पाठ-1

गति

1.1 आइए शुरू करें

1.2 उद्देश्य

1.3 विस्थापन

1.4 चाल एवं वेग

1.5 त्वरण

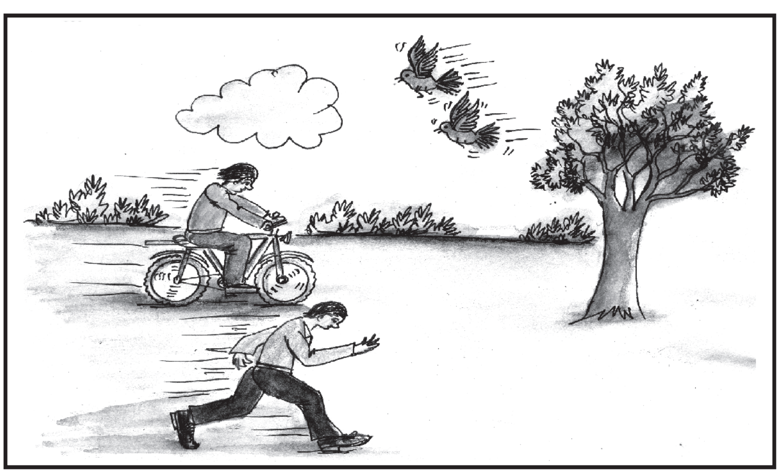
1.6 गति का ग्राफीय निरूपण

1.7 एक समान वृत्तीय गति

- महत्वपूर्ण बिन्दु
- पाठान्त प्रश्न
- ज्ञान विस्तार
- हमने क्या सीखा के उत्तर
- पाठान्त प्रश्न के सांकेतिक उत्तर

1.1 आइए शुरू करें

हर दिन हम कितने ही गतिशील वस्तु एवं प्राणी को देखते हैं जैसे चिड़िया उड़ती हुई, मछली तैरते हुए, साइकिल सवार जाता हुआ, बच्चे दौड़ते हुए तथा आकाश की ओर देखें तो तारे, ग्रह, चंद्रमा गतिशील होने के कारण अपना स्थान समय के साथ बदलते रहते हैं।



चित्र-1.1

एक वस्तु लगती है कि गतिशील है पर यह प्रेक्षक (Observer) की अवस्था पर निर्भर करता है जैसे स्टेशन पर यदि दो गाड़ियाँ खड़ी है, तो अचानक हमारी गाड़ी चलती हुई प्रतीत होती है जबकि दूसरी गाड़ी चल रही होती है। ऐसा भ्रम हमें सापेक्ष गति के कारण होता है। जैसे पृथ्वी अपनी धुरी पर घूमती है, पर हमें लगता है, धरती स्थिर है तथा आकाश के पिंड घूम रहे हैं। इसी से सूरज का सुबह उगना और शाम में क्षितिज में डूबना संबंधित है। शुरू में हम सरल रेखीय गति पर विचार करेंगे तथा जटिल गतियों के बारे में आगे पढ़ेंगे।

इस अध्याय में हम मुख्यत: गति की विभिन्न अवस्थाओं के बारे में जानकारी हासिल करेंगे। भौतिक शास्त्र में गति को किन-किन प्राचलों के द्वारा परिभाषित किया जाता है इसकी विवेचना करेंगे तथा अपने रोजमर्रे की जिन्दगी तथा अनुभवों से जोड़ कर समझने का प्रयास करेंगे।

1.2 उद्देश्य

इस पाठ को पढ़ने के बाद आप इन बातों को जान सकेंगे...........

- विस्थापन किसे कहते हैं?
- वेग दो प्रकार के होते हैं–समान/असमान वेग
- त्वरण
- ग्राफ की सहायता से गति के प्राचलों का निर्धारण
- वृत्तीय गति।

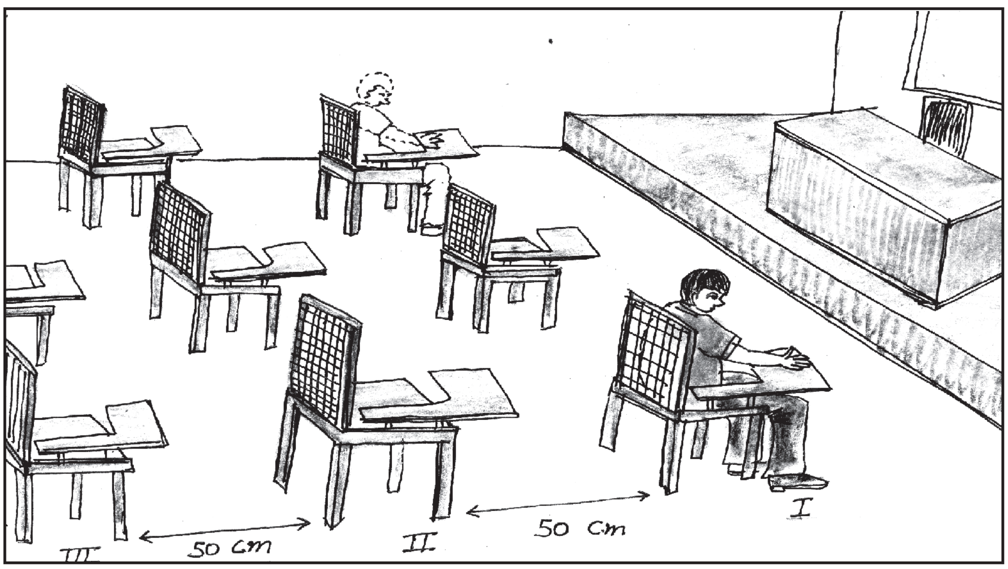
1.3 विस्थापन

हम अपने आस-पास की वस्तुओं की स्थिति का निर्धारण किसी आधारभूत बिन्दु से करते हैं। जैसे वर्ग में एक विद्यार्थी सबसे पिछली बेंच पर कोने में बैठा है तो उसकी जगह का निर्धारण वर्ग के शुरू वाले बेंच से दूरी नाप कर की जा सकती है। अगर दीवार के समानान्तर एक रेखा बनायें तथा बेंचों की स्थितियों को I, II, III कर दिखायें तो निम्न चित्र बनता है।

अगर बेंचों के बीच की दूरी 50 से.मी. है तो 8 बेंच लगे हुए क्लास में एक छात्र पहले बेंच से 3.5 मीटर की दूरी पर है। यह उसकी स्थिति है। अगर क्लास

के दौरान वह खिसक कर चौथे बेंच पर आ जाता है तब पहले से वह 1.5 मी. की दूरी पर पहुँच गया तथा यह स्थान-परिवर्तन ही विस्थापन हैं। इसकी माप उन दो स्थानों के बीच की दूरी माप कर की जा सकती है पर दोनों स्थितियों में **न्यूनतम दूरी से ही विस्थापन निरूपित होती है।** अगर वही विद्यार्थी फिर से चौथे से छठे बेंच पर चला जाय तो पहले स्थान से उसका विस्थापन 1 मीटर ही होगा। परंतु अगर वह फिर अपने पहले स्थान पर लौट जाये तो उसका कुल विस्थापन शून्य होगा क्योंकि प्रथम स्थान एवं अंतिम स्थान के बीच कोई दूरी रही ही नहीं।

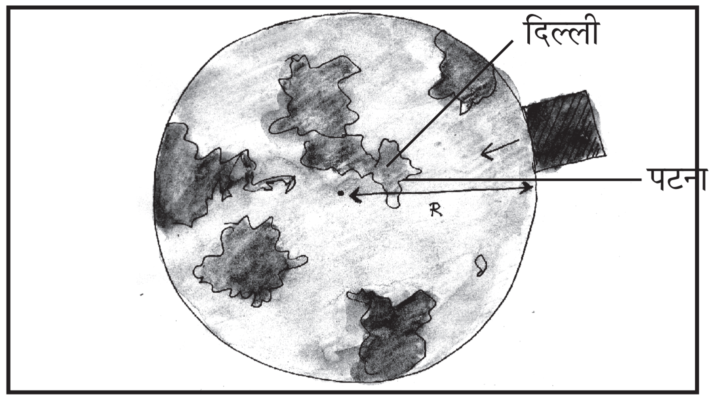
रेखीय विस्थापन में इसकी दो दिशा होती है एक बायीं तरफ, दूसरी दायीं तरफ । गति की दिशा को हम तीर ($\rightarrow$) निशान से दिखाते हैं।



चित्र 1.2

एक कमरे में आप किनारे-किनारे चलते हुए स्केल से नाप कर, एक कोने से दूसरे कोने तक जाएँ तथा विस्थापन निकालें। आप पायेंगे कि आपके द्वारा तय की गयी कुल दूरी कमरे की ल० + कमरे की चौ० के बराबर है जबकि विस्थापन तो कमरे के एक कोने से दूसरे कोने तक की दूरी है जो $\sqrt{\text{ल.}^2 + \text{चौ.}^2}$ है। अतः विस्थापन इस बात पर निर्भर नहीं करता है कि आप कितना चल चुके हैं बल्कि इस पर निर्भर करता है कि प्रथम स्थान एवं अन्तिम स्थान के बीच न्यूनतम दूरी कितनी है। विस्थापन एक **सदिश** राशि है।

गतिविधि–भारत का एक नक्शा लीजिए तथा नक्शे पर पटना और दिल्ली के बीच की दूरी स्केल द्वारा मापिये।



चित्र 1.3

स्केल द्वारा मापी गई दूरी ही विस्थापन का मान है।

(वास्तविक विस्थापन स्केल द्वारा मापी गई दूरी को नक्शे के स्केल से गुणा कर निकाला जाता है। विस्थापन की दिशा पटना से दिल्ली की ओर है।)

रेखीय गति के दो रूप दिखलाई पड़ते हैं। कुछ वस्तुएँ समान समय अंतराल में समान दूरी तय करती है। जैसे एक साइकिल सवार 1 किलोमीटर की दूरी एक समान चाल से 5 मिनट में तय करता है अतः अगर हर मिनट में वह $\frac{1}{5}$ किमी. या 200 मी. चलता है तो उसकी गति एक समान मानी जा सकती है (अर्थात् 1 सेकेण्ड में $\frac{200}{60}$ मी./से. उसकी चाल हुई) पर आपने देखा होगा कि साइकिल सवार शुरू में तेज गति से चलता है, बाद में जब गंतव्य स्थान दिखलाई पड़ता है तो धीमी गति से चलता हुआ रूक जाता है। अतः शुरू के सेकेंड में तय की हुई दूरी ज्यादा होगी। इस तरह की गति की अवस्था को **असमान** (Non-uniform) **गति** कहते हैं।

गति की अवस्था की माप उसकी चाल करते हैं। चाल का अर्थ है कि प्रति से. वह कितनी दूरी (मीटर में) तय करता है। अगर वह गति की अवस्था में परिवर्तन कर गंतव्य तक पहुँचता है तब भी हम उसकी औसत चाल (Average Speed) पता कर सकते हैं।

$$\text{औसत चाल} = \frac{\text{तय की हुई दूरी}}{\text{कुल समय}}$$

चाल की इकाई S.I. मात्रक में किमी./घंटा या मीटर/से. होती है।

उदाहरण 1. एक गाड़ी 2 घंटे में 100 कि.मी. दूरी तय करती है। इसकी औसत

$$\text{चाल} = \frac{100\text{कि.मी.}}{2\text{घटें}}$$

अतः औसत चाल = 50 कि.मी./घंटा

उदाहरण 2. एक गाड़ी 4 से. में 16 मीटर जाती है तथा अगले 2 से. में 16 मी. तय करती है। इसकी औसत चाल निकालें?

कुल तय की हुई दूरी = 16 मी. + 16 मी.

= 32 मी.

कुल लगा समय = 4 से. + 2 से.

= 6 से.

$$\text{अतः औसत चाल} = \frac{\text{कुल तय की हुई दूरी}}{\text{कुल समय}}$$

$$= \frac{32 \text{ मी.}}{6 \text{ से.}} = 5.33 \text{ मी०/से०}$$

अतः गाड़ी की औसत चाल = 5.33 मी./से. है।

1.4 चाल एवं वेग

किसी वस्तु का स्थान परिवर्तन (गति) की अवस्था का मापन चाल के द्वारा होता है पर अगर उसके स्थान परिवर्तन की दिशा भी दे दी जाए तो इसके विस्थापन को हम वेग से निरूपित करते हैं।

अतः वेग को चाल के साथ **दिशा** का ज्ञान देकर बतलाया जाता है। औसत वेग का आकलन औसत चाल की तरह ही करते हैं पर उसमें स्थान परिवर्तन के दर के

साथ-साथ दिशा का बोध होता है। चाल एवं वेग की इकाईयां भी एक समान है अर्थात् m/s या ms^{-1}

गतिविधि

आप घड़ी लेकर अपने घर से विद्यालय पहुँचने का समय माप लें। अगर घर से विद्यालय की दूरी मालुम है तो (कुल दूरी/समय) से आप अपनी औसत चाल निकाल सकते हैं।

एक तैराक 90 मी. लंबे तरण-ताल में 1 मिनट में 180 मी. तय कर अपने स्थान पर लौट आता है। इसकी औसत चाल एवं औसत वेग क्या है?

$$\text{औसत चाल} = \frac{\text{कुल तय की हुई दूरी}}{\text{समय}} = \frac{180\text{m}}{60\text{s}}$$

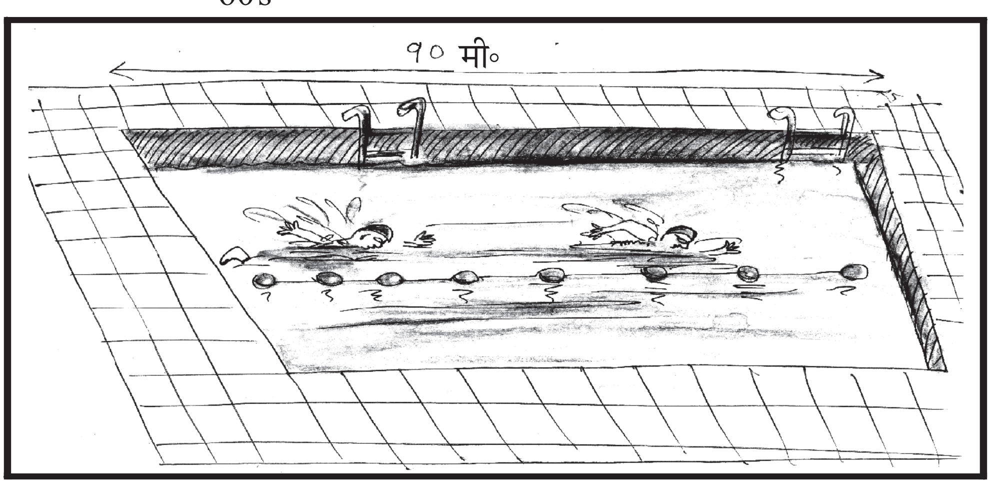
$$= 3\ \text{ms}^{-1}$$

$$\text{औसत वेग} = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{समय}}$$

चूंकि तैराक तरण-ताल में अपने स्थान पर लौट जाता है।

अत: विस्थापन $= 90\text{ m} - 90\text{ m} = 0$

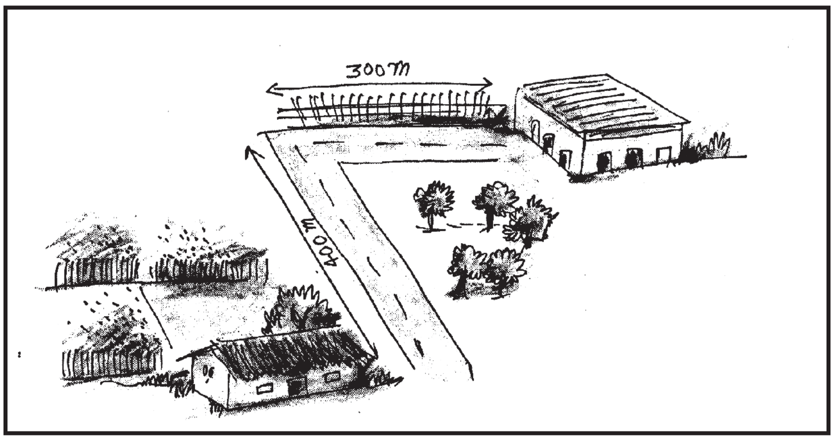
$$\text{औसत वेग} = \frac{0\text{m}}{60\text{s}} = 0\text{ms}^{-1}$$



चित्र 1.4

(अतः वेग निकालने के लिए कुल विस्थापन निकालना जरूरी है तथा विस्थापन दिशा युक्त राशि है और एक दिशा अगर धन (+) है तो उसकी उलटी दिशा ऋण (–) होगी।)

उदाहरण : मुकुल अपने घर से उत्तर-दिशा में 400 मीटर दोस्त के घर जाता है तथा वहां से पूरब की ओर बाजार पहुँचता है जिसकी दूरी 300 मीटर है। अगर इस दौरान उसे 20 मिनट का समय लगा है तो उसकी औसत चाल और औसत वेग ज्ञात करें।



चित्र 1.5

कुल तय की हुई दूरी = 400 मी. + 300 मी.

= 700 मी.

कुल समय = 20 मिनट = $20 \times 60 = 1200$ से.

औसत चाल $= \dfrac{700\text{ m}}{1200\text{s}} = \dfrac{7}{12}$ मी० से०$^{-1}$

औसत वेग निकालने के लिए विस्थापन जानना जरूरी है।

कुल विस्थापन = घर से बाजार की दूरी उत्तर-पूर्व दिशा में

(समकोण त्रिभुज विस्थापन का मान $= \sqrt{(400)^2 + (300)^2} = 500$ m)

औसत वेग $= \dfrac{500\text{m}}{1200\text{s}} = \dfrac{5}{12}$ मी./से.

1.5 त्वरण

आपने बस में यात्रा की होगी। बस-अड्डे से बस खुलती है। धीरे-धीरे उसकी गति बढ़ने लगती है तथा अगर किसी यात्री को उतरना है तो ड्राइवर ब्रेक लगाता है, धीरे-धीरे बस रुक जाती है।

अत: बस की गति एक असमान गति है। सीधी सड़क पर जाती हुई बस का वेग समय के साथ बदलता रहता है। विभिन्न समय पर यह बढ़ता या घटता है। **वेग के परिवर्तन की दर को त्वरण** (Acceleration) **कहते हैं।** यह परिवर्तन वेग को बढ़ा सकता है या उसे क्रमश: कम कर सकता है। अत: त्वरण दो तरह का होता है। एक जिसमें वेग का मान बढ़ जाता है, त्वरित गति (Accelerated motion) और जिसमें वेग का मान घट जाता है, उसे अवमंदन या अवमंदित गति (Decelerated Motion) कहते हैं।

त्वरण की माप से हम वेग के परिवर्तन का आकलन कर कर सकते हैं, पर कितने समय में परिवर्तन संपन्न हुआ यह महत्वपूर्ण है।

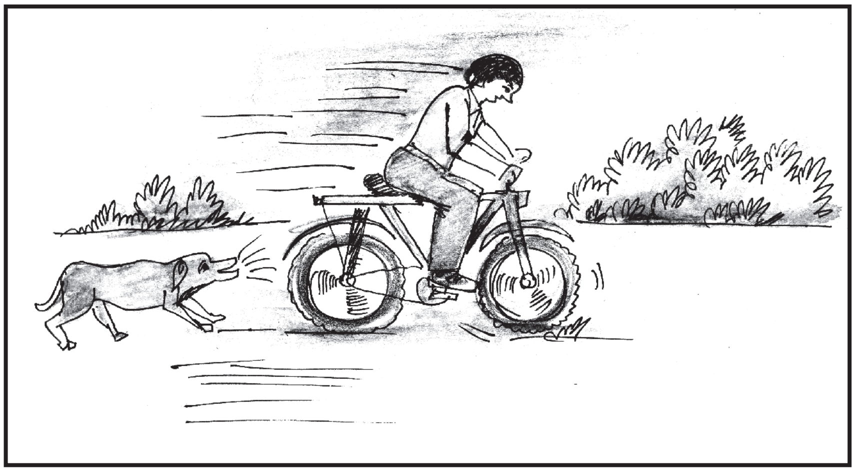
अगर किसी वस्तु का वेग समय अंतराल t सेकेण्ड में u से v हो गया, तो

$$\text{त्वरण} = \left(\frac{\text{वेग में परिवर्तन}}{\text{लगा हुआ समय}}\right) = \frac{\text{विस्थापन/समय}}{\text{समय}} = \frac{\text{विस्थापन}}{(\text{समय})^2}$$

एक साइकिल सवार जब गली में मुड़ता है तो एक कुत्ता भूँकता हुआ उसका पीछा करता है। कुत्ते से दूर भागने के लिए साइकिल सवार क्या करता है?

वह जल्दी-जल्दी पैडल को घुमा कर साइकिल का वेग बढ़ाता है अगर 2 से. में वह अपनी गति 5 मी./से. बढ़ा ले तो वह क्रमश: कुत्ते से दूर चला जायेगा।

मुकुल साइकिल पर जा रहा था, रास्ते में रिक्शे पर जाता हुआ उसका साथी दिखा। मुकुल को वह एक किताब देना चाह रहा था। अब इसे उस किताब को लेने के लिए अपना वेग परिवर्तन करना होगा। वह क्या करेगा, जिससे उसका वेग, रिक्शे के वेग के बराबर हो जाए वह अपने वेग को बढ़ायेगा।



चित्र 1.6

त्वरण दो प्रकार के हो सकते हैं समरूप त्वरण–जैसे पृथ्वी पर गिरती हुई गेंद, जिसके वेग में $9.8\ m/s^2$ का परिवर्तन होता है।

या, असमरूप त्वरण जैसे कार के वेग का बढ़ना या घटना।

गतिविधि

आप अपने रोजमर्रे की जिन्दगी में विभिन्न तरह की गतिशील वस्तुओं को देखते हैं।

निम्नलिखित प्रकार के गति के उदाहरण का प्रेक्षण करें एवं अभ्यास पुस्तिका में लिखें।

(i) गति की दिशा में त्वरण

(ii) गति की दिशा के विपरीत दिशा में त्वरण

(iii) समरूप (एक समान) त्वरण

(iv) असमरूप (असमान) त्वरण

उदाहरण : मुकुल स्थिरावस्था से अपनी साइकिल चला कर 30 सेकेण्ड में $6\ ms^{-1}$ का वेग प्राप्त कर लेता है। अब वह ब्रेक लगा कर अपने वेग को 5 सेकेण्ड में $4\ ms^{-1}$ तक ले आता है। उपरोक्त दोनों स्थितियों में साइकिल का त्वरण निकालें।

पहले 30 सेकण्ड में, प्रारंभिक वेग = 0

अंतिम वेग = $6\ ms^{-1}$

समय अंतराल = 30 से.

.....

$$\text{अतः त्वरण (a)} = \frac{\text{अंतिम वेग} - \text{प्रारंभिक वेग}}{\text{लगा हुआ समय}}$$

$$a = \frac{(6ms^{-1} - 0ms^{-1})}{30\ s}$$

$$= 0.2ms^{2} = 0.2ms^{-2}$$

दूसरी स्थिति में

प्रारंभिक वेग u = $6\ ms^{-1}$

अंतिम वेग v = $4\ ms^{-1}$

समय अंतराल = 5 से.

$$\text{अतः त्वरण} = \frac{4ms^{-1} - 6ms^{-1}}{5s}$$

त्वरण = $-0.4\ m/s^2$

अतः प्रथम स्थिति में त्वरण = $0.2\ m/s^2$

तथा दूसरी स्थिति में त्वरण = $-0.4\ m/s^2$

यह (–) चिह्न बतलाता है कि त्वरण की दिशा गति की दिशा के विरूद्ध है।

हमने क्या सीखा I

1. चाल एवं वेग में अंतर बताइए।
2. एक गाड़ी का ओडोमीटर क्या मापता है?
3. आप किसी वस्तु के बारे में कब कहेंगे कि,
   (i) वह त्वरित गति में है।
   (ii) वह अवमंदित गति में है।
   (iii) वह एक समान त्वरण से गति में है?
   (iv) वह असमान त्वरण से गति में है?

1.6 गति का ग्राफीय निरूपण

विभिन्न घटनाओं की सूचना को ग्राफ-विधि से दर्शाना आसान तरीका है। जैसे किसी क्रिकेट खेल में टीम के रन बनाने की दर **बार-ग्राफ** द्वारा दिखलाई जाती है।

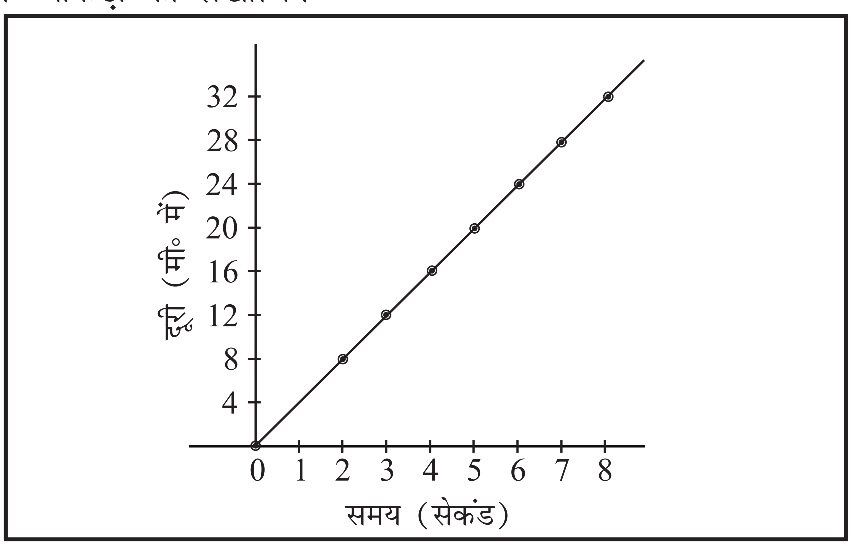
रेखीय ग्राफ द्वारा गति के विभिन्न प्रेक्षणों (Observation) को हम दिखला कर दूरी, समय, वेग आदि में सम्बन्ध प्रदर्शित कर सकते है। ग्राफ के द्वारा वेग, चाल, त्वरण आदि का आकलन (Calculation) भी कर सकते हैं।

मान लें एक वस्तु समरूप चाल से अपना स्थान परिवर्तन कर रही है। अगर हमारे पास विभिन्न समय पर तय की हुई दूरी के आंकड़े हैं तो एक ग्राफ पर हम दूरी तथा समय का रेखीय चित्र दिखा सकते हैं।

सारणी में समय (से. में) तथा दूरी (मीटर में) दिये हुये हैं।

समय (से.)	दूरी (मी.)
0	0
2	8
3	12
4	16
5	20
6	24
7	28
8	32

सारणी के आंकड़ों का लेखाचित्र :



चित्र 1.7

इस लेखाचित्र पर कोई दो समय अंतराल में तय की हुई दूरी पढ़ कर निकाली जा सकती है

$$\text{औसत चाल} = \frac{\text{तय की गई दूरी}}{\text{समय अंतराल}}$$

उदाहरण–

(i) ग्राफ में वस्तु

3 से. पर 12 मी. है।

6 से. पर 24 मी. है।

$$\text{अतः औसत चाल (s)} = \frac{\text{तय की गई दूरी}}{\text{समय अंतराल}} = \frac{(24-12)}{(6-3)} = \frac{12}{3} \text{ मी०/से०}$$

$$\text{औसत चाल} = 4 \text{ मी./से.}$$

(ii) ग्राफ में $t_1 = 3$ से. $t_2 = 6$ से.

तथा $s_1 = 12$ मी. $s_2 = 24$ मी.

$$\text{औसत चाल} = \left(\frac{S_2 - S_1}{t_2 - t_1}\right) = \frac{12}{3} \text{ मी./से.} = 4 \text{ मी०/से०}$$

समान चाल का लेखाचित्र एक सरल रेखा के रूप में ही दिखती है।

ऊपर का उदाहरण समरूप चाल का था।

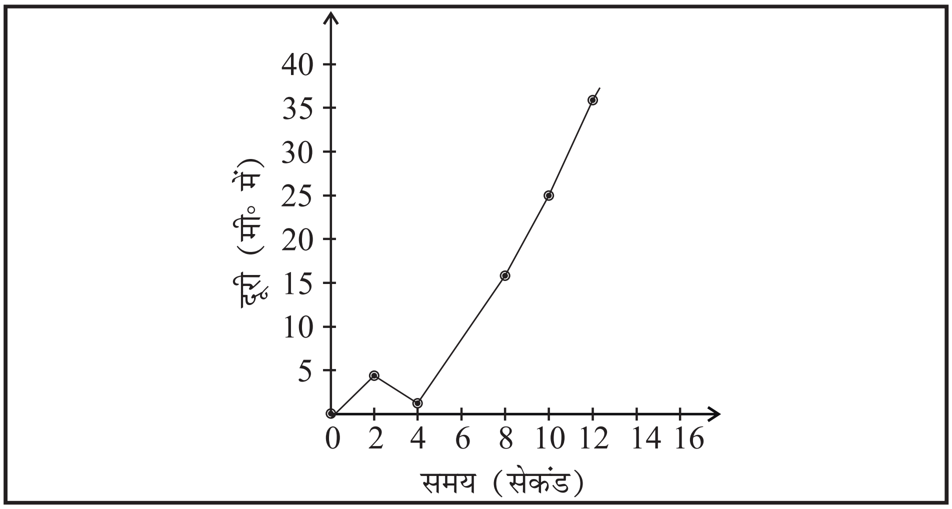
आइए, अब समान एवं असमान चाल का उदाहरण लें।

(1) पहला उदाहरण समान चाल का देना है।

(2) एक कार स्थिरावस्था से चलना शुरू करती है और धीरे-धीरे इसका वेग क्रमशः बढ़ता जाता है। दूरी तथा समय का आंकड़ा सारणी में देखें।

सारणी : कार के द्वारा तय की हुई दूरियाँ

क्रम संख्या	समय (से. में)	दूरी (मी. में)
1	0	0
2	2	4
3	4	1
4	6	9
5	8	16
6	10	25
7	12	36



चित्र 1.8 : दूरी-समय ग्राफ : कार असमान गति करती हुई

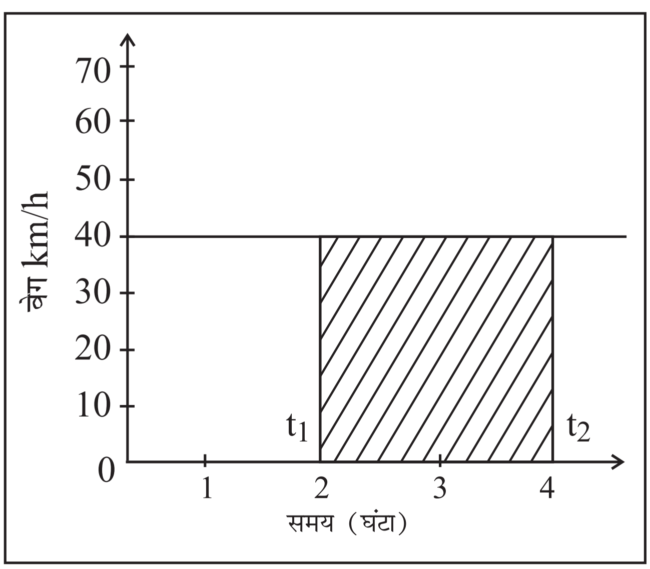
यहाँ ध्यान देने की बात है कि लेखा चित्र का स्वभाव बदल गया अब यह वक्र रेखा है जबकि एक समान गति में ग्राफ सरल रेखा दिखती है।

वेग-समय ग्राफ

समय के साथ वेग के परिवर्तन को वेग-समय ग्राफ से दिखलाया जा सकता है।

अगर एक समान वेग है तो ग्राफ का चरित्र एक सीधी रेखा होगी जो समय-अक्ष के समानान्तर रहेगी। ऐसा इसलिए है कि वेग का मान समय के साथ नहीं बदलता है।

उदाहरण :



चित्र 1.9

इस ग्राफ से तय की हुई दूरी निकाली जा सकती है।

जैसे समय अंतराल t_1 से t_2 तक तय की हुई दूरी

= वेग × समय अंतराल

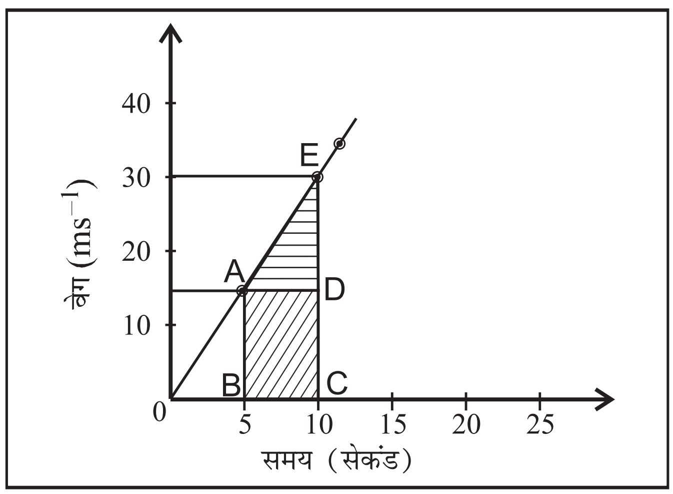
= 40 km/h × $(t_2 - t_1)$ h

= उस आयत के क्षेत्रफल के बराबर है जिसकी चौड़ाई $(t_2 - t_1)$ है तथा लंबाई 40 km/h है।

$$= 40\frac{km}{h} \times 2h = 80km$$

त्वरित गति के रेखा चित्र

(1) समय के साथ अगर वेग परिवर्तित हो रहा है तो वेग-समय का लेखा चित्र सरल रेखा जैसी ही होती है।



चित्र 1.10 **एक समान त्वरित गति से चलती हुई किसी कार का वेग-समय ग्राफ**

आप देख रहे हैं कि ग्राफ की प्रकृति सरल रेखीय है। उसकी ढाल त्वरण के मान पर निर्भर है।

इस ग्राफ से किसी खास समय अंतराल में (उदाहरण के लिए t_1 समय से t_2 समय तक तय की हुई दूरी का आकलन संभव है।

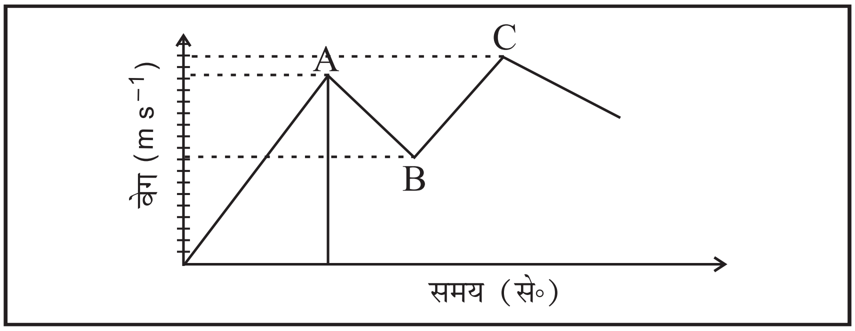
चित्र में t_2 पर वेग का मान E बिन्दु से डाले गये लम्ब के द्वारा देख सकते हैं उसी तरह t_1 पर वेग का मान निकालेंगे इनका अंतर ED के बराबर है।

अत: ग्राफ के अंदर का क्षेत्रफल

= (ADBC आयत + AED त्रिभुज) का क्षेत्रफल

= AB × BC + ½ ED × AD

(2) असमान त्वरण रहने पर ग्राफ की आकृति कोई भी वक्र हो सकता है। जैसे—



चित्र 1.11 असमान त्वरित गति के कारण वेग-समय ग्राफ

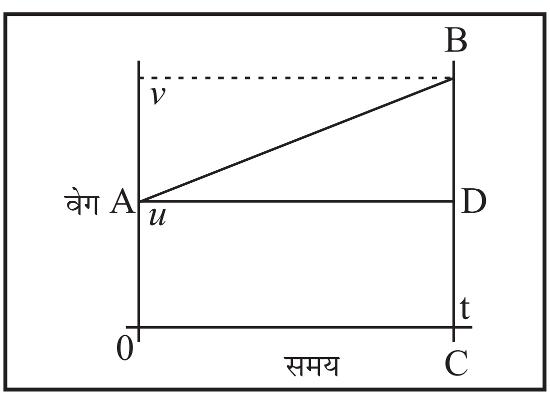
अत: वस्तु का शुरू में A तक वेग बढ़ रहा है पर A से B तक वेग कम होते जाता (जैसे ब्रेक लगा हो) B से C तक वेग फिर बढ़ने लगा है।

क्रियाकलाप/गतिविधि

एक रेलगाड़ी तीन स्टेशनों को क्रमश: पार करती है। अगर उनके आगमन और प्रस्थान का समय एवं उनकी दूरियाँ दी हुई हैं तो वेग-समय ग्राफ बनायें।

स्टेशन	A से दूरी	आगमन का समय	प्रस्थान का समय
A	0	8.00	8.15
B	120	11.15	11.30
C	180	13.00	13.15

वेग-समय ग्राफ द्वारा इनका संबंध निकालना



चित्र 1.12

समय $t = 0$ पर वस्तु का वेग u है।

पहले वेग का मान ज्ञात करें।

$t = t$ से. पर वस्तु का वेग v हो जाता है।

अर्थात् $t - 0$ समय अंतराल में वेग में परिवर्तन $(v - u)$ है।

ग्राफ में यह BD के बराबर है।

t समय AD द्वारा दिखलाया जा रहा है।

$$\text{अतः त्वरण} = \frac{BD}{AD} = \frac{BD}{OC}$$

$$a = \frac{BD}{t}$$

$$BD = v - u$$

अतः
$$a = \frac{v - u}{t}$$

or,
$$at = v - u$$

or,
$$\boxed{v = u + at}$$

जहाँ $a =$ त्वरण का मान है।

समय एवं तय की हुई दूरी में संबंध

वेग-समय ग्राफ में ही t समय में तय की हुई दूरी ग्राफ के नीचे पड़ने वाले कुल क्षेत्रफल के बराबर है।

दूरी $S =$ आयत OADC का क्षेत्रफल + त्रिभुज ABD का क्षेत्रफल

$$= OA \times OC + \tfrac{1}{2} OC \times BD$$

$$= OC [OA + \tfrac{1}{2} BD]$$

$OA = u$ है तथा $OC = t$ तथा $BD = at$ है

$$\text{अतः } S = t [u + \tfrac{1}{2} at]$$

$$\boxed{S = ut + \tfrac{1}{2} at^2}$$

अतः अगर त्वरण ज्ञात हो तो समय अंतराल में तय की हुई दूरी निकाली जा सकती है।

वेग-स्थिति संबंध के लिए समीकरण ठीक से वर्णन करें

हम जानते हैं कि t समय अंतराल में औसत वेग $\left(\frac{v+u}{2}\right)$ है।

$$\text{अतः तय की गई दूरी} = \left(\frac{v+u}{2}\right) \times t$$

हम त्वरण का समीकरण जानते हैं

$$\text{वह है } a = \frac{v-u}{t}$$

अतः

$$t = \left(\frac{v-u}{a}\right)$$

अगर t का मान दूरी के समीकरण में रख दें

$$S = \left(\frac{v+u}{2}\right) \times t = \frac{v+u}{2} \times \left(\frac{v-u}{a}\right)$$

अतः

$$S = \frac{v^2-u^2}{2a}$$

या,

$$\boxed{v^2 - u^2 = 2as}$$

जहाँ v एवं u अंतिम एवं प्रारंभिक वेग हैं तथा a त्वरण है।

उदाहरण

एक रेलगाड़ी विरामावस्था से चल कर 5 मिनट में 72 km/h का वेग प्राप्त कर लेती है।

(i) इसका त्वरण निकालें ?

(ii) इस दौरान रेलगाड़ी द्वारा तय की हुई दूरी ज्ञात करें?

रेलगाड़ी $t = 0$ पर विरामावस्था में है।

अतः $u = 0$

$t = 5$ मिनट $= 5 \times 60$ से. $= 300$ से. के बाद $v = 72$ km/hr

$$= \frac{72 \times 1000}{60 \times 60} = 20\,ms^{-1}$$

$$\text{अतः त्वरण} = \frac{72km/h - 0}{300s} = \frac{20ms^{-1}}{300s} = \frac{1}{15}ms^{-2}$$

तय की हुई दूरी के लिए समीकरण $v^2 - u^2 = 2as$ का उपयोग करना होगा।

अर्थात्
$$S = \frac{v^2}{2a}\,[u = 0] = \frac{20 \times 20}{2 \times \frac{1}{15}}m$$

$$S = 3000 \text{ m}$$
$$= 3 \text{ km}$$

हमने क्या सीखा II

1. वेग-समय ग्राफ के नीचे के क्षेत्र से मापी गई राशि क्या होती है?

....

....

2. किसी वस्तु की गति के विषय में आप क्या कह सकते हैं, जिसका चाल-समय ग्राफ समय अक्ष के समानांतर एक सरल रेखा है?

....

....

3. किसी वस्तु की गति के विषय में आप क्या कह सकते हैं, जिसका दूरी-समय ग्राफ समय अक्ष के समानान्तर एक सरल रेखा है?

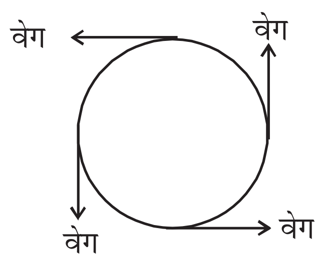
....

....

1.7 **एक समान वृत्तीय गति** (Uniform circular motion)

हमने देखा है कि किसी वस्तु के वेग का परिवर्तन दो प्रकार से संभव है चाहे तो वेग के मान में परिवर्तन हो या दिशा में परिवर्तन हो। वृत्ताकार पथ पर समरूप चाल से घूमती हुई वस्तु के वेग के मान में परिवर्तन तो नहीं होती है पर उसकी दिशा हमेशा बदलती रहती है।

उदाहरण के लिए, अगर हम एक रस्सी से पत्थर के टुकड़े को बांध कर वृत्ताकार पथ पर घुमायें तो पत्थर का टुकड़ा वृत्ताकार पथ पर घूमता है जिसकी त्रिज्या रस्सी की लम्बाई के बराबर है। हम देखते हैं कि पत्थर के टुकड़े के वेग की दिशा हर क्षण बदलती रहती है।



चित्र-1.13

पर एक खास समय अंतराल में वह पूरा चक्कर लगाता है। वेग का मान नहीं बदलता। इस तरह की गति को एक समान वृत्तीय गति कहते हैं।

अगर वृत्तीय पथ की त्रिज्या r मी. हो तो परिधि की लम्बाई $2\pi r$ मी. होगी।

अगर t सेकेण्ड में गतिशील वस्तु एक चक्कर पूरा करता है तो वेग का मान

$= \frac{2\pi r}{t}$ होगा।

किसी पत्थर को वृत्तीय पथ पर घुमाते हुए अगर छोड़ दिया जाए तो वह उस क्षण पथ के **स्पर्श-रेखा** की दिशा में जाती है अर्थात हर क्षण अपनी गति के दौरान वस्तु अपने वेग की दिशा बदलती रहती है।

पृथ्वी के चारों ओर चंद्रमा का घूमना एक समान वृत्तीय गति का उदाहरण है। यहाँ पृथ्वी और चन्द्रमा के बीच कोई डोर नहीं है, पर पृथ्वी का गुरूत्वाकर्षण बल एक रस्सी का कार्य करता है।

गोला या डिस्क फेंकने वाले खिलाड़ी को आपने देखा होगा कि वह एक वृत्तीय पथ पर गोले को घुमाता है तथा एक क्षण उसे छोड़ देता है, गोले का उस क्षण का वेग और उसकी दिशा ही उसकी गति निर्धारित करती है।

महत्त्वपूर्ण बिन्दु :

- गति वस्तुओं की स्थिति में परिवर्तन है तथा इसकी माप दूरी या विस्थापन से की जा सकती है।
- वस्तु के समान या असमान गति उसके वेग में समय के साथ परिवर्तन पर निर्भर करता है।
- प्रति इकाई समय में तय की हुई दूरी **चाल** है तथा प्रति इकाई समय में विस्थापन उस वस्तु का **वेग** है।
- वेग में प्रति इकाई समय में हुए परिवर्तन को **त्वरण** कहते हैं।
- त्वरण दो प्रकार के हो सकते हैं।
- वस्तु के गति की अवस्था को ग्राफ की सहायता से दिखा सकते हैं।
- **ग्राफ** के द्वारा किसी समय अंतराल में तय की हुई दूरी वस्तु का वेग, त्वरण तथा इनके बीच संबंधों का समीकरण ज्ञात कर सकते हैं।
- अगर कोई वस्तु वृत्तीय पथ पर एकसमान चाल से चलती है तो उसकी गति को **एकसमान वृत्तीय गति** कहा जाता है।
- महत्वपूर्ण समीकरण हैं (जो समरूप त्वरण से चलने वाले वस्तु के लिए लागू होंगे)

$$v = u + at$$

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

$$2aS = v^2 - u^2$$

जहाँ u प्रारंभिक वेग है, t समय बाद वेग का मान v है तथा a एक समान त्वरण है। S वह दूरी है जो वस्तु t समय में तय करती है।