# LECTURE #07
# GRAVITATION
# BY
# SAURABH SIR

# The discovery of the law of gravitation

The way the law of universal gravitation was discovered is often considered the paradigm of modern scientific technique. The major steps involved were

# गुरुत्वाकर्षण के नियम की खोज

जिस तरह से सार्वभौमिक गुरुत्वाकर्षण के कानून की खोज की गई थी, उसे अक्सर आधुनिक वैज्ञानिक तकनीक का प्रतिमान माना जाता है। इसमें शामिल प्रमुख कदम थे

1. The hypothesis about planetary motion given by Nicolaus Copernicus (1473–1543).
2. The careful experimental measurements of the positions of the planets and the Sun by Tycho Brahe (1546–1601).
3. Analysis of the data and the formulation of empirical laws by Johannes Kepler (1571–1630).
4. The development of a general theory by Isaac Newton (1642–1727)

1. निकोलस कोपरनिकस (1473-1543) द्वारा दिए गए ग्रहों की गति के बारे में परिकल्पना।
2. टायको ब्राहे (1546-1601) द्वारा ग्रहों और सूर्य की स्थिति का सावधानीपूर्वक प्रयोगात्मक मापन।
3. डेटा का विश्लेषण और जोहान्स केपलर (1571-1630) द्वारा अनुभवजन्य कानूनों का निर्माण।
4. आइजैक न्यूटन द्वारा एक सामान्य सिद्धांत का विकास (1642-1727)

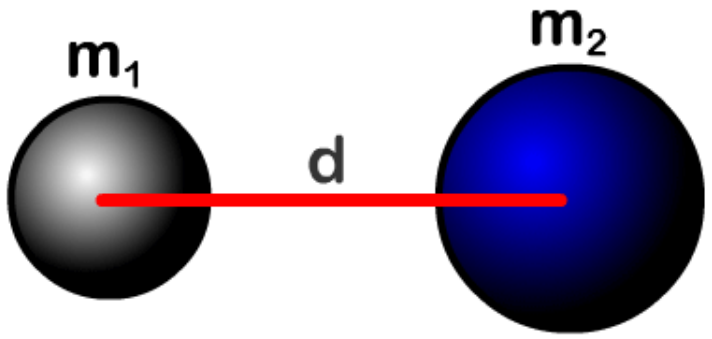
# Newton's law of Gravitation

It states that every body in the universe attracts every other body with a force which is directly proportional to the product of their masses and is inversely proportional to the square of the distance between them.

## न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण का नियम

यह बताता है कि ब्रह्मांड का प्रत्येक शरीर प्रत्येक दूसरे शरीर को एक बल के साथ आकर्षित करता है जो सीधे उनके द्रव्यमान के उत्पाद के आनुपातिक है और उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती है।

# $F \propto m_1 m_2$ and $F \propto \frac{1}{r^2}$




$$F_g = \frac{G m_1 m_2}{d^2}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{Nm}{kg^2}$$

# Gravitational constant is a scalar quantity

SI Unit:- G = $6.67 \times 10^{-11} Nm^2 Kg^{-2}$

CGS : $6.67 \times 10^{-8} dyne - cm^2 g^{-2}$

Dimensions : $[M^{-1} L^3 T^{-2}]$

Its value is same throughout the universe, G does not depend on the nature and size of the bodies, it also does not depend upon nature of the medium between the bodies.

Its value was first find out by the scientist "Henry Cavendish" with the help of "Torsion Balance" experiment.

Value of G is small therefore gravitational force is weaker than electrostatic and nuclear forces.

## *Gravitational force is always attractive.*

- *Gravitational forces are developed in form of action and reaction pair. Hence obey Newton's third law of motion.*
- *It is independent of nature of medium in between two masses and presence or absence of other bodies.*
- *Gravitational forces are central forces as they act along the line joining the centres of two bodies.*

## गुरुत्वाकर्षण बल हमेशा आकर्षक होता है।

- गुरुत्वाकर्षण बलों को कार्रवाई और प्रतिक्रिया जोड़ी के रूप में विकसित किया जाता है। इसलिए न्यूटन के गति के तीसरे नियम का पालन करें।
- यह दो द्रव्यमान और अन्य निकायों की उपस्थिति या अनुपस्थिति के बीच माध्यम की प्रकृति से स्वतंत्र है।
- गुरुत्वाकर्षण बल केंद्रीय बल हैं क्योंकि वे दो निकायों के केंद्रों को मिलाने वाली रेखा के साथ कार्य करते हैं।

- The gravitational forces are conservative forces so work done by gravitational force does not depends upon path.
- If any particle moves along a closed path under the action of gravitational force then the work done by this force is always zero.
- Gravitational force is weakest force of nature.

- गुरुत्वाकर्षण बल रूढ़िवादी ताकतें हैं इसलिए गुरुत्वाकर्षण बल द्वारा किया गया कार्य पथ पर निर्भर नहीं करता है।
- यदि कोई कण गुरुत्वाकर्षण बल की क्रिया के तहत एक बंद रास्ते से चलता है तो इस बल द्वारा किया गया कार्य हमेशा शून्य होता है।
- गुरुत्वाकर्षण बल प्रकृति का सबसे कमजोर बल है।

## Gravitational Field

The gravitational field is the space around a mass or an assembly of masses over which it can exert gravitational forces on other masses.

## Gravitational Field Intensity [$I_g$ or $E_g$]

Gravitational force acting per unit mass at any point in the gravitational

## गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र

गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र एक द्रव्यमान या द्रव्यमान के एक समूह के चारों ओर का स्थान होता है, जिस पर वह अपने द्रव्यमान पर गुरुत्वाकर्षण बल लगा सकता है।

## गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र की तीव्रता [Ig या Eg]

गुरुत्वाकर्षण बल किसी भी बिंदु पर प्रति इकाई द्रव्यमान का कार्य करता है

*Gravitational field intensity is a vector quantity having dimension $[LT^{-2}]$ and unit N/kg.*

# Gravity

In Newton's law of gravitation, gravitation is the force of attraction between any two bodies. If one of the bodies is Earth then the gravitation is called 'gravity'. Hence, gravity is the force by which Earth attracts a body towards its centre. It is a special case of gravitation.

न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण के नियम में, गुरुत्वाकर्षण किसी भी दो निकायों के बीच आकर्षण का बल है। यदि निकायों में से एक पृथ्वी है तो गुरुत्वाकर्षण को 'गुरुत्वाकर्षण' कहा जाता है। इसलिए, गुरुत्वाकर्षण वह बल है जिसके द्वारा पृथ्वी किसी पिंड को अपने केंद्र की ओर आकर्षित करती है। यह गुरुत्वाकर्षण का एक विशेष मामला है।

# Gravitation near Earth's surface

according to Newton's second laws $F = ma_g$

Therefore ...(i) $a_g = \frac{GM}{r^2}$

*At the surface of Earth, acceleration due to gravity*

$$g = \frac{GM}{R^2} = 9.8\ m/s^2$$

If $\rho$ is constant then $g \propto R$

If M is constant $\therefore$ $g \propto \frac{1}{R^2}$ % variation in 'g' (upto 5%) $\left(\frac{\Delta R_e}{R_e}\right) = 2\frac{\Delta g}{g}$

If R is constant $\frac{\Delta M}{M} = \frac{\Delta g}{g}$ and if M is constant $\frac{\Delta g}{g} = \left(\frac{\Delta R}{R_e}\right)2$

# Acceleration Due to Gravity (g)

| | |
|---|---|
| Symbol | g |
| Dimensional Formula | $M^0L^1T^{-2}$ |
| SI Unit | $ms^{-2}$ |
| Formula | $g = GM/r^2$ |
| Values of g in SI | $9.806\ ms^{-2}$ |
| Values of g in CGS | $980\ cm\ s^{-2}$ |

# Variation of g with Height

## Variation of g with Altitude

$$\frac{g_h}{g} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$$

$$\therefore \quad \frac{g_h}{g} = \frac{R^2}{R^2\left(1+\frac{h}{R}\right)^2}$$

$$\therefore \quad \frac{g_h}{g} = \left[1+\frac{h}{R}\right]^{-2}$$

By Binomial expansion:

$$\frac{g_h}{g} = \left[1-\frac{2h}{R}\right]$$

Since the higher powers of h/R are neglected.

$$\therefore \quad g_h = g\left[1-\frac{2h}{R}\right]$$

$$g = \frac{G\,M}{R^2} = \frac{G}{R^2}\,\frac{4}{3}\,\pi\,R^3\,\rho \quad (where\ \rho\ is\ the\ density\ of\ the\ earth)$$

$$g = \frac{4}{3}\,G\pi\,R\rho \quad ------ (i)$$

Acceleration due to the gravity at x distance deep is only due to mass M'

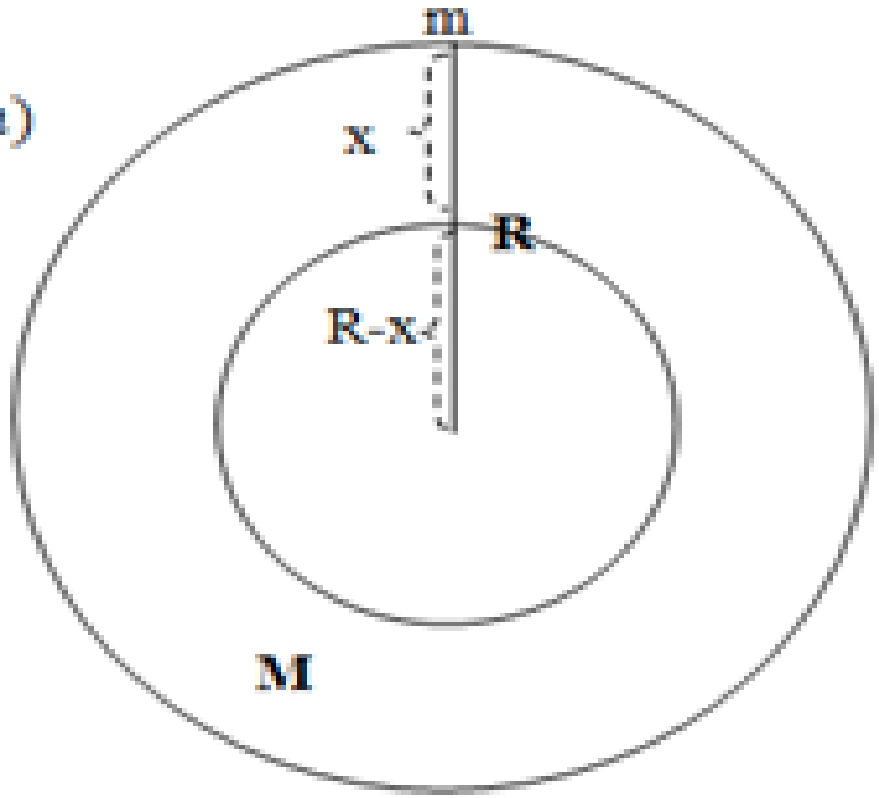
$$g' = \frac{G\,M'}{R'^2} = \frac{G}{(R-x)^2}\,\frac{4}{3}\,\pi\,(R-x)^3\,\rho$$

$$g' = \frac{4}{3}\,G\pi\,\rho(R-x) \quad ------ (ii)$$

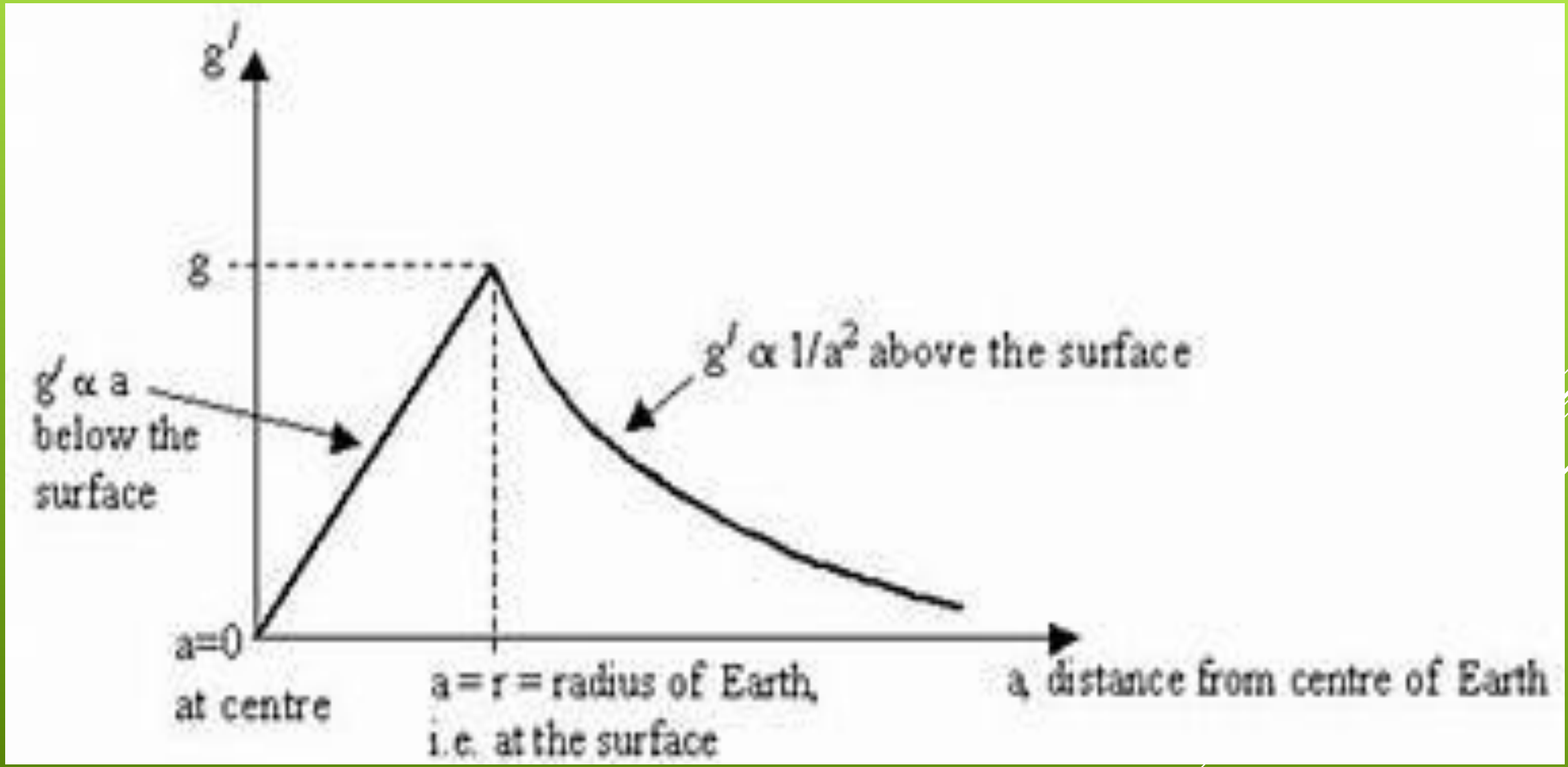
Now

$$\frac{g'}{g} = \frac{R-x}{R}$$

$$g' = g\,(1-\frac{x}{R})$$




# Variation of g with Depth


g'
g
g' ∝ a
below the
surface
g' ∝ 1/a² above the surface
a=0
at centre
a = r = radius of Earth,
i.e. at the surface
a, distance from centre of Earth

Q.1) A thief stole a box with valuable article of weight ‘W’ and jumped down a wall of height h. Before he reach the ground he experienced a load of

1. एक चोर ने वजन ‘W’ के मूल्यवान वस्तु के साथ एक बॉक्स चुरा लेता हैऔर ऊंचाई h की दीवार से नीचे कूद गया. जमीन पर पहुंचने से पहले उसने कितने एक भार का अनुभव किया?

a) zero/शून्य
(b) W / 2
(c) W
(d) 2 W

Q.2) Who among the following first gave the experimental velocity of g ?

Q.2) निम्नलिखित में से किसने पहले g का प्रयोगात्मक वेग दिया था?

(a) Cavendish /कैवेन्डिश
(b) Copernicus/ कोपरनिकस
(c) Brook Taylor/ ब्रुक टेलर
(d) none of these/ इनमे से कोई नहीं

Q.4) Kepler's second law regarding constancy of arial velocity of a planet is a consequence of the law of conservation of

**Q.4) ग्रह के एरियल वेग की दृढ़ता के संबंध में केप्लर का दूसरा नियम किसके संरक्षण के कानून का परिणाम है**

(a) Energy/ ऊर्जा
(b) Angular momentum/ कोणीय गति
(c) Linear momentum/ रैखिय गति
(d) None of these/ इनमे से कोई नहीं

Q.5) The dimensions of universal gravitational constant are

Q.5) सार्वभौमिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक का आयाम क्या हैं

(a) $M^2 L^2 T^{-2}$
(b) $M^{-1} L^3 T^{-2}$
(c) $M L^{-1} T^{-2}$
(d) $M L^2 T^{-2}$

Q9. If the radius of the earth were to shrink by one percent, its mass remaining the same, the acceleration due to gravity on the earth's surface would

Q9. यदि पृथ्वी की त्रिज्या एक प्रतिशत कम हो जाती है, तो इसका द्रव्यमान समान रहता है, पृथ्वी की सतह पर गुरुत्वाकर्षण के कारण त्वरण कितना होगा?

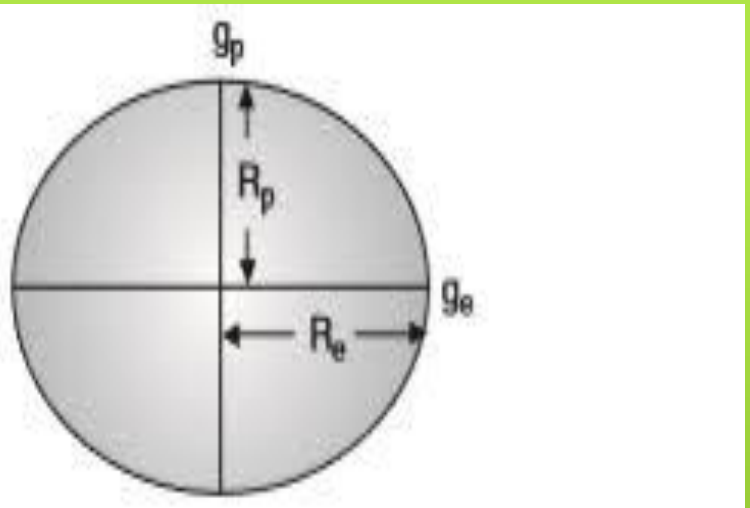
(a) decrease/कम हो जाता है
(b) remains unchanged/अपरिवर्तित रहता है
(c) Increase/बढ़ जाता है
(d) None of these/इनमें से कोई नहीं

Q10. What would be the duration of the year if the distance between the earth and the sun gets doubled?

Q10. यदि पृथ्वी और सूर्य के बीच की दूरी दोगुनी हो जाती है तो वर्ष की अवधि कितनी होगी?

1) 1032 days
2) 129 days
3) 365 days
4) 730 days

# Variation of g due to Shape of Earth




As the **earth** is an oblate spheroid, its radius near the equator is more than its radius near poles. Since for a source mass, the acceleration **due** to **gravity** is inversely proportional to the square of the radius of the **earth**, it **varies** with latitude **due** to the **shape** of the **earth**.

**जैसा कि पृथ्वी एक तिरछा गोलाकार है, भूमध्य रेखा के पास इसकी त्रिज्या ध्रुवों के पास इसकी त्रिज्या से अधिक है। चूंकि एक स्रोत द्रव्यमान के लिए, गुरुत्वाकर्षण के कारण त्वरण पृथ्वी के त्रिज्या के वर्ग के विपरीत आनुपातिक है, यह पृथ्वी के आकार के कारण अक्षांश के साथ भिन्न होता है।**

- The earth is not perfectly spherical. It is flattened at the poles and elongated on the equatorial region is approximately 21 km more than that at the poles. Hence g is maximum at the poles and minimum at the equator

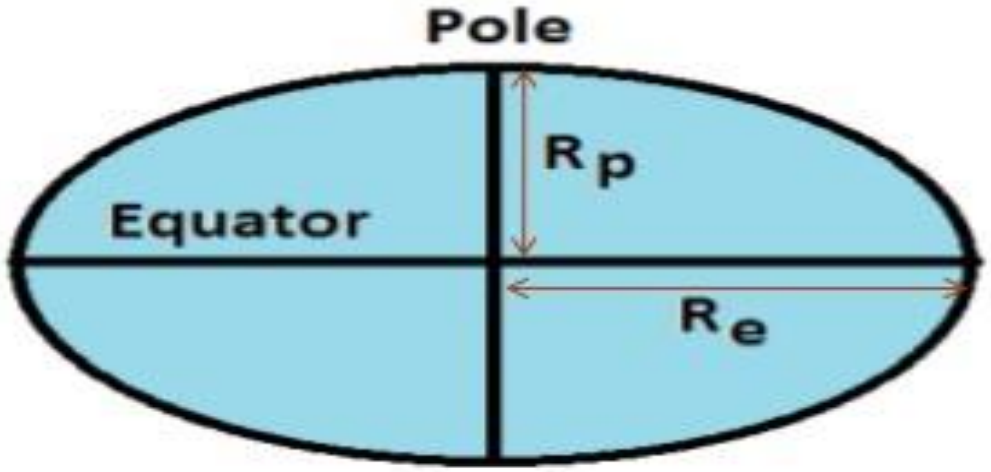
- पृथ्वी पूरी तरह से गोलाकार नहीं है। यह ध्रुवों पर चपटा है और भूमध्यरेखीय क्षेत्र पर बढ़ा हुआ है और ध्रुवों पर लगभग 21 किमी अधिक है। इसलिए जी ध्रुवों पर अधिकतम और भूमध्य रेखा पर न्यूनतम है

# Variation of g due to shape of the earth

The shape of the earth is bulged at the equator and flat at the poles.
This means earth has large radius at the equator than at poles. We know that,




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



i.e. $R_e > R_p$

$$g_e = \frac{GM}{R_e^2} - - - - (ii)$$

$$g_p = \frac{GM}{R_p^2} - - - - (iii)$$

$$g_e < g_p$$

So, acceleration due to gravity is more at the pole than at the equator.

# Due to Rotation of the Earth

$g' = g - R_e \omega^2 Cos^2 \lambda$

If latitude angle $\lambda = 0$. It means at equator. $g'_{min} = g - R_e \omega^2$

If latitude angle $\lambda = 90$ . it means at poles. $g'_{max.} = g$

Change in "g" only due to rotation $\Delta g_{rot.} = g_p - g_e = 0.03\ m/s^2$

$$\Delta g_{total} = g_p - g_e = (0.05\ m/s^2) \longrightarrow \begin{cases} 0.02\ m/s^2 & \text{(due to shape)} \\ 0.03\ m/s^2 & \text{(due to rotation)} \end{cases}$$

- If rotation of Earth suddenly stops then accleration due to gravity is increases at all places on Earth except the poles.

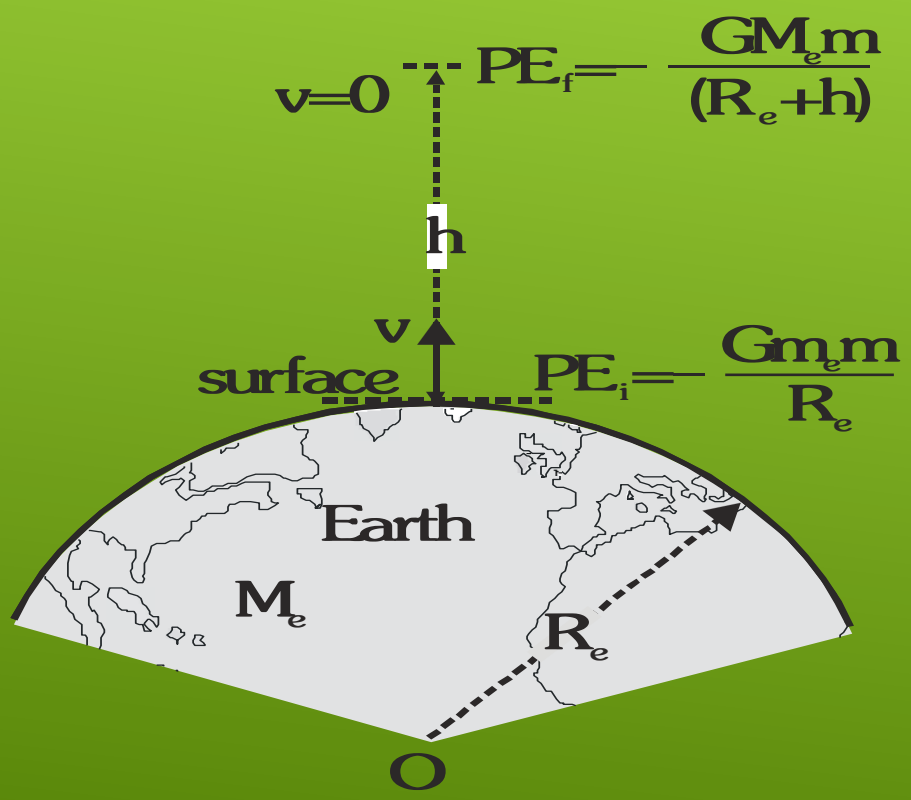
# Gravitational Potential

- ✓ *Gravitational potential is the amount of work done in bringing a body of unit mass from infinity to that point without changing its kinetic energy.*

$$V = \frac{W}{m} = \frac{Gm}{r}$$

- ➢ Gravitational potential,
- ▪ *Gravitational potential is a scalar quantity and its unit and its dimensions are J/kg and* $[L^2T^{-2}]$

Gravitational Potential Energy= $\frac{GMm}{r}$



# Maximum height reached by the body projected by velocity "v" from the Earth surface

$$\frac{1}{2}mv^2 + \left(-\frac{GM_e m}{R_e}\right) = 0 + \left[-\frac{GM_e m}{R_e + h}\right]$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{GM_e m}{R_e} - \frac{GM_e m}{R_e + h}$$

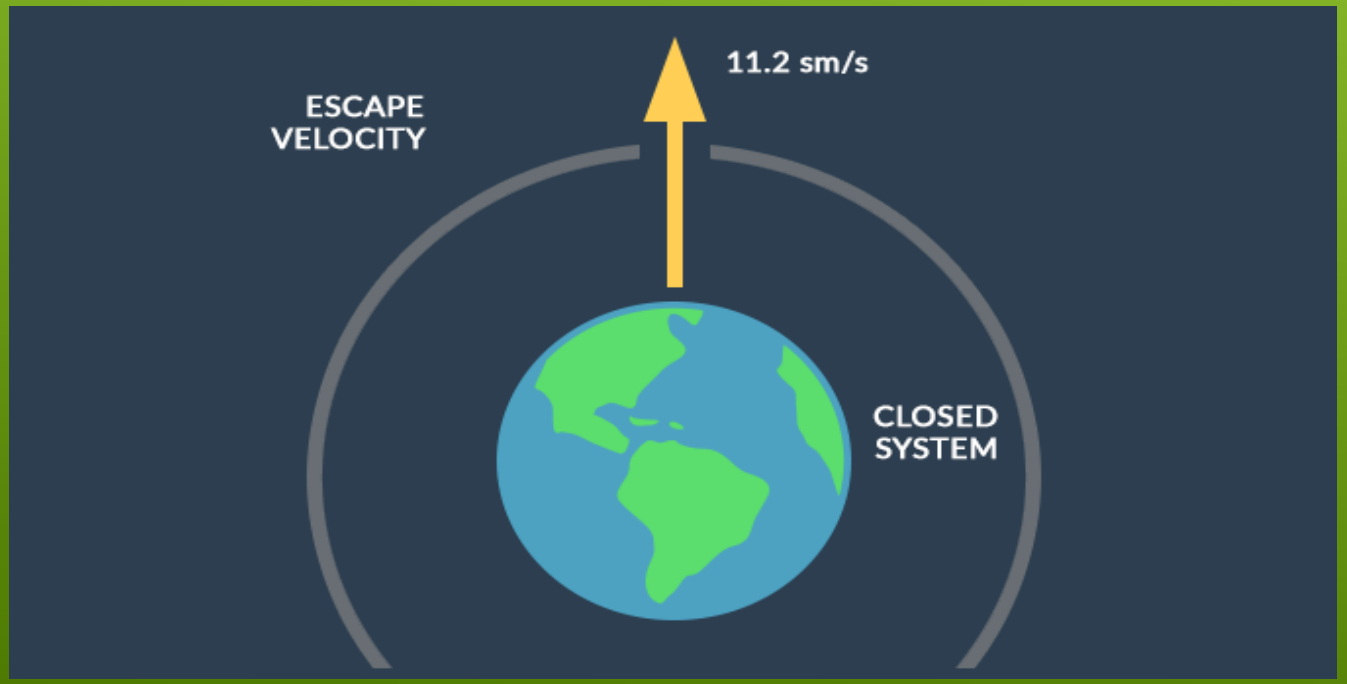
$$V^2 = \frac{2gh}{1 + \frac{h}{R_e}}$$

$$H = \frac{v^2 R_e}{2gR - v^2}$$

# Escape Velocity

- *It is the minimum velocity required for an object at Earth's surface so that it just escapes the Earth's gravitational field.*

➢यह पृथ्वी की सतह पर किसी वस्तु के लिए आवश्यक न्यूनतम वेग है ताकि यह पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से बच जाए।



$$v_{escape} = 11.2 \ km/s$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{GMm}{r}$$

$$v_{escape} = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

# Escape energy

- Minimum energy given to a particle in form of kinetic energy so that it can just escape from Earth's gravitational field.
- गतिज ऊर्जा के रूप में एक कण को दी गई न्यूनतम ऊर्जा ताकि यह पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र से बस बच सके।
- Magnitude of escape energy $= \frac{GMm}{R}$

- Escape velocity does not depend on mass of body, angle of projection or direction of projection.

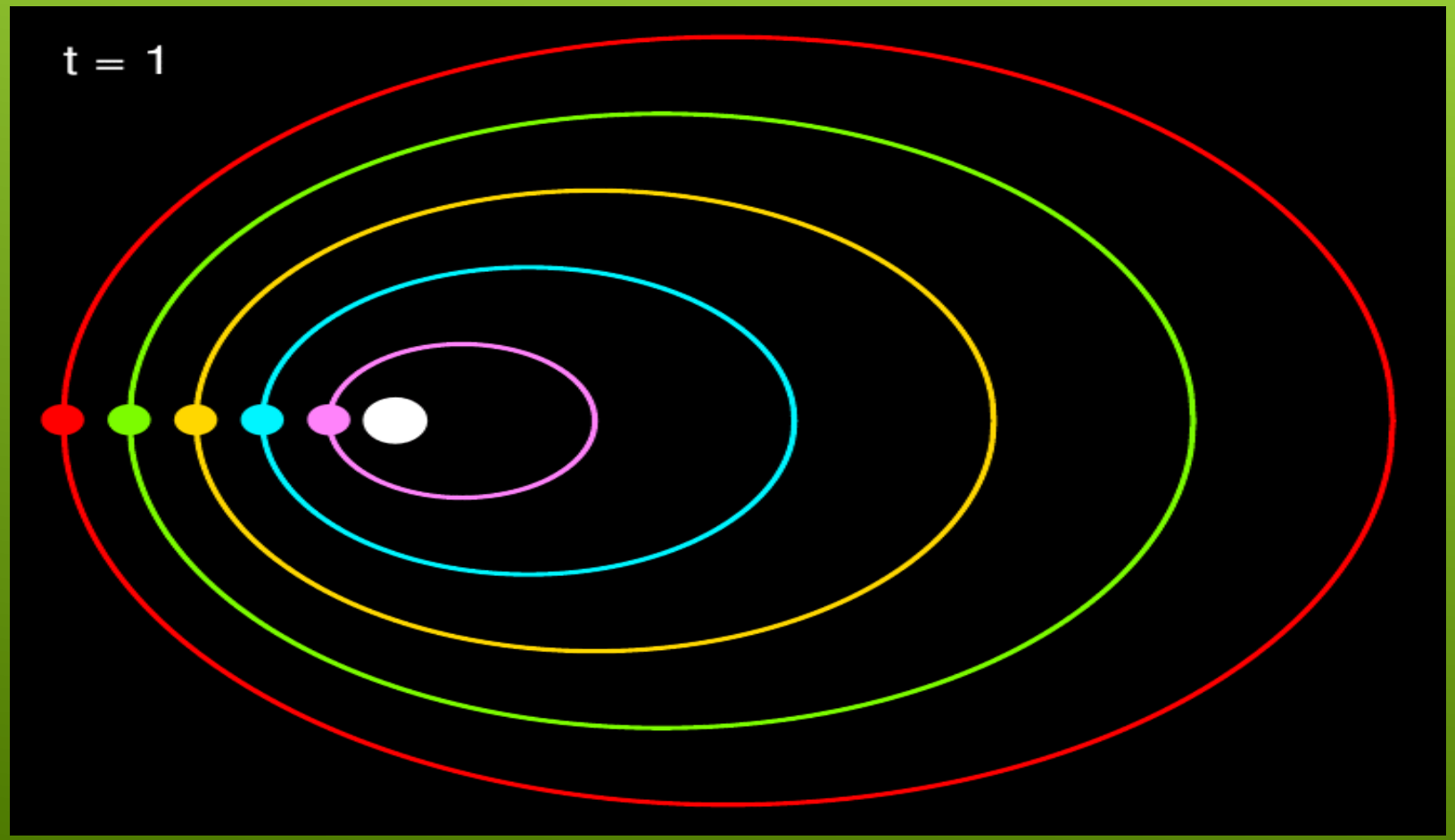
पलायन वेग शरीर के द्रव्यमान, प्रक्षेपण के कोण या प्रक्षेपण की दिशा पर निर्भर नहीं करता है।•

- Escape velocity at : earth surface $v_e$ = 11.2 km/s moon surface $v_e$ = 2.31 km/s
- Atmosphere on moon is absent because root mean square velocity of gas particle is greater the escape velocity. $V_{rms} > v_e$

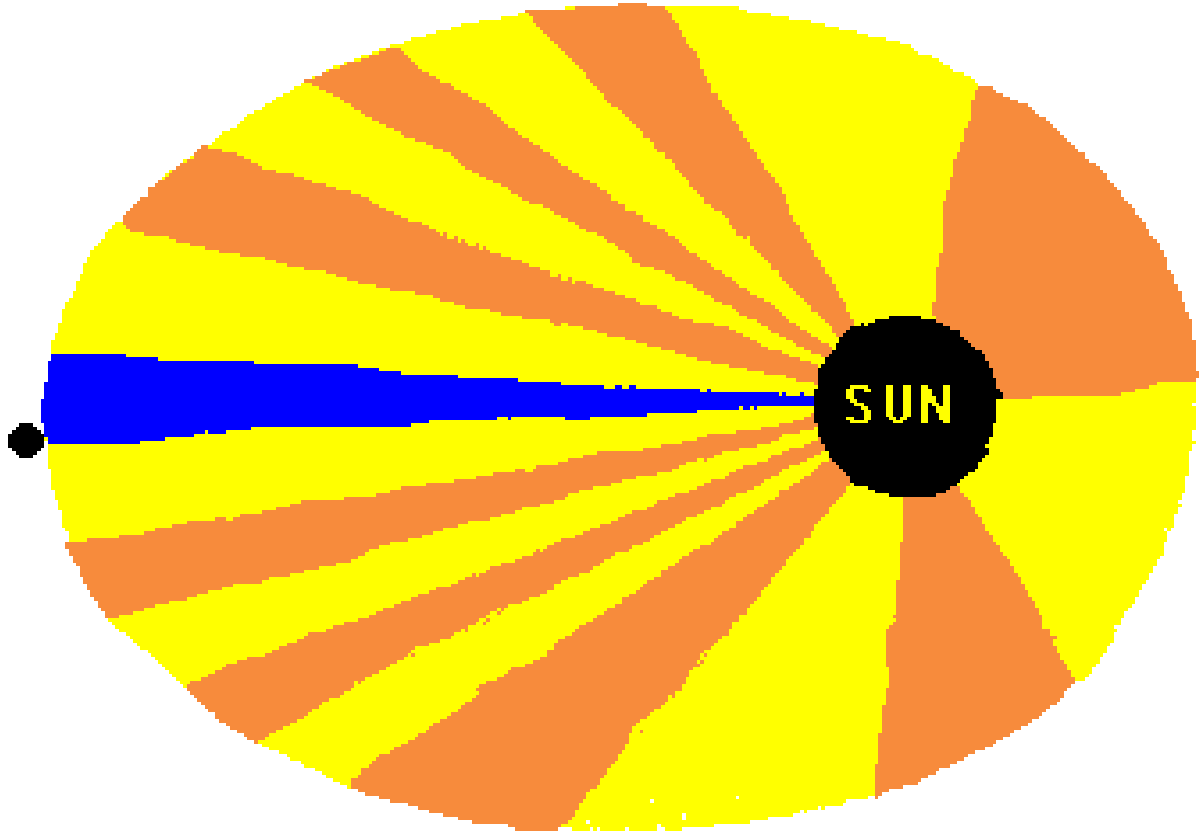
पृथ्वी के सतह की सतह = 11.2 किमी / सेकंड की चाँद की सतह की सतह = 2.31 किमी / सेकंड से बच वेग
चंद्रमा पर वायुमंडल अनुपस्थित है क्योंकि गैस कण के मूल माध्य वर्ग वेग से अधिक वेग वेग है। व्रत> वे

# Kepler's Laws

- Law of Orbits:- All planets move around the Sun in elliptical orbits, having the Sun at one focus of the



Law of areas:- A line joining any planet to the sun sweeps out equal areas in equal times, that is, the areal speed of the planet remains constant.



- When the planet is nearest to the sun, then its speed is maximum and when it is farthest from the sun, then its speed is minimum.
- The areal speed da/dt of the planet is constant,
- The angular momentum J of the planet is also constant,
- The angular momentum of the planet is conserved.
- Kepler's second law is equivalent to conservation of angular momentum.

- जब ग्रह सूर्य के सबसे निकट होता है, तब उसकी गति अधिकतम होती है और जब वह सूर्य से सबसे दूर होता है, तब उसकी गति न्यूनतम होती है।

- इस क्षेत्र की गति ग्रह की गति dA/dt स्थिर है,

- ग्रह का कोणीय संवेग J भी स्थिर है,

- ग्रह की कोणीय गति संरक्षित है।

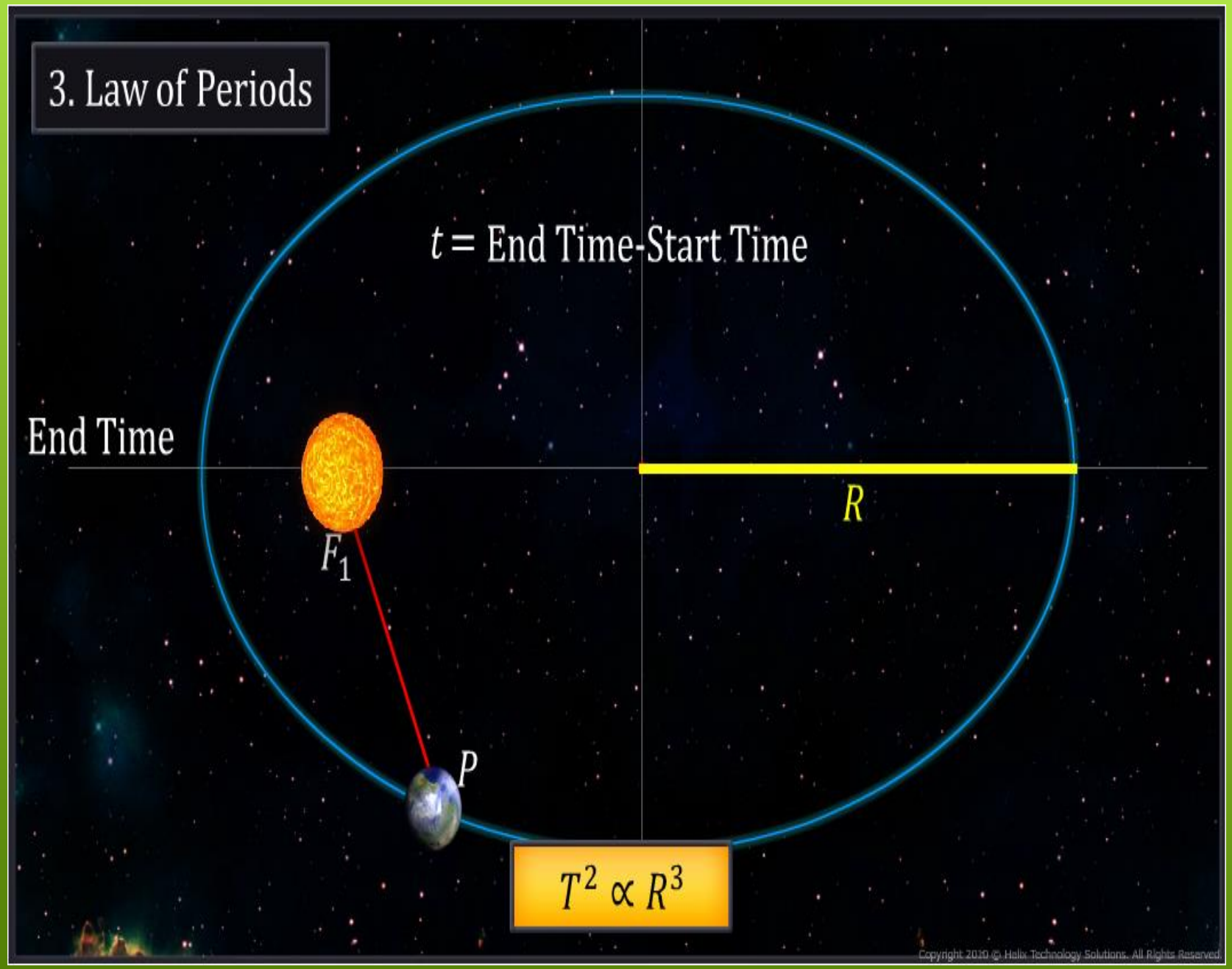
- केपलर का दूसरा नियम कोणीय गति के संरक्षण के बराबर है।

# Law of Periods:-

**The square of the period of revolution of any planet around the Sun is directly proportional to the cube of the semi–major axis of its elliptical orbit**

अवधि के नियम: -

सूर्य के चारों ओर किसी भी ग्रह की क्रांति की अवधि का वर्ग उसके अण्डाकार कक्षा के अर्ध-प्रमुख अक्ष के घन के सीधे आनुपातिक है


3. Law of Periods
t = End Time-Start Time
End Time
R
F1
P
T² ∝ R³
Copyright 2010 © Helix Technology Solutions. All Rights Reserved.

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

Q.1) Two satellites $S_1$ and $S_2$ are revolving round a planet in coplanar and concentric circular orbit of radii $R_1$ and $R_2$ in the same direction respectively. Their respective periods of revolution are 1 hr and 8 hr. The radius of the orbit of satellite $S_1$ is equal to $10^4$ km. Find the relative speed in kmph when they are closest.

Q.1) दो उपग्रहों S1 और S2 क्रमशः एक ही दिशा में कोप्लानर और एक दूसरे दिशा में रेडी R1 और R2 की संकेंद्रित परिक्रमा कक्षा में चक्कर लगा रहे हैं। उनकी क्रांति की अवधि 1 घंटा और 8 घंटा है। उपग्रह S1 की कक्षा की त्रिज्या 104 किमी के बराबर है। निकटतम होने पर किमीफ में सापेक्ष गति ज्ञात कीजिए।

By Kepler's $3^{rd}$ law, $\frac{T^2}{R^3}$ =consta

$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T_2^2}{R_2^3}$$

$$\frac{1}{(10^4)^3} = \frac{64}{R_2^3}$$

$R_2 = 4 \quad 10_4$ km

Distance travelled in one revolution, $S_1 = 2\pi R_1 = 2\pi\ 10^4$ & $S_2 = 2\pi R_2 = 2\pi\ 4\ 10^4$

And, $$v_1 = \frac{S_1}{t_1} = \frac{2\pi \times 10^4}{1} = 2\pi \times 10^4 \text{ kmph}$$

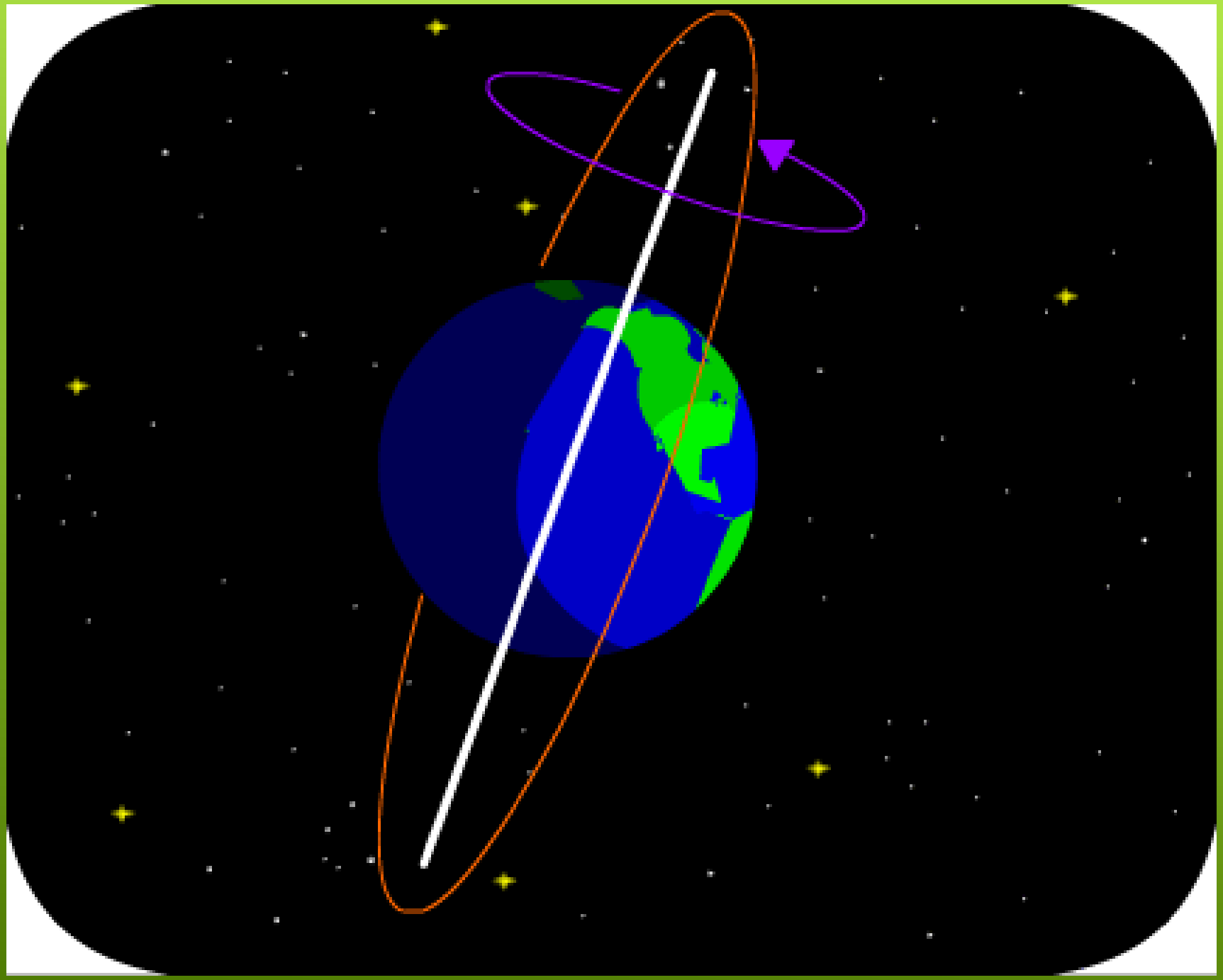
$$v_2 = \frac{S_2}{t_2} = \frac{2\pi \times 4 \times 10^4}{8} = \pi \times 10^4 \text{ kmph}$$

$\therefore$ Relative velocity $= v_1 - v_2 = 2\pi\ 10^4 - \pi\ 10^4 = \pi\ 10^4$ kmph

# SATELLITE MOTION/उपग्रह गति

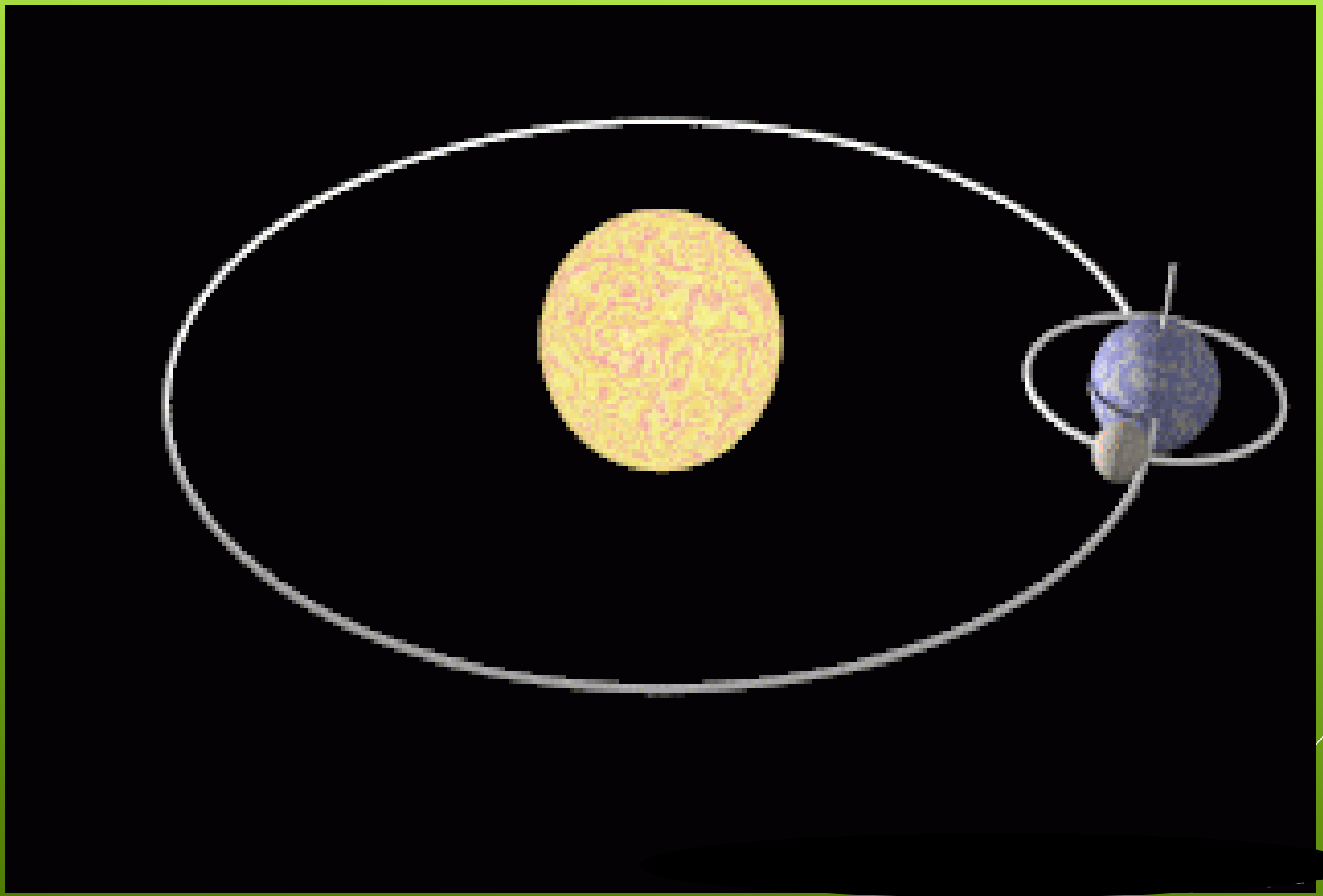
**A light body revolving round a heavier body due to gravitational attraction, is called satellite. Earth is a satellite of the Sun while Moon is satellite of Earth.**

एक प्रकाश शरीर जो गुरुत्वाकर्षण आकर्षण के कारण एक भारी शरीर के चक्कर लगाता है, उपग्रह कहलाता है। पृथ्वी सूर्य का एक उपग्रह है जबकि चंद्रमा पृथ्वी का उपग्रह है।

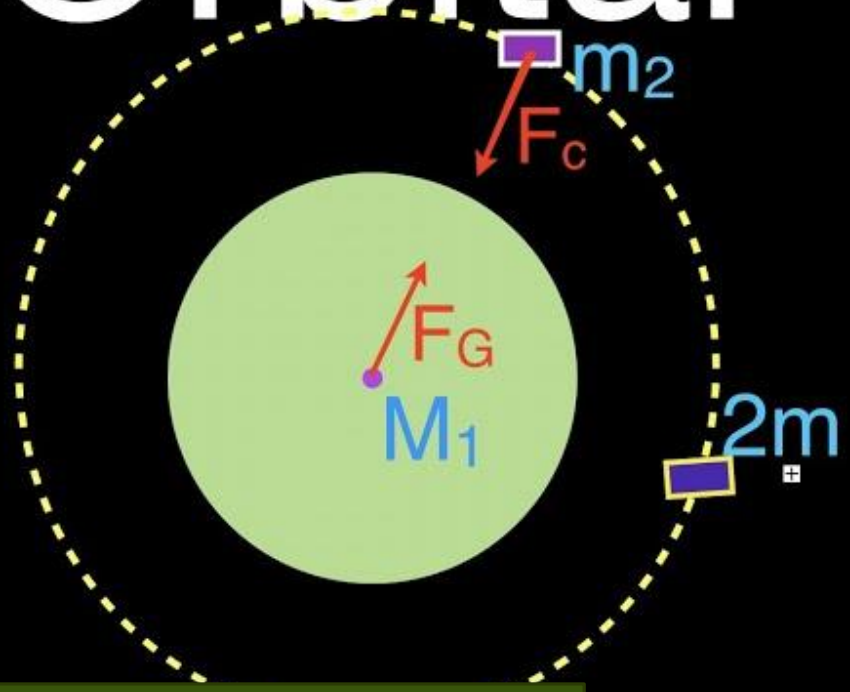


**Orbital velocity($v_0$):-** A satellite of mass m moving in an orbit of radius r with speed $v_0$ then required centripetal force is provided by gravitation.

**कक्षीय वेग ($v_0$): - द्रव्यमान का एक उपग्रह जो कि गति $v_0$ के साथ त्रिज्या r की कक्षा में घूम रहा है, तब गुरुत्वाकर्षण द्वारा आवश्यक केन्द्रक बल प्रदान किया जाता है।**



# Orbital Velocity




$$F_c = F_G$$

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_1}{r}}$$

$V = \sqrt{gR_e}$ =8KM/s

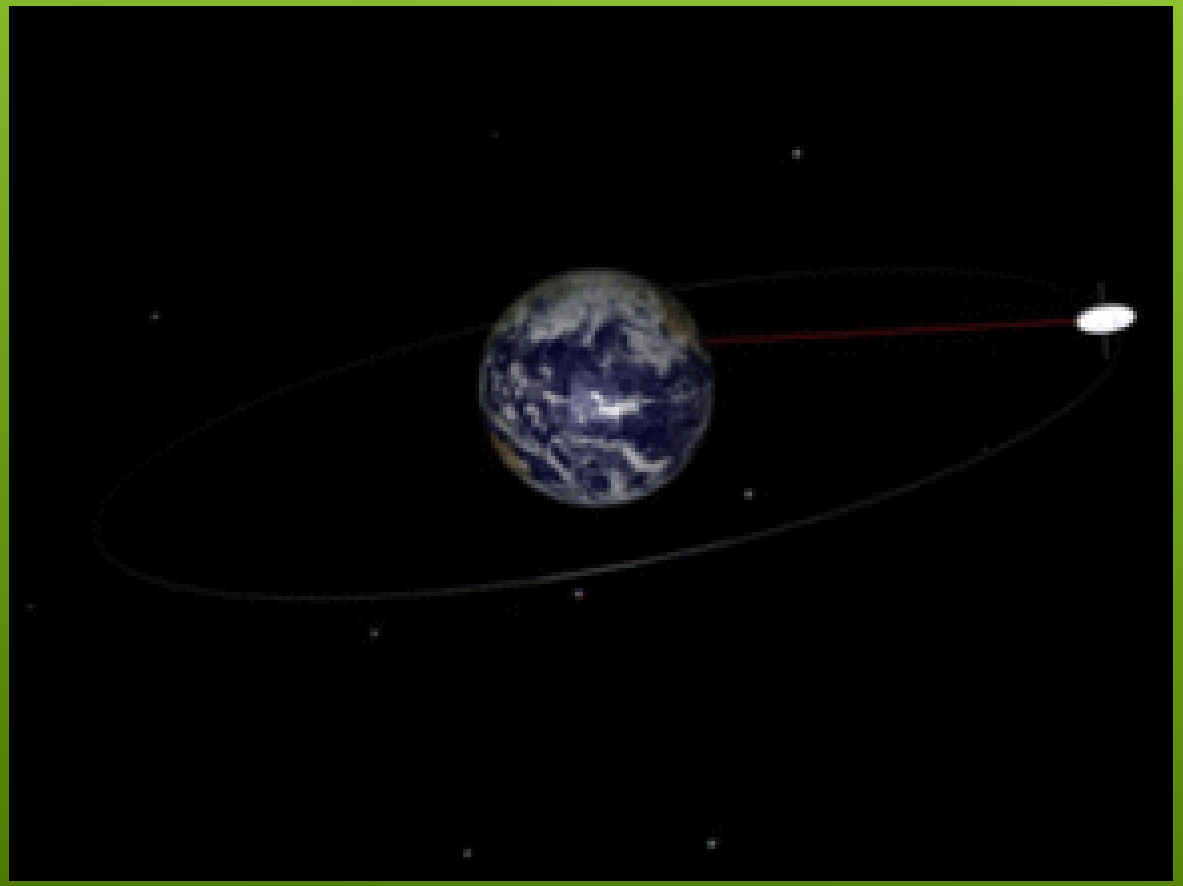
- If a body is taken at some height from earth and given horizontal velocity of magnitude 8 km/sec then the body becomes satellite of earth.

- $V_o$ depends upon : mass of planet, radius of circular orbit of satellite, g (at planet), density of planet

- **If orbital velocity of a near by satellite becomes $\sqrt{2}v_o$ (or increased by 41.4%, or K.E. Is doubled) then the satellite escapes from gravitational field of earth.**

# Time Period of a Satellite

The **period of a satellite** is the **time** it takes it to make one full orbit around an object. The **period** of the Earth as it travels around the sun is one year.



$$T = \frac{2\pi r}{v_0}$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} r^3$$

For Geostationary Satellite T = 24 hr, h = 36,000 km

$v_0$ = 3.1 km/s

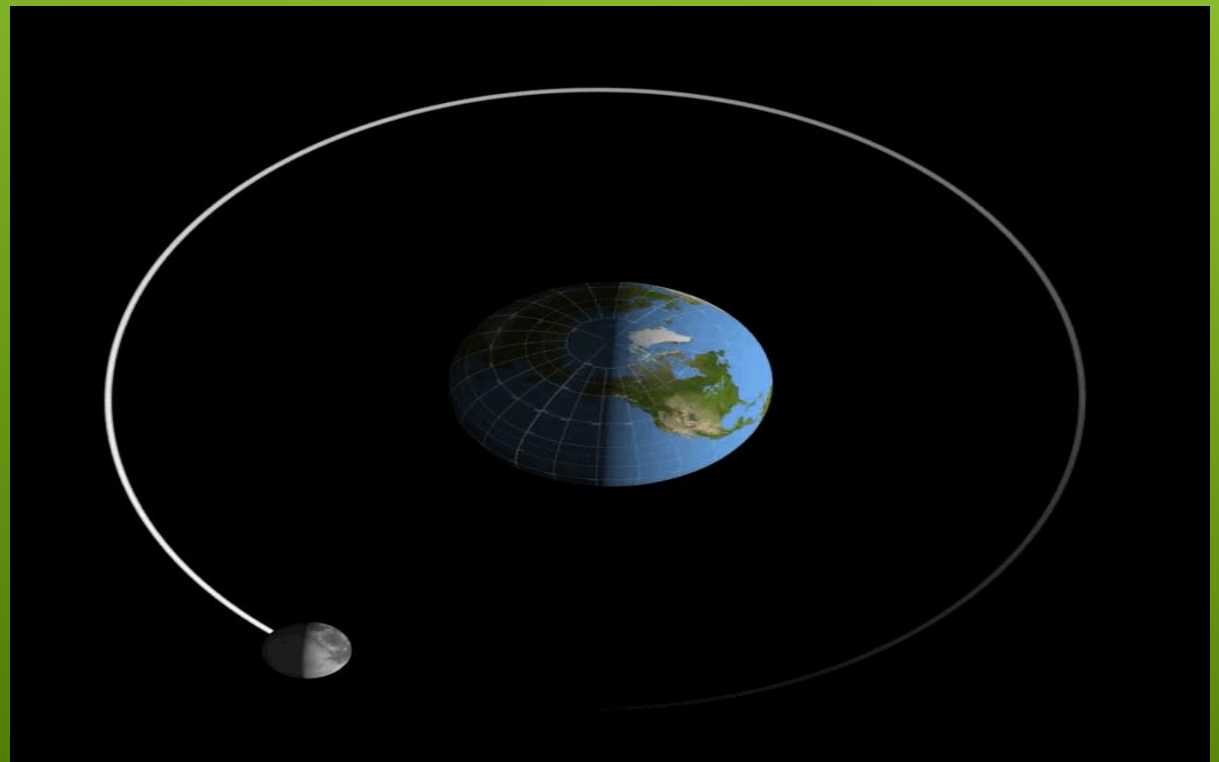
For Near by satellite

$$V = \sqrt{\frac{GM_e}{R_e}} = 8 km/s$$

- **T=$2\pi\sqrt{\frac{R_e}{g}} = 84minutes$=1.4hrs=5063seconds**

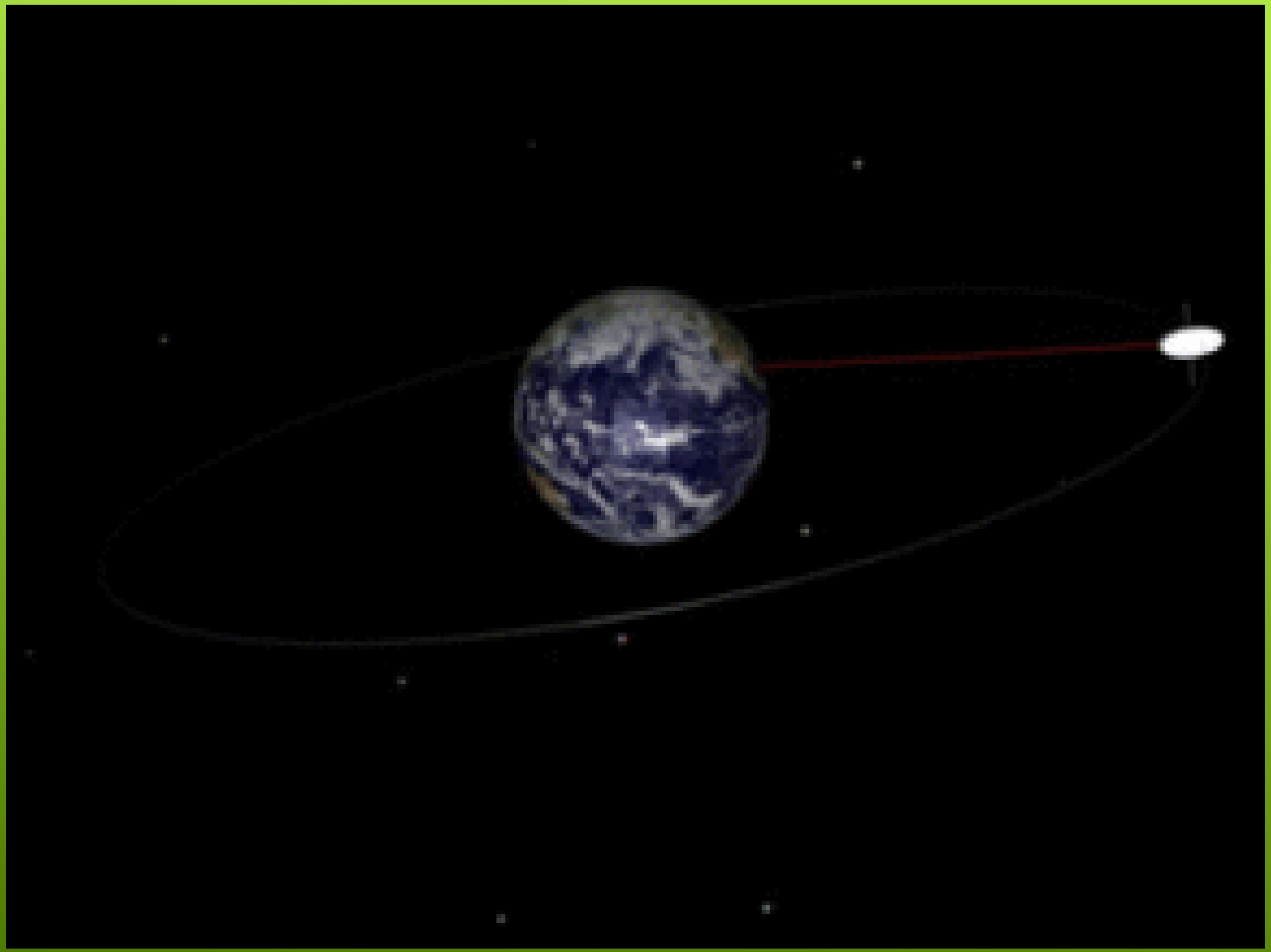
- Time period of near by satellite only depends upon density of planet.
- $T = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$

- For Moon, h=380,000 km & T=27 days
- $V_{om} = \frac{2\pi(R_e + h)}{T_m} = \frac{2\pi(386400 \times 10^3)}{27 \times 24 \times 60 \times 60}$ =1.04 km/sec



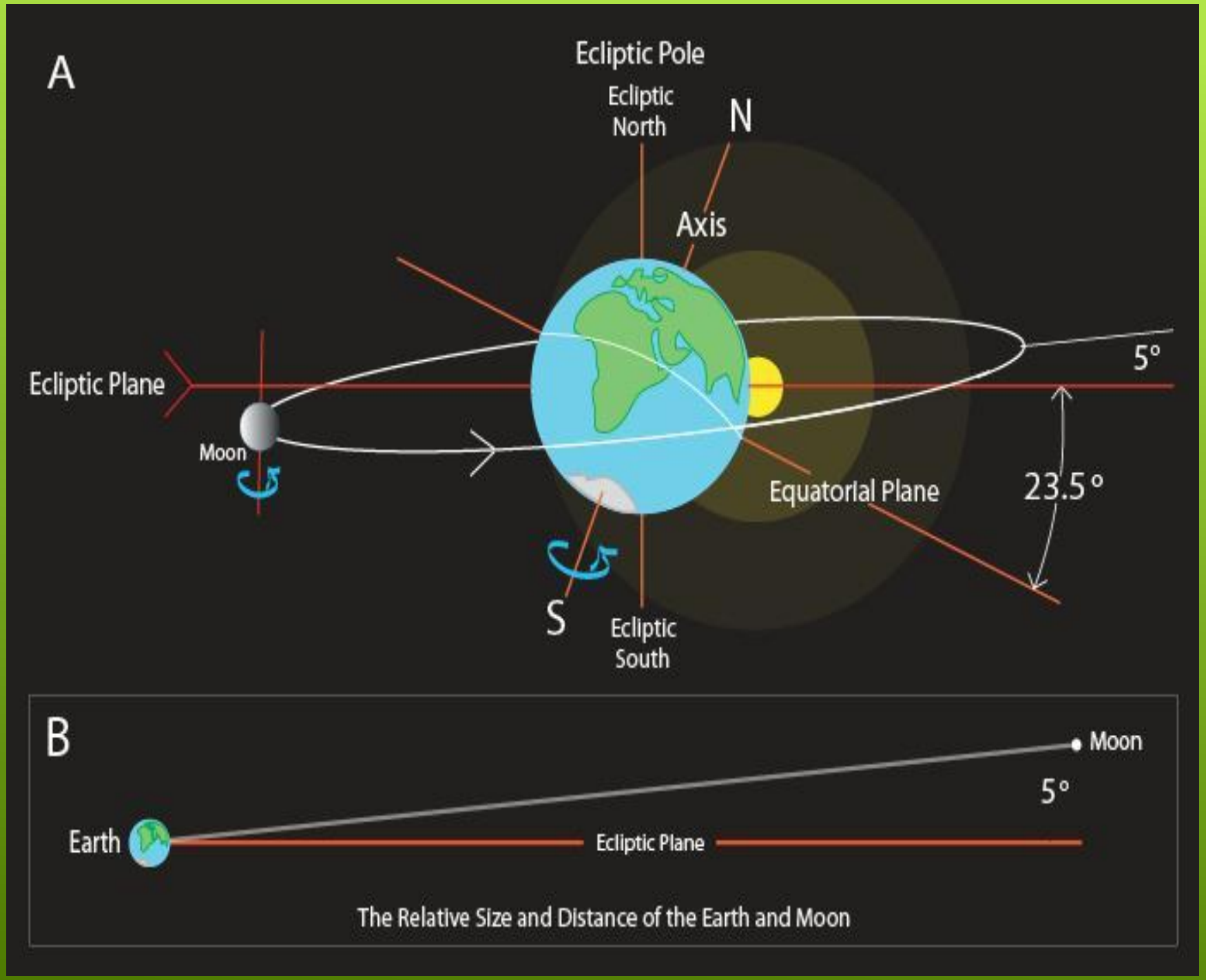
# Geo-Stationary Satellite

- When a geosynchronous satellite is placed directly above the Equator with a circular orbit and angular velocity identical to that of the Earth, the satellite is known as a geostationary satellite. These satellites appear to be stationary above a particular point which is due to the synchronization.
- जब एक जियोसिंक्रोनस उपग्रह को पृथ्वी के समान एक गोलाकार कक्षा और कोणीय वेग के साथ भूमध्य रेखा के ऊपर सीधे रखा जाता है, तो उपग्रह को भूस्थैतिक उपग्रह के रूप में जाना जाता है। ये उपग्रह एक विशेष बिंदु के ऊपर स्थिर प्रतीत होते हैं, जो सिंक्रोनाइज़ेशन के कारण होता है।



- *It rotates in equatorial plane.*
- ***Its height from Earth surface is 36000 km.***
- ***Its angular velocity and time period should be same as that of Earth.***
- ***Its rotating direction should be same as that of Earth (West to East).***
- ***Its orbit is called parking orbit and its orbital velocity is 3.1 km./sec.***

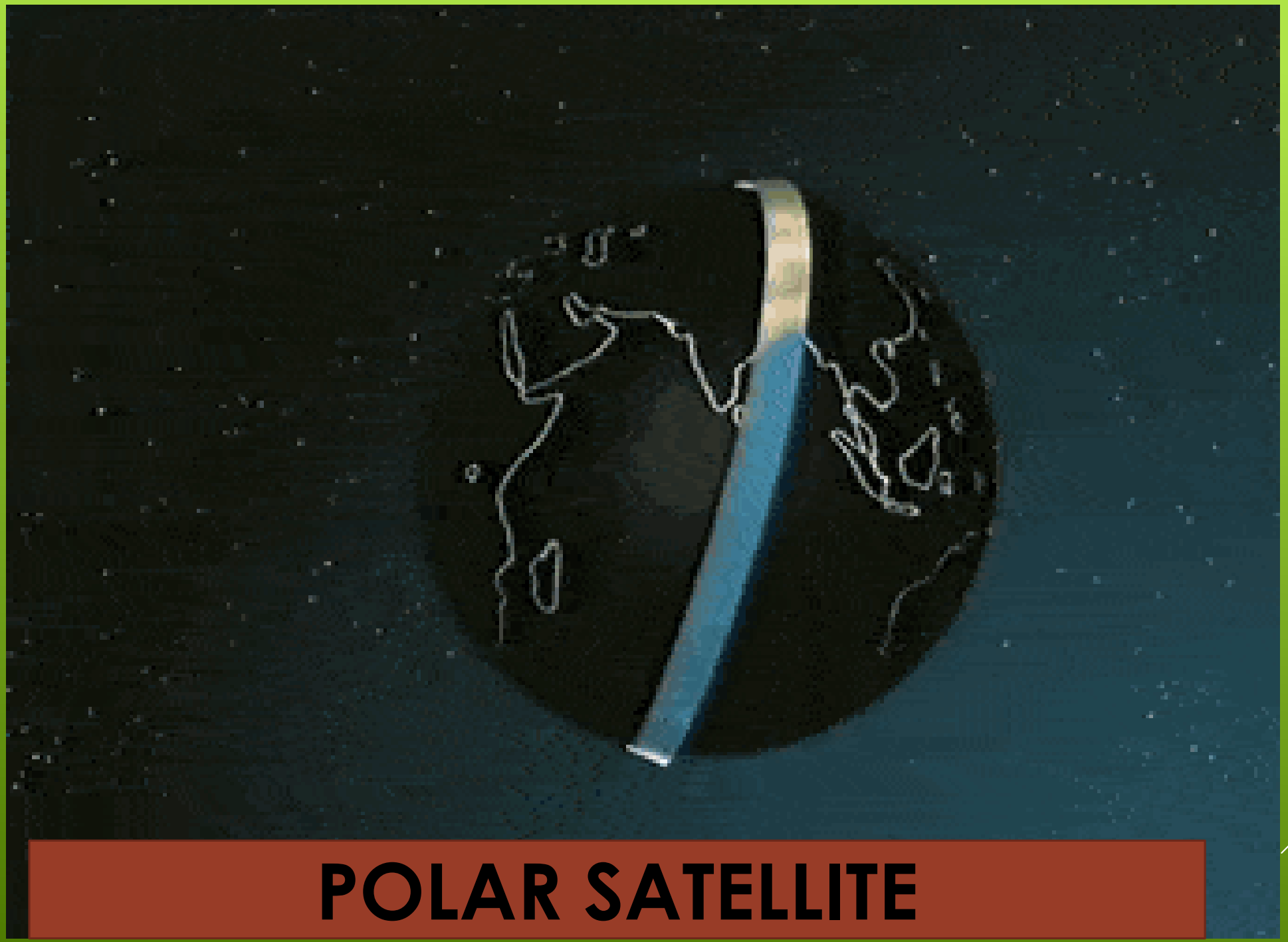
- यह विषुवत तल में घूमता है।
- पृथ्वी की सतह से इसकी ऊंचाई 36000 किमी है।
- इसका कोणीय वेग और समय अवधि पृथ्वी के समान ही होनी चाहिए।
- इसकी घूर्णन दिशा पृथ्वी (पश्चिम से पूर्व) के समान होनी चाहिए।
- इसकी कक्षा को पार्किंग कक्षा कहा जाता है और इसकी कक्षीय गति 3.1 किमी है।


A
Ecliptic Pole
Ecliptic North
N
Axis
Ecliptic Plane
Moon
5°
23.5°
Equatorial Plane
S
Ecliptic South
B
Moon
5°
Earth
Ecliptic Plane
The Relative Size and Distance of the Earth and Moon

# Polar Satellite (Sun – synchronous satellite)

- *It is that satellite which revolves in polar orbit around Earth. A polar orbit is that orbit whose angle of inclination with equatorial plane of Earth is 90 and a satellite in polar orbit* **will pass over both the north and south geographic poles once per orbit. Polar satellites are Sun–synchronous satellites. The polar satellites are used for getting the cloud images, atmospheric data, ozone layer in the atmosphere and to detect the ozone hole over Antarctica.**

- यह वह उपग्रह है जो पृथ्वी के चारों ओर ध्रुवीय कक्षा में घूमता है। एक ध्रुवीय कक्षा वह कक्षा है जिसका पृथ्वी के भूमध्यरेखीय समतल के साथ झुकाव का कोण 90 ° है और ध्रुवीय कक्षा में एक उपग्रह कक्षा में एक बार उत्तर और दक्षिण दोनों भौगोलिक ध्रुवों के ऊपर से गुजरेगा। ध्रुवीय उपग्रह सूर्य-समकालिक उपग्रह हैं। ध्रुवीय उपग्रहों का उपयोग क्लाउड इमेज, वायुमंडलीय डेटा, वायुमंडल में ओजोन परत और अंटार्कटिका के ऊपर ओजोन छिद्र का पता लगाने के लिए किया जाता है।



# POLAR SATELLITE