अध्याय 10

गुरूत्वाकर्षण
(Gravitation)

गतिविधि 10.1

• किसी पत्थर के टुकड़े को हाथ से छोड़ने पर वह स्वतः पृथ्वी तल की ओर गिरता हैं।

• इसी पत्थर के टुकड़े को यदि हवा में कुछ ऊँचाई तक फेंकना है तो हमें कुछ बल लगाना पड़ता है।

पिछले अध्याय में हमने पढ़ा है कि किसी वस्तु अथवा पिण्ड की चाल अथवा गति की दिशा बदलने के लिए बल की आवश्यकता होती है। उपर्युक्त दोनों क्रियाकलापों में आवश्यक बल की चर्चा करने पर समझ आता है कि किसी भी वस्तु को मुक्त रूप से छोड़ने पर वह पृथ्वी की सतह की ओर जाती है अर्थात् इस वस्तु पर पृथ्वी कोई अदृश्य बल लगाती है जिसे गुरूत्वाकर्षण बल कहा जाता है। जब वस्तु को ऊपर की ओर फेंका जाता है तो गति के लिए बाह्य बल, फेंकने वाले व्यक्ति द्वारा लगाया जाता है तब भी पृथ्वी के गुरूत्वाकर्षण बल के कारण वस्तु का वेग धीरे–धीरे कम होते हुए शून्य हो जाता है। तत्पश्चात् वह वस्तु पुनः पृथ्वी तल की ओर गिरने लगती है। यह भी पृथ्वी के गुरूत्वाकर्षण बल का उदाहरण है। वर्षा की बूँदों का बादल से पृथ्वी तल तक आना इसका एक अन्य उदाहरण है।

10.1 गुरूत्वाकर्षण

कहा जाता है कि एक बार न्यूटन पेड़ के नीचे बैठा था उसी समय एक सेब उसके ऊपर गिरा। सेब के गिरने पर न्यूटन इस घटना के कारण ढूँढ़ने को प्रेरित हुआ। उसने सोचा कि सेब पृथ्वी की ओर ही क्यों गिरा। यह चन्द्रमा की ओर आकर्षित क्यों नहीं हुआ। इस प्रकार दैनिक जीवन की

घटनाओं पर न्यूटन ने गुरूत्वाकर्षण के सिद्धान्त को प्रतिपादित किया।

इस अध्याय में हम गुरूत्वाकर्षण तथा गुरूत्वाकर्षण के सार्वत्रिक नियम के बारे में अध्ययन करेंगे साथ ही पृथ्वी के गुरूत्वाकर्षण बल के अन्तर्गत वस्तु की गति पर विचार करेंगे साथ ही वस्तु के भार में परिवर्तन होने एवं अन्तरिक्ष में तैरती वस्तुओं के रहस्य को जानेंगे।

आइयें देखें कि वृत्ताकार गति कैसे होती हैं ?

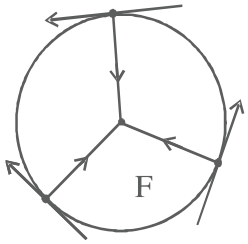
गतिविधि 10.2

• धागे का एक टुकड़ा लेकर उसके एक सिरे पर छोटा पत्थर बाँधिए।

• धागे के दूसरे सिरे को पकड़कर पत्थर को वृत्ताकार पथ में घुमाइए जैसे कि चित्र में दिखाया गया है।

• पत्थर की गति की दिशा को देखिये।

• अब धागे को छोड़िए ओर पत्थर की गति की दिशा को देखिए.



चित्र 10.1

धागे को छोड़ने से पहले पत्थर वृत्ताकार गति कर रहा था इस समय उस पर केन्द्र की ओर एक बल लगता है जिसे अभिकेन्द्र बल कहते हैं। यह बल ही वस्तुओं की वृत्ताकार गति के लिए उत्तरदायी है।

धागे को छोड़ने पर पत्थर एक सरल रेखा में जाकर मुक्त रूप से गतिशील हो जाता है अर्थात अभिकेन्द्र बल हटते ही वृताकार गति समाप्त हो जाती है।

पृथ्वी के चारों ओर चन्द्रमा की गति अभिकेन्द्र बल के कारण ही है। यह अभिकेन्द्र बल पृथ्वी के गुरूत्वाकर्षण बल से प्राप्त होता है।

गुरूत्वाकर्षण बल विश्व के सभी पिण्डों के मध्य प्राकृतिक रूप से लगता है परन्तु हमें पृथ्वी पर स्थित सामान्य वस्तुओं

के बीच लगने वाले गुरूत्वाकर्षण बल का आभास नहीं होता। आकाशीय पिण्डों का द्रव्यमान अधिक होने से यह बल प्रभावी हो जाता है और उनकी गति को नियंत्रित करता है।

सर्वप्रथम पाँचवी सदी में भारतीय खगोलविद् आर्यभट्ट नें ग्रहों की गति को समझने के लिए भूकेन्द्रीय मॉडल दिया। भाष्कराचार्य ने न्यूटन व केपलर से लगभग 500 वर्ष पहले अपनी मुख्य रचना सिद्धान्त शिरोमणी के ग्रह गणित खण्ड में पृथ्वी की गुरुत्व शक्ति व ग्रहीय गति की व्यापक चर्चा की है। भाष्कराचार्य ने पृथ्वी की त्रिज्या (R) तथा परिधि ($2\pi r$) की गणना की। आर्यभट्ट की कल्पना के आधार पर पश्चिमी वैज्ञानिक कॉपरनिकस (1473 – 1543) ने खगोल पिण्डों की गति का मॉडल प्रस्तुत किया। जिस पर कैप्लर गैलीलियो ने भी कार्य कर कुछ नियम दिये जिससे ग्रहों की गति का और स्पष्टीकरण हुआ।

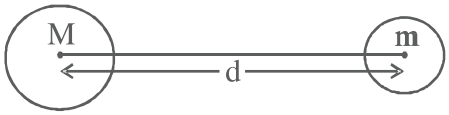
सत्रहवीं शताब्दी के प्रमुख वैज्ञानिक आइजक न्यूटन (1642–1727) ने गति के तीन नियमों तथा गुरूत्वाकर्षण का सार्वत्रिक नियम दिया जो ठोस वैज्ञानिक तर्कों पर आधारित थे साथ ही गणित से उसकी पुष्टि भी की गई थी। इन वैज्ञानिकों का भौतिक विज्ञान के क्षेत्र में महत्वपूर्ण योगदान रहा है।

10.2. गुरूत्वाकर्षण का सार्वत्रिक नियम

ब्रह्माण्ड का प्रत्येक कण (पिण्ड) किसी भी अन्य कण (पिण्ड) पर अपनी ओर एक आकर्षण बल लगाता है, जिसे गुरूत्वाकर्षण बल कहते हैं।

इस नियमानुसार दो द्रव्य कणों (पिण्डों) के मध्य लगने वाला आकर्षण बल कणों के द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती तथा उनके मध्य की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है। इस बल की दिशा दोनों कणों को मिलाने वाली रेखा की दिशा में होती हैं।

माना M एवं m द्रव्यमान के दो पिण्ड चित्र 10.1 के अनुसार परस्पर d दूरी पर रखे हैं तो इनके मध्य लगने वाला गुरूत्वाकर्षण बल F



चित्र 10.2

(1) $F \propto Mm$ ..... (i)

(2) $F \propto \frac{1}{d^2}$ .....(ii)

(i) व (ii) से $F \propto \frac{Mm}{d^2}$ तथा

$$F = \frac{GMm}{d^2} \quad \text{..... (10.1)}$$

यहाँ G समानुपाती नियतांक हैं जिसे सार्वत्रिक गुरूत्वाकर्षण नियतांक (Univershal gravitational constant) कहते हैं।

प्रयोगों से G का मान 6.67×10^{-11} न्यूटन–मीटर^2 – कि.ग्रा. $^{-2}$ है। इसका मान कणों की प्रकृति, माध्यम, समय एवं ताप आदि पर निर्भर नहीं करता है अर्थात सभी स्थानों पर समान रहता है। अतः इसे सार्वत्रिक नियतांक कहते हैं पृथ्वी भी वस्तुओं को अपनी ओर आकर्षित करती है। पृथ्वी के इस आकर्षण बल को गुरूत्वीय बल कहते हैं।

G का मात्रक निकालने की विधिः समी. (10.1) से

$$Fd^2 = GMm$$

$$G = \frac{Fd^2}{Mm} \quad \text{..... (10.2)}$$

समी. (10.2) में F, d व M के मात्रक रखते हैं तो G का SI मात्रक $\frac{N\,m^2}{Kg^2}$ प्राप्त होता है।

गुरूत्वाकर्षण के नियम से अनेक परिघटनाओं की सरलता से व्याख्या की जा सकती है उनमें से कुछ महत्वपूर्ण घटनाएँ है–

(1) हमें पृथ्वी से बांधे रखने वाला बल
(2) सुर्य के चारों ओर ग्रहों की गति
(3) पृथ्वी के चारों चन्द्रमा की गति; तथा
(4) समुद्र में ज्वार भाटा आना

उदाहरण 10.1 : पृथ्वी का द्रव्यमान लगभग 6×10^{24} kg हैं तथा चंद्रमा का द्रव्यमान 7.4×10^{22} kg है यदि पृथ्वी तथा चंद्रमा के बीच की दूरी 3.84×10^5 km है तो पृथ्वी द्वारा चंद्रमा पर लगाये गये बल का परिकलन कीजिए।

यहाँ $G = 6.7 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{Kg^2}$

हल : पृथ्वी का द्रव्यमान $M = 6 \times 10^{24}$ kg
चंद्रमा का द्रव्यमान $m = 7.4 \times 10^{22}$ kg
दोनों के बीच की दूरी $d = 3.84 \times 10^5$ km

$= 3.84 \times 10^5 \times 1000$ m

$= 3.84 \times 10^8$ m

पृथ्वी द्वारा चन्द्रमा पर लगाया गया बल

$$F = \frac{G M m}{d^2}$$

$$= \frac{6.7\times10^{-11}\times6\times10^{24}\times7.4\times10^{22}}{3.84\times10^{8}\times3.84\times10^{8}} N$$

$= 20.17 \times 10^{19}$ N

$= 2.02 \times 10^{20}$ N

उदाहरण 10.2 : एक 40 kg द्रव्यमान का गोला दूसरे 80 kg द्रव्यमान के गोले द्वारा 0.25×10^{-6} kg भार के बराबर गुरूत्वाकर्षण बल अनुभव करता हैं। दोनों गोलों के केन्द्र के मध्य 30 सेमी. की दूरी है। यदि गुरूत्वीय त्वरण g = 9.8 मी. / सें^{2} है तो गुरूत्वाकर्षण नियतांक की गणना कीजिए।

हल : यहाँ $m_1 = 40$ kg

$m_2 = 80$ kg

$W = F = mg = 0.25 \times 10^{-6} \times 9.8$ न्यूटन

r = 30 सेमी. = 0.3 मीटर

$$F = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$$

$$G = \frac{F r^2}{m_1 m_2}$$

$$= \frac{0.25\times10^{-6}\times9.8\times0.3\times0.3}{40\times80}$$

$$= \frac{225\times98\times10^{-11}}{32\times100}$$

$= 6.89 \times 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}

गतिविधि 10.3

(i) एक पत्थर को ऊपर फेंकने पर वह एक निश्चित ऊँचाई तक पहुँचता है फिर नीचे गिरने लगता है।

(ii) एक पत्थर को कुछ ऊँचाई से छोड़ने पर वह स्वतः नीचे की ओर गिरने लगता है।

आपने देखा पहली स्थिति में पत्थर कुछ ऊँचाई तक जाता हैं। यह ऊँचाई आपके द्वारा लगाये बल पर निर्भर करती है। इस स्थिति में पत्थर की गति की दिशा, पृथ्वी के गुरूत्वीय बल के विपरीत है। इस कारण एक निश्चित ऊँचाई प्राप्त करने के बाद यह पुनः नीचे गिरने लगता है।

द्वितीय स्थिति में पत्थर कुछ ऊँचाई से स्वतः नीचे की ओर गिरता है इसे मुक्त पतन कहते हैं इस स्थिति में पत्थर की गति की दिशा एवं गुरूत्वीय बल की दिशा समान होती है।

उक्त दोनों स्थितियों में वस्तु के वेग में परिवर्तन उत्पन्न होता है जिससे वस्तु की गति गुरूत्वीय त्वरण के अधीन होती है।

10.3 गुरूत्वीय त्वरण

जब वस्तु के वेग में परिवर्तन या त्वरण गुरूत्वीय बल के कारण होता है तो इसे गुरूत्वीय त्वरण कहते हैं। इसे 'g' से प्रदर्शित करते हैं गुरूत्वीय त्वरण का मात्रक m s^{-2} होता है।

गति के दूसरे नियम से बल = द्रव्यमान x त्वरण

या $F = mg$ ..... (10.3)

समीकरण (10.1) तथा (10.3) की तुलना करने पर

$$mg = G\frac{Mm}{d^2}$$

$$g = \frac{GM}{d^2} \quad \text{..... (10.4)}$$

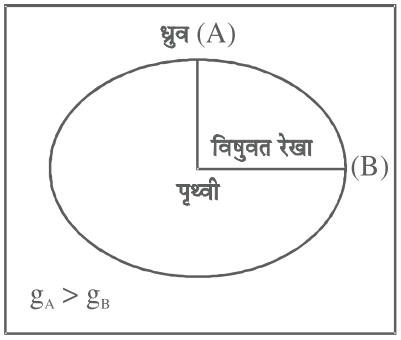
यहाँ M पृथ्वी का द्रव्यमान, d वस्तु की पृथ्वी के केन्द्र से दूरी है।

यहाँ d के बढ़ने पर, g के मान में कमी होती है

यदि पृथ्वी की त्रिज्या R हो तो पृथ्वी सतह पर गुरूत्वीय त्वरण

$$g_s = \frac{GM}{R^2} \quad \text{..... (10.5)}$$

चित्र 10.2 से स्पष्ट है कि पृथ्वी की त्रिज्या ध्रुवों से विषुवत वृत की ओर जाने पर बढ़ती है इसलिए g का मान ध्रुवों पर विषुवत वृत की अपेक्षा अधिक होगा।



चित्र 10.2

पृथ्वी सतह से h ऊँचाई की ओर बढ़ने पर g का मान घटता है।

पृथ्वी सतह पर गुरूत्वीय त्वरण के मान की गणना :

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

पृथ्वी की त्रिज्या $R = 6400$ Km

$= 6400 \times 1000$

$= 6.4 \times 10^6$ m

समी. 10.5 से $g_s = \frac{GM}{R^2}$

$$= \frac{6.7\times10^{-11}\times6\times10^{24}}{6.4\times10^{6}\times6.4\times10^{6}}$$

$= 9.8$ m/s^2 या m s^{-2}

अतः पृथ्वी के गुरूत्वीय त्वरण का मान $= 9.8 ms^2$

10.3.1 विभिन्न ग्रहों पर गुरूत्वीय त्वरण

किसी भी ग्रह का गुरूत्वीय त्वरण उस ग्रह के द्रव्यमान एवं व्यास पर निर्भर करता है, अर्थात् जो ग्रह जितना भारी होगा उसका गुरूत्वीय त्वरण तुलनात्मक रूप से उतना ही अधिक होगा।

गतिविधि : 10.4

- नीचे एक सारणी दी गई है
- सारणी में ग्रहों के द्रव्यमान, व्यास व गुरूत्वीय त्वरण वर्णित है।
- g की निर्भरता को ध्यान में रखते हुए सारणी 10.1 का अवलोकन करे तथा नीचे दिये गये प्रश्नों का हल खोजिए।

सारणी 10.1

ग्रहों के नाम	द्रव्यमान $\times 10^{24}$ (Kg)	व्यास (Km)	गुरूत्वीय त्वरण (m/s^2)
बुध (Mercury)	0.33	4879	3.7
शुक्र (Venus)	4.87	12104	8.9
पृथ्वी (Earth)	5.97	12756	9.8
मंगल (Mars)	0.642	6792	3.7
बृहस्पति (Jupitar)	1898	142984	23.1
शनि (Saturn)	568	120536	9.0
अरूण (Uranus)	86.8	51118	8.7
वरूण (Neptune)	102	495.28	11
प्लूटो (Pluto)	0.014	2370	0.7

प्लूटो को सन् 2006 में ग्रह की श्रेणी से हटा दिया गया है।

प्रश्न 1. सारणी में सबसे अधिक 'g' किसका है और क्यों ?

प्रश्न 2. बुध ग्रह पर 'g' का मान कितना है ?

आप स्वयं भी सारणी से प्रश्न बनाकर अपने साथियों के साथ चर्चा करें।

चंद्रमा पर गुरूत्वीय त्वरण 1.61 m/s^2 है जो पृथ्वी के गुरूत्वीय त्वरण का लगभग $\frac{1}{6}$ है।

10.4 पृथ्वी के गुरूत्वीय बल के प्रभाव में वस्तुओं की गति

समी. (10.4) व (10.5) से स्पष्ट है कि वस्तुओं द्वारा अनुभव किया जाने वाला गुरूत्वीय त्वरण वस्तुओं के द्रव्यमान एवं आकृति पर निर्भर नहीं करता। इसका अर्थ यह हुआ कि विभिन्न वस्तुओं को समान ऊँचाई से गिराने पर समान दर से नीचे गिरनी चाहिए। क्या ऐसा होता है ? इसके लिए एक क्रियाकलाप करेंगे।

गतिविधि 10.5

- कुछ कागज, पंख, सिक्के तथा पत्थर लीजिए।
- इन्हें घर कि छत से नीचे गिराइये और देखिए।
- क्या धरती पर सब एक साथ पहुँचते है?

आप देखते है कि सिक्का व पत्थर साथ–साथ तथा थोड़ी देर बाद कागज व पंख लगभग साथ आते हैं, क्योंकि वस्तुओं पर वायु प्रतिरोध से उत्पन्न घर्षण बल भी लगता है यह घर्षण बल कागज व पंख के लिए अधिक होता है जबकि सिक्के एवं पत्थर के लिए कम होता है।

मुक्त रूप से गिरती हुई वस्तुओं का प्रारम्भिक वेग शून्य होता हैं।

पृथ्वी की सतह के निकट (कुछ km ऊँचाई तक) गुरूत्वीय त्वरण g का मान स्थिर रहता है। इसलिए पृथ्वी सतह के निकट वस्तुओं की गति अध्ययन के लिए पूर्व अध्याय में वर्णित एक समान त्वरण की गति समीकरण में त्वरण a के स्थान पर g रखकर उपयोग की जाती है। सामान्यतः वायु के प्रतिरोध को नगण्य माने तो

(i) किसी वस्तु अथवा पिण्ड को ऊपर की ओर फैंकने पर गति समीकरणें

$$\left.\begin{aligned} v &= u - gt \\ h &= ut - \frac{1}{2}gt^2 \\ v^2 &= u^2 - 2gh \end{aligned}\right\} \quad \text{.....(10.6)}$$

जहाँ h किसी क्षण वस्तु की सतह से ऊँचाई है।

(ii) वस्तु अथवा पिण्ड को मुक्त रूप से छोड़ने पर गति समीकरणें –

$$\left.\begin{aligned} v &= gt \\ s &= \frac{1}{2}gt^2 \\ v^2 &= 2gs \end{aligned}\right\} \quad \text{.....(10.7)}$$

उदाहरण 10.3 एक नीम पर बैठे कौए की चोंच से पूड़ी छूटकर 2 सैकेण्ड में नीचे आ जाती हैं। $g = 10\ m/s^2$ का मान लेते हुए निम्न गणना कीजिए।

(i) धरती पर टकराते समय पूड़ी का वेग क्या होगा ?

(ii) इन 2 सैकण्ड के दौरान पूड़ी का औसत वेग कितना होगा ?

(iii) कौए की चोंच धरती से कितनी ऊँचाई पर है ?

हलः (i) अन्तिम वेग समी. (10.7) से

$v = gt$

अतः $v = 10 \times 2 = 20\ m/s$

(ii) औसत वेग

$$\bar{v} = \frac{u+v}{2} = \frac{0+20}{2} = 10\ m/s$$

(iii) तय की गई दूरी

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

$$s = \frac{1}{2} \times 10 \times 4$$

$= 20\ m$

उदाहरण 10.4 : एक वस्तु को ऊर्ध्वाकार दिशा में ऊपर की ओर फैंका जाता है जिससे वह 10 m ऊँचाई तक पहुँचती है, तो निम्न का परिकलन कीजिएः–

(1) वस्तु कितने वेग से ऊपर फैंकी गई तथा

(2) वस्तु द्वारा उच्चतम बिन्दु तक पहुँचने में लिया गया समय ?

हलः यहाँ उच्चतम ऊँचाई $h = 10\ m$

अंतिम वेग $v = 0$

गुरूत्वीय त्वरण $g = 9.8\ m/s^2$

(1) $v^2 = u^2 + 2gh$

$0 = u^2 - 2gh$

$u^2 = 2gh$

$u^2 = 2 \times 9.8 \times 10 = 196$

$u =$

$= 14\ m\ s^{-1}$

(2) $v = u - gt$

$0 = u - gt$

$u = gt$

$$t = \frac{u}{g} = \frac{10}{9.8} = 1.43\ s$$

10.5 द्रव्यमान

आपने पूर्व अध्याय में पढ़ा कि द्रव्यमान वस्तु के जड़त्व का माप होता है अर्थात वस्तु का जितना अधिक द्रव्यमान होगा उतना ही अधिक उसका जड़त्व भी होगा। किसी वस्तु का द्रव्यमान सभी स्थानों पर समान रहता है चाहे वह पृथ्वी पर हो या अंतरिक्ष में।

10.6 भार

पृथ्वी पर किसी वस्तु का भार एक प्रकार का बल है, जो उसे पृथ्वी की ओर ले जाता है। परिभाषा में किसी वस्तु का भार वह बल है जिससे वस्तु पृथ्वी की ओर आकर्षित होती है।

गणितीय रूप में $F = mg$

अतः वस्तु का भार $w = mg$.

*** आप सोचो भार का मात्रक क्या है और क्यों ?**

चूँकि किसी एक स्थान पर g का मान स्थिर होता है अतः वस्तु का भार उसके द्रव्यमान के समानुपाती होता है, स्थान

बदलने पर m वही रहता है परन्तु g के बदलने से वस्तु का भार बदल जाता है।

10.7 किसी वस्तु का चन्द्रमा पर भार

चन्द्रमा पर किसी वस्तु का भार वह बल है जिससे चन्द्रमा उस वस्तु को आकर्षित करता है, चन्द्रमा का द्रव्यमान पृथ्वी की अपेक्षा कम है अतः चन्द्रमा का आकर्षण बल भी कम हैं। हम कह सकते है कि चन्द्रमा पर वस्तु का भार पृथ्वी की अपेक्षा कम होता हैं।

चूँकि हमने देखा है कि चन्द्रमा पर गुरूत्वीय त्वरण 1.61 m/s^2 होता है जो पृथ्वी पर गुरूत्वीय त्वरण 9.8 m/s^2 से $\frac{1}{6}$ गुणा है अतः चन्द्रमा पर किसी वस्तु का भार पृथ्वी के भार का $\frac{1}{6}$ गुणा होगा।

भारहीनता :

मेले में लगे झूलों में कभी आप बैठे होंगे तो आपने महसूस किया होगा कि जब झूला ऊपर से नीचे की ओर आता है तो भार में कमी महसूस होती है।

वस्तुतः भार का आभास वस्तु पर लगने वाली प्रतिक्रिया बल के कारण होता है यदि नीचे आती लिफ्ट की केबल टूट जाये तो लिफ्ट स्वतंत्रता पूर्वक नीचे की ओर गिरने लगती है तो हमें भारहीनता (शून्य भार) का अनुभव होगा।

भारहीनता की अवस्था में प्रतिक्रिया बल (R) = 0

इस प्रकार कृत्रिम उपग्रह निरंतर पृथ्वी के केन्द्र की ओर मुक्त रूप से गिरता है जिससे उसमें स्थित सभी वस्तुएँ व जीव भारहीनता की अवस्था में रहते हैं। जिसके कारण अनेक रोचक परिणाम होते हैं। जैसे –

1. गिलास में भरा पानी गिलास उल्टा करने पर गिरेगा नहीं क्योंकि गिलास को टेढ़ा करते ही गिलास का पानी भारी होने के कारण बूंदों के रूप में तैरने लगता है। जिससे अंतरिक्ष यात्री गिलास का पानी नही पी सकता।

2. भोजन को पेस्ट के रूप में ट्यूब दबा कर अन्दर प्रवेष कराना होता है।

3. उपग्रह के भीतर सभी वस्तुओं का तैरती हुई अवस्था में होना ।

4. यदि अंतरिक्ष यात्री कृत्रिम उपग्रह में किसी स्प्रिंग तुला पर खड़ा हो तो तुला का पाठ्यांक शून्य प्राप्त होगा।

5. यदि किसी वस्तु को उपग्रह पर डोरी से लटका दें तो डोरी में तनाव शून्य होता हैं।

यहाँ ध्यान देने योग्य तथ्य यह है कि कोई भी वस्तु कृतिम उपग्रह में भारहीनता महसूस करती है जबकि प्राकृतिक उपग्रह में ऐसा नहीं होता है। इसका कारण है कि प्राकृतिक उपग्रह का द्रव्यमान अधिक होने के कारण वह वस्तु पर अपना गुरूत्वाकर्षण बल लगाता हैं। कृतिम उपग्रह का द्रव्यमान कम होने के कारण वह वस्तु पर नगण्य गुरूत्वाकर्षण बल लगाता है। जिससे वस्तु कृतिम उपग्रह में भारहीनता महसूस करती है।

महत्वपूर्ण बिन्दु

- वस्तु की गति के लिए कोई न कोई बल उत्तरदायी होता है तथा वृताकार गति के लिए अभिकेन्द्र बल आवश्यक है।
- ब्रह्माण्ड का प्रत्येक पिण्ड दूसरे पिण्ड पर प्रकृतिक रूप से एक आकर्षण बल लगाता है जिसे गुरूत्वाकर्षण बल कहते हैं । पिण्डों में तारे, ग्रह, आकाशगंगा तथा छोटे परमाणवीय कण सभी सम्मिलित हैं।
- दो पिण्डों के मध्य कार्यरत गुरूत्वाकर्षण बल को गणितीय रूप में निम्न प्रकार लिखते हैं, जिसे गुरूत्वाकर्षण के सार्वत्रिक नियम के रूप में भी जानते हैं–

$$F = \frac{GMm}{d^2}$$

यहाँ M व m क्रमशः दोनों पिण्डों के द्रव्यमान हैं तथा d दोनों के बीच की दूरी है। G समानुपाती नियतांक हैं जिसका आंकिक मान $= 6.67 \times 10^{-11}$ $\frac{Nx\,m^2}{Kg^2}$ होता है।

- गुरूत्वीय बल के कारण वस्तु के वेग में परिवर्तन हो तो वेग में परिवर्तन की दर को गुरूत्वीय त्वरण कहते हैं।
- पृथ्वी सतह पर गुरूत्वीय त्वरण के मान का सूत्र

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

यहाँ M व R क्रमशः पृथ्वी का द्रव्यमान व पृथ्वी की त्रिज्या हैं तथा गुरूत्वीय त्वरण का पृथ्वी सतह पर आंकिक मान 9.8 m/s^2 होता है।

- गुरूत्वीय त्वरण का मान पृथ्वी सतह से ऊँचाई अथवा गहराई पर जाने पर कम होता जाता हैं।
- पृथ्वी सतह पर ध्रुवों से विषुवत रेखा की ओर जाने पर गुरूत्वीय त्वरण का मान कम हो जाता है।
- किसी भी ग्रह की सतह पर गुरूत्वीय त्वरण का मान उस ग्रह के द्रव्यमान एवं त्रिज्या पर निर्भर करता है।
- सौर मण्डल का सबसे बड़ा ग्रह बृहस्पति है इसका गुरूत्वीय त्वरण भी सर्वाधिक है।
- मुक्त गिरती हुई वस्तुओं का प्रारम्भिक वेग शून्य होता है, जबकि ऊपर की ओर फैंकने पर अन्तिम वेग शून्य होता है।
- प्रत्येक कण, पिण्ड या वस्तु का द्रव्यमान अवश्य होता है जो गुरूत्वीय बल पर निर्भर नहीं करता जबकि वस्तु का भार गुरूत्वीय बल पर निर्भर करता है।
- वस्तु के द्रव्यमान व भार में निम्न संबंध हैं $W = F = mg$

यहाँ F वस्तु का भार न्यूटन में तथा m वस्तु का द्रव्यमान में है तथा g गुरूत्वीय त्वरण मीटर/ सैकण्ड^2 में है।

- किसी वस्तु का किसी ग्रह या उपग्रह पर भार उस ग्रह या उपग्रह पर गुरूत्वीय त्वरण के मान पर निर्भर करता है। जैसे चन्द्रमा पर गुरूत्वीय त्वरण, पृथ्वी के गुरूत्वीय त्वरण से 1/6 गुना है तो किसी वस्तु का भार चन्द्रमा पर पृथ्वी पर भार से 1/6 गुना होगा ।
- स्वतंत्र रूप से गिरती वस्तु भारहीनता की अवस्था में होती है क्योंकि वस्तु पर प्रतिक्रिया बल शून्य होता हैं।
- कृत्रिम उपग्रह में स्थित सभी वस्तुएँ भारहीनता की अवस्था में होती हैं। जिससे वे तैरती हुई दिखती हैं।
- गुरूत्वाकर्षण बल की गणना से खगोलीय पिण्डों एवं इनकी गतियों को समझना आसान हो गया हैं।
- आकाशीय पिण्ड, गुरूत्वाकर्षण बल एवं ग्रहों की गति के क्षेत्र में प्रमुख योगदान देने वाले भारतीय वैज्ञानिकों में आर्यभट्ट, वराहमिहिर एवं भाष्कराचार्य प्रमुख हैं। पश्चिमी वैज्ञानिकों में कॉपरनिकस, गैलिलियो, केपलर एवं न्यूटन ने इस क्षेत्र में विशेष कार्य किया।

अभ्यासार्थ प्रश्न

वस्तुनिष्ठ प्रश्नः –

1. न्यूटन का गुरूत्वाकर्षण का नियम सार्वत्रिक होता है क्योंकि –
   (अ) वह सदैव आकर्षण का होता है।
   (ब) वह सौरमण्डल के सभी सदस्यों व कणों पर लागू होता है।
   (स) यह सभी द्रव्यमान पर सभी दूरियों पर लागू होता है तथा माध्यम से प्रभावित नहीं होता है।
   (द) उपरोक्त में से कोई नहीं।
2. वस्तु की वृत्ताकार गति के लिए आवश्यक बल कौनसा है ?
   (अ) गुरूत्वाकर्षण बल
   (ब) घर्षण बल
   (स) अभिकेन्द्र बल
   (द) उपरोक्त में से कोई नहीं।
3. गुरूत्वाकर्षण के सार्वत्रिक नियतांक G का मान निर्भर करता है।
   (अ) कणों की प्रकृति पर
   (ब) कणों के मध्य उपस्थित माध्यम पर
   (स) समय पर
   (द) किसी पर निर्भर नहीं करता।
4. पृथ्वी सतह पर किसी व्यक्ति का भार 60 N है तो चन्द्रमा की सतह पर व्यक्ति का भार होगा –
   (अ) 60 N (ब) 30 N
   (स) 20 N (द) 10 N
5. m द्रव्यमान के किसी पिण्ड को गहरी खान के तल पर ले जाया जाता है तब –
   (अ) उसका द्रव्यमान बढ़ता है
   (ब) उसका द्रव्यमान घटता है
   (स) उसका भार घटता है
   (द) उसका भार बढ़ता है
6. दो द्रव्यमानों के बीच की दूरी दुगुनी करने पर द्रव्यमानों के बीच गुरूत्वाकर्षण बल –
   (अ) अपरिवर्तित रहेगा

(ब) चौथाई हो जायेगा
(स) आधा रह जायेगा
(द) दुगुना हो जायेगा

अतिलघूत्तरात्मक प्रश्नः

1. किसी उपग्रह को ग्रह के चारों ओर चक्कर लगाने के लिए आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल कहाँ से प्राप्त होता है ?
2. क्या एक कृत्रिम उपग्रह में किसी पिण्ड का गुरूत्वीय द्रव्यमान ज्ञात किया जा सकता है ?
3. दो द्रव्यमान के बीच की दूरी दुगनी करने पर द्रव्यमानों के बीच गुरूत्वाकर्षण बल में क्या परिवर्तन होगा।
4. एक वस्तु का द्रव्यमान 10 Kg है तो उस वस्तु का पृथ्वी की सतह पर भार कितना होगा ?
5. दो पिण्डों के मध्य गुरूत्वाकर्षण बल का सूत्र लिखिए?
6. बॉल पैन किस सिद्धांत पर कार्य करता है ?
7. एक व्यक्ति चन्द्रमा पर अधिक ऊँची छलांग लगा सकता है इसका क्या कारण है ?
8. एक–एक किग्रा के दो पिण्ड परस्पर एक मीटर की दूरी पर हैं तो इनके मध्य गुरूत्वाकर्षण बल का मान लिखिए।
9. चन्द्रमा पर पृथ्वी का गुरूत्वाकर्षण बल लगता है तो चन्द्रमा पृथ्वी पर क्यों नहीं गिरता ?
10. समुद्र में उत्पन्न ज्वारभाटे का प्रमुख कारण क्या हैं ?

लघूत्तरात्मक प्रश्नः

1. गुरूत्वाकर्षण का सार्वत्रिक नियम लिखिए ?
2. पृथ्वी की सतह पर गुरूत्वीय त्वरण g का मान कहाँ सबसे अधिक होता है और क्यों ?
3. गुरूत्वाकर्षण के सार्वत्रिक नियतांक का मान लिखकर इसका मात्रक भी लिखिए ?
4. गुरूत्वीय त्वरण किसे कहते हैं इसका सूत्र भी लिखिए ?
5. किसी वस्तु के द्रव्यमान तथा भार में क्या अंतर है स्पष्ट कीजिए ?
6. मुक्त पतन से क्या अभिप्राय है ? मुक्त पतन के उदाहरण भी दीजिए।
7. एक व्यक्ति पृथ्वी के ध्रुव से विषुवत रेखा की ओर आता है तो उसके भार में क्या परिवर्तन होगा ? और क्यों ?
8. भारहीनता किसे कहते हैं । भारहीनता के दो रोचक उदाहरण दीजिए।
9. मुक्त रूप से गिरती हुई वस्तु के लिये गति के तीनों समीकरण लिखिए एवं प्रतीकों का अर्थ भी लिखिए।
10. किसी वस्तु को u वेग से ऊपर की ओर फेंका जाता हैं। जिससे वह h ऊँचाई तक जाती है। वस्तु के लिए गति के तीनों समीकरण लिखिए।
11. एक अंतरिक्ष यात्री को भारहीनता के कारण क्या–क्या कठिनाईयाँ होती हैं।
12. केपलर तथा न्यूटन से भी पहले प्राचीन भारतीय खगोल वैज्ञानिक कौन थे और इनका गुरूत्वाकर्षण क्षेत्र में क्या योगदान था।
13. कृत्रिम उपग्रह में स्थित वस्तुएँ भारहीनता अवस्था में होती हैं जबकि प्राकृतिक उपग्रह में यह स्थिति नहीं होती ? कारण स्पष्ट कीजिए।

निबन्धात्मक प्रश्नः –

1. दो गोलों में प्रत्येक का भार 10 किग्रा है यह एक–दूसरे से 50 सेमी. की दूरी पर हैं, इन दोनों के मध्य गुरूत्वाकर्षण बल का मान ज्ञात कीजिए।
2. पृथ्वी की सतह पर स्थित एक 40 Kg की वस्तु पर गुरूत्वाकर्षण बल की गणना करो, यदि पृथ्वी की त्रिज्या (R) = 6400 Km तथा द्रव्यमान = 6×10^{24} kg हों ।
3. किसी पत्थर को 20 m/s के प्रारम्भिक वेग से ऊपर की ओर फैंका जाता है $g = 10\ m/s^2$ लेते हुए निम्न की गणना करो।
   (i) पत्थर द्वारा उच्चतम ऊँचाई तक पहुँचने में लगा समय
   (ii) पत्थर द्वारा तय की गई दूरी
4. यदि चन्द्रमा का द्रव्यमान 0.073×10^{24} Kg एवं त्रिज्या 1738 Km हो तो चन्द्रमा की सतह पर गुरूत्वीय त्वरण ज्ञात करो।
5. 125 m ऊँची मीनार से एक पत्थर छोड़ा जाता है तो निम्न की गणना करो –
   (i) नीचे पहुँचने में लगा समय
   (ii) पत्थर का अंतिम वेग
6. यदि पृथ्वी का व्यास उसके वर्तमान व्यास का आधा हो जाये तो द्रव्यमान 1/8 रह जायेगा। इस आधे आकार की पृथ्वी पर g का मान क्या होगा ?

उत्तरमाला

(1) स, (2) अ, (3) द, (4) द, (5) स, (6) ब

◆◆◆