारच्या कणांना गतिमान करतात म्हणजेच तरंगाची गती हा माध्यमातून ऊर्जा पुढे पाठविण्याचा एक प्रकार आहे. ध्वनी देखील तरंगाच्या स्वरूपात प्रसारित होतो. वस्तू विक्षोभित होते आणि कंप पावते तेव्हा ध्वनी निर्माण होतो. ध्वनी भौतिक वस्तूतून किंवा पदार्थातून प्रसारित होतो त्याला माध्यम म्हणतात. ते घन, द्रव किंवा वायू स्वरूपाचे असू शकते. ध्वनी निर्वात पोकळीतून प्रवास करू शकत नाही. प्रत्यक्षात कंपित वस्तूपासून ऐकणा-यापर्यंत कण प्रवास करीत नाहीत. सर्वप्रथम कंपित वस्तूच्या संपर्कात असणारे कण त्यांच्या संतुलित अवस्थेपासून विचलीत होतात. नंतर ते शेजारच्या कणांवर बल प्रयुक्त करतात. शेजारचे कण त्यांच्या अचल अवस्थेपासून विचलीत होतात. शेजारच्या कणाला विचलीत केल्यानंतर पहिला कण पुन्हा मुळ स्थितीला येतो. स्रोतापासून ऐकणा-यापर्यंत ही प्रक्रिया पुन्हा पुन्हा घडत राहते आणि ध्वनी तरंगाच्या रूपात ऐकणा-यापर्यंत पोहोचतो. या कारणामुळेच चंद्रावर आपला आवाज दुस-यापर्यंत पोहोचत नाही म्हणजेच आपणास परस्परांशी संभाषण करता येत नाही. चंद्रावर वातावरण अतिविरल (म्हणजे नसल्यासारखेच) असल्याने चंद्रावर ध्वनीप्रसारण होत नाही.



### सरावासाठी प्रश्न 18.1

1. एका तरंगाची वारंवारता 100Hz आहे आणि दुस-याची वारंवारता 500Hz आहे. तर यापैकी कोणत्या ध्वनी तरंगातील लगतची शिखरे (crests) अधिक अंतरावर असतील ?
2. एका ध्वनी तरंगाची वारंवारता 1000Hz आहे. त्या ध्वनीचा वेग 330 मीटर प्रति सेकंद ( $\text{ms}^{-1}$ ) असेल, तर तरंगलांबी किती ते काढा.
3. मानवी कानाची ध्वनी ऐकण्याची मर्यादा सामान्यपणे किती वारंवारतेची आहे ?

### 18.4 : तरंगाचे विविध प्रकार

तरंगांचे विविध प्रकार करता येतात. तरंग हे तांत्रिक (mechanical) किंवा विद्युतचुंबकीय (Electromagnetic) प्रकारचे असू शकतात. यांच्यापैकी ज्यांचे प्रसारण घडून येण्यासाठी माध्यम आवश्यक असते त्यांना तांत्रिक तरंग (Mechanical Waves) असे म्हणतात. या ध्वनीतरंगांचे वेग हा माध्यमाच्या घनतेनुसार आणि लवचिकतेनुसार (Elastic) असतो. हेच दुस-या शब्दात सांगावयाचे झाल्यास ध्वनी तरंगाचा वेग (चाल) हा माध्यमाच्या कणांची लवचिकता तसेच कणांचे विस्थापन सहज घडते की नाही (कणांचे जडत्व) यावर अवलंबून असते. माध्यमांचे कण मुळ स्थितीला त्वरीत येत असतील तर त्यामध्ये लवचिकता (Elasticity) गुणधर्म आहे असे म्हणता येईल.

विद्युत चुंबकीय तरंग (Electromagnetic wave) हा प्रभाराच्या त्वरणाचा (त्वरणीय गतीचा) परिणाम आहे म्हणूनच विद्युत चुंबकीय तरंगाना प्रसारणासाठी माध्यमाची आवश्यकता नसते. ज्याप्रमाणे सूर्य आणि इतर तारे यापासून येणारा प्रकाश अवकाशाच्या निर्वात पोकळीतून तो पृथ्वीवर (आपल्यापर्यंत) पोहोचतो, त्याचप्रमाणे विद्युतचुंबकीय तरंग सुद्धा निर्वात पोकळीतून प्रसारित होतात. अशा तरंगांचा संबंध विद्युतप्रभार व चुंबकीय क्षेत्राशी असतो. हे दोन्ही क्षेत्र परस्परांशी लंब असून

उर्जा



टिपा

प्रसारणाच्या दिशेत असते. जेव्हा आपण विद्युत चुंबकीय तरंग म्हणतो, तेव्हा त्या तरंगांना भौतिकदृष्ट्या शिखर (crests) आणि दरी (troughs) असे स्वरूप नसते किंवा संपीडने (compressions) आणि विरलने (rarefactions) निर्माण होण्याचा प्रश्नच असतो. हवेतून ध्वनीचे प्रसारण होताना तरंगामुळे कमी दाब व जास्त दाब किंवा शिखर - दरी अशा घटना घडतात परंतु विद्युतचुंबकीय तरंगांना माध्यमाची जरूरी नाही - यामुळे त्यांचे प्रसारण हे प्रकाशाच्या वेगाने घडते म्हणजेच (म्हणजे मीटर प्रति सेकंद) किंवा 2.997925 लाख कि.मी. प्रति सेकंदा एवढा निर्यात पोकळीत असतो.

एखाद्या माध्यमात ध्वनी तरंगांचे प्रसारण असा आपण उल्लेख करतो, तेव्हा माध्यम म्हणजे कणांचा (सूक्ष्म कणांचा) संचय असा अर्थ अभिप्रेत असतो. एका कणांची हालचाल ही दुस-या कणाच्या हालचालीस कारणीभूत घडते. एका रांगेत अनेक सायकली पार्क केले असता, पार्क केलेल्या रांगेतील एखादी सायकल चूकून जरी धक्का लागून पडली तर ती लगतच्या सायकलीस धक्का देते, अशारीतीने हळूहळू रांगेतील सर्वच सायकली पडताना तुम्ही केव्हा तरी अनुभवले असेलच. ध्वनी तरंगाच्या बाबतीत असेच घडते व ध्वनीचे प्रसारण होते. ध्वनी तरंग हे तांत्रिक तरंग (Mechanical Wave) आहेत, परंतु प्रकाश तरंग, इन्फ्रारेड किरण, X- किरण (X-Rays), मायक्रोवेव्हज, रेडिओ तरंग इ. विद्युतचुंबकीय (em) तरंग आहेत. रेडिओ ऑक्टिव्ह पदार्थाचा -हास (Decay) घडताना उत्सर्जित होणारे गॅमा किरण हे सुद्धा विद्युतचुंबकीय (em) तरंग आहेत. यांची उर्जा उच्च प्रकारची असते. ते प्रकाशाच्या वेगाने म्हणजे 3 लक्ष किमी प्रति सेकंद वेगाने निर्यातातून जातात तर ध्वनी तरंगाचा हवेतील वेग इतका कमी आहे. पुढील तक्त्यामध्ये ध्वनीचा निरनिराळ्या माध्यमात असणारा वेग दिला आहे. त्यावरून ध्वनीचा स्थायूमध्ये असणारा वेग हा वायू, द्रव माध्यमातील वेगापेक्षा जास्त आहे हे स्पष्ट होते.

तक्ता 18.1 ध्वनीचा निरनिराळ्या माध्यमामध्ये/ पदार्थामध्ये असणारा वेग

माध्यम	वेग
पोलाद (steel)	5200 m/s
पाणी	1520 m/s
हवा	330 m/s
काच	4540 m/s
चांदी	3650 m/s

ध्वनीचा वेग आणि प्रकाशाच्या वेगात किती तरी फरक आहे, त्याची प्रचिती आपणास - जेव्हा पावसाळ्याच्या दिवसात गडगडारी स्वरूपाचा पाउस पडतो, अशावेळी आकाशात एकमेकावर ढग घासले जातात. त्याच क्षणी ध्वनी व प्रकाश (विद्युत प्रकाश) निर्माण होतात, तरीपण प्रथम आपणास वीज चमकताना दिसते, आणि नंतर ढगांचा गडगडाद ऐकू येतो. यांत्रिक तरंग हे अवतरंग (Transverse Wave) किंवा अनुतरंग (Longitudinal Wave) स्वरूपाच्या असतात परंतु विद्युतचुंबकीय तरंग हे फक्त अवतरंग (transverse Wave) प्रकारचे असतात.



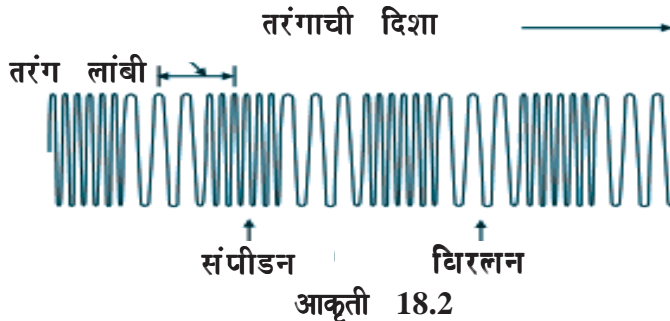
अवतरंग (transverse Waves) मध्ये माध्यमाच्या कणांची हालचाल आणि तरंगप्रसारणाची दिशा परस्परांना लंब असतात. परंतु अनुतरंगांच्या (Longitudinal Waves) बाबतीत दोघांची दिशा एकच असते. ध्वनीतरंग हे (i) अवतरंग (transverse wave) तसेच (ii) अनुतरंग (longitudinal Waves) अशा दोन्ही प्रकारात आढळतात.

**ध्वनी अवतरंग पाहणे ४-** एक लांब दोरी घ्या. तिचे एक टोक भिंतीसारख्या आधाराला (खुंडीला किंवा स्क्रुला) बांधा. दुसरे टोक तुमच्या हातात धरून ती सरळ करा. नंतर दोरीला किंचितसा हेलकावा द्या. दोरीत निर्माण झालेला तरंग अवतरंग आहे. अवतरंगात कणांचे दोलन मध्य स्थितीच्या वर आणि खाली होते. त्यांचे दोलन तरंग प्रसारणाच्या रेषेनुसार होत नाही पण प्रसारणाच्या लंब दिशेने दोलन होते. हे अवतरंगाचे उदाहरण होईल. कारण या उदाहरणामध्ये माध्यमाच्या कणांची हालचाल ही तरंग प्रसारणाच्या दिशेशी लंबरूपात आहे.

संथ पाणी असलेल्या तळ्यात जेव्हा आपण छोट्यासा दगड टाकतो तेव्हा बरीच गुंतागुंत स्वरूपाची क्रिया घडते. आपण फक्त पृष्ठभागावरील पाण्याचेच निरीक्षण करू या. आपणास असे दिसून येते की त्या विंदूजवळ दगड पाण्यास स्पर्श करतो, तो वर्तुळाकार तरंगांचा केंद्र (मध्य) बनतो व मोठ्या आकाराने तरंग किनाऱ्याकडे जाताना दिसतात. विक्षोभ विंदूभोवती तरंग निर्मिती होते पण माध्यमातील कण त्यांची जागा बदलत नाहीत हे आपणास त्या पाणावर तरंगणाऱ्या बदकाच्या साहाय्याने किंवा कागदी नाव पाण्यावर तरंगत असेल तर, त्याच्या खाली वर कंपने घेणाऱ्या हालचालीवरून स्पष्ट होते. मात्र त्यांची जागा बदलली जात नाही. काही वेळातच स्थिर झाल्यानंतर त्यांची जागा आहे त्याच ठिकाणी असल्याचे स्पष्ट दिसून येते हे अवतरंगच आहे.

### अनुतरंग (Longitudinal Wave)

अनुतरंगांच्या बाबतीत माध्यमातील प्रत्येक कणांची हालचाल विक्षोभाच्या समांतर दिशेने होते. कण एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी जात नाहीत पण ते फक्त मध्य स्थितीच्या पुढे आणि मागे आंदोलित होतात. उदा. वाहनाचा हॉर्न फुंकणे, बोलणे किंवा एखादी वस्तू वेगाने फेकणे अशा उदाहरणात आपण हवेतील कणांना धक्का देतो. हे कण त्यांच्या लगतच्या कणांना धक्का देतात. त्यांच्यातील उर्जा संपताच पुन्हा ते कण मुळ ठिकाणी येतात. याचा परिणाम म्हणजे संपीडने (compressions) आणि विरलने (rarefactions) निर्माण होतात. अशारीतीने कण गतिमान न होतात संपीडने व विरलने हीच हवा ध्वनी प्रसारणाच्या दिशेने जातात. ज्याप्रमाणे अवतरंगांच्या बाबतीत लगतच्या दोन शिखरे (crests) किंवा लगतच्या दोन दरीमधील (troughs) अंतरास तरंगलांबी (wave length) म्हणतात. त्याचप्रमाणे अनुतरंगांच्या बाबतीत, लगतच्या दोन संपीडनातील अंतर किंवा लगतच्या दोन विरलनांमधील अंतर म्हणजे तरंगलांबी होय.







टिपा

अवतरंगाची निर्मिती ही माध्यम द्रवरूप स्थितीत आणि हवा यामध्ये घडून येते. मात्र अनुतरंग हे द्रव, स्थायू आणि वायू अशा तिन्ही स्थितीतील माध्यमाच्या बाबतीत घडून येते.

आपण अनुतरंग कसे दिसतात हे पाहण्यासाठी पुढील प्रमाणे कृती करू या - एक लांबट आकाराची स्प्रिंग घ्या. तिचे एक टोक आधारास घट्ट बसवा व दुसरे टोक मोकळे ठेवा. आता त्या मोकळ्या टोकास धरून स्प्रिंगच्या लांबीच्या दिशेने किंचित ओढा अगर दाब घ्या व स्प्रिंगचे निरीक्षण करा. ती स्प्रिंग तिच्या अक्षाशी संपीडने आणि विरलने निर्माण करते असे निदर्शनास येते.

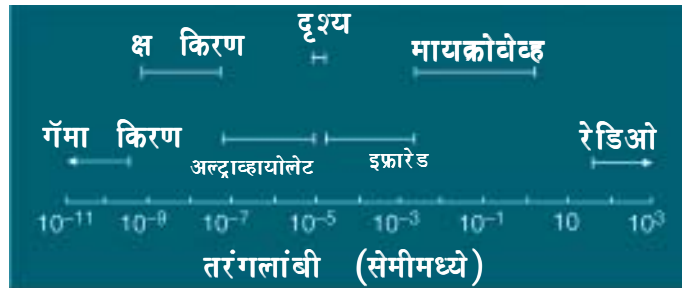


सरावासाठी प्रश्न 18.2

- तरंगामुळे ऊर्जेचे प्रसारण होते की वस्तूचे (माध्यमातील कणांचे) ते सांगा.
- तांत्रिक तरंग आणि विद्युतचुंबकीय तरंग यातील फरक सांगा.
- अवतरंग आणि अनुतरंग यातील फरक सांगा.
- अवतरंगांची निर्मिती स्थायू पदार्थांमध्ये शक्य आहे काय ?

तक्ता क्र. १८.२ विद्युत चुंबकीय लहरी - गुणधर्म

नाव	तरंगलांबी (Angstroms)	तरंगलांबी (centimeters)	कक्षा (Hz)	Energy (eV)
रेडिओ	$>10^9$	$>10$	$<3 \times 10^9$	$<10^{-5}$
मायक्रोवेव्ह	$10^9-10^6$	$10-0.01$	$3 \times 10^9-3 \times 10^{12}$	$10^{-5}-0.01$
इन्फ्रारेड	$10^6-7000$	$0.01-7 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{12}-4.3 \times 10^{14}$	$0.01-2$
दृश्य	$7000-4000$	$7 \times 10^{-5}-4 \times 10^{-5}$	$4.3 \times 10^{14}-7.5 \times 10^{14}$	$2-3$
एल्ट्राव्हायोनेट	$4000-10$	$4 \times 10^{-5}-10^{-7}$	$7.5 \times 10^{14}-3 \times 10^{17}$	$3-10^3$
एक्स रे	$10-0.1$	$10^{-7}-10^{-9}$	$3 \times 10^{17}-3 \times 10^{19}$	$10^3-10^5$
Gamma rays	$<0.1$	$<10^{-9}$	$>3 \times 10^{19}$	$>10^5$



The electromagnetic spectrum

आकृती क्र. 18.3





### 18.5 : ध्वनीचे स्वरूप, मापन आणि दर्जा (Nature, Measure and Quality of Sound)

ध्वनीची तीव्रता (level)/ पातळी मोजण्याचे एकक डेसिबल (decibel – dB) हे आहे . या शब्दातील डेसि म्हणजे दहावा भाग आणि बेल म्हणजे ध्वनीची पातळी होय . डेसिबेल या शब्दातील (Bel) हा टेलिफोनचा शोध लावणारा अलेक्झांडर ग्रॅहम बेल यांच्या सन्मानार्थ घेतला आहे . खरे तर एकक दोन स्रोतांच्या शक्तीची तुलना करण्यासाठी आहे . समजा  $P_1$  आणि  $P_2$  हे दोन स्रोतांच्या शक्तींची पातळी दर्शविणारे मानू आणि त्यांच्या पातळीतील फरक  $n$  डेसिबल मानू . जर

$$n = 10 \log_{10} P_2/P_1$$

येथे म्हणजे ज्या ध्वनीचे मापन करावयाचे आहे आणि म्हणजे त्या ध्वनीशी तुलना करण्यासाठी असलेली किंमत . (हि किंमत सामान्यपणे श्राव्य ध्वनी एवढी घेतली जाते) सामान्यपणे मानवी कानाची सरासरी श्राव्य ध्वनी - पुटपुटणे- हळू बोलणे 30 डेसिबेल, आपआपसात संभाषण करणे - 65 डेसिबेल, तर जेट विमानाचे उड्डाणाचे वेळी 150 डेसिबेल घेतले जाते . 85 डेसिबेलपेक्षा अधिक पातळीच्या (तिव्रतेचा) ध्वनीमुळे तात्पुरते बहिरेपणा येण्याचा धोका संभवतो . व-याच वेळापर्यंत अशा आवाजाच्या सान्निध्यात राहिले तर कायमचे बहिरेपणा येण्याचा धोका अधिक असतो म्हणून प्रत्येक व्यक्तीने अतिगोंगाट किंवा मोठ्या ध्वनीची निर्मिती कार्यक्रम साजरे करतानासुद्धा होणार नाही याची दक्षता घ्यावी . रोगी माणसे किंवा वृद्ध व्यक्तीना गोंगाट सहन होत नाही . याच कारणामुळे शाळा, हॉस्पिटल इ . ठिकाणी लग्नसमारंभ असले तरी बॅंड वाजविण्यास बंधन घातले जाते आणि तसे फलक (Board) लावले जातात . मोठ्या आवाजामुळे रक्तदाब वाढून अस्वस्थपणा जाणवतो म्हणजेच व्यक्तीचे स्वास्थ्य हरविले जाते (वेचेन) . त्याचप्रमाणे सततच्या आवाजामुळे मानसिक ताण वाढतो . दिवाळीसारख्या सणाचे वेळी किंवा इतर आनंदाचे वेळी फटाके फोडणे यामुळे वातावरण प्रदूषित तर होतेच त्याचप्रमाणे ध्वनिप्रदूषण सुद्धा वाढते हे अवश्य जाणावे आणि प्रत्येकाने स्वतःमध्ये तसा वर्तनात बदल करावा .

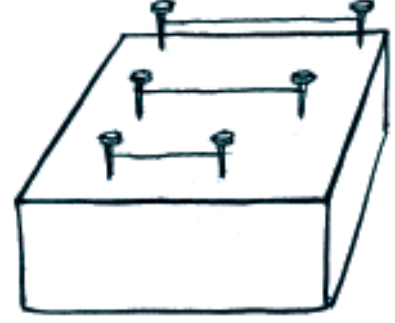


#### तुम्हाला माहिती आहे का ?

मानवी स्वास्थावर ध्वनीचा होणारा परिणाम हा मुद्दा आपण विचारात घेतल्यास, निश्चितपणे असा विचात येतो . कोणत्या पातळीवरील आवाज आपले स्वास्थ्य विघडवू शकतो तर याचे मोजमाप करणारे एखादे यंत्र आवश्यक ठरते . ते उपकरण आहे - डेसिबेल मीटर . यामध्ये 'पिझोइलेक्ट्रिक क्रिस्टक' अशा विशिष्ट स्फटिकाचा वापर करून बनविलेले असते . पिझोइलेक्ट्रिक क्रिस्टलमध्ये वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्म असतो यावर थोडासा जरी दाब पडला तरी विद्युतदाब निर्माण होऊन डेसिबेल मीटरमधील पडदा कंप पावतो . दर्शक व मापनपट्टी यांच्या साहाय्याने आपणास मापन दिसू शकते . फटाके उडविताना होणारा आवाज, कारखान्यातील यंत्रे चालू असताना होणारा आवाज, वाहनांचा आवाज इ . आपण मापन करू शकतो आणि मर्यादितपेक्षा आवाज वाढणार नाही अशी यंत्रणा यंत्रे तयार करताना, वाहने तयार करताना केली जाते . टसेच मोठा ध्वनी निर्माण करणा-या फटाक्यांवर बंधन घातले अगदी संगीतसुद्धा मोठ्या आवाजात बराच वेळपर्यंत ऐकले गेल्यास बहिरेपणा येण्याची शक्यता वाढते .



भिन्न प्रकारच्या ध्वनी स्रोतापासून निर्माण होणारा ध्वनी हा भिन्न स्वरूपाचा असतो. आपणास ध्वनीची तीव्रता (Pitch) आणि ध्वनीची उच्चता (loudness) यांच्यातील फरक जाणता येणे जरूरीचे आहे. धातूच्या भांड्यावर धातूच्या चमच्याने आघात करून निर्माण होणारा ध्वनी हा पाण्याच्या घड्यावर लाकडी काठीने आघात करून निर्माण होणा-या ध्वनीपेक्षा जास्त तीव्रतेचा असतो. स्त्रियांचा आवाज हा पुरुषांच्या आवाजापेक्षा जास्त वारंवारता असणारा असतो. आवाज हा फक्त एकाच वारंवारतेचा असतो असेही नसते, तो मिश्र वारंवारतेपासून निर्माण होतो. काही गुणित स्वरूपाची वारंवारता असू शकते अशा समान स्वरूपाच्या वारंवारतेला मूलभूत सूर (Fundamental notes) असे म्हणतात.



आकृती १८.४ ध्वनीची तीव्रता आणि तरंगलांबी यामधील संबंध पाहणे

आपणास तरंगलांबी (Wave length) आणि वारंवारता (Frequency) यांच्यातील संबंध माहिती आहे. आपणास माहिती आहेच जेव्हा बासरीची सर्व छिद्रे (holes) उघडी ठेवून वाजविली असता ध्वनीची तीव्रता उच्च (higher pitch) स्वरूपाची असते. (लघु तरंगलांबी, अधिक वारंवारता) परंतु सर्व छिद्रे (holes) बंद करून मिळणारा आवाज उच्चतम तरंगलांबीचा असतो आणि हे आपणास या सूत्रावरून समजून येतेच. जोराने फुंकून उच्च तीव्रतेचा आवाज बासरीतून मिळविता येतो.



### कृती 18.2

**ध्वनीची तीव्रता आणि तरंगलांबी यांचा परस्पर संबंध पाहणे :**

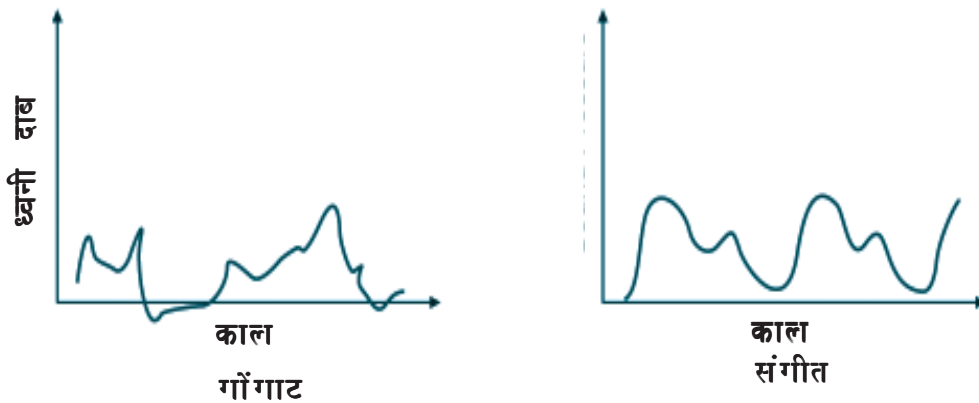
ध्वनीची तीव्रता (Pitch) व तरंगलांबी (wave length) यांच्यातील संबंध जाणण्यासाठी तबला आणि ढोल यांचे आवाज तसेच लहान दोरी वापरून आणि मोठी (जास्त लांबीची) दोरी घेऊन ते छेडले असता निर्माण होणारा ध्वनी यांच्याद्वारे आपणास असे दिसून येते की लहान (तबला, लहान दोर) स्रोतापासून निर्माण होणार ध्वनी उच्च वारंवारतेचा असतो.

आकृती 18.4 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे एक साधे उपकरण तयार करा - एक काटकोन चौकोनी आकाराची धातूच्या पत्र्याची मध्यम आकाराची पेटी घ्या. धातूची पेटी उपलब्ध नसेल तर प्लायवूडची अगर जाड पुट्ट्यापासून बनविलेली असेल तरी ठीक. धातूच्या तीन तारा (wire) घ्या. ह्या तारा संगीत वादये विकणा-या दुकानात मिळू शकतात. हे उपलब्ध नसेल तर हार्डवेअरच्या दुकानातून मिळू शकतील. याचबरोबर स्कू आणि नट यांच्या तीन जोड्या घ्या. ( हे सुद्धा हार्ड वेअरच्या दुकानातून मिळू शकतात) आता हे स्कू या पेटीच्या एका पृष्ठभागावर अंतर ठेवून तीन जोड्या समोरासमोर भिन्न भिन्न अंतरे ठेवून बसवा. (आ. 18.4 पहा) साधारणपणे समोरासमोरील स्कूच्या प्रत्येक जोडीतील अंतर सुमारे 10 सेमी, २२० सेमी, आणि 30 सेमी असावे अशारीतीने स्कू बसवावेत. नंतर या स्कूच्या वरच्या टोकाजवळ धातूच्या तारा बसवा. त्या तारांची लांबी अर्था तच भिन्न भिन्न होईल. (10 सेमी, 20 सेमी आणि 30 सेमी) त्या तारा बसविताना ताण देवून बसवा.



आता त्या तारा बोटानी अगर लहान बांबूच्या काडीच्या सहाय्याने छेडा आणि निर्माण होणा-या ध्वनीचे निरीक्षण करा. तुम्हास त्या प्रत्येक तारेपासून निर्माण होणारा ध्वनी भिन्न भिन्न असल्याचे जाणवेल. ज्या तारेची लांबी कमी आहे (10सेमी) त्या तारेपासून निर्माण होणा-या ध्वनीची वारंवारता (Frequency) उच्च राहिल.

यानंतर तुम्ही, तुमच्या मित्रांना बोलावून घ्या, आणि घरच्या घरी बनविलेले हे उपकरण त्यांना दाखवा. प्रत्येकांना ह्या तारा छेडण्यास सांगा. प्रत्येक तारांपासून निर्माण होणा-या ध्वनीचे निरीक्षण करण्यास सांगा. त्यांनासुद्धा तुमच्यासारखाच अनुभव येईल म्हणजेच प्रत्येक तारांपासून ऐकू येणारा ध्वनी भिन्न स्वरूपाचा असेल. जास्त लांबीच्या तारापासून (30 सेमी) जास्त तरंगलांबी असणारी तारेची कंपने दिसून येतील यामुळे त्या तारेची वारंवारता कमी असल्याचे आढळेल (जास्त लांबी असणा-या तरंगांची वारंवारता कमी असते, हा नियम आठवा) याच तत्वावर आधारित सतार आणि तत्सम तंतूवाद्ये कार्यान्वित होतात तसेच त्या तारेस दिलेल्या ताणावरसुद्धा तरंगाची वारंवारता अवलंबून असते. हा गुणधर्म तुम्ही पुढीलप्रमाणे पडताळून पाहता येईल - त्या तारा ज्या स्कूना बांधले आहेत, ते स्कू फिरवून तारेचा ताण कमी-जास्त करता येतो. अशीच क्रिया करण्यासाठी त्या तारांचे एक टोक स्कूला घट्ट बसवून दुस-या टोकांस भिन्न वजने लावून तारांस भिन्न भिन्न ताण देता येईल. नंतर वरीलप्रमाणेच तारा घेऊन तरंगलांबी, वारंवारता यांचे निरीक्षण करून पडताळा घ्या. असाच अनुभव आपणास एकाच आकाराचे समान ग्लास (काचेचे किंवा धातूचे जसे - स्टेनलेस स्टील ग्लास) घेऊन त्यामध्ये भिन्न - भिन्न उंचीपर्यंत पाणी भरून, त्यांच्यावर स्टील चमच्याने किंवा मजबूत कांडीने (बांबूसारखे) आघात करून निर्माण होणा-या ध्वनींचा फरक जाणता येतो. ज्या ग्लासमध्ये हवेची उंची कमी आहे (म्हणजेच ज्या ग्लासमध्ये जास्त उंचीपर्यंत पाणी आहे) त्यापासून निर्माण होणारा ध्वनी अधिक तीव्रतेचा म्हणजेच अधिक वारंवारतेचा असल्याचे अनुभवास येईल. निर्माण होणा-या ध्वनीच्या तरंगांची लांबी ही हवेच्या स्तंभाच्या प्रमाणात असते. दोन तबल्यांचा एक सेट घेऊन त्यांच्यापासून निर्माण होणारा ध्वनी एकाच तीव्रतेचा मिळेल का? ज्याचा पडदा लहान असतो त्याचा ध्वनी अधिक तीव्रतेचा की ज्याचा पडदा मोठ्या आकारात असतो त्याचा ध्वनी अधिक तीव्रतेचा मिळेल? त्याचा पृष्ठभाग मोठ्या आकाराचा असतो त्या पासून मिळणा-या ध्वनी तरंगाची लांबी अधिक राहते. तसेच त्याच्या ध्वनीची तीव्रता कमी असते असा अनुभव येईल.



आकृती 18.5

उर्जा



टिपा

संगीत हा श्रवणीय ध्वनी (ऐकताना आनंद देणारा ध्वनी) असून तो नियमबद्ध स्वरूपाचा असतो. त्याचा 'दर्जा' किंवा 'विशिष्ट गुणधर्म' यामुळे आपणास सरखीच तीव्रता आणि उच्चता असणा-या ध्वनीचा वेगळेपणा ओळखता येतो. अधिक आनंददायक ध्वनी उच्च दर्जाचा आहे असे म्हणतात तर गोंगाट निर्माण करणारा ध्वनी आनंददायी नसतो असा ध्वनी विविध प्रकारच्या वारंवारतेच्या अनियमित मिश्रणाने निर्माण होतो यामुळे आनंददायक नसतो तर सूर नियमित स्वरूपात भिन्न भिन्न वारंवारता असणा-या मिश्रणाने तयार होणारा ध्वनी असतो. एकच वारंवारता असणा-या ध्वनीला स्वर (tune) असे म्हणतात. उच्चता (Loudness) म्हणजे ध्वनीला कानाने दिलेल्या प्रतिसादाचे मोजमाप होय. मात्र ध्वनीची प्रखरता (Intensity) म्हणजे एकक कालावधीत एकक क्षेत्रफळातून जाणारी एकूण ध्वनी उर्जा होय. दोन ध्वनींची उच्चता असा ध्वनी विविध प्रकारच्या वारंवारतेच्या अनियमित मिश्रणाने निर्माण होतो यामुळे आनंददायक नसतो. तर सूर नियमित स्वरूपात भिन्न भिन्न वारंवारता असणा-या मिश्रणाने तयार होणारा ध्वनी असतो. एकच वारंवारता असणा-या ध्वनीला स्वर (tune) असे म्हणतात. ध्वनीची उच्चता व प्रखरता वेगळ्या आहेत. ध्वनीची उच्चता (Loudness) म्हणजे ध्वनीला कानाने दिलेल्या प्रतिसादाचे मोजमाप होय. मात्र ध्वनीची प्रखरता (Intensity) म्हणजे एकक कालावधीत एकक क्षेत्रफळातून जाणारी एकूण ध्वनी उर्जा होय. दोन ध्वनीची उच्चता (loudness) समान असेल तसेच समान तीव्रतेचा ध्वनी (Pitch) असेल तरीही त्याचा दर्जा भिन्न असू शकतो. यामुळेच आपण सतार (sitar) आणि गिटार (Guitar) यांच्याद्वारे निर्माण होणा-या ध्वनीमध्ये फरक असतो हे जाणता येते. जरी त्यांच्या ध्वनींची उच्चता तसेच तीव्रता समान असून सुद्धा दर्जा (quality) भिन्न असल्याचे अनुभवास येते. संगीतकाराने निर्माण केलेला ध्वनी तीन प्रकारचा असतो. दर्जा (Quality), तीव्रता (Pitch) आणि उच्चता (Loudness). गायक गाणे गात असताना सूरची पुनरुक्ती होते. ही नियमित असते म्हणून श्रवणीय असते. परंतु गोंगाटात सूरची पुनरुक्ती होत असली तरी ती नियमित स्वरूपाची नसते. परिणामी असा ध्वनी आनंददायी नसतो. आपण जर ध्वनी दाब व वेळ (काळ) यांचा आलेख काढला तर गायक गात असताना नियमित पध्दतीने पुनरावृत्ती होते, पण गोंगाट असताना आलेखातील तो नियमितपणा आढळत नाही.



कृती 18.3

एक बासरी घ्या. त्याची सर्वच सहा छिद्रे (भोके) (holes) बोटांनी बंद करा. (करांगळीचा वापर करू नका.) आणि बासरीमध्ये फुंका आणि निर्माण होणारा ध्वनी लक्षपूर्वक ऐका. आता अशाच स्थितीत (सर्वच भोके बंद केलेल्या स्थितीत) जोराने फुंका- तुम्हास मोठा आवाज ऐकू येईल. हिच क्रिया थांबून - थांबून म्हणजेच अनियमित स्वरूपाची केल्यास निर्माण होणारा ध्वनी तुम्हाला आनंददायी वाटणार नाही. परंतु सातत्य ठेवल्यास (सतत फुंकल्यास) निर्माण होणारा ध्वनी तुम्हाला आनंददायी वाटतो याचा अनुभव येईल. आपल्या भारत देशात अनेक प्रकारची वाद्ये आहेत. बासरी, सतार, सरोद, तबला, झम (ढोल), अगदी पाश्चात्य पध्दतीची वाद्ये - गिटार, पियानो, हार्मोनियम (बाजाची पेटी) इ. वाद्ये प्रसिध्द आहेत. यांच्यापैकी काही तंतूवाद्ये आहेत, तंतू छेडून ते कंप पावतात व ध्वनी निर्माण होतो. जसे - तानपुरा, सतार, एकतारी इ. तर काही आघात वाद्ये आहेत, उदा. तबला, ढोल अशा वाद्यांच्या पडद्यावर आघात करून (हाताच्या साहाय्याने किंवा लहान काठीच्या

## ध्वनी आणि दळणवळण

सहाय्याने आघात) ध्वनी निर्माण केला जातो. त्याचप्रमाणे वासरी, तुतारी ह्या वाद्यांच्या नळीत फुंकून ध्वनी निर्माण केला जातो.



आकृती 18.8 वाद्ये



तुम्हाला माहिती आहे का ?

वासरी हे सर्वात प्राचीन वाद्य मानले गेले आहे. इ.स.2008 मध्ये उल्म (Ulm – South West Germany) या ठिकाणी गिधाडाच्या पंख्यातील हाडापासून तयार केलेली वासरी सापडली आहे. यावर फक्त 5 भोके आहेत. आजकालच्या वासरीला 6 किंवा यापेक्षा अधिक भोके असतात. ती वासरी सुमारे 35,000 वर्षापूर्वीची असावी असा अंदाज केला जातो.

विभाग ४

उर्जा



टिपा

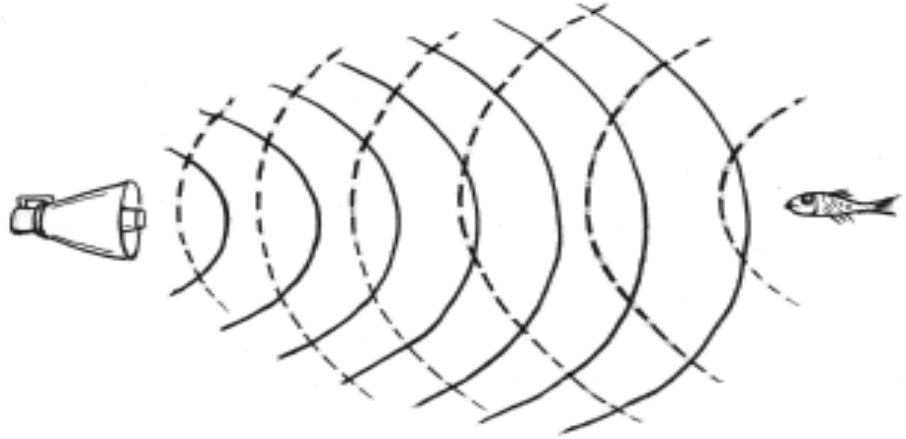


## सरावासाठी प्रश्न 18.3

१. ध्वनीची प्रखरता (Intersity) मोजण्याचे एकक काय ?
२. वासरीच्या लांबीच्या भागावर अनेक भोके (holes) असतात, याचे शास्त्रीय कारण लिहा .

**18.6 : संदेश वहनासाठी भिन्न प्रकारच्या तरंगांचा उपयोग (सोनार-रडार यासारखी यंत्रणा)**

**सोनार (SONAR) :-** प्रतिध्वनीचे तत्व SONAR (Sound Navigation and Ranging System) पध्दतीत वापरतात . जसे - तुम्ही एखाद्या भिंतीवर चेंडू आपटला-फेकला-तर तो परत तुमच्याकडे येतो . परंतु भिंत नसताना फेकलेला चेंडू तुमच्याकडे परत येत नाही . असेच तत्व SONAR पध्दतीत वापरले जाते . (चेंडू परत येण्याची भिंत असताना आणि भिंत नसताना चेंडू परत न येणे . ही क्रिया डोळे झाकून केली तरी परिणामात फरक नसतो) या पध्दतीने समुद्राच्या तळाशी असणारे अडथळे शोधता येतात व समुद्राची खोली मोजता येते . SONAR पध्दतीने समुद्राची खोली अगर तळाशी असणारे अडथळे मोजण्याचे कारण असे की यांची ध्वनी उर्जा ही टिकून राहते, परंतु विद्युत चुंबकीय तरंगांची ध्वनी उर्जा ही पाण्यामध्ये लवकरच क्षीण होत जाते . यामागचे कारण म्हणजे पाणी हे विद्युतवाहक आहे म्हणून याऊलट SONAR तरंग हे पाण्यात कितीही अंतरापर्यंत उर्जा कमी न होता प्रसारित होतात .



आकृती 18.7 सोनार

SONAR पध्दतीत दोन प्रकार असू शकतात . एका पध्दतीस Active – SONAR म्हणतात तर दुस-या पध्दतीस Passive – SONAR म्हणतात . Passive – SONAR पध्दतीत व्यक्ती ही त्यांच्याभोवती असणारे ध्वनी तरंग (Sound Waves) शोधू शकते . अशी पध्दती इ.स. 1490 मध्ये लिआनार्डो - डा-व्हिन्सी (Leonardo-da-Vinci) याने प्रथम वापरली याने समुद्रातील पाण्यात नळी बुडवून जहाजावर वसून नळीच्या उघड्या तोंडाजवळ स्वतःचा कान आणला आणि जहाजाने निर्माण होणा-या तरंगांचा वेध घेतला . आजकाल हे तंत्र अधिक विकसित झाले असून वापरण्यास



अगदी सोपे झाले आहे. जागतिक दुस-या महायुद्धाचे (World War II) वेळी शत्रूच्या जहाजांची आणि पाणबुड्यांची टेहेळणी करणे यासाठी SONAR यंत्रणा वापरली गेली.

**?** तुम्हाला माहिती आहे का ?

एखाद्या थंड हवेच्या ठिकाणी प्रतिध्वनी स्थळाला म्हणजे 'एको-पॉईंट' ला तुम्ही कधी भेट दिली आहे का ? एको - पॉईंट जवळ तुम्ही मोठ्याने ओरडल्यानंतर थोड्याच वेळात तुम्हाला पुन्हा तोच ध्वनी ऐकू येतो. या ध्वनीला 'प्रतिध्वनी' असे म्हणतात. अगदी मोठ्या सभागृहात सुध्दा असा अनुभव आपणास येतो. जर ध्वनीचे परावर्तन थोड्याच अंतरावरून होत असेल तर आपण परावर्तित ध्वनी स्वतंत्रपणे जाणता येत नसल्याने प्रतिध्वनी ऐकू येत नाही. कारण आपल्या श्रवणकेंद्रात पहिल्या ध्वनीची जाणीव 0.1 सेकंदपर्यंत टिकून राहते. या कालावधीच्या आत परावर्तित ध्वनी आल्यास तो मूळच्या ध्वनित मिसळतो, यामुळे प्रतिध्वनी स्वतंत्रपणे ऐकता येत नाही. व-याच व्यक्तींना वाथरूममध्ये गाण्याची सवय असते. वाथरूमच्या भिंतीतील अंतर हे कमी असल्याने पहिला ध्वनी व परावर्तित ध्वनी एकमेकात मिसळल्यामुळे गाणा-यास आनंद मिळतो.

टिपा

आजच्या आधुनिक जगात SONAR या तंत्रज्ञानास अतिशय महत्व प्राप्त झाले आहे. याचे प्रमुख दोन भाग असतात.

१. प्रक्षेपक (Transmitter) यामध्ये सिग्नल निर्मिती उपकरण, ध्वनीवर्धक (amplifier) आणि (transducer) असतात.
२. शोधक (Detector):- यामध्ये एक किंवा अनेक शोधक उपकरणाची जोडणी असते. यालाच Receiver असेही म्हणतात.

प्रत्यक्ष 'SONAR' तंत्र वापरताना. त्या व्यक्तीस प्रथम प्रक्षेपकातून निघालेला संदेश एका अरुंद मार्गातून तळाच्या दिशेने जातो याची खात्री करावी लागते. प्रक्षेपकातून तीव्र ध्वनीतरंग सोडले जातात. हे प्रक्षेपक ध्वनीतरंग पाण्यातून समुद्राच्या तळापर्यंत जातात आणि तेथून परावर्तित होतात. परावर्तित ध्वनीतरंगांची जहाजावरील शोधक यंत्रात (गाहकयंत्रात) नोंद होते. प्रक्षेपकाने ध्वनी निर्माण केल्यापासून परावर्तित ध्वनीची शोधक यंत्रात/ गाहक यंत्रात नोंद होण्यापर्यंतचा कालावधी नोंदला जातो. या कालावधीवरून समुद्राची खोली पुढील सूत्राने काढतात.

$$\text{समुद्राची खोली} = \text{ध्वनीचा पाण्यातील वेग} \times \frac{1}{2} \text{ कालावधी}$$

$$\text{म्हणजेच } d = \frac{1}{2}vt,$$

येथे  $d =$  समुद्राची खोली

$v =$  ध्वनीचा पाण्यातील वेग

$t =$  लागलेला कालावधी (प्रक्षेपकातून निघालेला ध्वनी परावर्तनानंतर शोधकावर (detector) येण्याचा कालावधी)

उर्जा



टिपा

SONAE तंत्राचा उपयोग करून समुद्राची खोली काढता येते. त्याचप्रमाणे पाण्याखालच्या टेकड्या, द-या, पाणबुड्या, बुडालेली जहाजे, मोठमोठाले देवमासे (whales) आणि इतर तत्सम प्राणी शोधण्यासाठी याचा उपयोग केला जातो. खरे तर हे तंत्र अगदी जटील स्वरूपाचे असते कारण ध्वनीचा वेग अनेक घटकांवर अवलंबून असतो. उदा. पाण्याची घनता इ.

### 18.6.1 : रडार (Radar)

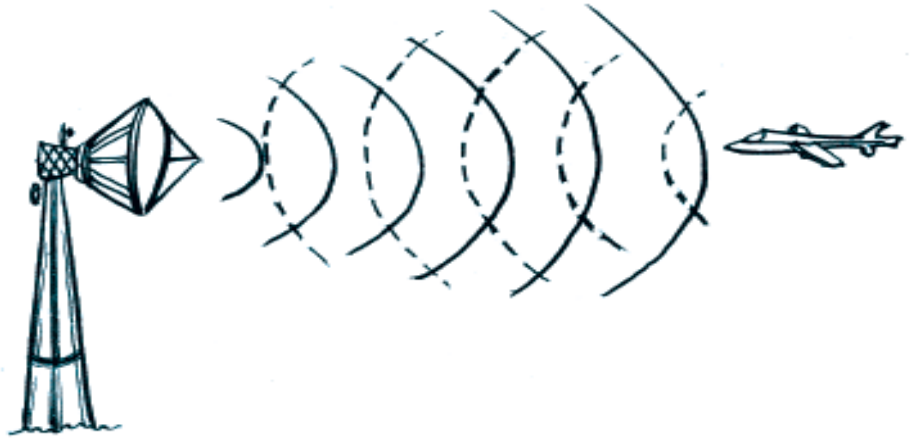
RADAR हा शब्द Radio Detection and Ranging या शब्दसमूहातून संक्षिप्त रूपाने घेतला आहे. याचा उपयोग आपणास अनेक ठिकाणी अनेक प्रकारे करता येतो.

१. वातावरणातील वस्तू आणि घडणा-या घटनांचे निरीक्षण करण्यासाठी, जसे - ढग, वादळ, पावसाचे थेंब (Raindrops), आणि वातावरणाचा अंदाज घेणे.
२. हवाई वाहतूक नियंत्रक - आकाशातून जाणा-या वाहनांचे नियंत्रण (विमान, हेलिकॉप्टर इ. वाहने)
३. जहाजाना दिशादर्शक म्हणून उपयोगी
४. सैन्यामध्ये उपयोगी (त्वरीत सूचना देणे - युद्ध नियंत्रक रडार)

रडार यंत्रणेमध्ये रेडिओ तरंग तंत्रज्ञान वापरले असून त्याचे कार्य SONAR प्रमाणेच असते. रडारमध्ये रेडिओ तरंगांचे कार्य व SONAR मध्ये ध्वनीतरंगांचे कार्य सारखेच असते.

रडार (RADAR) यंत्रणेचे प्रमुख घटक पुढीलप्रमाणे -

1. (pulse source) , अँटेनासह प्रक्षेपक - रेडिओतरंग निर्माण करणारी यंत्रणा, प्रक्षेपक यंत्रणा
२. रेडिओतरंग परावर्तक
३. शोधक/ ग्राहक यंत्र (Receiver) अँटेनासह दर्शक यंत्रणा- जसे कॅथोड किरण ट्यूब (Cathode Ray Tube) (दूरदर्शन/संगणक यांचा पडदा)



आकृती 18.8 रडार





**प्रक्षेपक (Transmitter) :** रडार यंत्रणेच्या प्रक्षेपकाद्वारे रेडिओतरंग निर्माण करून त्यांचे प्रसारण केले जाते. हे रेडिओ तरंग सर्व दिशांना प्रक्षेपित होतात. या तरंगांच्या मार्गात एखादी वस्तू आल्यास त्यावरून परावर्तन घडते. या परावर्तित रेडिओ तरंगांचे शोधक यंत्रणेद्वारे विश्लेषण केले जाते. रेडिओ तरंगांचा वेग हा प्रकाशाच्या वेगाएवढाच प्रचंड असतो. (दर सेकंदास 3 लक्ष किलोमीटर) कारण रेडिओ तरंग हे सुद्धा विद्युत चुंबकीय तरंगच आहेत. यामुळे या तरंगांचा बाहेर पडण्याचा वेळ व पुन्हा परत येण्याचा वेळ हा अगदीच कमी असतो म्हणूनच प्रक्षेपकातून रेडिओ तरंग प्रक्षेपित करताच ही यंत्रणा त्वरीत बंद करून शोधक यंत्रणा (ग्राहक यंत्रणा) सुरू करतात. यामुळे जाणारे रेडिओ व परावर्तित रेडिओ तरंग परस्परात मिसळले जाण्याची शक्यता नसते. जर काही वेळातच जर ग्राहक यंत्रणेत संदेश प्राप्त होत नसेल तर त्या प्रक्षेपित केलेल्या रेडिओ तरंगांच्या मार्गात काही वस्तू (अडथळा) नाही असा निष्कर्ष काढून पुन्हा ग्राहक यंत्रणा बंद (switch off) करून प्रक्षेपण यंत्रणा (Transmitter) सुरू करून वरील प्रमाणे सर्व कृती केली जाते. ही कृती पुन्हा पुन्हा करून शोध घेतला जातो व ती वस्तू त्यापासून (Radar) किती अंतरावर आहे हे SONAR यंत्रणे प्रमाणेच निश्चित करता येते. या कृतीला

(pulsed transmitter) असे

म्हणतात गतिमान वस्तूचा वेध (शोध) घेण्यासाठी प्रक्षेपण यंत्रणा ही सतत चालू ठेवावी लागते. अशा गतिमान वस्तूपासून परावर्तित होणा-या रेडिओ तरंगांची वारंवारता ही प्रक्षेपित रेडिओ तरंगापेक्षा भिन्न वारंवारतेची असते. जर वस्तू प्रक्षेपित केंद्रापासून (रडारपासून) दूर जात असेल तर परावर्तित रेडिओ तरंगांची वारंवारता ही प्रक्षेपित केलेल्या रेडिओ तरंगांच्या वारंवारतेपेक्षा कमी असते. याउलट रडार केंद्राकडे येणारी वस्तू असेल तर परावर्तित रेडिओ तरंगांची वारंवारता ही प्रक्षेपित केलेल्या रेडिओ तरंगांच्या वारंवारतेपेक्षा अधिका असते. अशाप्रकारे गतिमान वस्तू रडार यंत्रणा केंद्राकडे येत आहे की दूर जात आहे तसेच त्या वेळी प्रक्षेपण केंद्रापासून (Radar पासून) किती अंतरावर आहे याचा शोध घेता येतो. यालाच ध्वनीचा 'डॉप्लर परिणाम' (Doppler Effect) असे म्हणतात. यासाठी शोधक / ग्राहक (Receiver) यंत्रणेत अशा प्रकारे सोय केली जाते की केवळ परावर्तित रेडिओ तरंग घेतले जातील, (प्रक्षेपित होणारे रेडिओ तरंग ग्रहण केले जात नाहीत)

**रडारचे उपयोग :-** रडारच्या सहाय्याने अवकाशातील वाहतूक नियंत्रण करता येते. त्याचप्रमाणे याच्या सहाय्याने ढगांचा शोध घेणे, पाऊस-थेंवांचा अंदाज घेणे, शक्य होते. तसेच दूरच्या जहाजांचे अस्तित्व, सागरी मोठ्या प्राण्यांचे (देवमाशासरखे प्रचंड जलचर प्राणी) अस्तित्व जाणता येते आणि ई. प्राणी - वस्तू रडार केंद्रापासून किती अंतरावर व कोणत्या दिशेत असून येणारे की जाणारे आहेत यांचा सुद्धा अंदाज घेता येतो. हवामान तज्ञांना वादळाचा मार्ग, तसेच प्रचंड वादळ, तुफान याची काही वेळेपर्यंत आगोदर अंदाज घेता येतो व तशाप्रकारे सूचना देऊन होणारे नुकसान (जीवित हानी) काही प्रमाणात तरी कमी करता येते. जमिनीवर काम करणा-या वैज्ञानिकांना पृथ्वीच्या भूपृष्ठाचा नकाशा काढणे सोपे जाते त्याचप्रमाणे अवकाशात काम करणा-या वैज्ञानिकांना उपग्रहांचा मार्ग ठरविणे सोपे जाते याच तत्वाचा उपयोग करून मॉलसारख्या दुकानी, हॉस्पिटलमध्ये, विमानतळावरील स्वयंचलित दरवाजे कार्यान्वित होतात.

### 18.7 : संदेशवहनाची गरज आणि महत्त्व :

आपल्या ब-याच क्रिया या इतरांच्या क्रिया, अपेक्षा किंवा विचार यांच्याशी संबंधित असतात हेच इतरांसाठी सुद्धा तितकेच सत्य आहे. परस्पर होणारा संवाद हा काही नेहमीच भाषेच्या स्वरूपातच

उर्जा



टिपा

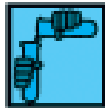
असतो असे नाही. चेहऱ्यावरील भाव (Facial expressions) शारीरिक हालचाल यांच्याद्वारे सुध्दा त्या व्यक्तीच्या मनातील विचार जाणता येतात. मात्र याचा उपयोग नेहमीच होईल असे नाही कारण इतरांच्या मनातील विचार काही वाचता येत नाहीत. तुम्ही कधी एखाद्या दुःखी व्यक्तीला पाहिले आहे काय? की त्या व्यक्तीवद्दल सहानुभूती वाटून त्या व्यक्तीला मदतीचा हात पुढे करता? शक्यता आहे असा अनुभव तुम्हास केव्हा तरी आला असेलच परंतु तुम्ही त्या व्यक्तीशी प्रत्यक्षपणे जोपर्यंत बोलत नाही तोपर्यंत त्या व्यक्तीला कोणत्या स्वरूपात मदत हवी, हे समजून येणार नाही म्हणूनच परस्परांमध्ये संवाद असणे हा प्रत्येक व्यक्तीचा जीवनाचा अविभाज्य घटकच आहे. अशिक्षित व्यक्ती जसे लिहू शकत नाही आणि वाचू शकत नाही, मात्र संवाद करू शकते (बोलू शकते) याच कारणामुळे म्हणून बोलणे या क्रियेला संदेशवहनात प्रमुख स्थान आहे. काही वेळा प्रत्यक्ष ध्वनी ऐकला जातो, किंवा ध्वनीवर्धकाद्वारे (लाऊड स्पीकर) ऐकला जातो. तर परस्परांपासून दूर असणाऱ्या व्यक्ती टेलिफोनसारख्या साधनांच्या साहाय्याने परस्परांमध्ये संवाद करू शकतात.

**18.7.1 संदेशवहनाच्या विविध पध्दती व साधने :**

प्रत्यक्ष समोरच्या व्यक्तीशी बोलणे किंवा लिखित स्वरूपातील संदेश वाचून घेणे. या व्यतिरिक्त संदेशवहनाची काही सामान्य साधने पुढीलप्रमाणे :-

- (i) मायक्रोफोन आणि स्पीकर
- (ii) दूरध्वनी (टेलिफोन)
- (iii) उपग्रह, संगणक (computer), इंटरनेट इ. साहाय्याने संदेशवहन
- (iv) HAM
- (i) **मायक्रोफोन आणि स्पीकर :**

यासाठी पुढीलप्रमाणे कृती करा.



**कृती 18.4**

**गतिमान हवा ढकलते हे पाहणे :-**

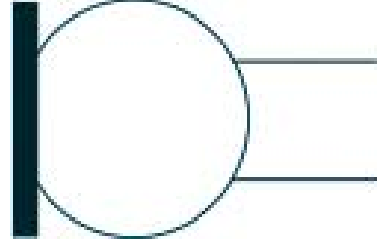
गतिमान हवेमध्ये उर्जा असते व ती कशी ढकलते, हे साध्या प्रयोगाने पडताळता येते.

**यासाठी लागणारे साहित्य :** मेणवत्ती, काडेपेटी(आगपेटी), विद्युतपंखा, लाऊड स्पीकर इ.

आता मेणवत्ती पेटवा व ती चालू केलेल्या विद्युत पंख्यासमोर धरा. मेणवत्ती ज्योत फडफडू लागते, आणि थोड्याच वेळात मेणवत्ती विझते. गतिमान हवा ढकलू शकते असाच प्रयोग जळती मेणवत्ती व लाऊड स्पीकर वापरून करता येतो. यावेळीसुध्दा वरीलप्रमाणेच अनुभवास येते. मेणवत्ती विझण्याचे कारण म्हणजे हवेचा दाब होय. पहिल्या प्रयोगात विद्युत पंख्यामुळे हवा गतिमान झाली, तर दुसऱ्या प्रयोगात लाऊड स्पीकर. लाऊड स्पीकर मधील पडद्याच्या हालचालीमुळे ध्वनी निर्माण होतो परिणामी हवा ढकलली जाते. याचा परिणाम म्हणजे हवेचे संपीडने (compressions) आणि विरलने (rarefactions) तयार होतात.

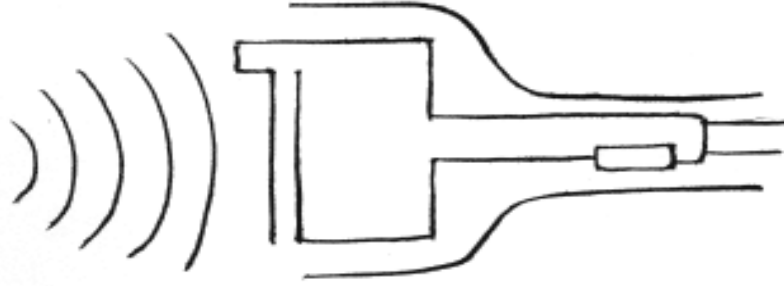


आजकाल मायक्रोफोन आणि टेलिफोन ही उपकरणे सर्व सामान्य प्रकारची झाली आहेत. यांचा उपयोग केवळ सार्वजनिक सभेमध्येच केला जाता असे नसून आपण जो टेलिफोन वापरतो त्यामध्ये सुध्दा केलेला असतो. मायक्रोफोन आणि स्पीकर यांचे कार्य परस्परांच्या अगदी उलट स्वरूपाचे असते. मायक्रोफोनद्वारा ध्वनी उर्जेचे रूपांतर विद्युत दाब निर्माण करण्यात होते, तर स्पीकरच्या साहाय्याने या विद्युत दाबाचे रूपांतर पुन्हा ध्वनिउर्जेत होते. हे घडताना स्पीकरचा पडदा कंप पावतो व हवेत कंपने निर्माण होतात. जेव्हा ध्वनीमुळे मायक्रोफोनचा पडदा कंप पावतो तेव्हा त्या प्रमाणात विद्युत ऊर्जा निर्माण होते. येथे (transducer) हे उपकरण असे आहे की जे विद्युत, यांत्रिक किंवा ध्वनिविषयक तरंग एका माध्यमातून दुस-या माध्यमात जाताना संबंधीत तरंगामध्ये रूपांतरित करते.



आकृती १८.९

मायक्रोफोन अनेक प्रकारचे असतात. जसे स्थितिक विद्युत (Electrostatic), पीझोइलेक्ट्रिक (Piezo-electric), रोधी संपर्क (contact resistance) आणि चुंबकीय (magnetic) इ. स्वरूपाचे असतात.



आकृती 18.10(a) मायक्रोफोन

वरील आकृतीत कंडेन्सर मायक्रोफोन आहे. त्याच्यातील पडदा अतिशय पातळ (कमी जाडीचा) असून जाडी 1 मायक्रॉन ते 10 मायक्रॉनपर्यंत असते. [ 1 मायक्रोमीटर किंवा मायक्रॉन म्हणजे  $\frac{1}{100000}$  मीटर किंवा  $\frac{1}{1000}$  मिलीमीटर होय.] याच्यालगत छिद्रे असणारी धातूची अगर धातूचे आवरण असणारी प्लॅस्टिक तबकडी असते. या दोन तबकड्या विद्युत अग्राचे (इलेक्ट्रोड) कार्य करतात. हे विरुद्ध ध्रुवांचा (opposite polarity) जोडलेले असतात. यांच्यातून -60 व्होल्ट ते +600 व्होल्ट दाबाचा D.C. प्रवाहित केला जातो. ते कंडेन्सरप्रमाणे कार्य करतात. रोधी आवरणाने ते परस्परांपासून अलग करतात. जेव्हा ध्वनीतरंग पडद्यावर आघात करतात तेव्हा पडदा कंप पावतो यामुळे कंडेन्सरची धारकता बदलते, कारण विद्युत धारकता ही विद्युत दाबाशी प्रमाणात असून



आ. 18.10 (b) मायक्रोफोन



दोन्ही तबकडींच्या मधील असणा-या अंतराशी व्यस्त प्रमाणात असते. हे अंतर बदलले तर त्याची विद्युतधारकतासुद्धा (Capacitance) बदलते. विद्युतधारकता ही सुद्धा माध्यमानुसार बदलते पण आपण माध्यम कायम ठेवले असे मानू. रोध व कॅपॅसिटन्स (धारकता) यांच्या किंमती अशा प्रकारे घेतल्या जातात, की ज्यामुळे विद्युतपरिपदातून जाणा-या विद्युतप्रवाह कमी-जास्त दाबाचा झाल्यास लगेचच त्याची नोंद एकसर जोडणीतील रोधांवर होतो. कोणत्याही प्रकारचा आवाजाचा चढ उतार यामुळे विद्युतदाब बदलतो हा बदल ॲम्प्लिफायरला दिला जातो. यामुळे दाब वाढून त्याचे रूपांतर स्पीकरमधील ध्वनी यंत्रणेत होतो. स्पीकरचे कार्य म्हणजे मिळालेल्या विद्युत दाबामुळे पडदा कंप पावतो व ध्वनी निर्माण होतो. (ध्वनीवर्धन घडते.)

मायक्रोफोनचा दुसरा प्रकार म्हणजे रिबन मायक्रोफोन (Ribbon microphone) यामध्ये सुरकुत्या असणारी धातूची फीत (ribbon) ही चुंबकीय क्षेत्रात टांगलेली असते. ध्वनीमुळे ही फीत कंप पावते, याबरोबरच फितीमधील चुंबकीय क्षेत्राचा प्रवाह बदलतो. प्रवर्तित विद्युतप्रवाह निर्माण होतो याचा परिणम पडद्यावर होऊन तो कंप पावतो व ध्वनी निर्माण होतो. नॅनो तंत्रज्ञानाचा अशा मायक्रोफोनमध्ये वापर केला जातो. याच्या विशिष्ट रचनेमुळे दोन्ही बाजूने ध्वनीचे शोधन केले जाते.



### सरावासाठी प्रश्न 18.4

१. ज्या उपकरणाने मायक्रोफोन किंवा स्पीकर अगर दोन्ही कार्ये होतात अशी तीन उपकरणे सांगा.
२. कंडेन्सर मायक्रोफोन मधील पडदा (diaphragm) जास्त जाड केल्यास काय परिणाम होईल?

### (ii) दूरध्वनी (Telephone) :-

अलेक्झांडर ग्रॅहम बेल याने टेलिफोनचा शोध लावला. टेलिफोन अनेक प्रकारात वापरले जातात. जसे - हँड सेट टेलिफोन, मोबाइल फोन, सॅटेलाइट फोन आणि इंटरनेटद्वारा टेलिफोन इ. टेलीफोनचे प्रमुख कार्य म्हणजे आवाजाचे दोन्ही प्रकारे होणारे वहन. आता प्रतिमेषह ध्वनी प्रसारण करण्याची सुविधा टेलीफोनमध्ये झाली आहे. टेलीफोन हे ध्वनी वाहकतारेला जोडलेला असतो अगर ध्वनी वाहकतारेशिवाय (wireless telephone) असतात. ध्वनीवाहक तारेला जोडलेला फोन (wired phone) यातील मायक्रोफोन आपल्या आवाजाचे रूपांतर विद्युत सिग्नल (electrical signal) मध्ये होते. टेलिफोनच्या माऊथपिस मध्ये अशीच प्रक्रिया घडते. सर्वसामान्य टेलिफोनचे प्रमुख तीन भाग असतात. (i) पुढे मागे होणारा हूक स्विच (ii) माऊथ पिस (यात मायक्रोफोन बसविलेला असतो) (iii) स्पीकर याच्या साहाय्याने दुस-याचे बेलणे ऐकता येते. (सामान्यपणे हा ८ओहमचा असतो)



आकृती १८.११ दूरध्वनी



फोन हा नेहमी हूक स्विचवर (hook switch) ठेवला जातो. तो उचलून घेतला की, हूक वरती सरकतो यामुळे आतील वाजून डायलशी जोडला जातो. तसेच टोन आणि रिंग जोडल जातात. हा टोन ध्वनीच्या 2 प्रकारच्या वारंवारतेच्या मिश्रणाने निर्माण होतो. डायल टोन ऐकू येताच आपण विशिष्ट क्रमांकाचा डायल करू शकतो. (ज्या व्यक्तीला फोन करायचा असतो त्याचा फोन क्रमांक) जर आपण डायल केलेला फोन आधीच व्यस्त (चालू) असेल तर विशिष्ट प्रकारचा यास एंगेज टोन ऐकू येतो. बटनांचा (number keys) वापर करून आपण इतरांना फोन करतो. माऊथ पिस च्या वाजून आपण इतराशी बोलतो आणि त्यांचे बोलणे आपण स्पीकर वाजून ऐकतो. मायक्रोफोन व स्पीकर हे फोन सेटच्या टोकाकडे असतात, यामुळे स्पीकर कानाजवळ घेता येतो व त्याचवेळी मायक्रोफोन तोंडाजवळ आणून आपण बोलू शकतो व त्याचवेळी दुस-याचे बोलणे ऐकू शकतो.

माऊथपिसच्या माडकने आपले बोलणे नियंत्रित केले जाते. त्यामध्ये एक पडदा (diaphragm) असतो. जुन्या फोनमध्ये धातूच्या पत्र्यांचे दोन पडदे होते. त्यांच्यामध्ये कार्बन स्फटिक असत. जेव्हा व्यक्ती बोलू लागते तेव्हा पडदा कंप पावतो व स्पीकरप्रमाणे घटना घडून येतात. या दरम्यान कार्बन स्फटिक परस्पराजवळ येणे आणि पुन्हा त्यांच्यातील अंतर वाढणे ही क्रिया घडते याचा परिणाम वाहकता कमी-जास्त स्वरूपात घडते. तेथील पडद्यातून D.C. प्रवाह (अल्प दाबाचा) हा टेलिफोन एक्सचेंजमधून आपल्या फोनमध्ये येतो. हा बदलत्या स्वरूपाचा विद्युतप्रवाह असतो. ध्वनीचा दाब जसा कमी-अधिक होतो. त्याचप्रमाणे निर्माण होणारे सिग्नल ऑप्टिकल फायबर व केबलच्या साहाय्याने दोन्ही व्यक्तींना बोलता येते तसेच ऐकता येते. आजकाल इलेक्ट्रॉनिक मायक्रोफोन वापरले जातात. यास जोडलेल्या दोन वाहक तारा घराबाहेरील जंक्शन बॉक्समध्ये जोडलेल्या असतात. येथे दुस-या फोनद्वारे ध्वनी सिग्नल आलेले असतात. ह्यांचे रूपांतर विद्युत सिग्नलमध्ये होऊन ते (Sound converted into electrical signal) पाठविले जातात. (फायबर ऑप्टिकल केबलद्वारे किंवा धातूच्या तारा वापरून) हे प्रथम टेलिफोन एक्सचेंज येथे येतात. तेथून विशिष्ट फोनक्रमांकास प्रसारित होतात. (म्हणजेच दुसरी व्यक्ती ऐकते आणि पहिला व्यक्तीशी बोलते) आज या क्षेत्रात क्रांती घडून उपग्रहाद्वारे संदेशाचे दळणवळण केले जाते असे ध्वनी प्रसारण सामान्यपणे आंतरराष्ट्रीय कॉल करिता वापरले जाते. फोनमधील आपला आवाज परत आपणास ऐकू न येण्यासाठी डुप्लेक्स कॉइल वापरतात. याखेरीज रिंगर (सूचक ध्वनी) याच्या साहाय्याने आपणास इतरांचा फोन आला अशी सूचना मिळते व तो कॉल आपण अटेंड करतो म्हणजेच फोन घेतो.

स्पीकरच्या साहाय्याने ऐकण्याचे नियंत्रण केले जाते. यामध्ये एक पडदा (diaphragm) असून कायम स्वरूपाचा एक चुंबक एका टोकाला जोडलेला व दुस-या टोकाला विद्युतचुंबक जोडलेला असतो. मृदू लोखंडाभोवती वाहक तार गुंडाळून विद्युतचुंबक बनविलेला असतो. ध्वनी संकेत (signal) याच कॉइलमध्ये येतात आणि प्रसारित होतात. कॉइलमधून विद्युतप्रवाह जाताना त्या प्रमाणात लोखंडी कोअर चुंबकीय बनतो याचा परिणाम पडद्यावर होऊन तो कंप पावतो आणि कंपनामुळे विद्युतप्रवाह निर्माण होतो व पुन्हा ध्वनी उर्जेत रूपांतर घडते हा ध्वनी आपण ऐकतो.

मोबाईल फोनचे वैशिष्ट्य म्हणजे हा वायरलेस टेलिफोन आहे. वरील फोनप्रमाणे हा सेट-वाहक तारेला कनेक्ट (जोडणी) करित नाहीत. त्यामधून जाणारा ध्वनी व येणारा ध्वनी हा विद्युतचुंबकीय तरंग प्रकारचा असतो. म्हणून ते प्रकाशाच्या वेगाने प्रसारित होतात. हे प्रसारण घडण्यासाठी अँटेना, बेस टॉवर्स, स्विचिंग स्टेशन (उपग्रह) आणि पुन्हा अँटेना असा प्रवास घडून येतो. येथे सुध्दा निर्मा

उर्जा



टिपा

ण होणारा टोन दोन प्रकारच्या वारंवारतेच्या मिश्रप्रमाणेच बनलेला असतो. जेव्हा एखादा क्रमांक डायल केला जातो, तेव्हा मोबाईलच्या अँटेनाद्वारे सर्व वाजूला विद्युतचुंबकीय क्षेत्र पसरविले जाते, हे सिग्नलच्या स्वरूपात नजिकच्या मायक्रोवेव्ह टॉवरला प्राप्त होतात, तेथून ते स्विचिंग स्टेशनला मिळतात (यालाच कॉल सेंटर म्हणतात) तेथून पुन्हा विद्युतचुंबकीय स्वरूपात सर्व दिशांना प्रसारित केले जातात, जेथे त्या क्रमांकाचा मोबाईल असतो त्या मोबाईलमध्ये सिग्नल प्राप्त होतो व रिंग टोन होते. अशा प्रकारे मोबाईलद्वारे आपणास इतर व्यक्तीशी कोटूनही संपर्क साधणे शक्य होते. कॉल घेणा-या व्यक्तीच्या मोबाईल मधील अँटेना हाच संवेदनशील घटक असतो. याच अँटेनाद्वारे ध्वनी हा विद्युतचुंबकीय तरंगाच्या स्वरूपात स्वीकारला जातो व प्रसारण सुध्दा घडते.



आकृती १८.११(b)  
मोबाईल

आजपर्यंत मोबाईल वापरामुळे आरोग्यास धोका निर्माण होतो असा निष्कर्ष खात्रीपूर्वक मिळालेला नाही तरी पण मोबाईलच्या अतिवापरामुळे होणारे दुष्परिणाम विषयक संशोधन 'जागतिक आरोग्य संघटनेद्वारा' जनतेला सूचित केले आहेत. मोबाईलद्वारा निर्माण होणारे मायक्रोवेव्हज हे पाण्यामध्ये विरघळले जातात (शोषले जातात). लहान मुलांच्या डोक्यात मेंदूभोवती असणारा द्रव मोठ्या व्यक्तीपेक्षा थोडा अधिकच असतो. त्याचप्रमाणे लहान बालकाचे डोक्याचे मेंदूभोवती असणारी कवटी (Skull) ही कठीण झालेली नसते म्हणून लहान बालकांना मोबाईल वापरण्यास देऊ नये अशा बालकाच्या मेंदूभोवती असणा-या द्रवात, मोबाईलद्वारा निर्माण होणारे मायक्रोवेव्हज शोषल्यामुळे मेंदूचे विकार होण्याची शक्यता अधिक असते. त्याचप्रमाणे मोबाईलचा अतिवापर केल्यामुळे आपल्या शरीराच्या मोबाईलच्या सान्निध्यात येणा-या भागाचे तापमान वाढते असे प्रयोगाने सिध्द झाले आहे असे वाढलेले तापमान आरोग्यास धोकादायक असल्याचे सिध्द झाले आहे. याकरीता शक्यतो मोबाईलवर अधिक वेळपर्यंत बोलू नये, मोबाईल डोक्यापासून थोडा दूरच ठेवावा, एकाच कानाजवळ फार वेळ धरू नये इ. सारख्या सूचना आंतरराष्ट्रीय संशोधन करणारी संस्था - International Agency for Research on Cancer या संस्थेने सूचित केले आहे तसेच इयर फोन (earphone) वापरण्याचा सल्ला दिला आहे.

(iii) **संदेश दळणवळणात उपग्रह संगणक आणि इंटरनेट यांचा उपयोग (Use of satellites, Computers and Internet in communication) :-**

(a) **उपग्रह (satellites) :-**

ग्रहाभोवती फिरणा-या अवकाशीय वस्तूना उपग्रह म्हणतात. आपल्या सौरमंडलातील मंगळ ग्रहाखेरीज सर्व ग्रहांना नैसर्गिक स्वरूपातील उपग्रह आहेत. चंद्र हा पृथ्वीचा नैसर्गिक उपग्रह आहे परंतु आता अनेक देशांनी कृत्रिम उपग्रह निर्मिती करून पृथ्वीभोवती अनेक उपग्रह अवकाशात सोडले आहेत. तुम्ही रात्रीच्या वेळी निरभ्र आकाशात लहानसा प्रकाशविंदू अवकाशात थोड्या कमी उंचीवरून जात असताना पाहिला असेलच. ते जलद गतीने जाणा-या चांदण्यासारखे असतात. हे कृत्रिम उपग्रह असून त्यांच्यावरील सूर्यप्रकाशाचे विकिरण घडून ते आपणास चमकताना दिसतात. सर्वप्रथम सोव्हिएत रशियाने 4 ऑक्टोबर 1957 रोजी स्पुटनिक -1 नावाचा उपग्रह अवकाशात सोडला. त्यामध्ये रेडिओ ट्रान्समीटर ठेवला होता. संदेश दळणवळण कार्यासाठी अमेरिकेने 1958 मध्ये उपग्रह अवकाशात





पाठविला त्याचे नाव 'प्रोजेक्ट स्कोअर' असे होते. भारताने आपला पहिला उपग्रह 19 एप्रिल 1975 रोजी सोव्हिएत रशियातील उपग्रह उड्डाण केंद्रावरून अवकाशात सोडला. यानंतर 7 जून 1979 रोजी 'भास्कर -1' हा आणखी एक उपग्रह सोडला. स्वदेशी तंत्रज्ञान वापरून SLV-3 नावाचे उपग्रह वाहक तयार केले, याच्या साहाय्याने 35kg वस्तुमानाचा रोहिणी -1 उपग्रह 18 जुलै 1980 मध्ये अवकाशात प्रक्षेपित केला याच वाहकाचा उपयोग करून रोहिणी श्रेणीतील आणखी दोन उपग्रह अवकाशात सोडले. यापुढचा 'अॅपल' (Apple – Ariane Passenger Pay Load Experiment) उपग्रह यशस्वीपणे अवकाशात सोडल्यानंतर, अनेक कृत्रिम उपग्रह जसे 'भास्कर -2', 'इन्सॅट – INSAT' (Indian National Satellite) श्रेणीचे उपग्रह संदेश दळणवळणासाठी प्रक्षेपित केले आहेत. रेडिओ व T.V चे प्रक्षेपण अतिदुर्गम भागात पोहोचण्यासाठी 1988 मध्ये IRS श्रेणीतील पहिला उपग्रह सोडण्यात आला. त्याचप्रमाणे दुर्गम भागातील परिस्थितीचे अवलोकन (टेहेळणी) करणे, इ. कार्यासाठी उपयोग होऊ लागला. यानंतर आपल्या देशाने देशाच्या सुरक्षिततेच्या दृष्टिने, अति दुर्गम भागात संदेश दळणवळण, भूगर्भातील खनिज संपत्ती शोधणे अशा अनेक उपयोगासाठी उपग्रहांचे प्रक्षेपण केले आहे. आज उपग्रहाच्या मदतीने आपण अवकाशात विशिष्ट जागेचे हक्क प्राप्त केले आहेत. आपण भूपृष्ठावरून निरीक्षण करताना आपल्या दृष्टिपथात फारच थोडा भाग येतो. परंतु उपग्रहाद्वारे आपणास पृथ्वीचा अर्धा भाग दृष्टिपथात आणता येतो. हा एक मोठा फायदा आहे. उपग्रहाद्वारे आपण विद्युतचुंबकीय सिग्नल पृथ्वीच्या दुस-या गोलार्धात पाठवू शकतो. देशाची भौगोलिक परिस्थिती जाणून घेण्यासाठी उपग्रहाची मदत होते. तसेच संदेश दळणवळण, हवामानाचा अंदाज वर्तविणे, ढगांची हालचाल, नद्यांच्या प्रवाहाची दिशा, पूर, वादळे, चक्रीवादळ, सुनामी अशा नैसर्गिक आपत्तीचे अंदाज वर्तविता येणे हे उपग्रहामुळेच शक्य झाले आहे. उपग्रहाद्वारे संदेश दळणवळण ही संकल्पना 1940 च्या दशकाच्या मध्याच्या सुमारास ऑर्थर सी. क्लार्क याच्या डोक्यातून आली. या कारणामुळे भूस्थिर उपग्रहांच्या कक्षांना 'क्लार्क' कक्षा (Clarke orbit) असे संबोधले आहे.

पृथ्वीवरील एखाद्या ठिकाणावरून विद्युतचुंबकीय तरंग हे जास्त दूरवरील अंतरावर पोहचत नाहीत. ते खालच्या दिशेने प्रक्षेपित केल्यास ते जमिनीवरील मर्यादित अंतरापर्यंत जातात कारण पृथ्वी गोलाकार आहे. जर ते वरच्या दिशेने प्रक्षेपित केले तर सरळ जाऊन ते आयनिक वातावरणातील कणावरून परावर्तित होतील. पृथ्वीच्या भूपृष्ठापासून 50km व यापेक्षा जास्त अंतरावर प्रभारित कण आहेत. तेथून ते परावर्तित होऊन भूपृष्ठावर एखाद्या ठिकाणी केंद्रीत होतात. हे ठिकाण उर्जा स्रोतापासून दूर अंतरावर असेल. दरम्यानचा भाग हा उर्जारहित झाल्यामुळे त्या भागात कोणताही संदेश सिग्नल स्वरूपात मिळणार नाही. आयनिक स्तराएवजी उपग्रहाद्वारे परावर्तन घडवून आणल्यास ते परावर्तित विद्युतचुंबकीय तरंग चोहोवाजूस प्रसारित होतील व पृथ्वीवरील बराच भाग याच्या उर्जेने समाविष्ट होईल. तसेच त्या क्षेत्रात प्रत्येक विंदूजवळ संदेशाचे सिग्नल मिळू शकतील. एका उपग्रहाएवजी अनेक उपग्रहाचा उपयोग करून एका गोलार्धातील संदेश पृथ्वीच्या पूर्णभागांपर्यंत पोहोच करणे शक्य होईल आणि आजकाल हेच तंत्र वापरले जात आहे म्हणूनच पृथ्वीवरील कोणत्याही ठिकाणापासून कोठेही संदेशाचे दळणवळण शक्य होत आहे.

उपग्रहाचे स्थान आणि त्याची कक्षा या गोष्टी जशा क्लिष्ट स्वरूपाच्या आहेत. वाहक रॉकेटचा उपयोग करून अवकाशात उपग्रह पाठविला जातो. अशा क्रियेत उंची आणि दिशा यास अनन्य साधारण महत्व द्यावे लागते. तरच अशा उपग्रहाचा संदेशवाहक म्हणून उपयोग करता येतो. योग्य

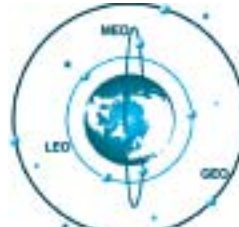
उर्जा



टिपा

उंचीवर गेलेला उपग्रह गुरुत्वाकर्षण बलामुळे पृथ्वीभोवती भ्रमण करताना इंधनाची आवश्यकता नसते. मात्र त्याची गती व भ्रमणकक्षा निश्चित करण्यासाठी उर्जेची आवश्यकता असते. उपग्रह भूस्थिर करणे म्हणजे पृथ्वीची गती व उपग्रहाची गती दिशेसह समान असेल तर अशा उपग्रहास भूस्थिर उपग्रह म्हणतात. त्याचे पृथ्वीवरून निरीक्षण केले असता तो स्थिर भासतो. अशा उपग्रहाने पृथ्वीवरील कोणत्याही ठिकाणी संदेश पाठविणे शक्य होते. भूस्थिर उपग्रह पृथ्वीचा भोवती फिरताना पृथ्वीला स्वतःभोवती फिरताना जो कालावधी लागतो म्हणजेच 24 तासात एक प्रदक्षिणा पूर्ण होते. पृथ्वीवरील अँटेनाची दिशा ही उपग्रहाच्या दिशेने ठेवली जाते. तरच उपग्रहास मिळणारा संदेश परावर्तित झाल्यावर अँटेनाच्या ग्राहक यंत्रास (Receiver) मिळून ऐकता येतो. T.V. चे प्रक्षेपण उपग्रहामार्फत आपल्या T.V वर मिळविण्यासाठी डिश अँटेना वापरून सचित्र पाहता येते. तुम्ही डिश अँटेना बसविताना निरीक्षण केल्यास त्याची दिशा उपग्रहाचे संदेश (परावर्तित होणारे) ज्या दिशेने येतात त्या दिशेने कोन करून बसविला जातो. काही कारणाने डिश अँटेना थोडासा जरी हलला तरी T.V. वर चित्र तसेच आवाजसुध्दा मिळत नाही. कृत्रिम उपग्रह पृथ्वीपासून 36000 किमी एवढ्या उंचीवर सोडला तर तो पृथ्वीभोवती गुरुत्वाकर्षण बलाने इंधन न वापरता भ्रमणकक्षेत भ्रमण करू शकतो. हा इंधन बचतीचा मोठा फायदा आहे. परंतु एवढ्या उंचीवर उपग्रह नेण्याचा खर्च हा कमी उंचीवरील कक्षेत सोडणापेक्षा अधिक असतो. कमी उंचीवरील भ्रमण कक्षा ही पृथ्वीपासून सुमारे 400 km एवढ्या उंचीची असते परंतु अशा कमी उंचीवर असणा-या उपग्रहाद्वारे कमी क्षेत्र त्याच्या प्रसारण कक्षेत येते. काही उपग्रह हे पोलर असून (Polar Satellite) ते पृथ्वीच्या ध्रुवाजवळ कक्षेत भ्रमण करतात. अतिदुर्गम प्रदेशात दळणवळणासाठी सोडलेला उपग्रह निम्न कक्षेतील (1000km पेक्षा कमी उंचीवर) असतात. दुर्गम भागांच्या निरीक्षणासाठी (कोणत्याही ठिकाणचे निरीक्षणासाठी) सामान्यपणे सकाळी 10 ते दुपारी 2 वाजेपर्यंतच वेळ निवडली जाते. कारण या कालावधीत जमिनीचा पृष्ठभाग सूर्यप्रकाशामुळे सुस्पष्ट दिसतो परिणामी या वेळेत पोलर उपग्रहाद्वारे मिळणारे संदेश सुस्पष्ट मिळतात. (उपग्रहाद्वारे मिळणारे चित्र सुस्पष्ट मिळते)

भूस्थिर उपग्रह हे भारतासारख्या विपुववृत्ताजवळ असणा-या देशाना अधिक उपयोगी आहेत. जे उपग्रह पृथ्वीपासून 36000 km एवढ्या उंचीवर भ्रमणकक्षेत भ्रमण करतात. हे भ्रमण विपुववृत्ताच्या प्रतलात घडताना एक पूर्ण प्रदक्षिणा (पृथ्वीभोवती) करण्यास 24 तास लागतात यामुळे तो उपग्रह पृथ्वीवरून कोटूनही पाहिल्यास तो स्थिर असल्याचे भासते. एवढ्या उंचीवरून पृथ्वीचा  $\frac{1}{3}$  भाग दृष्टिक्षेपात येतो. जमिनीवरून अशा उपग्रहास दिलेला संदेश हा मायक्रोवेव्ह (पण भिन्न वारंवारतेच्या) स्वरूपाच्या तरंगाच्या रूपात मिळतो. (1 microwave =  $\frac{1}{100000}$  मीटर तरंगलांबी) हे मायक्रोवेव्हज पृथ्वीवरील अँटेनाद्वारे ग्रहण केले जातात. याचा उपयोग T.V तसेच रेडिओ यांचे प्रक्षेपण पृथ्वीवरच्या कोणत्याही भागात ग्रहण केले जाते. अगदी पृथ्वीच्या दुस-या गोलार्धातदेखील हे कार्य क्रम सुस्पष्ट पाहता येतात- ऐकता येतात.



आकृती 18.12



**(b) संगणक आणि इंटरनेट :-**

आजचे जग हे आधुनिक तंत्रज्ञानाने समृद्ध असून संगणकाचा आपल्या दैनंदिन जीवनातील उपयोग हा अपरिहार्य असाच आहे. संगणक पुढील बाबतीत महत्वाचे कार्य करतो. जसे कारखान्यांची प्रसिध्दी, घरांचा प्लॅन तयार करणे, मोटार गाड्यांची निर्मितीमध्ये, वस्त्र उद्योगात त्यांच्या कार्यावर नियंत्रक म्हणून उपयोगी, तसेच संगणकीय यंत्रे, हवाई वाहतूक नियंत्रक इ. कामे अगदी सोप्या रीतीने परंतु शास्त्रीय पध्दतीने केली जातात. अगदी आपल्या घरातली बरीचशी उपकरणे जसे - T.V., स्वयंचलित धुलाई यंत्र, मायक्रोवेव्ह ओव्हन यांचे कार्य संगणकीय तत्वावर आधारित चालते. याखेरीज संदेश दळणवळण क्षेत्रात प्रगत तंत्र विकसित झाले आहे. हवाई वाहतूक नियंत्रणात संगणकाचे स्थान अतिमहत्वाचे आहे. वैमानिकास संदेश देणे आणि त्यांच्याकडून येणारे संदेश स्वीकारणे, संकटाचेवेळी मार्गदर्शक सूचना करणे हे संगणकामुळे शक्य झाले आहे. तसेच मोठ्या जहाजांना उपयोगी, आर्थिक क्षेत्रात हिशोब ठेवणे, आर्थिक दफतर तयार करणे तसेच A.T.M (Automated Teller Machine), बँका इ. क्षेत्रात आर्थिक नोंदी करण्यासाठी संगणकाचा उपयोग होतो. इंटरनेटच्या स्वरूपातील संगणकाचे संदेश दळणवळणातील कार्य हे तर अतिप्रगत तंत्रज्ञान आहे, याच्या साहाय्याने ई-मेल, चॅटिंग हे तर क्षणात घडून येणारी प्रक्रिया आहे. आता तर वेब कॅमेरा वापरून आपण कोणत्याही व्यक्तीला कोठेही पाहू शकतो, त्यांच्याबरोबर समक्ष बोलण्याचा अनुभवच मिळविता येतो. आधीच्या काळात परदेशातील व्यक्तीला एखादा संदेश पाठविण्यासाठी काही दिवस लागत असत. यानंतर त्यांच्याकडून उत्तर मिळण्यास तेवढाच कालावधी लागत असत परंतु आज इंटरनेटच्या साहाय्याने क्षणार्धात कोणत्याही ठिकाणाच्या व्यक्तीशी संभाषण करणे शक्य झाले आहे. त्याचप्रमाणे प्रगत देशातील तंत्रज्ञान व इतर माहिती यांचा प्रसार इंटरनेटच्या माध्यमातून घडत आहे.

**(IV) HAM :-**

HAM हा इंग्रजी भाषेतून घेतलेला शब्द नाही. ज्या तीन व्यक्तींनी वायरलेस संदेश दळणवळण यंत्र निर्माण केले, त्यांच्या नावातील पहिले अक्षर घेतले आहे. त्या व्यक्ती म्हणजे S. Hyman, Bob Alby आणि Poogie Murray हे होत. 1908 मध्ये या तिघांनी Amateur Radio Club ची स्थापना केली. आज त्याचा विस्तार पूर्ण जगभर झाला. आजच्या या प्रगत तंत्रज्ञानाच्या काळात जेव्हा नैसर्गिक संकटे येतात अशा वेळी सर्वसामान्य व्यक्तींना माहिती असणारा मोबाईलसुद्धा उपयोगी नसतो, (तो कार्यान्वित होत नाही) अशा संकटकाळी HAM ही यंत्रणा कार्यरत करता येऊन उपयोगी ठरते. HAM या यंत्रणेत रेडिओतरंग वापरले जातात. रेडिओ तरंग हे विद्युतचुंबकीय तरंग असल्यामुळे ते निर्वात ठिकाणीसुद्धा प्रकाशाच्या वेगाने जातात. (या तरंगाची मर्यादा 10 सेमी ते 10 किमी पर्यंत असते. आकृती 18.3 पहा) HAM या यंत्रणेत ध्वनीउर्जा ही विद्युतचुंबकीय सिग्नलमध्ये रूपांतरित केली जाते, अँटेनाच्या साहाय्याने प्रक्षेपित होते नंतर ही उर्जा रिसिव्हरच्या साहाय्याने ग्रहण करून तिचे पुन्हा ध्वनीत रूपांतर होते.

**सरावासाठी प्रश्न 18.5**

१. उपग्रहाच्या उपयोगाची यादी तयार करा.



२. कॅमे-याने सुसज्ज असलेला उपग्रह पृथ्वीपासून काही ठराविक उंचीवर स्थिर ठेवला असताना, जरी पृथ्वी स्वतःभोवती तसेच भ्रमणकक्षेत फिरत असेल तर, त्याचा कोणत्या कार्यासाठी उपयोग करणे शक्य आहे ते सांगा .
३. पुढील यंत्रणा, पृथ्वीपासून उंचीच्या आधारे उतरत्या क्रमाने लिहा . लघु कक्षा (Low orbit) , भूस्थिर (geostationary) आणि ध्रुवीय उपग्रह (polar satellite)
४. कोणत्या प्रकारच्या उपग्रहांचा उपयोग संदेश दळणवळणासाठी केला जातो ?



आपण काय शिकलो ?

- कंप पावणारी वस्तू ध्वनी निर्माण करते . ध्वनीच्या प्रसारणासाठी माध्यमाची आवश्यकता असते मग ते माध्यम वायूरूप (उदा. हवा), स्थायूरूप किंवा द्रवरूप असेल . स्थायूरूप माध्यमात त्याचा वेग हा द्रवरूप माध्यमाच्या तसेच वायूरूप माध्यमाच्या वेगापेक्षा अधिक असतो .
- विद्युतचुंबकीय प्रारणे सुध्दा तरंग स्वरूपात असतात परंतु हे तरंग निर्वात भागातून सुध्दा प्रसारित होतात . यांना माध्यमाची आवश्यकता नाही .
- तरंग हे कोणत्याही प्रकारचे असोत, ध्वनी तरंग तसेच विद्युतचुंबकीय तरंग यांची हालचाल ही ठराविक कालांतराने पुन्हा पुन्हा होते .
- तरंगाचे वर्णन - तरंगलांबी, वारंवारता आणि आयाम (Amplitude) यांच्याशी संबंधी आहे . वेग हा तरंगलांबी आणि वारंवारता यांच्या गुणाकाराच्या किंमतीएवढा असतो म्हणजेच वेग = तरंगलांबी × वारंवारता हेच सूत्ररूपात  $v = n\lambda$  येथे  $v$  = वेग,  $\lambda$  = तरंगलांबी,  $n$  = वारंवारता
- गोंगाट हा अनियमित स्वरूपाचा ध्वनी होय . तर संगीत हे ध्वनीचे नियमित स्वरूप आहे . संगीत हे ऐकले असता आनंद देते पण व्यक्तनुसार संगीतसुध्दा भिन्न भिन्न प्रकारचे असते . गोंगाटाच्या सान्निध्यात जास्त वेळ राहिल्यास, त्याचप्रमाणे संगीतसुध्दा मोठ्या आवाजात ऐकले असता ते आरोग्यास हानीकारक ठरते .
- संगीत वादयांचे कार्य, जसे तबला, सतार आणि बासरी यांच्या अनुक्रमे पडदा (membrane) , तार आणि पोकळ नळीतील हवा यांच्या कंपनांच्या साहाय्याने माहिती होते .
- सोनार (SONAR – Sound Navigation and Ranging) या तंत्रांचा उपयोग अनेक प्रकारे करता येतो . ते अनुक्रमे ध्वनीतरंग आणि विद्युतचुंबकीय तरंग यांचा उपयोग करतात . सोनार हे रडारपेक्षा अधिक चांगल्या प्रकारे पाण्यात उपयोगी आहे . कारण विद्युतचुंबकीय तरंगाची उर्जा पाण्यामध्ये जाताना वेगाने कमी होत जाते .
- मायक्रोफोन (माइक), स्पीकर, टेलीफोन, उपग्रह संगणक, इंटरनेट आणि HAM इ . च्या शोधामुळे संदेश दळणवळण क्षेत्रात क्रांती घडून आली यांचे कार्य ध्वनीतरंग, अक्षरी मजकूर



स्वरूप यांचे प्रक्षेपकाद्वारे (Transmitter) विद्युतचुंबकीय तरंगात रूपांतर केले जाते नंतर ग्राहक केंद्र (Receiver) या तरंगांचे पुन्हा ध्वनीतरंग/ अक्षर स्वरूप यामध्ये रूपांतर करते .

- मायक्रोफोनद्वारा ध्वनीतरंगाचे रूपांतर विद्युत सिग्नलमध्ये होते तर स्पीकरद्वारा या विद्युत सिग्नलचे पुन्हा ध्वनीमध्ये रूपांतर होते व आपणास ऐकता येते . मायक्रोफोन भिन्न भिन्न (विविध) प्रकारचे असतात, जसे - कंडेन्सर, पिझोइलेक्ट्रिक (Piezoelectric) , संपर्क (contact) आणि चुंबकीय (magnetic) इ .
- ध्वनीप्रदूषण आपल्या आरोग्यास हानीकारक आहे हे लक्षात घेऊन आपण आवाज हा नेहमी खालच्या पातळीवर ठेवावा . मोबाईलला वापर सतत बराच वेळ केला तर आपले आरोग्य विघडण्याची शक्यता अधिक असते .



अंतिम प्रश्नसंग्रह

1. रिकाम्या जागा भरा .

- ध्वनीचा वेग हा प्रकाशाच्या वेगापेक्षा ..... आहे .
- जेव्हा आकाशात ढगांचा गडगडाट होऊन वीज चमकते तेव्हा प्रथम ..... आणि नंतर ..... ऐकू येतो .
- सोनार (SONAR) ..... या तरंगांचा उपयोग करते तर रडार (RADAR)..... तरंगांचा उपयोग करते .
- मायक्रोफोन ध्वनीचे रूपांतर ..... मध्ये करते तर स्पीकर विद्युत सिग्नलचे (electric signal) रूपांतर ..... मध्ये करते .

2. बहुपर्यायी प्रश्न (योग्य पर्याय निवडा)

- कोणत्या उपग्रहाद्वारे पृथ्वीवरील अधिक भूभाग पाहता येतो?
  - पृथ्वीशी लघुकक्षेतील उपग्रह (A low earth orbit satellite)
  - पृथ्वीशी दिर्घ कक्षेतील उपग्रह (A high earth orbit satellite)
  - पृथ्वीशी मध्यम कक्षेतील उपग्रह (A medium earth orbit satellite)
- भारताने स्वदेशी तंत्रज्ञान वापरून अवकाशात सोडलेला पहिला उपग्रह .....
  - IRS
  - आर्यभट्ट
  - रोहिणी
  - इन्सॅट (INSAT)
- उच्च वारंवारता असणा-या ध्वनीचा वेग समान ठेवणे म्हणजे .....
  - अधिक तरंगलांबी
  - कमी तरंगलांबी
  - तेवढीच तरंगलांबी



- (iv) पुढीलपैकी कोणत्या माध्यमात ध्वनीचा वेग अधिक राहिल .  
 (a) स्थायू (b) द्रव (c) वायू
- (v) RADAR (रडार) साठी सर्वात योग्य माध्यम .....
- (a) वायू (b) द्रव (c) स्थायू
- चंद्रावर आपणास एकमेकांतील संवाद ऐकू येत नाही याचे कारण काय ?
  - वस्तूच्या कंपनाने ध्वनी निर्माण होतो, हे दर्शविणारे दोन प्रयोग लिहा .
  - ध्वनीचा वेग, तरंगलांबी आणि वारंवारता यातील संबंध लिहा .
  - ध्वनी तरंग आणि मायक्रोतरंग (microwaves) यातील फरकाचे तीन मुद्दे लिहा .
  - ध्वनी संदर्भात अनुतरंग (longitudinal waves) आणि अवतरंग (Transverse waves) यातील फरक स्पष्ट करा .
  - ध्वनीचे अतिवेगाने प्रसारण स्थायूमध्ये होईल की हवेमध्ये ते सांगा .
  - गोंगाट आणि संगीत यातील मुलभूत फरक सांगा .
  - जेव्हा तुम्ही वाथरूम मध्ये गात असता तेव्हा तो कोणत्या कारणाने अधिक संगीतमय भासतो .
  - Active SONAR आणि Passive SONAR यातील फरक सांगा .
  - SONAR आणि RADAR यांचे संबंधित उपयोग सांगा . पाण्यामध्ये SONAR यंत्रणा अधिक उपयुक्त ठरते याचे कारण काय ?
  - एखादी वस्तू किती अंतरावर आहे हे जाणण्यासाठी SONAR तंत्राचा कसा उपयोग होतो ते स्पष्ट करा .



पाठांतर्गत प्रश्नांची उत्तरे

18.1

- (1) ज्या तरंगाची वारंवारता 100 आहे, त्याच्या लगतच्या दोन शिखरातील (rests) अंतर हे अधिक राहिल . ध्वनीतरंगाच्या बाबतीत वेग हा तरंगलांबी व वारंवारता यांच्या गुणाकाराएवढा असतो . [  $v = n\lambda$  सूत्र, यामध्ये  $v =$  वेग,  $n =$  वारंवारता ,  
 $\lambda =$  तरंगलांबी] यामुळे तरंगलांबी आणि वारंवारता या दोन्ही बाबी एकमेकांच्या व्यस्त प्रमाणात असतात म्हणून वेग समान राहिल्यास, वारंवारता कमी झाल्यास तरंगलांबी अधिक होईल . अशारीतीने ज्या तरंगाची वारंवारता 100Hz असेल, त्याच्या तरंगलांबी अधिक होईल . परिणामी लगतच्या दोन शिखरांतील अंतर हे ज्यांची वारंवारता 500Hz आहे यांच्यापेक्षा अधिक राहते .



- (2) तरंगलांबी = 0.33 मीटर
- (3) साधारणपणे 20Hz ते 20KHz

### 18.2

1. तरंग ऊर्जा प्रसारण करतात. जरी एखादी वस्तू एका जागेवरून थोडासा धक्का देऊन स्थिती बदलली असता, पुन्हा मुल स्थितीला येते जसे पाण्यावर निर्माण होणारे तरंग (लाटा) थोड्याच वेळाने दिसनासे होतात. तेथील पाण्याचे कण पुन्हा मूळ जागेवर येतात.
2. तांत्रिक तरंगांच्या (Mechanical Waves) प्रसारणासाठी माध्यमाची आवश्यकता असते. विद्युत्चुंबकीय तरंग निर्वात तसेच कोणत्याही माध्यमातून प्रसारित होतात परंतु हे तरंग द्रवरूप व स्थायूरूप माध्यमातून जाताना त्यांच्यामध्ये असणारी ऊर्जा जास्त वेगाने गमावली जाते तर ध्वनी तरंग द्रव तसेच स्थायू माध्यमातून जाताना त्यांच्यामध्ये असणारी उर्जा कमी वेगाने गमावली जाते. स्थायूमध्ये ध्वनीचा वेग सर्वात जास्त असतो (काही हजार मीटर प्रति सेकंद) तर विद्युत्चुंबकीय तरंग हे प्रकाशाच्या वेगाने म्हणजे 3 लक्ष कि.मी. प्रति सेकंद एवढ्या प्रचंड वेगाने जातात.
3. अवतरंगांमध्ये (Transverse waves) त्यांच्या प्रसारणाची दिशा माध्यमातील कणांच्या आंदोलनाची दिशा एकमेकांना लंब असतात. तर अनुतरंगांच्या (Longitudinal waves), माध्यमातील कणांची हालचाल (कंपने) ही तरंग प्रसारण दिशेशी समांतर असते.
4. होय. ध्वनी तरंग स्थायूमधून जाऊ शकतात.

### 18.3

1. ध्वनीची तीव्रता मोजण्याचे एकक डेसीबेल (Decibel) हे आहे. हे बोल या एककाच्या  $\frac{1}{10}$  इतके आहे. खरे तर डेसीबेल हे तुलनात्मक स्वरूपाचे एकक आहे. आपल्या सोयीसाठी (संदर्भासाठी) जो किमान श्राव्य ध्वनी आहे, त्याच्याशी तुलना केली जाते म्हणून सामान्यपणे ध्वनीची तीव्रता ही डेसीबेल मध्ये मोजली जाते.
2. वासरी ही एक लांबट अशी पोकळ नळी असून त्याच्या आतील हवा कंप पावून ध्वनी निर्माण करता येतो. कंप पावणा-या हवेच्या स्तंभाची लांबी जेवढी अधिक असते. वासरीच्या लांबीच्या बाजूवर भोके असतात. ही भोके (holes) बोटाच्या साहाय्याने बंद करून कंप पावणा-या हवेच्या स्तंभाची लांबी बदलता येते. यामुळे भिन्न भिन्न स्वर मिळविता येतात.

### 18.4

1. टेलीफोन, रेडिओ आणि टेलिव्हिजन (T.V)
2. कंडेन्सर मायक्रोफोनमधील कंप पावणारा पडदा (diaphragm) जर प्रमाणापेक्षा जड केला तर त्याचे जडत्व (Inertia) अधिक होईल. याचा परिणाम त्याच्या कंपनावर होईल म्हणजेच



पडद्याची कंपनी जलदपणे होणार नाहीत यामुळे जास्त वारंवारतेचा ध्वनी पुन्हा निर्माण होणार नाही .

### 18.5

1. आपणास कृत्रिम उपग्रहांचा उपयोग - संदेश दळणवळण, भूमापन करणे, भौगोलिक परिस्थितीचे चित्रीकरण करणे, (पृथ्वीचा व खगोलशास्त्राचा अभ्यास करणे)
2. जेव्हा अवकाशात सोडलेला उपग्रह स्थिर असतो, पण पृथ्वी मात्र गतिमान असतेच, अशा वेळी त्या उपग्रहाच्या साहाय्याने पृथ्वीचा दृश्य भाग सतत बदलता राहिल आणि पृथ्वीच्या एका फे-यात पूर्ण भूभाग कॅमे-याच्या कक्षेत येतो .
3. भूस्थिर उपग्रह, ध्रुवीय उपग्रह आणि लघुकक्षा उपग्रह असे तीन प्रमुख प्रकार उपग्रहांचे करता येतील .यांच्यापैकी भूस्थिर उपग्रह हे अतिउंचीवर असून पृथ्वीपासून ते सुमारे 36000 कि.मी. एवढ्या अंतरावर असतात यांच्यापेक्षा कमी उंचीवर ध्रुवीय उपग्रह (polar satellite) असतात . तर पृथ्वीशी लघुकक्षेतील उपग्रह 160km ते 1400km एवढ्या सर्वा त कमी उंचीवर असतात .
4. संदेश दळणवळणासाठी प्रामुख्याने भूस्थिर उपग्रहच (geostationary) वापरले जातात . कारण पृथ्वीवरून त्यांच्याकडे पाहिले असता, त्याचे स्थान कायम त्याच ठिकाणी असल्याचे भासते . (कारण अशा उपग्रहांची गतीची दिशा व वेग हे पृथ्वीच्या वेगाशी समान असतात) यामुळे एकदा का अँटेना त्या उपग्रहाच्या दिशेने बसविला तर उपग्रहाद्वारे येणारे विद्युत सिग्नल अग्रंडपणे अँटेनाच्या ग्राहकावर (receiver) येतात म्हणून रेडिओ, दूरदर्शन इ . कार्यक्रम आपण अग्रंडीतपणे पाहू शकतो .

## माध्यमिक स्तरासाठी विज्ञान व तंत्रज्ञान विषयाचा अभ्यासक्रम

चालू काळामध्ये, रोजच्या जीवनात विज्ञानातील सिद्धांत आणि तत्वे अनुभवावयास मिळतात. त्यामुळे विज्ञान व तंत्रज्ञान माणसाच्या जीवनाचा आणि संस्कृतीचा अविभाज्य घटक बनला आहे. रोजच्या रोज वृद्धिंगत होणारे शास्त्रीय ज्ञान आपल्या जीवनातल्या समस्या सोडविण्यासाठी प्रभावी शस्त्र ठरले आहे. ह्याच ज्ञानामुळे देशाच्या उन्नतीमध्येही वाढ होत आहे. तथापि शास्त्रीय ज्ञानाचा गैरवापर आणि नैसर्गिक साधनसंपदेचा बेसुमार वापर ह्यामुळे नैसर्गिक साधन संपदेचा -हास होत आहे. तसेच पर्यावरणाच्या प्रदूषणाचे अतिशय गंभीर परिणाम होत आहेत. विज्ञान व तंत्रज्ञानाच्या योग्य आणि विवेकपूर्ण वापरामुळे 'विकास' आणि 'सुधारणा' अशी दोन उद्दिष्टे सहज प्राप्त होऊ शकतात. ह्या पार्श्वभूमीवर प्रत्येकाला विज्ञान व तंत्रज्ञानाची मूलभूत माहिती आणि तिचा मानवासाठी कल्याणकारी उपयोग कसा होईल हे ज्ञान असणे आवश्यक आहे. ह्या दृष्टिने भारतीय शास्त्रज्ञांनी केलेल्या योगदानाचा उहापोह ह्या पुस्तकात केला आहे.

### उद्दिष्टे :

- माध्यमिक स्तरावर विज्ञान विषयाच्या अभ्यासक्रमाची मूलभूत उद्दिष्टे खालील प्रमाणे आहेत.
- विद्यार्थी नैसर्गिक चमत्कार/ घटनांमागील विज्ञान समजावून सांगू शकेल.
- विद्यार्थ्यांला विज्ञानाच्या विविध पैलूंची ओळख होईल आणि माणसाच्या जीवनातील विज्ञानाच्या स्थानाचे महत्व समजेल.
- विद्यार्थ्यांमध्ये वैज्ञानिक दृष्टिकोन निर्माण होऊन तो अंधश्रद्धा कशा चुकीच्या कल्पनांवर आधारित आहेत हे इतरांना पटवून देईल.
- ह्या अभ्यासामुळे विद्यार्थी सोपी गृहितके तयार करून त्यांची सत्यता पडताळून पाहिल आणि त्या गृहितकांचा रोजच्या जीवन क्रियांमध्ये वापर करेल.
- विद्यार्थ्यांला विज्ञान व तंत्रज्ञान विषयामध्ये विशेष रस निर्माण होईल आणि तो त्यामध्येच उदयोग व्यवसाय निवडेल.

### अभ्यासक्रमाची रचना :

विभागाचे नाव	पाठांची संख्या	अभ्यासाचे तास	विभागासाठी गुण
विभाग १ - विज्ञानातील मापनपध्दती	१	४	४
विभाग २ - आपल्या परिसरातील घटक	७	५४	२२
विभाग ३ - गतिमान पदार्थ	३	२४	०७
विभाग ४ - उर्जा	७	५२	१५
विभाग ५ - सजीव सृष्टी	७	४७	१५
विभाग ६ - नैसर्गिक साधन संपदा	३	२६	१०
विभाग ७ - मानव आणि पर्यावरण	४	३३	१२
<b>एकूण</b>	<b>३२</b>	<b>२४०</b>	<b>८५</b>

हया अभ्यासक्रमात ७ मुख्य विभाग आहेत. सर्व विभाग सर्व विद्यार्थ्यांना अपरिहार्य आहेत. सर्व विभागांमध्ये घटक अथवा पाठ आहेत. खालील सारणीमध्ये प्रत्येक पाठाच्या अभ्यासासाठी लागणारा वेळ आणि गुण दिले आहेत.

### विभाग १ - विज्ञानातील मापनपध्दती

कालावधी - ४ तास

गुण - ४

#### दृष्टिकोन :

रोजच्या जीवनामध्ये मापनपध्दतीला खूप महत्व आहे. म्हणून हया विभागाच्या सुरुवातीलाच आपण मापन पध्दतीची माहिती घेणार आहोत. त्यामध्ये एकके, भौतिक राशींच्या मापन पध्दती आणि विज्ञान व तंत्रज्ञानामध्ये मापन पध्दतीतील विनचुकतेचे महत्व जाणून घेणार आहोत.

#### घटक १.१ विज्ञान व तंत्रज्ञानातील मापनपध्दती

कालावधी - ४ तास

मापनपध्दतीची गरज, काटेकोरपणा व विनचुकता, मापनाची एकके, SI एकके, साधित एकके, गुणिते (multiples) आणि उपगुणिते (submultiples), एकक दर्शविण्याची योग्य पध्दती, लांबी, वस्तुमान, काळ आणि लघुत्तम मापनाची मोजणी. काही सर्वसाधारण मापन उपकरणांची व्याप्ती, (साधारण चर्चा) मीटरपट्टी, मोजफीत (measuring tape), मोजपात्र, तराजू, कळनियंत्रित घडयाळ, विनचूक घडयाळ

### विभाग २ - आपल्या परिसरातील घटक

कालावधी - ५४ तास

गुण - २२

#### दृष्टिकोन :

हया विभागामध्ये पदार्थाच्या अणूची संरचना आणि निरनिराळे अणू एकत्र येऊन नविन पदार्थ कसे तयार होतात हयाची चर्चा केली आहे. त्याचप्रमाणे पदार्थाच्या रासायनिक संरचनेवरून त्याचे गुणधर्म कसे ठरतात हयाचाही परामर्श घेतला आहे.

#### घटक २.१ आपल्या परिसरातील घटक

कालावधी - ९ तास

- पदार्थ म्हणजे काय
- पदार्थाचे कण स्वरूप
- पदार्थाच्या अवस्था - घन, द्रव आणि वायू अवस्थांमधील बदल
- दाब आणि तापमान हया घटकांचा पदार्थाच्या अवस्थेवरील परिणाम

- मूलद्रव्ये, संयुगे आणि मिश्रणे
- एकविध (homogeneous) आणि नैकविध (heterogeneous) मिश्रणे.
- द्रावणे आणि द्रावणांची संहिता (concentration) (प्रतिशतता percentage)
- कषायुक्त द्रव (थोडक्यात)
- मिश्रणांचे विलगीकरण/ शुद्धीकरण

#### घटक २.२ अणू आणि रेणू

कालावधी - ८ तास

- रासायनिक संयोगांचे नियम - वस्तुमानाच्या अविनाशितत्वाचा नियम स्थिर प्रमाणाचा नियम
- डाल्टनचा अणू सिध्दांत
- अणू आणि रेणू, मूलद्रव्ये आणि चिन्हे (सूत्राच्या आधारे रेणूची रचना दर्शविणे)
- अणूवस्तुमान आणि रेणू वस्तुमान
- मोलची संकल्पना
- अॅव्होगॅड्रोचा क्रमांक
- मोलर वस्तुमान

#### घटक २.३ रासायनिक अभिक्रिया आणि समीकरणे

- रासायनिक समीकरणांचे लिखाण
- रासायनिक समीकरणांचे संतुलन
- वस्तुमान, मोल आणि आकारमानाच्या दृष्टीने रासायनिक अभिक्रियेच्या संतुलनाचे महत्व

#### अभिक्रियांचे महत्व

- संयोग क्रिया
- अपघटन क्रिया
- विस्थापन / द्विविस्थापन
- ऑक्सिडीकरण आणि क्षण (रेडॉक्स अभिक्रिया), गंज/भक्षण आणि खवटपणा (rancidity)

#### घटक २.४ अणूची संरचना

कालावधी - ११ तास

- पदार्थातील भारीत कण
- अणूची संरचना
- थॉमसनची प्रतिकृती, ट्रूटी



## अभ्यासक्रम

- रूडर फोर्डची प्रतिकृती, त्रूटी
- भोरची प्रतिकृती, (प्राथमिक कल्पना)
- अतिलघुकण (neutrons) वैधृती ऋण कणांचे (electrons) वेगवेगळ्या कक्षांमध्ये वितरण
- संयुजेची संकल्पना
- अणुक्रमांक व अणुभार
- समस्थानके आणि समभाराची संकल्पना
- सरासरी/प्रभाजी अणु वस्तुमान

### घटक २.५ मूलद्रव्यांचे आवर्त वर्गिकरण

कालावधी - ५ तास

- मूलद्रव्यांच्या वर्गिकरणाची पूर्वीची पध्दती
- मेंडलिव्हची आवर्त सारणी, मर्यादा
- आधुनिक आवर्त सारणी
- गुणधर्माची आवर्तिता - अणु आकारमान आणि धातूंचे गुणधर्म

### घटक २.६ रासायनिक बंध

कालावधी - ७ तास

- राजवायूंची विशेषरचना जी स्थिर रचना आहे.
- वैधृती ऋण कणांच्या हस्तांतरातून मूलद्रव्यांचे संयोग - आयनिक बंध
- आयनिक पदार्थांचे सर्वसाधारण गुणधर्म
- वैधृती कणांच्या भागीदारीमुळे तयार होणारे मूलद्रव्यांचे संयोग - सहसंयुज बंध
- एकेरी, दुहेरी आणि तिहेरी बंध, लेविस डॉट सुत्रांद्वारे बंध निर्देश
- सहसंयुज बंधांचे काही सर्वसाधारण गुणधर्म

### घटक २.७ आम्ले, अल्कली आणि क्षार

कालावधी - ६तास

- आम्ले अल्कली समजावून घेणे. (अ-हेनिअस)
- हायड्रोजन आयन संहती आणि त्याचे रोजच्या जीवनातील महत्व
- आम्ल व अल्कलीमधील क्रियेमुळे तयार होणारे क्षार
- नेहमी वापरातले क्षार - धुण्याचा सोडा, खाण्याचा सोडा, प्लॅस्टर ऑफ पॅरिस, विरंजक चूर्ण

## विभाग ३ : गतिमान पदार्थ

कालावधी - २४ तास

गुण : ०७

### दृष्टिकोन :

हया सातत्याने बदलत्या जगात प्रत्येक पदार्थ दुस-याच्या सापेक्षपणे गतिमान आहे. पण हया सर्व प्रकारच्या गती सारख्या नसतात. हया घटकामध्ये पदार्थाची गतिमानता समजावून घेण्यासाठी अंतर, संवेग, दाब, उर्ध्व प्रणोद (up thrust) वगैरे संज्ञा लक्षात घेऊ. त्याचप्रमाणे हया घटकात गुरुत्वाकर्षण बल, गुरुत्वाकर्षणीय त्वरण आणि वजनरहित अवस्था हयासारख्या संकल्पनाही विस्तृत केल्या आहेत.

### घटक ३.१ गती आणि तिचे वर्णन

कालावधी - ८ तास

गतीची संकल्पना, गतीची विविध उदाहरणे जसे संक्रमण गती, पूर्णन गती, दोलनगती, एकसमान गती, असमान गती (फक्त एकमिती), अंतर आणि विस्थापन, वेग, सरासरी वेग, वेग आणि त्वरण, गती, अंतर व काळाचा आलेख, गती व काळाचा आलेख, गतीचे समिकरण आणि त्याचे उपयोग, एकसमान वर्तूलाकार गती ( फक्त गुणात्मक कल्पना )

### घटक ३.२ बल आणि गती

कालावधी - १० तास

बल आणि गती, गतीविषयक पहिला नियम, जडत्व, त्वरणाची संकल्पना, गतिविषयक दुसरा नियम, त्वरणाची अक्षय्यता, गतिविषयक तिसरा नियम क्रिया, आणि प्रतिक्रिया, घर्षण, घर्षणामुळे फायदे आणि तोटे, प्रणोद (thrust) आणि बल

### घटक ३.३ गुरुत्वाकर्षण

कालावधी - ६ तास

गुरुत्वाकर्षण बल, गुरुत्वाकर्षणाचा नियम, गुरुत्वाकर्षणामुळे संवेग, वस्तुमान आणि वजन, गुरुत्वाकर्षणामुळे एकमितीमध्ये पदार्थाची गतिमानता, मुक्त पतन आणि वजन विरहीत अवस्था, तरंगावस्था (Buoyancy) आणि आर्किमिडीजचे तत्व

**विभाग ४ : उर्जा**

**कालावधी - ५२ तास**

गुण : १५

**दृष्टिकोन :**

हया भागामध्ये उर्जेचे वेगवेगळे प्रकार, त्यांची उगमस्थाने, गुणधर्म आणि दैनंदिन जीवनातील उपयोग ह्या गोष्टींचा आढावा घेतला आहे. त्याचप्रमाणे उर्जा अपत्ती/ संकटमुळे निर्माण होणा-या आव्हानांना सामोरे कसे जावे लागेल ह्याची ही चर्चा आहे.

**घटक ४.१ उर्जेची उत्पत्ती स्थाने**

**कालावधी - ४ तास**

पारंपारिक व अपारंपारिक उर्जास्रोत, सूर्य हा उर्जेचा महान स्रोत आहे. तसेच जीवाश्म इंधने, पाणी, वारा, केंद्रकीय उर्जा, जैविक उर्जा (इंधन देणा-या वनस्पती), समुद्री उर्जा, भूगर्भीय उर्जा आणि अणू उर्जा (विखंडन आणि एकीकरण), उर्जा आपत्ती/ संकट - उर्जेचा किमान वापर आणि उर्जेचे जतन

**घटक ४.२ कार्य आणि उर्जा**

**कालावधी - ८ तास**

व्लामुळे झालेले कार्य, कार्य आणि उर्जेतील संबंध, उर्जेचे एकक, वेगवेगळ्या प्रकारच्या उर्जा यांत्रिक (गतिज आणि स्थितीज), औष्णिक उर्जा, प्रकाशीय उर्जा, ध्वनी उर्जा, विद्युत उर्जा, रासायनिक आणि केंद्रकीय उर्जा, शक्ती आणि तिचे एकक, उर्जेचे परिवर्तन आणि जतन आणि उदाहरणे.

**घटक ४.३ औष्णिक उर्जा**

**कालावधी - ६ तास**

औष्णिक उर्जा आणि तापमान, घन, द्रव व वायूचे तापीय प्रसरण, अवस्थांमधील बदल, सुप्त उष्णता, विशिष्ट उष्णता (गुणात्मक कल्पना), तापमानाचे मापन.

**घटक ४.४ प्रकाशीय उर्जा**

**कालावधी - १० तास**

प्रकाशाचे परावर्तन, सपाट व गोलीय आरसा, आरशाचे सूत्र (साधिते derivations नाहीत) आरशाचे उपयोग, प्रकाशाचे अपवर्तन, भिंगांमुळे निर्माण होणा-या प्रतिमा (फक्त गुणात्मक कल्पना), भिंगांचे सूत्र (साधित नाहीत), प्रतिमेचे विशालन आणि भिंगाची शक्ती, दृष्टिदोष नाहिसे करण्यासाठी भिंगांचा वापर (जवळची व दूरची दृष्टी), काचेच्या लोलकातून प्रकाशाचे अपस्करण, पांढ-या प्रकाशाची पंक्ती वर्णावली, प्रकाशाचे विकीरण, दैनंदिन जीवनात उपयोग

**घटक ४.५ विद्युत उर्जा**

**कालावधी - ८ तास**

विद्युत प्रभार, विद्युत स्थैतिक क्षमता आणि विद्युत प्रवाह, ओहमचा नियम, एकसर आणि समांतर जोडणीतील रोध, विद्युत प्रवाहाचा उष्णताजनक परिणाम आणि त्याचे उपयोग, विद्युत उर्जा आणि विद्युत शक्तीचे व्यावसायिक एकक

**घटक ४.६ विद्युत प्रवाहाचा चुंबकीय परिणाम**

**कालावधी - १० तास**

चुंबक, चुंबकीय क्षेत्र, चुंबक क्षेत्रीय रेखा, विद्युत प्रवाहाचा चुंबकीय परिणाम (फक्त गुणात्मक कल्पना), प्रवाह वाहून नेणा-या सोलेनॉईडमुळे तयार झालेले चुंबकीय क्षेत्र, विद्युत चुंबक, विद्युत घंटा, चुंबकीय क्षेत्रात ठेवलेल्या वाहकातून वाहणा-या प्रवाहावरील बल, अनावींधारा आणि प्रत्यावर्तीधारेची वारंवारिता, प्रत्यावर्तीधारेचे, अनावींधारेपेक्षा वेगळे उपयोग, घरगुती विद्युत मंडलाची मूलभूत संकल्पना, विजेपासून धोका आणि सुरक्षिततेचे उपाय,

**घटक ४.७ ध्वनी आणि दळणवळण**

**कालावधी - ६ तास**

तरंग - रचना आणि तरंगांचे गुणधर्म, अवतरंग आणि अणुतरंग, तरंगांचे विविध प्रकार - यांत्रिक (ध्वनी) आणि विद्युत चुंबकीय तरंग, तरंग प्रसारण, ध्वनीचे गुणधर्म ध्वनीचे परावर्तन (SONAR) दळणवळण - मुलभूत कार्यपध्दती, दळणवळणामध्ये तरंगाचा वापर, दळणवळणासाठी वापरली जाणारी विविध उपकरणे, दळणवळणामध्ये उपग्रहांचा वापर

**विभाग ५ : सजीव सृष्टी**

**कालावधी - ४७ तास**

गुण : १५

**दृष्टिकोन :**

पृथ्वीवर राहणारे विविध सजीव पृथ्वीवरील पर्यावरणाचा अविभाज्य घटक आहेत. हयामध्ये सजीवांची उत्पत्ती आणि सजीवांमधील विविधता ह्या पाठाचा सामावेश होतो. ह्या पाठामध्ये सजीवांची उत्पत्ती आणि उत्क्रांतीचा परामर्ष घेतला आहे. जैववैविध्यतेची संकल्पना, सोयीसाठी आणि शास्त्रीय अभ्यासासाठी सजीवांचे वर्गीकरण हा भाग अंतर्भूत आहे. जीवनक्रिया ह्या पाठामध्ये पुढील गोष्टींचा उहापोह केलेल्या आहे. पेशीची ओळख, सजीवांच्या शरीर रचनेचे अविभाज्य भाग - पेशी, चयापचय क्रिया, पोषण,

## अभ्यासक्रम

वहन, श्वसन, उत्सर्जन, नियंत्रण आणि सहनिर्देशन, पुनरुत्पादन, अनुवंशिकतेचे प्रकार, जनुकीय पदार्थ आणि तंत्र

### घटक ५. १ सजीवांचे वर्गीकरण

कालावधी - ५ तास

वर्गीकरण - ५ संघ/ कोटी (वनस्पतीचे वर्गपर्यंत आणि प्राण्यांचे गटापर्यंत) पृष्ठवंशीय प्राण्यांचे वर्गापर्यंत लिनिअसची नामकरणपध्दती, प्रजाती आणि जाती उदाहरणासहित जैववैविध्यतेची संकल्पना, जैववैविध्यतेचे स्तर, विविधतेचे प्रकार (जागतिक आणि भारतीय)

### घटक ५. २ पृथ्वीवरील सजीवांचा इतिहास

कालावधी - ६ तास

- सजीवांच्या उत्पत्तीपूर्वीची पृथ्वीची स्थिती सजीवांची उत्पत्ती आणि विविधता
- उत्क्रांती : डार्विनचे योगदान (डार्विनचा सिध्दांत) डार्विनचा नूतन सिध्दांत, सजीवांच्या इतिहासातील प्रमुख घटना (भूशास्त्रीय युगे आणि संबंधित घटना), मानवाची उत्क्रांती

### घटक ५. ३ सजीवांच्या शरीर रचनेचे मूलभूत घटक - पेशी आणि ऊती

कालावधी - ७ तास

- सजीवांच्या शरीराचा मूलभूत घटक पेशी, वनस्पती व प्राणी पेशी
- जैविक रेणू - DNA, RNA आणि प्रथिनांची निर्मिती
- पेशींची रचना - पेशीअंगके आणि त्यांची कार्ये
- पेशीविभाजनाची संक्षिप्त कल्पना
- पेशी ते ऊती - वनस्पती व प्राणी उती आणि त्यांची कार्ये
- मूलपेशी तंत्र आणि तिचे उपयोग हयाची संक्षिप्त कल्पना

### घटक ५. ४ जीवनक्रिया - भाग १ : पोषण, वहन, श्वसन आणि उत्सर्जन

कालावधी - ८ तास

जगण्यासाठी उर्जेची आवश्यकता, प्रकाश संश्लेषणातून उर्जेची प्राप्ती, पोषणाचा प्रकार - परपोषण, माणसामध्ये पोषणामुळे निर्माण झालेले रोग, संतुलित आहाराची संकल्पना, श्वसन -मुलभूत क्रिया, अवयव (फुफ्फुसे आणि कल्ले), वहनाची मूलभूत कल्पना (वनस्पती आणि प्राण्यांमध्ये) उत्सर्जन, वैज्ञिकिय निदानासाठी तंत्रज्ञानातील सुधारणा आणि उपचार, ECG, डायलिसिस

### घटक ५. ५ जीवनप्रक्रिया - भाग २ : नियंत्रण आणि सहनिर्देशन

कालावधी - ८ तास

- चेतासंस्था ( मेंदू, मज्जारज्जू, चेतापेशी, चेता)
- प्रमुख अंतःस्त्रावी ग्रंथी आणि त्यांचे स्त्राव, कार्ये, संप्रेरकांच्या अभावाने होणारे रोग
- ज्ञानेंद्रिये (अवयव - दृष्टि, श्रवण आणि चव, डोळ्याची छायाचित्र काढण्याच्या यंत्राप्रमाणे रचना )

### घटक ५. ६ जीवनप्रक्रिया - भाग ३ : प्रजोत्पादन / पुनरुत्पादन

कालावधी - ६ तास

मेंडेलची अनुवंशिकता, गुणसूत्रे, जनुके, DNA चे विभाजन, लिंगनिश्चिती, रक्तगट, माणसातील गुणसुत्रांच्या जोड्यांचा संक्षिप्त आढावा, अनुवंशिक रोग, जैवतंत्रज्ञान, जनुकीय सल्लामसलत .

## विभाग ६ : नैसर्गिक साधनसंपदा

कालावधी - २६ तास

गुण : १०

### दृष्टिकोन :

आपल्याला जगण्यासाठी, आरामात राहण्यासाठी नैसर्गिक साधनसंपदा महत्वाची आहे. हया पाठामध्ये समाजाला आवश्यक असलेल्या मुलभूत साधनसंपदेची चर्चा केली आहे .

### घटक ६. १ हवा आणि पाणी

कालावधी - ९ तास

- अनेक वायूंच्या मिश्रणाने बनलेल्या हवेची रचना
- हवेचे प्रदुषण
- पाण्याचे स्रोत
- पिण्यालायक पाणी
- पाण्याचे प्रदुषण
- पाण्याचे जतन आणि साठवणूक

### घटक ६.२ धातू आणि अधातू

- धातू आणि अधातूंचे भौतिक गुणधर्म
- धातूंचे रासायनिक गुणधर्म - धातूंच्या ऑक्सिजन, पाणी, सर्वसाधारण आम्ले आणि अल्कलीवरोवर क्रिया
- अधातूंच्या ऑक्सिजनवरोवर क्रिया

- धातूंची अभिक्रियाशीलता श्रेणी
- धातू आणि अधातूंचे उपयोग

### घटक ६.३ कार्बन आणि त्याची संयुगे

कालावधी - १० तास

- कार्बन : सजीव सृष्टीचा घटक
- कार्बनचे बहुस्वरूपी आकार
- कार्बनची ऑक्साईड्स (CO आणि CO<sub>2</sub>)
- कार्बनचे 'मालिकाबंधन' गुणधर्म - (साखळ्या, शाखा आणि वलये)
- हायड्रोकार्बन्सचे स्रोत
- संतृप्त आणि असंतृप्त हायड्रोकार्बन्स
- एकच सामान्य सूत्र असलेल्या कार्बनी संयुगांची मालिका
- इतर काही सर्वसाधारण कार्यकारी गट
- नामकरण पध्दती
- कार्बनची उपयुक्त संयुगे (इथेनॉल आणि अॅसेटिक आम्ल)

### विभाग ७ : मानव आणि पर्यावरण

कालावधी - ३३ तास

गुण - १२

#### दृष्टिकोन :

निरोगी वातावरण ही महत्वाची गरज आहे. आधुनिक मानवाने उद्योग आणि तंत्रज्ञानात प्रचंड प्रगती केली आहे. त्याच वेळेला खेड्यांच्या विकासात अधोगती झाली आहे. पर्यावरणाचा आरोग्यावर आणि राहणीमानावर वाईट परिणाम झाला आहे.

### घटक ७.१ नैसर्गिक पर्यावरण

कालावधी - १० तास

**परिसंस्थेचे घटक** - अजैविक आणि जैविक, सजीवांमधील अनुकूलन.

**परिसंस्थेतील प्रक्रिया** - उर्जेचे वहन, अन्नजाळी, पोषकद्रव्ये, चक्रीकरण (नायट्रोजन व कार्बन), जलचक्र, सजीवांच्या गटातील आंतरप्रक्रिया, सजीवांच्या गटांची वाढ

परिसंस्था - जलीय आणि भूचर,

परिसंस्थीय सेवा (अन्ननिर्मिती, परागीभवन, जमिनीचा कस, पोषकद्रव्यांचे चक्रीकरण, टाकाऊ पदार्थांचे व्यवस्थापन) इंधने, लाकूड, तंतू/ धागे, औषधे

### घटक ७.२ मानवाचा पर्यावरणावरील परिणाम

कालावधी - ९ तास

**प्रादेशिक** - हवा प्रदुषणाची कारणे आणि परिणाम तसेच जल प्रदुषण, ध्वनी प्रदुषण, जंगलतोडीची कारणे आणि परिणाम, टाकाऊ पदार्थांचे व्यवस्थापन

**जागतिक** - जागतिक तापमान वाढ, ओझोन स्तराचा क्षय, आम्ल पर्जन्य, प्रकाश रासायनिक स्मॉग

**नैसर्गिक आपत्ती** - दरडी कोसळणे, ढगफूटी, धरणीकंप, पूर, तुनामी, वादळे, वणवे हयांची कारणे, परिणाम आणि व्यवस्थापन

### घटक ७.३ अन्ननिर्मिती

कालावधी - ६ तास

शेती/ कृषी (पध्दती, पिके, तण नियंत्रण आणि किटक आणि जंतू व्यवस्थापन, साठवण) मत्स्योत्पादन, पशुसंवर्धन, शेळ्या मेंढ्यांचे व्यवस्थापन, पशुप्रजोत्पादन, अन्ननिर्मितीमध्ये तंत्रज्ञान आणि जैवतंत्रज्ञानाचा सहभाग

### घटक ७.४ आरोग्य आणि स्वच्छता

कालावधी - ८ तास

संसर्गजन्य व असंसर्गजन्य रोग, कारणे, प्रसारपध्दती, लक्षणे, प्रतिबंध आणि नियंत्रण (विषमज्वर, क्षयरोग, हिवताप, डेंग्यू, अमांश)

पर्यावरण प्रदुषणामुळे होणारे निरनिराळे रोग

- लसीकरण, प्रथमोपचार
- माणसाच्या रोगांचे निदान करण्यासाठी रोग निदान पध्दती - क्ष किरण, MRI आणि श्राव्यातीत ध्वनी