अध्याय

5

गुरुत्वाकर्षण

'गति' पाठ में हमने एकसमान त्वरित गति के बारे में अध्ययन किया है। इस अध्याय में हम एकसमान वृत्तीय गति, जो कि असमान त्वरित गति का एक उदाहरण है के बारे में पढ़ेंगे।

हम हमेशा निरीक्षण करते हैं कि निश्चित ऊँचाई से फेंकी गई वस्तु पृथ्वी की ओर ही गिरती है। हम जानते हैं कि सभी गृह सूर्य के चारों ओर चक्कर लगाते हैं। हम यह भी जानते हैं कि चंद्रमा पृथ्वी की परिक्रमा करता है। इन सभी अवस्थाओं में वस्तुओं पर कोई बल अवश्य होना चाहिए, जो इन्हें अन्य वस्तु के चारों ओर परिक्रमा करवाता है और सरल रेखा में नहीं।

- वह बल क्या है?
- क्या पृथ्वी द्वारा सूर्य की परिक्रमा एकसमान गति है?
- क्या चंद्रमा की पृथ्वी के चारों ओर गति एकसमान गति है?

न्यूटन ने एकसमान वृत्तीय गति के सिद्धांत का उपयोग कर चंद्रमा की गति को समझाया और तत्पश्चात उन्होंने दो द्रव्यमानों (पिंडों) के बीच गुरुत्वाकर्षण की परिकल्पना को विकसित किया।

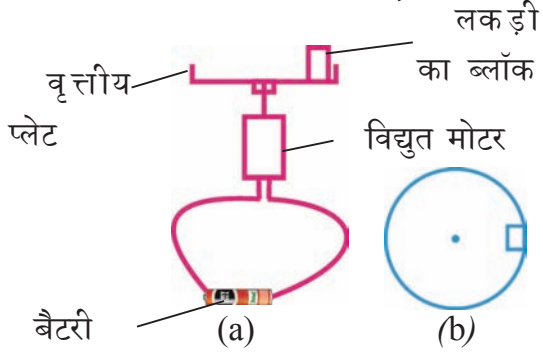
इस अध्याय में आप गुरुत्वाकर्षण और गुरुत्व केंद्र का अध्ययन करेंगे।

एकसमान वृत्तीय गति

कार्यकलाप -1

वृत्तीय पथ पर गति करने वाली वस्तु की गति का निरीक्षण

एक विद्युत मोटर लीजिये जो खिलौनो में उपयोगी होती है उसके शाफ्ट को एक डिस्क जोड़िए। चित्र 1 (a) में दर्शाए अनुसार डिस्क के किनारे पर एक छोटा लकड़ी का ब्लॉक रखिए। मोटर को चालू कीजिए। ब्लॉक द्वारा दस प्रतिक्रमाएं करने में लगे समय को ज्ञात कीजिए। यही प्रयोग दो या तीन बार दोहराइए। मोटर शुरू होने के कुछ सेकेंड बाद परिक्रमा की गिनती आरंभ कीजिए।



चित्र-1 (a) वृत्तीय प्लेट पर लकड़ी के ब्लॉक की गति
(b) लकड़ी के ब्लॉक का ऊपरी दृश्य

- क्या परिक्रमा का समय स्थिर है?
- क्या ब्लॉक की गति स्थिर है?

SCERT TELANGANA

- पथ का आकार क्या है?

लकड़ी का टुकड़ा वृत्तीय पथ में स्थिर गति से घूमता है। इसलिए लकड़ी के टुकड़े की गति को एकसमान वृत्तीय गति कहते हैं।

'एकसमान वृत्तीय गति वस्तु द्वारा स्थिर वेग से वृत्ताकार पथ में गति है।'

- एकसमान वृत्तीय गति में क्या वस्तु का वेग परिवर्तित होता है? क्यों?
- एकसमान वृत्तीय गति में क्या वस्तु में त्वरण होता है? त्वरण की दिशा क्या होगी?

क्रियाकलाप एक में लकड़ी के टुकड़े की गति और उसके पथ का स्मरण कीजिए। लकड़ी के टुकड़े का पथ और सदिश वेग, समय अंतराल पर खींचिए। चित्र 2 देखिए।

कार्यकलाप -2

धागे का एक टुकडा लेकर उसके एक सिरे से छोटे पत्थर को बांधिए। दूसरे सिरे को हाथ में पकड कर गोल - गोल घुमाइए।

चित्र-2:

- पत्थर की गति की दिशा कौनसी होगी?

अब धागे को छोडकर पत्थर के गति की दिशा का निरिक्षण किजिए।

- पत्थर के गति की दिशा कौनसी होगी।

धागे को छोडने से पहले पत्थर की एक निश्चित वेग से वृत्तीय गति होगी।

जब धागे को छोडा गया तो, उसकी सरल रेखीय गति होगी।

इससे यह सिध्द होता है कि, पत्थर का मुल वेग की दिशा रेखीय होती है। जबकी वृत्तिय गति में वेग की दिशा तथा त्वरण दोनों बदलते रहते है। इसलिए पत्थर वृत्तिय गति करता है कि वेग कि दिशा में परिवर्तन वस्तु को वृत्तिय गति देता है।

- पत्थर को यह बल कहाँ से प्राप्त होता है?
- उस बल की दिशा कौनसी होगी?

पत्थर के वेग को बदलने वाला बल उसे वृत्तीय पथ पर केन्द्र की ओर कार्य करता है इसे अभिकन्द्र बल कहते है।

इस बल की अनुपस्थिति (जब धागे को छोडा गया) में पत्थर सरल रेखा में गमन करता है यह रेखा वृत्तिय पथ की स्पर्श रेखा होगी।

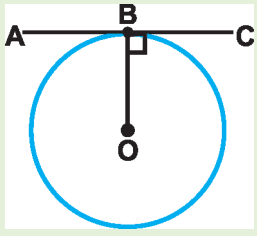
SCERT TELANGANA

वृत्त की स्पर्श रेखा

वह रेखा जो वृत्त को केवल एक ही बिन्दु पर स्पर्श करती है तो उसे स्पर्श रेखा कहते है। बिन्दु को स्पर्श बिन्दु कहते है।

$\overleftrightarrow{AC}$ स्पर्श रेखा

$\overline{OB}$ वृत्त की त्रिज्या



चित्र -3

अभिकेन्द्र त्वरण का सूत्र

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

अत: अभिकेन्द्र बल

$$F_c = \frac{mv^2}{r} \quad (\because F_c = ma_c)$$

जहाँ m = वस्तु का द्रव्यमान

v = वस्तु का वेग

r = वृत्तिय पथ की त्रिज्या

सोचो और विचार करो

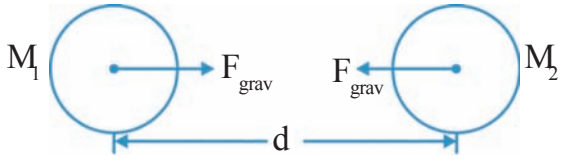
- यदि किसी वस्तु पर कोई बल कार्य न करे, तो क्या वह वक्र मार्ग पर गति कर सकती है?
- जब एक कार किसी मोड़ पर गति करती है, तो क्या अभिकेंद्र बल बढ़ता है? एक समीकरण का उपयोग करते हुए उत्तर दीजिए?
- 3 मी/से से गति करने वाले एक 2 कि. ग्रा. के खिलौने को 2.5 की त्रिज्या वाले क्षैतिज वृत्त में घूमाने वाले तार पर उत्पन्न तनाव ज्ञात कीजिए।

गुरुत्वाकर्षण का सावभौमिक नियम

एक बार जब आइजक न्यूटन एक पेड़ के नीचे बैठे थे, तो एक सेब जमीन पर गिरा।

- क्या आप जानते हैं कि इस घटना के कारण उनके मस्तिष्क में कौनसे प्रश्न उठे होंगे?
- सेब जमीन पर क्यों गिरा?
- चंद्रमा जमीन पर क्यों नहीं गिरता?
- चंद्रमा पृथ्वी के चारों ओर वृत्तीय कक्ष में कैसे घूमता है?

उपरोक्त निरिक्षण से न्युटन ने यह परिकल्पना दी है कि संसार के दो वस्तुओं के बिच बल रहता है। इसी बल को गुरुत्वाकर्षण बल नाम दिया गया है। गुरुत्वाकर्षण के सामान्य नियम को न्युटन ने कहा कि विश्व के सभी पिंडो पर गुरुत्वाकर्षण बल कार्य करता है। सार्वभौमिक गुरुत्वाकर्षण नियमानुसार विश्व का प्रत्येक पिंड प्रत्येक अन्य पिंड को एक बल आकर्षित करता है, जो दोनों पिंडो के द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती तथा उनके बीच दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है। यह बल दोनों पिंडो को मिलाने वाली रेखा की दिशा में लगता है।



चित्र -4

माना M_1 और M_2 द्रव्यमान के दो पिंड एक दूसरे से 'd' दूरी पर स्थित हैं। तब दोनों पिंडों के बीच गुरुत्वाकर्षण बल

$$F_{grav} \propto \frac{M_1 M_2}{d^2}$$

SCERT TELANGANA

$$F_{grav} = \frac{GM_1M_2}{d^2}$$

जहां G एक आनुपातिकता स्थिरांक है और यह सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक कहलाता है। हेन्री कैवेन्डिश ने G का मान ज्ञात किया।

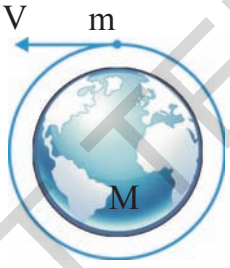
$G=6.67x10^{-11}\ Nm^2Kg^{-2}$

दोनों वस्तुओं के द्रव्यमान 1 कि.ग्रा. के बराबर हों तथा दोनों के मध्य दूरी 1 मीटर हो तब बल का परिमाण G के मान के बराबर होता है।

नोट : गोलाकार वस्तुओं (पिंडों) के लिए यह सूत्र उपयुक्त है। हम यह सूत्र पृथ्वी पर उपस्थित सभी पिंडों के लिए करते हैं। चाहे वह गोलाकार हो या ना हो, क्योंकि पृथ्वी के धरातल के क्षेत्रफल की तुलना में पृथ्वी की अन्य सभी वस्तुओं का धरातल बहुत कम है और इसे एक बिंदु माना जाता है।

उदाहरण 1

पृथ्वी की सतह के निकट एक उपग्रह का आवर्तकाल क्या होगा? यदि जमीन की सतह से उपग्रह के कक्ष की ऊंचाई को उपेक्षित किया जाए?



चित्र-5

हल

पृथ्वी के कारण उपग्रह पर बल $F = \frac{GmM}{R^2}$

M-पृथ्वी का द्रव्यमान $= 6 \times 10^{24}$ kg

m-उपग्रह का द्रव्यमान

R-पृथ्वी की त्रिज्या $= 6 \times 10^6$ m

माना उपग्रह का वेग v है, तो

$$v = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi R}{v}$$

गुरुत्वीय बल द्वारा उपग्रह को आवश्यक अभिकेंद्र बल प्राप्त होता है $F_C = \frac{mv^2}{R}$.

परंतु $F_C = \frac{GMm}{R^2}$ न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण नियमानुसार

$$\text{i.e., } \frac{GMm}{R^2} = \frac{m(2\pi R)^2}{T^2R}$$

$$\Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2R^3}{GM}$$, पृथ्वी का द्रव्यमान (M) और G स्थिरांक है। अतः T का मान केवल पृथ्वी की त्रिज्या पर निर्भर करता है।

$\Rightarrow T^2 \alpha R^3$

M, R और G का मान समीकरण लगाने पर T = 84.75 मिनट प्राप्त होता है।

इस प्रकार पृथ्वी की सतह के निकट वृत्ताकार मार्ग में पृथ्वी की परिक्रमा करने वाले उपग्रह द्वारा पृथ्वी की एक परिक्रमा पूर्ण करने के लिए लगा समय 1 घंटा और 24.7 मिनट (लगभग) है।

गुरुत्वाकर्षण का सावभौमिक नियम

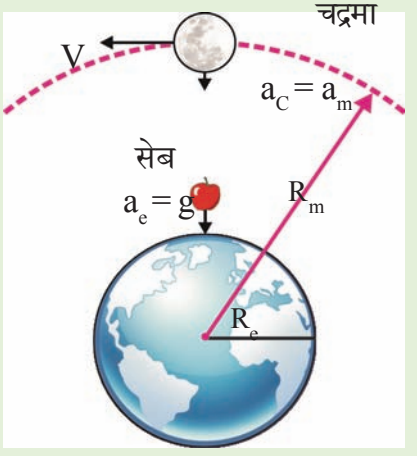


Fig-6: **चंद्रमा और सेब की गति की तुलना**

SCERT TELANGANA

न्यूटन जानते थे कि चंद्रमा लगभग एकसमान वृत्तीय गति से पृथ्वी की परिक्रमा करता है। अतः एक निश्चित परिणामी बल, जिसे हम अभिकेंद्र बल कहते हैं, एकसमान वृत्तीय गति बनाए रखने के लिए आवश्यक है।

अतः उन्होंने चंद्रमा और पृथ्वी के मध्य एक आकर्षण बल की कल्पना का परिचय दिया। उन्होंने प्रस्तावित किया कि पृथ्वी चंद्रमा को आकर्षित करती है और इसे गुरुत्वाकर्षण बल नाम दिया। यह गुरुत्वाकर्षण बल अभिकेंद्र बल की तहर कार्य करता है और चंद्रमा को एकसमान वृत्तीय गति में पृथ्वी की परिक्रमा करवाता है। न्यूटन को निम्न आंकड़ों की जानकारी थी। पृथ्वी के केंद्र से चंद्रमा की दूरी 384 400 कि.मी. = 3.844×10^{10} से.मी.। पृथ्वी की एक पूर्ण परिक्रमा करने के लिए चंद्रमा को 27.3 दिन या 2.35×10^{6} सेकेंड का समय लगता है।

- चंद्रमा की गति का वेग क्या है?

$v = \frac{2\pi R}{T}$ की सहायता से चंद्रमा की वेग की गणना की जा सकती है।

इस प्रकार पृथ्वी के केंद्र की ओर चंद्रमा का त्वरण

$$a_m = \frac{v^2}{R} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$ होगा।

इस समीकरण में R और T के मान प्रतिस्थापित करने पर

$a_m = 0.27$ से.मी./सेकेंड^2.

गेलिलियों ने ज्ञात किया कि पृथ्वी की सतह के पास प्राप्त वस्तुओं का त्वरण 981से.मी./सेकेंड^2 है। इस प्रकार सेब का त्वरण लगभग 981से.मी./सेकेंड^2 के बराबर होगा।

उन्होंने सेब के त्वरण a_e और चंद्रमा के त्वरण a_m की तुलना की।

$$\frac{a_e}{a_m} = \frac{981}{0.27} \cong 3640.\text{-- (1)}$$

न्यूटन जानते थे कि पृथ्वी की त्रिज्या R_e और पृथ्वी के केंद्र से चंद्रमा की दूरी R_m क्रमशः 6371 कि.मी. और 3,84,400 कि.मी. है।

$$\frac{R_m}{R_e} = \frac{384400}{6371} \cong 60.3$$

$$\left(\frac{R_m}{R_e}\right)^2 = (60.3)^2 \cong 3640 \text{----- (2)}$$ ऊपरी चर्चा से यह स्पष्ट होता है कि $\frac{a_e}{a_m} = \left(\frac{R_m}{R_e}\right)^2$

अतः त्वरण

$$a \propto \frac{1}{R^2}$$ ----- (3)

आकर्षण बल

$$F \propto \frac{1}{R^2}$$ ----- (4)

इस प्रकार यह स्पष्ट हो गया कि पृथ्वी के केंद्र से वस्तु की दूरी बढ़ने के साथ-साथ गुरुत्वीय बल घटता जाता है।

न्यूटन के तृतीय नियमानुसार पृथ्वी द्वारा सेब पर बल और सेब द्वारा पृथ्वी पर बल दोनों समान हैं। गति के द्वितीय नियम और समीकरण-एक से हमें पृथ्वी द्वारा वस्तु पर बल प्राप्त होता है।

न्यूटन के गति के द्वितीय नियमानुसार $F = ma$, ओर समीकरण -3, से 1, $a \propto \frac{1}{R^2}$

$\Rightarrow a = \frac{k}{R^2}$ (जहां k अनुपातिकता स्थिरांक है)

$F = = \frac{km}{R^2}$ प्राप्त होता है।

अतः पृथ्वी द्वारा सेब पर बल= $\frac{km}{R^2}$ .... (5)

SCERT TELANGANA

जहां 'm' सेब का द्रव्यमान और 'R' पृथ्वी की त्रिज्या है।

सेब द्वारा पृथ्वी पर बल = $\frac{Km}{R^2}$ ..... (6)

जहां M पृथ्वी का द्रव्यमान

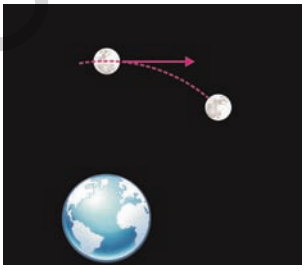
ऊपरी बल केवल परिमाण में समान है। जब $K=GM$ और $K' = Gm$ ..... (7)

समीकरण (5) और (7) से पृथ्वी द्वारा सेब पर बल $F = \frac{GMm}{R^2}$

हम इस निष्कर्ष पर पहुंचते हैं कि दो पिंडों के मध्य गुरुत्वाकर्षण बल उनके द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती होता है।

सोचो और विचार करो

- निम्न चित्र में हम यह देखते हैं कि चंद्रमा पृथ्वी की ओर सीधे नहीं परंतु पृथ्वी के चारों ओर गति करता है। यदि वेग का परिमाण शून्य हो तो यह कैसे गति करेगा?



चित्र-7

- गुरुत्वाकर्षण बल के समीकरण के अनुसार यदि एक पिंड का द्रव्यमान दुगुना हो तो उन दो पिंडों के मध्य बल क्या होगा?
- यदि सभी वस्तुओं के बीच आकर्षण होता है, तो हम स्वयं को अपने आस-पास की बड़ी-बड़ी इमारतों की ओर आकर्षण क्यों नहीं अनुभव करते?
- समान द्रव्यमान के लोहे के टुकड़े और लकड़ी के टुकड़े में से किस पर गुरुत्वीय बल अधिक शक्तिशाली होगा?
- पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण बल के कारण सेब गिरता है। पृथ्वी पर सेब का गुरुत्वाकर्षण क्या है?

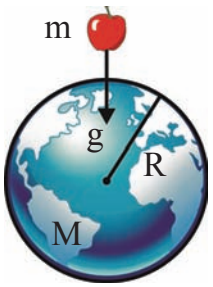
मुक्त पतन

कार्यकलाप -3

त्वरण द्रव्यमानों पर निर्भर नहीं करता

एक पुस्तक पर एक छोटा कागज रखिए। जमीन से एक निश्चित ऊंचाई से पुस्तक (कागज के साथ) को नीचे गिराइए।

- आप क्या निरीक्षण करते हैं? अब पुस्तक और कागज को अलग-अलग गिराइए। क्या होता है?



चित्र-8:

SCERT TELANGANA

यदि कोई घर्षण या प्रतिरोध न होता, तो सभी वस्तुएं समान त्वरण से गिरती हैं। पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण बल के कारण सतह के निकट उत्पन्न त्वरण को मुक्त पतन त्वरण कहते हैं।

कोई भी वस्तु मुक्त पतन वस्तु कहलाती है, यदि केवल एक गुरुत्वाकर्षण बल उस वस्तु पर कार्य करता है।

M द्रव्यमान की वस्तु को पृथ्वी की सतह के पास गिराते हैं।

माना पृथ्वी का द्रव्यमान M और पृथ्वी की त्रिज्या R है।

अब द्रव्यमान पर आकर्षण बल होता है-$F = \frac{GMm}{R^2} \Rightarrow \frac{F}{m} = \frac{GM}{R^2}$

न्यूटन के द्वितीय नियमानुसार F/m त्वरण। यहां त्वर को 'g' द्वारा दर्शाया जाता है।

अतः $g = GM/R^2$

'g' वस्तुओं के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता।

इसलिए पृथ्वी के सतह के निकट सभी वस्तुएं एक साथ गिरती हैं।

पृथ्वी का द्रव्यमान (M) = 6 x 10^{24} कि.ग्रा.

पृथ्वी की त्रिज्या (R) = 6.4 x 10^6 कि.मी.

समीकरण में यह मान रखने पर

$g = 9.8\ m/s^2$ प्राप्त होता है।

साधारणतः पृथ्वी के केंद्र से वस्तुओं की दूरी में परिवर्तन के कारण गुरुत्वीय त्वरण परिवर्तित होता है। मुक्त पतन के अंतर्गत वस्तुओं की गति को सरलता से समझा जा सकता है।

मुक्त पतन त्वरण पृथ्वी की सतह के पास स्थिर होता है, इसलिए एकसमान त्वरित गति के समीकरण मुक्त पतन करती हई वस्तु के लिए उपयुक्त किया जा सकता है।

$v = u + at$,

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

$v^2 - u^2 = 2as$.

वस्तु के मुक्त पतन के प्रश्नों को हल करते समय हम a की जगह g का उपयोग करेंगे। इन समीकरणों का उपयोग कर प्रश्न हल करने में चिह्नों का अनुसरण करना आवश्यक है। ('गति' पाठ में इसकी चर्चा की गई है।)

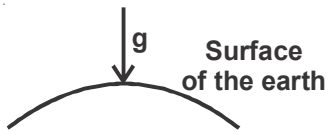
कार्यकलाप -4

'g' की दिशा क्या है?

एक पत्थर ऊर्ध्वाधर ऊपर फेंकिए। एक विराम घड़ी की सहायता से पृथ्वी तल पर पहुंचने में लगा समय ज्ञात कीजिए।

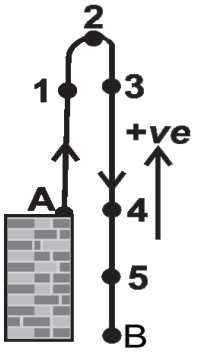
- ऊपर और नीचे गमन करते समय उसकी गति क्या होती है?
- त्वरण की दिशा क्या होगी?

जब पत्थर ऊपर गमन करता है, तो वेग घटता है। नीचे गमन करते समय पत्थर का वेग बढ़ता है। मुक्त पतन त्वरण ऊर्ध्वाधर नीचे है। आप वस्तु को किसी भी तरह फेंकिए "g" ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर होगा, जैसे चित्र-9 में दिखाया गया है। वस्तुतः पिंड पृथ्वी के केन्द्र की ओर गमन करता है।



चित्र -9

तक्ता -१ का निरिक्षण किजिए।



चित्र-10

Table-1

Position of the stone	s	v	a
1	+	+	−g
2	+	0	−g
3	+	−	−g
4	0	−	−g
5	−	−	−g

SCERT TELANGANA

सोचो और विचार करो

- शून्य वेग और अशून्य त्वरण से गति करने वाली वस्तु का उदाहरण दीजिए।
- 20 m/s और 40m/s वेग से क्रमशः दो पत्थर हवा में फेंके जाते हैं। इनके द्वारा प्राप्त त्वरण क्या होगा?

उदाहरण 2

एक वस्तु ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर प्रेक्षित की गई। ऊर्ध्वाधर गति के अंतिम सेकेंड में वस्तु द्वारा तय की गई दूरी ज्ञात कीजिए। $g = 10\ m/s^2$

हल

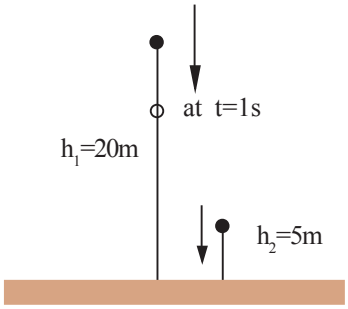
वस्तु की ऊर्ध्वाधर गति के अंतिम सेकेंड में वस्तु द्वारा तय की गई दूरी उसके द्वारा नीचे की ओर गति के प्रथम सेकेंड में तय की गई दूरी के बराबर है।

अतः $s = \frac{1}{2} gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 1 = 5\ m$

उदाहरण 3

विभिन्न ऊंचाईयों से दो वस्तुएं स्वतंत्रता पूर्वक गिर कर एक साथ जमीन पर पहुंचती हैं। पहली वस्तु का अवरोहण समय $t_1 = 2$ सेकेंड और $t_2 = 1$ सेकेंड है। जब दूसरी वस्तु ने गिरना प्रारंभ किया, तब पहली वस्तु किस ऊंचाई पर थी? ($g = 10\ m/s^2$)

हल



चित्र-*11*

दूसरी वस्तु जमीन पर पहुंचने के लिए 1 सेकेंड लेती है। अतः हमें पहली वस्तु द्वारा पहले सेकेंड में और दो सेकेंड में तय की गई दूरी ज्ञात करनी होगी।

2 सेकेंड में तय की गई दूरी

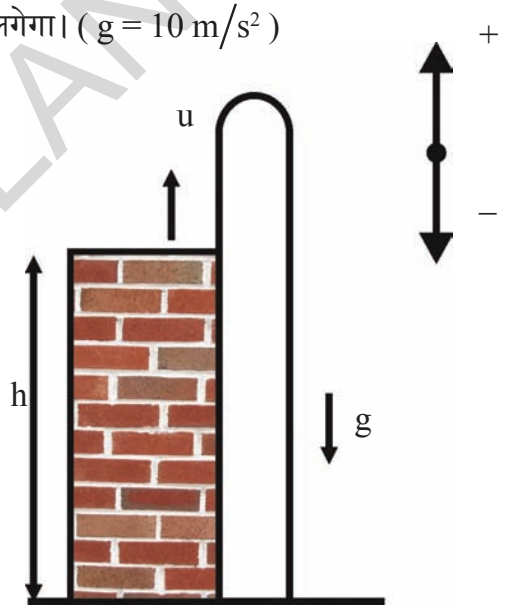
$h_1 = \frac{1}{2} gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 2^2 = 20m.$

1 सेकेंड में तय की गई दूरी $h_2 = 5$ m.

जब दूसरी वस्तु ने गिरना प्रारंभ किया, तब पहली वस्तु की ऊंचाई $h = 20 - 5 = 15m.$

उदाहरण 4

25 मीटर ऊंचाई के एक मीनार से एक पत्थर ऊर्ध्वाधर ऊपर $20\ m/s$ के वेग से फेंका गया है। जमीन पर पहुंचने के लिए उसे कितना समय लगेगा। ($g = 10\ m/s^2$)



चित्र-*12*

हल

इस प्रश्न को हल करने के लिए चिह्नों को ध्यान में रखना होगा।चित्र में दर्शाया गया है।

पृथ्वी की ओर धनात्मक और पृथ्वी से ऊपर की ओर गति करने वाली वस्तु के लिए ऋणात्मक लिया जाता है। इस उदाहरण में प्रेक्षण बिंदु को संदर्भ बिंदु माना जाता है।

SCERT TELANGANA

तब $u = 20\ m/s$

$a = g = -10\ m/s^2$

$s = h = -25\ m$

गति के समीकरण $s = ut + \frac{1}{2} at^2$ से

$-25 = 20t - \frac{1}{2} \times 10 \times t^2$

$-25 = 20t - 5t^2$

$-5 = 4t - t^2$

$\Rightarrow t^2 - 4t - 5 = 0$

समीकरण हल करने पर प्राप्त होता है-

$(t - 5)(t + 1) = 0$

$t = 5$ या -1

$t = 5s$

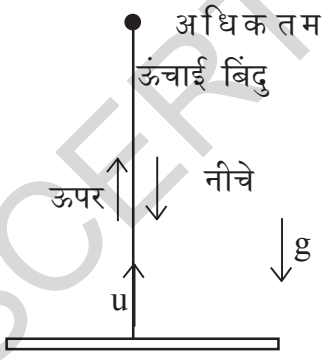
उदाहरण 5

u वेग से ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर प्रेक्षित वस्तु द्वारा जमीन पर पहुंचने में लगे समय को ज्ञात कीजिए।

हल

समीकरण $S = ut + \frac{1}{2} a t^2$ लीजिए

संपूर्ण गति में $S = 0$



चित्र-13

$a = -g$

$u = u$

$O = ut - \frac{1}{2} gt^2$

$\frac{1}{2} gt^2 = ut$

$t = 2u/g$

भार

वह बल जिससे पृथ्वी, वस्तु को अपने केंद्र की ओर आकर्षित करती है, वस्तु का भार कहलाता है।

न्यूटन के गति के दूसरे नियम से

$F_{\text{परिणामी}} = ma$

हमें प्राप्त होता है

$W = mg$

इसका मात्रक न्यूटन है।

1 कि.ग्रा. वस्तु का भार 9.8 N होता है।

2 कि.ग्रा. वस्तु का भार 19.6 N होता है।

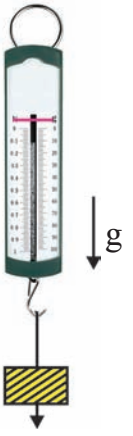
10कि.ग्रा. वस्तु का भार 98 N होता है।

कार्यकलाप -5

मुक्त-पतन वस्तु का भार ज्ञात करना

चलिए ज्ञात करते हैं।

चित्र-14 (a)



चित्र-14 (b)

एक कमानीदार तुला को सिलिंग से निलंबित कर कुछ भार जोड़िए। कमानीदार तुला में पाठ्यांक नोट कीजिए। अब भार के साथ कमानीदार तुला को स्वतंत्रतापूर्वक एक निश्चित ऊंचाई से फेंकिए। कमानीदार तुला के पैमाने पर निर्देशांक की स्थिति में परिवर्तन को ध्यानपूर्वक देखिए।

SCERT TELANGANA

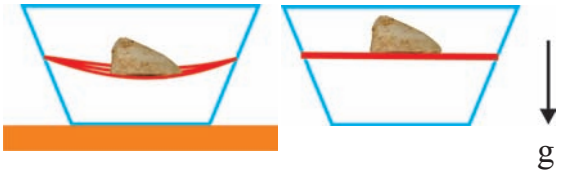
- ऊपरी दो स्थितियों में कमानीदार तुला के पाठ्यांकों में आप क्या परिवर्तन देखते हैं?
- क्या से समान हैं? यदि नहीं तो क्यों?

आप में से किसी को तरणताल में निश्चित ऊंचाई से गोता लगाने का अनुभव होगा।

- शरीर के मुक्त पतन के समय आपको कैसा लगता है?

कार्यकलाप -6

वस्तु के मुक्त पतन के दौरान होने वाले परिवर्तनों का निरीक्षण



चित्र-15 (a) *चित्र-15 (b)*

एक पारदर्शक ट्रे लेकर उसके दोनों ओर छिद्र कीजिए। दो या तीन रबर बैंड लेकर उन्हें छिद्रों के मध्य एक दूसरे के निकट बांधिए। चित्र 15(a) और 15(b) में दर्शाए अनुसार रबर बैंड्स पर एक पत्थर रखिए।

- क्या यह रबर मुडते हैं? अब पत्थर के साथ ट्रे को नीचे डालिए। अब क्या होगा?

मुक्त पतन में निम्न परिणाम प्राप्त होते हैं।

कमानीदार तुला-द्रव्यमान क्रियाकलाप में पाठ्यांक शून्य हो जाता है।

तरणताल में कूदते समय वह व्यक्ति भारहीनता अनुभव करता है। क्रियाकलाप-6 में रबर सीधे हैं। रबर बैंड्स में कोई तनाव नहीं होता।

किसी वस्तु के भार को हमने गुरुत्वाकर्षण के कारण कार्यरत बल माना है।

साम्यावस्था के सहायक बल द्वारा भार प्रमाणित किया गया है। (या) निलंबन के समय एक सहायक तनाव द्वारा दोनों ही स्थितियों में त्वरण की अनुपस्थिति में भार mg के बराबर होता है। गुरुत्व के बिना एक सहायक बल हो सकता है। तो भार की और एक विस्तारपूर्ण परिभाषा है, वह बल जो सहायक तल के विपरित आरोपित है।

सोचो और विचार करो

- आपका भार mg के बराबर कब होता है?
- उदाहरण दीजिए जब आपका भार शून्य होता है?

गुरुत्व केंद्र

कार्यकलाप -7

चम्मच और कांटे का संतुलन

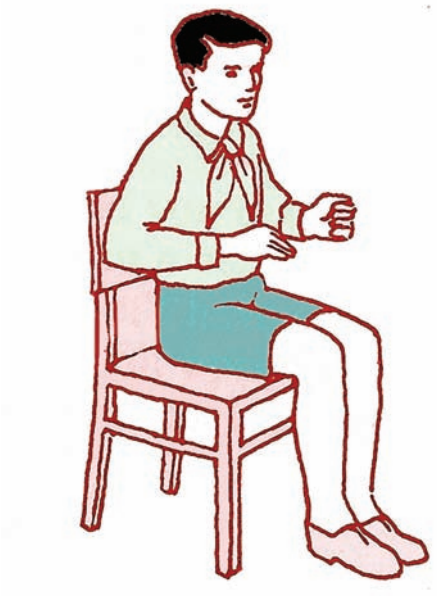
चित्र-16: **Balancing of fork**

SCERT TELANGANA

एक काँटा चम्मच और लकड़ी की काड़ी एक साथ जोड़िए। यह संयोजन अच्छी तरह से एक ग्लास के किनारे पर संतुलित रहता है। क्यों?

क्रियाकलाप-8

क्या आप बिना झुके उठ सकते हैं?



चित्र-17

एक कुर्सी पर चित्र -17 में दिखाये अनुसार आराम से बैठिए। उस कुर्सी पर से बिना अपने पैर मोड़े उठने का प्रयास कीजिए।

- क्या हम ऐसा कर सकते हैं? यदि नहीं तो क्यों?

क्रियाकलाप-9

एक सीढ़ी का संतुलन

किसी सीढ़ी को अपने कंधे पर संतुलित करने का प्रयास कीजिए।

यह कब संभव हो रहा है?

यहाँ पर हम आपको "गुरुत्व केंद्र (Centre of gravity)" से परिचय कराएँगे।

भार वितरण की औसत या संतुलित स्थिति को ही गुरुत्व केंद्र कहा जाता है। वह बिंदु जहाँपर कुल भार कार्य करता हुआ प्रतीत होता है, **गुरुत्व केंद्र (centre of gravity)** कहलाता है।

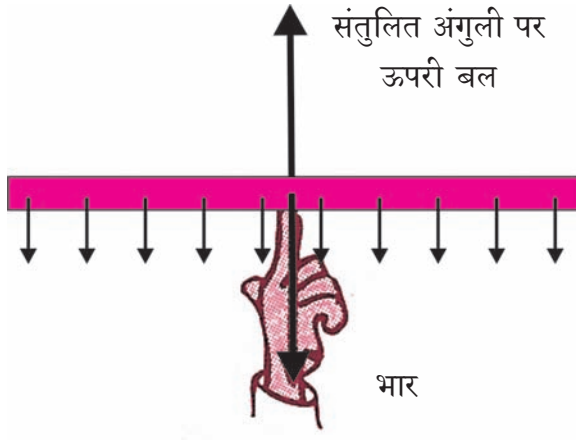
क्रियाकलाप -10

गुरुत्व केंद्र ज्ञात करना

एक मीटर पैमाना लीजिए। विभिन्न बिंदुओं से इन्हें निलंबित करने का प्रयास कीजिए। आप क्या देखते हैं? क्या पैमाने के मध्य बिंदु से उसे निलंबित किया जा सकता है? ऐसा क्यों हुआ होगा?

एक नियमित आकार की वस्तु जैसे कि मीटर पैमाने का गुरुत्व केंद्र उसके मध्यबिंदु पर होता है। उस छड़ का संपूर्ण भार मान लीजिए कि उस बिंदु पर केंद्रित होता है। उस एक बिंदु पर आधार देने के कारण संपूर्ण छड़ को आधार प्राप्त होता है।

किसी वस्तु को संतुलित करने पर गुरुत्व केंद्र पता लगाने की एक सरल विधि मिलती है। मीटर छड़ के साथ-साथ कई छोटे तीर गुरुत्व खिंचाव का प्रितनिधित्व करते हैं। इन सभी का योग गुरुत्व केंद्र पर कार्य कर रहा परिणामी बल होगा।



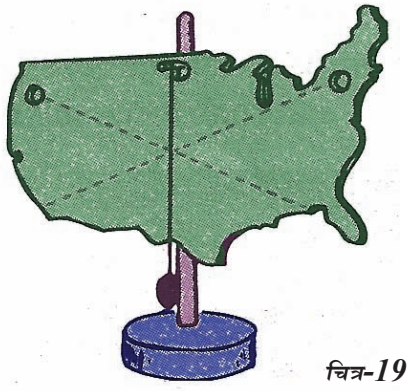
चित्र-18

छड़ का संपूर्ण भार उस एक बिंदु पर केंद्रित माना जा सकता है। अतः इस बिन्दु से गुजरा हुआ एकल बल ऊपरी दिशा में आरोपित करने पर छड़ संतुलित होगी।

SCERT TELANGANA

- किसी वस्तु का गुरुत्वकेंद्र कैसे ज्ञात किया जा सकता है?

स्वतंत्रता पूर्वक निलंबित वस्तु का गुरुत्व केंद्र निलंबन बिंदु के ठीक नीचे रहता है।



चित्र-19

यदि निलंबन बिंदु से गुजरती हुई एक ऊर्ध्वाधर रेखा खींची जाये तो उस रेखा के साथ-साथ कहीं पर गुरुत्व केंद्र रहेगा। उसकी सही स्थिति जानने के लिए उस वस्तु को किसी अन्य बिंदु से निलंबित करना चाहिए। एक-दूसरी उर्ध्वाधर रेखा उस निलंबन बंदु से खींचिए। इन दो रेखाओं की प्रतिच्छेद बिंदु ही गुरुत्व केंद्र है।

क्रियाकलाप-11

एक वलय के गुरुत्व केंद्र को ज्ञात करना

ऊपर लिखित विधि में समझाया गया है कि कैसे गुरुत्व केंद्र प्राप्त किया जाता है। इसी के आधार पर वलय का गुरुत्व केंद्र भी मालूम किया जा सकता है-

- एक वलय का गुरुत्व केंद्र कहाँ होता है?
- क्या किसी वस्तु का गुरुत्व केंद्र उसके बाहर हो सकता है?
- जहाँ वस्तु का कोई द्रव्यमान नहीं है, क्या वहाँ पर गुरुत्व केंद्र हो सकता है?

स्थिरता (Stability)

स्थिरता के लिए गुरुत्व केंद्र की जगह क मालूम करना आवश्यक है। किसी भी आकार की वस्तु के गुरुत्व केंद्र से एक रेखा नीचे की ओर खींचिए यदि वह वस्तु के आधार के अंतर्गत है तो वस्तु स्थिर रहेगी।

यदि गुरुत्व केंद्र वस्तु के आधार के बाहर होता है तो वस्तु अस्थिर होती है।

क्रियाकलाप -12

गुरुत्व केंद्र का परिवर्तन और उसका प्रभाव

जब आप सीधे खड़े होते हैं तो आपका गुरुत्व केंद्र कहाँ होता है?

चित्र-20 (a)

चित्र-20 (b)

चित्र 20 (a) में दर्शाये अनुसार अपने पैर के अँगूठे को छूने का प्रयास कीजिए। दीवार के साथ खड़े रहकर इसे पुनः दोहराइए जैसा कि चित्र -20 (b) में दर्शाया गया है।

- चित्र-20(b) में दर्शाये स्थिति में क्या आप अपने पैर के अँगूठे को छू सकते हैं? यदि नहीं तो क्यों?
- इन दोनों स्थितियों में आप अपने शरीर के गुरुत्व केंद्र में क्या परिवर्तन देखते हैं?

SCERT TELANGANA

सोचो और विचार करो

- एक गोले और एक त्रिभुजाकार परत का गुरुत्व केंद्र कहाँ होता है?
- क्या किसी वस्तु का एक से अधिक गुरुत्व केंद्र हो सकता है?
- पीसा की ओर झुकती मीनार गिरती क्यों नहीं है?
- अपनी पीठ पर भारी वज़न उठाते समय आपको सामने क्यों झुकना पड़ता है?

मुख्य शब्द

समान वृत्तीय गति *(Uniform circular motion)*, अभिकेंद्र त्वरण *(centripetal acceleration)*, अभिकेंद्र बल *(centripetal force)*, गुरुत्व केंद्र *(centre of gravity)*, गुरुत्वाकर्षण नियम *(law of gravitation)*, भार *(weight)*, भारहीनता *(weightlessness)*, स्थिरता *(stability)*, मुक्त पतन *(free fall)*.

SCERT TELANGANA

हमने क्या सीखा?

- वस्तु द्वारा स्थिर वेग से वृत्ताकार पथ में गति एक समान वृत्तीय गति कहलाती है।
- वह त्वरण जो वस्तु की वेग की दिशा में परिवर्तन लाता है, अभिकेंद्र त्वरण कहलाता है और वस्तु को एक समान वृत्तीय गति में सदैव वृत्त की केंद्र की ओर कार्य करता है।
- किसी वस्तु को एक समान वृत्तीय गति में रखने के लिए आवश्यक परिणामी बल अभिकेंद्र बल कहलाता है। $F_C = Mv^2 / R$.
- विश्व में प्रत्येक वस्तु एक दूसरे को आकर्षित करती है। दो वस्तुओं के बीच आकर्षण बल उन वस्तुओं के द्रव्यमान के गुणनफल के समानुपाती और उनके मध्य दूरी के वेग के व्युत्क्रमानुपाती होता है।
- पृथ्वी की सतह पर सभी वस्तुओं का त्वरण समान ($9.8 m/s^2$) होता है। जैसे-जैसे हम पृथ्वी की सतह से दूर जाते हैं यह त्वरण घटता जाता है।
- जब किसी वस्तु पर केवल गुरुत्व कार्य करता है तब वह मुक्त पतन में कहलाती है।
- किसी वस्तु पर कार्य करने वाले गुरुत्वीय बल को उसका भार कहा जाता है। $W = mg$
- मुक्त पतन स्थिति में, वस्तु भारहीनता का अनुभव करती है।
- वह बिंदु जहाँ पर वस्तु का संपूर्ण भार कार्य करता है, उसका गुरुत्व केंद्र कहलाता है।
- जब भार सदिश किसी वस्तु के आधार से होकर गुजरता है तो वस्तु स्थिर कहलाती है।

अभ्यास में सुधार

I संकल्पना पर पुनर्विचार (Reflection on Concept)

1) पिंड की सम वृत्तिय गति को आप कैसे समझाओगे? (AS1)

2) पृथ्वी के केंद्र बिंदु पर चंद्रमा का त्वरण ज्ञात कीजिए। (AS1)

3) सार्वभौमिक गुरूत्वाकर्षण नियम समझाइए। (AS1)

4) ऐसी कुछ स्थितियाँ समझाइए, जब मानव का गुरुत्व केंद्र उसके शरीर से बाहर होता है।(AS1)

5) एक दृढ़ रस्सी पर चलने वाले व्यक्ति के हाथ में एक लंबी मुड़ी हुई छड हो तो लाभदायक होता है, क्यों ?(AS7)

II संकल्पना का उपयोग (Application of concept)

1) 10m त्रिज्या के वृत्ताकार मार्ग में एक कार 10m/s के स्थिर वेग से गति कर रही है। कार का द्रव्यमान .. है। कार को आवश्यक अभिकेंद्र बल कहाँ से प्राप्त होता है? और वह कितना है? (Ans:10^4N)(AS1)

2) 50 m/s वेग से ऊपर उपर की ओर एक गेंद फैंकी गई है। तो उसकी अधिकतम ऊँचाई तक पहुँचने में लगा समय और अधिकतम ऊँचाई पर वेग ज्ञात कीजिए। (g=10 m/ s^2)

(उत्तर: 125m; 5s; शून्य) (AS1)

3) 10 kg कि ग्रा द्रव्यमान वाले दो गोले जिनके केंद्रों के बीच दूरी 10 cm रखा गया हैं। उनके मध्य गुरुत्वाकर्षण बल ज्ञात कीजिए। (उत्तर: 10^4Gन्युटन) (AS1)

4) एक गेंद ऊँचाई से गिराई जाती है। धरती पर गिरने से पूर्व 6 मीटर पार करने के लिए उसे 0.2 सेकेंड का समय लगता है। तो वह कितनी ऊँचाई से गिराई गई होगी? ज्ञात कीजिए? g = 10m/ s^2 लीजिए।

(उत्तर: 48.05m)(AS1)

5) क्या आप ऐसे दो कणों की कल्पना कर सकते हैं जो एक-दूसरे पर गुरुत्वाकर्ण बल आरोपित नहीं करते?(AS2)

6) समान आयतन का पानी दो बाल्टियों में, प्रत्येक हाथ में एक-एक बाल्टी उठाना, एक ही हाथ से बाल्टी उठाने से आसान क्या हो सकता है?(AS7)

III उच्चस्तरीय चिंतन (Higher Order Thinking)

1) एक व्यक्ति अपना दायाँ हाथ और पैर दीवार से सटाकर खड़ा है क्या वह दीवार से बिना हटे अपना बायाँ पैर उठा सकता है? समझाइए। (AS7)

SCERT TELANGANA

2) जब एक सेब पेड़ से नीचे गिरता है उसके अंदर वाले कीडे को लगता है। पृथ्वी उसकी ओर त्वरण (g) से गिर रही है। पृथ्वी के इस त्वरण के लिए उपयोगी बल कहाँ से प्राप्त हुआ होगा?(AS7)

सही उत्तर चुनिए।

1. त्वरण जो केवल पिंड के वेग की दिशा को बदलता है उसे ..... कहते है। [ ]

   a) गुरुत्वाकर्षण के कारण त्वरण b) सम त्वरण

   c) अभिकेंद्रित त्वरण d) अपकेंद्रित त्वरण

2. पृथ्वी तथा चंद्रमा के बिच की दूरी [ ]

   a) 3,84,400 km b) 3,84,400 cm c) 84,000 km d) 86,000 km

3. सार्वभौमिक गुरुत्व स्थिरांक का मूल्य [ ]

   a) $6.67 \times 10^{-11} N.m^2Kg^{-2}$ b) 9.8 m/ Sec ^{2}

   c) $6.67 \times 10^{-12} N.m^2Kg^{-2}$ d) 981 m/ Sec^2

4. 1 kg भार बाले वस्तु का वजं [ ]

   a) $1kg/m^2$ b) $9.8m/sec^2$ c) 9.8N d) स्थिर भार

प्रस्तावित प्रयोग (Suggested Experiments)

1. पिंड का गुरुत्व केंद्र ज्ञात करने के लिए प्रयोग कर उस पर रिपोर्ट तैयार कीजिए।

2. एक पिण्ड के मुक्त पतन के लिए $\frac{25}{t^2}$ का मूल्य तथा 'g'. (गुरुत्वाकार्षण) का मुल्य ज्ञात करने के लिए प्रयोग किजिए।

प्रस्तावित परियोजनाएँ (Suggested Project Works)

1. विभिन्न आकार वाले वस्तुओं के आधार क्षेत्रफल तथा स्थिरता की जानकारी एकत्रित कर उस पर रिपोर्ट लिखिए।
2. चंद्रमा का पृथ्वी के चारों ओर परिक्रमा करने वाले पथ की जानकारी एकत्रित कर एक रिपोर्ट लिखिए।

SCERT TELANGANA