बल एवं गति के नियम

2
अध्याय

सूची

- बल
- न्यूटन के गति के नियम
- संवेग संरक्षण का नियम
- घर्षण
- प्रणोद व दाब
- उत्पलावन
- घनत्व

➢ बल

वह बाह्य कारक जो वस्तु को गतिशील बनाये रखने की प्रवृत्ति रखता है या जो वस्तु की गति की चाल या दिशा परिवर्तित करता है या जो वस्तु की आकृति में परिवर्तन कर सकता है, बल कहलाता है।

बल की S.I. इकाई न्यूटन हैं।

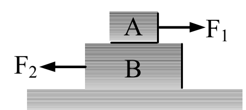
बलों के प्रकार :

(a) असम्पर्क बल :

ये वे बल है जिसमें दो वस्तुओं के मध्य सम्पर्क होना आवश्यक नहीं है। दो वस्तुओं के मध्य गुरूत्वाकर्षण बल तथा दो आवेशों के मध्य स्थिरवैद्युत बल क्षेत्र बलों के दो उदाहरण हैं।

(b) सम्पर्क बल :

सम्पर्क में रखी दो वस्तुऐं एक–दूसरे पर बराबर व विपरीत बल लगाती है। यदि सम्पर्क घर्षणहीन है तो सम्पर्क बल उभयनिष्ठ सतह के अभिलम्बवत् होता है तथा अभिलम्बवत् प्रतिक्रिया के रूप में जाना जाता है।



यदि किसी तरह, वस्तुयें खुरदरे सम्पर्क में है तथा बिना सम्पर्क छोड़े एक दूसरे के सापेक्ष गति करते हैं (या गति करने की प्रवृत्ति रखते हैं) तो घर्षण बल उत्पन्न होता है जो इस प्रकार की गति का विरोध करता है। पुनः प्रत्येक वस्तु दूसरी पर एक घर्षण बल आरोपित करती है तथा दोनों बल बराबर व विपरीत होते है। यह बल अभिलम्बवत् प्रतिक्रिया के अभिलम्बवत् होता हैं। इस प्रकार दो वस्तुओं के मध्य सम्पर्क बल (F) दो बलों का बना होता है।
(i) अभिलम्ब प्रतिक्रिया (N) (ii) घर्षण बल (f) तथा इस प्रकार दोनों बल एक दूसरे के अभिलम्बवत् है।

$$F = \sqrt{N^2 + f^2}$$

➢ न्यूटन के गति के नियम

(A) न्यूटन का प्रथम नियम :

एक पिण्ड स्वयं अपनी गति की अवस्था परिवर्तित नहीं कर सकता है। यदि वस्तु विराम अवस्था में है तो विराम में ही बनी रहेगी यदि वह एक समान गति में है, तो वह लगातार गति में बनी रहेगी जब तक कि उस पर बाह्रय बल न लगाया जाये।

◈ **जड़त्व :**

◆ किसी भी वस्तु का वह गुण जिसके कारण वह स्वयं अपनी गति या विराम की अवस्था में परिवर्तन नहीं कर सकती है। यह गुण जड़त्व कहलाता है।

◆ जड़त्व दो प्रकार का होता है– विराम का जड़त्व तथा गति का जड़त्व।

(a) विराम का जड़त्व :

यदि पिण्ड विराम में है, तो वह तब तक विराम में बना रहेगा जब तक कि उस पर कोई बाह्रय बल न लगाया जाये। उदाहरण निम्न है।

Ex. जब एक ट्रेन विराम से अचानक चलना प्रारम्भ करती है, तो डिब्बे के अन्दर खड़ा यात्री पीछे की ओर गिरने की प्रवृत्ति रखता है।

Ex. जब एक कारपेट को लकड़ी से पीटा जाता है, तो धूल कण उससे अलग हो जाते है।

Ex. जब एक गोली एक काँच की खिड़की पर दागी जाती है। गोली समूचे काँच के टुकड़ों में बिना तोड़े केवल उसी बिन्दु पर एक छिद्र करती है, जहाँ पर गोली ने काँच को छुआ हैं।

(b) गति का जड़त्व :

जब एक पिण्ड एकसमान गति में होता है, तो वह अपनी एकसमान गति बनाये रखना चाहता है अर्थात् वह गति के जड़त्व के कारण अपनी गति की अवस्था में किसी भी परिवर्तन का विरोध करता है।

Ex. जब व्यक्ति गतिशील बस के बाहर कूदता है, तो वह बस की गति की दिशा में चलता है अन्यथा वह नीचे गिरेगा।

Ex. एकसमान चाल से गतिशील एक ट्रेन के अन्दर एक यात्री द्वारा एक गेंद ऊपर उछाली जाये, तो गेंद पुनः उसके हाथ में आ जायेगी–

◆ **द्रव्यमान तथा जड़त्व में सम्बन्ध :**

Ex. पिण्ड का द्रव्यमान जितना अधिक होगा उतना ही जड़त्व भी अधिक होगा।

Ex. उदा. : टेनिस गेंद की अपेक्षा क्रिकेट गेंद को रोकना अधिक कठिन होता है।

(B) न्यूटन का गति का दूसरा नियम

संवेग : द्रव्यमान तथा वेग का गुणन "संवेग" कहलाता है अर्थात् $p = mv$

(a) इकाई : संवेग की SI इकाई kg-m/s होती है।

(b) यह एक सदिश राशि है।

न्यूटन का द्वितीय नियम कहता है कि "किसी पिण्ड के संवेग में परिवर्तन की दर बल के सीधे समानुपाती होती है तथा इसे बल की दिशा में लिया जाता है"

(a) अर्थात् $F = \frac{P_2 - P_1}{t}$ या $F = m\left(\frac{v-u}{t}\right) = m\vec{a}$

जहाँ p_1 = प्रारम्भिक संवेग = mu

p_2 = अन्तिम संवेग = mv

(b) बल की SI पद्धति में इकाई न्यूटन होती है।

(c) 1 N उस बल के तुल्य होता है जो 1 kg द्रव्यमान के पिण्ड में $1 m/s^2$ का त्वरण उत्पन्न कर सकें।

(d) बल की CGS पद्धति में मात्रक डाईन होता है।

$1 \text{ dyne} = 1 \text{ gm - cm/s}^2$

$1 \text{ N} = 10^5 \text{ dynes}$

Ex.1 2.4 kg द्रव्यमान के पिण्ड में $5 m/s^2$ का त्वरण उत्पन्न करने के लिये आवश्यक बल ज्ञात कीजिये।

Sol. हम जानते है कि बल = द्रव्यमान × त्वरण

$= 2.4 \text{ kg} \times 5 \text{ m/s}^2$

$= 12.0N$

Ex.2 2.5 kg द्रव्यमान का एक पिण्ड 20 m/s के वेग से गतिशील है। उसका संवेग ज्ञात कीजिये।

Sol. संवेग, $p =$ द्रव्यमान $\times$ वेग

जहाँ, द्रव्यमान $m = 2.5$ kg

वेग, $v = 20$ m/s

$\therefore$ संवेग, $p = mv = 2.5 \times 20$ kg-m/s

$= 50$ kg-m/s

◈ आवेग :

- यदि m द्रव्यमान के पिण्ड पर Δt समय अन्तराल के लिये बल F लगाया जाये तथा यदि वेग में परिवर्तन Δv है तो

  $m \Delta v = F \Delta t$

- $\therefore$ आवेग $= F\,dt = m \Delta v$

  आवेग = संवेग में परिवर्तन

- आवेग की इकाई न्यूटन $\times$ सेकण्ड होती है।

आवेग के उदाहरण

Ex. जब क्रिकेट गेंद को एक खिलाड़ी कैच करता है तो अपने हाथों को पीछे की ओर ले जाता है। क्रिकेट गेंद फीलडर की ओर अधिक संवेग से आती है। ऐसा करके वह गेंद का संवेग कम करने के लिये समय अन्तराल बढ़ाता है। संवेग के परिवर्तन की दर धीमी हो जाती है।

Ex.3 प्रारम्भ में विराम में स्थित 2.5 kg द्रव्यमान के एक पिण्ड पर 0.2 s के लिये एक बल कार्यरत है। बल तब कार्य करना बंद करता है तथा पिण्ड अगले एक सेकण्ड में 4m गति करता है। बल का परिमाण ज्ञात कीजिये।

Sol. जब बल कार्य करना बंद करता है, पिण्ड नियत वेग से गति करेगा। चूंकि वह 1 s में 4 m की दूरी तय करता है, इसलिये, उसका एकसमान वेग = 4m/s.

अब, प्रारम्भिक वेग, $u = 0$

अन्तिम वेग, $v = 4$ m/s

समय अन्तराल $\Delta t = 0.2$ s

$\therefore$ त्वरण, $a = \dfrac{v-u}{\Delta t} = \dfrac{4-0}{0.2} = 20\text{m/s}^2$

बल, $F = 2.5 \times 20 = 50$ N

Ex.4 20 gm द्रव्यमान की एक गेंद प्रारम्भ में 100 m/s के वेग से गतिशील है। गेंद पर 0.5s के लिये एक नियत बल लगाने पर, वह 150 m/s का वेग प्राप्त करती है। निम्न ज्ञात कीजिये–

(i) गेंद का प्रारम्भिक संवेग

(ii) गेंद का अन्तिम संवेग

(iii) संवेग के परिवर्तन की दर

(iv) गेंद का त्वरण

(v) आरोपित बल का परिमाण

Sol. दिया है, $m = 20 \text{ gm} = \dfrac{20}{1000} \text{ kg} = 0.02$ kg

प्रारम्भिक वेग, $u = 100$ m/s

समय अन्तराल, $t = 0.5$ s

अन्तिम वेग, $v = 150$ m/s

(i) गेंद का प्रारम्भिक संवेग

= द्रव्यमान $\times$ प्रारम्भिक वेग

या $P_1 = mu = 0.02 \text{ kg} \times 100$ m/s

$= 2 \text{ kg-ms}^{-1}$

(ii) गेंद का अन्तिम संवेग

= द्रव्यमान $\times$ अन्तिम वेग

या $P_2 = mv = 0.02 \text{ kg} \times 150$ m/s

$= 3 \text{ kg-ms}^{-1}$

(iii) संवेग के परिवर्तन की दर

$= \dfrac{\text{अंतिम संवेग} - \text{प्रारम्भिक संवेग}}{\text{समय}}$

या $\dfrac{\Delta P}{\Delta t} = \dfrac{3-2}{0.5} = \dfrac{1}{0.5} = 2.0 \text{ kg-ms}^{-1} = 2.0\text{N}$

(iv) त्वरण, $a = \dfrac{v-u}{t} = \dfrac{150-100}{0.5}$

$= 100\text{ms}^{-2}$

(v) बल, $F =$ द्रव्यमान $\times$ त्वरण

$= 0.02 \times 100 = 2.0$ N

Ex.5 40 m/s की चाल से गतिशील 200 gm द्रव्यमान की एक क्रिकेट गेंद 0.04s में एक खिलाड़ी द्वारा विराम में लायी जाती है। निम्न की गणना कीजिए।

(i) गेंद के संवेग में परिवर्तन,

(ii) खिलाड़ी द्वारा आरोपित औसत बल।

Sol. द्रव्यमान, $m = 200 \text{ gm} = \frac{200}{1000} \text{ kg} = 0.2 \text{ kg}$

प्रारम्भिक वेग, $u = 40$ m/s

अन्तिम वेग, $v = 0$

समय, $t = 0.04$ s

(i) प्रारम्भिक संवेग, $p_1 = mu = 0.2 \text{ kg} \times 40 \text{ m/s}$

$= 8.0 \text{ kg-ms}^{-1}$

अन्तिम संवेग, $p_2 = m \times v = 0.2 \times 0$

$= 0 \text{ kg-ms}^{-1}$

संवेग में परिवर्तन, $\Delta p = p_2 - p_1$

$= 0 - 8.0 \text{ kg ms}^{-1} = -8.0 \text{ kg-ms}^{-1}$

(ii) औसत बल = $\frac{\text{संवेग में परिवर्तन}}{\text{समय}}$

$$= \frac{-8.0 - 0}{0.04} = -200 \text{ N}$$

(ऋणात्मक चिन्ह यह दर्शाता है कि बल गेंद की गति की दिशा के विपरीत दिशा में लगाया जाता है)

Ex. 6 108 km/hr के वेग से गतिशील एक मोटर साईकिल ब्रेक लगाने के 5 s बाद रूकती है। मोटर साईकिल पर ब्रेक द्वारा आरोपित बल ज्ञात कीजिये यदि चालक सहित उसका द्रव्यमान 250 kg है।

Sol. दिया गया है मोटर साईकिल का प्रारम्भिक वेग

= 108 km/hr = 30 m/s

अन्तिम वेग = 0 m/s

रूकने में लगा समय = 5s, चालक सहित मोटर साईकिल का द्रव्यमान = 250 kg.

5s में मोटर साईकिल के वेग में परिवर्तन

= 0 – 30 = –30 m/s है।

इसलिये, मोटर साईकिल का त्वरण

$$a = \frac{-30}{5} = -6 \text{ m/s}^2$$

ब्रेक द्वारा आरोपित बल का परिमाण निम्न समीकरण द्वारा दिया जाता है,

F = द्रव्यमान × त्वरण

$= 250 \text{ kg} \times (6) \text{m/s}^2 = 1500 \text{ N}$

(C) न्यूटन का गति का तीसरा नियम

◆ न्यूटन का गति का पहला नियम बल का गुणात्मक आईडिया देता है, जबकि द्वितीय नियम बल मापने का आईडिया देता है।

◆ न्यूटन का गति का तीसरा नियम कहता है कि "यदि एक पिण्ड A पिण्ड B पर बल आरोपित करता है, तो पिण्ड B भी A पर समान तथा विपरीत बल आरोपित करेगा।"

◆ A द्वारा B पर आरोपित बल क्रिया कहलाती है जबकि B द्वारा A पर आरोपित बल प्रतिक्रिया कहलाती है।

◆ न्यूटन का तीसरा नियम इस तरह से भी कहा जा सकता है कि "प्रत्येक क्रिया की बराबर तथा विपरीत प्रतिक्रिया होती है।"

बल हमेशा युग्म में होते हैं।

◆ क्रिया व प्रतिक्रिया हमेशा भिन्न–भिन्न पिण्डों पर कार्यरत होती है।

उदा. : हथेली से टेबल पर मारने पर हम एक बल लगाते है। मेज भी हथेली पर मारने पर बल लगाती है।

❖ न्यूटन के तृतीय नियम के अनुप्रयोग :

◆ गन का प्रतिक्षिप्त होना – जब गन से गोली दागी जाती है, एक बराबर तथा विपरीत बल गन पर आरोपित होता है, जिसके कारण गन पीछे की दिशा में प्रतिक्षिप्त होती है।

◆ चलने में : जब आगे की ओर गति करते है, हम धरातल को पीछे की ओर धकेलते है। यह क्रिया होती है। एक बराबर तथा विपरीत बल आदमी पर

धरातल द्वारा लगाया जाता है। अतः यह प्रतिक्रिया है, जिसके कारण आदमी आगे की ओर गति करता है।

- नदी में बोट का तैरना : जब हम पानी को चपू (oars) की सहायता से पीछे धकेलते है (पीछे की ओर बल लगाकर), बोट पर एक बराबर तथा विपरीत बल कार्यरत होता है। यह प्रतिक्रिया है जो नॉव को आगे की ओर गति कराती है।
- रॉकेट प्रक्षेपण : रॉकेट में, गैसे अधिक मात्रा में उत्पन्न होती है। अन्तः दहन के कारण वे बाहर आती है तथा एक बराबर तथा विपरीत बल से जो रॉकेट पर कार्यरत होता है पीछे की ओर गति करती है तथा उसे आगे की ओर गति कराता है।

➢ संवेग संरक्षण का नियम

- संवेग सरंक्षण के नियम के अनुसार "यदि निकाय पर कोई बल कार्यरत नहीं हो, तो निकाय का संवेग अपरिवर्तित रहता है।"
- "यदि पिण्डों का एक समूह एक–दूसरे पर बल लगाता है, तो अन्तक्रिया के पहले तथा बाद का कुल संवेग संरक्षित रहता है। जबकि उन पर कोई बाह्य बल कार्यरत नहीं होता है"

  अर्थात् $m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$

Ex.7 5 kg द्रव्यमान की बन्दूक 40 gm द्रव्यमान की एक गोली दागती है। गोली बन्दूक की नाल को 200 m/s वेग से छोड़ती है। यदि गोली नाल से गति करने में 0.004 s का समय लेती है, तो निम्न ज्ञात कीजिये।

(i) नाल का प्रतिक्षिप्त वेग तथा

(ii) नाल के प्रतिक्षिप्त होने के कारण बन्दूक द्वारा अनुभव किया गया बल

Sol. (i) दिया गया बन्दूक का द्रव्यमान $m_1 = 5$ kg

गोली का द्रव्यमान, $m_2 = 40$ gm $= 0.04$ kg

प्रारम्भिक वेग, $u_1 = 0, u_2 = 0$

दागने के बाद गोली का वेग, $v_2 = 200$ m/s

बन्दूक का वेग, $v_1 = ?$

संवेग संरक्षण का नियम लगाने पर, हम प्राप्त करते है।

$$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$$

या $\quad 0 + 0 = 5 \times v_1 + 0.04 \times 200$

या $\quad v_1 = -\dfrac{0.04 \times 200}{5} = -1.6$ m/s

(ii) बन्दूक का प्रारम्भिक संवेग = 0

बन्दूक का अन्तिम संवेग $= 5 \text{ kg} \times (-1.6)$

$= -8$ kg-m/s

समय अन्तराल = 0.004 s

$$\therefore \quad \text{बल} = \frac{\text{संवेग में परिवर्तन}}{\text{समय अन्तराल}}$$

$$= \frac{-8\text{kg} - \text{ms}^{-1}}{0.004} = -2000 \text{ N}$$

Ex.8 200 m/s वेग से गतिशील 20 gm द्रव्यमान की एक गोली डोरी से लटके 980 gm द्रव्यमान के लकड़ी के ब्लॉक के अन्दर धंस जाती है। संयुक्त निकाय द्वारा प्राप्त वेग ज्ञात कीजिये

Sol. गोली का द्रव्यमान, $m_1 = 20$ gm

$= \dfrac{20}{1000}$ kg $= 0.02$ kg

गोली का वेग, $u_1 = 200$ m/s

गोली का संवेग $= m_1u_1$

$= 0.02 \times 200$ kg-m/s $= 4$ kg m/s

अब, गोली 980 gm द्रव्यमान के लकड़ी के ब्लॉक के अन्दर धंस जाती है। ब्लॉक तथा गोली का द्रव्यमान = 980 + 20

$= 1000$ gm $= 1$kg

माना संयुक्त निकाय का वेग = v

∴ संयुक्त निकाय का संवेग

$= 1 \times v$ kg-m/s = v kg-m/s

अब, संवेग संरक्षण के नियम लगाने पर,

$$m_1u_1 = (m_1 + m_2)v$$

or $4 = v$ ∴ $v = 4$ m/s

Ex.9 एक गनधारी का बन्दुक सहित द्रव्यमान 100 kg है, जो एक चिकनी सतह पर खड़ा है क्षैतिज रूप से 10 गोली दागता है। प्रत्येक गोली का द्रव्यमान 10 gm तथा नाल वेग 800 m/s है। 10 गोली दागने के बाद गनधारी कितना वेग प्राप्त करता है ?

Sol माना m_1 व m_2 गोली तथा गनधारी का द्रव्यमान है तथा पहली गोली दागने के बाद उनके वेग v_1 व v_2 है। प्रारम्भ में गनधारी तथा गोली विराम में है, इसलिये निकाय का प्रारम्भिक संवेग = 0

जैसे बाह्य बल शून्य है, निकाय का संवेग नियत होता है

अर्थात् प्रारम्भिक संवेग = अन्तिम संवेग

$= m_1v_1 + m_2v_2$

या $v_2 = -\dfrac{m_1v_1}{m_2} = -\dfrac{(10\times10^{-3}\,kg)(800\,m/s)}{100kg}$

$= -0.08$ m/s

10 गोली दागने के बाद प्राप्त वेग

$= 10\,v_2 = 10 \times (-0.08)$

$= -0.8$ m/s.

अर्थात् गनधारी का वेग 0.8 m/s गोली के वेग की विपरीत दिशा में होता है।

Ex.10 1 kg द्रव्यमान का एक पिण्ड विराम में स्थित दूसरे पिण्ड से प्रत्यास्थ रूप से टकराता है तथा समान दिशा में प्रारम्भिक वेग के एक-चौथाई वेग से गति करता रहता है। दूसरे पिण्ड का द्रव्यमान क्या होगा?

Sol . दिया है,

प्रारम्भिक वेग = u

अन्तिम वेग = $\dfrac{u}{4}$

अतः संवेग संरक्षण द्वारा, हम पाते हैं कि

$$1 \times u + 0 = 1 \times \frac{u}{4} + m \times v_2$$

$$\Rightarrow mv_2 = \frac{3u}{4} \quad ...(1)$$

तथा ऊर्जा संरक्षण के द्वारा, हम पाते हैं कि

$$\frac{1}{2} \times 1 \times u^2 + 0 = \frac{1}{2} \times 1 \left(\frac{u}{4}\right)^2 + \frac{1}{2} mv_2^2$$

$$\text{या} \quad mv_2^2 = \frac{15}{16} u^2 \quad ...(2)$$

समी. (1) व (2) से,

$$= \frac{(mv_2)^2}{mv_2^2} = \frac{(9/16)u^2}{(15/16)u^2}$$

या $m = 0.6$ kg

➤ घर्षण

यदि कार के इंजन का स्विच बन्द किया जाये तो वह कुछ दूरी तय करने के बाद रूकती है। इसका अर्थ है कि कुछ मंदन बल कार पर कार्यरत होते है जो उसे रोकते है। बल जो कार की गति का विरोध करते है "घर्षण बल" कहलाते है।

◆ घर्षण बल सम्पर्कीत सतहों के स्पर्शीय होता है तथा हमेशा वस्तु की गति की दिशा के विपरीत दिशा में कार्यरत होता है

(a)

(b)

◆ घर्षण बल वह बल है जो दो सतहों जो एक-दूसरे के सम्पर्क में होते है के मध्य सापेक्ष गति का विरोध करता है।

◈ घर्षण को कम करना

घर्षण बल निम्न तरीकों से कम किया जा सकता है:

- **स्नेहक का उपयोग :** मशीन में, सतहों में महीन छिद्र भरने के लिये सम्पर्कीत सतहों के मध्य स्नेहक डालकर घर्षण कम किया जा सकता है
- **पॉलिश :** सतहों की असमानता पॉलिश करके कम की जा सकती है, अर्थात् घर्षण कम किया जा सकता है
- **बॉल वियरिंग का उपयोग :** घूर्णन करने वाली मशीन में, शाफ्ट बॉल बियरिंग पर लगी होती है। ऐसा करने से, लोटनी घर्षण फिसलन घर्षण से कम प्राप्त होता है, अर्थात् घर्षण कम किया जा सकता है
- **स्ट्रीमलाईनिंग द्वारा :** वायु घर्षण को हवाई जहाजों की बॉडी स्ट्रीमलाईन डिजायन कर कम किया जाता है। इसी प्रकार, यदि नाव व जहाज की बॉडी स्ट्रीमलाईन डिजाइन की जाये, तो पानी का घर्षण कम किया जा सकता है

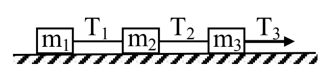
◈ घर्षण से हानि :

- टूटन तथा घिसना : मशीन के अवयव जैसे गीयर, ब्रेक जब वे लगातार एक-दूसरे के साथ सम्पर्क में आते है, ये धीरे-धीरे घीस जाते है, जिन्हें समय-समय पर प्रतिस्थापित करना पड़ता है
- घर्षण मशीन की दक्षता कम कर देता है
- मशीन में घर्षण, ऊष्मा तथा अवांछित शोर उत्पन्न करता है जो मशीन को नुकसान पहुँचाता है। अधिक ऊष्मा को कम करने के लिये, सामान्यतया मशीन में पानी का प्रवाह किया जाता है।

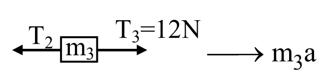
◈ घर्षण बलों के अनुप्रयोग

- हम चलने में सक्षम नही होगें यदि हमारे जूते के सोल तथा धरातल के मध्य घर्षण नही हो
- यदि घर्षण नही है, तो कार के पहिये घूर्णन के बजाय फिसलेगें तथा कार गति करना बन्द कर देगी। इसके लिये हमें घर्षण बढ़ाना होगा। टायर की सड़क पर अच्छी पकड़ हो इसके लिये टायर पर नालीयाँ जालीयाँ बनाई जाती है। जिससे घर्षण बढ़ता है
- जब ब्रेक लगाये जाते है, ब्रेक लाईनिंग तथा ड्रम के मध्य घर्षण बल के कारण वाहन रूकता है
- घर्षण की अनुपस्थिति में, हम चॉक से ब्लेकबोर्ड पर नही लिख सकते है क्योंकि चॉक बोर्ड पर बिना कुछ लिखें फिसल जाती है।

Ex.11 तीन ब्लॉकों को चित्र में दर्शाये अनुसार डोरी से साथ-साथ कसा गया है। वे एक क्षैतिज घर्षणहीन मेज पर स्थित है। उन्हें $T_3 = 12N$ बल से दायीं ओर खींचा गया है। यदि $m_1 = 1$ kg, $m_2 = 2$kg, व $m_3 = 3$ kg है, तो तनाव T_1 ज्ञात कीजिये।

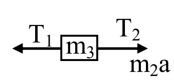


Sol.



$m_3a = T_3 - T_2$

$\Rightarrow 3a = 12 - T_2$ ...(1)



$m_2a = T_2 - T_1$

$\Rightarrow\ 2a = T_2 - T_1$ ...(2)

from (1) & (2)

$5a = 12 - T_1$ ...(3)

$m_1 a = T_1 \Rightarrow a = T_1$ ...(4)

from (3) & (4)

$5T_1 = 12 - T_1 \Rightarrow T_1 = 2N$

➤ प्रणोद तथा दाब

(A) प्रणोद :

- सतह पर अभिलम्ब रूप से कार्यरत बल 'प्रणोद' कहलाता है।
- यह एक सदिश राशि है
- इसे न्यूटन (N) में मापा जाता है

(B) दाब :

- सतह के इकाई क्षेत्रफल पर लगने वाला प्रणोद 'दाब' कहलाता है।
- दाब = $\frac{\text{प्रणोद(बल)}}{\text{क्षेत्रफल}}$ या $P = \frac{F}{A}$
- मात्रक : दाब की SI इकाई न्यूटन प्रति वर्ग मीटर या N/m^2 होती है। दाब के अन्य मात्रक पास्कल तथा बार है
- एक पास्कल : एक पास्कल 1 न्यूटन के प्रणोद द्वारा $1m^2$ के पृष्ठीय क्षेत्रफल पर आरोपित दाब के रूप में परिभाषित होता है अर्थात् 1 पास्कल = 1 N/m^2

◈ दाब पर आधारित कुछ उदाहरण

- एक पिन को लकड़ी के ब्लॉक में प्रवेश कराना समान बल से लकड़ी के ब्लॉक के अन्दर एक छड़ को प्रवेश कराने की अपेक्षा आसान होता है, क्योंकि पिन कम क्षेत्रफल रखती है। अतः वह समान बल के साथ भी अधिक दाब अनुभव करेगी
- एक नुकीला चाकू मोटे चाकू की अपेक्षा अच्छा काटता है।
- जब हम चलते है, एक आदमी धरातल पर, जब वह खड़ा है, की अपेक्षा अधिक दाब लगाता है

◈ तरल में दाब

- कोई पदार्थ जो प्रवाहित हो सकता है 'तरल' कहलाता है। द्रवों तथा गैसों को तरलों के रूप में लेते है।

◈ दाब का नियम

- द्रव द्वारा आरोपित दाब किसी बिन्दु के सापेक्ष सभी दिशाओं में समान होता है
- क्षैतिज तल के साथ-साथ स्थिर द्रव में सभी बिन्दुओं पर आरोपित दाब समान होता है
- एक विशेष गहराई पर दाब

$P = hdg$

जहाँ h = द्रव के स्तम्भ की ऊँचाई

d = द्रव का घनत्व

g = गुरूत्वीय त्वरण

विभिन्न प्रकार के दाब :

(A) द्रव स्थैतिक दाब :

अभिलम्ब बल (या धक्का) जो द्रव के साथ सम्पर्कीत सतह के प्रति इकाई क्षेत्रफल पर विराम में स्थित द्रव द्वारा आरोपित होता है, द्रव का दाब या "द्रव स्थैतिक दाब" कहलाता है।

(B) वायुमण्डलीय दाब :

- वायुमण्डल द्वारा आरोपित दाब वायुमण्डलीय दाब कहलाता है

- समुद्र तल पर, वायुमण्डलीय दाब वह दाब है जो पारे के स्तम्भ के 0.76 m द्वारा आरोपित होता है। जैसे कि h = 0.76 m बराबर है 10 पास्कल के।
- 1 atm = 10^5 पास्कल

Ex.12 1.2 gm/cm^3 घनत्व के खारे पानी में 15cm की गहराई पर N/m^2 में दाब क्या होगा ?

Sol. P = hdg

$$= \frac{15}{100} \times \frac{1.2}{1000} \times 100 \times 100 \times 100 \times 10$$

$$= 1800 \text{ N/m}^2$$

Ex.13 द्रव का घनत्व ज्ञात कीजिये यदि उसकी सतह के नीचे 30 m बिन्दु पर दाब 32×10^4 N/m^2 है।

Sol. P = hdg

$$\Rightarrow \quad d = \frac{P}{hg} = \frac{32 \times 10^4}{30 \times 10} = 1066.6 \text{ kg/m}^3$$

Ex.14 1.5 m^2 के क्षेत्रफल पर 150 N का बल लगाया गया है। आरोपित दाब ज्ञात कीजिये।

Sol. बल, F = 150 N; क्षेत्रफल, A = 1.5 m^2

अब, दाब = $\frac{\text{बल}}{\text{क्षेत्रफल}}$

या $$P = \frac{F}{A} = \frac{150N}{1.5m^2} = 100 \text{ N/m}^2$$

Ex.15 500 डाईन का एक बल 20 cm^2 के क्षेत्रफल पर लगाया गया है। आरोपित दाब ज्ञात कीजिये।

Sol. बल, F = 500 dynes = 500 × 10^{-5} न्यूटन

क्षेत्रफल, A = 20 cm^2 = 20 × 10^{-4} m^2

दाब, $$P = \frac{F}{A} = \frac{500 \times 10^{-5} N}{20 \times 10^{-4} m^2} = 2.5 \text{ N/m}^2$$

➤ उत्प्लावन

जब एक पिण्ड को द्रव में डूबाया जाता है, तो द्रव पिण्ड पर ऊपर की ओर बल लगाता है जिसे उत्प्लावन बल कहा जाता हैं।

उत्प्लावन को प्रभावित करने वाले कारक :

- अधिक आयतन के पिण्ड को द्रव में डूबाया जाता है, तो उत्प्लावन अधिक होता है
- द्रव का घनत्व अधिक होता है, तो उत्प्लावन भी अधिक होता है।

आर्कमिडीज का सिद्धान्त :

'आर्कमिडीज' सिद्धान्त के अनुसार जब एक पिण्ड को द्रव में आंशिक रूप से या पूर्णतया डूबाया जाये, तो वह विस्थापित द्रव के भार के बराबर उत्प्लावन अनुभव करता है"

या ब्लॉक के भार में हानि अर्थात् ब्लॉक पर कार्यरत उत्प्लावन बल विस्थापित द्रव के भार के बराबर होता है

अर्थात् F = Vdg

जहाँ V = पिण्ड का आयतन

d = द्रव का घनत्व

g = गुरूत्वीय त्वरण

Ex.16 एक पिण्ड का वायु में भार 300 gmf तथा पूर्णतया पानी में डूबाने पर 260 gmf है। निम्न ज्ञात कीजिये

(i) पिण्ड के भार में कमी

(ii) पिण्ड पर उत्प्लावन बल

Sol. दिया है : वायु में पिण्ड का भार = 300 gmf

पानी में पिण्ड का भार = 260 gmf

∴ पिण्ड के भार में हानि

= 300 – 260 = 40 gmf

∴ पिण्ड का उत्प्लावन = भार में हानि

= 40 gmf

Ex.17 2 लिटर आयतन का एक ठोस ब्लॉक 80 N का भार रखता है। उसका भार क्या होगा जब पानी में पूर्णतया डूबाया जाये ?

Sol. पानी में ब्लॉक का भार ज्ञात करने के लिये, पहले उत्प्लावन ज्ञात करते है अर्थात् पानी में पिण्ड के भार में कमी,

तब ब्लॉक का आयतन = 2 लीटर = 2000 cc

∴ विस्थापित पानी का आयतन = 2000 cc

विस्थापित पानी का भार = 2000 gm

= 2.0 kgf

(पानी का घनत्व = 1 gm/cc)

= 2.0 × 9.8 N = 19.6 N

∴ पानी का उत्प्लावन = 19.6 N

अतः, पूर्णतया डूबे हूये पिण्ड का भार

= 80 N – 19.6 N = 60.4 N

Ex.18 D घनत्व का एक ठोस ब्लॉक जो वायु में W भार रखता है को d घनत्व के द्रव में पूर्णतया डूबाया गया है। उसका आभासी भार ज्ञात कीजिये जब द्रव में पूर्णतया डूबाया जाता है

Sol. ब्लॉक का भार = W

ब्लॉक का घनत्व = D

∴ ब्लॉक का आयतन = $\frac{W}{D} . d$

∴ ब्लॉक पर उत्प्लावन = $\frac{W}{D} .d$

∴ द्रव के अन्दर ब्लॉक के भार में कमी

$$= \frac{W}{D} .d$$

अतः पानी में पूर्णतया डूबाने पर ब्लॉक का आभासी भार

$$= W - \frac{W}{D} d = W \left(1 - \frac{d}{D}\right)$$

➤ घनत्व

- घनत्व = $\frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आयतन}}$ या $d = \frac{M}{V}$
- घनत्व की SI इकाई kg/m^3 तथा घनत्व का CGS मात्रक g/cm^3 है
- $1\ gm/cm^3 = 1000\ kg/m^3$
- भिन्न-भिन्न पदार्थ भिन्न-भिन्न घनत्व रखते है जो ताप द्वारा प्रभावित होता है
- गर्म करने पर पदार्थ का आपेक्षिक घनत्व पदार्थ के प्रसार के कारण घटता है
- पानी असंगत प्रसार रखता है। जब पानी 4ºC पर ठण्डा होता है, उसका आयतन घटता है लेकिन ओर अधिक ठण्डा करने पर उसका आयतन बढ़ना प्रारम्भ हो जाता है

⇒ पानी का घनत्व 4ºC पर अधिकतम होता है.

◈ आपेक्षिक घनत्व

पदार्थ का आपेक्षिक घनत्व

$$= \frac{\text{पदार्थ का घनत्व}}{4^\circ C \text{ पर पानी का घनत्व}}$$

$$= \frac{\text{पदार्थ के इकाई आयतन का द्रव्यमान}}{4^\circ C \text{ पर पानी के इकाई आयतन का द्रव्यमान}}$$

$$= \frac{\text{पदार्थ के निश्चित आयतन का द्रव्यमान}}{4^\circ C \text{ पर पानी के समान आयतन का द्रव्यमान}}$$

$$= \frac{\text{पदार्थ के निश्चित आयतन का भार}}{4^\circ C \text{ पर पानी के समान आयतन का भार}}$$

◈ आपेक्षिक घनत्व की इकाई

इसका कोई मात्रक नही होता है

नोट : CGS पद्धति में पानी का घनत्व $1\ gm/cm^3$ है

◈ **ठोसों के लिये आपेक्षिक घनत्व**

अर्थात् $R.D = \frac{W_1}{W_1 - W_2}$

जहाँ W_1 = वायु में ठोस पिण्ड का भार

W_2 = पानी में ठोस पिण्ड का भार

◈ **द्रवों के लिये आपेक्षिक घनत्व**

अर्थात् $R.D. = \frac{W - W''}{W - W'}$

जहाँ

W' = पानी में पूर्णतया डूबे हुये पिण्ड का भार

W" = द्रव में पूर्णतया डूबे हुये पिण्ड का भार

W = वायु में पिण्ड का भार

Ex.19 एक पिण्ड का वायु में भार 30 N तथा पानी में पूर्णतया डूबाने पर 26 N है। उसका आपेक्षिक घनत्व ज्ञात कीजिये।

Sol. दिया है : वायु में पिण्ड का भार, $W_1 = 30$ N

पानी में पिण्ड का भार, $W_2 = 26$ N

$\therefore$ आपेक्षिक घनत्व $= \frac{W_1}{W_1 - W_2}$

$= \frac{30}{30 - 26} = 7.5$

Ex.20 ताँबे का आपेक्षिक घनत्व 8.8 है। SI पद्धति में उसका घनत्व क्या है ?

Sol. R.D. = $\frac{\text{ताँबे का घनत्व}}{\text{पानी का घनत्व}}$

$\therefore$ ताँबे का घनत्व = R.D. × पानी का घनत्व

$= 8.8 \times 10^3$ kg/m^3

Ex.21 एक ठोस का वायु में भार 60 gmf तथा पानी में पूर्णतया डूबाने पर भार 52 gmf है निम्न ज्ञात कीजिये:

(i) उत्प्लावन,

(ii) ठोस का आयतन,

(iii) ठोस का आपेक्षिक घनत्व

Sol. दिया है:

वायु में ठोस का भार = 60 gmf

पानी में ठोस का भार = 52 gmf

$\therefore$ पानी में भार की हानि = 60 – 52 = 8 gmf

(i) $\therefore$ उत्प्लावन = पानी में भार की हानि = 8 gmf

(ii) चूंकि पानी का घनत्व 1 gm/cm^3 है तथा पानी के समान आयतन का भार = 8 gmf

$\therefore$ ठोस का आयतन = 8 cm^3

(iii) ठोस का आपेक्षिक घनत्व $= \frac{W_1}{W_1 - W_2}$

$= \frac{60}{60 - 52} = 7.5$