Chapter 8
गुरुत्वाकर्षण

प्रस्तावना (Introduction)

वर्ष 1665 की बात है, 23 वर्ष का एक युवक, फलों के बाग में बैठा था। उसने वृक्ष से एक सेब गिरते देखा और पृथ्वी के आकर्षण बल के प्रभाव में चन्द्रमा व अन्य आकाशीय पिण्डों की गति के बारे में सोचने लगा। आप सभी जानते हैं, वह युवक न्यूटन था।

Fig. 8.1

पृथ्वी के द्वारा उत्पन्न गुरुत्वीय त्वरण व चन्द्रमा को पृथ्वी के चारों ओर अपनी कक्षा में गति कराने के लिए आवश्यक त्वरण की तुलना करके न्यूटन ने गुरुत्वाकर्षण का मूल नियम प्रतिपादित किया।

न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण नियम (Newton's law of Gravitation)

न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण नियमानुसार, ब्रह्माण्ड का प्रत्येक पिण्ड अन्य पिण्ड पर आकर्षण बल लगाता है। यह आकर्षण बल पिण्डों के द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती व उनके केन्द्रों के मध्य की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है। इस बल की दिशा दोनों पिण्डों को मिलाने वाली रेखा के अनुदिश होती है।

यदि m_1 व m_2 द्रव्यमान के दो पिण्ड एक दूसरे से r दूरी पर स्थित हों तो पिण्डों के मध्य लगने वाले गुरुत्वाकर्षण बल F का परिमाण

$$F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

अथवा $F = G\dfrac{m_1 m_2}{r^2}$

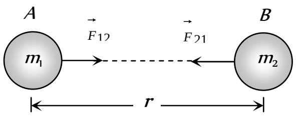


Fig. 8.2

सदिश रूप में : न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण नियमानुसार

$$\vec{F}_{12} = \frac{-Gm_1m_2}{r^2}\hat{r}_{21} = \frac{-Gm_1m_2}{r^3}\vec{r}_{21} = \frac{-Gm_1m_2}{|\vec{r}_{21}|^3}\vec{r}_{21}$$

यहाँ ऋणात्मक चिन्ह यह दर्शाता है कि $\vec{F}_{12}$ की दिशा, $\hat{r}_{21}$ की दिशा के विपरीत है।

इसी प्रकार $\vec{F}_{21} = \dfrac{-Gm_1m_2}{r^2}\hat{r}_{12} = \dfrac{-Gm_1m_2}{r^3}\vec{r}_{12} = \dfrac{-Gm_1m_2}{|\vec{r}_{12}|^3}\vec{r}_{12}$

$$= \frac{Gm_1m_2}{r^2}\hat{r}_{21} \quad [\because \hat{r}_{12} = -\hat{r}_{21}]$$

$\therefore$ अतः स्पष्ट है कि $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ जो कि न्यूटन का गति विषयक तृतीय नियम है।

यहाँ G समानुपाती नियतांक है, जिसे 'सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक' कहते हैं।

यदि $m_1 = m_2 = 1$ इकाई व $r = 1$ इकाई तब $G = F$

अर्थात् सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक संख्यात्मक रूप से, दो एकाँक द्रव्यमान के पिण्डों, जिनके केन्द्र एक दूसरे से एकाँक दूरी पर स्थित हैं, के मध्य लगने वाले गुरुत्वाकर्षण बल के तुल्य होता है।

(i) प्रयोगशाला में G के मान की गणना सर्वप्रथम केवेन्डिश (Cavendish) ने की थी।

(ii) SI पद्धति में G का मान 6.67×10^{-11} $N\text{–}m^2\,kg^{-2}$ व CGS पद्धति में G का मान 6.67×10^{-8} $dyne\text{-}cm^2\text{-}g^{-2}$ होता है।

(iii) विमीय सूत्र $[M^{-1}L^3T^{-2}]$

(iv) G का मान पिण्डों की प्रकृति व आकार पर निर्भर नहीं करता है।

(v) G का मान पिण्डों के मध्य उपस्थित माध्यम पर भी निर्भर नहीं करता है।

(vi) चूँकि G का मान अत्यन्त सूक्ष्म होता है, अतः गुरुत्वाकर्षण बल दुर्बल प्रकृति का बल है, जब तक कि एक (अथवा दोनों) पिण्ड बहुत बड़ा न हों।

गुरुत्वाकर्षण बल की विशेषताएँ (Properties of Gravitational Force)

(1) यह सदैव आकर्षण प्रकृति का होता है जबकि वैद्युत व चुम्बकीय बलों की प्रकृति आकर्षण अथवा प्रतिकर्षण दोनों हो सकती है।

(2) यह पिण्डों के मध्य उपस्थित माध्यम पर निर्भर नहीं करता जबकि वैद्युत व चुम्बकीय बल माध्यम की प्रकृति पर निर्भर करते हैं।

(3) यह दूरी की एक बड़ी परास के लिए सत्य है अर्थात् यह अन्तर्ग्रहीय दूरियों से अन्तराण्विक दूरियों तक कार्य करता है।

(4) यह एक केन्द्रीय बल है अर्थात् पिण्डों के केन्द्रों को मिलाने वाली रेखा के अनुदिश कार्य करता है।

(5) यह दो पिण्डों के मध्य लगने वाला अन्योन्य बल है अर्थात् दो पिण्डों के मध्य लगने वाले गुरुत्वाकर्षण बल पर किसी अन्य पिण्ड की उपस्थिति अथवा अनुपस्थिति का कोई प्रभाव नहीं पड़ता। अतः अध्यारोपण के सिद्धांत (Principle of superposition) से, कई पिण्डों द्वारा किसी पिण्ड पर लगने वाला परिणामी बल, पृथक-पृथक पिण्डों द्वारा लगने वाले बलों का सदिश योग होता है। अर्थात् $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + ...$

जबकि नाभिकीय बल कई पिण्डों के मध्य लगने वाला अन्योन्य बल है।

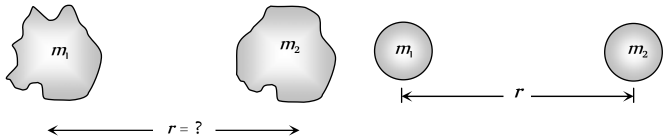
(6) यह दुर्बल प्रकृति का बल है। $F_{\text{नाभिकीय}} > F_{\text{वैद्युत चुम्बकीय}} > F_{\text{गुरुत्वाकर्षण}}$

(7) दो इलेक्ट्रॉनों के मध्य लगने वाले गुरुत्वाकर्षण व स्थिर वैद्युत बल का अनुपात 10^{-43} कोटि का होता है।

(8) यह एक संरक्षी बल है अर्थात् इसके द्वारा किया गया कार्य पथ पर निर्भर नहीं करता अथवा गुरुत्वाकर्षण बल के प्रभाव में एक पूर्ण चक्कर में किया गया कार्य शून्य होता है।

(9) यह क्रिया-प्रतिक्रिया के युग्म में होता है, अर्थात् एक पिण्ड दूसरे पिण्ड पर जितना बल आरोपित करता है, दूसरा पिण्ड भी पहले पिण्ड पर उतना ही बल आरोपित करता है। यह न्यूटन के गति बिषयक तृतीय नियम का समर्थन करता है।

Note : ❑ गुरुत्वाकर्षण नियम दो बिन्दु द्रव्यमानों के लिए दिया जाता है। दो स्वैच्छिक आकार के पिण्ड के मध्य गुरुत्वाकर्षण नियम आरोपित नहीं किया जा सकता क्योंकि उनके मध्य (जैसा कि चित्र में प्रदर्शित है) दूरी का कोई निश्चित मान नहीं होता।



(A) (B)

Fig. 8.3

परन्तु यदि दो पिण्ड एक समान गोले हैं तो उनके मध्य दूरी उनके केन्द्रों से ली जा सकती है क्योंकि एकसमान द्रव्यमान वितरण का गोला अपने से बाहर स्थित किसी बिन्दु के लिए बिन्दु द्रव्यमान की भाँति व्यवहार करता है।

गुरुत्वीय त्वरण (Acceleration Due to Gravity)

पृथ्वी द्वारा किसी पिण्ड पर आरोपित गुरुत्वाकर्षण बल अथवा गुरुत्वाकर्षण खिंचाव गुरुत्व कहलाता है।

हम जानते हैं कि जब किसी वस्तु पर बल लगाया जाता है तो वह त्वरित होती है। अतः यदि कोई पिण्ड गुरुत्व के अधीन हो तो उसे भी त्वरित होना चाहिए।

अतः गुरुत्वाकर्षण बल के प्रभाव में पिण्ड की गति में उत्पन्न त्वरण, गुरुत्वीय त्वरण कहलाता है। इसे g से प्रदर्शित करते हैं।

माना m द्रव्यमान की वस्तु पृथ्वी की सतह पर रखी है। तो उस पर लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल

$$F = \frac{GMm}{R^2} \quad ...(i)$$

जहाँ M = पृथ्वी का द्रव्यमान तथा R = पृथ्वी की त्रिज्या

यदि g गुरुत्वीय त्वरण हो तो वस्तु पर पृथ्वी द्वारा आरोपित बल

बल = द्रव्यमान × त्वरण

अथवा $F = mg$ ...(ii)

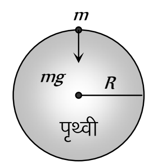


Fig. 8.4

समीकरण (i) व (ii) से, $mg = \frac{GMm}{R^2}$

$$\therefore \quad g = \frac{GM}{R^2} \quad ...(iii)$$

$$\Rightarrow \quad g = \frac{G}{R^2}\left(\frac{4}{3}\pi R^3 \rho\right)$$

[$\because$ द्रव्यमान (M) = आयतन $(\frac{4}{3}\pi R^3)$ × घनत्व (ρ)]

$$\therefore \quad g = \frac{4}{3}\pi\rho GR \quad ...(iv)$$

(1) व्यंजक $g = \frac{GM}{R^2} = \frac{4}{3}\pi\rho GR$ से स्पष्ट है कि g का मान ग्रह के द्रव्यमान, त्रिज्या व घनत्व पर निर्भर करता है तथा यह ग्रह की सतह पर रखी वस्तु के द्रव्यमान, त्रिज्या व घनत्व पर निर्भर नहीं करता अर्थात् कोई ग्रह हल्की व भारी वस्तु में समान त्वरण उत्पन्न करता है।

(2) किसी ग्रह के लिए (M/R^2) अथवा ρR, का मान अधिक होने पर g का मान भी अधिक होगा।

(3) गुरुत्वीय त्वरण एक सदिश राशि है इसकी दिशा सदैव ग्रह के केन्द्र की ओर होती है।

(4) विमीय सूत्र $[g] = [LT^{-2}]$

(5) पृथ्वी की सतह पर g का औसत मान 9.8 m/s^2 अथवा 981 cm/sec^2 अथवा 32 $feet/sec^2$ होता है।

(6) गुरुत्वीय त्वरण का मान निम्न कारकों के कारण परिवर्तित होता है : (i) पृथ्वी का आकार (ii) पिण्ड की पृथ्वी की सतह से ऊँचाई (iii) पिण्ड की पृथ्वी की सतह से गहराई (iv) पृथ्वी का अक्षीय घूर्णन।

पृथ्वी के आकार के कारण g के मान में परिवर्तन (Variation in g Due to Shape of Earth)

पृथ्वी का आकार दीर्घवृत्ताकार है। यह ध्रुवों पर कुछ चपटी तथा भूमध्य रेखा पर कुछ उभरी हुई है। भूमध्य रेखीय त्रिज्या, ध्रुवीय त्रिज्या से लगभग 21 km अधिक है। सूत्र $g = \frac{GM}{R^2}$

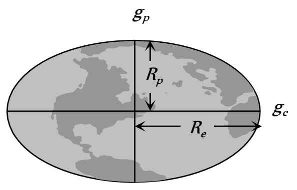


Fig. 8.5

भूमध्य रेखा पर $g_e = \frac{GM}{R_e^2}$ ...(i)

ध्रुवों पर $g_p = \frac{GM}{R_p^2}$ ...(ii)

समीकरण (i) व (ii) से, $\frac{g_e}{g_p} = \frac{R_p^2}{R_e^2}$

चूँकि $R_{\text{भूमध्य रेखीय}} > R_{\text{ध्रुवीय}}$

$\therefore\ g_{\text{ध्रुवीय}} > g_{\text{भूमध्य रेखीय}}$ तथा $g_p = g_e + 0.018\ ms^{-2}$

अर्थात् भूमध्य रेखा से, ध्रुवों की ओर जाने पर g का मान अर्थात् वस्तु का भार बढ़ता है।

ऊँचाई के साथ g के मान में परिवर्तन
(Variation in g with Height)

पृथ्वी की सतह पर गुरुत्वीय त्वरण

$g = \frac{GM}{R^2}$ ...(i)

पृथ्वी की सतह से h ऊँचाई पर गुरुत्वीय त्वरण

$g' = \frac{GM}{(R+h)^2}$ ...(ii)

(i) व (ii) से, $g' = g\left(\frac{R}{R+h}\right)^2$ ...(iii)

$= g\frac{R^2}{r^2}$ ...(iv)

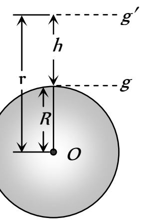


Fig. 8.6

[चूँकि $r = R + h$]

(1) जैसे-जैसे हम पृथ्वी की सतह से ऊपर जाते हैं g के मान में कमी आती जाती है क्योंकि $g' \propto \frac{1}{r^2}$

(2) यदि $r = \infty$ हो तो $g' = 0$ अर्थात् पृथ्वी से अनंत दूरी पर g का मान शून्य होता है।

(3) यदि $h << R$ अर्थात् ऊँचाई पृथ्वी की त्रिज्या की तुलना में नगण्य हो तो समीकरण (iii) से,

$$g' = g\left(\frac{R}{R+h}\right)^2 = g\left(1+\frac{h}{R}\right)^{-2} = g\left[1-\frac{2h}{R}\right] \quad [\text{चूँकि } h << R]$$

(4) यदि $h << R$ हो, तो g के मान में ऊँचाई के साथ कमी

निरपेक्ष कमी $\Delta g = g - g' = \frac{2hg}{R}$

भिन्नात्मक कमी $\frac{\Delta g}{g} = \frac{g-g'}{g} = \frac{2h}{R}$

प्रतिशत कमी $\frac{\Delta g}{g} \times 100\% = \frac{2h}{R} \times 100\%$

गहराई के साथ g के मान में परिवर्तन
(Variation in g With Depth)

पृथ्वी की सतह पर गुरुत्वीय त्वरण

$g = \frac{GM}{R^2} = \frac{4}{3}\pi\rho GR$ ...(i)

पृथ्वी की सतह से d गहराई तक जाने पर गुरुत्वीय त्वरण

$g' = \frac{4}{3}\pi\rho G(R-d)$ ...(ii)

समीकरण (i) व (ii) से, $g' = g\left[1-\frac{d}{R}\right]$

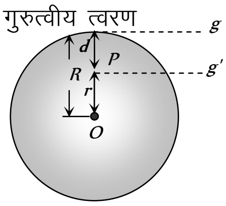


Fig. 8.7

(1) पृथ्वी की सतह से नीचे जाने पर g के मान में कमी आती है। समीकरण (ii) से स्पष्ट है कि $g' \propto (R-d)$ अर्थात् यदि d बढ़े तो g का मान कम होगा।

(2) पृथ्वी के केन्द्र पर $d = R$ अतः $g' = 0$ अर्थात् पृथ्वी के केन्द्र पर गुरुत्वीय त्वरण का मान शून्य होता है।

(3) गहराई के साथ g के मान में कमी :

निरपेक्ष कमी $\Delta g = g - g' = \frac{dg}{R}$

भिन्नात्मक कमी $\frac{\Delta g}{g} = \frac{g-g'}{g} = \frac{d}{R}$

प्रतिशत कमी $\frac{\Delta g}{g} \times 100\% = \frac{d}{R} \times 100\%$

(4) पृथ्वी की सतह से ऊपर जाने पर g के मान में कमी की दर ($h << R$), सतह से नीचे जाने पर g के मान में कमी की दर के दोगुने के तुल्य होती है।

पृथ्वी के घूर्णन के कारण g के मान में परिवर्तन
(Variation in g Due to Rotation of Earth)

पृथ्वी की अपने अक्ष पर घूर्णन गति के कारण उसकी सतह पर रखी सभी वस्तुयें वृत्ताकार मार्गों पर घूमती हैं। अतः अपकेन्द्रीय बल का अनुभव करती हैं। जिसके कारण वस्तु के भार में कमी का आभास होता है।

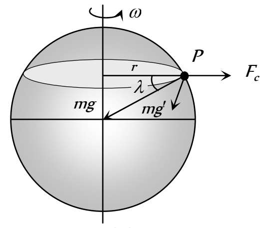


Fig. 8.8

चूँकि अपकेन्द्रीय बल का परिमाण अक्षांश के साथ परिवर्तित होता है। अतः वस्तु का आभासी भार भी अक्षांश के साथ परिवर्तित होता है।

यदि m द्रव्यमान की एक वस्तु पृथ्वी की सतह पर बिन्दु P पर रखी हो जिसका अक्षांश λ है, तो पृथ्वी के घूर्णन के कारण वस्तु का आभासी भार $\vec{mg'} = \vec{mg} + \vec{Fe}$

अथवा $mg' = \sqrt{(mg)^2 + (F_c)^2 + 2mg\ F_c \cos(180-\lambda)}$

$\Rightarrow\ mg' = \sqrt{(mg)^2 + (m\omega^2 R\cos\lambda)^2 + 2mg\ m\omega^2 R\cos\lambda\,(-\cos\lambda)}$

[चूँकि $F_c = m\omega^2 r = m\omega^2 R\cos\lambda$]

हल करने पर $g' = g - \omega^2 R\cos^2\lambda$

Note : ❑ किसी बिन्दु को पृथ्वी के केन्द्र से मिलाने वाली रेखा व भूमध्य तल के मध्य बनने वाला कोण उस बिन्दु का अक्षांश कोण कहलाता है। इसे λ से प्रदर्शित करते हैं।

❑ ध्रुवों के लिए $\lambda = 90^o$ व भूमध्य रेखा के लिए $\lambda = 0^o$

(1) उपरोक्त समीकरण में $\lambda = 90^o$ प्रतिस्थापित करने पर, हमें ज्ञात होता है $g_{ध्रुव} = g - \omega^2 R\cos^2 90° \Rightarrow g_{ध्रुव} = g$ ...(i)

अर्थात् ध्रुवों पर g के मान में पृथ्वी के घूर्णन का कोई प्रभाव नहीं होता।

(2) उपरोक्त समीकरण में, $\lambda = 0^o$ प्रतिस्थापित करने पर, हमें ज्ञात होता है

$g_{भूमध्य\ रेखा} = g - \omega^2 R\cos^2 0° \Rightarrow g_{भूमध्य\ रेखा} = g - \omega^2 R$ ...(ii)

अर्थात् भूमध्य रेखा पर g के मान में पृथ्वी के घूर्णन का प्रभाव अधिकतम होता है।

समीकरण (i) व (ii) से

$g_{ध्रुव} - g_{भूमध्य\ रेखा} = R\omega^2 = 0.034\, m/s^2$

(3) यदि m द्रव्यमान की एक वस्तु भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर ले जायी जाए तो उसके भार में वृद्धि$= m(g_p - g_e) = m\omega^2 R$

(4) **पृथ्वी के घूर्णन के कारण भारहीनता :** जैसा कि हम जानते हैं कि पृथ्वी के घूर्णन के कारण वस्तु के भार में कमी का आभास होता है। यदि कोणीय वेग ω के लिए भूमध्य रेखा पर स्थित किसी बिन्दु का आभासी भार शून्य हो तो

$g' = g - \omega^2 R\cos^2\lambda \Rightarrow\ 0 = g - \omega^2 R\cos^2 0^o$

[$\because\ \lambda = 0^o$ भूमध्य रेखा पर]

$\Rightarrow\ \omega = \sqrt{\dfrac{g}{R}}$

अथवा पृथ्वी के घूर्णन का आवर्तकाल $T = \dfrac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\dfrac{R}{g}}$

$R = 6400\times 10^3 m$ तथा $g = 10\, m/s^2$ रखने पर

$\omega = \dfrac{1}{800} = 1.25\times 10^{-3}\dfrac{rad}{sec}$ तथा $T = 5026.5\ sec = 1.40\ hr$

Note : ❑ यह समय पृथ्वी के वर्तमान आवर्तकाल का $\dfrac{1}{17}$ गुना है। अतः यदि पृथ्वी 17 गुना तेज घूर्णन प्रारम्भ कर दे, तो भूमध्य रेखा पर स्थित सभी वस्तुयें भारहीनता की स्थिति में आ जायेंगी।

❑ यदि पृथ्वी अपने अक्ष के परितः घूर्णन करना बंद कर दे तो भूमध्य रेखा पर g के मान में $\omega^2 R$ की वृद्धि होगी, साथ ही वस्तु के भार में $m\omega^2 R$ की वृद्धि होगी।

❑ पृथ्वी के आकार व घूर्णन के कारण ध्रुवों व विषुवत् रेखा पर g के मान में संबंध

$g_p = g_e + 0.034 + 0.018\, m/s^2 \Rightarrow g_p = g_e + 0.052\, m/s^2$

पृथ्वी का द्रव्यमान व घनत्व (Mass and Density of Earth)

पृथ्वी के द्रव्यमान तथा घनत्व की गणना न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण नियम से की जा सकती है।

$g = \dfrac{GM}{R^2}$ अतः $M = \dfrac{gR^2}{G}$

$\therefore\quad M = \dfrac{9.8\times(6.4\times 10^6)^2}{6.67\times 10^{-11}} = 5.98\times 10^{24} kg \approx 10^{25} kg$

तथा हम जानते हैं कि $g = \dfrac{4}{3}\pi\rho GR$, अतः $\rho = \dfrac{3g}{4\pi GR}$

$\therefore\quad \rho = \dfrac{3\times 9.8}{4\times 3.14\times 6.67\times 10^{-11}\times 6.4\times 10^6} = 5478.4\ kg/m^3$

जड़त्वीय व गुरुत्वीय द्रव्यमान (Inertial and Gravitational Masses)

(1) **जड़त्वीय द्रव्यमान :** यह पिण्ड के पदार्थ का वह द्रव्यमान है जो उसके जड़त्व की माप करता है।

यदि m द्रव्यमान की वस्तु पर बाह्य बल F आरोपित करने पर त्वरण a उत्पन्न हो तो न्यूटन के गति विषयक द्वितीय नियम से,

$F = m_i a$ और $m_i = \dfrac{F}{a}$

अतः पिण्ड का जड़त्वीय द्रव्यमान, बाह्य बल के परिमाण व गति में उत्पन्न त्वरण के परिमाण के अनुपात से मापा जा सकता है।

(i) वस्तु की वह क्षमता जो बाह्य बल लगाने पर उत्पन्न त्वरण का विरोध करे जड़त्वीय द्रव्यमान कहलाती है।

(ii) जड़त्वीय द्रव्यमान पर गुरुत्व का कोई प्रभाव नहीं होता।

(iii) यह पिण्ड में समाहित पदार्थ की मात्रा के समानुपाती होता है।

(iv) यह वस्तु के आकार, आकृति व अवस्था पर निर्भर नहीं करता।

(v) यह पिण्ड के तापमान पर निर्भर नहीं करता।

(vi) यदि दो पिण्ड भौतिक अथवा रासायनिक रूप से संयुक्त होते हैं तो जड़त्वीय द्रव्यमान अपरिवर्तित रहता है।

(vii) यदि पिण्ड v वेग से गतिमान हो तो उसका जड़त्वीय द्रव्यमान

$m=\dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$ से दिया जाता है। जहाँ m_0 = पिण्ड का विराम में द्रव्यमान, c = निर्वात् में प्रकाश का वेग

(2) **गुरुत्वीय द्रव्यमान :** यह पिण्ड के पदार्थ का वह द्रव्यमान है जो पिण्ड पर लगने वाले गुरुत्वीय बल (Pull) की माप करता है।

यदि पृथ्वी का द्रव्यमान M व त्रिज्या R हो तब m_g द्रव्यमान की वस्तु पर लगने वाला गुरुत्वीय बल

$$F=\frac{GMm_g}{R^2} \text{ अथवा } m_g=\frac{F}{GM/R^2}=\frac{F}{I}$$

जहाँ m_g वस्तु का गुरुत्वीय द्रव्यमान कहलाता है। यदि $E=1$ हो तो $m_g=F$

अर्थात् एकाँक तीव्रता वाले किसी गुरुत्वीय क्षेत्र में किसी पिण्ड पर लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल उसके गुरुत्वीय द्रव्यमान के तुल्य होता है।

(3) जड़त्वीय व गुरुत्वीय द्रव्यमानों की तुलना

(i) दोनों की इकाई समान है।

(ii) दोनों अदिश हैं।

(iii) दोनों वस्तु की आकृति व अवस्था पर निर्भर नहीं करते।

(iv) जड़त्वीय द्रव्यमान की गणना न्यूटन के गति विषयक द्वितीय नियम से की जाती है जबकि गुरुत्वीय द्रव्यमान की गणना न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण नियम से की जाती है।

(v) स्प्रिंग तुला गुरुत्वीय द्रव्यमान का तथा भौतिक तुला जड़त्वीय द्रव्यमान का मापन करती है।

Table 8.1 : वस्तु के द्रव्यमान तथा भार के बीच तुलना

द्रव्यमान (m)	भार (W)
यह पिण्ड में उपस्थित पदार्थ की मात्रा है।	यह पृथ्वी द्वारा किसी वस्तु पर आरोपित आकर्षण बल है।
इसका मान g के साथ परिवर्तित नहीं होता है।	इसका मान g के साथ परिवर्तित होता है।
किसी पदार्थ कण के लिए इसका मान शून्य नहीं हो सकता।	अनन्त व पृथ्वी के केन्द्र पर किसी पिण्ड का भार शून्य होता है।
मात्रक – किग्रा तथा विमीय सूत्र $[M]$	मात्रक – न्यूटन N अथवा किग्रा-भार तथा विमीय सूत्र $[MLT^{-2}]$
इसकी गणना भौतिक तुला से की जा सकती है।	इसकी गणना कमानीदार (Spring) तुला से की जाती है।
यह अदिश राशि है।	यह सदिश राशि है।

गुरुत्वीय क्षेत्र (Gravitational Field)

किसी पिण्ड के चारों ओर का वह आकाश (space) जहाँ कोई अन्य पिण्ड गुरुत्वाकर्षण बल का अनुभव कर सके गुरुत्वीय क्षेत्र कहलाता है।

गुरुत्वीय क्षेत्र की तीव्रता : किसी पिण्ड के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र में, किसी बिन्दु पर गुरुत्वीय क्षेत्र की तीव्रता उस बिन्दु पर स्थित एकाँक द्रव्यमान के पिण्ड पर लगने वाले गुरुत्वीय बल के तुल्य होती है।

यदि एक परीक्षण द्रव्यमान m गुरुत्वीय क्षेत्र के किसी बिन्दु पर $\vec{F}$ बल का अनुभव करे तब $\vec{I}=\dfrac{\vec{F}}{m}$

(1) यह सदिश राशि है। इसकी दिशा सदैव उस पिण्ड के गुरुत्व केन्द्र की ओर होती है, जिसके गुरुत्वीय क्षेत्र की गणना की जाती है।

(2) इकाई : N/kg अथवा m/s

(3) विमीय सूत्र : $[MLT^{-2}]$

(4) यदि बिन्दु द्रव्यमान M के क्षेत्र में, r दूरी पर परीक्षण द्रव्यमान m रखा हो, तो न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण नियम से, $F=\dfrac{GMm}{r^2}$

तब गुरुत्वीय क्षेत्र की तीव्रता

$$I=\frac{F}{m}=\frac{GMm/r^2}{m}$$

$$\therefore \quad I=\frac{GM}{r^2}$$

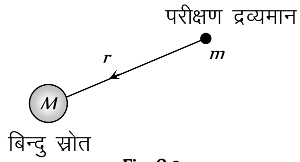


Fig. 8.9

(5) जैसे-जैसे परीक्षण द्रव्यमान m, बिन्दु द्रव्यमान M से दूर जाता है, गुरुत्वीय क्षेत्र की तीव्रता घटती जाती है।

$$I=\frac{GM}{r^2};$$

$$\therefore \quad I\propto\frac{1}{r^2}$$

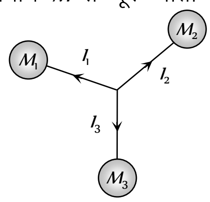


Fig. 8.10

(6) $r=\infty$ पर गुरुत्वीय क्षेत्र की तीव्रता $I=0$

(7) किसी बिन्दु (P) पर कई बिन्दु द्रव्यमानों के कारण परिणामी गुरुत्वीय तीव्रता, बिन्दु द्रव्यमानों के कारण पृथक पृथक तीव्रताओं के सदिश योग के तुल्य होती है।

$$\vec{I}_{\text{कुल}}=\vec{I_1}+\vec{I_2}+\vec{I_3}+........$$

(8) **शून्य तीव्रता का बिन्दु :** यदि m_1 व m_2 द्रव्यमान के दो पिण्ड A व B एक दूसरे से चित्रानुसार d दूरी पर स्थित हों व उनके मध्य बिन्दु P शून्य तीव्रता का बिन्दु हो अर्थात् यदि बिन्दु P पर कोई परीक्षण द्रव्यमान रखा जाए तो A व B के कारण वह कोई बल का अनुभव नहीं करेगा ($\therefore$ बिन्दु P पर परिणामी तीव्रता शून्य है)

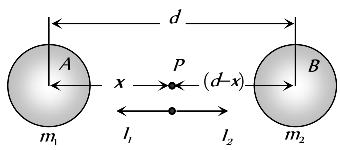


Fig. 8.11

अतः बिन्दु P पर $\vec{I_1}+\vec{I_2}=0 \;\Rightarrow\; \dfrac{-Gm_1}{x^2}+\dfrac{Gm_2}{(d-x)^2}=0$

हल करने पर $\quad x=\dfrac{\sqrt{m_1}\,d}{\sqrt{m_1}+\sqrt{m_2}}$ तथा $(d-x)=\dfrac{\sqrt{m_2}\,d}{\sqrt{m_1}+\sqrt{m_2}}$

(9) यदि किसी परीक्षण एकांक द्रव्यमान को, किसी बिन्दु द्रव्यमान के गुरुत्वीय क्षेत्र में स्वतंत्रतापूर्वक रखा जाए तो परीक्षण द्रव्यमान जिस सरल रेखा अथवा वक्र मार्ग का अनुसरण करता है वह मार्ग गुरुत्वीय क्षेत्र रेखा कहलाता है। किसी विलगित द्रव्यमान m की गुरुत्वीय क्षेत्र रेखायें त्रिज्यीय तथा अन्दर की ओर होती हैं।

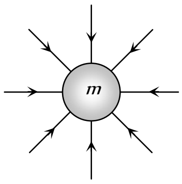


Fig. 8.12

(10) $\because I = \frac{GM}{R^2}$ (पृथ्वी की सतह पर) तथा $g = \frac{GM}{R^2} \Rightarrow I = g$

अतः स्पष्ट है कि किसी बिन्दु पर गुरुत्वीय क्षेत्र की तीव्रता, उस बिन्दु पर रखे परीक्षण आवेश में उत्पन्न त्वरण के तुल्य होती है।

विभिन्न द्रव्यमान वितरणों के कारण गुरुत्वीय क्षेत्रा तीव्रता (Gravitational Field Intensity for Different Bodies)

(1) **एकसमान ठोस गोले के कारण गुरुत्वीय क्षेत्र की तीव्रता**

(i) गोले के बाहर $(r > R)$: $I = \frac{GM}{r^2}$

(ii) गोले की सतह पर $(r = R)$: $I = \frac{GM}{R^2}$

(iii) गोले के अंदर $(r < R)$: $I = \frac{GMr}{R^3}$

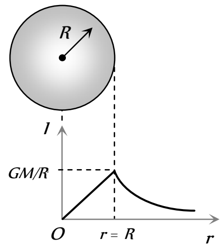


Fig. 8.13

(2) **गोलीय कोश के कारण गुरुत्वीय क्षेत्र की तीव्रता**

(i) गोलीय कोश के बाहर $(r > R)$: $I = \frac{GM}{r^2}$

(ii) गोलीय कोश की सतह पर $(r = R)$: $I = \frac{GM}{R^2}$

(iii) गोलीय कोश के अंदर $(r < R)$: $I = 0$

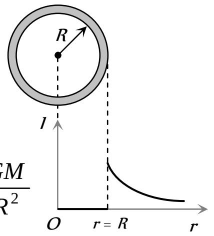


Fig. 8.14

(3) **एकसमान वृत्तीय वलय के कारण गुरुत्वीय क्षेत्र की तीव्रता**

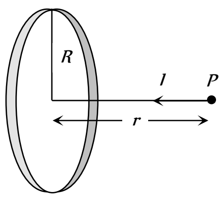


Fig. 8.15

(i) अक्ष के किसी बिन्दु पर $I = \frac{GMr}{(R^2 + r^2)^{3/2}}$

(ii) वलय के केन्द्र पर $I = 0$

(4) **एकसमान वृत्ताकार चकती के कारण गुरुत्वीय क्षेत्र की तीव्रता**

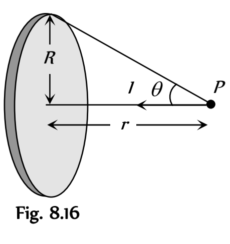


Fig. 8.16

(i) अक्ष के किसी बिन्दु पर $I = \frac{2GM}{R^2}\left[\frac{1}{r} - \frac{1}{\sqrt{r^2 + R^2}}\right]$

या $I = \frac{2GM}{R^2}(1 - \cos\theta)$

(ii) चकती के केन्द्र पर $I = 0$

गुरुत्वीय विभव (Gravitational Potential)

एकांक द्रव्यमान को किसी निर्देश बिन्दु से (सामान्यतः अनंत से) गुरुत्वीय क्षेत्र के अंदर किसी बिन्दु तक लाने में जितना कार्य होता है उसे उस बिन्दु का गुरुत्वीय विभव कहते हैं। यह कार्य ऋणात्मक होता है।

$$V = -\frac{W}{m} = -\int \frac{\vec{F}.d\vec{r}}{m} = -\int \vec{I}.d\vec{r} \quad [\text{चूँकि } \frac{F}{m} = I]$$

$$\therefore I = -\frac{dV}{dr}$$

अर्थात् विभव की ऋणात्मक प्रवणता, तीव्रता के तुल्य होती है। अथवा विभव स्थिति का अदिश फलन है जिसका मुक्त आकाश अवकलज (Space derivative), तीव्रता के तुल्य होता है। ऋणात्मक चिन्ह यह दर्शाता है कि तीव्रता की दिशा में विभव घटता है।

(1) यह एक अदिश राशि है क्योंकि यह प्रति एकाँक द्रव्यमान कार्य के रूप में परिभाषित है।

(2) इकाई : J/kg अथवा m^2/sec^2

(3) विमीय सूत्र : $[M^0L^2T^{-2}]$

(4) यदि क्षेत्र किसी बिन्दु द्रव्यमान के कारण उत्पन्न हो, तब

$$V = -\int I\, dr = -\int \left(-\frac{GM}{r^2}\right) dr \quad [\text{चूँकि } I = -\frac{GM}{r^2}]$$

$$\therefore \quad V = -\frac{GM}{r} + c \quad [\text{यहाँ } c = \text{समाकलन नियतांक}]$$

निर्देश बिन्दु को अनंत पर मानते हुए एवं वहाँ पर विभव शून्य $(V = 0)$ मानने पर

$$0 = -\frac{GM}{\infty} + c \Rightarrow c = 0 \Rightarrow \text{गुरुत्वीय विभव } V = -\frac{GM}{r}$$

(5) **गुरुत्वीय विभवान्तर** : एकाँक द्रव्यमान के किसी पिण्ड को गुरुत्वीय क्षेत्र में किसी एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु तक ले जाने में किया गया कार्य गुरुत्वीय विभवान्तर कहलाता है। परीक्षण द्रव्यमान m को, बिन्दु द्रव्यमान M के गुरुत्वीय क्षेत्र में चित्रानुसार बिन्दु A से बिन्दु B तक ले जाने में किया गया कार्य

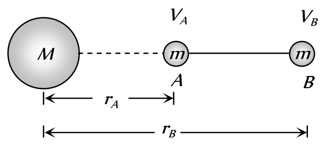


Fig. 8.17

$$\Delta V = V_B - V_A = \frac{W_{A\to B}}{m} = -GM\left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right)$$

(6) कई द्रव्यमान कणों के कारण किसी बिन्दु पर परिणामी विभव, उनके पृथक-पृथक विभवों का अदिश योग होता है

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + ...$$

$$= -\frac{GM}{r_1} - \frac{GM}{r_2} - \frac{GM}{r_3} ....$$

$$= -G\sum_{i=1}^{i=n}\frac{M_i}{r_i}$$

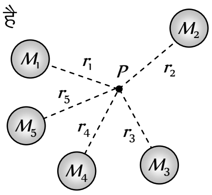


Fig. 8.18

मानक द्रव्यमान वितरणों के कारण गुरुत्वीय विभव (Gravitational Potential for Different Bodies)

(1) **एकसमान वलय के कारण विभव**

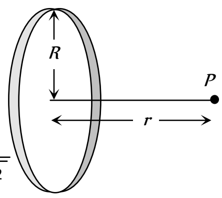


Fig. 8.19

(i) अक्ष के किसी बिन्दु पर $V = -\frac{GM}{\sqrt{R^2 + r^2}}$

(ii) केन्द्र पर $V = -\frac{GM}{R}$

(2) **गोलीय कोश के कारण विभव**

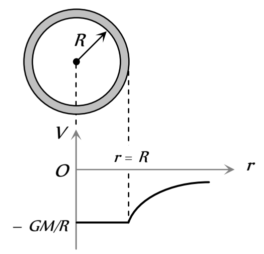


Fig. 8.20

(i) गोलीय कोश के बाहर $(r > R)$: $V = \frac{-GM}{r}$

(ii) गोलीय कोश की सतह पर $(r = R)$: $V = \frac{-GM}{R}$

(iii) गोलीय कोश के अंदर $(r < R)$: $V = \frac{-GM}{R}$

(3) **एकसमान ठोस गोले के कारण विभव**

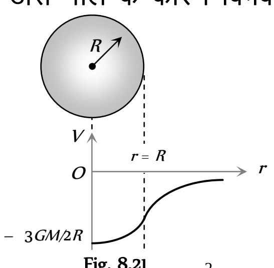


Fig. 8.21

(i) गोले के बाहर $(r > R)$: $T^2 = \frac{4\pi^2}{GM}r^3$

(ii) गोले की सतह पर $(r = R)$: $V_{\text{सतह}} = \frac{-GM}{R}$

(iii) गोले के अंदर $(r < R)$: $V = \frac{-GM}{2R}\left[3 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right]$

(iv) केन्द्र पर $(r = 0)$ $V_{\text{केन्द्र}} = \frac{-3}{2}\frac{GM}{R}$ (अधिकतम) $V_{\text{केन्द्र}} = \frac{3}{2}V_{\text{सतह}}$

गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा (Gravitational Potential Energy)

किसी पिण्ड को अनंत से गुरुत्वीय क्षेत्र के किसी बिन्दु तक लाने में गुरुत्व के विरुद्ध जितना कार्य होता है उसे उस बिन्दु पर पिण्ड की गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा कहते हैं।

$$W = \int_{\infty}^{r}\frac{GMm}{x^2}dx = -GMm\left[\frac{1}{x}\right]_{\infty}^{r}$$

$$W = -\frac{GMm}{r}$$

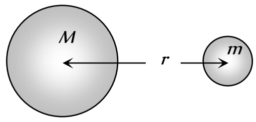


Fig. 8.22

यही कार्य पिण्ड में स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाता है।

$$\therefore U = -\frac{GMm}{r}$$

(1) स्थितिज ऊर्जा एक अदिश राशि है।

(2) इकाई : जूल

(3) विमीय सूत्र : $[ML^2T^{-2}]$

(4) गुरुत्वीय क्षेत्र में गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा सदैव ऋणात्मक होती है क्योंकि बल हमेशा आकर्षक प्रकृति का होता है।

(5) दूरी r बढ़ने पर, गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा कम ऋणात्मक होती जाती है अर्थात् बढ़ती जाती है।

(6) यदि $r = \infty$ तब गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा शून्य होगी [अधिकतम]।

(7) कई द्रव्यमान कणों से मिलकर बने निकाय की गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा

$$U = \sum u_i = -\left[\frac{Gm_1m_2}{r_{12}} + \frac{Gm_2m_3}{r_{23}} + ...\right]$$

(8) यदि m द्रव्यमान का पिण्ड, r_1 दूरी पर स्थित एक बिन्दु से r_2 दूरी पर स्थित किसी बिन्दु तक ले जाया जाए तब स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन $\Delta U = \int_{r_1}^{r_2}\frac{GMm}{x^2}dx = -GMm\left[\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right]$

अथवा $\Delta U = GMm\left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right]$

यदि $r_1 > r_2$ हो तो स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन ऋणात्मक होगा। अर्थात् यदि कोई पिण्ड पृथ्वी के समीप लाया जाए तो उसकी स्थितिज ऊर्जा घटेगी।

(9) गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा तथा विभव में संबंध

$$U = -\frac{GMm}{r} = m\left[\frac{-GM}{r}\right] \Rightarrow U = mV$$

(10) पृथ्वी के केन्द्र पर अनंत के सापेक्ष गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा

$$U_{\text{केन्द्र}} = m\,V_{\text{केन्द्र}} = m\left(-\frac{3}{2}\frac{GM}{R}\right) = -\frac{3}{2}\frac{GMm}{R}$$

(11) पृथ्वी की सतह से h ऊँचाई पर गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा

$$U_h = -\frac{GMm}{R+h} = -\frac{gR^2 m}{R+h} \equiv -\frac{mgR}{1+\frac{h}{R}}$$

गुरुत्व के विरुद्ध किया गया कार्य (Work Done Against Gravity)

यदि m द्रव्यमान का पिण्ड पृथ्वी की सतह से h ऊँचाई तक ले जाया जाए तो स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन अथवा गुरुत्व के विरुद्ध किया गया कार्य $W = \Delta U = GMm\left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right]$

$$\Rightarrow \quad W = GMm\left[\frac{1}{R} - \frac{1}{R+h}\right] \quad [r_1 = R \text{ तथा } r_2 = R+h]$$

$$\Rightarrow \quad W = \frac{GMmh}{R^2\left(1+\frac{h}{R}\right)} = \frac{mgh}{1+\frac{h}{R}} \quad [\text{चूँकि } \frac{GM}{R^2} = g]$$

(1) यदि ऊँचाई h नगण्य न हो व पृथ्वी की त्रिज्या की कोटि की हो तब हम उपरोक्त सूत्र का प्रयोग करेंगे।

(2) यदि $h = nR$ तब $W = mgR\left(\frac{n}{n+1}\right)$

(3) यदि $h = R$ तब $W = \frac{1}{2}mgR$

(4) यदि h पृथ्वी की त्रिज्या की तुलना में बहुत कम है *($h << R$)*, तब पद h/R का मान नगण्य माना जा सकता है।

अतः $W = \frac{mgh}{1+h/R} = mgh \qquad \left[\because \frac{h}{R} \to 0\right]$

पलायन वेग (Escape Velocity)

पलायन वेग वह न्यूनतम वेग है जिससे किसी पिण्ड को पृथ्वी तल से ऊपर फेंकने पर वह पृथ्वी के गुरुत्वीय क्षेत्र को पार कर जाता है, और पृथ्वी पर कभी वापस नहीं लौटता है।

पिण्ड को पृथ्वी की सतह ($r = R$) से अनंत ($r = \infty$) तक ले जाने में किया गया कार्य

$$W = \int_R^\infty \frac{GMm}{x^2}dx = -GMm\left[\frac{1}{\infty} - \frac{1}{R}\right] \Rightarrow W = \frac{GMm}{R}$$

स्पष्ट है कि यदि हम m द्रव्यमान के पिण्ड को इतने वेग से फेंके कि उसकी गतिज ऊर्जा GMm/R के बराबर हो तो वह पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र के बाहर अंतरिक्ष में चला जाएगा।

यदि v_e आवश्यक पलायन वेग हो तो पिण्ड को $\frac{1}{2}mv_e^2$ गतिज ऊर्जा देनी होगी।

$$\therefore \quad \frac{1}{2}mv_e^2 = \frac{GMm}{R} \Rightarrow v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$\Rightarrow \quad v_e = \sqrt{2gR} \qquad [\text{चूँकि } GM = gR^2]$$

अथवा $v_e = \sqrt{2 \times \frac{4}{3}\pi\rho GR \times R} \Rightarrow v_e = R\sqrt{\frac{8}{3}\pi G\rho}$

$$[\text{चूँकि } g = \frac{4}{3}\pi\rho GR]$$

(1) पलायन वेग पिण्ड के द्रव्यमान व पिण्ड को प्रक्षेपित करने की दिशा पर निर्भर नहीं करता।

(2) पलायन वेग निर्देश पिण्ड (ग्रह) के द्रव्यमान व त्रिज्या पर निर्भर करता है। यदि किसी ग्रह के लिए (M/R) अथवा (gR) का मान अधिक हो तो उस ग्रह के लिए पलायन वेग अधिक होगा।

(3) पृथ्वी के लिए $g = 9.8 m/s^2$ तथा $R = 6400\ km$

$$\Rightarrow v_e = \sqrt{2 \times 9.8 \times 6.4 \times 10^6} = 11.2 km/\sec$$

(4) यदि किसी ग्रह पर वायुमण्डल में अणुओं का औसत (ऊष्मीय) वेग $\left[v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}\right]$ पलायन वेग से कम हो तो वहाँ वायुमण्डल उपस्थित होगा अन्यथा नहीं। यही कारण है कि पृथ्वी ($v_{rms} < v_e$) पर वायुमण्डल उपस्थित है जबकि चन्द्रमा ($v_{rms} > v_e$) पर वायुमण्डल अनुपस्थित होता है।

(5) यदि किसी पिण्ड को पलायन वेग से कम वेग ($v < v_e$) से फेंका जाए तो वह अधिकतम ऊँचाई तक जाकर या तो पृथ्वी के चारों ओर एक कक्षा में चक्कर लगाने लगेगा या फिर ग्रह की सतह पर गिर जाएगा।

(6) **पिण्ड द्वारा प्राप्त की गयी अधिकतम ऊँचाई :** माना किसी पिण्ड का द्रव्यमान (m) है व इसे v वेग से प्रक्षेपित किया जाता है, तो यह अधिकतम h ऊँचाई तक जाता है। चूँकि अधिकतम ऊँचाई पर वेग शून्य होगा, अतः गतिज ऊर्जा भी शून्य होगी।

अतः ऊर्जा संरक्षण के नियम से,

पृष्ठ पर कुल ऊर्जा = h ऊँचाई पर कुल ऊर्जा

$$\Rightarrow -\frac{GMm}{R} + \frac{1}{2}mv^2 = -\frac{GMm}{R+h} + 0$$

$$\Rightarrow \frac{v^2}{2} = GM\left[\frac{1}{R} - \frac{1}{R+h}\right] = \frac{GMh}{R(R+h)}$$

$$\Rightarrow \frac{2GM}{v^2 R} = \frac{R+h}{h} = 1 + \frac{R}{h}$$

$$\Rightarrow h=\frac{R}{\left(\frac{2GM}{v^2R}-1\right)}=\frac{R}{\frac{v_e^2}{v^2}-1}=R\left[\frac{v^2}{v_e^2-v^2}\right]$$

[चूँकि $v_e=\sqrt{\frac{2GM}{R}}\ \therefore\ \frac{2GM}{R}=v_e^2$]

(7) यदि किसी पिण्ड को पलायन वेग से अधिक वेग $(v>v_e)$ से फेंका जाए तो ऊर्जा संरक्षण के नियम से,

पृष्ठ पर कुल ऊर्जा = अनंत पर कुल ऊर्जा

$$\frac{1}{2}mv^2-\frac{GMm}{R}=\frac{1}{2}m(v')^2+0$$

अर्थात् $(v')^2=v^2-\frac{2GM}{R}\Rightarrow v'^2=v^2-v_e^2$ $\quad[\because\ \frac{2GM}{R}=v_e^2]$

$$\therefore\quad v'=\sqrt{v^2-v_e^2}$$

अर्थात् पिण्ड अर्न्तग्रहीय कक्षा में $\sqrt{v^2-v_e^2}$ वेग से घूमेगा।

(8) ऊर्जा की वह मात्रा जो किसी पिण्ड को देने पर पृथ्वी की सतह पर उसकी कुल ऊर्जा शून्य हो जाए, पलायन ऊर्जा कहलाती है।

अतः पृथ्वी की सतह पर कुल ऊर्जा $=KE+PE=0-\frac{GMm}{R}$

$\therefore$ पलायन ऊर्जा $=\frac{GMm}{R}$

(9) यदि किसी पिण्ड के लिए पलायन वेग प्रकाश के वेग के तुल्य है तो पिण्ड से कुछ भी पलायन नहीं होगा, यहाँ तक कि प्रकाश भी नहीं। ऐसे पिण्ड कृष्ण विवर (Black holes) कहलाते हैं।

कृष्ण विवर की त्रिज्या $R=\frac{2GM}{c^2}$

[$\because\ c=\sqrt{\frac{2GM}{R}}$, जहाँ c प्रकाश का वेग है]

ग्रहों की गति सम्बन्धी केपलर के नियम
(Kepler's Laws of Planetary Motion)

ग्रह वे खगोलीय पिण्ड है जो किसी तारे (सूर्य) के चारों ओर निश्चित् कक्षाओं में परिक्रमण करते हैं। सूर्य के नौ ग्रह हैं, बुध, शुक्र, पृथ्वी, मंगल, वृहस्पति, शनि, यूरेनस, नेप्च्यून तथा प्लूटो। इनमें बुध सूर्य के सबसे समीप सबसे छोटा तथा सबसे गर्म है। बृहस्पति सबसे बड़ा ग्रह है तथा इसके 12 चन्द्रमा (उपग्रह) हैं। शुक्र पृथ्वी के सबसे नजदीक है तथा सबसे चमकीला ग्रह है।

केपलर ने खगोलीय प्रेक्षणों के आधार पर सूर्य के चारों ओर ग्रहों की गति के तीन नियम प्रतिपादित किये, जिन्हें केपलर के ग्रहीय गति के नियम कहा जाता है। ये नियम निम्न हैं

(1) **प्रथम नियम (कक्षा का नियम) :** सभी ग्रह सूर्य के चारों ओर दीर्घ-वृत्ताकार कक्षाओं (elliptical orbits) में परिक्रमण करते हैं तथा सूर्य कक्षाओं के एक फोकस पर होता है।

(2) **द्वितीय नियम (क्षेत्रफल का नियम) :** किसी भी ग्रह को सूर्य से मिलाने वाली रेखा समान समयान्तरालों में समान क्षेत्रफल तय करती है अर्थात् ग्रह की क्षेत्रीय चाल नियत रहती है। इस नियम के अनुसार जब ग्रह सूर्य से दूर होगा उसकी गति मंद होगी तथा जब ग्रह सूर्य के समीप होगा उसकी गति तीव्र होगी। यह कोणीय संवेग संरक्षण नियम के अनुरूप है।

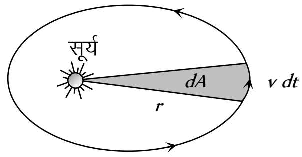


Fig. 8.23

क्षेत्रीय वेग $=\frac{dA}{dt}=\frac{1}{2}\frac{r(vdt)}{dt}=\frac{1}{2}rv$

$\Rightarrow \frac{dA}{dt}=\frac{L}{2m}$ $\quad$ [चूँकि $L=mvr$; $rv=\frac{L}{m}$]

(3) **तृतीय नियम (परिक्रमण काल का नियम) :** किसी भी ग्रह का सूर्य के परितः परिक्रमणकाल (एक पूरा चक्कर लगाने का समय) का वर्ग, उसकी दीर्घवृत्ताकार कक्षा के अर्द्ध-दीर्घ अक्ष (Semi-major axis) की तृतीय घात (घन) के अनुक्रमानुपाती होती है।

$T^2\propto a^3$ अथवा $T^2\propto\left(\frac{r_1+r_2}{2}\right)^3$

चित्र से $AB=AF+FB\Rightarrow 2a=r_1+r_2\ \Rightarrow a=\frac{r_1+r_2}{2}$

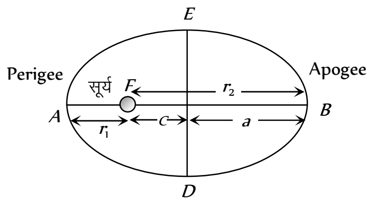


Fig. 8.24

जहाँ a = अर्द्ध दीर्घ अक्ष

r_1 = ग्रह की सूर्य से न्यूनतम दूरी (Perigee)

r_2 = ग्रह की सूर्य से अधिकतम दूरी (Apogee)

Table 8.2 : महत्वपूर्ण आँकड़े

ग्रह	अर्ध-दीर्घ अक्ष (10^{10} मीटर)	काल T(वर्ष)	T^2/a^3 (10^{-34} वर्ष ^{2}/मीटर ^{3})
बुध	5.79	0.241	2.99
शुक्र	10.8	0.615	3.00
पृथ्वी	15.0	1.00	2.96
मंगल	22.8	1.88	2.98

बृहस्पति	77.8	11.9	3.01
शनि	143	29.5	2.98
यूरेनस	287	84.0	2.98
नेप्च्यून	450	165	2.99
प्लूटो	590	248	2.99

Note : ❑ केपलर के नियम उपग्रहों के लिए भी सत्य हैं।

सौर मण्डल

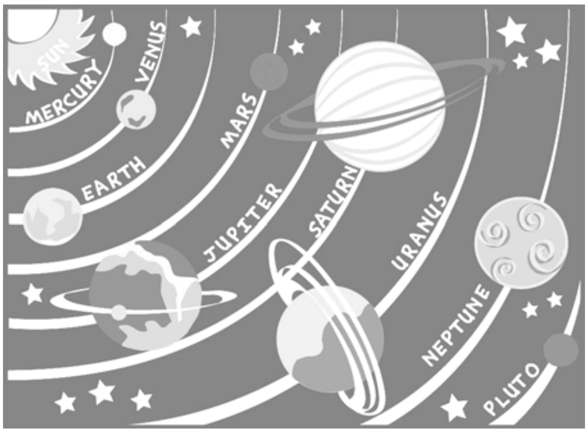


Fig. 8.25

उत्केन्द्रता के पदों में किसी ग्रह का वेग
(Velocity of a Planet in Terms of Eccentricity)

सूर्य से ग्रह की न्यूनतम व अधिकतम दूरी पर कोणीय संवेग संरक्षण नियम का प्रयोग करने पर,

$$mv_p r_p = mv_a r_a$$

$$\Rightarrow \quad \frac{v_p}{v_a} = \frac{r_a}{r_p} = \frac{a+c}{a-c} = \frac{1+e}{1-e}$$

[$r_p = a - c, \quad r_a = a + c$ व उत्केन्द्रता $e = \frac{c}{a}$]

अब ग्रह की न्यूनतम व अधिकतम दूरी पर यांत्रिक ऊर्जा संरक्षण नियम का प्रयोग करने पर,

$$\frac{1}{2}mv_p^2 - \frac{GMm}{r_p} = \frac{1}{2}mv_a^2 - \frac{GMm}{r_a}$$

$$\Rightarrow v_p^2 - v_a^2 = 2GM\left[\frac{1}{r_p} - \frac{1}{r_a}\right]$$

$$\Rightarrow v_a^2\left[\frac{r_a^2 - r_p^2}{r_p^2}\right] = 2GM\left[\frac{r_a - r_p}{r_a r_p}\right] \qquad \left[\text{चूँकि } v_p = \frac{v_a r_a}{r_p}\right]$$

$$\Rightarrow \quad v_a^2 = \frac{2GM}{r_a + r_p}\left[\frac{r_p}{r_a}\right] \Rightarrow v_a^2 = \frac{2GM}{a}\left(\frac{a-c}{a+c}\right) = \frac{GM}{a}\left(\frac{1-e}{1+e}\right)$$

अतः सूर्य से अधिकतम व न्यूनतम दूरी पर ग्रह का वेग

$$v_a = \sqrt{\frac{GM}{a}\left(\frac{1-e}{1+e}\right)},$$

$$v_p = \sqrt{\frac{GM}{a}\left(\frac{1+e}{1-e}\right)}$$

Note:: ❑ गुरुत्वाकर्षण बल एक केन्द्रीय बल है अतः ग्रह पर सूर्य के सापेक्ष बल आघूर्ण सदैव शून्य होगा। अतः किसी ग्रह अथवा उपग्रह का कोणीय संवेग सदैव नियत होगा तथा यह कक्षा के आकार पर निर्भर नहीं करेगा।

Table 8.3 : ग्रहों के कुछ गुण

	बुध	शुक्र	पृथ्वी	मंगल	बृहस्पति	शनि	यूरेनस	नेप्च्यून	प्लूटो
सूर्य से माध्य दूरी, 10^6 *km*	57.9	108	150	228	778	1430	2870	4500	5900
परिक्रमण काल, वर्ष	0.241	0.615	1.00	1.88	11.9	29.5	84.0	165	248
कक्षीय वेग, *km/s*	47.9	35.0	29.8	24.1	13.1	9.64	6.81	5.43	4.74
विषुवत् रेखीय व्यास, *km*	4880	12100	12800	6790	143000	120000	51800	49500	2300
द्रव्यमान (पृथ्वी =1)	0.0558	0.815	1.000	0.107	318	95.1	14.5	17.2	0.002
घनत्व (जल =1)	5.60	5.20	5.52	3.95	1.31	0.704	1.21	1.67	2.03
सतह पर *g* का मान, m/s^2	3.78	8.60	9.78	3.72	22.9	9.05	7.77	11.0	0.5
पलायन वेग, *km/s*	4.3	10.3	11.2	5.0	59.5	35.6	21.2	23.6	1.1
ज्ञात उपग्रह	0	0	1	2	16 वलय	18 वलय	17 वलय	8 वलय	1

उपग्रह का कक्षीय वेग
(Orbital Velocity of Satellite)

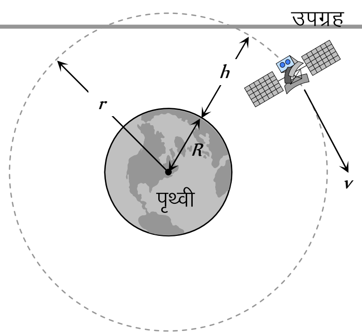


Fig. 8.26

वह कृत्रिम अथवा प्राकृतिक पिण्ड जो गुरुत्वाकर्षण बल के प्रभाव में किसी ग्रह का परिक्रमण करता है, उपग्रह कहलाता है। चन्द्रमा पृथ्वी का एक प्राकृतिक उपग्रह है जबकि INSAT-1B पृथ्वी का एक कृत्रिम उपग्रह है।

कृत्रिम उपग्रह स्थापित करने की शर्त यह है कि उपग्रह की कक्षा का केन्द्र पृथ्वी के केन्द्र के साथ संपाती होना चाहिए तथा उपग्रह को विषुवत् वृत्त के अनुदिश परिक्रमण करना चाहिए।

किसी उपग्रह को किसी ग्रह के चारों ओर उसकी कक्षा में स्थापित करने के लिए आवश्यक वेग उसका कक्षीय वेग कहलाता है।

परिक्रमण के लिए आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल, गुरुत्वाकर्षण बल द्वारा प्रदान किया जाता है।

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad v = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h}} = R\sqrt{\frac{g}{R+h}}$$

[$\because$ $GM = gR^2$ तथा $r = R+h$]

(1) कक्षीय वेग उपग्रह के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता तथा इसकी दिशा सदैव कक्षा के स्पर्श रेखीय होती है। अर्थात् यदि अलग-अलग द्रव्यमानों के उपग्रह समान कक्षा में परिक्रमण कर रहें हो तो उनके परिक्रमण काल समान होंगे।

(2) कक्षीय वेग केन्द्रीय पिण्ड के द्रव्यमान व कक्षा की त्रिज्या पर निर्भर करता है।

(3) एक दिये गये ग्रह के लिए यदि कक्षा की त्रिज्या अधिक हो तो कक्षीय वेग कम होगा $\left(v \propto 1/\sqrt{r}\right)$

(4) यदि उपग्रह पृथ्वी की सतह के समीप हो, तो कक्षीय वेग

$$\therefore \; v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{gR} \qquad [\text{चूँकि } h=0 \text{ तथा } GM = gR^2]$$

पृथ्वी के लिए $v = \sqrt{9.8 \times 6.4 \times 10^6} = 7.9\, km/s \approx 8\, km/\sec$

(5) कक्षीय वेग व पलायन वेग में संबंध $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$

[चूँकि $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$]

$$\therefore \quad v = \frac{v_e}{\sqrt{2}} \text{ अर्थात् } v_{\text{पलायन}} = \sqrt{2}\; v_{\text{कक्षीय}}$$

अर्थात् यदि पृथ्वी के निकट परिक्रमण कर रहे, उपग्रह की कक्षीय चाल $\sqrt{2}$ गुना (अथवा 41% बढ़ा दे) कर दें तो वह पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से पलायन कर जाएगा।

(6) यदि ग्रह व उपग्रह के मध्य बल $F \propto \frac{1}{r^n}$ के अनुसार परिवर्ती हो तो कक्षीय वेग $v \propto \frac{1}{\sqrt{r^n - 1}}$ के अनुसार परिवर्तित होगा।

उपग्रह का परिक्रमण काल (Time Period of Satellite)

किसी उपग्रह द्वारा ग्रह के चारों ओर एक परिक्रमा पूर्ण करने में लगा समय उसका परिक्रमण काल कहलााता है।

$$\therefore T = \frac{\text{मार्ग की परिधि}}{\text{कक्षीय चाल}}$$

$$\Rightarrow \quad T = \frac{2\pi r}{v} = 2\pi r\sqrt{\frac{r}{GM}} \qquad [\text{चूँकि } v = \sqrt{\frac{GM}{r}}]$$

$$\Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}} = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{gR^2}} \quad [\text{चूँकि } GM = gR^2]$$

$$\Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{gR^2}} = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}\left(1+\frac{h}{R}\right)^{3/2} \quad [\text{चूँकि } r = R+h]$$

(1) सूत्र $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$, से स्पष्ट है कि परिक्रमण काल उपग्रह के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता परन्तु ग्रह के द्रव्यमान व कक्षा की त्रिज्या पर निर्भर करता है।

(2) $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$

$$\Rightarrow \quad T^2 = \frac{4\pi^2}{GM}r^3 \text{ अर्थात् } T^2 \propto r^3$$

जो कि केपलर के तृतीय नियम के अनुरूप है। यदि कक्षा दीर्घवृत्ताकार हो तो $r = a$ अर्द्ध दीर्घ अक्ष।

(3) पृथ्वी के निकट किसी उपग्रह का परिक्रमण काल

सूत्र $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}} = 2\pi\sqrt{\frac{R^3}{gR^2}} = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$

[चूँकि $h = 0$ तथा $GM = gR^2$]

पृथ्वी के लिए $R = 6400\, km$ तथा $g = 9.8 m/s^2$

$T = 84.6$ मिनट ≈ 1.4 घंटे

(4) पृथ्वी के निकट किसी ग्रह का परिक्रमण काल घनत्व के पदों में

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}} = 2\pi\sqrt{\frac{R^3}{GM}} = \frac{2\pi\left(R^3\right)^{1/2}}{\left[G\frac{4}{3}\pi R^3\rho\right]^{1/2}} = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$$

(5) यदि ग्रह व उपग्रह के मध्य गुरुत्वाकर्षण बल $F \propto \frac{1}{r^n}$ के अनुरूप परिवर्तित हो तो आवर्तकाल $T \propto r^{\frac{n+1}{2}}$ के अनुरूप परिवर्तित होगा।

(6) यदि विषुवत् रेखीय तल में कोई उपग्रह, पृथ्वी के घूर्णन की दिशा में (पश्चिम से पूर्व) घूम रहा हो तो पृथ्वी पर उपस्थित किसी प्रेक्षक के लिए उपग्रह का कोणीय वेग $(\omega_S - \omega_E)$ होगा तथा परिक्रमण काल

$$T = \frac{2\pi}{\omega_s - \omega_E} = \frac{T_S T_E}{T_E - T_S} \qquad \left[\text{चूँकि } T = \frac{2\pi}{\omega}\right]$$

यदि $\omega_S = \omega_E$, $T = \infty$ अर्थात् उपग्रह, पृथ्वी के सापेक्ष स्थिर दिखाई देगा। ऐसे उपग्रह भू-स्थायी उपग्रह कहलाते हैं।

उपग्रह की ऊँचाई (Height of Satellite)

हम जानते हैं कि उपग्रह का परिक्रमण काल

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}} = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{gR^2}}$$

दोनों पक्षों का वर्ग करके पुनः व्यवस्थित करने पर

$$\frac{gR^2T^2}{4\pi^2} = (R+h)^3 \Rightarrow h = \left(\frac{T^2 gR^2}{4\pi^2}\right)^{1/3} - R$$

अर्थात् परिक्रमण काल ज्ञात करके पृथ्वी तल से उपग्रह की ऊँचाई ज्ञात की जा सकती है।

भू–स्थायी उपग्रह (Geostationary Satellite)

वह उपग्रह जो पृथ्वी के सापेक्ष स्थिर दिखाई दे भूस्थायी, तुल्यकाली अथवा संचार उपग्रह कहलाता है।

भू-स्थायी उपग्रह का पृथ्वी के किसी स्थान के सापेक्ष वेग शून्य होता है अतः यह स्थिर दिखाई देता है। वास्तव में इसका परिक्रमण काल 24 घंटा होता है।

भू-स्थायी उपग्रह की कक्षा को पार्किंग कक्षा (Parking orbit) कहते हैं।

(1) इसे भूमध्य रेखा के तल में, इस प्रकार घूमना चाहिए कि इसकी कक्षा का केन्द्र पृथ्वी के केन्द्र के साथ संपाती होना चाहिए।

(2) इसके घूर्णन की दिशा पृथ्वी के समान अर्थात् पश्चिम से पूर्व होना चाहिए। (दक्षिणावर्त दिशा में)

(3) इसका पृथ्वी के चारों ओर परिक्रमण काल उतना ही होना चाहिए जितना पृथ्वी का अपने अक्ष के परितः घूर्णनकाल है।

$\therefore\ T = 24\ hr = 86400\ sec$

(4) भू-स्थायी उपग्रह की ऊँचाई

चूँकि $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{r^3}{GM}} \Rightarrow 2\pi\sqrt{\dfrac{(R+h)^3}{GM}} = 24\,hr$

G व M का मान रखने पर, $R + h = r = 42000\ km = 7R$

$\therefore$ पृथ्वी सतह से भू-स्थायी उपग्रह की ऊँचाई $h = 6R = 36000\ km$

(5) भू-स्थायी उपग्रह का कक्षीय वेग $v = \sqrt{\dfrac{GM}{r}}$

G व M का मान रखने पर $v = 3.08\ km/sec$

उपग्रह का कोणीय संवेग (Angular Momentum of Satellite)

उपग्रह का कोणीय संवेग $L = mvr$

$\Rightarrow L = m\sqrt{\dfrac{GM}{r}}\,r = \sqrt{m^2GMr}$ [चूँकि $v = \sqrt{\dfrac{GM}{r}}$]

अर्थात् उपग्रह का कोणीय संवेग ग्रह व उपग्रह दोनों के द्रव्यमान व कक्षा की त्रिज्या पर निर्भर करता है।

(1) उपग्रह की कक्षीय गति के दौरान लगने वाला बल, केन्द्रीय बल है अतः बल आघूर्ण = 0 अतः उपग्रह का कोणीय संवेग संरक्षित रहता है।

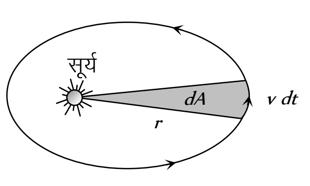


Fig. 8.27

(2) उपग्रह की कक्षीय गति के दौरान

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2}\frac{(r)(vdt)}{dt} = \frac{1}{2}rv \Rightarrow \frac{dA}{dt} = \frac{L}{2m} \quad [\text{चूँकि } L = mvr\ ]$$

साथ ही $L =$ नियतांक $\Rightarrow (dA/dt) =$ नियतांक जो कि केपलर का द्वितीय नियम है।

अर्थात् केपलर का द्वितीय नियम अथवा ग्रहों की क्षेत्रीय चाल का नियत रहना कोणीय संवेग के संरक्षण का ही परिणाम होता है।

उपग्रह की ऊर्जा (Energy of Satellite)

जब कोई उपग्रह किसी ग्रह के चारों ओर परिक्रमण करता है तो उसमें स्थितिज ऊर्जा (पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के विरुद्ध, उसकी स्थिति के कारण) तथा गतिज ऊर्जा (कक्षीय गति के कारण) दोनों विद्यमान रहती हैं।

(1) **स्थितिज ऊर्जा** : $U = mV = \dfrac{-GMm}{r} = \dfrac{-L^2}{mr^2}$

$$\left[\because\ V = \frac{-GM}{r}, L^2 = m^2GMr\right]$$

(2) **गतिज ऊर्जा** : $K = \dfrac{1}{2}mv^2 = \dfrac{GMm}{2r} = \dfrac{L^2}{2mr^2}$

$$\left[\because v = \sqrt{\frac{GM}{r}}\right]$$

(3) **कुल ऊर्जा**

$$E = U + K = \frac{-GMm}{r} + \frac{GMm}{2r} = \frac{-GMm}{2r} = \frac{-L^2}{2mr^2}$$

(i) किसी उपग्रह की गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा अथवा कुल ऊर्जा उपग्रह व केन्द्रीय पिण्ड दोनों के द्रव्यमान पर तथा कक्षा की त्रिज्या पर निर्भर करती है।

(ii) उपरोक्त व्यंजकों से स्पष्ट है कि

गतिज ऊर्जा (K) = – (कुल ऊर्जा)

स्थितिज ऊर्जा (U) = 2 (कुल ऊर्जा)

स्थितिज ऊर्जा (K) = – 2 (गतिज ऊर्जा)

(iii) उपग्रह के लिए ऊर्जा वितरण ग्राफ

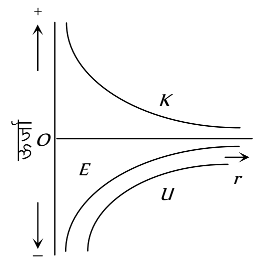
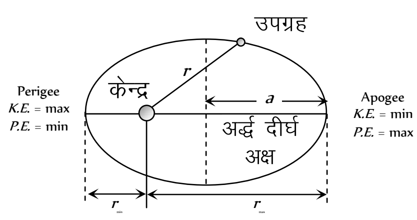


Fig. 8.28

(iv) दीर्घवृत्तीय कक्षा में ऊर्जा वितरण



(B)

$$W = \left(-\frac{GMm}{2r_2}\right) - \left(-\frac{GMm}{2r_1}\right)$$

$$W = \frac{GMm}{2}\left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right]$$

(v) यदि उपग्रह की कक्षा दीर्घवृत्ताकार हो, तब

(a) कुल ऊर्जा $(E) = \frac{-GMm}{2a}$ = नियतांक; जहाँ a अर्द्ध-दीर्घअक्ष है।

(b) जब उपग्रह केन्द्रीय पिण्ड के समीप होगा (at perigee) उसकी गतिज ऊर्जा अधिकतम होगी तथा जब वह केन्द्रीय पिण्ड से दूर होगा (at apogee) उसकी गतिज ऊर्जा न्यूनतम होगी।

(c) स्थितिज ऊर्जा तब न्यूनतम होगी, जब गतिज ऊर्जा अधिकतम हो अर्थात् केन्द्रीय पिण्ड के समीप (at perigee) व स्थितिज ऊर्जा तब अधिकतम होगी जब गतिज ऊर्जा न्यूनतम हो अर्थात् केन्द्रीय पिण्ड से दूर (at apogee)

(vi) **बंधन ऊर्जा :** किसी उपग्रह की अपनी कक्षा में कुल ऊर्जा ऋणात्मक होती है। ऋणात्मक ऊर्जा होने का अर्थ है कि उपग्रह केन्द्रीय पिण्ड से किसी आकर्षण बल द्वारा बँधा है अर्थात् उपग्रह को इस बंधन से मुक्त कराकर परिक्रमण कक्षा से अनंत तक ले जाने के लिए ऊर्जा की आवश्यकता है। यह आवश्यक ऊर्जा ही बंधन ऊर्जा कहलाती है।

अर्थात् बंधन ऊर्जा (B.E.) $= -E = \frac{GMm}{2r}$

उपग्रह का कक्ष परिवर्तन (Change in the Orbit of Satellite)

जब उपग्रह को उच्च कक्षा $(r_2 > r_1)$ में स्थानांतरित करें तो उससे संबंधित राशियों के मान में परिवर्तन निम्न सारणी में प्रदर्शित है।

Table : 8.3 संबंधित राशियों के मान में परिवर्तन

राशि	परिवर्तन	r से संबंध
कक्षीय वेग (v)	घटेगा	$v \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$
परिक्रमण काल (T)	बढ़ेगा	$T \propto r^{3/2}$
रेखीय संवेग (p)	घटेगा	$p \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$
कोणीय संवेग (L)	बढ़ेगा	$L \propto \sqrt{r}$
गतिज ऊर्जा (K)	घटेगी	$K \propto \frac{1}{r}$
स्थितिज ऊर्जा (U)	बढ़ेगी	$U \propto -\frac{1}{r}$
कुल ऊर्जा (E)	बढ़ेगी	$E \propto -\frac{1}{r}$
बंधन ऊर्जा (BE)	घटेगी	$BE \propto \frac{1}{r}$

Note:: ❑ कक्ष परिवर्तन में किया गया कार्य $W = E_2 - E_1$

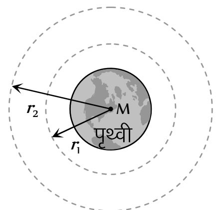


Fig. 8.30

भारहीनता (Weightlessness)

वस्तु का भार वह आकर्षण बल है, जिससे वह पृथ्वी के केन्द्र की ओर आकर्षित होती है। जब वस्तु पृथ्वी के सापेक्ष स्थिर होती है उसका भार गुरुत्व के तुल्य होता है। वस्तु के इस भार को स्थैतिक अथवा वास्तविक भार कहते हैं।

हमें अपने भार (जो गुरुत्व है) का अहसास तब होता है जब कोई अन्य वस्तु इसका विरोध करती है। वास्तव में, किसी पिण्ड के भार को मापने का रहस्य यह है कि जब पिण्ड तौलने वाली मशीन पर रखा जाता है तो मशीन भार का विरोध करती है। तौलने वाली मशीन का वस्तु पर प्रतिक्रिया बल वस्तु के भार की माप बताता है।

भारहीनता का अनुभव निम्न परिस्थितियों में किया जा सकता है।

(1) **जब वस्तु गुरुत्व के अधीन मुक्त रूप से गिरे :** उदाहरण के लिए, मुक्त रूप से गिरती लिफ्ट अथवा वायुयान के नीचे उतरते समय हमें भारहीनता का अनुभव होता है।

(2) **जब कोई उपग्रह पृथ्वी के परितः अपनी कक्षा में परिक्रमण करे :** अंतरिक्ष यात्रियों के लिए भारहीनता की स्थिति कई गंभीर समस्याऐं पैदा करती है। जैसे उन्हें अपनी गति नियंत्रित करने में कठिनाई होती है उपग्रह में हर वस्तु को ठीक से बांध कर रखना पड़ता है। अंतरिक्ष यान में कृत्रिम गुरुत्व का निर्माण इस समस्या का हल है।

(3) **जब वस्तु बाह्य अंतरिक्ष में शून्य बिन्दु पर हो :** यदि किसी पिण्ड को पृथ्वी व चन्द्रमा के मध्य, पृथ्वी से प्रक्षेपित किया जाए तो पृथ्वी से दूर जाने पर, उस पर पृथ्वी का आकर्षण बल घटेगा जबकि चन्द्रमा का आकर्षण बल बढ़ता जाएगा। एक विशेष स्थिति में, दोनों बल बराबर व विपरीत हो जाएगें तथा वस्तु पर कुल बल शून्य हो जाएगा। इस बिन्दु को शून्य बिन्दु कहेंगे तथा इस पर वस्तु भारहीनता का अनुभव करेगी।

उपग्रह में भारहीनता (Weightlessness in a Satellite)

कृत्रिम उपग्रह का अपना गुरुत्व नहीं होता, वह पृथ्वी के गुरुत्व के प्रभाव में उसके चारों ओर परिक्रमण करता है। पृथ्वी के केन्द्र की ओर उपग्रह का त्वरण $\frac{GM}{r^2}$ होता है।

यदि पृथ्वी का परिक्रमण कर रहे किसी उपग्रह की सतह पर m द्रव्यमान का एक पिण्ड रखें तब पिण्ड पर निम्न बल कार्यरत होंगे।

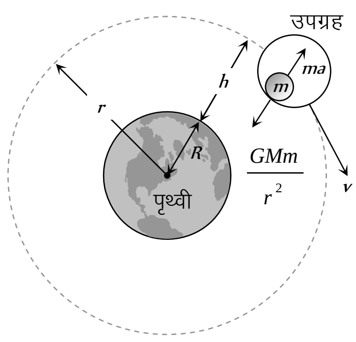


Fig. 8.31

पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण बल $= \frac{GMm}{r^2}$ एवं सतह का प्रतिक्रिया बल $= R$

अतः न्यूटन के द्वितीय नियम से $\frac{GmM}{r^2} - R = m\,a$

$$\frac{GmM}{r^2} - R = m\left(\frac{GM}{r^2}\right) \Rightarrow R = 0$$

अतः उपग्रह की सतह पिण्ड पर कोई बल आरोपित नहीं करेगी तथा उसका आभासी भार शून्य होगा।

पिण्ड को उपग्रह में विराम अवस्था में ठहरने के लिए किसी सहारे की आवश्यकता नहीं होती है, वह प्रत्येक स्थिति में एकसमान अनुभव करेगा। यही स्थिति भारहीनता कही जाती है।

(1) भारहीनता की स्थिति में अपनी गति नियंत्रित करना कठिन होता है, भार के अभाव में हम मुक्त रूप से तैरते हैं। एक स्थान से दूसरे स्थान तक जाने के लिए दीवारों अथवा स्थायी वस्तुओं को धक्का देना पड़ेगा।

(2) चूँकि प्रत्येक वस्तु मुक्त रूप से गिर रही है अतः वस्तुयें एक दूसरे के सापेक्ष विराम में रहेगी अर्थात् यदि किसी वस्तु के नीचे से टेबल हटा लें तब भी वस्तु अपनी स्थिति में (बिना किसी सहारे के) बनी रहेगी।

(3) यदि पानी से भरे पात्र को उल्टा करके हटा लें तो पानी पात्र के आकार में तैरने लगेगा, पृष्ठ तनाव के कारण बहेगा नहीं।

(4) यदि माचिस जलायी जाए तो उसका शीर्ष तो जल जाएगा परन्तु काड़ी (stick) नहीं जलेगी, क्योंकि भारहीनता की स्थिति में संवहन धाराऐं नहीं बह सकेंगी जो दहन के लिए ऑक्सीजन ले जाती हैं।

(5) यदि हम सरल लोलक का प्रयोग करना चाहे तो, लोलक दोलन नहीं करेगा क्योंकि इस स्थिति में, कोई प्रत्यानयन बल आघूर्ण उपस्थित नहीं होगा। अतः $T = 2\pi\sqrt{(L/g')} = \infty$ $[\because\ g' = 0]$

(6) भारहीनता का अनुभव तभी किया जा सकता है जब उपग्रह का द्रव्यमान नगण्य हो तथा वह अपना गुरुत्व उत्पन्न न करे।

जैसे चन्द्रमा, पृथ्वी का उपग्रह है परन्तु वह अपने स्वयं के द्रव्यमान के कारण अपनी सतह पर रखी वस्तुओं पर गुरुत्वाकर्षण बल लगाता है अर्थात् चन्द्रमा की सतह पर किसी वस्तु का भार शून्य नहीं होगा।

Tips & Tricks

✍ पृथ्वी से संबंधित निर्देश फ्रेम अजड़त्वीय होती है क्योंकि पृथ्वी सूर्य के चारों ओर चक्कर के साथ–साथ अपनी अक्ष पर घूर्णी गति भी करती है।

✍ पृथ्वी पर वायुमण्डल की उपस्थिति गुरुत्व के कारण होती है।

✍ यदि पृथ्वी से सूर्य की दूरी वर्तमान दूरी की एक चौथाई हो जाये तो एक वर्ष का समय वर्तमान समय का 1/8 गुना हो जायेगा।

✍ यदि किसी कृत्रिम उपग्रह से कोई पैकिट छोड़ा जाता है तो यह पृथ्वी पर नीचे नहीं गिरता है बल्कि यह भी उसी कक्षा में उपग्रह के अनुदिश गति करता है।

✍ पृथ्वी का परिक्रमण करने वाले अंतरिक्ष यात्री लोलक घड़ी का इस्तेमाल नहीं कर सकते वे सिर्फ स्प्रिंग घड़ी का प्रयोग कर सकते हैं।

✍ अंतरिक्ष यात्रियों को वायुमंडल की अनुपस्थिति के कारण आकाश काला दिखाई पड़ता है।

✍ गुरुत्वीय बल वैद्युत बलों की अपेक्षा बहुत छोटे होते हैं क्योंकि G का मान बहुत कम होता है।

✍ गुरुत्वीय क्षेत्र का विमीय सूत्र तथा गुरुत्वीय त्वरण का विमीय सूत्र समान होता है।

✍ गुरुत्वीय क्षेत्र में किसी वस्तु की बंधन ऊर्जा अधिकतम होती है, यदि वस्तु विराम अवस्था में है।

✍ चन्द्रमा पृथ्वी का प्राकृतिक उपग्रह है, परंतु मनुष्य चन्द्रमा पर भारहीनता महसूस नहीं करता। इसका कारण है कि चन्द्रमा का द्रव्यमान बहुत अधिक होता है तथा यह मनुष्य पर स्वयं का गुरुत्वाकर्षण बल लगाता है। दूसरी तरफ कृत्रिम उपग्रह का द्रव्यमान बहुत कम होता है तथा अंतरिक्ष यात्री पर नगण्य गुरुत्वाकर्षण बल आरोपित करता है। अतः अंतरिक्ष यात्री कृत्रिम उपग्रह में भारहीनता महसूस करता है परंतु चंद्रमा पर नहीं।

✍ ग्रह सूर्य के चारों ओर चक्कर लगाते हुये खगोलीय पिण्ड हैं। सूर्य तथा उसके चारों ओर चक्कर लगाते नौ ग्रह मिलकर सौर मण्डल का निर्माण करते हैं।

✍ बुध तथा प्लूटो को छोड़कर शेष सभी ग्रह सूर्य के चारों ओर लगभग वृत्ताकार पथ में चक्कर लगाते हैं।

✍ यदि किसी ग्रह की त्रिज्या $x\%$ घटा दी जाये जबकि द्रव्यमान नियत रहे तो गुरुत्वीय त्वरण का मान $2x\%$ बढ़ जायेगा।

✍ यदि किसी ग्रह का द्रव्यमान $x\%$ बढ़ा दिया जाये जबकि त्रिज्या नियत रहे तो गुरुत्वीय त्वरण का मान $x\%$ बढ़ जायेगा।

✍ यदि किसी ग्रह का घनत्व $x\%$ घटा दी जाये जबकि त्रिज्या नियत रहे तो गुरुत्वीय त्वरण का मान $x\%$ घट जायेगा।

✍ यदि किसी ग्रह की त्रिज्या $x\%$ घटा दिया जाये जबकि घनतव नियत रहे तो गुरुत्वीय त्वरण का मान $x\%$ घट जायेगा।

✍ सूर्य के चारों ओर चक्कर लगाते हुये ग्रहों की कोणीय चाल, रेखीय चाल, गतिज ऊर्जा आदि समय के साथ परिवर्तित होते हैं परंतु कोणीय संवेग नियत रहता है।

✍ गुरुत्वीय द्रव्यमान तथा जड़त्वीय द्रव्यमान का अनुपात 1 होता है।

✍ यदि वस्तु का वेग प्रकाश के वेग के बराबर हो तो जड़त्वीय द्रव्यमान अनंत हो जायेगा।

✍ किसी खोखले गोले के भीतर गुरुत्वीय क्षेत्र शून्य होता है।

✍ यदि समान पदार्थ, द्रव्यमान तथा त्रिज्या के दो गोले एक दूसरे के स्पर्श में रखे जायें तो उनके मध्य गुरुत्वाकर्षण बल त्रिज्या की चौथी घात के समानुपाती होता है।

✍ चन्द्रमा पर कोई वायुमण्डल उपस्थित नहीं है क्योंकि चन्द्रमा का पलायन वेग गैसों के अणुओं के वर्गमाध्य मूल वेग से कम है।

✍ दो उपग्रह r_1 तथा r_2 त्रिज्याओं के वृत्तीय पथ में चक्कर लगा रहे हैं। उनकी कक्षीय चाल का अनुपात $v_1/v_2 = (r_2/r_1)^{1/2}$ होगा यह उनके द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है।

✍ ग्रह समान समय अंतराल में समान क्षेत्रफल तय करते हैं।

✍ यदि सूर्य का ग्रहों पर कार्यरत गुरुत्वाकर्षण बल उनके बीच की दूरी की nवीं घात के साथ परिवर्तित हो तो ग्रहों का वर्ष $R^{(n+1)/2}$ के

अनुक्रमानुपाती होगी।

✍ यदि पृथ्वी की अपनी अक्ष के परितः कोणीय चाल 1/800 rad s से अधिक हो जाती है तो व्यक्ति भूमध्य रेखा पर भारहीनता महसूस करेगा।

✍ पृथ्वी तल के समीप कक्षीय चाल का मान 7.92 kms होता है

✍ उपग्रह की ऊँचाई जितनी अधिक होगी, कक्षीय वेग का मान उतना ही कम होगा।

✍ कक्षीय वेग का मान उपग्रह के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है।

✍ कक्षीय वेग का मान ग्रह के द्रव्यमान तथा उसकी त्रिज्या पर निर्भर करता है।

✍ यदि उपग्रह की ऊँचाई पृथ्वी की त्रिज्या की n गुनी हो तो कक्षीय वेग का मान, पृथ्वी के समीप कक्षीय वेग का $(1/\sqrt{1+n})$ गुना होगा।

✍ यदि उपग्रह की कक्षा की त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या की n गुनी हो तो कक्षीय वेग का मान, पृथ्वी के समीप कक्षीय वेग का $(1/\sqrt{n})$ गुना होगा।

✍ उपग्रह का अभिकेन्द्रीय त्वरण, गुरुत्वीय त्वरण के बराबर होता है।

✍ m द्रव्यमान के उपग्रह की गुरुत्वाकर्षण स्थितिज ऊर्जा $U_p = -GMm/r$, होती है जहाँ r उपग्रह की कक्षा की त्रिज्या है।

उपग्रह की गतिज ऊर्जा $= \dfrac{GMm}{2r}$

✍ उपग्रह की कुल ऊर्जा

$$E = U + K = \frac{GMm}{2r} - \frac{GMm}{r} = -\frac{GMm}{2r}$$

✍ जब उपग्रह का वेग बढ़ता है तो इसकी गतिज ऊर्जा बढ़ती है अतः कुल ऊर्जा कम ऋणात्मक हो जाती है। अर्थात् उपग्रह अधिक त्रिज्या की कक्षा में घूमना शुरू कर देता है।

✍ यदि उपग्रह की कुल ऊर्जा धनात्मक हो जाती है तो यह पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से पलायन कर जायेगा।

✍ जब उपग्रह को अधिक ऊँचाई पर ले जाया जाता है तो इसकी स्थितिज ऊर्जा बढ़ जाती है (कम ऋणात्मक होती है) तथा गतिज ऊर्जा घट जाती है।

✍ किसी उपग्रह की गतिज ऊर्जा उसकी स्थितिज ऊर्जा से कम होती है। जब $KE = PE$ हो, तो उपग्रह पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से पलायन कर जायेगा।

✍ किसी उपग्रह को ग्रह के चारों ओर कक्षा में बनाये रखने में कोई ऊर्जा खर्च नहीं होती।

✍ पृथ्वी के समीप परिक्रमण करते उपग्रह का आवर्तकाल 84.6 मिनट अथवा 1.4 घंटे का होता है।

✍ भू-स्थायी उपग्रह वे उपग्रह होते हैं जो पृथ्वी तल पर प्रेक्षक के सापेक्ष स्थिर रहते हैं। इन्हें तुल्यकाली उपग्रह भी कहते हैं।

✍ भू–स्थायी उपग्रह की कक्षा को पार्किंग कक्षा कहते हैं।

✍ एक हाथी अथवा एक चींटी को गुरुत्व क्षेत्र से बाहर फेंकने के लिये प्रक्षेपण वेग समान होगा।

✍ पलायन वेग ग्रह के द्रव्यमान तथा आकार पर निर्भर करता है। इसलिये बृहस्पति (Jupiter) का पलायन वेग पृथ्वी की अपेक्षा अधिक तथा चन्द्रमा का पलायन वेग पृथ्वी की अपेक्षा कम है।

✍ कोई वस्तु पृथ्वी की परिक्रमा कर रही है। यदि इसका वेग 41.8% बढ़ा दिया जाये तो यह गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से पलायन कर जायेगी।

✍ यदि घनत्व को समान रखते हुये पृथ्वी की त्रिज्या दो गुनी कर दी जाये तो इसका पलायन वेग भी दो गुना हो जायेगा।

✍ पलायन वेग $= \sqrt{2} \times$ कक्षीय वेग

✍ यदि वस्तु पृथ्वी तल से h ऊँचाई पर है, तो उसका पलायन वेग $v_{es} = \sqrt{2g(R+h)}$

✍ पलायन वेग पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से बाहर जाने के लिये आवश्यक न्यूनतम वेग है।

✍ पृथ्वी तल से पलायन वेग का मान $= \sqrt{2gR} = 11.20\,kms^{-1}$

✍ वस्तु पलायन वेग से फेंके जाने पर वापस नहीं लौटेगी चाहे प्रक्षेपण कोण कुछ भी क्यों न हो।

✍ चन्द्रमा पर पलायन वेग 2.4 किमी/सै होता है।

✍ जब कोई प्रक्षेप्य, पलायन वेग से कम वेग से फेंका जाता है तो इसकी गुरुत्वाकर्षण स्थितिज ऊर्जा तथा गतिज ऊर्जा का योग ऋणात्मक होता है।

✍ यदि दो ग्रहों की त्रिज्या का अनुपात r है तथा उनकी सतह पर गुरुत्वीय त्वरण के मान का अनुपात a है तो उनके पलायन वेग का अनुपात $\sqrt{ar}$ होगा।

✍ यदि द्रव्यमान को नियत रखकर, पृथ्वी की त्रिज्या का मान दो गुना कर दें तो पलायन वेग का मान $(1/\sqrt{2})$ गुना हो जायेगा।

✍ यदि कोई वस्तु अनंत ऊँचाई से गिरती है तो पृथ्वी की सतह पर पहुँचते समय उसका वेग 11.2 किमी/सैकण्ड होगा।

✍ जब कोई वस्तु h ऊँचाई से गिरती है तो पृथ्वी की सतह पर पहुँचते समय उसका वेग निम्न सूत्र से दिया जायेगा

$= \left[2gR\left(\dfrac{h}{R+h}\right)\right]^{1/2}$; जब $h << R$, तो $v = \sqrt{2gh}$

✍ पुच्छल तारों (Comets) की पूंछ, सूर्य के विकिरण दाब के कारण सूर्य से दूर हो जाती है।

Ordinary Thinking

Objective Questions

न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण नियम

1. समुद्र में उठने वाले ज्वार का कारण है
   (a) चन्द्रमा का पृथ्वी पर लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल
   (b) सूर्य का पृथ्वी पर लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल
   (c) शुक्र का पृथ्वी पर लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल
   (d) पृथ्वी के स्वयं के वायुमण्डल का प्रभाव

2. यदि गुरुत्वीय प्रभाव कम हो, तो निम्न में से कौनसा बल बदलेगा [NCERT 1978]
   (a) श्यान बल
   (b) आर्किमिडीज का उछाल बल
   (c) स्थिर वैद्युत बल
   (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

3. पृथ्वी का एक उपग्रह एक समान वेग v से वृत्तीय कक्षा में परिक्रमण कर रहा है। यदि अचानक गुरुत्वाकर्षण बल समाप्त हो जाए तो उपग्रह [AIIMS 1982; AIEEE 2002]
   (a) उसी कक्षा में v वेग से परिक्रमण करता रहेगा
   (b) कक्षा के स्पर्श रेखा के अनुदिश v वेग से गति करेगा
   (c) वेग में वृद्धि होकर गिर जाएगा
   (d) अंततः मूल कक्षा के किसी बिन्दु पर विराम स्थिति में आ जाएगा

4. पृथ्वी से वायुमण्डल सम्बद्ध है [IIT 1986]
   (a) वायु द्वारा (b) गुरुत्व द्वारा
   (c) बादलों द्वारा (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

5. पृथ्वी के केन्द्र पर वस्तु का भार है [AFMC 1988]
   (a) शून्य
   (b) अनन्त
   (c) पृथ्वी की सतह पर भार के तुल्य
   (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

6. यदि दो द्रव्यमानों के बीच की दूरी दोगुनी कर दी जाए तो उनके बीच गुरुत्वाकर्षण बल [CPMT 1973; AMU (Med.) 2000]
   (a) दोगुना हो जाएगा (b) चार गुना हो जाएगा
   (c) आधा हो जाएगा (d) एक चौथाई हो जाएगा

7. निम्न में से कौनसा तथ्य यह प्रदर्शित करता है कि पृथ्वी पर एक बल कार्य करता है जिसकी दिशा सूर्य की ओर होती है [AIIMS 1980]
   (a) गिरते हुये पिण्डों में पूर्व की ओर विचलन
   (b) पृथ्वी का सूर्य के चारों ओर परिक्रमण करना
   (c) दिन और रात का होना
   (d) सूर्य की पृथ्वी के चारों ओर आभासी गति

8. निर्वात् में एक-दूसरे से 1 m की दूरी पर स्थित दो 1 kg के द्रव्यमानों के बीच लगने वाला गुरुत्वीय बल है [DPMT 1984]
   (a) शून्य (b) $6.675 \times 10^{-5}\ N$
   (c) $6.675 \times 10^{-11}\ N$ (d) $6.675 \times 10^{-8}\ N$

9. परस्पर गुरुत्वीय आकर्षण के प्रभाव में दो समान द्रव्यमान कण त्रिज्या R के वृत्तीय पथ पर गति कर रहे हैं। प्रत्येक कण की चाल होगी [CBSE PMT 1995; RPMT 2003]
   (a) $v = \frac{1}{2R}\sqrt{\frac{1}{Gm}}$ (b) $v = \sqrt{\frac{Gm}{2R}}$
   (c) $v = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{Gm}{R}}$ (d) $v = \sqrt{\frac{4Gm}{R}}$

10. पृथ्वी (द्रव्यमान $= 6 \times 10^{24}$ किग्रा) सूर्य के चारों ओर 2×10^{-7} रेडियन/सैकण्ड के कोणीय वेग से 1.5×10^{8} किमी त्रिज्या की वृत्तीय कक्षा में परिक्रमण कर रही है। सूर्य द्वारा पृथ्वी पर आरोपित बल न्यूटन में है [CBSE PMT 1995; AFMC 1999; Pb. PMT 2003]
    (a) 18×10^{25} (b) शून्य
    (c) 27×10^{39} (d) 36×10^{21}

11. गुरुत्वीय द्रव्यमान निम्न के समानुपाती है [AIIMS 1998]
    (a) गुरुत्वीय क्षेत्र (b) गुरुत्वीय बल
    (c) गुरुत्वीय तीव्रता (d) उपरोक्त सभी

12. दो द्रव्यमानों m_1 तथा m_2, जिनके बीच की दूरी r है, के बीच लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल F निम्न सूत्र द्वारा दिया जाता है $F = k\frac{m_1 m_2}{r^2}$
    नियतांक k का मान [CPMT 1993]
    (a) केवल मात्रक पद्धति पर निर्भर करता है
    (b) केवल द्रव्यमानों के बीच के माध्यम पर निर्भर करता है
    (c) (a) तथा (b) दोनों पर निर्भर करता है
    (d) (a) तथा (b) दोनों पर निर्भर नहीं करता है

13. चन्द्रमा तथा पृथ्वी के केन्द्रों के बीच की दूरी D है। पृथ्वी का द्रव्यमान चन्द्रमा के द्रव्यमान का 81 गुना है। पृथ्वी के केन्द्र से किस दूरी पर गुरुत्वाकर्षण बल शून्य होगा [RPET 1996]
    (a) $\frac{D}{2}$ (b) $\frac{2D}{3}$
    (c) $\frac{4D}{3}$ (d) $\frac{9D}{10}$

14. किस वैज्ञानिक ने सर्वप्रथम G का प्रायोगिक मान दिया [AFMC 1997]
    (a) कैवेन्डिश (Cavendish) (b) कॉपर निकस (Copernicus)
    (c) ब्रुक टेलर (Brook Teylor) (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

15. चंद्रमा का द्रव्यमान $7.34 \times 10^{22}\ kg$ तथा त्रिज्या $1.74 \times 10^{6}\ m$ है। इसकी सतह पर गुरुत्वीय त्वरण का मान होगा [AMU 1999]
    (a) 1.45 N/kg (b) 1.55 N/kg
    (c) 1.75 N/kg (d) 1.62 N/kg

16. पृथ्वी के चारों ओर चक्कर लगाते हुए उपग्रह पर कार्यरत अभिकेन्द्रीय बल तथा उपग्रह पर पृथ्वी का गुरुत्वीय बल F दोनों बराबर है। उपग्रह पर कुल बल लगेगा **[AMU 1999]**

(a) शून्य (b) F

(c) $F\sqrt{2}$ (d) $2F$

17. उपग्रह में भारहीनता का कारण है **[RPMT 2000]**

(a) शून्य गुरुत्व

(b) द्रव्यमान केन्द्र

(c) उपग्रह की सतह द्वारा शून्य प्रतिक्रिया बल

(d) उपरोक्त में से कोई नहीं

18. द्रव्यमान M को दो भागों xM एवं $(1-x)M$ में विभाजित किया जाता है। दोनों के बीच एक निश्चित दूरी के लिए, x का क्या मान होना चाहिए जिससे दोनों भागों के बीच गुरुत्वाकर्षण बल अधिकतम हो

(a) $\frac{1}{2}$ (b) $\frac{3}{5}$

(c) 1 (d) 2

19. गुरुत्वाकर्षण बल है **[AIIMS 2002]**

(a) प्रतिकर्षण बल (b) स्थिर वैद्युत बल

(c) संरक्षी बल (d) असंरक्षी बल

20. दो वस्तुओं के मध्य गुरुत्वीय बल F_g निर्भर नहीं करता **[RPET 2003]**

(a) द्रव्यमानों के योग पर (b) द्रव्यमानों के गुणनफल पर

(c) गुरुत्वाकर्षण नियतांक पर (d) द्रव्यमानों के मध्य दूरी पर

21. दो गोले जिनके द्रव्यमान क्रमशः m तथा M है, वायु में स्थित हैं तथा उनके मध्य गुरुत्वाकर्षण बल F है। यदि दोनों द्रव्यमानों के मध्य स्थान को आपेक्षिक घनत्व 3 वाले द्रव से भर दिया जाये तो गुरुत्वाकर्षण बल हो जायेगा **[CBSE PMT 2003]**

(a) F (b) $\frac{F}{3}$

(c) $\frac{F}{9}$ (d) $3F$

22. पृथ्वी पर वायुमण्डल होने का कारण है **[J & K CET 2005]**

(a) गुरुत्व

(b) पृथ्वी तथा वायुमण्डल के बीच ऑक्सीजन की उपस्थिति

(c) (a) तथा (b) दोनों

(d) उपरोक्त में से कोई नहीं

23. गुरुत्वाकर्षण नियतांक के लिये निम्न कथनों में से कौन सा कथन सत्य है **[Kerala PET 2005]**

(a) यह एक बल है

(b) इसका कोई मात्रक नहीं है

(c) मात्रकों को सभी पद्धतियों में इसका मान समान होता है

(d) यह द्रव्यमानों के मान पर निर्भर नहीं करता

(e) यह वस्तुओं अथवा पिण्डों के बीच के माध्यम की प्रकृति पर निर्भर नहीं करता

24. दो एक समान तथा R त्रिज्या वाले ताँबे के ठोस गोलों को परस्पर सम्पर्क में रखा गया है। तब उनके बीच का गुरुत्वीय आकर्षण बल समानुपाती होगा **[Kerala PET 2005]**

(a) R^2 (b) R^{-2}

(c) R^4 (d) R^{-4}

गुरुत्वीय त्वरण

1. अन्तरिक्ष यानों में पृथ्वी की परिक्रमा करते समय भारहीनता अनुभव होने का कारण है **[NCERT 1978; DPMT 1982]**

(a) जड़त्व

(b) त्वरण

(c) शून्य गुरुत्व

(d) पृथ्वी की ओर मुक्त रूप से गिरना

2. यदि पृथ्वी तल से h ऊँचाई पर 'g' के मान में उतना ही परिवर्तन होता है जितना पृथ्वी के भीतर x गहराई पर (x तथा $h << R$) तब

(a) $x = h$ (b) $x = 2h$

(c) $x = \frac{h}{2}$ (d) $x = h^2$

3. कृत्रिम उपग्रह में एक सरल लोलक का आवर्तकाल होगा **[EAMCET 2001]** **[CPMT 1984; AFMC 2002]**

(a) शून्य (b) 2 *sec*

(c) 3 sec (d) अनन्त

4. दो ग्रहों के औसत घनत्व समान हैं परन्तु त्रिज्यायें R_1 तथा R_2 हैं। यदि इन ग्रहों पर गुरुत्वीय त्वरण क्रमशः g_1 तथा g_2 हो, तो **[AIIMS 1985]**

(a) $\frac{g_1}{g_2} = \frac{R_1}{R_2}$ (b) $\frac{g_1}{g_2} = \frac{R_2}{R_1}$

(c) $\frac{g_1}{g_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$ (d) $\frac{g_1}{g_2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$

5. समान त्रिज्या वाली लोहे की एक गेंद और लकड़ी की एक गेंद 'h' ऊँचाई से निर्वात् में छोड़ी जाती हैं। इनके पृथ्वी तक पहुँचने के समय होंगे **[NCERT 1975; AFMC 1998]**

(a) असमान (b) पूर्णतः समान

(c) लगभग समान (d) शून्य

6. प्रश्न 5 का सही उत्तर इस पर आधारित है कि **[NCERT 1975]**

(a) निर्वात् में गुरुत्वीय त्वरण का मान समान होता है, पिण्ड का आकार तथा द्रव्यमान चाहे जो हो

(b) निर्वात् में गुरुत्वीय त्वरण पिण्ड के द्रव्यमान पर निर्भर करता है

(c) निर्वात् में गुरुत्वीय त्वरण नहीं होता है

(d) निर्वात् में पिण्ड की गति का विरोध करने के लिए प्रतिरोध होता है तथा यह प्रतिरोध पिण्ड के द्रव्यमान पर निर्भर करता है

7. जब किसी पिण्ड को भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर ले जाया जाता है तो इसका भार **[EAMCET 1978]**

(a) स्थिर रहता है

(b) बढ़ता है

(c) घटता है

(d) उत्तरी ध्रुव पर बढ़ता है तथा दक्षिणी ध्रुव पर घटता है

8. एक m द्रव्यमान के पिण्ड को एक गहरी खदान की तली में ले जाया जाता है तो **[NCERT 1982]**

(a) इसका द्रव्यमान बढ़ता है (b) इसका द्रव्यमान घटता है

(c) इसका भार बढ़ता है (d) इसका भार घटता है

9. एक वस्तु का पृथ्वी तल पर भार 700 ग्राम भार है। उस ग्रह के तल पर इसका भार क्या होगा जिसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का 1/7 गुना तथा त्रिज्या 1/2 गुनी है [CMC Vellore 1984; AFMC 2000]

(a) 200 ग्राम भार (b) 400 ग्राम भार

(c) 50 ग्राम भार (d) 300 ग्राम भार

10. एक अन्तरिक्ष यात्री, जो कि भू-उपग्रह में है, को समय ज्ञात करने के लिए प्रयोग में लानी चाहिए [DPMT 1982]

(a) दोलन घड़ी

(b) घड़ी जो स्प्रिंग से चलती है

(c) दोलन घड़ी अथवा घड़ी

(d) न तो दोलन घड़ी और न ही घड़ी

11. दूर अन्तरिक्ष में M_0 द्रव्यमान तथा D_0 व्यास का एक गोलीय ग्रह है। m द्रव्यमान का एक कण इस ग्रह के पास स्वतंत्र रूप से गिरता है, तो कण में गुरुत्व के कारण त्वरण होगा [MP PMT 1987; DPMT 2002]

(a) GM_0 / D_0^2 (b) $4mGM_0 / D_0^2$

(c) $4GM_0 / D_0^2$ (d) GmM_0 / D_0^2

12. यदि पृथ्वी घूर्णन करना बन्द कर दें तो 'g' का मान भूमध्य रेखा पर [CPMT 1986]

(a) बढ़ जायेगा (b) समान रहेगा

(c) घट जायेगा (d) इनमें से कोई नहीं

13. किसी ग्रह का द्रव्यमान तथा व्यास पृथ्वी से दोगुने हैं। इस ग्रह के तल पर गुरुत्वीय त्वरण है [NCERT 1971; Pb. PMT 2000]

(a) $9.8\, m/\sec^2$ (b) $4.9\, m/\sec^2$

(c) $980\, m/\sec^2$ (d) $19.6\, m/\sec^2$

14. भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर जाने पर g का मान [CPMT 1975; AFMC 1995; AFMC 2004]

(a) नहीं बदलता है (b) घटता है

(c) बढ़ता है (d) 45° अक्षांश तक घटता है

15. गुरुत्वीय बल न्यूनतम होता है [CPMT 1992]

(a) भूमध्य रेखा पर

(b) ध्रुवों पर

(c) भूमध्य रेखा तथा किसी भी ध्रुव के बीच किसी बिन्दु पर

(d) उपरोक्त में से कोई नहीं

16. पृथ्वी की त्रिज्या 6400 *km* तथा $g = 10 m/\sec^2$ है। किसी 5 *kg* के पिण्ड का भार भूमध्य रेखा पर शून्य होने के लिए पृथ्वी की कोणीय चाल होगी [MP PMT 1985]

(a) 1/80 *rad/s* (b) 1/400 *rad/s*

(c) 1/800 *rad/s* (d) 1/1600 *rad/s*

17. पृथ्वी पर किसी विशेष बिन्दु पर 'g' का मान $9.8\, m/s^2$ है। माना कि अब पृथ्वी बिना द्रव्यमान क्षति के एक समान रूप से प्रारम्भिक आकार के आधे आकार में सिकुड़ जाती है तो इसी बिन्दु पर 'g' का मान होगा (माना कि इस बिन्दु की दूरी, पृथ्वी के केन्द्र के सापेक्ष नहीं सिकुड़ी है) [NCERT 1984; DPMT 1999]

(a) $4.9\, m/s^2$ (b) $3.1\, m/s^2$

(c) $9.8\, m/s^2$ (d) $19.6\, m/s^2$

18. यदि पृथ्वी की त्रिज्या R है एवं g उसके तल पर गुरुत्वीय त्वरण है तो पृथ्वी का माध्य घनत्व है MH CET (Med.) 1999; CBSE PMT 1995]

(a) $4\pi G / 3gR$ (b) $3\pi R / 4gG$

(c) $3g / 4\pi RG$ (d) $\pi RG / 12G$

19. किसी कोयले की खदान, समुद्र तल तथा पर्वत की चोटी पर किसी वस्तु के भार क्रमशः W_1, W_2 तथा W_3 हैं, तो [EAMCET 1990]

(a) $W_1 < W_2 > W_3$ (b) $W_1 = W_2 = W_3$

(c) $W_1 < W_2 < W_3$ (d) $W_1 > W_2 > W_3$

20. दो ग्रहों की त्रिज्यायें क्रमशः R_1 तथा R_2 हैं तथा उनके घनत्व क्रमशः ρ_1 तथा ρ_2 हैं। उनकी सतहों पर गुरुत्वीय त्वरणों का अनुपात होगा [MP PET 1994]

(a) $g_1 : g_2 = \frac{\rho_1}{R_1^2} : \frac{\rho_2}{R_2^2}$ (b) $g_1 : g_2 = R_1 R_2 : \rho_1 \rho_2$

(c) $g_1 : g_2 = R_1 \rho_2 : R_2 \rho_1$ (d) $g_1 : g_2 = R_1 \rho_1 : R_2 \rho_2$

21. पृथ्वी का द्रव्यमान चन्द्रमा के द्रव्यमान से 81 गुना है तथा पृथ्वी की त्रिज्या चन्द्रमा की त्रिज्या से 3.5 गुनी है। चन्द्रमा के पृष्ठ पर तथा पृथ्वी के पृष्ठ पर गुरुत्वीय त्वरणों का अनुपात होगा [MP PMT 1994]

(a) 0.15 (b) 0.04

(c) 1 (d) 6

22. अशुद्ध कथन ज्ञात कीजिए : गुरुत्वीय त्वरण 'g' का मान घटता है यदि [MP PMT 1994]

(a) हम पृथ्वी तल से नीचे पृथ्वी के केन्द्र की ओर जायें

(b) हम पृथ्वी तल से ऊपर की ओर जायें

(c) हम पृथ्वी तल पर भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर जायें

(d) पृथ्वी का घूर्णन वेग बढ़ा दिया जाए

23. निम्न में से कौनसा कथन सत्य है [Manipal MEE 1995]

(a) g का मान पृथ्वी की सतह पर, इसके ऊपर अथवा नीचे जाने पर प्राप्त g के मान से कम होता है

(b) g का मान पृथ्वी की सतह पर प्रत्येक जगह समान होता है

(c) भूमध्य रेखा पर g का मान अधिकतम होता है

(d) ध्रुवों पर g का मान भूमध्य रेखा से अधिक होता है

24. एक कमानीदार तुला को समुद्र तल पर अंशांकित किया गया है। इस तुला से किसी वस्तु को पृथ्वी तल से क्रमोत्तर बढ़ती ऊँचाइयों पर तौला जाये तो तुला द्वारा दर्शाया भार [MP PET 1995]

(a) निरन्तर बढ़ता जाएगा

(b) निरन्तर घटता जाएगा

(c) नियत रहेगा

(d) पहले बढ़ेगा तथा बाद में घटेगा

25. पृथ्वी की सतह पर g का मान 980 सेमी प्रति सैकण्ड है। इसकी सतह से 64 किलोमीटर ऊँचाई पर g का मान होगा (पृथ्वी की त्रिज्या $R = 6400\, km$) [MP PMT 1995]

(a) $960.40\ cm/\sec^2$ (b) $984.90\ cm/\sec^2$

(c) $982.45\ cm/\sec^2$ (d) $977.55\ cm/\sec^2$

26. निम्नलिखित में से सही कथन छाँटिए :

'एक उपग्रह में घूमने वाले अंतरिक्ष यात्री की भारहीनता की स्थिति है' [MP PMT 1995]

(a) शून्य g की स्थिति

(b) कोई गुरुत्व नहीं होने की स्थिति

(c) शून्य संहति होने की स्थिति

(d) मुक्त रूप से गिरने की स्थिति

27. यदि पृथ्वी अपनी वर्तमान गति के अधिक मान से गति करने लगे, तो किसी वस्तु का द्रव्यमान [Haryana CEE 1996]

(a) विषुवत् रेखा पर बढ़ जायेगा जबकि ध्रुवों पर अपरिवर्तित रहेगा

(b) विषुवत् रेखा पर कम हो जायेगा जबकि ध्रुवों पर अपरिवर्तित रहेगा

(c) विषुवत् रेखा पर अपरिवर्तित रहेगा जबकि ध्रुवों पर घट जायेगा

(d) विषुवत् रेखा पर अपरिवर्तित रहेगा जबकि ध्रुवों पर बढ़ जायेगा

28. यदि पृथ्वी की त्रिज्या सिकुड़कर वर्तमान की आधी रह जाए जबकि द्रव्यमान नियत रहे तब गुरुत्वीय त्वरण का नया मान होगा [MNR 1998]

(a) $g/2$ (b) $4g$

(c) $g/4$ (d) $2g$

29. चन्द्रमा की त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या का 1/4 भाग है और इसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का 1/80 भाग है। यदि पृथ्वी के तल पर गुरुत्वीय त्वरण g है, तो चन्द्रमा के तल पर इसका मान होगा [MP PMT 1997; MP PET 2000, 01; RPET 2000; Pb. PET 2001]

(a) $g/4$ (b) $g/5$

(c) $g/6$ (d) $g/8$

30. पृथ्वी की त्रिज्या R, कोणीय वेग ω तथा ध्रुवों पर 'g' का मान g_p है। अक्षांश $\lambda = 60°$ पर 'g' का प्रभावी मान होगा [MP PMT 1999]

(a) $g_p - \frac{1}{4}R\omega^2$ (b) $g_p - \frac{3}{4}R\omega^2$

(c) $g_p - R\omega^2$ (d) $g_p + \frac{1}{4}R\omega^2$

31. उस गहराई d का मान, जहाँ गुरुत्वीय त्वरण का मान सतह के मान का $\frac{1}{n}$ हो जाता है, होगा [R = पृथ्वी की त्रिज्या] [MP PMT 1999; Kerala PMT 2005]

(a) $\frac{R}{n}$ (b) $R\left(\frac{n-1}{n}\right)$

(c) $\frac{R}{n^2}$ (d) $R\left(\frac{n}{n+1}\right)$

32. पृथ्वी के ध्रुव से किस ऊँचाई पर गुरुत्वीय त्वरण का मान 1 प्रतिशत कम हो जाएगा (पृथ्वी की त्रिज्या = 6400 किमी) [KCET 1994]

(a) 32 km (b) 80 km

(c) 1.253 km (d) 64 km

33. दो ग्रहों के व्यासों में अनुपात 4 : 1 तथा माध्य घनत्वों में अनुपात 1 : 2 है। उन ग्रहों पर गुरुत्वीय त्वरण का अनुपात होगा [ISM Dhanbad 1994]

(a) 1 : 2 (b) 2 : 3

(c) 2 : 1 (d) 4 : 1

34. किस ऊँचाई पर गुरुत्वीय त्वरण का मान, सतह के मान का 25% रह जाएगा (पृथ्वी की त्रिज्या = R मीटर) [ISM Dhanbad 1994]

(a) $\frac{1}{4}R$ (b) R

(c) $\frac{3}{8}R$ (d) $\frac{R}{2}$

35. यदि पृथ्वी का कोणीय वेग दोगुना कर दिया जाए तो उत्तरी ध्रुव पर g का मान [EAMCET (Med.) 1995]

(a) दोगुना हो जाएगा (b) आधा हो जाएगा

(c) अपरिवर्तित रहेगा (d) शून्य हो जाएगा

36. किसी ग्रह की सतह पर गुरुत्वीय त्वरण का मान पृथ्वी की तुलना में एक चौथाई है। यदि पीतल की एक गेंद को उस ग्रह पर ले जाया जाए तो निम्न कथन असत्य है [SCRA 1994]

(a) पीतल की गेंद का इस ग्रह पर द्रव्यमान, पृथ्वी पर नापे गए द्रव्यमान की तुलना में एक चौथाई है

(b) पीतल की गेंद का इस ग्रह पर भार, पृथ्वी पर नापे गए भार की तुलना में एक चौथाई है

(c) पीतल की गेंद का इस ग्रह पर द्रव्यमान पृथ्वी पर नापे गए द्रव्यमान के बराबर होगा

(d) पीतल की गेंद का इस ग्रह पर आयतन, पृथ्वी पर नापे गए आयतन के बराबर होगा

37. 1 किग्रा द्रव्यमान का भार चन्द्रमा पर 1/6 रह जाता है। यदि चन्द्रमा की त्रिज्या 1.768×10^6 मीटर हो तो चन्द्रमा का द्रव्यमान होगा [RPET 1997]

(a) $1.99 \times 10^{30}\ kg$ (b) $7.56 \times 10^{22}\ kg$

(c) $5.98 \times 10^{24}\ kg$ (d) $7.65 \times 10^{22}\ kg$

38. पृथ्वी की त्रिज्या 6000 किमी है। पृथ्वी सतह से 6000 किमी ऊँचाई पर वस्तु का भार होगा [RPMT 1997]

(a) आधा (b) एक चौथाई

(c) एक तिहाई (d) समान

39. यदि g पृथ्वी की सतह पर गुरुत्वीय त्वरण, K पृथ्वी की घूर्णी गतिज ऊर्जा है। शेष सभी राशियाँ नियत मानते हुये पृथ्वी की त्रिज्या 2% कम हो जाए तब [BHU 1994; JIPMER 2000]

(a) g, 2% घट जाता है तथा K, 4% घट जाता है

(b) g, 4% घट जाता है तथा K, 2% बढ़ जाता है

(c) g, 4% बढ़ जाता है तथा K, 4% घट जाता है

(d) g, 4% घट जाता है तथा K, 4% बढ़ जाता है

40. 1 किग्रा शक्कर खरीदना कहाँ फायदेमंद होगा [RPET 1996]

(a) ध्रुवों पर (b) भूमध्य रेखा पर

(c) 45° अक्षांश पर (d) 40° अक्षांश पर

41. यदि पृथ्वी की त्रिज्या 1.5% कम हो जाए तब गुरुत्वीय त्वरण के मान में प्रतिशत परिवर्तन होगा (द्रव्यमान नियत रहेगा) [BHU 1997]

(a) 1% (b) 2%

(c) 3% (d) 4%

42. पृथ्वी का द्रव्यमान अपरिवर्तित रहते हुये यदि त्रिज्या 2% कम हो जाए तब, इसकी सतह पर स्थित वस्तु का भार [CPMT 1997; KCET 2001]

(a) घट जाएगा (b) बढ़ जाएगा

(c) अपरिवर्तित रहेगा (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

43. यदि किसी पिण्ड का द्रव्यमान पृथ्वी पर *M* हो तब चन्द्रमा की सतह पर इसका द्रव्यमान होगा [AIIMS 1997; RPMT 1997; JIPMER 2000]

(a) *M*/6 (b) शून्य

(c) *M* (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

44. चन्द्रमा का द्रव्यमान 7.34×10^{22} किग्रा तथा गुरुत्वीय त्वरण का मान 1.4 मी/सैकण्ड^2 है। चन्द्रमा की त्रिज्या होगी

$(G = 6.667 \times 10^{-11}\ Nm^2/kg^2)$ [AFMC 1998]

(a) $0.56 \times 10^4\ m$ (b) $1.87 \times 10^6\ m$

(c) $1.92 \times 10^6\ m$ (d) $1.01 \times 10^8\ m$

45. पृथ्वी का उसकी अक्ष के परितः कोणीय वेग क्या होना चाहिए ताकि भूमध्य रेखा पर किसी व्यक्ति का भार $\frac{3}{5}$ गुना हो जाये। भूमध्य रेखा पर पृथ्वी की त्रिज्या 6400 किलोमीटर है [AMU 1999]

(a) $7.4 \times 10^{-4}\ rad/\sec$ (b) $6.7 \times 10^{-4}\ rad/\sec$

(c) $7.8 \times 10^{-4}\ rad/\sec$ (d) $8.7 \times 10^{-4}\ rad/\sec$

46. पृथ्वी तल पर गुरुत्वीय त्वरण का मान '*g*' है। पृथ्वी तल से 32 किलोमीटर की ऊँचाई पर गुरुत्वीय त्वरण का मान क्या होगा, (पृथ्वी की त्रिज्या = 6400 किलोमीटर) [KCET 1999]

(a) 0.9 *g* (b) 0.99 *g*

(c) 0.8 *g* (d) 1.01 *g*

47. पृथ्वी तल से किस ऊँचाई पर '*g*' का मान, पृथ्वी तल से 10 किलोमीटर गहरी खान में *g* के मान के तुल्य होगा [RPET 1999]

(a) 20 *km* (b) 10 *km*

(c) 15 *km* (d) 5 *km*

48. यदि पृथ्वी का गुरुत्व समाप्त हो जाये तो किसी वस्तु का [BHU 1999; MHCET 2003]

(a) भार शून्य हो जाता है, परन्तु द्रव्यमान नहीं

(b) द्रव्यमान शून्य हो जाता है, परन्तु भार नहीं

(c) द्रव्यमान एवं भार दोनों शून्य हो जाते हैं

(d) न तो द्रव्यमान न ही भार शून्य होता है

49. पृथ्वी की सतह से उस बिन्दु की ऊँचाई क्या होगी जिस पर गुरुत्वीय त्वरण पृथ्वी की सतह पर गुरुत्वीय त्वरण का 1% हो जाये (*R* = पृथ्वी की त्रिज्या) [EAMCET (Engg.) 2000]

(a) 8 *R* (b) 9 *R*

(c) 10 *R* (d) 20 *R*

50. एक पिण्ड का पृथ्वी तल पर भार 72 *N* है। पृथ्वी तल से *R*/2 ऊँचाई पर इसका भार है [AIIMS 2000]

(a) 32 *N* (b) 56 *N*

(c) 72 *N* (d) शून्य

51. पृथ्वी का वह कोणीय वेग, जिससे घूमने पर 60° के अक्षांश पर गुरुत्वीय त्वरण का मान शून्य हो जाता है, होगा (पृथ्वी की त्रिज्या $= 6400$ किमी, ध्रुवों पर $g = 10$ मीटर/सैकण्ड^2) [EAMCET 2000]

(a) $2.5 \times 10^{-3}\ rad/s$ (b) $5.0 \times 10^{-1}\ rad/s$

(c) $10 \times 10^1\ rad/s$ (d) $7.8 \times 10^{-2}\ rad/s$

52. पृथ्वी को एकसमान घनत्व का गोला मानते हुए पृथ्वी तल से 100 किलोमीटर की गहराई पर एक खदान में गुरुत्वीय त्वरण का मान होगा [AFMC 2000; Pb. PMT 2000]

(a) $9.66\ m/s^2$ (b) $7.64\ m/s^2$

(c) 5.06 *m/s* (d) $3.10\ m/s^2$

53. यदि पृथ्वी की त्रिज्या *R* है, तो वह ऊँचाई '*h*' जिस पर '*g*' का मान एक चौथाई हो जाता है, होगी [BHU 2000]

(a) $\frac{R}{4}$ (b) $\frac{3R}{4}$

(c) R (d) $\frac{R}{8}$

54. पृथ्वी एवं चन्द्रमा की त्रिज्याएँ तथा घनत्व क्रमशः *R*, *r* तथा ρ_e, ρ_m है। पृथ्वी एवं चन्द्रमा की सतहों पर गुरुत्वीय त्वरणों का अनुपात है [EAMCET 2000]

(a) $\frac{R}{r}\frac{\rho_e}{\rho_m}$ (b) $\frac{r}{R}\frac{\rho_e}{\rho_m}$

(c) $\frac{r}{R}\frac{\rho_m}{\rho_e}$ (d) $\frac{R}{r}\frac{\rho_e}{\rho_m}$

55. पृथ्वी का द्रव्यमान एक ग्रह के द्रव्यमान का 80 गुना है एवं व्यास ग्रह के व्यास का दोगुना है। यदि पृथ्वी तल पर गुरुत्वीय त्वरण '*g*' का मान 9.8 मीटर/सैकण्ड^2 है, तो ग्रह पर '*g*' का मान होगा [Pb. PMT 1999; CPMT 2000]

(a) $4.9\ m/s^2$ (b) $0.98\ m/s^2$

(c) $0.49\ m/s^2$ (d) $49\ m/s^2$

56. मान लीजिए चन्द्रमा पर गुरुत्वीय त्वरण का मान पृथ्वी तल पर गुरुत्वीय त्वरण के मान से 0.2 गुना है। यदि पृथ्वी तल पर किसी प्रक्षेप्य की अधिकतम परास R_e है तो चन्द्रमा पर इसी प्रक्षेप्य की अधिकतम परास क्या होगी जबकि प्रक्षेप्य का वेग समान रखा जाता है [Kerala (Engg.) 2001]

(a) $0.2\ R_e$ (b) $2\ R_e$

(c) $0.5\ R_e$ (d) $5\ R_e$

57. पृथ्वी का कोणीय वेग क्या होना चाहिए ताकि भूमध्य रेखा पर वस्तु भारहीन प्रतीत हो ($g = 10$ मीटर/सैकण्ड^2, पृथ्वी की त्रिज्या $= 6400$ किलोमीटर) [Pb. PMT 2001]

(a) $1.25 \times 10^{-3}\ rad/sec$ (b) $1.56 \times 10^{-3}\ rad/sec$

(c) $1.25 \times 10^{-1}\ rad/sec$ (d) 1.56 *rad/sec*

58. पृथ्वी के केन्द्र से किस दूरी पर गुरुत्वीय त्वरण *g* का मान इसकी सतह के मान का आधा रह जायेगा (*R*-पृथ्वी की त्रिज्या) [MP PMT 2001]

(a) 2 *R* (b) *R*

(c) 1.414 *R* (d) 0.414 *R*

59. यदि पृथ्वी का घनत्व 4 गुना बढ़ा दें तथा इसकी त्रिज्या आधी कर दें, तो हमारा भार हो जायेगा [AMU (Engg.) 2001]

(a) चार गुना (b) दुगुना

(c) अपरिवर्तित रहेगा (d) आधा हो जायेगा

60. किसी ग्रह A पर मनुष्य 1.5 मीटर ऊँचाई तक उछल सकता है। उस ग्रह पर मनुष्य की उछाल क्या होगी जिसका घनत्व तथा त्रिज्या A की तुलना में क्रमशः एक चौथाई तथा एक तिहाई है [AMU (Med.) 2001]

(a) 1.5 m (b) 15 m
(c) 18 m (d) 28 m

61. किसी पिण्ड का भार अधिकतम होगा [AFMC 2001]

(a) चन्द्रमा पर (b) पृथ्वी के ध्रुवों पर
(c) पृथ्वी की भूमध्य रेखा पर (d) पृथ्वी के केन्द्र पर

62. पृथ्वी तल से h ($h >> R$) ऊँचाई पर गुरुत्वीय त्वरण होगा (जहाँ R-पृथ्वी की त्रिज्या एवं g पृथ्वी तल पर गुरुत्वीय त्वरण है) [RPET 2001]

(a) $\dfrac{g}{\left(1+\dfrac{h}{R}\right)^2}$ (b) $g\left(1-\dfrac{2h}{R}\right)$

(c) $\dfrac{g}{\left(1-\dfrac{h}{R}\right)^2}$ (d) $g\left(1-\dfrac{h}{R}\right)$

63. R त्रिज्या एवं d घनत्व वाले एक ग्रह की सतह के निकट गुरुत्वजनित त्वरण निम्न के अनुक्रमानुपाती है [MP PET 2002; AIEEE 2004]

(a) $\dfrac{d}{R^2}$ (b) dR^2

(c) dR (d) $\dfrac{d}{R}$

64. पृथ्वी के केन्द्र से r दूरी पर स्थित बिन्दु पर गुरुत्वजनित त्वरण का मान g है। यदि R पृथ्वी की त्रिज्या है तथा $r < R$ है, तब [CPMT 2002]

(a) $g \propto r$ (b) $g \propto r^2$
(c) $g \propto r^{-1}$ (d) $g \propto r^{-2}$

65. पृथ्वी की सतह पर किसी वस्तु का भार W न्यूटन है। सतह से पृथ्वी की त्रिज्या की आधी ऊँचाई पर इसका भार होगा [UPSEAT 2002]

(a) $\dfrac{W}{2}$ (b) $\dfrac{2W}{3}$

(c) $\dfrac{4W}{9}$ (d) $\dfrac{8W}{27}$

66. यदि पृथ्वी की त्रिज्या को नियत रखते हुये, घनत्व दोगुना कर दिया जाये तो गुरुत्वीय त्वरण हो जायेगा ($g = 9.8$ मीटर/सैकण्ड) [Pb. PMT 2002; Orissa 2002]

(a) $19.6\,m/s^2$ (b) $9.8\,m/s^2$
(c) $4.9\,m/s^2$ (d) $2.45\,m/s^2$

67. ध्रुवों पर गुरुत्वीय त्वरण g_p एवं भूमध्य रेखा पर गुरुत्वीय त्वरण g_e मे सम्बन्ध है [DPMT 2002]

(a) $g_p < g_e$ (b) $g_p = g_e = g$
(c) $g_p = g_e < g$ (d) $g_p > g_e$

68. यदि पृथ्वी तल पर गुरुत्वीय त्वरण का मान 10 मीटर/सैकण्ड है तो इसका मान पृथ्वी के केन्द्र पर क्या होगा (यदि पृथ्वी को R त्रिज्या एवं एकसमान घनत्व का गोला मान लिया जाये) [AIIMS 2002]

(a) 5 (b) $10/R$
(c) $10/2R$ (d) शून्य

69. 200 किलोग्राम द्रव्यमान का एक उपग्रह $3R/2$ औसत त्रिज्या की कक्षा में पृथ्वी के चारों ओर परिक्रमण कर रहा है, जहाँ R-पृथ्वी की त्रिज्या है। पृथ्वी तल पर 1 किलोग्राम द्रव्यमान के पिण्ड पर यदि 10 N का आकर्षण बल लगे, तो उपग्रह पर लगने वाले बल का मान होगा [Kerala (Engg.) 2002]

(a) 880 N (b) 889 N
(c) 890 N (d) 892 N

70. चन्द्रमा पर गुरुत्वजनित त्वरण, पृथ्वी पर गुरुत्वजनित त्वरण का (1/6) वाँ भाग है। यदि पृथ्वी और चन्द्रमा के घनत्व का अनुपात $(\rho_e / \rho_m) = 5/3$ हो, तब पृथ्वी की त्रिज्या (R_e) के पदों में चन्द्रमा की त्रिज्या R_m होगी [MP PMT 2003]

(a) $\dfrac{5}{18}R_e$ (b) $\dfrac{1}{6}R_e$

(c) $\dfrac{3}{18}R_e$ (d) $\dfrac{1}{2\sqrt{3}}R_e$

71. पृथ्वी तल से 2 R दूरी पर पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण बल के कारण किसी वस्तु में त्वरण होगा (पृथ्वी की त्रिज्या = R, पृथ्वी तल पर गुरुत्वीय त्वरण = g) [MP PET 2003]

(a) $\dfrac{g}{9}$ (b) $\dfrac{g}{3}$

(c) $\dfrac{g}{4}$ (d) g

72. पृथ्वी तल से वह गहराई जिस पर गुरुत्वीय त्वरण का प्रभावी मान $\dfrac{g}{4}$ हो जायेगा, होगी (R = पृथ्वी की त्रिज्या) [MP PET 2003]

(a) R (b) $\dfrac{3R}{4}$

(c) $\dfrac{R}{2}$ (d) $\dfrac{R}{4}$

73. किसी वस्तु को पृथ्वी तल से h ऊँचाई पर ले जाने पर m द्रव्यमान की वस्तु का भार 1% घट जाता है। यदि इसी वस्तु को पृथ्वी तल से h गहराई पर ले जाया जाये तो इसका भार [KCET 2003; MP PMT 2003]

(a) 2% घटेगा (b) 0.5% घटेगा
(c) 1% बढ़ेगा (d) 0.5% बढ़ेगा

74. यदि पृथ्वी का द्रव्यमान तथा त्रिज्या दोनों 1% घटा दिये जायें तब गुरुत्वीय त्वरण का मान [MP PET 2004]

(a) 1% घट जायेगा (b) 1% बढ़ जायेगा
(c) 2% घट जायेगा (d) अपरिवर्तित रहेगा

75. किसी नए खोजे गए एक ग्रह का घनत्व पृथ्वी से दोगुना है। ग्रह की सतह पर गुरुत्वीय त्वरण पृथ्वी सतह पर गुरुत्वीय त्वरण के समान है। यदि पृथ्वी की त्रिज्या R हो, तब ग्रह की त्रिज्या होगी [CBSE PMT 2004]

(a) $2R$ (b) $4R$

(c) $\frac{1}{4}R$ (d) $\frac{1}{2}R$

76. दो ग्रहों की त्रिज्याओं का अनुपात 2 : 3 तथा घनत्वों का अनुपात 3 : 2 है। तब दोनों ग्रहों की सतह पर उनके गुरुत्वीय त्वरणों का अनुपात g_1/g_2 होगा [J & K CET 2004]

(a) 1 (b) 2.25

(c) 4/9 (d) 0.12

77. एक व्यक्ति पदार्थ की अधिक मात्रा (किग्रा-भार में) प्राप्त करेगा [J & K CET 2004]

(a) ध्रुवों पर (b) 60° अक्षांश पर

(c) विषुवत रेखा पर (d) उपग्रह में

78. पृथ्वी की सतह से कितना नीचे जाने पर गुरुत्वीय त्वरण g का मान, पृथ्वी सतह से 1600 km ऊँचाई पर गुरुत्वीय त्वरण के मान का आधा होगा [Pb. PMT 2004]

(a) $4.2\times10^6\,m$ (b) $3.19\times10^6\,m$

(c) $1.59\times10^6\,m$ (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

79. विषुवत रेखा पर स्थित किसी वस्तु के भारहीन प्रतीत होने के लिये पृथ्वी की कोणीय चाल क्या होनी चाहिये

$(g=10\,m/s^2,\ R=6400\,km)$ [Pb. PET 2000]

(a) $\frac{1}{800}rad/s$ (b) $\frac{1}{400}rad/s$

(c) $\frac{1}{600}rad/s$ (d) $\frac{1}{100}rad/s$

80. एक वस्तु का भार पृथ्वी की सतह पर 500 N है। पृथ्वी सतह से आधी गहराई पर इसका भार वर्तमान का कितना रह जायेगा [Pb. PET 2001; BHU 2004]

(a) 125 N (b) 250 N

(c) 500 N (d) 1000 N

81. किसी छोटे से ग्रह का घनत्व पृथ्वी के समान जबकि त्रिज्या पृथ्वी की 0.2 गुनी है। उस ग्रह की सतह पर गुरुत्वीय त्वरण का मान होगा [UPSEAT 2004; CBSE PMT 2005]

(a) 0.2 g (b) 0.4 g

(c) 2 g (d) 4 g

82. पृथ्वी की सतह पर स्थित किसी 'm' द्रव्यमान की वस्तु के लिये गुरुत्वीय त्वरण 'g' का मान समानुपाती होता है (पृथ्वी की त्रिज्या = R, पृथ्वी का द्रव्यमान = M) [DCE 2004]

(a) GM/R^2 के (b) m^0 के

(c) mM के (d) $1/R^{3/2}$ के

83. एक वस्तु का पृथ्वी सतह पर भार 90 kg है। चन्द्रमा का द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का 1/9 तथा त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या की 1/2 है। तो चन्द्रमा पर वस्तु का भार होगा [Pb. PET 2003]

(a) 45 kg (b) 202.5 kg

(c) 90 kg (d) 40 kg

84. यदि पृथ्वी की चक्रण गति को बढ़ाया जाता है, तब भूमध्यरेखा पर स्थित वस्तु का भार [RPMT 2003]

(a) घटता है (b) नियत रहता है

(c) बढ़ता है (d) ध्रुवों पर अधिक होता है

85. दो ग्रहों के द्रव्यमानों का अनुपात 1 : 2 है तथा उनकी त्रिज्याओं का अनुपात भी 1 : 2 है। इन ग्रहों के गुरुत्वीय त्वरणों का अनुपात होगा

(a) 1 : 2 (b) 2 : 1

(c) 3 : 5 (d) 5 : 3

86. यदि पृथ्वी को R त्रिज्या का एक गोला माना जाये तथा यदि 30° अक्षांश पर गुरुत्वीय त्वरण का मान $g_{30°}$ तथा भूमध्य रेखा पर g हो तो $g-g_{30°}$ का मान होगा [DCE 2005]

(a) $\frac{1}{4}\omega^2R$ (b) $\frac{3}{4}\omega^2R$

(c) ω^2R (d) $\frac{1}{2}\omega^2R$

87. यदि पृथ्वी का द्रव्यमान M तथा त्रिज्या R हो तब उसके गुरुत्वीय त्वरण तथा गुरुत्वीय नियतांक का अनुपात होगा [J & K CET 2005]

(a) $\frac{R^2}{M}$ (b) $\frac{M}{R^2}$

(c) MR^2 (d) $\frac{M}{R}$

गुरुत्वीय विभव, ऊर्जा तथा पलायन वेग

1. m द्रव्यमान का एक पिण्ड $h = R/5$ ऊँचाई तक उठता है, जहाँ R पृथ्वी की त्रिज्या है। यदि g पृथ्वी की सतह पर गुरुत्वीय त्वरण है, तो स्थितिज ऊर्जा में वृद्धि होगी [CPMT 1989; SCRA 1996; DPMT 2001]

(a) mgh (b) $\frac{4}{5}mgh$

(c) $\frac{5}{6}mgh$ (d) $\frac{6}{7}mgh$

2. किसी गुरुत्वीय क्षेत्र में, उस बिन्दु पर जहाँ गुरुत्वीय विभव शून्य है [CPMT 1990]

(a) गुरुत्वीय क्षेत्र अनिवार्य रूप से शून्य होगा

(b) गुरुत्वीय क्षेत्र अनिवार्य रूप से शून्य नहीं होगा

(c) गुरुत्वीय क्षेत्र के बारे में निश्चित रूप से कुछ नहीं कहा जा सकता

(d) इनमें से कोई नहीं

3. एक द्रव्यमान वितरण के कारण x दिशा में गुरुत्वीय क्षेत्र $E = K/x^3$ है (जहाँ K एक स्थिरांक है)। अनन्त पर गुरुत्वीय विभव शून्य मान लिया जाये तो, x दूरी पर इसका मान होगा [MP PET 1994]

(a) K/x (b) $K/2x$

(c) K/x^2 (d) $K/2x^2$

4. पृथ्वी की संहति 6.00×10^{24} किलोग्राम तथा चन्द्रमा की संहति 7.40×10^{22} किलोग्राम है। गुरुत्वीय स्थिरांक का मान $G=6.67\times10^{-11}$ न्यूटन मीटर²/किलोग्राम² है। इस निकाय की

स्थितिज ऊर्जा का मान -7.79×10^{28} जूल है। पृथ्वी और चन्द्रमा के बीच माध्य दूरी का मान है [MP PMT 1995]

(a) $3.80\times10^{8}\,m$ (b) $3.37\times10^{6}\,m$

(c) $7.60\times10^{4}\,m$ (d) $1.90\times10^{2}\,m$

5. m द्रव्यमान की वस्तु को पृथ्वी की सतह से nR ऊँचाई तक ले जाया जाता है, तो उसकी स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन होता है (R = पृथ्वी की त्रिज्या है) [MP PMT 1996]

(a) $mgR\dfrac{n}{n-1}$ (b) $nmgR$

(c) $mgR\dfrac{n^2}{n^2+1}$ (d) $mgR\dfrac{n}{n+1}$

6. पृथ्वी व चन्द्रमा के द्रव्यमान तथा त्रिज्या क्रमशः M_1, R_1 तथा M_2, R_2 हैं। उनके केन्द्रों के बीच दूरी d है। उनके बीच मध्य बिन्दु से m द्रव्यमान के कण को किस न्यूनतम वेग से प्रक्षेपित करना चाहिए जिससे वह अनन्त पर पहुँच जाएगा [MP PET 1997]

(a) $2\sqrt{\dfrac{G}{d}(M_1+M_2)}$ (b) $2\sqrt{\dfrac{2G}{d}(M_1+M_2)}$

(c) $2\sqrt{\dfrac{Gm}{d}(M_1+M_2)}$ (d) $2\sqrt{\dfrac{Gm(M_1+M_2)}{d(R_1+R_2)}}$

7. यदि पृथ्वी का द्रव्यमान M, त्रिज्या R तथा सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक G हो, तो 1 किग्रा द्रव्यमान को पृथ्वी सतह से अनंत तक ले जाने में किया गया कार्य होगा [RPET 1997]

(a) $\sqrt{\dfrac{GM}{2R}}$ (b) $\dfrac{GM}{R}$

(c) $\sqrt{\dfrac{2GM}{R}}$ (d) $\dfrac{GM}{2R}$

8. एक रॉकेट को 10 किमी/सैकण्ड के वेग से प्रक्षेपित किया जाता है। यदि पृथ्वी की त्रिज्या R हो, तो रॉकेट द्वारा प्राप्त अधिकतम ऊँचाई होगी [RPET 1997]

(a) $2R$ (b) $3R$

(c) $4R$ (d) $5R$

9. 100 किग्रा तथा 10,000 किग्रा के दो पिण्ड 1 मीटर की दूरी पर रखे हुए हैं। छोटे पिण्ड से किस दूरी पर गुरुत्वीय क्षेत्र की तीव्रता का मान शून्य होगा [BHU 1997]

(a) $\dfrac{1}{9}m$ (b) $\dfrac{1}{10}m$

(c) $\dfrac{1}{11}m$ (d) $\dfrac{10}{11}m$

10. गोलीय कोश के केन्द्र पर गुरुत्वीय क्षेत्र की तीव्रता है [RPET 2000]

(a) Gm/r^2 (b) g

(c) शून्य (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

11. m द्रव्यमान के पिण्ड की पृथ्वी तल पर गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा $-mgR_e$ है। पृथ्वी तल से R_e ऊँचाई पर इसकी गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा होगी (यहाँ R_e पृथ्वी की त्रिज्या है)

[AIIMS 2000; MP PET 2000; Pb. PMT 2004]

(a) $-2\,mgR_e$ (b) $2\,mgR_e$

(c) $\dfrac{1}{2}mgR_e$ (d) $-\dfrac{1}{2}mgR_e$

12. किसी ग्रह पर 1 किलोग्राम द्रव्यमान के पिण्ड के लिए पलायन वेग 100 मीटर/सैकण्ड है। ग्रह पर पिण्ड की गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा है [MP PMT 2002]

(a) – 5000 J (b) – 1000 J

(c) – 2400 J (d) 5000 J

13. m द्रव्यमान की एक वस्तु पृथ्वी तल पर स्थित है। इसे पृथ्वी तल से $h=3R$ ऊँचाई तक ले जाया जाता है। वस्तु की गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन है (जहाँ R पृथ्वी की त्रिज्या है।)

[CBSE PMT 2002]

(a) $\dfrac{2}{3}mgR$ (b) $\dfrac{3}{4}mgR$

(c) $\dfrac{mgR}{2}$ (d) $\dfrac{mgR}{4}$

14. m किलोग्राम द्रव्यमान का एक पिण्ड पृथ्वी तल से 2 R ऊँचाई से गिर रहा है। जब यह पिण्ड पृथ्वी तल से 'R' ऊँचाई पर स्थित बिन्दु तक गिरता है, तब इसकी गतिज ऊर्जा होगी (R-पृथ्वी की त्रिज्या, M-पृथ्वी का द्रव्यमान, G-गुरुत्वाकर्षण नियतांक)

[MP PMT 2002]

(a) $\dfrac{1}{2}\dfrac{GMm}{R}$ (b) $\dfrac{1}{6}\dfrac{GMm}{R}$

(c) $\dfrac{2}{3}\dfrac{GMm}{R}$ (d) $\dfrac{1}{3}\dfrac{GMm}{R}$

15. किसी R त्रिज्या वाले ग्रह से एक पिण्ड को, उस ग्रह के लिये पलायन वेग के आधे वेग से ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर प्रक्षेपित किया जाता है। पिण्ड द्वारा प्राप्त अधिकतम ऊँचाई होगी

[KCET 2002]

(a) $R/3$ (b) $R/2$

(c) $R/4$ (d) $R/5$

16. m द्रव्यमान के एक पिण्ड को $2R$ त्रिज्या की कक्षा से $3R$ त्रिज्या की कक्षा में भेजने के लिए आवश्यक ऊर्जा है (R = पृथ्वी की त्रिज्या)

(a) $GMm/12R^2$ (b) $GMm/3R^2$

(c) $GMm/8R$ (d) $GMm/6R$

17. m द्रव्यमान के पिण्ड को पृथ्वी तल से अनन्त में प्रक्षेपित करने के लिए आवश्यक ऊर्जा है, (R = पृथ्वी की त्रिज्या) [AIEEE 2002]

(a) $mgR/2$ (b) 2 mgR

(c) mgR (d) $mgR/4$

18. पृथ्वी के उपग्रह की कक्षीय त्रिज्या R है। इसकी गतिज ऊर्जा अनुक्रमानुपाती है [BHU 2003; CPMT 2004]

(a) $\dfrac{1}{R}$ के (b) $\dfrac{1}{\sqrt{R}}$ के

(c) R के (d) $\dfrac{1}{R^{3/2}}$ के

19. कुछ स्थानों पर गुरुत्वीय क्षेत्र शून्य है, यहाँ गुरुत्वीय विभव

[BVP 2003]

(a) अवश्य परिवर्ती होगा (b) अवश्य नियत होगा

(c) शून्य नहीं हो सकता (d) अवश्य शून्य होगा

20. कोई कण अनन्त से पृथ्वी की ओर गिरता है। पृथ्वी पर पहुँचने पर इसका वेग होगा [Orissa JEE 2003]

(a) अनन्त (b) $\sqrt{2gR}$

(c) $2\sqrt{gR}$ (d) शून्य

21. ग्रहों की सतह से गैंसें पलायन कर जाती हैं क्योंकि ये पलायन वेग प्राप्त कर लेती हैं। पलायन वेग का मान किस पर निर्भर करता है:

I. ग्रह के द्रव्यमान पर

II. पलायन करने वाले कण के द्रव्यमान पर

III. ग्रह के तापमान पर

IV. ग्रह की त्रिज्या पर

निम्न में से सही विकल्प चुनिये : [SCRA 1994]

(a) I तथा II (b) II तथा IV

(c) I तथा IV (d) I, III तथा IV

22. v_e और v_p पृथ्वी से तथा किसी दूसरे ऐसे ग्रह से पलायन वेगों को प्रदर्शित करते हैं जिसकी त्रिज्या पृथ्वी की दोगुनी है तथा जिसका माध्य घनत्व पृथ्वी के समान है, तो [NCERT 1974; MP PMT 1994]

(a) $v_e = v_p$ (b) $v_e = v_p / 2$

(c) $v_e = 2v_p$ (d) $v_e = v_p / 4$

23. M द्रव्यमान तथा R त्रिज्या के ग्रह पृथ्वी से, m द्रव्यमान के गोले का पलायन वेग होगा [NCERT 1981, 84; CBSE PMT 1999]

(a) $\sqrt{\frac{2GM}{R}}$ (b) $2\sqrt{\frac{GM}{R}}$

(c) $\sqrt{\frac{2GMm}{R}}$ (d) $\sqrt{\frac{GM}{R}}$

24. पृथ्वी पर किसी रॉकेट के लिए पलायन वेग 11.2 किमी/सैकण्ड है। इसका मान उस ग्रह पर, जहाँ गुरुत्वीय त्वरण का मान पृथ्वी पर इसके मान का दोगुना है तथा ग्रह का व्यास पृथ्वी के व्यास का दोगुना है, किमी/सै में होगा [NCERT 1983; CPMT 1990; MP PMT 2000; UPSEAT 1999]

(a) 11.2 (b) 5.6

(c) 22.4 (d) 53.6

25. पृथ्वी पर पलायन वेग का मान लगभग 11 किमी/सैकण्ड है। एक ऐसे ग्रह, जिसकी त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या की दोगुनी है परन्तु माध्य घनत्व पृथ्वी के घनत्व के बराबर है, पर पलायन वेग का मान होगा [NCERT 1980; MP PMT 1987; MP PET 2001, 2003; AIIMS 2001; UPSEAT 1999]

(a) 22 *km/sec* (b) 11 *km/sec*

(c) 5.5 *km/sec* (d) 15.5 *km/sec*

26. एक मिसाइल पलायन वेग से कम वेग से छोड़ी गई है। उसकी गतिज ऊर्जा तथा स्थतिज ऊर्जा का योग होगा [MNR 1986; MP PET 1995]

(a) धनात्मक

(b) ऋणात्मक

(c) शून्य

(d) धनात्मक अथवा ऋणात्मक हो सकता है जो इसके प्रारंभिक वेग पर निर्भर करेगा

27. यदि पृथ्वी के धरातल पर गुरुत्वीय त्वरण g हो तथा पृथ्वी की त्रिज्या r हो तो किसी पिण्ड को पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से बाहर जाने के लिए पलायन वेग है [NCERT 1975; RPET 2003]

(a) gr (b) $\sqrt{2gr}$

(c) g/r (d) r/g

28. किसी प्रक्षेप्य का पृथ्वी से पलायन वेग है, लगभग [DPMT 1982, 84; RPMT 1997; BHU 1998]

(a) 11.2 *m/sec* (b) 112 *km/sec*

(c) 11.2 *km/sec* (d) 11200 *km/sec*

29. m द्रव्यमान के किसी कण का पलायन वेग समानुपाती है [CPMT 1978; RPMT 1999; AIEEE 2002]

(a) m^2 के (b) m के

(c) m^0 के (d) m^{-1} के

30. चन्द्रमा का कक्षीय वेग कितना बढ़ाने पर वह पृथ्वी का उपग्रह नहीं रह जायेगा [MP PET 1994]

(a) दो गुना (b) $\sqrt{2}$ गुना

(c) $1/\sqrt{2}$ गुना (d) $\sqrt{3}$ गुना

31. किसी वस्तु का पृथ्वी से पलायन वेग निर्भर करता है पृथ्वी की संहति (M), इसके माध्य घनत्व (ρ), इसकी त्रिज्या (R) तथा गुरुत्वीय स्थिरांक (G) पर। अतः पलायन वेग का सूत्र है [MP PMT 1995]

(a) $v = R\sqrt{\frac{8\pi}{3}G\rho}$ (b) $v = M\sqrt{\frac{8\pi}{3}GR}$

(c) $v = \sqrt{2GMR}$ (d) $v = \sqrt{\frac{2GM}{R^2}}$

32. किसी ग्रह का पलायन वेग v_e है। यदि ग्रह की त्रिज्या वही रहे तथा द्रव्यमान चार गुना हो जाए, तो उस ग्रह पर पलायन वेग हो जाएगा [MP PMT 1996; DPMT 1999]

(a) $4v_e$ (b) $2v_e$

(c) v_e (d) $\frac{1}{2}v_e$

33. पृथ्वी का द्रव्यमान चन्द्रमा के द्रव्यमान का 81 गुना है तथा पृथ्वी की त्रिज्या चन्द्रमा की त्रिज्या की 3.5 गुनी है। पृथ्वी की सतह तथा चन्द्रमा की सतह पर पलायन वेगों का अनुपात होगा [MP PMT/PET 1998; JIPMER 2000]

(a) 0.2 (b) 2.57

(c) 4.81 (d) 0.39

34. पृथ्वी के तल से पलायन वेग V_e है। पृथ्वी की तुलना में तीन गुने द्रव्यमान तथा तीन गुनी त्रिज्या वाले ग्रह की सतह से पलायन वेग होगा [MP PMT/PET 1998; JIPMER 2001, 02; Pb. PMT 2004]

(a) V_e (b) $3V_e$

(c) $9V_e$ (d) $27V_e$

35. 500 किग्रा के एक पिण्ड को पृथ्वी से पलायन कराने के लिये कितनी ऊर्जा की आवश्यकता होगी

($g = 9.8\, m/s^2$, पृथ्वी की त्रिज्या $= 6.4 \times 10^6\, m$)

[MP PET 1999]

(a) लगभग $9.8 \times 10^6\, J$ (b) लगभग $6.4 \times 10^8\, J$

(c) लगभग $3.1 \times 10^{10}\, J$ (d) लगभग $27.4 \times 10^{12}\, J$

36. पृथ्वी के लिये पलायन वेग का मान 11.2 किमी/सैकण्ड है। एक अन्य ग्रह का द्रव्यमान पृथ्वी से 100 गुना तथा उसकी त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या से 4 गुनी है। इस ग्रह के लिये पलायन वेग का मान होगा [MP PMT 1999; Pb. PMT 2002]

(a) 112.0 *km/s* (b) 5.6 *km/s*

(c) 280.0 *km/s* (d) 56.0 *km/s*

37. उस ग्रह से पलायन वेग का मान कितना होगा जिसका द्रव्यमान पृथ्वी का 6 गुना तथा त्रिज्या दोगुनी है

[CPMT 1999; MP PET 2003; Pb. PET 2002]

(a) $\sqrt{3}\, V_e$ (b) $3\, V_e$

(c) $\sqrt{2}\, V_e$ (d) $2\, V_e$

38. किसी वस्तु के लिये उस ग्रह पर पलायन वेग का मान किमी/सैकण्ड में कितना होगा, जिस ग्रह पर g का मान पृथ्वी का 9 गुना तथा त्रिज्या 4 गुनी हो [EAMCET 1994]

(a) 67.2 (b) 33.6

(c) 16.8 (d) 25.2

39. पृथ्वी तल पर पलायन वेग का मान 11.2 किमी/सैकण्ड है। किसी दूसरे ग्रह पर, जिसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का 8 गुना तथा त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या की दोगुनी है, पलायन वेग का मान क्या होगा [Bihar CMEET 1995]

(a) 3.7 *km/s* (b) 11.2 *km/s*

(c) 22.4 *km/s* (d) 43.2 *km/s*

40. पृथ्वी की सतह पर पलायन वेग का मान 11.2 किमी/सैकण्ड है। यदि पृथ्वी का द्रव्यमान बढ़कर वर्तमान मान का दो गुना तथा त्रिज्या आधी हो जाए तब पलायन वेग का मान होगा

[CBSE PMT 1997]

(a) 5.6 *km/s*

(b) 11.2 *km/s* (अपरिवर्तित रहता है)

(c) 22.4 *km/s*

(d) 44.8 *km/s*

41. यदि चन्द्रमा का द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का 1/81 तथा त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या की 1/4 हो। यदि पृथ्वी सतह से पलायन वेग का मान 11.2 किमी/सैकण्ड है, तो चन्द्रमा की सतह से पलायन वेग का मान क्या होगा।

[CPMT 1997; AIIMS 2000; Pb. PMT 2001]

(a) 0.14 *km/s* (b) 0.5 *km/s*

(c) 2.5 *km/s* (d) 5 *km/s*

42. किसी तारे (द्रव्यमान M तथा त्रिज्या R) की घूर्णन चाल क्या होनी चाहिए जिससे इसकी भूमध्य रेखा पर स्थित पदार्थ पलायन कर जाये [MH CET 1999]

(a) $\sqrt{\frac{2GM^2}{R}}$ (b) $\sqrt{\frac{2GM}{g}}$

(c) $\sqrt{\frac{2GM}{R^3}}$ (d) $\sqrt{\frac{2GR}{M}}$

43. एक ग्रह की सतह से किसी वस्तु को फेंकने के लिए आवश्यक न्यूनतम वेग क्या हो, जिससे यह ग्रह पर वापस न लौटे (ग्रह की त्रिज्या $6.4 \times 10^6 m$, $g = 9.8\, m/sec^2$) [AMU (Engg.) 1999]

(a) $9.8 \times 10^{-3} m/sec$ (b) $12.8 \times 10^3 m/sec$

(c) $9.8 \times 10^3 m/sec$ (d) $11.2 \times 10^3 m/sec$

44. पृथ्वी के निकट परिक्रमण करने वाले उपग्रह के कक्षीय वेग v_o से पलायन वेग v_e कितने गुना है [RPMT 2000]

(a) $\sqrt{2}$ गुना (b) 2 गुना

(c) 3 गुना (d) 4 गुना

45. पृथ्वी पर पलायन वेग का मान 11.2 किलोमीटर/सैकण्ड है। उस ग्रह पर पलायन वेग का मान क्या होगा जिसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान से 1000 गुना एवं त्रिज्या 10 गुनी है

[DCE 2001; DPMT 2004]

(a) 112 *km/s* (b) 11.2 *km/s*

(c) 1.12 *km/s* (d) 3.7 *km/s*

46. यदि किसी ग्रह की त्रिज्या R तथा घनत्व ρ हो तो उसकी सतह से पलायन वेग का मान होगा [MP PMT 2001]

(a) $v_e \propto \rho R$ (b) $v_e \propto \sqrt{\rho} R$

(c) $v_e \propto \frac{\sqrt{\rho}}{R}$ (d) $v_e \propto \frac{1}{\sqrt{\rho} R}$

47. पृथ्वी पर पलायन वेग [BHU 2001]

(a) चन्द्रमा पर पलायन वेग से कम है

(b) पिण्ड के द्रव्यमान पर निर्भर करता है

(c) प्रक्षेपण की दिशा पर निर्भर करता है

(d) उस ऊँचाई पर निर्भर करता है जहाँ से वस्तु को प्रक्षेपित किया जाता है

48. यदि किसी ग्रह पर गुरुत्वीय त्वरण का मान पृथ्वी तल पर गुरुत्वीय त्वरण के मान का दो गुना है तथा इसकी त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या से दो गुनी है, तब पृथ्वी की तुलना में इस ग्रह पर पलायन वेग होगा [RPET 2001]

(a) $2\, v_e$ (b) $3\, v_e$

(c) $4\, v_e$ (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

49. पृथ्वी की सतह से भेजे गये रॉकेट का पलायन वेग

[UPSEAT 2001]

(a) रॉकेट के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है

(b) पृथ्वी के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है

(c) उस ग्रह के द्रव्यमान पर निर्भर करता है जिसकी ओर यह गतिमान है

(d) रॉकेट के द्रव्यमान पर निर्भर करता है

50. दो ग्रहों की त्रिज्याओं का अनुपात k_1 तथा उन ग्रहों पर गुरुत्वीय त्वरणों का अनुपात k_2 है। ग्रहों पर पलायन वेगों का अनुपात होगा

[BHU 2002]

(a) k_1k_2 (b) $\sqrt{k_1k_2}$

(c) $\sqrt{\frac{k_1}{k_2}}$ (d) $\sqrt{\frac{k_2}{k_1}}$

51. किसी 6×10^{24} किलोग्राम द्रव्यमान को एक गोले के रूप में इस प्रकार संपीड़ित किया जाता है कि इस गोले से पलायन वेग 3×10^8 मीटर/सैकण्ड हो जाता है। गोले की त्रिज्या क्या होगी [UPSEAT 2002]

(a) 9 *km* (b) 9 *m*

(c) 9 *cm* (d) 9 *mm*

52. किसी काल्पनिक ग्रह, की त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या की तीन गुनी एवं द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का दो गुना है, इस ग्रह पर किसी पिण्ड का पलायन वेग होगा (v_e = पृथ्वी पर पलायन वेग) [Kerala (Med.) 2002]

(a) $\sqrt{2/3}\,v_e$ (b) $\sqrt{3/2}\,v_e$

(c) $\sqrt{2}/3v_e$ (d) $2/\sqrt{3}\,v_e$

53. पृथ्वी तल पर पलायन वेग का मान 11.2 किलोमीटर/सैकण्ड है। उस ग्रह पर पलायन वेग का मान क्या होगा जिसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान के बराबर एवं त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या की एक चौथाई है [CBSE PMT 2000; JIPMER 2002; BHU 2004]

(a) 2.8 *km/s* (b) 15.6 *km/s*

(c) 22.4 *km/s* (d) 44.8 *km/s*

54. वह वेग, जिससे किसी प्रक्षेप्य को फेंकने पर यह पृथ्वी के गुरुत्वीय क्षेत्र से पलायन कर जाता है, निर्भर नहीं करता है [AIIMS 2003]

(a) पृथ्वी के द्रव्यमान पर (b) प्रक्षेप्य के द्रव्यमान पर

(c) प्रक्षेप्य की कक्षीय त्रिज्या पर (d) गुरुत्वाकर्षण नियतांक पर

55. किसी ग्रह की त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या की $\frac{1}{4}$ गुनी तथा गुरुत्वीय त्वरण पृथ्वी पर गुरुत्वीय त्वरण का दोगुना है। उस ग्रह पर पलायन वेग पृथ्वी पर पलायन वेग की तुलना में कितने गुना होगा [BCECE 2003; MH CET 2000]

(a) $\frac{1}{\sqrt{2}}$ (b) $\sqrt{2}$

(c) $2\sqrt{2}$ (d) 2

56. पृथ्वी तल पर पलायन वेग v_e है। उस ग्रह से पलायन वेग क्या होगा जिसकी त्रिज्या पृथ्वी की चार गुनी तथा घनत्व पृथ्वी का 9 गुना है [MP PET 2003]

(a) $36\,v_e$ (b) $12\,v_e$

(c) $6\,v_e$ (d) $20\,v_e$

57. किसी वस्तु को पृथ्वी तल से ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर प्रक्षेपित करने के लिए पलायन वेग 11 किलोमीटर/सैकण्ड है। यदि वस्तु को ऊर्ध्वाधर से 45° कोण बनाते हुये प्रक्षेपित किया जाये तो पलायन वेग होगा [AIEEE 2003]

(a) $\frac{11}{\sqrt{2}}km/s$ (b) $11\sqrt{2}\,km/s$

(c) 22 *km/s* (d) 11 *km/s*

58. यदि *V, R* तथा *g* क्रमशः पृथ्वी सतह से पलायन वेग, पृथ्वी की त्रिज्या तथा गुरुत्वीय त्वरण को प्रदर्शित करते हों तब सही समीकरण है [MP PMT 2004]

(a) $V=\sqrt{gR}$ (b) $V=\sqrt{\frac{4}{3}gR^3}$

(c) $V=R\sqrt{g}$ (d) $V=\sqrt{2gR}$

59. 1 *kg* की किसी वस्तु के लिये पृथ्वी की सतह से पलायन वेग का मान $11.2\ kms^{-1}$ है। 100 *kg* द्रव्यमान वाली वस्तु का पलायन वेग क्या होगा [DCE 2003]

(a) $11.2\times10^2\ kms^{-1}$ (b) $11.2\ kms^{-1}$

(c) $11.2\times10^{-2}\ kms^{-1}$ (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

60. किसी ग्रह पर गुरुत्वीय त्वरण पृथ्वी के गुरुत्वीय त्वरण के समान है किन्तु इस ग्रह की त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या की चार गुनी है। यदि पृथ्वी पर पलायन वेग का मान v_e हो तो ग्रह पर पलायन वेग का मान होगा [RPET 2002]

(a) v_e (b) $2v_e$

(c) $4v_e$ (d) $\frac{v_e}{2}$

61. यदि किसी ग्रह की त्रिज्या पृथ्वी की चार गुनी हो, तथा गुरुत्वीय त्वरण *g* का मान दोनों के लिये समान हो, तब ग्रह पर पलायन वेग का मान होगा [RPET 2002]

(a) $11.2\ km/s$ (b) $5.6\ km/s$

(c) $22.4\ km/s$ (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

62. यदि पृथ्वी की त्रिज्या तथा गुरुवीय त्वरण दोनों का मान दोगुना कर दिया जाये तो पृथ्वी का पलायन वेग हो जायेगा [RPMT 2002]

(a) 11.2 *km/s* (b) 22.4 *km/s*

(c) 5.6 *km/s* (d) 44.8 *km/s*

63. एक ग्रह की त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या की दोगुनी किन्तु माध्य घनत्व पृथ्वी का $\frac{1}{4}$ है। पृथ्वी तथा ग्रह के पलायन वेगों का अनुपात होगा [MH CET 2004]

(a) 3 : 1 (b) 1 : 2

(c) 1 : 1 (d) 2 : 1

64. पृथ्वी तल पर पलायन वेग का मान v_{es} है। एक वस्तु को $2v_{es}$ वेग से प्रक्षेपित किया जाता है। ग्रहों के बीच के स्थान (अंतर्ग्रहीय आकाश) में यह किस नियत वेग से गति करेगी [DCE 2002]

(a) v_{es} (b) $3v_{es}$

(c) $\sqrt{3}v_{es}$ (d) $\sqrt{5}v_{es}$

65. 10 *g* ग्राम द्रव्यमान का कोई कण 100 *kg* द्रव्यमान तथा 10 *cm* त्रिज्या वाले एकसमान गोले की सतह पर रखा है। कण को गोले की सतह से अत्यंत दूर (अनन्त) तक ले जाने में गुरुत्वाकर्षण बल के विरुद्ध कितना कार्य करना पड़ेगा ($G=6.67\times10^{-11}\ Nm^2/kg^2$) [AIEEE 2005]

(a) $6.67\times10^{-9}\ J$ (b) $6.67\times10^{-10}\ J$

(c) $13.34\times10^{-10}\ J$ (d) $3.33\times10^{-10}\ J$

66. कोई उपग्रह अपनी कक्षा में पृथ्वी के चारों ओर घूम रहा है, उसकी गतिज ऊर्जा तथा स्थितिज ऊर्जा का अनुपात होगा [CBSE PMT 2005]

(a) 2 (b) $\frac{1}{2}$

(c) $\frac{1}{\sqrt{2}}$ (d) $\sqrt{2}$

67. m द्रव्यमान वाले 3 कण L भुजा वाले एक समबाहु त्रिभुज के शीर्षों पर स्थित हैं। इन कणों के कारण त्रिभुज के केन्द्र पर गुरुत्वीय क्षेत्र होगा [DCE 2005]

(a) शून्य (b) $\frac{3GM}{L^2}$

(c) $\frac{9GM}{L^2}$ (d) $\frac{12}{\sqrt{3}}\frac{GM}{L^2}$

68. किसी ग्रह पर पलायन वेग का मान 2 km/s है। इस ग्रह के समीप परिक्रमा करते हुए किसी उपग्रह की कक्षीय चाल होगी [DCE 2005]

(a) 12 km/s (b) 1 km/s

(c) $\sqrt{2}$ km/s (d) $2\sqrt{2}\ km/s$

69. चार कण, जिनमें प्रत्येक का द्रव्यमान M है, L भुजा वाले एक वर्ग के शीर्षों पर स्थित है। इनके कारण वर्ग के केन्द्र पर गुरुत्वीय विभव होगा [Kerala PET 2005]

(a) $-\sqrt{32}\frac{GM}{L}$ (b) $-\sqrt{64}\frac{GM}{L^2}$

(c) शून्य (d) $\sqrt{32}\frac{GM}{L}$

70. किन्ही दो ग्रहों की त्रिज्याओं का अनुपात K किन्तु उनके गुरुत्वीय त्वरणों का अनुपात g है। उनके पलायन वेगों का अनुपात क्या होगा [BHU 2005]

(a) $(Kg)^{1/2}$ (b) $(Kg)^{-1/2}$

(c) $(Kg)^2$ (d) $(Kg)^{-2}$

उपग्रहों की गति

1. पृथ्वी के समीप परिक्रमा करने वाले उपग्रह के कक्षीय वेग v_o तथा पलायन वेग v_e में सम्बन्ध है [CPMT 1982; MP PMT 1997; KCET (Engg./Med.) 1999; AIIMS 2002]

(a) $v_e = v_o$

(b) $\sqrt{2}v_o = v_e$

(c) $v_e = v_0/\sqrt{2}$

(d) v_e तथा v_o में कोई सम्बन्ध नहीं है

2. m द्रव्यमान के एक उपग्रह की कक्षा की त्रिज्या r है जो कि M द्रव्यमान के एक ग्रह के चारों ओर गति कर रहा है। उपग्रह का वेग होगा [CPMT 1974; MP PMT 1987; RPMT 1999]

(a) $v^2 = g\frac{M}{r}$ (b) $v^2 = \frac{GMm}{r}$

(c) $v = \frac{GM}{r}$ (d) $v^2 = \frac{GM}{r}$

3. निम्नलिखित में से सही कथन चुनिए [MP PMT 1993]

(a) उपग्रह का कक्षीय वेग कक्षा की त्रिज्या के साथ बढ़ता है

(b) पृथ्वी के धरातल से किसी वस्तु का पलायन वेग, वस्तु के उस वेग पर निर्भर करता है, जिससे उसे दागा जाता है

(c) एक उपग्रह का दोलनकाल कक्षा की त्रिज्या पर निर्भर नहीं करता है

(d) कक्षीय वेग कक्षा की त्रिज्या के वर्गमूल के व्युत्क्रमानुपाती होता है

4. M द्रव्यमान का एक उपग्रह पृथ्वी तल से h ऊँचाई पर चक्कर लगा रहा है। R पृथ्वी की त्रिज्या तथा 'g' पृथ्वी का गुरुत्वीय त्वरण है। उपग्रह की कक्षीय चाल होगी [NCERT 1983; AIEEE 2004]

(a) $\frac{gR^2}{R+h}$ (b) gR

(c) $\frac{gR}{R+h}$ (d) $\sqrt{\frac{gR^2}{R+h}}$

5. मानलो एक उपग्रह पृथ्वी के चारों ओर एक वृत्तीय कक्षा में घूम रहा है। निम्न में से कौनसा कथन गलत है [NCERT 1966]

(a) यह एक स्वतंत्र रूप से गिरता हुआ पिण्ड है

(b) इस पर कोई त्वरण नहीं है

(c) यह नियत चाल से गति कर रहा है

(d) इसका कोणीय संवेग नियत रहता है

6. m_1 तथा $m_2 (m_1 > m_2)$ द्रव्यमान के दो उपग्रह पृथ्वी के चारों ओर क्रमशः r_1 तथा $r_2 (r_1 > r_2)$ त्रिज्याओं की वृत्तीय कक्षाओं में चक्कर लगा रहे हैं। उनके वेगों v_1 तथा v_2 के बारे में कौनसा कथन सत्य है [NCERT 1984; MNR 1995; BHU 1998]

(a) $v_1 = v_2$ (b) $v_1 < v_2$

(c) $v_1 > v_2$ (d) $\frac{v_1}{r_1} = \frac{v_2}{r_2}$

7. किसी भू-स्थायी उपग्रह को एक विशिष्ट कक्षा से किसी दूसरी कक्षा में ले जाया जाता है। नई कक्षा में पृथ्वी के केन्द्र से उसकी दूरी पहली कक्षा से दोगुनी है। दूसरी कक्षा में आवर्तकाल होगा [NCERT 1984; MP PET 1997]

(a) 4.8 घण्टे (b) $48\sqrt{2}$ घण्टे

(c) 24 घण्टे (d) $24\sqrt{2}$ घण्टे

8. पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से पलायन करने के लिए कृत्रिम उपग्रह को दी गई आवश्यक गतिज ऊर्जा तथा कृत्रिम उपग्रह को पृथ्वी के वायुमण्डल से ठीक ऊपर एक वृत्ताकार कक्षा में घूमने के लिए दी गई आवश्यक गतिज ऊर्जा में अनुपात होता है [NCERT 1975]

(a) 1 (b) 2

(c) 1/2 (d) अनन्त

9. एक अन्तरिक्ष यात्री पृथ्वी की सतह से 120 किमी की ऊँचाई पर वृत्ताकार कक्षा में पृथ्वी के चारों ओर चक्कर लगा रहा है। वह धीरे से अन्तरिक्ष यान में से एक चम्मच गिराता है। चम्मच [NCERT 1971]

(a) नीचे पृथ्वी पर सीधा गिरेगा

(b) चन्द्रमा की ओर गति करेगा

(c) अन्तरिक्ष यान की दिशा में उसके साथ-साथ गति करेगा

(d) अनियमित ढंग से गति करेगा तथा पृथ्वी पर गिर जायेगा

10. एक ग्रह के चारों ओर वृत्तीय कक्षा में घूमने वाले उपग्रह का आवर्तकाल निर्भर नहीं करता है [NCERT 1974; AIEEE 2004]

(a) ग्रह के द्रव्यमान पर (b) ग्रह की त्रिज्या पर

(c) उपग्रह के द्रव्यमान पर (d) (a), (b) तथा (c) तीनों पर

11. एक कृत्रिम उपग्रह पृथ्वी के अत्यन्त समीप चक्कर लगा रहा है। इसका कक्षीय वेग मुख्यतया निर्भर करेगा [NCERT 1982]

(a) केवल उपग्रह के द्रव्यमान पर (b) केवल पृथ्वी की त्रिज्या पर

(c) केवल कक्षीय त्रिज्या पर (d) केवल पृथ्वी के द्रव्यमान पर

12. दूर संचार उपग्रह संसार के एक भाग से दूसरे भाग तक निरंतर T.V. प्रोग्राम प्रसारित करता है, क्योंकि [MNR 1984, 93]

(a) पृथ्वी की तुलना में इसका आवर्तकाल अधिक है

(b) पृथ्वी की तुलना में इसका आवर्तकाल कम है

(c) इसका पृथ्वी के आवर्तकाल से कोई सम्बन्ध नहीं है

(d) इसका आवर्तकाल ठीक पृथ्वी के बराबर है

(e) उसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान से कम है

13. दो उपग्रह A तथा B किसी ग्रह P के चारों ओर क्रमशः $4R$ तथा R त्रिज्या की वृत्तीय कक्षाओं में गति करते हैं। यदि उपग्रह A की चाल $3V$ है तो B की चाल होगी

[MNR 1991; AIIMS 1995; UPSEAT 2000]

(a) $12\ V$ (b) $6\ V$

(c) $\frac{4}{3}V$ (d) $\frac{3}{2}V$

14. एक भू-स्थायी उपग्रह [CPMT 1990]

(a) ध्रुवीय अक्षों के सापेक्ष परिक्रमण करती है

(b) का परिक्रमण काल पृथ्वी के समीप के उपग्रह के परिक्रमण काल से कम होता है

(c) पृथ्वी के समीप के उपग्रह से तेज गति करता है

(d) आकाश में स्थिर होता है

15. पृथ्वी के तल के समीप एक छोटा उपग्रह परिक्रमण कर रहा है, तो इसका कक्षीय वेग होगा (लगभग)

[CPMT 1987; Orissa JEE 2002; JIPMER 2001, 02]

(a) 8 *km/sec* (b) 11.2 *km/sec*

(c) 4 *km/sec* (d) 6 *km/sec*

16. एक उपग्रह पृथ्वी के चारों ओर दीर्घवृत्तीय कक्षा में परिक्रमण कर रहा है। इसकी चाल [NCERT 1981; MP PET 2001]

(a) कक्षा के प्रत्येक बिन्दु पर समान है

(b) अधिकतम होती है जब यह पृथ्वी के समीपतम होता है

(c) अधिकतम होती है जब यह पृथ्वी से अधिकतम दूर होता है

(d) लगातार बढ़ना अथवा घटना उपग्रह के द्रव्यमान पर निर्भर करता है

17. पृथ्वी के पृष्ठ पर वृत्तीय कक्षा में किसी कृत्रिम उपग्रह की कक्षीय चाल v है। पृथ्वी की त्रिज्या की आधी ऊँचाई पर परिक्रमणकारी उपग्रह की कक्षीय चाल होगी [MNR 1994]

(a) $\frac{3}{2}v$ (b) $\sqrt{\frac{3}{2}}v$

(c) $\sqrt{\frac{2}{3}}v$ (d) $\frac{2}{3}v$

18. यदि किसी उपग्रह में घूर्णन काल T है, तो गतिज ऊर्जा निम्नलिखित में से किसके समानुपाती है [BHU 1995]

(a) $\frac{1}{T}$ (b) $\frac{1}{T^2}$

(c) $\frac{1}{T^3}$ (d) $T^{-2/3}$

19. किसी उपग्रह की पृथ्वी से ऊँचाई पृथ्वी की त्रिज्या R की तुलना में नगण्य है तो उसका कक्षीय वेग है [MP PET 1995; RPET 2001]

(a) gR (b) $gR/2$

(c) $\sqrt{g/R}$ (d) $\sqrt{gR}$

20. निम्नलिखित में से सही कथन का चयन कीजिए : तुल्यकाली उपग्रह की कक्षा की त्रिज्या निर्भर करती है [MP PMT 1995]

(a) उपग्रह की संहति, इसके आवर्तकाल तथा गुरुत्वीय स्थिरांक पर

(b) उपग्रह की संहति, पृथ्वी की संहति तथा गुरुत्वीय स्थिरांक पर

(c) पृथ्वी की संहति, उपग्रह की संहति, उपग्रह का आवर्तकाल तथा गुरुत्वीय स्थिरांक पर

(d) पृथ्वी की संहति, उपग्रह का आवर्तकाल तथा गुरुत्वीय स्थिरांक पर

21. निम्नलिखित में से कौनसा कथन उपग्रह के बारे में असत्य है

[Haryana CEE 1996]

(a) कोई उपग्रह, पृथ्वी के केन्द्र से होकर जाने वाले तल में स्थित स्थायी कक्षा में नहीं घूम सकता

(b) भू-स्थायी उपग्रह को भू-मध्य रेखीय तल में छोड़ा जाता है

(c) हम केवल एक भू-स्थायी उपग्रह का प्रयोग करके पृथ्वी के चारों ओर संदेश का आदान-प्रदान कर सकते हैं

(d) उपग्रह का वेग बढ़ जाता है यदि उसकी कक्षा की त्रिज्या बढ़ा दी जाये

22. एक उपग्रह v चाल से r त्रिज्या की वृत्तीय कक्षा में पृथ्वी के चारों ओर घूम रहा है। यदि कोणीय त्रिज्या को 1% कम कर दिया जाए तो उपग्रह की चाल [MP PET 1996, 99, 2002]

(a) 1% से बढ़ेगी (b) 0.5% से बढ़ेगी

(c) 1% से घटेगी (d) 0.5% से घटेगी

23. कृत्रिम उपग्रह की कक्षा में रेखीय चाल (कक्षीय चाल) निर्भर नहीं करती है [MP PMT 1996]

(a) पृथ्वी के द्रव्यमान पर (b) उपग्रह के द्रव्यमान पर

(c) पृथ्वी की त्रिज्या पर (d) गुरुत्वीय त्वरण पर

24. तुल्यकाली उपग्रह का आवर्तकाल होता है [EAMCET 1994; MP PMT 1999]

(a) 24 घन्टे (b) 12 घन्टे

(c) 365 दिन (d) एक माह

25. पृथ्वी के समीप घूम रहे उपग्रह के लिये कक्षीय वेग 7 किमी/सैकण्ड है। किसी अन्य कक्षा की त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या की चार गुनी हो तब इस कक्षा में घूमने वाले उपग्रह का कक्षीय वेग होगा [EAMCET (Engg.) 1995]

(a) 3.5 *km/s* (b) 7 *km/s*

(c) 72 *km/s* (d) 14 *km/s*

26. दो एक समान उपग्रह पृथ्वी सतह से R तथा $7R$ ऊँचाईयों पर हैं, तब असत्य कथन होगा (R = पृथ्वी की त्रिज्या है) [RPMT 1997]

(a) कुल ऊर्जाओं का अनुपात 4 होगा

(b) गतिज ऊर्जाओं का अपुपात 4 होगा

(c) स्थितिज ऊर्जाओं का अनुपात 4 होगा

(d) कुल ऊर्जाओं का अनुपात 4 परन्तु गतिज तथा स्थितिज ऊर्जाओं का अनुपात 2 होगा

27. किसी उपग्रह के लिये पलायन वेग का मान 11 किमी/सैकण्ड है। यदि उपग्रह को ऊर्ध्वाधर से 60° के कोण पर प्रक्षेपित किया जाए तब पलायन वेग का मान होगा [CBSE PMT 1993; RPMT 1997]

(a) 11 *km/s* (b) $11\sqrt{3}$ *km/s*

(c) $\frac{11}{\sqrt{3}}$ *km/s* (d) 33 *km/s*

28. पृथ्वी की माध्य त्रिज्या R, अपनी अक्ष के परितः कोणीय वेग ω तथा इसकी सतह पर गुरुत्वजनित त्वरण का मान g है। भू-स्थायी उपग्रह की कक्षीय त्रिज्या का घन होगा [CBSE PMT 1992]

(a) R^2g/ω (b) $R^2\omega^2/g$

(c) Rg/ω^2 (d) R^2g/ω^2

29. पृथ्वी के कृत्रिम उपग्रहों के सम्बन्ध में कौनसा कथन असत्य है [NDA 1995; MP PMT 2000]

(a) कक्षीय वेग उपग्रह के द्रव्यमान पर निर्भर करता है

(b) पृथ्वी के समीप कक्षा में घूमने के लिए उपग्रह का न्यूनतम वेग 8 किमी/सैकण्ड होना चाहिये

(c) परिक्रमण काल का मान अधिक होगा यदि कक्षा की त्रिज्या अधिक है

(d) भू-स्थायी उपग्रह की पृथ्वी सतह से ऊँचाई 36000 किमी होती है

30. किसी अंतरिक्ष यान से एक गेंद छोड़ी जाती है, जो कि पृथ्वी से 120 किमी ऊँचाई पर परिक्रमण कर रहा है तब गेंद [CBSE PMT 1996; CPMT 2001; BHU 1999]

(a) अंतरिक्ष यान के साथ-साथ उसी कक्षा में v वेग से गति करने लगेगी

(b) अंतरिक्ष यान की कक्षा के स्पर्शरेखीय दिशा में उसी वेग से गति करने लगेगी

(c) धीरे-धीरे पृथ्वी की ओर गिरेगी

(d) अंतरिक्ष में काफी दूरी चली जायेगी

31. M द्रव्यमान का एक उपग्रह, पृथ्वी के चारों ओर r त्रिज्या की वृत्तीय कक्षा में चक्कर लगा रहा है। उपग्रह का परिक्रमण काल है [AMU 1999]

(a) $T \propto \frac{r^5}{GM}$ (b) $T \propto \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$

(c) $T \propto \sqrt{\frac{r}{GM^2/3}}$ (d) $T \propto \sqrt{\frac{r^3}{GM/4}}$

32. एक कृत्रिम उपग्रह को पृथ्वी के चारों ओर वृत्ताकार कक्षा में किसी ऊँचाई पर इस प्रकार स्थापित किया गया है कि यह पृथ्वी तल पर किसी सदैव विशेष स्थान के ठीक ऊपर रहे। पृथ्वी तल से इसकी ऊँचाई होगी [AMU 1999]

(a) 6400 *km* (b) 4800 *km*

(c) 32000 *km* (d) 36000 *km*

33. पृथ्वी के चारों ओर घूम रहे कृत्रिम उपग्रह में एक अन्तरिक्ष यात्री का भार है [BHU 1999]

(a) शून्य

(b) पृथ्वी पर उसके भार के तुल्य

(c) पृथ्वी पर उसके भार से अधिक

(d) पृथ्वी पर उसके भार से कम

34. निम्न चार आवर्तकालों में सही सम्बन्ध होगा [AMU 2000]

(i) पृथ्वी के निकट चक्कर लगाते उपग्रह का परिक्रमण काल (T_{st})

(ii) पृथ्वी के व्यास के अनुदिश खोदी गई सुरंग में डाली गई वस्तु का दोलन काल (T_{ma})

(iii) समरूप क्षेत्र 9.8 न्यूटन/किलोग्राम में पृथ्वी की त्रिज्या के बराबर लम्बाई के सरल लोलक का आवर्तकाल (T_{sp})

(iv) पृथ्वी के वास्तविक गुरुत्वीय क्षेत्र में अनन्त लम्बाई के सरल लोलक का आवर्तकाल (T_{is})

(a) $T_{st} > T_{ma}$ (b) $T_{ma} > T_{st}$

(c) $T_{sp} < T_{is}$ (d) $T_{st} = T_{ma} = T_{sp} = T_{is}$

35. दूरसंचार उपग्रह का परिक्रमणकाल है [MP PMT 2000]

(a) 6 घण्टे (b) 12 घण्टे

(c) 18 घण्टे (d) 24 घण्टे

36. पृथ्वी तल के सन्निकट परिक्रमा करने वाले कृत्रिम उपग्रह की कक्षीय चाल V_o है। तब पृथ्वी तल से इसकी त्रिज्या की तीन गुनी ऊँचाई पर परिक्रमा करने वाले कृत्रिम उपग्रह की चाल है

[Kerala (Engg.) 2001]

(a) $4\,V_o$ (b) $2\,V_o$

(c) $0.5\,V_o$ (d) $4\,V_o$

37. एक तुल्य काली उपग्रह के विषय में निम्नलिखित में से कौन सा कथन सही है [MP PET 2001]

(a) यह ग्रीनविच याम्योत्तर के तल में भ्रमण करता है

(b) यह खगोलीय विषुवतीय तल के लम्बवत् तल में भ्रमण करता है

(c) पृथ्वी तल से इसकी ऊँचाई लगभग पृथ्वी की त्रिज्या के बराबर होती है

(d) पृथ्वी तल से इसकी ऊँचाई पृथ्वी की त्रिज्या की लगभग 6 गुना होती है

38. एक भू-स्थायी उपग्रह की पृथ्वी के केन्द्र से दूरी लगभग है, (पृथ्वी की त्रिज्या R = 6400 किलोमीटर) [AFMC 2001]

(a) 5 R (b) 7 R

(c) 10 R (d) 18 R

39. यदि गुरुत्वाकर्षण नियतांक समय के साथ घट रहा है, तो पृथ्वी के चारों ओर घूम रहे उपग्रह से संबंधित कौनसी राशि अपरिवर्तित रहेगी [DCE 1999, 2001]

(a) आवर्तकाल (b) कक्षीय त्रिज्या

(c) स्पर्श रेखीय वेग (d) कोणीय वेग

40. पृथ्वी तल से R ऊँचाई पर घूम रहे उपग्रह का परिक्रमण काल है, (R-पृथ्वी की त्रिज्या, g-पृथ्वी तल पर गुरुत्वजनित त्वरण है) [MP PMT 2002]

(a) $2\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$ (b) $4\sqrt{2}\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$

(c) $2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$ (d) $8\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$

41. यदि पृथ्वी की त्रिज्या 'R' एवं एक दिन की अवधि 'T' है, तो तुल्यकाली उपग्रह की ऊँचाई होगी, (G-गुरुत्वाकर्षण नियतांक, M-पृथ्वी का द्रव्यमान) [MP PMT 2002]

(a) $\left(\frac{4\pi^2 GM}{T^2}\right)^{1/3}$ (b) $\left(\frac{4\pi GM}{R^2}\right)^{1/3} - R$

(c) $\left(\frac{GMT^2}{4\pi^2}\right)^{1/3} - R$ (d) $\left(\frac{GMT^2}{4\pi^2}\right)^{1/3} + R$

42. एक तुल्यकाली उपग्रह पृथ्वी तल से 6R ऊँचाई पर पृथ्वी के चक्कर लगा रहा है, जहाँ R पृथ्वी की त्रिज्या है। एक अन्य उपग्रह का परिक्रमण काल क्या होगा जो पृथ्वी तल से 2.5R ऊँचाई पर चक्कर लगा रहा है

[UPSEAT 2002; AMU (Med.) 2002; Pb. PET 2003]

(a) 10 घण्टे (b) $(6/\sqrt{2})$ घण्टे

(c) 6 घण्टे (d) $6\sqrt{2}$ घण्टे

43. पृथ्वी तथा चन्द्रमा के केन्द्रों के बीच की दूरी 384000 किलोमीटर है। यदि पृथ्वी का द्रव्यमान 6×10^{24} किलोग्राम तथा $G = 6.66\times10^{-11}$ न्यूटन मीटर^2/किलोग्राम^2 हो तो चन्द्रमा की कक्षीय चाल होगी लगभग [MH CET 2002]

(a) 1 *km/sec* (b) 4 *km/sec*

(c) 8 *km/sec* (d) 11.2 *km/sec*

44. एक उपग्रह को पृथ्वी के चारों ओर 'R' त्रिज्या की वृत्तीय कक्षा में तथा अन्य उपग्रह को $1.02\,R$ त्रिज्या की कक्षा में स्थापित किया गया है। दोनों उपग्रहों के परिक्रमण कालों में प्रतिशत अन्तर होगा

[EAMCET 2003]

(a) 0.7 (b) 1.0

(c) 1.5 (d) 3

45. भू-स्थायी उपग्रह को कहाँ स्थापित करना चाहिये

[MP PMT 2004]

(a) विषुवत रेखा पर किसी भी शहर के ऊपर

(b) उत्तरी अथवा दक्षिणी ध्रुव के ऊपर

(c) पृथ्वी के ऊपर R ऊचाँई पर

(d) पृथ्वी की सतह पर

46. पृथ्वी की सतह से किसी भू-स्थायी उपग्रह की दूरी पृथ्वी की त्रिज्या ($R_e = 6400\ km$) के पदो में होगी [Pb. PET 2000]

(a) $13.76\ R_e$ (b) $10.76\ R_e$

(c) $6.56\ R_e$ (d) $2.56\ R_e$

47. एक उपग्रह 8000 *km* त्रिज्या के वृत्त में पृथ्वी के चारों ओर गति कर रहा है। इस उपग्रह को कक्षा में प्रक्षेपित करने के लिये आवश्यक चाल होगी [Pb. PET 2002]

(a) $3\ km/s$ (b) $16\ km/s$

(c) $7.15\ km/s$ (d) $8\ km/s$

48. दो उपग्रह A तथा B, जिनके द्रव्यमानों का अनुपात 3 : 1 है, r तथा 4r त्रिज्या की वृत्तीय कक्षा में गति कर रहे हैं। तब A तथा B की यांत्रिक ऊर्जाओं का अनुपात है [DCE 2002]

(a) 1 : 3 (b) 3 : 1

(c) 3 : 4 (d) 12 : 1

49. पृथ्वी के समीप परिक्रमण करते किसी ग्रह का कक्षीय वेग होगा

[RPMT 2002, 03]

(a) $\sqrt{2gR}$ (b) $\sqrt{gR}$

(c) $\sqrt{\frac{2g}{R}}$ (d) $\sqrt{\frac{g}{R}}$

50. यदि दो पिण्डों के बीच लगने वाला बल 1/R के समानुपाती हो (न कि $1/R^2$ के) जहाँ R पिण्डों के बीच की दूरी है, तब इस प्रकार के बल के कारण वृत्ताकार मार्ग में घूमने वाले पिण्ड की कक्षीय चाल समानुपाती होगी [CBSE PMT 1994; JIPMER 2001, 02]

(a) $1/R^2$ (b) R^0

(c) R^1 (d) 1/R

51. एक उपग्रह पृथ्वी के चारों ओर r त्रिज्या की कक्षा में v चाल से घूम रहा है। यदि उपग्रह का द्रव्यमान M है तो उसकी कुल ऊर्जा होगी

[MP PMT 2001]

(a) $-\frac{1}{2}Mv^2$ (b) $\frac{1}{2}Mv^2$

(c) $\frac{3}{2}Mv^2$ (d) Mv^2

52. पृथ्वी के चारों ओर घूम रहे एक उपग्रह की गतिज ऊर्जा E_k है। इसे कम से कम कितनी ऊर्जा और प्रदान की जाए जिससे यह अन्तरिक्ष में पलायन कर सके [KCET (Engg./Med.) 2001]

(a) E_k (b) $2\,E_k$

(c) $\frac{1}{2}E_k$ (d) $3\,E_k$

53. पृथ्वी तल से 6.4×10^6 मीटर ऊँचाई पर परिक्रमण कर रहे एक m द्रव्यमान के उपग्रह की स्थितिज ऊर्जा है

[AIIMS 2000; CBSE PMT 2001; BHU 2001]

(a) $-0.5\,mgR_e$ (b) $-mgR_e$

(c) $-2\,mgR_e$ (d) $4\,mgR_e$

54. पृथ्वी के चारों ओर r त्रिज्या की वृत्ताकार कक्षा में v वेग से घूम रहा एक उपग्रह जब अपनी कुछ ऊर्जा खो देगा, तब r तथा v में क्या परिवर्तन होगा [JIPMER 2002; EAMCET 2000]

(a) r एवं v दोनों बढ़ेंगे (b) r एवं v दोनों घटेंगे

(c) r घटेगा एवं v बढ़ेगा (d) r बढ़ेगा एवं v घटेगा

55. पृथ्वी के एक उपग्रह S की कक्षीय त्रिज्या एक दूरसंचार उपग्रह C की कक्षीय त्रिज्या की चार गुनी है। S का परिक्रमण काल है

[MP PMT 1994; DCE 1999]

(a) 4 दिन (b) 8 दिन

(c) 16 दिन (d) 32 दिन

56. कक्षा में घूमते उपग्रह के लिये कौनसी राशि नियत होगी

[Bihar CMEET 1995]

(a) वेग (b) कोणीय संवेग

(c) स्थितिज ऊर्जा (d) त्वरण

(e) गतिज ऊर्जा

57. यदि उपग्रह पृथ्वी की ओर खिसक आता है, तो उपग्रह का आवर्तकाल [RPMT 2000]

(a) बढ़ता है

(b) घटता है

(c) अपरिवर्तित रहता है

(d) कुछ भी नहीं कहा जा सकता है

58. कौनसी राशि का मान उपग्रह की कक्षीय त्रिज्या पर निर्भर नहीं करता है [DCE 2000,03]

(a) $\frac{T}{R}$ (b) $\frac{T^2}{R}$

(c) $\frac{T^2}{R^2}$ (d) $\frac{T^2}{R^3}$

59. पृथ्वी के एक उपग्रह का परिक्रमण काल 5 घण्टे है। यदि पृथ्वी तथा उपग्रह के बीच की दूरी प्रारम्भिक दूरी की चार गुनी कर दी जाये, तो नया परिक्रमण काल हो जायेगा

[AIIMS 1995; AIEEE 2003]

(a) 20 घण्टे (b) 10 घण्टे

(c) 80 घण्टे (d) 40 घण्टे

60. एक उपग्रह R त्रिज्या की वृत्तीय कक्षा में एक दिन में पृथ्वी का एक चक्कर पूर्ण करता है। एक अन्य उपग्रह वृत्तीय कक्षा में 8 दिन में पृथ्वी का एक चक्कर पूर्ण करता है। द्वितीय उपग्रह की कक्षा की त्रिज्या होगी [UPSEAT 2004]

(a) 8 R (b) 4R

(c) 2R (d) R

61. किसी कृत्रिम उपग्रह में रखी हुई कुर्सी पर बैठा हुआ व्यक्ति भारहीन महसूस करता है, क्योंकि [UPSEAT 2004]

(a) उपग्रह में स्थित वस्तु को पृथ्वी अपनी ओर आकर्षित नहीं करती

(b) कुर्सी द्वारा व्यक्ति पर आरोपित अभिलंब प्रतिक्रिया बल पृथ्वी के आकर्षण बल को संतुलित कर देता है

(c) अभिलंब प्रतिक्रिया बल शून्य होता है

(d) उपग्रह में व्यक्ति त्वरित नहीं होता

62. दो उपग्रह A तथा B, क्रमशः 4R तथा R त्रिज्या की वृत्तीय कक्षा में किसी ग्रह के चारों ओर परिक्रमण कर रहे हैं। यदि उपग्रह A की चाल 3v हो, तब उपग्रह B की चाल होगी [Pb. PET 2004]

(a) $\frac{3v}{2}$ (b) $\frac{4v}{2}$

(c) $6v$ (d) $12v$

63. यदि $g\propto\frac{1}{R^3}$ ($\frac{1}{R^2}$ के स्थान पर) हो, तब पृथ्वी के समीप स्थित उपग्रह के परिक्रमण काल तथा त्रिज्या R में संबंध होगा

[RPMT 2002]

(a) $T^2\propto R^3$ (b) $T\propto R^2$

(c) $T^2\propto R$ (d) $T\propto R$

64. अंतरिक्ष यान में बैठे यात्री को आकाश दिखाई देता है

[KCET 1994]

(a) काला (b) सफेद

(c) हरा (d) नीला

65. एक भू-स्थायी उपग्रह पृथ्वी के चारों ओर परिक्रमा कर रहा है। इसे पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से बाहर पलायन कराने के लिए इसके वेग को बढ़ाना होगा [J & K CET 2005]

(a) 100% (b) 41.4%

(c) 50% (d) 59.6%

66. एक उपग्रह पृथ्वी के चारों ओर वृत्तीय गति कर रहा है। वृत्तीय कक्षा की त्रिज्या चंद्रमा की कक्षा की त्रिज्या की आधी है। उपग्रह एक चक्कर पूरा करेगा [J & K CET 2005]

(a) $\frac{1}{2}$ चंद्रमास में (b) $\frac{2}{3}$ चंद्रमास में

(c) $2^{-3/2}$ चंद्रमास में (d) $2^{3/2}$ चंद्रमास में

67. एक उपग्रह जिसका द्रव्यमान m है, पृथ्वी (द्रव्यमान M) के केन्द्र से r दूरी पर स्थित है। उपग्रह की यांत्रिक ऊर्जा है [J&K CET 2005]

(a) $-\frac{GMm}{r}$ (b) $\frac{GMm}{r}$

(c) $\frac{GMm}{2r}$ (d) $-\frac{GMm}{2r}$

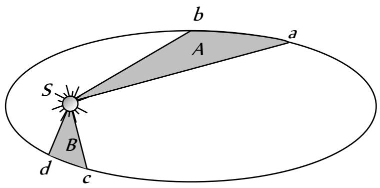
ग्रहों की गति संबंधी केपलर के नियम

1. नेपच्यून एवं शनि की सूर्य से दूरियाँ क्रमशः 10^{13} एवं 10^{12} मीटर के लगभग हैं। माना कि ये वृत्तीय मार्ग में गति करते हैं तब उनके परिक्रमण कालों का अनुपात होगा [NCERT 1975; CBSE PMT 1994; MP PET 2001]

(a) $\sqrt{10}$ (b) 100
(c) $10\sqrt{10}$ (d) $1/\sqrt{10}$

2. संलग्न चित्र सूर्य के चारों ओर एक ग्रह की दीर्घवृत्तीय कक्षा में गति प्रदर्शित करता है, सूर्य जिसके फोकस पर है। चित्र में छायांकित भाग A तथा B समान क्षेत्रफल के हैं। यदि ग्रह द्वारा a से b तक तथा d से c तक जाने का समय क्रमशः t_1 तथा t_2 है, तो [CPMT 1986, 88]

(a) $t_1 < t_2$
(b) $t_1 > t_2$
(c) $t_1 = t_2$
(d) $t_1 \le t_2$



3. R त्रिज्या के वृत्ताकार पथ पर घूमते हुए उपग्रह का परिक्रमण काल T है। $4R$ त्रिज्या की वृत्तीय कक्षा में घूम रहे एक अन्य उपग्रह का परिक्रमण काल होगा [CPMT 1982; MP PET/PMT 1998; AIIMS 2000; CBSE PMT 2002]

(a) $4T$ (b) $T/4$
(c) $8T$ (d) $T/8$

4. एक तारे के चारों ओर किसी ग्रह का कक्षीय पथ होता है [CPMT 1982]

(a) वृत्त (b) एक दीर्घवृत्त
(c) एक परवलय (d) एक सरल रेखा

5. यदि कोई पिण्ड व्युत्क्रम वर्ग के नियम के अन्तर्गत वृत्तीय गति करता है, तो उसके द्वारा एक परिक्रमण करने का समय T तथा वृत्तीय कक्षा की त्रिज्या r में सम्बन्ध है [NCERT 1975; RPMT 2000]

(a) $T \propto r$ (b) $T \propto r^2$
(c) $T^2 \propto r^3$ (d) $T \propto r^4$

6. यदि पृथ्वी की सूर्य से दूरी वर्तमान दूरी की 1/4 गुनी हो जाए तो एक वर्ष का समय [EAMCET 1987]

(a) वर्तमान वर्ष का आधा हो जाएगा
(b) वर्तमान वर्ष का 1/8 हो जाएगा
(c) वर्तमान वर्ष का 1/4 हो जाएगा
(d) वर्तमान वर्ष का 1/6 हो जाएगा

7. पृथ्वी सूर्य के चारों ओर 9.3×10^7 मी त्रिज्या की एक दीर्घवृत्तीय कक्षा में घूमती हुई एक वर्ष में एक चक्कर पूरा करती है। माना कि वहाँ कोई बाह्य प्रभाव नहीं है, तब

(a) पृथ्वी की गतिज ऊर्जा अचर रहती है
(b) पृथ्वी का कोणीय संवेग अचर रहता है
(c) पृथ्वी की स्थितिज ऊर्जा अचर रहती है
(d) उपरोक्त सभी उत्तर सही हैं

8. शुक्र दूसरे ग्रहों की अपेक्षा अधिक चमकीला दिखाई देता है क्योंकि [MNR 1985]

(a) यह दूसरे ग्रहों की अपेक्षा अधिक भारी है
(b) इसका घनत्व दूसरे ग्रहों से अधिक है
(c) यह दूसरे ग्रहों की अपेक्षा पृथ्वी के निकट है
(d) इस पर कोई वायुमण्डल नहीं है

9. एक ग्रह सूर्य के चारों ओर चक्कर लगाता है। सूर्य से सबसे नजदीक बिन्दु P पर इसका वेग v_1 तथा सूर्य से इस बिन्दु की दूरी d_1 है। दूसरे बिन्दु Q पर जो कि सूर्य से सबसे अधिक दूरी d_2 पर है, ग्रह की चाल होगी [MP PMT 1987; DCE 2002]

(a) $\frac{d_1^2 v_1}{d_2^2}$ (b) $\frac{d_2 v_1}{d_1}$
(c) $\frac{d_1 v_1}{d_2}$ (d) $\frac{d_2^2 v_1}{d_1^2}$

10. वृहस्पति की कक्षीय चाल है [MNR 1986; UPSEAT 2000]

(a) पृथ्वी की कक्षीय चाल से अधिक
(b) पृथ्वी की कक्षीय चाल से कम
(c) पृथ्वी की कक्षीय चाल के बराबर
(d) शून्य

11. दो ग्रह सूर्य का चक्कर लगा रहे हैं। परिक्रमण काल एवं माध्य कक्षीय त्रिज्यायें क्रमशः T_1, T_2 तथा r_1, r_2 हैं। अनुपात T_1/T_2 का मान है [CPMT 1978]

(a) $(r_1/r_2)^{1/2}$ (b) r_1/r_2
(c) $(r_1/r_2)^2$ (d) $(r_1/r_2)^{3/2}$

12. किसी ग्रह के क्षेत्रीय वेग की स्थिरता के सम्बन्ध में दिया गया केपलर का द्वितीय नियम किसके संरक्षण का उदाहरण है [CPMT 1990; AIIMS 2002]

(a) ऊर्जा (b) कोणीय संवेग
(c) रेखीय संवेग (d) इनमें से कोई नहीं

13. पृथ्वी की सूर्य से अधिकतम एवं न्यूनतम दूरियाँ क्रमशः r_1 तथा r_2 हैं। जब यह (पृथ्वी) कक्षा के दीर्घ अक्ष पर सूर्य से खींचे गये अभिलम्ब पर हो, तब इसकी सूर्य से दूरी क्या होगी [CBSE PMT 1991]

(a) $\frac{r_1 + r_2}{4}$ (b) $\frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$
(c) $\frac{2r_1 r_2}{r_1 + r_2}$ (d) $\frac{r_1 + r_2}{3}$

14. पृथ्वी तल के समीप कक्षा के भू-उपग्रह का घूर्णनकाल 83 मिनट है। पृथ्वी तल से तीन भू-त्रिज्याओं की दूरी पर स्थित कक्षा के भू-उपग्रह का घूर्णनकाल होगा [MP PMT 1994]

(a) 83 मिनट (b) $83 \times \sqrt{8}$ मिनट

(c) 664 मिनट (d) 249 मिनट

15. m द्रव्यमान का एक उपग्रह एकसमान कोणीय वेग से पृथ्वी की परिक्रमा कर रहा है। यदि कक्षा की त्रिज्या R_0 तथा पृथ्वी का द्रव्यमान M है, तो उपग्रह का पृथ्वी के केन्द्र के सापेक्ष कोणीय संवेग है [MP PMT 1996; RPMT 2000]

(a) $m\sqrt{GMR_0}$ (b) $M\sqrt{GmR_0}$

(c) $m\sqrt{\frac{GM}{R_0}}$ (d) $M\sqrt{\frac{GM}{R_0}}$

16. केपलर के अनुसार, किसी ग्रह का आवर्तकाल (T) तथा इसकी सूर्य से औसत दूरी (r) के बीच सही सम्बन्ध होगा
[EAMCET (Med.) 1995; MH CET 2000; Pb. PET 2001]

(a) $T^3r^3 =$ नियत (b) $T^2r^{-3} =$ नियत

(c) $Tr^3 =$ नियत (d) $T^2r =$ नियत

17. एक ग्रह सूर्य के चारों ओर घूमता है। इसकी सूर्य से माध्य दूरी पृथ्वी तथा सूर्य के बीच माध्य दूरी की 1.588 गुनी है। ग्रह का परिक्रमण काल होगा [RPET 1997]

(a) 1.25 वर्ष (b) 1.59 वर्ष

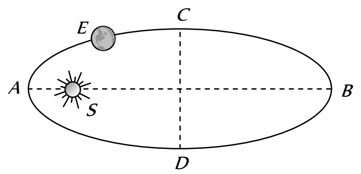
(c) 0.89 वर्ष (d) 2 वर्ष

18. उपग्रह A जिसका द्रव्यमान m तथा पृथ्वी के केन्द्र से दूरी r है। उपग्रह B जिसका द्रव्यमान $2m$ तथा पृथ्वी के केन्द्र से दूरी $2r$ है। उनके परिक्रमण कालों में अनुपात होगा [CBSE PMT 1993]

(a) 1 : 2 (b) 1 : 16

(c) 1 : 32 (d) $1:2\sqrt{2}$

19. पृथ्वी (E), सूर्य (S), के चारों ओर दीर्घवृत्तीय कक्षा में घूम रही है। दीर्घ वृत्त के एक फोकस पर सूर्य है। पृथ्वी के घूमने की चाल किस बिन्दु पर अधिकतम होगी [BHU 1994; CPMT 1997]



(a) C
(b) A
(c) B
(d) D

20. सूर्य के परितः ग्रह A का परिक्रमण काल, ग्रह B की तुलना में 8 गुना है। A की सूर्य से दूरी, B की सूर्य से दूरी की कितने गुना होगी
[CBSE PMT 1997; BHU 2001]

(a) 2 (b) 3

(c) 4 (d) 5

21. यदि पृथ्वी की कक्षा की त्रिज्या एक चौथाई कर दी जाए, तब वर्ष की अवधि हो जाएगी [BHU 1998; JIPMER 2001, 2002]

(a) 8 गुनी (b) 4 गुनी

(c) 1/8 गुनी (d) 1/4 गुनी

22. सौर परिवार में ग्रहों का निकाय किस नियम का पालन करता है
[DCE 1999]

(a) ऊर्जा संरक्षण

(b) रेखीय संवेग संरक्षण

(c) कोणीय संवेग संरक्षण

(d) उपरोक्त में से कोई नहीं

23. यदि किसी उपग्रह का द्रव्यमान दोगुना कर दिया जाता है, एवं आवर्तकाल नियत रहता है, तो दोनों स्थितियों में कक्षा की त्रिज्याओं का अनुपात होगा [RPET 2000]

(a) 1 : 2 (b) 1 : 1

(c) 1 : 3 (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

24. पृथ्वी का सूर्य के चारों ओर परिक्रमण काल 1 वर्ष है। यदि इनके बीच की दूरी दोगुनी हो जाती है, तब नया परिक्रमण काल होगा
[MP PET 2000]

(a) 1/2 वर्ष (b) $2\sqrt{2}$ वर्ष

(c) 4 वर्ष (d) 8 वर्ष

25. केपलर ने खोज की [DCE 2000]

(a) गति के नियमों की (b) घूर्णी गति के नियमों की

(c) ग्रहीय गति के नियमों की (d) वक्रीय गति के नियमों की

26. सौर मण्डल में संरक्षित रहता है [DCE 2001]

(a) कुल ऊर्जा (b) गतिज ऊर्जा

(c) कोणीय वेग (d) रेखीय संवेग

27. एक पुच्छल तारे की सूर्य से अधिकतम एवं न्यूनतम दूरियाँ क्रमशः 8×10^{12} मीटर एवं 1.6×10^{12} मीटर हैं। जब यह सूर्य के नजदीक है तब इसका वेग 60 मीटर/सैकण्ड है। जब यह अधिकतम दूरी पर है तब इसका वेग मीटर/सैकण्ड में होगा
[Orissa JEE 2001]

(a) 12 (b) 60
(c) 112 (d) 6

28. एक वस्तु सूर्य के चारों ओर, पृथ्वी की चाल से 27 गुना अधिक चाल से परिक्रमण कर रही है। उनकी त्रिज्याओं का अनुपात है
[DPMT 2002]

(a) 1/3 (b) 1/9
(c) 1/27 (d) 1/4

29. चन्द्रमा का पृथ्वी के चारों ओर घूर्णन काल लगभग 29 दिन है। यदि चन्द्रमा का द्रव्यमान वर्तमान मान का दोगुना कर दिया जाये एवं अन्य राशियाँ अपरिवर्तित रहें तो चन्द्रमा का घूर्णन काल होगा (लगभग) [Kerala (Engg.) 2002]

(a) $29\sqrt{2}$ दिन (b) $29/\sqrt{2}$ दिन

(c) 29 × 2 दिन (d) 29 दिन

30. दो ग्रह सूर्य से d_1 एवं d_2 माध्य दूरियों पर हैं तथा इनकी आवृत्तियाँ क्रमशः n_1 तथा n_2 हैं तब सही सम्बन्ध होगा
[Kerala (Med.) 2002]

(a) $n_1^2d_1^2 = n_2d_2^2$ (b) $n_2^2d_2^3 = n_1^2d_1^3$

(c) $n_1d_1^2 = n_2d_2^2$ (d) $n_1^2d_1 = n_2^2d_2$

31. निम्नलिखित में से किस खगोल विज्ञानी ने सबसे पहले बताया कि सूर्य स्थिर है, तथा पृथ्वी इसके चारों ओर परिक्रमा कर रही है

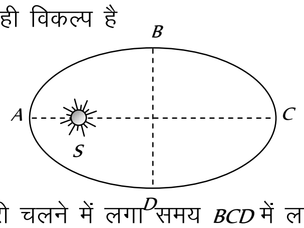
[AFMC 2002]

(a) कॉपरनिकस (b) केपलर
(c) गैलीलियो (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

32. किसी ग्रह की सूर्य से दूरी, पृथ्वी तथा सूर्य के बीच की दूरी की 5 गुनी है। ग्रह का आवर्तकाल होगा [UPSEAT 2003]

(a) $5^{3/2}$ वर्ष (b) $5^{2/3}$ वर्ष
(c) $5^{1/3}$ वर्ष (d) $5^{1/2}$ वर्ष

33. कोई ग्रह, सूर्य के चारों ओर दीर्घवृत्ताकार कक्षा में परिक्रमण कर रहा है तो सही विकल्प है [UPSEAT 2003]



(a) *DAB* दूरी चलने में लगा समय *BCD* में लगे समय से कम है
(b) *DAB* दूरी चलने में लगा समय *BCD* में लगे समय से अधिक है
(c) *CDA* दूरी चलने में लगा समय *ABC* में लगे समय से कम है
(d) *CDA* दूरी चलने में लगा समय *ABC* में लगे समय से अधिक है

34. उपरोक्त प्रश्न में ग्रह का कक्षीय वेग न्यूनतम होगा [UPSEAT 2003; RPET 2002]

(a) *A* पर (b) *B* पर
(c) *C* पर (d) *D* पर

35. किसी ग्रह की कक्षीय त्रिज्या, पृथ्वी की तुलना में दोगुनी है। ग्रह का परिक्रमण काल है [BHU 2003; CPMT 2004]

(a) 4.2 वर्ष (b) 2.8 वर्ष
(c) 5.6 वर्ष (d) 8.4 वर्ष

36. केन्द्र से *r* त्रिज्या की दूरी पर चक्कर लगा रहे उपग्रह का कोणीय संवेग *L* है। यदि उपग्रह की दूरी *r* से बढ़ाकर 16 *r* कर दी जाये तो इसका कोणीय संवेग हो जायेगा [MP PET 2003]

(a) 16 *L* (b) 64 *L*
(c) $\frac{L}{4}$ (d) 4 *L*

37. केपलर के नियमानुसार उपग्रह का आवर्तकाल इसकी त्रिज्या के साथ निम्न प्रकार से परिवर्तित होगा [Orissa JEE 2003]

(a) $T^2 \propto R^3$ (b) $T^3 \propto R^2$
(c) $T^2 \propto (1/R^3)$ (d) $T^3 \propto (1/R^2)$

38. ग्रहीय गति में किसी ग्रह के स्थिति सदिश का क्षेत्रीय वेग dA/dt, कोणीय वेग ω तथा ग्रह की सूर्य से दूरी *r* पर निर्भर करता है। क्षेत्रीय वेग के लिये सही संबंध होगा [EAMCET 2003]

(a) $\frac{dA}{dt} \propto \omega r$ (b) $\frac{dA}{dt} \propto \omega^2 r$
(c) $\frac{dA}{dt} \propto \omega r^2$ (d) $\frac{dA}{dt} \propto \sqrt{\omega r}$

39. दो ग्रहों की सूर्य से दूरियों का अनुपात 1.38 है। सूर्य के चारों ओर उनके परिक्रमण कालों का अनुपात होगा [Kerala PMT 2004]

(a) 1.38 (b) $1.38^{3/2}$
(c) $1.38^{1/2}$ (d) 1.38^{3}
(e) 1.38^{2}.

40. केपलर का द्वितीय नियम (क्षेत्रफल का नियम) आधारित है [UPSEAT 2004]

(a) कार्य-ऊर्जा प्रमेय पर
(b) रेखीय संवेग संरक्षण पर
(c) कोणीय संवेग संरक्षण पर
(d) ऊर्जा संरक्षण पर

41. सामान्यतः गुरुत्वीय बल के अंतर्गत किसी दीर्घवृत्तीय कक्षा में, [UPSEAT 2004]

(a) स्पर्शी वेग नियत रहता है
(b) कोणीय वेग नियत रहता है
(c) त्रिज्यीय वेग नियत रहता है
(d) क्षेत्रीय वेग नियत रहता है

42. यदि कोई खोजा गया नवीन ग्रह सूर्य के चारों ओर पृथ्वी से दोगुनी कक्षीय त्रिज्या में परिक्रमण कर रहा है। तब ग्रह का आवर्तकाल दिनों में होगा [DCE 2004]

(a) 1032 (b) 1023
(c) 1024 (d) 1043

43. माना गुरुत्वाकर्षण नियम अचानक परिवर्तित हो कर व्युत्क्रम घन नियम अर्थात $F \propto 1/r^3$ बन जाता है परन्तु बल अभी भी केन्द्रीय बल रहता है तो [UPSEAT 2002]

(a) केपलर का क्षेत्रीय नियम अभी भी लागू होगा
(b) केपलर का आवर्तकाल का नियम अभी भी लागू होगा
(c) केपलर के क्षेत्रीय नियम तथा आवर्तकाल नियम अभी भी लागू होंगे
(d) न तो क्षेत्रीय नियम न ही आवर्तकाल नियम लागू होंगे

44. केंद्रीय बल के क्षेत्र में निम्न में से क्या परिवर्तित नहीं होता [MP PMT 2004]

(a) स्थितिज ऊर्जा (b) गतिज ऊर्जा
(c) रेखीय संवेग (d) कोणीय संवेग

45. पृथ्वी की कक्षा की उत्केन्द्रता 0.0167 है। इसकी अधिकतम कक्षीय चाल का न्यूनतम कक्षीय चाल से अनुपात है [NCERT 1973]

(a) 2.507 (b) 1.033
(c) 8.324 (d) 1.000

46. किसी ग्रह के चन्द्रमा का आवर्तकाल *T* तथा कक्षीय त्रिज्या *R* हो तो इस ग्रह का द्रव्यमान होगा [AMU 1995]

(a) $4\pi^2 R^3 G^{-1} T^{-2}$ (b) $8\pi^2 R^3 G^{-1} T^{-2}$
(c) $12\pi^2 R^3 G^{-1} T^{-2}$ (d) $16\pi^2 R^3 G^{-1} T^{-2}$

47. किसी ग्रह के लिये कक्षीय वेग निम्न सूत्र द्वारा दिया जाता है $v = G^a M^b R^c$, तब [EAMCET 1994]

(a) $a = 1/3, b = 1/3, c = -1/3$
(b) $a = 1/2, b = 1/2, c = -1/2$
(c) $a = 1/2, b = -1/2, c = 1/2$
(d) $a = 1/2, b = -1/2, c = -1/2$

48. हुबल का नियम दर्शाता है कि पृथ्वी से आकाश गंगा के दूर जाने का वेग समानुपाती है [Kerala PMT 2004]

(a) पृथ्वी से आकाशगंगा की दूरी के वर्ग के
(b) पृथ्वी से आकाशगंगा की दूरी के
(c) आकाशगंगा के द्रव्यमान के
(d) आकाशगंगा के द्रव्यमान तथा पृथ्वी से इसकी दूरी के गुणनफल के
(e) पृथ्वी के द्रव्यमान के

49. दो उपग्रह पृथ्वी के चारों ओर क्रमशः v_1 तथा v_2 वेग से r_1 तथा r_2 त्रिज्याओं $(r_1 > r_2)$ में परिक्रमण कर रहे हैं, तब [BHU 2005]

(a) $v_1 = v_2$ (b) $v_1 > v_2$
(c) $v_1 < v_2$ (d) $\frac{v_1}{r_1} = \frac{v_2}{r_2}$

50. m द्रव्यमान तथा r त्रिज्या के एक समरूप गोले को ब्लैक होल में बदलने के लिए आवश्यक शर्त है

(G = गुरुत्वाकर्षण नियतांक तथा g = गुरुत्वीय त्वरण) [AIIMS 2005]

(a) $(2Gm/r)^{1/2} \le c$ (b) $(2Gm/r)^{1/2} = c$
(c) $(2Gm/r)^{1/2} \ge c$ (d) $(gm/r)^{1/2} \ge c$

51. यदि सूर्य से पृथ्वी की दूरी वर्तमान दूरी की 1/4 हो जाए, तब वर्तमान दिन का मान कितना घट जाएगा [BHU 2005]

(a) $\frac{1}{4}$ (b) $\frac{1}{2}$
(c) $\frac{1}{8}$ (d) $\frac{1}{6}$

Critical Thinking
Objective Questions

1. माना कि एक हल्का ग्रह किसी बहुत भारी तारे का परिक्रमण कर रहा है जिसकी कक्षा की त्रिज्या R तथा परिक्रमण काल T है। यदि तारे तथा ग्रह के बीच का आकर्षण बल $R^{-5/2}$ के समानुपाती है तो T^2 किसके समानुपाती होगा [IIT 1989; RPMT 1997]

(a) R^3 (b) $R^{7/2}$
(c) $R^{5/2}$ (d) $R^{3/2}$

2. R त्रिज्या एवं द्रव्यमान M के एकसमान गोले के केन्द्र से r_1 तथा r_2 दूरियों पर गुरुत्वाकर्षण बल के परिमाण क्रमशः F_1 तथा F_2 हैं, तो [IIT 1994]

(a) $\frac{F_1}{F_2} = \frac{r_1}{r_2}$ यदि $r_1 < R$ तथा $r_2 < R$
(b) $\frac{F_1}{F_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$ यदि $r_1 > R$ तथा $r_2 > R$
(c) $\frac{F_1}{F_2} = \frac{r_1}{r_2}$ यदि $r_1 > R$ तथा $r_2 > R$
(d) $\frac{F_1}{F_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$ यदि $r_1 < R$ तथा $r_2 < R$

3. एक उपग्रह S पृथ्वी के चारों ओर दीर्घवृत्ताकार मार्ग में घूम रहा है, उपग्रह का द्रव्यमान पृथ्वी की तुलना में बहुत ही कम है, तब [IIT 1998]

(a) S के त्वरण की दिशा सदैव पृथ्वी के केन्द्र की ओर होगी
(b) पृथ्वी के केन्द्र के परितः S के कोणीय संवेग की दिशा बदलती रहती है परन्तु इसका परिमाण निश्चित रहता है
(c) S की कुल यांत्रिक ऊर्जा समय के साथ आवर्ती रूप से परिवर्तित होती है
(d) S का रेखीय संवेग परिमाण में निश्चित रहता है

4. एक द्रव्यमान M दो भागों m तथा $M - m$ में टूट जाता है। जिन्हें फिर किसी दूरी पर रख दिया जाता है। इनके मध्य गुरुत्वाकर्षण बल अधिकतम होने के लिए m/M का अनुपात होगा [AMU 2000]

(a) 1/3 (b) 1/2
(c) 1/4 (d) 1/5

5. माना कि गुरुत्वाकर्षण बल दूरी की n वीं घात के व्युत्क्रमानुसार परिवर्तित होता है। सूर्य के चारों ओर R त्रिज्या की वृत्तीय कक्षा में परिक्रमण कर रहे किसी ग्रह का आवर्तकाल समानुपाती होगा [AIEEE 2004]

(a) $R^{\left(\frac{n+1}{2}\right)}$ (b) $R^{\left(\frac{n-1}{2}\right)}$
(c) R^n (d) $R^{\left(\frac{n-2}{2}\right)}$

6. यदि पृथ्वी की त्रिज्या 1% कम हो जाये, परन्तु उसका द्रव्यमान वही रहे, तो पृथ्वी तल पर गुरुत्वीय त्वरण [IIT 1981; CPMT 1981; MP PMT 1996, 97; Roorkee 1992; MP PET 1999; Kerala PMT 2004]

(a) 2% घट जायेगा (b) अपरिवर्तित रहेगा
(c) 2% बढ़ जायेगा (d) 1% बढ़ जायेगा

7. पृथ्वी के द्रव्यमान एवं त्रिज्या दोनों में 0.5% की वृद्धि कर दी जाती है तब पृथ्वी तल पर [Roorkee 2000]

(a) g बढ़ेगा (b) g घटेगा
(c) पलायन वेग नियत रहेगा (d) स्थितिज ऊर्जा नियत रहेगी

8. भूमध्य रेखा पर प्रभावी गुरुत्वीय त्वरण का मान शून्य होने के लिए, पृथ्वी का कोणीय वेग क्या होना चाहिए (पृथ्वी की त्रिज्या अपनी अक्ष के परितः $= 6400$ किमी एवं $g = 10$ मीटर/सैकण्ड) [Roorkee 2000]

(a) 0 रेडियन/सैकण्ड (b) $\frac{1}{800}$ रेडियन/सैकण्ड
(c) $\frac{1}{80}$ रेडियन/सैकण्ड (d) $\frac{1}{8}$ रेडियन/सैकण्ड

9. पृथ्वी की सतह पर एक सरल लोलक का आवर्तकाल T_1 है तथा पृथ्वी तल से R ऊँचाई पर इसका आवर्तकाल T_2 है, (जहाँ R- पृथ्वी की त्रिज्या है) T_2/T_1 का मान है [IIT-JEE 2001]

(a) 1 (b) $\sqrt{2}$
(c) 4 (d) 2

10. यदि पृथ्वी तल पर गुरुत्वीय त्वरण g' है तो m द्रव्यमान की एक वस्तु को पृथ्वी तल से पृथ्वी की त्रिज्या R के बराबर ऊँचाई h तक उठाने में उसकी स्थितिज ऊर्जा में वृद्धि होगी

[NCERT 1971; CPMT 1971, 97; IIT 1983; CBSE PMT 1991; Kurukshetra CEE 1996; CMEET Bihar 1995; MNR 1998; AIEEE 2004]

(a) mgR (b) $\frac{1}{2}mgR$

(c) $2\ mgR$ (d) $\frac{1}{4}mgR$

11. पृथ्वी के चारों ओर वृत्ताकार मार्ग में घूमने वाले उपग्रह की कुल (गतिज + स्थितिज) ऊर्जा E_0 है। इसकी स्थितिज ऊर्जा होगी

[IIT 1997 Cancelled; MH CET 2002; MP PMT 2000]

(a) $-E_0$ (b) $1.5\ E_0$

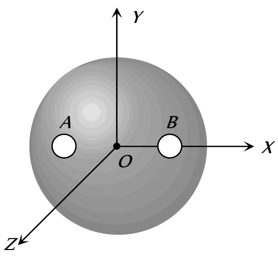
(c) $2\ E_0$ (d) E_0

12. M द्रव्यमान का एक रॉकेट पृथ्वी की सतह से ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर V वेग से छोड़ा जाता है। यदि पृथ्वी की त्रिज्या R तथा वायु घर्षण नगण्य माना जाए, तो रॉकेट द्वारा पृथ्वी सतह से अधिकतम कितनी ऊँचाई तय की जाएगी [AMU 1995]

(a) $R/\left(\frac{gR}{2V^2}-1\right)$ (b) $R\left(\frac{gR}{2V^2}-1\right)$

(c) $R/\left(\frac{2gR}{V^2}-1\right)$ (d) $R\left(\frac{2gR}{V^2}-1\right)$

13. एक समान घनत्व तथा 4 इकाई त्रिज्या वाले ठोस गोले का केन्द्र मूल बिन्दु O पर है। 1 इकाई त्रिज्या के दो गोले इसमें से इस प्रकार निकाल लिये जाते हैं कि उनके स्थान पर खाली जगह (गुहिका) रह जाती है। यदि इन निकाले गए गोलों के केन्द्र $A(-2, 0, 0)$ तथा $B(2, 0, 0)$ हों तो [IIT 1993]



(a) इस आकृत्ति के कारण मूल बिन्दु पर गुरुत्वाकर्षण बल शून्य होगा

(b) बिन्दु $B(2, 0, 0)$ पर गुरुत्वीय बल शून्य होगा

(c) वृत्त $y^2+z^2=36$ के प्रत्येक बिन्दु पर गुरुत्वीय विभव समान होगा

(d) वृत्त $y^2+z^2=4$ के प्रत्येक बिन्दु पर गुरुत्वीय विभव समान होगा

14. m_1 तथा m_2 द्रव्यमान के दो पिण्ड प्रारम्भ में अनन्त दूरी पर स्थित हैं। तत्पश्चात् ये दोनों गुरुत्वाकर्षण बल के प्रभाव में एक दूसरे की ओर गति करते हैं। दोनों के बीच r दूरी होने पर, इनके पास आने का सापेक्ष वेग होगा [BHU 1994; RPET 1999]

(a) $\left[2G\frac{(m_1-m_2)}{r}\right]^{1/2}$ (b) $\left[\frac{2G}{r}(m_1+m_2)\right]^{1/2}$

(c) $\left[\frac{r}{2G(m_1m_2)}\right]^{1/2}$ (d) $\left[\frac{2G}{r}m_1m_2\right]^{1/2}$

15. पृथ्वी तल से एक प्रक्षेप्य को आकाश में ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर kv_e वेग से प्रक्षेपित किया जाता है (यहाँ v_e पलायन वेग है, एवं $k<1$)। यदि वायु घर्षण को नगण्य मानें तो प्रक्षेप्य पृथ्वी के केन्द्र से कितनी अधिकतम ऊँचाई तक पहुँचेगा (R = पृथ्वी की त्रिज्या)

[Roorkee 1999; RPET 1999]

(a) $\frac{R}{k^2+1}$ (b) $\frac{R}{k^2-1}$

(c) $\frac{R}{1-k^2}$ (d) $\frac{R}{k+1}$

16. एक उपग्रह को पृथ्वी के चारों ओर R त्रिज्या की वृत्तीय कक्षा में छोड़ा जाता है। दूसरा उपग्रह $(1.01)R$ त्रिज्या की वृत्तीय कक्षा में छोड़ा जाता है, तो दूसरे उपग्रह का आवर्तकाल पहले वाले उपग्रह से लगभग अधिक होगा [IIT 1995]

(a) 0.5% (b) 1.0%

(c) 1.5% (d) 3.0%

17. यदि पृथ्वी तथा सूर्य के बीच की दूरी वर्तमान दूरी की आधी हो जाये तो एक वर्ष में दिनों की संख्या होगी

[IIT 1996; RPET 1996]

(a) 64.5 (b) 129

(c) 182.5 (d) 730

18. एक तुल्यकाली उपग्रह 36,000 किलोमीटर त्रिज्या की कक्षा में पृथ्वी के चारों ओर परिक्रमा कर रहा है। तब पृथ्वी तल से कुछ सैकड़ा किलोमीटर ऊँचाई पर घूम रहे उपग्रह का आवर्तकाल लगभग होगा (पृथ्वी की त्रिज्या R = 6400 किलोमीटर)

[IIT-JEE (Screening) 2002]

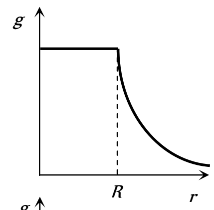
(a) 1/2 h (b) 1 h

(c) 2 h (d) 4 h

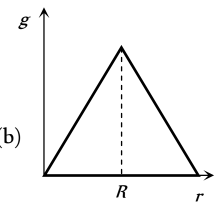
GQ Graphical Questions

1. पृथ्वी का घनत्व नियत मानते हुये, निम्न में से कौनसा ग्राफ पृथ्वी के केन्द्र से पृथ्वी से अत्यंत दूर बिन्दुओं पर गुरुत्वीय त्वरण में परिवर्तन दर्शाता है [AMU (Engg.) 2000]

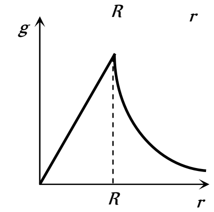
(a)



(b)



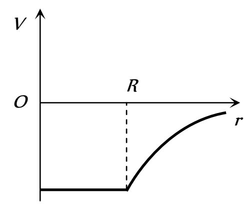
(c)



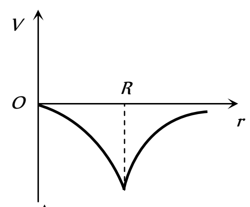
(d) उपरोक्त में से कोई नहीं

2. पृथ्वी के गुरुत्वीय विभव का, केन्द्र से दूरी के साथ परिवर्तन का सही निरूपण है

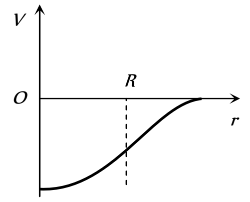
(a)



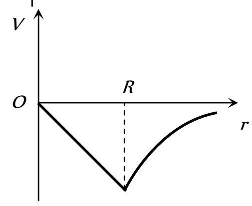
(b)



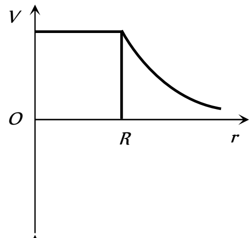
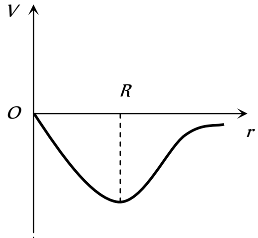
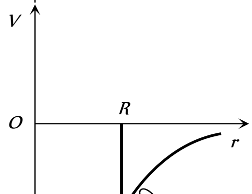
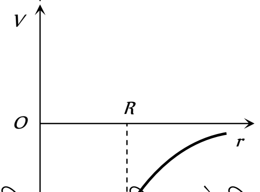
(c)



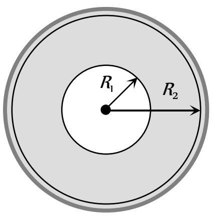
(d)

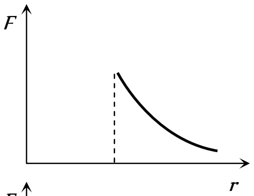
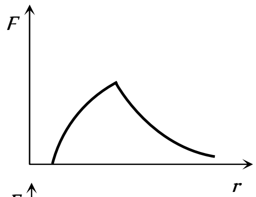
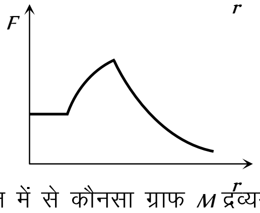
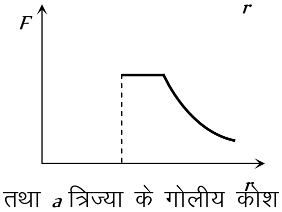


3. किस ग्राफ द्वारा गोलीय कोश (त्रिज्या R) के गुरुत्वीय विभव का दूरी के साथ परिवर्तन प्रदर्शित है

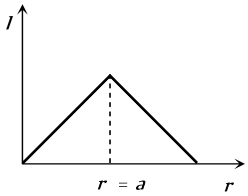
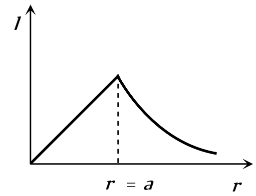
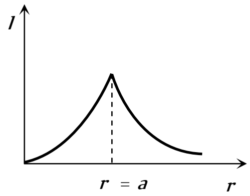
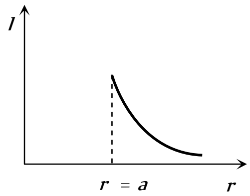
(a)

(b)

(c)

(d)


4. M द्रव्यमान तथा R त्रिज्या का गोला चित्रानुसार R त्रिज्या के विवर (Cavity) के संकेंद्रीय है। गोले द्वारा r दूरी पर स्थित m द्रव्यमान के कण पर लगने वाला बल निम्नानुसार परिवर्तित होगा $(0 \le r \le \infty)$

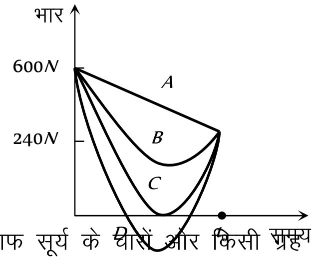


(a)

(b)

(c)

(d)


5. निम्न में से कौनसा ग्राफ M द्रव्यमान तथा a त्रिज्या के गोलीय कोश के गुरुत्वीय क्षेत्र (I) का दूरी (r) के साथ परिवर्तन को सही निरूपित करता है

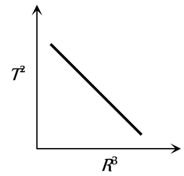
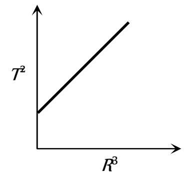
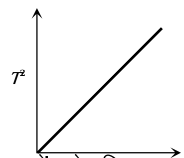
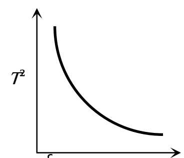
(a)

(b)

(c)

(d)


6. माना पृथ्वी की सतह पर गुरुत्वीय त्वरण 10 m/s तथा मंगल ग्रह पर इसका मान 4.0 m/s है। 60 किग्रा का एक यात्री एक नियत वेग से गतिशील अंतरिक्ष यान में पृथ्वी से मंगल ग्रह की ओर जाता है। आकाश के अन्य पिण्डों के प्रभाव को नगण्य मानने पर चित्र में प्रदर्शित कौन सा ग्राफ समय t के साथ यात्री के भार (कुल गुरुत्वाकर्षण बल) को सही ढंग से निरूपित करता है।

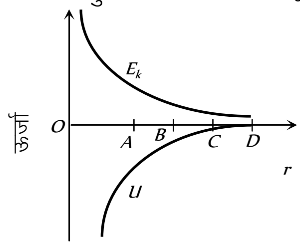


(a) A
(b) B
(c) C
(d) D

7. निम्न ग्राफों में से कौन सा ग्राफ सूर्य के चारों ओर किसी ग्रह की गति को निरूपित करता है [NCERT 1983]

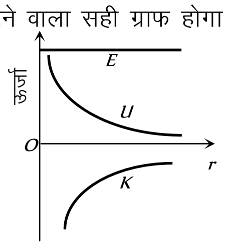
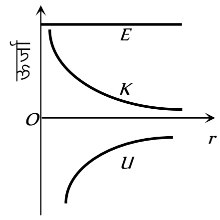
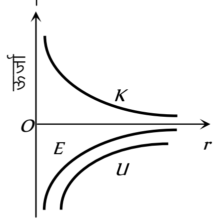
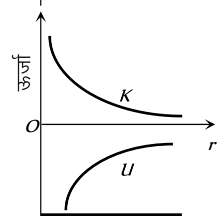
(a)

(b)

(c)

(d)


8. दो कणों के निकाय की स्थितिज ऊर्जा (U) तथा गतिज ऊर्जा (E_k) के वक्र चित्र में प्रदर्शित हैं। किन बिन्दुओं पर निकाय परिबद्ध होगा

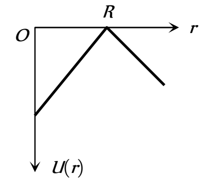


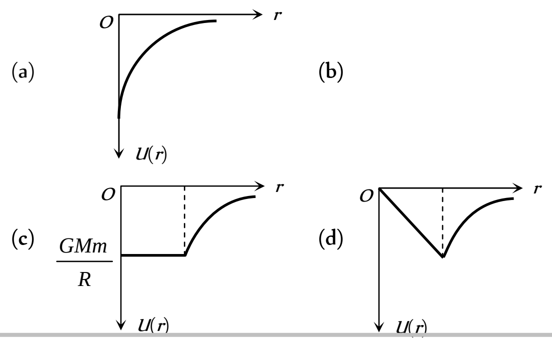
(a) केवल D बिन्दु पर
(b) केवल A बिन्दु पर
(c) बिन्दुओं D तथा A पर
(d) A, B तथा C बिन्दुओं पर

9. किसी उपग्रह की पृथ्वी के केन्द्र से दूरी के साथ कुल ऊर्जा (E) गतिज ऊर्जा (K) तथा स्थितिज ऊर्जा (U) के परिवर्तन को प्रदर्शित करने वाला सही ग्राफ होगा

(a)

(b)

(c)

(d)


10. M द्रव्यमान तथा R त्रिज्या वाले कोश (Shell) के केन्द्र से r दूरी पर बिन्दु द्रव्यमान m रखा हुआ है। गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा $U(r)$ के r के साथ परिवर्तन को निम्न ग्राफ प्रदर्शित करता है





Assertion & Reason

For AIIMS Aspirants

निम्नलिखित प्रश्नों में प्रक्कथन (Assertion) के वक्तव्य के पश्चात कारण (Reason) का वक्तव्य है।

- *(a)* प्रक्कथन और कारण दोनों सही हैं और कारण प्रक्कथन का सही स्पष्टीकरण देता है
- *(b)* प्रक्कथन और कारण दोनों सही हैं किन्तु कारण प्रक्कथन का सही स्पष्टीकरण नहीं देता है
- *(c)* प्रक्कथन सही है किन्तु कारण गलत है
- *(d)* प्रक्कथन और कारण दोनों गलत हैं
- *(e)* प्रक्कथन गलत है किन्तु कारण सही है

1. प्रक्कथन : सूर्य के चारों ओर परिक्रमण करते किसी ग्रह की कक्षा जितनी छोटी होगी, एक परिक्रमण करने में लगने वाला समय भी उतना ही कम होगा

कारण : केपलर के ग्रहों की गति के तृतीय नियम के अनुसार, ग्रहों के आवर्तकाल का वर्ग सूर्य से ग्रह की माध्य दूरी के घन के समानुपाती होता है।

2. प्रक्कथन : दो कणों के बीच लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल वैद्युत बल की तुलना में नगण्य होता है।

कारण : वैद्युत बल केवल आवेशित कणों द्वारा ही अनुभव किया जा सकता है।

3. प्रक्कथन : सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक गुरुत्वीय त्वरण के समान होता है।

कारण : गुरुत्वाकर्षण नियतांक तथा गुरुत्वीय त्वरण की विमायें समान होती हैं।

4. प्रक्कथन : गुरुत्वीय त्वरण का मान उस वस्तु के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता, जिस पर गुरुत्वीय बल लगता है।

कारण : गुरुत्वीय त्वरण एक नियत राशि है।

5. प्रक्कथन : यदि किसी लोलक को लिफ्ट में लटकाया जाए तथा लिफ्ट मुक्त रूप से नीचे गति कर रही है, तब लोलक का आवर्तकाल अनन्त हो जाता है।

कारण : मुक्त रूप से गिरती वस्तु का त्वरण गुरुत्वीय त्वरण के बराबर होता है।

6. प्रक्कथन : यदि पृथ्वी अपनी अक्ष के परितः अचानक घूर्णन करना बन्द कर दे, तब गुरुत्वीय त्वरण का मान सभी स्थानों पर समान हो जायेगा।

कारण : गुरुत्वीय त्वरण का मान पृथ्वी के घूर्णन से स्वतन्त्र होता है।

7. प्रक्कथन : ध्रुवों तथा विषुवत रेखा पर गुरुत्वीय त्वरण के मान में अन्तर पृथ्वी के कोणीय वेग के वर्ग के समानुपाती होता है।

कारण : गुरुत्वीय त्वरण का मान विषुवत रेखा पर न्यूनतम तथा ध्रुवों पर अधिकतम होता है।

8. प्रक्कथन : पृथ्वी के घूर्णन का, ध्रुवों पर गुरुत्वीय त्वरण के मान पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता।

कारण : पृथ्वी ध्रुवीय अक्ष के परितः घूर्णन करती है।

9. प्रक्कथन : सूर्य के चारों ओर वृत्तीय कक्षा में परिक्रमण करती हुयी पृथ्वी पर एक बल लगता है। अतः कार्य पृथ्वी पर किया जाना चाहिए।

कारण : पृथ्वी की वृत्तीय गति के लिए आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल, सूर्य तथा पृथ्वी के बीच लगने वाले गुरुत्वाकर्षण बल द्वारा प्राप्त होता है।

10. प्रक्कथन : जड़त्वीय द्रव्यमान तथा गुरुत्वीय द्रव्यमान का अनुपात 1 होता है।

कारण : किसी वस्तु के जड़त्वीय द्रव्यमान तथा गुरुत्वीय द्रव्यमान समान होते हैं।

11. प्रक्कथन : पृथ्वी पर प्रत्येक स्थान पर गुरुत्वीय विभव ऋणात्मक होता है।

कारण : पृथ्वी पर स्थित प्रत्येक वस्तु पृथ्वी के आकर्षण द्वारा परिबद्ध होती है।

12. प्रक्कथन : जब कोई उपग्रह दीर्घवृत्तीय कक्षा में परिक्रमण करता है, तब A इसका घूर्णन तल पृथ्वी के केंद्र से गुजरता है।

कारण : कोणीय संवेग संरक्षण नियम के अनुसार उपग्रह का घूर्णन तल हमेशा समान रहता है।

13. प्रक्कथन : जब ग्रह अपनी कक्षा में सूर्य के समीप होता है तब यह तेजी से गति करता है तथा इसका विलोम भी सत्य है।

कारण : ग्रह का कक्षीय वेग नियत रहता है।

14. प्रक्कथन : किसी उपग्रह का कक्षीय वेग इसके पलायन वेग से अधिक होता है।

कारण : किसी उपग्रह की कक्षा पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र के अंदर होती है जबकि पलायन गुरुत्वीय क्षेत्र से परे होता है।

15. प्रक्कथन : जब पृथ्वी का कोई उपग्रह निचली कक्षा में गति करता है, तब ऊर्जा का ह्रास होता है, परन्तु उपग्रह की चाल बढ़ जाती है।

कारण : किसी उपग्रह की चाल एक नियत राशि है।

16. प्रक्कथन : पृथ्वी पर वायुमण्डल है जबकि चंद्रमा पर नहीं है।

कारण : चन्द्रमा पृथ्वी की तुलना में अत्यंत छोटा है।

17. प्रक्कथन : किसी भू-स्थायी उपग्रह का आवर्तकाल 24 घण्टे होता है।

कारण : भू-स्थायी उपग्रह का आवर्तकाल, पृथ्वी को अपनी अक्ष पर एक चक्कर पूर्ण करने में लिए गए समय के बराबर होना चाहिए।

18. प्रक्कथन : गुरुत्वाकर्षण बल के लिए अध्यारोपण का सिद्धान्त लागू नहीं होता है।

कारण : गुरुत्वाकर्षण बल एक संरक्षी बल है।

19. प्रक्कथन : दो विभिन्न ग्रहों का पलायन वेग समान होता है।

कारण : पलायन वेग का मान एक सार्वत्रिक नियतांक है।

20. प्रक्कथन : पृथ्वी की सतह के समीप परिक्रमण करते उपग्रह का आवर्तकाल पृथ्वी की सतह से दूर परिक्रमण करते उपग्रह के आवर्तकाल से कम होता है।

कारण : उपग्रह के परिक्रमण काल का वर्ग इसकी कक्षीय त्रिज्या के घन के समानुपाती होता है।

21. प्रक्कथन : यदि किन्ही दो पिण्डों के बीच की दूरी तथा प्रत्येक पिण्ड के द्रव्यमान को दोगुना कर दिया जाए, तब उनके बीच लगने वाले गुरुत्वाकर्षण बल का मान अप्रभावित रहता है।

कारण : न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण नियम के अनुसार, गुरुत्वाकर्षण बल पिण्डों के द्रव्यमान के समानुपाती तथा उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

22. प्रक्कथन : सामान्यतया पृथ्वी से प्रक्षेपित किए गए किसी प्रक्षेप्य का पथ परवलयाकार होता है, किन्तु बहुत अधिक ऊँचाई तक प्रक्षेपित करने पर इसका पथ दीर्घवृत्तीय होता है।

कारण : किसी प्रक्षेप्य का पथ पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण बल के प्रभाव से स्वतंत्र होता है।

प्रक्कथन : पृथ्वी के केन्द्र पर वस्तु भारहीन हो जाती है।

कारण : जैसे–जैसे पृथ्वी के केंद्र से दूरी घटती जाती है। गुरुत्वीय त्वरण का मान बढ़ता जाता है।

23. प्रक्कथन : सामान्यतः अंतरिक्ष रॉकेट विषुवत रेखा पर पश्चिम से पूर्व की ओर छोड़े जाते हैं।

कारण : विषुवत रेखा पर त्वरण का मान न्यूनतम होता है।

24. प्रक्कथन : किसी उपग्रह की बंधन ऊर्जा उपग्रह के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करती है।

कारण : बन्धन ऊर्जा किसी उपग्रह की कुल ऊर्जा का ऋणात्मक मान होती है।

25. प्रक्कथन : तारों को विक्षेपित (disturb) किए बिना हम अपनी उँगली भी नहीं हिला सकते।

कारण : ब्रह्माण्ड में स्थित प्रत्येक वस्तु, प्रत्येक अन्य वस्तु को एक बल से आकर्षित करती है, जो कि दोनों वस्तुओं के बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

26. प्रक्कथन : यदि पृथ्वी को एक खोखला गोला माना जाए, तो पृथ्वी के भीतर स्थित प्रत्येक बिन्दु पर गुरुत्व क्षेत्र की तीव्रता शून्य होगी।

कारण : गोले के अन्दर स्थित किसी वस्तु पर लगने वाले कुल बल का मान शून्य होता है।

27. प्रक्कथन : पृथ्वी के अत्यन्त समीप परिक्रमण करते किसी उपग्रह का आवर्तकाल 1 घण्टा 24 मिनिट होता है।

कारण : किसी उपग्रह का परिक्रमण काल केवल पृथ्वी सतह से उपग्रह की ऊँचाई पर निर्भर करता है।

28. प्रक्कथन : पृथ्वी का परिक्रमण कर रहे किसी कृत्रिम उपग्रह में बैठा हुआ व्यक्ति भारहीन महसूस करता है।

कारण : उपग्रह पर कोई गुरुत्वीय बल कार्य नहीं करता।

29. प्रक्कथन : किसी कक्षा में परिक्रमण करते उपग्रह की चाल सदैव नियत रहती है।

कारण : उपग्रह की चाल इसके मार्ग पर निर्भर करती है।

30. प्रक्कथन : पृथ्वी के अत्यंत समीप परिक्रमण कर रहे किसी कृत्रिम उपग्रह की कक्षीय चाल 8 किमी/सै होती है।

कारण : पृथ्वी के समीप परिक्रमण करते उपग्रह की कक्षीय चाल पृथ्वी सतह से उपग्रह की ऊँचाई पर निर्भर नहीं करती है।

31. प्रक्कथन : पृथ्वी के केन्द्र तथा अनन्त दोनों स्थानों पर गुरुत्वीय क्षेत्र शून्य होता है।

कारण : गुरुत्वीय क्षेत्र की विमाऐं $[LT^{-2}]$ हैं।

32. प्रक्कथन : सूर्य के चारों ओर परिक्रमण करते हुए ग्रहों की कोणीय चाल, रेखीय चाल तथा गतिज ऊर्जा समय के साथ परिवर्तित होती है, किन्तु कोणीय संवेग नियत रहता है।

कारण : घूमते हुए ग्रहों पर कोई बल आघूर्ण कार्य नहीं करता, अतः इसका कोणीय संवेग नियत रहता है।

Answers

न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण नियम

1	a	2	b	3	b	4	b	5	a
6	d	7	b	8	c	9	c	10	d
11	d	12	a	13	d	14	a	15	d
16	b	17	c	18	a	19	c	20	a
21	a	22	a	23	e	24	c		

गुरुत्वीय त्वरण

1	d	2	b	3	d	4	a	5	b
6	a	7	b	8	d	9	b	10	b
11	c	12	a	13	b	14	c	15	a
16	c	17	c	18	c	19	a	20	d
21	a	22	c	23	d	24	b	25	a
26	d	27	b	28	b	29	b	30	a
31	b	32	a	33	c	34	b	35	c
36	a	37	d	38	b	39	c	40	b
41	c	42	b	43	c	44	b	45	c

46	b	47	a	48	a	49	b	50	a
51	a	52	a	53	c	54	a	55	c
56	d	57	a	58	d	59	b	60	c
61	b	62	a	63	c	64	a	65	c
66	a	67	d	68	d	69	a	70	a
71	a	72	b	73	b	74	b	75	d
76	a	77	d	78	a	79	a	80	b
81	a	82	a	83	d	84	a	85	b
86	b	87	b						

गुरुत्वीय विभव, ऊर्जा तथा पलायन वेग

1	c	2	a	3	d	4	a	5	d
6	a	7	b	8	c	9	c	10	c
11	d	12	a	13	b	14	b	15	a
16	d	17	c	18	a	19	b	20	b
21	c	22	b	23	a	24	c	25	a
26	b	27	b	28	c	29	c	30	b
31	a	32	b	33	c	34	a	35	c
36	d	37	a	38	a	39	c	40	c
41	c	42	c	43	d	44	a	45	a
46	b	47	d	48	a	49	a	50	b
51	d	52	a	53	c	54	b	55	a
56	b	57	d	58	d	59	b	60	b
61	c	62	b	63	c	64	c	65	b
66	b	67	a	68	c	69	a	70	a

उपग्रहों की गति

1	b	2	d	3	d	4	d	5	b
6	b	7	b	8	b	9	c	10	c
11	b	12	d	13	b	14	a	15	a
16	b	17	c	18	d	19	d	20	d
21	d	22	b	23	b	24	a	25	a
26	d	27	a	28	d	29	a	30	a
31	b	32	d	33	a	34	c	35	d
36	c	37	d	38	b	39	c	40	b
41	c	42	d	43	a	44	d	45	a
46	c	47	c	48	d	49	b	50	b
51	a	52	a	53	a	54	c	55	b
56	b	57	b	58	d	59	d	60	b
61	c	62	c	63	b	64	a	65	b
66	c	67	d						

ग्रहों की गति से संबंधी केपलर के नियम

1	c	2	c	3	c	4	b	5	c
6	b	7	b	8	c	9	c	10	b
11	d	12	b	13	c	14	c	15	a
16	b	17	d	18	d	19	b	20	c
21	c	22	c	23	b	24	b	25	c
26	a	27	a	28	b	29	d	30	b
31	a	32	a	33	a	34	c	35	b
36	d	37	a	38	c	39	b	40	c
41	d	42	a	43	d	44	d	45	b
46	a	47	b	48	b	49	c	50	c
51	c								

Critical Thinking Questions

1	b	2	ab	3	a	4	b	5	a
6	c	7	bcd	8	b	9	d	10	b
11	c	12	c	13	acd	14	b	15	c
16	c	17	b	18	c				

ग्राफीय प्रश्न

1	c	2	c	3	c	4	b	5	d
6	c	7	c	8	d	9	c	10	c

प्रक्कथन एवं कारण

1	a	2	b	3	d	4	c	5	a
6	c	7	b	8	a	9	e	10	a
11	a	12	a	13	c	14	e	15	c
16	b	17	b	18	e	19	d	20	a
21	a	22	c	23	c	24	b	25	e
26	a	27	a	28	a	29	c	30	e
31	a	32	b	33	a				

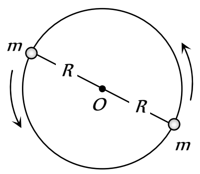
AS Answers and Solutions

न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण नियम

1. (a)
2. (b) क्योंकि यह वस्तु के भार पर निर्भर करता है।
3. (b) दिशा के जड़त्व के कारण।
4. (b)
5. (a)
6. (d) $F \propto \frac{1}{r^2}$, यदि r का मान दो गुना कर दें, तो F घटकर $\frac{F}{4}$ हो जायेगा।
7. (b)
8. (c) $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} = 6.675\times\frac{1\times1}{1^2}\times10^{-11} = 6.675\times10^{-11}\,N$
9. (c) अभिकेन्द्रीय बल दो कणों के बीच गुरुत्वाकर्षण बल द्वारा प्रदान किया जायेगा

   अर्थात $\frac{mv^2}{R} = \frac{Gm\times m}{(2R)^2}$

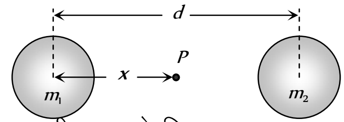
   $\Rightarrow v = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{Gm}{R}}$



10. (d) $m = 6\times10^{24}\,kg,\ \omega = 2\times10^{-7}\,rad/s,\ R = 1.5\times10^{11}\,m$

    सूर्य द्वारा पृथ्वी पर आरोपित बल $F = m\omega^2 R$

    मान रखने पर, हमें ज्ञात होता है $F = 36\times10^{21}\,N$
11. (d)
12. (a) k गुरुत्वाकर्षण नियतांक को दर्शाता है जो केवल मात्रक पद्धति पर निर्भर करता है।
13. (d)



    शून्य तीव्रता वाले बिन्दु पर बल शून्य होगा

    $x = \frac{\sqrt{m_1}}{\sqrt{m_1}+\sqrt{m_2}}d = \frac{\sqrt{81M}}{\sqrt{81M}+\sqrt{M}}D = \frac{9}{10}D.$
14. (a)
15. (d) $g = \frac{GM}{R^2} = \frac{6.67\times10^{-11}\times7.34\times10^{22}}{(1.74\times10^6)^2} = 1.62\,N/kg$
16. (b) गुरुत्वाकर्षण बल आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल प्रदान करता है।
17. (c)
18. (a) $F \propto xm\times(1-x)m = xm^2(1-x)$

    अधिकतम बल के लिये $\frac{dF}{dx} = 0$

    $\Rightarrow \frac{dF}{dx} = m^2 - 2xm^2 = 0 \Rightarrow x = 1/2$
19. (c)
20. (a)
21. (a) गुरुत्वाकर्षण बल माध्यम पर निर्भर नहीं करता है।
22. (a)
23. (e)
24. (c) $F = \frac{G\times m\times m}{(2R)^2} = \frac{G\times\left(\frac{4}{3}\pi R^3\rho\right)^2}{4R^2} = \frac{4}{9}\pi^2\rho^2R^4$

    $\therefore\ F \propto R^4$

गुरुत्वीय त्वरण

1. (d)
2. (b) पृथ्वी तल से h ऊँचाई पर g का मान

   $g' = g\left(1-\frac{2h}{R}\right)$

   पृथ्वी तल से x गहराई पर g का मान

   $g' = g\left(1-\frac{x}{R}\right)$

   यह दोनों मान बराबर दिये हैं अतः $\left(1-\frac{2h}{R}\right) = \left(1-\frac{x}{R}\right)$

   हल करने पर, हमें ज्ञात होता है $x = 2h$
3. (d) सरल लोलक का आवर्तकाल $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g'}}$

   कृत्रिम उपग्रह में $g' = 0$ $\therefore$ T = अनंत
4. (a) $g = \frac{4}{3}\pi\rho GR$, यदि ρ = नियत हो, तो $\frac{g_1}{g_2} = \frac{R_1}{R_2}$
5. (b) नीचे आने का समय $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

निर्वात में गुरुत्व को छोड़कर अन्य कोई बल कार्य नहीं करता अतः नीचे आने में लगा समय समान होगा।

6. (a)

7. (b) क्योंकि गुरुत्वीय त्वरण का मान बढ़ जायेगा।

8. (d) क्योंकि गुरुत्वीय त्वरण का मान घट जायेगा।

9. (b) हम जानते हैं कि $g = \frac{GM}{R^2}$

ग्रह पर $g_p = \frac{GM/7}{R^2/4} = \frac{4g}{7} = \frac{4}{7}g$

अतः ग्रह पर भार $= 700 \times \frac{4}{7} = 400$ ग्राम भार

10. (b) लोलक घड़ी में आर्वत काल g के मान पर निर्भर करता है जबकि स्प्रिंग घड़ी के आर्वतकाल पर g के मान का कोई प्रभाव नहीं होता है।

11. (c) $g = \frac{GM}{R^2} = \frac{GM_0}{(D_0/2)^2} = \frac{4GM_0}{D_0^2}$

12. (a)

13. (b) $\frac{g'}{g} = \frac{M'}{M}\left(\frac{R}{R'}\right)^2 = \left(\frac{2M}{M}\right)\left(\frac{R}{2R}\right)^2 = \frac{1}{2}$

$\Rightarrow g' = \frac{g}{2} = \frac{9.8}{2} = 4.9\ m/s^2$

14. (c)

15. (a)

16. (c) भूमध्य रेखा पर भारहीनता के लिये

$\omega = \sqrt{\frac{g}{R}} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{1}{640 \times 10^3}} = \frac{1}{800} rad/s$

17. (c) $g = \frac{GM}{r^2}$, चूँकि M तथा r नियत हैं अतः $g = 9.8\ m/s^2$

18. (c) $g = \frac{GM}{R^2}$ तथा $M = \frac{4}{3}\pi R^3 \times \rho$

$\therefore g = \frac{4}{3}\frac{\pi R^3 \times GD}{R^2} \Rightarrow D = \frac{3g}{4\pi RG}$

19. (a) क्योंकि कोयले की खान में अथवा पहाड़ी के शीर्ष पर जाने में g का मान घटता है।

20. (d) $g = \frac{4}{3}\pi\rho GR \Rightarrow \frac{g_1}{g_2} = \frac{R_1\rho_1}{R_2\rho_2}$

21. (a) $g = \frac{GM}{R^2}$ (दिया है $M_e = 81M_m,\ R_e = 3.5R_m$)

ऊपर दिये गये मान रखने पर, $\frac{g_m}{g_e} = 0.15$

22. (c) जब हम ध्रुवों से भूमध्य रेखा की ओर जाते हैं तो g के मान में कमी आती है।

23. (d)

24. (b) क्योंकि ऊँचाई बढ़ने के साथ–साथ g का मान घटता है।

25. (a) $\frac{g'}{g} = \left(\frac{R}{R+h}\right)^2 = \left(\frac{6400}{6400+64}\right)^2 \Rightarrow g' = 960.40\ cm/s^2$

26. (d)

27. (b) $g' = g - \omega^2 R\cos^2\lambda$

पृथ्वी की घूर्णी गति के कारण वस्तु का भार आभासी रुप से कम हो जाता है। भार में यह कमी ध्रुवों पर महसूस नहीं होती, क्योंकि वहां अक्षांश 90° होता है।

28. (b) $g = \frac{GM}{R^2}$, यदि पृथ्वी की त्रिज्या का मान आधा रह जाये, तो g का मान चार गुना हो जायेगा।

29. (b) $g = \frac{GM}{R^2}$ का प्रयोग करने पर हमें ज्ञात होता है $g_m = g/5$

30. (a) $g = g_p - R\omega^2\cos^2\lambda = g_p - \omega^2 R\cos^2 60^\circ = g_p - \frac{1}{4}R\omega^2$

31. (b) $g' = g\left(1 - \frac{d}{R}\right) \Rightarrow \frac{g}{n} = g\left(1 - \frac{d}{R}\right) \Rightarrow d = \left(\frac{n-1}{n}\right)R$

32. (a) $g \propto \frac{GM}{r^2} \Rightarrow g \propto \frac{1}{r^2} \Rightarrow r \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$

यदि g का मान एक प्रतिशत घटता है तो r का मान $\frac{1}{2}$% बढ़ना चाहिये अर्थात $R = \frac{1}{2 \times 100} \times 6400 = 32\ km$

33. (c) $g = \frac{4}{3}G\pi R\rho \Rightarrow \frac{g_1}{g_2} = \frac{\rho_1 R_1}{\rho_2 R_2} = \frac{1}{2} \times \frac{4}{1} = \frac{2}{1}$

34. (b) $g' = g\left(\frac{R}{R+h}\right)^2 \Rightarrow \frac{g}{4} = g\left(\frac{R}{R+h}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{R}{R+h}$

$\Rightarrow R + h = 2R \therefore h = R$

35. (c) ध्रुवों पर गुरुत्वीय त्वरण (g) का मान पृथ्वी की कोणीय चाल पर निर्भर नहीं करता है।

36. (a) गेंद का द्रव्यमान सदैव नियत रहता है। यह गुरुत्वीय त्वरण के मान पर निर्भर नहीं करता है।

37. (d) $g_m = \frac{GM_m}{R_m^2}$ तथा $g_m = \frac{g_e}{6} = \frac{9.8}{6} m/s^2 = 1.63\ m/s^2$

$R_m = 1.768 \times 10^6 m,\ g_m = 1.63\ m/s^2$

तथा $G = 6.67 \times 10^{-11} N\text{-}m^2/kg^2$ रखने पर, हमें ज्ञात होता है

$M_m = 7.65 \times 10^{22} kg$

38. (b) $g' = g\left(\frac{R}{R+h}\right)^2 \Rightarrow$ जब $h = R$ है, तो $g' = \frac{g}{4}$

अतः इस ऊँचाई पर वस्तु का भार $\frac{1}{4}$ गुना हो जायेगा।

39. (c) $g = \frac{GM}{R^2}$ तथा $K = \frac{L^2}{2I}$

यदि पृथ्वी का द्रव्यमान तथा इसका कोणीय संवेग नियत रहता है तो $g \propto \frac{1}{R^2}$ तथा $K \propto \frac{1}{R^2}$

अर्थात यदि पृथ्वी की त्रिज्या 2% से घटा दी जाये तो g तथा K दोनों का मान 4% बढ़ जायेगा।

40. (b) भूमध्य रेखा पर वस्तु का भार न्यूनतम होता है।

41. (c) $g \propto \frac{1}{R^2}$

g के मान में प्रतिशत परिवर्तन= 2(R के मान में प्रतिशत परिवर्तन)

$= 2 \times 1.5 = -3\%$

42. (b) $g \propto \frac{1}{R^2}$, यदि पृथ्वी की त्रिज्या का मान 2% कम कर दिया जाये, तो g का मान 4% बढ़ जायेगा। अर्थात पृथ्वी तल पर वस्तु के भार का मान 4% बढ़ जायेगा।

43. (c) द्रव्यमान में स्थान के साथ कोई परिवर्तन नहीं होता है।

44. (b) $g = \frac{GM}{R^2} \Rightarrow R = \sqrt{\frac{GM}{g}}$

ऊपर दिये सूत्र में मान रखने पर हमें ज्ञात होता है, $R = 1.87 \times 10^6 m$

45. (c) भूमध्य रेखा पर वस्तु का भार = $\frac{3}{5}$ प्रारंभिक भार

$\therefore\ g' = \frac{3}{5} g$ (क्योंकि द्रव्यमान नियत रहता है)

$g' = g - \omega^2 R \cos^2 \lambda \Rightarrow \frac{3}{5} g = g - \omega^2 R \cos^2 (0°)$

$\Rightarrow \omega^2 = \frac{2g}{5R} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2g}{5R}} = \sqrt{\frac{2 \times 10}{5 \times 6400 \times 10^3}}$

$= 7.8 \times 10^{-4} \frac{rad}{\sec}$

46. (b) $h = 32\ km$, $R = 6400\ km$, इसलिये $h << R$

$g' = g\left(1 - \frac{2h}{R}\right) = g\left(1 - \frac{2 \times 32}{6400}\right) \Rightarrow g' = \frac{99}{100} g = 0.99\ g$

47. (a) $2x$ ऊँचाई तथा x गहराई पर g के मान में समान परिवर्तन प्राप्त किये जा सकते हैं

$d = x = 10\ km$ दिया है $\therefore h = 2x = 20\ km$

48. (a)

49. (b) $\frac{g'}{g} = \left(\frac{R}{R+h}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{100} = \left(\frac{R}{R+h}\right)^2 \Rightarrow h = 9R$

50. (a) $g' = g\left(\frac{R}{R+h}\right)^2 = g\left(\frac{R}{R + \frac{R}{2}}\right)^2 = \frac{4}{9} g$

$\therefore\ W' = \frac{4}{9} \times W = \frac{4}{9} \times 72 = 32\,N$

51. (a) $g' = g - \omega^2 R \cos^2 \lambda \Rightarrow 0 = g - \omega^2 R \cos^2 60^o$

$0 = g - \frac{\omega^2 R}{4} \Rightarrow \omega = 2\sqrt{\frac{g}{R}} = \frac{1}{400} \frac{rad}{\sec} = 2.5 \times 10^{-3} \frac{rad}{sec}$

52. (a) $g' = g\left(1 - \frac{d}{R}\right) = 9.8\left(1 - \frac{100}{6400}\right) = 9.66\ m/s^2$

53. (c) $g' = g\left(\frac{R}{R+h}\right)^2 = \frac{g}{4}$. हल करने पर $h = R$

54. (a) $g = \frac{4}{3}\pi\rho GR \therefore g \propto r\rho \therefore \frac{g_e}{g_m} = \frac{R}{r} \times \frac{\rho_e}{\rho_m}$

55. (c) $g_p = g_e \left(\frac{M_p}{M_e}\right)\left(\frac{R_e}{R_p}\right)^2 = 9.8\left(\frac{1}{80}\right)(2)^2$

$= 9.8/20 = 0.49\ m/s^2$

56. (d) प्रक्षेप्य की परास $R = \frac{u^2 \sin 2\theta}{g}$

यदि u तथा θ नियत हैं, तो $R \propto \frac{1}{g}$

$\frac{R_m}{R_e} = \frac{g_e}{g_m} \Rightarrow \frac{R_m}{R_e} = \frac{1}{0.2} \Rightarrow R_m = \frac{R_e}{0.2} \Rightarrow R_m = 5R_e$

57. (a) भूमध्य रेखा पर भारहीनता के लिये

$\omega = \sqrt{\frac{g}{R}} = \frac{1}{800} = 1.25 \times 10^{-3} \frac{rad}{s}$

58. (d) $g' = g\left(\frac{R}{R+h}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{R}{R+h}$

$\Rightarrow R + h = \sqrt{2}\,R \Rightarrow h = (\sqrt{2} - 1)R = 0.414\ R$

59. (b) $g \propto \rho R$

60. (c) $H = \frac{u^2}{2g} \Rightarrow H \propto \frac{1}{g} \Rightarrow \frac{H_B}{H_A} = \frac{g_A}{g_B}$

अब $g_B = \frac{g_A}{12}$ चूँकि $g \propto \rho R$

$\therefore \frac{H_B}{H_A} = \frac{g_A}{g_B} = 12 \Rightarrow H_B = 12 \times H_A = 12 \times 1.5 = 18m$

61. (b)

62. (a) $g' = g\left(\frac{R}{R+h}\right)^2 = \frac{g}{\left(1 + \frac{h}{R}\right)^2}$

63. (c) $g = \frac{4}{3}\pi\rho GR \Rightarrow g \propto dR$ ($\rho = d$ प्रश्न में दिया है)

64. (a) पृथ्वी के भीतर $g' = \frac{4}{3}\pi\rho Gr \ \therefore\ g' \propto r$

65. (c) $g' = g\left(\frac{R}{R+h}\right)^2 = \frac{4}{9} g \ \therefore W' = \frac{4}{9} W$

66. (a) $g \propto \rho$

67. (d)

68. (d)

69. (a) $g' = g\left(\frac{R}{R+h}\right)^2 = g\left(\frac{R}{3R/2}\right)^2 = \frac{4}{9} g$

$\therefore\ W' = \frac{4}{9} \times mg = \frac{4 \times 200 \times 9.8}{9} = 880\ N$

70. (a) $g = \frac{4}{3}\pi G\rho R \Rightarrow g \propto \rho R \Rightarrow \frac{g_e}{g_m} = \frac{\rho_e}{\rho_m} \times \frac{R_e}{R_m}$

$\Rightarrow \frac{6}{1} = \frac{5}{3} \times \frac{R_e}{R_m} \Rightarrow R_m = \frac{5}{18} R_e$

71. (a) $g' = g\left(\frac{R}{R+h}\right)^2 = g\left(\frac{R}{R+2R}\right)^2 = \frac{g}{9}$

72. (b) $g' = g\left(1-\frac{d}{R}\right) \Rightarrow \frac{g}{4} = g\left(1-\frac{d}{R}\right) \Rightarrow d = \frac{3}{4}R$

73. (b) ऊँचाई के लिये, $\frac{\Delta g}{g}\times 100\% = \frac{2h}{R} = 1\%$

गहराई के लिये, $\frac{\Delta g}{g}\times 100\% = \frac{d}{R} = \frac{h}{R} = \frac{1}{2}\% = 0.5\%$

74. (b) चूँकि $g = \frac{GM}{R^2}$ अतः द्रव्यमान में 1% की कमी g के मान में 1% की कमी करेगी।
परन्तु त्रिज्या के मान में 1% की कमी g के मान में 2% की वृद्धि करेगी।
अतः कुल मिलाकर g का मान 1% बढ़ जायेगा।

75. (d) $g = \frac{4}{3}\pi\rho GR \Rightarrow \frac{R_p}{R_e} = \left(\frac{g_p}{g_e}\right)\left(\frac{\rho_e}{\rho_p}\right) = (1)\times\left(\frac{1}{2}\right)$

$\Rightarrow R_p = \frac{R_e}{2} = \frac{R}{2}$

76. (a) $\frac{g_1}{g_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}\times\frac{R_1}{R_2} = \frac{3}{2}\times\frac{2}{3} = 1$

77. (d) क्योंकि उपग्रह में वस्तु का भार शून्य होता है।

78. (a) पृथ्वी की त्रिज्या $R = 6400\ km \therefore h = \frac{R}{4}$

ऊँचाई h पर गुरुत्वीय त्वरण का मान

$$g_h = g\left(\frac{R}{R+h}\right)^2 = g\left(\frac{R}{R+\frac{R}{4}}\right)^2 = \frac{16}{25}g$$

गहराई 'd पर गुरुत्वीय त्वरण का मान

$g_d = \frac{1}{2}g_h$ (प्रश्नानुसार)

$\Rightarrow g_d = \frac{1}{2}\left(\frac{16}{25}\right)g \Rightarrow g\left(1-\frac{d}{R}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{16}{25}\right)g$

हल करने पर हम पाते हैं $d = 4.3\times 10^6 m$

79. (a) $g' = g - \omega^2 R\cos^2\lambda$
भूमध्य रेखा पर भारहीनता के लिये $\lambda = 0°$ तथा $g' = 0$

$\therefore 0 = g - \omega^2 R \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{R}} = \frac{1}{800}\frac{rad}{\sec}$

80. (b) पृथ्वी तल पर भार $mg = 500\ N$

तथा पृथ्वी तल से $d = \frac{R}{2}$ नीचे भार

$mg' = mg\left(1-\frac{d}{R}\right) = mg\left(1-\frac{1}{2}\right) = \frac{mg}{2} = 250\ N$

81. (a) $g = \frac{4}{3}\pi GR\rho$ तथा $g' = \frac{4}{3}\pi GR'\rho$

$\therefore \frac{g'}{g} = \frac{R'}{R} = 0.2 \Rightarrow g' = 0.2\,g$

82. (a)

83. (d) $\frac{g_m}{g_e} = \frac{M_m}{M_e}\times\left(\frac{R_e}{R_m}\right)^2 = \left(\frac{1}{9}\right)\left(\frac{2}{1}\right)^2 = \frac{4}{9} \Rightarrow g_m = \frac{4}{9}g_e$

$\therefore W_m = \frac{4}{9}\times W_e = \frac{4}{9}\times 90 = 40\ kg$

84. (a) $g' = g - \omega^2 R$, जब ω का मान बढ़ता है तो g' का मान घटता है।

85. (b) $\frac{g'}{g} = \frac{M'}{M}\times\frac{R^2}{R'^2} = \frac{1}{2}\times\frac{4}{1} = \frac{2}{1}$

86. (b) λ अक्षांश पर गुरुत्वीय त्वरण का मान निम्न रुप में दिया जाता है।

$g' = g - R\omega^2\cos^2\lambda$

30° पर, $g_{30°} = g - R\omega^2\cos^2 30^o = g - \frac{3}{4}R\omega^2$

$\therefore g - g_{30} = \frac{3}{4}\omega^2 R$

87. (b) गुरुत्वीय त्वरण $g = \frac{GM}{R^2} \therefore \frac{g}{G} = \frac{M}{R^2}$

गुरुत्वीय विभव, ऊर्जा तथा पलायन वेग

1. (c) $\Delta U = \frac{mgh}{1+h/R}$

$R = 5h$ रखने पर हम पाते है, $\Delta U = \frac{mgh}{1+1/5} = \frac{5}{6}mgh$

2. (a) $I = \frac{-dV}{dx}$
यदि $V = 0$ है तो गुरुत्वीय क्षेत्र आवश्यक रुप से शून्य होगा।

3. (d) गुरुत्वीय विभव $= \int I\,dx = \int_x^\infty \frac{K}{x^3}dx$

$= K\left(\frac{x^{-3+1}}{-3+1}\right)_x^\infty = \left|\frac{-K}{2x^2}\right|_x^\infty = \frac{K}{2x^2}$

4. (a) $U = -\frac{GMm}{r}$

$\Rightarrow 7.79\times 10^{28} = \frac{6.67\times 10^{-11}\times 7.4\times 10^{22}\times 6\times 10^{24}}{r}$

$\Rightarrow r = 3.8\times 10^8\ m$

5. (d) $\Delta U = \frac{mgh}{1+\frac{h}{R}} = \frac{mg\,nR}{1+\frac{nR}{R}} = \frac{nm\,gR}{n+1}$

6. (a) मध्य बिन्दु पर गुरुत्वीय विभव
$V = \frac{-GM_1}{d/2} + \frac{-GM_2}{d/2}$

अब, $PE = m\times V = \frac{-2Gm}{d}(M_1+M_2)$

[m = कण का द्रव्यमान]

अतः कण को मध्य बिन्दु से अनन्त तक प्रक्षेपित करने के लिये गतिज ऊर्जा (KE) = |स्थितिज ऊर्जा (PE)|

$\Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = \frac{2Gm}{d}(M_1+M_2) \Rightarrow v = 2\sqrt{\frac{G(M_1+M_2)}{d}}$

7. (b) पृथ्वी तल पर स्थित 1 kg द्रव्यमान की स्थितिज ऊर्जा $= -\frac{GM}{R}$

अनन्त पर इसकी स्थितिज ऊर्जा = 0

$\therefore$ किया गया कार्य = स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन = $\frac{GM}{R}$

8. (c)

9. (c) $\frac{G\times 100}{x^2} = \frac{G\times 10000}{(1-x)^2} \Rightarrow \frac{10}{x} = \frac{100}{1-x} \Rightarrow x = \frac{1}{11}m$

10. (c)

11. (d) $\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{mgh}{1+\frac{h}{R_e}} = \frac{mgR_e}{1+\frac{R_e}{R_e}} = \frac{mgR_e}{2}$

$\Rightarrow U_2 - (-mgR_e) = \frac{mgR_e}{2} \Rightarrow U_2 = -\frac{1}{2}mgR_e$

12. (a) $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = 100 \Rightarrow \frac{GM}{R} = 5000$

स्थितिज ऊर्जा $U = -\frac{GMm}{R} = -5000\ J$

13. (b) $\Delta U = \frac{mgh}{1+\frac{h}{R}} = \frac{mg\times 3R}{1+\frac{3R}{R}} = \frac{3}{4}mgR$

14. (b) स्थितिज ऊर्जा $U = \frac{-GMm}{r} = -\frac{GMm}{R+h}$

$U_{प्रारंभिक} = -\frac{GMm}{3R}$ तथा $U_{अंतिम} = -\frac{-GMm}{2R}$

स्थितिज ऊर्जा में हानि = गतिज ऊर्जा में लाभ

$= \frac{GMm}{2R} - \frac{GMm}{3R} = \frac{GMm}{6R}$

15. (a) यदि किसी वस्तु को v वेग $(v < v_e)$ से प्रक्षेपित किया जाता है तो यह वस्तु जिस ऊँचाई तक उठेगी वह होगी $h = \frac{R}{\frac{v_e^2}{v^2}-1}$

$v = \frac{v_e}{2}$ (दिया है) $\therefore\ h = \frac{R}{\left(\frac{v_e}{v_e/2}\right)^2 - 1} = \frac{R}{4-1} = \frac{R}{3}$

16. (d) किसी वस्तु को r_1 से r_2 तक विस्थापित करने में, स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन निम्न सूत्र से दिया जाता है।

$\Delta U = GMm\left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right] = GMm\left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{3R}\right) = \frac{GMm}{6R}$

17. (c) $\frac{1}{2}mv_e^2 = \frac{1}{2}m\ 2gR = mgR$

18. (a) गतिज ऊर्जा $KE = \frac{GMm}{2R}$

19. (b) $I = \frac{-dV}{dr}$, यदि I = 0 हो, तो V = नियत

20. (b) यह पलायन वेग के बराबर होना चाहिये अर्थात $\sqrt{2gR}$

21. (c) $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$ अर्थात पलायन वेग ग्रह के द्रव्यमान तथा त्रिज्या पर निर्भर करता है।

22. (b) $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = R\sqrt{\frac{8}{3}\pi G\rho}$

यदि माध्य घनत्व नियत है, तो $v_e \propto R$

$\frac{v_e}{v_p} = \frac{R_e}{R_p} = \frac{1}{2} \Rightarrow v_e = \frac{v_p}{2}$

23. (a) पलायन वेग प्रक्षेप्य के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है।

24. (c) $\frac{v_p}{v_e} = \sqrt{\frac{g_p}{g_e}\times\frac{R_p}{R_e}} = \sqrt{2\times 2} = 2$

$\Rightarrow v_p = 2\times v_e = 2\times 11.2 = 22.4\ km/s$

25. (a) $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = R\sqrt{\frac{8}{3}\pi G\rho}$ यदि ρ = नियतांक, तब $v_e \propto R$

चूँकि ग्रह की त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या की तुलना में दो गुनी है अतः ग्रह का पलायन वेग भी दो गुना होगा अर्थात 22 km/s

26. (b) यदि मिसाइल को पलायन वेग से छोड़ा जाता है तो यह पृथ्वी के गुरुत्वीय क्षेत्र से पलायन कर जायेगी तथा अनन्त पर इसकी कुल ऊर्जा शून्य होगी।

परन्तु यदि प्रक्षेपण वेग पलायन वेग से कम हुआ तो इसकी ऊर्जा का योग ऋणात्मक होगा। इसका अर्थ है कि मिसाइल पर आकर्षण बल कार्यरत है।

27. (b)

28. (c)

29. (c) क्योंकि यह प्रक्षेप्य के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है।

30. (b) $v_e = \sqrt{2}\,v_0$, अर्थात यदि चन्द्रमा की कक्षीय चाल $\sqrt{2}$ गुना कर दी जाये तो यह पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से बाहर पलायन कर जायेगा।

31. (a)

32. (b) $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \Rightarrow v_e \propto \sqrt{M}$ यदि R = नियत

यदि ग्रह का द्रव्यमान चार गुना कर दें, तो पलायन वेग का मान दो गुना हो जायेगा।

33. (c) पलायन वेग $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$

$\therefore\ \frac{v_e}{v_m} = \sqrt{\frac{M_e R_m}{M_m R_e}} = \sqrt{\frac{81}{3.5}} = 4.81$

34. (a) $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \Rightarrow v_e \propto \sqrt{\frac{M}{R}}$

यदि ग्रह का द्रव्यमान तथा त्रिज्या पृथ्वी की तुलना में तीन गुनी है, तो पलायन वेग का मान समान ही रहेगा।

35. (c) पृथ्वी तल पर वस्तु की स्थितिज ऊर्जा

$PE = -\frac{GMm}{R} = -\frac{gR^2m}{R} = -mgR$

$= -500 \times 9.8 \times 6.4 \times 10^6 = -3.1 \times 10^{10}\ J$

अतः यदि हम किसी वस्तु को इतनी गतिज ऊर्जा प्रदान कर दें, तो यह वस्तु पृथ्वी से पलायन कर जायेगी।

36. (d) पलायन वेग $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \Rightarrow \frac{v_p}{v_e} = \sqrt{\frac{M_p}{M_e} \times \frac{R_e}{R_p}}$

$\Rightarrow v_p = 5v_e = 5 \times 11.2 = 56\ km/s$

37. (a) $\frac{v_p}{v_e} = \sqrt{\frac{M_p}{M_e} \times \frac{R_e}{R_p}} = \sqrt{6 \times \frac{1}{2}} = \sqrt{3} \Rightarrow v_p = \sqrt{3}\, v_e$

38. (a) $\frac{v_p}{v_e} = \sqrt{\frac{g_p}{g_e} \times \frac{R_p}{R_e}} = \sqrt{9 \times 4} = 6 \Rightarrow v_p = 6 \times v_e = 67.2 km/s$

39. (c) $\frac{v_p}{v_e} = \sqrt{\frac{M_p}{M_e} \times \frac{R_p}{R_e}} = \sqrt{8 \times \frac{1}{2}} = 2 \Rightarrow v_p = 2 \times v_e = 22.4 km/s$

40. (c) $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \Rightarrow v_e \propto \sqrt{\frac{M}{R}}$

यदि M का मान दोगुना हो जाये तथा R का मान आधा हो जाये तो पलायन वेग का मान दो गुना हो जायेगा।

41. (c) पृथ्वी पर $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = 11.2\ km/s$

चन्द्रमा पर $v_m = \sqrt{\frac{2GM \times 4}{81 \times R}} = \frac{2}{9}\sqrt{\frac{2GM}{R}}$

$= \frac{2}{9} \times 11.2 = 2.5\ km/s$

42. (c) पलायन वेग $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$

यदि तारे ω कोणीय वेग से घूमते हैं

तो $\omega = \frac{v}{R} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{\frac{2GM}{R^3}}$

43. (d) पृथ्वी तल से पलायन वेग $v_e = \sqrt{2gR}$

$= \sqrt{2 \times 9.8 \times 6.4 \times 10^6} = 11.2 \times 10^3\ m/s$

44. (a)

45. (a) $\frac{v_p}{v_e} = \sqrt{\frac{M_p}{M_e} \frac{R_e}{R_p}} = \sqrt{(1000) \times \left(\frac{1}{10}\right)} = 10$

$v_p = 10 \times 11.2 = 112\ km/s$

46. (b) $v_e = R\sqrt{\frac{8}{3}G\pi\rho} \Rightarrow v_e \propto R\sqrt{\rho}$

47. (d) $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{(R+h)}}$

48. (a) $v = \sqrt{2gR}$, यदि ग्रह की त्रिज्या तथा गुरुत्वीय त्वरण दोनों का मान पृथ्वी की तुलना में दो गुना कर दिया जाये, तो पलायन वेग का मान दो गुना हो जायेगा अर्थात $v_p = 2v_e$

49. (a)

50. (b) $v = \sqrt{2gR} \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{g_A}{g_B} \times \frac{R_A}{R_B}} = \sqrt{k_1 \times k_2} = \sqrt{k_1 k_2}$

51. (d) $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{\frac{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{R}} = 3 \times 10^8$

हल करने पर $R = 9\ mm$

52. (a) $\frac{v_p}{v_e} = \sqrt{\frac{M_p}{M_e} \times \frac{R_e}{R_p}} = \sqrt{2 \times \frac{1}{3}} = \sqrt{\frac{2}{3}} \therefore v_p = \sqrt{\frac{2}{3}} v_e$

53. (c) $v_e \propto \frac{1}{\sqrt{R}}$, यदि R का मान $\frac{1}{4}$ हो जाये तो v_e का मान दो गुना हो जायेगा।

54. (b)

55. (a) $v = \sqrt{2gR} \Rightarrow \frac{v_p}{v_e} = \sqrt{\frac{g_p}{g_e} \times \frac{R_e}{R_p}} = \sqrt{2 \times \frac{1}{4}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

$\therefore v_p = \frac{v_e}{\sqrt{2}}$

56. (b) $v \propto R\sqrt{\rho} \therefore \frac{v_p}{v_e} = \frac{R_p}{R_e} \times \sqrt{\frac{\rho_p}{\rho_e}} = 4 \times \sqrt{9} = 12$

$\Rightarrow v_p = 12 v_e$

57. (d) पलायन वेग वस्तु के प्रक्षेपण कोण पर निर्भर नही करता।

58. (d)

59. (b) पलायन वेग वस्तु के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता।

60. (b) $v = \sqrt{2gR} \Rightarrow \frac{v_p}{v_e} = \sqrt{\frac{g_p}{g_e} \times \frac{R_p}{R_e}} = \sqrt{1 \times 4} = 2$

$\therefore v_p = 2v_e$

61. (c) $v = \sqrt{2gR} \Rightarrow \frac{v_p}{v_e} = \sqrt{\frac{g_p}{g_e} \times \frac{R_p}{R_e}} = \sqrt{1 \times 4} = 2$

$\Rightarrow v_p = 2 \times v_e = 2 \times 11.2 = 22.4\ km/s$

62. (b) $v = \sqrt{2gR}$, यदि g तथा R दोनों को दोगुना कर दें, तो v दोगुना होगा अर्थात $11.2 \times 2 = 22.4\ km/s$

63. (c) $v = R\sqrt{\frac{8}{3}\pi\rho G} \Rightarrow \frac{v_p}{v_e} = \frac{R_p}{R_e}\sqrt{\frac{\rho_p}{\rho_e}} = 2\sqrt{\frac{1}{4}} = 1$

64. (c) अंतरिक्ष में वस्तु का वेग $v' = \sqrt{v^2 - v_{es}^2}$

जहाँ v_{es} = पलायन वेग तथा

v = प्रक्षेपण वेग

$\therefore \quad v' = \sqrt{(2v_{es})^2 - v_{es}^2} = \sqrt{3v_{es}^2} \Rightarrow v' = \sqrt{3}\ v_{es}$

65. (b) दो द्रव्यमानों के निकाय की स्थितिज ऊर्जा

$$U = \frac{-GMm}{R} = \frac{-6.67 \times 10^{-11} \times 100 \times 10 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-2}}$$

$U = -6.67 \times 10^{-10}\, J$

अतः कण को अनन्त तक ले जाने में किया गया कार्य $6.67 \times 10^{-10}\; J$

66. (b) परिक्रमण करते हुऐ उपग्रह की गतिज ऊर्जा $= \frac{GMm}{2r}$

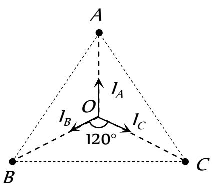
स्थितिज ऊर्जा $= \frac{-GMm}{r}$

$\therefore \frac{\text{गतिज ऊर्जा}}{\text{स्थितिज ऊर्जा}} = \frac{1}{2}$

67. (a) तीनों कणों के कारण केन्द्र पर परिणामी तीव्रता

$I = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C = 0$

क्योंकि तीनों तीव्रताओं के परिमाण समान हैं तथा एक दूसरे से 120° के कोण पर हैं।



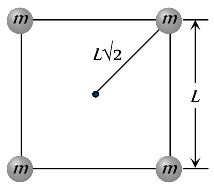
68. (c) $v_0 = \frac{v_e}{\sqrt{2}} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}\; km/s$

69. (a) एक अकेले द्रव्यमान के कारण केन्द्र पर विभव $= \frac{-GM}{L/\sqrt{2}}$

सभी चारों द्रव्यमानों के कारण विभव

$= -4\frac{GM}{L/\sqrt{2}} \quad -4\sqrt{2}\frac{GM}{L}$

$= -\sqrt{32} \times \frac{GM}{L}.$



70. (a) $v = \sqrt{2gR} \;\therefore \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{g_1}{g_2} \times \frac{R_1}{R_2}} = \sqrt{g \times K} = (Kg)^{1/2}$

उपग्रहों की गति

1. (b) $v_e = \sqrt{2gR}$ तथा $v_0 = \sqrt{gR} \;\therefore\; \sqrt{2}\, v_0 = v_e$

2. (d)

3. (d) $v_0 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

4. (d) $v_0 = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h}}$

5. (b) इस पर अभिकेन्द्रीय त्वरण कार्य करता है।

6. (b) $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ यदि $r_1 > r_2$ तब $v_1 < v_2$

उपग्रह की कक्षीय चाल, उपग्रह के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करती है।

7. (b) $T \propto r^{3/2}$, यदि r का मान दो गुना कर दें तो आर्वत काल का मान $(2)^{3/2}$ गुना हो जायेगा।

$24 \times 2\sqrt{2}\; hr$ अर्थात $T = 48\sqrt{2}$

8. (b) पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से बाहर जाने के लिये उपग्रह की गतिज ऊर्जा $\frac{1}{2}mv_e^2 = \frac{1}{2}m\left(\sqrt{\frac{2GM}{R}}\right)^2 = \frac{GMm}{R}$

उपग्रह को वृत्तीय कक्षा में परिक्रमण करने के लिये आवश्यक गतिज ऊर्जा

$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}m\left(\sqrt{\frac{GM}{R}}\right)^2 = \frac{GMm}{2R}$

दोनों ऊर्जाओं के बीच अनुपात = 2

9. (c) जब चम्मच को अंतरिक्ष यान से बाहर फेंका जाता है, तो इसका वेग अंतरिक्ष यान के कक्षीय वेग के बराबर होगा।

10. (c)

11. (b) $v_0 = \sqrt{gR}$

12. (d) दूर संचार उपग्रह भूस्थायी उपग्रह होते हैं।

13. (b) $v = \sqrt{\frac{GM}{R}} \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{R_B}{R_A}} = \sqrt{\frac{R}{4R}} = \frac{1}{2}$

$\therefore \frac{v_A}{v_B} = \frac{3V}{v_B} = \frac{1}{2} \;\therefore v_B = 6\,V$

14. (a)

15. (a)

16. (b)

17. (c) $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$

पहले उपग्रह के लिये $h = 0$, $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ घण्टे

दूसरे उपग्रह के लिये $h = \frac{R}{2}$, $v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{3R}}$

$v_2 = \sqrt{\frac{2}{3}}v_1 = \sqrt{\frac{2}{3}}v$

18. (d) $v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \;\therefore\; K.E. \propto v^2 \propto \frac{1}{r}$ तथा $T^2 \propto r^3$

$\therefore\; K.E. \propto T^{-2/3}$

19. (d)

20. (d) $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}} \Rightarrow r^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2} \Rightarrow r = \left[\frac{GMT^2}{4\pi^2}\right]^{1/3}$

21. (d) $v \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$, कक्षा की त्रिज्या का मान बढ़ाने पर उपग्रह की चाल कम हो जाती है।

22. (b) $v \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$

चाल में प्रतिशत वृद्धि = $\frac{1}{2}$ (त्रिज्या में प्रतिशत कमी)

$$= \frac{1}{2}(1\%) = 0.5\%$$

अर्थात चाल के मान में 0.5% की वृद्धि होगी।

23. (b) $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

24. (a)

25. (a) $v \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$, यदि कक्षीय त्रिज्या का मान चार गुना कर दें, तो कक्षीय वेग का मान आधा हो जायेगा अर्थात $\frac{7}{2} = 3.5\ km/s$

26. (d) उपग्रहों की कक्षीय त्रिज्यायें $r_1 = R + R = 2R$

$$r_2 = R + 7R = 8R$$

$U_1 = \frac{-GMm}{r_1}$ तथा $U_2 = \frac{-GMm}{r_2}$

$K_1 = \frac{GMm}{2r_1}$ तथा $K_2 = \frac{GMm}{2r_2}$

$E_1 = \frac{GMm}{2r_1}$ तथा $E_2 = \frac{GMm}{2r_2}$

$\therefore \frac{U_1}{U_2} = \frac{K_1}{K_2} = \frac{E_1}{E_2} = 4$

27. (a) सभी प्रक्षेपण कोणों के लिये पलायन वेग समान होता है।

28. (d) कक्षीय वेग $v_0 = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{gR^2}{r}}$ तथा $v_0 = r\omega$

यहाँ से हमें प्राप्त होता है, $r^3 = \frac{R^2 g}{\omega^2}$

29. (a)

30. (a) जड़त्व के कारण यह अंतरिक्ष यान के वास्तविक पथ के अनुदिश गति करेगी।

31. (b)

32. (d)

33. (a)

34. (c) (i) $T_{st} = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM}} = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$

[चूँकि $h << R$ तथा $GM = gR^2$]

(ii) $T_{ma} = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$

(iii) $T_{sp} = 2\pi\sqrt{\frac{1}{g\left(\frac{1}{l}+\frac{1}{R}\right)}} = 2\pi\sqrt{\frac{R}{2g}}$

[चूँकि $l = R$]

(iv) $T_{is} = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$ [चूँकि $l = \infty$]

35. (d)

36. (c) $v \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$, यदि $r = R$ तब $v = V_0$

यदि $r = R + h = R + 3R = 4R$ तब $v = \frac{V_0}{2} = 0.5V_0$

37. (d)

38. (b) पृथ्वी तल से $6R$ तथा केन्द्र से $7R$

39. (c) $T^2 = \frac{4\pi^2}{GM}r^3$, यदि G का मान परिवर्तित होता है, तो आर्वतकाल कोणीय वेग तथा कक्षीय त्रिज्या का मान भी उसी के अनुरुप परिवर्तित होगा।

40. (b) $T = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{gR^2}} = 2\pi\sqrt{\frac{(2R)^3}{gR^2}} = 4\sqrt{2\pi}\sqrt{\frac{R}{g}}$

41. (c) $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}} \Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2}{GM}(R+h)^3$

$$\Rightarrow R + h = \left[\frac{GMT^2}{4\pi^2}\right]^{1/3} \Rightarrow h = \left[\frac{GMT^2}{4\pi^2}\right]^{\frac{1}{3}} - R$$

42. (d) उपग्रहों की पृथ्वी के केन्द्र से दूरी क्रमशः $7R$ तथा $3.5R$ है

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{3/2} \Rightarrow T_2 = 24\left(\frac{3.5R}{7R}\right)^{3/2} = 6\sqrt{2}\ hr$$

43. (a) $v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{6.67\times10^{-11}\times6\times10^{24}}{384000\ \times10^3}} = 1\ km/s$

44. (d) T में % परिवर्तन $= \frac{3}{2}$ (R में % परिवर्तन) $= \frac{3}{2}\times(2)\% = 3\%$

45. (a)

46. (c)

47. (c) $v_0 = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{gR^2}{r}} = \sqrt{\frac{10\times(64\times10^5)^2}{8000\ \times10^3}}$

$= 71.5\times10^2\ m/s = 7.15\ km/s$

48. (d) उपग्रह की कुल यांत्रिक ऊर्जा

$$E = \frac{-GMm}{2r} \Rightarrow \frac{E_A}{E_B} = \frac{m_A}{m_B}\times\frac{r_B}{r_A} \Rightarrow \frac{3}{1}\times\frac{4r}{r} = \frac{12}{1}$$

49. (b)

50. (b) उपग्रह को कक्षीय गति प्रदान करने के लिये आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल गुरुत्वाकर्षण बल से प्राप्त होता है

$\frac{mv^2}{R} = \frac{K}{R}$ क्योंकि $\left(F \propto \frac{1}{R}\right)$

$\therefore v \propto R^\circ$

51. (a) कुल ऊर्जा = – (गतिज ऊर्जा) = $-\frac{1}{2}Mv^2$

52. (a) बंधन ऊर्जा = – गतिज ऊर्जा

यदि ऊर्जा की इतनी मात्रा (E_k) उपग्रह को प्रदान कर दी जाये तो यह बाहरी अंतरिक्ष में पलायन कर जायेगा।

53. (a) स्थितिज ऊर्जा = $\frac{-GMm}{r} = \frac{GMm}{R_e + h} = \frac{-GMm}{2R_e}$

$$= -\frac{gR_e^2 m}{2R_e} = -\frac{1}{2}mgR_e = -0.5mgR_e$$

54. (c) बंधन ऊर्जा $= -\frac{GMm}{r}$, यदि बंधन ऊर्जा का मान घटता है तो r का मान भी घटेगा तथा v का मान बढ़ेगा क्योंकि $v \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$

55. (b) दूरसंचार उपग्रह का आवर्तकाल $T_c = 1$ दिन

दूसरे उपग्रह का आवर्तकाल $= T_s$

$\frac{T_s}{T_c} = \left(\frac{r_s}{r_c}\right)^{3/2} = (4)^{3/2} \Rightarrow T_s = T_c \times (4)^{3/2} = 8$ दिन

56. (b) केन्द्रीय क्षेत्र में कोणीय संवेग नियत रहता है।

57. (b) $T^2 \propto r^3$

58. (d) $T^2 \propto R^3 \therefore \frac{T^2}{R^3} =$ नियत

59. (d) $T_2 = T_1\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{3/2} = T_1(4)^{3/2} = 8T_1 = 40$ घण्टे

60. (b) दिया गया है, $T_1 = 1$ दिन तथा $T_2 = 8$ दिन

$\therefore \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^{3/2} \Rightarrow \frac{r_2}{r_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{2/3} = \left(\frac{8}{1}\right)^{2/3} = 4$

$\Rightarrow r_2 = 4r_1 = 4R$

61. (c)

62. (c) $\frac{v_B}{v_A} = \sqrt{\frac{r_A}{r_B}} = \sqrt{\frac{4R}{R}} = 2$

$\Rightarrow v_B = 2 \times v_A = 2 \times 3v = 6v$

63. (b) गुरुत्वाकर्षण बल आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल प्रदान करता है।

$m\omega^2 R = \frac{GMm}{R^3} \Rightarrow \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{GM}{R^4} \Rightarrow T \propto R^2$

64. (a)

65. (b) $v_e = \sqrt{2}v_0 = 1.414\ v_0$

कक्षीय वेग में भिन्नात्मक वृद्धि $\left(\frac{\Delta v}{v}\right)$

$= \frac{v_e - v_0}{v_0} = 0.414$

$\therefore$ प्रतिशत वृद्धि = 41.4%

66. (c) पृथ्वी के चारों ओर चन्द्रमा का परिक्रमण काल = 1 चन्द्र मास

$\frac{T_s}{T_m} = \left(\frac{r_s}{r_m}\right)^{3/2} = \left(\frac{1}{2}\right)^{3/2} \Rightarrow T_s = 2^{-3/2}$ चन्द्र मास

67. (d)

ग्रहों की गति सम्बन्धी केपलर के नियम

1. (c) $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^{3/2} = \left(\frac{10^{13}}{10^{12}}\right)^{3/2} = (1000)^{1/2} = 10\sqrt{10}$

2. (c) ग्रह का क्षेत्रीय वेग नियत रहता है। यदि क्षेत्रफल A तथा B समान हैं तब $t_1 = t_2$

3. (c) $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^{3/2} = \left(\frac{R}{4R}\right)^{3/2} \Rightarrow T_2 = 8T_1$

4. (b)

5. (c)

6. (b) चूँकि $T^2 \propto r^3 \therefore \left(\frac{T'}{T}\right)^2 = \left(\frac{1}{4}\right)^3 \Rightarrow T' = \frac{1}{8}T$

7. (b) गतिज ऊर्जा तथा स्थितिज ऊर्जा सूर्य के सापेक्ष पृथ्वी की स्थिति के साथ परिवर्तित होती हैं। परन्तु कोणीय संवेग हर जगह नियत रहता है।

8. (c)

9. (c) कोणीय संवेग नियत रहता है

$mv_1d_1 = mv_2d_2 \Rightarrow v_2 = \frac{v_1d_1}{d_2}$

10. (b) बृहस्पति की कक्षीय त्रिज्या > पृथ्वी की कक्षीय त्रिज्या

$\frac{v_J}{v_e} = \frac{r_e}{r_J}$ [चूँकि $r_J > r_e$ अतः $v_J < v_e$]

11. (d) $T^2 \propto r^3 \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^{3/2}$

12. (b) $\frac{dA}{dt} = \frac{L}{2m} =$ नियत

13. (c) पृथ्वी सूर्य के चारों ओर दीर्घवृत्तीय पथ पर गति करती है। अतः दीर्घवृत्त के गुणधर्मों का प्रयोग करने पर

$r_1 = (1+e)a$ तथा $r_2 = (1-e)a$

$\Rightarrow a = \frac{r_1 + r_2}{2}$ तथा $r_1r_2 = (1-e^2)a^2$

जहाँ a = अर्ध दीर्घ अक्ष

b = अर्ध लघु अक्ष

e = उत्केन्द्रता

अब अभीष्ट दूरी = अर्द्ध नाभि लंब $= \frac{b^2}{a}$

$= \frac{a^2(1-e^2)}{a} = \frac{(r_1r_2)}{(r_1+r_2)/2} = \frac{2r_1r_2}{r_1+r_2}$

14. (c) पहले उपग्रह के लिये $r_1 = R$ तथा $T_1 = 83$ मिनट

दूसरे उपग्रह के लिये $r_2 = 4R$

$T_2 = T_1\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^{3/2} = T_1(4)^{3/2} = 8T_1 = 8 \times 83 = 664$ मिनट

15. (a) कोणीय संवेग = द्रव्यमान × कक्षीय वेग × त्रिज्या

$= m \times \left(\sqrt{\frac{GM}{R_0}}\right) \times R_0 = m\sqrt{GMR_0}$

16. (b) $\frac{T^2}{r^3} =$ नियतांक $\Rightarrow T^2r^{-3} =$ नियतांक

17. (d) $\frac{T_{ग्रह}}{T_{पृथ्वी}} = \left(\frac{r_{ग्रह}}{r_{पृथ्वी}}\right)^{3/2} = (1.588)^{3/2} = 2 \therefore T_{ग्रह} = 2$ वर्ष

18. (d) उपग्रह के द्रव्यमान का इसके आवर्तकाल पर कोई प्रभाव नहीं होता है।

$$\frac{T_A}{T_B}=\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^{3/2}=\left(\frac{r}{2r}\right)^{3/2}=\left(\frac{1}{8}\right)^{1/2}=\frac{1}{2\sqrt{2}}$$

19. (b) जब पृथ्वी की सूर्य से दूरी न्यूनतम होगी तब पृथ्वी की चाल अधिकतम होगी क्योंकि mvr = नियतांक

20. (c) $\frac{T_A}{T_B}=\left(\frac{r_A}{r_B}\right)^{3/2}\Rightarrow 8=\left(\frac{r_A}{r_B}\right)^{3/2}\Rightarrow r_A=(8)^{2/3}r_B=4r_B$

21. (c) $T^2\propto r^3$, यदि r का मान आधा कर दें तो T का मान $\frac{T}{8}$ हो जायेगा

22. (c)

23. (b) उपग्रह की कक्षीय त्रिज्या पर इसके द्रव्यमान का कोई प्रभाव नहीं होता है।

24. (b) $\frac{T_2}{T_1}=\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^{3/2}=(2)^{3/2}=2\sqrt{2}\Rightarrow T_2=2\sqrt{2}$ वर्ष

25. (c)

26. (a)

27. (a) कोणीय संवेग संरक्षण से, mvr = नियत

$v_{\min}\times r_{\max}=v_{\max}\times r_{\min}$

$$\therefore v_{\min}=\frac{60\times 1.6\times 10^{12}}{8\times 10^{12}}=\frac{60}{5}=12\,m/s$$

28. (b) $\omega_{\text{पिण्ड}}=27\omega_{\text{पृथ्वी}}$

$$T^2\propto r^3\Rightarrow \omega^2\propto\frac{1}{r^3}\Rightarrow\omega\propto\frac{1}{r^{3/2}}\ \therefore r\propto\frac{1}{\omega^{2/3}}$$

$$\Rightarrow\frac{r_{\text{पिण्ड}}}{r_{\text{पृथ्वी}}}=\left(\frac{\omega_{\text{पृथ्वी}}}{\omega_{\text{पिण्ड}}}\right)^{2/3}=\left(\frac{1}{27}\right)^{2/3}=\frac{1}{9}$$

29. (d) आवर्त काल उपग्रह के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है।

30. (b) $\frac{T^2}{R^3}=\frac{T^2}{d^3}=\frac{1}{n^2d^3}$ = नियत

$\therefore\ n_1^2d_1^3=n_2^2d_2^3$ [यहाँ n = आवृत्ति]

31. (a)

32. (a)

33. (a) DAB पथ के दौरान, ग्रह BCD पथ की तुलना में सूर्य के अधिक नजदीक है। अतः DAB को तय करने में लगा समय BCD की अपेक्षा कम होगा क्योंकि ग्रह का वेग DAB क्षेत्र में अधिक होगा।

34. (c) क्योंकि बिन्दु C की सूर्य से दूरी अधिकतम है।

35. (b) $T_2=T_1\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{3/2}=1\times(2)^{3/2}=2.8$ वर्ष

36. (d) $L=mvr=m\sqrt{\frac{GM}{r}}r=m\sqrt{GMr}\ \therefore\ L\propto\sqrt{r}$

37. (a)

38. (c) $\frac{dA}{dt}=\frac{L}{2m}=\frac{dA}{dt}\propto vr\propto\omega r^2$

39. (b)

40. (c)

41. (d)

42. (a) $T^2\propto R^3\Rightarrow\left(\frac{T_P}{T_E}\right)^2=\left(\frac{R_P}{R_E}\right)^3=\left(\frac{2R_E}{R_E}\right)^3$

$$\Rightarrow\frac{T_P}{T_E}=(2)^{3/2}=2\sqrt{2}$$

$$\Rightarrow T_P=2\sqrt{2}\times 365=1032.37=1032\text{ दिन}$$

43. (d)

44. (d) केन्द्रीय बल (central force) के लये बल आघूर्ण शून्य होता है।

$\because\tau=\frac{dL}{dt}=0\Rightarrow L$ = नियतांक

अर्थात कोणीय संवेग नियत है।

45. (b) $\frac{v_{\text{अधिकतम}}}{v_{\text{न्यूनतम}}}=\frac{1+e}{1-e}=\frac{1+0.0167}{1-0.0167}=1.033$

46. (a) $m\omega^2R=\frac{GMm}{R^2}\Rightarrow\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2R=\frac{GM}{R^2}\Rightarrow M=\frac{4\pi^2R^3}{GT^2}$

47. (b) $v=\sqrt{\frac{GM}{R}}=G^{1/2}M^{1/2}R^{-1/2}$

48. (b)

49. (c) $v=\sqrt{\frac{GM}{R}}$ यदि $r_1>r_2$ तब $v_1<v_2$

50. (c) वस्तु के लिये पलायन वेग $v_e=\sqrt{\frac{2Gm}{r}}$

v_e का मान प्रकाश की चाल के बराबर अथवा उससे अधिक होना चाहिये

अर्थात $\sqrt{\frac{2Gm}{r}}\geq c$

51. (c) $\frac{T_2}{T_1}=\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^{3/2}=\left(\frac{1}{4}\right)^{3/2}=\frac{1}{8}$

Critical Thinking Questions

1. (b) ग्रहों के घूर्णन के लिए आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल, गुरुत्वाकर्षण बल द्वारा प्रदान किया जाता है

$$m\omega^2R\propto R^{-5/2}\Rightarrow\frac{1}{T^2}\propto R^{-7/2}\Rightarrow T^2\propto R^{7/2}$$

2. (a, b) $g=\frac{4}{3}\pi\rho Gr\Rightarrow g\propto r$ यदि $r<R$

$g=\frac{GM}{r^2}\quad\Rightarrow g\propto\frac{1}{r^2}$ यदि $r>R$

यदि $r_1<R$ तथा $r_2<R$ हो, तो $\frac{F_1}{F_2}=\frac{g_1}{g_2}=\frac{r_1}{r_2}$

यदि $r_1>R$ तथा $r_2>R$ हो, तो $\frac{F_1}{F_2}=\frac{g_1}{g_2}=\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$

3. (a)

4. (b) $F=\frac{Gm(M-m)}{r^2}$

अधिकतम बल के लिये $\frac{dF}{dm}=0$

$\Rightarrow \frac{d}{dm}\left(\frac{GmM}{r^2}-\frac{Gm^2}{r^2}\right)=0$

$\Rightarrow M-2m=0 \Rightarrow \frac{m}{M}=\frac{1}{2}$

5. (a) $m\omega^2 R \propto \frac{1}{R^n} \Rightarrow m\left(\frac{4\pi^2}{T^2}\right)R \propto \frac{1}{R^n} \Rightarrow T^2 \propto R^{n+1}$

$\therefore T \propto R^{\left(\frac{n+1}{2}\right)}$

6. (c) $g=\frac{GM}{R^2}$, यदि द्रव्यमान नियत रहता है, तो $g \propto \frac{1}{R^2}$

g के मान में % वृद्धि = 2(R के मान में % वृद्धि) = 2 × 1% = 2%

7. (b,c,d) $g=\frac{GM}{R^2}, v_e=\sqrt{\frac{2GM}{R}}$ तथा $U=\frac{-GMm}{R}$

$\therefore\ g \propto \frac{M}{R^2}, v_e \propto \sqrt{\frac{M}{R}}$ तथा $U \propto \frac{M}{R}$

यदि द्रव्यमान तथा त्रिज्या दोनों का मान 0.5% बढ़ा दिया जाये तो v_e तथा U का मान अपरिवर्तित रहता है, जबकि g का मान 0.5% कम हो जाता है

8. (b) $g'=g-\omega^2 R\cos^2\lambda$

भूमध्य रेखा पर भारहीनता के लिये $\lambda=0$ तथा $g'=0$

$\therefore\ 0=g-\omega^2 R \Rightarrow \omega=\sqrt{\frac{g}{R}}=\frac{1}{800}\frac{rad}{s}$

9. (d) यदि पृथ्वी तल पर गुरुत्वीय त्वरण का मान g है तो R ऊँचाई पर g का मान होगा $g'=g\left(\frac{R}{R+h}\right)^2=\frac{g}{4}$

$T_1=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ and $T_2=2\pi\sqrt{\frac{l}{g/4}}\ \therefore \frac{T_2}{T_1}=2$

10. (b) $\Delta U=\frac{mgh}{1+\frac{h}{R}}=\frac{1}{2}mgR\ (\because\ h=R)$

11. (c) स्थितिज ऊर्जा = 2 × (कुल ऊर्जा) = $2E_0$

क्योंकि हम जानते हैं कि $U=\frac{-GMm}{r}$ तथा $E_0=\frac{-GMm}{2r}$

12. (c) $\Delta K.E.=\Delta U$

$\Rightarrow \frac{1}{2}MV^2=GM_eM\left(\frac{1}{R}-\frac{1}{R+h}\right)$ ...(i)

तथा $g=\frac{GM_e}{R^2}$ ...(ii)

समीकरण (i) तथा (ii) को हल करने पर $h=\frac{R}{\left(\frac{2gR}{V^2}-1\right)}$

13. (a,c,d) चूँकि गुहिकाएँ (Cavities) O के परितः सममित हैं अतः केन्द्र पर गुरुत्वाकर्षण बल शून्य है।

वृत्त $z^2+y^2=36$ की त्रिज्या 6 है।

उन सभी बिन्दुओं के लिये जिनके लिये $r\geq 6$ है, वस्तु का कुल द्रव्यमान केन्द्र पर केन्द्रित माना जा सकता है। इसलिये गुरुत्वाकर्षण विभव समान होगा।

यह स्थिति $z^2+y^2=4$ के लिये भी सत्य होगी।

14. (b) माना कि एक दूसरे से r दूरी पर द्रव्यमानों के वेग क्रमशः v_1 तथा v_2 हैं।

संवेग संरक्षण के अनुसार

$m_1v_1-m_2v_2=0$

$\Rightarrow m_1v_1=m_2v_2$ ... (i)

ऊर्जा संरक्षण के अनुसार

स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन=गतिज ऊर्जा में परिवर्तन

$\frac{Gm_1m_2}{r}=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2$

$\Rightarrow \frac{m_1^2v_1^2}{m_1}+\frac{m_2^2v_2^2}{m_2}=\frac{2Gm_1m_2}{r}$ ...(ii)

समीकरण (i) तथा (ii) को हल करने पर

$v_1=\sqrt{\frac{2Gm_2^2}{r(m_1+m_2)}}$ तथा $v_2=\sqrt{\frac{2Gm_1^2}{r(m_1+m_2)}}$

$\therefore\ v_{app}=|v_1|+|v_2|=\sqrt{\frac{2G}{r}(m_1+m_2)}$

15. (c) गतिज ऊर्जा = स्थितिज ऊर्जा

$\frac{1}{2}m(kv_e)^2=\frac{mgh}{1+\frac{h}{R}} \Rightarrow \frac{1}{2}mk^2 2gR=\frac{mgh}{1+\frac{h}{R}}$

$\Rightarrow h=\frac{Rk^2}{1-k^2}$

पृथ्वी तल से प्रक्षेप्य की दूरी (ऊँचाई) = h

केन्द्र से दूरी $r=R+h=R+\frac{Rk^2}{1-k^2}$

हल करने पर $r=\frac{R}{1-k^2}$

16. (c) प्रश्न में कक्षीय त्रिज्या को 1% बढ़ाया जाता है

उपग्रह का आवर्त काल $T\propto r^{3/2}$

आवर्तकाल में प्रतिशत परिवर्तन

= $\frac{3}{2}$ (कक्षीय त्रिज्या में % परिवर्तन) = $\frac{3}{2}(1\%)=1.5\%$

17. (b) केपलर के तृतीय नियम के अनुसार किन्हीं दो ग्रहों के परिक्रमण काल के वर्गों का अनुपात उन ग्रहों की सूर्य से माध्य दूरी के घनों के अनुपात के बराबर होता है अर्थात्

$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2=\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3=\left[\frac{r_1}{\frac{1}{2}r_1}\right]^3=8 \Rightarrow \frac{T_1}{T_2}=2\sqrt{2}$

$\therefore\ T_2=\frac{T_1}{2\sqrt{2}}=\frac{365\text{ दिन}}{2\sqrt{2}}=129$ दिन

18. (c) $\frac{T_2}{T_1}=\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^{3/2} \Rightarrow T_2=24\left(\frac{6400}{36000}\right)^{3/2}\cong 2$ घण्टे

ग्राफीय प्रश्न

1. (c) $g \propto r$ (यदि $r < R$) तथा $g \propto \frac{1}{r^2}$ (यदि $r > R$)

2. (c) $V_{अंदर} = \frac{-Gm}{2R}\left[3-\left(\frac{r}{R}\right)^2\right]$, $V_{सतह} = \frac{-GM}{R}, V_{बाहर} = \frac{-GM}{r}$

3. (c) खोखले गोले के लिए $V_{अंदर} = \frac{-GM}{R}, V_{सतह} = \frac{-GM}{R}, V_{बाहर} = \frac{-GM}{r}$
अर्थात गोले के अंदर विभव नियत रहता है तथा यह गोले की सतह पर विभव के मान के बराबर रहता है परंतु जब कण सतह से दूर गति करता है, तब विभव बढ़ता है।

4. (b) $F = 0$ जब $0 \le r \le R_1$
क्योंकि गुहिका (cavity) के भीतर तीव्रता शून्य होती है।
जब $R_1 \le r \le R_2$, F का मान बढ़ता है
जब $r > R_2$, $F \propto \frac{1}{r^2}$

5. (d) खोखले गोले के अंदर गुरुत्वीय तीव्रता शून्य होती है।
$r = a$ तक $I = 0$ तथा जब $r > a$ तो $I \propto \frac{1}{r^2}$

6. (c) प्रारंभ में यात्री का भार $= 60 \times 10 = 600\ N$
अंत में यात्री का भार $= 60 \times 4 = 240\ N$
तथा उड़ान के दौरान बीच में कहीं यात्री का भार शून्य होगा क्योंकि उस बिन्दु पर पृथ्वी तथा मंगल ग्रह का गुरुत्वाकर्षण खिंचाव समान होगा।

7. (c) केपलर नियम $T^2 \propto R^3$

8. (d) जिन बिन्दुओं पर निकाय की कुल ऊर्जा ऋणात्मक होगी, उन बिन्दुओं पर निकाय परिबद्ध होगा। दिये हुये वक्र में A, B तथा C पर स्थितिज ऊर्जा का मान गतिज ऊर्जा से अधिक है।

9. (c) $U = \frac{-GMm}{r}, K = \frac{GMm}{2r}$ तथा $E = \frac{-GMm}{2r}$
किसी उपग्रह के लिये U, K तथा E, r के साथ परिवर्तित होते हैं तथा U तथा E का मान सदैव ऋणात्क जबकि K का मान सदैव धनात्मक होता है।

10. (c) गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा $= m \times$ गुरुत्वीय विभव
$U = mV$, इसलिये एक खोखले गोले के लिये U का ग्राफ, V के ग्राफ के समान होगा।

प्रक्कथन एवं कारण

1. (a) केपलर के नियम के अनुसार $T^2 \propto r^3$
यदि r का मान कम होगा तो T का मान भी कम होगा।

2. (b) दो इलेक्ट्रॉनों के लिये $\frac{F_g}{F_e} = 10^{-43}$ अर्थात् स्थिर वैद्युत बल की तुलना में गुरुत्वाकर्षण बल नगण्य है।

3. (d) सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक G, गुरुत्वीय त्वरण g से पूरी तरह भिन्न है।
$G = \frac{FR^2}{Mm}$
G एक अदिश राशि है जिसकी विमाऐं $[M^{-1}L^3T^{-2}]$ हैं।
$g = \frac{GM}{R^2}$
g एक सदिश राशि है जिसकी विमाएँ $[M^0LT^{-2}]$ हैं।
यह एक सार्वत्रिक नियतांक नहीं है।

4. (c) गुरुत्वीय त्वरण $g = \frac{GM}{R^2}$ से दिया जाता है, अतः यह जिस वस्तु पर कार्यरत है उसके द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है। यह एक नियत राशि भी नहीं है, M तथा R (दोनों पिण्डों के बीच की दूरी) के मान में परिवर्तन के साथ ही g का मान भी परिवर्तित हो जाता है।

5. (a) यदि लोलक को एक लिफ्ट में लटकाया जाये जो कि नीचे की दिशा में 'a' त्वरण से गति कर रही है, तो लोलक का आवर्त काल, $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g-a}}$ से दिया जायेगा।
मुक्त रूप से गिरते समय, $a = g$ तब $T = \infty$
अर्थात, लोलक का आवर्तकाल अनंत होगा।

6. (c) किसी स्थान पर g का मान निम्न सूत्र से दिया जाता है, $g' = g - \omega^2 R_e \cos^2 \lambda$
जहाँ λ अक्षांश कोण तथा ω पृथ्वी का कोणीय वेग है। यदि पृथ्वी अचानक घूमना बंद कर दे तो $\omega = 0$
$\therefore\ g' = g$ अर्थात, g का मान सभी स्थानों पर समान होगा।

7. (b) गुरुत्वीय त्वरण,
$g' = g - R\omega^2 \cos^2 \lambda$
भूमध्य रेखा पर, $\lambda = 0°$ अर्थात $\cos 0° = 1$
$\therefore\ g_e = g - R\omega^2$
ध्रुवों पर, $\lambda = 90°$ अर्थात $\cos 90° = 0$ $\therefore\ g_p = g$
अतः, $g_p - g_e = g - g + R\omega^2 = R\omega^2$
g का मान ध्रुवों पर अधिकतम तथा भूमध्य रेखा पर न्यूनतम होता है।

8. (a) चूँकि पृथ्वी ध्रुवीय अक्ष के परितः घूर्णन करती है अतः ध्रुवों पर रखी हुयी वस्तु कोई अपकेन्द्रीय बल महसूस नहीं करती तथा इसका भार अथवा गुरुत्वीय त्वरण अपरिवर्तित रहता है।

9. (e) पृथ्वी सूर्य के चारों ओर वृत्ताकार मार्ग पर चक्कर लगाती है तथा इसके लिये आवश्यक अभिकेन्द्रीय त्वरण, सूर्य तथा पृथ्वी के बीच लगने वाले गुरुत्वाकर्षण बल द्वारा प्रदान किया जाता है परंतु अभिकेन्द्रीय बल द्वारा किया गया कार्य शून्य होता है।

10. (a) जड़त्वीय द्रव्यमान तथा गुरुत्वीय द्रव्यमान समतुल्य हैं। दोनों अदिश राशियाँ हैं तथा समान मात्रकों में मापे जाते हैं। परंतु यह दोनों द्रव्यमान मापन के तरीके में एक–दूसरे से भिन्न हैं। इसके अतिरिक्त किसी वस्तु का गुरुत्वीय द्रव्यमान उसके समीप रखी हुयी दूसरी वस्तु से प्रभावित होता है जबकि जड़त्वीय द्रव्यमान अपरिवर्तित रहता है।

11. (a) क्योंकि गुरुत्वाकर्षण बल सदैव आकर्षण प्रकृति का होता है तथा प्रत्येक वस्तु पृथ्वी के इस गुरुत्वाकर्षण बल से बँधी हुयी है।

12. (a) चूँकि ग्रह पर कोई बल आघूर्ण कार्यरत नहीं है अतः इसका कोणीय संवेग परिमाण तथा दिशा दोनों में नियत होगा। अतः घूर्णन तल पृथ्वी के केन्द्र से होकर गुजरना चाहिये।

13. (c) केपलर के ग्रह गति नियम के अनुसार, कोई ग्रह सूर्य के चारों ओर इस तरह परिक्रमण करता है कि उसका क्षेत्रीय वेग नियत रहता है अर्थात् जब यह सूर्य के समीप होता है तब इसका वेग अधिक होता है और जब यह सूर्य से दूर होता है तब इसका वेग कम होता है।

14. (e) पलायन वेग = $\sqrt{2}\times$ कक्षीय वेग

15. (c) वायुमंडल के प्रतिरोध बल के कारण पृथ्वी के चारों ओर घूमता हुआ उपग्रह अपनी गतिज ऊर्जा खो देता है। अतः किसी विशेष कक्षा में उपग्रह पर पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण बल, उस स्थान पर वृत्तीय कक्षा के लिये आवश्यक बल से अधिक होता है। अतः उपग्रह निचली कक्षा में गति करने लगता है। निचली कक्षा में चँकि स्थितिज ऊर्जा $(U=-GMm/r)$ अधिक ऋणात्मक होती है, अतः गतिज ऊर्जा $(E_K = GMm/2r)$ बढ़ती है और इस तरह उपग्रह की चाल बढ़ जाती है।

16. (b) यदि गैस के अणुओं का वर्ग माध्य मूल वेग (Root mean square velocity) उस ग्रह के पलायन वेग से कम होता है तो उस ग्रह पर वायुमण्डल रहता है। यदि $v_{rms} > v_{\text{पलायन}}$ है, तो उस ग्रह पर कोई वायुमण्डल नहीं होगा। चन्द्रमा पर वायुमण्डल न होने का यही कारण है।

17. (b) भूस्थायी उपग्रह (Geostationary satellite) भूमध्य रेखा के तल की कक्षा में विशेष स्थान पर स्थापित किये जाते हैं। अतः इनका घूर्णन पृथ्वी के समान होता है तथा इनका परिक्रमण काल 24 घंटे का होता है, जो पृथ्वी के अपनी अक्ष पर घूर्णन काल के बराबर है।

18. (e) किसी एक कण पर अन्य कई कणों के कारण कुल गुरुत्वाकर्षण बल उस कण पर अन्य कणों के कारण आरोपित होने वाले आकर्षण (गुरुत्वाकर्षण) बल के परिणामी के बराबर होता है। अर्थात, $\vec{F} = \vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_3} + ...$ अर्थात् अध्यारोपण का सिद्धांत (Principle of superposition) मान्य होगा।

19. (d) चूँकि, पलायन वेग $=\sqrt{\dfrac{2GM}{R}}$, अतः इसका मान ग्रह की त्रिज्या तथा उसके द्रव्यमान पर निर्भर करता है। जब दो ग्रहों की त्रिज्या तथा द्रव्यमान समान होंगे तो उनके पलायन वेग भी समान होंगे।

20. (a) केपलर के नियम के अनुसार $T^2 \propto r^3 \propto (R+h)^3$
अर्थात यदि उपग्रह की सूर्य से दूरी अधिक है तो इसका आवर्तकाल भी अधिक होगा।

21. (a) न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण नियम के अनुसार
$F = \dfrac{Gm_1m_2}{r^2}$, यदि m_1, m_2 तथा r के मान दोगुने कर दें तब
$F = \dfrac{G(2m_1)(2m_2)}{(2r)^2} = \dfrac{Gm_1m_2}{r^2}$, अर्थात F समान रहेगा।

22. (c) सामान्य ऊँचाईयों तक, प्रक्षेप्य की पृथ्वी के केन्द्र से दूरी में पृथ्वी की त्रिज्या की तुलना में परिवर्तन नगण्य होता है। अतः प्रक्षेप्य लगभग एकसमान गुरुत्वीय क्षेत्र में गति करता है तथा इसका पथ परवलय होता है। परंतु अधिक ऊँचाई तक जाने वाले प्रक्षेप्य के लिये गुरुत्वाकर्षण बल घट जाता है तथा प्रक्षेप्य का पथ दीर्घवृत्ताकार हो जाता है।

23. (c) चूँकि पृथ्वी के केन्द्र से दूरी कम हो जाती है अतः गुरुत्वीय त्वरण का मान भी कम होगा तथा पृथ्वी के केन्द्र पर यह शून्य होगा।
$g' = g\left(1 - \dfrac{d}{R}\right)$. यदि $d = R$ तब $g' = 0$

24. (b) हम जानते हैं कि पृथ्वी अपनी ध्रुवीय अक्ष के परितः पश्चिम से पूर्व की ओर चक्कर लगाती है अतः पृथ्वी पर स्थित सभी कणों का वेग पश्चिम से पूर्व की ओर होगा।
चूँकि $v = R\omega$, जहाँ R पृथ्वी की त्रिज्या तथा ω पृथ्वी का ध्रुवीय अक्ष के परितः कोणीय वेग है।
जब किसी रॉकेट को भू–मध्य तल में पश्चिम से पूर्व की ओर प्रक्षेपित किया जाता है रॉकेट के प्रक्षेपण वेग में अधिकतम रेखीय वेग जुड़ जाता है परिणामस्वरूप रॉकेट का प्रक्षेपण आसान हो जाता है।

25. (e) बंधन ऊर्जा $= \dfrac{GMm}{R} = -$ [उपग्रह की कुल ऊर्जा]
तथा यह स्पष्ट है के यह उपग्रह के द्रव्यमान पर निर्भर करती है।

26. (a) न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण नियम के अनुसार, ब्रह्माण्ड की प्रत्येक वस्तु दूसरी वस्तु को आकर्षित कर रही है। यह बल दोनों वस्तुओं के बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है। जब हम उँगली हिलाते हैं तो उँगली के सापेक्ष अन्य वस्तुओं की दूरी बदल जाती है। अतः आकर्षण बल परिवर्तित हो जाता है जो कि तारों समेत सारे ब्रह्माण्ड को विचलित (disturb) कर देता है।

27. (a) खोखले बेलन के भीतर तीव्रता शून्य होती है अतः बल का मान भी शून्य होगा। $\vec{F} = m\vec{E}$

28. (a) पृथ्वी के समीप स्थित उपग्रह का आवर्तकाल
$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{R}{g}} \cong 84\ min = 1hr.\ 24\ min$

29. (c) मनुष्य अपना भार तभी महसूस करता है जब, वह सतह जिस पर वह खड़ा है उस पर प्रतिक्रिया बल लगाती है। चूँकि पृथ्वी का परिक्रमण कर रहे उपग्रह तथा मनुष्य का त्वरण समान है अतः उपग्रह के सापेक्ष मनुष्य का त्वरण शून्य है अर्थात् उपग्रह पर गुरुत्वाकर्षण बल लगने के बावजूद मनुष्य भारहीनता महसूस करता है।

30. (e) यदि उपग्रह की कक्षा वृत्ताकार है, तो इसकी चाल नियत होगी तथा यदि उपग्रह की कक्षा दीर्घवृत्ताकार हैं तो इसकी चाल नियत नहीं होगी। इस स्थित में उपग्रह की क्षेत्रीय चाल नियत होगी।

31. (a) $v_0 = R_e\sqrt{\dfrac{g}{R_e + h}}$
पृथ्वी के अत्यंत समीप चक्कर लगाते हुये उपग्रह के लिये $R_e + h = R_e$
चूँकि $(h << R)$
$v_o = \sqrt{R_e g} \simeq \sqrt{64\times 10^5 \times 10} = 8\times 10^3\ m/s = 8\ kms^{-1}$
जो कि उपग्रह की ऊँचाई पर निर्भर नहीं करती है।

32. (b)

33. (a) वस्तु पर बल आघूर्ण $\vec{\tau} = \dfrac{d\vec{L}}{dt}$
सूर्य का चक्कर लगाते हुये ग्रह पर कोई बल आघूर्ण आरोपित नहीं हो रहा है, $\dfrac{d\vec{L}}{dt} = 0 \Rightarrow \vec{L}$ = नियत

गुरुत्वाकर्षण

SET Self Evaluation Test -8

1. समान द्रव्यमान तथा समान त्रिज्या R के दो गोले परस्पर स्पर्श करते हुए रखे जाते हैं। इनके बीच गुरुत्वाकर्षण बल समानुपाती होगा

(a) R के (b) R^2 के

(c) R^4 के (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

2. यदि मान लिया जाये कि पृथ्वी का गुरुत्व बल अचानक लुप्त हो जाता है। निम्नलिखित में से सही कथन चुनिए

(a) वस्तु का भार शून्य हो जायेगा परन्तु द्रव्यमान वही रहेगा

(b) वस्तु का द्रव्यमान शून्य हो जायेगा परन्तु भार वही रहेगा

(c) वस्तु का द्रव्यमान एवं भार दोनों शून्य हो जायेंगे

(d) वस्तु का द्रव्यमान बढ़ जायेगा

3. पृथ्वी का एक उपग्रह एक स्थायी वृत्तीय कक्षा से दूर दूसरी स्थायी कक्षा तक गति करता है, तो निम्नलिखित राशियों में से कौनसी राशि बढ़ेगी

(a) गुरुत्वीय बल (b) गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा

(c) रेखीय कक्षीय चाल (d) अभिकेन्द्रीय त्वरण

4. सूर्य के परितः दो ग्रह प्रतिवर्ष N_1 तथा N_2 चक्कर लगाते हैं। यदि इनकी कक्षाओं की औसत त्रिज्यायें क्रमशः R_1 तथा R_2 हों, तो R_1 / R_2 बराबर होगा

(a) $(N_1 / N_2)^{3/2}$ (b) $(N_2 / N_1)^{3/2}$

(c) $(N_1 / N_2)^{2/3}$ (d) $(N_2 / N_1)^{2/3}$

5. चन्द्रमा पर वायुमण्डल नहीं है क्योंकि

(a) यह पृथ्वी के निकट है

(b) यह पृथ्वी की परिक्रमा करता है

(c) यह सूर्य से प्रकाश प्राप्त करता है

(d) यहाँ गैस अणुओं का पलायन वेग उनके वर्ग माध्यमूल वेग से कम होता है

6. दो आकाशीय पिण्ड S_1 व S_2 जो एक दूसरे से अधिक दूर नहीं हैं, निम्न कक्षा में परिक्रमण करते दिखाई देते हैं

(a) अपने द्रव्यमान केन्द्र के चारों ओर

(b) जो स्वेच्छ हैं

(c) S_1 स्थिर हैं एवं S_2, S_1 के चारों ओर घूमते हैं

(d) S_2 स्थिर हैं एवं S_1, S_2 के चारों ओर घूमते हैं

7. चन्द्रमा का द्रव्यमान, पृथ्वी के द्रव्यमान का 1.2% है। पृथ्वी द्वारा चन्द्रमा पर लगने वाला बल, चन्द्रमा द्वारा पृथ्वी पर लगने वाले गुरुत्वाकर्षण बल की तुलना में

(a) समान होगा

(b) कम होगा

(c) अधिक होगा

(d) कला (Phase) के साथ परिवर्तित होता है

8. स्प्रिंग दोलन पर आधारित एक घड़ी S है तथा लोलक गति पर आधारित एक घड़ी P है। दोनों घड़ियाँ पृथ्वी पर समान रफ्तार से चलती हैं। पृथ्वी के समान घनत्व परन्तु दोगुनी त्रिज्या वाले एक ग्रह पर

(a) P से S तेज चलेगी

(b) S से P तेज चलेगी

(c) दोनों उसी रफ्तार से चलेंगी जैसे पृथ्वी पर

(d) उपरोक्त में से कोई नहीं

9. पृथ्वी को एक समान गोला मान लिया जाये। एक वैज्ञानिक 'A' खान में सतह से बहुत भीतर जाता है तथा दूसरा वैज्ञानिक 'B' गुब्बारे में बहुत ऊपर जाता है। g की माप

(a) 'A' द्वारा मापे जाने पर घटती तथा 'B' द्वारा मापे जाने पर बढ़ती जाती है

(b) 'B' द्वारा मापे जाने पर घटती तथा 'A' द्वारा मापे जाने पर बढ़ती जाती है

(c) दोनों के द्वारा मापे जाने पर एक समान दर से घटती है

(d) अलग–अलग दर से घटती है

10. चन्द्रमा का द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का $\frac{1}{81}$ तथा गुरुत्वाकर्षण बल पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण बल का $\frac{1}{6}$ है। इसका तात्पर्य है कि

(a) चन्द्रमा की त्रिज्या, पृथ्वी की त्रिज्या की $\frac{81}{6}$ है

(b) पृथ्वी की त्रिज्या चन्द्रमा की त्रिज्या की $\frac{9}{\sqrt{6}}$ है

(c) चन्द्रमा पृथ्वी का उपग्रह है

(d) उपरोक्त में से कोई नहीं

11. एक भार को एक स्प्रिंग तुला द्वारा लिफ्ट की छत से बाँध दिया गया है। जब लिफ्ट स्थिर है तो स्प्रिंग तुला का पाठ W है। यदि लिफ्ट अचानक गुरुत्व के अधीन नीचे गिरती है तो स्प्रिंग तुला का पाठ होगा

(a) W (b) $2W$

(c) $W/2$ (d) 0

12. किसी ग्रह के उपग्रह का द्रव्यमान तथा त्रिज्या दोनों पृथ्वी के द्रव्यमान तथा त्रिज्या के आधे हैं, तो इसकी सतह पर गुरुत्वीय त्वरण होगा (पृथ्वी पर $g = 9.8$ मी/से^{2})

(a) $4.9\ m/\sec^2$ (b) $8.9\ m/\sec^2$

(c) $19.6\ m/\sec^2$ (d) $29.4\ m/\sec^2$

13. एक स्थान पर गुरुत्वीय त्वरण 'g' मी/सै^{2} है। यहाँ 'd' किग्रा/मी^{3} घनत्व का सीसे का एक गोला ρ किग्रा/मी^{3} घनत्व के द्रव स्तम्भ में धीरे से छोड़ दिया जाता है। यदि $d > \rho$ हो, तो गोला

(a) ऊर्ध्वाधर दिशा में 'g' मी/सै^{2} के त्वरण से गिरेगा

(b) ऊर्ध्वाधर दिशा में बिना त्वरण के गिरेगा

(c) ऊर्ध्वाधर दिशा में $g\left(\frac{d-\rho}{d}\right)$ त्वरण से गिरेगा

(d) ऊर्ध्वाधर दिशा में $g\left(\frac{\rho}{d}\right)$ त्वरण से गिरेगा

14. g_e तथा g_p पृथ्वी तथा किसी अन्य ग्रह की सतहों के गुरुत्वीय त्वरण हैं। ग्रह की त्रिज्या तथा द्रव्यमान पृथ्वी की त्रिज्या तथा द्रव्यमान के दोगुने हैं, तब

(a) $g_p = g_e$ (b) $g_p = g_e/2$

(c) $g_p = 2g_e$ (d) $g_p = g_e/4$

15. यदि पृथ्वीतल पर गुरुत्वीय त्वरण का मान 9.8 मी/सै^{2} है, तो 480 किमी ऊँचे स्थान पर 'g' का मान क्या होगा (पृथ्वी की त्रिज्या 6400 किमी है)

(a) 8.4 मीटर/सैकण्ड^2 (b) 9.8 मीटर/सैकण्ड^2

(c) 7.2 मीटर/सैकण्ड^2 (d) 4.2 मीटर/सैकण्ड^2

16. गुरुत्वीय त्वरण का मान, पृथ्वीतल से कितनी ऊँचाई पर पृथ्वी की सतह पर गुरुत्वीय त्वरण के मान का आधा है (R = 4000 मील)

(a) 1200 मील (b) 2000 मील

(c) 1600 मील (d) 4000 मील

17. एक पैण्डुलम घड़ी समुद्र तल पर सही समय दर्शाती है इसे समुद्र तल से 2500 मीटर ऊँचाई पर स्थित पहाड़ी प्रदेश पर ले जाया जाता है। सही समय पता करने के लिये इसके पेण्डुलम की लम्बाई

(a) घटानी होगी

(b) बढ़ानी होगी

(a) समान रखनी होगी

(d) समान रखनी होगी परन्तु द्रव्यमान बढ़ाना होगा

18. किसी बिन्दु पर पृथ्वी के कारण उत्पन्न गुरुत्वीय विभव तथा गुरुत्वीय क्षेत्र दोनों शून्य हैं। यह बिन्दु होगा

(a) पृथ्वी तल पर

(b) पृथ्वी तल से नीचे

(c) पृथ्वी से R_e ऊँचाई पर (R_e = पृथ्वी की त्रिज्या)

(d) अनन्त पर

19. एक पिण्ड गुरुत्वीय क्षेत्र में स्वतंत्रतापूर्वक गिर रहा है। जब वह U मात्रा की गुरुत्वीय ऊर्जा खो देता है तब उसका वेग v हो जाता है। उस वस्तु का द्रव्यमान है

(a) $\frac{Ug}{v^2}$ (b) $\frac{U^2}{g}$

(c) $\frac{2U}{v^2}$ (d) $2Ugv^2$

20. पृथ्वी की त्रिज्या तथा चन्द्रमा की त्रिज्या का अनुपात 10 है। पृथ्वी के गुरुत्वीय त्वरण तथा चन्द्रमा के गुरुत्वीय त्वरण का अनुपात 6 है। पृथ्वी के पलायन वेग तथा चन्द्रमा के पलायन वेग का अनुपात होगा

(a) 10 (b) 6

(c) लगभग 8 (d) 1.66

21. चन्द्रमा की सतह से पलायन वेग का मान पृथ्वी की सतह की अपेक्षा कम होता है, क्योंकि

(a) चन्द्रमा पर कोई वायुमण्डल नहीं है जबकि पृथ्वी पर है

(b) चन्द्रमा की त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या से कम है

(c) चन्द्रमा सूर्य के निकट है

(d) चन्द्रमा का द्रव्यमान कम है

22. ग्रह 'A' की त्रिज्या तथा ग्रह 'B' की त्रिज्या का अनुपात 'r' है। इन ग्रहों के गुरुत्वीय त्वरणों का अनुपात 'x' है। दोनों ग्रहों से पलायन वेगों का अनुपात होगा

(a) xr (b) $\sqrt{\frac{r}{x}}$

(c) $\sqrt{rx}$ (d) $\sqrt{\frac{x}{r}}$

23. R त्रिज्या के किसी ग्रह के निकट चारों ओर वृत्तीय कक्षा में घूमने वाले उपग्रह का आवर्तकाल T है। $3R$ त्रिज्या एवं समान द्रव्यमान घनत्व वाले ग्रह के निकट वृतीय कक्षा में घूमने पर आवर्तकाल होगा

(a) T (b) $3T$

(c) $9T$ (d) $3\sqrt{3}T$

24. पृथ्वी के परितः किसी स्थायी कक्षा में, एक उपग्रह की अधिकतम चाल हो सकती है

(a) $\sqrt{2R_e g}$ (b) $\sqrt{R_e g}$

(c) $\sqrt{\frac{R_e g}{2}}$ (d) अनन्त

25. कृत्रिम उपग्रह के अन्दर बैठा व्यक्ति भारहीनता का अनुभव करता है क्योंकि पृथ्वी के कारण आकर्षण बल

(a) उस स्थान पर शून्य होता है

(b) चन्द्रमा के आकर्षण बल द्वारा सन्तुलित हो जाता है

(c) अभिकेन्द्रीय बल के बराबर होता है

(d) उपग्रह के विशेष आकार के कारण से अप्रभावी रहता है

26. सर्वसम दो उपग्रह A तथा B क्रमशः ऊँचाई R तथा $2R$ पर पृथ्वी की परिक्रमा कर रहे हैं (जहाँ R पृथ्वी की त्रिज्या है)। A तथा B की गतिज ऊर्जा का अनुपात है

(a) $\frac{1}{2}$ (b) $\frac{2}{3}$

(c) 2 (d) $\frac{3}{2}$

27. पृथ्वी की सूर्य के चारों ओर परिक्रमण कक्ष की माध्य त्रिज्या 1.5×10^{11} मीटर है। बुध की सूर्य के चारों ओर परिक्रमण कक्ष की माध्य त्रिज्या 6×10^{10} मीटर है। बुध सूर्य का चक्कर लगायेगा

(a) एक वर्ष में (b) लगभग चार वर्ष में

(c) लगभग $\frac{1}{4}$ वर्ष में (d) 2.5 वर्ष में

Answers and Solutions

(SET - 8)

1. (c) $F = G\frac{M \times M}{R^2} = \frac{G \times \left(\frac{4}{3}\pi R^3 \rho\right)^2}{(2R)^2} \Rightarrow F \propto \frac{R^6}{R^2} \propto R^4$

2. (a) गुरुत्व की अनुपस्थिति में पिण्ड का भार शून्य होगा परन्तु इसके द्रव्यमान में कोई परिवर्तन नहीं होगा।

3. (b) $U = \frac{-GMm}{r}$, यदि r का मान बढ़ता है, तो U का मान भी बढ़ेगा।

4. (d) केपलर के नियमानुसार $T^2 \propto R^3$

यदि N आवृत्ति हो, तो $N^2 \propto (R)^{-3}$

अथवा $\frac{N_2}{N_1} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{-3/2} \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^{2/3}$

5. (d)

6. (a)

7. (a) पृथ्वी और चन्द्रमा के बीच बल $F = \frac{Gm_m m_e}{r^2}$

पृथ्वी तथा चन्द्रमा दोनों एक दूसरे पर इस मात्रा का (F) बल आरोपित करते हैं। अर्थात् वे एक दूसरे पर समान बल लगाते है।

8. (b) $g = \frac{4}{3}\pi\rho GR$, यदि घनत्व समान हैं तो $g \propto R$

प्रश्नानुसार $R_p = 2R_e \therefore g_p = 2g_e$

P घड़ी (लोलक गति पर आधारित) के लिये $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

ग्रह पर आर्वतकाल घटता है, अतः यह तेज चलने लगेगी क्योंकि $g_p > g_e$

S घड़ी (स्प्रिंग दोलन पर आधारित) के लिये $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

इसलिये आर्वतकाल में कोई परिवर्तन नहीं होगा।

9. (d) वैज्ञानिक A के लिये, जो नीचे खदान में जाता है

$g' = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$

वैज्ञानिक B के लिये, जो ऊपर हवा में जाता है

$g' = g\left(1 - \frac{2h}{R}\right)$

अतः यह स्पष्ट है कि दोनों के द्वारा मापा गया g का मान भिन्न दरों से घटेगा।

10. (b) गुरुत्वाकर्षण खिंचाव उस ग्रह पर गुरुत्वीय त्वरण के मान पर निर्भर करता है

$M_m = \frac{1}{81}M_e, g_m = \frac{1}{6}g_e$

$g = \frac{GM}{R^2} \Rightarrow \frac{R_e}{R_m} = \left(\frac{M_e}{M_m} \times \frac{g_m}{g_e}\right)^{1/2} = \left(81 \times \frac{1}{6}\right)^{1/2}$

$\therefore R_e = \frac{9}{\sqrt{6}}R_m$

11. (d) स्प्रिंग तुला का पाठ्यांक $R = m(g - a)$

यदि लिफ्ट मुक्त रुप से गिरती है, तो $a = g \therefore R = 0$

12. (c) $g = \frac{GM}{R^2} \therefore g \propto \frac{M}{R^2}$

प्रश्नानुसार $M_p = \frac{M_e}{2}$ तथा $R_p = \frac{R_e}{2}$

$\therefore \frac{g_p}{g_e} = \left(\frac{M_p}{M_e}\right)\left(\frac{R_e}{R_p}\right)^2 = \left(\frac{1}{2}\right) \times (2)^2 = 2$

$\Rightarrow g_p = 2g_e = 2 \times 9.8 = 19.6\ m/s^2$

13. (c) आभासी भार = वास्तविक भार – उत्प्लावन बल

$Vdg' = Vdg - V\rho g$

$\Rightarrow g' = \left(\frac{d - \rho}{d}\right)g$

14. (b) $g \propto \frac{M}{R^2}$, यदि द्रव्यमान तथा त्रिज्या का मान दोगुना कर दें, तो g_ρ का मान g_e के मान से आधा हो जायेगा अर्थात् $g_p = \frac{g_e}{2}$

15. (a) पृथ्वी तल पर g का मान, $g \propto \frac{1}{R^2}$

पृथ्वी तल से h ऊँचाई पर g का मान, $g' \propto \frac{1}{(R + h)^2}$

$\therefore\ g' = g\dfrac{R^2}{(R+h)^2} = \dfrac{9.8\times(6400)^2}{(6400+480)^2} = 8.4\ m/s^2$

16. (c) $\dfrac{g'}{g} = \left(\dfrac{R}{R+h}\right)^2 \Rightarrow \dfrac{1}{2} = \left(\dfrac{R}{R+h}\right)^2 \Rightarrow \dfrac{1}{2} = \left(\dfrac{4000}{4000+h}\right)^2$

हल करने पर प्राप्त होता है $h = 1656.85\ mile \approx 1600\ mile$

17. (a) $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$, पहाड़ी पर g का मान कम होगा अतः आर्वतकाल को समान रखने के लिये लोलक की लम्बाई कम करनी होगी।

18. (d) $V = \dfrac{-GM}{r}$ तथा $I = \dfrac{GM}{r^2}$

$r = \infty$ पर $V = 0$ तथा $I = 0$ पर

19. (c) U = गुरुत्वीय ऊर्जा में हानि = गतिज ऊर्जा में लाभ

इसलिये, $U = \dfrac{1}{2}mv^2 \Rightarrow m = \dfrac{2U}{v^2}$

20. (c) $\dfrac{v_e}{v_m} = \sqrt{\dfrac{g_e}{g_m}\dfrac{R_e}{R_m}} = \sqrt{6\times 10} = \sqrt{60} \cong 8$ (लगभग)

21. (b)

22. (c) $v_e = \sqrt{2gR} \Rightarrow \dfrac{v_A}{v_B} = \sqrt{\dfrac{g_A}{g_B}\times\dfrac{R_A}{R_B}} = \sqrt{x\times r}\ \therefore\ \dfrac{v_A}{v_B} = \sqrt{rx}$

23. (a) पृथ्वी के समीप उपग्रह का आर्वतकाल

$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{R^3}{GM}} = 2\pi\sqrt{\dfrac{R^3}{G\frac{4}{3}\pi R^3\rho}}\ \therefore\ T \propto \sqrt{\dfrac{1}{\rho}}$

अर्थात् समीपतम उपग्रह का आर्वतकाल ग्रह की त्रिज्या पर निर्भर नहीं करता है, यह केवल ग्रह के घनत्व पर निर्भर करता है।

इस प्रश्न में घनत्व समान है, अतः आर्वतकाल भी समान होंगे।

24. (b) अन्यथा अपकेन्द्रीय बल, आकर्षण बल से अधिक हो जायेगा अथवा हम यह कह सकते हैं कि गुरुत्वाकर्षण बल उपग्रह की वृत्तीय गति को बनाये नहीं रख सकता ।

25. (c)

26. (d) $\dfrac{K_A}{K_B} = \dfrac{r_B}{r_A} = \left(\dfrac{R+h_B}{R+h_A}\right) = \left(\dfrac{R+2R}{R+R}\right) = \dfrac{3}{2}$

27. (c) $\dfrac{T_{\text{बुध}}}{T_{\text{पृथ्वी}}} = \left(\dfrac{r_{\text{बुध}}}{r_{\text{पृथ्वी}}}\right)^{3/2} = \left(\dfrac{6\times 10^{10}}{1.5\times 10^{11}}\right)^{3/2} = \dfrac{1}{4}$ (लगभग)

$\therefore\ T_{\text{बुध}} = \dfrac{1}{4}$ वर्ष

***