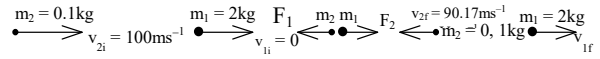
মূল বইয়ের অতিরিক্ত অংশ

চতুর্থ অধ্যায়

নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

পরীক্ষায় কমন পেতে অনন্য প্রশ্নোত্তর

প্রশ্ন ▶ ১



চিত্রের আলোকে নিম্নের প্রশ্নগুলির উত্তর দাও:

◀ শিখনফল: ৬ ও ১৬ [রা. বো. ২০১৬]

ক. 1 পাউন্ডাল বল এর সংজ্ঞা দাও। ১

খ. অভিকর্ষ এক ধরনের মহাকর্ষ– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপক থেকে প্রতিক্রিয়া বল 'F_1' নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক না অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে তোমার মতামত দাও। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক পাউন্ড ভরের কোনো বস্তুর ওপর এক ফুট/সেকেন্ড^2 ত্বরণ সৃষ্টি করতে যে বল প্রযুক্ত হয় তাকে এক পাউন্ডাল বল বলা হয়।

খ যেকোনো দুইটি বস্তুর মধ্যবর্তী আকর্ষণ বলকে মহাকর্ষ বল বলা হয়। আর পৃথিবী কোনো বস্তুকে যে বলে আকর্ষণ করে তাকে অভিকর্ষ বল বলে। পৃথিবীও একটি বস্তু। সুতরাং পৃথিবী কোনো বস্তুকে যে বলে আকর্ষণ করে সেটিও মহাকর্ষ। তাই বলা যায়, অভিকর্ষ বল এক ধরণের মহাকর্ষ।

গ দেওয়া আছে,
সংঘর্ষের সময়, $t = 4$ s
প্রতিক্রিয়া বল F_1, m_2 এর ওপর ক্রিয়া করে।
সুতরাং, m_2 এর ভরবেগের পরিবর্তনের হারই হবে F_1
মনে করি, m_2 এর আদিবেগের দিক ধনাত্মক।

$$\therefore F_1 = \frac{m_2v_{2f} - m_2v_{2i}}{t}$$
$$= \frac{0.1 \times (-90.17) - 0.1 \times 100}{4} \text{ N}$$
$$= -4.75425 \text{ N } \textbf{(Ans.)}$$

এখানে, (–) চিহ্ন নির্দেশ করে যে, প্রতিক্রিয়া বল ক্রিয়া বলের বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে।

ঘ মনে করি, m_2 এর আদিবেগের দিক ধনাত্মক।
ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুসারে,
$m_1v_{1i} + m_2v_{2i} = m_1v_{1f} + m_2v_{2f}$
বা, $2 \times 0 + 0.1 \times 100 = 2 \times v_{1f} + 0.1 \times (-90.17)$
বা, $0 + 10 = 2 \times v_{1f} - 9.017$
$\therefore v_{1f} = \frac{10 + 9.017}{2} = 9.5085 \text{ m·s}^{-1}$

বস্তুদ্বয়ের সংঘর্ষের আগের গতিশক্তির সমষ্টি,

$$E_{k_1} = \frac{1}{2}m_1v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2i}^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 2 \times (0)^2 + \frac{1}{2} \times 0.1 \times (100)^2$$
$$= 500 \text{ J}$$

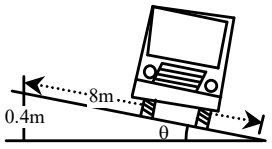
বস্তুদ্বয়ের সংঘর্ষের পরের গতিশক্তির সমষ্টি,

$$E_{k_2} = \frac{1}{2}m_1v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2f}^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 2 \times (9.5085)^2 + \frac{1}{2} \times 0.1 \times (-90.17)^2$$
$$= 496.94 \text{ J}$$

লক্ষ্য করি, $E_{k_1} \neq E_{k_2}$ অর্থাৎ সংঘর্ষের আগের এবং পরের গতিশক্তি সমান নয়।

সুতরাং উদ্দীপকের সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক নয়। সংঘর্ষটি অস্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ▶ ২ 100 m ব্যাসার্ধের একটি বাঁকে 30 kmh^{-1} বেগে বাঁক নিতে গিয়ে বাস রাস্তা থেকে ছিটকে খাদে পড়ে যায়।



◀ শিখনফল: ১০ [চ. বো. ২০১৬]

ক. মৌলিক বল কী? ১

খ. জড়তার ভ্রামকের সাথে চক্রগতির ব্যাসার্ধের সম্পর্ক ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত রাস্তায় ব্যাংকিং কোণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের আলোকে বাসটি খাদে পড়ে যাওয়ার কারণ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক মৌলিক বল হচ্ছে এমন এমন একটি বল যা সংস্পর্শ ব্যতীত পরস্পরের মিথস্ক্রিয়ায় একটি বস্তু অপর একটি বস্তুর ওপর প্রয়োগ করে।

খ একটি বস্তুর সমগ্র ভরকে যদি এমন একটি বিন্দুতে পুঞ্জীভূত কল্পনা করা যায়, যেন একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে বস্তুটির ঘূর্ণন জড়তা বা জড়তার ভ্রামকের কোনো পরিবর্তন না হয়, তখন ঐ অক্ষ হতে উক্ত বিন্দুর দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে। M ভরের একটি বস্তুর নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে চক্রগতির ব্যাসার্ধ K হলে ঘূর্ণন জড়তা বা জড়তার ভ্রামক-

$$I = MK^2$$

এটিই ঘূর্ণন জড়তা বা জড়তার ভ্রামকের কোনো নির্দিষ্ট অক্ষের সাথে সাপেক্ষে চক্রগতির ব্যাসার্ধের সম্পর্ক।

গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। **উত্তর:** 2.86°।

ঘ 'গ' হতে, উক্ত রাস্তার ব্যাংকিং কোণ, $\theta = 2.86°$

ব্যাসার্ধ, $r = 100$ m

বেগ, $v = ?$

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

বা, $v^2 = rg\tan\theta = 100\text{ m} \times 9.8\text{ m·s}^{-2} \times \tan 2.86°$

$= 49$

$\therefore v = 7\text{ m·s}^{-1}$

উক্ত রাস্তার ব্যাংকিং কোণ অনুযায়ী সর্বোচ্চ 7 m·s^{-1} বেগে ঐ রাস্তায় গাড়ী চালানো যাবে। কিন্তু চালক 30 km·h^{-1} = 8.33 m·s^{-1} (>7 m·s^{-1}) বেগে গাড়ি চালানোয় বাসটি খাদে পড়ে যায়।

প্রশ্ন ▶৩ 1m প্রস্থের একটি রাস্তার বাহিরের কিনারা ভিতরের কিনারা হতে উঁচু। 200m ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার মোড় নেওয়ার সময় একজন গাড়ি চালক রাস্তার পাশে সতর্কীকরণ সাইনবোর্ড 60 kmh^{-1} লেখা দেখল। এই সময় গাড়িটির বেগ ছিল 50 kmh^{-1}।

◀ *শিখনফল: ১০ [সি. বো. ২০১৬]*

ক. কর্মদক্ষতা কাকে বলে? ১

খ. বৃষ্টির ফোঁটা গোলাকার আকার ধারণ করে কেন? ২

গ. ব্যাংকিং কোণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত বেগে গাড়ী চালালে, চালক নিরাপদে মোড় নিতে পারবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো যন্ত্র কর্তৃক কৃতকাজ এবং ঐ সময় সরবরাহকৃত শক্তির অনুপাতকে ঐ যন্ত্রের কর্মদক্ষতা বলে।

খ যেকোনো তরলের গোলাকার অবস্থায় পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল সর্বনিম্ন হয়। আর পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল সর্বনি হওয়ার অর্থ হলো পৃষ্ঠশক্তি সর্বনি। পৃষ্ঠ শক্তি সর্বনিম্ন হলে সেটা বেশি স্থিতিশীল থাকবে। এজন্য বৃষ্টির ফোঁটা গোলাকার আকার ধারণ করে।

গ দেওয়া আছে, ব্যাসার্ধ, $r = 200$ m

বেগ, $v = 60\text{ km·h}^{-1}$

$= \frac{60 \times 1000}{3600}\text{ m·s}^{-1} = \frac{50}{3}\text{ m·s}^{-1}$

ব্যাকিং কোণ, $\theta = ?$

আমরা জানি, $\tan\theta = \frac{v^2}{rg} = \frac{(50/3)^2}{200 \times 9.8} = 0.1417$

$\therefore \theta = 8.06°$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে, উদ্দীপকের ব্যক্তিটির বেগ 50 km·h^{-1} বা 13.88 m·s^{-1} এই বেগে গাড়ি চালালে 200 m ব্যাসার্ধে বৃত্তাকার মোড় নেওয়ার জন্য ব্যাংকিং কোণ প্রয়োজন

$\theta = \tan^{-1}\frac{(13.88)^2}{200 \times 9.8}$ বা 5.6°

গ হতে পাই উক্ত রাস্তার ব্যাংকিং কোণ 8.06°

$5.6° < 8.06°$

অর্থাৎ 50 km/h বেগে মোড় নিলে কোনো দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা নেই।

$\therefore$ 50 km/h বেগে গাড়ি নিরাপদে মোড় নিতে পারবে।

প্রশ্ন ▶৪ 8 kg ভরের একটি বস্তুকে 0.2m লম্বা দড়ি দিয়ে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের চারিদিকে 2 rads^{-1} বেগে ঘুরান হচ্ছে।

◀ *শিখনফল: ১১ ও ১২ [য. বো. ২০১৬]*

ক. ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র লিখ। ১

খ. রাস্তার বাঁকের ভিতরের প্রান্ত থেকে বাইরের প্রান্ত উঁচু হয় কেন? ২

গ. ঘূর্ণায়মান বস্তুটির কৌণিক ভরবেগ বের কর। ৩

ঘ. বস্তুটির ভর অর্ধেক হলে টর্কের কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একাধিক বস্তুর মধ্যে ক্রিয়া প্রতিক্রিয়া ভিন্ন অন্য বল কাজ না করলে আলাদাভাবে প্রতিটি বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তন হলেও মোট ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হয় না।

খ বক্রপথে মোটর গাড়ি চলার সময় প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল সৃষ্টির জন্য এদেরকেও হেলানো প্রয়োজন হয়। তাই মোড়ের রাস্তা ভিতরের পার্শ্ব অপেক্ষা বাইরের পার্শ্বকে প্রয়োজনমতো উচু করে তৈরি করা হয়, যাতে মোটর গাড়ি মোড় ঘোরার সময় কেন্দ্রের দিকে হেলে পড়ে এবং প্রয়োজন মত কেন্দ্রমুখী বল সৃষ্টি করতে পারে। এ ব্যবস্থাকে রাস্তার ব্যাংকিং বলে।

গ

আমরা জানি,
$L = mw^2r$
$= 8 \times 2^2 \times 0.2$
$= 64\text{ kgm}^2\text{s}^{-1}$

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 8$ kg
ব্যাসার্ধ, $r = 0.2$ m
কৌণিক বেগ, $w = 2\text{ rads}^{-1}$
কৌণিক ভরবেগ, $L = ?$

ঘ উদ্দীপক অনুসারে, বস্তুর প্রাথমিক ভর, $m_1 = 8$ kg

$\therefore$ বস্তুর পরিবর্তিত ভর, $m_2 = \frac{8}{2} = 4$ kg

ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বস্তুর দূরত্ব, $r = 0.2$ m

ধরি, কৌণিক ত্বরণ $= \alpha$

প্রাথমিক টর্ক, $\tau_1 = I_1\alpha = m_1r^2\alpha = 8 \times (0.2)^2\alpha = 0.32\alpha$ N·m

পরিবর্তিত টর্ক, $\tau_2 = I_2\alpha = m_2r^2\alpha = 4 \times (0.2)^2\alpha = 0.16\alpha$ N·m

বা, $\frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{1}{2}$

$\therefore \tau_2 = \frac{1}{2} \times \tau_1$

অতএব, বস্তুটির ভর অর্ধেক করা হলে টর্ক অর্ধেক হয়ে যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৫ উপরের দিকে উঠতে থাকা একটি লিফট এর ছাদ থেকে স্প্রিং নিক্তি এর মাধ্যমে 4 kg ভরের একটি বস্তু ঝোলানো আছে। লিফটটি $0.3\ ms^{-2}$ ত্বরণে গতিশীল। *◀ ৩ ও ৪ অধ্যায়ের সমন্বয়ে*

ক. বলের অভিকর্ষীয় একক কাকে বলে? ১

খ. একই উচ্চতা হতে বালির উপর পড়লে শক্ত মেঝের তুলনায় কম ব্যথা লাগে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. স্প্রিং এ ঝোলানো বস্তুটির ওজনের পাঠ কত আসবে? ৩

ঘ. লিফট এর মেঝে থেকে বস্তুটির উচ্চতা 2m হলে, স্প্রিংটি কোনভাবে ছিঁড়ে গেলে মেঝেতে পড়তে প্রয়োজনীয় সময় নির্ণয় করা যাবে কী? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক ভরবিশিষ্ট কোনো বস্তুকে পৃথিবী তার কেন্দ্রের দিকে যে বলে আকর্ষণ করে তাকেই বলের অভিকর্ষীয় একক বলে।

খ একই উচ্চতা থেকে বালির উপর পড়লে শক্ত মেঝের তুলনায় কম আঘাত লাগে।

কারণ বালি বা মেঝেতে পড়ার পর কতটুকু আঘাত লাগবে তা নির্ভর করে প্রতিক্রিয়া বলের উপর। প্রতিক্রিয়া বল বেশি হলে আঘাত বেশি লাগবে, প্রতিক্রিয়া বল কম হলে আঘাত কম লাগবে। এখন ধরা যাক, একজন ব্যক্তি v বেগে মেঝে বা বালির উপর পড়ে। ফলে তার ভরবেগ হয় mv। এরপর মেঝে/বালির সাথে ক্রিয়া প্রতিক্রিয়ার পর তার বেগ হয় 0। ফলে ভরবেগের পরিবর্তন $mv - 0 = mv$ বলের ঘাত $= Ft$ যেহেতু মেঝে বা বালি উভয়ক্ষেত্রেই ভরবেগের পরিবর্তন সমান, তাই Ft = ধ্রুবক। সুতরাং $F \propto \frac{1}{t}$ অর্থাৎ, ক্রিয়া প্রতিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় বল যে ক্ষেত্রে বেশি সে ক্ষেত্রে কম প্রতিক্রিয়া বল অনুভূত হবে। যেহেতু বালির উপর পড়লে বালি কিছুটা সরে যায় এবং ব্যক্তি বালির ভিতর কিছুটা ঢুকে যায়, তাই এক্ষেত্রে মেঝে অপেক্ষা বেশি সময় ক্রিয়া প্রতিক্রিয়ার কাজে ব্যয় হয় এবং এর ফলে একই উচ্চতা হতে পড়লেও শক্ত মেঝে অপেক্ষা বালিতে কম আঘাত অনুভূত হয়।

গ স্প্রিং নিক্তিতে ঝোলানো বস্তুটির ওজনের পাঠ R হলে,

$R - mg = ma$

বা, $R = mg + ma$

$= m(g + a)$

$= 4 \times (9.8 \times 0.3)$

$= 40.4\ N$ **(Ans.)**

এখানে,
বস্তুটির ভর, $m = 4\ kg$
লিফটের ত্বরণ, $a = 0.3\ ms^{-2}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

ঘ স্প্রিংটি ছিঁড়ে যাওয়ার পূর্বমুহূর্তে লিফটের মেঝের সাপেক্ষে বস্তুটি স্থির অবস্থায় ছিল, ফলে, $v_0 = 0\ ms^{-1}$

লিফটের ঊর্ধ্বমুখী ত্বরণ, $a = 0.3\ ms^{-2}$ হলে লিফটির সাপেক্ষে বস্তুটির নিচের দিকে আপেক্ষিক ত্বরণ, a' হলে,

$a' = g + 1$

$= 9.8 + 0.3$

$= 10.1\ ms^{-2}$

এখানে,
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
লিফটের ত্বরণ, $a = 0.3\ ms^{-2}$

এখন, লিফটের মেঝে হতে বস্তুটির উচ্চতা, h ও বস্তুটির মেঝেতে পড়তে, t সময় লাগলে,

$h = v_0t + \frac{1}{2}a't^2$

$\Rightarrow 2 = 0 \times t + \frac{1}{2} \times 10.1 \times t^2$

$\Rightarrow t^2 = \frac{4}{10.1}$

$\therefore t = \sqrt{\frac{4}{10.1}}$

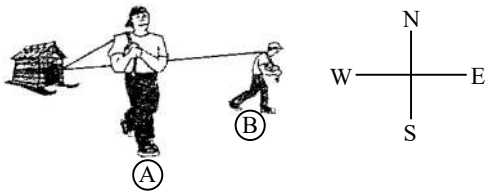
$= 0.629\ sec.$

এখানে,
আদিবেগ, $v_0 = 0\ ms^{-2}$
বস্তুটির আপেক্ষিক ত্বরণ, $a' = 10.1\ ms^{-2}$
উচ্চতা, $h = 2m$

অর্থাৎ, বস্তুটির মেঝেতে পরতে 0.629s সময় লাগে।

অতএব, স্প্রিংটি ছিঁড়ে গেলে 4 kg ভরের বস্তুটির লিফটে মেঝেতে পড়ার সময় বের করা যাবে এবং তা হল 0.629s।

প্রশ্ন ▶ ৬



A ও B দুইজন ব্যক্তি কোন একটি কুড়ে ঘরকে পূর্ব দিকে স্থানান্তর করার জন্য চিত্র মোতাবেক রশি দিয়ে টানছে। A কর্তৃক প্রযুক্ত বল 120N যা xy তলে ক্রিয়ারত এবং এটি পূর্ব দিকের সাথে 315° কোণে ক্রিয়া করছে। B কর্তৃক প্রযুক্ত বল ভেক্টরটি $\vec{F} = 7\hat{i} - 6\hat{j} + 4\hat{k}$ এবং এটি 35° কোণে ক্রিয়া করছে। ঘর ও তলের মধ্যকার ঘর্ষণ বল 150N। *◀ ২ ও ৪ অধ্যায়ের সমন্বয়ে*

ক. ভেক্টর ডিফারেন্সিয়াল অপারেটর কাকে বলে? ১

খ. দুটি ভেক্টরের লব্ধির সর্বোচ্চ মান ভেক্টরদ্বয়ের মানের যোগফল অপেক্ষা বড় হতে পারে না– ব্যাখ্যা করো। ২

গ. B এর বল ভেক্টরটির সমকোণে এবং xy তলের সমান্তরাল একটি একক ভেক্টর নির্ণয় করো। ৩

ঘ. A ও B এর টানের কারণে কুড়ে ঘরটি গতিশীল হবে কিনা যাচাই করো। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক Del বা Nabla কে ভেক্টর ডিফারেন্সিয়াল অপারেটর বলা হয়। একে $\vec{\nabla} = \hat{i}\frac{\partial}{\partial x} + \hat{j}\frac{\partial}{\partial y} + \hat{k}\frac{\partial}{\partial z}$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

খ $\vec{A}$ ও $\vec{B}$ দুইটি ভেক্টর হলে, এদের লব্ধি,

$|\vec{R}| = R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\alpha}$ যেখানে α ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যবর্তী কোণ।

লব্ধি R এর মান সর্বোচ্চ হবে যদি $\cos\alpha$ এর মান সর্বোচ্চ হয়।

আমরা জানি, $\cos\alpha$ এর সর্বোচ্চ মান 1

$\therefore R_{max} = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB.1}$

$= \sqrt{(A + B)^2}$

$\therefore R_{max} = A + B$

এখন, যেহেতু $\cos\alpha$ এর মান 1 এর থেকে বেশি হওয়া সম্ভব নয়। তাই R এর সর্বোচ্চ মানও (A + B) এর চেয়ে বেশি হওয়া সম্ভব নয়।

গ B এর বল, $\vec{F}$ ভেক্টরটির সমকোণে কোনো ভেক্টর $\vec{V}$ হলে এটি xy তলের সমান্তরাল বলে এটির কোনো z-অক্ষের দিকে উপাংশ থাকবে না।

ধরি, ভেক্টরটি $\vec{V} = x\hat{i} + y\hat{j}$

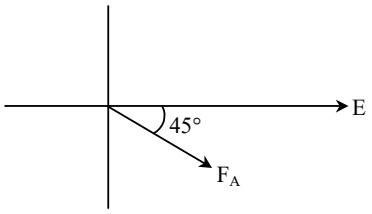
যেহেতু, $\vec{V}$ ও $\vec{F}$ সমকোণে আছে,

$$\therefore \quad \vec{F}\cdot\vec{V} = 0$$
$$\text{বা,} \quad (7\hat{i} - 6\hat{j} + 4\hat{k})\cdot(x\hat{i} + y\hat{j}) = 0$$
$$\text{বা,} \quad 7x - 6y = 0$$
$$\therefore \quad y = \frac{7}{6}x$$

$\therefore \vec{V}$ ভেক্টরের দিকে একক ভেক্টর $= \dfrac{\vec{V}}{|\vec{V}|}$

$$= \frac{x\hat{i} + y\hat{j}}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$
$$= \frac{x\hat{i} + \frac{7}{6}x\hat{j}}{\sqrt{x^2 + \left(\frac{7}{6}x\right)^2}}$$
$$= \frac{x\left(\hat{i} + \frac{7}{6}\hat{j}\right)}{x\sqrt{1 + \frac{49}{36}}}$$
$$= \frac{\hat{i} + \frac{7}{6}\hat{j}}{\frac{\sqrt{85}}{6}}$$
$$= \frac{6\hat{i} + 7\hat{j}}{\sqrt{85}} \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ



A কর্তৃক প্রযুক্ত F_A বলটি পূর্ব দিকের সাথে ঘড়ির কাঁটার উল্টোদিকে 315° অর্থাৎ, ঘড়ির কাঁটার দিকে (360°-315°) = 45° কোণ উৎপন্ন করে।

এটি xy তলে কাজ করে বলে,

$$\overrightarrow{F_A} = 120\cos(45°)\hat{i} + 120\sin(-45°)\hat{j}$$
$$= \frac{120}{\sqrt{2}}\hat{i} - \frac{120}{\sqrt{2}}\hat{j}$$

আবার, B এর প্রযুক্ত বল, $\overrightarrow{F_B} = 7\hat{i} - 6\hat{j} + 4\hat{k}$

xy তলে ক্রিয়ারত $\overrightarrow{F_B}$ বলের উপাংশ,

$$\vec{F}_{Bxy} = 7\hat{i} - 6\hat{j}$$

xy তলে ঘরের ওপর বলের লব্ধি $\vec{F}$ হলে,

$$\vec{F} = \overrightarrow{F_A} + \overrightarrow{F_B}$$
$$= \frac{120}{\sqrt{2}}\hat{i} - \frac{120}{\sqrt{2}}\hat{j} + 7\hat{i} - 6\hat{j}$$
$$= \left(\frac{120}{\sqrt{2}} + 7\right)\hat{i} - \left(\frac{120}{\sqrt{2}} + 6\right)\hat{j} \text{ N}$$
$$|\vec{F}| = \sqrt{\left(\frac{120}{\sqrt{2}} + 7\right)^2 + \left(\frac{120}{\sqrt{2}} + 6\right)^2}$$
$$= 129.2 \text{ N}$$

Z অক্ষ বরাবর ধনাত্মক দিকে ঘরের ওপর ক্রিয়ারত বল হল ঘরের ওজন বল ও $\overrightarrow{F_B}$ এর Z-অক্ষ বরাবর উপাংশের যোগফলের সমান।

$\therefore$ ঘর্ষণ বল, $F_s = \mu_s(W - 4)$

$$= \mu_s R\left(1 - \frac{4}{W}\right)$$

যেহেতু, স্বাভাবিক অবস্থায় ঘর্ষণ বল, $\mu_s R = 150\text{N}$

$$F_s = 150\left(1 - \frac{4}{W}\right)$$

ঘরটি গতিশীল হতে হলে,

$$F > F_s$$
$$\text{বা,} \quad 129.2 > 150\left(1 - \frac{4}{W}\right)$$
$$\text{বা,} \quad \left(1 - \frac{4}{W}\right) < \frac{129.2}{150}$$
$$\text{বা,} \quad 1 - \frac{4}{W} < 0.86$$
$$\text{বা,} \quad \frac{4}{W} > 0.14$$
$$\text{বা,} \quad \frac{W}{4} < 7.2$$
$$\text{বা,} \quad W < 28.8$$
$$\text{বা,} \quad mg < 28.8$$
$$\text{বা,} \quad m < \frac{28.8}{9.8}$$
$$\therefore \quad m < 2.94$$

অর্থাৎ, ঘরটি গতিশীল হতে হলে ঘরের ভর 2.94 kg অপেক্ষা কম হতে হবে, যা অসম্ভব।

ফলে, ঘরটি গতিশীল হবে না।

প্রশ্ন ▶ ৭ A ও B দুটি গাড়ি একইস্থান হতে যাত্রা শুরু করল। A গাড়ি 72kmh^{-1} সমবেগে এবং B গাড়ি স্থির অবস্থান হতে 4ms^{-2} সমত্বরণে যাত্রা শুরু করে চলতি পথে তারা 200m সামনে 160m ব্যাসার্ধ এবং 30° ব্যাংকিং কোণ বিশিষ্ট বাঁকের সম্মুখীন হল।

◀ ৩ ও ৪ অধ্যায়ের সমন্বয়ে

ক. কেন্দ্রমুখী বল কাকে বলে? ১

খ. ঘূর্ণনরত কোন বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ 0.2m এর অর্থ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. কখন 'A' গাড়িটিকে 'B' গাড়িটি অতিক্রম করবে? ৩

ঘ. যদি গাড়িগুলোর গতির ধরনের পরিবর্তন না হয় তাহলে কোন গাড়িটি দুর্ঘটনার শিকার হতে পারে-গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন বস্তুকে বৃত্তাকার পথে ঘুরাতে হলে ঐ বস্তুর উপর যে বল প্রয়োগ করা হয়, তাই হচ্ছে কেন্দ্রমুখী বল।

খ ঘূর্ণনরত কোন বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ 0.2m বলতে বুঝায়। ঐ অক্ষ থেকে 0.2m দূরে একটি বিন্দুতে বস্তুটির সমগ্র ভর পুঞ্জীভূত আছে ধরে জড়তার ভ্রামক হিসাব করলেই সমগ্র বস্তুটির জড়তার ভ্রামক পাওয়া যাবে।

গ $v_A = 72\ kmh^{-1} = \frac{72 \times 100}{3600}\ ms^{-1} = 20ms^{-1}$

S

$u_B = 0$

$a_B = 4ms^{-2}$

ধরি, s দূরত্বে তারা মিলিত হবে।

A গাড়ির ক্ষেত্রে, $s = v_A t$

$= 20\ t$

B গাড়ির ক্ষেত্রে, $s = 0 \times t + \frac{1}{2} \times a_B t^2$

$= \frac{1}{2} \times 4 \times t^2$

$= 2t^2$

সুতরাং, $2t^2 = 20t \therefore t = 10\ sec$

সুতরাং, 10 sec পর A গাড়িটিকে B গাড়ি অতিক্রম করবে।

ঘ এখানে, বাকের ব্যাসার্ধ, $r = 160m$

ব্যাঙ্কিং কোণ, $\theta = 30°$

সর্বোচ্চ বেগ, $v = ?$

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

বা, $\tan30° = \frac{v^2}{160m \times 9.8\ ms^{-2}}$

বা, $v = \sqrt{160\ m \times 9.8ms^{-2} \times \tan30°}$

$= 30.08\ ms^{-1}$

যেহেতু, 200 m সামনে বাঁক এর অবস্থান

200 m সামনে A গাড়ির বেগ $= 20\ ms^{-1}$

এবং 200 m সামনে B গাড়ির বেগ v_B হলে, $v_B^2 = 0^2 + 2 \times a_B \times 200$

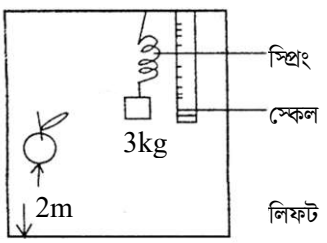
$v_B = \sqrt{2 \times 4 \times 200}$

$= 40\ ms^{-1}$

যেহেতু $v_B > 30.08\ ms^{-1}$

সুতরাং, B গাড়িটি দূর্ঘটনার শিকার হতে পারে।

প্রশ্ন ▶ ৮



স্প্রিং-এ ঝুলানো বস্তুর ভর

◀ ৩ ও ৪ অধ্যায়ের সমন্বয়ে

ক. স্পর্শ কোণের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. ইস্পাত রাবার অপেক্ষা বেশি স্থিতিস্থাপক-ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের লিফট $0.2ms^{-2}$ ত্বরণে ঊর্ধ্বমুখী হলে স্প্রিং-এ ঝুলানো বস্তুর ওজন কত হবে। ৩

ঘ. লিফটে একটা আপেলকে 2m উচ্চতা হতে ফেলা হলো যখন লিফটটি $0.1ms^{-1}$ সমবেগে নিচে নামছিল। কত সময়ে পরে আপেল লিফটের মেঝেতে পৌছাবে। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কঠিন ও তরলের স্পর্শ বিন্দু থেকে বক্র তরল তলে অঙ্কিত স্পর্শক কঠিন পদার্থের সাথে তরলের ভেতরে যে কোণ উৎপন্ন করে তাকে উক্ত কঠিন ও তরলের মধ্যকার স্পর্শ কোণ বলে।

খ ইস্পাত রাবার অপেক্ষা বেশি স্থিতিস্থাপক। কারণ সমান আকার ও আকৃতির একখন্ড ইস্পাত এবং এক খন্ড রাবারের দৈর্ঘ্য বরাবর একই মানের বল প্রয়োগ করলে ইস্পাতের তুলনায় রাবারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি এবং দৈর্ঘ্য বিকৃতি অনেক বেশি মানের হবে।

তাই স্থিতিস্থাপকতার গুণাংক, $Y = \frac{F/A}{\ell/L} = \frac{\text{দৈর্ঘ্য পীড়ন}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}}$

সূত্রানুসারে, উভয় ক্ষেত্রে দৈর্ঘ্য পীড়ন সমান এবং রাবারের ক্ষেত্রে দৈর্ঘ্য বিকৃতি বেশি মানের হওয়ায় ইস্পাতের তুলনায় রাবারের ইয়ং-এর গুণাংক কম। একারণে বলা হয়, ইস্পাত রাবার অপেক্ষা বেশি স্থিতিস্থাপক।

গ দেওয়া আছে, স্প্রিং-এ ঝুলানো ভর, $m = 3kg$

লিফটের ঊর্ধ্বমুখী ত্বরণ, $a = 0.\ 2ms^{-2}$

জানা আছে, পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$

বের করতে হবে, ত্বরিত অবস্থায় স্প্রিং নিক্তির পাঠ = ঝুলানো বস্তুর আপাত ওজন, $W = ?$

আমরা জানি,

এক্ষেত্রে বস্তুর কার্যকর ত্বরণ, $a' = g + a$

$= 9.8ms^{-2} + 0.2\ ms^{-2}$

$= 10ms^{-2}$

$\therefore$ নির্ণেয় ওজন, $W = ma' = m\ (g + a)$

$= 3kg \times 10\ ms^{-2}$

$= 30N$ **(Ans.)**

ঘ লিফটটি সমবেগে চলতে থাকলে এতে যেকোনো বস্তুর কার্যকর ত্বরণ, $a = g = 9.8ms^{-2}$

সুতরাং আপেলটি স্বাভাবিক যেকোনো বস্তুর মতোই লিফটের ফ্লোরে নেমে আসবে। মনে করি, এতে t পরিমাণ সময় লাগে।

এখানে, আদি উচ্চতা, $h = 2m$

আদি বেগ, $v_o = 0ms^{-1}$

আমরা জানি, $h = v_o t + \frac{1}{2} gt^2$

বা, $2m = (0\ ms^{-1})\ t + \frac{1}{2} \times 9.8\ ms^{-2} \times t^2$

বা, $4.9\ ms^{-2} \times t^2 = 2m$

বা, $t^2 = \frac{2m}{4.9ms^{-2}} = 0.408\ sec^2$

$\therefore t = \sqrt{0.408\ sec^2} = 0.639\ sec$

সুতরাং, 0.639 sec পর আপেলটি লিফটের মেঝেতে পৌছাবে।

প্রশ্ন ▶ ৯ 15kg ও 10 kg ভরের দুটি বস্তু পরস্পর থেকে 30 m দূরত্বে অবস্থিত। বস্তু দুটি যথাক্রমে $5ms^{-1}$ ও $2ms^{-1}$ বেগে একই দিকে চলমান। কোনো এক সময় এদের মধ্যে সংঘর্ষ হয়।

◀ ৩ ও ৪ অধ্যায়ের সমন্বয়ে

ক. কর্ম দক্ষতা কী? ১

খ. কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃত কাজ শূন্য হয় কেন ব্যাখ্যা কর। ২

গ. কতক্ষণ পর বস্তু দুটির মধ্যে সংঘর্ষ হয়? ৩

ঘ. সংঘর্ষের পর বস্তু দুটি যথাক্রমে $3ms^{-1}$ ও $5ms^{-1}$ বেগে একই দিকে অগ্রসর হলে সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক কী-না যাচাই কর। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো যন্ত্র হতে প্রাপ্ত লভ্য কার্যকর শক্তি এবং যন্ত্রে প্রদত্ত মোট শক্তির অনুপাতকে যন্ত্রের কর্মদক্ষতা বলে।

খ কেন্দ্রমুখী বলের প্রভাবে কোনো বস্তুর বৃত্তাকার পথে ঘুরতে থাকে। ঘূর্ণনের সময় প্রতিটি মুহূর্তে কেন্দ্রমুখী বলের ($\vec{F_c}$) দিক এবং ক্ষুদ্র সরণ ($d\vec{S}$) গুলোর দিক পরস্পর লম্বা বরাবর হয়। ফলে প্রতিটি ক্ষুদ্র মুহূর্তে ক্ষুদ্র সরণের দরুণ কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ, $dW = \vec{F_c}.\ d\vec{S} = F_c\ dS\ \cos 90° = 0$, তাই বস্তুটি সম্পূর্ণ একবার ঘুরে আসলেও এমনকি বারবার ঘুরতে থাকলেও কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য।

গ দেওয়া আছে,

সংঘর্ষের পূর্বে বস্তুদ্বয়ের বেগ যথাক্রমে $u_1 = 5ms^{-1}$, $u_2 = 2ms^{-1}$

তাহলে এদের মধ্যকার আপেক্ষিক বেগ, $\Delta v = u_1 - u_2$

$= 5ms^{-1} - 2ms^{-1}$

$= 3ms^{-1}$

বস্তুদ্বয়ের আদি দূরত্ব, $d = 30m$

বস্তুদ্বয় চলা শুরু করার t সময় পর এদের সংঘর্ষ হলে, $d = \Delta v.t$

$\therefore t = \frac{d}{\Delta v} = \frac{30m}{3ms^{-1}} = 10\ sec$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক মতে, বস্তুদ্বয়ের ভর, $m_1 = 15kg$, $m_2 = 10kg$

সংঘর্ষের পূর্বে বস্তুদ্বয়ের বেগ যথাক্রমে, $u_1 = 5ms^{-1}$, $u_2 = 2ms^{-1}$

প্রশ্ন মতে, সংঘর্ষের পর, বস্তুদ্বয়ের বেগ যথাক্রমে, $v_1 = 3ms^{-1}$, $v_2 = 5ms^{-1}$

তাহলে, সংঘর্ষের পূর্বে বস্তুদ্বয়ের মোট গতিশক্তি, $E_T = E_{k_1} + E_{k_2}$

$= \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2\ u_2^2$

$= \frac{1}{2} \times 15\ kg \times (5ms^{-1})^2 + \frac{1}{2} \times 10kg \times (2ms^{-1})^2 = 207.5J$

এবং সংঘর্ষের পর বস্তুদ্বয়ের মোট গতিশক্তি $E_T' = E_{k_1}' + E_{k_2}'$

$= \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} \times 15kg \times (3ms^{-1})^2 + \frac{1}{2} \times 10kg \times (5ms^{-1})^2$

$= 192.5J$

যেহেতু $207.5\ J \neq 192.5J$

অর্থাৎ, সংঘর্ষের পূর্বে বস্তুদ্বয়ের মোট গতিশক্তি = সংঘর্ষের পর বস্তুদ্বয়ের মোট গতিশক্তি

সুতরাং সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক নয়।

প্রশ্ন ▶ ১০ রাকা একটি ছোট লাঠির মাথায় 1m দৈর্ঘ্যের একটি সুতার একপ্রান্ত বেধে অপর প্রান্তে 100 gm ভরের বস্তু সংযুক্ত করে 50 m/s বেগে অনুভমিকভাবে ভূমি হতে 2.5 m উচ্চতায় ঘুরাতে থাকে। হঠাৎ সুতা ছিড়ে গিয়ে সেখান থেকে 40 m দূরে দাড়িয়ে থাকা এক বালকের দিকে ছুটে গেল।

◀ ৩ ও ৪ অধ্যায়ের সমন্বয়ে

ক. কাজ শক্তি উপপাদ্যটি বিবৃত কর। ১

খ. লন রোলারকে ঠেলা অপেক্ষা টানা সহজ কেন? ২

গ. বস্তুটির কেন্দ্রমুখী বল বের কর। ৩

ঘ. সুতা ছিড়ে যাওয়ায় উদ্দীপকের বস্তু দ্বারা বালকটি আঘাতপ্রাপ্ত হবে কিনা যাচাই কর। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুটির গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ W ওজনের একটি লন রোলারকে ঠেলার সময় হাতের সাহায্যে হাতলে F বল প্রয়োগ করা হয়। F বল, Fx ও Fy এ দুটি লম্ব উপাংশে যথাক্রমে অনুভূমিক ও খাড়া নিচের দিকে বিভাজিত হবে। Fx বলটি ভূমির সমান্তরালে সামনের দিকে ক্রিয়া করে রোলারটিকে সামনের দিকে এগিয়ে নেবে। কিন্তু Fy বলটি খাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করায় রোলারটির আপাত ওজন হবে (W + Fy)। এতে ওজন কিছুটা বেড়ে যায় ফলে রোলারটির ওপর ঘর্ষণ বলও বৃদ্ধি পায়। কাজেই এটি চলার পথে বেশি বাধাপ্রাপ্ত হয়। কিন্তু টানার সময় Fy বলটি খাড়া ওপরের দিকে ক্রিয়া করে। ফলে রোলারটির আপাত ওজন হয় (W – Fy)। এতে রোলারটি কিছুটা হাল্কা হয় ফলে ঘর্ষণ বলও কম হয়। ফরে সামনের দিকে ক্রিয়ারত Fx বলটি সহজে রোলারটিকে সামনে এগিয়ে নিতে পারে। সুতরাং বলা চলে লন রোলার ঠেলার চেয়ে টানা সহজ।

গ এখানে,

বস্তুর ভর, $m = 100\ gm = 0.1\ kg$

বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, $r = 1m$

রৈখিক দ্রুতি, $v = 50\ ms^{-1}$

বের করতে হবে, কেন্দ্রমুখী বল, $F = ?$

আমরা জানি, $F = \frac{mv^2}{r}$

$= \frac{0.1\ kg \times (50\ ms^{-1})^2}{1m}$

$= 250\ N$ **(Ans.)**

ঘ বস্তুটির আদি উচ্চতা, $h = 2.5\ m$

সুতা ছিড়ে যাওয়ার পর, বস্তুটি অনুভূমিকভাবে নিক্ষিপ্ত একটি প্রাসের ন্যায় আচরণ করে। এ প্রাসের ক্ষেত্রে,

নিক্ষেপণ বেগ, $v_0 = 50\ ms^{-1}$

নিক্ষেপণ কোণ, $\theta_0 = 0°$

t সময় পরে বস্তুটি ভূমিতে নেমে আসলে,

$h = v_0 \sin\theta_0 t + \frac{1}{2} gt^2$

বা, $2.5 = 50 \sin 0° t + \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$

বা, $t = \sqrt{\frac{2.5}{4.9}} = 0.714\ sec$

উক্ত সময়ে বস্তুটি কর্তৃক অতিক্রান্ত অনুভূমিক দূরত্ব,

$x = v_0\cos\theta_0 \times t$
$= 50\ ms^{-1} \times \cos0° \times 0.714\ sec$
$= 35.7\ m < 40\ m$

সুতরাং সুতরা ছিড়ে যাওয়ায় উদ্দীপকের বস্তু দ্বারা বালকটি আঘাত প্রাপ্ত হবে না।

প্রশ্ন ▶ ১১ পার্বত্য রাঙামাটিতে পাহাড়ের ধার ঘেঁষে একটি রাস্তা চলে গিয়েছে। রাস্তাটির একটি মোড়ে একপ্রান্ত অপর প্রান্ত অপেক্ষা 1m উঁচু এবং রাস্তাটির প্রশস্ততা 10m. রাস্তাটি এমনভাবে মোড় নিয়েছে যেন এর বৃত্তাকার গতিপথের ব্যাসার্ধ 50m.

◀ ২ ও ৪ অধ্যায়ের সমন্বয়ে

ক. তড়িৎ বল কাকে বলে? ১
খ. কেন্দ্রমুখী ও কেন্দ্রবিমুখী বল অসমান হলে কী ঘটে? ২
গ. রাস্তাটি দিয়ে অতিক্রমকালে একটি যান যে ধাক্কা অনুভব করবে তা ভেক্টর আকারে প্রকাশ করো। ৩
ঘ. ঐ রাস্তাটি দিয়ে 2000kg ভরের একটি লরি $20km.hr^{-1}$ বেগে মোড় নিতে পারবে কিনা-গাণিতিক বিশ্লেষণ করো। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি তড়িৎ চার্জ পরস্পরের ওপর যে বল প্রয়োগ করে তাকে তড়িৎ বল বলে।

খ কেন্দ্রবিমুখী বলের প্রভাব নাকচ করার জন্য কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দিতে হয়। এ বল দুটি যেকোনো মুহূর্তে অসমান মানের হলে বস্তুটি বৃত্তপথে আর ঘুরতে পারবে না। কেন্দ্রবিমুখী বল > কেন্দ্রমুখী বল হলে, বস্তুটি কেন্দ্র হতে বাইরের দিকে ছিটকে পড়বে। আর, কেন্দ্রমুখী বল > কেন্দ্রবিমুখী বল হলে, বস্তুটি কেন্দ্রের দিকে ছিটকে পড়বে।

গ ঐ রাস্তাটি দিয়ে অতিক্রমনকালে একটি যান যে ধাক্কা অনুভব করবে তা হলো কেন্দ্রবিমুখী বল, যা রাস্তাকে স্পর্শ করে প্রস্থ বরাবর রাস্তার বৃত্তাকার গতিপথের কেন্দ্র হতে বাহিরের দিকে ক্রিয়া করবে।

কৌণিক উচ্চতা, $\theta = \tan^{-1}\frac{1m}{10m} = 5.7°$

এখানে, $r = 50m$ = বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, m হলো যানের ভর এবং v হলো যানের গতিবেগ

অনুভূমিক দিক বরাবর $\hat{i}$ এবং উল্লম্ব ওপরের দিকে $\hat{j}$ বিবেচনা করলে এবং কেন্দ্রমুখী বলের মান F হলে,

$$\vec{F} = F(\cos\theta\hat{i} + \sin\theta\hat{j})$$
$$= \frac{mv^2}{r}(\cos5.7°\hat{i} + \sin5.7°\hat{j})$$
$$= \frac{mv^2}{50}(0.995\hat{i} + 0.1\hat{j})$$ **(Ans.)**

ঘ ভারী লরিটির ভর, $m = 2000kg$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8ms^{-2}$
রাস্তার আনতি, $\theta = 5.7°$
রাস্তাটি কাত হয়ে থাকায় লরিটি এর ওজনের কারণে সর্বোচ্চ যে মানের কেন্দ্রমুখী বল পাবে, তার মান

$= mg\sin\theta$
$= 2000kg \times 9.8ms^{-2} \times \sin5.7° = 1947N$

$v = 20\ km.hr^{-1} = \frac{20 \times 10^3 km}{3600s} = 5.56m.s^{-1}$ বেগে

$r = 50m$ ব্যাসার্ধের বৃত্তপথের রাস্তায় চললে প্রাপ্ত কেন্দ্রবিমুখী বল,

$$F = \frac{mv^2}{r} = \frac{2000\ kg \times (5.56m.s^{-1})^2}{50m} = 1234N$$

যেহেতু $1234N < 1947N$

সুতরাং ঐ রাস্তাটি দিয়ে 2000kg ভরের একটি লরি $20km.hr^{-1}$ বেগে মোড় নিতে পারবে। এক্ষেত্রে কেন্দ্রবিমুখী বলের দরুণ লরিটি একপাশে উল্টে যাবার সম্ভাবনা থাকবে না।

প্রশ্ন ▶ ১২ 50kg ভরের এক ব্যক্তি 1950kg ভরের একটি গাড়ি স্থিরাবস্থা থেকে প্রথম 10s সমত্বরণে এবং পরের 10min সমবেগে চালিয়ে ব্রেক চেপে 1s এর মধ্যে গাড়িটি থামাল। যাত্রা শুরুর 2 সে. পর গাড়ির বেগ $4ms^{-1}$ ছিল।

◀ ৩ ও ৪ অধ্যায়ের সমন্বয়ে

ক. অবস্থান ভেক্টর কাকে বলে? ১
খ. বক্রপথে রাস্তার এক পার্শ্ব উঁচু করা হয় কেন? ২
গ. উদ্দীপকটি অনুসারে ১ম 10s পর বেগ কত হবে? ৩
ঘ. গাড়িটি 1s-এ থামাতে হলে 40000N বল যথেষ্ট কিনা গাণিতকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূলবিন্দুর সাপেক্ষে যে ভেক্টর দিয়ে কোনো বিন্দুর অবস্থান নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।

খ বক্রপথের রাস্তার এক পার্শ্ব উঁচু করা হয়। কারণ এতে গাড়ির চাকা ও রাস্তার মধ্যবর্তী ঘর্ষণ বল বৃদ্ধি পায়, যা প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেয়। ফলে গাড়ি উল্টে পড়ে যায় না। তাই প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল সরবরাহের জন্য বক্রপথের রাস্তার এক পার্শ্ব উঁচু করা হয়।

গ স্থির অবস্থান থেকে যাত্রা শুরুর পর যে ত্বরণে চলে গাড়িটি 2s এ $4ms^{-1}$ বেগ অর্জন করে সেই ত্বরণে প্রথম 10s চলে।

মনে করি, এই ত্বরণ = a

দেওয়া আছে, আদিবেগ, $v_o = 0\ ms^{-1}$
শেষবেগ, $v_1 = 4ms^{-1}$
সময়, $t_1 = 2s$

আমরা জানি, $v_1 = v_o + at_1$
বা, $4ms^{-1} = 0 + a \times 2s$
বা, $a = \frac{4ms^{-1}}{2s}$
$\therefore a = 2\ ms^{-2}$

অর্থাৎ গাড়িটি প্রথম 10 s সময়ে $2ms^{-2}$ সমত্বরণে চলে।

এখন, $t = 10s$ পর গাড়ির বেগ v হলে,
$v = v_o + at$
$= 0 + 2ms^{-2} \times 10s$
$v = 20ms^{-1}$

অতএব, 10s পর গাড়ির বেগ হবে $20ms^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে, ব্যক্তিসহ গাড়ির ভর, $m = (50 + 1950)$ kg
$= 2000$kg

গাড়ির আদিবেগ, $v_o = 0$

$t_1 = 2$s পর গাড়ির বেগ, $v_1 = 4$ms^{-1}

2s এর গাড়ির ত্বরণ $a_1 = 2$ ms^{-2} ['গ' প্রশ্নোত্তর হতে]

আবার, $t_2 = 10$s পর গাড়িটি একই ত্বরণে চলে v_2 বেগ প্রাপ্ত হলে।

$\therefore v_2 = 20$ms^{-1} ['গ' প্রশ্নোত্তর হতে]

গাড়িটি এরপর 10 min এই 20ms^{-1} সমবেগে চলে। অতঃপর ব্রেক চাপলে গাড়িটি $t_3 = 1$s এ a_2 ত্বরণে $v = 0$ বেগ প্রাপ্ত হয়।

$\therefore v = v_2 + a_2t_3$

বা, $0 = 20$ms$^{-1} + a_2 \times 1$s

$\therefore a_2 = -20$ms^{-2}

অর্থাৎ শেষ 1s এ গাড়ির ত্বরণ, $a_2 = -20$ms^{-2}

এই ত্বরণের দরুণ গাড়ি থামাতে প্রযুক্ত বল F হলে,

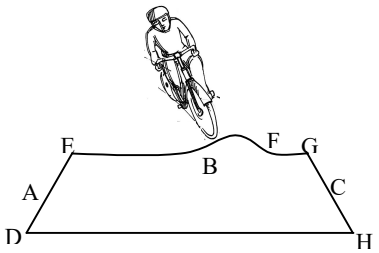
$F = ma_2$

$= 2000$ kg $\times (-20$ms$^{-2})$

$= -40000$ N

ঋণাত্মক চিহ্ন গতির বিপরীতে প্রযুক্ত বল নির্দেশ করে। অর্থাৎ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ দেখা যায় যে, গাড়িটি 1s এ থামাতে হলে 40000 N বল যথেষ্ট।

প্রশ্ন ▶ ১৩



চিত্রটি লক্ষ্য কর। এটি একটি পাহাড়। একজন সাইকেল চালাক ইহার উপর সাইকেল চালাচ্ছে। সাইকেলের চাকার ব্যাসার্ধ ভেক্টর $\vec{r} = 4\hat{i} - 6\hat{j} + 12\hat{k}$ এবং বলের ভেক্টর $\vec{F} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - 5\hat{k}$

[দি. বো. ২০১৫]

ক. বীট কাকে বলে? ১

খ. স্প্রিং স্পন্দনের বল ধ্রুবক এর সাথে দোলনকালের সম্পর্ক স্থাপন কর। ২

গ. সাইকেল চালকের টর্ক কত? ৩

ঘ. DE, EG, GH পথে সাইকেল চালকের অনুভূতি বর্ণনা কর। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমান বা প্রায় সমান বিস্তারের কিন্তু কম্পাঙ্কের সামান্য পার্থক্য বিশিষ্ট দুটি শব্দ তরঙ্গ একই সময় একই সরল রেখায় একই দিকে সঞ্চালিত হলে এদের উপরিপাতনের ফলে শব্দের তীব্রতার যে পর্যায়ক্রমিক হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে তাকে বীট বা স্বরকম্প বলে।

খ আমরা জানি, স্প্রিংয়ের প্রসারণ x এবং প্রত্যায়নী বল F এর মধ্যে সম্পর্ক হচ্ছে,

$$F = -kx$$

এখানে, k হচ্ছে স্প্রিংয়ের বল ধ্রুবক

এ বলের ক্রিয়ায় m ভরের বস্তুর ত্বরণ a হলে, $F = ma$

$\therefore ma = -kx$ বা, $a + \frac{k}{m}x = 0$ বা, $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$

এখানে, $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

$\therefore$ দোলনকাল, $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

এটিই হচ্ছে স্প্রিং জনিত স্পন্দনের ক্ষেত্রে পর্যায়কাল ও স্প্রিংয়ের বল ধ্রুবকের মধ্যে সম্পর্ক।

গ দেওয়া আছে, $\vec{r} = 4\hat{i} - 6\hat{j} + 12\hat{k}$

$\vec{F} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - 5\hat{k}$

বের করতে হবে, টর্ক, $\vec{\tau} = ?$

আমরা জানি, $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = (4\hat{i} - 6\hat{j} + 12\hat{k}) \times (2\hat{i} + 3\hat{j} - 5\hat{k})$

$$= \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 4 & -6 & 12 \\ 2 & 3 & -5 \end{vmatrix}$$

$= \hat{i}(30 - 36) - \hat{j}(-20 - 24) + k(12 + 12)$

$= -6\hat{i} + 44\hat{j} + 24\hat{k}$

টর্কের মান $= \sqrt{(-6)^2 + 44^2 + 24^2} = 50.48$ একক।

সাইকেল চালকের টর্কের মান $= 50.48$ একক। **(Ans.)**

ঘ DE পথে সাইকেল চালাতে গেলে সাইকেল এবং নিজের অভিকর্ষকে অতিক্রম করে ওপরে উঠতে হবে। ফলে এসময় চালক প্রচন্ড কষ্ট অনুভব করবেন, কারণ তাকে বিরাট মানের ক্ষমতা প্রয়োগ করতে হবে। EG পথ প্রায় অনুভূমিক, তবে উঁচু নিচু বলে তা যথেষ্ট মানের ঘর্ষণ প্রদান করবে। ফলে এ রাস্তায় সাইকেল চালাতে গেলে চালকের অনুভূতি পুরোপুরি সুখকর হবে না।

তবে GH পথে নামার সময় চালককে প্যাডেল চাপতে হবে না, অভিকর্ষের দরুণ সাইকেল স্বয়ংক্রিয়ভাবে নিচে নামতে থাকবে। শুধু তাকে সাইকেলের নিয়ন্ত্রণে মনোযোগ দিতে হবে। এসময় সাইকেল চালক বেশ সুখকর অনুভূতি পাবেন।

প্রশ্ন ▶ ১৪ সার্কাস পার্টিতে একজন পারফরমার 5 kg ভরের একটি গোলককে ভূমি হতে 1.5 m উপরে অনুভূমিক তলে 2m লম্বা রশির সাহায্যে বৃত্তাকার পথে ঘোরাচ্ছেন। গোলকটি প্রতি মিনিটে 20 বার আবর্তন করে। ঘূর্ণায়মান অবস্থায় হঠাৎ রশিটি ছিড়ে যায়। নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

◀ *শিখনফল: ৯ [চ. বো. ২০১৫]*

ক. ঘাতবল কাকে বলে? ১

খ. সুষম বৃত্তাকার গতির বৈশিষ্ট্য লিখ। ২

গ. আবর্তনশীল গোলকটি কেন্দ্রের দিকে কত বল অনুভব করবে? ৩

ঘ. পারফরমার হতে দর্শক সারির দূরত্ব কেমন হলে গোলকটি কোনো দর্শককে আঘাত করবে না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক খুব সীমিত সময়ের জন্য কোনো বস্তুর উপর বড় ধরণের বল প্রযুক্ত হলে তাকে ঘাত বল বলে।

খ সুষম বৃত্তাকার গতির বৈশিষ্ট্য হলো :

i. এর দ্রুতি সর্বদা সমান থাকে।
ii. এর কৌণিক বেগ সর্বদা সমান থাকে।
iii. এর কৌণিক ত্বরণ শূন্য হয়
iv. কেন্দ্রের দিকে সর্বদা একটি ত্বরণ থাকে।

গ দেওয়া আছে, রশির দৈর্ঘ্য তথা বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ,
$r = 2$ m

কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2 \times 3.1416 \times 20 \text{ rad}}{60 \text{ sec}}$
$= 2.0944 \text{ rad·s}^{-1}$

গোলকের ভর, $m = 5$ kg

বের করতে হবে, কেন্দ্রের দিকে অনুভূত বল = কেন্দ্রমুখী বল,
$F_c = ?$

আমরা জানি, $F_c = m\omega^2 r = 5 \text{ kg} \times (2.0944 \text{ rad·s}^{-1})^2 \times 2 \text{ m}$
$= 43.865$ N **(Ans.)**

ঘ ঘূর্ণায়মান অবস্থায় রশিটি ছিড়ে গেলে গোলকটি অনুভূমিক ভাবে নিক্ষিপ্ত বস্তুর ন্যায় আচরণ করবে। এর উল্লম্ব বেগ, $v_{y_0} = 0$ এবং অনুভূমিক বেগ $v_{x_0} = \omega r = 2.0944 \text{ rad·s}^{-1} \times 2 \text{ m} = 4.1888 \text{ m·s}^{-1}$

গোলকটি ভূমিতে পড়তে t সময় লাগলে,

$y = y_0 + v_{y_0} t - \frac{1}{2} g t^2$ | এখানে, $y_0 = 1.5$ m, $y = 0$

বা, $0 = 1.5 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$

বা, $4.9 t^2 = 1.5$

বা, $t^2 = 0.3061$

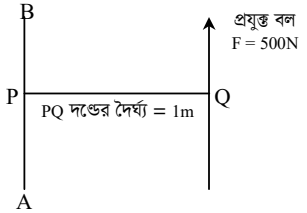
$\therefore t = 0.5533$ s

এ সময় অতিক্রান্ত অনুভূমিক দূরত্ব,

$x = v_{x_0} \times t = 4.1888 \text{ m·s}^{-1} \times 0.5533 \text{ s} = 2.3177$ m

সুতরাং পারফরমার হতে দর্শকের দূরত্ব 2.3177 m অপেক্ষা বেশি হলে গোলকটি দর্শককে আঘাত করবে না।

প্রশ্ন ▶ ১৫



◀ শিখনফল: ১১ ও ১২ [সি. বো. ২০১৫]

ক. প্রাস কাকে বলে? ১

খ. স্বাধীন ভেক্টরের পাদবিন্দু মূলবিন্দুতে নয় কেন — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. AB ঘূর্ণন অক্ষের চারদিকে PQ দণ্ডটির টর্ক নির্ণয় কর। ৩

ঘ. যদি ঘূর্ণন অক্ষ AB, PQ দন্ডটির প্রান্তবিন্দু হতে পরিবর্তন করে মধ্যবিন্দুতে নেওয়া হয়, তবে কোন ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক বেশি হবে — তোমার উত্তরের সপক্ষে গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অভিকর্ষের প্রভাবে শূন্য স্থানে ভূমির সাথে তীর্যকভাবে উপরের দিকে নিক্ষিপ্ত বস্তুকে প্রক্ষিপ্ত বস্তু বা প্রাস বলে।

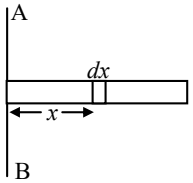
খ যে ভেক্টরের পাদবিন্দু সুনির্দিষ্ট নয়, তাকে স্বাধীন ভেক্টর বলে। যেহেতু স্বাধীন ভেক্টরের পাদবিন্দু সুনির্দিষ্ট নয়, তাই এই পাদবিন্দু মূলবিন্দুতে অবস্থিত হওয়ার প্রয়োজন নেই। এ কারণেই স্বাধীন ভেক্টরের পাদবিন্দু মূলবিন্দুতে নয়।

গ দেওয়া আছে,
প্রযুক্ত বল, $F = 500$ N
লম্ব দূরত্ব, $r = 1$ m
সুতরাং নির্ণেয় টর্ক, $\tau = Fr \sin 90° = 500 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 500 \text{ N·m}$ **(Ans.)**

ঘ মনে করি, সমগ্র দণ্ডের ভর M এবং দৈর্ঘ্য l

তাহলে একক দৈর্ঘ্যের ভর $= \frac{M}{l}$

এবং dx ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র অংশের ভর $= \frac{M}{l} dx$



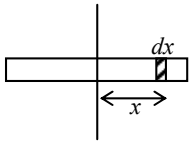
সুতরাং অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডের জড়তার ভ্রামক, $I = \int_0^l \frac{M}{l} x^2 \, dx = \frac{M}{l} \int_0^l x^2 dx$

$= \frac{M}{l}\left[\frac{x^3}{3}\right]_0^l = \frac{M}{l} \times \frac{l^3}{3} = \frac{Ml^2}{3}$

কিন্তু ঘূর্ণন অক্ষ দণ্ডের মধ্যবিন্দুগামী লম্ব হলে জড়তার ভ্রামক,

$I' = \int_{-l/2}^{l/2} \frac{M}{l} x^2 dx = \frac{M}{l}\left[\frac{x^3}{3}\right]_{-l/2}^{l/2}$

$= \frac{M}{3l}\left[\frac{l^3}{8} + \frac{l^3}{8}\right] = \frac{Ml^2}{12}$



যেহেতু $\frac{Ml^2}{3} > \frac{Ml^2}{12}$

অর্থাৎ $I > I'$

সুতরাং ঘূর্ণন অক্ষ দণ্ডের প্রান্তবিন্দুতে অবস্থিত হলে জড়তার ভ্রামক বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৬ একজন সার্কাসের খেলোয়াড় মাথার উপরে অনুভূমিক তলে কোনো বস্তুকে একটি দীর্ঘ সূতায় 90 cm দূরত্বে বেঁধে প্রতি মিনিটে 100 বার ঘুরাচ্ছে। হঠাৎ করে ঘূর্ণায়মান বস্তুটির এক তৃতীয়াংশ খুলে পড়ে গেল। এতে খেলোয়াড় ভীত না হয়ে প্রতি মিনিটে ঘূর্ণন সংখ্যা একই রাখার জন্য প্রয়োজনমত সুতার দৈর্ঘ্য বাড়িয়ে দিল। *◀ শিখনফল: ৭ ও ৯ [ব. বো. ২০১৫]*

ক. কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি বিবৃত কর। ১

খ. একটি সরল দোলকের কৌণিক বিস্তার 3°, এর গতি সরল ছন্দিত হবে কিনা — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বস্তুটির ভর কমে যাবার পূর্বে ইহার কেন্দ্রমুখী ত্বরণ কত ছিল হিসাব কর। ৩

ঘ. সার্কাসের খেলোয়াড় সুতার দৈর্ঘ্যের যে পরিবর্তন এনেছিলেন গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে এর সঠিকতা যাচাই কর। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কাজ শক্তি উপপাদ্য: কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতি শক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ সরল দোলকের কৌণিক বিস্তার অনধিক 4° হলে এর গতি সরল ছন্দিত হয়। কারণ সরল ছন্দিত গতির একটি বৈশিষ্ট্য হলো- এটি সরলরৈখিক গতি। কিন্তু কৌণিক বিস্তার 4° এর বেশি হলে সরল দোলকের গতিপথ আর সরলরৈখিক থাকে না। সুতরাং একটি সরল দোলকের কৌণিক বিস্তার 3° হলে এর গতি সরল ছন্দিত হবে।

গ বস্তুটির ভর কমে যাবার পূর্বে,

সুতার দৈর্ঘ্য তথা বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ,

$r = 90cm = 0.9m$

কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2\pi \times 100}{60}$ rad.s^{-1} $= 10.472$ rad.s^{-1}

বের করতে হবে, কেন্দ্রমুখী ত্বরণ, $a_c = ?$

আমরা জানি, $a_c = \omega^2 r$

$= (10.472 \text{ rad.s}^{-1})^2 \times 0.9m$

$= 98.7 \text{ ms}^{-2}$ **(Ans.)**

ঘ খেলোয়াড়ের হাত দ্বারা প্রযুক্ত টান তথা কেন্দ্রমুখী বল অপরিবর্তিত মানের।

মনে করি, বস্তুর আদি ভর $= m$

তাহলে আদি অবস্থায়,

কেন্দ্রমুখী বল তথা সুতার টান, $F_c = ma_c = m \times 98.7$

$= 98.7m$ N

ভর এক-তৃতীয়াংশ কমে গেলে অবশিষ্ট ভর, $m' = m - \frac{m}{3} = \frac{2m}{3}$

এক্ষেত্রে সুতার নতুন দৈর্ঘ্য r' হলে, $m'\omega^2 r' = m\omega^2 r$

বা, $m'r' = mr$

বা, $r' = \frac{mr}{m'} = \frac{mr}{2m/3} = \frac{3}{2}r$

সুতরাং সুতার দৈর্ঘ্যে পরিবর্তন (বৃদ্ধি) $= \frac{r' - r}{r} = \frac{\frac{3}{2}r - r}{r}$

$= \frac{1}{2} = 50\%$

প্রশ্ন ▶ ১৭ 3ms^{-1} বেগে 2kg ভরের একটি বলের সঙ্গে 0.5kg ভরের আরেকটি স্থির বলের সোজাসুজি সংঘর্ষ ঘটল।

◀ *শিখনফল: ১৬*

ক. কৌণিক ভরবেগ কী? ১

খ. ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া সমান ও বিপরীতমুখী তবুও বস্তু সাম্য প্রতিষ্ঠা করে না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে সংঘর্ষের পর একে অন্যের সাথে আটকে গেলে মিলিত বেগ কত? ৩

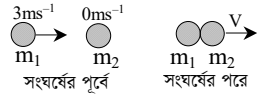
ঘ. উদ্দীপকের সংঘর্ষটি পূর্ণ স্থিতিস্থাপক হলে সংঘর্ষের পর বল দুটির বেগ কত হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ঘূর্ণায়মান বস্তুর ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণন জড়তা ও কৌণিক বেগের গুণফলকে ঐ অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক ভরবেগ বলে।

খ ক্রিয়া বল হচ্ছে কোন বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন করার জন্য তার উপর যে বল প্রয়োগ করা হয়। আর বস্তুটি সমমানের যে বিপরীত বল প্রয়োগ করে তা হল প্রতিক্রিয়া বল। ক্রিয়া এবং প্রতিক্রিয়া বল সমান হলেও বল প্রয়োগে একটির ত্বরণ হয়। তাই বল প্রয়োগে বস্তু গতিশীল হয়। তাই ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া সমান ও বিপরীতমুখী হলেও বস্তু সাম্য প্রতিষ্ঠা করে না।

গ



ধরি, একটি বলের ভর $= m_1$

অপর বলের ভর $= m_2$

$\therefore m_1 = 2kg$ এবং $m_2 = 0.5$

m_1 ভরের বেগ, $v_1 = 3\text{ms}^{-1}$

0.5 kg ভরের বল স্থির এবং বেগ v_2 হলে, $v_2 = 0 \text{ ms}^{-1}$

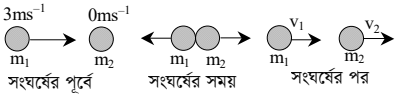
ভরবেগের সংরক্ষণশীলতার সূত্রানুসারে,

আমরা জানি, $m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v$

বা, $2 \times 3 + 0.5 \times 0 = (2 + 0.5)v$

$\therefore v = \frac{6}{2.5} = 2.4 \text{ ms}^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ



দেওয়া আছে, m_1 বস্তুর ভর $= 2kg$

m_2 বস্তুর ভর $= 0.5kg$

m_1 ভরের বস্তুর আদিবেগ, $u_1 = 3 \text{ ms}^{-1}$

m_2 ভরের বস্তুর আদিবেগ, $u_2 = 0 \text{ ms}^{-1}$

ধাক্কার পর, m_1 ভরের বস্তুর বেগ $= v_1$

m_2 ভরের বস্তুর বেগ $= v_2$

ভরবেগের সংরক্ষণশীলতার নীতি অনুসারে,

$m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$

বা, $3 \times 2 + 0.5 \times 0 = 2v_1 + 0.5v_2$

বা, $2v_1 + 0.5v_2 = 6$

$\therefore 4v_1 + v_2 = 12$ ... (i)

আবার, সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক হওয়ায়,

ধাক্কার পূর্বে মোট গতিশক্তি = ধাক্কার পরের মোট গতিশক্তি

অর্থাৎ, $\frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$

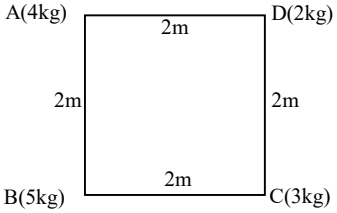
বা, $\frac{1}{2} \times 2 \times 3^2 + \frac{1}{2} \times 0.5 \times 0^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times v_1^2 + \frac{1}{2} \times 0.5 \times v_2^2$

বা, $9 = v_1^2 + 0.25v_2^2$

বা, $v_1^2 + 0.25v_2^2 = 9$
বা, $v_1^2 + 0.25(12 - 4v_1)^2 = 9$
বা, $v_1^2 + 36 - 24v_1 + 4v_1^2 = 9$
বা, $5v_1^2 - 24v_1 + 27 = 0$
বা, $(v_1 - 3)(v_1 - 1.8) = 0$
$\therefore$ $v_1 = 3ms^{-1}$ অথবা $v_1 = 1.8ms^{-1}$
$v_1 = 3ms^{-1}$ এর জন্য, $v_2 = 12 - 4v_1 = 12 - 4 \times 3 = 0$
আবার, $v_1 = 1.8ms^{-1}$ এর জন্য, $v_2 = 12 - 4 \times 1.8 = 4.8ms^{-1}$, যেহেতু সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক, সুতরাং সংঘর্ষের পর উভয় বস্তুরই বেগ থাকবে।

অতএব গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে বলা যায় যে, সংঘর্ষের পর প্রথম বস্তুর বেগ $1.8ms^{-1}$ এবং দ্বিতীয় বস্তুর বেগ $4.8ms^{-1}$ এবং দুটি বস্তুই একই দিকে যাবে।

প্রশ্ন ▶ ১৮ চিত্রটি পর্যবেক্ষণ করো এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



ABCD একটি বর্গ। প্রত্যেকটি বাহুর দৈর্ঘ্য 2m। A, B, C ও D বিন্দুতে যথাক্রমে 4kg, 5kg, 3kg এবং 2kg ভর স্থাপন করা হলো।

◀ *শিখনফল: ১২*

ক. পয়সনের অনুপাত কাকে বলে? ১
খ. 'পর্যায়কাল কম হলে বৈদ্যুতিক পাখা দ্রুত ঘুরে।'— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বর্গের কেন্দ্র ও তলের ওপর লম্বগামী অক্ষের সাপেক্ষে ব্যবস্থাটির জড়তার ভ্রামক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. যদি ব্যবস্থাটি AD বাহুর এবং BD কর্ণের সাপেক্ষে ঘুরে তাহলে কোন ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক বেশি হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

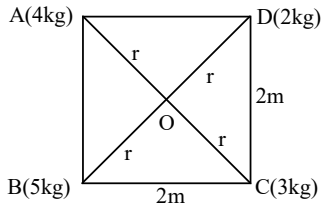
১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাতকে পয়সনের অনুপাত বলে।

খ পর্যায়কাল এবং কম্পাঙ্কের সংজ্ঞা হতে আমরা জানি, কম্পাঙ্ক $= \frac{1}{\text{পর্যায়কাল}}$। এখান থেকে দেখা যায় পর্যায়কালের মান কম হলে কম্পাঙ্ক তথা বৈদ্যুতিক পাখার ক্ষেত্রে ঘূর্ণনসংখ্যা বৃদ্ধি পায়।

গ বর্গক্ষেত্রের কর্ণদ্বয়ের ছেদ বিন্দুই হবে বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্র। ABCD বর্গক্ষেত্রের AC ও BD কর্ণদ্বয় পরস্পর O বিন্দুতে ছেদ করেছে। তাহলে O হবে ABCD বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্র। বর্গক্ষেত্রের কর্ণদ্বয় পরস্পরকে সমকোণে সমদ্বিখণ্ডিত করে বলে,

$OA = OB = OC = OD = r$ ধরি।



BCD সমকোণী ত্রিভুজ হতে পাই,

$BD^2 = BC^2 + CD^2$
বা, $(r + r)^2 = 2^2 + 2^2$
বা, $(2r)^2 = 4 + 4$
বা, $4r^2 = 8$
বা, $r^2 = 2$
$\therefore$ $r = \sqrt{2}$

$\therefore$ বর্গের কেন্দ্র ও তলের উপর লম্বগামী অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক,

$$I_o = m_1r^2 + m_2r^2 + m_3r^2 + m_4r^2$$
$$= (m_1 + m_2 + m_3 + m_4)r^2$$
$$= (4 + 5 + 3 + 2) \times (\sqrt{2})^2$$
$$= 28 \text{ kgm}^2 \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

A বিন্দুতে স্থাপিত ভর, $M_A = 4kg$
B বিন্দুতে স্থাপিত ভর, $M_B = 5kg$
C বিন্দুতে স্থাপিত ভর, $M_C = 3kg$
D বিন্দুতে স্থাপিত ভর, $M_D = 2kg$
$AB = DC = 2m$

'গ' অংশ হতে পাই, $OA = OC = \sqrt{2}$

AD বাহুর সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক,

$$I_{AD} = M_B \times AB^2 + M_C \times DC^2$$
$$= 5 \times 2^2 + 3 \times 2^2$$
$$= 20 + 12$$
$$= 32 \text{ kgm}^2$$

আবার,

$$I_{BD} = M_C \times OC^2 + M_A \times OA^2$$
$$= 3 \times (\sqrt{2})^2 + 4 \times (\sqrt{2})^2$$
$$= 3 \times 4 + 4 \times 4$$
$$= 12 + 16$$
$$= 28 \text{ kgm}^2$$

লক্ষ করি, $I_{AD} > I_{BD}$

অতএব, AD বাহুর সাপেক্ষে ঘুরলে জড়তার ভ্রামক BD কর্ণের সাপেক্ষে ঘূর্ণনের জড়তার ভ্রামকের চেয়ে বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৯ একটি ফ্লাই হুইলের জড়তার ভ্রামক $100 kgm^{-2}$। ফ্লাই হুইলটি প্রতি মিনিটে 50000 বার ঘুরছিল। সুষম ব্রেক প্রয়োগ করে একে 30 সেকেন্ডে থামানো হলো। ◀ *শিখনফল: ১৩ ও ১৪*

ক. ঘাত বল কাকে বলে? ১

খ. কোন বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ 15cm বলতে কী বুঝায়? ২

গ. ফ্লাই হুইলটির উপর প্রযুক্ত টর্কের মান কত? ৩

ঘ. থেমে যাওয়ার পূর্বে ফ্লাই হুইলটির পক্ষে 25000 বার ঘুরা সম্ভব কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই কর। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক খুব অল্প সময়ের জন্য খুব বড় মানের যে বল কোন বস্তুর উপর প্রযুক্ত হয় তাকে ঘাত বল বলে।

খ কোন বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ 15 cm বলতে বুঝায়, ঐ অক্ষ থেকে 15 cm দূরে একটি বিন্দুতে বস্তুটির সমগ্র ভর পুঞ্জীভূত আছে ধরে জড়তার ভ্রামক হিসাব করলেই সমগ্র বস্তুটির জড়তার ভ্রামক পাওয়া যাবে এবং বস্তুটির কৌণিক গতিশক্তি বা কৌণিক গতির কোন পরিবর্তন হবে না।

গ দেওয়া আছে,
জড়তার ভ্রামক, $I = 100\ kgm^2$
ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 50000$
ঘূর্ণন সময়, $t = 1min = 60\ s$
শেষ কৌণিক বেগ, $\omega_f = 0$
বের করতে হবে, টর্ক $\tau = ?$
এখানে, আদি কৌণিক বেগ, $\omega_0 = \frac{2\pi N}{t}$
$= \frac{2\pi \times 50000}{60} = 5236\ rad\ s^{-1}$
কৌণিক ত্বরণ α হলে আমরা জানি, $\omega_f = \omega_0 - \alpha t$ [$\because$ মন্দন]
বা, $0 = \omega_0 - \alpha t$
বা, $\alpha = \frac{\omega_0}{t}$
বা, $\alpha = \frac{5236\ rad\ s^{-1}}{30\ s}$
$\therefore \alpha = 174{\cdot}5333\ rad\ s^{-2}$
$\therefore$ টর্ক, $\tau = I\alpha$
$= 100\ kgm^2 \times 174{\cdot}5333\ rad\ s^{-2}$
$= 17453{\cdot}33\ Nm$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে,
জড়তার ভ্রামক, $I = 100\ kgm^2$
শেষ কৌণিক বেগ, $\omega_f = 0$
'গ' অংশ হতে পাই,
আদি কৌণিক বেগ, $\omega_0 = 5236\ rad\ s^{-1}$
কৌণিক ত্বরণ, $\alpha = 174{\cdot}533\ rad\ s^{-2}$
আমরা জানি,
$\omega_f^2 = \omega_0^2 - 2\alpha\theta$
বা, $0 = \omega_0^2 - 2\alpha\theta$
বা, $\theta = \frac{\omega_0^2}{2\alpha}$
বা, $\theta = \frac{(5236)^2}{2(174{\cdot}533)}$
বা, $\theta = 78540\ rad$
$\therefore$ ঘূর্ণন সংখ্যা $= \frac{\theta}{2\pi} = \frac{78540}{2\pi}$
$= 12500$

সুতরাং থেমে যাওয়ার পূর্বে ফ্লাই হুইলটি 12500 বার ঘুরবে। অর্থাৎ থেমে যাওয়ার পূর্বে ফ্লাইহুইলটির পক্ষে 25000 বার ঘোরা সম্ভব না।

প্রশ্ন ▶ ২০ সৈয়দপুর-রংপুর জাতীয় মহাসড়ক N-5 এর এক স্থানে একটি বাঁকের ব্যাসার্ধ 50m এবং রাস্তার প্রস্থ 10m, নিরাপদে চলাচলের জন্য রাস্তার বাহিরের কিনারা ভেতরের দিক অপেক্ষা 0.5m উঁচু করে তৈরি করা হয়েছে। ◀ *শিখনফল: ১০*

ক. টর্ক কী? ১

খ. চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলতে কী বোঝ? ২

গ. উদ্দীপকের স্থানে সর্বোচ্চ কত বেগে বাঁক নেওয়া যাবে? ৩

ঘ. ঐ রাস্তার ব্যাংকিং কোণ দ্বিগুণ করা হলে দ্বিগুণ বেগে গাড়ি চালানো সম্ভব হবে কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

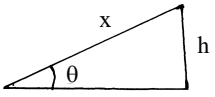
২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোন অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে তাকে টর্ক বলে।

খ যদি কোনো দৃঢ় বস্তুর একটি নির্দিষ্ট বিন্দু যেখানে বস্তুটির সমস্ত ভর কেন্দ্রীভূত আছে ধরা হয় এবং ঘূর্ণন অক্ষ সাপেক্ষে ঐ বিন্দুতে জড়তার ভ্রামক সমগ্র বস্তুটির জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তবে অক্ষ হতে ঐ বিন্দুর দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।
বস্তুর সমস্ত ভর M, জড়তার ভ্রামক I ও চক্রগতির ব্যাসার্ধ K হলে,

$$K = \sqrt{\frac{I}{M}}$$

গ দেওয়া আছে,
বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 50m$
রাস্তার প্রস্থ, $x = 10m$
রাস্তার দুই পার্শ্বের উচ্চতার পার্থক্য, $h = 0.5m$
জানা আছে, অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8ms^{-2}$
বের করতে হবে, সর্বোচ্চ বেগ, $v = ?$



আমরা জানি, $\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$
বা, $\frac{h}{x} = \frac{v^2}{rg}$
বা, $v = \sqrt{\frac{hrg}{x}}$

বা, $v = \sqrt{\frac{0.5 \times 50 \times 9.8}{10}}$

বা, $v = 4.94 ms^{-1}$ **(Ans.)**

ঘ উদ্দীপক হতে,
রাস্তার প্রস্থ, $x = 10m$
উচ্চতার পার্থক্য, $h = 0.5m$
রাস্তার ব্যাংকিং কোণ θ হলে,

$$\sin\theta = \frac{h}{x}$$

বা, $\theta = \sin^{-1}\left(\frac{0.5}{10}\right)$

$\therefore \theta = 2.86°$

ব্যাংকিং কোণ দ্বিগুণ হলে, $\theta' = 2 \times 2.86°$

বা, $\theta' = 5.72°$

সেক্ষেত্রে, বেগ v' হলে,

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

বা, $v' = \sqrt{rg\tan\theta'}$

বা, $v' = \sqrt{50 \times 9.8 \times \tan(5.72°)}$

$\therefore v' = 7 ms^{-1}$

ব্যাংকিং কোণের মান দ্বিগুণ করায় বেগ $7 ms^{-1}$ হবে। এক্ষেত্রে আগের বেগ দ্বিগুণ করলে, $v = 2 \times 4.94 = 9.88\ ms^{-1}$ হবে যা v' থেকে বেশি। তাই দূর্ঘটনা ঘটবে।

সুতরাং রাস্তার ব্যাংকিং কোণ দ্বিগুণ করা হলে দ্বিগুণ বেগে গাড়ি চালানো সম্ভব হবে না।

প্রশ্ন ▶ ২১ 10gm ভরের একটি বস্তু $12\ ms^{-1}$ বেগে সরলপথে চলছে। বস্তুটির চলার পথে 8 gm ভরের একটি স্থির বস্তুর সাথে একমাত্রিক স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ ঘটল। ◀ *শিখনফল: ১৯*

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে? ১
খ. রাস্তার বাঁকে সাইকেল আরোহীকে হেলে থাকতে হয় কেন? ২
গ. সংঘর্ষের পর বস্তু দুটির বেগ কত হবে? ৩
ঘ. (i) ২য় বস্তুর ভর 10 gm হলে (ii) ২য় বস্তুর ভর ১ম ভরের তুলনায় অনেক বেশি হলে, উভয় ক্ষেত্রে সংঘর্ষের পর বস্তু দুটির বেগ কীরূপ হবে — আলোচনা কর। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান একটি বস্তুর সমগ্র ভরকে যদি এমন একটি বিন্দুতে পুঞ্জীভূত কল্পনা করা যায় যেন ঐ অক্ষের সাপেক্ষে বস্তুটির ঘূর্ণন জড়তার কোনো পরিবর্তন না হয় তখন ঐ অক্ষ হতে উক্ত বিন্দুর দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

খ বক্রপথে সাইকেল চালানোর সময় আরোহীকে সাইকেলসহ বাঁকের কেন্দ্রের দিকে হেলে যেতে দেখা যায়। বৃত্তাকার পথে চলার জন্য প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল সৃষ্টির জন্য এরূপ হেলে যেতে হয়। কাত হয়ে চলার সময় সাইকেলের উপর ভূমির প্রতিক্রিয়া বলের অনুভূমিক উপাংশ কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেয়।

গ একমাত্রিক স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের ক্ষেত্রে আমরা জানি, সংঘর্ষের পর প্রথম বস্তুর বেগ-

$$v_{1f} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)v_{1i} + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2}\right)v_{2i}$$
$$= \left(\frac{0.01 - 0.008}{0.01 + 0.008}\right) \times 12 + \left(\frac{2 \times 0.008}{0.01 + 0.008}\right) \times 0$$
$$= 1.333\ m \cdot s^{-1}$$

সংঘর্ষের পর দ্বিতীয় বস্তুর বেগ—

$$v_{2f} = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right)v_{1i} + \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right)v_{2i}$$
$$= \left(\frac{2 \times 0.01}{0.01 + 0.008}\right) \times 12 + \left(\frac{0.01 - 0.008}{0.01 + 0.008}\right) \times 0$$
$$= 13.333\ m \cdot s^{-1}$$

ঘ $m_2 = 10\ gm = m_1$ হলে সংঘর্ষের পর প্রথম বস্তুর বেগ—

$$v_{1f} = \left(\frac{m_1 - m_1}{m_1 + m_1}\right) \times 12 + \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_1}\right) \times 0$$
$$= 0\ m \cdot s^{-1}$$

সংঘর্ষের পর দ্বিতীয় বস্তুর বেগ—

$$v_{2f} = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_1}\right) \times 12 + \left(\frac{m_1 - m_1}{m_1 + m_1}\right) \times 0$$
$$= 12\ m \cdot s^{-1}$$

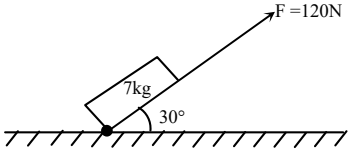
আবার, $m_2 >> m_1$ হলে m_1 কে নগন্য ধরে সংঘর্ষের পর প্রথম বস্তুর বেগ—

$$v_{1f} = \left(\frac{-m_2}{m_2}\right) \times 12 + \left(\frac{2m_2}{m_2}\right) \times 0$$
$$\approx -12\ m \cdot s^{-1}$$

সংঘর্ষের পর দ্বিতীয় বস্তুর বেগ—

$$v_{2f} = \left(\frac{2m_1}{m_2}\right) \times 12 + \left(\frac{m_2}{m_2}\right) \times 0$$
$$\approx 0\ m \cdot s^{-1}$$

প্রশ্ন ▶ ২২



উদ্দীপকে একটি 7 kg ভরের রোলারযুক্ত লাগেজ 120 N বলে ভূমির সাথে 30° কোণে টেনে নেয়া হচ্ছে। ◀ *শিখনফল: ৪*

ক. অবস্থান ভেক্টর কাকে বলে? ১
খ. কাজ একটি স্কেলার রাশি – ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপকে বর্ণিত লাগেজের আপাত ওজন কত? ৩
ঘ. যদি রাস্তার ঘর্ষণ গুণাংক 0.6 এবং লাগেজ টানার স্থান থেকে বাসার দূরত্ব 640 m হয় তবে যাত্রা শুরুর 10 s এর মধ্যে লাগেজ নিয়ে বাসায় পৌঁছানো সম্ভব কি না যাচাই কর। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।

খ কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বল এবং বলের দিকে সরণের উপাংশের বীজগাণিতিক গুণফলকে কাজ বলে। কাজ প্রকাশ করার জন্য কেবল মান প্রয়োজন হয়, দিক দরকার হয় না। অন্যকথায়, কাজের কেবল মান রয়েছে, দিক নেই। তাছাড়া কাজ হলো বল এবং সরণ এ ভেক্টর রাশিদ্বয়ের স্কেলার গুণফল। এ সকল কারণেই কাজ একটি স্কেলার রাশি।

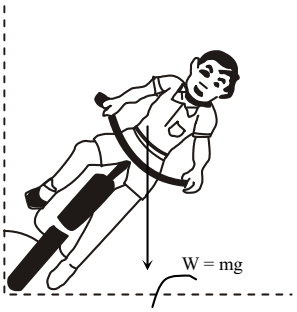
গ দেওয়া আছে, প্রযুক্ত বলের মান, $F = 120$ N
লাগেজের ভর, $m = 7$ kg
অনুভূমিকের সাথে প্রযুক্ত বলের কোণ, $\theta = 30°$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8\ ms^{-2}$
বের করতে হবে, লাগেজের আপাত ওজন, $W' = ?$
লাগেজের প্রকৃত ওজন, $W = mg = 7kg \times 9.8 = 68.6$ N
উল্লম্ব দিকে প্রযুক্ত বলের উপাংশ $= F \sin\theta$
$= 120\ N \times \sin 30°$
$= 60$ N
$\therefore$ আপাত ওজন, $W' = W - F \sin\theta$
$= 68.6\ N - 60\ N = 8.6$ N **(Ans)**

ঘ উলম্ব প্রতিক্রিয়া বল, $F = W' = 8.6$ N
গতীয় ঘর্ষণ বল, $F_K = \mu_K W' = 0.6 \times 8.6 = 5.16$N
আবার, প্রযুক্ত বলের অনুভূমিক উপাংশ $= F\cos\theta$
$= 120\ N \times \cos 30°$
$= 103.9$ N
$\therefore$ অনুভূমিক দিকে লব্ধি বল, $F\cos\theta - F_K = 103.9\ N - 5.16\ N = 98.74$ N
বস্তুটির ত্বরণ, $a = \frac{98.74\ N}{m} = \frac{98.74\ N}{7\ kg} = 14.1\ ms^{-2}$
বস্তুটির আদিবেগ, $u = 0\ ms^{-1}$
এক্ষেত্রে t পরিমাণ সময় লাগলে, $s = ut + \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}at^2$ [$\because u = 0$]
বা, $t^2 = \frac{2s}{a}$
$\therefore t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 640\ m}{14.1\ ms^{-2}}}$
$= 9.528\ sec < 10\ sec$
সুতরাং যাত্রা শুরুর 10 sec এর মধ্যে লাগেজ নিয়ে বাসায় পৌঁছানো সম্ভব হবে না।

প্রশ্নব্যাংক

➤ উত্তর সংকেতসহ প্রশ্ন

প্রশ্ন ▶ ২৩



চিত্রানুযায়ী 50 kg ভরের একজন সাইকেল আরোহী 60 kg ভরের একটি সাইকেল নিয়ে 50m ব্যাসার্ধের একটি বৃত্তাকার পথ অতিক্রম করছেন। তার রৈখিক বেগ ছিল 15 kmh^{-1}।

◀ *শিখনফল: ১০*

ক. জড়তা ভর কাকে বলে? ১
খ. কেন্দ্রমুখী বল বলতে কী বোঝায়? ২
গ. আরোহীসহ সাইকেলটির কেন্দ্রমুখী বল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণ করে দেখাও যে, আরোহীর বেগ যত বেশি হবে বা বাঁকের ব্যাসার্ধ যত কম হবে আরোহীকে তত বেশি হেলে থাকতে হবে? ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক চলন গতির ক্ষেত্রে ভরকে জড়তার পরিমাপ মনে করা হয় এ ক্ষেত্রে ভরকে জড়তা ভর বলা হয়।

খ যখন কোনো বস্তু বৃত্তাকার পথে ঘুরতে থাকে তখন যে বল সর্বদা বস্তুর উপরে ঐ বৃত্তের কেন্দ্র অভিমুখে ক্রিয়া করে বস্তুটিকে বৃত্তপথে গতিশীল রাখে তাকে কেন্দ্রমুখী বল বলে। এই বলকে কেন্দ্রাতিক বা অভিকেন্দ্রিক বলও বলা হয়।
একটি ঢিল সুতার এক প্রান্তে বেঁধে হাত দিয়ে সুতার অপর প্রান্ত ধরে ঢিলটিকে সমদ্রুতিতে ঘুরাতে যেয়ে প্রতি মুহূর্তে হাত দ্বারা সুতা বরাবর ঢিলের ওপর অবশ্যই বল প্রয়োগ করতে হবে; কেননা বল বস্তুর উপর গতিপথের সমকোণে ক্রিয়া করলেই বস্তুর শুধু গতির দিক পরিবর্তিত হবে। এখানে সুতা যে বলের সাহায্যে ঢিলটিকে কেন্দ্র অভিমুখে টেনে রাখে, তাকে কেন্দ্রমুখী বল বলে অর্থাৎ ঢিলের উপর সুতার যে টান বা বল তাই কেন্দ্রমুখী বল।

সুপার টিপস্ : প্রয়োগ ও উচ্চতর দক্ষতার প্রশ্নের উত্তরের জন্যে অনুরূপ যে প্রশ্নের উত্তরটি জানা থাকতে হবে—

গ 60 kg ভরের একজন লোক 100 kg ভরের একটি মোটর সাইকেল চালিয়ে 50 m ব্যাসার্ধের একটি বৃত্তাকার পথ অতিক্রম করছেন। তার রৈখিক বেগ 20 kmh^{-1} হলে কেন্দ্রমুখী বল কত?

ঘ দেখাও যে, লোকটির বেগ যত বেশি বা বাঁকের ব্যসার্ধ যত কম হবে লোকটিকে তত বেশি হেলতে হবে।

প্রশ্ন ▶২৪ 1kg ভরের একটি পাথরকে একটি সুতার সাহায্যে বেঁধে উল্লম্ব তলে 0.5m ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট বৃত্তাকার পথে 5m/sec বেগে ঘোরানো হচ্ছে। ◀ *শিখনফল: ৯*

ক. টর্ক কাকে বলে? ১

খ. "একজন নৃত্যশিল্পী ঘূর্ণনের সময় দুই হাত গুটিয়ে রাখে" -কারণ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. পাথরটির কেন্দ্রমুখী বল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. বৃত্তের শীর্ষ বিন্দুতে পাথরটির উপর সুতার টান বৃত্তের সর্বনিম্ন বিন্দুতে সুতার টান অপেক্ষা কম হবে। গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে সত্যতা যাচাই করো। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ব্যাসার্ধ ভেক্টর এবং প্রযুক্ত বলের ভেক্টর গুণফলকে টর্ক বলে।

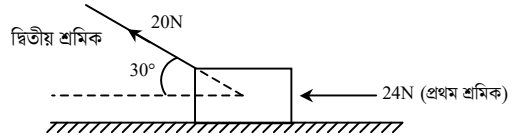
খ একজন নৃত্য শিল্পী নাচার সময় হঠাৎ করে তার ঘূর্ণন বেগ বৃদ্ধির প্রয়োজন হতে পারে। তখন সে দুই হাত গুটিয়ে নেয়। এতে ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে দেহের জড়তার ভ্রামক কমে যাওয়ায় কৌণিক ভর বেগের সংরক্ষণ সূত্র ($I_1\omega_1 = I_2\omega_2$) অনুসারে তার দেহের কৌণিক বেগ বৃদ্ধি পাবে।

সুপার টিপস্ : প্রয়োগ ও উচ্চতর দক্ষতার প্রশ্নের উত্তরের জন্যে অনুরূপ যে প্রশ্নের উত্তরটি জানা থাকতে হবে—

গ 500 g ভরের একটি বস্তুকে সুতার সাহায্যে বেধে উল্লম্ব তলে 0.5 m ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট বৃত্তাকার পথে 3 ms^{-1} বেগে ঘোরানো হচ্ছে। বস্তুটির কেন্দ্রমুখী বল নির্ণয় করো।

ঘ গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ করো যে বৃত্তের শীর্ষ বিন্দুতে বস্তুটির উপর সুতার টান সর্বনিম্ন বিন্দুতে সুতার টান অপেক্ষা কম।

প্রশ্ন ▶২৫ একটি গুদামের সেলফের এক প্রান্তে একটি ভারী বাক্স রাখা আছে। বাক্সটিকে সেলফের সঠিক স্থানে রাখতে একজন শ্রমিক অনুভূমিক বরাবর 24N বল প্রয়োগে বাক্সের এক প্রান্তে ধাক্কা দিলেন। এতে বাক্সটিতে মাত্র 0.5m/s^2 ত্বরণ সঞ্চারিত হলো। তাকে সাহায্য করার জন্য অপর এক শ্রমিক এসে বাক্সের অন্য প্রান্তে একটি দড়ি মজবুতভাবে বেঁধে অনুভূমিকের সাথে 30° কোণে 20N বল প্রয়োগে টান দিলেন। দুইজনে মিলে বাক্সটিকে সঠিক স্থানে স্থাপন করলেন।



◀ *শিখনফল: ৪*

ক. ভরবেগ কী ধরনের রাশি? ১

খ. কোন কোন শর্তে তিনটি সমান্তরাল বল সাম্যাবস্থা প্রতিষ্ঠা করবে? ২

গ. দু'জন শ্রমিক একত্রে বল প্রয়োগ করলে 2 সেকেন্ডে বাক্সটি কতদূর সরানো যাবে? ৩

ঘ. বাক্সটিকে 25° কোণে হেলানো একটি মসৃণ সেলফের উপর স্থির রাখতে কী পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হবে চিত্রসহ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ভরবেগ একটি ভেক্টর রাশি।

খ নিম্নলিখিত তিনটি শর্তে সমান্তরাল বল সাম্যাবস্থা প্রতিষ্ঠা করবে—

i. বল তিনটি একই সমতলে ক্রিয়া করবে।

ii. বল তিনটি পরস্পর সমান্তরাল হতে পারে।

iii. যে কোনো একটি বল অপর দুটি বলের লব্ধির সমান ও বিপরীতমুখী হতে হবে।

সুপার টিপস্ : প্রয়োগ ও উচ্চতর দক্ষতার প্রশ্নের উত্তরের জন্যে অনুরূপ যে প্রশ্নের উত্তরটি জানা থাকতে হবে—

গ 1 kg ভরের কোন ব্লককে ঘর্ষণহীন তলে 10 N বলে 30° কোণে ঠেললে বলের কার্যকরী মান হয় শুধুমাত্র বলের অনুভূমিক উপাংশ। সেক্ষেত্রে ত্বরণ কত হবে?

ঘ θ কোণে হেলানো মসৃণ তলে রাখা m ভরের কোন ব্লক তলের সমান্তরাল বরাবর ওজনের উপাংশের দরুণ নীচে পড়তে থাকবে? ব্লকটিকে স্থির রাখতে হলে তলের সমান্তরালে সমান পরিমাণ বল উপরদিকে প্রয়োগ করতে হবে। ব্যবস্থাটির সচিত্র বর্ণনা দাও।

প্রশ্ন ▶২৬ জনাব আজমল তাঁর মোটর সাইকেলটি স্থির অবস্থান হতে 1.2ms^{-2} ত্বরণসহকারে চালাচ্ছেন। উক্ত মোটর সাইকেলের প্রতিটি চাকার ভর 5kg এবং ব্যাসার্ধ 30cm। ◀ *শিখনফল: ১৮*

ক. কৌণিক ত্বরণ কাকে বলে? ১

খ. টর্কের মাত্রা সমীকরণ নির্ণয় করো। ২

গ. যাত্রাকালে প্রথম 10 সেকেন্ডে চাকাটির কৌণিক সরণ কত হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত চাকা দুটির চক্রগতির ব্যাসার্ধ 25cm হলে, উক্ত ত্বরণ সৃষ্টিতে প্রয়োগকৃত টর্কের 1.5N এর বেশি ছিল কী—গাণিতিক বিশ্লেষণ সহকারে মতামত দাও। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সময়ের সাথে কৌণিক বেগের বৃদ্ধির হারকে কৌণিক ত্বরণ বলে।

খ টর্কের মাত্রা = [বলের মাত্রা] × [অবস্থান ভেক্টরের মাত্রা]

= [ভরের মাত্রা] × [ত্বরণের মাত্রা] × [L] (যেহেতু, F = ma)

= [M] × [LT^{-2}] × [L]

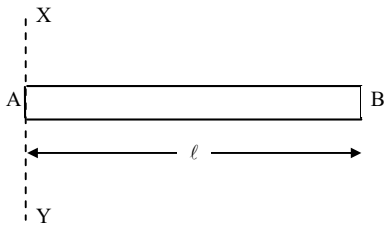
= [$ML^2 T^{-2}$]

সুপার টিপস্ : প্রয়োগ ও উচ্চতর দক্ষতার প্রশ্নের উত্তরের জন্যে অনুরূপ যে প্রশ্নের উত্তরটি জানা থাকতে হবে—

গ একজন সাইকেল আরোহী স্থির অবস্থান হতে 1.2ms^{-2} সমত্বরণে সাইকেল চালাচ্ছেন। সাইকেলটির চাকার ভর 3kg এবং ব্যাসার্ধ 24 cm হলে যাত্রার ১ম 10 সেকেন্ডে চাকার কৌণিক সরণ কত?

ঘ একটি চাকার ভর 5 kg এবং চক্রগতির ব্যাসার্ধ 25 cm, এর জড়তার ভ্রামক কত ? চাকাটিকে 4 $rads^{-2}$ কৌণিক ত্বরণ সৃষ্টি করতে কত মানের টর্ক প্রয়োগ করতে হবে?

প্রশ্ন ▶ ২৭



উপরের চিত্রে AB সরু দণ্ডটি XY অক্ষের সাপেক্ষে অনুভূমিক তলে ঘুরতে পারে। দণ্ডটির ভর 25 gm এবং দৈর্ঘ্য 15 cm। এতে কৌণিক গতিশক্তি প্রয়োগ করায় এটি প্রতি মিনিটে 50 বার ঘুরতে পারে। ◀ *শিখনফল: ১৩*

ক. টর্ক কী রাশি ? ১

খ. চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলতে কী বুঝ? ২

গ. বর্ণিত অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক নির্ণয় কর। ৩

ঘ. দণ্ডটি কী পরিমাণ কৌণিক গতিশক্তি প্রাপ্ত হয় নির্ণয় কর। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক টর্ক স্কেলার রাশি।

খ কোনো দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

ব্যাখ্যা : ধরা যাক, একটি বস্তুর ভর M এবং কোন অক্ষের সাপেক্ষে তার জড়তার ভ্রামক I। এখন কল্পনা করা যাক, ঐ বস্তুর ভর M সমগ্র বস্তুর মধ্যে বন্টিত না থেকে একটি বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত আছে। ঘূর্ণন অক্ষ থেকে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুর দূরত্ব যত হলে ঐ অক্ষের সাপেক্ষে পুঞ্জিভূত বস্তুর জড়তার ভ্রামক I এর সমান হবে, সেই দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ K বলে।

$\therefore \quad I = MK^2$

বা, $K = \sqrt{\frac{I}{M}}$

সুপার টিপস্ : প্রয়োগ ও উচ্চতর দক্ষতার প্রশ্নের উত্তরের জন্যে অনুরূপ যে প্রশ্নের উত্তরটি জানা থাকতে হবে—

গ 15cm দৈর্ঘ্য ও 50gm ভরবিশিষ্ট কোনো দণ্ডের জড়তার ভ্রামক নির্ণয় কর।

ঘ 1m দৈর্ঘ্য ও 500g ভরবিশিষ্ট কোনো দণ্ডে গতিশক্তি প্রয়োগ করায় দণ্ডটি মিনিটে 50 বার ঘুরতে থাকে। দণ্ডটির কৌণিক গতিশক্তি নির্ণয় কর।

প্রশ্ন ▶ ২৮ বোরের হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রস্তাবিত মডেল অনুযায়ী একটি ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে $2.18 \times 10^6 ms^{-1}$ দ্রুতিতে $5.2 \times 10^{-11} m$ ব্যাসার্ধের কক্ষপথে প্রদক্ষিণ করছে। ◀ *শিখনফল: ১৬*

ক. ঘূর্ণন অক্ষ কাকে বলে? ১

খ. কেন্দ্রমুখী বলের একক নির্ণয় করো। ২

গ. উদ্দীপক মতে, প্রতি সেকেন্ডে ইলেকট্রনটি কতবার নিউক্লিয়াসকে প্রদক্ষিণ করবে? ৩

ঘ. ইলেকট্রনের ভর $9.1 \times 10^{-31} Kg$ হলে, উদ্দীপকে উল্লেখিত ক্ষেত্রে কেন্দ্রমুখী বলের মান কত হওয়া উচিত— মতামত দাও। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ঘূর্ণনশীল কোনো বস্তুর প্রত্যেকটি কণার বৃত্তাকার গতির কেন্দ্রগুলো যে সরলরেখায় অবস্থিত তাকে ঘূর্ণন অক্ষ বলে।

খ যদি কোনো m ভরের বস্তু r ব্যাসার্ধের অনুভূমিক বৃত্তাকার পথে v সমদ্রুতিতে চলে কেন্দ্রমুখী ত্বরণ প্রাপ্ত হয় তাহলে কেন্দ্রমুখী বল হবে,

= বস্তুর ভর × কেন্দ্রমুখী ত্বরণ।

$= ma$

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

$= m\omega^2 r$ [যেহেতু $v = \omega r$]

$= kg\ (rads^{-1})^2 . m$ [m, ω ও r এর একক বসিয়ে]

$= kgm\ rad^2 s^{-2}$

এক্ষেত্রে v_{ad} কে উহ্য রাখা হয়

$\therefore$ নির্ণেয় একক $= kg.m.s^{-2}$

$= N$

এটিই হল কেন্দ্রমুখী বলের একক।

সুপার টিপস্ : প্রয়োগ ও উচ্চতর দক্ষতার প্রশ্নের উত্তরের জন্যে অনুরূপ যে প্রশ্নের উত্তরটি জানা থাকতে হবে—

গ কৌণিক দ্রুতি নির্ণয় করে, কৌণিক দ্রুতির সাথে ঘূর্ণনসংখ্যার সম্পর্ক ব্যবহার করতে হবে।

ঘ বোরের হাইড্রোজেন পরমাণু মডেলে একটি ইলেকট্রন একটি প্রোটনের চারদিকে 5.2×10^{-11} m ব্যাসার্ধের একটি বৃত্তাকার পথে $2.18 \times 10^6\ ms^{-1}$ দ্রুতিতে প্রদক্ষিণ করে। ইলেকট্রনের ভর 9.1×10^{-31} kg হলে কেন্দ্রমুখী বলের মান কত ?

প্রশ্ন ▶ ২৯ $6050\ rads^{-1}$ সমকৌণিক বেগে ঘূর্ণনরত একটি ফ্লাই হুইলের জড়তার ভ্রামক $80kgm^2$। সুষম ব্রেক প্রয়োগে একে 25s এ থামানো হলো। ◀ *শিখনফল: ১৪*

ক. কোনো বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তনকে বাধা দেয়ার প্রয়াসকে কী বলে? ১

খ. কৌণিক গতির ক্ষেত্রে নিউটনের তৃতীয় সূত্রটি বিবৃতিসহ ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত ফ্লাই হুইলের ক্ষেত্রে প্রযুক্ত টর্কের মান কত? ৩

ঘ. ব্রেক প্রযুক্ত হওয়ার পর থেকে থেমে যাওয়ার পূর্ব পর্যন্ত চাকটির পক্ষে 12,000 (বার হাজার) ঘূর্ণন দেয়া কী সম্ভব— বিশ্লেষণ করো। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তনকে বাধা দেয়ার প্রয়াসকে জড়তার ভ্রামক বলে।

খ কৌণিক গতির ক্ষেত্রে নিউটনের তৃতীয় সূত্র : প্রত্যেক ক্রিয়ামূলক টর্কের একটি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়ামূলক টর্ক আছে।

ব্যাখ্যা : বস্তু A অপর একটি বস্তু B-এর উপর $\vec{\tau}_{21}$টর্ক প্রয়োগ করলে B বস্তুও A-এর উপর সমান ও বিপরীতমুখী টর্ক $\vec{\tau}_{21}$ প্রয়োগ করবে। এখানে A কর্তৃক B-এর উপর প্রযুক্ত টর্ক $\vec{\tau}_{21}$ ক্রিয়ামূলক টর্ক ও B কর্তৃক A-এর উপর প্রযুক্ত টর্ক $\vec{\tau}_{21}$হচ্ছে প্রতিক্রিয়ামূলক টর্ক।

$\therefore \vec{\tau}_{12} = -\vec{\tau}_{21}$ ও $\tau_{12} = \tau_{21}$

প্রতিক্রিয়ামূলক টর্কের দিক ক্রিয়ামূলক টর্কের বিপরীতমুখী, তাই ঋণাত্মক চিহ্ন ব্যবহার করা হয়েছে।

সুপার টিপস্ : প্রয়োগ ও উচ্চতর দক্ষতার প্রশ্নের উত্তরের জন্যে অনুরূপ যে প্রশ্নের উত্তরটি জানা থাকতে হবে—

গ 6000 rad s^{-1} কৌণিক বেগে ঘূর্ণনরত একটি ফ্লাই হুইলের জড়তার ভ্রামক 80 kg m^2। সুষম ব্রেক প্রয়োগ করে একে 30 s-এ থামানো হলো। ব্রেকটি কত টর্ক সরবরাহ করে ?

ঘ 7000 rad s^{-1} কৌণিক বেগে ঘূর্ণনরত একটি ফ্লাই হুইলের জড়তার ভ্রামক 120 kg m^2। সুষম ব্রেক প্রয়োগ করে একে 30 s-এ থামানো হলো। এ সময়ে এটি কতবার ঘুরবে ?

➤ অনুশীলনের জন্য আরও প্রশ্ন

প্রশ্ন ▶৩০ 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। কোনো এক সময় বস্তু দুটির মধ্যে সংঘর্ষের ফলে এরা মিলে এক হয়ে গেল। *◀ শিখনফল: ৬*

ক. কেন্দ্রমুখী বল কী? ১

খ. অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কাকে বলে? ২

গ. মিলিত বস্তুটি কোন দিকে কত বেগে চলবে? ৩

ঘ. দ্বিতীয় বস্তুর ভর প্রথম বস্তুর ভরের তিনগুণ করা হলে মিলিত বস্তুর বেগের পরিবর্তন কত হবে? ৪

প্রশ্ন ▶৩১ জনাব আনিস একজন দক্ষ শিকারী। সুন্দরবনে হরিণ শিকার করতে গিয়ে তার হাতে 10 kg ভরের বন্দুক থেকে 10g ভরের একটি গুলি 10 ms^{-1} বেগে ছোড়ার সময় বন্দুকে পশ্চাৎ ক্রিয়ার সৃষ্টি হয়। এর ফলে আনিস সাহেব একটু আঘাত পেয়ে পেছনের দিকে সরে যায়। *◀ শিখনফল: ৬*

ক. ঘর্ষণ কী? ১

খ. নিউটনের গতিবিষয়ক তৃতীয় সূত্র ব্যাখ্যা করো। ২

গ. আনিস সাহেবের বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ঘটনাটি ভরবেগের নিত্যতা নীতিকে সমর্থন করে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে তোমার মতামত দাও। ৪

প্রশ্ন ▶৩২ 10 kg ও 5 kg ভরের দুটি বস্তু সরলরেখা বরাবর কিন্তু বিপরীত দিকে চলা অবস্থায় একে অপরকে ধাক্কা দিল। ধাক্কার পূর্বে তাদের বেগ যথাক্রমে 2 ms^{-1} (উত্তর দিকে) ও 2 ms^{-1} (দক্ষিণ দিকে) ছিল। ধাক্কার পর ২য় বস্তুটি 1 ms^{-1} বেগে পিছিয়ে গেল। *◀ শিখনফল: ৬*

ক. ভরবেগের নিত্যতা সূত্রটি কী? ১

খ. ভরবেগের নিত্যতা সূত্রে 'দিক'-এর গুরুত্ব আলোচনা করো। ২

গ. ধাক্কার পূর্বে প্রত্যেক বস্তুর ভরবেগ কত ছিল? ৩

ঘ. ধাক্কার পরে ১ম বস্তুটির বেগ কেন উত্তর দিকে হবে? ৪

প্রশ্ন ▶৩৩ চট্টগ্রাম থেকে ঢাকা আসার পথে চালকসহ 1500 kg ভরের একটি ট্রাক 60 kmh^{-1} বেগে চলছিল। হঠাৎ থেমে থাকা একটি গাড়ীর সাথে সংঘর্ষ হয় এবং সংযুক্ত অবস্থায় 50 kmh^{-1} বেগে চলতে থাকে। *◀ শিখনফল: ৬ ও ১৬*

ক. ঘাত বলের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. "কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয়" — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত থেমে থাকা গাড়ীটির ভর কত? ৩

ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও যে, সংঘর্ষের পূর্বে এবং পরে ভরবেগ সংরক্ষিত হলেও গতিশক্তি সংরক্ষিত হয় না। ৪

প্রশ্ন ▶৩৪ একটি বৈদ্যুতিক পাখার জড়তার ভ্রামক 100kgm^2। পাখাটি মিনিটে 1500 বার ঘুরে। সুইচ বন্ধ করার 4 মিনিট পর পাখাটি বন্ধ হয়ে যায়। *◀ শিখনফল: ১৪*

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কী? ১

খ. বলের ঘাত ও ভরবেগের পরিবর্তনের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। ২

গ. বৈদ্যুতিক পাখায় প্রযুক্ত টর্কের মান কত? ৩

ঘ. থেমে যাওয়ার আগে পাখাটির পক্ষে 3500 বার ঘুরা সম্ভব কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই কর। ৪

প্রশ্ন ▶৩৫ সুন্দরবনে হরিণ মারা নিষিদ্ধ জেনেও একজন শিকারি 6kg ভরের একটি বন্দুক নিয়ে সেখানে হরিণ শিকার করতে গেলো। বনে একটি হরিণ দেখে শিকারিটি তার বন্দুক থেকে 0.01 kg ভরের একটি গুলি ছুঁড়লো। গুলিটি 300ms^{-1} বেগে নল থেকে বের হয়ে গেল এবং একই সময় শিকারি কাঁধে ধাক্কা অনুভব করলো। কিন্তু হরিণ অক্ষত রইল এবং পালিয়ে গেল। *◀ শিখনফল: ৪*

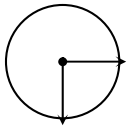
ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. নিউটনের গতিসূত্রের সীমাবদ্ধতা ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের তথ্যানুসারে বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ বের কর। ৩

ঘ. বন্দুকের বাট কাঁধের সাথে শক্তভাবে চেপে ধরে গুলি ছুঁড়লে যে ধাক্কা লাগে, কাধের সাথে আলগাভাবে ঠেকিয়ে গুলি ছুঁড়লে তার চেয়ে অনেক বেশি ধাক্কা লাগে-উক্তিটির যথার্থতা বিশ্লেষণ কর। ৪

প্রশ্ন ▶ ৩৬ মালিহা একটি বালতিতে পানি ভর্তি করে উহাকে উলম্ব তলে চিত্রের মত করে ঘুরাতে থাকে। প্রথমে সে কিছুটা ধীর গতিতে ঘুরাতে থাকে ফলে পানি পড়ে যায়। তখন তার বাবা যিনি একজন পেশায় শিক্ষক বলল আরো দ্রুত ঘুরাও তাহলে পানি পড়বে না।



◀ *শিখনফল: ৯*

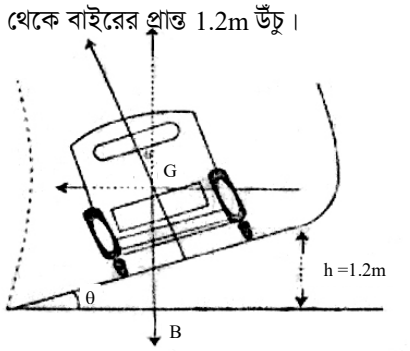
ক. কেন্দ্রমুখী ত্বরণ কাকে বলে? ১

খ. কোনো বস্তু যখন বৃত্তাকার পথে ঘুরে, তখন কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয় কেন? ২

গ. পানিসহ পানির ভর 7kg হলে এবং রশির দৈর্ঘ্য 1m হলে সর্বনিম্ন কত বেগে ঘুরালে পানি পড়বে না। ৩

ঘ. বালতিকে ধীর গতিতে ঘুরালে পানি পড়ে যায় কিন্তু দ্রুত ঘুরালে পানি পড়ে না কেন ব্যাখ্যাসহ গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

প্রশ্ন ▶ ৩৭ 49 ব্যাসার্ধের বাঁক বিশিষ্ট রাস্তার মোটরগাড়ির গতি চিত্রে দেখানো হয়েছে। রাস্তার চওড়া 15m এবং রাস্তার ভিতরের প্রান্ত থেকে বাইরের প্রান্ত 1.2m উঁচু।



◀ *শিখনফল: ১০*

ক. কেন্দ্রমুখী বল কাকে বলে? ১

খ. ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া পরস্পর সমান এবং বিপরীত হলেও এরা কখনো সাম্য প্রতিষ্ঠা করতে পারে না কেন? ২

গ. বাঁক ঘুরতে মোটরগাড়িটিকে কত বেগে চলতে হবে? ৩

ঘ. একই ব্যাংকিং কোণ বিশিষ্ট রাস্তার বাঁকের ব্যাসার্ধ বেশি বা কম হলে মোটরগাড়ির বেগের কীরূপ পরিবর্তন করতে হবে — ব্যাখ্যা কর। ৪

প্রশ্ন ▶ ৩৮ একটি গাড়ির ভর 100kg। গাড়িটি বৃত্তাকার পথে $72kmh^{-1}$ সমদ্রুতিতে চলমান থাকলে তার কেন্দ্রমুখী ত্বরণ হয় $1ms^{-2}$

◀ *শিখনফল: ৭ ও ৯*

ক. কৌণিক বেগ কাকে বলে? ১

খ. টর্ক কখন সৃষ্টি হয়? ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত গাড়িটির বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ ও কেন্দ্রমুখী বল বের কর। ৩

ঘ. টর্ক, কৌণিক ত্বরণ ও জড়তার ভ্রামকের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। ৪

প্রশ্ন ▶ ৩৯ একটি বস্তুর উপর 9N মানের বল প্রয়োগ করায় 3 ms^{-2} ত্বরণ প্রাপ্ত হয়। বস্তুটির উপর 5N মানের অপর একটি বল 9N মানের বলের সাথে 60° কোণে প্রয়োগ করা হলে বস্তুটির ত্বরণ পরিবর্তিত হলো।

◀ *শিখনফল: ১৬*

ক. কোন কণা বিনিময়ের ফলে মেসন কণার উদ্ভব ঘটে? ১

খ. দুটি বলের মাঝে সাম্যাবস্থা অর্জন কিভাবে সম্ভব? ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত বস্তুর ভর কত ছিল? ৩

ঘ. পরিবর্তিত ত্বরণ লাভ করার পর 10s এ বস্তুটির বেগের পরিবর্তন কত হবে— বিশ্লেষণ কর। ৪

প্রশ্ন ▶ ৪০ 35kg ও 55kg ভরের দুটি বস্তু যথাক্রমে $10ms^{-1}$ এবং $12ms^{-1}$ বেগে পরস্পর বিপরীত দিকে আসার সময় মুখোমুখি সংঘর্ষ হল। সংঘর্ষের পর বস্তুদ্বয় একত্রে একটি নির্দিষ্ট দিকে একই বেগে চলতে শুরু করল।

◀ *শিখনফল: ১৮*

ক. আবর্তন ঘর্ষণের দুটি বাস্তব উদাহরণ উল্লেখ কর। ১

খ. কোন কোন সূত্রের সাহায্যে তিনটি অসমান্তরাল বলের ভারসাম্য ব্যাখ্যা করা যায়? ২

গ. বস্তুদ্বয়ের চূড়ান্ত গতিবেগ, উদ্দীপক মতে কত? ৩

ঘ. বস্তুদ্বয়ের মিলিত অবস্থার গতিশক্তি, সংঘর্ষের পূর্বের গতিশক্তির সমষ্টির সমান হবে কী— বিশ্লেষণ করো। ৪

প্রশ্ন ▶ ৪১ 4kg ভরবিশিষ্ট একটি সিলিন্ডারের ব্যাস 25cm। সিলিন্ডারটি $10ms^{-1}$ বেগে অনুভূমিকভাবে গড়িয়ে চলছিল।

◀ *শিখনফল: ১৩*

ক. একটি বলের ঘূর্ণন সৃষ্টি করার সামর্থ্যের পরিমাপ কী? ১

খ. কৌণিক ভরবেগের মাত্রা সমীকরণ নির্ণয় কর। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত সিলিন্ডারটির জড়তার ভ্রামক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপক মতে, সিলিন্ডারটির মোট গতিশক্তি কত হওয়া উচিত— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ সহকারে মতামত দাও। ৪