Question Type-01: নিউটনের সূত্র

➲ **Formula & Concept:**

➢ বল, $F = ma$

➢ ভেক্টররূপ, $\vec{F} = m\vec{a}$ $\therefore m =$ [সাধারণত ধ্রুবক]

কিন্তু যদি m পরিবর্তনশীল হয় তবে, $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) = m\frac{d\vec{v}}{dt} + \vec{v}\frac{dm}{dt}$

01. 10 N এর একটি বল 2 kg ভরের একটি স্থির বস্তুর উপর 4 sec ক্রিয়া করে। তারপর বলের ক্রিয়া বন্ধ করার পরবর্তী 10 sec এ বেগ শূন্য হয়। বস্তুটি মোট কত দূরত্ব অতিক্রম করে? **[CKRUET'21-22]**

(a) 240 m (b) 140 m (c) 100 m (d) 150 m (e) 200 m

সমাধান: (b); $a_1 = \frac{F}{m} = \frac{10}{2} ms^{-2} = 5\ ms^{-2}$

$\therefore s_1 = u_1t_1 + \frac{1}{2}a_1t_1^2 = 0 + \frac{1}{2} \times 5 \times 4^2 = (8 \times 5)\ m = 40\ m$ এবং $v_1 = u_1 + a_1t_1 = (5 \times 4)\ ms^{-1} = 20\ ms^{-1}$

আবার, $s_2 = \left(\frac{v_1+v_2}{2}\right)t_2 = \left(\frac{20+0}{2}\right) \times 10m = 100\ m$ $\therefore s_{net} = s_1 + s_2 = (40 + 100)\ m = 140\ m.$

02. A force $\vec{F} = (40\hat{i} + 30\hat{j})$ N is acting on an object of mass 10 kg. What is the magnitude of the acceleration of the object? Assume other forces are involved. **[IUT'21-22]**

(a) $6\ ms^{-2}$ (b) $5\ ms^{-2}$ (c) $7\ ms^{-2}$ (d) $4\ ms^{-2}$

Solution: (b); $\vec{F} = (40\hat{i} + 30\hat{j})N$ and $m = 10kg$

$\therefore \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = (4\hat{i} + 3\hat{j})ms^{-2}$ $\therefore |\vec{a}| = \sqrt{16+9}\ ms^{-2} = 5\ ms^{-2}$

03. When 7500 kg diesel engine pulls a 25000 kg train along straight and level rails, it produces an acceleration of $2.5\ ms^{-2}$. What will be the acceleration of the engine when the load of the train becomes 45000 kg? (Neglect the friction). **[IUT'21-22]**

(a) $1.55\ ms^{-2}$ (b) $2.30\ ms^{-2}$ (c) $1.85\ ms^{-2}$ (d) $2.15\ ms^{-2}$

Solution: (a); $F = (m + M)a_1 \ldots\ldots\ldots$ (i) and $F = (m + M')a_2 \ldots\ldots\ldots$ (ii)

(i) ÷ (ii) $\Rightarrow \frac{a_1(m+M)}{a_2(m+M')} = 1 \Rightarrow a_2 = \frac{a_1 \times (m+M)}{m+M'} = 2.5 \times \frac{(25000+7500)}{(45000+7500)} ms^{-2} = 1.547619\ ms^{-2} \approx 1.55\ ms^{-2}$

04. At time $t = 0$ s a particle starts moving along the x axis. If the kinetic energy increases uniformly with time 't', the net force acting on it must be proportional to **[IUT'19-20]**

(a) $\frac{1}{\sqrt{t}}$ (b) $\sqrt{t}$ (c) constant (d) t

Solution: (a); Here, $v^2 = kt \Rightarrow v = k\sqrt{t}$ $\therefore \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}mv^2\right) = k \Rightarrow \frac{1}{2}m \times 2v \times \frac{dv}{dt} = k$

$\Rightarrow m\frac{dv}{dt} \times v = k \Rightarrow ma \times v = k \Rightarrow F = \frac{k}{v} \Rightarrow F = \frac{k}{k\sqrt{t}}$ $\therefore F \propto \frac{1}{\sqrt{t}}$

05. Equal forces $\vec{F}$ act on isolated bodies P and Q. The mass of Q is three times that of P. The magnitude of acceleration of P is: **[IUT'17-18]**

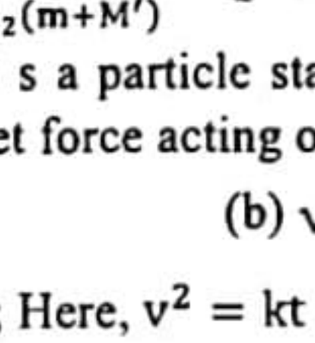
(a) Three times that of Q (b) $\frac{1}{3}$ that of Q (c) The same as Q (d) $\frac{1}{9}$ that of Q

Solution: (a) ; $F = ma$ $\therefore m \propto \frac{1}{a}$

06. A 25N check please is held at rest on a frictionless incline by a force that is parallel to the incline. If the incline is 25° above the horizontal the magnitude of the applied force is: **[IUT'17-18]**

(a) 4.1N (b) 4.6N (c) 8.9N (d) 11N

Solution: (d) ;



$W\sin\theta = F \Rightarrow F = 25\sin 25° = 10.56 \approx 11\ N$

07. একটি বস্তু স্থির অবস্থায় ছিল। 16N এর একটি বল এর উপর 5 সেকেন্ড ধরে কাজ করে এবং তারপর আর কোন কাজ করল না। বস্তুটি এর পর 6 সেকেন্ডে 52 মিটার দূরত্ব গেল। বস্তুটির ভর কত? **[KUET'16-17]**

(a) 3.0769kg (b) 9.023kg (c) 9.23kg (d) 10kg (e) 11.076kg

সমাধান: (c); $v = \frac{52}{6} ms^{-1}$, $a = \frac{v-u}{t} = \frac{\frac{52}{6}-0}{5} = \frac{52}{30} ms^{-2}$ $\therefore m = \frac{F}{a} = \frac{16\times30}{52} = 9.23kg$

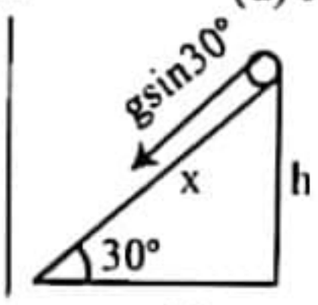
08. ভূমির সঙ্গে 30° কোণে আনত একটি মসৃণ তল AB এর সর্বোচ্চ বিন্দু A থেকে একটি বস্তু মসৃণভাবে গড়িয়ে 10 sec পরে B বিন্দুতে আসল। ভূমি হতে A এর উচ্চতা কত? **[CUET'14-15]**

(a) 212.25m (b) 122.5m (c) 368.48m (d) None of them

সমাধান: (b);

$x = \frac{1}{2} g\sin\theta t^2 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times \sin30° \times 10^2 m = 245m$

$\therefore \frac{h}{x} = \sin30° = \frac{1}{2} \therefore h = \left(245 \times \frac{1}{2}\right) m = 122.5m$



09. A 75 kg boy and a 60 kg girl use an elastic rope while engaged in a tug of war on a frictionless surface. If the acceleration of the girl toward the boy is $3.0ms^{-2}$, what is the magnitude of acceleration of the boy toward the girl? **[IUT'14-15]**

(a) $2.75ms^{-2}$ (b) $5.6ms^{-2}$ (c) $3.25ms^{-2}$ (d) $2.40ms^{-2}$

Solution: (d); $m_1a_1 = m_2a_2 \Rightarrow 60 \times 3 = 75\, a_2 \Rightarrow a_2 = 2.4ms^{-2}$

10. A race car has a mass of 710 kg. It starts from rest and travels 40.0m in 3.0 s. The car is uniformly accelerated during the entire time. What net force is exerted on it? **[IUT'14-15]**

(a) $6.3 \times 10^3 N$ (b) $8.3 \times 10^3 N$ (c) $7.3 \times 10^3 N$ (d) $3.3 \times 10^3 N$

Solution: (a); $s = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow 40 = \frac{1}{2}a \times 3^2 \Rightarrow a = \frac{80}{9} \therefore F = ma = 710 \times \frac{80}{9} = 6.3 \times 10^3\ N$

11. 7 kg ভরের কোন বস্তুর উপর প্রযুক্ত একটি বল $\vec{F} = 2\hat{i} - 3\hat{j} + 6\hat{k}$ N, হলে, যেখানে $\hat{i}, \hat{j}$ এবং $\hat{k}$ একক ভেক্টর, বস্তুটি কত ত্বরণ প্রাপ্ত হবে? **[BUET'13-14]**

(a) $1.4\ ms^{-2}$ (b) $1.57\ ms^{-2}$ (c) $1.0\ ms^{-2}$ (d) $7.0\ ms^{-2}$

সমাধান: (c) ; $a = \left|\frac{\vec{F}}{M}\right| = \frac{\sqrt{4+9+36}}{7} = 1ms^{-2}$

12. $22\ ms^{-1}$ বেগে আগত 0.25 kg ভরের একটি ক্রিকেট বলকে একজন খেলোয়াড় ধরে 0.12 s সময়ের মধ্যে থামিয়ে দিল। খেলোয়াড় কর্তৃক প্রযুক্ত বল নির্ণয় কর। **[KUET'13-14]**

(a) 45.83N (b) 46N (c) 45.6ergs (d) 46.1J (e) $55\ kgms^{-1}$

সমাধান: (a); $f = \frac{v}{t} = \frac{22}{0.12} = 183.33ms^{-2}$ $\therefore F = mf = 45.83N$

13. গাছের একটি আপেল পৃথিবীকে f বলে আকর্ষণ করছে। পৃথিবী আপেলকে F বলে আকর্ষণ করছে। সুতরাং- **[RUET'13-14]**

(a) F>>f (b) F > f (c) F = f (d) F < f (e) None

সমাধান: (c) ; $F = f = \frac{GMm}{R^2}$; M = পৃথিবীর ভর ; m = আপেলের ভর।

14. 16 kg ভরের একটি স্থির বস্তুর উপর 4s ব্যাপী 8 N বল প্রযুক্ত হল। উক্ত বস্তুটির বেগের পরিবর্তন হবে- **[BUET'12-13]**

(a) $0.5\ ms^{-1}$ (b) $2.0\ ms^{-1}$ (c) $4.0\ ms^{-1}$ (d) $8.0\ ms^{-1}$

সমাধান: (b) ; $F = ma \Rightarrow F = m\frac{\Delta V}{\Delta t} \Rightarrow \Delta V = \frac{F\Delta t}{m} \Rightarrow \Delta V = \frac{8\times4}{16} = 2ms^{-1}$

15. 1.5 kg ভরের একটি মডেল হেলিকপ্টারের আদি গতিবেগ $5\hat{j}\ ms^{-1}$. 2 sec সমত্বরণে চলার পর তার গতিবেগ হয় $(6\hat{i} + 12\hat{j})\ ms^{-1}$ এই সময়ে প্রযুক্ত বলের মান নির্ণয় কর। **[BUET'20-21]**

সমাধান: $\vec{F} = m\vec{a} = 1.5 \times \vec{a}; \vec{u} = 5\hat{j}\ ms^{-1}; t = 2s; \vec{v} = (6\hat{i} + 12\hat{j})ms^{-1}; \vec{a} = ?$

$\therefore \vec{a} = \frac{v-u}{t} = \frac{6\hat{i}+12\hat{j}-5\hat{j}}{2} = \frac{6\hat{i}+7\hat{j}}{2} = 3\hat{i} + \frac{7}{2}\hat{j}$ $\therefore$ প্রযুক্ত বল, $\vec{F} = m\vec{a} = 1.5\left(3\hat{i} + \frac{7}{2}\hat{j}\right) = 4.5\hat{i} + 5.25\hat{j}$ **(Ans.)**

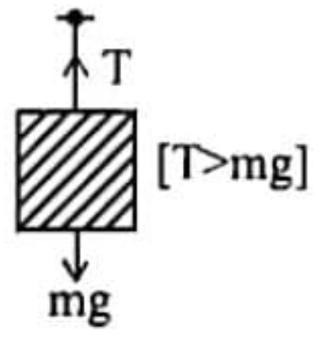
16. 4000kg ভরের একাট লিফট 240kg ভরের একাট বাক্স বহন করছে। যখন লিফটের তারের (Supporting cable) উপর ঊর্ধ্বমুখী টান 48000N হয় তখন ঊর্ধ্বমুখী ত্বরণ কত? লিফটটি স্থির অবস্থান থেকে 3s সময়ে কত উচ্চতায় উঠবে? **[BUTEX'19-20]**

সমাধান: $T - mg = ma \Rightarrow 48000 - (4000 + 240) \times 9.8 = (4000 + 240) \times a$

$\therefore a = 1.52075\ ms^{-2}$ (Ans.)

$h = \frac{1}{2}at^2 [u = 0ms^{-1}]$

$= \frac{1}{2} \times (1.52075) \times 3^2 = 6.843375m$ (Ans.)



17. একটি বস্তু স্থিরাবস্থায় ছিল 15N বল এর উপর 4 s ধরে কাজ করে এবং তারপর আর কোন কাজ করল না। বস্তুটি এরপর 9sec এ 54m দূরত্ব গেল। বস্তুটির ভর বের কর। **[RUET'12-13]**

সমাধান: বল প্রয়োগ না হলে $\frac{dv}{dt} = 0 \therefore 54 = 9v \ \therefore v = 6\ ms^{-1}$

আবার, $v = v_o + at \Rightarrow 6 = 0 + a \times 4 \ \therefore a = \frac{3}{2} ms^{-2} \ \therefore m = \frac{F}{a} = \frac{15}{\frac{3}{2}} = 10kg$

18. গাছ থেকে 2.0 kg ভরের একটি কাঁঠাল সোজা নিচের দিকে পড়ছে। কাঁঠালটি নিচের দিকে পড়ার সময় যদি $5.5\ ms^{-2}$ ত্বরণ হয়, তাহলে বাতাসের বাধা কত নিউটন? ($g = 9.8\ ms^{-2}$) **[BUTEX'11-12]**

সমাধান: ত্বরণ = অভিকর্ষজ ত্বরণ-বাতাসের বাধাজনিত মন্দন $\therefore 5.5 = 9.8 -$ বাতাসের বাধাজনিত মন্দন

$\therefore$ বাতাসের বাধাজনিত মন্দন $= 4.3ms^{-2} \ \therefore$ বাতাসের বাধা$= (4.3 \times 2)N = 8.6N$

19. ঘণ্টায় 40 মাইল বেগে চলমান একটি গাড়ির চালক 59 গজ দূরে একটি ছোট ছেলেকে দেখতে পেল। সঙ্গে সঙ্গে সে ব্রেকে চাপ দিল। ছেলেটির 1 ফুট আগে এসে গাড়িটি থেমে গেল। গাড়িটি থামাতে কত সময় লেগেছে এবং প্রযুক্ত বলের মান কত? আরোহী সমেত গাড়ির ওজন 1 টন। **[RUET'09-10]**

সমাধান: এখানে, $v_o = \frac{40 \times 1760 \times 3}{3600} = \frac{176}{3} fts^{-1}$; $s = (59 \times 3) - 1 = 176ft$; শেষ বেগ, $v = 0ms^{-1}$

মন্দন f হলে, $v^2 = v_o^2 - 2fs$ বা, $\left(\frac{176}{3}\right)^2 = 2 \times f \times 176$ বা, $f = \frac{88}{9} fts^{-2}$

আবার, $v = v_o - ft$ বা, $v_o = ft$ বা, $\frac{176}{3} = \frac{88}{9}t \ \therefore t = 6\,sec$ (Ans.)

আবার, 1 টন = 2240 পাউন্ড $\therefore$ প্রযুক্ত বল $= mf = 2240 \times \frac{88}{9}$ পাউন্ডাল $= 21902.22$ পাউন্ডাল (Ans.)

20. 8 কেজি ভরের একটি বস্তু 10 মিটার উপর হতে পড়ে বালিতে 50 সে.মি. প্রবেশ করে থেমে গেল। বস্তুটির উপর বালির গড় বাধা নির্ণয় কর।

সমাধান: বালুতে পড়ার মুহূর্তের বেগ, $v = \sqrt{2 \times 9.8 \times 10} = 14\ ms^{-1}$ **[BUET'05-06]**

বালির ভেতর মন্দন f হলে, $0 = v^2 - (2f \times 0.5) \Rightarrow f = \frac{14^2}{2 \times 0.5} = 196\ ms^{-2}$

গড় বাধা R হলে, $R - mg = mf \ \therefore R = m(g + f) = 8(9.8 + 196) = 1646.4N$ (Ans.)

অথবা, বালির গড় বাধা, $F = \frac{mg(n+u)}{u} = \frac{8 \times 9.8 \times (10 + 0.5)}{0.5} N = 1646.4N$ (Ans.)

21. একটি 10N বল 2kg ভর বিশিষ্ট একটি স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে। যদি 5 সেকেন্ড পর বলের ক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায় তবে প্রথম হতে 12 সেকেন্ডে বস্তুটি কত দূরত্ব অতিক্রম করবে? **[KUET'04-05]**

সমাধান: $F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{10}{2} = 5ms^{-2}$

$s_1 = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 5^2 = \frac{125}{2} m$

$v = at = 5 \times 5 = 25ms^{-1}$

$s_2 = vt = 25\ (12-5) = 175\ m$

$s = s_1 + s_2$

$= 62.5 + 175$

$= 237.5m$ (Ans.)

22. $200\ ms^{-1}$ বেগে আগত 0.2 kg ভরের ক্রিকেট বলকে একজন খেলোয়াড় ক্যাচ ধরে 0.1 সেকেন্ড সময়ের মধ্যে থামিয়ে দিল। খেলোয়াড় কর্তৃক প্রযুক্ত গড় বল কত? **[RUET'04-05]**

সমাধান: $F = ma = \frac{m(v_o - v)}{t} = \frac{0.2 \times (200 - 0)}{0.1} = 400N.$ (Ans.)

$m = 0.2\ kg,\ v_o = 200\ ms^{-1}; v = 0\ ms^{-1}$

$t = 0.1\ sec, F = ?$

Question Type-02: বলের ঘাত ও ঘাত বল

➲ **Formula & Concept:**

➢ বলের ঘাত, $\vec{J} = \vec{F}t$

➢ বলের ঘাত একটি ভেক্টর রাশি যার দিক ক্রিয়ারত বলের দিকে।

➢ পরিবর্তনশীল বলের ক্ষেত্রে, $\vec{J} = \int \vec{F}dt = \int m\frac{d\vec{v}}{dt}dt = \Delta\vec{P} \therefore \vec{J} = \Delta\vec{P} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$

[**Note:** যেহেতু ভরবেগের পরিবর্তন ভেক্টর রাশি, দ্বিমাত্রিক ঘটনায় বলের ঘাত নির্ণয়ের ক্ষেত্রে ভেক্টর বিয়োগের নিয়মাবলী মেনে হিসাব করতে হবে।]

01. A 0.25 kg ball hits a brick wall with a velocity of 30 ms^{-1} and bounces back at the same speed. If the ball is in contact with the wall for 0.1 s, what is the value of the force exerted by the wall on the ball? **[IUT'20-21]**

(a) 100 N (b) -150 N (c) -300 N (d) 0 N

Solution: (b); $Ft = m\Delta v \Rightarrow F = -\frac{0.25\times(30+30)}{0.1} \therefore F = -150N$

02. As a baseball is being caught, its speed goes from 30.0 ms^{-1} to 0.0 in about 0.0050 s. The mass of the baseball is 0.145 kg. What is the magnitude of the force acting on the player who caught it? **[IUT'16-17]**

(a) 890N (b) 870N (c) 780N (d) 980N

Solution: (b); $F = \frac{\Delta P}{t} = \frac{30\times0.145}{0.005} = 870N$ (Ans.)

03. 150 g ভরের একটি ক্রিকেট বল 12 ms^{-1} বেগে গতিশীল হয়ে একটি ব্যাট দ্বারা আঘাত করার ফলে বলটি 20 ms^{-1} বেগে ফিরে আসে। বলটির উপর ক্রিয়ারত বলের আঘাতের সময়কাল 0.01 s, বলটির উপর ব্যাটের গড় বল নির্ণয় কর। **[BUET'19-20]**

সমাধান: $m(v-u) = Ft \Rightarrow F = \frac{m(v-u)}{t} = \frac{0.15\times(12+20)}{0.01}\ N = 480\ N$

Question Type-03: ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র

➲ **Formula & Concept:**

♦ একমাত্রিক সংঘর্ষঃ যদি দুটি বস্তুর বেগ একই সরলরেখায় সীমাবদ্ধ থাকে, সেক্ষেত্রে আমরা এদের একমাত্রিক সংঘর্ষ বলে থাকি।

এক্ষেত্রে ভরবেগের সংরক্ষণশীলতা, $m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$

[**Note:** একমাত্রিক সংঘর্ষে বেগকে ভেক্টর আকারে ($\vec{v}$) প্রকাশ করা হয় নাই। বরং বেগের দিক বুঝাতে আমরা +/− ব্যবহার করব। সেক্ষেত্রে যেকোনো একদিককে ধনাত্মক ধরে নিলে এর বিপরীত দিক হবে ঋণাত্মক।]

♦ দ্বিমাত্রিক সংঘর্ষঃ দুটি বস্তুর সংঘর্ষের আগে বা পরে বেগ একই রেখায় সীমাবদ্ধ না থাকলে সেটি দ্বিমাত্রিক বা ত্রিমাত্রিক সংঘর্ষ হয়। এক্ষেত্রে ভরবেগের সংরক্ষণশীলতা, $m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$

Note: দ্বিমাত্রিক সংঘর্ষে বেগকে ভেক্টর রূপে প্রকাশ করতে হবে। অথবা, x ও y অক্ষে আলাদাভাবে ভরবেগের সংরক্ষণশীলতা প্রয়োগ করতে হবে।]

সেক্ষেত্রে, x-অক্ষে: $m_1u_{1x} + m_2u_{2x} = m_1v_{1x} + m_2v_{2x}$

y-অক্ষে: $m_1u_{1y} + m_2u_{2y} = m_1v_{1y} + m_2v_{2y}$

সংঘর্ষকে আমরা দুই ভাগে ভাগ করতে পারি- (i) স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ এবং (ii) অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ

স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের ক্ষেত্রে বলা যায়, $\frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$

- একমাত্রিক স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ:

  একমাত্রিক স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের ক্ষেত্রে, $u_1 - u_2 = v_2 - v_1$

  অর্থাৎ সংঘর্ষের আগে ও পরে বস্তু দুটির আপেক্ষিক বেগের মানের পরিবর্তন হয় না, শুধুমাত্র দিক উল্টে যায়।

- একমাত্রিক স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে শেষবেগঃ

$$v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} u_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} u_2 \text{ এবং } v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} u_1 + \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} u_2$$

[সতর্কতাঃ স্থিতিস্থাপক ও অস্থিতিস্থাপক উভয় ধরনের সংঘর্ষের ক্ষেত্রেই ভরবেগের সংরক্ষণশীলতা প্রযোজ্য]

01. 500 kg ভরের স্থিরভাবে ভাসমান একটি নৌকার দুইপ্রান্তে দুইজন সাঁতারু স্থিরভাবে দাঁড়িয়ে আছে। তাদের ভর যথাক্রমে 50 kg এবং 75 kg । তারা প্রত্যেকে একসাথে বিপরীত দিকে $10\ ms^{-1}$ বেগে অনুভূমিক ভাবে নৌকা থেকে লাফ দিলে নৌকাটি কত বেগে গতিশীল হবে? **[CKRUET'21-22]**

(a) $0.5\ ms^{-1}$ (b) $2\ ms^{-1}$ (c) $25\ ms^{-1}$ (d) $0\ ms^{-1}$ (e) $1.5\ ms^{-1}$

সমাধান: (a); $0 = 50 \times 10 - 75 \times 10 + 500\,v \Rightarrow \frac{25\times10}{500} = v \Rightarrow v = 0.5\ ms^{-1}$

02. 4 kg ভরের একটি পাখি গাছে বসে আছে। 20 gm ভরের একটি গুলি $200\ ms^{-1}$ বেগে পাখিটিকে আঘাত করল। পাখিটির আনুভূমিক বেগ কত হবে যদি গুলিটি পাখির শরীরে থেকে যায়? **[CKRUET'20-21]**

(a) $2\ ms^{-1}$ (b) $1\ ms^{-1}$ (c) $10\ cms^{-1}$ (d) $9.95\ ms^{-1}$ (e) $0.995\ ms^{-1}$

সমাধানঃ (e); $M \times 0 + m \times v_2 = (M + m)V$

$\Rightarrow 0 + 20 \times 10^{-3} \times 200 = (4 + 20 \times 10^{-3}) \times v \Rightarrow v = 0.995\ ms^{-1}$

03. The recoil velocity of a gun of mass of 8 kg is $10\ ms^{-1}$ when a bullet of mass of 10 g leaves from the gun. After penetrating 0.3 m inside the target the bullet stops. Calculate the applied resistance of the bullet? **[IUT'20-21]**

(a) $1.067 \times 10^5 N$ (b) $1.067 \times 10^6 N$ (c) $1.067 \times 10^7 N$ (d) $1.067 \times 10^8 N$

Solution: (b); $MV + M_bV_b = 0 \Rightarrow V_b = \frac{8\times10}{10\times10^{-3}} ms^{-1} = 8 \times 10^3 ms^{-1}$

$\therefore F_k = \frac{\frac{1}{2}m_bV_b^2}{d} = 1.0667 \times 10^6\ N$

04. Cart 1 (2 kg) and Cart 2 (2.5 kg) run along a frictionless, level, one-dimensional track. Cart 2 is initially at rest, and Cart 1 is traveling $0.6\ ms^{-1}$ toward the right when it encounters cart 2. What is the efficiency of the collision with respect to kinetic energy? **[IUT'20-21]**

(a) 16 % (b) 65 % (c) 80 % (d) 25 %

Solution: (Blank); Here, this is inelastic collision, $m_1u_1 + m_2u_2 = v(m_1 + m_2) \Rightarrow v = \frac{2\times0.6}{4.5} = 0.267\ ms^{-1}$

$\therefore$ Efficiency of kinetic Energy, $\frac{\frac{1}{2}(m_1+m_2)v^2}{\frac{1}{2}m_1v^2} = \frac{4.5\times0.267^2}{2\times0.6^2} \times 100\% = 44.44\%$

05. An armature shooter holds a 4.50 kg rifle loosely, allowing it to recoil freely when fired, and fires a bullet of mass 4.20 g horizontally with a speed of $900\ ms^{-1}$. What is the recoil speed of the rifle? **[IUT'19-20]**

(a) $0.84\ ms^{-1}$ (b) $0.86\ ms^{-1}$ (c) $0.89\ ms^{-1}$ (d) $0.82\ ms^{-1}$

Solution: (a); $V = \frac{-mv}{M} = \frac{-(4.2\times10^{-3}\times900)}{4.5} ms^{-1} = -0.84\ ms^{-1}$

06. 45 kg এবং 65 kg ভরের দুটি বস্তু যথাক্রমে $12\ ms^{-1}$ এবং $2.5\ ms^{-1}$ বেগে পরস্পর বিপরীত দিকে আসার সময় একে অপরকে ধাক্কা দিল। ধাক্কার পর বস্তুদ্বয় একত্রে যুক্ত থেকে কত বেগে চলবে? **[KUET'18-19, 11-12, SUST'16-17]**

(a) $3.43\ ms^{-1}$ (b) $2.82 ms^{-1}$ (c) $6.39\ ms^{-1}$ (d) $4\ cms^{-1}$ (e) $6.07\ ms^{-1}$

সমাধানঃ (a); $45 \times 12 - 65 \times 2.5 = (45 + 65) \times v \Rightarrow v = 3.43 ms^{-1}$

07. Object 1 moves toward object 2, whose mass is twice that of object 1 and which is initially at rest. After their impact, the objects lock together and move with what fraction of object 1's initial kinetic energy? **[IUT'18-19]**

(a) $\frac{1}{18}$ (b) $\frac{1}{9}$ (c) $\frac{1}{6}$ (d) $\frac{1}{3}$

Solution: (d); $m_1u_1 + m_2u_2 = (m_1 + m_2)v \Rightarrow m_1u_1 + 0 = (m_1 + 2m_1)v \ \therefore v = \frac{u_1}{3}$

$\therefore E_{k_2} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 = \frac{1}{2}(m_1 + 2m_1)\left(\frac{u_1}{3}\right)^2 = \frac{1}{2}m_1u_1^2 \times \frac{1}{3} = E_{k_1} \times \frac{1}{3}$

08. Two objects, mass of one object is 3 kg which is moving with a speed of $2ms^{-1}$ and the mass of other is 5 kg and speed is $2ms^{-1}$, move toward each other and collide head-on. If the collision is perfectly inelastic, find the speed of the objects after the collision. **[IUT'18-19]**

(a) $0.25\ ms^{-1}$ (b) $0.5\ ms^{-1}$ (c) $0.75\ ms^{-1}$ (d) $1\ ms^{-1}$

Solution: (b); Since the collision is perfectly inelastic, the objects will move stitching together.

$m_1u_1 + m_1u_2 = m_1v_1 + m_2v_2 \Rightarrow 3 \times 2 - 5 \times 2 = (m_1 + m_2)v$

$\Rightarrow |v| = \left|\frac{3\times2-5\times2}{8}\right| ms^{-1} = \frac{1}{2}\ ms^{-1} = 0.5\ ms^{-1}$

09. A proton collides with a neutron (mass almost identical to the proton) to form a deuteron. What will be the velocity of the deuteron if it is formed from a proton moving with velocity 7.0×10^6 m/s to the left and a neutron moving with velocity $4.0 \times 10^6\ ms^{-1}$ to the right? (Proton mass = 1.67×10^{-27} kg). **[IUT'17-18]**

(a) $1.5 \times 10^6\ ms^{-1}$ towards left (b) $15 \times 10^6 ms^{-1}$ upward

(c) $15 \times 10^5 ms^{-1}$ downward (d) $-1.5 \times 10^6 ms^{-1}$ towards left

Solution: (a) ; $m_1v_1 - m_2v_2 = (m_1 + m_2)v \Rightarrow v = 1.5 \times 10^6 ms^{-1}$ to left

10. A 5.00 g bullet is fired with a velocity of $100.0\ ms^{-1}$ toward a 10.00 kg stationary solid block resting on a frictionless surface. What is the change in momentum of the bullet if it is embedded in the block? **[IUT'16-17]**

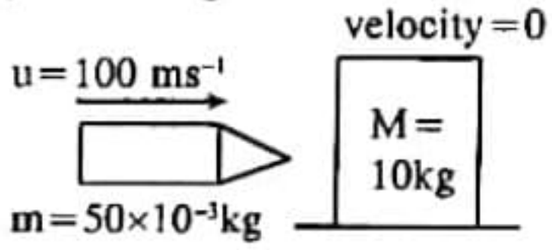
(a) $-0.45\ kg\ ms^{-1}$ (b) $-0.55 kg\ ms^{-1}$ (c) $-0.50\ kg\ ms^{-1}$ (d) $-0.65\ kg\ ms^{-1}$

Solution: (c); $mu + M \times 0 = (m + M)v$

$\Rightarrow v = \frac{mu}{m+M} = \frac{5\times10^{-3}\times100}{5\times10^{-3}+10} = 0.04997\ ms^{-1}$

change in momentum of the bullet,

$\Delta P = m(V - u) = 5 \times 10^{-3}(0.04997 - 100) = -0.49975 \approx -0.5\ ms^{-1}$



11. A 1325kg car moving north at $27.0ms^{-1}$ collides with a 2165kg car moving east at $17.0ms^{-1}$. They stick together. With what speed do they move after collision? **[IUT'14-15]**

(a) $12.7ms^{-1}$ (b) $13.7ms^{-1}$ (c) $10.2ms^{-1}$ (d) $14.7ms^{-1}$

Solution: (d); Here, $\vec{u}_1 = 27\hat{i}, \vec{u}_2 = 17\hat{j}, m_1 = 1325kg, m_2 = 2165\ kg$

$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{u}_2 = (m_1 + m_2)\vec{v}$

$\Rightarrow \vec{v} = \frac{m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2}{m_1+m_2} = 10.25\hat{i} + 10.546\hat{j} \ \therefore |\vec{v}| = 14.7ms^{-1}$

12. A 35.0g bullet strikes a 5.0 kg stationary wooden block and embeds itself in the block. The block and bullet fly off together at $8.6ms^{-1}$. What was the original speed of the bullet? **[IUT'14-15]**

(a) $1.2 \times 10^3 ms^{-1}$ (b) $1.35 \times 10^3 ms^{-1}$ (c) $1.35 \times 10^2 ms^{-1}$ (d) $1.2 \times 10^2 ms^{-1}$

Solution: (a); $m_1u_1 + m_2u_2 = (m_1 + m_2)v \Rightarrow 0.035\ u_1 = (5 + 0.035) \times 8.6$

$\Rightarrow u_1 = 1.237 \times 10^3\ ms^{-1} \approx 1.2 \times 10^3 ms^{-1}$

13. আধুনিক জেট বিমান কোন সূত্র ব্যবহার করে চালানো হয়? **[Ans:a] [CUET'10-11]**

(a) ভরবেগের নিত্যতা সূত্র (b) নিউটনের গতির প্রথম সূত্র

(c) অভিকর্ষ সূত্র (d) None

14. A 1000 kg truck moving at $20\ ms^{-1}$ collides with 1500 kg truck which was at rest and both the trucks move together coupling each other. The resultant velocity will be- **[IUT'10-11]**

(a) $12.5\ ms^{-1}$ (b) $8\ ms^{-1}$ (c) $10\ ms^{-1}$ (d) $7.5\ ms^{-1}$

Solution: (b); $m_1u_1 + m_2u_2 = (m_1 + m_2)v \Rightarrow v = \frac{1000\times20}{2500} = 8\ ms^{-1}$

15. 2.0 kg ভরের একটি বস্তু স্থির অবস্থায় থাকা আরেকটি বস্তুর সাথে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ ঘটালো এবং সংঘর্ষের পর প্রথম বস্তুটি তার আদিবেগের এক- চতুর্থাংশ বেগ নিয়ে একই দিকে চলতে থাকল। আঘাতপ্রাপ্ত বস্তুটির ভর কত? **[BUET'18-19]**

সমাধানঃ $m_1 = 2kg,\ u_2 = 0ms^{-1}\ ; v_1 = \frac{u_1}{4}; v_1 = \frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}\ u_1 \Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{2-m_2}{2+m_2}\ ;\ m_2 = 1.2\ kg$ (Ans.)

16. 30kg ভরের একটি শেল $48ms^{-1}$ বেগে উড়ছে। শেলটি বিস্ফোরিত হয়ে দুই টুকরা হলে 18kg ভরের টুকরাটি স্থির হয়ে যায় এবং বাকী টুকরাটি উঠে যায়। বাকী অংশের বেগ কত? **[BUET'06-07]**

সমাধান: আমরা জানি, $m_1v_1 + m_2v_2 = mv$

$\Rightarrow (18 \times 0) + (12v_2) = 30 \times 48 \Rightarrow v_2 = 120\ ms^{-1}$

দিক: শেলের বেগের দিকে

এখানে, $m_1 = 18\ kg$

$m_2 = (30 - 18)kg = 12\ kg$

$v_1 = 0\ ms^{-1}, v = 48\ ms^{-1}, m = 30\ kg$

17. স্থির পানির উপর ভাসমান একটি নৌকা হতে একজন লোক আনুভূমিক দিকে লাফ দিয়ে তীরে পৌঁছাল। বাকী লোকসহ নৌকার ভর 300 kg। লাফ দেয়া লোকের ভর 60 kg। লাফের বেগ 20 ms^{-1}। এমতাবস্থায় নৌকায় অবস্থিত 0.75 kg ভরের একটি স্থির বলকে কিক মারা হলো। ফলে ফুটবলটি একই দিকে$18ms^{-1}$ বেগ প্রাপ্ত হলো। পা কর্তৃক প্রযুক্ত বলের ঘাত নির্ণয় কর।

সমাধান: ধরি, নৌকার পশ্চাৎ বেগ = v $\therefore v \times 300 = 60 \times 20 \Rightarrow v = 4ms^{-1}$ **[RUET'05-06]**

আবার, কিকের আগে ভরবেগ $mv_1 = -4 \times 0.75 = -3\ kgms^{-1}$; কিকের পরে ভরবেগ $mv_2 = 18 \times 0.75 = 13.5\ kgms^{-1}$

$\therefore$ ভরবেগের পরিবর্তন $F_i = mv_1 - mv_2 = (-3 - 13.5)\ kgms^{-1} = -16.5\ kgms^{-1}$

$\therefore$ পা কর্তৃক প্রযুক্ত বলের ঘাত $F_i = 16.5\ kgms^{-1}$ (Ans.)

18. 6 kg ও 4 kg ভরের দুইটি বস্তু একই সরলরেখা বরাবর কিন্তু বিপরীত দিকে চলা অবস্থায় একে অপরকে ধাক্কা দিল। ধাক্কার পূর্বে তাদের বেগ যথাক্রমে 5 ms^{-1} (উত্তর দিকে) ও 2 ms^{-1} (দক্ষিণ দিকে) ছিল। ধাক্কার পর দ্বিতীয় বস্তুটি 2.5 ms^{-1} বেগে পিছিয়ে গেল; প্রথম বস্তুটির বেগ কত হবে? **[KUET'03-04]**

সমাধান: $m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2 \Rightarrow 6\times5 + 4\times(-2) = 6v_1 + 4\times(2.5) \Rightarrow v_1 = 2ms^{-1}$ (উত্তর দিক)

[উত্তর দিককে (+) ve ধরা হয়েছে]

19. 40kg এবং 60kg ভরের দুটি বস্তু পরস্পর বিপরীত দিকে যথাক্রমে 8 ms^{-1} ও $2ms^{-1}$ বেগে যাওয়ার পথে একে অপরকে ধাক্কা দিল। ধাক্কার পর বস্তু দুটি একত্রে যুক্ত থেকে কত বেগে চলবে? **[BUTEX'01-02]**

সমাধান: এখানে, $m_1 = 40kg, m_2 = 60kg,\ u_1 = 8ms^{-1},\ u_2 = -2ms^{-1}, v = ?$

আমরা জানি, $m_1u_1 + m_2u_2 = (m_1 + m_2)v \Rightarrow 40 \times 8 + 60 \times (-2) = (40 + 60)v \Rightarrow v = 2ms^{-1}$ (Ans.)

দিকঃ প্রথম বস্তু যেদিকে চলছে, সেদিকে।

Question Type-04: রকেটের গতি

➲ **Formula & Concept:**

➢ m ভরের একটি রকেট হতে $\frac{dm}{dt}$ হারে জ্বালানী নির্গত হয়। রকেটের সাপেক্ষে এই নির্গত জ্বালানীর বেগ যদি v_r হয় তাহলে, জ্বালানীর নির্গমনের জন্য রকেটের উপরের দিকে ধাক্কা (Thrust) বল কাজ করে। এই ধাক্কা বলের মান $F_t = v_r\frac{dm}{dt}$

♦ রকেটের ত্বরণঃ

➢ রকেট মহাশূন্যে থাকলে, $F = v_r\frac{dm}{dt} \therefore a = \frac{1}{m}\ v_r\frac{dm}{dt}$

➢ রকেট ভূ-পৃষ্ঠে থাকলে, লব্ধি বল, $F = F_t - mg$ এবং $v = v_0 + v_r \ln\frac{M_0}{M} - gt$

♦ রকেটের বেগঃ

যখন, v_r ও $\frac{dm}{dt}$ এর মান ধ্রুবক রকেটের শেষবেগ v এর রাশিমালা-

➢ রকেট মহাশূন্যে থাকলে, $v = v_0 + v_r \ln\left(\frac{m_0}{m}\right)$

➢ রকেট ভূ-পৃষ্ঠে থাকলে, $v = v_0 + v_r \ln\left(\frac{m_0}{m}\right) - gt$

এখানে, রকেটের আদিবেগ = v_0

জ্বালানীসহ রকেটের আদিভর = m_0

t সময় পরে রকেটের ভর = $m = m_0 - \left(\frac{dm}{dt}\right) \times t$

01. 10,000 kg স্থানান্তরসহ একটি রকেটের ভর 15,000 kg। রকেটের জ্বালানী $200\,kgs^{-1}$ হারে পুড়ে এবং গ্যাস $2000\,ms^{-1}$ বেগে নির্গত হয়। রকেটের উপরের দিকে ধাক্কা কত? **[BUTEX'18-19]**

সমাধান: $F = v_r \frac{dm}{dt} - Mg \Rightarrow F = 2000 \times 200 - (15{,}000) \times 9.8 \Rightarrow F = 25.3 \times 10^4 N$

02. মহাকাশে অবস্থিত একটি শাটল মহাকাশ যানের ভর $3 \times 10^3 kg$ এবং জ্বালানীর ভর 50,000gm। জ্বালানী $15kgs^{-1}$ হারে ব্যবহৃত হলে এবং $150ms^{-1}$ সুষম দ্রুতিতে নির্গত হলে শাটল যানের উপর ধাক্কা নির্ণয় কর। **[BUTEX'08-09]**

সমাধান: $F = \left(\frac{\Delta m}{\Delta t}\right) v = 15kgs^{-1} \times 150\,ms^{-1} = 2250\,kgms^{-2} = 2250\,N$ (Ans.)

Question Type-05: ঘর্ষণ

➲ **Formula & Concept:**

♦ স্থিতি ঘর্ষণঃ কোন তল এবং তলের ওপর অবস্থিত কোনো বস্তুর মাঝে আপেক্ষিক গতি সৃষ্টি হওয়ার পূর্ব পর্যন্ত যে ঘর্ষণ বল ক্রিয়া করে, তাই স্থিতি ঘর্ষণ বল। বস্তু যতক্ষণ না চলবে ততক্ষণ পর্যন্ত এর উপর স্থিতি ঘর্ষণ বল ক্রিয়া করবে।

এর মানঃ $0 \le f_s \le \mu_s R$; μ_s: স্থিতি ঘর্ষণ গুণাঙ্ক

∴ স্থিতি ঘর্ষণ বলের সর্বোচ্চ মান $f_{s_{max}} = \mu_s R$

স্থিতি ঘর্ষণ বলের সর্বোচ্চ মানই হলো সীমান্তিক ঘর্ষণ বল এর মান।

♦ গতীয় ঘর্ষণঃ দুটি বস্তুর স্পর্শতলের মাঝে আপেক্ষিক গতি থাকলে, তখন তাদের মাঝে যে ঘর্ষণ ক্রিয়া করে, তাকে গতীয় ঘর্ষণ বলে। যখনই বস্তু চলতে থাকবে তখনই গতীয় ঘর্ষণ বল ক্রিয়া করবে।

এর মানঃ $f_k = \mu_k R$; μ_k গতীয় ঘর্ষণ গুণাঙ্ক

লক্ষণীয়ঃ গতীয় ঘর্ষণ বল স্থিতি ঘর্ষণ এর সীমান্তিক মান অপেক্ষা ছোট। ∴ $f_k < f_s(max)$ ∴ $\mu_k < \mu_s$

01. A horizontal shove of at least 200N is required to start moving a 800N object initially at rest on a horizontal floor. The coefficient of static friction is: **[IUT'17-18]**

(a) 0.25 (b) 0.125 (c) 0.50 (d) None of these

Solution: (a) ; $F = \mu_k \Rightarrow \mu_k = \frac{F}{R} = \frac{200}{800} = 0.25$ (Ans.)

02. 10kg ভরের পড়ন্ত বস্তুর ত্বরণ কত, যখন বাতাসের বাধা 78N? **[RUET'14-15]**

(a) $2.2\,ms^{-2}$ (b) $2.5\,ms^{-2}$ (c) $3.0\,ms^{-2}$ (d) $1.5\,ms^{-2}$ (c) None

সমাধান: (e); $a = 9.8 - \frac{78}{10} = 2\,ms^{-2}$

03. 500 kg ভরের একটি গাড়ি $60\,kmhr^{-1}$ বেগে চলে। ব্রেক চেপে গাড়িটিকে 50m দূরে থামানো হলো। যদি রাস্তার ঘর্ষণজনিত বল 100N হয়, তবে ব্রেকজনিত বলের মান কত N? **[SUST'14-15, KUET'10-11]**

(a) 510 (b) 720 (c) 828 (d) 1190 (e) 1290

সমাধান: (e); $ma = F_k + F_b \Rightarrow F_b = ma - F_k = m\frac{u^2}{2s} - F_k = 500 \times \frac{\left(\frac{60}{3.6}\right)}{2\times50} - 100 \approx 1290N$

04. 1000 kg ভরের একটি উড়োজাহাজ স্থির বেগে সোজা পথে উড্ডয়ন করছে। বাতাসের ঘর্ষণ বল 1800 N উড়োজাহাজের উপর প্রযুক্ত নীট বল হবে- **[BUET'11-12]**

(a) 0N (b) 11800 N (c) 1800 N (d) 9800 N

সমাধান: (a); বেগ স্থির বলে নীট বল $\sum F = 0$

05. পৃথিবীর তলে মুক্তভাবে কোন বস্তু গড়ালে শেষে থেমে যায় কারণ- **[Ans: b][BUTEX'11-12]**

(a) ভরের জন্য (b) ঘর্ষণের জন্য (c) স্থিতি জড়তার জন্য (d) ভরবেগের জন্য

০৬. একটি বস্তু ঘণ্টায় 36 km বেগে ভূমির উপর দিয়ে পিছলে যেতে যেতে অবশেষে স্থির অবস্থায় আসলো। বস্তু ও ভূমির মধ্যে ঘর্ষণ গুণাংক 0.2 হলে বস্তুটি স্থির অবস্থায় আসার পূর্বে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর। **[BUET'09-10]**

সমাধান: $F_K = \mu_K R = \mu_K mg$

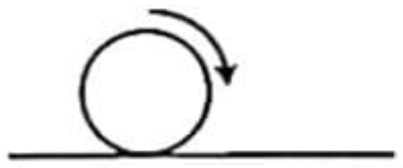
$\therefore$ মন্দন, $a = \frac{F_K}{m} = \mu_K g = 0.2 \times 9.8 ms^{-2}$ $\therefore v^2 = u^2 - 2as$; $u = 36\ kmh^{-1} = 10 ms^{-1}, v = 0$

$\therefore s = \frac{u^2 - v^2}{2a} = \frac{10^2}{2 \times 0.2 \times 9.8} = 25.51m$

07. মাঠের মধ্য দিয়ে গড়িয়ে যাওয়া 0.5 kg ভরের একটি ফুটবল 50m দূরত্বে গিয়ে থেমে গেল। ফুটবলটির প্রাথমিক বেগ 30 ms^{-1} হলে ঘর্ষণ বলের মান কত? **[KUET'05-06]**

সমাধান: $v^2 = u^2 - 2as \Rightarrow 0^2 = 30^2 - 2 \times a \times 50 \Rightarrow a = 9 ms^{-2}$ $\therefore F_s = ma = 0.5 \times 9 = 4.5N$(Ans.)

বিকল্প সমাধান : ফুটবল ফাঁপা গোলক। $I = \frac{2}{3} mr^2$



$\therefore$ মোট গতিশক্তি $E = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} I\omega^2 = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} . \frac{2}{3} mr^2\omega^2$

$= \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{3} mv^2$ $(v = r\omega) = \frac{5}{6} mv^2$; $E = f_k . S \Rightarrow f_k = \frac{E}{S} = \frac{\frac{5}{6} mv^2}{S} = \frac{\frac{5}{6} \times 0.5 \times 30^2}{50} = 7.5\ N$

$\therefore$ ঘর্ষণ বল $f_k = 7.5\ N$

08. 1000 kg ভরের একটি গাড়ীর চাকার সাথে রাস্তার স্থিতি ঘর্ষণ সহগ 0.10 এবং চল ঘর্ষণ সহগ 0.04। আনুভূমিকের দিকে গাড়ীটির উপর ন্যূনতম কত বল প্রয়োগ করলে স্থির গাড়ীটি চলতে শুরু করবে। আর অতিরিক্ত কত বল প্রয়োগ করলে গাড়ীটির ত্বরণ 2 ms^{-2} হবে? **[BUET'01-02]**

সমাধান: ন্যূনতম প্রয়োগকৃত বল, $F_{min} = \mu\ mg = 0.1 \times 1000 \times 9.8 = 980\ N$

$2ms^{-1}$ ত্বরণের জন্য প্রয়োজনীয় বল $= ma + F_k = ma + \mu_k\ mg = 1000 \times 2 + 0.04 \times 1000 \times 9.8 = 2392\ N$

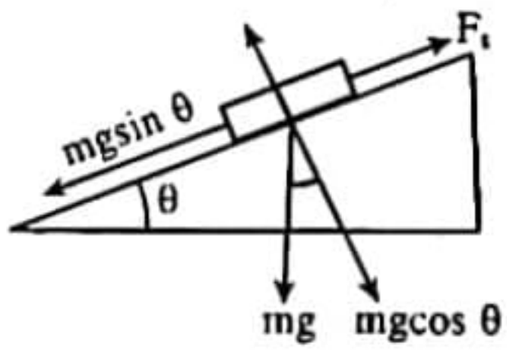
$\therefore$ অতিরিক্ত বল $= 2392 - 980 = 1412\ N$ (Ans.)

09. 1000 kg ভরের একটি গাড়ির চাকা ও রাস্তার মধ্যে স্থিতি ঘর্ষণের সহগ বা গুণাঙ্ক $\mu_s = 0.8$ হলে গাড়িটি সর্বোচ্চ কত ঢালু রাস্তায় পিছলিয়ে না পড়ে থেমে থাকতে পারবে? **[BUET'00-01]**

সমাধান: মনে করি, ঢালু রাস্তাটি অনুভূমিকের সাথে θ কোণে থাকলে গাড়ি পিছলিয়ে না পড়ে থেমে থাকবে। তখন, $F_s = mg \sin\theta$

$$\mu_s = \frac{F_s}{R} = \frac{mg \sin\theta}{mg \cos\theta} \Rightarrow \mu_s = \tan\theta$$

$\Rightarrow 0.8 = \tan\theta \Rightarrow \theta = 38°39'$ (Ans.)

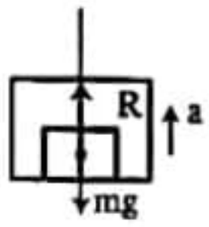


Question Type-06: লিফট

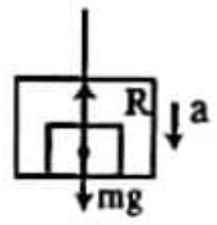
➲ **Formula & Concept:**

➢ ধরি, একটি লিফট a ত্বরণে গতিশীল এবং লিফটের অবস্থিত কোন বস্তুর ভর m এবং উক্ত বস্তুর উপর লিফটের তল কর্তৃক প্রতিক্রিয়া বল R। এখন-

➢ যদি লিফট উপরে উঠে, বস্তুর উপর লব্ধি বল, $F = R - mg = ma \Rightarrow R = m(g + a)$



➢ যদি লিফট নিচে নামে, বস্তুর উপর লব্ধি বল, $F = mg - R = ma \therefore R = mg - ma = m(g - a)$



01. A spring balance is attached to the ceiling of a lift. A man hangs his bag on the spring, and the spring reads 49 N when the lift is stationary. If the lift moves downward with an acceleration of 5 ms^{-2}, the reading of the spring balance will be **[IUT'19-20]**

(a) 24 N (b) 74 N (c) 15 N (d) 49 N

Solution: (a); $W' = m(g-a) = \left(\frac{w}{g}\right)(g-a) = \left(\frac{49}{9.8}\right)(9.8-5)\ N = 24N$

02. Ali has a weight of 100N. What is his weight in a roller coaster moving downwards with acceleration a = 0.3g? [Here, $g = 9.8ms^{-2}$] **[IUT'18-19]**

(a) 100N (b) 130N (c) 30N (d) 70N

Solution: (d); $g' = g - a = g - 0.3g = 0.7g \therefore w' = \frac{w}{g} \times g' = \frac{w}{g} \times 0.7g = w \times 0.7 = 70N$

03. An elevator is accelerated upward at 2 ms^{-2}. If the elevator weighs 500 kg, what is the tension in the supporting cable? ($g = 9.8\ ms^{-2}$). **[IUT'17-18]**

(a) 20.604 kg-wt (b) 206.04 kg-wt (c) 602.04 kg-wt (d) 60.204 kg-wt

Solution: (c) ; $F = m(g+a) = 500 \times (9.8+2)N = 5900\ N \therefore T = \frac{5900}{9.8} = 602.04$ kg-wt

04. A student stands on a bathroom scale in an elevator at rest on the 64^{th} floor of a building. The scale reads 836 N. As the elevator moves up, the scale reading increases to 936 N, then decreases back to 836 N. What is the acceleration of the elevator? **[IUT'16-17]**

(a) 1.17 ms^{-2} (b) 1.27 ms^{-2} (c) 1.21 ms^{-2} (d) 1.57 ms^{-2}

Solution: (a); Weight $= \frac{836}{9.8} = 85.306$ kg; Second net acceleration $V = \frac{936}{85.306} = 10.9722\ ms^{-2}$

$\Delta a = 10.9722 - g = 1.17\ ms^{-2}$

05. 5 kg ভরের বস্তুর উপর কত বল প্রয়োগ করলে বস্তুটির নিম্নমুখী ত্বরণ 4 ms^{-2} হবে? **[BUTEX'15-16]**

(a) 96 N downwards (b) 96 N upwards (c) 29 N upwards (d) 29 N downwards

সমাধান: **(c);**

$mg - F = ma \Rightarrow 5 \times 9.8 - F = 5 \times 4 \Rightarrow F = 29N$, upwards

06. একটি লিফট $1ms^{-2}$ ত্বরণে নিচে নামছে। লিফটের মধ্যে দাঁড়ানো একজন ব্যক্তির ভর 65 kg হলে তিনি যে বল অনুভব করবেন **[RUET'13-14, CUET'11-12]]**

(a) 350 N (b) 572 N (c) 250 N (d) None of these

সমাধান: **(b);** $F = m(g-f) = 65(9.8-1) = 65 \times 8.8 = 572N$

07. একটি লিফট 15 ms^{-1} গতিতে উপরে উঠছে। 60 kg ভরের একজন মানুষ লিফটে অবস্থান করলে লিফটের উপর তার প্রতীয়মান ওজন হবে- **[BUET'10-11]**

(a) 588 N (b) 900 N (c) 750 N (d) 800 N

সমাধান: **(a);** লিফট সমবেগে উপরে উঠছে বলে কেবল অভিকর্ষজ ত্বরণ ক্রিয়াশীল হবে। $60 \times 9.8 = 588$ N

08. A lift is going down with an acceleration of 4.8 ms^{-2}. A ball is released 2m height from the floor of the lift. How much time it will take to hit the floor by the ball? **[IUT'10-11]**

(a) 2 s (b) 1.5 s (c) 0.984 s (d) 0.965 s

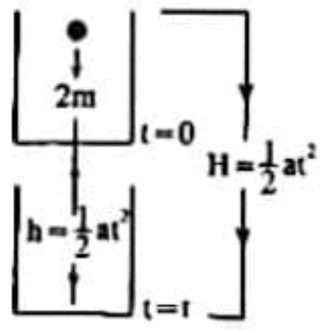
Solution: (No answer); $f = g - a = 9.8 - 4.8 = 5\ ms^{-2} \therefore t = \sqrt{\frac{2h}{f}} = \sqrt{\frac{2\times2}{5}} = 0.894$ s

Alternative:

The height lift covers downwards at time t, $h = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 4.8 \times t^2 = 2.4\ t^2$

Displacement of the falling body at time t, $H = \frac{1}{2}gt^2 = 4.9\ t^2$

$\therefore 2 + 2.4\ t^2 = 4.9\ t^2;\ t = 0.89$ s (Ans.)



09. 100 kg ভরের একজন লোক লিফটে দাঁড়িয়ে আছে। লিফটটি যদি 2 ms^{-2} ত্বরণে উপরের দিকে উঠতে থাকে তাহলে লোকটির উপর ঊর্ধ্বমুখী প্রতিক্রিয়া বল কত? **[RUET'06-07]**

সমাধান: $F = m(9.8 + a) = 100(9.8 + 2) = 1180$ N. (Ans.)

10. 10kg ভরের একটা বস্তুর উপর কত বল প্রয়োগ করলে বস্তু খাড়া (i) উপরের দিকে 1.2 ms^{-2} (ii) নিচের দিকে 2.8ms^{-2} ত্বরণে গতিশীল হবে? **[RUET'06-07]**

সমাধান: (i) $F - mg = ma \Rightarrow F = m(g + a) = 10(9.8 + 1.2) = 10\times11 = 110N$

(ii) $mg - F = ma \Rightarrow F = m(g - a) = 10(9.8 - 2.8) = 10\times7 = 70N$

Question Type-07: জড়তার ভ্রামক

➲ **Formula & Concept:**

- অভিলম্ব অক্ষ উপপাদ্য: কোন সমতল পাতের তলে পরস্পর লম্বভাবে অবস্থিত দুটি অক্ষ OX এবং OY এর সাপেক্ষে পাতটির জড়তার ভ্রামক যথাক্রমে I_x ও I_y হয়, তবে ঐ দুই অক্ষের ছেদ বিন্দু দিয়ে এবং পাতটির তলের অভিলম্বভাবে অতিক্রান্ত অক্ষের সাপেক্ষে পাতটির জড়তার ভ্রামক I_z হবে, $I_z = I_x + I_y$. [শুধুমাত্র দ্বিমাত্রিক বস্তুর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য]।

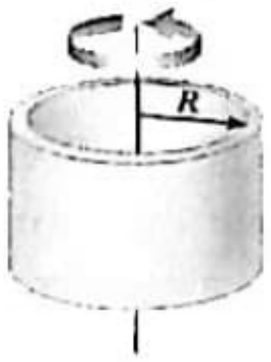
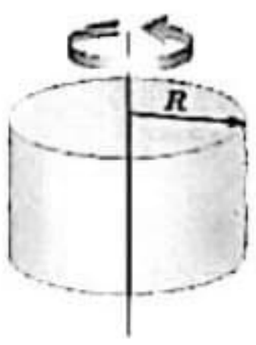
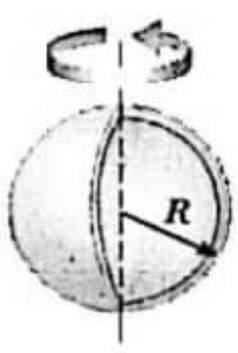
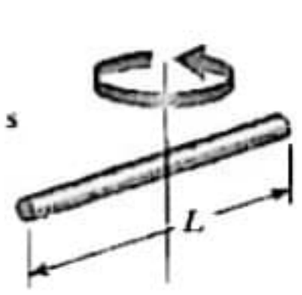
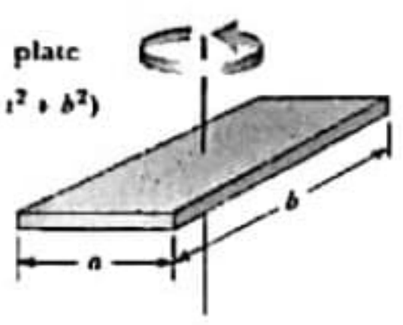
- সমান্তরাল অক্ষ উপপাদ্য:

  $I = I_g + Mh^2$

  I_g = ভরকেন্দ্রগামী অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক, M = বস্তুর ভর; h = ভরকেন্দ্রগামী অক্ষ থেকে সমান্তরাল অক্ষের দূরত্ব।

- জটিল বস্তুর জন্য কোনো অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক বের করবে ধাপে ধাপে প্রত্যেক বস্তুর জন্য আলাদা করে।

- ভিন্ন ভিন্ন বস্তুর জন্য জড়তার ভ্রামক: ''সবগুলো ক্ষেত্রে এই ভর সুষমভাবে বন্টিত।

ফাঁপা সিলিন্ডার	নিরেট সিলিন্ডার	ফাঁপা গোলক	নিরেট গোলক	সরল দন্ড	আয়তাকার পাত
					
$I = MR^2$	$I = \frac{1}{2}MR^2$	$I = \frac{2}{5}MR^2$	$I = \frac{2}{5}MR^2$	$I = \frac{1}{12}ML^2$	$I = \frac{1}{12}(a^2 + b^2)$

01. একটি 3m দৈর্ঘ্যের সরু সুষম দন্ডের ভর 4kg দন্ডটি প্রান্তবিন্দুগামী অক্ষকে কেন্দ্র করে ঘুরছে। ঘূর্ণন অক্ষ সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক কত? **[BUTEX'16-17]**

(a) 4 kgm^2 (b) 12 kgm^2 (c) 4 kgm^{-2} (d) 12 kgm^{-2}

সমাধান: (b); প্রান্তবিন্দুর সাপেক্ষে দন্ডটির জড়তার ভ্রামক $= \frac{1}{3}ML^2 = \frac{1}{3}\times 4 \times (3)^2 = 12$ kgm^2

02. একটি ফাপা সিলিন্ডারের ভর 200 g এবং ব্যাসার্ধ 10 cm. জড়তার ভ্রামক কত? **[BUTEX'15-16]**

(a) 2×10^{-3} kgm (b) 2×10^{-3} kgm^2 (c) 2×10^{-4} kgm^2 (d) 2×10^{-4} kgm

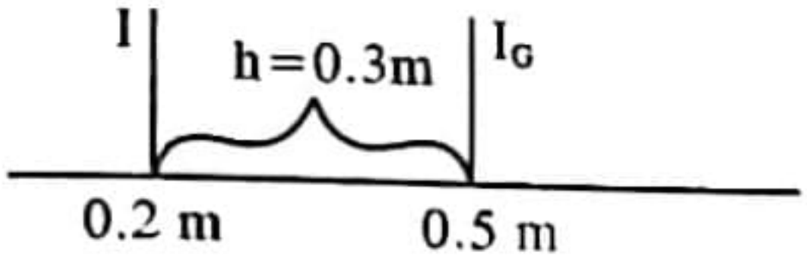
সমাধান: (b); $I = MR^2 = 0.2 \times (0.1)^2 kgm^2 = 2 \times 10^{-3} kgm^2$

03. A ball of iron of weight 0.05 kg is revolving by fastening it at the end of a thread of length of 2 m. The moment of inertia- **[IUT'10-11]**

(a) 2 kg-m^2 (b) 0.2 kg-m^2 (c) 0.4 kg-m^2 (d) 1.4 kg-m^2

Solution: (b); $I = mr^2 = 0.05 \times 2^2 = 0.2$ kgm^2

04. 0.56 kg ভর বাশিষ্ট একটি মিটার স্কেলের 20 cm চিহ্নিত দাগের লম্ব অক্ষের সাপেক্ষে মিটার স্কেলটির ঘূর্ণন জড়তা নিরূপণ কর। স্কেলটিকে পাতলা রড হিসেবে বিবেচনা কর। **[BUET'19-20]**



সমাধানঃ ঘূর্ণন জড়তা= $I_G + Mh^2 = \frac{Ml^2}{12} + Mh^2 = \frac{0.56\times1^2}{12} + 0.56 \times (0.3)^2\ kgm^2 = 0.097\ kgm^2$

Question Type-08: দ্বন্দ্ব ও টর্ক নির্ণয়

➲ **Formula & Concept:**

➢ দ্বন্দ্বের ভ্রামক = যেকোন একটি বলের মান × বলদ্বয়ের ক্রিয়ারেখার মধ্যবর্তী লম্ব দূরত্ব। দ্বন্দ্বের ভ্রামকের ক্ষেত্রে যে দিক positive ধরবে তার Opposite দিকের দ্বন্দ্বের ভ্রামকের আগে Negative sign বসাবে।

➢ টর্ক $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \therefore \tau = rF\sin\theta$

➢ টর্ক = বল × ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বলের প্রয়োগ রেখার লম্ব দূরত্ব।

➢ টর্ক τ = জড়তার ভ্রামক I × কৌণিক ত্বরণ α

01. ব্যাসার্ধ ভেক্টর $\vec{r} = 2\hat{i} + 3\hat{j} + 2\hat{k}$ এবং বল ভেক্টর $\vec{F} = 2\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k}$ হলে বলের ভ্রামক τ নির্ণয় কর। **[CKRUET'20-21]**

(a) $2\hat{i} - 2\hat{k}$ (b) 0 (c) $2\hat{i} - 2\hat{j} - 2\hat{k}$ (d) $2\hat{i} + 2\hat{k}$ (e) None of them

সমাধানঃ **(a)**; $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 2 & 3 & 2 \\ 2 & 2 & 2 \end{vmatrix} = \hat{i}(6-4) - \hat{j}(4-4) + \hat{k}(4-6) = (2\hat{i} - 2\hat{k})Nm$

02. একটি চাকার ভর 6kg এবং কোনো অক্ষ সাপেক্ষে চক্রগতির ব্যাসার্ধ 30cm। চাকাটিকে 3 $rads^{-2}$ ত্বরণ সৃষ্টি করতে কত মানের টর্ক (Torque) প্রয়োগ করতে হবে? **[BUTEX'16-17]**

(a) 1.62 Nm (b) 1.8 Nm (c) 16.2 Nm (d) 18 Nm

সমাধান: **(a)**; $\tau = I\alpha = MR^2\alpha = 6 \times (0.3)^2 \times 3\ Nm = 1.62\ Nm$

03. দ্বন্দ্ব বা যুগল (Couple) বল সৃষ্টি হয় যখন বলদ্বয়- **[BUTEX'12-13]**

(a) সমান (b) সমান্তরাল (c) বিপরীতমুখী (d) সবকয়টি

সমাধান: **(d)**; দ্বন্দ্ব বা যুগলের সংজ্ঞানুসারে বলদ্বয় সমান, সমান্তরাল এবং বিপরীতমুখী হয়।

04. একটি 8 kg ভরের চাকার চক্রগতির ব্যাসার্ধ 25 cm হলে এর জড়তার ভ্রামক কত হবে? চাকাটিতে 3 $rads^{-2}$ কৌণিক ত্বরণ সৃষ্টি করতে কত মানের টর্ক প্রয়োগ করতে হবে? **[BUET'17-18, BUTEX'01-02]**

সমাধান: দেওয়া আছে, চাকার ভর $m = 8\ kg$, চক্রগতির ব্যাসার্ধ $K = 25\ cm = 0.25\ m$

জড়তার ভ্রামক $I = mK^2 = 8 \times (0.25)^2 = 0.5\ kgm^2$; কৌণিক ত্বরণ $\alpha = 3\ rads^{-2}$

প্রযুক্ত টর্ক $\tau = I\alpha = 0.5 \times 3 = 1.5\ Nm$ (Ans.)

Question Type-09: কৌণিক ভরবেগ

➲ **Formula & Concept:**

➢ কৌণিক ভরবেগ, $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = (\vec{r} \times m\vec{v})$

➢ $L = mvr\sin\theta$; $\theta = 90°$ হলে $L = mvr = m\omega r^2$

➢ $\vec{L} = I\vec{\omega}$

➢ কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র: $I_1\omega_1 = I_2\omega_2$ বা, $mv_1r_1 = mv_2r_2$; [বাহ্যিক টর্ক প্রযুক্ত না হলে অর্থাৎ, বাহ্যিক লব্ধি টর্ক শূন্য হলে]

01. The mass of a metallic sphere is 6 g, it is fastened at one end of a thread of length of 3 m and is rotated 4 times per second. What is its angular momentum? **[IUT'21-22]**

(a) $2.356\ kgm^2s^{-1}$ (b) $1.356\ kgm^2s^{-1}$ (c) $1.984\ kgm^2s^{-1}$ (d) $2.784\ kgm^2s^{-1}$

Solution: (b); $L = I\omega = mvr = m\omega r^2 = 6 \times 10^{-3} \times (2\pi \times 4) \times 3^2\ kgm^2s^{-1} = 1.357\ kgm^2s^{-1}$

02. বোরের হাইড্রোজেন পরমাণু মডেলে একটি ইলেক্ট্রন একটি প্রোটনের চারিদিকে $5.2 \times 10^{-11}m$ ব্যাসার্ধের একটি বৃত্তাকার পথে $2.18 \times 10^6\ ms^{-1}$ বেগে প্রদক্ষিণ করে। ইলেক্ট্রনের ভর $9.1 \times 10^{-31}kg$ হলে কেন্দ্রমুখী বল কত হবে? **[BUET'12-13]**

(a) $3.81 \times 10^{-6}N$ (b) $8.32 \times 10^{-8}N$ (c) $2.17 \times 10^{-47}N$ (d) $1.25 \times 10^{26}N$

সমাধান: **(b);** $F_C = \frac{mv^2}{r} = \frac{9.1\times10^{-31}\times(2.18\times10^6)^2}{5.2\times10^{-11}} = 8.3169 \times 10^{-8}N$

03. পৃথিবী-পৃষ্ঠের ওপরে কোন বায়ুমণ্ডল না থাকলে একটি দিবসের সময়ের ব্যাপ্তি- **[BUET'11-12]**

(a) হ্রাস পাবে (b) বৃদ্ধি পাবে

(c) একই থাকবে (d) আবহাওয়ার ওপর নির্ভর করবে

সমাধান: **(a);** কৌণিক ভরবেগ, $L = I\omega$। পৃথিবী পৃষ্ঠে বায়ুমন্ডল না থাকলে পৃথিবীর জড়তার ভ্রামক হ্রাস পেতো অর্থাৎ কৌণিক বেগ বৃদ্ধি পেতো। কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ । সুতরাং ω বাড়লে T কমবে অর্থাৎ দিবসের ব্যাপ্তি হ্রাস পাবে। [কৌণিক ভরবেগের নিত্যতা]

04. 2 Kg ভরের একটি বস্তুর অবস্থান ভেক্টর $\underline{r} = (\hat{i} - 2\hat{j} + 2\hat{k})m$ এবং বেগ $\vec{v} = (2\hat{i} - 4\hat{j} + 2\hat{k})ms^{-1}$। বস্তুটির কৌণিক ভরবেগের মান নির্ণয় কর। **[BUTEX'21-22]**

সমাধান: আমরা জানি, $\bar{L} = \bar{r} \times \bar{p} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 1 & -2 & 2 \\ 4 & -8 & 4 \end{vmatrix} = \hat{i}(-8+16) - \hat{j}(4-8) + \hat{k}(-8+8) = (8\hat{i} + 4\hat{j})\ kgm^2s^{-1}$

$\vec{r} = \hat{i} - 2\hat{j} + 2\hat{k}\ \therefore \vec{P} = m\vec{v} = 4\hat{i} - 8\hat{j} + 4\hat{k} \therefore |\vec{L}| = \sqrt{8^2 + 4^2} = 4\sqrt{5}kgm^2s^{-1}$ **(Ans.)**

05. 3kg ভরের একটি কণার গতিবেগ $\vec{u} = 2\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k}$। কণার অবস্থান ভেক্টর $\vec{r} = \hat{i} + \hat{j}$ হলে মূলবিন্দু সাপেক্ষে এর কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় কর। **[BUTEX'18-19]**

সমাধান: আমরা জানি, $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{P} = (\vec{r} \times \vec{u})m \Rightarrow \vec{L} = 3\begin{bmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 1 & 1 & 0 \\ 2 & 2 & -1 \end{bmatrix} = 3(-\hat{i} + \hat{j}) = (-3\hat{i} + 3\hat{j})kgm^2s^{-1}$ **(Ans.)**

Question Type-10: কৌণিক গতিশক্তি নির্ণয়

➲ **Formula & Concept:**

♦ অক্ষ সাপেক্ষে গড়িয়ে চলা চাকা, সিলিন্ডার বা গোলকের মোট গতিশক্তিঃ

অক্ষ সাপেক্ষে গড়িয়ে চলা চাকা, সিলিন্ডার বা গোলকের মোট গতিশক্তি = রৈখিক গতিশক্তি + কৌণিক গতিশক্তি। আবার, বস্তুটি না পিছলিয়ে ঘুরতে থাকলে, $v = \omega r$; সেক্ষেত্রে, বস্তুর ভর যদি m হয় এবং ব্যাসার্ধ r এবং সুষম কৌণিক বেগ ω ও সুষম রৈখিক বেগ v ;

ঘূর্ণন অক্ষ সাপেক্ষে চক্রগতির ব্যাসার্ধ K তাহলে এর মোট গতিশক্তি $= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}mK^2\left(\frac{v}{r}\right)^2$

$= \frac{1}{2}mv^2\left(\frac{K^2}{r^2} + 1\right)$

01. A flywheel is being driven from rest by an electric motor with a constant torque of 25 Nm. The moment of inertia of the flywheel is 5 kg m^2. What is the kinetic energy of the flywheel after 10 sec? **[IUT'21-22]**

(a) 6250 J (b) 7250 J (c) 5550 J (d) 7238 J

Solution: (a); $\tau = I\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{\tau}{I} = \frac{25}{5} rads^{-2} = 5\ rads^{-2}$

$\omega = \alpha t = (5 \times 10) rads^{-1} = 50\ rads^{-1} \therefore E_k = \frac{1}{2} I\omega^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times (50)^2\ J = 6250\ J$

02. 5 kg ভর ও 0.25 m ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট একটি বেলুন 50 $rads^{-1}$ কৌণিক বেগে গড়াতে থাকলে তার গতিশক্তি কত?

(a) 0.078J (b) 390.63J (c) 0.78J (d) 585.94J **[CUET'15-16]**

সমাধান: **(d);** $E_k = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} I\omega^2 = \frac{1}{2} m\omega^2 r^2 + \frac{1}{2} mk^2\omega^2 = \frac{1}{2} m(r^2 + k^2)\omega^2$

$= \frac{1}{2} m\left(r^2 + \frac{1}{2} r^2\right)\omega^2 = \frac{1}{2} \times \frac{3}{2} mr^2\omega^2 = 585.94$ J; এখানে, সিলিন্ডার (বেলন) ধরা হয়েছে।

03. নিজ ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে দুটি বস্তুর জড়তার ভ্রামক যথাক্রমে I এবং 2I। যদি তারের ঘূর্ণন গতিশক্তি সমান হয়, তাদের কৌণিক ভরবেগের অনুপাত কত? **[CUET'14-15]**

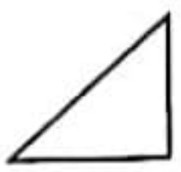
(a) 1:2 (b) $\sqrt{2}:1$ (c) $1:\sqrt{2}$ (d) 2:1

সমাধান: **(c);** $\frac{1}{2} \times I \times \omega_1^2 = \frac{1}{2} \times 2I \times \omega_2^2 \ \therefore \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\sqrt{2}}{1} \ \therefore \frac{L_1}{L_2} = \frac{I_1\omega_1}{I_2\omega_2} = \frac{I \times \sqrt{2}}{2I \times 1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \ \therefore L_1 : L_2 = 1:\sqrt{2}$

04. কোনটি ঘূর্ণায়মান বস্তুর গতিশক্তি? **[Ans: b] [RUET'12-13]**

(a) $KE = \frac{1}{2} I\omega$ (b) $KE = \frac{1}{2} I\omega^2$ (c) $KE = I\omega$ (d) $KE = \frac{1}{2} I$ (e) None

05. তিনটি স্থির বস্তু, একটি রিং, একটি নিরেট সিলিন্ডার এবং একটি নিরেট গোলক একই বাঁকা তলের উপর দিয়ে না পিছলিয়ে নিচের দিকে পড়তে থাকে। তিনটি বস্তুর ব্যাসার্ধ একই। কোন বস্তুটি সবচেয়ে বেশি বেগে ভূমিতে পৌঁছাবে? **[RUET'18-19]**

সমাধান: 

রিং, $mgh = \frac{1}{2} mv_R^2 + \frac{1}{2} I\omega^2 \Rightarrow mgh = \frac{1}{2} mv_R^2 + \frac{1}{2} mr^2\omega^2$

$\Rightarrow gh = \frac{1}{2} v_R^2 + \frac{1}{2} v_R^2 [\because v = \omega r] \Rightarrow gh = v^2 \Rightarrow v_R = \sqrt{gh}$

নিরেট সিলিন্ডার, $mgh = \frac{1}{2} mv_c^2 + \frac{1}{2} I\omega^2 \Rightarrow mgh = \frac{1}{2} mv_c^2 + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} mr^2\omega^2 \Rightarrow gh = \frac{1}{2} v_c^2 + \frac{1}{4} v_c^2 \Rightarrow v_c = \sqrt{\frac{4}{3} gh}$

নিরেট গোলক, $mgh = \frac{1}{2} mv_s^2 + \frac{1}{2} \times \frac{2}{5} mr^2\omega^2 \Rightarrow gh = \frac{1}{2} v_s^2 + \frac{1}{5} v_s^2 \Rightarrow v_s = \sqrt{\frac{10}{7} gh}$ $\therefore$ দেখা যাচ্ছে, $v_s > v_c > v_R$

$\therefore$ গোলক সবচেয়ে বেশি বেগে ভূমিতে পৌঁছাবে (Ans.)

06. 7 metre উঁচু হতে 2 kg ভরের একটি পিতলের নিরেট গোলক একটি নতি তলে গড়াতে গড়াতে ভূমিতে এসে পড়ে। ভূমি স্পর্শ করার মুহূর্তে গোলকটির ভরকেন্দ্রের গতিশক্তি ও কৌণিক গতিশক্তি কত ছিল? [$g = 9.8\ ms^{-2}$] **[BUET'04-05]**

সমাধান: ভূমি স্পর্শ করার মুহূর্তে গতিশক্তি K.E = mgh = 2 × 9.8 × 7 = 137.2 joules (Ans.)

গোলকের জন্য $I = \frac{2}{5} mr^2$ কৌণিক গতিশক্তি $= \frac{1}{2} I\omega^2 = \frac{1}{2} \times \frac{2}{5} mr^2\omega^2 = \frac{1}{5} mv^2$

আবার, $\frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{5} mv^2 = 137.2 \Rightarrow v = 9.89\ ms^{-1}$

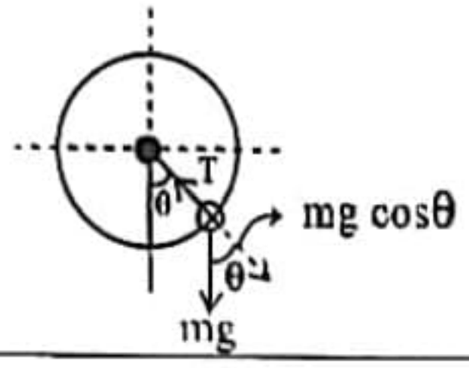
কৌণিক গতিশক্তি $= \frac{1}{5} mv^2 = \frac{1}{5} \times 2 \times (9.89)^2 = 39.12$ Joules. (Ans.)

Question Type-11: কেন্দ্রমুখী ত্বরণ এবং বল

➲ **Formula & Concept:**

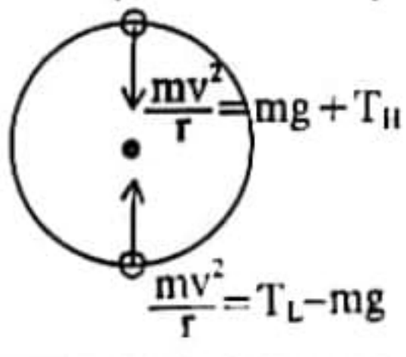
সাধারণত, $T - \frac{mv^2}{r} = mg\cos\theta$

$\Rightarrow T = \frac{mv^2}{r} + mg\cos\theta$



বস্তুটির সর্বোচ্চ স্থানে, $T_H + mg = ma = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow T_H = \frac{mv^2}{r} - mg$

এবং সর্বনিম্ন স্থানে, $T_L - mg = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow T_L = \frac{mv^2}{r} + mg$



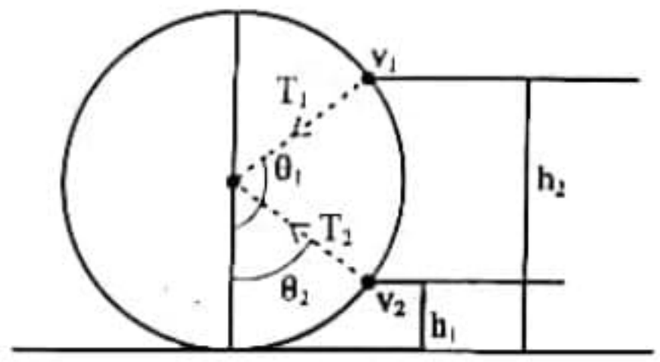
♦ যদি বেগের মান পরিবর্তিত হয় তবেঃ

সুতার টান এবং অভিকর্ষ বল ব্যতীত যদি অন্য কোন বল বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল না থাকে তবে,

শক্তির সংরক্ষণশীলতাঃ $\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$ ..... (i)

এবং সুতার টানঃ $T_1 = \frac{mv_1^2}{r} + mg\cos\theta_1$ ..... (ii)

$T_2 = \frac{mv_2^2}{r} + mg\cos\theta_2$ ..... (iii)



01. A 60 kg student goes on a ride at an amusement park that spins quickly. Then the floor drops out. If the ride has a radius of 2.5m and makes 10 revolutions in 32.3 s, what is the centripetal force acting on the student? **[IUT'18-19]**

(a) 155 N (b) 194 N (c) 232 N (d) 567 N

Solution: (d); $\omega = 2\pi f = 2\pi \times \frac{10}{32.3}$; $F = m\omega^2 r = 60 \times \left(\frac{2\pi\times10}{32.3}\right)^2 \times 2.5 = 567\ N$

02. A car is being driven on a road having two distant circular bends B_1 and B_2 of radius R and 3R respectively. If S_1 is the speed of the car at the bend B_1 and S_2 is the speed at the bend B_2, what should the ratio S_1/S_2 be so that the centripetal forces at both bends are equal? **[IUT'17-18]**

(a) 1 (b) $\sqrt{3}$ (c) $\frac{1}{\sqrt{3}}$ (d) $\frac{1}{\sqrt{2}}$

Solution: (c); $F_{c_1} = F_{c_2} \Rightarrow \frac{mv_1^2}{r_1} = \frac{mv_2^2}{r_2} \Rightarrow \frac{v_1^2}{R} = \frac{v_2^2}{3R} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \frac{S_1}{S_2} = \frac{1}{\sqrt{3}}$

03. 50gm ভর বিশিষ্ট একটি বস্তুকে 3m দীর্ঘ সুতার সাহায্যে বৃত্তাকার পথে ঘুরানো হচ্ছে। বস্তুটি 5 সেকেন্ডে 20 টি পূর্ণ আবর্তন করলে সুতার টান কত? **[KUET'16-17]**

(a) 0.947N (b) 9.47N (c) 20N (d) 50N (e) 94.75N

সমাধান: (e); $T = m\omega^2 r = 50 \times 10^{-3} \times \left(\frac{2\pi\times20}{5}\right)^2 \times 3 = 94.75N$

04. একটি ইলেকট্রন পরমাণুর নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে 1.1Å ব্যাসার্ধের একটি বৃত্তাকার পথে $4 \times 10^6 ms^{-1}$ বেগে প্রদক্ষিণ করে। ইলেকট্রনের কেন্দ্রমুখী বলের মান কত? **[KUET'15-16]**

(a) $1.51 \times 10^{-7}N$ (b) $1.32 \times 10^{-7}N$ (c) $1.32 \times 10^{-7}J$ (d) $2.32 \times 10^{-8}N$ (e) $1.68 \times 10^{-5}J$

সমাধান: (b); $F_c = \frac{mv^2}{r} = 1.32 \times 10^{-7}N$

05. 0.150 kg ভরের একটি পাথর খন্ডকে 0.75 m লম্বা একটি সুতার একপ্রান্তে বেঁধে বৃত্তাকার পথে প্রতি মিনিটে 90 বার ঘুরালে সুতার উপর টান নির্ণয় কর। **[KUET'11-12]**

(a) 9.99 N (b) 9.90 N (c) 9.99 kN (d) 9.95 N (e) 9.98 N

সমাধান: (a); $T = m\omega^2 r = 9.99N$; $[\omega = \frac{90\times2\pi}{60} rads^{-1}]$

06. A stone of mass 250g is tied to the end of a string of length 1.0 m. It is whirled in a horizontal circle with a frequency of 30 rev/min. What is the tension in the string? **[IUT'08-09]**

(a) $\frac{\pi^2}{4}N$ (b) $\frac{\pi}{2}N$ (c) $\pi^2 N$ (d) $2\pi^2 N$

Solution: (a); $T = m\omega^2 r = 0.25 \times \left(\frac{2\pi\times30}{60}\right)^2 \times 1 = \frac{1}{4}\times\frac{\pi^2\times4}{4}\times 1 = \frac{\pi^2}{4}N$

Question Type-12: রাস্তার ব্যাংকিং নির্ণয়

➲ **Formula & Concept:**

আরোহীসমেত গাড়ির ভর = m

ব্যাংকিং কোণ = θ

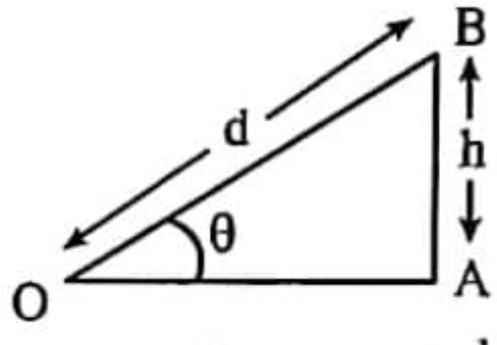
রাস্তার প্রস্থ = d, রাস্তার ভেতরের প্রান্ত থেকে বাহিরের প্রান্তের উচ্চতা = h এবং ঘর্ষণ গুণাঙ্ক = μ

- ঘর্ষনহীন রাস্তায় ব্যাংকিং কোণ:

$\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$

- ঘর্ষণযুক্ত সমতল রাস্তায় গাড়ির বাঁক নেয়ার ক্ষেত্রে:

$v \le \sqrt{r\mu g}$; অর্থাৎ বেগের মান $\sqrt{r\mu g}$ হতে বেশি হলে দূর্ঘটনা ঘটবে।



- রাস্তায় ব্যাংকিং ও ঘর্ষণ দুটোই থাকলে-

$v \le \sqrt{\frac{rg(\sin\theta+\mu_s\cos\theta)}{\cos\theta-\mu_s\sin\theta}}$

$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{h}{d}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{h}{\sqrt{d^2-h^2}}\right)$

- সাইকেলের জন্যঃ $\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$ [এখানে, θ হলো সাইকেলের সাথে উল্লম্ব রেখার মধ্যবর্তী কোণ।

01. 200 m ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট একটি বাঁকা পথে 50.4 kmh^{-1} বেগে গাড়ি চালাতে পথটি কত কোণে কাত করে রাখতে হবে? রাস্তাটি 3 মিটার প্রশস্থ হলে, বাহিরের পার্শ্ব ভিতরের পার্শ্ব অপেক্ষা কত উঁচু হতে হবে? **[CKRUET'21-22]**

(a) 5.9°, 0.25 m (b) 5.79°, 0.20 m (c) 5.7°, 0.30 m (d) 5.75°, 0.30 m (e) 5.65°, 0.32 m

সমাধান: (c); $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v^2}{rg}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{14^2}{200\times9.8}\right) = 5.71059°$

এখানে, $v = 50.4\ kmh^{-1} = \frac{50.4}{3.6}ms^{-1} = 14\ ms^{-1}$

$\sin\theta = \frac{h}{d} \Rightarrow h = d\sin(5.710059°) = 3\sin(5.71059°).m = 0.2985\ m \approx 0.30\ m.$

02. রেল লাইনের একটি বাঁকের ব্যাসার্ধ 99m এবং লাইনের পাত দুইটির মধ্যে দূরত্ব 1.5m। ভিতরের পাত অপেক্ষা বাহিরের পাত কতখানি উঁচু হলে বাহিরের পাত কোনরূপ চাপ প্রয়োগ না করে একটি ট্রেন 9.8 ms^{-1} দ্রুতিতে বাঁক নিতে পারবে?

(a) 1.6m (b) 1.3m (c) 0.148m (d) 1.48m **[CUET'15-16]**

সমাধান: (c); $\tan\theta = \frac{v^2}{rg} \Rightarrow \tan\theta = 0.099\ \therefore \sin\theta = 0.0985;\ \frac{h}{1.5} = \sin\theta \Rightarrow h = 0.1477 \approx 0.148m$

03. একজন সাইকেল আরোহী ঘণ্টায় 24 km বেগে 30 m ব্যাসার্ধের একটি বৃত্তাকার পথে মোড় নিচ্ছে। তাঁকে উল্লম্বের সাথে কত কোণে হেলে থাকতে হবে? **[KUET'14-15]**

(a) 8°36′ (b) 7°56′ (c) 8°56′ (d) 9°2′ (e) 8°41′

সমাধান: (a); $v = 24kmhr^{-1} = \frac{24}{3.6}ms^{-1}$; $\tan\theta = \frac{v^2}{rg} = \frac{\left(\frac{24}{3.6}\right)^2}{30\times9.8} = .15 \Rightarrow \theta = 8.59' = 8°36'$

04. একজন সাইকেল চালক 25 সেকেন্ডে 600 m দূরত্বের একটি মোড়ে বাঁক নেয়। উল্লম্বের সাথে তার কোণের মান নির্ণয় কর।

[KUET'13-14, 12-13]

(a)$31°26'$ (b) $31.62°$ (c) $30°36'$ (d) $31.5°$ (e) $35.2°$

সমাধান: **(b)**; $v = \frac{600}{25} = 24ms^{-1}$; $r = \frac{600}{2\pi} = 95.49$; $\theta = \tan^{-1}\frac{v^2}{rg} = 31.62°$

05. কোন সাইকেল আরোহীকে 60m ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে কত বেগে ঘুরতে হবে যাতে সে উল্লম্ব তলের সঙ্গে 30° কোণে আনত থাকবে?

[RUET'13-14, 10-11]

(a) $8.18\ ms^{-1}$ (b) $1.88\ ms^{-1}$ (c) $81.84\ ms^{-1}$ (d) $18.43\ ms^{-1}$ (e) None

সমাধান: (d) ; $\tan\theta = \frac{v^2}{rg} \Rightarrow v = \sqrt{rg\tan\theta} = \sqrt{60 \times 9.8 \times \tan 30°} = 18.43ms^{-1}$

06. The radius of curvature of a rail-line is 450 m and the distance between two rails is 1 m. How much should be the height of outside rail compared to inner rail for necessary raking of a running a train at the speed of 7.5 kmh^{-1}.

[IUT'10-11]

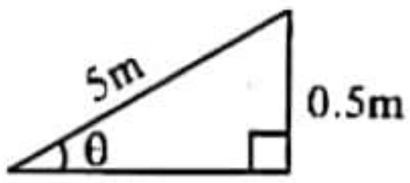
(a) 0.012 m (b) 0.1 m (c) 1 m (d) 3 cm

Solution: (No answer); $\frac{v^2}{rg} = \frac{h}{x} \Rightarrow h = \frac{v^2x}{rg} = \frac{\left(\frac{7.5}{3.6}\right)^2 \times 1}{450 \times 9.8} = 0.984mm \approx 1mm$

07. একটি রাস্তা 100m ব্যাসার্ধে বাঁক নিয়েছে। ঐ স্থানে রাস্তাটি চওড়া 5m এবং এর ভিতরের কিনারা হতে বাইরের কিনারা 50cm উঁচু। সর্বোচ্চ কত বেগে ঐ স্থানে নিরাপদে বাঁক নেয়া যাবে?

[RUET'15-16]

সমাধান: এখানে, $\sin\theta = \frac{0.5}{5} \quad \therefore \theta = 5.739°$

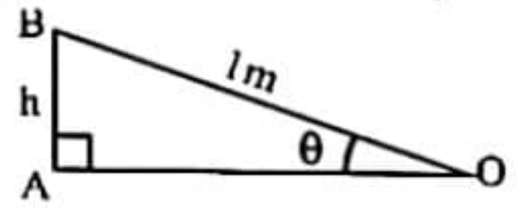


$\therefore \tan\theta = \frac{v^2}{rg} \Rightarrow v = \sqrt{rg\tan\theta} = \sqrt{100 \times 9.8 \times \tan 5.739} = 9.924ms^{-1}$ (Ans.)

08. একটি রেললাইনের বাঁকের ব্যাসার্ধ 250m এবং রেললাইনের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1m । ঘণ্টায় 50km বেগে চলন্ত গাড়ীর ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় ব্যাংকিং-এর জন্য বাইরের লাইনের পাতকে ভিতরের লাইনের পাত অপেক্ষা কতটুকু উঁচু করতে হবে?

[CUET'13-14, 07-08, BUTEX'11-12, RUET'05-06]

সমাধান: $v\tan\theta = \frac{v^2}{rg} = 0.0787$; $[= 50kmh^{-1} = 13.89ms^{-1}, r = 250m]$

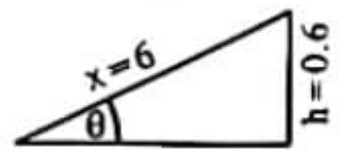


θ ক্ষুদ্র বলে $\tan\theta = \sin\theta$ ধরা যায় $\therefore \sin\theta = \frac{h}{OB} = \frac{h}{1m} \quad \therefore h = 0.0787m = 7.87cm$ [Ans.7.87cm]

09. একটি রাস্তা 60m ব্যাসার্ধে বাঁক নিয়েছে। ঐ স্থানে রাস্তাটি 6m চওড়া এবং এর ভিতরের কিনারা হতে বাইরের কিনারা 0.6m উঁচু। সর্বোচ্চ কত বেগে ঐ স্থানে নিরাপদ বাঁক নেওয়া সম্ভব?

[CUET'08-09]

সমাধান: $\frac{h}{x} = \sin\theta = \tan\theta = \frac{v^2}{rg} \quad \therefore \frac{v^2}{rg} = \frac{h}{x} \therefore v = \sqrt{\frac{hrg}{x}} = \sqrt{\frac{0.6 \times 60 \times 9.8}{6}} ms^{-1} = 7.66ms^{-1}$



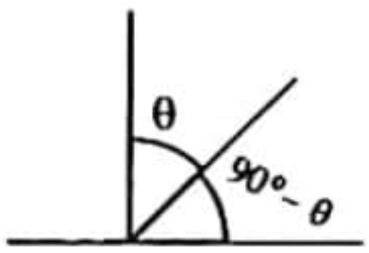
10. 25.2 কিলোমিটার/ঘন্টা বেগে চলা একজন সাইকেল আরোহী 5m ব্যাসার্ধের একটি বৃত্তাকার মোড় ঘুরছিল। কোন দুর্ঘটনা এড়াতে ভূমির সাথে কতটা হেলে তাকে চলতে হবে?

[RUET'04-05]

সমাধান: $\tan\theta = \frac{v^2}{rg} \therefore \theta = \tan^{-1}\left(\frac{v^2}{rg}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{7^2}{5 \times 9.8}\right) = 45°$

এখানে, θ হচ্ছে উলম্বের সাথে কোণ।

∴ ভূমির সাথে $(90 - 45) = 45°$ কোণে হেলে থাকতে হবে। (Ans.)



Question Type-13: চক্রগতির ব্যাসার্ধ

➲ **Formula & Concept:**

$I = mk^2$; K = চক্রগতির ব্যাসার্ধ, m = বস্তুর ভর

লক্ষণীয়ঃ চক্রগতির ব্যাসার্ধ ও অক্ষ হতে ভরকেন্দ্রের দূরত্ব Same জিনিস নয়।

$$I = mK^2 \Rightarrow K = \sqrt{\frac{I}{m}} = \sqrt{\frac{\int_0^m dm.r^2}{m}}$$

01. 4, 5 এবং 6 একক ভরের তিনটি কণার স্থানাঙ্ক যথাক্রমে $(4, 0, -1), (3, -2, 3)$ এবং $(2, 1, 4)$ হলে z অক্ষের সাপেক্ষে তাদের জড়তার ভ্রামক ও চক্রগতির ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর। **[BUET'14-15]**

সমাধান: 4 একক ভরের, $I_z = 4 \times (4^2 + 0^2) = 64$ একক (Ans.); 5 একক ভরের, $I_z = 5 \times (3^2 + (-2)^2) = 65$ (Ans.)

6 একক ভরের, $I_z = 6 \times (2^2 + 1^2) = 30$ একক (Ans.)

আবার, 4 একক ভরের চক্রগতির ব্যাসার্ধ, $K = \sqrt{\frac{I}{m}} = \sqrt{\frac{64}{4}} = 4$ একক (Ans.)

5 একক ভরের চক্রগতির ব্যাসার্ধ, $K = \sqrt{\frac{I}{m}} = \sqrt{\frac{65}{5}} = \sqrt{13}$ একক (Ans.)

6 একক ভরের চক্রগতির ব্যাসার্ধ, $K = \sqrt{\frac{I}{m}} = \sqrt{\frac{30}{6}} = \sqrt{5}$ একক (Ans.)

Question Type-14: যুক্ত বস্তুর ত্বরণ

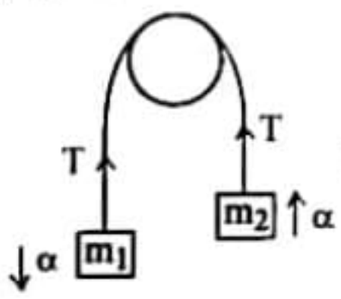
➲ **Formula & Concept:**

দুটি ভিন্ন বস্তুকে সংযোগকারী সুতা বা রশিতে একটি নির্দিষ্ট টান বল বিদ্যমান থাকে। ঘর্ষণ বল না থাকলে, একটি রশিতে কখনও একই সময়ে ভিন্ন ভিন্ন টান থাকে না।

01. একটি রশির এক প্রান্তে একটি 9 lb এর ভর কোনো মসৃণ পুলির মাধ্যমে নিম্নমুখী নামার সময় রশিটির অন্যপ্রান্তে 6 lb এর একটি ভর টেনে তুলে। সিস্টেমের ত্বরণ ও রশির টান কত? **[CKRUET'20-21]**

(a) $6.4\ fts^{-2} 100\ lb$ (b) $3.2\ fts^{-2}$; $92\ lb$

(c) $6.4\ fts^{-2}$; $230.4\ lb$ (d) $3.2\ fts^{-2}$; $100\ lb$ (e) $3.2\ fts^{-2}$; $330\ lb$

সমাধানঃ (c); 

m_1 বস্তু α ত্বরণে নামছে, m_2 বস্তু α ত্বরণে উঠছে

$W_1 - T = m_1\alpha \Rightarrow 9 \times 32 - T = 9\alpha \Rightarrow 288 - T = 9\alpha$ ..... (i)

$T - W_2 = m_2\alpha \Rightarrow T - 6 \times 32 = 6\alpha \Rightarrow T - 192 = 6\alpha$ ..... (ii)

(i) + (ii) $\Rightarrow 96 = 15\alpha \Rightarrow \alpha = 6.4\ fts^{-2} \therefore T = 192 + 6 \times 6.4 = 230.4$ lb

বিকল্প: ত্বরণ $a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g = \frac{9-6}{9+6} \times 32 = 6.4\ fts^{-1}$

রশির টান $T = \frac{2m_1m_2g}{m_1+m_2} = 230.4$ Poundal [lb ভরের একক তাই রশির টান 230.4 Poundal হবে]

Question Type-15: ভরকেন্দ্রের স্থানাঙ্ক

➲ **Formula & Concept:**

ভরকেন্দ্রের স্থানাংক (x, y) হলে, $x = \frac{M_1x_1+M_2x_2+\ldots\ldots\ldots\ldots+M_nx_n}{M_1+M_2+\ldots\ldots\ldots\ldots+M_n}$; $y = \frac{M_1y_1+M_2y_2+\ldots\ldots\ldots\ldots+M_ny_n}{M_1+M_2+\ldots\ldots\ldots\ldots+M_n}$

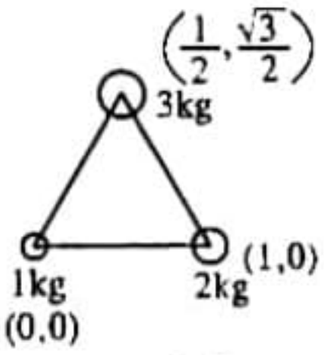
01. একটি ভর সিস্টেমের তিনটি ভর যথাক্রমে $m_1 = 1kg$, $m_2 = 2kg$ এবং $m_3 = 3kg$ একটি সমবাহু ত্রিভুজ (প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য 1m) এর তিনটি কর্ণারে অধিষ্টিত। ইহার ভরকেন্দ্র নির্ণয় কর। **[CUET'14-15]**

(a) $\left(\frac{3.5}{6}, \frac{\sqrt{3}}{4}\right)$ or $\left(\frac{\sqrt{3}}{4}, \frac{3.5}{6}\right)$ (b) $\left(\frac{6}{3.5}, \frac{4}{\sqrt{3}}\right)$ or $\left(\frac{6}{3.5}, \frac{4}{\sqrt{3}}\right)$

(c) $\left(\frac{3.5}{4}, \frac{6}{4}\right)$ or $\left(\frac{6}{4}, \frac{3.5}{4}\right)$ (d) $\left(\frac{\sqrt{3}}{3.5}, \frac{2}{3}\right)$ or $\left(\frac{2}{3}, \frac{\sqrt{3}}{3.5}\right)$

সমাধান: (a); ভরকেন্দ্র $(x, y) \equiv \left(\frac{m_1x_1+m_2x_2+m_3x_3}{m_1+m_2+m_3}, \frac{m_1y_1+m_2y_2+m_3y_3}{m_1+m_2+m_3}\right)$

$\equiv \left(\frac{1\times0+2\times1+3\times\frac{1}{2}}{1+2+3}, \frac{1\times0+2\times0+3\frac{\sqrt{3}}{2}}{1+2+3}\right) \equiv \left(\frac{2+\frac{3}{2}}{6}, \frac{3\frac{\sqrt{3}}{2}}{6}\right) \equiv \left(\frac{7}{12}, \frac{3\sqrt{3}}{12}\right) \equiv \left(\frac{7}{12}, \frac{\sqrt{3}}{4}\right) \equiv \left(\frac{3.5}{6}, \frac{\sqrt{3}}{4}\right)$



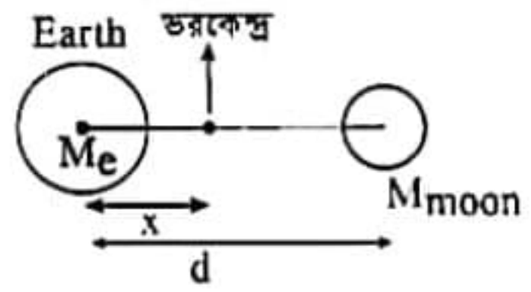
02. চন্দ্রের ভর পৃথিবীর ভরের 0.013 গুণ, চন্দ্র ও পৃথিবীর কেন্দ্রদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব পৃথিবীর ব্যাসার্ধের 60 গুণ। পৃথিবীর কেন্দ্র বিন্দু হতে চন্দ্র ও পৃথিবীর ভরকেন্দ্রের দূরত্ব কত? (পৃথিবীর ব্যাসার্ধ = 6.4×10^6m) **[KUET'11-12]**

(a) 8.200×10^4m (b) 8.213×10^4m (c) 8.213×10^4cm (d) 8.213×10^4mm (e) 8.213×10^3m

সমাধান: (সঠিক উত্তর নেই);

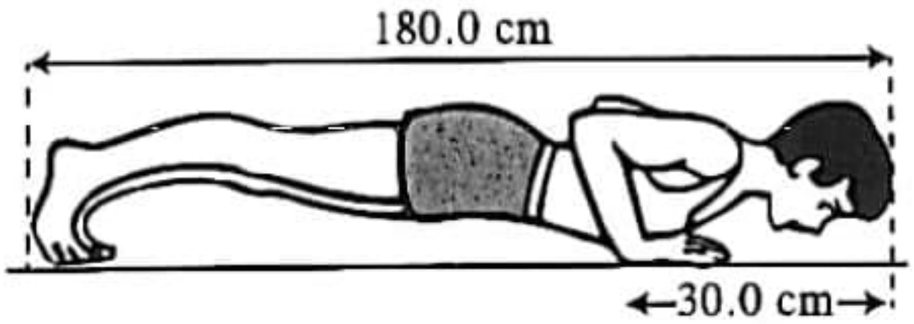
$$x = \frac{M_e\times0+M_{moon}\times d}{M_e+M_{moon}} = \frac{M_{moon}\times d}{M_e+M_{moon}} = \frac{M_e\times0.013}{M_e(1.013)} \times d$$

$$= \frac{0.013}{1.013} \times 60 \times 6.4 \times 10^6 = 4.9 \times 10^6 m$$

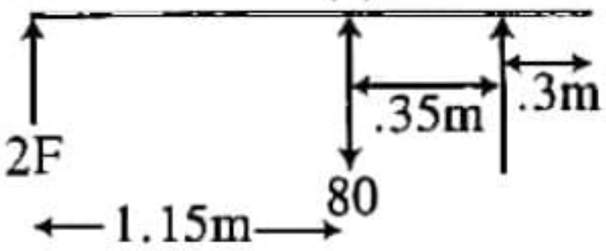


Question Type-16: বিবিধ

01. An 80 kg and 180.0 cm tall athletc is doing of push-ups as shown in the accompanying figure. His center of mass is 1.15 m from the bottom of his feet, and the centers of his palms arc 30.0 cm from the top of his head. What is the force that the floor exerts on each of his feet? **[IUT'19-20]**



(a) 115.25 N (b) 130.25 N (c) 110.25 N (d) 120.50 N



Solution: (No Answer); $\frac{2F}{0.35} = \frac{80\times9.8}{1.5}$ $\therefore F = 91.4667$ N

02. প্রোটন ও ইলেক্ট্রনের মধ্যে আকর্ষণের জন্য কোন মৌলিক বলটি দায়ী? **[Ans: d][BUET'10-11]**

(a) শক্তিশালী (b) মাধ্যাকর্ষণ (c) দুর্বল (d) তড়িৎ চৌম্বকীয়