02 GRAVITATION/गुरूत्वाकर्षण

CHAPTER

Mass :- Total content present in a body.

द्रव्यमान :- किसी पिंड में उपस्थित कुल सामग्री।

S.I unit - kilogram (kg)/S.I इकाई - किलोग्राम (किग्रा)

Quantity - scaler/मात्रा - अदिश

Mass always remains constant./द्रव्यमान सदैव स्थिर रहता है।

Weight :- It is the force by which earth attracts any body towards itself (center).

भार :- यह वह बल है जिसके द्वारा पृथ्वी किसी पिंड को अपनी ओर (केंद्र) आकर्षित करती है।

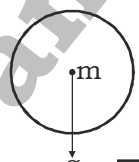
Also, $\boxed{\text{weight} = mg}$

$\Rightarrow F \alpha \text{ weight}$

$W = mg$

constant

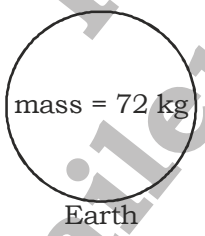
$\boxed{W \alpha g}$

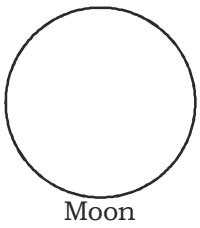


$\boxed{F = mg}$

The value of weight changes place to place due to the change of the value of 'g'

'g' का मान जगह के बदलने से बदलता है। इसलिए भार का मान भी जगह के बदलने से बदलता है।





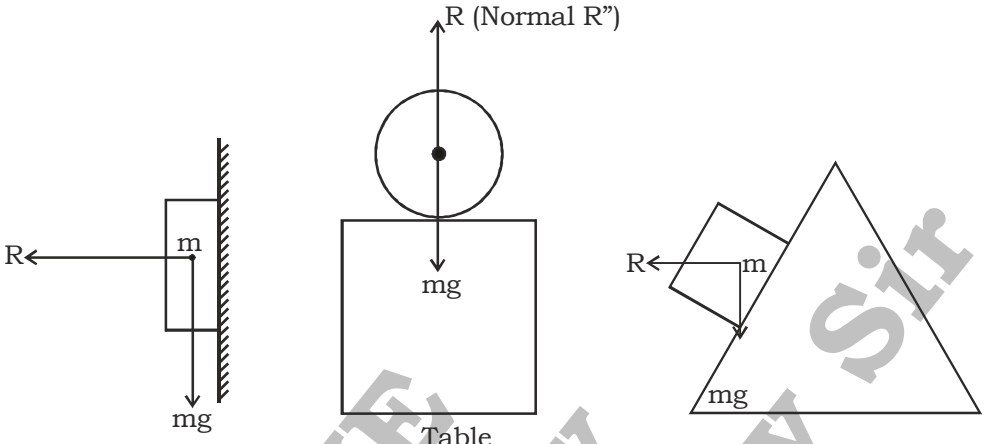
Mass remains constt. $\therefore$ m = 72 kg on moon.

द्रव्यमान स्थिर रहता है. $\therefore$ m चंद्रमा पर 72 किग्रा. संपर्क

Contact Force and Normal Reaction Force

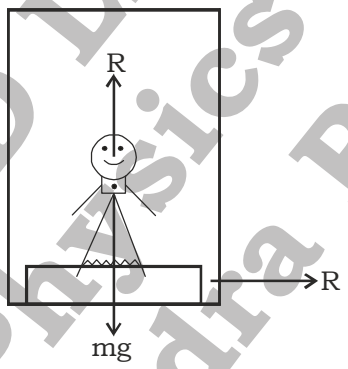
सम्पर्क एवं अभिलंब प्रतिक्रिया बल

KD LIVE Physics By Shailendra Pandey Sir



Cases of lift/लिफ्ट के मामले

(i) When lift is in rest position/जब लिफ्ट आराम की स्थिति में हो



Normal Rn = weight

$\boxed{R = mg}$

(ii) When lift moves upword direction with acceleration 'a'
जब लिफ्ट त्वरण 'a' के साथ ऊपर की ओर बढ़ती है

Fnet = R – mg

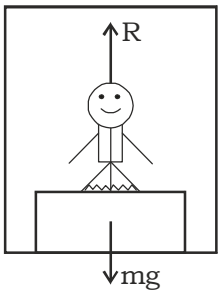
Fnet = ma

R – mg = ma

$\boxed{\mathbf{R = ma + mg}}$

R = m(g + a) ↑↑

W = mg $\boxed{\mathbf{w \propto g}}$

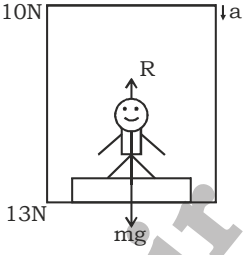


KD LIVE Physics By Shailendra Pandey Sir

Apparent wt increases/स्पष्ट रूप से वजन बढ़ जाता है।

(iii) When lift moves downward direct with acc^{n} 'a'.

जब लिफ्ट acc^{n} 'a' के साथ सीधे नीचे की ओर बढ़ती है।



Fnet = mg – R

Fnet = ma

mg – R = ma

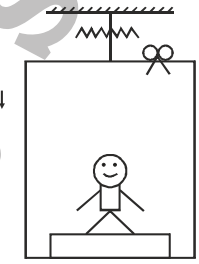
R = mg – ma

= m (g – a)

g ↓↓, weight ↓↓

Apparent wt decreases/स्पष्ट रूप से वजन कम हो जाता है।

(iv) Free falling condition/मुक्त रूप से गिरने की स्थिति



a = g

R = m (g – a)

$\boxed{\mathbf{R = O}}$

Apparent (स्पष्ट) wt = 0

Q. A person having mass 'M' is standing on a weighing balance and lift moves upward with acc^{n} 'a'. Reading of mass in the weighing balance is-

'M' द्रव्यमान वाला एक व्यक्ति तराजू पर खड़ा है और लिफ्ट 'a' त्वरण से ऊपर जाती है।

(a) M (g – a) Reading of mass = M

(b) M द्रव्यमान का पाठ्यांक = M

(c) M (g + a) Reading of weight = M(g + a)

(d) Mg वजन का पाठ्यांक = M(g + a)

Q. A 60 kg boys is standing in a lift, lift is going donwward, direction with acceleration 9.8m/s^2 then Find apparent weight of boy.

एक 60 किलोग्राम का लड़का एक लिफ्ट में खड़ा है, लिफ्ट नीचे की ओर जा रही है, त्वरण 9.8m/s^2 के साथ दिशा में, तो लड़के का स्पष्ट वजन ज्ञात करें।

R = m (g – a) g = 9.8 m/s^2

R = 60 (9.8 – 9.8) = 0

It is condit of free failing./यह स्वतंत्र रूप से गिरने की शर्त है।

Q. A 60 kg boy is standing in a lift. If lift is going in upward direction with acceleration. 0.1 m/s^2 then. Find apparent wt of boy.

एक 60 किलो का लड़का लिफ्ट में खड़ा है। यदि लिफ्ट त्वरण 0.1 m/s^2 then. Find apparent wt of boy के साथ ऊपर की ओर जा रही है।

g = 10 m/s^2

फिर 0.1 m/s^2 लड़के का स्पष्ट वजन ज्ञात करें।

R = m (g + a)

= 60 (10 + 0.1) = 60 × 10.1 = 606 N

KD LIVE Physics By Shailendra Pandey Sir

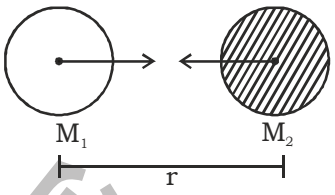
GRAVITATIN FORCE/गुरुत्वाकर्षण बल

→ It acts between masses./यह द्रव्यमानो के बीच कार्य करता है।

→ Its nature is attractive./इसकी प्रकृति आकर्षित है।

→ It is weakest force of nature./यह प्रकृति की सबसे कमजोर बल है।

→ It is a central force./यह एक केन्द्रीय बल है।



Derivation/व्युत्पत्ति

$F \alpha m_1 \times m_2$

$$F\alpha \frac{1}{r^2}$$

$$F\alpha \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

$$F = G\frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$ G is universal gravitation const.

G सार्वभौमिक गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक है।

Unit of G/G की इकाई

$$G = 6.676 \times 10^{-11} \frac{N.M^2}{Kg^2}$$

$\boxed{G = Nm^2kg^{-2}}$ ⟶ Given by Henry Cavindish/हेनरी कैवेंडिश द्वारा दिया गया

↓

discovered H_2/H_2 की खोज की

Q. It the dist between earth & Sun is doubled. Find new gravitional force.
यदि पृथ्वी और सूर्य के बीच की दूरी दोगुनी हो जाती है। नया गुरुत्वाकर्षण बल खोजें।

(a) 4F (b) F/4

(c) 2F (d) F/2

$F\alpha \frac{1}{r^2}$ **If doubled (यदि दोगुना कर दिया जाए)** $F = \frac{1}{(2)^2} = \frac{1}{4}$

KD LIVE Physics By Shailendra Pandey Sir

Escape velocity (Ve)/पलायन वेग (Ve)

That minimum velocity is given to a body such that it croses earth gravitational field and never comes back on earth's surface.

किसी पिंड को न्यूनतम वेग इस प्रकार दिया जाता है कि वह पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र को पार कर जाए और कभी भी पृथ्वी की सतह पर वापस न आए।

Note :- Escape velocity does not depend on mass of object

पलायन वेग वस्तु के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता हैं।

Ve of earth = 11.2 km/s on karman line

कर्मन रेखा पर पृथ्वी का पलायन वेग = 11.2 किमी/सेकेंड

Ve for moon = 2.38 km/s

चंद्रमा के लिए पलायन वेग = 2.38 किमी/सेकेंड

$\boxed{Ve = \sqrt{2gRe}}$ R → Radius of earth/पृथ्वी की त्रिज्या

$\boxed{Ve = \sqrt{\frac{2gMe}{Re}}}$ Re = 6400 km

Me = 5.98×10^{24} kg

Condition for existance of atmosphere on any planet.

किसी भी ग्रह पर वायुमंडल के अस्तित्व की शर्त।

(1) Gravity/गुरुत्वाकर्षण

Vrms = Root mean square velocity.

Vrms = वर्ग माध्य मूल वेग

(2) Vrms < Ve

Ve = 11.2 km/s, V_{rms} = (4 – 5) km/s

Let V_1, V_2 .....V_n be velocity of different gases./विभिन्न गैसों का वेग हो।

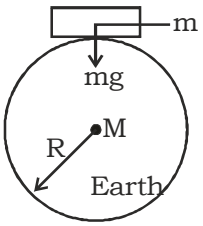
$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_1^2 + V_2^2 + ...V_n^2}{n}}$$

Escape velocity
- Earth = 11.2 km/s
- Moon = 2.38 km/s
- Gases/particles = (4–5) km/s

Relation between 'G' and 'g'/'G' और 'g' के बीच संबंध

F = mg _____(i)

$F = \frac{GMm}{R^2}$ _____(ii)



From (i) and (ii)/(i) और (ii) से

$\boxed{g = \frac{GM}{R^2}}$ $\boxed{g \alpha \frac{1}{R}}$

Variation of 'g'/'g' का रूपांतर

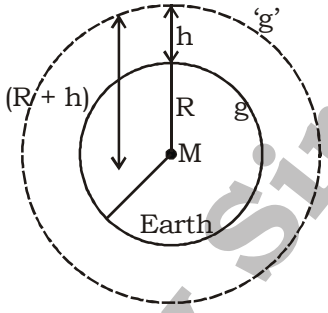
LIVE Physics By Shailendra Pandey Sir

(1) Effect of attitude/लंबाई/ऊंचाई का प्रभाव

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

$$g \alpha \frac{1}{R^2}$$

$$\boxed{g \alpha \frac{1}{(R+h)^2}}$$



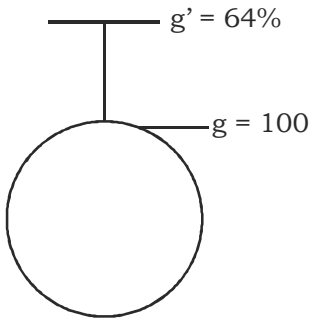
$$g' = g\left(1 - \frac{2h}{R}\right)$$

Numerical/न्यूमेरिकल $\boxed{g' = g\left(\frac{R}{R+h}\right)^2}$

on going on high attitude 'g' decreased.
ऊंचाई पर जाने पर 'g' कम हो जाता है।

Q. At what height the value of 'g' decrease by 36% of the value of g at surface of earth?
किस ऊंचाई पर 'g' का मान पृथ्वी की सतह पर g के मान से 36% कम हो जाता है?

(a) 3200 km
(b) 1600 km
(c) 6400 km
(d) 5000 km



g' = g × 64%

$$g' = g\left(\frac{R}{R+h}\right)^2$$

$$\frac{g \times 64}{100} = g\left(\frac{R}{R+h}\right)^2$$

$$\sqrt{\frac{64}{100}} = \left(\frac{R}{R+h}\right)$$

10R = 8R + 8h
R = 4h
6400 = 4 × h

$$\boxed{h = 1600km}$$

Re = 6400 km

LIVE Physics By Shailendra Pandey Sir

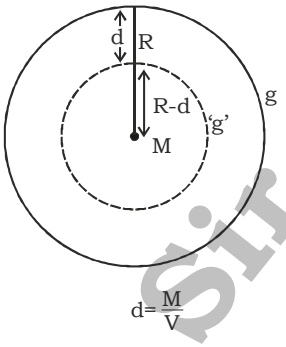
(2) Effect of depth/गहराई का प्रभाव

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

$$g \alpha \frac{M}{r^2} \Rightarrow g \times \frac{d \times \mathrm{v}}{r^2}$$

$$g \alpha \frac{d \times \frac{4}{3} \times \pi r^{\cancel{3}}}{r^{\cancel{2}}}$$

$$g \alpha r \qquad \boxed{g \alpha (r - d)}$$



As depth increase, value of accilerate due to gravity 'g' falls. because it is attracted by mass above it.

जैसे-जैसे गहराई बढ़ती है, गुरुत्वीय त्वरण 'g' का मान गिर जाता है। क्योंकि यह अपने ऊपर के द्रव्यमान से आकर्षित होता है।

Formula

$$g' = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$$

d $\rightarrow$ depth/गहराई, R $\rightarrow$ radius/त्रिज्या

(3) At Centre of Earth/पृथ्वी के केंद्र पर

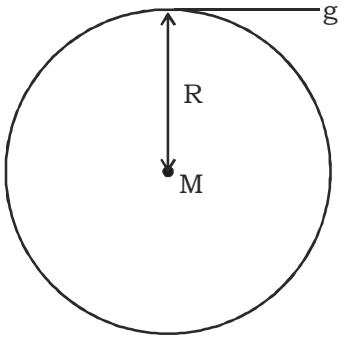
$$g' = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$$

$$g' = g(1-1) = \boxed{g' = 0}$$

w = m × g

$$w \alpha g$$

$$\boxed{weight = 0}$$



Q. At what depth from the surface of earth the value of 'g' becomes 1% of the value of 'g' at earth surface.

पृथ्वी की सतह से कितनी गहराई पर 'g' का मान पृथ्वी की सतह पर 'g' के मान का 1% हो जाता है?

(a) 3663 km (b) 6336 km

(c) 6363 km (d) 3636 km

$$g' = g \times 1\% = \frac{g}{100}$$

KD Live Physics By Shailendra Pandey Sir

$$Also\ g' = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$$

$$\frac{g}{100} = g\left(1 - \frac{d}{R}\right)$$

$$\frac{1}{100} = 1 - \frac{d}{R}$$

$$\frac{d}{R} = \frac{99}{100}$$

$$d = \frac{99 \times 64\cancel{\emptyset}\,\cancel{\emptyset}}{1\cancel{\emptyset}\,\cancel{\emptyset}}$$

d = 6336 km

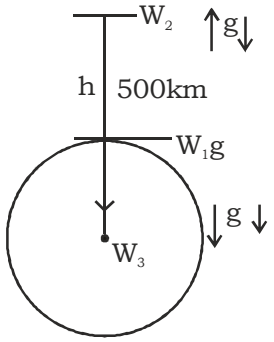
Q. Weight of body at earth surface is W_1.

पृथ्वी की सतह पर पिंड का भार W_1 है।

At a height of 500 km from the earth surface, the wt. of the same body is W_2. At a depth of 500 km. from earth surface the weight of the same body is W_3.

पृथ्वी की सतह से 500 किमी की ऊंचाई पर, wt उसी बॉडी का W_2 है। 500 किमी की गहराई पर। पृथ्वी की सतह से उसी वस्तु का भार W_3 है।

(a) $W_1 > W_2 > W_3$
(b) $W_3 > W_2 > W_1$
(c) $W_3 > W_1 = W_2$
(d) $W_1 > W_2 > W_2$



$$g' = g\left(1 - \frac{2h}{R}\right)$$

g' = 0

$$0 = g\left(1 - \frac{2h}{R}\right)$$

$$0 = 1 - \frac{2h}{R}$$

$$0 = \frac{R - 2h}{R}$$

$$\boxed{R = 2h} \quad \boxed{h = \frac{R}{2}}$$

KD LIVE Physics By Shailendra Pandey Sir

R = 6400 $\quad \therefore h = \frac{6400}{2}$

$\boxed{\mathbf{h = 3200\,km}}$

$W_1 > W_3 > W_2$

At Centre/केंद्र में

d = R

$g_1 = 0$

W = 0

(4) Effect of shape of earth/पृथ्वी के आकार का प्रभाव

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

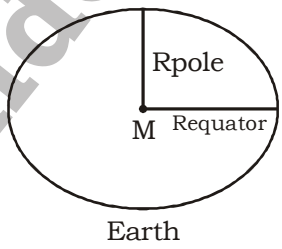
$$g \alpha \frac{1}{R^2}$$ G, M constb./G, M कांस्टेबल

Req. > Rpole

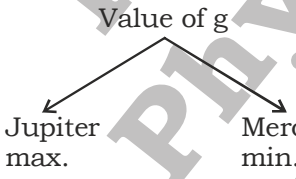
geg < gpole

(i) 'g' is max at poles = 9.80 m/s^2
ध्रुवों पर 'g' अधिकतम है = 9.80 m/s^2

(ii) 'g' is min at equator = 9.78 m/s^2
भूमध्य रेखा पर 'g' न्यूनतम है = 9.78 m/s^2



Value of 'g' at different planet
विभिन्न ग्रहों पर 'g' का मान

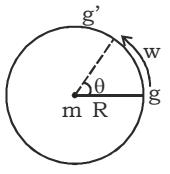


<u>Effect of rotating of earth/पृथ्वी के घूमने का प्रभाव</u>

Value of 'g' decrease at each point of earth surface except at poles.
ध्रुवों को छोड़कर पृथ्वी की सतह के प्रत्येक बिंदु पर 'g' का मान घटता है।

$g' = g - Rw^2 \cos^2\theta$

∴ 'g' decreases/कम हो जाती है



At poles/ध्रुवों पर

$g' = g - Rw^2 \cos 90°$

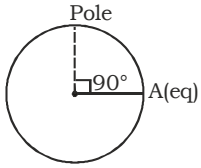
$g' = g$

If earth does not rotate (w = O)/यदि पृथ्वी घूमती नहीं है (w = O)

$g' = g = 0$

$g' = g$

$= 9.80\ m/s^2$



KD LIVE Physics By Shailendra Pandey Sir

Note:- (1) If earth does not rotate then value of 'g' on equator
नोट:- (1) यदि पृथ्वी घूमती नहीं है तो भूमध्य रेखा पर 'g' का मान
Increase/बढ़ोतरी
(2) If earth doesn't rotate then value of 'g' remains same on poles.
यदि पृथ्वी घूमती नहीं है तो ध्रुवों पर 'g' का मान समान रहता है।

Q. If radius of earth is shirked by 2% then % change in the value of g. If mass remains constt.
यदि पृथ्वी की त्रिज्या 2% कम हो जाए तो g के मान में % परिवर्तन हो जाता है। यदि द्रव्यमान स्थिर रहता है।

$$\% \text{ g} = 2\left(\frac{\Delta R}{R}\times 100\right)\%$$

ΔR = change in radius/त्रिज्या में परिवर्तन
$R \rightarrow$ actual radius/वास्तविक त्रिज्या

$$\Delta R = R \times \frac{2}{100}$$

$$\% \text{ change in 'g'} = 2\left(\frac{\Delta R}{R}\times 100\right)\%$$

$$= 2\times\left(\frac{2\times R}{\frac{100}{R}}\times 100\right)$$

= 4%
4% increase/4% की बढ़ोतरी

Satellite/उपग्रह

When a lighter object revolves around a heavier object then this lighter object is k/a as satellite of heavier object.
जब कोई हल्की वस्तु किसी भारी वस्तु के चारों ओर घूमती है तो यह हल्की वस्तु भारी वस्तु के उपग्रह के रूप में होती है।

Orbital velocity/कक्षीय वेग
It is the velocity at which a body revoles around other body.
यह वह वेग है जिस पर एक पिंड दूसरे पिंड के चारों ओर घूमता है।

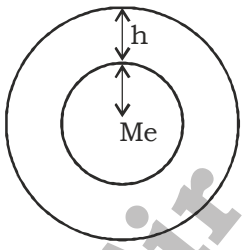
(1) V < Vo ⟶ Projectile/प्रक्षेप्य
(2) V > Vo ⟶ Elliptical/अण्डाकार

V is object velocity/V वस्तु वेग है
Ve is escape velocity/Ve पलायन वेग है
Vo is orbital velocity/Vo कक्षीय वेग है

KD LIVE Physics By Shailendra Pandey Sir

(3) $\left.\begin{matrix} V<Ve \\ V>Ve \end{matrix}\right\} \longrightarrow$ hyperbolic/अतिशयोक्तिपूर्ण

$$Vo = \sqrt{\frac{GMe}{Re+h}}$$



Re $\rightarrow$ 6400 km Me $\rightarrow 5.98\times10^{24}$kg

G $\rightarrow 6.676\times10^{-11}\ \frac{Nm^2}{kg^2}$

Vo ≈ 7.92 km/s Ve = 11.2 km/s

Total energy of satellite is negative./उपग्रह की कुल ऊर्जा ऋणात्मक है।

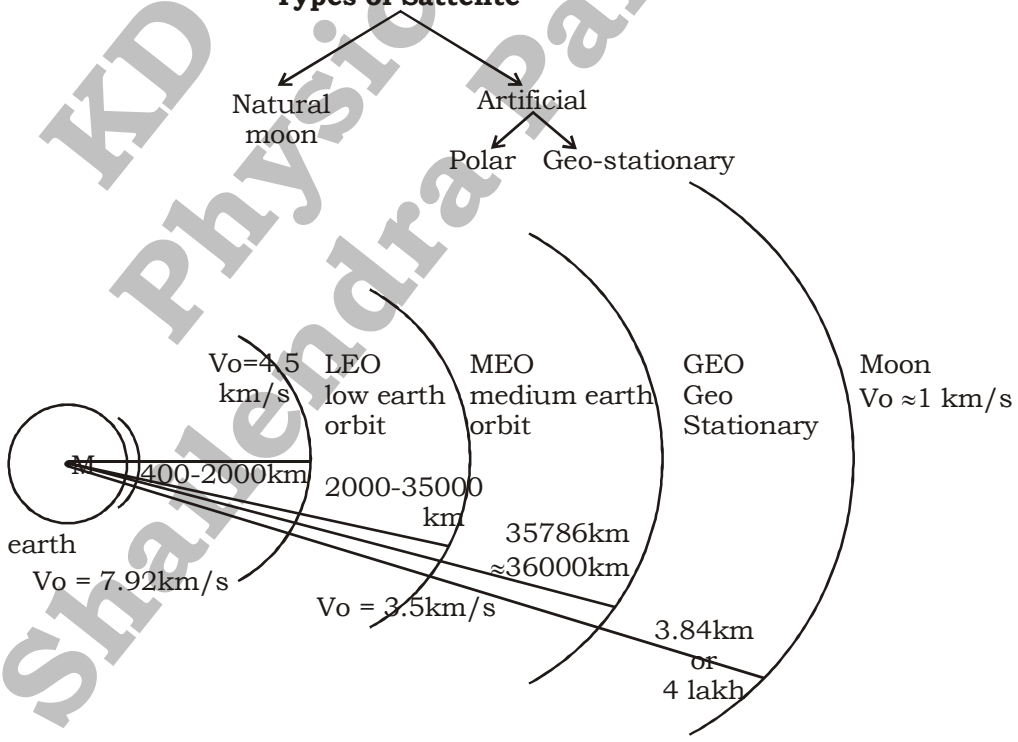
Relation between Vo and Ve/Vo और Vo के बीच संबंध

$$Vo=\sqrt{\frac{GMe}{Re}} \qquad Ve=\sqrt{\frac{2GMe}{Re}}$$

$$Ve=\sqrt{2}\times\sqrt{\frac{GMe}{Re}} \qquad Ve=\sqrt{2}\times Vo, \qquad \frac{Ve}{Vo}=\frac{\sqrt{2}}{1},$$

Ve : Vo, $\sqrt{2}:1$

Types of Sattelite



KD LIVE Physics By Shailendra Pandey Sir

Geo-stationary satellite (its hight from = 36000 km) Those satellites which are visible in the reset position when required from earth surface.

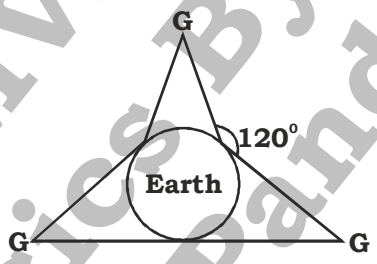
भू-स्थिर उपग्रह (इसकी ऊंचाई = 36000 किमी) वे उपग्रह जो पृथ्वी की सतह से देखने पर विराम अवस्था में दिखाई देते है।

Condition for GEO Satellite/GEO सैटेलाइट के लिए शर्त

(i) The rotation of satellite should be west to East.
उपग्रह का घूर्णन पूरब से पश्चिम की ओर होना चाहिए।

(ii) Time period $\Rightarrow$ 24 hrs. (equal to time period of earth).
समयावधि $\Rightarrow$ 24 घंटे (पृथ्वी की समयावधि के बराबर)।

Atleast 3 geo-stationary satellite covered the earth
कम से कम 3 भू-स्थिर उपग्रह ने पृथ्वी को कवर किया



Vo of GEO satellite = 3km / s

Difference/अंतर

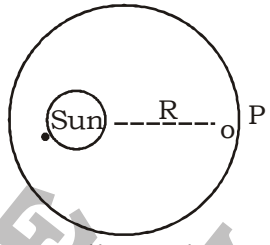
Geo – stationary satellite/भू-स्थिर उपग्रह	Polar satellite/ध्रुवीय उपग्रह
T = 24 hrs = (23 hrs 56 min. 4.08 sec)	T = indefinite/अनिश्चितकालीन One polar satellite can cover the earth. एक ध्रुवीय उपग्रह पृथ्वी को कवर कर सकता है।
• One Geo-stationary does not cover the earth/एक भू-स्थिर पृथ्वी को कवर नहीं करता है	
• Weather forecasting mobile communication television मौसम की भविष्यवाणी करने वाला मोबाइल संचार टेलीविजन	• earth - mapping/पृथ्वी-मानचित्रण Earth observation/पृथ्वी अवलोकन Reconnaissance satellite टोही उपग्रह

KD LIVE Physics By Shailendra Pandey Sir

Kepler's Laws of Planetary Motion/ग्रहों की गति के केप्लर के नियम

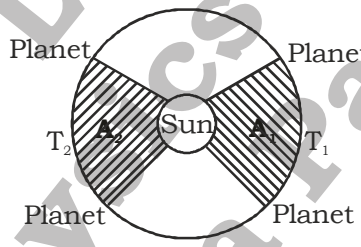
(1) First law/law of orbit/कक्षा का प्रथम नियम

Acc. to this law, all plants revolves/इस नियम के अनुसार सभी गृह हैं
around the sun in elliptical path./सूर्य के चारों ओर दीर्घवृत्ताकार मार्ग में घूमते हैं।



elliptical

(2) Second law = law of areal speed
दूसरा नियम = क्षेत्रीय गति का नियम



$T_1 = T_2$
$A_1 = A_2$

The line joining planet from the Sun covers equal area in equal time ie. areal speed remains constant.

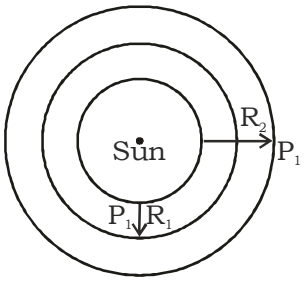
सूर्य से ग्रह को जोड़ने वाली रेखा समान समय में समान क्षेत्र तय करती है। क्षेत्रीय गति स्थिर रहती है।

(3) Third law/तीसरा नियम

$T^2 \alpha r^3$

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3$$

T is time period
r→radius or distance



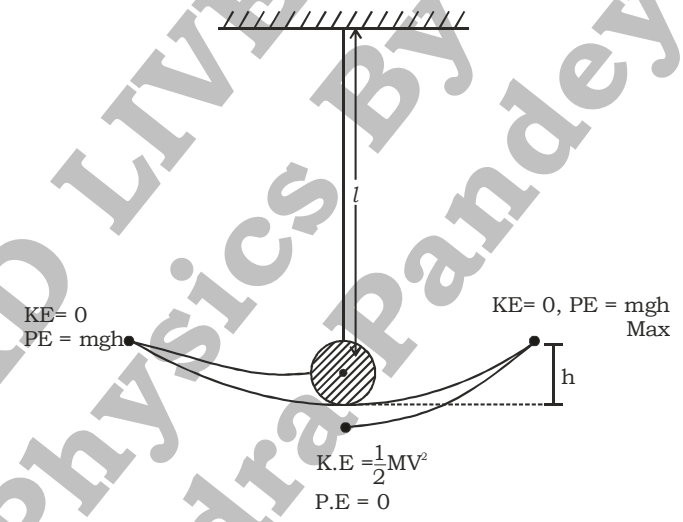
KD LIVE Physics By Shailendra Pandey Sir

Q. The planet which is located at 4 r distance from the sun the earth, tell its time-speed if earth is situated at r dist. from sun.
वह ग्रह जो सूर्य से 4 r दूरी पर स्थित है, पृथ्वी उसकी समय-गति बतायें यदि पृथ्वी r दूरी पर स्थित है। सूरज से।

T_1 = 1 year $\boxed{\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3}$ $\frac{1}{T_1^2} = \frac{A}{64}$

$\boxed{\left(\frac{1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{r}{4r}\right)^3}$ $\boxed{T_2 = 8}$

Simple Pendulum/सरल पेंडुलम या सरल लोलक



Time period → time taken to complete 1 oscillation By any pendulum
समयावधि → किसी भी पेंडुलम द्वारा 1 दोलन पूरा करने में लगने वाला समय

$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}}$$

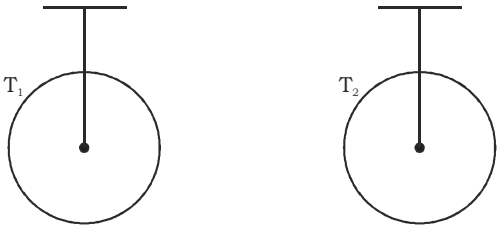
Q. If we have two body having masses 50 kg and 30 kg. Their time period are T_1 & T_2. Find Find relation between T_1 & T_2.
यदि हमारे पास दो पिंड हैं जिनका द्रव्यमान 50 किग्रा और 30 किग्रा है। उनकी समयावधि T_1 और T_2 है। T_1 और T_2 के बीच संबंध खोजें।

(a) $T_1 < T_2$ (b) $T_1 > T_2$
(c) $T_1 = T_2$ (b) None/कोई नहीं

Time period of simple pendulum doesn't depend on mass.
सरल लोलक की समयावधि द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करती।

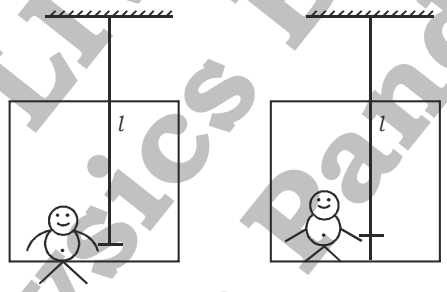
KD LIVE Physics By Shailendra Pandey Sir

Q.



Q. A person sits in a swing when stand on scoing then frequency of ascillation.
एक व्यक्ति झूले में बैठता है जब वह झूले पर खड़ा होता है तो दोलन की आवृत्ति होती है।

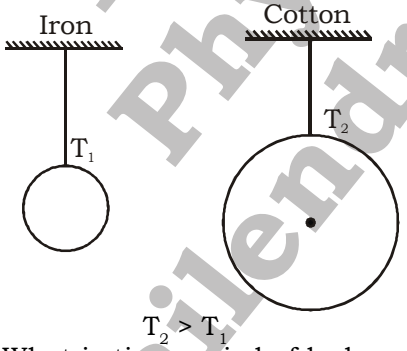
(a) Increase/वृद्धि
(b) Decrease/कमी
(c) Firsts ↑ then ↓ /पहले ↑ फिर ↓
(d) None/कोई नहीं



$$F \propto \frac{1}{T}$$

$T \downarrow, F \uparrow$

Q.



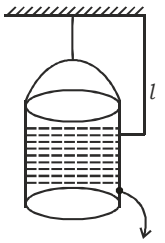
$T_2 > T_1$

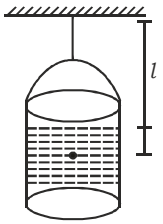
Q. What is time period of leakage bucket?
लीकेज बकेट की समयावधि क्या है?

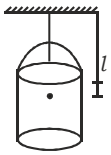
(a) First ↓ then ↑/पहले ↓ फिर ↑
(b) First ↑ then ↓/पहले ↑ फिर ↓
(c) Constt./स्थिर
(d) Increase/वृद्धि

KD LIVE Physics By Shailendra Pandey Sir

Ins. $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ $T\alpha\sqrt{l}$







Note:-

(1) At poles/ध्रुवों पर
g↑, T↓

(2) At equator/भूमध्य रेखा पर
g↓ , T↑

Fast qscillation/तेज क्यूसिलेशन slow qscillation/धीमी क्यूसीलेशन

(3) At the centre of earth/पृथ्वी के केंद्र में
g = 0

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$\boxed{T = \infty}$ slow qscillation/धीमी क्यूसीलेशन

(4) Second Pendulum/सेकण्ड लोलक
T = 2 sec.

KD LIVE Physics By Shailendra Pandey Sir