

Chapter-(Laws of Motion

गति के नियम

प्रश्नावली

प्रश्न 1. निम्नलिखित पर कार्यरत् नेट बल का परिमाण व उसकी दिशा लिखिए

- (a) एकसमान चाल से नीचे गिरती वर्षा की कोई बूँद,
- (b) जल में तैरता 10 g संहति का कोई कार्क,
- (c) कुशलता से आकाश में स्थिर रोकी गई कोई पतंग,
- (d) 30 km/h के एकसमान वेग से ऊबड़-खाबड़ सड़क पर गतिशील कोई कार,
- (e) सभी गुरुत्वाय पिण्डों से दूर तथा विद्युत और चुम्बकीय क्षेत्रों से मुक्त, अंतरिक्ष में तीव्र चाल वाला इलेक्ट्रॉन।

बल $F = ma$, अर्थात् किसी अत्यरित कण पर कार्यरत् बल शून्य होता है। ($\because a = 0, \therefore F = 0$)

हल (a) क्योंकि वर्षा की बूँद एक नियत चाल से नीचे गिर रही है, अतः इसका त्वरण शून्य है। न्यूटन के गति के द्वितीय नियम से, बूँद पर कार्यरत् परिणामी बल $F = ma = 0$ है।
(b) तैरने की अवस्था में, किसी वस्तु का भार उस पर कार्यरत् उत्पादन बल से सन्तुलित होता है। अतः जल पर तैरते कार्क पर कार्यरत् परिणामी बल शून्य है।
(c) आकाश में पतंग को कुशलता से स्थिर रोका गया है, अतः पतंग का त्वरण शून्य है। अतः पतंग पर कार्यरत् परिणामी बल $F = ma = 0$ है।
(d) क्योंकि कार एक नियत वेग से गति कर रही है, अतः इसका त्वरण शून्य है। अतः कार पर कार्यरत् बल $F = ma = 0$ है।
(e) क्योंकि इलेक्ट्रॉन अंतरिक्ष में गुरुत्वाय पिण्डों से दूर तथा विद्युत और चुम्बकीय क्षेत्रों से मुक्त क्षेत्र में गति कर रहा है। अतः इलेक्ट्रॉन पर कार्यरत् परिणामी बल शून्य है।

प्रश्न 2. 0.05 kg संहति का कोई कंकड़ ऊर्ध्वाधर ऊपर फेंका गया है। नीचे दी गई प्रत्येक परिस्थिति में कंकड़ पर लग रहे नेट बल का परिमाण व उसकी दिशा लिखिए।

- (a) उपरिमुखी गति के समय।
- (b) अधोमुखी गति के समय।
- (c) उच्चतम बिंदु पर जहाँ क्षण भर के लिए यह विराम में रहता है। यदि कंकड़ को क्षैतिज दिशा से 45° कोण पर फेंका जाए, तो क्या आपके उत्तर में कोई परिवर्तन होगा? (वायु प्रतिरोध को उपेक्षणीय मानिए)

हल जब एक वस्तु को ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर फेंका जाता है अथवा वह मुक्त रूप से गुरुत्व के अन्तर्गत गिरता है तब उस पर पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण के कारण एक त्वरण $g = 10\text{ m/s}^2$ नीचे की ओर कार्य करता है।

कंकड़ का द्रव्यमान (m) = 0.05 kg

- (a) ऊपर की ओर गति के समय

कंकड़ पर कार्यरत् परिणामी बल (F) = ma

$$= 0.05 \times 10\text{ N} = 0.50\text{ N} \text{ (ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर)}$$

(b) नीचे की ओर गति के समय

$$\begin{aligned} \text{कंकड़ पर कार्यरत परिणामी बल } (F) &= ma \\ &= 0.05 \times 10 \text{ N} \\ &= 0.50 \text{ N} \quad (\text{ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर}) \end{aligned}$$

(c) उच्चतम बिन्दु पर

$$\begin{aligned} \text{कंकड़ पर कार्यरत परिणामी बल } (F) &= ma \\ &= 0.05 \times 10 \text{ N} \\ &= 0.50 \text{ N} \quad (\text{ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर}) \end{aligned}$$

यदि कंकड़ को क्षेत्रिज से 45° के कोण पर फेंका जाए तब उस पर कार्यरत त्वरण तथा उस पर कार्यरत बल अर्थात् 0.50 N (ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर) अपरिवर्तित रहता है। खण्ड (c) में उच्चतम बिन्दु पर वेग का ऊर्ध्वाधर घटक शून्य होगा परन्तु वेग का क्षेत्रिज घटक शून्य नहीं होगा।

प्रश्न 3. 0.1 kg संहति के पत्थर पर कार्यरत नेट बल का परिमाण व उसकी दिशा निम्नलिखित परिस्थितियों में ज्ञात कीजिए

- (a) पत्थर को स्थिर रेलगाड़ी की खिड़की से गिराने के तुरंत पश्चात्।
- (b) पत्थर को 36 km/h के एकसमान वेग से गतिशील किसी रेलगाड़ी की खिड़की से गिराने के तुरंत पश्चात्।
- (c) पत्थर के 1 ms^{-2} के त्वरण से गतिशील किसी रेलगाड़ी की खिड़की से गिराने के तुरंत पश्चात्।
- (d) पत्थर 1 ms^{-2} के त्वरण से गतिशील किसी रेलगाड़ी के फर्श पर पड़ा है तथा वह रेलगाड़ी के सापेक्ष विराम में है।

उपरोक्त सभी स्थितियों में वायु का प्रतिरोध उपेक्षणीय मानिए।

किसी वस्तु को ट्रेन से फेंका जाता है तब ठीक उसी क्षण से वस्तु पर ट्रेन का प्रभाव शून्य हो जाता है अर्थात् वस्तु पर ट्रेन के त्वरण का प्रभाव शून्य हो जाता है।

हल पत्थर का द्रव्यमान (m) = 0.1 kg

- (a) जब पत्थर को स्थिर रेलगाड़ी की खिड़की से गिराया जाता है तो यह मुक्त रूप से गुरुत्व के अंतर्गत गिरती है।
 $\therefore \text{पत्थर पर कार्यरत बल } (F) = mg = 0.1 \times 10$
 $= 1.0 \text{ N} \quad (\text{ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर})$
- (b) रेलगाड़ी 36 km/h के एकसमान वेग से गति कर रही है। अतः उसकी खिड़की से पत्थर गिराने के तुरन्त बाद पत्थर का क्षेत्रिज त्वरण शून्य होगा। अतः पत्थर पर कार्यरत परिणामी बल (F) = $mg = 0.1 \times 10$
 $= 1.0 \text{ N} \quad (\text{ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर})$
- (c) रेलगाड़ी 1 m/s^2 के त्वरण से त्वरित गति कर रही है परन्तु उसकी खिड़की से गिराने के तुरन्त पश्चात् पत्थर का क्षेत्रिज त्वरण शून्य होगा। अतः पत्थर पर कार्यरत परिणामी बल

$$f = mg = 0.1 \times 10 = 1.0 \text{ N} \quad (\text{ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर})$$

(d) जब पथर रेलगाड़ी के फर्श पर पड़ा है, तब यह रेलगाड़ी के त्वरण से गति करेगा।

$$\therefore \text{पथर पर कार्यरत् परिणामी बल } (F) = ma$$

$$= 0.1 \times 1 = 0.1 \text{ N} \quad (\text{रेलगाड़ी की गति की दिशा में})$$

प्रश्न 4. 1 लंबाई की एक डोरी का एक सिरा m संहति के किसी कण से तथा दूसरा सिरा चिकनी क्षैतिज मेज पर सागी खूंटी से बैधा है। यदि कण v चाल से वृत्त में गति करता है तो कण पर (केन्द्र की ओर निर्देशित) नेट बल है

(i) T (ii) $T - \frac{mv^2}{l}$ (iii) $T + \frac{mv^2}{l}$ (iv) 0

T डोरी में तनाव है। सही विकल्प चुनिए।

जब डोरी से बंधा एक पिण्ड वृत्तीय पथ पर गति करता है तब आवश्यक अभिकेन्द्र बल डोरी में तनाव से प्राप्त होता है।

हल जब डोरी से बैधा कोई कण वृत्तीय पथ पर गति करता है तो आवश्यक अभिकेन्द्र बल डोरी में तनाव से प्राप्त होता है।

\therefore कण पर केन्द्र की ओर कार्यरत् परिणामी बल

$$= \text{अभिकेन्द्र बल} = \text{डोरी में तनाव} = T$$

\therefore सही विकल्प T है।

प्रश्न 5. 15 ms^{-1} की आरंभिक चाल से गतिशील 20 kg संहति के किसी पिण्ड पर 50 N का स्थाई मंदन बल आरोपित किया गया है। पिण्ड को रुकने में कितना समय लगेगा?

हल मन्दन बल $F = -50 \text{ N}$

पिण्ड की संहति $m = 20 \text{ kg}$

प्रारंभिक चाल $u = 15 \text{ m/s}$

अन्तिम चाल $v = 0$

समय $t = ?$

बल $F = ma$

$$\text{या} \quad a = \frac{F}{m} = -\frac{50}{20} = -2.5 \text{ m/s}^2 \quad (\text{प्रतिकर्षण})$$

गति के समीकरण $v = u + at$ से,

$$\therefore \quad 0 = 15 + (-2.5)t$$

$$\text{अथवा} \quad t = \frac{15}{2.5} = 6 \text{ s}$$

प्रश्न 6. 3.0 kg संहति के किसी पिण्ड पर आरोपित कोई बल 25 s में उसकी चाल को 2.0 ms^{-1} से 3.5 m s^{-1} कर देता है। पिण्ड की गति की दिशा अपरिवर्तित रहती है। बल का परिमाण व दिशा क्या है?

हल पिण्ड की संहति $m = 3.0 \text{ kg}$

प्रारम्भिक चाल $u = 2.0 \text{ m/s}$

अन्तिम चाल $v = 3.5 \text{ m/s}$

समय $t = 25 \text{ s}$

बल $F = ?$

गति के प्रथम समीकरण $v = u + at$ से

$$\therefore 3.5 = 2.0 + a \times 25$$

$$\text{अथवा} \quad a = \frac{3.5 - 2.0}{25} \text{ m/s}^2$$

$$\text{त्वरण } a = \frac{1.5}{25} \text{ m/s}^2$$

$$\therefore \text{पिण्ड पर कार्यरत बल } F = ma$$

$$= 3.0 \times \frac{1.5}{25} = \frac{4.5}{25} \text{ N} = 0.18 \text{ N}$$

क्योंकि पिण्ड की गति की दिशा अपरिवर्तित रहती है, इसलिए पिण्ड पर कार्यरत बल की दिशा गति की दिशा में है।

प्रश्न 7. 5.0 kg संहति के किसी पिण्ड पर 8 N व 6 N के दो लम्बवत् बल आरोपित हैं। पिण्ड के त्वरण का परिमाण व दिशा ज्ञात कीजिए।

हल पिण्ड का द्रव्यमान $m = 5 \text{ kg}$

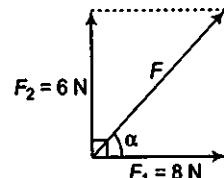
पिण्ड पर कार्यरत बल $F_1 = 8 \text{ N}$

बल F_1 के लम्बवत् पिण्ड पर कार्यरत बल

$$F_2 = 6 \text{ N}$$

दोनों बलों के बीच कोण $\theta = 90^\circ$

पिण्ड पर कार्यरत परिणामी बल



$$\begin{aligned} F &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta} \\ &= \sqrt{(8)^2 + (6)^2 + 2 \times 8 \times 6 \times \cos 90^\circ} \\ &= \sqrt{64 + 36} \\ &= 10 \text{ N} \end{aligned} \quad (\because \cos 90^\circ = 0)$$

यदि परिणामी बल F , बल F_1 से α कोण बनाए तब,

$$\tan\alpha = \frac{F_2}{F_1} = \frac{6}{8} = 0.75$$

$$= \tan 36^\circ 53'$$

$$\alpha = 36^\circ 53'$$

\therefore

सम्बन्ध $F = ma$ से,

$$\text{त्वरण } a = \frac{F}{m} = \frac{10}{5} = 2 \text{ m/s}^2$$

\therefore पिण्ड पर 2 m/s^2 का त्वरण बल F_1 की दिशा से $36^\circ 53'$ पर कार्य कर रहा है।

प्रश्न 8. 36 km h^{-1} की चाल से गतिमान किसी ऑटो रिक्षा का चालक सड़क के बीच एक बच्चे को खड़ा देखकर अपने वाहन को ठीक 4.0 s में रोककर उस बच्चे को बचा लेता है। यदि ऑटो रिक्षा बच्चे के ठीक निकट रुकता है, तो वाहन पर लगा औसत मंदन बल क्या है? ऑटो रिक्षा तथा चालक की संहतियाँ क्रमशः 400 kg और 65 kg हैं।

$$\text{हल } \text{ऑटो रिक्षा की प्रारंभिक चाल } u = 36 \text{ km/h} = 36 \times \frac{5}{18} \text{ m/s}$$

$$= 10 \text{ m/s} \quad \left(\because 1 \text{ km/h} = \frac{5}{18} \text{ m/s} \right)$$

ऑटो रिक्षा की अन्तिम चाल $v = 0$

समय $t = 4.0 \text{ s}$

ऑटो रिक्षा का द्रव्यमान $m_1 = 400 \text{ kg}$

चालक का द्रव्यमान $m_2 = 65 \text{ kg}$

$$\text{कुल द्रव्यमान } m = m_1 + m_2 = 400 + 65 = 465 \text{ kg}$$

गति के समीकरण $v = u + at$ से,

$$0 = 10 + a \times 4.0$$

$$\text{अथवा} \quad a = -\frac{10}{4.0} \text{ m/s}^2 = -2.5 \text{ m/s}^2$$

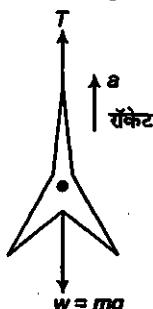
(त्वरण का ऋणात्मक चिह्न प्रदर्शित करता है कि यह मन्दन है।)

\therefore वाहन पर लगा औसत मंदन बल

$$F = ma = 465 \times (-2.5) \text{ N} = -1162.5 \text{ N}$$

प्रश्न 9. 20000 kg उत्थापन संहति के किसी रोकेट में 5 m/s^{-2} के आरंभिक त्वरण के साथ कपर की ओर स्फोट किया जाता है। स्फोट का आरंभिक प्रणोद (बल) परिकलित कीजिए।

हल रोकेट का प्रारंभिक द्रव्यमान $m = 20000 \text{ kg}$



प्रारम्भिक त्वरण $a = 5.0 \text{ m/s}^2$ (ऊपर की ओर)

माना स्फोट का आरम्भिक प्रणोद T है।

$$\therefore T - mg = ma$$

अथवा $T = mg + ma = m(g + a)$

$$= 20000 \times (9.8 + 5.0)$$

$$= 2 \times 10^4 \times 14.8 \text{ N}$$

$$= 29.6 \times 10^4 \text{ N} = 2.96 \times 10^5 \text{ N}$$

प्रश्न 10. उत्तकर की ओर 10 ms^{-1} की एकसमान आरंभिक चाल से गतिमान 0.4 kg संहति के किसी पिण्ड पर दक्षिण दिशा के अनुदिश 8.0 N का स्थाई बल 30 s के लिए आरोपित किया गया है। जिस क्षण बल आरोपित किया गया उसे $t = 0$ तथा उस समय पिण्ड की स्थिति $x = 0$ लीजिए। $t = -5 \text{ s}, 25 \text{ s}, 100 \text{ s}$ पर इस कण की स्थिति क्या होगी?

बल पिण्ड का द्रव्यमान $m = 0.40 \text{ kg}$

पिण्ड की प्रारम्भिक चाल $u = 10 \text{ m/s}$

(उत्तर की ओर)

$$\text{बल } F = 8.0 \text{ N}$$

(दक्षिण की ओर)

$= -8.0 \text{ N}$ (ऋणात्मक चिह्न प्रदर्शित करता है कि यह एक मंदन बल है)

समय $t = 30 \text{ s}$

समय $t = 0$, पर पिण्ड की स्थिति $x = 0$

(i) $t = -5 \text{ s}$ पर पिण्ड की स्थिति

समय $t = -5 \text{ s}$ से $t = 0 \text{ s}$ तक पिण्ड की गति अत्यरित है। (उत्तर की ओर)

\therefore पिण्ड द्वारा तय की गई दूरी $(x)_{-5} = u \times t$

$$(x)_{-5} = 10 \times (-5) = -50 \text{ m}$$

(ii) $t = -25 \text{ s}$ पर पिण्ड की स्थिति

समय $t = 0 \text{ s}$ से $t = 25 \text{ s}$ तक पिण्ड त्वरित गति में है।

$$\text{त्वरण } a = \frac{F}{m}$$

(पिण्ड में $0 \leq t \leq 30 \text{ s}$ तक उत्पन्न किया गया त्वरण)

$$= -\frac{8.0}{0.40} = -20 \text{ m/s}^2$$

गति के समीकरण $s = ut + \frac{1}{2}at^2$ से,

$$x_{25} = 10 \times 25 + \frac{1}{2}(-20) \times (25)^2$$

$$= 250 - 6250 = -6000 \text{ m}$$

$$= -6 \text{ km}$$

(iii) $t = 100\text{ s}$ पर पिण्ड की स्थिति

समय $t = 0\text{ s}$ से $t = 30\text{ s}$ तक पिण्ड त्वरित गति में है उसके पश्चात् यह $t = 30\text{ s}$ से $t = 100\text{ s}$ तक नियत चाल से गति करता है।
 30 s में तय की गई दूरी

$$\begin{aligned}x_{30} &= 10 \times 30 + \frac{1}{2}(-20) \times (30)^2 \\&= 300 - 9000 \\&= -8700\text{ m}\end{aligned}$$

$t = 30\text{ s}$ पर पिण्ड का वेग

$$\begin{aligned}v &= u + at \\&= 10 + (-20) \times 30 \\&= 10 - 600 = -590\text{ m/s}\end{aligned}$$

पिण्ड द्वारा समयान्तराल $t = 30\text{ s}$ से $t = 100\text{ s}$ तक तय की गई दूरी

$$\begin{aligned}x_{70} &= vt \\&= (-590) \times 70 \\&= -41300\text{ m}\end{aligned}$$

$\therefore t = 100\text{ s}$ पर पिण्ड की स्थिति

$$\begin{aligned}x_{100} &= x_{30} + x_{70} \\&= -8700 + (-41300)\text{ m} \\&= -50000\text{ m} \\&= -50\text{ km}\end{aligned}$$

प्रश्न 11. कोई ट्रक विरामावस्था से गति आरंभ करके 2.0 ms^{-2} के समान त्वरण से गतिशील रहता है। $t = 10\text{ s}$ पर ट्रक के ऊपर खड़ा एक व्यक्ति धरती से 6 m की ऊँचाई से कोई पत्थर बाहर गिराता है। $t = 11\text{ s}$ पर, पत्थर का (a) वेग तथा (b) त्वरण क्या है? (वायु का प्रतिरोध उपेक्षणीय मानिए।)

हल ट्रक की ग्रारेंजिम की चाल $u = 0$

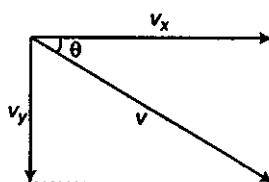
त्वरण $a = 2\text{ m/s}^2$

समय $t = 10\text{ s}$.

ट्रक द्वारा 10 s प्राप्त वेग

$$\begin{aligned}v &= u + at \\&= 0 + 2 \times 10 \\&= 20\text{ m/s} \\v_x &= 20\text{ m/s}\end{aligned}$$

(a) पत्थर का ग्रारेंजिम की वेग जोकि अपरिवर्तित रहता है



जब ट्रक के ऊपर से पत्थर नीचे गिराया जाता है तब उसका प्रारम्भिक ऊर्ध्वाधर वेग (u_y) = 0

पत्थर द्वारा $t = 10\text{ s}$ से $t = 11\text{ s}$ तक अर्थात् 1 s में ऊर्ध्वाधर दिशा में प्राप्त वेग

$$\begin{aligned}v_y &= u_y + gt \\&= 0 + 9.8 \times 1 \\v_y &= 9.8 \text{ m/s}\end{aligned}$$

\therefore पत्थर का परिणामी वेग

$$\begin{aligned}v &= \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \\&= \sqrt{(20)^2 + (9.8)^2} \\&= 22.4 \text{ m/s}\end{aligned}$$

यदि परिणामी वेग क्षेत्रिज से θ कोण अन्तरित करता है, तब

$$\begin{aligned}\tan\theta &= \frac{v_y}{v_x} = \frac{9.8}{20} = 0.49 \\&= \tan 26^\circ 12' \\&\theta = 26^\circ 12'\end{aligned}$$

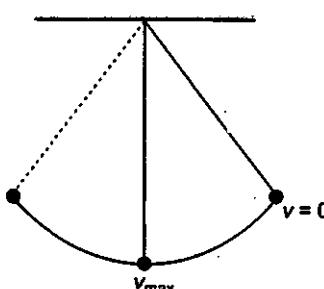
या

(b) ट्रक से पत्थर को गिराने के तुरन्त बाद पत्थर पर ट्रक द्वारा लगाया गया क्षेत्रिज बल अथवा त्वरण शून्य हो जाते हैं तथा यह मुक्त रूप से गुरुत्व के अन्तर्गत गिरता है।

\therefore पत्थर का त्वरण $a_y = g = 9.8 \text{ m/s}^2$

प्रश्न 12. किसी कमरे की छत से 2 m लंबी डोरी द्वारा 0.1 kg सहित के गोलक को लटकाकर दोलन आरंभ किए गए। अपनी माध्य स्थिति पर गोलक की चाल 1 ms^{-1} है। गोलक का प्रक्षेप-पथ क्या होगा यदि डोरी को उस समय काट दिया जाता है जब गोलक अपनी (a) चरम स्थितियों में से किसी एक पर है तथा (b) माध्य स्थिति पर है?

सरल आवर्त गति में पिण्ड का वेग अधिकतम विस्थापन की स्थिति में शून्य तथा साम्य स्थिति में अधिकतम होता है।



हल (a) सरल आवर्त गति में गोलक का सीमान्त स्थिति में तात्क्षणिक वेग शून्य होता है। यदि किसी एक सीमान्त स्थिति पर डोरी को काट दिया जाए तो गोलक मुक्त रूप से गुरुत्व के अन्तर्गत गिरना प्रारम्भ कर देता है। अतः इसका प्रक्षेप पथ एक ऊर्ध्वाधर सरल रेखा होगी।

(b) सरल आवर्त गति में साम्य स्थिति में गोलक का वेग अधिकतम तथा चाप के सर्वशेषीय दिशा में अर्थात् क्षेत्रिज दिशा में होता है। यदि साम्य स्थिति पर डोरी काट दी जाए तब गोलक क्षेत्रिज प्रक्षेप की भौति व्यवहार करेगा। जिसका प्रक्षेप पथ परवलयाकार होगा।

प्रश्न 13. किसी व्यक्ति की संहति 70 kg है। वह एक गतिमान लिफ्ट में तुला पर खड़ा है जो

- 10 ms^{-1} की एकसमान चाल से ऊपर जा रही है,
- 5 ms^{-2} के एकसमान त्वरण से नीचे जा रही है,
- 5 ms^{-2} के एकसमान त्वरण से ऊपर जा रही है,
तो प्रत्येक प्रकरण में तुला के पैमाने का पाद्यांक क्या होगा?

- यदि लिफ्ट की मशीन में खराबी आ जाए और वह गुरुत्वीय प्रभाव में मुक्त रूप से नीचे गिरे तो पाद्यांक क्या होगा?

जब कोई व्यक्ति तुला पर खड़ा होता है तो तुला व्यक्ति पर कार्यरत लम्बवत् प्रतिक्रिया (R) को उसके आभासी भार के रूप में मापती है।

हल दिया है, व्यक्ति का द्रव्यमान (m) = 70 kg

प्रत्येक स्थिति में तुला प्रतिक्रिया R को आभासी भार के रूप में मापती है।

- व्यक्ति लिफ्ट ऊपर की ओर एकसमान चाल से गति कर रही है, अतः इसका त्वरण $a = 0$

$$\therefore \text{लम्बवत् प्रतिक्रिया } W = R = mg \\ = 70 \times 10 \text{ N} = 700 \text{ N}$$

W लम्बवत् नीचे की ओर तथा R लम्बवत् ऊपर की ओर कार्य करता है।

$$\therefore \text{तुला की माप} = \frac{700}{10} = 70 \text{ kg}$$

- लिफ्ट का त्वरण $a = 5 \text{ m/s}^2 (\downarrow)$

$$\therefore \text{लम्बवत् प्रतिक्रिया } R = m(g - a) = 70(10 - 5) \text{ N} \\ = 70 \times 5 \text{ N} = 350 \text{ N}$$

$$\therefore \text{तुला की माप} = \frac{350 \text{ N}}{10 \text{ m/s}^2} = 35 \text{ kg}$$

- लिफ्ट का त्वरण $a = 5 \text{ m/s}^2 (\uparrow)$

$$\therefore \text{लम्बवत् प्रतिक्रिया } R = m(g + a) = 70(10 + 5) \\ = 1050 \text{ N}$$

$$\therefore \text{तुला की माप} = \frac{1050 \text{ N}}{10 \text{ m/s}^2} = 105 \text{ kg}$$

(d) लिफ्ट का त्वरण जबकि यह मुक्त रूप से गुरुत्व के अन्तर्गत गिर रही है।

$$a = g \text{ (down)}$$

$$\therefore \text{लम्बवत् प्रतिक्रिया } R = m(g - a) \\ = m(g - g) = 0$$

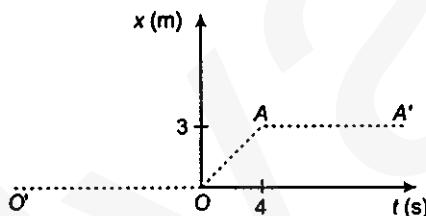
\therefore तुला की माप = 0
यह भारहीनता की अवस्था है।

प्रश्न 14. चित्र में 4 kg संहति के किसी पिण्ड का स्थिति-समय ग्राफ दर्शाया गया है।

(a) $t < 0$; $t > 4$ s; $0 < t < 4$ s के लिए पिण्ड पर आरोपित बल क्या है?

(b) $t = 0$ तथा $t = 4$ s आवेग क्या है?

(केवल एकविमीय गति पर विचार कीजिए)



वेग = स्थिति-समय ग्राफ का ढालान तथा आवेग = संवेग में परिवर्तन = $mv - mu$

हल (a) (i) $t < 0$ के लिए स्थिति समय-ग्राफ OO' है, जिसके लिए कण का विस्थापन शून्य है।

अतः कण मूल बिन्दु पर विराम में है। अतः कण पर कार्यरत् त्वरण एवं बल शून्य होंगे।

(ii) $t > 4$ s, लिए स्थिति-समय ग्राफ AA' समय-अक्ष के समान्तर है। इसलिए $t > 4$ s के लिए कण मूल बिन्दु से 3 m की नियत दूरी पर है। इसका तात्पर्य है कि कण विराम में है। अतः कण पर कार्यरत् त्वरण एवं बल शून्य होगा।

(iii) $0 < t < 4$ s, के लिए स्थिति समय-ग्राफ OA समय अक्ष से एक कोण पर द्वाकी सीधी रेखा है अर्थात् कण एक नियत चाल से गति कर रहा है।
अतः कण पर कार्यरत् त्वरण एवं बल शून्य होगा।

(b) समय $t = 0$ पर आवेग

(i) आवेग = संवेग में परिवर्तन = $mv - mu = m(v - u)$

समय $t = 0$ से गहले कण विराम में है, अतः $u = 0$

समय $t = 0$ के पश्चात् कण एक नियत वेग से गति कर रहा है।

कण का वेग = स्थिति-समय ग्राफ का ढालान

$$= \frac{3 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 0.75 \text{ m/s}$$

$$\therefore \text{आवेग} = \text{संवेग में परिवर्तन} = 4(0.75 - 0) = 3 \text{ kg-m/s}$$

(ii) $t = 4\text{ s}$ पर आवेग

$t = 4\text{ s}$ से पहले कण एक नियत चाल $u = 0.75 \text{ m/s}$ से गति कर रहा है।

$t = 4\text{ s}$ के पश्चात् कण पुनः विरामावस्था में है।

$$\therefore v = 0$$

$$\therefore \text{आवेग} = \text{संवेग में परिवर्तन} = m(v - u)$$

$$= 4(0 - 0.75)$$

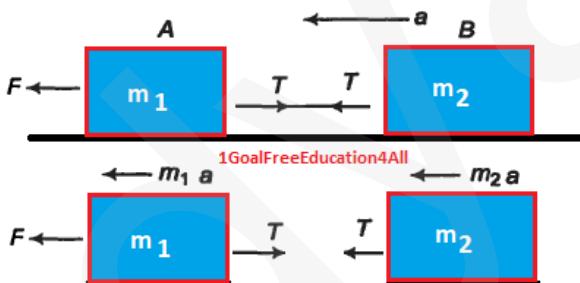
$$= -3 \text{ kg-m/s}$$

प्रश्न 15. किसी घर्षणरहित मेज पर रखे 10 kg तथा 20 kg के दो पिण्ड किसी पतली डोरी द्वारा आपस में जुड़े हैं। 600 N का कोई क्षेत्रिक बल (i) A पर (ii) B पर डोरी के अनुदिश लगाया जाता है। प्रत्येक स्थिति में डोरी में तनाव क्या है?

हल पिण्ड A का द्रव्यमान (m_1) = 10 kg

पिण्ड B का द्रव्यमान (m_2) = 20 kg

लगाया गया बल (F) = 600 N



(a) जब यह बल A पर लगाया जाता है

पिण्ड A के लिए

$$F - T = m_1 a \quad \dots(i)$$

पिण्ड B के लिए

$$T = m_2 a \quad \dots(ii)$$

सभी (i) व (ii) को जोड़ने पर

$$F = (m_1 + m_2)a$$

अथवा

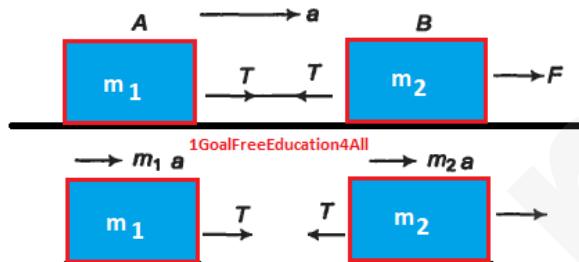
$$a = \frac{F}{m_1 + m_2}$$

$$= \frac{600}{(10 + 20)} = 20 \text{ m/s}^2$$

सभी (ii) में a का मान रखने पर,

$$T = m_2 a = 20 \times 20 \text{ N} = 400 \text{ N}$$

(b) जब बल पिण्ड B पर लगाया जाता है



पिण्ड A के लिए

$$T = m_1 a \quad \dots \text{(iii)}$$

पिण्ड B के लिए

$$F - T = m_2 a \quad \dots \text{(iv)}$$

समी (iii) व (iv) को जोड़ने पर

$$F = (m_1 + m_2) a$$

अथवा

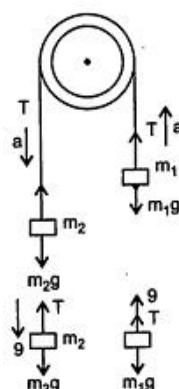
$$a = \frac{F}{m_1 + m_2}$$

$$= \frac{600}{10 + 20} = 20 \text{ m/s}^2$$

समी (iii) में a का मान रखने पर

$$T = m_1 a = 10 \times 20 = 200 \text{ N}$$

प्रश्न 16. 8 kg तथा 12 kg के दो पिण्डों को किसी हल्की अवितान्य ढोरी, जो घर्षणरहित घिरनी पर चढ़ती है, के दो सिरों से बाँधा गया है। पिण्डों को मुक्त रूप से छोड़ने पर उनके त्वरण तथा ढोरी में तनाव ज्ञात कीजिए।



हल हल्की अवितान्य डोरी के दोनों सिरों से जुड़े द्रव्यमान

$$m_1 = 8 \text{ kg}, m_2 = 12 \text{ kg}$$

माना डोरी में तनाव T है तथा द्रव्यमानों को मुक्त करने पर वे a त्वरण से गति करते हैं।
 m_1 द्रव्यमान के लिए,

$$T - m_1g = m_1a \quad \dots(i)$$

m_2 द्रव्यमान के लिए,

$$m_2g - T = m_2a \quad \dots(ii)$$

सभी (i) तथा (ii) को जोड़ने पर

$$m_2g - m_1g = (m_1 + m_2)a$$

$$\begin{aligned} \therefore a &= \frac{(m_2 - m_1)}{(m_1 + m_2)} g \\ &= \frac{12 - 8}{12 + 8} \times 10 \\ &= \frac{4}{20} \times 10 \\ &= 2 \text{ m/s}^2 \end{aligned} \quad \dots(iii)$$

सभी (i) में a का मान रखने पर,

$$\begin{aligned} T &= m_1g + m_1a \\ &= m_1(g + a) \\ &= 8(10 + 2) \\ &= 90 \text{ N} \end{aligned}$$

प्रश्न 17. प्रयोगशाला के निर्देश फ्रेम में कोई नाभिक विराम में है। यदि यह नाभिक दो छोटे नाभिकों में विषिट हो जाता है, तो यह दर्शाइए कि उत्पाद विपरीत दिशाओं में गति करने चाहिए। हल नाभिक प्रारम्भ में विराम में है, अतः इसका प्रारम्भिक रेखीय संवेग शून्य होगा अर्थात् $p_i = 0$

माना दिया गया नाभिक m_1 व m_2 द्रव्यमान के दो छोटे खण्डों में टूटता है जो क्रमशः v_1 व v_2 वेग से गति करते हैं। विघटन के पश्चात् नाभिक का कुल संवेग

$$p_f = m_1v_1 + m_2v_2$$

रेखीय संवेग संरक्षण के नियम से,

$$p_i = p_f$$

$$0 = m_1v_1 + m_2v_2$$

$$v_2 = -\frac{m_1}{m_2}v_1$$

ऋण चिह्न प्रदर्शित करता है कि v_1 व v_2 परस्पर विपरीत दिशाओं में हैं।

प्रश्न 18. दो बिलियर्ड गेंद जिनमें प्रत्येक की संहति 0.05 kg है, 6 ms^{-1} की चाल से विपरीत दिशाओं में गति करती हुई संघटट करती हैं और संघटट के पश्चात् उसी चाल से वापस लौटती हैं। प्रत्येक गेंद पर दूसरी गेंद कितना आवेग लगाती है?

हल प्रत्येक गेंद का द्रव्यमान $m = 0.05 \text{ kg}$

प्रत्येक गेंद की चाल $v = 6 \text{ m/s}$

संघटट से पहले प्रत्येक गेंद का संवेग

$$\begin{aligned} p_i &= mv \\ &= 0.05 \times 6 = 0.30 \text{ kg-m/s} \end{aligned}$$

संघटट के पश्चात् प्रत्येक गेंद उसी चाल से वापस लौटती है। अतः संघटट के पश्चात् प्रत्येक गेंद का संवेग,

$$\begin{aligned} p_f &= m(-v) \\ &= 0.05 \times (-6) = -0.30 \text{ kg-m/s} \end{aligned}$$

प्रत्येक गेंद पर लगाया गया आवेग = उसके संवेग में परिवर्तन

$$\begin{aligned} &= p_f - p_i \\ &= -0.30 - (0.30) = -0.60 \text{ kg-m/s} \end{aligned}$$

प्रश्न 19. 100 kg संहति की किसी तोप द्वारा 0.020 kg का गोला दागा जाता है। यदि गोले की नालमुखी चाल 80 ms^{-1} है, तो तोप की प्रतिक्षेप चाल क्या है?

हल गोले की संहति $m_1 = 0.020 \text{ kg}$

गोले की चाल $v_1 = 80 \text{ m/s}$

तोप की संहति $m_2 = 100 \text{ kg}$

तोप की प्रतिक्षेप चाल $v_2 = ?$

प्रारम्भ में तोप तथा गोला दोनों विराम में हैं।

\therefore तोप एवं गोले का प्रारम्भिक संवेग $p_i = 0$

तोप तथा गोले का अन्तिम संवेग $p_f = m_1 v_1 + m_2 v_2$

रेखीय संवेग संरक्षण के सिद्धान्त से,

$$\begin{aligned} p_f &= p_i \\ 0 &= m_1 v_1 + m_2 v_2 \\ v_2 &= -\frac{m_1}{m_2} v_1 \\ &= -\frac{0.020}{100} \times 80 \\ &= -0.016 \text{ m/s} \end{aligned}$$

अतः तोप की प्रतिक्षेप चाल 0.016 m/s है।

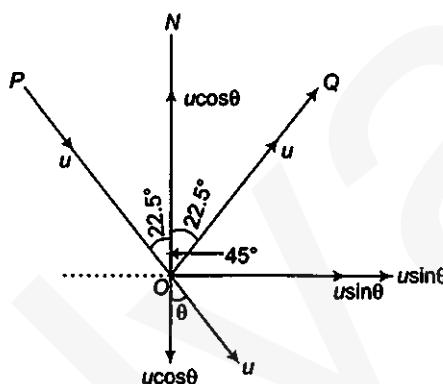
प्रश्न 20. कोई बल्लेबाज किसी गेंद को 45° के कोण पर विक्षेपित कर देता है। ऐसा करने में वह गेंद की आरंभिक चाल, जो 54 km/h है, में कोई परिवर्तन नहीं करता। गेंद को कितना आवेग दिया जाता है? (गेंद की संहति 0.15 kg है)

हल गेंद की संहति $m = 0.15 \text{ kg}$

$$\text{गेंद का वेग } v = 54 \text{ km/h}$$

$$= 54 \times \frac{5}{18} \text{ m/s} \quad \left(\because 1 \text{ km/h} = \frac{5}{18} \text{ m/s} \right)$$

$$= 15 \text{ m/s}$$



माना गेंद पथ PO के अनुदिश आती है। बल्लेबाज गेंद को 45° के कोण पर पथ OQ के अनुदिश विक्षेपित कर देता है।

$$\angle PON = \angle NOQ = \frac{45^\circ}{2} = 22.5^\circ$$

गेंद के PO के अनुदिश प्रारंभिक वेग तथा OQ के अनुदिश अन्तिम वेग को लम्बवत् घटकों में वियोजित करते हैं।

वेग का क्षैतिज घटक $u \sin \theta$ अपरिवर्तित रहता है जबकि ऊर्ध्वाधर घटक $u \cos \theta$ व्युत्क्रम हो जाता है।

\therefore गेंद को दिया गया आवेग = गेंद के रेखीय संवेग में परिवर्तन

$$\begin{aligned} &= mu\cos\theta - (-mu\cos\theta) \\ &= 2mu\cos\theta \\ &= 2 \times 0.15 \times 15 \times \cos 22.5^\circ \\ &= 4.5 \times 0.9239 \text{ kg-m/s} \\ &= 4.16 \text{ kg-m/s} \end{aligned}$$

सावधानी यदि कण की संघट्ट से पूर्व एवं संघट्ट के पश्चात् कण की गति की दिशाएं समान नहीं हैं, तब हमें रेखीय संवेगों को लम्बवत् घटकों में वियोजित करना चाहिए।

प्रश्न 21. किसी डोरी के एक सिरे से बैंधा 0.25 kg संहति का कोई पत्थर क्षैतिज तल में 1.5 m त्रिज्या के वृत्त पर 40 rev/min की चाल से चक्कर लगाता है? डोरी में तनाव कितना है? यदि डोरी 200 N के अधिकतम तनाव को सहन कर सकती है, तो वह अधिकतम चाल ज्ञात कीजिए जिससे पत्थर को घुमाया जा सकता है।

जब एक पत्थर को डोरी से बौँधकर वृत्त में घुमाया जाता है, तब आवश्यक अभिकेन्द्र बल, डोरी में तनाव से प्राप्त होता है।

हल पत्थर की संहति $m = 0.25 \text{ kg}$

डोरी की लम्बाई $r = 1.5 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{आवृत्ति } v &= 40 \text{ rev/min} \\ &= \frac{40}{60} \text{ rev/s} \\ &= \frac{2}{3} \text{ rev/s} \end{aligned}$$

वृत्तीय गति के लिए आवश्यक अभिकेन्द्र बल डोरी में तनाव से प्राप्त होता है।

\therefore डोरी में तनाव = अभिकेन्द्र बल

$$\begin{aligned} T &= mr\omega^2 \\ &= mr(2\pi v)^2 \quad [\because \omega = 2\pi\lambda] \\ &= mr4\pi^2v^2 \\ &= 0.25 \times 1.5 \times 4 \times \left(\frac{22}{7}\right)^2 \times \left(\frac{2}{3}\right)^2 \\ &= 6.6 \text{ N} \end{aligned}$$

डोरी द्वारा सहन किया जा सकने वाला अधिकतम तनाव

$$T_{\max} = 200 \text{ N}$$

$$\therefore T_{\max} = \frac{mv_{\max}^2}{r}$$

$$\text{या } v_{\max}^2 = \frac{T_{\max} \times r}{m} = \frac{200 \times 1.5}{0.25} = 1200$$

$$\therefore v_{\max} = \sqrt{1200} = 34.6 \text{ m/s}$$

प्रश्न 22. यदि प्रश्न 21 में पत्थर की चाल को अधिकतम निर्धारित सीमा से भी अधिक कर दिया जाए तथा डोरी यकायक टूट जाए, तो डोरी के टूटने के पश्चात् पत्थर के प्रक्षेप का सही वर्णन निम्नलिखित में से कौन करता है?

- (a) वह पत्थर झटके के साथ त्रिज्यतः बाहर को आर जाता है
- (b) डोरी टूटने के क्षण पत्थर स्परिखीय पथ पर उड़ जाता है
- (c) पत्थर स्पर्शी से किसी कोण पर, जिसका परिमाण पत्थर की चाल पर निर्भर करता है, उड़ जाता है

हल जब एक पत्थर को डोरी से बाँधकर वृत्तीय पथ में धूमाया जाता है तब किसी बिन्दु पर पत्थर का वेग उस बिन्दु पर स्पर्श रेखा की दिशा में होता है। यदि डोरी अचानक टूट जाए तो पत्थर वेग की दिशा में स्पर्श रेखा के अनुदिश गति करेगा। विकल्प (b) सही है।

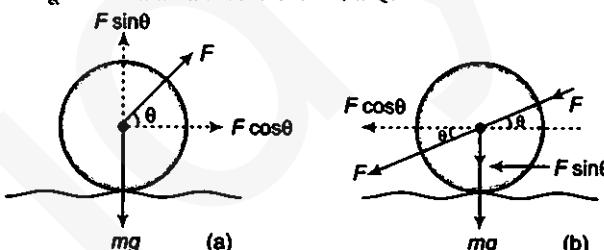
प्रश्न 23. स्पष्ट कीजिए कि क्यों

- कोई घोड़ा रिक्त दिक्स्थान में किसी गाड़ी को खींचते हुए दौड़ नहीं सकता?
- किसी तीव्र गति से चल रही बस के याकायक रुकने पर यात्री आगे की ओर गिरते हैं?
- लान मूवर को धकेलने की तुलना में खींचना आसान होता है?
- क्रिकेट का खिलाड़ी गेंद को लपकते समय अपने हाथ गेंद के साथ पीछे को खींचता हैं?

हल (a) जब एक घोड़ा गाड़ी को खींचने का प्रयत्न करता है तो वह पृथ्वी पर पीछे की ओर एक कोण पर बल लगाता है। न्यूटन के गति के तृतीय नियम के अनुसार, पृथ्वी भी घोड़े के पीरों पर बराबर व विपरीत दिशा में प्रतिक्रिया बल लगाती है। इस प्रतिक्रिया का ऊर्ध्वाधर घटक घोड़े के भार को सन्तुलित करता है तथा क्षेत्रिज घटक गाड़ी को गति प्रदान करता है। रिक्त दिक्स्थान में, कोई प्रतिक्रिया न होने के कारण एक घोड़ा गाड़ी को नहीं खींच सकता है।

(b) जब बस गति कर रही है तब उसमें बैठे यात्री भी बस के वेग से उसी दिशा में गति करते हैं। बस के याकायक रुकने पर यात्रियों के शरीर के नीचे का भाग जो बस से सीधे सम्पर्क में है बस के साथ मंदित होता है, परन्तु शरीर का ऊपरी भाग जो बस के सीधे सम्पर्क में नहीं है अपनी गति के जड़त्व के कारण पूर्ववत् दिशा में ही गति करता रहता है जिस कारण यात्री आगे की ओर गिर पड़ते हैं।

(c) लान मूवर को खींचने के लिए एक बल F क्षेत्रिज से θ कोण पर ऊपर की ओर लगाया जाता है (चित्र a) इस बल का ऊर्ध्वाधर घटक ऊपर की ओर होता है जो लान मूवर के प्रभावी भार को बढ़ा देता है। अतः लान मूवर को धकेलने की तुलना में खींचना आसान होता है।



- लान मूवर को धकेलने के लिए एक बल F क्षेत्रिज से θ कोण पर नीचे की ओर लगाया जाता है (चित्र b) इस बल का ऊर्ध्वाधर घटक नीचे की ओर होता है जो लान मूवर के प्रभावी भार को बढ़ा देता है। अतः लान मूवर को धकेलने की तुलना में खींचना आसान होता है।
- (d) गेंद को लपकने में हाथों को दिया गया आवेग $= F \times \Delta t =$ गेंद के संवेग में परिवर्तन जब क्रिकेट का खिलाड़ी गेंद को लपकते समय हाथों को पीछे खींचता है तो गेंद को रोकने में लगा समय बढ़ जाता है। समय बढ़ जाने के कारण गेंद द्वारा क्रिकेट के खिलाड़ी के हाथों पर लगाया गया बल घट जाता है जिससे उसे हाथों को कम चोट लगती है।