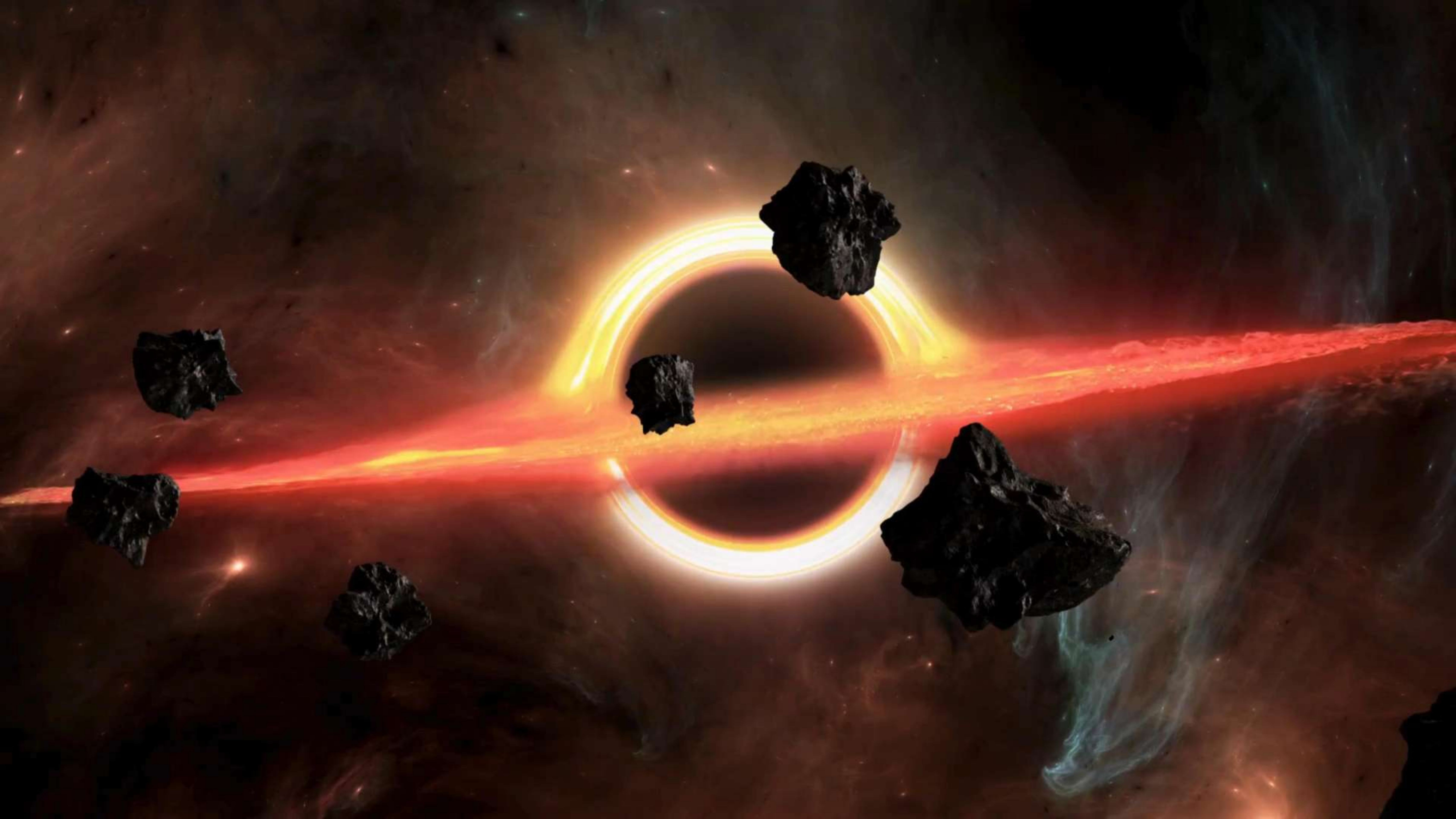


Variation of g with Altitude (ऊँचाई के साथ g में परिवर्तन)

जहाँ,

d = पृथ्वी की सतह से नीचे की गहराई (Depth)

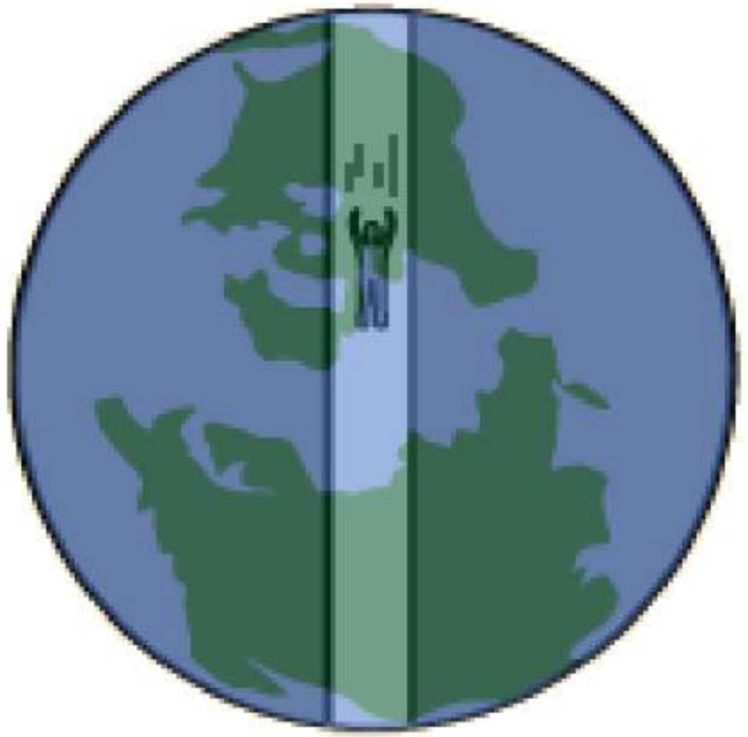
Formula:

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

Explanation:

- जैसे-जैसे हम पृथ्वी के भीतर गहराई में जाते हैं, g का मान **धीरे-धीरे घटता है** और केंद्र पर **शून्य (zero)** हो जाता है।

As we go deeper inside the Earth, g decreases linearly and becomes zero at the center.



Variation of g with Depth (गहराई के साथ g में परिवर्तन)

Formula:

👉 $$g' = g\left(1 - \frac{2h}{R}\right) \quad (\text{for } h \ll R)$$

जहाँ,

g' = ऊँचाई h पर g का मान

h = पृथ्वी की सतह से ऊँचाई (Altitude)

R = पृथ्वी की त्रिज्या

Explanation:

• जैसे-जैसे ऊँचाई बढ़ती है, g का मान **घटता है (decreases)**।

As altitude increases, the value of g decreases.

Reason:

• ऊँचाई बढ़ने पर वस्तु पृथ्वी के केंद्र से दूर हो जाती है, जिससे गुरुत्वीय आकर्षण कम हो जाता है

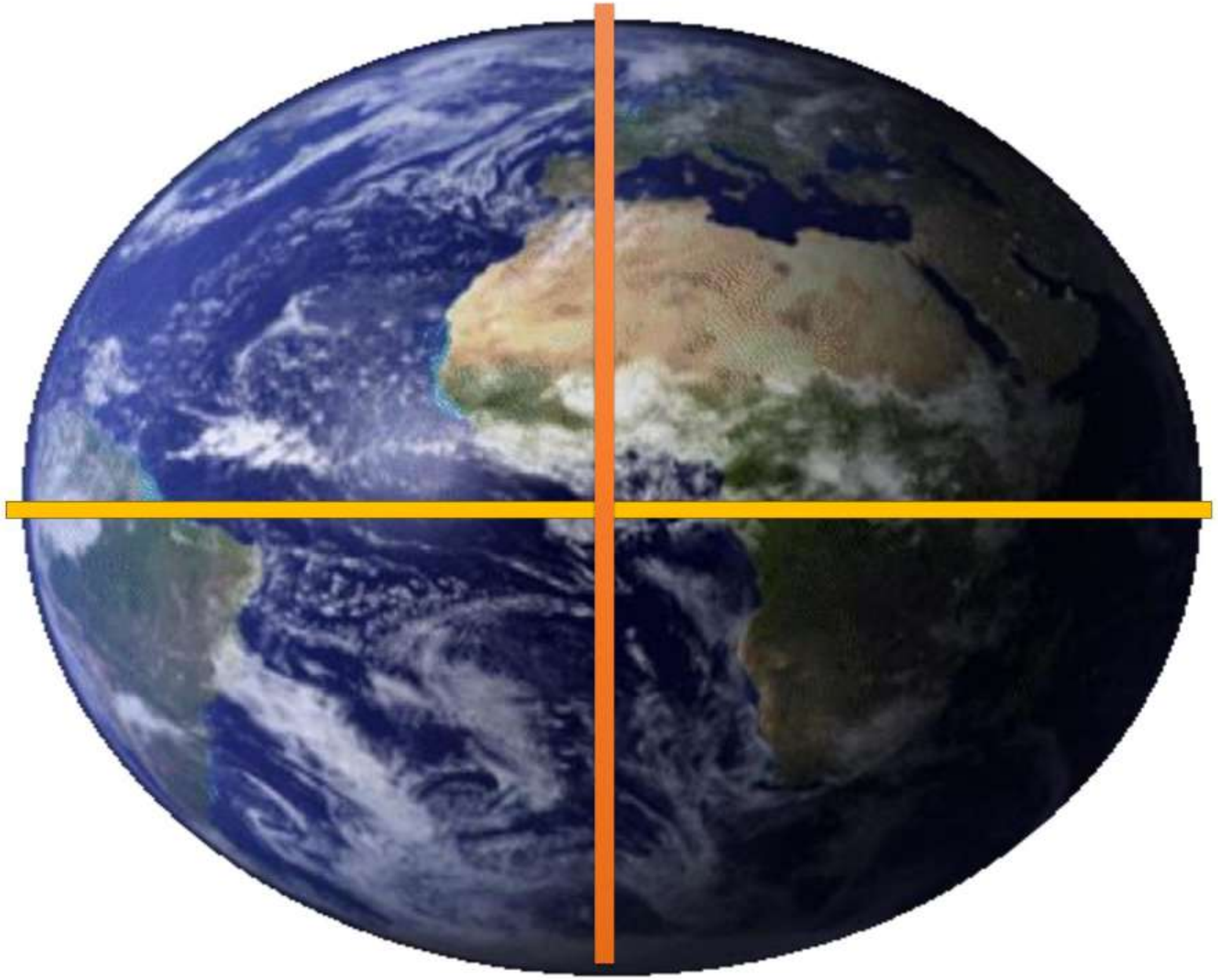
$$g = \frac{GM}{r^2}$$

- 'g' का मान महत्तम पृथ्वी के ध्रुवों (Poles) पर होता है।

The value of 'g' is maximum at the Earth's poles.

- 'g' का मान न्यूनतम विषुवत रेखा (Equator) पर होता है।

The value of 'g' is minimum at the equator.



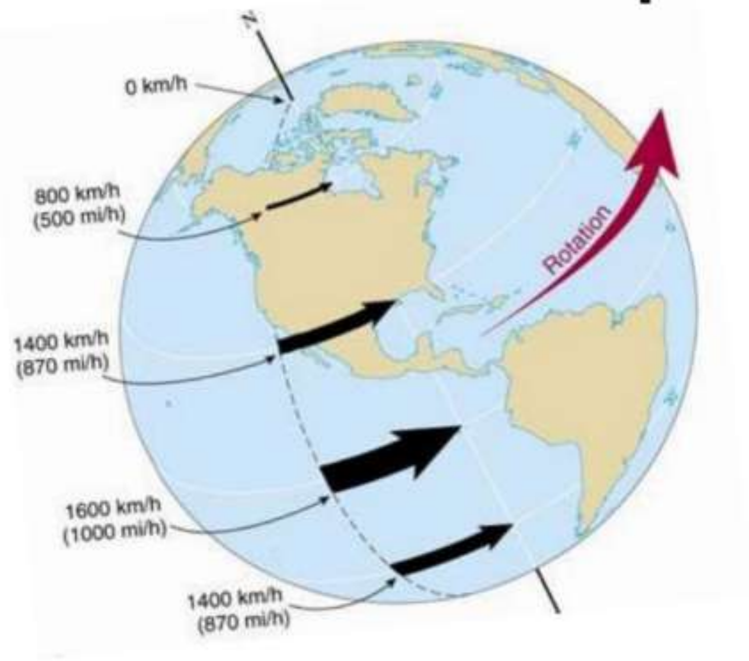
पृथ्वी के घूर्णन (Rotation) के कारण g में परिवर्तन / Variation in g due to Earth's Rotation

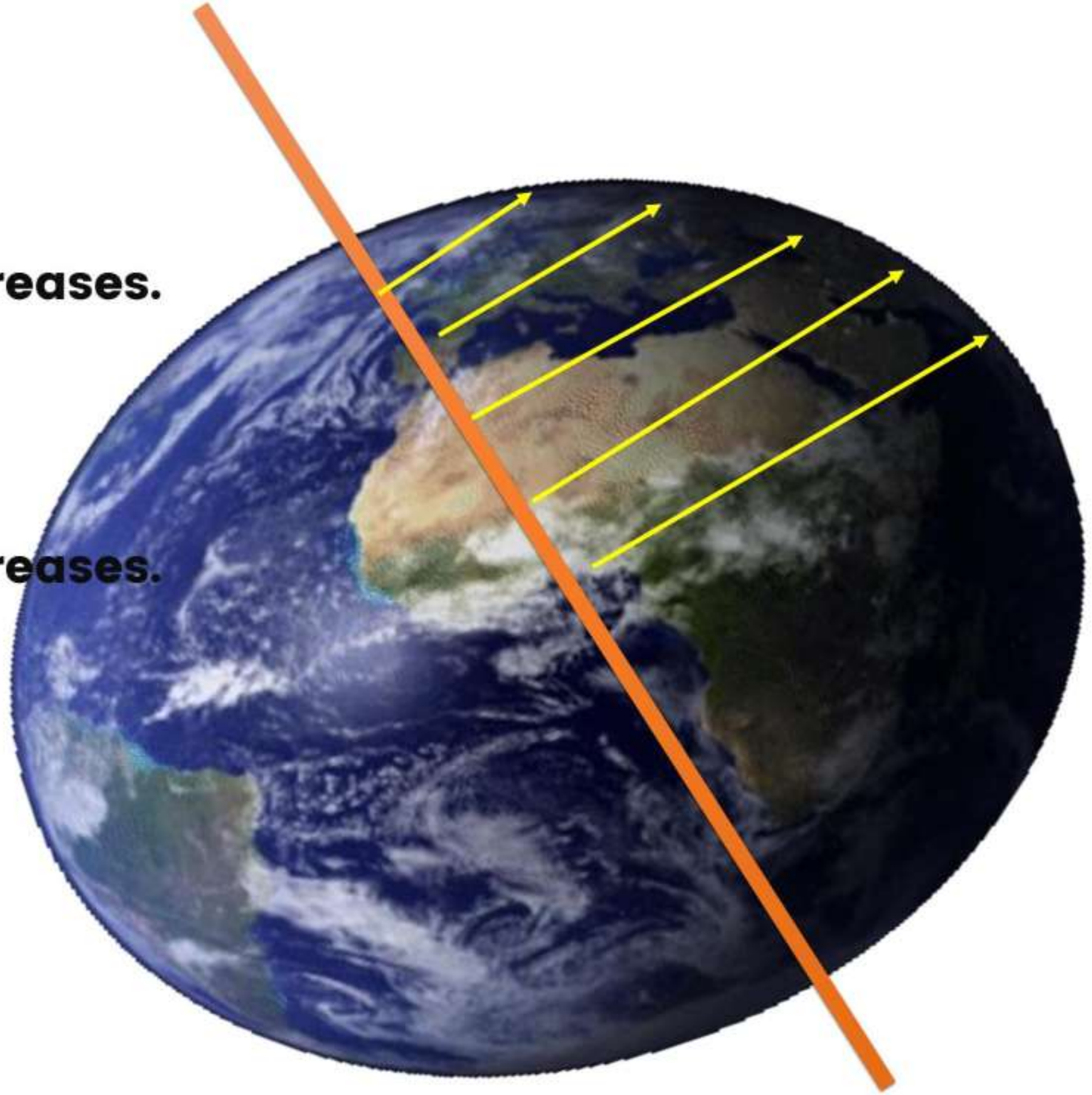
- पृथ्वी की घूर्णन गति बढ़ने पर 'g' का मान घट जाता है।

The value of 'g' decreases as the rotation speed of the Earth increases.

- पृथ्वी की घूर्णन गति घटने पर 'g' का मान बढ़ जाता है।

The value of 'g' increases as the rotation speed of the Earth decreases.





• जब लिफ्ट ऊपर की ओर त्वरण के साथ जाती है (When lift moves upward with acceleration)

Lift Cases

👉 लिफ्ट ऊपर की ओर गति करती है तो वस्तु पर लगने वाला अभिकेन्द्रीय बल (Normal reaction) बढ़ जाता है।

$a\uparrow$

Hence, **apparent weight increases.**

$w = mg\downarrow$

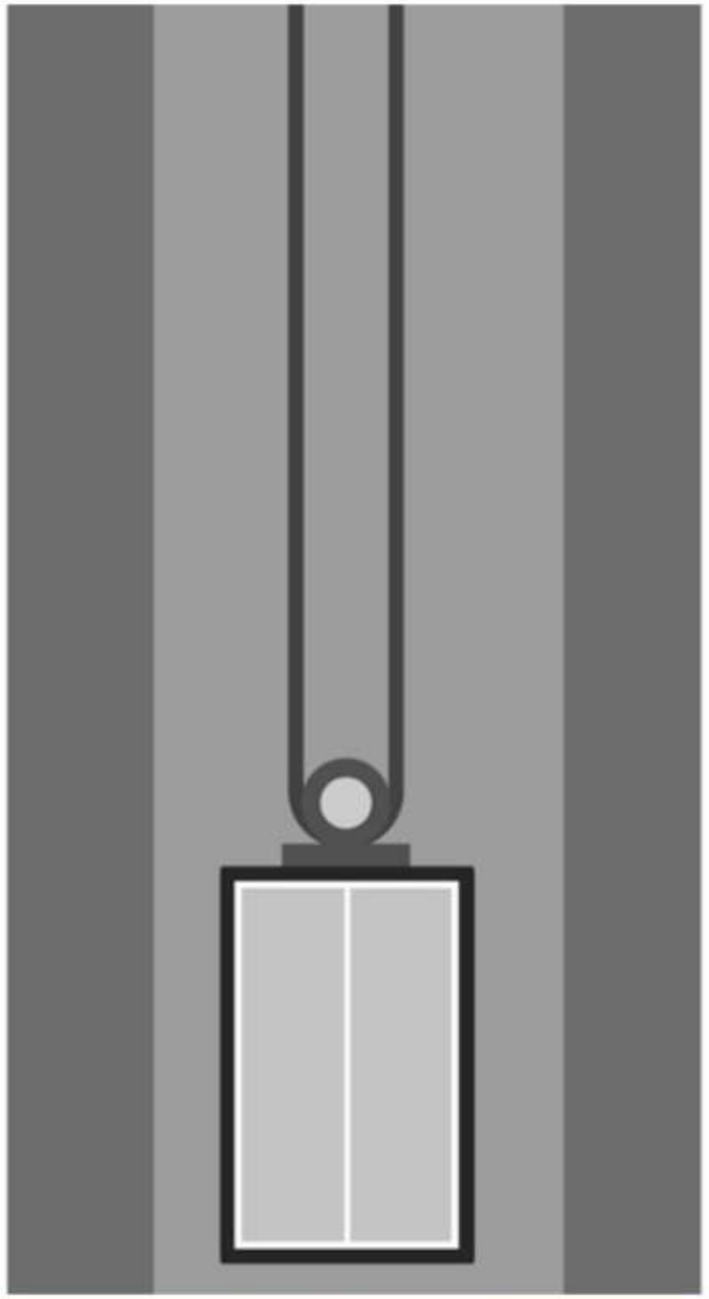
🧮 सूत्र (Formula):

$$W' = m(g + a)$$

Lift → weight change
Acceleration
$a\uparrow$, $a\downarrow$

Lift → समान गति
Const Velocity

$a = 0$



Velocity change

W' = प्रत्यक्ष भार (Apparent Weight)

m = द्रव्यमान (Mass)

g = गुरुत्वजनित त्वरण (Acceleration due to gravity)

a = लिफ्ट का त्वरण (Acceleration of lift)

• **जब लिफ्ट नीचे की ओर त्वरण के साथ जाती है** (When the lift moves **downward with acceleration**)

(2)

When the lift moves downward, the normal reaction (upward force on the object) **decreases.**

→ **इसलिए प्रत्यक्ष भार (apparent weight) घट जाता है।**

Hence, the **apparent weight decreases.**

$$W' = m(g - a)$$

जहाँ –

W' = प्रत्यक्ष भार (Apparent weight)

m = द्रव्यमान (Mass)

g = गुरुत्वजनित त्वरण (Acceleration due to gravity)

a = लिफ्ट का त्वरण (Acceleration of lift)

→ **इस स्थिति में व्यक्ति को भार कम प्रतीत होता है।**

In this condition, the person **feels lighter** (his weight appears to be reduced).

Lift टूट जाये

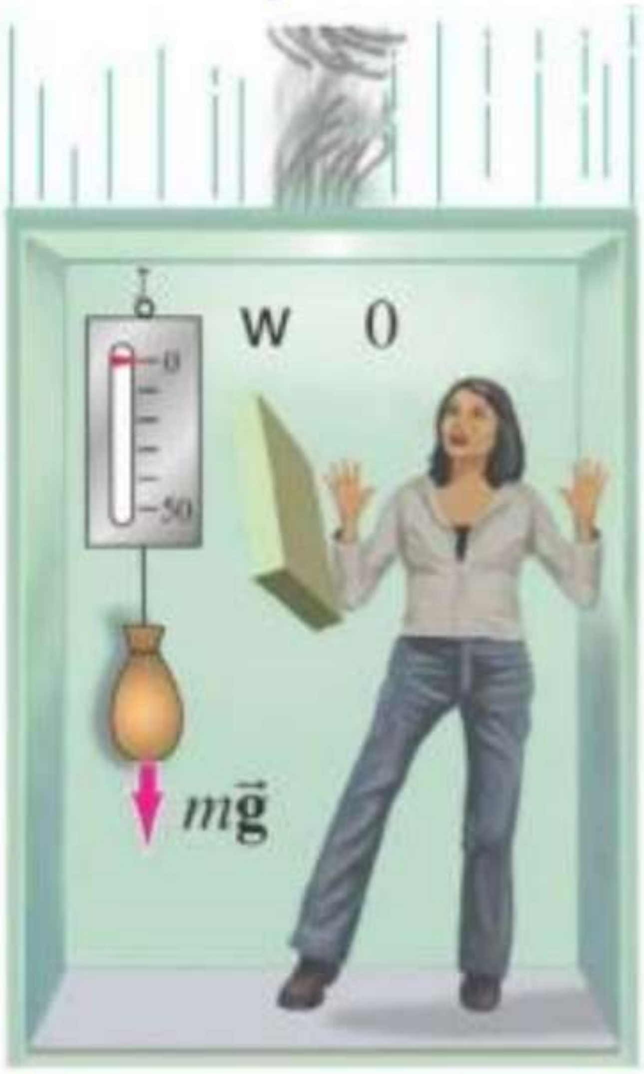
(3) $a = g$ – Free Fall

$W' = w(g-g)$

$W' = w(0)$ "भारहीनता"

$W' = 0$

↓ a



(c) a g (down)

लिफ्ट में पिंड का भार (weight of a body in lift)

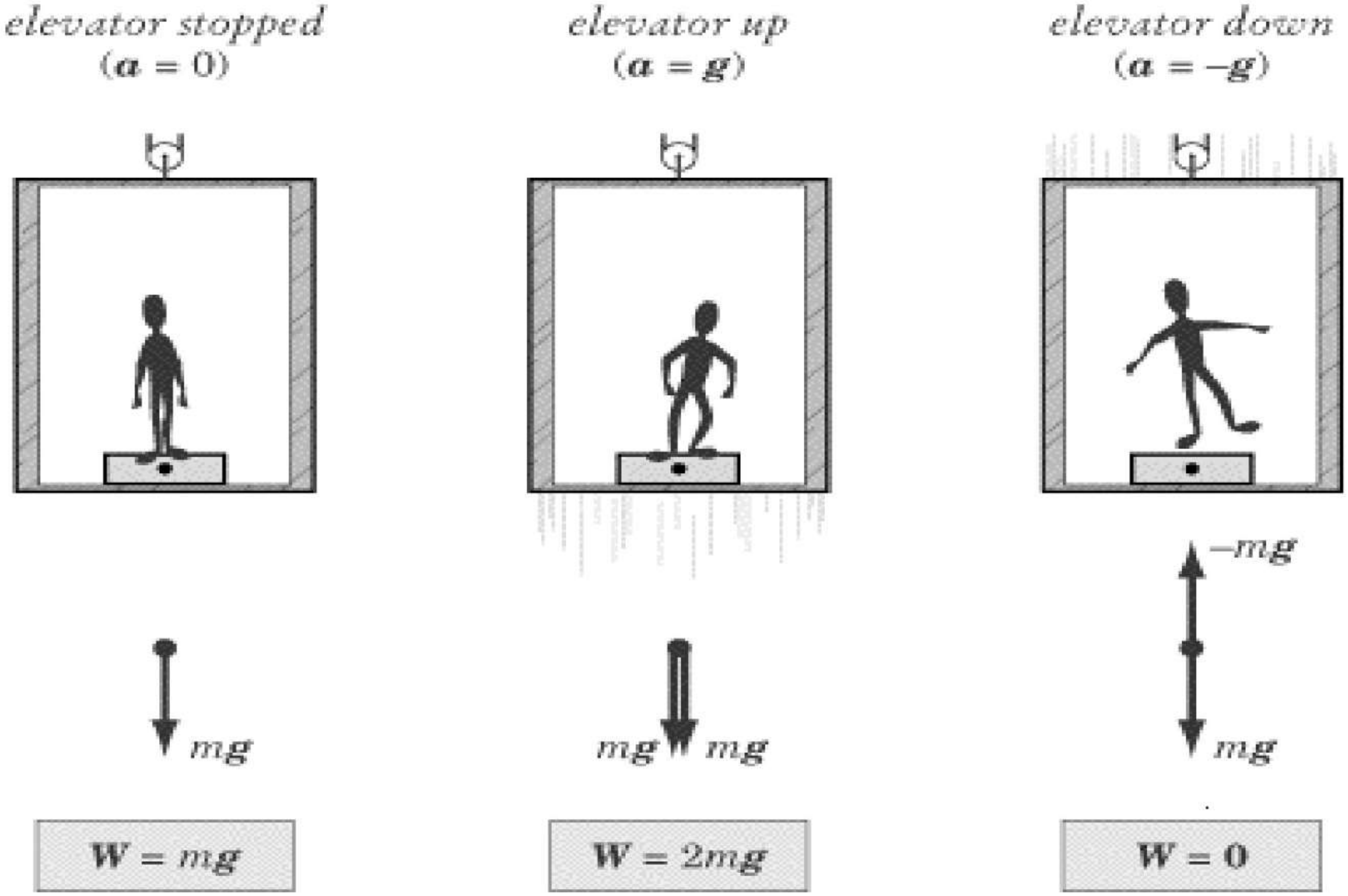
Lift टूट जाये.

स्थिति (Condition)	Apparent Weight Formula	परिणाम (Result)
लिफ्ट ऊपर की ओर (Upward With Acceleration)	$W' = m(g + a)$	भार बढ़ा हुआ प्रतीत होता है (Increased)
लिफ्ट नीचे की ओर (Downward With Acceleration)	$W' = m(g - a)$	भार घटा हुआ प्रतीत होता है (Decreased)
लिफ्ट समान वेग से चल रही है (Uniform Speed)	$a = 0$ $W' = mg$	भार समान रहता है (No change)
लिफ्ट मुक्त पतन में (Free Fall)	$W' = 0$	भारहीनता (Weightlessness)

④ Lift Break

$a > g$

- Lift अंदर Person
  - Lift छत पर Roof टकरा



SIMPLE PENDULUM (सरल लोलक)

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

mass depend नहीं ×

जहाँ –

T = कालावधि (Time period)

l = लोलक की लंबाई (Length of pendulum)

g = गुरुत्वजनित त्वरण (Acceleration due to gravity)

① Length Condition

Summer → L ↑ T ↑

winter → L ↓ T ↓

$$T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$$

clear

a) Poles – ध्रुव → g max – T कम

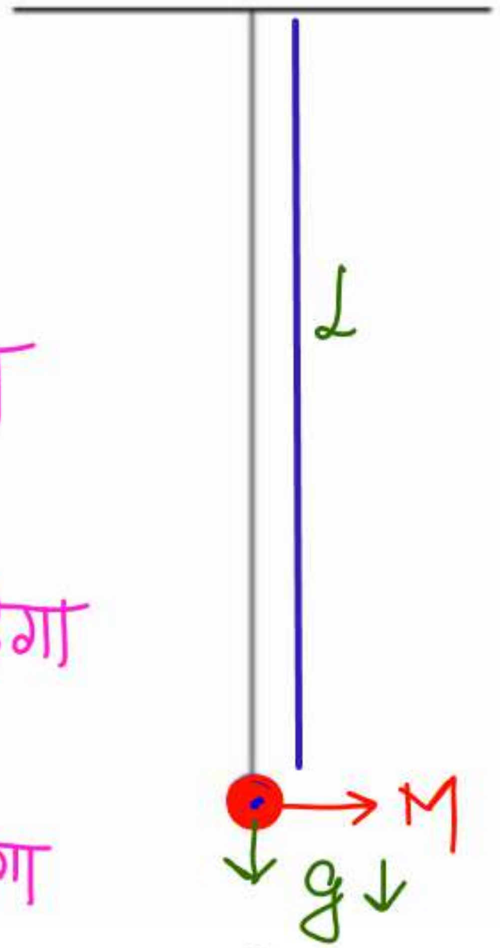
b) Equator – विषुवत → g min T बढ़ेगा

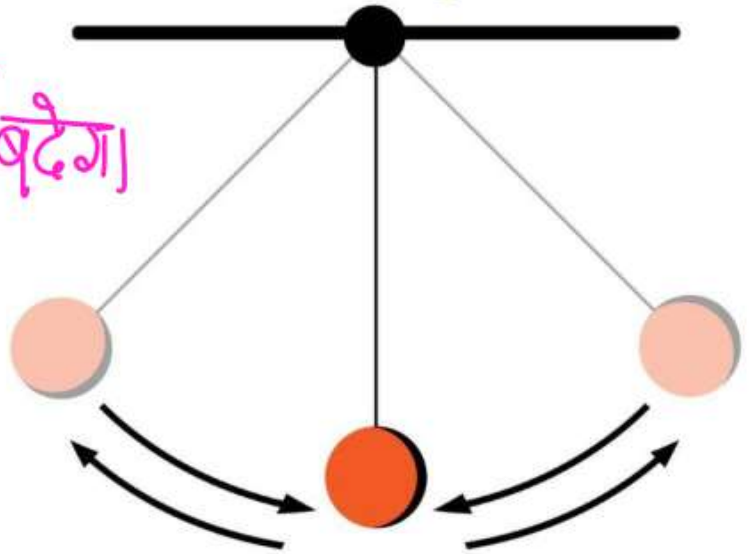
c) Height – ऊँचाई → g कम → T बढ़ेगा

d) Depth – गहराई → g कम → T बढ़ेगा

Special Case – Pendulum Space (अंतरिक्ष), g = 0

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{0}} = \infty \text{ infinite}$$

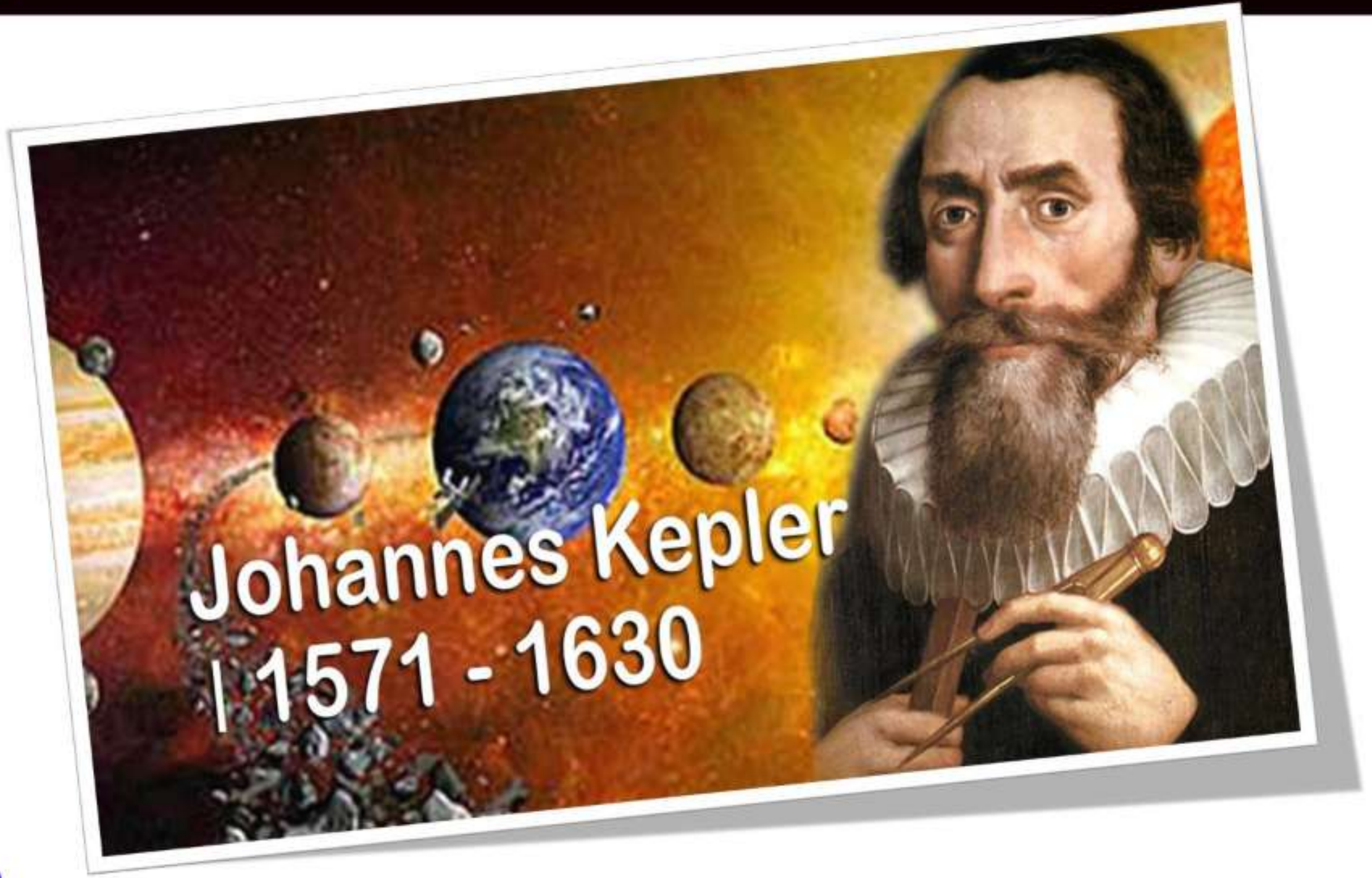




Johannes Kepler
| 1571 - 1630

ग्रहो की गति संबंधित केप्लर का नियम

- केप्लर ने सौर परिवार में सूर्य के चारों ओर परिक्रमा करने वाले ग्रहों की गति संबंधी निम्नलिखित तीन नियम दिए, जो निम्न प्रकार से हैं।Kepler gave the following three laws regarding the motion of the planets revolving around the Sun in the solar system, which are as follows. Earth पर motion X

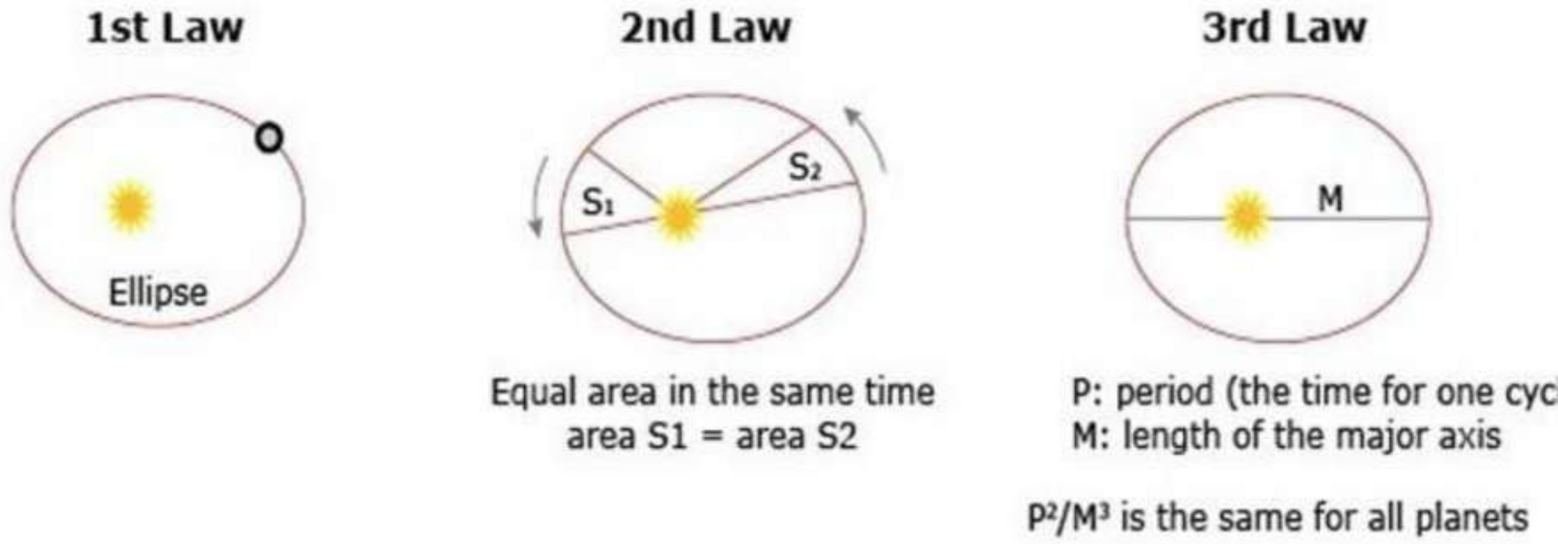


(1) कक्षाओं का नियम Rule Of Orbit

(2) क्षेत्रीय चाल का नियम Law Of Aerial Velocity

(3) परिक्रमण काल का नियम Law Of Revolution Period

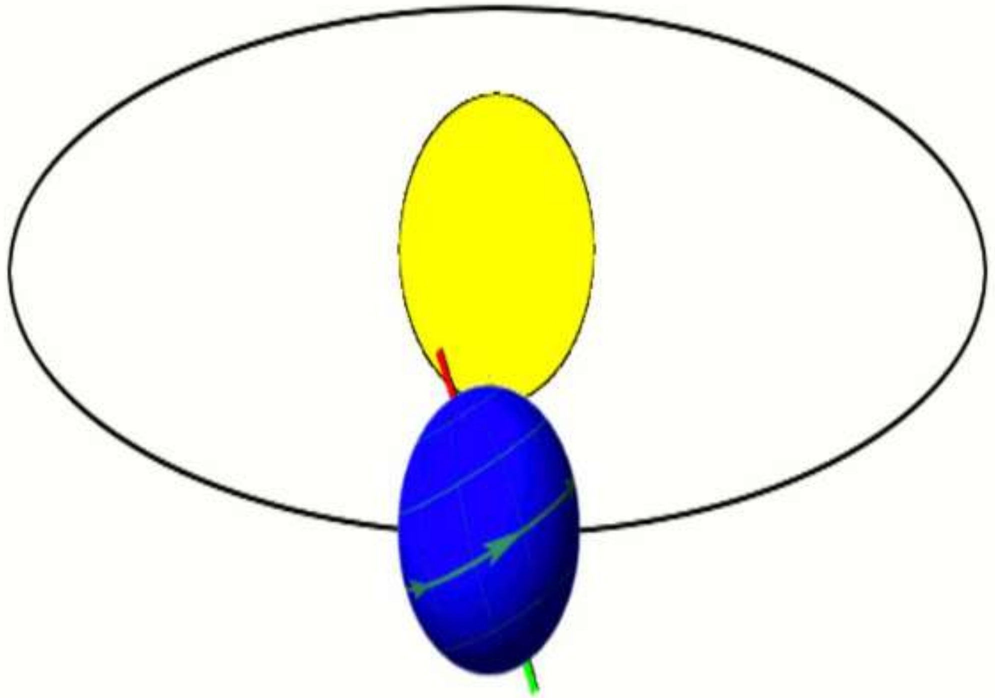
Space

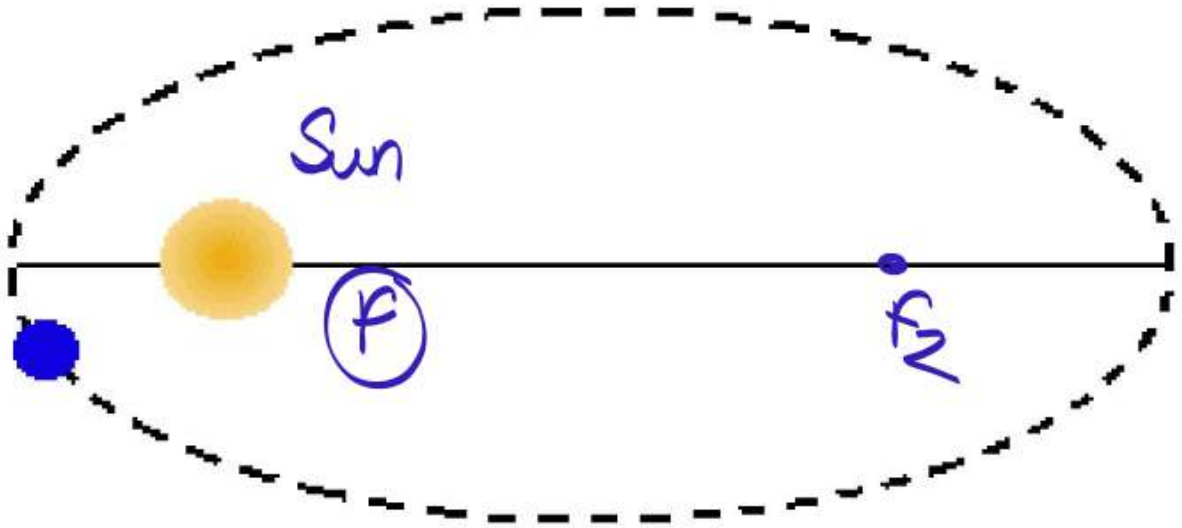


Kepler's First Law – Law of Elliptical Orbits केप्लर का प्रथम नियम – दीर्घवृत्ताकार कक्षाओं का नियम

प्रत्येक ग्रह सूर्य के चारों ओर **दीर्घवृत्ताकार (elliptical)** कक्षा में परिक्रमा करता है, तथा **सूर्य ग्रह की कक्षा के एक फोकस बिंदु पर स्थित होता है।**

Each planet revolves around the Sun in an **elliptical orbit**, and the **Sun is located at one of the focal points** of the planet's orbit.





Velocity - change

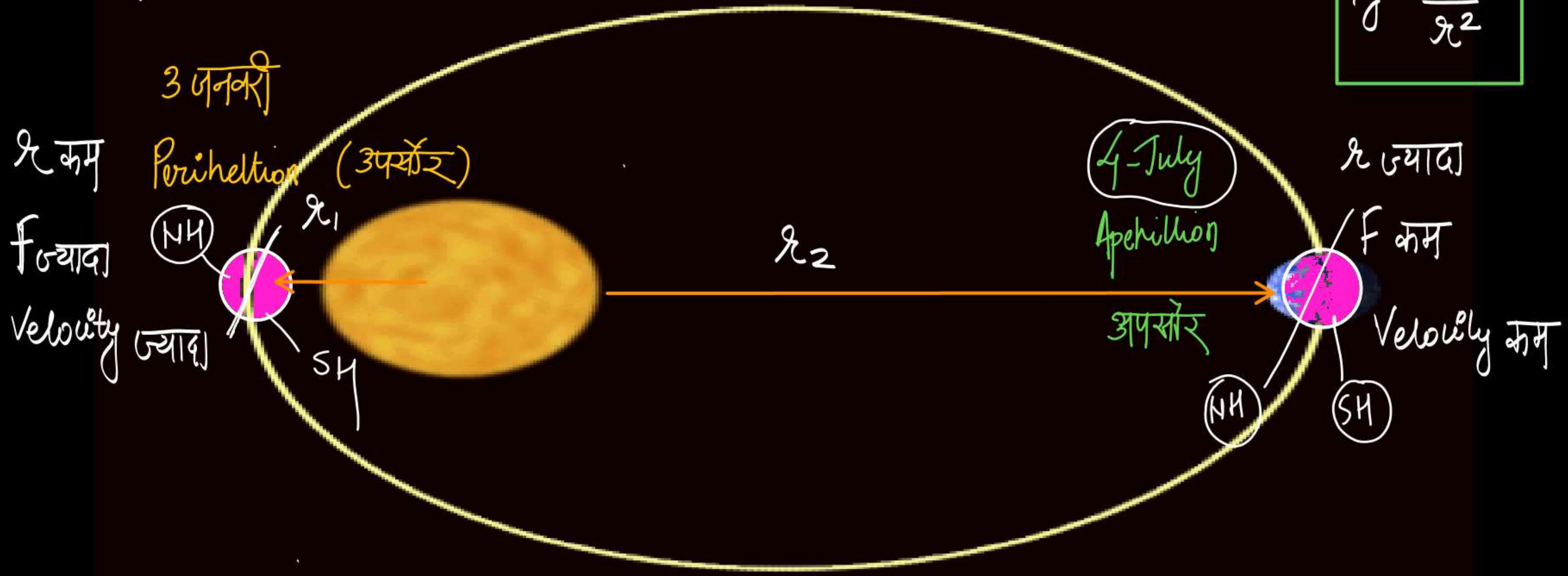
- Force काम

$F \propto v \uparrow$

चमक

$f_g = G\frac{m}{r^2}$

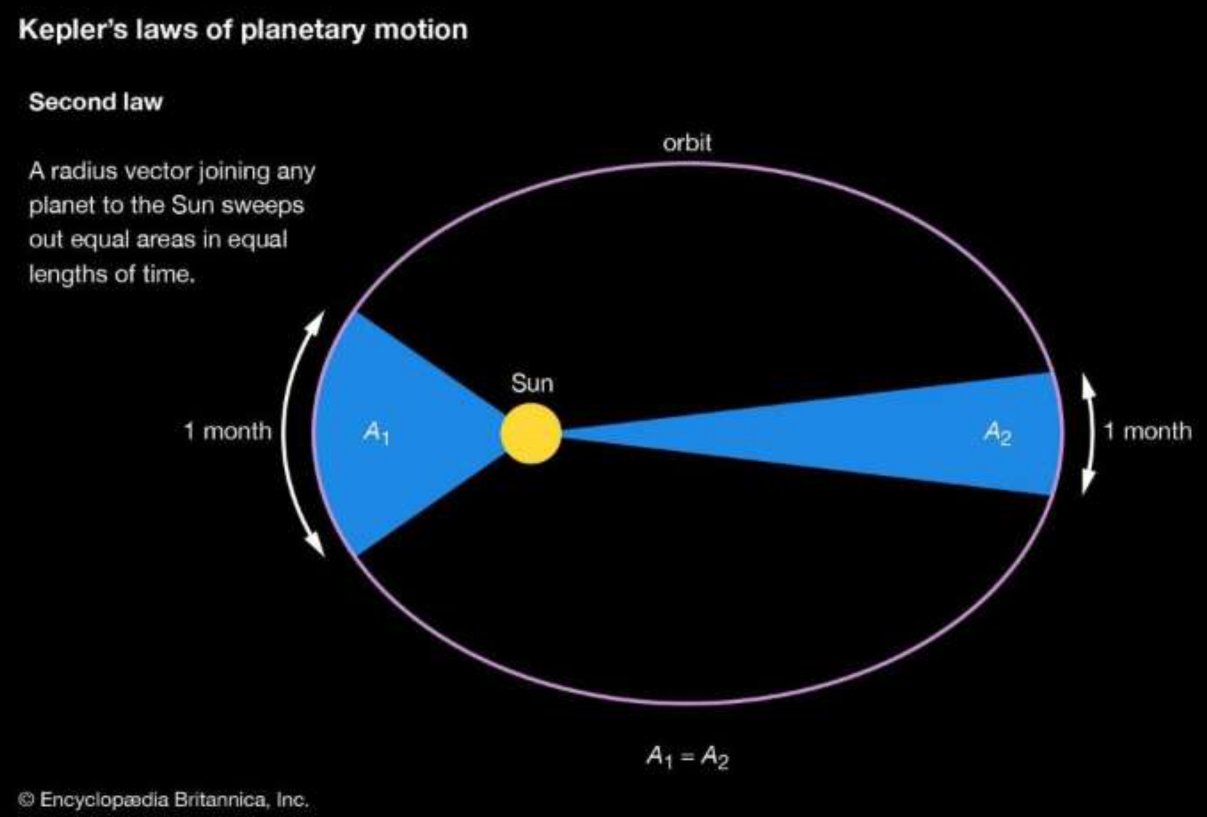
$f_g \propto \frac{1}{r^2}$

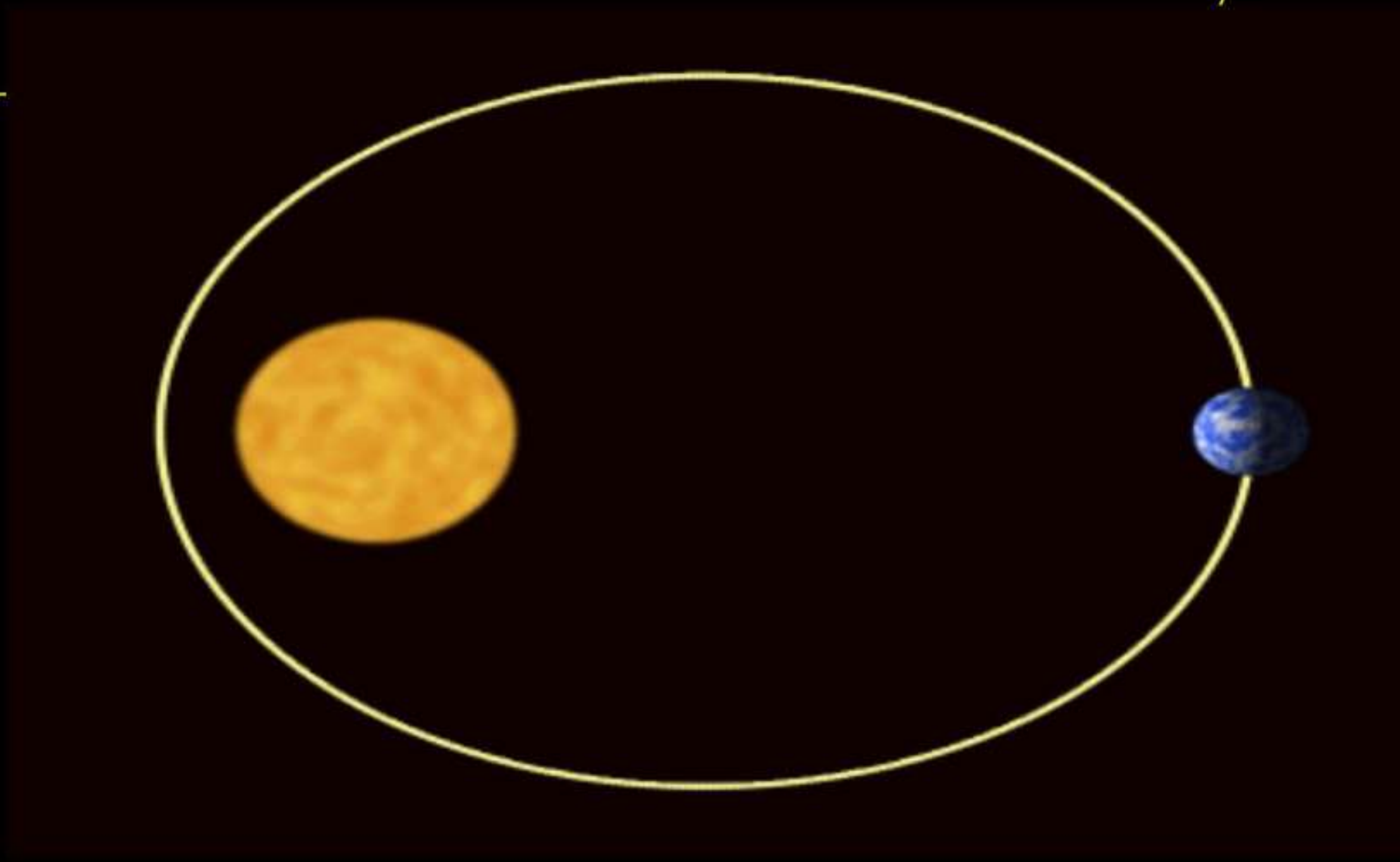


☀ Kepler's Second Law – Law of Equal Areas (क्षेत्रीय चाल का नियम)

किसी ग्रह को सूर्य से जोड़ने वाली रेखा **बराबर समयांतरालों में बराबर क्षेत्रफल (equal areas)** पार करती है।
अर्थात – ग्रह की **क्षेत्रीय चाल (areal velocity)** नियत रहती है।
इसी कारण इसे **क्षेत्रीय चाल का नियम (Law of Areal Velocity)** भी कहा जाता है।

The line joining a planet and the Sun sweeps out **equal areas in equal intervals of time.**
That means, the **areal velocity** of every planet remains constant.
Hence, it is called **Kepler's Second Law or Law of Equal Areas.**





Kepler's Third Law – Law of Harmonies (परिक्रमण काल का नियम)

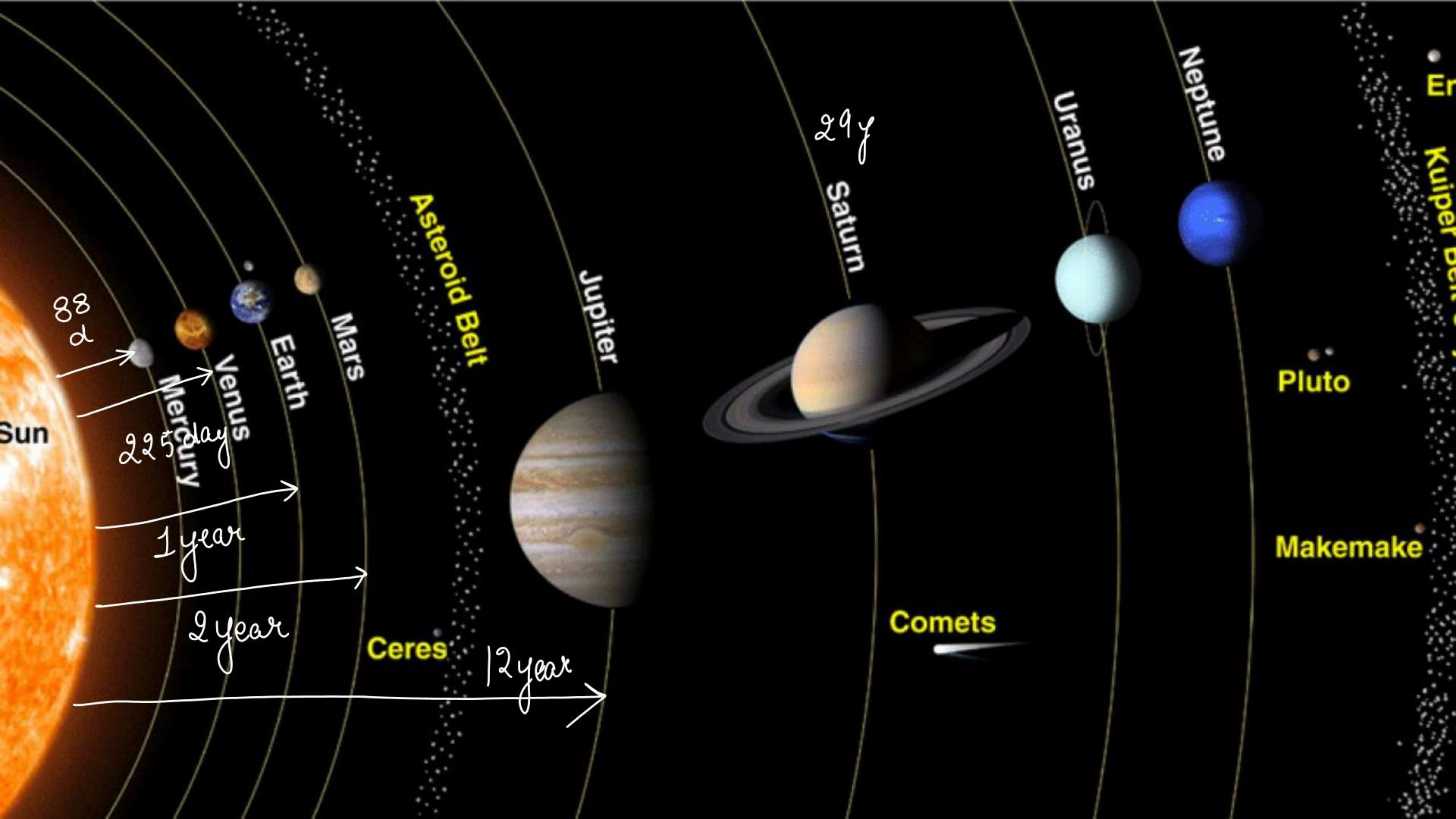
सूर्य के चारों ओर किसी भी ग्रह के **परिक्रमण काल (Period of Revolution)** का वर्ग, उस ग्रह की **दीर्घवृत्ताकार कक्षा के अर्द्ध दीर्घ अक्ष (Semi-Major Axis)** की **तृतीय घात (Cube)** के **अनुपाती** होता है।

The **square of the period of revolution (T^2)** of any planet around the Sun is **proportional to the cube (r^3)** of the **semi-major axis** of its elliptical orbit.

दूरी ↑, समय ↑

$$T^2 \propto R^3$$

$$T \propto R^{3/2}$$



Sun
Mercury
Venus
Earth
Mars
Asteroid Belt
Ceres
Jupiter
Saturn
Uranus
Neptune
Pluto
Makemake
Comets
Kuiper Belt
88 d
225 day
1 year
2 year
12 year
29 y

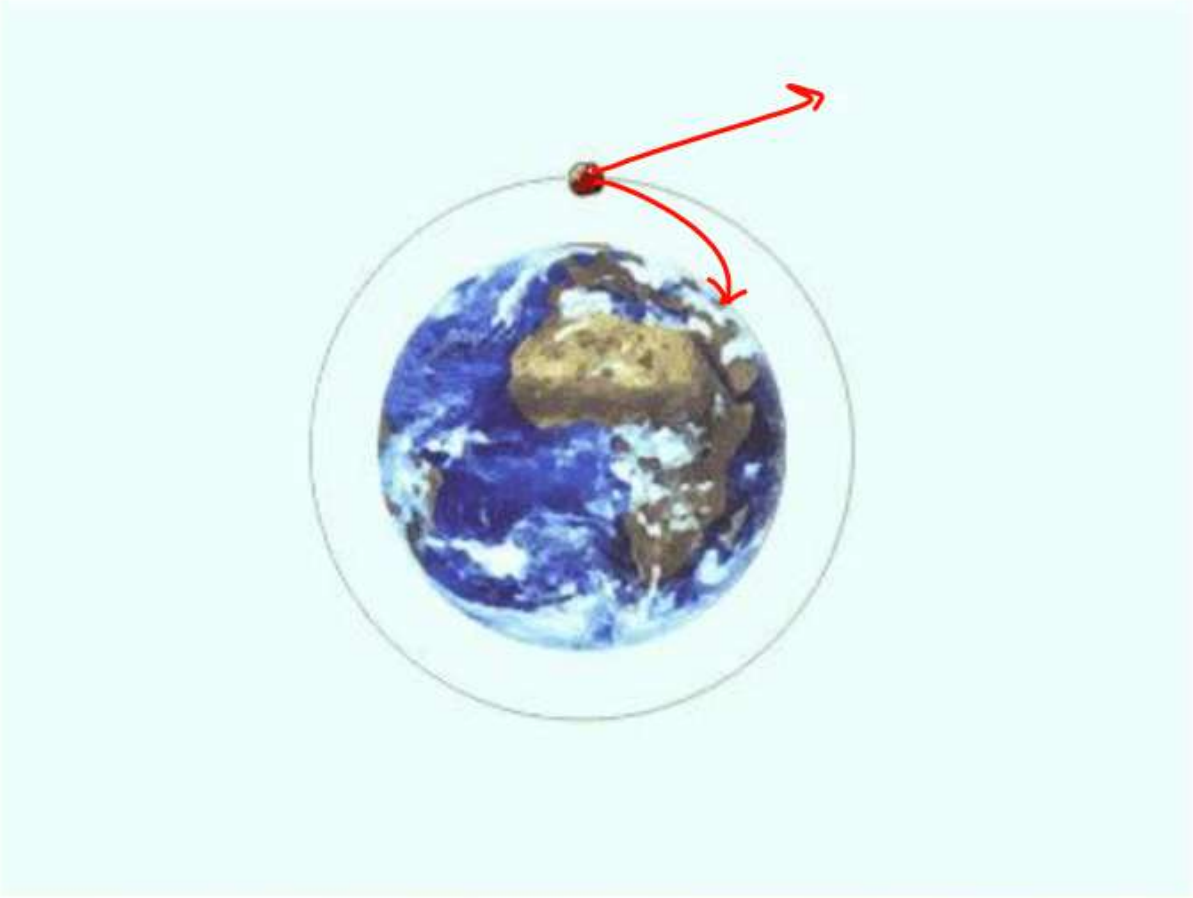
Mercury (बुध)	88 days
Venus (शुक्र)	225 days
Earth (पृथ्वी)	365 days
Mars (मंगल)	687 days
Jupiter (बृहस्पति)	11.86 years
Saturn (शनि)	29.5 years
Uranus (अरुण)	84 years
Neptune (वरुण)	165 years

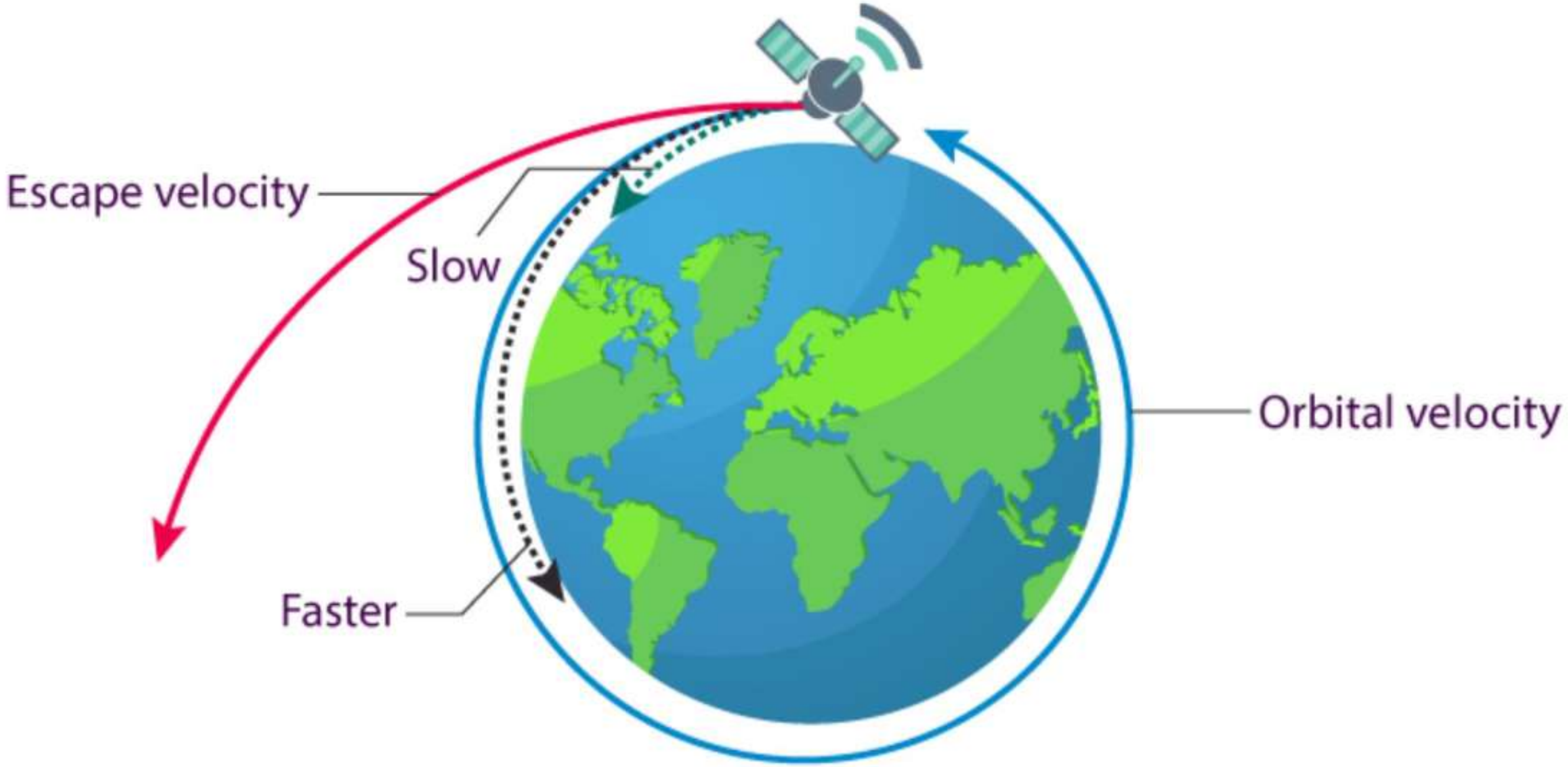
Solar System

कक्षीय वेग (Orbital Velocity)

- किसी ग्रह या तारे के चारों ओर किसी वस्तु को स्थिर वृत्ताकार कक्षा (stable circular orbit) में बनाए रखने के लिए आवश्यक न्यूनतम वेग को **कक्षीय वेग (Orbital Velocity)** कहते हैं।

- The **minimum velocity** required by an object to **revolve around a planet or star in a stable circular orbit** is called **orbital velocity**.





$$v_o = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

$V_o = 7.8\ Km/s$

जहाँ,

v_o = कक्षीय वेग (Orbital Velocity)

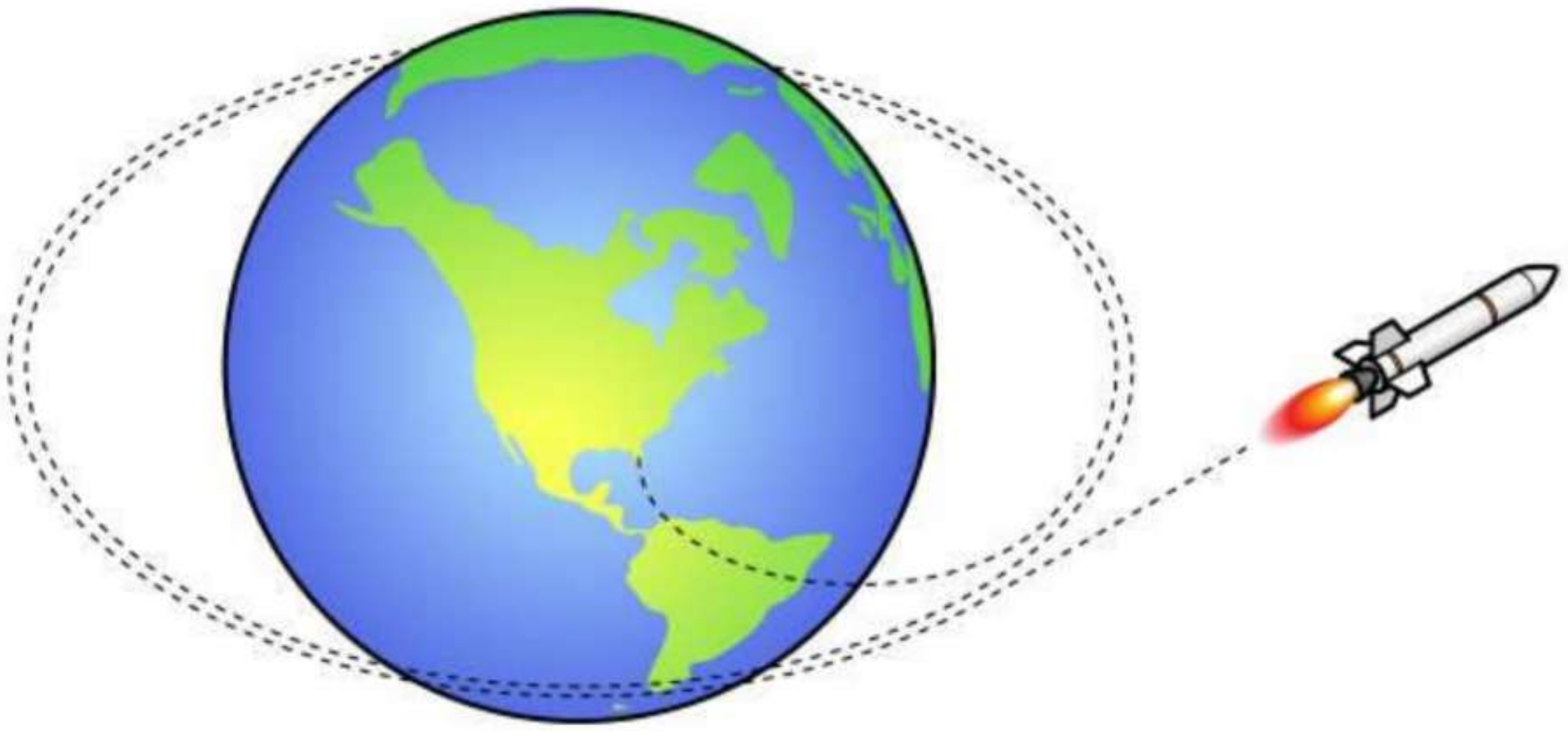
G = सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक ($6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$)

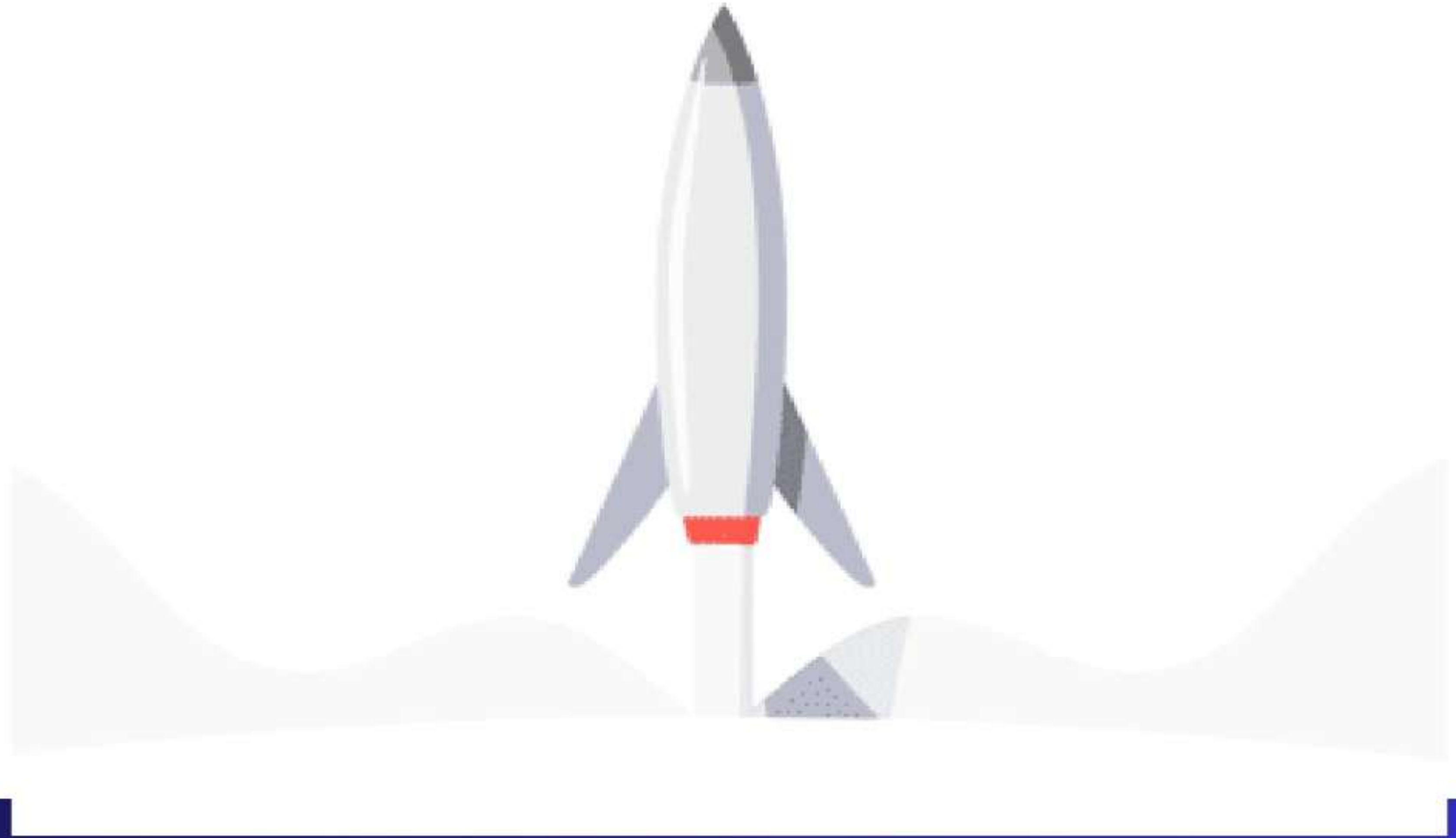
M = ग्रह का द्रव्यमान (Mass of planet)

R = ग्रह की त्रिज्या + उपग्रह की ऊँचाई (Radius from the planet's center)

🚀 पलायन वेग (Escape Velocity)

- • किसी ग्रह या उपग्रह के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र (gravitational field) से बाहर जाने के लिए किसी वस्तु को दिया जाने वाला न्यूनतम वेग पलायन वेग कहलाता है।
- • The minimum velocity with which an object must be projected from the surface of a planet or satellite to escape its gravitational pull is called escape velocity.





🚀 पलायन वेग (Escape Velocity)

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$V_e = \sqrt{2}\, V_0$$

जहाँ,

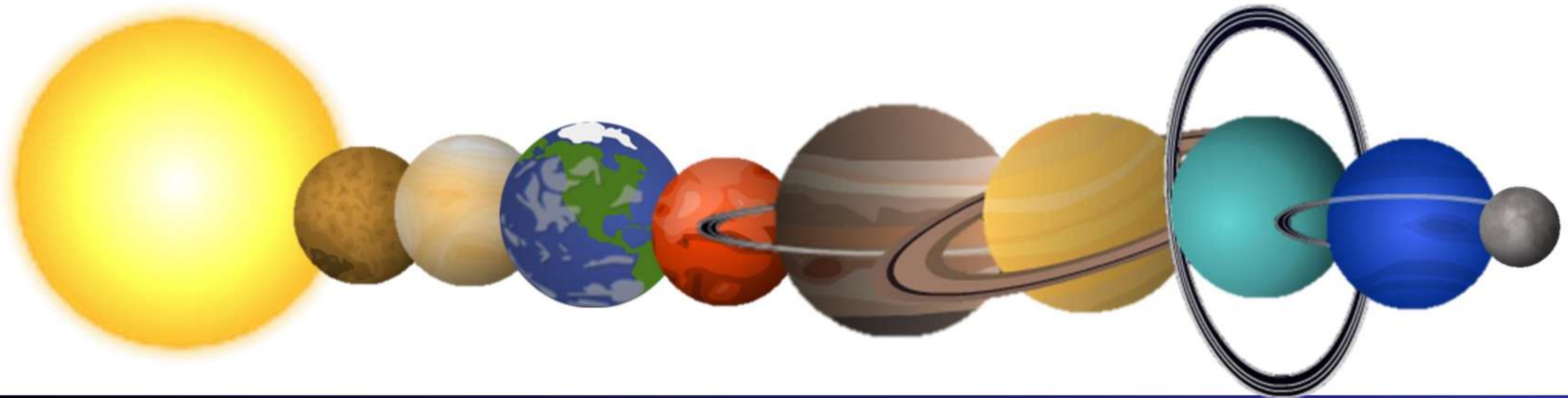
v_e = पलायन वेग (Escape Velocity)

G = सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक (Universal Gravitational Constant)

M = ग्रह का द्रव्यमान (Mass of the planet)

R = ग्रह की त्रिज्या (Radius of the planet)

खगोलीय पिंड (Celestial Body)	पलायन वेग (Escape Velocity)	m/s मे	km/h में
पृथ्वी (Earth)	11.2 km/s	11,200 m/s	40,320 km/h
चन्द्रमा (Moon)	2.38 km/s	2,380 m/s	8,568 km/h
मंगल (Mars)	5.0 km/s	5,000 m/s	18,000 km/h
बृहस्पति (Jupiter)	59.5 km/s	59,500 m/s	214,200 km/h
सूर्य (Sun)	617.5 km/s	617,500 m/s	2,223,000 km/h



moon

- वातावरण - Atmosphere