गुरुत्वाकर्षण (Gravitation)

परिचय

गुरुत्वाकर्षण किसी भी दो द्रव्यमान वाली वस्तुओं के बीच लगने वाला आकर्षण बल है। यह प्रकृति के मूलभूत बलों में से एक है। ग्रहों का सूर्य के चारों ओर, चंद्रमा का पृथ्वी के चारों ओर घूमना तथा वस्तुओं का पृथ्वी की ओर गिरना गुरुत्वाकर्षण के कारण होता है। इस अध्याय में **न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण नियम, गुरुत्वीय त्वरण, g में परिवर्तन, गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा, पलायन वेग तथा उपग्रहों की गति** का अध्ययन किया जाता है।

सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण का नियम

न्यूटन का नियम

न्यूटन के सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियम के अनुसार, **ब्रह्मांड की प्रत्येक दो वस्तुएँ एक-दूसरे को ऐसे बल से आकर्षित करती हैं जो उनके द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती तथा उनके केंद्रों के बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है।**

सूत्र—

$$F = Gm_1m_2 / r^2$$

जहाँ—

- **F** = गुरुत्वाकर्षण बल
- m_1, m_2 = दोनों वस्तुओं के द्रव्यमान
- **r** = उनके केंद्रों के बीच की दूरी
- **G** = सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक

$$G = 6.67 \times 10^{-11}\ N\ m^2/kg^2$$

गुरुत्वीय त्वरण

परिभाषा

पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण के कारण स्वतंत्र रूप से गिरती वस्तु में उत्पन्न त्वरण को **गुरुत्वीय त्वरण (g)** कहते हैं।

पृथ्वी की सतह के निकट—

$$g \approx 9.8\ m/s^2$$

पृथ्वी की सतह पर **m** द्रव्यमान की वस्तु के लिए—

$$mg = GMm/R^2$$

अतः—

$$g = GM/R^2$$

जहाँ—

- **M** = पृथ्वी का द्रव्यमान
- **R** = पृथ्वी की त्रिज्या

---

g में परिवर्तन

ऊँचाई के साथ

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

ऊँचाई **h** पर—

$$g_h = g\,(R / R + h)^2$$

कम ऊँचाई के लिए—

$$g_h \approx g(1 - 2h/R)$$

गहराई के साथ

पृथ्वी की सतह के नीचे जाने पर **g का मान घटता जाता है** ।

पृथ्वी के केंद्र पर—

$$g = 0$$

द्रव्यमान और भार

द्रव्यमान *(Mass)*

द्रव्यमान किसी वस्तु में उपस्थित पदार्थ की मात्रा है ।

- यह हर स्थान पर स्थिर रहता है ।
- SI मात्रक: **किलोग्राम (kg)**
- यह अदिश राशि है ।

भार *(Weight)*

भार किसी वस्तु पर लगने वाला गुरुत्वीय बल है ।

$$W = mg$$

- भार **g** के मान के साथ बदलता है ।
- SI मात्रक: **न्यूटन (N)**
- यह सदिश राशि है ।

गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा

परिभाषा

गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा किसी गुरुत्वीय क्षेत्र में वस्तु की स्थिति के कारण उसमें संचित ऊर्जा है।

पृथ्वी की सतह के निकट—

U = mgh

पृथ्वी के केन्द्र से **r** दूरी पर—

U = −GMm/r

ऋणात्मक चिह्न यह दर्शाता है कि गुरुत्वाकर्षण बल आकर्षण बल है और अनंत दूरी पर स्थितिज ऊर्जा को शून्य माना गया है।

पलायन वेग

परिभाषा

पलायन वेग वह न्यूनतम वेग है जिससे किसी वस्तु को पृथ्वी की सतह से प्रक्षेपित करने पर वह बिना अतिरिक्त प्रणोदन के पृथ्वी के गुरुत्वीय क्षेत्र से बाहर निकल सकती है।

सूत्र—

ve = √(2GM/R)

पृथ्वी के लिए—

ve ≈ 11.2 km/s

पलायन वेग वस्तु के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता।

उपग्रह (Satellites)

परिभाषा

उपग्रह वह पिंड है जो गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव के कारण किसी ग्रह या अन्य खगोलीय पिंड के चारों ओर परिक्रमा करता है।

वृत्तीय कक्षा में उपग्रह का वेग—

v = √(GM/r)

जहाँ **r** ग्रह के केन्द्र से उपग्रह की दूरी है।

भू-स्थिर उपग्रह

परिभाषा

भू-स्थिर उपग्रह पृथ्वी से देखने पर किसी निश्चित बिंदु के सापेक्ष स्थिर दिखाई देता है।

इसकी शर्तें—

- यह वृत्तीय कक्षा में घूमता है।
- यह पश्चिम से पूर्व दिशा में घूमता है।
- इसकी परिक्रमण अवधि **24 घंटे** होती है।
- यह भूमध्यरेखीय तल में घूमता है।

उपयोग

भू-स्थिर उपग्रहों का उपयोग—

- संचार
- टेलीविजन प्रसारण
- मौसम की जानकारी
- नेविगेशन

में किया जाता है।

कक्षीय वेग

परिभाषा

कक्षीय वेग वह वेग है जो किसी उपग्रह को ग्रह के चारों ओर स्थिर कक्षा में घूमते रहने के लिए आवश्यक होता है।

वृत्तीय कक्षा के लिए—

$v_o = \sqrt{(GM/r)}$

यह ग्रह के द्रव्यमान और कक्षा की त्रिज्या पर निर्भर करता है।

भारहीनता

अर्थ

भारहीनता वह अवस्था है जिसमें किसी वस्तु का आभासी भार शून्य हो जाता है।

कक्षा में घूम रहे अंतरिक्ष यान के अंदर अंतरिक्ष यात्री भारहीनता का अनुभव करते हैं क्योंकि अंतरिक्ष यान और अंतरिक्ष यात्री दोनों पृथ्वी की ओर लगातार **मुक्त पतन** की अवस्था में होते हैं।

केप्लर के ग्रहों की गति के नियम

प्रथम नियम

ग्रह **दीर्घवृत्ताकार कक्षाओं** में घूमते हैं और सूर्य उस कक्षा के एक फोकस पर स्थित होता है।

द्वितीय नियम

सूर्य और ग्रह को जोड़ने वाली रेखा **समान समय में समान क्षेत्रफल** तय करती है।

तृतीय नियम

ग्रह की परिक्रमण अवधि के वर्ग का मान कक्षा की अर्ध-दीर्घ-अक्ष की घन के समानुपाती होता है।

$T^2 \propto a^3$

गुरुत्वाकर्षण के अनुप्रयोग

महत्व

गुरुत्वाकर्षण निम्नलिखित को समझाने में सहायता करता है—

- वस्तुओं का पृथ्वी पर गिरना
- ग्रहों की गति
- चंद्रमा की गति
- समुद्री ज्वार-भाटा
- कृत्रिम उपग्रह
- अंतरिक्ष अभियान
- खगोलीय पिंडों की कक्षाएँ

मुख्य बिंदु

- प्रत्येक द्रव्यमान दूसरी वस्तु को गुरुत्वाकर्षण बल से आकर्षित करता है।
- गुरुत्वाकर्षण बल व्युत्क्रम-वर्ग नियम का पालन करता है।
- पृथ्वी की सतह के पास **g का मान लगभग 9.8 m/s^2** है।
- द्रव्यमान स्थिर रहता है, लेकिन भार **g** पर निर्भर करता है।
- पृथ्वी का पलायन वेग लगभग **11.2 km/s** है।
- उपग्रह गुरुत्वाकर्षण बल के कारण कक्षा में बने रहते हैं।
- भू-स्थिर उपग्रह की परिक्रमण अवधि 24 घंटे होती है।
- अंतरिक्ष यात्री मुक्त पतन के कारण आभासी भारहीनता का अनुभव करते हैं।
- केप्लर के नियम ग्रहों की गति को समझाते हैं।

अध्याय सारांश

इस अध्याय में गुरुत्वाकर्षण तथा वस्तुओं और खगोलीय पिंडों की गति में इसकी भूमिका का अध्ययन किया गया है। इसमें न्यूटन का सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियम, गुरुत्वीय त्वरण, **g में परिवर्तन, द्रव्यमान और भार, गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा, पलायन वेग, कक्षीय वेग, उपग्रह, भारहीनता तथा केप्लर के नियम** शामिल हैं। गुरुत्वाकर्षण ग्रहों, उपग्रहों, चंद्रमा तथा ब्रह्मांड में उपस्थित अन्य खगोलीय पिंडों की गति को समझने के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है।