212hi09

9

गति और इसका वर्णन

आपने अनेक वस्तुओं को गति करते हुए देखा होगा जैसे- सड़क पर चलती हुई कार, ट्रक, बस, रेल की पटरियों पर दौड़ती हुई ट्रेन, आकाश में उड़ता हुआ हवाई जहाज, बिजली के पंखे के ब्लेड और किसी झूले पर कोई बच्चा। क्या आप जानते हैं कि कोई वस्तु गति क्यों करती है? क्या सभी गतियाँ एक जैसी होती हैं?

आपने देखा होगा कि कुछ चीजें सरल रेखा के अनुदिश गतिशील होती हैं, कुछ वक्रित पथ के अनुदिश गति करती हैं तो कुछ किसी नियत बिन्दु के इधर-उधर गति करती हैं। ये गतियाँ अलग-अलग क्यों हैं? आप इस प्रकार के सभी सवालों के जवाब इस पाठ में पाएँगे। विभिन्न तरह की गतियों के बारे में अध्ययन करने के साथ-साथ आप यह भी सीखेंगे कि गति का वर्णन कैसे किया जाता है? इसे जानने के लिए हम दूरी, विस्थापन, वेग और त्वरण जैसी अवधारणाओं को समझने की कोशिश करेंगे। हम यह भी समझेंगे कि ये अवधारणाएँ एक दूसरे से तथा समय से कैसे संबंधित हैं। इस पाठ में हम यह भी चर्चा करेंगे कि एक समान चाल से गतिशील कोई पिंड किस तरह त्वरण प्राप्त करता है।

míś' ;

इस पाठ को पढ़ने के पश्चात् आप –

- गति की अवधारणा की व्याख्या कर पाएँगे और विराम एवं गति में अंतर कर पाएँगे;
- विभिन्न तरह की गतियों- सरल रेखीय, वृत्तीय, घूर्णी और दोलन गति का वर्णन कर पाएँगे;
- दूरी, विस्थापन, चाल, औसत चाल, वेग तथा त्वरण को परिभाषित कर पाएँगे;
- सरल रेखीय, एकसमान गति और एकसमान रूप से त्वरित गति का वर्णन कर पाएँगे;
- दूरी-समय और वेग-समय ग्राफ बना पाएँगे और उनकी व्याख्या कर पाएँगे;
- विस्थापन, चाल, औसत चाल, वेग और त्वरण के बीच संबंध स्थापित कर पाएँगे;
- इन समीकरणों का उपयोग दैनिक जीवन की परिस्थितियों को सुविधाजनक बनाने में कर पाएँगे; और
- वर्तुल गति का वर्णन कर पाएँगे।

9-1 xfr vkj fojke

यदि आप गति करती हुई बस को देखें तो पाएँगे कि बस की स्थिति समय के साथ बदल रही है। इसका मतलब क्या हुआ? इसका मतलब है कि बस गति में है। अब मान लीजिए आप किसी बस में बैठे हैं जो उसी दिशा में और उसी चाल से गतिशील एक दूसरी बस के समान्तर गतिशील है। आप देखेंगे कि आपकी बस के सापेक्ष दूसरी बस की स्थिति समय के साथ परिवर्तित नहीं हो रही है। इस स्थिति में दूसरी बस आपकी बस के सापेक्ष स्थिर मालूम पड़ती है। तथापि, दोनों बसें अपने आस-पास की चीजों के सापेक्ष गति कर रही हैं। इसलिए एक प्रेक्षक के सापेक्ष एक गतिशील वस्तु विराम अवस्था में हो सकती है जबकि दूसरे प्रेक्षक के सापेक्ष वही वस्तु गतिशील हो सकती है। इस प्रकार हम कह सकते हैं कि गति सापेक्ष होती है।

आइए, हम सापेक्ष गति की अवधारणा को समझें। कल्पना कीजिए कि ट्रैफिक सिगनल की प्रतीक्षा में आप अपनी गाड़ी में बैठे हैं और आपकी बगलवाली गाड़ी ने अभी चलना शुरू किया है, आप महसूस करेंगे कि आपकी गाड़ी पीछे की तरफ गति कर रही है।

मान लीजिए कि चिन्टू और गोलू बाजार जा रहे हैं? गोलू दौड़ रहा है और चिन्टू उसके पीछे चल रहा है। उन दोनों के बीच की दूरी बढ़ती जाएगी, यद्यपि दोनों एक ही दिशा में गति कर रहे हैं। गोलू को लगता है कि चिन्टू उससे दूर जा रहा है। चिन्टू को भी लगता है कि गोलू उसके आगे है और उससे दूर जा रहा है। चित्र 9.1 देखें।

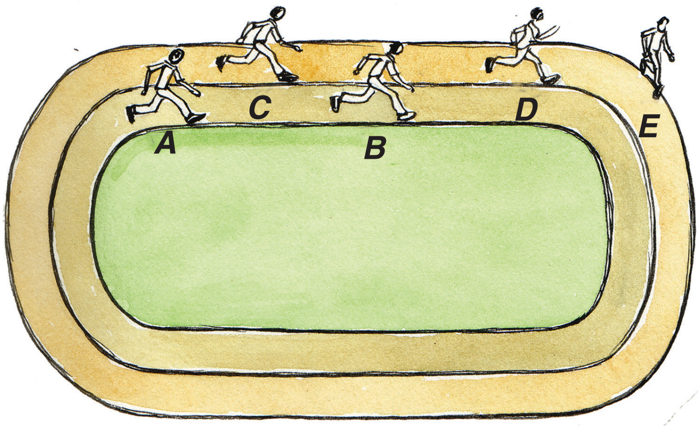
चिन्टू   गोलू

fp= 9-1: सापेक्ष गति का एक उदाहरण

Ikfp, vkj dhft,

एक दिन शाम के समय नदी के किनारे खड़ा हुआ निमिष किनारे की तरफ आनेवाली नावों, नदी के ऊपर बने पुल से गुजरते हुए वाहनों, नदी के किनारे से गाँव की ओर जाते हुए जानवरों, आकाश में उगनेवाले चंद्रमा, उड़ती हुई और अपने घोंसलों में लौटती हुई चिड़ियों आदि का अवलोकन कर रहा है। क्या आप निमिष के दिमाग में आनेवाले कुछ विचारों की सूची बना सकते हैं? निमिष के चारों ओर किस तरह की दुनिया है?

हम निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि प्रेक्षक के सापेक्ष वस्तु की स्थिति में समय के साथ लगातार होने वाला परिवर्तन गति है। मान लीजिए कि आप खेत में खड़े अपने किसी दोस्त की ओर गति कर रहे हैं। आप किस तरीके से गति में हैं? क्या आप उस समय गति में हैं जब आप स्वयं का अवलोकन कर रहे हैं ? क्या आपका दोस्त आपके सापेक्ष गति में है? क्या आप अपने दोस्त के सापेक्ष गति में हैं? अब आप समझ गए होंगे कि प्रेक्षक स्वयं के सापेक्ष गति में नहीं हो सकता है। इसलिए आप अपने दोस्त के सापेक्ष वस्तु की ओर गति कर रहे हैं और आपका दोस्त आपके सापेक्ष आपकी ओर विपरीत दिशा में गति कर रहा है। दूसरे शब्दों में, प्रेक्षक के सापेक्ष वस्तु की स्थिति में बदलाव यह तय करता है कि वस्तु गति में है। यह बदलाव लगातार होना चाहिए। आइए, गति की अवधारणा को समझने के लिए एक रोचक उदाहरण पर विचार करते हैं। 200 m की दौड़ प्रतियोगिता में पाँच खिलाड़ी भाग ले रहे हैं। वे अपनी लेन में चित्र 9.2 में दर्शाए अनुसार दौड़ रहे हैं। खिलाड़ी A, B, C, D और E एक सेकंड में क्रमशः 2, 3, 4, 3, 2 m दौड़ते हैं। क्या आप यह समझने में खिलाड़ी की मदद कर सकते हैं कि कौन खिलाड़ी किस खिलाड़ी के सापेक्ष गतिशील है और कौन खिलाड़ी किस खिलाड़ी के सापेक्ष स्थिर है? नीचे दी गई सारणी में अपनी प्रतिक्रिया दर्ज कीजिए।



fp= 9-2

lkj.kh 9-1

i{kd f[kykMh	f[kykMh ¼xfr esa½	f[kykMh ¼fojke esa½	fVIi.kh
A	B,C,D	E,	खिलाड़ी E, खिलाड़ी A के सापेक्ष स्थिर है क्योंकि एक सेकंड में A और E की स्थिति में बदलाव शून्य है जबकि दूसरी स्थितियों में ऐसा नहीं है।
B			
C			
D			

अब आप निमिष के सवालों का जवाब देने में उसकी मदद कर सकेंगे।

9-1-1 xfr d i:dkj

अपने दैनिक जीवन में हम अनेक वस्तुओं को गति करते हुए देखते हैं। कुछ वस्तुएँ सरल रेखा में गति करती हैं और कुछ नहीं। उदाहरण के लिए, क्षैतिज सतह पर लुढ़कती हुई गेंद, किसी ऊँचाई से नीचे गिरता हुआ पत्थर, और 100 m ट्रैक पर दौड़ लगाता धावक। इन सभी उदाहरणों में आप पाएँगे कि गतिशील वस्तु की स्थिति समय के सापेक्ष सरल रेखा के अनुदिश बदल रही है। इस तरह की गति को सरल रेखा में गति या सरल रेखीय गति कहते हैं। क्या आप इस तरह की गति के दो और उदाहरण सोच सकते हैं।

(a) क्षैतिज सतह पर लुढ़कती हुई गेंद

(b) हाथ से गिरता हुआ पत्थर

(c) 100 m ट्रैक पर दौड़ता हुआ धावक

fp= 9-3: सरल रेखीय गति के उदाहरण

आपने कलाई घड़ी की सुई की गति, झूले में बैठे बच्चे की गति, विद्युत पंखे के ब्लेडों की गति का अवलोकन किया होगा। इस प्रकार की गति में गति के दौरान वस्तु वृत्ताकार पथ पर चलती है।

fØ;kdyki 9-1

(a) एक छोटे पत्थर को धागे से बाँधकर अपने हाथ में लटकाइए। ध्यान रहे धागे की लम्बाई आपकी ऊँचाई से ज्यादा नहीं होनी चाहिए। पत्थर को विराम की स्थिति से एक तरफ लाकर विस्थापित करके छोड़ दीजिए।

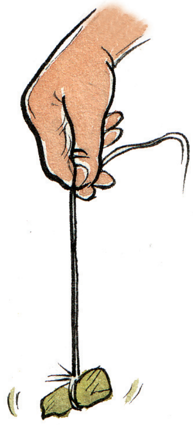
(b) पत्थर को विराम की स्थिति में आने दीजिए। अपने हाथ की मदद से पत्थर को निलंबन बिन्दु तक लाइए और छोड़ दीजिए।

(c) अब अपने हाथ में पत्थर बंधी डोरी के दूसरे सिरे को कस कर पकड़िए और इसे अपने सिर के ऊपर घुमाइए

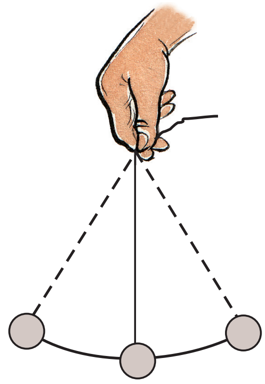
नीचे दी गई सारणी में तर्कसहित लिखिए कि ऊपर की तीनों स्थितियों में आपने पत्थर को किस तरह की गति करते हुए अवलोकित किया।

lkj.kh 9-2

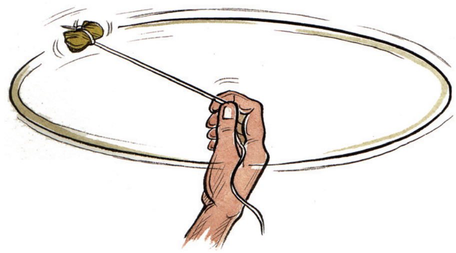
fLFkfr	xfr dk izdkj	rdZ
A		
B		
C		



(a)



(b)



(c)

fp= 9-4: (a) धागे से बाँधकर लटकाया हुआ पत्थर (b) धागे से बँधे हुए पत्थर को दोलन कराते हुए (c) धागे से बँधे हुए पत्थर को तेजी से घुमाते हुए

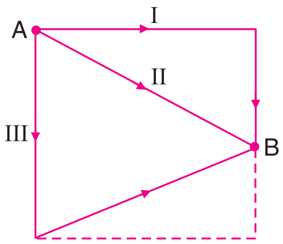
क्या आपने कभी पेड़ की शाखाओं को गति करते हुए ध्यान से देखा है? ये अपनी केन्द्रीय स्थिति (विराम की स्थिति) के इर्द-गिर्द घूमती हैं। इस तरह की गति को दोलन गति कहते हैं। ऐसी गति में कोई वस्तु एक बिन्दु, जिसे विराम की स्थिति या संतुलन स्थिति कहते हैं, के आगे-पीछे घूमती है। झूले और दीवार घड़ी के पेंडुलम भी दोलन गति करते हैं। क्या आप बता सकते हैं कि सिलाई मशीन की सुई कैसे गति करती है? यह गति का कौन सा प्रकार है? अब आप निमिष द्वारा देखी गई कुछ गतियों में अंतर कर सकते हैं।

9-2 njh vkj foLFkkiu

चलती हुई वस्तु के लिए दो बिन्दु महत्त्वपूर्ण हैं। एक है प्रारंभ बिन्दु या मूल बिन्दु जहाँ से वस्तु चलना शुरू करती है और दूसरा वह बिन्दु जहाँ कुछ समय के पश्चात वस्तु पहुँचती है। वस्तु की गति के दौरान प्रारंभ बिन्दु और लक्ष्य बिन्दु एक पथ द्वारा जुड़े होते हैं। वस्तु द्वारा तय किए गए पथ की लंबाई को दूरी कहते हैं। प्रारंभ बिन्दु से लक्ष्य बिन्दु तक पहुंचने के कई पथ हो सकते हैं। इसलिए प्रारंभ बिन्दु और लक्ष्य बिन्दु समान होने पर भी एक वस्तु अलग-अलग दूरी तय कर सकती है। दूरी के मात्रक मीटर (m) या किलोमीटर (km) हैं।

fØ;kdyki 9-2

एक वस्तु A से B की ओर तीन अलग-अलग पथों के अनुदिश गति करती है। इन तीनों पथों पर वस्तु द्वारा तय की गई दूरी को मापिए।



पैमाना 1 cm = 10 m

fp= 9-5

किसी भी गति में आप पाएँगे कि स्थिति में लगातार बदलाव से वस्तु एक जगह से दूसरी जगह पहुँचती है। वस्तु की स्थिति में परिवर्तन को विस्थापन कहते हैं। मूल रूप में यह वस्तु की प्रारंभिक स्थिति और अंतिम स्थिति के बीच की न्यूनतम दूरी है। प्रारंभिक और अंतिम स्थिति के दौरान तय किया गया पथ एक सरल रेखा हो भी सकता है या नहीं भी। इसलिए, पथ की लम्बाई हमेशा विस्थापन को नहीं दर्शाती है।

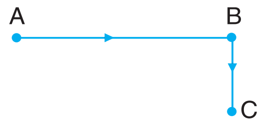
fØ;kdyki 9-3

दी गई स्थितियों में दूरी और विस्थापन को मापिए और उनका मान नीचे दी गई सारणी में लिखिए-

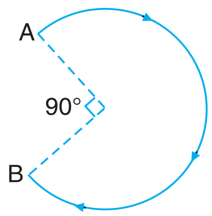
(a) A से B की ओर गतिशील वस्तु

(b) एक वस्तु A से B तक गति करती है और तब C तक आती है

(c) वस्तु A से B तक जाती है फिर बिन्दु A पर वापस लौटती है



(d) वस्तु A से B तक जाती है और फिर C पर आती है



(d) वृत्ताकार चाप के अनुदिश A से A की ओर गतिशील वस्तु

fp= 9-6

lkj.kh 9-3

fLFkfr	njh	foLFkkiu
(a)		
(b)		
(c)		
(d)		
(e)		

अब आप निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि :

(a) विस्थापन दूरी से छोटा या दूरी के बराबर होता है।

(b) विस्थापन दूरी के बराबर तब होता है, जब वस्तु सरल रेखा पर गतिशील है और अपनी दिशा नहीं बदलती।

(c) यदि एक वस्तु सरल रेखीय पथ पर गति नहीं करती है तो इसका विस्थापन दूरी से कम ही होता है।

(d) विस्थापन शून्य हो सकता है लेकिन दूरी शून्य नहीं हो सकती है।

(e) विस्थापन का परिमाण अंतिम स्थिति और प्रारंभिक स्थिति के बीच की न्यूनतम दूरी है।

(f) वस्तु द्वारा तय किए गए पथ की लंबाई दूरी है।

(g) दूरी पथ पर निर्भर करती है जबकि विस्थापन केवल प्रारंभिक एवं अन्तिम स्थितियों पर निर्भर करता है।

क्या अब आप ऐसी परिस्थिति के बारे में सुझा सकते हैं जिसमें दूरी विस्थापन की दुगुनी हो?

टिप्पणी

9-2-1 nwjh vkj foLFkkiu dk xkQh; fu:i.k

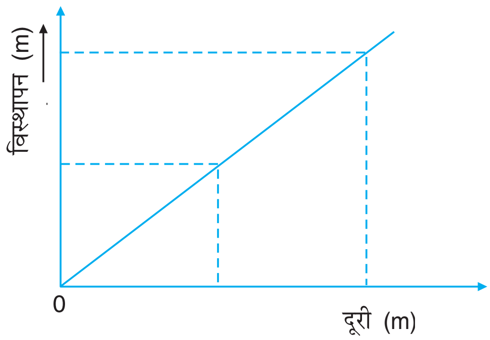
दूरी और विस्थापन को ग्राफीय निरूपण के द्वारा भी दर्शाया जा सकता है। ग्राफ बनाने के लिए नीचे दिए गए चरणों का अनुसरण कीजिए।

(i) चरों के परास (उच्चतम और न्यूनतम मान का अन्तर) का विश्लेषण कीजिए।

(ii) ग्राफ रेखा पर आँकड़े को सटीकता से निरूपित करने के लिए उचित पैमाने का चुनाव कीजिए।

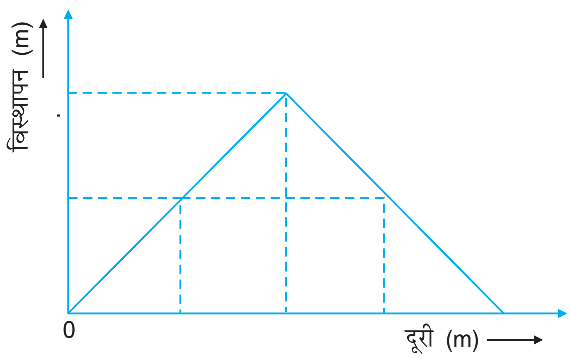
(iii) X-अक्ष पर स्वतंत्र राशि और Y-अक्ष पर निर्भर राशि को दर्शाइए।

दूरी को X-अक्ष पर तथा विस्थापन को Y-अक्ष पर लीजिए। आप जानते हैं कि सरल रेखा पर गतिशील वस्तु जिसने दिशा नहीं बदली है, की दूरी हमेशा विस्थापन के बराबर होती है। यदि आप ग्राफ बनाएँगे तो पाएँगे कि ग्राफ की रेखा एक सरल रेखा है जो दूरी अक्ष के साथ 45° का कोण बनाती हुई मूल बिन्दु से गुजरती है जैसा कि चित्र 9.7 में दर्शाया गया है।



fp= 9-7

अब हम एक दूसरी परिस्थिति पर विचार करते हैं जिसमें एक वस्तु एक स्थिति से दूसरी स्थिति की ओर चलना प्रारंभ करती है और उसी स्थिति पर वापस आ जाती है। इस परिस्थिति में ग्राफ की रेखा एक सरल रेखा होगी जो दूरी अक्ष के साथ 45° का कोण बनाती है और उच्चतम मान तक पहुँचती है फिर शून्य पर आ जाती है जैसा कि चित्र 9.8 में दर्शाया गया है।

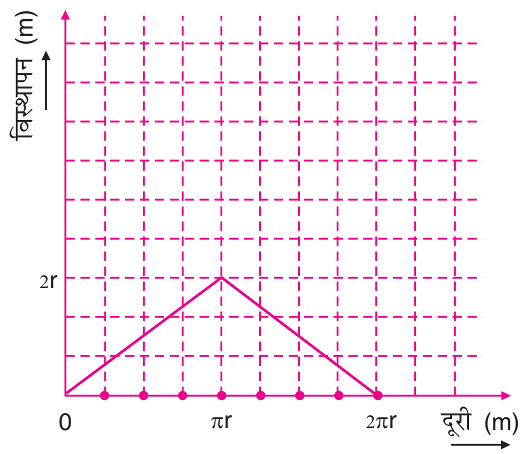


fp= 9-8

अब आप निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि –

- यदि ग्राफ की रेखा एक सरल रेखा है जो X-अक्ष या Y-अक्ष के साथ 45° का कोण बनाती है तो गति सरल रेखीय गति है और दूरी विस्थापन के बराबर है।
- विस्थापन के समान मान के लिए तय की गई दूरी अलग हो सकती है।
- यदि ग्राफ की रेखा X-अक्ष या X-अक्ष के साथ 45° का कोण नहीं बनाती है तो गति सरल रेखीय गति नहीं होगी।

जब कोई वस्तु वृत्तीय पथ पर गतिशील है तो अधिकतम विस्थापन वृत्तीय पथ के व्यास के बराबर होता है और वस्तु द्वारा तय की गई दूरी समय के साथ बढ़ती है जैसा कि चित्र 9.9 में दर्शाया गया है।



fp= 9-9

ikBxr i'u 9-1

निम्नलिखित में सही उत्तर चुनिए –

1. बिना दिशा बदले सरल रेखा पर गतिशील एक वस्तु के लिए

   (a) तय की गई दूरी > विथापन

   (b) तय की गई दूरी < विस्थापन

   (c) तय की गई दूरी = विस्थापन

   (d) दूरी शून्य नहीं है लेकिन विस्थापन शून्य है।

2. वृत्तीय गति में चली गई दूरी

   (a) हमेशा > विस्थापन

   (a) हमेशा < विस्थापन

   (c) हमेशा = विस्थापन

   (d) शून्य होगी जब विस्थापन शून्य होगा।

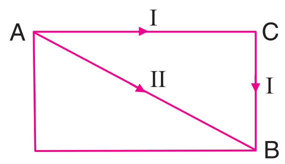
3. दो व्यक्ति बिन्दु A से चलना शुरू करते हैं और क्रमशः ACB और AB दो पथों पर चलकर बिन्दु B पर पहुँचते हैं जैसा कि चित्र 9.10 में दर्शाया गया है।

   (a) उनके द्वारा तय की गई दूरी समान है।

   (b) उनका विस्थापन समान है।

   (c) I का विस्थापन >II का विस्थापन

   (d) I द्वारा तय की गई दूरी <II द्वारा तय की गई दूरी



चित्र 9.10

4. R त्रिज्या के साइकिल के पहिए के उच्चतम बिंदु के संदर्भ में, किसी सीधी सड़क के अनुदिश पहिए के आधा चक्कर लगाने में निम्नलिखित में से कौन सा कथन सही है?

   (a) दूरी = विस्थापन (b) दूरी < विस्थापन

   (c) विस्थापन = 2R (d) विस्थापन = πR

5. एक वस्तु ऊपर की ओर 20 m की ऊँचाई तक फेंकी जाती है जो फेंकनेवाले के हाथ में 10 s में वापस आ जाती है। वस्तु का विस्थापन है –

   (a) 20 m (b) 40 m (c) शून्य (d) 60 m

6. 14 m त्रिज्या के ट्रैक पर एकसमान वृत्तीय गति से गतिशील एक वस्तु के लिए दूरी-विस्थापनग्राफ बनाइए।

9-3 ,d lekU vkSj vlekU xfr

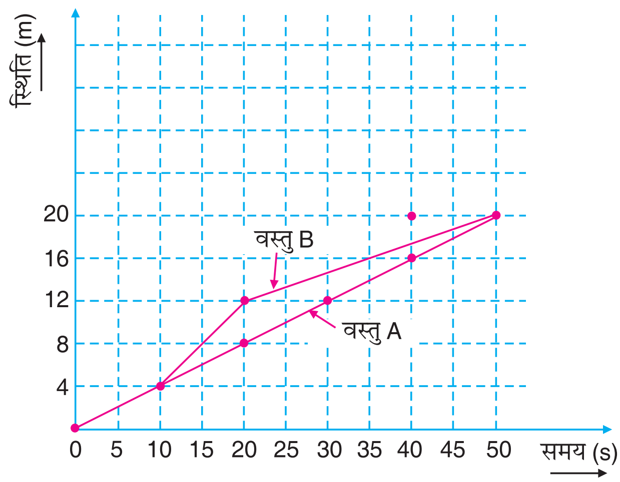
दो वस्तुओं A और A की गति के लिए सारणी 9.4 में दिए गए आँकड़ों का विश्लेषण कीजिए।

lkj.kh 9-4

समय (t) s में	0	10	20	30	40	50
A की स्थिति X_1 (m में)	0	4	8	12	16	20
B की स्थिति X_2 (m में)	0	4	12	12	12	20

क्या आप वस्तु A और वस्तु B की गति के बीच कोई अंतर पाते हैं? स्पष्ट रूप से A और B दोनों विराम की स्थिति से एक ही समय पर चलना शुरू करते हैं और दोनों समान समय में समान दूरी तय करते हैं। तथापि, वस्तु A की स्थिति में परिवर्तन की दर समान है और वस्तु B की स्थिति में परिवर्तन की दर असमान है। ऐसी गति जिसमें एक वस्तु समय के समान अंतराल में समान दूरी तय करती है, एकसमान गति कहलाती है जबकि वह गति जिसमें एक वस्तु समय के समान अंतराल में समान दूरी तय नहीं करती है, असमान गति कहलाती है। इसलिए वस्तु A की एकसमान गति है और वस्तु B की गति असमान है। आप A और B की गति के लिए स्थिति समय ग्राफ बना सकते हैं और दोनों प्रकार की गतियों के ग्राफ का अवलोकन कर सकते हैं।

वस्तु A की एकसमान गति का ग्राफ एक सरल रेखा ग्राफ है और वस्तु A की असमान गति का ग्राफ एक सरल रेखा नहीं है जैसाकि चित्र 9.11 में दर्शाया गया है।



fp= 9-11: एकसमान और असमान गति को निरूपित करता ग्राफ

9-3-1 pky

जब आप अपने मनपसंद स्थान की यात्रा करने की योजना बनाते हैं तो यात्रा की समयावधि के बारे में सोचते हैं ताकि आवश्यक चीजों जैसे खाद्य सामग्री आदि की व्यवस्था कर सकें। आप इसे किस प्रकार करेंगे? इसके लिए आप यह जानना चाहेंगे कि आपको कितनी दूर पहुँचना है और कितनी तेजी से मंजिल पर पहुँचना है। हम चाल के द्वारा गति कितनी तेज है, इसको मापते हैं। इकाई समय में किसी वस्तु द्वारा तय की गई दूरी चाल कहलाती है।

इसलिए $$\text{चाल} = \frac{\text{तय की गई दूरी}}{\text{समय-अन्तराल}}$$

चाल का SI मात्रक मीटर प्रति सेकण्ड है जिसे ms^{-1} लिखा जाता है। चाल का दूसरा मात्रक kmh^{-1} है जिसका सामान्यतः उपयोग किया जाता है।

$$1\ kmh^{-1} = \frac{1000\ m}{60 \times 60\ s} = \frac{5}{18} ms^{-1}$$

fØ;kdyki 9-4

समय के समान अंतराल, जैसे 2 s के बाद, चार वस्तुओं A, B, C और D की स्थिति यहाँ दी गई है। आप एकसमान और असमान गति के रूप में वस्तुओं की गति पहचानिए।

lkj.kh 9-5

समय (s) →	Bodies ↓	0	2	4	6	8
स्थिति (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

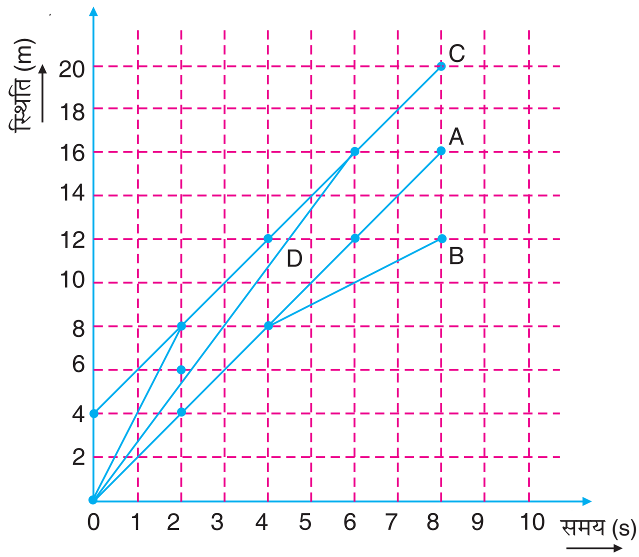
गति की प्रकृति की पहचान के लिए आप नीचे दी गई सारणी बना सकते हैं :

lkj.kh 9-6

oLrq }kjk yxk le; (s) → oLrq }kjk r; dh xbZ njh (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 = 6	16 – 12 = 4	20 – 16 = 4

ऊपर की सारणी से आप निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि वस्तु *A* और *C* समय के समान अंतराल मे समान दूरियाँ तय करते हैं इसलिए उनकी गति एकसमान गति है। लेकिन *B* और *D* के द्वारा तय की गई दूरियाँ समय के समान अंतराल में बराबर नहीं है, इसलिए उनकी गति असमान गति है।

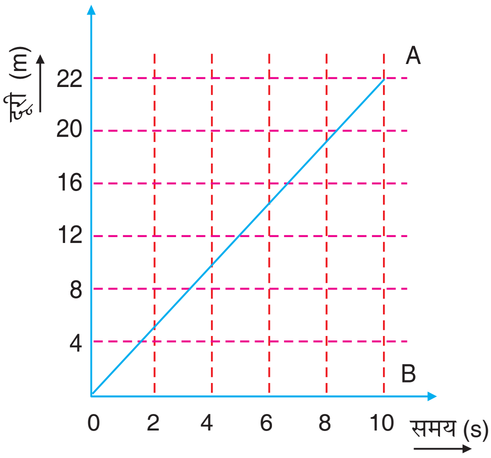
एकसमान या असमान गति के रूप में गति का विश्लेषण करने के लिए इसको ग्राफ द्वारा भी निरूपित किया जा सकता है। चारों वस्तुओं *A*, *B*, *C* और *D* के लिए स्थिति-समय ग्राफ को चित्र 9.12 में दर्शाया गया है।



fp= 9-12

अब आप देख सकते हैं एकसमान गतिवाली वस्तुओं *A* और *B* का ग्राफ सरल रेखा है और असमान गतिवाली वस्तुओं *B* और *D* का स्थिति-समय ग्राफ सरल रेखा नहीं है। इस ग्राफीय निरूपण में X-अक्ष पर 1 खाना = 1 s और Y-अक्ष पर 1 खाना = 2 m।

किसी वस्तु द्वारा समय के सापेक्ष तय की गई विभिन्न दूरियों के लिए निरूपित ग्राफ को दूरी-समय ग्राफ कहा जाता है ऐसा एक ग्राफ चित्र 9.13 में दर्शाया गया है।



fp= 9-13

चित्र 9.13 में 10 s में तय की गई दूरी 22 m है। इसलिए वस्तु की चाल

$$= \frac{22(m)}{10\ (s)} = 2.2\ ms^{-1}$$

इस गति को दूसरे तरीके से भी निरूपित किया जा सकता है यानी चाल $= \frac{AB}{OB}$ यह अनुपात ग्राफ रेखा की ढाल कही जाती है। इस प्रकार चाल स्थिति-समय ग्राफ का ढाल है।

mnkgj.k **9-1:** एक वस्तु क्रमशः 20 m और 40 m भुजाओं के आयताकार पथ पर गति करती है। यह दो चक्कर पूरा करने में 30 मिनट लगाती है। वस्तु की चाल क्या होगी?

gy %

$$\text{चाल} = \frac{\text{तय की गई दूरी}}{\text{समय}} = \frac{2\times2(20+40)\ m}{30\times60\ s}$$

$$= \frac{4}{30} ms^{-1}$$

9-3-2 osX

यदि आपसे किसी मंजिल पर पहुँचने के लिए कहा जाए और विभिन्न लंबाइयों के तीन, चार पथ बताए जाएँ तो आप किस पथ से जाना चाहेंगे? स्पष्टतः न्यूनतम लंबाई का पथ लेकिन हमेशा नहीं। इसे विस्थापन भी कहा जाता है। पहले के प्रकरण में आपने दूरी के बारे में जाना। जब गति न्यूनतम लम्बाई के पथ पर हो तो यह प्रारंभ बिन्दु से समापन बिन्दु की दिशा में होगी। यह गति कितनी तेज है इसे वेग द्वारा निर्धारित किया जाता है। वेग न्यूनतम पथ की लंबाई यानी विस्थापन और लगे हुए समय का अनुपात है।

$$\text{वेग} = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{समय-अन्तराल}}$$

वेग और चाल का मात्रक एक ही है यानी ms^{-1} (SI मात्रक) या $km\,h^{-1}$।

न्यूनतम पथ या विस्थापन वस्तु की प्रारंभिक स्थिति से अंतिम स्थिति की दिशा में होता है। अतः वेग की दिशा भी वस्तु की प्रारंभिक स्थिति से अंतिम स्थिति की ओर होती है। इस तरह से हम कह सकते हैं कि वेग में दिशा होती है। चाल में दिशा नहीं होती है क्योंकि यह किसी वस्तु द्वारा किसी भी दिशा में तय की गई कुल दूरी पर निर्भर करती है। ऐसी राशियाँ जिनमें दिशा होती है सदिश कहलाती हैं और जिनमें दिशा नहीं होती है अदिश राशियाँ कहलाती है। इस प्रकार वेग को निम्न रूप में भी व्यक्त किया जा सकता है।

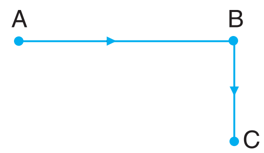
$$\text{वेग} = \frac{\text{स्थिति में परिवर्तन}}{\text{समय}}$$

fØ;kdyki 9-5

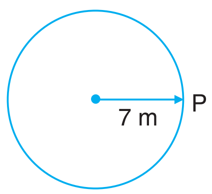
नीचे दी गई परिस्थितियों में किसी वस्तु की गति का अवलोकन कीजिए। प्रत्येक स्थिति में चाल और वेग ज्ञात कीजिए तथा उस परिस्थिति पर टिप्पणी कीजिए जिसे आप दूसरे से अलग पाते हैं। दूरी मापन के लिए पैमाना 1 cm = 10 m ले सकते हैं।

वस्तु A से B की ओर 10 s में गति करती है

वस्तु A से B की ओर जाकर C पर 10 s में पहुँचती है



वस्तु 20 s में A से B तक जाकर फिर C पर पहुँचती है

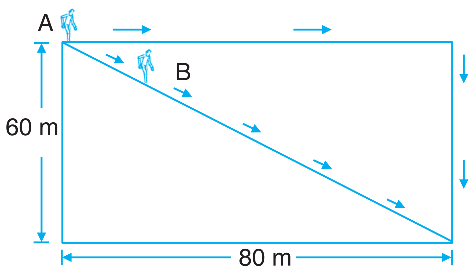


वस्तु 7 m की त्रिज्यावाले वृत्ताकार पथ को 10 s में पूरा करती है

fp= 9-14

अब आप चाल और वेग में अंतर स्थापित करने में सक्षम हो गए हैं। क्षणिक वेग का परिमाण चाल है। अब आप समय, प्रयास और ईंधन आदि की बचत करने के लिए अपनी यात्रा की पूर्व तैयारी का महत्त्व समझ सकते हैं।

mnkgj.k 9-2: क्रमशः 60 m और 80 m भुजाओं के आयताकार क्षेत्र पर दो किसान एक ही बिन्दु से चलना शुरू करते हैं और चित्र 9.5 के अनुसार दो भिन्न पथों से होते हुए विकर्णतः विपरीत बिन्दु तक पहुँचने में समान समय यानी 30 मिनट लेते हैं। दोनों किसानों के वेग और चाल ज्ञात कीजिए।



fp= 9-15

gy % दोनों किसानों का विस्थापन समान है यानी

$$\sqrt{60^2+80^2} = \sqrt{3600+6400} = \sqrt{10000} = 100 \text{ m}$$

$\therefore$ A और B का वेग, $$v = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{लगा समय}} = \frac{100 \text{ m}}{30\times 60\text{s}} = \frac{1}{18} \text{ ms}^{-1}$$

$$A \text{ की चाल} = \frac{\text{तय की गई दूरी}}{\text{लगा समय}} = \frac{(80+60)\text{ m}}{30\times 60\text{s}}$$

$$= \frac{140}{3800} \text{ ms}^{-1} = \frac{14}{18} \text{ ms}^{-1}$$

$$B \text{ की चाल} = \frac{\text{तय की गई दूरी}}{\text{लगा समय}} = \frac{100 \text{ m}}{30\times 60\text{s}} = \frac{1}{18} \text{ ms}^{-1}$$

ukV % इस उदाहरण में दोनों किसानों का वेग तो समान है लेकिन चाल समान नहीं है।

9-3-3 vkSlr pky ,oa vkSlr osx

समय के निश्चित अंतराल के दौरान ज्ञात चाल की सहायता से न तो दिए गए समय में यात्रा में तय की गई कुल दूरी को ज्ञात किया जा सकता है और न ही दी गई यात्रा की कुल दूरी में लगे समय को ज्ञात किया जा सकता है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि एक वस्तु समय के

समान अंतराल में हमेशा समान दूरी तय नहीं करती है। कई बार वस्तु असमान गति करती है। इसलिए, असमान गति के संबंध में औसत चाल ज्ञात करना काफी उपयोगी होता है। औसत चाल का मान तय की गई कुल दूरी और चलने में लिए गए कुल समय के अनुपात के द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

$$\text{औसत चाल} = \frac{\text{तय की गई कुल दूरी}}{\text{लिया गया कुल समय}}$$

ठीक इसी तरह औसत वेग ज्ञात करने के लिए तय की गई कुल दूरी के बदले में कुल विस्थापन लिया जाता है

$$\therefore \quad \text{औसत वेग} = \frac{\text{कुल विस्थापन}}{\text{लिया गया कुल समय}}$$

आइए, कुछ उदाहरणों के द्वारा हम औसत चाल और औसत वेग की अवधारणाओं को समझने की कोशिश करते हैं।

mnkgj.k **9.3:** यदि एक वस्तु 50 m की दूरी 30 s में तय करती है और अगली 100 m की दूरी 45 s में तय करती है तो तय की गई कुल दूरी

$$= 50 + 100 = 150 \text{ m}$$

और $\quad \text{लिया गया कुल समय} = 30 + 45 = 75 \text{ s}$

$$\therefore \quad \text{औसत चाल} = \frac{150 \text{ m}}{75 \text{ s}} = 2 \text{ ms}^{-1}$$

mnkgj.k **9.4:** यदि एक वस्तु 10 s के लिए 10 ms^{-1} और 20 s के लिए 8 ms^{-1} की समान चाल से चलती है तो तय की गई कुल दूरी 10 s में तय की गई दूरी और 20 s में तय की गई दूरी के योगफल के बराबर होगी।

$$\therefore \quad \text{तय की गई कुल दूरी} = 10 \times 10 + 8 \times 20 = 100 + 160 = 260 \text{ m}$$

$$\therefore \quad \text{औसत चाल} = \frac{\text{तय की गई कुल दूरी}}{\text{लिया गया कुल समय}}$$

$$= \frac{260 \text{ m}}{(10+20)\text{s}} = \frac{260 \text{ m}}{30 \text{ s}}$$

$$= 8.66 \text{ ms}^{-1}$$

mnkgj.k **9.5:** यदि एक वस्तु 50 m की दूरी 5 ms^{-1} की चाल से और 60 m की दूरी 6 ms^{-1} की चाल से चलती है तो तय की गई कुल दूरी = 50 + 60 = 110 m और लिया गया कुल समय 50 m और 60 m की दूरी तय करने में लगे समय के योगफल के बराबर है। अर्थात्

$$\frac{50}{5} + \frac{60}{6} = 20 \text{ s}$$

$$\text{इसलिए,} \quad \text{औसत चाल} = \frac{\text{तय की गई कुल दूरी}}{\text{लिया गया कुल समय}}$$

$$= \frac{110 \text{ m}}{20 \text{ s}} = 5.5 \text{ ms}^{-1}$$

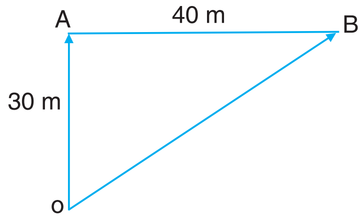
mnkgj.k **9-6:** यदि एक वस्तु 10 s में उत्तर की ओर 30 m और फिर अगले 10 s में 40 m पूरब की ओर चलती है तो विस्तु का विस्थापन OB होगा

$$= \sqrt{30^2 + 40^2} = \sqrt{900 + 1600} = \sqrt{2500}$$

$$= 50 \text{ m}$$

$$\therefore \quad \text{औसत वेग} = \frac{\text{कुल विस्थापन}}{\text{लिया गया कुल समय}}$$

$$= \frac{50 \text{ m}}{(10+10)\text{s}} = \frac{50 \text{ m}}{20 \text{ s}} = 2.5 \text{ ms}^{-1}$$



fp= **9-16**

mnkgj.k **9-7:** यदि एक वस्तु 14 m त्रिज्यावाले वृत्ताकार पथ पर चलती है और 20 s में एक चक्कर पूरा करती है तो एक पूरे चक्कर के दौरान कुल विस्थापन शून्य होगा और वेग भी शून्य होगा।

इन उदाहरणों से आप निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि :

(i) क्षणिक चाल क्षणिक वेग का परिमाण बताती है लेकिन औसत चाल औसत वेग का परिमाण नहीं है।

(ii) औसत वेग औसत चाल से कम या उसके बराबर होता है।

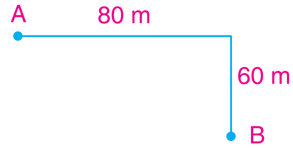
(iii) औसत वेग शून्य हो सकता है लेकिन औसत चाल शून्य नहीं हो सकती है।

ikBxr iz'u 9-2

1. कॉलम I में कुछ राशियाँ दी गई हैं। उनके संगत मान कॉलम II में लिखे गए हैं लेकिन ये उस क्रम में नहीं हैं। आपको इन मानों का मिलान कॉलम I में दिए गए संगत मानों से करना है।

dkye I	dkye II
(अ) 1 kmh^{-1}	(i) 20 ms^{-1}
(c) 18 kmh^{-1}	(ii) 10 ms^{-1}
(स) 72 kmh^{-1}	(iii) 5/18 ms^{-1}
(द) 36 kmh^{-1}	(iv) 5 ms^{-1}

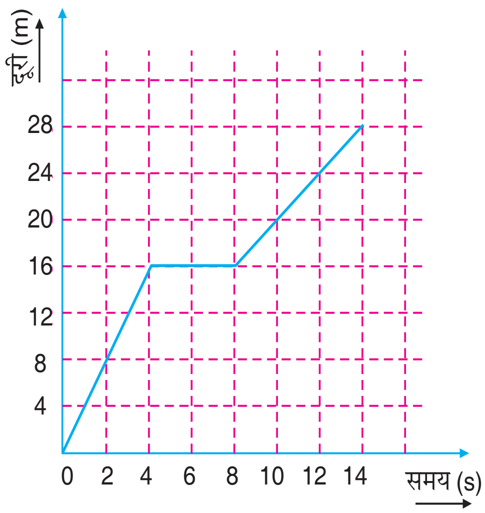
2. एक साइकिल सवार चित्र में दर्शाए गए पथ पर चलता है। वह A से B तक पहुँचने में 20 मिनट का समय लेता है। साइकिल सवार के द्वारा चली गई दूरी, उसका विस्थापन और चाल ज्ञात कीजिए।



fp= 9-17

3. उस परिस्थिति की पहचान कीजिए जिसके लिए वस्तुओं की चाल और औसत चाल बराबर है।
   (क) स्वतंत्र रूप से गिरती हुई गेंद
   (ख) घड़ी की सेकण्ड और मिनट वाली सुई
   (ग) आनत तल पर गेंद की गति
   (घ) दिल्ली से मुंबई की ओर जाती हुई ट्रेन
   (ङ) एकसमान गति से सरल रेखा में चलती कोई वस्तु।

4. एक वस्तु की गति का दूरी-समय ग्राफ नीचे दिया गया है। गति के दौरान वस्तु की औसत चाल और अधिकतम चाल ज्ञात कीजिए।



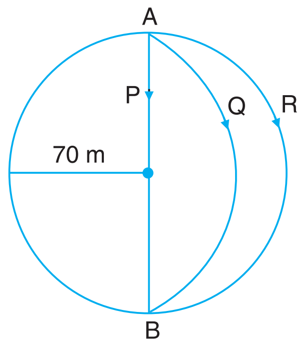
fp= 9-18

5. नीचे सारणी में एक वस्तु द्वारा अलग-अलग समय में तय की गई दूरी दी गई है। दूरी-समय ग्राफ बनाइए और वस्तु की औसत चाल को ज्ञात कीजिए। यह भी बताइए कि वस्तु की गति एकसमान है या असमान।

lkj.kh 9-7

समय (s)	0	10	20	30	40	50
दूरी (m)	0	2	4	6	8	10

6. एक धावक अपनी आधी दौड़ 60 मिनट में पूरी करता है और बची आधी दौड़ 40 मिनट में। यदि वह 1200 m की दूरी तय करता है तो उसकी औसत चाल बताइए।
7. एक ट्रेन को 16 घंटे में 1200 km की दूरी तय करनी है। पहली 800 km की दूरी ट्रेन 10 घंटे में तय करती है। बची दूरी तय करने के लिए ट्रेन की चाल क्या होनी चाहिए? ट्रेन की औसत चाल भी ज्ञात कीजिए।
8. एक चिड़िया 40 kmh^{-1} की चाल से पेड़ A से पेड़ B की ओर उड़ रही है और 60 kmh^{-1} की चाल से पेड़ B से पेड़ B की ओर वापस आती है। यात्रा के दौरान चिड़िया की औसत चाल क्या होगी?
9. तीन धावक P, Q और R चित्र 9.19 में दिखाए गए तीन पथों से होकर एक हो समय में बिन्दु A से B तक पहुँचते हैं। किस धावक की चाल ज्यादा है और किसने ज्यादा दूरी तय की है?



fp= 9-19

9-4 xfr dk xkQh; fu:i.k

ग्राफीय निरूपण एक राशि के संगत दूसरी राशि का परिवर्तन दिखलाता है।

9-4-1 fLFkfr≤ xkQ

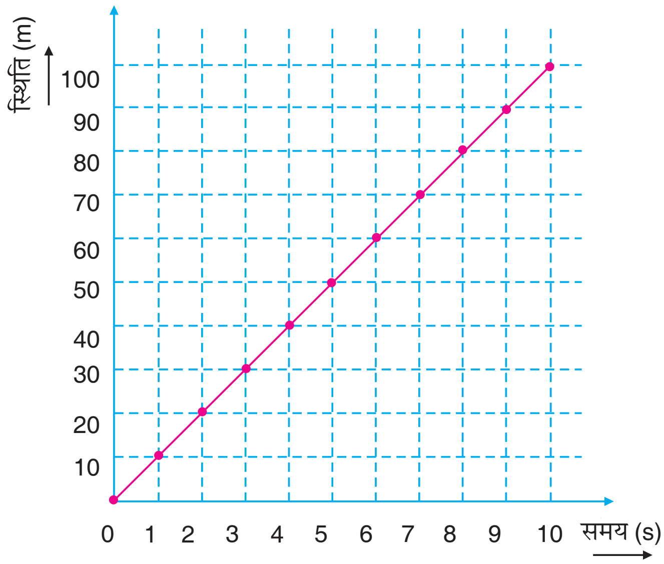
किसी वस्तु की गति को समझना और इसका विश्लेषण करना आसान हो जाता है जब इसे ग्राफ के रूप में निरूपित किया जाता है। वस्तु की गति का ग्राफ खींचने के लिए विभिन्न समयों में इसकी स्थिति को Y-अक्ष पर तथा समय को X-अक्ष पर दर्शाया जाता है। उदाहरणस्वरूप, विभिन्न समयों में वस्तु की स्थितियाँ सारणी 9.8 में दी गई हैं।

Ikj.kh 9-8 fofHkUu le;ksa esa oLrq dh fLFkfr;k¡

समय(s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
स्थिति (m)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

सारणी 9.8 में दिए गए आँकड़ों का स्थिति-समय ग्राफ बनाने के लिए हम समय को ग्राफ पेपर के क्षैतिज अक्ष पर और स्थिति को ऊर्ध्वाधर अक्ष पर दर्शाते हैं। अब इसके लिए उचित पैमाने का चुनाव करते हैं।

उदाहरण के लिए, चित्र 9.20 में क्षैतिज अक्ष पर एक खाना समय अंतराल के 1 s को और ऊर्ध्वाधर अक्ष पर एक खाना 10 m को दर्शाता है। यदि हम स्थिति-समय आँकड़ों को निरूपित करनेवाले संगत बिन्दुओं को मिलायें तो सरल रेखा प्राप्त होती है जिसे चित्र 9.20 में दर्शाया गया है। यह रेखा सारणी 9.8 में दिए गए आँकड़े के संगत गति के स्थिति-समय ग्राफ को निरूपित करती है।



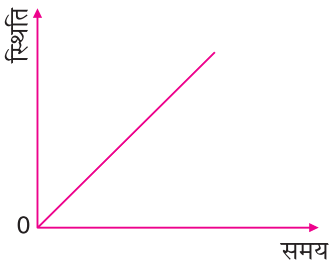
fp= **9·20:** सारणी में दिए गए आँकड़ों के आधार पर कण की गति का स्थिति-समय ग्राफ

आँकड़ों को देखने पर हम पाते हैं कि वस्तु का विस्थापन पहले, दूसरे......... दसवें s में समान है, अर्थात् 10 m है। 10 s में विस्थापन 100 m है। इसलिए संपूर्ण गति के दौरान वेग = $\frac{100 \text{ m}}{10 \text{ s}}$ = 10 m s^{-1} है। पहले सेकण्ड में वेग = 10 ms^{-1} और आगे भी दूसरे, तीसरे सकेण्ड में इसी तरह वेग होगा। इस प्रकार पूरी गति के दौरान वेग स्थिर है जो 10 ms^{-1} के बराबर है। वस्तु की गति जिसमें वेग नियत रहता है, ,dleku xfr कहलाती है।

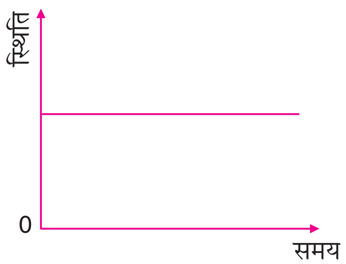
जैसा कि आप चित्र 9.20 में देखते हैं कि एकसमान गति के लिए स्थिति-समय ग्राफ एक सरल रेखा है।

स्थिति-समय ग्राफ के समान ही आप विस्थापन-समय ग्राफ बना सकते हैं। विस्थापन को ऊर्ध्वाधर अक्ष पर और समय अंतराल को क्षैतिज अक्ष पर दर्शाया जाता है। सारणी में दिए गए आँकड़ों के अनुसार प्रत्येक सेकंड में विस्थापन 10 m है, यही विस्थापन-समय ग्राफ (चित्र 9.20) भी दर्शाता है।

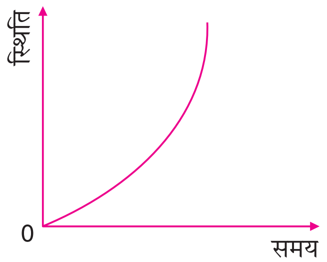
इसे भली भांति समझने के लिए आप नीचे के ग्राफों का अवलोकन कर सकते हैं।



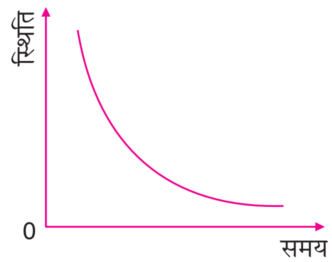
(a) एकसमान गति



(b) विरामावस्था में वस्तु



(c) असमान गति, स्थिति में परिवर्तन की दर बढ़ रही है



(d) असमान गति, स्थिति में परिवर्तन की दर घट रही है

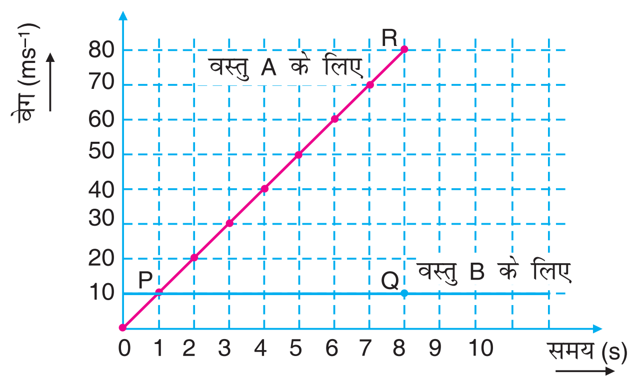
fp= **9-21:** ग्राफ (a), (b), (c), (d)

9-4-2 ox≤ xkQ

ग्राफ पेपर के क्षैतिज अक्ष पर समय और ऊर्ध्वाधर अक्ष पर वेग को लीजिए। माना क्षैतिज अक्ष पर एक खाना 1 s को और ऊर्ध्वाधर अक्ष पर एक खाना 10 ms^{-1} को दर्शाता है। सारणी 9.9 में दिए गए आँकड़ों के संगत बिन्दु अंकित करके उन्हें मिलाने पर चित्र 9.22 जैसे ग्राफ प्राप्त होते हैं।

lkj.kh **9-9:** oLrq **A** vkSj **B** dk ox≤ vkdMs

समय (s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
A का वेग (ms^{-1})	0	10	20	30	40	50	60	70	80
B का वेग (ms^{-1})	0	10	10	10	10	10	10	10	10



fp= **9-22:** सारणी में दिए गए आँकड़ों के आधार पर A और B वस्तुओं की गति का वेग-समय ग्राफ

रेखाएँ *OR* और *PQ* क्रमशः वस्तु *A* और *B* की गति को निरूपित करती हैं। इस प्रकार हम पाते हैं कि सारणी 9.9 के आधार पर निरूपित वेग-समय ग्राफ सरल रेखाएं हैं और वस्तु *B* के लिए ग्राफ समय अक्ष के समांतर है। ऐसा इसलिए है क्योंकि पूरी गति के दौरान वेग नियत है। यह गति एकसमान है। चित्र 9.22 में वस्तु B के लिए ग्राफ में समाविष्ट क्षेत्रफल पर विचार कीजिए।

क्षेत्रफल = $(8s) \times (10\ ms^{-1}) = 80\ m$। यह 8 s में वस्तु B के विस्थापन के बराबर है।

fn, x, le;&vUrjky dk fy, oxk≤ xkQ es lekfo"V {k=Qy = m l le;&vUrjky dk nkjku oLrq dk foLFkkiu

इसी प्रकार वस्तु *A* के लिए चित्र 9.22 में दर्शाए ग्राफ के क्षेत्रफल को देखें।

$$= \frac{1}{2}(8\ s) \times (80 - 0)\ ms^{-1}$$

$$= \frac{1}{2}(8) \times (80)\ m = 320\ m$$

यह 8 s में वस्तु *A* के विस्थापन के बराबर है।

यद्यपि एकसमान गति की एक सामान्य परिस्थिति में वस्तु *B* के लिए हमने यह परिणाम प्राप्त किया, फिर भी यह एक सामान्य परिणाम है।

माना t समय में एक वस्तु का विस्थापन x है जो एकसमान वेग v से चलती है तब

$$x = vt \quad \text{(एकसमान गति के लिए)}$$

आपने विभिन्न तरह से चलती हुई वस्तुओं की गति देखी होगी। क्या आप सोच सकते हैं कि इस अंतर का कारण क्या है? फर्श पर गति करती हुई गेंद का अवलोकन कीजिए। गेंद की गति धीमी हो जाती है और अंततः यह रुक जाती है। इसका मतलब है कि गति के विभिन्न समयांतरालों के दौरान वेग अलग-अलग है। दूसरे शब्दों में वेग नियत नहीं है। ऐसी गति त्वरित गति कहलाती है।

9-5 Roj.k

पिछले प्रकरण में हमने असमान गति के बारे में जाना जिसमें गति के विभिन्न अंतरालों में वेग में परिवर्तन अलग-अलग है। समय के साथ वेग में इस तरह का परिवर्तन त्वरण कहलाता है। इस प्रकार वेग में परिवर्तन को वेग परिवर्तन के दौरान लगे समय से भाग देकर त्वरण ज्ञात किया जा सकता है।

$$\text{त्वरण} = \frac{\text{वेग में परिवर्तन}}{\text{लगा समय}}$$

इसकी इकाई मीटर सेकण्ड$^{-2}$ (ms^{-2}) है। त्वरण में दिशा होती है। इसकी दिशा वेग में परिवर्तन की दिशा की ओर होती है। माना कि 2 s में किसी वस्तु का वेग 10 ms^{-1} से बदलकर 30 ms^{-1} हो जाता है।

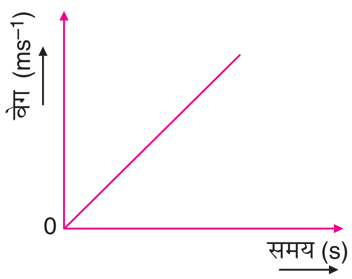
fp= **9-23** वेग में परिवर्तन

$$\text{त्वरण } a = \frac{30\ ms^{-1} - 10\ ms^{-1}}{2.0s} = 10\ ms^{-2}$$

इसका मतलब है कि वस्तु $+x$ दिशा में त्वरित है और प्रत्येक सेकंड में इसका वेग 10 ms^{-1} की दर से बढ़ रहा है।

यदि गति के दौरान किसी वस्तु का त्वरण नियत रहता है, तो हम कहते हैं कि वस्तु एकसमान त्वरण से गतिशील है। इस तरह की गति के लिए वेग-समय ग्राफ एक सरल रेखा होती है जो समय अक्ष के साथ झुकी हुई होती है जैसा कि चित्र 9.24 में दर्शाया गया है।

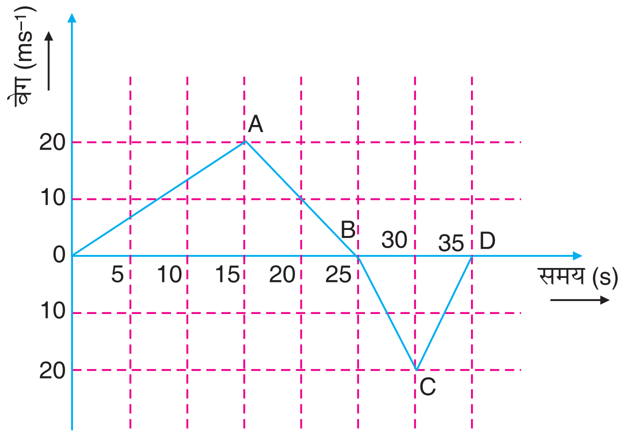
दिए गए समयांतराल में, यदि अंतिम वेग प्रारंभिक वेग से ज्यादा होता है तो चित्र 9.24 के अनुसार त्वरण धनात्मक होगा। दूसरी परिस्थिति ऐसी भी हो सकती है जब अंतिम वेग प्रारंभिक वेग की तुलना में कम हो, तब त्वरण ऋणात्मक होगा।



fp= **9-24** एकसमान त्वरण से गतिशील एक वस्तु का वेग-समय ग्राफ

जब किसी वस्तु का वेग स्थिर होता है तो त्वरण शून्य होगा। इसलिए, एकसमान गति के लिए त्वरण शून्य होगा जबकि असमान गति के लिए त्वरण शून्य नहीं होगा।

mnkgj.k **9-8** चित्र 9.25 में दिए गए वेग-समय ग्राफ के आधार पर दूरी और विस्थापन ज्ञात कीजिए।



fp= **9-25**

gy % तय की गई दूरी = ΔAOB का क्षेत्रफल +ΔBCD का क्षेत्रफल

$$= \frac{1}{2}(25) \times (20) + \frac{1}{2}(10) \times (20)$$

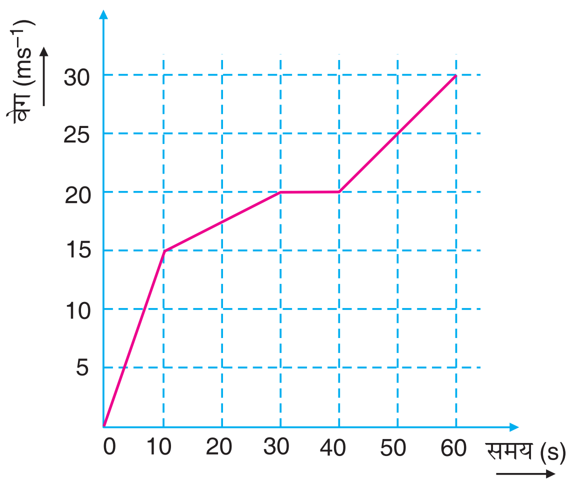
$$= 250 + 100 = 350 \text{ m}$$

विस्थापन = ΔOAB का क्षेत्रफल – ΔBCD का क्षेत्रफल

$$= \frac{1}{2}(25) \times (20) - \frac{1}{2}(10) \times (20)$$

$$= 250 - 100 = 150 \text{ m}$$

mnkgj.k **9-9** दिए गए वेग-समय ग्राफ से त्वरण-समय ग्राफ बनाइए।



fp= **9-26**

gy % दिए गए ग्राफ से समयांतराल 0-10 s के लिए त्वरण

$$= \frac{15-0}{10-0} = 1.5 \text{ ms}^{-2}$$

समयांतराल 10-20 s के लिए और समयांतराल 20-30 s के लिए त्वरण समान है। इसलिए

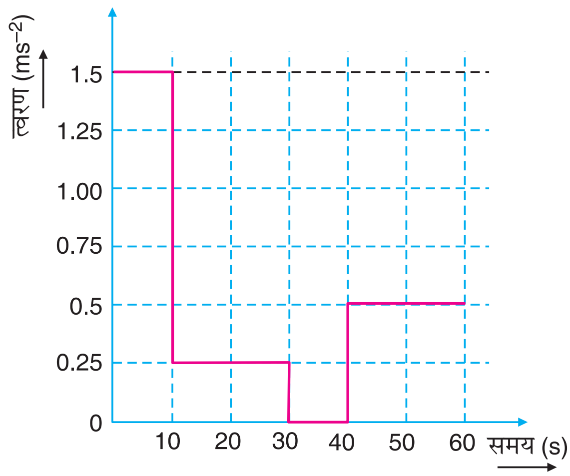
त्वरण $= \frac{20-15}{30-10} = \frac{5}{20} = 0.25 \text{ ms}^{-2}$

समयांतराल 30-40 s के लिए त्वरण $= \frac{20-20}{40-30} = 0$

समयांतराल 40-50 s और 50-60 सेकण्ड के लिए त्वरण

$$= \frac{30-20}{60-40} = \frac{10}{20} = 0.5 \text{ ms}^{-2}$$

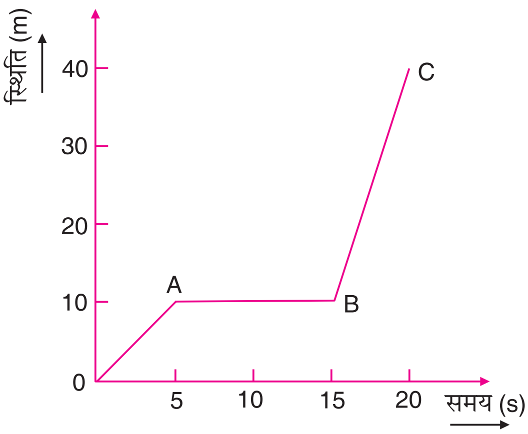
उपर्युक्त समयांतरालों के लिए त्वरण-समय ग्राफ चित्र 9.27 के अनुसार बनाया जा सकता है।



fp= 9-27

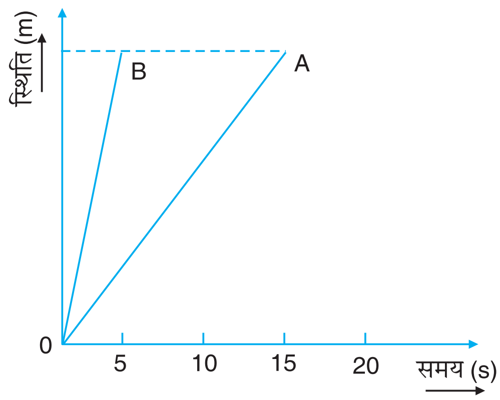
ikBxr i'u 9-3

1. चित्र 9.28 में दिखाए गए स्थिति-समय ग्राफ द्वारा वस्तु की गति का वर्णन कीजिए।



fp= 9-28: एक वस्तु का स्थिति-समय ग्राफ

2. दो वस्तुओं की गति की तुलना कीजिए जिनकी गतियाँ चित्र 9.29 में दिखाई गई हैं।



fp= **9.29:** वस्तु A और B के लिए स्थिति-समय ग्राफ

3. सारणी 9.10 में दिए गए आँकड़ों के आधार पर वस्तु A और B की गति के लिए ग्राफ बनाइए।

lkj.kh 9-10

समय (s)	0	10	20	30	40	50
A के लिए स्थिति (m)	0	5	5	5	5	5
B के लिए स्थिति (m)	0	2	4	6	8	10

4. एक कार विराम अवस्था से एकसमान त्वरण से चलना शुरू करती है और 5 s में 2 ms^{-1} की उच्चतम गति प्राप्त करती है। अगले 10 s में इसकी गति एकसमान रूप से धीमी हो जाती है और 10वें s के अंत में कार रुक जाती है। इस गति के लिए वेग-समय ग्राफ बनाइए। ग्राफ से निम्नलिखित की गणना कीजिए – (i) त्वरण (ii) मंदन और (iii) तय की गई दूरी।

5. एक वस्तु 10 ms^{-1} की स्थिर चाल से गति करती है और 5वें s में इसकी दिशा अचानक विपरीत हो जाती है और अगले 5 s में यह रुक जाती है। इस गति के लिए स्थिति-समय ग्राफ बनाइए।

9-6 xfr d: lehdj.k

एकसमान त्वरण ˙ से गतिशील किसी वस्तु पर विचार कीजिए। माना इसका आरंभिक वेग (समय t = 0 पर) u है और t समय के बाद इसका वेग v हो जाता है और इस समयांतराल के दौरान विस्थापन s है। इन राशियों के बीच खास संबंध होते हैं। आइए, पता लगाएं।

हम जानते हैं कि

$$\text{त्वरण} = \frac{\text{वेग में परिवर्तन}}{\text{समय-अन्तराल}}$$

$$\therefore \quad a = \frac{v-u}{t}$$

$$v = u + at \qquad ...(9.1)$$

समीकरण (9.1) को गति का पहला समीकरण कहते हैं।

हम जानते हैं कि

विस्थापन = (औसत वेग) × समय-अन्तराल

$$s = \left(\frac{v+u}{2}\right)t$$

$$= \left(\frac{u+at+u}{2}\right)t \qquad (\because\ v = u + at)$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2 \qquad ...(9.2)$$

समीकरण (9.2) को गति का दूसरा समीकरण कहते हैं

यदि कोई वस्तु विरामावस्था से चलना शुरु करती है तो $u = 0$ और

$$s = 0 \times t + \frac{1}{2}at^2$$

$$s = \frac{1}{2}at^2$$

इस प्रकार हम पाते हैं कि स्थिर त्वरण से गतिशील एक वस्तु का विस्थापन t^2 के समानुपाती है, जबकि स्थिर वेग (शून्य त्वरण) से गतिशील एक वस्तु का विस्थापन t के समानुपाती होता है।

अब यदि हम $a = \frac{v-u}{t}$ और $s = \left(\frac{v+u}{2}\right) \times t$ लें और उन्हें गुणा करें, तो पाते हैं कि

$$a.s = \frac{(v-u)}{t}\left(\frac{v+u}{2}\right)t = \frac{v^2 - u^2}{2}$$

$$2a.s = v^2 - u^2$$

$$v^2 = u^2 + 2as \qquad ...(9.3)$$

समीकरण 9.3 गति का तीसरा समीकरण कहलाता है। गुरुत्व के अधीन गति की परिस्थिति में 'a' को 'g' से प्रतिस्थापित किया जा सकता है।

ikBxr ir'u 9-4

1. एक गेंद को 19.6 ms^{-1} के वेग से ऊपर की ओर सीधे फेंका जाता है। इसे धरती के ऊपर उसी दूरी पर पकड़ लिया जाए जहाँ से इसे फेंका गया है तो

   (i) गेंद कितनी ऊँचाई पर पहुँची?

   (ii) गेंद कितने समय तक हवा में रही? (g = 9-8 ms^{-2})

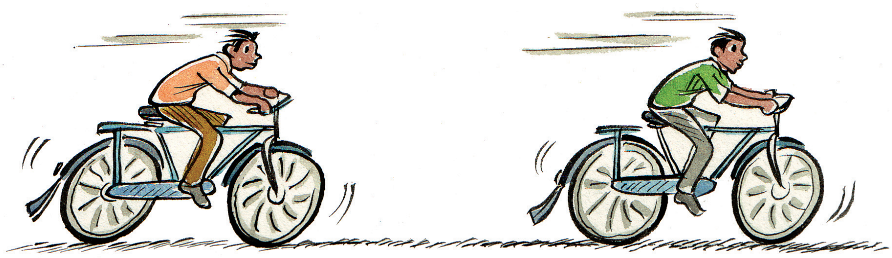
2. एक ईंट 192.08 ms^{-1} के वेग से ऊपर की ओर ऊर्ध्वाधर रूप से 9.8 m की ऊँचाई पर बैठे मजदूर को फेंकी गई। मजदूर के पास पहुँचने के समय ईंट का वेग और त्वरण ज्ञात कीजिए।

3. एक वस्तु 10 ms^{-1} की चाल से गति करती है और इसका त्वरण 10 s में 10 ms^{-2} है। 10 s में वस्तु द्वारा तय की गई दूरी क्या होगी?

4. एक कार विराम अवस्था से चलना शुरू करती है और 10 s में 50 m और अगले 10 s में 100 m की दूरी तय करती है। कार की औसत चाल ज्ञात कीजिए।

9·7 ,d leku orly xfr

आपने समतल सड़क पर साइकिल की गति देखी होगी। क्या साइकिल के सभी गतिशील भाग एक ही तरह से गति करते हैं। यदि नहीं तो वे किस तरह से अलग-अलग गति करते हैं? क्या इन गतियों में पैडल मारने से चाल में कोई अंतर आता है? निमिष की तरह आपके दिमाग में ढेरों सवाल होंगे। आइए इन सवालों का जवाब देने की हम कोशिश करें। साइकिल एक सीधी सड़क पर चल रही है इसलिए इसकी गति सरल रेखीय है।



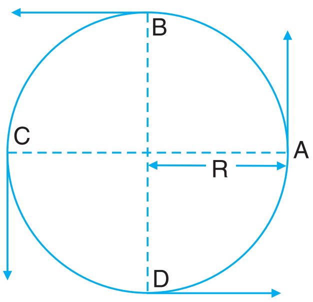
fp= 9·30: सड़क पर गतिशील साइकिल

अब साइकिल के पहियों को ध्यान से देखिए। साइकिल के पहिए पर कोई भी बिन्दु पहिए के अक्ष से हमेशा निश्चित दूरी पर होता है और एक निश्चित बिन्दु यानी पहिए के अक्ष के चारों ओर घूमता है। पहिए की गति के इस विवरण के आधार पर आप बहुत ही स्पष्ट रूप से निश्चित कर सकते हैं कि यह गति वर्तुल गति है।

ठीक इसी तरह, क्या आप साइकिल के लाई व्हील की गति के बारे में सोच सकते हैं? पैडल न मारने पर फ्लाई व्हील में कोई वर्तुल गति नहीं होती है और यह सरल रेखा पर गति करता है इसलिए इसकी गति सरल रेखीय गति है। लेकिन पैडलिंग के दौरान इसकी गति वर्तुल गति है। क्या आप साइकिल के किसी हिस्से की गति के बारे में सोच सकते हैं जो एक ही समय में दोनों तरह की गतियाँ करता है? हाँ, पहिए या फ्लाई व्हील की वर्तुल गति के दौरान, ये सीधी सड़क पर आगे की दिशा में चलते हैं। इस प्रकार, इनकी गति एक ही समय में वर्तुल गति के साथ-साथ सरल रेखीय गति भी है।

अब चित्र 9.31 में दर्शाए अनुसार ट्रैक पर के चार बिन्दुओं A, B, C, D से त्रिज्या R के वृत्तीय पथ पर गतिशील एक वस्तु की गति के बारे में सोचिए। यदि वस्तु गति के प्रत्येक चक्कर को एक ही समय में पूरा करती है तो यह समान समय-अंतराल में समान दूरी तय करती है और

इसकी गति एकसमान गति होगी। चूँकि इस एकसमान गति के दौरान समान समय-अंतराल में समान दूरी तय की जाती है, इसलिए तय की गई दूरी और लिए गए समय का अनुपात यानी चाल स्थिर रहेगी। इसका मतलब है कि एकसमान वर्तुल गति में चाल स्थिर रहती है।



fp= 9·31: वर्तुल गति

अब वेग के बारे में सोचिए, वेग गति की दिशा के अनुदिश है। चित्र 9.31 में आप देख सकते हैं कि गति की दिशा चित्र में दर्शाए गए प्रत्येक बिन्दु *A*, *B*, *C*, *D* पर बदलती है। चूँकि यहाँ गति की दिशा बदलती है, इसलिए वेग की दिशा भी बदलती है। हम कह सकते हैं कि एकसमान वर्तुल गति में, गति की दिशा में परिवर्तन के कारण वेग बदलता है और वस्तु की गति त्वरित गति होती है। यह त्वरण गति की दिशा में परिवर्तन के कारण होता है। लेकिन इस गति में चाल स्थिर होती है। यह गति कितनी रोचक है क्योंकि स्थिर चाल से गतिशील वस्तु त्वरण प्राप्त करती है।

Ikp: vkj dj:						
औ	स	प	औ	ग	म	स्र
व	स्र	दो	स	प	वे	ग
र्तु	था	वि	त	व	र्तु	म
ल	प	स्र	चा	प	त्	व
ग	न	था	ल	त	स	ग
ति	ग	प	त्	व	र	ण
दो	ल	न	ग	ति	म	वे

उपरोक्त शब्द जाल में गति के वर्णन से संबंधित शब्दों को पहचानिए। इन शब्दों में से कम से कम तीन शब्दों को परिभाषित कीजिए।

ikBxr iz'u 9-5

1. वर्तुल गति में वह बिन्दु जिसके चारों ओर वस्तु घूमती है
   (a) हमेशा विराम में रहती है।
   (b) हमेशा रैखिक गति में रहती है।
   (c) सदैव घूर्णी गति करता है
   (d) दोलन गति करता है।
2. एकसमान वर्तुल गति में –
   (a) चाल स्थिर रहती है।
   (b) वेग स्थिर रहता है।
   (c) चाल और वेग दोनों स्थिर रहते हैं।
   (d) न तो चाल और न ही वेग स्थिर रहते हैं।
3. छत के पंखे के ब्लेड पर किसी बिंदु की गति
   (a) सदैव एकसमान वर्तुल गति होती है।
   (b) सदैव एकसमान त्वरित वर्तुल गति होती है।
   (c) एक समान या असमान वर्तुल गति हो सकती है।
   (d) परिवर्ती त्वरित वर्तुल गति है।

vkiu D;k lh[kk

- यदि कोई वस्तु समय बदलने के साथ भी एक ही स्थिति में बनी रहती है तो वह वस्तु विराम अवस्था में है।
- यदि कोई वस्तु समय बदलने के साथ अपनी स्थिति बदलती है तो वह वस्तु गतिशील है।
- किसी वस्तु की गति रेखीय गति तब कही जाती है जब वह पूरे समय सरल रेखा पर चलती है जैसे- एक समतल सड़क पर सरल रेखा में गतिशील कार।
- किसी वस्तु की गति वर्तुल गति तब कही जाती है जब वह वृत्तीय पथ पर गतिशील रहे। जैसे- घड़ी की सेकण्ड वाली सुई की नोक की गति।
- किसी गतिशील वस्तु के द्वारा तय किए गए पथ की कुल लम्बाई वस्तु द्वारा तय की गई दूरी के बराबर होती है।
- किसी वस्तु की अंतिम स्थिति और प्रारंभिक स्थिति के बीच की दूरी को विस्थापन कहते हैं।

- इकाई समय में तय की गई दूरी को चाल कहते हैं, जबकि इकाई समय में विस्थापन को वेग कहते हैं।
- एक समान चाल से सरल रेखा में गतिशील किसी वस्तु का स्थिति-समय ग्राफ एक सरल रेखा होती है। समय अक्ष के साथ इसकी ढाल गतिशील वस्तु का वेग बताती है।
- स्थिर चाल से सरल रेखा पर गतिशील किसी वस्तु का वेग-समय ग्राफ एक सरल रेखा होती है जो समय अक्ष के समांतर होती है। ग्राफ का क्षेत्रफल तय की गई दूरी को बताता है।
- एकसमान रूप से त्वरित गति के लिए

$$v = u + at$$

$$\mathbf{s} = ut + \frac{1}{2}at^2$$

तथा $$v^2 = u^2 + 2as$$

जहाँ u = प्रारंभिक वेग, v = अंतिम वेग, s = t समय में तय की गई दूरी

ikBkr i'u

1. एक वस्तु प्रारम्भ में विरामावस्था में है जो स्थिर त्वरण a से t सेकण्ड के लिए गति करती है। इस समयांतराल में वस्तु की औसत चाल है।

   (a) $\frac{a \cdot t}{2}$; (b) $2a \cdot t$; (c) $\frac{1}{2}a \cdot t^2$; (d) $\frac{1}{2}a^2 \cdot t$

2. एक कार विरामावस्था से 4 ms^{-2} के एकसमान त्वरण से चलना प्रारम्भ करती है। 1s, 2s, 3s तथा 4s के अंत में मीटर में क्रमशः तय की गई दूरी है :

   (a) 4, 8, 16, 32 (b) 2, 8, 18, 32

   (c) 2, 6, 10, 14 (d) 4, 16, 32, 64

3. क्या वेग की दिशा त्वरण की दिशा को बताती है?
4. वस्तु द्वारा तय की गई दूरी व त्वरण के बीच का संबंध स्थापित कीजिए।
5. व्याख्या कीजिए कि नीचे दिए गए कणों में त्वरण है या नहीं-

   (i) स्थिर चाल से एक सरल रेखा पर गतिशील एक कण और

   (ii) स्थिर चाल से वक्रीय पथ पर गतिशील एक कण।

6. X-अक्ष की ओर एक विमीय गति के सापेक्ष एक वस्तु के वेग और त्वरण के लिए नीचे सारणी में दिए गए चिह्नों के योग पर विचार कीजिए और प्रत्येक स्थिति के लिए वास्तविक जीवन से उदाहरण दीजिए।

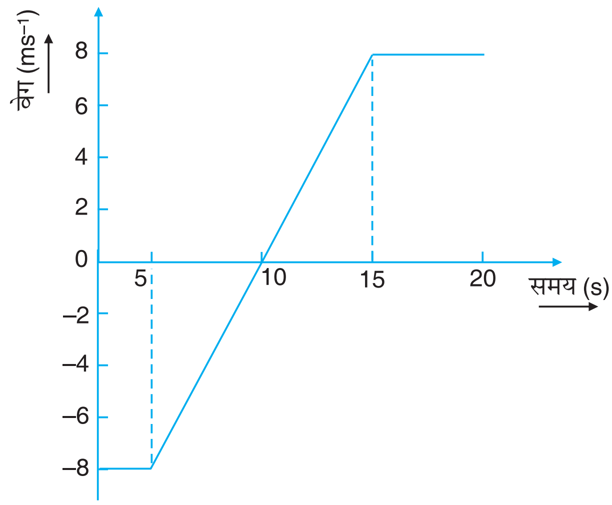
lkj.kh 9-11

o:x	Roj.k	mnkgj.k
(अ) धनात्मक	धनात्मक	ढालुवाँ सतह जैसे- स्लाइड या रैंप पर नीचे की ओर लुढ़कती हुई गेंद
(c) धनात्मक	ऋणात्मक	
(स) धनात्मक	शून्य	
(द) ऋणात्मक	धनात्मक	
(य) ऋणात्मक	ऋणात्मक	
(र) ऋणात्मक	शून्य	
(ल) शून्य	धनात्मक	
(व) शून्य	ऋणात्मक	

7. एक कार प्रारम्भ में 7 ms^{-1} के वेग से चलती है और 2 s के समय-अंतराल में 8 ms^{-2} की दर से त्वरित है। 2 s के अंत में इसका वेग क्या होगा?

8. कुछ क्षण के लिए एक कार सरल रेखा पर 5.0 ms^{-1} के वेग से गतिशील है। 4.0 s के पश्चात इसका वेग 8.0 ms^{-1} है। इस समय-अंतराल में कार का औसत त्वरण ज्ञात कीजिए।

9. सरल रेखा पर गतिशील एक वस्तु का वेग-समय ग्राफ चित्र 9.32 में दिखाया गया है। 0-5 s, 5 s से 15 s और 0-20 s के समय-अंतराल के दौरान इस वस्तु का औसत त्वरण निकालिए।



fp= 9-32

10. नीचे दी गई सारणी में 8 s की समयावधि में एक ऑटोमोबाइल के वेग में बदलाव दिखाया गया है –

lkj.kh 9-12

le; (s)	0X (ms^{-1})	le; (s)	0X (ms^{-1})
0.0	0.0	5.0	20.0
1.0	4.0	6.0	20.0
2.0	8.0	7.0	20.0
3.0	12.0	8.0	20.0
4.0	16.0		

(i) गति का वेग-समय ग्राफ बनाइए।

(ii) पहले 2 s के दौरान कार द्वारा तय की गई दूरी बताइए।

(iii) पहले 4 s में कार ने कितनी दूरी तय की?

(iv) पूरे 8 s के दौरान कार ने कितनी दूरी तय की?

(v) t = 5.0 s और t = 7.0 s के बीच रेखा की ढाल ज्ञात कीजिए। ढाल क्या दर्शाती है?

(vi) t = 0 s और t = 4 s के बीच रेखा की ढाल ज्ञात कीजिए। ढाल क्या निरूपित करती है?

11. नीचे दी गई सारणी में एक कार का स्थिति-समय आँकड़ा दिया गया है।

lkj.kh 9-13

le; ¼s½	fLFkfr ¼m½	le; ¼s½	fLFkfr ¼m½
0	0	25	150
5	100	30	112.5
10	200	35	75
15	200	40	37.5
20	200	45	0

(i) कार का स्थिति-समय ग्राफ बनाइए।

(ii) पहले 10 s के दौरान कार के औसत वेग की गणना कीजिए।

(iii) t = 10 s और t = 20 s के बीच औसत वेग की गणना कीजिए।

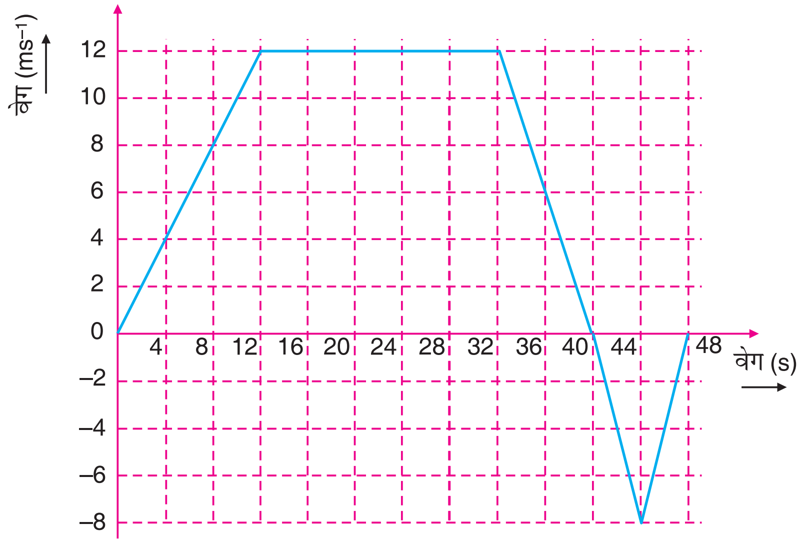
(iv) t = 20 s और t = 25 s के बीच औसत वेग की गणना कीजिए। कार की गति की दिशा के बारे में बताइए।

12. एक वस्तु 19.6 m की ऊँचाई से गिराई जाती है। जब वस्तु जमीन पर पहुँचती है उस समय के लिए विस्थापन-समय ग्राफ बनाइए। वस्तु जब जमीन को छूती है तब उसका वेग ज्ञात कीजिए।

13. एक वस्तु 19.6 m की ऊँचाई से गिराई जाती है। यात्रा के आखिरी s में वस्तु द्वारा तय की गई दूरी ज्ञात कीजिए।

14. दिखाइए कि एक समान त्वरित गति जिसका प्रारंभिक वेग u है और अंतिम वेग v है का औसत वेग प्रारंभिक वेग (u) और अंतिम वेग (v) का गणितीय माध्य है।

15. चित्र 9.33 में दिए गए ग्राफ के आधार पर गतिशील वस्तु की दूरी, औसत चाल, विस्थापन, औसत वेग और त्वरण ज्ञात कीजिए।



fp= 9-33

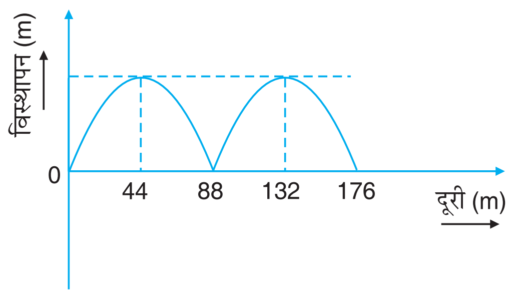
16. एक वस्तु विरामावस्था से त्वरित गति शुरू करती है और 5 s में 10 ms^{-1} का वेग प्राप्त करती है। इसका त्वरण कितना है?

ikBxr i'uk d mÙkj

9-1

1. (c) 2. (a) 3. (b) 4. (a) 5. (c)

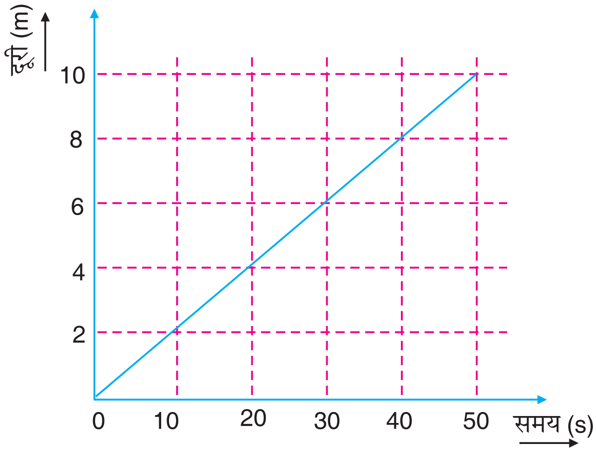
6.



fp= 9-34

9.2

1. (a) (iii) (b) (iv) (c) (i) (d) (ii)
2. दूरी = 140 m, विस्थापन = 100 m, चाल = 7 ms^{-1}
3. जब वस्तु एकसमान चाल से चलती है।
4. 2 ms^{-1}, 5 ms^{-1}
5. औसत चाल = 0.2 ms^{-1}, गति एकसमान गति है।

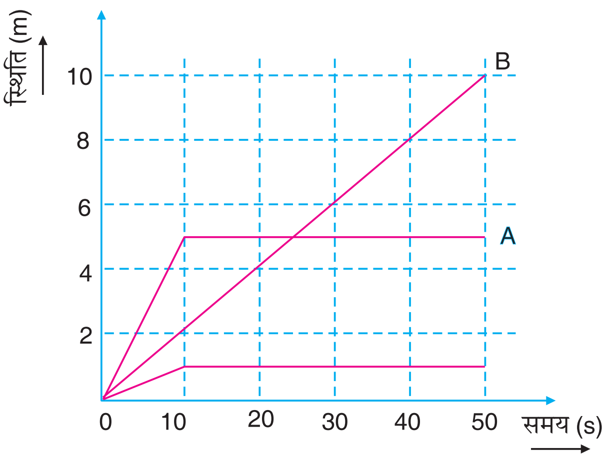


चित्र 9.35

6. 0.2 ms^{-1} 7. 63 km h^{-1} 8. 48 km h^{-1} 9. R, R

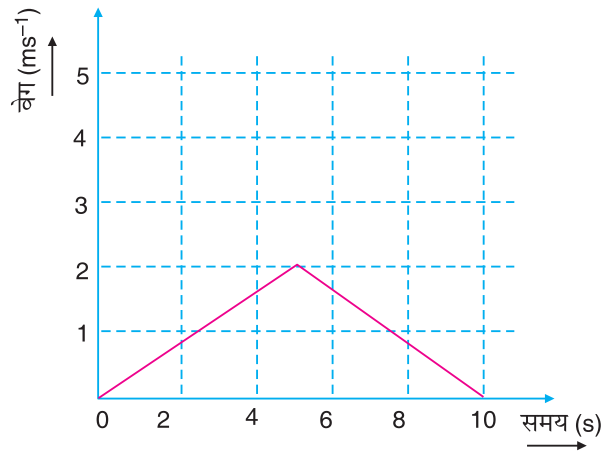
9.3

1. पहले 5 s के लिए वस्तु स्थिर चाल 2 ms^{-1} से चलती है। 5 से 15 s में यह विरामावस्था में रहती है और 15 से 20 s में यह स्थिर चाल 2 ms^{-1} से चलती है। वस्तु की गति एकसमान गति नहीं है।
2. वस्तु A का वेग वस्तु B के वेग से 4 गुना है।
3.



चित्र 9.36

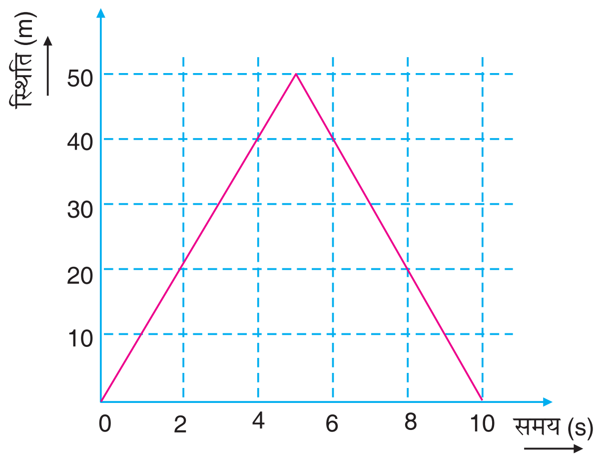
4.



fp= 9-37

(i) $a = 0.4\ ms^{-2}$,   (ii) $-a = 0.4\ ms^{-2}$,   (iii) 10 m

5.



fp= 9-38

9.4

1. (i) 19.6 m, (ii) 4 s
2. Zero and 9.8 ms^{-2}
3. 600 m
4. 7.5 ms^{-1}

9.5

1. (a)   2. (a)   3. (b)