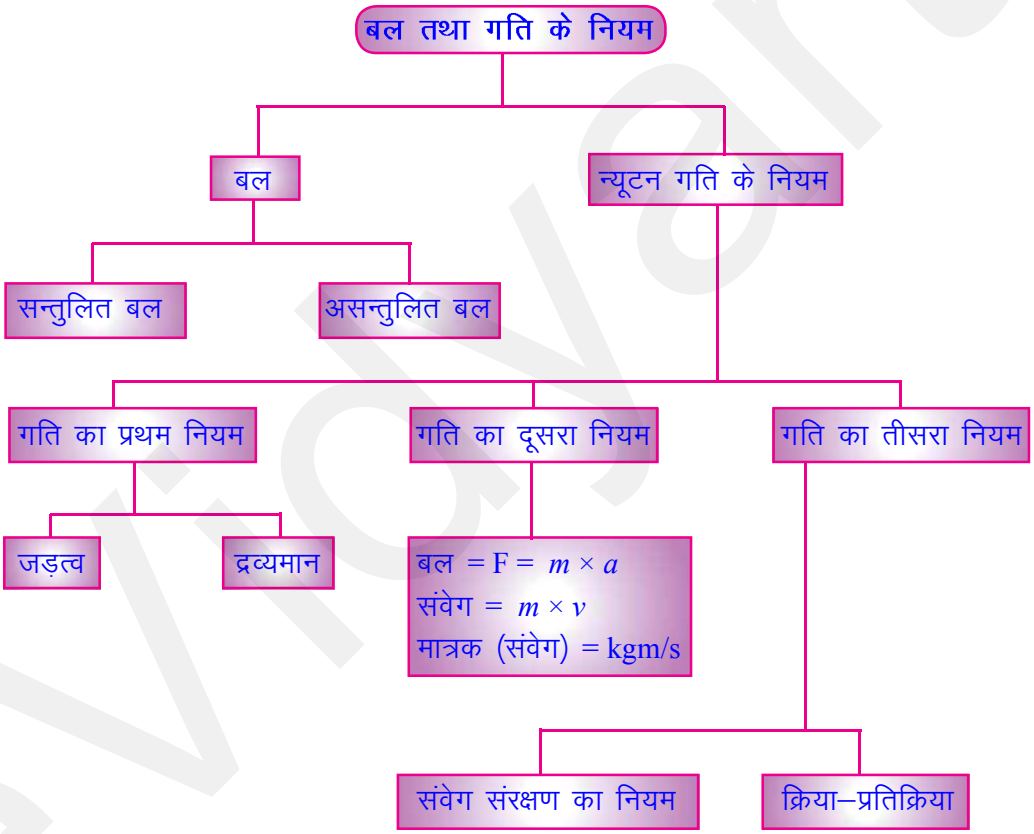
बल तथा गति के नियम

अध्याय 9

''अध्याय एक नजर में''



https://www.evidyarthi.in

बल तथा गति के नियम
(Forces and Laws of Motion)

- बल–यह किसी भी कार्य को करने में मदद करता है।
- किसी भी कार्य को करने के लिए, या तो हमें वस्तु खींचनी पड़ती है या धकेलनी पड़ती है। इसी खींचने और धकेलने को ही बल कहा जाता है।

उदाहरण–दरवाजे को खोलने के लिए या तो दरवाजा खींचा जाता है या धकेला जाता है।

- अलमारी की किसी भी दराज़ को खोलने के लिए खींचना पड़ता है और बन्द करने के लिए धकेलना पड़ता है।

बल का प्रभाव–

1. बल किसी स्थिर वस्तु को गतिशील बनाता है, उदाहरण–एक फुटबाल को पैर से धक्का मारने पर वह गतिशील हो जाती है।
2. बल किसी गतिशील वस्तु को स्थिर कर देता है; जैसे–गाड़ियों में ब्रेक लगाने से गाड़ी रूक जाती है।
3. बल किसी भी गतिशील वस्तु की दिशा बदल देता है; जैसे–साइकिल के हैडल पर बल लगाने से उसकी दिशा बदल जाती है। इसी प्रकार कार का स्टिरिंग (Steering) घुमाने से दिशा बदल जाती है।
4. बल किसी गतिशील वस्तु के वेग ने परिवर्तन कर देता है। त्वरित करने से किसी वाहन के वेग का बढ़ाया जा सकता है और ब्रेक लगाने से इसके वेग को कम किया जा सकता है।
5. बल किसी वस्तु की आकृति और आकार में परिवर्तन कर देता है; जैसे–हथौड़ा मारने से किसी भी पत्थर के कई टुकड़े हो जाते हैं।

बल दो प्रकार के होते हैं–

1. सन्तुलित बल 2. असन्तुलित बल।

1. सन्तुलित बल–बल संतुलित कहे जाते हैं जब वे एक–दूसरे को निष्प्रभावी करते हैं और उनका परिणामी (नेट) बल शून्य (Zero) होता है।

उदाहरण–रस्साकशी के खेल में जब दोनों टीम रस्से को बराबर बल से खींचती हैं। तब परिणामी बल शून्य होगा और दोनों टीमें अपने स्थान पर स्थिर बने रहते हैं। इस दशा में दोनों टीमों द्वारा रस्से पर लगाया गया बल सन्तुलित बल है।

- सन्तुलित बल किसी भी वस्तु की अवस्था में परिवर्तन नहीं लाता है क्योंकि यह बल समान परिमाण का होता है परन्तु विपरीत दिशाओं में होता है।
- सन्तुलित बल किसी भी वस्तु की आकृति और आकार में परिवर्तन कर देता है। उदाहरण–फूले हुए गुब्बारे पर अगर दोनों दिशाओं से बल लगे तो गुब्बारे की आकृति एवं आकार दोनों में परिवर्तन हो जाएगा।

https://www.evidyarthi.in

2. असन्तुलित बल–जब किसी वस्तु पर लगे अनेक बलों का परिणामी बल शून्य नहीं होता है, तो उस बल को असन्तुलित बल कहा जाता है।

असन्तुलित बल निम्नलिखित प्रभाव दिखा सकता है–

- किसी भी स्थिर वस्तु को गतिशील कर देता है।
- किसी भी गतिशील वस्तु के वेग को बढ़ा देता है।
- किसी भी गतिशील वस्तु के वेग को कम कर सकता है।
- किसी भी गतिशील वस्तु को स्थिर बना देता है।
- किसी भी वस्तु के आकृति एवं आकार में परिवर्तन कर देता है।

गति के नियम

गैलीलियों ने अपने प्रयोगों के प्रेक्षण से निष्कर्ष निकाला कि कोई गतिशील वस्तु तब तक स्थिर या नियत वेग से गति करती रहेगी जब तक कोई बाह्य असन्तुलित बल इस पर कार्य नहीं करता। अर्थात् कोई भी असन्तुलित बल वस्तु पर नहीं लग रहा है। प्रायोगिक रूप से यह असम्भव है किसी भी वस्तु पर शून्य असन्तुलित बल हो।

क्योंकि घर्षण बल, वायु दाब और अन्य कई तरह के बल वस्तु पर लगते हैं।

न्यूटन के गति के नियम

न्यूटन ने गैलीलियों के सिद्धान्तों का अध्ययन किया और वस्तुओं की गति का विस्तृत अध्ययन किया और गति के तीन मूल नियम प्रस्तुत किए।

न्यूटन की गति को प्रथम नियम–न्यूटन के गति के प्रथम नियम के अनुसार, कोई वस्तु अपनी विराम अवस्था या एक समान रैखिक गति की अवस्था में तब तक बनी रहती है जब तक उस पर कोई बाह्य असन्तुलित बल कार्य न करें।

व्याख्यान–अगर कोई वस्तु विराम अवस्था में है, तो वह वस्तु तब तक विराम अवस्था में रहेगी जब तक कि कोई बाह्य बल उसको गति प्रदान नहीं कर देता। इसी प्रकार अगर कोई वस्तु गतिशील है तो वह तब तक गतिशील रहेगी जब तक के कोई बाह्य बल उसको रोक नहीं देता। इसका मतलब है सभी वस्तुएँ अपनी विद्यमान अवस्था में किसी परिवर्तन का विरोध करती हैं। किसी भी अवस्था में परिवर्तन सिर्फ बाह्य बल से ही हो सकता है।

दैनिक जीवन में न्यूटन की गति का नियम

(a) एक व्यक्ति अगर बस में खड़ा है और अचानक बस चलने लगे तो वह व्यक्ति पीछे की तरफ गिरेगा क्योंकि बस और वह व्यक्ति दोनों ही विराम अवस्था में है, बस के चलने से व्यक्ति के पैर तो गति में आ गए परन्तु शरीर का अतिरिक्त भाग विराम अवस्था में ही रहता है। इसी कारण व्यक्ति पीछे की तरफ गिर जाता है।

(b) अगर कोई व्यक्ति चलती बस में खड़ा है और अचानक बस रूक जाए तो वह व्यक्ति आगे की तरफ गिरेगा। जब बस चल रही होती है तो व्यक्ति भी गति में होता है। परन्तु अचानक ब्रेक

https://www.evidyarthi.in

लगाने से, बस की गति कम हो जाती है या रूक जाती है, इससे व्यक्ति के पैर भी विराम अवस्था में जा जाते हैं। परन्तु उसका शरीर गति में ही रहता। जिसके कारण व्यक्ति आगे की तरफ गिरता है।

(c) गीले कपड़ों को तार पर सूखाने से पहले कपड़े को कई बार झटकने से पानी की बूँदें नीचे गिर जाती हैं और कपड़े जल्दी सूख जाते हैं। ऐसा इसीलिए होता है क्योंकि कपड़े को झटकने से कपड़ा गति में आ जाता है और पानी की बूँदें विराम अवस्था में ही रहती हैं और इसी बजह से कपड़ों से अलग हो जाती हैं और जमींन पर गिर जाती है।

(d) एक स्ट्राइकर को अपनी अँगुलियों से तीव्रता से क्षैतिज झटका देकर, ढेरी (कैरम की गोटियाँ) की सबसे नीचे वाली गोटी पर टकराने से नीचे वाली गोटी ही शीघ्रता से ढेरी से बाहर आ जाती है। नीचे वाली गोटी के बाहर आ जाने के बाद शेष गोटियाँ अपने जड़त्व के कारण लम्बवत् दिशा में नीचे की ओर गिर जाती हैं।

(e) कारों में सीट बैल्ट, यात्रियों को अचानक ब्रेक लगने से लगने वाले झटके की बजह से गिरने से बचाती है।

द्रव्यमान तथा जड़त्व

जड़त्व–जड़त्व किसी वस्तु का वह गुण है जिसके कारण वह अपनी विराम अवस्था अथवा एक समान गति की अवस्था में परिवर्तन का प्रतिरोध करता है। वास्तव में द्रव्यमान , किसी वस्तु के जड़त्व का माप है। यदि किसी वस्तु का द्रव्यमान अधिक है तो उसका जड़त्व भी अधिक होता है अर्थात् हल्की वस्तुओं की अपेक्षा भारी वस्तुओं में अधिक जड़त्व होता है।

दूसरे शब्दों में किसी भी वस्तु की प्राकृतिक प्रवृत्ति जिससे वह तब तक अपनी विराम अवस्था या एक समान रैखिक गति की अवस्था में रहती है जब तक कि वस्तु पर कोई बाह्य असन्तुलित बल कार्य न करें जड़त्व कहलाती है। एक भारी वस्तु का द्रव्यमान अधिक होता है इसलिए जड़त्व भी अधिक होता है यही कारण है कि भारी बक्से को खींचना और हिलाना होता है।

संवेग *(Momentum)*

- किसी वस्तु में समाहित गति की कुल मात्रा को संवेग कहते हैं।
- गणितीय रूप में किसी वस्तु का संवेग इसके द्रव्यमान और वेग का गुणनफल है। संवेग का प्रतीक P है।
- संवेग (P) = द्रव्यमान (m) × वेग (v)
  m = वस्तु का द्रव्यमान, v = वस्तु का वेग
- **उदाहरण**–किसी भी पत्थर, कंकड़ या किसी भी अन्य वस्तु को फेंककर मारने से, व्यक्ति घायल हो जाता है क्योंकि वस्तु का संवेग ज्यादा होता है।
- एक छोटी सी बन्दूक की गोली किसी व्यक्ति की जान भी ले सकती है क्योंकि बन्दूक की गोली का संवेग ज्यादा होता है।
- चलती हुई गाड़ी से टकराने से एक व्यक्ति को ज्यादा चोट लग सकती है क्योंकि उस गाड़ी का संवेग ज्यादा होता है।

https://www.evidyarthi.in

संवेग, द्रव्यमान और वेग (Momentum man and velocity)

- जैसा कि संवेग किसी वस्तु के द्रव्यमान और वेग का गुणनफल होता है।

$$P = m \times v$$

- इसका मतलब है कि संवेग, द्रव्यमान और वेग दोनों के समानुपातिक होता है। अगर द्रव्यमान बढ़ेगा, तो संवेग में भी वृद्धि होगी और अगर वेग में वृद्धि होगी तो भी संवेग में वृद्धि होती है।
- इससे पता चलता है कि अगर हल्की वस्तु और भारी वस्तु दोनों एक वेग से गति कर रहे हैं तो भारी वस्तु का संवेग ज्यादा होता है हल्की वस्तु का संवेग कम होता है।
- इसी प्रकार अगर कोई हल्की वस्तु, बहुत अधिक वेग से चलती है तो इसका संवेग अधिक होगा और इसी संवेग के कारण ही यह वस्तु किसी से टकराने पर ज्यादा चोट पहुँचा सकती है; जैसे–बन्दूक की छोटी सी गोली इंसान की जान ले सकती है।
- अक्सर सड़क पर बहुत से हादसे, वाहनों की तेज वेग के कारण होते हैं क्योंकि वेग अधिक होगा तो संवेग अधिक होगा।

किसी वस्तु का संवेग, अगर वस्तु विराम अवस्था में है

मान लेते हैं कि कोई वस्तु विराम अवस्था में है तो

द्रव्यमान (m) और वेग $(v) = 0$

हमें पता है कि $P = mv = m \times 0 = 0$

इससे पता चलता है कि अगर कोई विराम अवस्था में होता है तो इसका संवेग शून्य (0) होता है।

संवेग की इकाई–संवेग की SI मात्रक kg m/s है।

SI इकाई द्रव्यमान $= kg$

SI इकाई वेग $= m/s$

$P = m \times v \Rightarrow kg \times m/s = kg\ m/s$

SI इकाई संवेग $= kg\ m/s$

संवेग पर आधारित संख्यात्मक प्रश्न

प्रश्न 1. एक पत्थर जिसका द्रव्यमान 10 kg है और उसको 2m/s के वेग से फेंका जाता है। उसका संवेग ज्ञात कीजिए।

उत्तर– द्रव्यमान (m) = 10 kg

वेग (v) = 2 m/s

संवेग (P) = mv

= 10 kg × 2m / s = 20 kg m/s

संवेग = 20 kg m/s. Ans.

https://www.evidyarthi.in

प्रश्न 2. किसी बन्दूक से निकली गोली जिसका द्रव्यमान 25g है और वेग 100 m/s है। संवेग ज्ञात कीजिए।

उत्तर– वेग (v) = 100 m/s

द्रव्य (m) = 25g = 25/1000 kg = 0.025 kg

संवेग (P) 100 × 0.025 = 2.5 kg m/s

किसी बन्दूक की गोली का संवेग = 2.5 kg m/s Ans.

प्रश्न 3. किसी गोली को जिसका वजन 25g है और उसको 0.1 m/s के वेग से हाथ से फेंका जाता है तो उसका संवेग निकालिए।

उत्तर– वेग (v) = 0.1 m/s

(गोली का)

गोली का द्रव्यमान (m) = 25g = 25/1000 kg = 0.025 kg

संवेग (P) = द्रव्यमान (m) × वेग (v)

P = 0.025 kg × 0.1 m/s

संवेग = 0.0025 kg m/s Ans.

प्रश्न 4. किसी ठेले का द्रव्यमान 4,000 kg है और उसमें रखे सामान का वजन 20,000 kg है। अगर ये ठेला 2m/s के वेग से चलता है, इसका संवेग क्या होगा ?

उत्तर– ठेला को वेग (v) = 2m/s

ठेले का द्रव्यमान = 4,000 kg, ठेले में रखे सामान का वजन = 20,000 kg

ठेले का कुल द्रव्यमान = 4,000 kg + 20,000 kg

= 24,000 kg

संवेग (P) = द्रव्यमान (m) × वेग (v)

P = 24,000 kg × 2 m/s = 48,000 kg m/s Ans.

प्रश्न 5. एक कार का द्रव्यमान 1,000 kg है और वो 0.5 m/s वेग से चल रही है, उसका संवेग कितना होगा ?

उत्तर– कार का वेग (v) = 0.5 m/s

कार का द्रव्यमान = 1,000 kg

संवेग (P) = द्रव्यमान (m) × वेग (v)

P = 1,000 kg × 0.5 m/s = 500 kg m/s

कार का संवेग = 500 kg m/s. Ans.

https://www.evidyarthi.in

न्यूटन के गति का दूसरा नियम

न्यूटन के गति के दूसरे नियम के अनुसार, किसी वस्तु के संवेग के परिवर्तन की दर उस पर लगने वाले असंतुलित बल की दिशा के बल की समानुपातिक होती है।

गणितीय रूप

मान लेते हैं, कि किसी वस्तु का द्रव्यमान $= m kg$

प्रारम्भिक वेग $= u$ m/s

अन्तिम वेग $= v$ m/s

प्रारम्भिक संवेग $(P_1) = mu$

अन्तिम संवेग $(P_2) = mv$

∴ संवेग में परिवर्तन = अन्तिम संवेग – प्रारम्भिक संवेग

$P = mv - mu$

$P = m(v - u)$

संवेग में परिवर्तन की दर $= \frac{m(v-u)}{t}$

गति के दूसरे नियम के अनुसार संवेग परिवर्तन की दर उस पर आरोपित बल के समानुपाती होती है।

गति पहला नियम

∴ $F \propto \frac{m(v-u)}{t}$ [हमें पता है कि $\frac{v-u}{t} = a$] (गति का पहला नियम) [a = त्वरण है]

∴ $F \propto ma$

$F = k\,ma$

k एक आनुपातिकता स्थिरांक है।

हम बल के मात्रक को इस प्रकार लेते हैं कि k का मान एक हो जाता है।

$k = 1$ रखने पर – $F = ma$

- इस प्रकार वस्तु के द्रव्यमान और त्वरण का गुणनफल, उस पर लगे बल को निर्धारित करता है।
- बल का मात्रक ⇒ $F = 1 \text{ kg} \times 1 \text{m/s}^2$
  $= 1 \text{ kg m/s}^2$
- बल के इस मात्रक को विशेष नाम दिया है न्यूटन इसका प्रतीक N है।

प्रश्न 1. 1 न्यूटन को परिभाषित कीजिए।

उत्तर– 1 न्यूटन का बल वह बल है 1 kg जो द्रव्यमान की किसी वस्तु में 1m/s^2 का त्वरण उत्पन्न कर देता है।

evidyarthi
https://www.evidyarthi.in

♦ **न्यूटन के गति के प्रथम नियम को दूसरे नियम से सिद्ध कीजिए।**

न्यूटन के प्रथम नियमानुसार–अगर बाह्य बल F = 0 है तो कोई वस्तु अपनी विराम अवस्था या एक समान रैखिक गति की अवस्था में ही बनी रहती है।

इसलिए F = 0 हम जानते हैं $F = \frac{m(v-u)}{t}$

(a) कोई वस्तु अगर आरम्भिक वेग '*u*' से चल रही है।

$$F = \frac{m(v-u)}{t}$$

$$0 = \frac{m(v-u)}{t}$$

$$m(v-u) = 0 \times t = 0$$

$$v - u = \frac{0}{m} = 0$$

$$v - u = 0$$

इसलिए $v = u$ ..... (1)

ऐसी अवस्था में प्रारम्भिक वेग अन्तिम वेग के बराबर होता है।

(b) अगर कोई वस्तु विराम अवस्था में है।

i.e. $u = 0$

समीकरण (1) से $u = v = 0$

वस्तु विराम अवस्था में ही रहेगी।

♦ **न्यूटन के गति का तीसरा नियम**

♦ किसी भी क्रिया के लिए ठीक उसके बराबर लेकिन विपरीत दिशा में प्रतिक्रिया होती है। इस प्रकार क्रिया और प्रतिक्रिया के बल परिमाण में बराबर लेकिन दिशा में एक–दूसरे के विपरीत होते हैं।

अनुप्रयोग–(1) सड़क पर चलना, जमींन पर व्यक्ति का चलना

(2) नाव खेना

(3) नाव से उतरने पर नाव पीछे चली जाती है

(4) बंदूक का प्रतिक्षेप करना

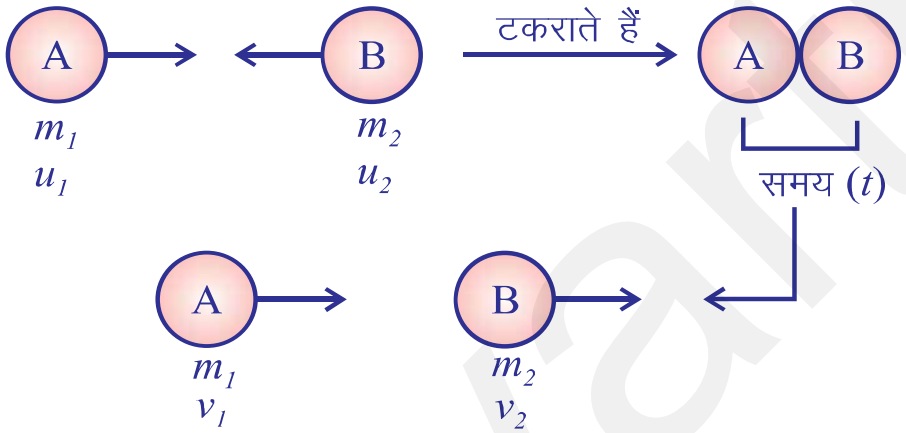
संवेग संरक्षण का नियम

यदि किसी समूह में वस्तुएँ एक–दूसरे पर बल लगा रही है अर्थात् पारस्परिक क्रिया कर रही है तो पारस्परिक क्रिया के पहले और पारस्परिक क्रिया के पहले और पारस्परिक क्रिया के बाद, उनका

https://www.evidyarthi.in

कुल संवेग संरक्षित रहता है, जबकि उस पर कोई बाह्य बल न लगे। इसे संवेग संरक्षण का नियम कहते हैं।

माना कि A तथा B दो गोले हैं जिनका द्रव्यमान क्रमशः m_1 and m_2 तथा प्रारम्भिक वेग क्रमशः u_1 and u_2 है। एक छोटे अन्तराल समय (t) तक एक–दूसरे टकराने के पश्चात् इनका वेग क्रमश v_1 एवं v_2 हो जाता है–



अतः गोला (A) के संवेग में परिवर्तन $= m_1 (v_1 - u_1)$

गोला (B) के संवेग में परिवर्तन $= m_2 (v_2 - u_2)$

चूँकि टक्कर t समय तक होती है अतः

A के संवेग परिवर्तन की दर $= \dfrac{m_1(v_1 - u_1)}{t}$

B के संवेग परिवर्तन की दर $= \dfrac{m_2(v_2 - u_2)}{t}$

यदि गोला (A) द्वारा गोला (B) पर आरोपित बल

$$F_{A \to B} = \frac{m_1(v_1 - u_1)}{t}$$

गोला (B) द्वारा गोला (A) पर आरोपित बल

$$F_{B \to A} = \frac{m_2(v_2 - u_2)}{t}$$

अब गति के तीसरे नियमानुसार ये दोनों बल $F_{A \to B}$ और $F_{B \to A}$ एक–दूसरे के बराबर और विपरीत होंगे।

https://www.evidyarthi.in

इसलिए

$$F_{A \to B} = F_{B \to A}$$

$$\frac{m_1(v_1 - u_1)}{t} = \frac{m_2(v_2 - u_2)}{t}$$

$$m_1v_1 - m_1u_1 = m_2v_2 - m_2u_2$$

$$\boldsymbol{m_1v_1 - m_2u_2 = m_1u_1 - m_2u_2}$$

इस प्रकार, टक्कर के पूर्व गोलों का कुल संवेग = टक्कर के बाद गोलों का कुल संवेग

अर्थात् कुल संवेग अपरिवर्तित तथा संरक्षित रहता है, बशर्ते इन पर कोई अन्य बाहरी बल कार्य न करें।

उदाहरण 1. एक 20 g द्रव्यमान को गोली 2 kg द्रव्यमान की रायफल से 150 m/s के प्रारम्भिक वेग से छोड़ी जाती है। रायफल के प्रारम्भिक प्रतिक्षेपित वेग की गणना कीजिए।

उत्तर–गोली का द्रव्यमान $m_1 = 20 \text{ gm} = 0.02 \text{ kg}$

रायफल का द्रव्यमान $m_2 = 2 \text{ kg}$

प्रारम्भ में गोली रायफल के अन्दर होती है और विराम अवस्था में होती है।

इसलिए कल द्रव्यमान $m_1 + m_2 = 0.02 \text{ kg} + 2 \text{ kg} = 2.02 \text{ kg}$

प्रारम्भि वेग $u_1 = 0$

$\therefore$ प्रारम्भिक संवेग $= 2.02 \text{ kg} \times 0 = 0$ ..... (1)

अन्तिम वेग रायफल का v_2

अन्तिम वेग गोली का v_1

विस्फोट के बाद दोनों का संवेग

$$= m_1v_1 + m_2v_2$$

$$= 0.02 \times 150 + 2v_2$$

$$= 0.02 \times 150 + 2v_2 \quad \text{..... (2)}$$

संवेग संरक्षण के नियम से, दोनों संवेगों का बराबर रखने पर समीकरण (1) = समीकरण (2)

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2u_2$$

$$0 = 0.02 \times 150 + 2v_2$$

$$0 = \frac{2}{100} \times 150 + 2v_2$$

$$0 = 3 + 2v_2$$

$$2v_2 = -3$$

$$v_2 = -3/2 = -1.5 \text{ m/s} \quad \text{Ans.}$$

https://www.evidyarthi.in

ऋणात्मक चिह्न यह प्रदर्शित करता है कि रायफल गोली की विपरीत दिशा में गति करेगी।

अतः रायफल का प्रतिक्षेपित वेग = 1.5 m/s पीछे की ओर

उदाहरण 2. दो हॉकी खिलाड़ी A जिसका द्रव्यमान 50 kg और वेग 4 m/s है, दूसरा खिलाड़ी B जिसका द्रव्यमान 60 kg और इसका वेग 3 m/s, होता है। दोनों खिलाड़ी A और B आपस में टकरा जाते हैं और गिर जाते हैं। दोनों खिलाड़ी किस वेग से गिर जाते हैं और किस दिशा में गिरते हैं ? ज्ञात कीजिए।

उत्तर– $m_A = 50$ kg, $u_A = 4$ m/s

प्रारम्भिक वेग $= m_A u_A$

$= 50 \times 4 = 200$ kg m/s

$m_B = 60$ kg, $u_B = 3$ m/s

प्रारम्भिक वेग $= m_B u_B$

$= 60 \times 3$ kg m/s

$= 180$ kg m/s

कुल प्रारम्भिक वेग $= m_A u_A + m_B u_B$

$= 200 + 180 = 380$ kg m/s ..... (1)

मान लेते हैं अन्तिम वेग $= v$ m/s

अन्तिम संवेग $= (m_A + m_B) \times v$

$= (50 + 60) \times v = 110\, v$ .....(2)

संवेग संरक्षण के नियम के अनुसार

समीकरण (1) = समीकरण (2)

$110\, v = 380$ kg m/s

$v = \frac{380}{110} = 3.45$ m/s Ans.

अभ्यास–प्रश्न

अतिलघु उत्तरीय प्रश्न (1 अंक वाले प्रश्न)

1. क्या बल कभी ऋणात्मक हो सकता है और कब ?
2. किसी भी वस्तु का उसकी अवस्था में परिवर्तन का विरोध करने की प्रवृत्ति क्या कहलाती है।
3. जड़त्व का माप, किसी वस्तु के ..... से होता है।
4. अधिक द्रव्यमान वाली वस्तु का ..... भी अधिक होता है।
5. बल/त्वरण को द्रव्यमान भी कहते जो ..... के बराबर होता है।

https://www.evidyarthi.in

6. किसी बस की सीट के ऊपर लगे जाल में रखा सामान क्यों गिर जाता है, जब बस अचानक रुक जाती है ?

लघु उत्तरीय प्रश्न (2 अंक वाले)

1. वस्तु में गति के मान को ..... कहते हैं।
2. संवेग की इकाई क्या है ?
3. 1 न्यूटन को परिभाषित कीजिए।
4. कोई भी बॉल बिना रोके क्यों अपने आप रूक जाती है, जब हम उसे फर्श पर लुढ़काते हैं ?
5. किसी भी ट्रक को अचानक रोकना मुश्किल होता है जबकि किसी मोटरसाइकिल को रोकना आसान होता है, क्यों ?
6. हमें आगे की तरफ झटका क्यों लगता है जब कोई बस जिसमें हम खड़े हैं। या बैठे हैं, अचानक रुक जाती है ?
7. किसी भी बस के अचानक शुरू होने से, हमें पीछे की तरफ झटका क्यों लगता है।
8. जब हमारी कार दाएँ या बाएँ मुड़ती है, तो हमारा शरीर विपरीत दिशा में झुक जाता है, क्यों ?

लघु उत्तरीय प्रश्न (3 अंक वाले)

1. मैट्रो ट्रेन के अचानक रूकने से सारे यात्रीगण उसके फर्श पर गिर जाते हैं, क्यों ?
2. हमारे ऊपर एक विशालकाय वायुमण्डल है और हमारे शरीर के सारे अंग इस वायुमण्डलीय दाब को महसूस करते हैं, हम क्यों कुचले नहीं जाते हैं ?
3. एफील टॉवर से एक 1 kg का सिक्का और 5 kg का एक पत्थर, 10 m/s^2 के त्वरण से नीचे फेंका जाता है। कौन सबसे पहले जमींन पर पहुँचेगा और क्यों ?
4. न्यूटन की गति के प्रथम नियम के तीन अनुप्रयोग लिखें।
5. (a) घर्षण ..... में मापा जाता है।
   (b) असंतुलित और संतुलित बल में उदाहरण के साथ अन्तर स्पष्ट करें।

दीर्घ उत्तरीय प्रश्न (5 अंक वाले)

1. अपने आस–पास के दैनिक जीवन से न्यूटन के गति के तीसरे नियम के उदाहरण लिखिए।
2. संवेग संरक्षण के नियम को सिद्ध कीजिए।
3. (a) न्यूटन के गति के प्रथम नियम को गति के दूसरे नियम से व्युत्पन्न कीजिए।
   (b) एक कार जिसका द्रव्यमान 100 kg है और उसमें 2 यात्री हर एक का द्रव्यमान 50 kg है बैठे हुए हैं। कार का वेग 60 m/hr है और उसे 5 sec में रोकने के लिए कितने बल का प्रयोग होगा ?

https://www.evidyarthi.in

4. दो गेदें A और B जिनका द्रव्यमान क्रमशः 40 g और 50 g है, वेग क्रमशः 40 m/s और 30m/s है। जब ये दोनों गेंद टकराती हैं और टकराने के बाद B, 25 m/s के वेग से चलने लगती है, तो A का टकराने के बाद क्या वेग होगा ?
5. एक लड़की जिसका वजन 30 kg है, एक काठगाड़ी जिसका 5 kg वजन है और वेग 10 m/s पर कूदती है। उसके कूदने के बाद काठगाड़ी और लड़की किस वेग से चलना शुरू कर देंगे। ज्ञात कीजिए।

दीर्घ उत्तरीय प्रश्न (बड़े प्रश्नों के उत्तर)

3 (b) = – 2000 / 3 N

4 = 46.25 m/s

5 = 8.57 m/s

evidyarthi

https://www.evidyarthi.in

गुरुत्वाकर्षण

अध्याय 7

अध्याय एक नजर में

गुरुत्वाकर्षण

प्रतिक्रिया

न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण का सार्वत्रिक नियम

बल $(F)=\frac{GM_1M_2}{R^2}$

G = गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक

M_1 = वस्तु 1 का द्रव्यमान

M_2 = वस्तु 2 का द्रव्यमान

R = दो वस्तुओं के बीच की दूरी

$W = m \times g$

भार = द्रव्यमान × गुरुत्वीय त्वरण

उत्प्लावन बल 'F'

प्रणोद → दाब

P = F/A

P = दाब

F = बल

A = क्षेत्रफल

गुरुत्वीय त्वरण (g) = 9.8 m/s²

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

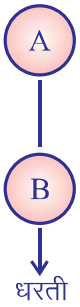
R = पृथ्वी की त्रिज्या

M = पृथ्वी का द्रव्यमान

G = गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक

गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक का मान = $6.67 \times 11^{-11}\ Nm^2/kg^2$

https://www.evidyarthi.in



पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण बल

अगर हम कोई एक पत्थर बिना धक्का दिए फेंकते हैं, (एक ऊँचाई से) वह पत्थर पृथ्वी की ओर त्वरित होता है जब पत्थर धरती की तरफ त्वरित होता है, तो पता चलता है कि कोई एक बल उस पत्थर पर लग रहा है।

- वह बल जो किसी भी वस्तु को धरती के केन्द्र की तरफ खींचता है, उसे पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण बल कहलाता है।

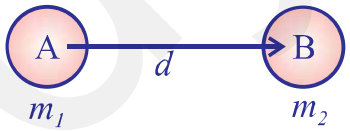
- इसका मतलब है कि पत्थर भी धरती को आकर्षित करता है, यानि इस ब्रह्माण्ड में सभी वस्तुएँ एक दूसरे को आकर्षित करती है।
- **सर आइजैक न्यूटन** (Issac Newton) ने गुरुत्वाकर्षण का नियम दिया है जिसे उन्होंने 1687 में प्रतिपादित किया था।

न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण का नियम–न्यूटन को गुरुत्वाकर्षण के नियम के अनुसार, दो पिण्डों के बीच गुरुत्वाकर्षण बल उनके द्रव्यमानों के गुणनफल का अनुक्रमानुपाती और उनके बीच की दूरी के वर्ग का व्युत्क्रमानुपाती होता है।

- यदि दो पिण्डों का द्रव्यमान m_1 और m_2 हो और उनके बीच की दूरी d हो, तो उनके बीच गुरुत्वाकर्षण बल

$$F \alpha \frac{m_1 m_2}{d^2} \quad \text{या} \quad F = \frac{G m_1 m_2}{d^2}$$

व्युत्पत्ति–गुरुत्वाकर्षण का नियम



मान लेते हैं m_1 और m_2 द्रव्यमान की दो वस्तुएँ A और B एक–दूसरे से d दूरी पर रखी है। दोनों वस्तुओं के बीच आकर्षक बल F होता है। न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण के नियम के अनुसार–

(i) दो वस्तुओं के बीच बल उनके द्रव्यमानों के गुणनफल अनुक्रमानुपाती होता है

अर्थात् $F \alpha m_1 m_2$ .... (i)

(ii) दो वस्तुओं के बीच बल उनके बीच दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है

अर्थात् $F \alpha \frac{1}{d^2}$ .... (ii)

समीकरण (i) और (ii) को संयुक्त करने पर

$$F \alpha \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

https://www.evidyarthi.in

F की इकाई = Newton
m की इकाई = kg
d की इकाई = m

- गुरुत्वाकर्षण बल $F = G \times \frac{m_1 m_2}{d^2}$
- जहाँ पर G सार्वत्रिक **गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक** कहलाता है।
- इसका मान किन्हीं भी दो वस्तुओं के लिए सभी स्थानों पर समान होता है।

  इसका मान $6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$
- G को सावत्रिक स्थिरांक कहते हैं, क्योंकि इसका मान मध्यवर्ती माध्यम की प्रकृति या तापमान या अन्य किसी प्रतिवर्त पर निर्भर नहीं करता।

न्यूटन के गति का तीसरा नियम और गुरुत्वाकर्षण के नियम में सम्बन्ध

न्यूटन के तीसरे नियम के अनुसार–''किसी भी क्रिया के लिए ठीक उसके बराबर लेकिन विपरीत दिशा में प्रतिक्रिया होती है।''

न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण के नियम के अनुसार–''हर एक वस्तु इस ब्रह्माण्ड में हर दूसरी वस्तु को आकर्षित करते हैं।'' स्वतन्त्र रूप से गिरा पत्थर और धरती एक–दूसरे को आकर्षित करते हैं। अतः पृथ्वी उसे अपने केन्द्र की ओर खींचती है। लेकिन न्यूटन की गति के तृतीय नियम के अनुसार पत्थर द्वारा भी पृथ्वी को अपनी ओर खींचना चाहिए और वास्तव में पत्थर भी पृथ्वी को अपनी तरफ खींचता है।

$$F = m \times a$$

पत्थर का द्रव्यमान कम होने के कारण उसके वेग में त्वरण $9.8\ m/s^2$ होता है, लेकिन पृथ्वी का द्रव्यमान अधिक होने के कारण उसका त्वरण $1.65 \times 10^{-24}\ m/s^2$, जो इतना कम होता है कि अनुभव ही नहीं हो सकता।

♦ गुरुत्वाकर्षण के सार्वत्रिक नियम का महत्व

(1) हमें पृथ्वी से बाँधे रखने वाला बल
(2) पृथ्वी के चारों ओर चन्द्रमा की गति
(3) सूर्य के चारों ओर ग्रहों की गति
(4) चन्द्रमा और सूर्य के कारण ज्वार भाटा

♦ मुक्त पतन

जब किसी वस्तु को ऊपर की ओर फेंका जाता है तब यह एक निश्चित ऊँचाई तक पहुँच कर नीचे की ओर गिरना आरम्भ कर देती है क्योंकि उस पर पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण बल आरोपित होता है।

https://www.evidyarthi.in

♦ **मुक्त पतन**–किसी वस्तु का पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के प्रभाव में पतन (गिरना), मुक्त पतन कहलाता है। मुक्त पतन में, वस्तु के वेग की दिशा में कोई परिवर्तन नहीं होता क्योंकि वह हमेशा पृथ्वी की तरफ गिरती है। लेकिन वस्तु के वेग के परिमाण में परिवर्तन होता है। पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के कारण वस्तु के वेग में परिवर्तन या त्वरण गुरुत्वीय त्वरण कहलाता है। उसे 'G' से प्रदर्शित करते हैं। इसका मात्रक वही है जो त्वरण का है। m/s^2

♦ गुरुत्वीय त्वरण और पृथ्वी पर उसका नाम

स्वतन्त्र रूप से गिरती हुई वस्तुओं में पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण बल के कारण उत्पन्न त्वरण गुरुत्वीय त्वरण कहलाता है। इस 'g' से प्रदर्शित किया जाता है तथा इसकी दिशा सदैव पृथ्वी के केन्द्र की तरफ होती है।

पृथ्वी की सतह पर 'g' का मान

पृथ्वी द्वारा किसी पिण्ड पर लगने वाला बल

$$F = \frac{G.McM}{R^2} \quad \text{.... (1)}$$

जहाँ Me = पृथ्वी का द्रव्यमान, m = पिण्ड का द्रव्यमान

R = पृथ्वी की त्रिज्या, F बल लगने के कारण उत्पन्न त्वरण गुरुत्वीय त्वरण होगा।

तब $F = m \times g$ .... (2)

F का मान (1) में रखने पर

$$m \times g = \frac{G.Me.M}{R^2}$$

$$g = \frac{G.Me.M}{R^2 \times m} = \frac{G.Me}{R^2}$$

$G = 6.6734 \times 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$

Me = पृथ्वी का द्रव्यमान $= 6 \times 10^{24}$ kg

R = पृथ्वी की त्रिज्या $= 6.4 \times 10^6$ m

$$g = \frac{6.6734 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{6.4 \times 10^6 \times 6.4 \times 10^6}$$

$$= 9.8\ m/s^2$$

(g) गुरुत्वीय त्वरण और गुरुत्वीय स्थिरांक में सम्बन्ध गुरुत्वीय त्वरण (g) व गुरुत्वीय स्थिरांक

$$g = \frac{G.Me}{R^2}$$

https://www.evidyarthi.in

गुरुत्वीय त्वरण और गुरुत्वीय स्थिरांक में अन्तर

गुरुत्वीय त्वरण (g)	गुरुत्वीय स्थिरांक
1. इसका मान 9.8 m/s^2 होता है।	1. इसका मान 6.6734×10^{-11} Nm^2/kg^2 होता है।
2. इसका मान भिन्न–भिन्न स्थानों पर भिन्न होता है।	2. इसका मान सदैव स्थिर होता है।
3. इसका मात्रक मी./से.^{2} है।	3. इसका मात्रक Nm^2/kg^2 है।
4. यह एक सदिश राशि है।	4. यह एक अदिश राशि है।

प्रश्न 1. 150 gm और 500 gm के पत्थर एक मीनार की चोटी से गिराये जायें तो कौन–सा पत्थर पृथ्वी पर पहले पहुँचेगा और क्यों ?

उत्तर–सर्वप्रथम गैलीलियों ने बताया कि यह अवधारणा बिल्कुल गलत है कि हल्की वस्तु की अपेक्षा भारी वस्तु पृथ्वी पर जल्दी पहुँचती है; अगर दोनों को एक साथ किसी ऊँचाई से गिराया जाए।

एक ही ऊँचाई से गिराये जाने पर भिन्न–भिन्न द्रव्यमान के पिण्ड एक ही साथ पृथ्वी की सतह पर पहुँचेंगे क्योंकि पृथ्वी की ओर गिरते हुए पिण्ड का त्वरण उसके द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है। गुरुत्वाकर्षण का नियम इसकी पुष्टि करता है।

माना m द्रव्यमान का एक पिण्ड पृथ्वी के केन्द्र से 'd' दूरी से गिराये जो पृथ्वी द्वारा लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल

$$F = \frac{G.Me.m}{d^2} \quad (Me = \text{पृथ्वी का द्रव्यमान})$$

लेकिन पत्थर पर लगने वाला बल

$$F = m \times a$$

F का मान समीकरण (i) में रखने पर

$$m \times a = \frac{G.Me.m}{d^2}$$

$$a = \frac{G.Me.m}{d^2 m} = \frac{G.Me}{d^2}$$

अतः स्वतन्त्र रूप से गिरते हुए पिण्ड में उत्पन्न त्वरण पृथ्वी के द्रव्यमान और पृथ्वी के केन्द्र से उसकी दूरी पर निर्भर करता है। अतः 150 gm व 500 gm के पत्थर ऊपर से गिरने पर एक ही समय पर सतह (पृथ्वी) पर पहुँचेंगे।

https://www.evidyarthi.in

नीचे की ओर गिरती हुई और ऊपर की ओर फेंकी गयी वस्तुओं के लिए गति के समीकरण–

1. यदि कोई वस्तु आरम्भिक वेग u से नीचे गिर रही है,

तब t सेकण्ड पश्चात् अन्तिम वेग $(v) = u + gt$ ..... (1)

t सेकिण्ड पश्चात् तय की गयी दूरी $(h) = ut + \frac{1}{2}gt^2$ ..... (2)

v, u व h में सम्बन्ध $v^2 = u^2 + 2gh$ ..... (3)

2. यदि कोई वस्तु विराम की अवस्था से नीचे गिर रही है तब आरम्भिक वेग $(u) = 0$

t सेकण्ड पश्चात् अन्तिम वेग $(v) = gt$ ..... (1)

t सेकण्ड पश्चात् तय की गयी दूरी $(h) = \frac{1}{2}gt^2$ ..... (2)

v, u व h में सम्बन्ध $v^2 = 2gh$ ..... (3)

3. जब किसी वस्तु आरम्भिक वेग (u) से ऊपर जा रही है, तब गुरुत्वीय त्वरण (g) ऋणात्मक होगा क्योंकि वस्तु के वेग की दिशा ऊपर की ओर है गुरुत्वीय त्वरण की दिशा नीचे की ओर। इस स्थिति में

t सेकण्ड पश्चात् अन्तिम वेग $(v) = u - gt$ .... (1)

t सेकण्ड पश्चात् तय की गयी दूरी $(h) = ut - \frac{1}{2}gt^2$ .....(2)

v, u व h में सम्बन्ध $v^2 = u^2 - 2gh$ .... (3)

द्रव्यमान और भार

द्रव्यमान–किसी वस्तु में निहित पदार्थ का परिमाण द्रव्यमान कहलाता है या किसी वस्तु के जड़त्व की माप द्रव्यमान कहलाती है। यह एक अदिश राशि है इसका सिर्फ परिमाण होता है, दिशा नहीं होती है। SI मात्रक किलोग्राम है जिसे 'kg' से प्रदर्शित किया जाता है।

- किसी वस्तु का द्रव्यमान सर्वत्र समान रहता है।
- द्रव्यमान को 'm' से दर्शाया जाता है।
- किसी स्थान पर द्रव्यमान (किसी वस्तु का) शून्य नहीं होता है।

भार–किसी वस्तु का भार वह बल है जिससे पृथ्वी उसे अपनी ओर आकर्षित करती है।

हम जानते हैं कि

बल = द्रव्यमान × त्वरण

$F = m \times a$

पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के कारण त्वरण गुरुत्वीय त्वरण 'g' है।

$F = m \times g$

https://www.evidyarthi.in

लेकिन पृथ्वी द्वारा आरोपित बल भार (weight) कहलाता है। इसे 'W' से प्रदर्शित करते हैं।

$$\therefore \quad W = m \times g$$

अतः भार एक बल है और उसका S.I. मात्रक न्यूटन N है।

♦ **एक किलो भार (one kg wt) को परिभाषित कीजिए व इसका न्यूटन से सम्बन्ध**

हम जानते हैं कि $W = m \times g$

अगर द्रव्यमान $(m) = 1$ kg

$g = 9.8$ m/s^2

$w = 1$ kg $\times 9.8$ m/s$^2 = 9.8$ kg m/s^2

$= 9.8$ N

अतः पृथ्वी का वह गुरुत्वीय बल जो 1 किलोग्राम द्रव्यमान वाली वस्तु पर लगता है, एक किलोभार (one kg wt) कहलाता है जो 9.8 N के बराबर है।

द्रव्यमान और भार

द्रव्यमान	भार
1. किसी वस्तु में निहित कुल द्रव्य की मात्रा वस्तु का द्रव्यमान कहलाती है।	1. जिस गुरुत्वीय बल से पृथ्वी किसी वस्तु को अपने केन्द्र की ओर खींचती है, वह वस्तु का भार कहलाता है।
2. किसी वस्तु के द्रव्यमान की माप हम वस्तु के जड़त्व की माप से करते हैं।	2. भार = वस्तु का द्रव्यमान × गुरुत्वीय त्वरण या $W = m \times g$
3. किसी वस्तु का द्रव्यमान सर्वत्र समान रहता है।	3. वस्तु का भार भिन्न–भिन्न स्थानों पर भिन्न होता है।
4. द्रव्यमान का माप भौतिक तुला द्वारा करते हैं।	4. भार का माप कमानीदार तुला द्वारा करते हैं।
5. यह एक अदिश राशि है।	5. भार एक सदिश राशि है।
6. किसी स्थान पर g का मान शून्य होने पर भी द्रव्यमान का परिमाण नहीं बदलता।	6. किसी स्थान पर 'g' का मान शून्य होने पर, वस्तु का भार भी शून्य हो जाता है।

'g' को प्रभावित करने वाले कारक–पृथ्वी एक पूर्ण गोला नहीं हो। पृथ्वी की त्रिज्या ध्रुवों से विषुवत वृत्त की ओर जाने पर बढ़ती है, इसलिए g का मान ध्रुवों पर विषुवत वृत्त की अपेक्षा अधिक होता है। अधिकांश गणनाओं के लिए पृथ्वी के पृष्ठ पर या इसके पास g के मान को लगभग

https://www.evidyarthi.in

स्थिर मान सकते हैं लेकिन पृथ्वी से दूर की वस्तुओं के लिए पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के कारण त्वरण समीकरण $g = \frac{GM}{d^2}$ से ज्ञात किया जा सकता है।

प्रश्न–पृथ्वी के केन्द्र से 12,800 किमी. की दूरी पर गुरुत्वीय त्वरण का मान क्या होगा ?

उत्तर–हम जानते हैं कि पृथ्वी की त्रिज्या (R) = 6,400 किमी. पृथ्वी के केन्द्र से 12,800 किमी. की दूरी = 2R

$$g = \frac{G.Me}{R^2}$$

अतः 12,800 किमी. या 2R दूरी होने पर

$$g_2 = \frac{G.Me}{(2R)^2} = \frac{G.Me}{4R^2}$$

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{G.Me}{R^2} \div \frac{G.Me}{4R^2} = \frac{4}{1}$$

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{4}{1}$$

$$g_1 = 4g_2 \Rightarrow g_2 = \frac{g_1}{4}$$

अतः पृथ्वी के केन्द्र से 12,800 किमी. की दूरी गुरुत्वीय त्वरण का मान पृथ्वी के धरातल के गुरुत्वीय त्वरण का $\frac{1}{4}$ होगा या हम कह सकते हैं, 12,800 किमी. की दूरी पर किसी वस्तु का भार पृथ्वी के भार का $\frac{1}{4}$ भाग होगा।

चन्द्रमा पर किसी वस्तु का भार, उसके पृथ्वी के भार का 1/6 होता है।

माना किसी वस्तु का द्रव्यमान m है। पृथ्वी पर उसका भार अर्थात् वह बल जिससे पृथ्वी उसे अपनी ओर खींचती है, वह बल होगा।

$$Fe = \frac{G.MeM}{Re^2}$$

Me = पृथ्वी का द्रव्यमान, Re = पृथ्वी की त्रिज्या

चन्द्रमा पर वस्तु का भार

$$Fm = \frac{G.Mm.m}{Rm^2}$$

जहाँ Mm = चन्द्रमा का द्रव्यमान, Rm = चन्द्रमा की त्रिज्या, समीकरण (2) को समीकरण (1) से भाग देने पर

$$\frac{Fm}{Fe} = \frac{G.Mm.m}{Rm^2} \div \frac{G.Me.m}{Re^2}$$

https://www.evidyarthi.in

$$= \frac{\cancel{G}.Mm.\cancel{m}}{Rm^2} \times \frac{Re^2}{\cancel{G}.Me.\cancel{m}}$$

$$= \frac{Mm}{Me} \times \left(\frac{Re}{Rm}\right)^2$$

Me = 100 Mm (चन्द्रमा से पृथ्वी का द्रव्यमान लगभग 100 गुना है)
Re = 4 Rm (चन्द्रमा से पृथ्वी की त्रिज्या लगभग 4 गुना है)

$$\frac{Fm}{Fe} = \frac{Mm}{100\ Mm} \times \left(\frac{4\,Rm}{Rm}\right)^2$$

$$= \frac{16}{100} \text{ या } \frac{1}{6}$$

अतः चन्द्रमा पर किसी वस्तु का भार उसके पृथ्वी के भार का $\frac{1}{6}$ है। (ध्यान रहे वस्तु का द्रव्यमान पृथ्वी पर वस्तु के द्रव्यमान के बराबर ही होता है केवल भार में अन्तर होता है।)

- **अन्तरिक्ष में फेंकी गयी वस्तु लगातार पृथ्वी के चारों ओर किस प्रकार घूमती है ?**

यह सम्भव है कि किसी वस्तु को पृथ्वी के चारों ओर परिक्रमा करने पर बाध्य किया जा सकता है। हम जानते हैं कि जैसे–जैसे वस्तु की आरम्भिक चल बढ़ती जाती है, वैसे–वैसे वस्तु भी पृथ्वी की सतह के साथ अधिक वक्र होती जाती है। पृथ्वी के गोलाकार होने के कारण उसकी सतह तक आने के लिए और अधिक दूरी तय करनी पड़ती है। यदि आरम्भिक चाल का मान एक निश्चित मान से अधिक कर दिया जाये वह वस्तु लगातार गिरती जायेगी लेकिन पृथ्वी की सतह तक कभी नहीं पहुँचेगी और ऐसी वस्तु लगातार पृथ्वी के चारों ओर घूमती रहेगी।

- **प्रणोद तथा दाब** (Thrust and Pressure)
- **प्रणोद**–किसी वस्तु की सतह के लम्बवत् लगने वाला बल, प्रणोद (Thrust) कहलाता है।
- **दाब**–प्रति एकांक क्षेत्रफल पर लगने वाला प्रणोद दाब कहलाता है।

$$\text{दाब} = \frac{\text{प्रणोद}}{\text{क्षेत्र फल}}$$

- **दाब का मात्रक**–बल (प्रणोद) का मात्रक न्यूटन (N) व क्षेत्रफल का मात्रक मीटर^2 (m^2) है।

$$\text{दाब का S.I. मात्रक} = \frac{\text{बल का S.I. मात्रक}}{\text{क्षेत्रफल का } R^2 \text{ मात्रक}}$$

$$= \frac{N}{m^2} = N/m^2 \text{ or } Nm^{-2}$$

दाब का S.I. मात्रक पॉस्कल (Pascal) है। यह 'Pa' से प्रदर्शित किया जाता है।

https://www.evidyarthi.in

♦ दाब को प्रभावित करने वाले कारक–

(i) लगाया गया बल

(ii) सतह का क्षेत्रफल

उदाहरण–

♦ ऊँचे भवनों के आधार नीवं चौड़े बनाये जाते हैं ताकि भवन का भार (बल) अधिक क्षेत्रफल पर लगे और दाब कम पड़े।

♦ एक पतली और मजबूत डोरी से बने पट्टे वाले बैग को ले जाना चौड़े पट्टे वाले बैग की अपेक्षा कठिन तथा कष्टप्रद होता है क्योंकि पतली मजबूत डोरी वाले बैग में, बैग का भार बहुत कम क्षेत्रफल पर लगता है और बहुत अधिक दाब उत्पन्न करता है। काटने वाले औजारों की धार तेज़ होती है या कह सकते हैं उनकी सतह का क्षेत्रफल कम होता है और बल लगाने पर अधिक दाब उत्पन्न करता है और काटने में आसानी होती है।

♦ सभी द्रव और गैसें तरल कहलाती हैं। ये सभी दिशाओं में दाब लगाती है।

♦ उत्प्लावन (Buoyancy)

जब कोई वस्तु किसी तरल में डुबाई जाती है तो वस्तु का भार जो पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के कारण होता है, वस्तु को नीचे की ओर व तरल उस पर ऊपर की तरफ बल लगाता है।

♦ उत्प्लावन बल सदैव ऊपर की तरफ आरोपित होता है। इस बल का परिमाण द्रव के घनत्व पर निर्भर करता है।

♦ वस्तु पर लगने वाला गुरुत्वीय बल > उत्प्लावन बल

निष्कर्ष–वस्तु डूब जायेगी।

♦ वस्तु पर लगने वाला गुरुत्वीय बल उत्प्लावन बल

निष्कर्ष–वस्तु तैरती है।

♦ यही कारण है कि लोहे की कील डूब जाती है बल्कि पानी का जहाज पानी की सतह पर तैरता है (अर्किमिडीज का सिद्धान्त)

घनत्व (Density)–किसी पदार्थ का एकांक आयतन द्रव्यमान घनत्व कहलाता है। अगर पदार्थ का द्रव्यमान m व आयतन v है तो

$$\text{घनत्व} = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आयतन}}$$

$$d = \frac{m}{v}$$

$$\text{घनत्व का S.I. मात्रक} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \text{kg/m}^3 \text{ या } \text{kg m}^{-3}$$

https://www.evidyarthi.in

♦ **आर्किमिडीज का सिद्धान्त** (Archimedes Principle)

♦ **आर्किमिडीज का सिद्धान्त**–"जब किसी वस्तु को किसी तरल में पूर्णतः या अंशतः डुबोया जाता है, तब वस्तु ऊपर की तरफ लगने वाले एक बल का अनुभव करती है, यह बल वस्तु द्वारा विस्थापित तरल के भार के बराबर होता है।

♦ **आर्किमिडीज के सिद्धान्त के उपयोग**

(1) यह पदार्थों का आपेक्षिक घनत्व ज्ञात करने में उपयोगी है।

(2) यह जलयानों और पनडुबियों के डिजाइन बनाने में प्रयोग किया जाता है।

(3) दुग्धमापी और हाइड्रोमीटर आर्किमिडीज के सिद्धान्त पर आधारित है।

इसी कारण से लोहे एवं स्टील का बना एक जलयान इतना बड़ा होते हुए भी जल पर तैरता है लेकिन एक छोटी सी पिन जल में डूब जाती है।

♦ **आपेक्षिक घनत्व** (Relative Density)

आपेक्षिक घनत्व किसी पदार्थ के घनत्व और पानी के घनत्व के अनुपात को आपेक्षिक घनत्व कहते हैं।

$$\text{आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{पदार्थ का घनत्व}}{\text{पानी का घनत्व}}$$

♦ इसका कोई मात्रक नहीं होता।

प्रश्न–सोने का आपेक्षिक घनत्व 19.3 है। जल का घनत्व 103 kg/m³ है, तब सोने का घनत्व S.I. मात्रक में दीजिए।

उत्तर–सोने का आपेक्षिक घनत्व = 19.3

जल का घनत्व 103 kg/m³

$$\text{आपेक्षिक घनत्व} = \frac{\text{सोने का घनत्व}}{\text{जल का घनत्व}}$$

$$19.3 = \frac{\text{सोने का घनत्व}}{10^3\ kg/m^3}$$

सोने का घनत्व = 19.3×10^3 kg/m³

प्रश्न–0.025 m³ एल्यूमिनियम का द्रव्यमान 67 kg एल्यूमिनियम का घनत्व बताइए।

उत्तर– एल्युमिनियम का द्रव्यमान (m) = 67 kg

एल्युमिनियम का आयतन (v) = 0.025 m³

$$\text{घनत्व (d)} = \frac{m}{v} = \frac{67\ \text{kg}}{0.025\ \text{m}^3} = 2680\ \text{kg/m}^3$$

https://www.evidyarthi.in

प्रश्न–एक ईंट का द्रव्यमान 2.5 kg है और उसकी विमाएँ है 20 cm × 10 cm × 5 cm। फर्श पर लगने वाले दाब की गणना कीजिए। ईंट को अलग–अलग विमाओं वाली सतह से रखा जाता है।

उत्तर–दिया है–ईंट का द्रव्यमान (m) = 2.5 kg

$$\text{विमाएँ} = 20\ \text{cm} \times 10\ \text{cm} \times 5\ \text{cm}$$

$$\text{ईंट का भार (बल)} = m \times g = 2.5\ \text{kg} \times 9.8\ \text{m/s}^2$$
$$= 24.5\ \text{N}$$

(i) जब 10 cm × 5 cm वाली सतह फर्श के सम्पर्क में है।

$$\text{क्षेत्रफल} = 10\ \text{cm} \times 5\ \text{cm}$$
$$= 0.10\ \text{m} \times 0.05\ \text{m} = 0.005\ \text{m}^2$$

$$\text{दाब} = \frac{\text{बल}}{\text{क्षेत्रफल}}$$
$$= \frac{24.5\ \text{N}}{0.005\ \text{m}^2} = 4900\ \text{Nm}^{-2}$$

(ii) जब 20 cm × 5 cm वाली सतह फर्श के सम्पर्क में है।

$$\text{क्षेत्रफल} = 20\ \text{cm} \times 5\ \text{cm}$$
$$= 0.2\ \text{m} \times 0.05\ \text{m} = 0.01\ \text{m}^2$$

$$\text{दाब} = \frac{24.5\ \text{N}}{0.01\ \text{m}^2} = 2450\ \text{N/m}^{-2}$$

(iii) जब 20 cm × 10 cm वाली सतह फर्श के सम्पर्क में है।

$$\text{क्षेत्रफल} = 20\ \text{cm} \times 10\ \text{cm}$$
$$= 0.2\ \text{m} \times 0.1\ \text{m} = 0.02\ \text{m}^2$$

$$\text{दाब} = \frac{24.5\ \text{N}}{0.02\ \text{m}^2} = 1225\ \text{N/m}^{-2}$$

प्रश्न–एक वस्तु जिसका भार 9.8 है, पर का बल लगता है। उस वस्तु का द्रव्यमान ज्ञात कीजिए और त्वरण भी ज्ञात कीजिए।

उत्तर– बल = 20 N, भार (W) = 9.8 N

हम जानते हैं $W = m \times g$

$$9.8 = m \times 9.8$$
$$m = 1\ \text{kg}$$

https://www.evidyarthi.in

और $F = m \times a$

$20 = 1 \times a$

$a = 20\ m/s^2$

प्रश्न–एक व्यक्ति जिसका भार पृथ्वी पर 1200 N है, उसका भार चाँद पर 200 N हो जाता है। उस व्यक्ति का पृथ्वी पर और चाँद पर द्रव्यमान ज्ञात कीजिए। उसका गुरुत्वीय त्वरण चाँद पर कितना होगा।

उत्तर– व्यक्ति का पृथ्वी पर भार $w_1 = 1200\ N$

व्यक्ति का चन्द्रमा पर भार $w_2 = 200\ N$

पृथ्वी पर गुरुत्वीय त्वरण $= 10\ m/s^2$

$w = m \times g$

$m = 1200 \div 10 = 120$

$m = 120\ kg$

अतः द्रव्यमान भी चाँद पर वही रहेगा जो पृथ्वी पर है क्योंकि द्रव्यमान हर जगह स्थिर रहता है।

अतः चाँद पर द्रव्यमान $= 120\ kg$

$w_2 = m \times g_2$

$200 = 120 \times g$

$$g = \frac{200}{120} = \frac{10}{6} = \frac{5}{3} = 1.66\ m/s^2$$

प्रश्न–कोई भी वस्तु सीधे ऊपर की तरफ फेंकी गई और 78.4 m की ऊँचाई पर पहुँची। उसका वेग ज्ञात कीजिए और ($g = 9.8\ m/s^2$) लीजिए।

उत्तर–दिया गया है $h = 78.4\ m$

$v = 0$

$g = 9.8\ m/s^2$

$u = ?$

$v^2 = u^2 - 2gh$

$0 = u^2 - 2 \times 9.8 \times 78.4$

$$u^2 = \frac{2 \times 98 \times 784}{10 \times 10}$$

https://www.evidyarthi.in

$$u = \sqrt{\frac{2 \times 2 \times 49 \times 784}{10 \times 10}}$$

$$u = \frac{2 \times 7}{10} = \sqrt{784}$$

$u = 39.2 \text{ m/s}^2$ Ans.

प्रश्न–किसी वस्तु का द्रव्यमान ज्ञात कीजिए, जिसका भार 49 N ?

उत्तर–दिया गया, वस्तु का भार $W = 49$ N

$g = 9.8 \text{ m/s}^2$

$w = mg$

$m = \frac{w}{g} = \frac{49}{9.8} = 5\text{kg}$ Ans.

अतिलघु उत्तरीय (प्रश्न 1 अंक)

1. न्यूटन का गुरुत्वाकर्षण का सार्वत्रिक नियम लिखिए।
2. पृथ्वी व पृथ्वी के पृष्ठ पर पड़ी एक वस्तु के बीच लगने वाले गुरुत्वाकर्षण बल का समीकरण लिखिए।
3. क्या G (स्थिरांक) का मान सभी जगह बराबर होता है।
4. किसी वस्तु का भार ज्ञात कीजिए जिसका द्रव्यमान 1 kg है।
5. किसी वस्तु का भार पृथ्वी की सतह पर 10 kg है। अगर पृथ्वी के केन्द्र पर ले जाएँ तो उसका भार कितना होगा ? (उत्तर = 0)
6. किसी भी स्वतन्त्र रूप से गिरती हुई वस्तु का गुरुत्वीय त्वरण कितना होगा ?
7. गुरुत्वीय स्थिरांक का मान लिखिए और मात्रक भी लिखिए।
8. लोहे की कील पानी में क्यों डूब जाती है ?
9. एक कारक बताइए जिस पर 'g' निर्भर करता है।
10. किसी वस्तु का भार ज्ञात करने के लिए कौन–सी तुला का इस्तेमाल किया जाता है।

लघु उत्तरीय प्रश्न (2 अंक)

1. किसी वस्तु का द्रव्यमान 1600 gm पृथ्वी पर है। उसका द्रव्यमान चन्द्रमा पर कितना होगा। (उत्तर = 1600 gm)
2. एक ही कमरे में रखी दो वस्तुएँ एक–दूसरे को क्यों आकर्षित नहीं करती है।
3. पृथ्वी और चन्द्रमा की गति के लिए कौन–सा बल उत्तरदायी है और कैसे विभिन्न वस्तुएँ पृथ्वी के आसपास घूमती है।
4. आर्किमिडीज का सिद्धान्त क्या है ? उदाहरण सहित समझाइए।
5. ऐसे दो कारक बताइए जिन पर उत्प्लावन बल निर्भर करता है।

https://www.evidyarthi.in

दीर्घ उत्तरीय प्रश्न (3 अंक वाले)

1. आपेक्षिक घनत्व की परिभाषा दीजिए और एल्यूमिनियम का आपेक्षिक घनत्व ज्ञात कीजिए।
   (एल्यूमिनियम का घनत्व = 27000 m^3, जल का घनत्व = 1000 m^3) (उत्तर = 2.7)
2. एक बाल (गेंद) 1 m की ऊँचाई से छोड़ी जाती है। कितने समय में वह पृथ्वी की सतह पर पहुँचेंगे। ($t = 0.455$)
3. एक गेंद को ऊपर की ओर फेंका जाता है और फेंकने वाले के पास 6s के बाद नीचे आती है। निम्नलिखित चीजें ज्ञात कीजिए–
   (a) वह वेग जिससे गेंद ऊपर की ओर फेंकी जाती है। [$v = 29.4$ m/s, $h = 4.9$]
   (b) वह अधिकतम दूरी जहाँ तक वह गेंद जा सकती है।
   (c) 4 sec. पश्चात् उस गेंद की स्थिति। (उत्तर = 39.2 m)

evidyarthi

https://www.evidyarthi.in