2

सरल रेखीय गति
(Motion in a straight line)

1.1 भूमिका

आप अपने चारों ओर अनेक वस्तुओं को चलते हुए देखते हैं। व्यक्ति, पशु, वाहन, भूमि पर चलते हुए तथा मछली, मेंढक और अन्य जलीय पशु जल में तैरते हुए देखे जा सकते हैं। पक्षी तथा वायुयान हवा में उड़ते हैं। सूर्य और चंद्रमा आकश में गति करते हुए दिखाई देते हैं। जिस पृथ्वी पर हम रहते हैं वह भी गति करती है यद्यपि हम उसकी गति को देख नहीं सकते। अतः यह बिल्कुल स्पष्ट है कि हम एक अत्यन्त गतिमान विश्व में रह रहे हैं। अपने चारों ओर के भौतिक विश्व को समझने तथा वर्णन करने के लिए गति के बारे में अध्ययन करना बहुत आवश्यक है। यह गति सरल रेखा में, समतल में या अंतरिक्ष में हो सकती है। यदि वस्तु की गति केवल एक दिशा में हो तो उसे 'सरल रेखीय गति' कहते हैं। उदाहरणार्थ, सीधी सड़क पर कार का चलना, सीधी रेलवे लाइन पर रेल का चलना, मुक्त रूप से गिरती वस्तु की गति, लिफ्ट का चलना तथा सीधे ट्रेक पर धावक का दौड़ना।

इस पाठ में हम सरल रेखा में गति विषय पर विशेष रूप से ध्यान केंद्रित करेंगे जो हमें गति के सामान्य विवरण की ओर लगायेगा। अगले तथा उसके बाद वाले पाठों में हम गति के नियमों, समतल में गति तथा अन्य विभिन्न प्रकार की गतियों के बारे में अध्ययन करेंगे।

2.2 उद्देश्य

इस पाठ का अध्ययन करने के पश्चात आप,

- *दूरी, विस्थापन, चाल तथा वेग का पुनः स्मरण कर पायेंगे;*
- *सापेक्ष वेग तथा औसत वेग की व्याख्या कर सकेंगे;*
- *त्वरण और तात्क्षणिक त्वरण को परिभाषित कर पायेंगे;*

- *स्थिति-समय आलेख (ग्राफ) बना सकेंगे और उनकी व्याख्या कर सकेंगे;*
- *एकसमान तथा असमान गतियों के लिए वेग-समय आलेख बना सकेंगे और उसकी व्याख्या कर पायेंगे;*
- *तात्क्षणिक वेग की व्याख्या कर सकेंगे;*
- *एकसमान त्वरण के साथ गति के समीकरणों को प्रतिपादित कर सकेंगे और उनको प्रयोग कर सकेंगे;*
- *गुरुत्वाकर्षण के अंतर्गत गति का वर्णन कर सकेंगे;*

2.3 वेग और त्वरण (Velocity and Accelerattion)

आपने अपनी पूर्ववर्ती कक्षाओं में अध्ययन किया है कि किसी वस्तु द्वारा तय किए गए पथ की कुल लम्बाई **दूरी** कहलाती है जबकि वस्तु की प्रारंभिक और अंतिम स्थिति के बीच का अंतर **विस्थापन** कहलाता है। विस्थापन मूलतः दो स्थितियों के बीच लघुतम दूरी है, जिसकी एक निश्चित दिशा होती है। इस प्रकार विस्थापन एक सदिश राशि है जबकि दूरी अदिश राशि है। आपको यह भी ज्ञात है कि समय के साथ दूरी की परिवर्तन-दर **चाल** कहलाती है जबकि वस्तु के विस्थापन की परिवर्तन दर **वेग** कहलाती है। चाल एक अदिश राशि है जबकि एक संदिश राशि है।

2.3.1 औसत वेग (Average Velocity)

एक परिवर्तनशील वेग वाले पिंड की गति की दर उसके औसत वेग या औसत चाल द्वारा नापी जाती है। किसी पिंड का औसत वेग विस्थापन की परिवर्तन दर के रूप में परिभाषित किया जाता है जबकि उसकी चाल उसके द्वारा तय की गई दूरी को चलित दूरी को दूरी तय करने में लिए गये समय द्वारा विभाजित करने पर प्राप्त होती है।

अर्थात $v = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{लिया गया समय}},\ v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$ या $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ....(2.1)

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

औसत चाल और औसत वेग को स्पष्ट रूप से समझने के लिए निम्नलिखित उदाहरणों को देखें।

उदाहरण 2.1: *एक वस्तु x-अक्ष पर गति कर रही है। गति आरंभ करने के t सेकंड के बाद उसकी स्थिति का निर्देशांक समीकरण $x = 20\,t^2 ms^{-2}$ है, जहां t परिवर्तनशील चर है। वस्तु के औसत वेग की 3s से. 3.2s के समय अंतराल में गणना कीजिए।*

हल:

दिया है

$$x = 20t^2 \text{ms}^{-2}$$

हम जानते हैं कि औसत वेग निम्नलिखित संबंध द्वारा प्राप्त होता है

$$v_{av} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

चूंकि $t_1 = 3\text{s}$

$x_1 = 20 \times (3\text{s})^2 \text{ms}^{-2}$

$$= \frac{20m \times 9s^2}{s^2} = 180m$$

जबकि $t_2 = 3.2s$

$x_2 = 20 \times (3.2s)ms^{-2}$

$= 20 \times 10.2 \text{ m} = 204 \text{ m}$

$$v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{204 - 180}{3.2 - 3} = \frac{24}{0.2} \text{ ms}^{-1} = 120 \text{ ms}^{-1}$$

अतः औसत वेग 120 ms^{-1}

उदाहरण 2.2: एक आदमी 300 मी. वृत्ताकार ट्रेक पर दौड़ता है तथा 200 सेकंड में वापस प्रारंभिक स्थान पर आ जाता है। व्यक्ति की औसत चाल तथा औसत वेग क्या है?

हल: दिया है

ट्रेक की लम्बाई = 300 m

इस लंबाई को तय करने में लगा समय = 200 s

आदमी वापस उसी स्थान पर आ गया है

विस्थापन = 0

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

$$= \frac{300}{200} \text{ms}^{-1} / 1.5\text{ms}^{-1}$$

$$\text{और, औसत वेग} = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{लगा समय}}$$

$$= \frac{0}{200} = 0\text{ms}^{-1}$$

2.3.2 आपेक्षिक वेग (Relative Velocity)

जब हम यह कहते हैं कि एक बैलगाड़ी 10 किलोमीटर प्रति घंटे की गति से दक्षिण की ओर जा रही है तो इसका अर्थ है कि गाड़ी का वेग पृथ्वी की तुलना में 10 किलोमीटर प्रति घंटा है।

वास्तव में किसी वस्तु का वेग हमेशा किसी दूसरी वस्तु की तुलना में निश्चित किया जाता है। अतः वेग स्वभावतः एक सापेक्ष राशि है।

मान लो चलती हुई रेलगाड़ी के डिब्बे में एक लड़की उस दिशा में चल रही है जिस दिशा में रेलगाड़ी जा रही है। इसका अर्थ है कि लड़की रेलगाड़ी की तुलना में गतिमान है।

यदि रेलगाड़ी पृथ्वी की सतह की तुलना में पश्चिम की ओर जा रही है तो पृथ्वी सूर्य की तुलना में पूर्व की ओर गति कर रही है। सूर्य स्वयं हमारी आकाश-गंगा में घूम रहा है। हमारी आकाश-गंगा (galaxy) अन्य आकाश-गंगाओं के सापेक्ष गति कर रही है। अतः यदि आप लड़की का निरपेक्ष वेग ज्ञात करना चाहते हैं तो यह एक बड़ा ही दुरुह कार्य होगा। अतः सभी वेग सापेक्ष हैं।

एक वस्तु A का एक दूसरी वस्तु B की तुलना में आपेक्षिक वेग वह दर है जिससे वस्तु A वस्तु B के सापेक्ष अपनी स्थिति बदल रही है। उदाहरण के लिए यदि v_A और v_B एक सरल रेखा में चल रही दो बिंदु रूप वस्तुओं के पृथ्वी के आपेक्षिक वेग हैं तो A की तुलना में B का आपेक्षिक वेग $(v_B - v_A)$ होगा।

एक वस्तु की आपेक्षिक स्थिति में दूसरी वस्तु के सापेक्ष परिवर्तन दर को दूसरी वस्तु के सापेक्ष पहली वस्तु का आपेक्षिक वेग कहलाता है।

***उदाहरण 2.3 :** एक कार 'A' उत्तर से दक्षिण की ओर 60 किलोमीटर प्रति घंटे की गति से सड़क पर आ रही है। दूसरी कार 'B' दक्षिण से उत्तर की ओर 70 किलोमीटर प्रति घंटे की गति से उसी सड़क पर आ रही है। कार 'A' के सापेक्ष कार 'B' का वेग बताइए?*

हल: दक्षिण से उत्तर की दिशा को धनात्मक मान लो।

कार 'B' का वेग $v_B = +70$ किलोमीटर/घंटा। और कार A का वेग $(v_A) = -60$ कि.मी./घंटा

अतः कार 'A' के सापेक्ष में कार 'B' का वेग

$= v_B - v_A$

$= 70-(-60)$ कि.मी./घंटे

$= 130\ km/h$

2.3.3 त्वरण (Acceleration)

बस या कार में यात्रा करते समय आपने ध्यान दिया होगा कि कभी उसकी चाल तेज और कभी धीमी हो जाती है। यानी उसके वेग में परिवर्तन होता रहता है। यह परिवर्तन समय के साथ घटित होता है। जैसा कि वेग को स्थिति के परिवर्तन की समय दर से परिभाषित किया जाता है, वैसे ही त्वरण को वेग के परिवर्तन की समय दर के रूप में परिभाषित किया जा सकता है। किसी वस्तु का औसत त्वरण निम्न प्रकार व्यक्त किया जा सकता है:

$$\text{औसत त्वरण} = \frac{\text{अंतिम वेग} - \text{प्रारंभिक वेग}}{\text{वेग में परिवर्तन के लिए लिया गया समय}}$$

$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{.......................(2.2)}$$

तात्क्षणिक त्वरण 'a' को औसत त्वरण के सीमित मान के रूप में परिभाषित किया जाता है। जबकि Δt अल्प से अल्पतर होता हुआ शून्याभिमुख होता है। $\alpha = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta dv}{\Delta dt}$

त्वरण एक सदिश राशि है और इसका मात्रक m/s^2 है।

त्वरण सदिश है और इसलिए इसकी एक दिशा होती है। सामान्यतः क्षैतिज गति के लिए जबकि त्वरण उसी दिशा में हो जिसमें कि गति या वेग है त्वरण की दिशा धनात्मक होती है। तथापि त्वरण गति की विपरीत दिशा में भी हो सकता है तब त्वरण को ऋणात्मक माना जाता है। जिसे प्रायः मंदन (retardation) कहा जाता है।

***उदाहरण 2.4:** एक साईकिल सवार विराम अवस्था से गति-प्रारंभ करके 15 कि.मी./घंटे का वेग 3 मिनट में प्राप्त करता है। उसका त्वरण ज्ञात कीजिए?*

हल:

दिया है

$$v_1 = 0$$

$$v_2 = 15 \text{ Km/h} = \left(\frac{25}{6}\right) \text{m/s}$$

$$t = 3 \text{ min.} = 180 \; S$$

$$\text{त्वरण } a = \frac{v_2 - v_1}{t - o} = \frac{25}{6} \times \frac{1}{180}$$

$$a = 0.023 \text{ ms}^{-2}$$

अतः साईकिल सवार का त्वरण = 0.023 मी./से.$^{-2}$

पाठगत प्रश्न 2.1

1. *क्या एक गतिशील वस्तु के लिए यह संभव है कि उसकी कुछ औसत चाल हो लेकिन औसत वेग शून्य हो?*

   ....

2. *एक महिला 8 किलोमीटर/प्रति घंटे की चाल से बाज़ार गयी। बाज़ार को बंद पाकर वह अपने घर वापस 10 किलोमीटर/प्रति घंटे की चाल से लौट आई। यदि उसके घर से बाज़ार 2 किलोमीटर दूर हो तो उसकी औसत चाल और औसत वेग ज्ञात कीजिए?*

   ....

3. *क्या एक गतिशील वस्तु का दूसरी गतिशील वस्तु की तुलना में आपेक्षिक वेग शून्य हो सकता है? कोई उदाहरण दीजिए?*

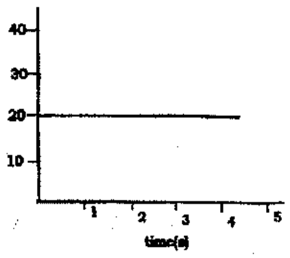
   ....

4. *दो कारें A तथा B एक ही स्थान से लंबवत दिशा में क्रमशः 30 km/h तथा 40 km/h की एकसमान गति से गतिमान (स्टार्ट) होती है। कार B की तुलना में कार A की आपेक्षिक-चाल ज्ञात कीजिए?*

   ....

2.4 स्थिति-समय आलेख (Position-Time Graph)

यदि आप एक गेंद को जमीन पर लुढ़काते हैं तो आपने देखा होगा कि विभिन्न समय पर गेंद की विभिन्न स्थितियां होती हैं। विभिन्न समय-क्षणों और तद्नुसार प्राप्त गेंद की विभिन्न स्थितियों की मूल-बिन्दु से दूरियों को आलेख पर प्रकट करने से हमें एक निश्चित वक्र प्राप्त होता है। इस प्रकार का वक्र 'स्थिति-समय आलेख' कहलाता है। सामान्यतः समय x-अक्ष पर दर्शाते हैं जबकि वस्तु की स्थिति y अक्ष पर दर्शाते हैं।



चित्र 2.1: विराम-अवस्था में वस्तु का स्थिति-समय आलेख

आइए हम विराम की अवस्था में वस्तु का एक 'स्थिति-समय आलेख' पर विचार करते हैं। आप देखते हैं कि स्थिर वस्तु समय के साथ अपनी स्थिति नहीं बदलती। अतः स्थिर वस्तु के लिए 'स्थिति-समय आलेख' समय अक्ष के समानान्तर सीधी

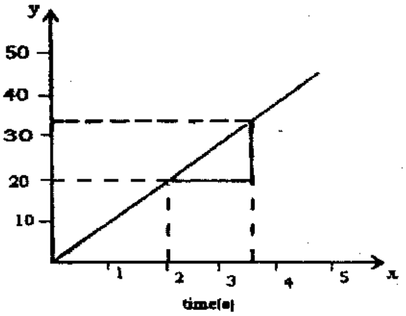
रेखा में होता है। यदि एक समय पर वस्तु 20 मीटर की स्थिति में थी और विराम की स्थिति में है तो प्राप्त होने वाला आलेख इस प्रकार का होगा जैसा कि चित्र 2.1 में दर्शाया गया है।

2.4.1 एकसमान गति के लिए 'स्थिति-समय आलेख'

आइए अब हम एक अन्य परिस्थिति पर विचार करें। जिसमें एक वस्तु समान समय अंतराल में समान दूरी तय करती है। उदाहरण के लिए यदि हम एक वस्तु की 5 सेकेण्ड तक हुई गति का अध्ययन करें और पायें कि प्रति सेकेण्ड वह वस्तु 10 मीटर दूरी तय करती है तो विभिन्न समय पर वस्तु की स्थिति निम्नलिखित सारणियों के अनुसार दर्शायी जाएगी।

समय (t) (सेकंड में)	1	2	3	4	5
स्थिति (x) (मीटर में)	10	20	30	40	50

इन आंकड़ों का आलेख बनाने के लिए x अक्ष पर समय लीजिए जिसमें एक cm की एक सेकंड मानिए तथा स्थिति को बाएं अक्ष पर लीजिए जिसमें एक cm को 10 मीटर के बराबर मानिए। स्थिति समय आलेख' चित्र 2.2 में दर्शाये गए चित्र के समान बनेगा।



चित्र 2.2: एक समान गति के लिए स्थिति-समय-आलेख

हम पाते हैं कि आलेख एक सीधी रेखा के रूप में आता है जो यह दर्शाता है कि आलेख का ढाल सतत् है और वस्तु की स्थिति परिवर्तन की समय दर अचर है। इसका अर्थ है कि वस्तु की गति एकसमान है। अतः इस प्रकार की गति जिसमें गतिशील वस्तु का वेग अचर रहे **एकसमान गति** कहलाती है।

> दूसरे शब्दों में हम कह सकते हैं कि जब गतिशील वस्तु समान समय अंतराल में समान दूरियां तय करती हैं तो उसकी गति एकसमान गति कहलाती है।

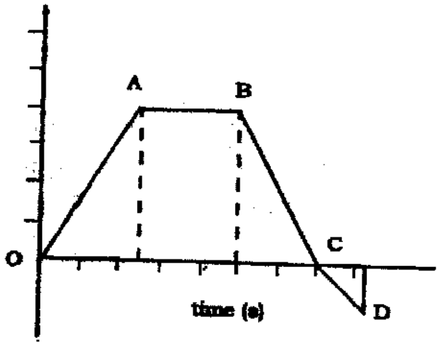
एकसमान गति के लिए 'स्थति-समय आलेख' सीधी रेखा के रूप में होता है जो समय अक्ष से एक निश्चित कोण बनाती है।

2.4.2 असमान गति के लिए 'स्थिति-समय आलेख'

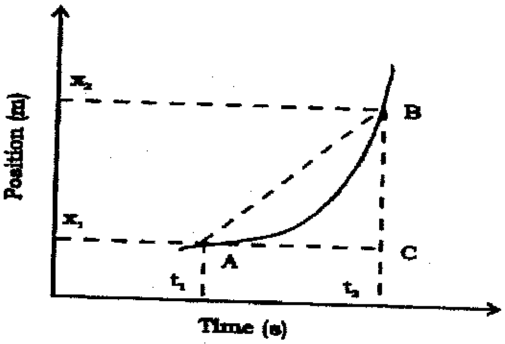
आइए अब हम एक रेलगाड़ी का उदाहरण लें जो एक स्टेशन से चलती है, गति पकड़ती है तथा कुछ अवधि तक एकसमान वेग से चलती है और दूसरे स्टेशन पर रुकने से पूर्व धीमी हो जाती है। इस विषय में आप देखेंगे कि समय के समान अंतरालों में तय की गई दूरियां समान नहीं हैं। इस प्रकार की गति असमान गति कही जा सकती है। यदि परवर्ती अंतरालों में तय की गई दूरियां बढ़ती जाएं तो ऐसी गति को त्वरित गति कहते हैं। इस प्रकार की वस्तुओं के लिए 'स्थति-समय आलेख' चित्र 2.3 में दिखाया गया है।

इस आलेख में आप देखेंगे कि 0A, BC, CD भाग एकसमान गतियों को प्रकट करते हैं लेकिन उनके वेग विभिन्न हैं। भाग AB वस्तु की गतिहीनता की अवस्था दर्शाता है। तथापि पर-पूर्ण आलेख द्वारा दर्शायी गयी संपूर्ण यात्रा

असमान गति प्रकट करती है।



चित्र 2.3: असमान गति के लिए स्थिति-समय आलेख



चित्र 2.4: सतत वक्र के रूप में स्थिति-समय आलेख

चित्र 2.4 देखिए इसमें स्थिति समय-आलेख सतत वक्र (continuous curve) भी हो सकता है इसका अर्थ है कि विभिन्न समय अंतरालों में तय की गई दूरियां विभिन्न हैं। अतः वस्तु के वेग में निरंतर परिवर्तन जो रहा है। इस प्रकार की स्थिति में किसी भी समय अंतराल में वस्तु की औसत चाल निर्धारित की जा सकती है। तात्क्षणिक चाल भी निर्धारित की जा सकती है जो कि उस समय विशेष पर वक्र के ढाल (slope) के बराबर होगी।

2.4.3 'स्थिति-समय आलेख की व्याख्या'

जैसा कि आपने देखा है कि विभिन्न गतिशील वस्तुओं का 'स्थिति-समय आलेख' विभिन्न हो सकता है। यदि यह समय अक्ष के समान्तर सीधी रेखा है तो आप कह सकते हैं कि वस्तु विराम की अवस्था में है। लेकिन सीधी रेखा समय अक्ष की ओर झुकी है तो यह दर्शाता है कि चाल एकसमान है।

(क) स्थिति-समय आलेख से वेग

'स्थिति-समय आलेख की सीधी रेखा का कोई ढाल गतिशील वस्तु का वेग बताता है। ढाल का निर्धारण करने के लिए सरल रेखा पर (चित्र 2.3) कोई दो बिंदु (A और B) चुनिए तथा y अक्ष तथा x अक्ष के समान्तर रेखाएं खींच कर त्रिभुज बनाइए। इस प्रकार चित्र 2.3 से वस्तु का औसत वेग निम्नलिखित है:

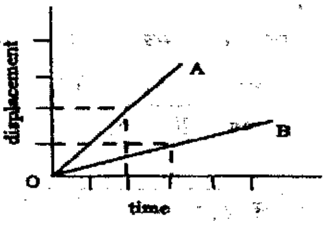
$$v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{BC}{AC} = \tan\theta$$

अतः वस्तु का वेग = रेखा AB का ढाल।

इससे पता चलता है कि 'स्थिति समय आलेख दर्शाने वाली सीधी रेखा का जितना अधिक ढाल ($\Delta x / \Delta t$) होगा उतना ही अधिक वस्तु का वेग होगा। यह ध्यान रहे कि क्षैतिज रेखा के साथ सरल रेखीय आलेख द्वारा बनाये गये कोण की स्पर्शज्या (tangent) उसके ढाल का माप है।

अर्थात् $\tan\theta = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$

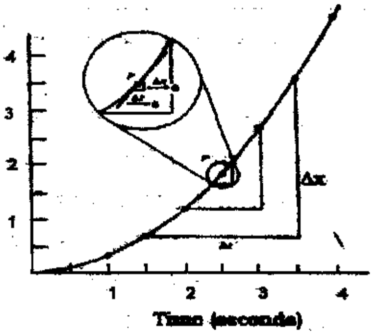
आलेख पर किन्हीं भी दो संगत-दूरियों (Δx) और (Δt) उपयोग ढाल निकालने और इस प्रकार वेग निकालने के लिए किया जा सकता है।



उदाहरण 2.5: *दो वस्तुओं A और B का स्थिति-समय-आलेख दर्शाये गये चित्र के अनुसार है इनमें से किसका अधिक वेग है?*

हल: वस्तु A का अधिक वेग होगा क्योंकि वस्तु A के लिए *x-t* आलेख का ढाल अधिक है।

(ख) तात्क्षणिक वेग (Instantaneous velocity): जैसा कि आपने सीखा है कि सीधी रेखा में एकसमान गति में वेग प्रत्येक क्षण पर समान रहता है लेकिन असमान गति के मामले में 'स्थति-समय आलेख' वक्र रेखा में आता है जैसाकि चित्र 2.5 में दर्शाया गया है। चयन किए गये समय अंतरालों के आकार पर ढाल या औसत वेग भिन्न-भिन्न होता है। इस प्रकार के मामले में किसी एक बिंदु पर कण का वेग तात्क्षणिक वेग कहलाता है।



चित्र 2.5: *असमान गति के लिए स्थिति-समय ग्राफ*

$\Delta t \to 0$ सीमा लेने पर उस रेखा का ढाल ($\Delta x / \Delta t$) जो उस बिंदु पर वक्र के स्पर्शज्या होती है तात्क्षणिक वेग बताता हैं। तथापि, एकसमान गति के लिए औसत और तात्क्षणिक वेग बराबर होता है।

उदाहरण 2.6: *एक बिंदु रूप वस्तु की गति के लिए 'स्थिति समय आलेख' चित्र में दर्शाया गया है। बतलाइए कि वस्तु द्वारा निम्नलिखित समय अन्तराल में कितनी गति से कितनी दूरी तय की गयी।*

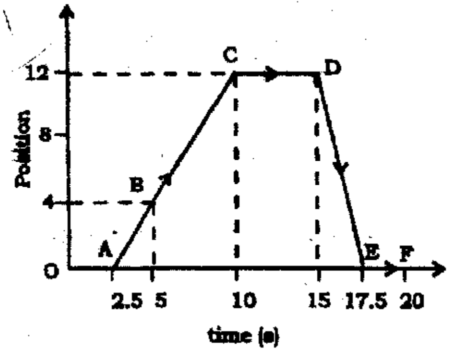
(1) 0 सेकेंड से 5 सेकेंड

(2) 5 सेकेंड से 10 सेकेंड

(3) 10 सेकेंड से 15 सेकेंड

(4) 15 सेकेंड से 20 सेकेंड।

20 सेकेंड के सम्पूर्ण समय-काल में इस वस्तु की औसत गति क्या होगी?



हल :

(i) 0 सेकेंड से 5 सेकेंड के दौरान तय की गई दूरी = 4 मी.

$$\text{चाल} = \frac{\text{दूरी}}{\text{समय}} = \frac{4}{5-0} = \frac{4}{5} = 0.8\text{m/s}$$

(ii) 5 सेकेंण्ड से 10 सेकेंड के दौरान तय की गई दूरी = 12-4 = 8 मी.

$$\text{चाल} = \frac{12-4}{10-5} = \frac{8}{5} = 1.6\text{m/s}$$

(iii) 10 सेकेंड से 15 सेकेंड के दौरान तय की गई दूरी = 12-12=0

चाल = 0

(iv) 15 सेकंड से 20 सेकंड के दौरान तय की गई दूरी = 12 m

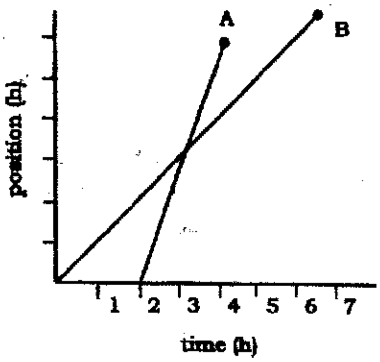
$$\text{चाल} = \frac{\text{दूरी}}{\text{समय}} = \frac{12}{20-15} = \frac{12}{5} = 2.4 m/s$$

पाठगत प्रश्न 2.2

(1) *शून्य त्वरण की गति के लिए 'स्थिति समय आलेख' बनाइए।*

....

(2) *निम्नलिखित चित्र में दो विद्यार्थियों A और B का विस्थापन-समय आलेख दर्शाया गया है जो अपने स्कूल से चलते हैं और अपने घर पहुंचते हैं। इसे ध्यान से देखिए और निम्नलिखित प्रश्नों का उत्तर दीजिए ?*



(i) कौन पहले घर पहुंचता है ?

(ii) कौन न्यूनतम और कौन अधिकतम दूरी तय करता है ?

(iii) किसकी गति सबसे कम है ?

(iv) कौन तेज चलता है ?

(v) जब A और B एक दूसरे को पार करते हैं तो उनकी गति क्या है ?

(vi) घर पहुंचने में कौन कम समय और कौन अधिक समय लेता है ?

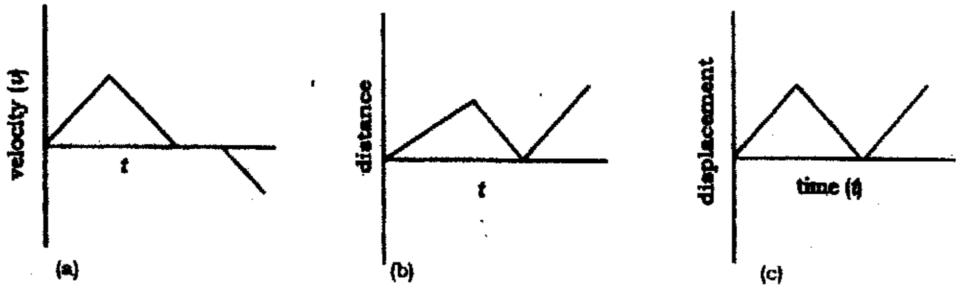
....

(3) *किन परिस्थितियों में औसत वेग तात्क्षणिक वेग के बराबर होता है ?*

....

(4) *निम्नलिखित आलेखों में से कौन सा संभव नहीं है ? कारण सहित उत्तर दीजिए ?*

....

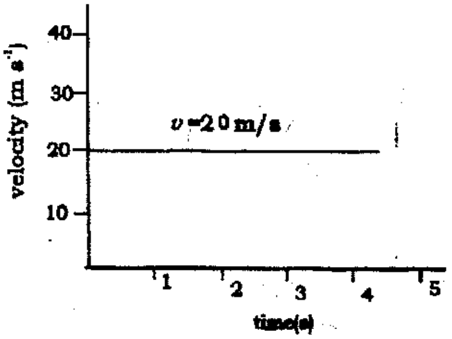


2.5 वेग-समय आलेख (Velocity-time Graph)

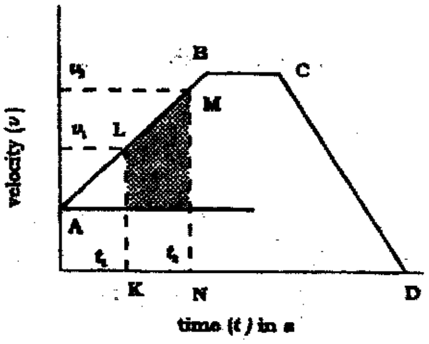
स्थिति समय आलेख की भांति हम गतिशील वस्तु के वेगों तथा तदनुरूप समय का आलेख बना सकते हैं। इस प्रकार के आलेख को वेग-समय आलेख कह सकते हैं। वेग-समय आलेख बनाने के लिए सामान्यतः समय को x अक्ष पर तथा वेग को y अक्ष पर लिया जाता है।

2.5.1 एकसमान गति के लिए वेग-समय आलेख

जैसा कि आप जानते है कि सरल रेखीय एकसमान गति में वस्तु का वेग अचर रहता है अर्थात समय में परिवर्तन के साथ वेग में कोई परिवर्तन नहीं होता। अतः इस प्रकार की एकसमान गति के लिए वेग-समय आलेख समय अक्ष के समानान्तर सरल रेखा में होता है जैसा कि चित्र 2.6 में दर्शाया गया है।



चित्र 2.6: एक समान गति के लिए वेग-समय आलेख



चित्र 2.7: अचर त्वरण के साथ गति के लिए वेग-समय आलेख

2.5.2 असमान गति के लिए वेग-समय आलेख

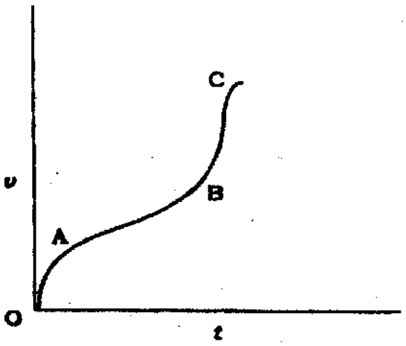
यदि समय के साथ वस्तु का वेग समान रूप से बदलता है तो त्वरण एकसमान रहता है। एकसमान त्वरण के लिए औसत और तात्कालिक त्वरण बराबर होते हैं।

इस प्रकार की गतिशील वस्तु के लिए वेग-समय आलेख सरल रेखा के रूप में होता है जो कि समय-अक्ष की ओर प्रनत (inclined) रहता है जैसा कि चित्र सं. 2,7 में सरल रेखा *AB* द्वारा दर्शाया गया है। आलेख से यह स्पष्ट है कि एकसमान समय-अंतराल में समान परिमाणों से वेग बढ़ता है।

क्योंकि सरल रेखा का ढाल स्थिर रहता है अतः वस्तु का त्वरण अचर रहता है। इस परिणाम को हम इस प्रकार लिख सकते हैं:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

यद्यपि असमान-गति के ऐसे मामले हो सकते हैं जिनमें वेग



चित्र 2.8: विभिन्न त्वरण के साथ गति के लिए वेग-समय आलेख

परिवर्तन की दर अचर न हो। इस प्रकार की स्थिति में वेग-समय-आलेख का ढाल प्रत्येक क्षण भिन्न होगा। जैसा कि चित्र 2.8 में दिखाया गया है।

2.5.3 वेग-समय आलेख की व्याख्या

जैसा कि आपने देखा वेग-समय आलेख का उपयोग करते हुए हम वस्तु द्वारा तय की गई दूरी और विभिन्न क्षणों में वस्तु का त्वरण भी निर्धारित कर सकते हैं। आइए इसे ज्ञात करने की जानकारी प्राप्त करें।

(a) **वस्तु द्वारा तय की गई दूरी का निर्धारणः** चित्र 2.7 में दर्शाए गए वेग-समय आलेख में AB भाग अचर त्वरण के साथ गति दर्शाता है जबकि CD भाग अचर मंदित-गति दर्शाता है। भाग BC एकसमान गति प्रकट करता है।

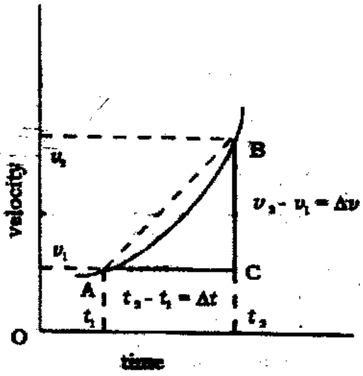
समय t_1 से t_2 तक वस्तु द्वारा तय की गई दूरी t_1 और t_2 के बीच के वक्र के क्षेत्रफल द्वारा प्रकट की गई है। अतः

दूरी = KLMN समलम्ब चतुर्भुज का क्षेत्रफल

$= \frac{1}{2} \times (KL + MN) \times KN$

$= \frac{1}{2} \times (v_1 + v_2) \times (t_2 - t_1)$

(b) **वस्तु के त्वरण का निर्धारणः** जैसा कि आप इस पाठ में पहले पढ़ चुके हैं कि वस्तु का त्वरण उसके वेग में परिवर्तन और उस वेग परिवर्तन में बीते समय-अन्तराल के अनुपात के रूप में परिभाषित किया जाता है। यदि आप चित्र 2.4 में दिए गए हैं वेग-समय आलेख को देखें तो AB चाप के ढाल द्वारा औसत त्वरण दर्शाया गया है जो निम्न प्रकार से व्यक्त किया गया है:



चित्र 2.9: वेग-समय आलेख

औसत त्वरण $(a_{av}) = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

यदि बिंदु B को बिंदु A के निकट से निकटतर लिया जाए तो औसत त्वरण की लघु से लघुतर समय अन्तरालों में गणना की जा सकती है। जैसा कि आप पहले देख चुके हैं कि जब दूसरा बिंदु पहले बिंदु के अत्यधिक निकट लिया जाता है तब औसत त्वरण के सीमांत मान के A बिंदु पर **तात्क्षणिक त्वरण** कहते हैं।

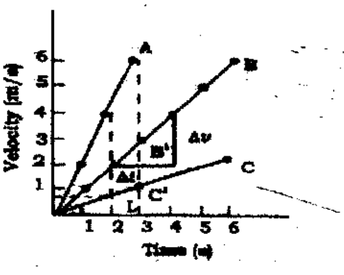
$$a = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

अतः वेग-समय-आलेख के किसी बिंदु पर स्पर्श रेखा का ढाल उस बिंदु या उस क्षण पर त्वरण का परिमाण प्रदान करता है।

उदाहरण 2.7: *तीन विभिन्न वस्तुओं A, B, और C के लिए वेग-समय आलेख निम्नलिखित चित्र में दिए गए हैं।*

(1) इनमें से किसका सबसे अधिक त्वरण है तथा वह कितना है।

(2) पहले 3 सेकंड में इन वस्तुओं द्वारा तय की गई दूरी की गणना कीजिए ?



(3) इन तीन वस्तुओं में से किसने अपनी पूरी यात्रा में अधिकतम दूरी तय की है?

(4) 2 सेकंड के क्षण पर तीनों वस्तुओं के वेग क्या-क्या हैं?

हल: चूंकि v-t आलेख का ढाल त्वरण प्रदान करता है और जैसा कि A वस्तु के लिए v-t आलेख का ढाल अधिकतम है अतः

इसका त्वरण अधिकतम है

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{6-0}{3-0} = \frac{6}{3} = 2\,\text{ms}^{-2}$$

(2) वस्तु द्वारा तय की दूरी v-t आलेख के क्षेत्रफल के बराबर होती है:

पहले 3 सेकंड में

A द्वारा तय की गई दूरी = क्षेत्र OAL

$= \frac{1}{2} \times 6 \times 3 = 9\,\text{m}$

B द्वारा तय की गई दूरी = क्षेत्र OBL

$= \frac{1}{2} \times 3 \times 3 = 4.5\,\text{m}$

C द्वरी तय की गई दूरी $\frac{1}{2} \times 1 \times 3 = 1.5\,\text{m}$

(3) यात्रा पूरी होने पर $\frac{1}{2}$ B वस्तु द्वारा तय की गई अधिकतम दूरी

$= \frac{1}{2} \times 6 \times 6 = 18\,\text{m}$

(4) 2 s पर A का वेग = 4 m/s

B का वेग = 2 m/s

C का वेग = 0.80 m/s (लगभग)

2.7 अचर त्वरण के साथ गति के समीकरण

जैसा कि हम पहले पढ़ चुके हैं कि वस्तु की गति का वर्णन करने के लिए भौतिक मात्राओं जैसे दूरी, वेग और त्वरण का प्रयोग करते हैं। त्वरण के मामले में निर्दिष्ट समय में अर्जित वेग और तय की गई दूरी का परिकलन तीन समीकरणों में किसी एक या अधिक के द्वारा किया जा सकता है। ये समीकरण सामान्यतः अचर त्वरण युक्त गति के समीकरणों के रूप में जाने जाते हैं जो उपयोग में आसान है और इस पाठ्यक्रम में इनके अनेक अनुप्रयोग ज्ञात होंगे।

इन समीकरणों की व्युत्पत्ति के लिए आइए हम प्रारम्भिक समय t_1 को शून्य लेते हैं, अर्थात् $t_1 = 0$। अब हम यह मान सकते हैं कि $t_2 = t$ बीता हुआ समय है। वस्तु की प्रारंभिक स्थिति (x_1) और प्रारम्भिक वेग (v_1) को अब x_0 और v_0 द्वारा व्यक्त किया जाएगा और समय t पर वे x वे v (x_2 और v_2 के बजाय) कहलाए जाएंगे। समीकरण 2.1 के अनुसार समय t के दौरान औसत वेग निम्नलिखित होगी:

$$v = \frac{x - x_0}{t} \qquad \text{.....................(2.4)}$$

2.7.1 गति का पहला समीकरण

यदि त्वरण ज्ञात हो तो गति का पहला समीकरण एक निश्चित समय के बाद वस्तु के वेग को निर्धारित करने में सहायता करता है।

त्वरण की परिभाषा से जैसा कि आप जानते हैं:

$$\text{त्वरण } (a) = \frac{\text{वेग में परिवर्तन}}{\text{लिया गया समय}}$$

$$a = \frac{v - v_o}{t} \qquad \text{.......................(2.5)}$$

यह समीकरण प्रकट करता है:

$$v = v_o + at \qquad \text{.......................(2.6)}$$

यह गति का पहला समीकरण कहलाया जाता है।

उदाहरण 2.8: *यदि एक कार विश्रामावस्था से 10 मी./से.[2] के त्वरण के साथ चलती है तो 5 सेकंड के बाद वह कितने वेग से चलेगी ?*

हल: दिया है

प्रारम्भिक वेग $v_0 = 0$

त्वरण $a = 10\ ms^{-2}$

समय $t = 5\ s$

गति के पहले समीकरण का प्रयोग करने पर:

$v = v_0 + at$

समय $t = 5$ से. के बाद वेग

$v = 0 + 10 \times 5$

$v = 50\ m/s$

2.7.2 गति का दूसरा समीकरण

गति के दूसरे समीकरण का प्रयोग अचर त्वरण a से चल रही वस्तु का समय t के बाद की स्थिति का परिकलन करने के लिए किया जाता है।

औसत वेग की परिभाषा से आप जानते हैं:

$$v_{av} = \frac{x - x_0}{t}$$

अतः $x = x_0 + v_{av} t$ ....(2.7)

चूंकि वेग एक समान दर से बढ़ता है इसलिए औसत वेग V प्रारम्भिक और अन्तिम वेगों के मध्य में होगा।

$$v_{av} = \frac{(v + v_0)}{2} \qquad \text{.......................(2.8)}$$

समीकरण 2.7 तथा 2.8 को संयुक्त करने पर हमें प्राप्त होता है:

$$x = x_0 + \left(\frac{v + v_o}{2}\right)t$$

$v = v_0 + at$ रखने पर

$$x = x_0 + \left(\frac{v_o + at + v_o}{2}\right)t$$

या $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ ....(2.9)

यह गति का दूसरा समीकरण कहलाता है।

***उदाहरण 2.9:** एक कार A एक सीधी सड़क पर 60 किमी./घंटे की एकसमान चाल से जा रही है। दूसरी कार B इसके पीछे 70 किमी/घंटे के एकसमान वेग से चल रही है। इन दोनों के बीच जब 2.5 किमी की दूरी रह गई तो कार B में 20 किमी/घंटे^{2} का त्वरण दिया गया। अतः कितनी दूरी पर और कितने समय में कार B कार A को पकड़ लेगी।*

हल: मान लो कार B कार A को t-समय के बाद x-दूरी पर पकड़ लेती है तब

कार A द्वारा t-समय में तय की गई दूरी $= x^1 = 60 \times t$

कार B द्वारा t-समय में तय की गई दूरी

$$x = x_0 + v_0 + \tfrac{1}{2}at^2$$

$$= 0 + 70x + t + \tfrac{1}{2}\ (-20) \times t^2$$

$$x = 70t - 10\,t^2$$

लेकिन दो कारों के बीच दूरी

$$x - x^1 = 2.5$$

$$(70t - 10t^2) - (60t) = (2.5)$$

या $\quad 10t^2 - 10t + 2.5 = 0$

इससे t का मान $\frac{1}{2}h$ प्राप्त होता है

$t = \frac{1}{2}$ मान रखकर समीकरण को हल करने पर–

$$x = 70t - 10t^2$$

$$= 70 \times \tfrac{1}{2} - 10 \times (\tfrac{1}{2})^2$$

$$= 35 - 2.5 = 32.5 \text{ km.}$$

2.7.3 गति का तीसरा समीकरण

तीसरे समीकरण का प्रयोग उस स्थिति में किया जाता है जब त्वरण, स्थिति और प्रारम्भिक वेग ज्ञात हो तथा अन्तिम वेग अपेक्षित हो, लेकिन समय t ज्ञात न हो।

मीकरण (2.7) से आपको ज्ञात है:

$$x = x_0 + v_{av}t$$

$$x = x_0 + \left(\frac{v + v_0}{2}\right)t$$

किन समीकरण (2.5) से आपको ज्ञात है:

$$t = \frac{v - v_0}{a}$$

उपर्युक्त समीकरण में t का यह मान प्रतिस्थापित करने पर हमें प्राप्त होता है:

$$x = x_0 + \left(\frac{v + v_0}{2}\right)\left(\frac{v - v_0}{a}\right)$$

$$x = x_0 + \left(\frac{(v^2 - v^2{}_0)}{2a}\right)$$

v^2 के लिए इसे हल करने पर हमें प्राप्त होता है:

$$v^2 = v_0 + 2a\,(x - x_0) \qquad \text{.......................(2.10)}$$

यह गति के तीसरे समीकरण के रूप में जाना जाता है।

अतः अचर त्वरण के लिए तीन समीकरण इस प्रकार हैः

$$v = v_0 + at$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

और $$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

उदाहरण 2.10: *एक मोटर साइकिल सवार एक सीधी सड़क पर 4 ms^{-1} के अचर त्वरण से जा रहा है। यदि प्रारम्भ में वह 5 मीटर के स्थान पर था और उसका वेग 3 ms^{-1} था तो*

(1) समय $t = 2s$ पर स्थिति और वेग बताइए।

(2) मोटर साइकिल सवार की स्थिति बताइए जब उसका वेग 5 ms^{-1} हो,

हलः

दिया गया हैः

$x_0 = 5$ मी., $v_0 = 3$ मी. से.$^{-1}$, $a = 4$ मी. से$^{-2}$

निम्न समीकरण का उपयोग करने पर

(1) $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$

$= 5 + 3 \times 2 + \frac{1}{2} \times 4 \times (2)^2$

स्थिति $x = 19$ m

और $v = v_0 + at$

$= 3 + 4 \times 2$

वेग $= v = 11$ ms^{-1}

(2) $v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$

$(5)^2 = (3)^2 + 2 \times 4 \times (x - 5)$

हमें $x = 7$ मी. प्राप्त होता है।

अतः मोटर साइकिल सवार की स्थिति $(x) = 7$ m

2.7.4 गुरुत्वाकर्षण के कारण गति

आपने देखा होगा कि जब हम किसी वस्तु को ऊपर की दिशा में फेंकते हैं या किसी ऊँचाई से पत्थर गिराते हैं तो दोनों ही मामलों में वे पृथ्वी की ओर आते हैं। क्या आप जानते हैं कि वे पृथ्वी पर क्यों आ जाते हैं तथा वे किस प्रकार का पथ अपनाते हैं। यह उन वस्तुओं पर लगने वाले गुरुत्वाकर्षण बल के कारण होता है। केवल गुरुत्व के प्रभाव के अन्तर्गत होने वाली इस प्रकार की गतियाँ एक दिशा में या सीधी रेखा में होती हैं। पृथ्वी की ओर वस्तु का स्वतंत्र रूप से गिरना अचर त्वरण (लगभग) के साथ गति का एक सर्वाधिक सामान्य उदाहरण है। वायु-प्रतिरोध की अनुपस्थिति में यह देखा गया है कि सभी वस्तुएं चाहे उनका आकार या भार कुछ भी हो पृथ्वी की सतह के किसी बिन्दु पर समान त्वरण के साथ गिरती हैं। यद्यपि तुंगता (altitudle) के साथ गुरुत्वाकर्षण के कारण त्वरण में भिन्नता होती है लेकिन पृथ्वी के व्यास की तुलना में कम दुरियों के लिए वस्तु के गिरते समय यह स्थिर रहती है। अपने व्यावहारिक उपयोग के लिए वायु प्रतिरोधकता तथा तुंगता के साथ त्वरण में भिन्नता का प्रभाव नगण्य लिया जाता है।

गुरुत्व के कारण स्वतंत्र रूप से गिरती वस्तु के त्वरण को 'g' से प्रकट करते हैं। पृथ्वी की सतह पर या उसके निकट इसका परिमाण लगभग 9.8 मी./से.^{2} होता है। ऊँचाई और उत्थान (elevation) के साथ इसकी भिन्नता और अधिक परिशुद्ध मानों का विस्तृत विवेचन इस पुस्तिका के पाठ 5 में किया जाएगा।

उदाहरण 2.11: एक पत्थर 10 मी. की ऊँचाई से गिराया जाता है और यह स्वतंत्र रूप से गिरता है। निम्नलिखित को ज्ञात कीजिए:

(1) 2 सेकंड में तय की गई दूरी

(2) पृथ्वी पर पहुंचने के समय पत्थर का वेग

(3) 3 सेकंड बाद पर वेग।

हल:

दिया गया है:

ऊँचाई (h) = 10 मी.

प्रारम्भिक वेग (v_0) = 0

प्रारम्भिक स्थिति (y_0) को शून्य तथा मूल-बिंदु 'O' पर मानिए। अतः इससे नीचे y अक्ष (ऊर्ध्वाधर अक्ष) ऋणात्मक होगी। चूंकि त्वरण ऋणात्मक y= दिशा में नीचे की ओर है अतः $a = -g$ का मान = –9.8 मी./सें²

(1) समीकरण (2.9) का प्रयोग करने पर $y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$

हमें प्राप्त होता है:

$$y = 0 + 0 - \tfrac{1}{2}gt^2 = -\tfrac{1}{2} \times 9.8 \times (2)^2$$
$$= -19.6 \text{ m}$$

ऋणात्मक चिह्न यह दर्शाता है कि दूरी मूल बिंदु से नीचे की ओर अधोगामी दिशा में है।

(2) पृथ्वी पर $y = -10$ मी.

समीकरण (2.10) का प्रयोग करते हुए

$$v^2 = v_0^2 + 2a(y - y_0)$$
$$= 0 + 2(-9.8)(-10 - 0)$$
$$v = 14 \text{ m/s}$$

(3) $v = v_0 + at$ का प्रयोग करने पर

जब $t = 3$ से.

$v = -29.4$ m

यह दर्शाता है कि पत्थर का $t = 3$ पर वेग 29.4 मी./से. है। तथा यह नीचे की दिशा में गतिमान है।

पाठान्त प्रश्न 2.3

(1) एक वस्तु विराम-अवस्था से प्रारंभ करके अचर त्वरण के साथ एक सीधी रेखा में 4 सेकेंड में 50 मीटर की दूरी तय करती है। इसका अंतिम वेग ज्ञात कीजिए तथा कुल दूरी के आधे को तय करने में आवश्यक समय बताइए ?

....

(2) एक कार एक सीधी सड़क पर 5 मीटर/सेकेंड² के सतत त्वरण के साथ चल रही है प्रारंभ में 5 मीटर पर उसका वेग 3 मीटर/सेकेंड था। 2 सेकेंड बाद इसकी स्थिति और वेग की गणना कीजिए ?

....

(3) एक वस्तु को ऊपर की ओर ऊर्ध्वाधर दिशा में किस वेग से फेंका जाए कि वह 50 मीटर की ऊंचाई तक

पहुंचे यह भी बताइए कि वह कितने समय तक वायु में रहेगी ?

....

(4) *एक गेंद ऊपर की ओर हवा में फेंकी गई। उसका त्वरण फेंकते समय अधिक होगा या फेंके जाने के कुछ समय बाद ?*

....

2.8 आपने क्या सीखा है

- एक वस्तु के विस्थापन और तद्नुरूप समय-अंतराल का अनुपात औसत वेग कहलाता है।
- तय की गई कुल दूरी को, दूरी तय करने से बीते समय से भाग देने पर औसत चाल प्राप्त होती है।
- एक वस्तु की आपेक्षिक स्थिति में दूसरी वस्तु के सापेक्ष परिवर्तन दर दूसरी वस्तु के सापेक्ष पहली वस्तु का आपेक्षिक वेग कहलाता है।
- मात्रक समय में वेग में परिवर्तन त्वरण कहलाता है।
- विराम-अवस्था में वस्तु का स्थिति-समय-आलेख, समय-अक्ष के समांतर सीधी रेखा के रूप में होता है।
- एकसमान चाल के लिए स्थिति-समय आलेख, समय-अक्ष की ओर झुकी हुई सीधी रेखा के रूप में होता है।
- वस्तु द्वारा समान समय-अंतराल में समान दूरी तय करने को एकसमान चाल कहते हैं।
- समय के किसी एक क्षण पर या उसके पथ के किसी एक बिन्दु पर वस्तु का वेग उसका तात्कालिक वेग कहलाता है।
- "स्थिति-समय आलेख" का ढाल वेग बताता है।
- सतत त्वरण के साथ गतिशील वस्तु के लिए वेग समय आलेख समय अक्ष की ओर झुकी सीधी रेखा के रूप में होता है।
- वेग समय आलेख के अंतर्गत आनेवाला क्षेत्र तय की गई दूरी बताता है।
- वस्तु के त्वरण का परिकलन वेग समय आलेख के ढाल द्वारा किया जा सकता है।
- वस्तु की गति की व्याख्या के लिए निम्नलिखित तीन समीकरण प्रयोग किए जाते हैं:

  (1) $v = v_0 + a.t$

  (2) $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$

  (3) $v^2 = v^2_0 + 2a(x - x_0)$

2.9 पाठांत प्रश्न

(1) औसत चाल और औसत वेग में अंतर बताइए ?

(2) एक कार "A" 65 किलोमीटर प्रति घंटे की चाल से सीधी सड़क पर जा रही है, उसी दिशा में एक मोटर साइकिल 'B' भी उससे आगे 80 किलोमीटर प्रति घंटे की चाल से जा रही है 'A' के सापेक्ष में 'B' का वेग क्या है ?

(3) एक कार तीस मीटर दूरी तय करने में कितना समय लेगी यदि वह विराम की अवस्था से 2.0 मीटर/सेकेंड^2 की दर से त्वरण करती है ?

(4) एक मोटर साईकिल चालक दो स्थानों के बीच की दूरी में से आधी दूरी 30 किलोमीटर प्रति घंटे की चाल से तय करता है। और शेष आधी 60 कि.मी./घंटे की चाल से I मोटर साइकिल की औसत चाल ज्ञात कीजिए ?

(5) एक बत्तख सीधे दक्षिण की ओर 25 किलोमीटर दूर जाने के लिए 20 किलोमीटर प्रति घंटे के अचर वेग से उड़ती है। बत्तख वह दूरी तय करने में कितना समय लेगी?

(6) बंगलौर- नई दिल्ली से वायुयान यात्रा द्वारा (सीधी रेखा दूरी) 1200 किलोमीटर तथा ट्रेन से 1500 किलोमीटर है। यदि वायुयान द्वारा यात्रा 2 घंटे में पूरी होती है और रेल द्वारा 20 घंटे में तो दोनों यात्राओं की औसत चाल का अनुपात बताइए?

(7) एक कार विरामावस्था से सरल सड़क पर त्वरण गति करती हुई 5 सेकंड में 50 किलोमीटर प्रति घंटे का वेग प्राप्त करे तो उसके औसत त्वरण बताइए।

(8) एक वस्तु 2.1 मीटर/सेकेंड के प्रारंभिक वेग से शुरू करके 3 सेकेंड के लिए 8.0 मीटर/सेकेंड² त्वरण से गति करती है।

(a) वस्तु त्वरण के दौरान कितनी दूरी तय करेगी?

(b) यदि वस्तु प्रारंभ में विराम -अवस्था में होती तो वह कितनी दूरी तय करती?

(c) एक गेंद एक चट्टान के शिखर से विराम अवस्था से छोड़ी जाती है। क्लिफ के शीर्ष को शून्य स्तर पर लेते हुए तथा ऊपर की स्थिति को धनात्मक दिशा लेते हुए निम्न आलेख खींचिए:

1. विस्थान समय आलेख
2. दूरी-समय आलेख
3. वेग-समय आलेख
4. चाल-समय आलेख?

(10) एक गेंद h ऊंचाई वाली चट्टान के शिखर से वेग v_0 से ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर की ओर फेंकी जाती है और चट्टान तल पर आ गिरती है। तल को संदर्भ स्थल (शून्य तल) लेते हुए तथा ऊपर की दिशा को धनात्मक मानते हुए निम्नलिखित गति आलेख बनाइए–

1. दूरी-समय
2. वेग-समय
3. विस्थापन-समय
4. चाल-समय

(11) एक वस्तु 10 मीटर/सेकेंड के वेग से ऊपर की ओर ऊर्ध्वाधर फेंकी जाती है। उच्चतम बिंदु पर वस्तु के त्वरण और वेग का मान क्या होगा ?

(12) 10 ग्राम और 100 ग्राम वाले भिन्न द्रव्यमान की दो वस्तुएँ एक समान ऊंचाई से गिराई जाती हैं। क्या वे एक समय पर भूमि पर पहुंचेंगी ? अपना उत्तर व्याख्या सहित लिखिए ?

(13) एक वस्तु की एकसमान गति किस प्रकार प्रभावित होती है जब उसमें उसकी गति से समकोण पर त्वरण दिया जाता है?

(14) किसी क्षण पर वेग-समय, आलेख का ढाल क्या बतलाता है?

प्रश्नों के उत्तर मिलाइए

पाठगत प्रश्न 2.1

1. हाँ
2. औसत चाल $= \dfrac{2+2}{\dfrac{2}{8}+\dfrac{2}{10}} = \dfrac{4}{9} \times 20 = 8.89\ km/h$

   तथा औसत वेग $= 0$
3. हां, जब दो कारें समान वेग से समान दिशा में गति कर रही हैं तो उनका सापेक्ष वेग शून्य है।
4. एक घंटे के बाद A और B के बीच की सापेक्ष दूरी निम्नलिखित होगी:

   $= \sqrt{(30)^2 + (40)^2} = 50\ km/h.$

अतः B की तुलना में A की सापेक्ष चाल 50 किमी./घं. है।

पाठगत प्रश्न 2.2

1. चित्र 2.2 देखिए।
2. (i) A, (ii) B अधिक दूरी तय करता है, (iii) B, (iv) A की चाल = 1.5 km/*h*, B की चाल = 0.75 km/*h*, (vii) A सबसे कम समय लेता है।
3. एक समान गति में
4. (b) सम्भव नहीं है, क्योंकि चली गई दूरी शून्य नहीं हो सकती है।

पाठगत प्रश्न 2.3

1. समीकरण $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ का उपयोग करके $a = 5 m/s^2$ फिर, $v^2 = v_0^2 + 29\,(x - x_0)$ की सहायता से $v = 10\sqrt{2} ms^{-1}$.
2. समीकरण 2.9 से $x = 21m$, तथा समी. 2.6 से $v = 13 ms^{-1}$.
3. महत्तम ऊंचाई पर $v = 0$, समीकरण 2.10 से, $v = 7\sqrt{10} ms^{-1} = 22.6 ms^{-1}$ जितना समय वस्तु को पृथ्वी तक आने में लगता है उससे दो गुने समय तक वस्तु हवा में रहेगी अतः यह समय $= 4.5$ s.
4. फेंकते समय गेंद का त्वरण अधिक होता है।