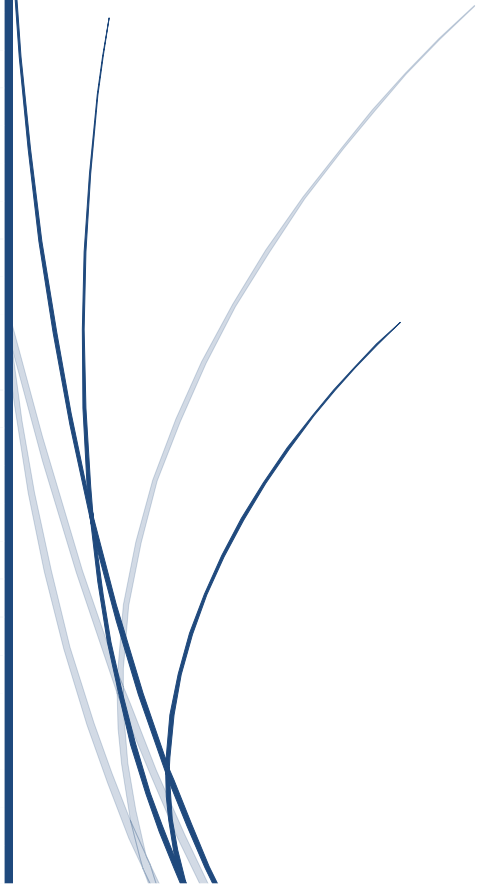


নিউটনিয়ান বলবিদ্যা



প্রয়োজনীয় সূত্রাবলীঃ

১। $\vec{F} = m\vec{a}$, বলের ঘাত, $J = F \times t = m \Delta v$

২। কৌণিক ত্বরণ = কৌণিক বেগের পরিবর্তনের হার অর্থাৎ $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$

৩। কৌণিক গতির সমীকরণসমূহঃ

(i) $\vec{\omega} = \vec{\omega}_0 + \vec{\alpha}t$

(iii) $\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha(v - v_0)$

(ii) $\theta = \theta_0 + \vec{\omega}_0 t + \frac{1}{2}\vec{\alpha}t^2$

৪। কৌণিক ভরবেগ, $\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v} = \vec{r} \times \vec{p}$

৫। জড়তার ভ্রামক, $I = \sum m_i r_i^2 = \int r^2 dm$

৬। টর্ক, $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = \frac{d\vec{L}}{dt}$

৭। ঘূর্ণায়মান বস্তুর গতিশক্তি, $E = \frac{1}{2} I \omega^2$

৮। কেন্দ্রমুখী বল, $F = \frac{mv^2}{r} = I\omega^2$

৯। বৃত্তাকার সমতল পথে সর্বোচ্চ যে গতিতে যানবাহন নিয়ন্ত্রণে রেখে চালানো সম্ভব তা হলঃ $V = \sqrt{u_s rg}$

১০। টর্ক $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$

১১। দন্দের বর ভ্রামক, $C = Fd$

১২। কৌণিক গতিশক্তি, $K_E = \frac{1}{2} I \omega^2$

১৩। জড়তার ভ্রামক, $I = \sum mr^2$

১৪। টর্ক, $\tau = I \cdot \frac{d\omega}{dt} = I\alpha = \frac{dL}{dt}$

১৫। কৌণিক ভরবেগ, $L = I\omega = mvr$

১৬। কৌণিক ভরবেগ, $L = \vec{r} \times \vec{p}$

১৭। ক্ষমতা, $p = \tau\omega$

১৮। কৌণিক গতি বৃদ্ধিতে কৃত কাজ, $W = I\alpha\theta = \frac{1}{2} I \omega_2^2 - \frac{1}{2} I \omega_1^2$

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

২০। বস্তুর মোট শক্তি = রৈখিক গতিশক্তি + কৌণিক গতিশক্তি $= \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$

২১। জড়তার ভ্রামক, $I = MK^2$

২২। লম্ব অক্ষ উপপাদ্য, $I_z = I_x + I_y$

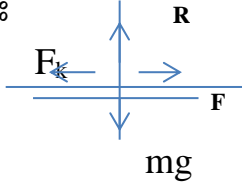
২৩। সমান্তরাল অক্ষ উপপাদ্য, $I_{AB} = I_{CD} + Mh^2$ ২৪। কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র, $\vec{L}_1 + \vec{L}_2 = \vec{M}_1 + \vec{M}_2$

বিভিন্ন আকৃতির বস্তুর জড়তার ভ্রামক

১। একটি দন্দের দৈর্ঘ্যে অভিলম্ব ও মধ্যবিন্দুগামী, $I = \frac{1}{12} Ml^2$	৪। নিরেট গোলক ঘূর্ণন অক্ষ যে কোন ব্যাস, $I = \frac{2M R^2}{5}$
২। দন্দের দৈর্ঘ্যের অভিলম্ব ও প্রান্ত বিন্দুগামী, $I = \frac{1}{3} Ml^2$	৫। বৃত্তাকার রিংয়ের ক্ষেত্রে, $I = Mr^2$
৩। নিরেট চোঙ, ঘূর্ণন অক্ষ নিজ অক্ষ, $I = \frac{M R^2}{2}$ (সিলিন্ডার)	৬। নিরেট চোঙের ঘূর্ণন অক্ষ দৈর্ঘ্যের সমকোণে ও ভার কেন্দ্রের মধ্য দিয়ে হলে, $I = \frac{M R^2}{4} + \frac{M l^2}{12}$

কোন বস্তুর উপর একাধিক বল ক্রিয়ারত থাকলে বলগুলোর লব্ধি $\sum F = ma$

যেমনঃ



কোন বস্তুর উপর F বল প্রয়োগে বস্তুকে গতিশীল করলে যদি পথের গতিয় ঘর্ষণ বল F_K হয় তবে লব্ধি হল

$$= F - F_K = ma$$

$$\therefore a = \frac{F - F_K}{m} = \frac{F - \mu_K R}{m} = \frac{F - \mu_K mg}{m}$$

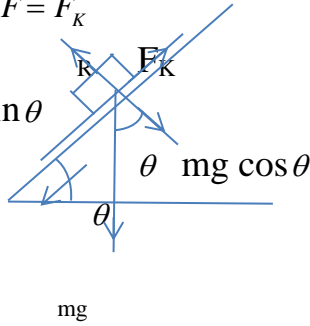
μ_K = গতিয় ঘর্ষণ গুণাঙ্ক, R = বস্তুর উপর তল কর্তৃক অভিলম্ব প্রতিক্রিয়া বল।

যদি বস্তুকে সমবেগে গতিশীল রাখা হয় তবে, $\sum F = ma = m \times 0 = 0$

$$\Rightarrow F - F_K = 0$$

$$\Rightarrow F = F_K$$

হেলানো তলের জন্যঃ $mg \sin \theta$



নিচে নামার ক্ষেত্রে

এক্ষেত্রে হেলানো তলের উপর লম্বদিকে বস্তুর ওজনের উপাংশ $= mg \cos \theta \therefore R = mg \cos \theta$

\therefore বস্তুর উপর তল বরাবর নিচের দিকে কার্যকরী বল $= mg \sin \theta$

এক্ষেত্রে ঘর্ষণ কাজ করবে তল বরাবর উপরের দিকে।

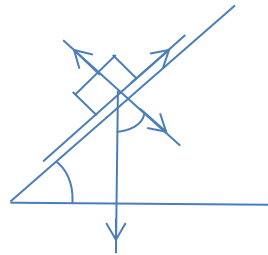
$$\sum F = ma$$

$$\Rightarrow mg \sin \theta - F_K = ma \Rightarrow a = \frac{mg \sin \theta - \mu_K R}{m} \Rightarrow a = \frac{mg \sin \theta - \mu_K (mg \cos \theta)}{m}$$

যদি বস্তু নিচের দিকে সমবেগে পড়ে, তবে $\sum F = ma = m \times 0 = 0$

$$\Rightarrow mg \sin \theta - F_K = 0 \therefore mg \sin \theta = F_K$$

উপরে উঠানোর ক্ষেত্রে



এক্ষেত্রে উপরের দিকে F বল প্রয়োগ করতে হবে।

$$\sum F = ma \Rightarrow F - (mg \sin \theta + F_k) = ma$$

$$a = \frac{F - (mg \sin \theta + \mu_k R)}{m} \Rightarrow a = \frac{F - (mg \sin \theta + \mu_k mg \cos \theta)}{m}$$

যদি বস্তুকে উপরের দিকে সমবেগে উঠানো হয় তবে

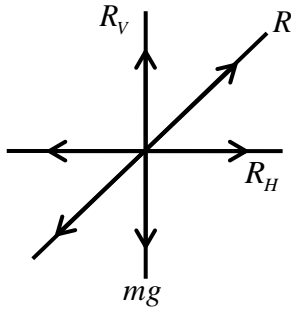
$$\sum F = m \times 0 = 0 \Rightarrow F - (mg \sin \theta + F_k) = 0$$

$$\therefore F = mg \sin \theta + F_k; \quad J = Ft = mv - mu = \Delta P$$

নিউটনের গতির

৩য় সূত্রের প্রয়োগ

ঘোড়ার গাড়ি টানাঃ



F = গাড়ি কর্তৃক ঘোড়ার উপর প্রতিক্রিয়া বল

R = ভূমি কর্তৃক ঘোড়ার উপর প্রতিক্রিয়া বল

R_H = ভূমির প্রতিক্রিয়ার অনুভূমিক উপাংশ

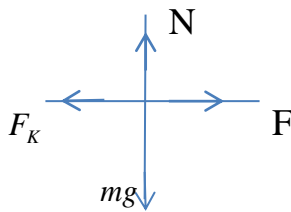
R_v = ভূমির প্রতিক্রিয়ার উল্লম্ব উপাংশ

mg = ঘোড়ার ওজন

এক্ষেত্রে $R_v = mg$ এবং প্রশমিত হয়ে যায়।

ঘোড়ার উপর লব্ধি বল = $R_H - F$

গাড়ী :



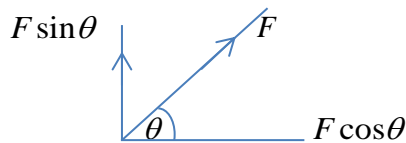
F = গাড়ির উপর ঘোড়া কর্তৃক প্রযুক্ত বল ;

F_k = পথের ঘর্ষণ

mg = গাড়ির ওজন ; N = তল কর্তৃক গাড়ির উপর প্রতিক্রিয়া বল

এক্ষেত্রে $N = mg$ এবং প্রশমিত হয়ে যায়; গাড়ির উপর লব্ধি বল = $F - F_k$

নৌকার গুণ টানা



নৌকাকে রশি দিয়ে F বলে টানলে F এবং অনুভূমিক উপাংশ $F \cos \theta$ নৌকাকে সামনের নিয়ে যায় আর $F \sin \theta$ নৌকার হাল দিয়ে প্রতিহত করা হয়।

দড়ি যত লম্ব হবে θ তত কম হবে ফলে $F \cos\theta$ তত বেশি হবে ফলে নৌকা তত দ্রুত সামনে আগাবে।

রকেটের গতি:

রকেটের উপর ধাক্কা, $F = \left(\frac{\Delta m}{\Delta t}\right)v$

v = গ্যাসের নির্গত বেগ, $\frac{\Delta m}{\Delta t}$ = একক সময়ে নির্গত গ্যাসের ভর
= জ্বালানী নির্গমনের হার

রকেটের উপর লব্ধি বল = $F - Mg$ M = রকেটের ভর
= $\left(\frac{\Delta m}{\Delta t}\right)v - Mg$

রকেটের উপর লব্ধি ত্বরণ, $= \frac{1}{M} \left(\frac{\Delta m}{\Delta t}\right)v - g$

রকেটের ত্বরণ :

$$\frac{dv}{dt} = \frac{v_r}{m} \left(\frac{dm}{dt}\right) - g$$

নিউটনের মহাকর্ষ বলের সূত্র অনুযায়ী যত উপরেই উঠবে ততই g -এর মান কমবে। এবং মহাশূন্যে g -এর মান প্রায় শূন্য। তাছাড়া রকেট যতই চলছে ততই তার জ্বালানী পুড়ছে, ফলে জ্বালানী শেষ হওয়া পর্যন্ত m এর মান কমতে থাকবে। এখন যদি নির্গত জ্বালানী গ্যাসের বেগ v_r ও সময়ের সাথে জ্বালানী ব্যায়ের হার $\frac{dm}{dt}$ ধ্রুব বা সমান থাকে, তবে

রকেটের ত্বরণ $\frac{dv}{dt}$ বাড়তে থাকবে। যতক্ষণ না সমস্ত জ্বালানী পুড়ে নিঃশেষ হয়ে যাবে।

$$dv = v_r \frac{dm}{m} - g dt$$

আমরা নির্গত গ্যাসের ভরকে ধরেছি dm । কিন্তু রকেটের অবশিষ্ট ভরের হিসাবের ক্ষেত্রে সময়ের সাথে dm হবে ঋণাত্মক অর্থাৎ $-dm$ । কেননা সময়ের সাথে সাথে জ্বালানী গ্যাস নির্গত হচ্ছে এবং রকেটের ভর কমছে।

dm এর পরিবর্তে $-dm$ বসিয়ে পাই,

$$dv = -v_r \frac{dm}{m} - g dt$$

$$\therefore \int_{v_0}^v dv = - \int_{m_0}^m v_r \frac{dm}{m} - \int_0^t g dt$$

$$v - v_0 = -v_r \ln \frac{m}{m_0} - gt$$

জ্বালানী শেষ হওয়ার মুহূর্তে রকেটের বেগ,

$$v = v_0 + v_r \ln \frac{m_0}{m} - gt$$

ভর বেগের সংরক্ষণ সূত্র :

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

তবে যদি সংঘর্ষের পর বস্তুদ্বয়ের গতি একই দিকে না হয় তবে কোন নির্দিষ্ট দিকে উভয় বেগের উপাংশ নিয়ে উপরের সূত্র প্রয়োগ করতে হবে।

স্থিতিস্থাপক = ভরবেগ ও গতিশক্তি উভয়ই সংরক্ষিত

সংঘর্ষঃ

→ অস্থিতিস্থাপক = শুধু ভরবেগ সংরক্ষিত থাকবে

পূর্বেঃ $m_1 \xrightarrow{u_1}$ $m_2 \xrightarrow{u_2}$ পরেঃ $m_1 \xrightarrow{v_1}$ $m_2 \xrightarrow{v_2}$

$u_1 > u_2$ হলে সংঘর্ষ হবে। সংঘর্ষের পর $v_2 > v_1$ ।

সংঘর্ষের পূর্বে আঃ বেগ $u_1 - u_2$

সংঘর্ষের পর আঃ বেগ $v_1 - v_2$

স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ হলেঃ $u_1 - u_2 = v_1 - v_2$

$$\therefore v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} u_1 + 2 \frac{m_2}{m_1 + m_2} u_2$$

$$\therefore v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} u_1 + \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \right) u_2$$

অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ হলেঃ

○○ → V

সংঘর্ষের পর বস্তুদ্বয় মিলিত হয়ে যাবে, ফলে সংঘর্ষের পর আঃ বেগ = 0

মিলিত বেগ, $v = \frac{m_1 u_1 + m_2 u_2}{m_1 + m_2}$

কৌণিক গতি :

m এর অনুরূপ I ; v এর অনুরূপ ω ; a এর অনুরূপ α

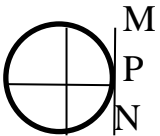
$$P = mv \Rightarrow L = I\omega ; E_K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow E_K = \frac{1}{2}I\omega^2 ; F = ma \Rightarrow \tau = I\alpha$$

কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রঃ

$$I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$$

জড়তার ভ্রামক সংক্রান্তঃ

বস্তু	চিত্র	অক্ষ	জড়তার ভ্রামক
(১) সরু ও সুষম দণ্ড		ভরকেন্দ্রগামী ও দৈর্ঘ্যের সাথে লম্ব সরলরেখা	$\frac{1}{12}Ml^2$
(২) সরু ও সুষম দণ্ড		এক প্রান্ত দিয়ে দৈর্ঘ্যের লম্বভাবে গমনকারী সরলরেখা	$\frac{1}{3}Ml^2$
(৩) আয়তাকার পাতলা পাত		l এর সমান্তরাল ভরকেন্দ্রগামী MN	$\frac{1}{12}Mb^2$
		b এর সমান্তরাল ভরকেন্দ্রগামী PQ	$\frac{1}{12}Ml^2$
		ভরকেন্দ্রগামী ও পাতের উপর লম্ব RS	$\frac{M}{12}(l^2 + b^2)$
(৪) আয়তাকার দণ্ড		ভরকেন্দ্রগামী ও তলের উপর লম্ব PQ	$\frac{M}{12}(l^2 + b^2)$
(৫) পাতলা বৃত্তাকার চাকতি		কেন্দ্রগামী ও তলের উপর লম্ব PQ	$\frac{1}{2}Mr^2$
		চাকতির যে কোন ব্যাস যেমন UV বা MN	$\frac{1}{4}Mr^2$
		চাকতির তলে চাকতির যে কোন স্পর্শক যেমন MS	$\frac{5}{4}Mr^2$
(৬) চোঙ		ভরকেন্দ্রগামী ও দৈর্ঘ্যের সমান্তরাল PQ	$\frac{1}{2}Mr^2$

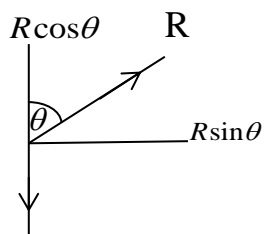
		ভরকেন্দ্রগামী ও দৈর্ঘ্যের উপর লম্ব RS	$M\left(\frac{l^2}{12} + \frac{r^2}{4}\right)$
(৭) নিরেট গোলক		যে কোন ব্যাস যেমন PQ বা KL	$\frac{2}{5}Mr^2$
		গোলকের যে কোন স্পর্শক যেমন MN	$\frac{7}{5}Mr^2$

কেন্দ্রমুখী বল :

কোন বস্তুকে r ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে v বেগে গতিশীল রাখার জন্য কেন্দ্রের দিকে প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল =

$$\frac{mv^2}{r}$$

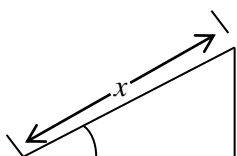
সাইকেল আরোহীর ক্ষেত্রে কেন্দ্রমুখী বলঃ



mg

$$R \cos \theta = mg \dots\dots\dots (i) \quad R \sin \theta = \frac{mv^2}{r} \dots\dots\dots (ii) \quad (ii) \div (i) \quad \tan \theta = \frac{v^2}{rg}$$

রাস্তার ক্ষেত্রে ব্যাংকিং কোণ θ হলে,



$$\tan \theta = \frac{v^2}{rg} \quad \sin \theta = \frac{h}{x}$$

[h = ভিতরের পার্শ্ব অপেক্ষা বাহিরের পার্শ্ব কতটুকু উঁচু, x = রাস্তার প্রস্থ]

রেল লাইনের ক্ষেত্রে একই সূত্র।

Type -01: বল ও বলের ঘাত বা ঘাত বল সংক্রান্ত

সূত্রাবলীঃ $\vec{F} = m\vec{a}$

EXAMPLE - 01: একটি বস্তুর উপর $7N$ বল প্রয়োগ করলে বস্তুটি $3ms^{-2}$ ত্বরণ প্রাপ্ত হয়। বস্তুর ভর কত? বস্তুটির উপর $5N$ মানের আর একটি বল $7N$ মানের বলের সাথে 30° কোণে প্রয়োগ করা হলে বস্তুটি কত ত্বরণ প্রাপ্ত হবে?

সমাধানঃ 1st case: $F = ma$ হতে,

$$7 = m \times 3 \Rightarrow m = \frac{7}{3} kg = 2.33 kg$$

$$2nd\ case: 5 = \frac{7}{3} a \Rightarrow a = \frac{15}{7} = 2.14 ms^{-2}$$

$$a' = \sqrt{3^2 + 2.14^2 + 2 \times 3 \times 2.14 \cos 30^\circ}$$
$$\Rightarrow 4.97 ms^{-2}$$

বলের ঘাত, $J = F \times t = m \Delta v$

EXAMPLE - 02: $0.04kg$ ভরের একটি সীসার বুলেট $200ms^{-1}$ অনুভূমিকভাবে ছোড়া হলে এটি খাড়া দেয়ালে ধাক্কা খেয়ে

$100 ms^{-1}$ বেগে ফিরে এল। বলের ঘাত কত?

সমাধানঃ $m = 0.04kg$ $u = 200ms^{-1}$, $v = -100ms^{-1}$

$$\therefore \Delta V = v - u = -300ms^{-1}$$

$$J = F \times t = m \Delta v$$
$$= 0.04 \times (-300) = -12 kg ms^{-1} = -12 Ns$$

EXAMPLE - 03: একটি অতিমসৃণ (ঘর্ষণশূন্য) টেবিলের উপর দক্ষিণ দিকে $5.0ms^{-1}$ বেগে গতিশীল $0.5 kg$ ভরের একটি বস্তুর উপর $6.0N$ মানের বল একই দিকে $10s$ এর জন্য প্রয়োগ করা হল।

(i) $1s$ পরে বস্তুর বেগ কত?

(ii) $6.0N$ এর বল দক্ষিণ দিকের পরিবর্তে পশ্চিম দিকে প্রয়োগ করলে বস্তুর বেগ কত হবে?

সমাধানঃ (i) $a = \frac{F}{m} = \frac{6.0N}{0.5kg} = 12ms^{-2}$ South.

$1s$ এ বেগের পরিবর্তন Δv

যেহেতু $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

$$\Delta v = a \Delta t = (12ms^{-2})(1s)$$

$$\Delta v = 12ms^{-1} \text{ South}$$

$1s$ পরের বেগ,

$$v = v_0 + \Delta v$$
$$= 5 + 12 = 17ms^{-1} \text{ South}$$

- (ii) 6.0N বল পশ্চিম দিকে প্রয়োগের ফলে,
বস্তুটির পশ্চিম দিকের ত্বরণ হবে

$$a = \frac{F}{m} = \frac{6.0N}{0.5kg} = 12ms^{-2} \text{ west}$$

পশ্চিম দিকে বেগের পরিবর্তন হবে

$$\Delta v = a\Delta t$$

$$\therefore \Delta v = (12ms^{-2}) (1s)$$

$$\text{বা } \Delta v = 12ms^{-1}$$

1sec পরের বেগের মান

$$v = \sqrt{v_0^2 + (\Delta v)^2} = \sqrt{(5ms^{-1})^2 + (12ms^{-1})^2} = 13ms^{-1}$$

ধরি, বস্তুটি দক্ষিণ দিকের সাথে θ কোণে পশ্চিম দিকে গতিশীল

$$\tan \theta = \frac{\Delta v}{v_0} = \frac{12}{5} = 2.4 \quad \therefore \theta = 67.38^\circ$$

EXAMPLE - 04: $20ms^{-1}$ বেগে চলমান $200kg$ ভরের একটি ট্রাক একটি ভারী দেয়ালে এসে ধাক্কা দেয়। দেয়ালে আঘাত খেয়ে ট্রাকটি পিছন দিকে $1.3ms^{-1}$ বেগে ফিরে আসে। আঘাতের সময়কাল $0.15s$ হলে ঘাত কত? ট্রাকটির উপর প্রযুক্তি গড় বল কত?

সমাধান বলের ঘাত,

$$J = mv_2 - mv_1 = m(v_2 - v_1)$$

$$= (200 \text{ kg}) [(-1.3ms^{-1}) - (20m)]$$

$$\text{বা, } J = -4.26 \times 10^4 \text{ kgms}^{-1} \text{ বা, Ns}$$

$$\text{গড় বল : } F = \frac{mv_2 - mv_1}{t}$$

$$= \frac{(-4.26 \times 10^4 \text{ kgms}^{-1})}{(0.15\text{sec})} = -2.84 \times 10^5 \text{ N}$$

EXAMPLE - 05: $40kg$ ভরের একটি বালক $3m$ উঁচু থেকে লাফিয়ে মাটিতে পড়ল। ছেলেটিকে কত বলের ঘাত সহ্যে হল?

সমাধানঃ

$$v^2 = v_0^2 + 2a(y - y_0)$$

$$\therefore \text{শেষ বেগ, } v = \sqrt{2a(y - y_0)} = \sqrt{2g(y - y_0)} = \sqrt{2 \times (-9.8) \times (-3)} = 7.67ms^{-1}$$

ভূমিতে পড়ার সাথে সাথে ছেলেটির বেগ, $v_2 = 0$ এবং $v_1 = v = 7.67ms^{-1}$

$$\text{বলের ঘাত, } \vec{J} = \int \vec{F} dt = m(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)$$

$$= 40 (0 - 7.67) = -306.7 \text{ kgms}^{-1} \text{ বা Ns}$$

Practice

১। একটি বস্তুর উপর 7N মানের একটি বল প্রয়োগ করা হলে বস্তুটি $3ms^{-2}$ ত্বরণ প্রাপ্ত হয়। বস্তুর ভর কত? বস্তুর উপর 5N মানের আর একটি বল 7N মানের বলের সাথে কোণে 60° কোণে প্রয়োগ করলে, বস্তুর ত্বরণ কত হবে? Ans:

$$\frac{7}{8} kg, a = 4.48ms^{-2}$$

২। $300ms^{-1}$ বেগের 5mg এর একটি গুলি কাঠের খুঁটিকে আঘাত করে এবং গুলিটি কাঠের খুঁটির অভ্যন্তরে 5.0cm গিয়ে থেমে যায়। কাঠের খুঁটিতে গুলির বল ধ্রুব হলে, বলের মান কত ছিল? Ans: $4.5 \times 10^3 N$

৩। 100N এর একটি বল 10kg ভরের একটি স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে যদি 5s পরে বলের ক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায়, তবে প্রথম থেকে 10s-এ বস্তুটি কত দূরত্ব অতিক্রম করবে? Ans: 375m

৪। 64m উঁচু ছাদ হতে 5kg ভরের একটি পাথর ছেড়ে দেয়া হলে, ভূমিতে পৌঁছতে এর 4sec সময় লাগে। বাতাসের বাধা নির্ণয় কর। পাথরটি কত বলে ও কত বেগে ভূমিকে আঘাত করবে? Ans: $9N; 40N; 32ms^{-1}$

৫। অনুভূমিক দিকে গতিশীল 2kg ভরের একটি লৌহ গোলক $5ms^{-1}$ বেগে একটি দেয়ালে লম্বভাবে ধাক্কা খেয়ে $3ms^{-1}$ বেগে বিপরীত দিকে ফিরে গেল। বলের ঘাত কত? Ans: $4Kgm s^{-1}$

Type – 02: ভরবেগ সংক্রান্ত

EXAMPLE – 01: ফার্মগেট ওভার ব্রিজের নীচ দিয়ে 27 টন ওজনের মাল নিয়ে 5 টন ওজনের একটি ট্রাক

$36kmh^{-1}$ বেগে যাওয়ার সময় 500kg ভরের একটি বস্তু ট্রাকের উপর ওভার ব্রিজ থেকে $30ms^{-1}$ বেগে ফেলে দেয়া হলো। এখন ট্রাকের গতি নির্ণয় কর।

ট্রাকের মোট ভর $27+5=32$ টন $=32 \times 1000kg = m_1$

$$u_1 = 36kmh^{-1} = 36 \frac{1000}{3600} = 10ms^{-1}$$

$$m_2 = 500kg, u_2 = 30ms^{-1}$$

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 \cos 90^\circ = (m_1 + m_2)v$$

$$\Rightarrow 32000 \times 10 + 500 \times 30 \cos 90^\circ = (32000 + 500)v$$

$$\Rightarrow v = 9.85ms^{-1}$$

EXAMPLE – 02: 300 kg ভরের কোন নৌকার দুই গলুই থেকে 20 kg ও 25 kg ভরের দুইটি বালক যথাক্রমে 3.25 ও 2 ms^{-1} বেগে দুইদিকে লাফ দেয়। নৌকাটি কোন দিকে কত বেগে চলবে?

মনে করি,

দ্বিতীয় বালক যেদিকে লাফ দেয়, সেদিকে বেগ ধনাত্মক,

$$\therefore m_1 u_1 + m_2 u_2 + m_3 u_3 = m_1 v_1 + m_2 v_2 + m_3 v_3 = 0$$

$$\text{বা, } 300 \times 0 + 20 \times 0 + 25 \times 0 = 20 \times (-3.25) + 25 \times 2 + 300 v_3$$

$$\therefore 0 = -65 + 50 + 300 v_3$$

$$\therefore v_2 = 0.05 \text{ ms}^{-1} (+ve) \text{ দ্বিতীয় বালকের দিকে}$$

EXAMPLE – 03: গাছের ডালে বসা 1.975 kg ভরের একটি বুলেট 400 ms^{-1} অনুভূমিক বেগে আঘাত করে পাখিটির ভিতরেই রয়ে গেল। পাখির অনুভূমিক বেগ নির্ণয় কর। ডালটি মাটি হতে 313.6 m উপরে হলে পাখিটি কত দূর সামনে গিয়ে মাটিতে পড়বে?

সমাধানঃ

$$mv_1 = (M+m)v_2$$

$$0.025 \times 400 = (1.975 + 0.025) v_2$$

$$\therefore v_2 = 5 \text{ ms}^{-1}$$

$$h = ut + \frac{1}{2} g t^2$$

$$313.6 = 0 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$$

$$\therefore t = 8 \text{ s}$$

$$\therefore S = vt = 5 \times 8 = 40 \text{ m}$$

Practice

০১। 500 kg ভরের একটি ট্রাক 300 kg ভরের অপর একটি ট্রাকের সাথে ধাক্কা খেয়ে দুটি ট্রাক 5 ms^{-1} ও 6 ms^{-1} বেগে বিপরীত দিকে যাত্রা করল। ট্রাক দুটির গতিবেগ একই হলে তা কত নির্ণয় কর। Ans: 35 ms^{-1}

০২। 6 kg একটি বস্তু 450 কোণে 30 ms^{-1} নিষ্কিণ্ড হয়ে সর্বোচ্চ বিন্দুতে দুটি সমান খন্ডে বিভক্ত হল। একটি পূর্ব পথ অনুসরণ করে আদি বিন্দুতে দিবে আসলে অপরটির গতিবেগ নির্ণয় কর। Ans: 90 ms^{-1}

০৩। 300 kg ভরের কোনো নৌকার দুই গলুই থেকে 20 kg এবং 25 kg ভরের দুই বালক 3.25 ms^{-1} এবং 2 ms^{-1} বেগে দুদিকে লাফ দিল। নৌকাটি কত বেগে কোণ দিকে চলবে। Ans: যার ভরবেগ বেশি তার বিপরীত দিকে 0.05 ms^{-1} বেগে।

০৪। 5 kg ভরের একটি বস্তু 4 ms^{-1} বেগে উত্তর দিকে চলছে। 3 kg ভরের অপর একটি বস্তু 2 ms^{-1} বেগে দক্ষিণ দিকে চলছে। কোন এক সময় বস্তু দুটির মধ্যে সংঘর্ষের ফলে এরা মিলে এক হয়ে গেল। মিলিত বস্তুটি কত বেগে কোন দিকে চলবে? Ans: 1.75 ms^{-1}

০৫। 12 ms^{-1} বেগে গতিশীল 1 kg ভরের একটি বস্তু 2 kg ভরের একটি স্থির বস্তুকে আঘাত করে। আঘাতের পর 1 kg ভরের বস্তুটি তার গতিপথের দিক থেকে -30° বিসৃত হয়ে 11.2 ms^{-1} বেগে চলতে শুরু করে। অপর বস্তুটির বেগ কত এবং বেগের দিক কি হবে? Ans: $3.02 \text{ ms}^{-1}; 67.7^\circ$

০৬। কোন একটি গ্যাসের একটি গ্যাস অণু 300 ms^{-1} বেগে চলে অন্য একটি স্থির গ্যাস অণুকে স্থিতিস্থাপক ধাক্কা দিল। সংঘর্ষের পর 1 m অণুটি উহার গতি অভিমুখের সাথে 30° কোণে চলে গেল। উহাদের শেষবেগ এবং 2 য় অণুটির গতি অভিমুখ নির্ণয় কর। Ans: $260, 150 \text{ ms}^{-1}$ প্রথমটির সাথে সমকোণে

Type- 03: লিফট সংক্রান্ত

EXAMPLE – 01: কোন লিফট উপরের দিকে 1.2ms^{-1} ত্বরণে উঠেছে। লিফটের ভিতর কোন ব্যক্তি একটি 2kg ভরের বল ধরে থাকলে বলের আপাত ওজন কত? যদি বলটি লিফটের তলা হতে 1.5m উপর হতে ছেড়ে দেয়া হয় তবে বলটি পড়তে কত সময় লাগবে?

সমাধানঃ

$$a = g + f = 9.8 + 1.2 = 11\text{ms}^{-2}$$

$$w = ma = 2 \times 11 = 22\text{N}$$

$$h = \frac{1}{2}(g + f)t^2 \therefore t = \sqrt{\frac{2h}{g + f}} = 0.052\text{sec}$$

Practice

০১। 50kg ওজনের একজন লোক একটি লিফটের মঝে রাখা ওজনের মেশিনে দাঁড়িয়ে নিচ দিকে চলছে। লিফটটি প্রথমে ধ্রুব গতিতে এবং তারপর 2ms^{-2} ত্বরণে এসে থামে।

i) যখন লিফট এসে থামছে তখন ওজনের মেশিনে তার ওজন কত দেখাবে?

ii) একইভাবে উপরে উঠলে পাঠ কি হবে Ans: 60.2kg , 39.8kg ,

০২। 1000kg ভরের একটি লিফট 3ms^{-2} ত্বরণে উপরের দিকে চললে লিফটের উপর (১) লিফটের রশির টান কত হবে? (২) যদি 3ms^{-2} নিচের দিকে নামে তাহলে টান কী হবে? Ans: 12800N ; 6800N

০৩। 60kg ভরের একজন লোক লিফটের মেঝের উপর রাখা একটি ওজন পরিমাপক এর উপর দাঁড়িয়ে আছে। লোকটির ওজন পরিমাপক যন্ত্রে কত হবে যখন (১) লিফটটি স্থির অবস্থায় থাকে (২) যখন লিফটটি উপরের দিকে 2ms^{-2} ত্বরণে চলে (৩) যখন লিফটটি 2ms^{-2} ত্বরণে নিচের দিকে চলে? Ans: 588N ; 648N ; 408N

Type- 04: রকেটের গতি সংক্রান্ত

EXAMPLE – 01: অ্যাপোলো ও স্কাই ল্যাব মিমেনের মহাকাশ উৎক্ষেপণের জন্য ব্যবহৃত সার্টন -৫ রকেটের জ্বালানির নির্গমন বেগ $3.1 \times 10^3 \text{ ms}^{-1}$ মহা শূন্যায়নসহ রকেটের মোট ভর $2.45 \times 10^6 \text{ kg}$ যার $1.70 \times 10^6 \text{ kg}$ জ্বালানির ভর (ক) মঞ্জু হতে উত্তোলনের জন্য প্রয়োজনীয় ধাক্কা কত? (খ) এই ধাক্কা অর্জনের জন্য জ্বালানি ব্যয়ের হার কত?

সমাধান :

$$(ক) F = mg = 2.45 \times 10^6 \times 9.8 = 2.4 \times 10^7 \text{N}$$

$$(খ) F = \frac{dm}{dt} \times v_r \text{ বা, } \frac{dm}{dt} = \frac{F}{v_r} = \frac{2.4 \times 10^7}{3.1 \times 10^3} = 7.74 \times 10^3 \text{ kg s}^{-1}$$

EXAMPLE – 02: একটি রকেট উর্ধ্বমুখী যাত্রার প্রথম 2 সেকেন্ড এর ভরের $\frac{1}{2}$ অংশ হারায়। রকেট হতে নিষ্কাশিত গ্যাসের গতিবেগ 2500ms^{-1} হলে রকেটের ত্বরণ বের কর।

সমাধান : $a = \frac{V_r}{m} \times \frac{dm}{dt} - g = \frac{2500}{m} \times \frac{m}{50 \times 2} - 9.8 = 15.2\text{ms}^{-2}$

EXAMPLE – 03: $15,000\text{kg}$ জ্বালানিসহ একটি রকেটের ভর হল $20,000\text{ kg}$ । রকেটের সাপেক্ষে 3000ms^{-1} দ্রুতিতে জ্বালানি 200kg s^{-1} হারে পুড়ে। রকেটটি যদি খাড়া উপরের দিকে নিষ্ক্ষিপ্ত হয়ে থাকে তবে,

- রকেটের উপরের দিকে ধাক্কা;
 - নিষ্ক্ষেপের সময় রকেটের উপর প্রযুক্ত লব্ধি বল;
 - জ্বালানি শেষ হওয়ার সময় সৃষ্ট প্রযুক্ত লব্ধি বল;
 - জ্বালানি শেষ হওয়ার মুহূর্তে রকেটের বেগ নির্ণয় কর।
- ধরা যাক, বাতাসের বাধা নগণ্য এবং অভিকর্ষজ ত্বরণের মান সব সময় 9.8ms^{-2} ।

সমাধান :

- রকেটের উর্ধ্বমুখী ধাক্কা (the thrust of rocket)

$$= v_r \frac{dm}{dt}$$

$$= (3000\text{ms}^{-1})(200\text{kg s}^{-1}) = 6 \times 10^5 \text{ N}$$

- নিষ্ক্ষেপের সময় রকেটের উপর প্রযুক্ত লব্ধিবল

$$= \text{উর্ধ্বমুখী ধাক্কা-রকেটের ওজন} \Rightarrow m \frac{dv}{dt} = v_r \frac{dv}{dt} - mg$$

$$= 6 \times 10^5 - (20000)(9.8)$$

$$= 4.04 \times 10^5 \text{ N}$$

নিকেএপর সময় রকেটের উপর প্রযুক্ত লব্ধিবল = $4.04 \times 10^5 \text{ N}$

- জ্বালানি শেষ হওয়ার মুহূর্তে লব্ধিবল $m \frac{dv}{dt} = v_r \frac{dv}{dt} - m'g$

$m' =$ রকেটের মোট ভর - জ্বালানির ভর

$$= 20000\text{kg} - 15,000\text{kg} = 5,000\text{kg}$$

$$\therefore m \frac{dv}{dt} = 6 \times 10^5 \text{ N} - (5000\text{kg})(9.8\text{ms}^{-2})$$

$$\text{জ্বালানি শেষ হওয়ার মুহূর্তে লব্ধিবল} = 5.51 \times 10^5 \text{ N}$$

(iv) সমস্ত জ্বালানি পুড়তে সময় লাগে, $t = \frac{15000kg}{200kgs^{-1}} = 75sec$

যদি আদিবেগ, $v_0 = 0$

$$\therefore v = v_0 + v_r \ln \frac{m_0}{m} - gt$$

$$= 0 + (3000ms^{-1}) \ln \left(\frac{20,000kg}{5000mg} \right) - (9.8ms^{-2})(75sec)$$

$$= 3424ms^{-1}$$

শেষ মুহুর্তে রকেটের বেগ = $3424ms^{-1}$

Practice

০১। একটি রকেট তার উড্ডয়নের প্রথম সেকেন্ডে তার ভরের $\frac{1}{60}$ ভাগ ভর $2400ms^{-1}$ বেগে বের করে দেয়। রকেটটির ত্বরণ

কত হবে? Ans: $30.2ms^{-1}$

Type- 05: ঘর্ষণ সংক্রান্ত

EXAMPLE – 01: 10kg ভরের একটি বাস্ক একজন লোক অনুভূমিকের সাথে 30° কোণে 40N বল প্রয়োগে টানছে। চিত্রে প্রদর্শিত মেঝের ঘর্ষণ নগণ্য ধরে বাস্কটির ত্বরণ, মেঝে কর্তৃক বাস্কটির উপর উর্ধ্বমুখী বল F_N নির্ণয় কর।

সমাধানঃ

x ও y অক্ষ বরাবর বল $F = 40N$ এর উপাংশ

$$F_x = F \cos 30^\circ = (40N) \cos 30^\circ$$

$$= (40N) (0.866) = 35N$$

$$F_y = F \sin 30^\circ (40N) \sin 30^\circ$$

$$= (40N) (0.50) = 20 N$$

(i) অনুভূমিকের দিকে (x- অক্ষ বরাবর) বল হল F_x

$$\therefore ma_x = F_x$$

$$a_x = \frac{F_x}{m} = \frac{35N}{10kg} = 3.5ms^{-2}$$

$$\therefore \text{বাস্কটির ত্বরণ হল } 3.5 ms^{-2}$$

(ii) উল্লম্ব দিকে (y- অক্ষ বরাবর) বল হল

$$F_N - F_g + F_y$$

$$\therefore ma_y = F_N - F_g + F_y$$

যেহেতু প্যাকেটটি উর্ধ্বমুখী গতিশীল নয় $a_y = 0$ হবে।

$$\therefore 0 = F_N - F_g + F_y$$

$$\text{বা, } F_N = mg - F_y$$

$$= (10kg) (9.8ms^{-2}) - 20N = 78N$$

EXAMPLE – 02: 10 kg ভরের আয়তাকার একটি কাঠের গুড়িকে একটি টেবিলের উপর রেখে অনুভূমিকের দিকে বল প্রয়োগ করলে দেখা যায়, যে, বল যখন 8N হয় তখন গুড়িটি চলতে শুরু করে এবং অতঃপর 4N বলের সাহায্যে বস্তুটিকে নির্দিষ্ট দ্রুতিতে গতিশীল রাখা যায়। স্থিতি ঘর্ষণ ও চল ঘর্ষণ সহগ কত হবে?

সমাধান :

চলার পূর্বে মুহূর্তে, x অক্ষের দিকে ক্রিয়াশীল বলগুলো হল F ও F_s

যেহেতু, F ও F_s বিপরীতমুখী এবং বস্তুটি স্থির

F ও F_s বলের লব্ধি হবে শূন্য।

অনুভূমিকের দিকে ক্রিয়াশীল বলের লব্ধি যেহেতু শূন্য

$$F_x = 0 = F - F_s = 8N = F_s$$

$$\therefore F_s = 98N$$

y অক্ষের দিকে ক্রিয়াশীল বলগুলো হল প্রতিক্রিয়া বল F_N ও গুড়ির ওজন W; F_N ও W বিপরীতমুখী। যেহেতু y অক্ষ বরাবর বস্তুটির কোন গতি নেই, y এর দিক লব্ধি বল শূন্য।

$$F_y = 0 \quad W = F_N - (10 \text{ kg}) (9.8 \text{ ms}^{-2})$$

$$\therefore F_N = 8N$$

$$\text{সূত্র } F_s = \mu_s F_N \text{ হতে}$$

$$\mu_s = \frac{F_s}{F_N} = \frac{8N}{98N} = 0.082$$

যখন বস্তুটি নির্দিষ্ট গতিতে চলতে শুরু করে, তখন ত্বরণ শূন্য। নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র $F = ma$ হতে ত্বরণ $a = 0$ হলে $F = 0$ ফলে লব্ধি বল শূন্য। তখন, x- অক্ষ বরাবর ক্রিয়াশীল বল,

$$F_x = 0 = F - F_k \\ = 4N - F_k$$

$$\text{বা, } F_k = 4N$$

y- অক্ষ বরাবর ক্রিয়াশীল বল $F_y = 0$ (y- অক্ষ বরা বর বস্তুটি গতিশীল নয় বলে)

$$F_y = 0 = F_N - W \\ = F_N - (10 \text{ kg}) (9.8 \text{ ms}^{-2}) = F_N - 98N$$

$$\text{বা, } F_N = 98N$$

$$\text{সূত্র, } F_x = \mu_k F_N \text{ হতে, } \mu_k = \frac{F_k}{F_N} = \frac{4N}{98N} = 0.041$$

EXAMPLE – 03: 1000kg ভরের একটি গাড়ির চাকা ও রাস্তার সাথে স্থিতি ঘর্ষণের সহগ বা গুণাংক $\mu_s = 0.8$ হলে, গাড়িটি সর্বোচ্চ কত ঢালু রাস্তায় পিছলিয়ে না পড়ে থেমে থাকতে পারবে?

সমাধান : রাস্তার ঢালের দিকে x- অক্ষ ও ঢালের অভিলম্বের দিকে y- অক্ষ ধরে এবং গাড়ির ওজনকে W ঘর্ষণ বলকে F_s ধরে x- অক্ষ বরাবর ক্রিয়াশীল বল হল ওজনের উপাংশ W_x ও ঘর্ষণ F_s

$$F_x = W_x - F_s = W_x - \mu_s F_N [\because F_s = \mu_s F_N]$$

$$W_x = mg \sin \theta \text{ এবং } F_N = mg \cos \theta \text{ ব্যবহার করে পাই,}$$

$$F_x = mg \sin \theta - \mu_s mg \cos \theta$$

গাড়িটিকে ভারসাম্যাবস্থায় থাকতে হলে, $F_x = 0$ হতে হবে।

$F_x = 0$ এর জন্য

$$mg \sin \theta = \mu_s mg \cos \theta$$

$$\text{বা, } \tan \theta = \mu_s$$

$$\text{বা, } \theta = \tan^{-1} \mu_s$$

$$\text{বা, } \theta = \tan^{-1} 0.8 = 38.66^\circ$$

EXAMPLE – 04: একজন লোক পায়ে স্কেট পড়ে 30° ঢালু তলে নিচের দিকে রওয়ানা হল। তলের সাথে স্কেট- এর ঘর্ষণ সহগ বা গুণাঙ্ক 0.10 হলে হলে তার ত্বরণ কত হবে? 5sec পরে তার দ্রুতি কত হবে?

সমাধানঃ

(i) লোকটির উপর প্রযুক্ত বলসমূহ অংকন করা হল। ঢালের দিক x- অক্ষ ও ঢালের লম্বের দিক y- অক্ষ ধরে, লোকটির ওজন $W = mg$ ও চল ও ঘর্ষণ বল F_k ধরে x- অক্ষ বরাবর ক্রিয়াশীল বল হল,

ওজনের উপাংশ বল $W_x = mg \sin 30^\circ$ ও ঘর্ষণ বল, F_k

$$\therefore F_x = mg \sin 30^\circ - F_k \dots \dots \dots (1)$$

$$= mg \sin 30^\circ - \mu_k F_N$$

y- অক্ষ বরাবর ক্রিয়াশীল বল হল,

$$F_y = F_N - mg \cos 30^\circ \dots \dots \dots (2)$$

যেহেতু y- অক্ষ বরাবর লোকটির কোন গতি নেই,

$$F_y = 0$$

$$\therefore F_N = mg \cos 30^\circ \dots \dots \dots (3)$$

\therefore সমীকরণ (1) ও (3) হতে পাই,

$$F_x = mg \sin 30^\circ - \mu_s mg \cos 30^\circ = m a_x$$

$$\text{বা, } a_x = g (\sin 30^\circ - \mu_s \cos 30^\circ)$$

$$= (9.8 \text{ms}^{-2}) \left[\left(\frac{1}{2} \right) - (0.1) \frac{\sqrt{3}}{2} \right] \text{ বা, } a_x = 4.05 \text{ms}^{-2}$$

EXAMPLE – 05: ধরা যাক দুটি লোক কতকগুলো বিস্ফোরকসহ 40,000kg এর একটি দ্রুতগামী ট্রাকে 35ms^{-1} দ্রুতিতে এগিয়ে চলছে। সুপারম্যান খবর পেয়ে রাস্তার উপর এসে দাঁড়িয়ে ট্রাকের সম্মুখের দিকে হাত প্রসারিত করে ট্রাকটি তৎক্ষণাৎ থামিয়ে দিল। পদার্থবিদ্যার নীতির সাথে এ অবস্থা সংগতিপূর্ণ হবে কি? ধরি, সুপারম্যানের ভর 100kg এবং তার প্রযুক্ত বল পায়ের জুতোর ও মাটির মধ্যে ঘর্ষণ বলের সমান এবং ঘর্ষণ সহগ $\mu_s = \mu_k = 1$.

সমাধানঃ সুপারম্যানের প্রযুক্ত সর্বোচ্চ বল,

$$F = \mu_s F_N = \mu_s mg$$

$$= 1(100 \text{kg}) (9.8 \text{ms}^{-1}) \text{ বা, } F = 980 \text{N}$$

গাড়িটির ত্বরণ (যেহেতু গাড়িটির ত্বরণের দিক সুপারম্যানের প্রযুক্ত বলের দিকে বিপরীতমুখী)

$$a = \frac{-F}{M} = \frac{-980 \text{N}}{40,000 \text{kg}} = -0.0245 \text{ms}^{-2}$$

গাড়ীটির যে দূরত্বে গিয়ে থামবে তার সমীকরণ $v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$ হতে পাই-

(যখন থামবে, তখন, $v = 0$)

$$\therefore x - x_0 = \frac{-v_0^2}{2a} = \frac{-(25\text{ms}^{-1})^2}{(2)(-0.024\text{ms}^{-2})} = 25,000\text{m}$$

বা, $x - x_0 = 25\text{km}$

আমরা দেখি যে, সুপারম্যানকে সামনে নিয়ে ট্রাকটি 25km দূরে থাকবে। তাৎক্ষণিকভাবে ট্রাকটি থামিয়ে দেওয়া সম্ভব নয়।

EXAMPLE – 06: ঘন্টায় 72km বেগে গতিশীল 150kg ভরের একটি গাড়িকে ব্রেক চেপে 50m দূরে থামানো হলো। ব্রেক জনিত বল ছাড়া গাড়ীর উপর ক্রিয়াশীল বল ছিল রাস্তার সাথে চাকার ঘর্ষণ বল ও বাতাসের বাধা। বাতাসের বাধা জনিত বল 23N এবং ব্রেক জনিত বল 430N হলে রাস্তার সাথে চাকার ঘর্ষণ বল কত ছিল? এবং চলঘর্ষণ গুণাঙ্কের মান কত ছিল?

সমাধানঃ ধরা যাক গাড়ীটি x অক্ষ অভিমুখে গতিশীল

সমীকরণ $v_x^2 = v_{x0}^2 + 2a(x - x_0)$ হতে

$$0 = v_{x0}^2 + 2a(x - x_0)$$

$$a = \frac{v_{x0}^2}{2(x - x_0)}$$

$$= \frac{(20\text{ms}^{-1})^2}{20(50\text{m})} = -4\text{ms}^{-2}$$

গাড়ীটি থামাতে মোট বল :

$$F = ma = (150\text{kg})(4\text{ms}^{-2}) = -600\text{N}$$

মোট বল = ব্রেকজনিত বল + চাকার সাথে রাস্তার ঘর্ষণ বল + বাতাসের বাধা জনিত বল

$$F = F_b + F_k + F_w$$

চাকার সাথে রাস্তার ঘর্ষণ জনিত বল = মোট বল - ব্রেকজনিত বল - বাতাসের বাধা জনিত বল

$$\text{অর্থাৎ } F_k = F - F_b - F_w$$

$$= -600\text{N} - (-430) - (-23\text{N}) = -147\text{N}$$

যেহেতু চাকার সাথে ঘর্ষণজনিত বলের মান, $F_k = \mu_k F_n$ { F_n বস্তুর ওজন = mg }

$$\text{ঘর্ষণ গুণাঙ্ক, } \mu_k = \frac{F_k}{F_n} = \frac{F_k}{mg} = \frac{147}{(150\text{kg})(9.8\text{ms}^{-2})} = \frac{147}{14700\text{N}} = \frac{1}{100} = 0.01$$

EXAMPLE – 07: একটি কামানকে স্থির সমতলে ট্রাকের উপর শক্তভাবে আটকানো হল। অতপর কামানটিকে অনুভূমিকের সাথে 30° কোণে রেখে $40kg$ এর একটি শেল বা গোলা $300ms^{-1}$ বেগে কামান থেকে ছোঁড়া হল। সমতল ট্রাকটি যদি ঘর্ষণবিহীন তলে অবস্থান করে এবং ট্রাক ও কামানের মোট ভর $15,000kg$ হয় তবে-

- সমতল ট্রাকটি পশ্চাৎদিকে ধাক্কার বেগ কত?
- শেলটির কামান থেকে বের হতে $2.0 \times 10^{-3}sec$ সময় লাগলে, ঘর্ষণবিহীন তল ট্রাকটির উপর কি পরিমাণ ঘাতবল প্রয়োগ করবে?

সমাধান :

- যেহেতু কোন বাহ্যিক বল প্রয়োগ করা হয়নি,

গোলা ছোঁড়ার পূর্বে ট্রাকের বেগ = 0

গোলার বেগ = 0

$$\therefore \text{গোলা ছোঁড়ার পূর্বে ট্রাকের ভরবেগ} + \text{গোলার ভরবেগ} = 0 + 0 = 0$$

ছোঁড়ার পরে, ট্রাকের পশ্চাদবেগ = $v = -$ (x- অক্ষের দিকে)

গোলার বেগ $v_0 \cos 30^\circ$ (x- অক্ষের দিকে)।

$$\text{ট্রাকের ভরবেগ} + \text{গোলার ভরবেগ} = -Mv + mv_0 \cos 30^\circ$$

ভরবেগ সংরক্ষণ নীতি অনুযায়ী,

গোলা ছোঁড়ার পূর্বে (ট্রাক + গোলার) ভরবেগ = গোলা ছোঁড়ার পর (ট্রাক + গোলার) ভরবেগ

$$0 = -Mv + mv_0 \cos 30^\circ$$

$$v = \frac{mv_0 \cos 30^\circ}{M} = \frac{(40Kg)(300ms^{-1})(0.8660)}{(15000kg)}$$

ট্রাকের x- অক্ষ বরাবর পশ্চাদমুখী বেগ $v = 0.693ms^{-1}$

- কামান থেকে গোলা ছোঁড়ার সময় অভিলম্ব দিকে গোলার বেগের উপাংশ

$$v' = v_0 \sin 30^\circ$$

\therefore অভিলম্ব দিকে ভর বেগের পরিবর্তন

$$\Delta P = mv_0 \sin 30^\circ - 0 = mv_0 \sin 30^\circ$$

ভরবেগের পরিবর্তনই হল বলের ঘাত

$$\text{বলের ঘাত} = F \Delta t = \Delta P = mv_0 \sin 30^\circ$$

$$\therefore F = \frac{mv_0 \sin 30^\circ}{M} = \frac{(40Kg)(300ms^{-1}) \frac{1}{2}}{2 \times 10^{-3} sec} = 3 \times 10^6 N$$

Practice

- ০১। মেঝের উপর রাখা 100kg ভরের একটি কাঠের বাক্সকে একটি রশির সাহায্যে গতিশীল করতে চেষ্টা করা হচ্ছে। রশিটিকে অনুভূমিকের সাথে 30° কোণে টানলে এবং বাক্সের ও মেঝের মধ্যে স্থিতি ঘর্ষণ গুণাঙ্ক 0.4 হলে রশিতে কত টান দিলে বাক্সটি গতিশীল হবে? Ans: 367.7N
- ০২। একটি ঘোড়া যাত্রীসহ 150kg ভরের একটি গাড়িকে রশির সাহায্যে সমতল রাস্তা দিয়ে ধ্রুব গতিতে টেনে নিয়ে যাচ্ছে। রশির উপর ঘোড়ার টান অনুভূমিকের সাথে 30° কোণে হলে এবং চাকার সাথে রাস্তার ঘর্ষণ গুণাঙ্ক $\mu_k = 0.20$ হলে (১) রশিতে টান T এর পরিমাণ কত? (২) গাড়ির উপর রাস্তার প্রতিক্রিয়া বল N কত? Ans: $304.34\text{N}; 1317.85\text{N}$
- ০৩। একটি অনুভূমিক টেবিলের উপর 1kg ভরের একটি কাষ্ট খন্ড রয়েছে। কাষ্ট খন্ডের উপর কত বৌ ভরের একটি বাটখারা রেখে খন্ডটিকে 4.9N এর একটি অনুভূমিক বলে টানলে উহা গতিশীল হবার উপক্রম হবে? হঠাৎ বাটখারা সরিয়ে ফেললে খন্ডটি কত ত্বরণে গতিশীল হবে। টেবিল ও কাষ্ট খন্ডের স্থির ও চল ঘর্ষণ গুণাঙ্ক যথাক্রমে 0.4 ও 0.3 । Ans: $0.25\text{Kg}; 1.96\text{ms}^{-2}$
- ০৪। ভূমির সাথে θ কোণে আনত অমসৃণ তলের উপর দিয়ে একটি বস্তুর s দূরত্ব অতিক্রম করতে t সেকেন্ড সময় লাগে। এমন একটি সমৃণ তলের উপর দিয়ে ঐ বস্তুর একই দূরত্ব নিচে নামতে কত সময় লাগবে? Ans: $t\sqrt{1 - \mu \cot \theta}$
- ০৫। 1kg ভরের একটি বস্তুকে কোন তলের উপর স্থিরাবস্থা হতে গতিশীল করার উদ্দেশ্যে তলের সমান্তরালে 9.8N বল বস্তুটির উপর প্রয়োগ করলে বস্তুটি 1sec এ 245m দূরত্ব অতিক্রম করে। অতঃপর তলের উপর তৈল জাতীয় পদার্থ ছড়িয়ে দেয়া হল। এ অবস্থায় μ_k এর মান 0.25 হ্রাস পেলে বস্তুটি এবারে 15N বল প্রয়োগের ফলে 1sec এ কত দূরত্ব যাবে? Ans: 6.275m

Type- 06: কপিকল বা পুলি সংক্রান্ত

EXAMPLE – 01: m_1 ও m_2 ভরের দুটি অম বস্তুকে একটি কপিকলের উপর দিয়ে দুপাশে সুতার সাহায্যে ঝুলিয়ে দিলে (১) বস্তু দুটির ত্বরণ কত হবে? (২) সুতার টান কত হবে? (৩) কপিকলের অক্ষ বরাবর ক্রিয়ারত বল কত হবে?

সমাধানঃ মনে করি সুতায় টান হবে T এবং ত্বরণ হবে ধরা যাক বস্তুটি m_1 নিচে নামছে ও m_2 বস্তুটি উপরে উঠছে। সুতরাং m_2 বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বলসমূহ বস্তুর ওজন

$w_2 = m_2g$ (নিচের দিকে) এবং সুতার টান T (উপরের দিকে)।

$$\therefore T = m_2g = m_2a \dots \dots \dots (1)$$

m_1 বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বলসমূহ বস্তুর ওজন $w_1 = m_1g$

(নিচের দিকে) সুতার টান T (উপরের দিকে)।

$$m_1g - T = m_1a \dots \dots \dots (2)$$

সমীকরণ (1) ও (2) যোগ করে পাই,

$$(m_1 + m_2) a = (m_1 - m_2)g$$

$$\therefore \text{ত্বরণ, } a = \frac{(m_1 - m_2)g}{(m_1 + m_2)}$$

সমীকরণ (1) ও (2) এর মান বসিয়ে পাই,

$$\therefore \text{সুতার টান, } T = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

$$\text{কপিকলের অক্ষ বরাবর ক্রিয়াশীল বলঃ } F = 2T = \frac{4m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

EXAMPLE – 02: একটি নতল অনুভূমিকের সাথে 45° অপর একটি 30° কোণ উৎপন্ন করে। এই অবস্থায় তল দু'টি উপরের কজার সাহায্যে আটকিয়ে দিয়ে কজার সাথে একটি পুলি খাটানো হল। পুলির উপর দিয়ে এক গাছা সুতা পেরিয়ে সুতার দুই প্রান্তে A ও B দুটি ব্লক বেধে দেয়া হল। যদি ব্লক দুটির প্রত্যেকটির ভর 1kg হয় এবং নততলের সাথে উভয় ব্লকের ঘর্ষণগুণাঙ্ক 1 হয় তবে (ক) ব্লক দুটির সাধারণ ত্বরণ (খ) সুতার টান কত হবে?

সমাধান : A ব্লকটির ক্ষেত্রে,

$$mg \sin 45^\circ - T - \mu_k R_A = mf$$

$$\text{বা, } mg \sin 45^\circ - T - \mu_k mg \cos 45^\circ = mf \dots\dots\dots (i)$$

B ব্লকটির ক্ষেত্রে,

$$T - mg \sin 30^\circ - T - \mu_k R_B = mf$$

$$\text{বা, } T - mg \sin 30^\circ - \mu_k mg \cos 30^\circ = mf \dots\dots\dots (ii)$$

$$(i) + (ii) \Rightarrow mg(\sin 45^\circ - \sin 30^\circ - \mu_k (\cos 45^\circ + \cos 30^\circ)) = 2mf$$

$$\text{বা, } 9.8 \times \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) - 1 \times 9.8 \left(\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = 2f$$

$$\text{বা, } f = 1.5495 \text{ms}^{-2} \text{ (i) হতে, } T = 7.786 \text{N}$$

Type – 07: জড়তার ভ্রামক ও কৌণিক ভরবেগ সংক্রান্ত

কৌণিক ভরবেগ : $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$

$$L = r p \sin \theta = rp \text{ (when } \theta = 90^\circ) = r(mv) = mr(r\omega) = mr^2 \omega = I\omega$$

টর্ক, $\tau = I\alpha$

$$\text{জড়তার ভ্রামক } I = mr^2$$

$$\text{চক্রগতির ব্যাসার্ধ, } K = \sqrt{\frac{I}{M}}$$

$$* \text{ দেখাও যে ফ্লাই হুইলের জড়তার ভ্রামক } I = \frac{2mgh - m\omega^2 r^2}{\omega^2 (1 + \frac{n_1}{n_2})}$$

প্রতি ঘূর্ণনে কৃতকাজ ω হলে n_1 বার ঘূর্ণনে কাজ হবে ωn_1 ।

$$h \text{ উচ্চতা হতে পড়লে স্থিতিশক্তি } = mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 + \omega n_1$$

m ভরের বস্তুটি বিচ্ছিন্ন হলে অক্ষদণ্ড n_2 বার ঘূর্ণনের পর থেমে গেল

$$\omega n_2 = \frac{1}{2}I\omega^2 \Rightarrow \omega = \frac{1}{2}I\omega^2 / n_2 \therefore mgh = \frac{1}{2}m r^2 \omega^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 (1 + \frac{n_1}{n_2}) \quad I = \frac{2mgh - m\omega^2 r^2}{\omega^2 (1 + \frac{n_1}{n_2})}$$

EXAMPLE - 01: একটি চাকার ভর 5kg এবং কোন অক্ষ সাপেক্ষে চক্রগতির ব্যাসার্ধ 0.2m । এর জড়তার ভ্রামক কত?

চাকাটিতে 2rad s^{-1} কৌণিক ত্বরণ সৃষ্টি করতে কত মানের টর্ক প্রয়োগ করতে হবে?

সমাধানঃ $I = M k^2 = (5 \times (0.2)^2) = 0.2\text{kg m}^2 = \tau = I \alpha = 0.4\text{ N.m}$

EXAMPLE - 02: 33cm ব্যাসার্ধ 4kg ভরের একটি চাকার গায়ে জড়ানো একটি রশির উপর 15N বল প্রয়োগ করা হল।

চক্রগতির ব্যাসার্ধ 30cm হলে এবং চাকাটির টর্ক 1.10Nm হলে চাকার কৌণিক ত্বরণ কত হবে?

সমাধানঃ চাকাটির জড়তার ভ্রামক,

$$I = MK^2 = (4\text{kg})(30 \times 10^{-2}\text{m}) = 0.360\text{kg m}^2$$

চাকাটির উপর দুটি টর্ক ক্রিয়াশীল। একটি হল 15N বলের কারণে, যার মান

$$\tau_R = (15\text{N})(33 \times 10^{-2}\text{m}) = 4.95\text{Nm}$$

অপরটি বিপরীতমুখী ঘর্ষণ সঞ্চারক বল $\tau_f = 1.10\text{Nm}$

$\therefore \tau = I \alpha$ সমীকরণ হতে

$$\begin{aligned} \text{কৌণিক ত্বরণ } \alpha &= \frac{\tau}{I} = \frac{\tau_R - \tau_f}{I} \\ &= \frac{(4.95\text{Nm}) - (1.10\text{Nm})}{0.360\text{kg m}^2} = 10.7\text{rad s}^{-2} \end{aligned}$$

EXAMPLE - 03: m ভরের একটি বস্তু সুতার অগ্রভাগে বাঁধা অবস্থায় একটি ঘর্ষণহীন টেবিলের উপর 0.60m ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে 2.4ms^{-1} বেগে ঘূর্ণায়মান। সুতার অপর প্রান্ত টেবিলের মধ্যে একটি ছিদ্র দিয়ে নামানো আছে। এখন সুতাটিকে নিচের দিকে টেনে বস্তুর বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ 0.4m করা হলে বস্তুর বেগ কত হবে?

সমাধান : কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ নীতি অনুযায়ী জড়তার ভ্রামক I ও কৌণিক বেগ ω এর সম্পর্ক হলো

$$I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$$

$$m_1 r_1^2 \omega_1 = m_1 r_2^2 \omega_2 \quad [\because I = mr^2]$$

$$m r_1^2 \omega_1 = r_2^2 \omega_2$$

$$v = r \omega \text{ ব্যবহার করে পাই,}$$

$$v_1 r_1 = v_2 r_2 \therefore v_2 = \frac{v_1 r_1}{r_2} = \frac{2.4 \times 0.6}{0.4} = 3.6\text{ms}^{-1}$$

EXAMPLE - 04: একটি কঠিন বস্তু স্থির অবস্থা থেকে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের চারদিকে α ধ্রুব কৌণিক ত্বরণে ঘুরতে শুরু করে।

অক্ষ থেকে r দূরত্বে একটি বস্তুকণা A এর (১) কেন্দ্রাতিগ ত্বরণ ও স্পর্শ ত্বরণ α , r ও সময় t এর সাহায্যে প্রকাশ কর। (২)

বস্তুকণাটির লব্ধি ত্বরণ যে সময়ে স্পর্শ ত্বরণের সাথে 60° কোণ উৎপন্ন করে সে সময়ে বস্তুকণাটির কৌণিক সরণ কত?

সমাধানঃ সমীকরণ $\omega = \omega_0 + \alpha t$ হতে

কৌণিক বেগ $\omega = 0 + \alpha t = \alpha t \dots \dots \dots (i)$

(i) কেন্দ্রাতিগ ত্বরণ $a_c = \omega^2 r$

$$\text{বা } a_c = \alpha^2 t^2 r \dots \dots \dots (ii)$$

(ii) লব্ধি ত্বরণ, $a = \sqrt{a_t^2 + a_c^2} \dots \dots \dots (iii)$

শর্ত মতে, $\frac{a_t}{a} = \cos 60^\circ$

$$a = \frac{a_T}{\cos 60^\circ} = 2a_T \dots \dots \dots (iv)$$

সমীকরণ (৩) ও (৪) হতে $a = \sqrt{a_T^2 + a_c^2} = 2a_T$

$$a_T^2 + a_c^2 = 4a_T^2 \Rightarrow a_c = \sqrt{3a_T^2} = \omega^2 r \Rightarrow \omega = \sqrt{3\alpha}$$

সমীকরণঃ $\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha(\theta - \theta_0) \therefore \theta - \theta_0 = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\alpha} = \frac{\sqrt{3\alpha}}{2\alpha} = \frac{\sqrt{3}}{2}$ রেডিয়ান

EXAMPLE – 05: H উচ্চতায় অবস্থিত M ভরের r ব্যাসার্ধের একটি নীরেট গোলক ঘুরতে ঘুরতে একটি নতি তল দিয়ে যখন ভূমিতে নেমে আসে তখন গোলকটির গতি কত?

সমাধানঃ ভূমি থেকে নতি তলের যে কোন উচ্চতায় y মোট শক্তি হল

$$\frac{1}{2}Mv_{cm}^2 + \frac{1}{2}I_{cm}\omega^2 + Mgy$$

y = H উচ্চতায় মোট শক্তি (যেহেতু, y = H, $V_{cm} = \omega = 0$)

$$E_h = 0 + 0 + MgH$$

y = 0 স্থানে অর্থাৎ ভূমিতে মোট শক্তি (যেহেতু y = 0)

$$E_0 = \frac{1}{2}Mv_{cm}^2 + \frac{1}{2}I_{cm}\omega^2$$

শক্তির নিত্যতা সূত্র বা সংরক্ষণ নীতি ব্যবহার করে,

$$E_h = E_0 \text{ বা, } MgH = \frac{1}{2}Mv_{cm}^2 + \frac{1}{2}I_{cm}\omega^2$$

ভরকেন্দ্র বরাবর ঘূর্ণয়মান একটি গোলকের জড়তার ভ্রামক হল,

$$I_{cm} = \frac{2}{5}Mr^2 \text{ এবং গোলকটির কৌণিক বেগ, } \omega = \frac{v_{cm}}{r}$$

$$\text{সুতরাং } \frac{1}{2}Mv_{cm}^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{2}{5}Mr^2\right)\left(\frac{v_{cm}}{r}\right)^2 = MgH$$

$$\therefore V_{cm} = \sqrt{\frac{10}{7}gH}$$

EXAMPLE – 06: খাড়া অবস্থায় রাখা একটি মিটার দণ্ড কাত হয়ে পড়ে। দণ্ডটি কত কৌণিক বেগে ভূমিকে আঘাত করবে?

সমাধানঃ

$$E_1 = mgh = mg \times \frac{1}{2}$$

$$KE_1 = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{3}ml^2\omega^2$$

শক্তির নিত্যতাসূত্র অনুযায়ী,

$$mg \times \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{3}ml^2\omega^2$$

$$\omega = \sqrt{3g} = 5.4 \text{ rads}^{-1}$$

EXAMPLE – 07: 3, 4, 5 kg ভরের তিনটি বস্তুর অবস্থান ভেক্টর (3, 4, 5), (4, 5, 6), (5, 6, 7) হলে Z - অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক ও চক্রগতির ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর।

সমাধান : 3 kg ভরের জন্য $I_1 = 3 (3^2 + 4^2) = 75 \text{ kg m}^2$, $k_1 = \sqrt{\frac{I_1}{m_1}} = 5m$

4 kg ভরের জন্য $I_2 = 4 (4^2 + 5^2) = 164 \text{ kg m}^2$, $k_2 = \sqrt{\frac{I_2}{m_2}} = \sqrt{41}m$

5 kg ভরের জন্য $I_3 = 5 (5^2 + 6^2) = 305 \text{ kg m}^2$, $k_3 = \sqrt{\frac{I_3}{m_3}} = \sqrt{61}m$

Practice

১। 5.0kg ও 7.0kg ভরের দুটি বস্তুকে একটি ভরবিহীন দণ্ডের সাহায্যে 4m দূরত্বে রাখা হয়।

(১) বস্তু দুটি তাদের মাঝাখানি স্থানে একটি অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণ্যমান থাকলে জড়তার ভ্রামক কত হবে?

(২) যখন সিস্টেমাটি 5kg বস্তুর বাম দিকে দূরত্বে 0.5দূরত্বে অবস্থিত অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণ্যমান হয় তখনই বা ভ্রামক কত?

Ans: 48 kg m^2 ও 143 kg m^2

২। একজন বেলে নর্তকী হস্ত প্রসারিত অবস্থায় উল্লম্ব অক্ষের চারপাশে 1 rev s^{-2} বেগে ঘূর্ণ্যমান। হাত গুটিয়ে নিলে তার জড়তার ভ্রামক 60 ভাগ কমে যায়। হাত গুটানো অবস্থায় প্রতি সেকেন্ড ঘূর্ণন সংখ্যা কত হবে? Ans: 2.5 rev s^{-2}

৩। 100kg ভর বিশিষ্ট একটি পাথরকে 10 ms^{-1} বেগে উল্লম্বতলে 10m ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট বৃত্তাকার পথে হালকা সুতায় বেধে ঘুরানো হচ্ছে। সর্বনিম্ন ও সর্বোচ্চ বিন্দুতে সুতার টান কত? সর্বোচ্চ ও সর্বোনিম্ন বিন্দুতে সুতার বেগ অসমান। Ans: 1980 ও 20N

৪ একটি গ্রামোফোন রেকর্ড মিনিটে 60বার ঘোরে। 13 gm ভরের একটি মুদ্রা রেকর্ডের কেন্দ্র হতে 0.08m দূরে থেকে রেকর্ডটির উপর ঘুরচে। মুদ্রাটির উপর অভিকেন্দ্র বল কত? Ans: $4.106 \times 10^{-2} \text{ N}$

৫ 15Kg ভর ও 0.25m ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট বেলন 50 rads^{-1} কৌণিক বেগে গড়াতে থাকলে উহার গতিশক্তি কত হবে? Ans: 585.75J

Type – 08: রাস্তার ব্যাংকিং সংক্রান্ত

নিরাপদে গাড়ির বাঁক নেওয়ার শর্তঃ $V \leq (\mu_s r g)^{\frac{1}{2}}$

$$\tan \theta = \frac{v^2}{r g}$$

$$v = \sqrt{r g \tan \theta}$$

EXAMPLE – 01: একটি রেল লাইনের বাঁকের ব্যাসার্ধ $200m$ এবং রেল লাইনের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব $1m$ ঘন্টায় $50.4 km$ বেগে চলন্ত গাড়ীর ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় ব্যাংকিং এর জন্য বাইরের লাইনের পাতকে ভিতরের লাইনের পাত অপেক্ষা কতটুকু উঁচু করতে হবে? [লাইন ও পাত-এর মধ্যকার ঘর্ষণ গুণাংক 0.2]

$$\tan \theta = \frac{v^2}{\mu r g} = \frac{14^2}{0.2 \times 200 \times 9.8} \Rightarrow 0.5 \Rightarrow \tan \theta = \frac{h}{x} \Rightarrow 0.5 = \frac{h}{1} \Rightarrow h = 0.5m$$

Practice

১। ট্রেন যে স্থানে ঘন্টায় 25 কিলোমিটার বেগে চলে, সে স্থানে রেললাইনের বাঁকের বক্রতার ব্যাসার্ধ 400 মিটার রেল দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 1.5 মিটার হলে যথোপযুক্ত ব্যাংকিং-এর জন্য বাইরের রেল ভেতরের রেল হতে কতখানি উঁচু থাকবে? Ans: $1.84cm$

২। একটি রাস্তা $40m$ ব্যাসার্ধে বাঁক নিয়েছে। ঐ স্থানে রাস্তাটি $4m$ চওড়া এবং উহার ভিতরে কিনারা হতে বাহিরের কিনারা $0.8 m$ উঁচু। সর্বোচ্চ কত বেগে ঐ স্থানে নিরাপদে বাঁক নেয়া সম্ভব। Ans: $8.94ms^{-1}$

EXERCISES (OVERALL)

১। অনুভূমিক দিকে গতিশীল $2kg$ ভরের একটি গোলক $5ms^{-1}$ বেগে একটি দেয়ালে ধাক্কা দিয়ে $3ms^{-1}$ বেগে বিপরীত দিকে ফিরে গেল। (ক) বলের ঘাত বের কর। (খ) যদি বলটি $2s$ এ স্থির হতো তবে বলটি দেয়ালে যে গড় বল প্রয়োগ করে তা নির্ণয় কর। Ans: $8N$

২। নির্দিষ্ট উচ্চতা থেকে $80g$ ভরের একটি টেনিস বল ছেড়ে দেয়া হলো। ভূমিতে পড়ে তা আবার $6m$ পর্যন্ত উপরে ওঠল। ভূমিতে সংঘর্ষকালে বলের ঘাত কত? সংঘর্ষকাল $0.04s$ হলে গড় বল নির্ণয় কর।

Ans: বলের ঘাত $0.87kg ms^{-1}$ এবং গড় বল $21.75N$

৩। $0.30kg$ ভরের একটি টেনিস বল X অক্ষ বরাবর $6.0ms^{-1}$ বেগে গতিশীল। বলটি আঘাত পেয়ে $8.0ms^{-1}$ বেগে y অক্ষের দিকে গতিশীল হয়। বলের ভরবেগের পরিবর্তন কত হবে ব্যাখ্যা কর। Ans: $3kg ms^{-1}$

৪। মহাকাশে অবস্থিত একটি শাটল মহাকাশ যানের ভর $3 \times 10^3 kg$ এবং জ্বালানির ভর $50kg$ । জ্বালানি $5kg s^{-1}$ হারে ব্যবহৃত হলে এবং $150ms^{-1}$ সুযম দ্রুতিতে নির্গত হলে শাটল যানের উপর ধাক্কা নির্ণয় কর। Ans: $750N$

৫। $100kg$ ভরের একটি গাড়ি $20ms^{-1}$ বেগে চলছিল। ব্রেক চেপে একে $50m$ দূরত্বে থামিয়ে দেওয়া হলো। গাড়িটি ব্রেকজনিত বল, ঘর্ষণ বল ও বাতাসের বাধা এ তিনটি বলের ক্রিয়ায় থেমে যায়। ব্রেকজনিত বল $250N$ ও ঘর্ষণ বল $100N$ হলে বাতাসের বাধাজনিত বল কত? *Ans: 50N*

৬। $10N$ এর একটি বল $2kg$ ভরের একটি স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে। যদি $4s$ পরে বলের ক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায় তাহলে $1m$ থেকে $8s$ এ বস্তু কত দূর যাবে? *Ans: 120m*

৭। একক ভরের একটি বস্তুর চলরেখার সমীকরণ $x=t^3-3t^2$, $y=-3t^2+2t$, $z=2t^3-t$, $2s$ পর বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল বল নির্ণয় কর। *Ans: $(6\hat{i}-6\hat{j}+24\hat{k})$*

৮। $20kg$ ভরের একটি বস্তুর উপর কী পরিমাণ বল ক্রিয়া করলে তার বেগ $10s$ -এ $(4\hat{i}-5\hat{j}+3\hat{k})ms^{-1}$ হতে বৃদ্ধি পেয়ে $(8\hat{i}+3\hat{j}-5\hat{k})ms^{-1}$ হবে। *Ans: 24N*

৯। একটি বস্তুর উপর $7N$ মানের একটি বল প্রয়োগ করা হলে বস্তুটি $2ms^{-2}$ ত্বরণ প্রাপ্ত হয়। বস্তুটির ভর কত? বস্তুটির উপর $4N$ মানের আর একটি বল $7N$ মানের বলের সাথে 60° কোণে প্রয়োগ করলে, বস্তুটির ত্বরণ কি হবে? *Ans: $2.54ms^{-2}$*

১০। $50kg$ ভরের এক ব্যক্তি $950kg$ ভরের একটি গাড়িতে বসে গাড়িটিকে স্টার্ট করে প্রথম $10s$ সমত্বরণে চালান। তারপর $10min$ সমবেগে চালানোর পরে ব্রেক চেপে $5s$ সময়ের মধ্যে গাড়িটিকে থামান। যাত্রা শুরু $2s$ পরে গাড়ির বেগ $4ms^{-1}$ হলে গাড়ি কর্তৃক অতিক্রান্ত মোট দূরত্ব এবং গাড়ি থামাতে প্রযুক্ত বলের মান নির্ণয় কর। গাড়িটির বেগ বনাম সময়ের লেখচিত্র অঙ্কন কর। *Ans: $12150m$; $-4000N$*

১১। 5 টনের একটি বালুভর্তি ট্রাক ঘন্টায় $36km$ বেগে চলছে। এটি হতে প্রতি সেকেন্ডে $0.3kg$ বালু ছিদ্র পথে নির্গত হতে থাকলে $10min$ পর ট্রাকটির বেগ কত হবে? $10min$ এর এটিকে $4m$ দূরত্বের মধ্যে থামাতে হলে ন্যূনতম কত বলের প্রয়োজন হবে? *Ans: $6.48 \times 10^4 N$*

১২। অনুভূমিক মসৃণ তলে একই সরলরেখা বরাবর $5, 15, 25$ কেজি ভরের তিনটি বস্তু উপেক্ষণীয় ভরের দুটি তার দ্বারা পরস্পর যুক্ত আছে। $90N$ অনুভূমিক বল প্রয়োগে সরলরেখা বরাবর $1m$ বস্তুটিকে টানা হলে বস্তুটির ত্বরণ কত হবে? তার দুটিতে টান কত হবে? *Ans: ত্বরণ, $2ms^{-2}$ এবং টান $80N$ ও $50N$*

১৩। গাড়িসহ চালকের ভর $1000kg$ । $90\frac{km}{h}$ বেগে চলন্ত গাড়িটি $40m$ সম্মুখে একটি বাচ্চাকে দাঁড়িয়ে থাকতে দেখে ব্রেক চাপল। তারপর বাচ্চাটির $2m$ পিছনে গাড়িটি থামল। (i) গাড়ি কর্তৃক প্রযুক্ত বল কত? (ii) যদি গাড়ির ত্বরণ $-5m/s^2$ এবং বাচ্চাটি $5m/s$ সমবেগে চলতে থাকত তাহলে কি বাচ্চাটিকে বাঁচানো সম্ভব? গাণিতিক যুক্তি দাও। *Ans: $2.5m$*

১৪। $1200kg$ ভরের একটি গাড়ি $20ms^{-1}$ বেগে চলছিল। কিন্তু যাত্রাপথে গাড়িটি একসময় নিয়ন্ত্রণ হারিয়ে রাস্তার পাশে $800kg$ ভরের একটি স্থির গাড়িকে ধাক্কা দিল। ধাক্কার পর গাড়ি দুইটি একত্রিত হয়ে $120m$ পিছলিয়ে থেমে গেল।

(i) সংঘর্ষের পর গাড়ি দুইটির ভরবেগ সমান বিবেচনা করে ঐ মুহূর্তে এদের গতিশক্তির অনুপাত বের করে।

(ii) উক্ত হতে চলমান গাড়িটির বাধাদানকারী বলের মান নির্ণয় সম্ভব কি-না। গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও।

Ans: 2004N

১৫। একটি রকেট তার উড্ডয়নের প্রথম সেকেন্ডে তার ভরের $\frac{1}{50}$ ভাগ ভর $2200ms^{-1}$ বেগে বের করে দেয়। রকেটটির

ত্বরণ কত হবে? *Ans: $34.2ms^{-2}$*

১৬। গাছের ডালে বসা $1.975kg$ ভরের একটি পাখিকে $0.025kg$ ভরের একটি বুলেট $400ms^{-1}$ অনুভূমিক বেগে আঘাত করে পাখিটির ভিতরে রয়ে গেল। পাখির অনুভূমিক বেগ নির্ণয় কর। ডালটি মাটি হতে $313.6m$ উপরে হলে পাখিটি কত দূর সামনে গিয়ে মাটিতে পড়বে? *Ans: $40m$*

১৭। ৫ মেট্রিক টন ভরের বালু বোঝাই একটি ট্রাক $20ms^{-1}$ বেগে চলছিল। এমন সময় ট্রাকের ছিদ্র দিয়ে $100kg$ বালু নিচে পড়ে গেল। ট্রাকের বর্তমান বেগ কত? *Ans: $20.4ms^{-1}$*

১৮। $5kg$ ভরের একটি বস্তু $2ms^{-1}$ বেগে x বরাবর এসে $3kg$ ভরের আরেকটি স্থির বস্তুকে ধাক্কা মারে। ধাক্কার পর ভরের বস্তু অক্ষের সাথে 30° কোণে $1ms^{-1}$ বেগে চলতে থাকে। $3kg$ বস্তুটির বেগের মান ও দিক কত হবে? *Ans: বেগের মান $2.06ms^{-1}$ এবং দিক 23.8°*

১৯। একটি স্থির কণা হঠাৎ বিস্ফোরিত হয়ে $m_1=1kg$, $m_2=1kg$ ও $m_3=3kg$ ভরের তিনটি অংশে বিভক্ত হয়ে গেল। সমান ভর দুটির উভয়ের বেগের মান $24ms^{-1}$ হলে এবং তারা পরস্পর সমকোণে চলতে থাকলে ভারী ভরটির বেগের মান ও গতির অভিমুখ নির্ণয় কর। *Ans: কণার বেগ $8\sqrt{2}ms^{-1}$ এবং গতির অভিমুখ 135°*

২০। স্কেটিং জুতা পায়ে দাঁড়ানো রুমার কাছে নয়ন $3.3kg$ ভরের একটি বল ছুড়ে। রুমার ভর $48kg$ । বলটি ছোঁড়ার সাথে সাথে রুমা $0.32ms^{-1}$ বেগে গতিশীল হয়। রুমা যখন বলটি ধরে তখন বলটির বেগ কত ছিল? *Ans: $4.65ms^{-1}$*

২১। $100kg$ ভরের একটি স্থিরভাবে ভাসমান ভেলার দুই বিপরীত প্রান্তে দুজন সাঁতারু দাঁড়িয়ে আছেন। তাদের ভর যথাক্রমে $50kg$ ও $60kg$ । যদি সাঁতারুদ্বয় প্রত্যেকে এক সাথে $3ms^{-1}$ অনুভূমিক বেগে ঝাঁপ দেন তাহলে ভেলাটি কোনদিকে কত বেগে গতিশীল হবে? *Ans: $0.3ms^{-1}$*

২২। m ভরের একটি নিউট্রন v বেগে একটি $197m$ ভরের নিউক্লিয়াসের সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং বিপরীত দিকে ফিরে যদি সংঘর্ষ স্থিতিস্থাপক হয়, তবে-

ক. সংঘর্ষের পর স্বর্ণ নিউক্লিয়াসের বেগ কত হবে?

খ. সংঘর্ষের পর নিউট্রন এবং স্বর্ণ নিউক্লিয়াস এর গতিশক্তির অনুপাত বিশ্লেষণ কর।

Ans: 49.25:1

২৩। $1500kg$ ভরের একটি ট্রাক $20ms^{-1}$ বেগে চলমান $600kg$ ভরের একটি নসিমনকে পেছন থেকে ধাক্কা দিলে নসিমনটি ট্রাকের সাথে আটকে যায় এবং ট্রাকটি $30ms^{-1}$ বেগে নসিমনটিকে ঠেলে নিয়ে যায়।

(i) সংঘর্ষের সময় ট্রাকটির বেগ কত ছিল? (ii) সংঘর্ষটি কি স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ না অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নিরূপণ কর। *Ans: $9.45 \times 10^5 J$*

২৪। $30kg$ ভরের একটি শেল $48ms^{-1}$ বেগে উড়ছে। শেলটি বিস্ফোরিত হয়ে দুই টুকরো হলে $18kg$ ভরের টুকরোটি স্থির হয়ে যায় এবং বাকি টুকরোটি উড়ে যায়। বাকি অংশের বেগ কত? *Ans: $120ms^{-1}$*

২৫। $80k$ ভরের এক ব্যক্তি স্থির পানিতে ভাসমান $150kg$ ভরের একটি নৌকা থেকে লাফ দিয়ে তীরে পৌছল। লাফের পর লোকের বেগ $15ms^{-1}$ হলে নৌকার পশ্চাৎবেগ কত? *Ans: $8ms^{-1}$*

২৬। একজন শিকারি একটি বালিহাঁসকে লক্ষ করে $4kg$ ভরের বন্দুক হতে $20g$ ভরের একটি গুলি ছুঁড়ল; গুলিটি $300ms^{-1}$ বেগে বন্দুকের নল হতে বেরিয়ে গেল। গুলি বের হওয়ার সময় শিকারি পেছন দিকে ধাক্কা অনুভব করল। (i) বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ নির্ণয় কর। (ii) উক্ত ঘটনায় গতিশক্তি সংরক্ষিত হবে কি? তোমার মতামত গাণিতিকভাবে উপস্থাপন কর।
Ans: $904.5J$

২৭। $0.05kg$ ভরের একটি লোহার বলকে $2m$ দীর্ঘ একটি সুতার এক প্রান্তে বেঁধে বৃত্তপথে ঘুরানো হচ্ছে।

ক. ঘূর্ণন অক্ষ সাপেক্ষে এর জড়তার ভ্রামক কত?

খ. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কত?

Ans: জড়তার ভ্রামক $0.2kg - m^2$ এবং চক্রগতির ব্যাসার্ধ $2m$ ।

২৮। কোনো অক্ষ সাপেক্ষে একটি লৌহ নির্মিত বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ $0.5m$ । বস্তুটির ভর $0.5kg$ হলে জড়তার ভ্রামক কত?

খ. পিটিয়ে বস্তুটির আকার এমনভাবে পরিবর্তন করা হলো যাতে চক্রগতির ব্যাসার্ধ একই থাকে। জড়তার ভ্রামক পরিবর্তিত হবে কি-না তা ব্যাখ্যা কর।

গ. পিটিয়ে বস্তুটির আকার এমনভাবে পরিবর্তন করা হলো যাতে চক্রগতির ব্যাসার্ধ একই থাকে। জড়তার ভ্রামক পরিবর্তিত হবে কি-না তা ব্যাখ্যা কর।

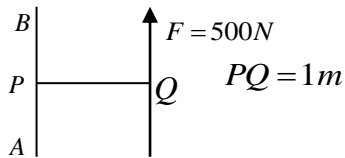
২৯। একটি সরু সুষ্ম লৌহদণ্ডের ভর M ও দৈর্ঘ্য l এর এক প্রান্তে এবং দৈর্ঘ্যের সাথে লম্বভাবে অবস্থিত একটি অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক ও চক্রগতির ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর। *Ans: ML^2*

খ. দণ্ডটিকে গলিয়ে একটি পিণ্ড তৈরি করে l দৈর্ঘ্যের একটি সুতার এক প্রান্তে বেঁধে বৃত্তপথে ঘুরালে জড়তার ভ্রামক কত হবে?

৩০। একটি নিরেট সিলিন্ডারের ভর M ও ব্যাসার্ধ R । জ্যামিতিক অক্ষ সাপেক্ষে এর জড়তার ভ্রামক নির্ণয় কর।

Ans: $\frac{1}{2}MR^2$

৩১। চিত্রটি লক্ষ কর:



(i) AB ঘূর্ণন অক্ষের চারদিকে PQ দণ্ডটির টর্ক নির্ণয় কর। (ii) যদি ঘূর্ণন অক্ষ AB, PQ দণ্ডটির প্রান্তবিন্দু হতে পরিবর্তন করে মধ্যবিন্দুতে নেওয়া হয়, তবে কোন ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক বেশি হবে- তোমার উত্তরের সপক্ষে গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর।

৩২। একটি ধাতব চাকতির ব্যাস $0.2m$ ও ভর $25kg$ । এর ভারকেন্দ্র দিয়ে এবং পৃষ্ঠের অভিলম্বভাবে অতিক্রান্ত অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক ও চক্রগতির ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর। *Ans: জড়তার ভ্রামক $0.125kgm$ এবং চক্রগতির ব্যাসার্ধ $0.0707m$*

৩৩। $3kg$ ও $5kg$ ভরের দুটি গোলক $1m$ দৈর্ঘ্যের নগণ্য ভরের একটি দণ্ডের দুপ্রান্তে যুক্ত। দণ্ডটিকে ঘুরিয়ে দিলে গোলকদ্বয় যে বিন্দুকে কেন্দ্র করে ঘুরবে তার অবস্থান নির্ণয় কর। $Ans: 0.625m$

৩৪। খাড়া অবস্থায় রাখা একটি মিটার দণ্ড কত হয়ে পড়ে যায়। দণ্ডটি কি কৌণিক বেগে ভূমিতে আঘাত করবে?
 $Ans: 5.4 \text{ rad s}^{-1}$

৩৫। একটি ফ্লাই হুইলের কৌণিক বেগ $2\pi \text{ rad s}^{-1}$ হতে $6\pi \text{ rad s}^{-1}$ এ উন্নীত করতে $100J$ কাজ সম্পন্ন করতে হয়। হুইলটির জড়তার ভ্রামক নির্ণয় কর। $Ans: 0.63 \text{ kg m}^2$

৩৬। $400kg$ ভর ও $1m$ ব্যাসার্ধের একটি নিরেট গোলক $2m/s$ বেগে গড়িয়ে চলছে। এর মোট গতিশক্তি কত?
 $Ans: 1120J$

৩৭। m ভরের একটি কণা v বেগে $-OX$ বরাবর গতিশীল অবস্থায় একই ধরনের v বেগে $+y$ বরাবর গতিশীল একটি কণার সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয়। সংঘর্ষের পর একটি কণা $\frac{v}{2}$ বেগে $-OX$ বরাবর চলে।

ক. অপর কণার বেগ নির্ণয় কর।

খ. সংঘর্ষটি কি স্থিতিস্থাপক? উত্তরের পক্ষে যুক্তি দাও।

৩৮। E গতিশক্তি এবং p ভরবেগ বিশিষ্ট একটি কণা A , একই ধরনের অপর একটি স্থির কণা B এর সাথে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে লিপ্ত হয়। সংঘর্ষের পর কণা দুটি সংযুক্ত হয়ে চলতে থাকে।

ক. সংঘর্ষের পর A কণার গতিশক্তি এবং ব্যবস্থার মোট গতিশক্তি নির্ণয় কর।

খ. সংঘর্ষের পর কণাটির ভরবেগ এবং গতিশক্তি সম্পর্কে তোমার মতামত দাও।

$Ans:$ ক. গতিশক্তি এবং মোট গতিশক্তি যথাক্রমে $\frac{E}{4}, \frac{E}{2}$

খ. ভরবেগ এবং গতিশক্তি যথাক্রমে $\frac{p}{2}, \frac{E}{4}$

৩৯। একটি $2kg$ ভরের বস্তুকে $0.75m$ দীর্ঘ রশি দিয়ে বেঁধে $4ms^{-1}$ বেগে বৃত্তাকারে ঘুরানো হচ্ছে। (i) বস্তুটির ঘূর্ণন গতিশক্তি নির্ণয় কর। (ii) বস্তুটির কেন্দ্রমুখী বল নির্ণয় করা সম্ভব কি-না? গাণিতিক যুক্তি দাও। $Ans: 42.67N$

৪০। 50বার ঘুরবার পর একটি পাখার প্রতি মিনিটে ঘূর্ণন সংখ্যা 1050বার হতে কমে 650বার হলো। কৌণিক ত্বরণ এবং ঐ বার ঘূর্ণনের সময় নির্ণয় কর। থামার পূর্বে পাখাটি আর কত বার ঘুরবে? $Ans: 31.06$

৪১। মঙ্গল গ্রহ সূর্যকে কেন্দ্র করে $2.28 \times 10^{11}m$ ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে ঘুরে। মঙ্গলের কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় কর।
 $Ans: 24.52 \times 10^{38} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$

৪২। একজন বেলে নর্তকী হস্ত প্রসারিত অবস্থায় উল্লম্ব অক্ষের চারপাশে 1 rev s^{-1} বেগে ঘূর্ণায়মান। হাত গুটিয়ে নিলে তার জড়তার ভ্রামক 60 ভাগ কমে যায় হাত গুটানো অবস্থায় প্রতি সেকেন্ডে ঘূর্ণন সংখ্যা কত হবে? $Ans: 2.5 \text{ rev s}^{-1}$

৪৩। m ভরের একটি বস্তু সুতার অগ্রভাগে বাঁধা অবস্থায় একটি ঘর্ষণহীন টেবিলের উপর 0.60 ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে 2.4ms^{-1} বেগে ঘূর্ণায়মান। সুতার অপর প্রান্ত টেবিলের মধ্যে একটি ছিদ্র দিয়ে থামানো আছে। এখন সুতাটিকে নিচের দিকে টেনে বস্তুর বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ $0.4m$ করা হলে বস্তুর বেগ কত হবে? $Ans: 3.6\text{ms}^{-1}$

৪৪। একজন বেলে নর্তকী হস্ত প্রসারিত অবস্থায় উল্লম্ব অক্ষের চারপাশে 1revs^{-1} বেগে ঘূর্ণায়মান। হাত গুটিয়ে নিলে তার জড়তার ভ্রামক 50 ভাগ কমে যায়। হাত গুটানো অবস্থায় প্রতি সেকেন্ডে ঘূর্ণন সংখ্যা কত হবে? $Ans: 2\text{revs}^{-1}$

৪৫। হাইড্রোজেন নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে ইলেকট্রন $5.3 \times 10^{11}m$ ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে চলে $5.3 \times 10^{16}s$ -এ একবার ঘুরে আসে। কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় কর। $Ans: 3.07 \times 10^{-35} \text{kg m}^2 s^{-1}$

৪৬। চিত্রটি লক্ষ কর। এটি একটি পাহাড়। একজন সাইকেল চালক এর উপর সাইকেল চালাচ্ছে। সাইকেলের চাকার ব্যাসার্ধ ভেক্টর $\vec{r} = 4\hat{i} - 6\hat{j} + 12\hat{k}$ এবং বলের ভেক্টর $\vec{F} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - 5\hat{k}$ । কৃতকাজ কত? টর্ক কত?

৪৭। 6000rad s^{-1} কৌণিক বেগে ঘূর্ণনরত একটি চাকার জড়তার ভ্রামক 80kg m^2 । সুষম ব্রেক প্রয়োগ করে একে এ থামানো হলো। (ক) ব্রেক প্রয়োগ করা হলে এর কৌণিক ত্বরণ কত? (খ) এ সময়ে এটি কতবার ঘুরবে? (গ) ব্রেকটি কত টর্ক সরবরাহ করে? $Ans: 16000N m$

৪৮। একটি কৃত্রিম উপগ্রহ ভূপৃষ্ঠ হতে $500km$ উচ্চতায় বৃত্তাকার পথে পরিভ্রমণ করছে। 100min সময়ে উপগ্রহটি পৃথিবীতে একবার প্রদক্ষিণ করলে এর কৌণিক ও রৈখিক বেগ নির্ণয় কর।
 $Ans: \text{কৌণিক বেগ } 1.047\text{rad s}^{-1} \text{ এবং রৈখিক বেগ } 523.6\text{ms}^{-1}$

৪৯। $0.250kg$ ভরের একটি পাথর খন্ডকে $0.75m$ লম্বা একটি সুতার সাহায্যে এক প্রান্তে বেঁধে বৃত্তাকার পথে প্রতি মিনিটে 90 বার ঘুরালে সুতার ওপর টান নির্ণয় কর। $Ans: 16.65N$

৫০। হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে $5.3 \times 10^{-11}m$ ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে $2.21 \times 10^{-6} \text{ms}^{-1}$ সমদ্রুতিতে ঘুরছে। ইলেকট্রনের উপর ক্রিয়ারত লম্ব ত্বরণ ও কেন্দ্রমুখী বল নির্ণয় কর। একবার আবর্তনে ইলেকট্রনের কত সময় লাগে? $Ans: 1.5 \times 10^{-16}s$

৫১। $10g$ ভরবিশিষ্ট একটি বস্তুকে $2m$ দীর্ঘ সুতার সাহায্যে বৃত্তাকার পথে ঘুরানো হচ্ছে। বস্তুটি $3s$ -এ 15 টি পূর্ণ আবর্তন করলে সুতার টান নির্ণয় কর। $Ans: 19.74N$

৫২। ব্যাসার্ধ ভেক্টর $\vec{r} = 5\hat{i} + 2\hat{j} - 3\hat{k}$ এবং বল ভেক্টর $\vec{F} = 15\hat{i} + a\hat{j} - 9\hat{k}$ । \vec{r} ও \vec{F} পরস্পর সমান্তরালে হওয়ার জন্য a এর মান গাণিতিকভাবে নির্ণয় করা সম্ভব কি-না? $Ans: \vec{F}$ ও \vec{r} পরস্পর সমান্তরাল হবে যদি a এর মান 6 হয়।

৫৩। সার্কাস পার্টিতে একজন পারফরমার $5kg$ ভরের একটি গোলককে ভূমি হতে $1.5m$ উপরে অনুভূমিক তলে লম্বা রশির সাহায্যে বৃত্তাকার পথে ঘোরাচ্ছেন। গোলকটি প্রতি মিনিটে 20 বার আবর্তন করে। ঘূর্ণায়মান অবস্থায় হঠাৎ রশিটি ছিঁড়ে যায়।

(i) আবর্তনশীল গোলকটি কেন্দ্রের দিকে কত বল অনুভব করবে?

(ii) পারফরমার হতে দর্শক সারির দূরত্ব কেমন হলে গোলকটি কোনো দর্শককে আঘাত করবে না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর।

Ans : (i) 43.87 N

(ii) 3.18 m

৫৪। একজন সার্কাসের খেলোয়াড় মাথার উপরে উল্লম্ব তলে কোনো বস্তুকে একটি দীর্ঘ সুতায় 90cm দূরত্বে বেঁধে প্রতি মিনিটে 100বার ঘুরাচ্ছে। হঠাৎ করে ঘূর্ণায়মান বস্তুটির এক-তৃতীয়াংশ খুলে পড়ে গেল। এতে খেলোয়াড় ভীত না হয়ে প্রতি মিনিটে ঘূর্ণন সংখ্যা একই রাখার জন্য প্রয়োজনমতো সুতার দৈর্ঘ্য বাড়িয়ে দিল। (i) বস্তুটির ভর কমে যাওয়ার পূর্বে এর কেন্দ্রমুখী ত্বরণ কত ছিল হিসাব কর। (ii) সার্কাসের খেলোয়াড় সুতার দৈর্ঘ্যের যে পরিবর্তন এনেছিলেন গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে এর সঠিকতা যাচাই কর।

৫৫। কোনো সাইকেল আরোহী 100m ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে $20ms^{-1}$ বেগে ঘুরতো গেলে উল্লম্ব তলের সাথে কত কোণে আনত থাকেন? Ans : 22.2°

৫৬। একটি রেল লাইনের বাঁকের ব্যাসার্ধ 200m এবং রেল লাইনের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1m। ঘণ্টায় 50.4km বেগে চলন্ত গাড়ির ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় ব্যাংকিং এর জন্য বাইরের লাইনের পাতকে ভেতরের লাইনের পাত অপেক্ষা উঁচু করতে হবে? Ans : 0.1m

৫৭। সমান ভরের (5 g) দুটি বস্তু একই সোজা পথে গতিশীল। সামনের বস্তুটির বেগ $10ms^{-1}$ । পিছনের বস্তুটির বেগ $16ms^{-1}$ । এক পর্যায়ে এদের মধ্যে সংঘর্ষ হল। সংঘর্ষের পরে বস্তুদ্বয় যে বেগ প্রাপ্ত হয় তা নির্ণয় করে দেখাও যে, সংঘর্ষের পরে বস্তুদ্বয় বেগ বিনিময় করে।

৫৮। 2.0kg ভরের একটি গাড়ি P $5.5ms^{-1}$ বেগে গতিশীল থাকা অবস্থায় $1.0ms^{-1}$ বেগে একই দিকে গতিশীল 40kg ভরের অপর একটি গাড়ি Q এর সাথে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ হয়।

ক. সংঘর্ষের পর গাড়িদ্বয়ে বেগ ও দিক কী হবে?

খ. ব্যবস্থার শক্তির পরিবর্তন বিশ্লেষণ কর।

৫৯। সাবিহা একদিন শপিং মলে বাজার করার সময় ট্রলি গাড়ি ব্যবহার করল। সে ট্রলি গাড়ির হেভেলটিতে উল্লম্বের সাথে 30° কোণে 10N বল প্রয়োগ করে গাড়িটিকে ঠেলতে থাকে। এই দেখে দোকানদার বলল, আপনি গাড়ির হেভেল ধরে টানেন, তাহলে কম বল লাগবে। (i) ট্রলির গতি সৃষ্টিকারী বল কত? (ii) দোকানদার সাবিহাকে ট্রলির হেভেল ধরে সামনে টানতে বলল কেন-যুক্তিসহ গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।

৬০। অনুভূমিক মসৃণ তলের উপর 80kg ভরের একটি লনরোলার অনুভূমিকের সাথে 30° কোণে 400N মানের একটি বল দ্বারা ঠেলা হচ্ছে। লনরোলারটিতে ত্বরণ $3ms^{-2}$ সৃষ্টি হচ্ছে। অনুভূমিক তল ও লন-রোলারের মধ্যবর্তী গতিয় ঘর্ষণাঙ্ক কত? Ans : 0.182

৬১। সুতার সাহায্যে এক টুকরা পাথর বেঁধে মেঝের সাথে 30° কোণে 26N বলে টানা হচ্ছে। এতে পাথরটি সমবেগে গতিশীল আছে। পাথরের ভর 10kg হলে পাথর ও মেঝের মধ্যবর্তী গতিয় ঘর্ষণাঙ্ক কত? Ans : 0.265

৬২। 10kg ভরের একটি বাক্সের সাথে রশি ঝবেঁধে রশিটিকে একটি ঘরের মেঝের সাথে 30° কোণে টানা হচ্ছে। বাক্সটি মেঝের উপর সমবেগে চলছে। বাক্স ও মেঝের মধ্যবর্তী ঘর্ষণ বল 10N হলে রশির টান কত? Ans : 11.55N

৬৩। একটি বস্তু ঘণ্টায় $36km$ বেগে ভূমির উপর দিয়ে পিছলে যেতে যেতে অবশেষে স্থির অবস্থায় আসলো। বস্তু ও ভূমির মধ্যে ঘর্ষণ গুণাঙ্ক 0.2 হলে বস্তুটি স্থির অবস্থায় আসার পূর্বে কত দূরত্ব অতিক্রম করেছিল? *Ans : 25.51m*

৬৪। একটি লিফট $4.8ms^{-2}$ সমত্বরণে নিচে নামছে। লিফটের মেঝেতে $2m$ উঁচু হতে একটি বল ছেড়ে দিয়ে পুনরায় কত সময় পরে একই উচ্চতা হতে বলটিকে ধরা যাবে? *Ans : 1.8s*

৬৫। কোনো লিফট উপরের দিকে $1.2ms^{-2}$ ত্বরণে উঠছে। লিফটের ভিতর কোনো ব্যক্তি একটি $2kg$ ভরের বল ধরে থাকলে বলের আপাত ওজন কত? যদি লিফটের তলা হতে $1.5m$ উপর হতে বলটি ছেড়ে দেওয়া হয় তবে বলটি পড়তে কত সময় লাগবে? *Ans : 0.55s*

৬৬। চট্টগ্রাম-রাঙামাটি হাইওয়ের কোনো এক জায়গায় বাঁকের ব্যাসার্ধ $200m$ এবং রাস্তার প্রস্থ $4m$ । ঐ স্থানে একজন গাড়ি চালক সর্বোচ্চ $36kmh^{-1}$ বেগে নিরাপদে বাঁক নিতে পারে। ($g=9.8ms^{-2}$) (i) রাস্তার দুই প্রান্তের উচ্চতার ব্যবধান কত? (ii) যদি ঐ স্থানে ব্যাংকিং কোণের মান দ্বিগুণ করা হয়, তাহলে গাড়ি দ্বিগুণ বেগে নিরাপদে চলতে পারবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। *Ans : (i) 0.204m*

৬৭। সাদিকের ভর $50kg$ । সে একটি মাঠে $25m$ ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে $15kmh^{-1}$ বেগে $50kg$ ভরের একটি সাইকেল চালাচ্ছে।

(i) সাদিককে বাঁক নেওয়ার জন্য উল্লম্বের সাথে কত কোণে হেলতে হবে?

(ii) উল্লম্বিত রাস্তায় $20kmh^{-1}$ বেগে মোটর গাড়ি চালানো জন কী ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে তা গাণিতিক যুক্তি দিয়ে বুঝাও।

Ans : (i) 4.05° ও (ii) 3.13°

৬৮। একটি রাস্তার বাঁকের আগে সাইনবোর্ড লেখা আছে সর্বোচ্চ গতিসীমা $20km/hr$ । একজন সাইকেল আরোহী ঐ বাঁক ঘুরার সময় $40km/hr$ বেগে নিরাপদে ঐ বাঁক অতিক্রম করলো। বাঁকের ব্যাসার্ধ $200m$ এবং রাস্তাটি $2m$ চওড়া। (i) ঐ রাস্তার দুই পাশের উচ্চতার পার্থক্য নির্ণয় কর। (ii) সর্বোচ্চ গতিসীমার চেয়ে বেশি বেগ থাকার পরেও কিভাবে ঐ আরোহী বাঁক অতিক্রম করল? গাণিতিক যুক্তি দাও। *Ans : 3.60°*