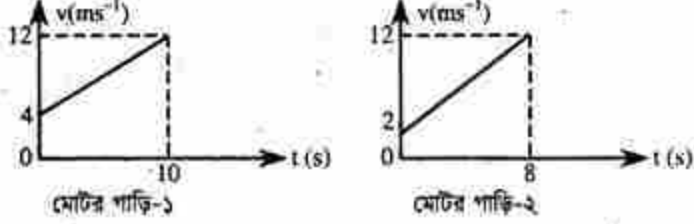


এইস এস সি পদার্থবিজ্ঞান

অধ্যায়-৪: নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

প্রশ্ন ১ নিম্নে সমতল রাস্তায় দুটি মোটর গাড়ির বেগ বনাম সময় লেখচিত্র দেখানো হলো। গাড়ি দুটির ভর যথাক্রমে 500 kg ও 320 kg। উভয় গাড়ির চাকা ও রাস্তায় ঘর্ষণজনিত বল 120 N।



[সি. বো. ২০১৬]

- বল ধুবক কাকে বলে? ১
- অভিকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল কেন ব্যাখ্যা কর। ২
- ১ম মোটর গাড়ি 5 sec এ কত দূরত্ব অতিক্রম করে নির্ণয় কর। ৩
- গাড়ি দুটি কর্তৃক প্রযুক্ত বলের তুলনা করে তোমার মতামত দাও। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্প্রিংয়ের দৈর্ঘ্য একক পরিমাণ বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হয় তাকে স্প্রিংয়ের বল ধুবক বলে।

খ ধরা যাক, একটি বস্তুকে v_0 বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলো। বস্তুটি সর্বাধিক উচ্চতায় পৌঁছে পুনরায় নিক্ষেপের অবস্থানে

ফিরে আসতে প্রয়োজনীয় সময় $T = \frac{2v_0}{g}$

সুতরাং T সময় পর বস্তুর বেগ, $v = v_0 - g \frac{2v_0}{g} = -v_0$

নিক্ষেপের সময় বস্তুর গতিশক্তি $\frac{1}{2}mv_0^2$ এবং সর্বোচ্চ উচ্চতায় পৌঁছে

পুনরায় নিক্ষেপের অবস্থানে ফিরে এলে গতিশক্তি $\frac{1}{2}m(-v_0)^2 = \frac{1}{2}mv_0^2$ । কাজ-শক্তি উপপাদ্য অনুসারে অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃত কাজ

$$W = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = 0$$

যেহেতু পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে প্রাথমিক অবস্থানে ফিরে আসায় অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃত কাজ শূন্য তাই অভিকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল।

গ চিত্র থেকে ১ম গাড়ির আদি বেগ, $v_0 = 4 \text{ m/s}$

$$\text{ত্বরণ, } a = \frac{(12-4) \text{ m/s}^2}{10 \text{ s}} = 0.8 \text{ m/s}^2$$

সময়, $t = 5 \text{ s}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ?$

আমরা জানি, অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$\begin{aligned} s &= x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \\ &= (4 \text{ m/s})(5 \text{ s}) + \frac{1}{2}(0.8 \text{ m/s}^2)(5 \text{ s})^2 \\ &= 20 \text{ m} + 10 \text{ m} \\ &= 30 \text{ m (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ ১ম গাড়ির ভর, $m_1 = 500 \text{ kg}$

$$\text{১ম গাড়ির ত্বরণ, } a_1 = \frac{(12-4) \text{ m/s}^2}{10 \text{ s}} = 0.8 \text{ m/s}^2$$

$$\text{সুতরাং ১ম গাড়ি কর্তৃক নিট বল, } F_1 = m_1 a_1 = (500 \text{ kg})(0.8 \text{ m/s}^2) = 400 \text{ N}$$

১ম গাড়ির ঘর্ষণ জনিত বাধা, $f_1 = 120 \text{ N}$

$$\text{সুতরাং ১ম গাড়ি কর্তৃক প্রযুক্ত বল, } F_{1a} = F_1 + f_1 = 400 \text{ N} + 120 \text{ N} = 520 \text{ N}$$

২য় গাড়ির ভর, $m_2 = 320 \text{ kg}$

$$\text{২য় গাড়ির ত্বরণ, } a_2 = \frac{(12-2) \text{ m/s}^2}{8 \text{ s}} = 1.25 \text{ m/s}^2$$

$$\text{সুতরাং ২য় গাড়ির উপর নিট বল, } F_2 = m_2 a_2 = (320 \text{ kg})(1.25 \text{ m/s}^2) = 400 \text{ N}$$

২য় গাড়ির ঘর্ষণ জনিত বাধা, $f_2 = 120 \text{ N}$

$$\text{সুতরাং ২য় গাড়ি কর্তৃক প্রযুক্ত বল, } F_{2a} = F_2 + f_2 = 400 \text{ N} + 120 \text{ N} = 520 \text{ N}$$

সুতরাং উভয় গাড়ি কর্তৃক প্রযুক্ত বলের মান সমান।

প্রশ্ন ২ রাস্তার কোনো এক বাকের ব্যাসার্ধ 50 m এবং রাস্তার উভয় পার্শ্বের উচ্চতার পার্থক্য 0.5 m রাস্তার প্রস্থ 5 m। [সি. বো. ২০১৭]

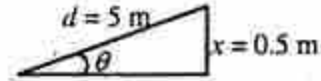
- কেন্দ্রমুখী বল কাকে বলে? ১
- "জড়তার ভ্রামক $50 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ " বলতে কি বোঝ? ২
- রাস্তার প্রকৃত ব্যাংকিং কোণ কত? ৩
- উদ্দীপকের রাস্তায় 108 km/h বেগে একটি গাড়ি নিরাপদে চালানো সম্ভব কিনা- গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যখন কোনো বস্তু একটি বৃত্তাকার পথে ঘুরতে থাকে তখন ঐ বৃত্তের কেন্দ্র অভিমুখে যে নিট বল ক্রিয়া করে বস্তুটিকে বৃত্তপথে গতিশীল রাখে তাকে কেন্দ্রমুখী বল বলে।

খ কোনো নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে বস্তুর জড়তার ভ্রামক $50 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ বলতে বুঝায় বস্তুর প্রত্যেকটি কণার ভর এবং ঐ অক্ষ থেকে তাদের প্রত্যেকের লম্ব দূরত্বের বর্গের গুণফলের সমষ্টি $50 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ।

গ



দেওয়া আছে,

রাস্তার প্রস্থ, $d = 5 \text{ m}$

উভয় পার্শ্বের উচ্চতার পার্থক্য, $x = 0.5 \text{ m}$

বের করতে হবে, ব্যাংকিং কোণ, $\theta = ?$

আমরা জানি,

$$\sin \theta = \frac{x}{d} = \frac{0.5}{5}$$

$$\therefore \theta = \sin^{-1} \left(\frac{0.5}{5} \right) = 5.74^\circ \text{ (Ans.)}$$

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই, ব্যাংকিং কোণ, $\theta = 5.74^\circ$

উদ্দীপক অনুসারে,

রাস্তার বাকের ব্যাসার্ধ $r = 50 \text{ m}$

গাড়ির সর্বোচ্চ বেগ v হলে,

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

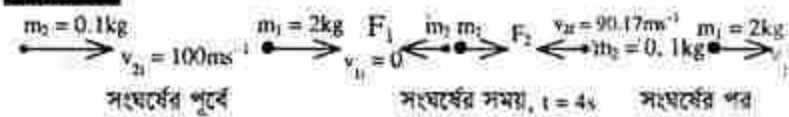
বা, $v^2 = \tan \theta \times rg$

$$\begin{aligned} \text{বা, } v &= \sqrt{rg \tan \theta} \\ &= \sqrt{50 \times 9.8 \times \tan(5.74)} \\ &= 7.02 \text{ m/s}^{-1} \\ &= 25.27 \text{ km/h}^{-1} \end{aligned}$$

অর্থাৎ, এই রাস্তায় সর্বোচ্চ 25.27 km/h^{-1} বেগে গাড়ি নিরাপদে চালানো সম্ভব।

অতএব, উদ্দীপকের রাস্তায় 108 km/h^{-1} বেগে একটি গাড়ি নিরাপদে চালানো সম্ভব না।

প্রশ্ন ৩



চিত্রের আলোকে নিম্নের প্রশ্নগুলির উত্তর দাও:

[রা. বো. ২০১৬]

- পাউন্ডাল বল এর সংজ্ঞা দাও। ১
- অভিকর্ষ এক ধরনের মহাকর্ষ- ব্যাখ্যা কর। ২
- উদ্ভীপক থেকে প্রতিক্রিয়া বল 'F_১' নির্ণয় কর। ৩
- উদ্ভীপকের সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক না অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে তোমার মতামত দাও। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক পাউন্ড ভরের কোনো বস্তুর ওপর এক ফুট/সেকেন্ড^২ 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 ধরনের মহাকর্ষ।

গ দেওয়া আছে,

সংঘর্ষের সময়, $t = 4\text{ s}$

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।

$$\therefore F_1 = \frac{m_2 v_{2f} - m_2 v_{2i}}{t}$$

$$= \frac{0.1 \times (-90.17) - 0.1 \times 100}{4} \text{ N}$$

$$= -4.75425 \text{ N (Ans.)}$$

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,

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

$$\text{বা, } 2 \times 0 + 0.1 \times 100 = 2 \times v_{1f} + 0.1 \times (-90.17)$$

$$\text{বা, } 0 + 10 = 2 \times v_{1f} - 9.017$$

$$\therefore v_{1f} = \frac{10 + 9.017}{2} = 9.5085 \text{ m.s}^{-1}$$

বস্তুদ্বয়ের সংঘর্ষের আগের গতিশক্তির সমষ্টি,

$$E_{k1} = \frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 2 \times (0)^2 + \frac{1}{2} \times 0.1 \times (100)^2$$

$$= 500 \text{ J}$$

বস্তুদ্বয়ের সংঘর্ষের পরের গতিশক্তির সমষ্টি,

$$E_{k2} = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 2 \times (9.5085)^2 + \frac{1}{2} \times 0.1 \times (-90.17)^2$$

$$= 496.94 \text{ J}$$

লক্ষ্য করি, $E_{k1} \neq E_{k2}$ অর্থাৎ সংঘর্ষের আগের এবং পরের গতিশক্তি সমান নয়।

সুতরাং উদ্ভীপকের সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক নয়। সংঘর্ষটি অস্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ৪ নয়ন 25 g ভরের একটি পাথর খণ্ডকে 1 m দীর্ঘ একটি সূতার সাহায্যে বৃত্তাকার পথে ঘুরাচ্ছে। পাথর খণ্ডটি প্রতি সেকেন্ডে 5 বার ঘুরছে। পাথরের ঘূর্ণন সংখ্যা একই রেখে সূতার দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ করা হল। সূতা সর্বাধিক 40 N বল সহ্য করতে পারে। [দি. বো. ২০১৭]

- কৌণিক বেগ কী? ১
- পরম শূন্য তাপমাত্রায় গ্যাসের সকল অণু স্থির থাকে- ব্যাখ্যা কর। ২
- প্রথম ক্ষেত্রে পাথরটির কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় কর। ৩
- নয়ন সূতার দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ করে ঘূর্ণন সফলভাবে সম্পন্ন করতে পারবে কিনা-গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বিন্দু বা অক্ষকে কেন্দ্র করে বৃত্তাকার পথে চলমান কোনো বস্তুর সময়ের সাথে কৌণিক সরণের হারকে কৌণিক বেগ বলে।

খ পরমশূন্য তাপমাত্রায় গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি শূন্য হয় বলে পরমশূন্য তাপমাত্রায় গ্যাসের সকল অণু স্থির থাকে। আমরা জানি, T কেলভিন তাপমাত্রায় প্রতিটি গ্যাস অণুর প্রত্যেক স্বাধীনতার মাত্রার জন্য গড় শক্তি $\frac{1}{2} kT$ । পরমশূন্য তাপমাত্রায় $T = 0 \text{ K}$, এক্ষেত্রে একক মাত্রায় গড় শক্তি $= \frac{1}{2} k \times 0 = 0 \text{ J}$ । অর্থাৎ পরমশূন্য (0 K) তাপমাত্রায় গ্যাসের সকল অণু স্থির থাকে।

গ দেওয়া আছে,

সূতার দৈর্ঘ্য তথা ব্যাসার্ধ, $r = 1 \text{ m}$

পাথর খণ্ডের ভর, $m = 25 \text{ g} = 25 \times 10^{-3} \text{ kg}$

সময়, $t = 1 \text{ sec}$

ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 5$

কৌণিক ভরবেগ, $L = ?$

আমরা জানি, কৌণিক ভরবেগ,

$$L = mvr = mr^2 \omega$$

$$= mr^2 \times \frac{2\pi N}{t}$$

$$= 25 \times 10^{-3} \times (1)^2 \times \frac{2 \times 3.1416 \times 5}{1}$$

$$= 0.7854 \text{ kg.m}^2.\text{s}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

পাথর খণ্ডের ভর, $m = 25 \text{ g} = 25 \times 10^{-3} \text{ kg}$

ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 5$

সময়, $t = 1 \text{ s}$

সূতার পরিবর্তিত দৈর্ঘ্য তথা পরিবর্তিত ব্যাসার্ধ, $r = 2 \times 1 = 2 \text{ m}$

সূতার সর্বাধিক সহনশীল বল, $F = 40 \text{ N}$

$$\text{কৌণিক বেগ, } \omega = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2 \times 3.1416 \times 5}{1}$$

$$= 31.416 \text{ rads}^{-1}$$

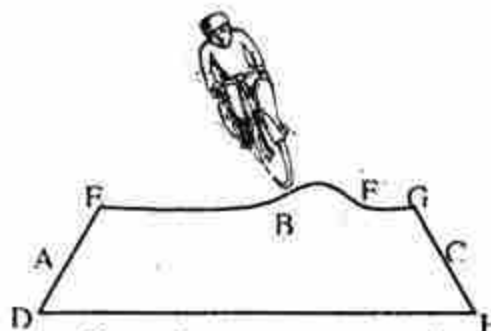
কেন্দ্রবিমুখী বল, $F_c = m\omega^2 r$

$$= 25 \times 10^{-3} \times (31.416)^2 \times 2$$

$$= 49.348 \text{ N}$$

কেন্দ্রবিমুখী বল বা সূতার টান F_c সূতার সর্বাধিক সহনশীল বল F অপেক্ষা বড়। সুতরাং, নয়ন সূতার দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ করে সফলভাবে ঘূর্ণন সম্পন্ন করতে পারবে না। কারণ সূতার টান বেশি হওয়ায় সূতাটি ছিঁড়ে যাবে।

প্রশ্ন ৫



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. ২০১০]

- 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

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমান বা প্রায় সমান বিস্তারের কিন্তু কম্পাঙ্কের সামান্য পার্থক্য বিশিষ্ট দুটি শব্দ তরঙ্গ একই সময় একই সরল রেখায় একই দিকে সম্মিলিত 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, $F = ma$

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

$$\text{এখানে, } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

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

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

$$= \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 4 & -6 & 12 \\ 2 & 3 & -5 \end{vmatrix} = \hat{i}(30 - 36) - \hat{j}(-20 - 24) + \hat{k}(12 + 12) \\ = -6\hat{i} + 44\hat{j} + 24\hat{k}$$

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 প্রচণ্ড 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 ৬ 142 cm এবং 122 cm ব্যাসের দুটি বৈদ্যুতিক পাখা বানানো হলো। প্রথমটি মিনিটে 150 বার ও দ্বিতীয়টি মিনিটে 180 বার ঘুরে। সুইচ বন্ধ করার 2 s পর উভয় পাখা থেমে যায়।

/চ. বো. ২০১৭/

- ক. টর্কের সংজ্ঞা লিখ। ১
খ. ঘূর্ণন গতির ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক বস্তুর ভরের সমতুল্য—ব্যাখ্যা কর। ২
গ. প্রথম পাখাটির প্রান্তবিন্দুতে কেন্দ্রমুখী ত্বরণ হিসাব কর। ৩
ঘ. সুইচ বন্ধ করার পর থেমে যাবার আগ পর্যন্ত উভয় পাখাই কী সমান সংখ্যক বার ঘুরে থেমেছে যাচাই কর। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা করতে চায় এবং ঘূর্ণায়মান বস্তুর ঘূর্ণনবেগের পরিবর্তন করে বা করতে চায়, তাকে টর্ক বলে।

খ বস্তু তার গতিয় অবস্থা অক্ষুণ্ণ রাখতে চাওয়ার ধর্ম হচ্ছে জড়তা। ঠিক তেমনি কোনো নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে বস্তুর ঘূর্ণন গতিয় অবস্থা অক্ষুণ্ণ রাখতে চাওয়ার ধর্ম হচ্ছে ঐ অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণন জড়তা বা জড়তার ভ্রামক। জড়তার জন্য বস্তু তার ওপর বল প্রয়োগে বেগের পরিবর্তনকে বাধা দেয়, নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণন জড়তা ঐ অক্ষের সাপেক্ষে তার ওপর টর্ক প্রয়োগে কৌণিক বেগের পরিবর্তনে বাধা দেয়। জড়তার পরিমাপকে ভর বলে, ঘূর্ণন জড়তার পরিমাপকে ঘূর্ণন ভরও বলা যায়। রৈখিক গতির ক্ষেত্রে ভর যে ভূমিকা পালন করে ঘূর্ণন গতির ক্ষেত্রে ঘূর্ণন জড়তা সেই ভূমিকা পালন করে। অতএব বলা যায় যে, ঘূর্ণন গতির ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক ভরের সমতুল্য।

গ দেওয়া আছে, প্রথম পাখার ক্ষেত্রে

$$\text{ব্যাসার্ধ, } r_1 = \frac{142}{2} = 71 \text{ cm} = 0.71 \text{ m}$$

$$\text{ঘূর্ণন সংখ্যা, } N_1 = 150$$

$$\text{সময়, } t_1 = 60 \text{ s}$$

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

পাখাটির কৌণিক বেগ ω_1 হলে,

$$\omega_1 = \frac{2\pi N_1}{t_1} = \frac{2\pi \times 150}{60} \\ = 5\pi \text{ rad/s}$$

আমরা জানি,

$$a_c = \omega_1^2 r_1 = (5\pi)^2 \times 0.71 \\ = 175.185 \text{ m.s}^{-2} \text{ (Ans.)}$$

ঘ প্রথম পাখার আদি কৌণিক বেগ, $\omega_1 = 5\pi \text{ rad/s}$ (গ হতে)

উভয় পাখার থেমে যাওয়ার সময়কাল, $t = 2 \text{ s}$

প্রথম পাখার কৌণিক সরণ θ_1 হলে,

$$\theta_1 = \frac{\omega_1 + 0}{2} \times t = \frac{5\pi}{2} \times 2 = 5\pi \text{ rad}$$

থেমে যাবার আগ পর্যন্ত প্রথম পাখার ঘূর্ণন সংখ্যা

$$N'_1 = \frac{\theta_1}{2\pi} = \frac{5\pi}{2\pi} = 2.5$$

দ্বিতীয় পাখার প্রতি মিনিটে ঘূর্ণন সংখ্যা $= 180$

দ্বিতীয় পাখার কৌণিক বেগ

$$\omega_2 = \frac{2\pi \times 180}{60} = 6\pi \text{ rad/s}$$

দ্বিতীয় পাখার কৌণিক সরণ θ_2 হলে,

$$\theta_2 = \frac{\omega_2 + 0}{2} \times t = \frac{6\pi}{2} \times 2 = 6\pi \text{ rad}$$

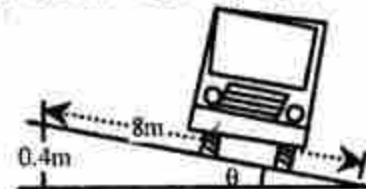
থেমে যাবার আগ পর্যন্ত দ্বিতীয় পাখার ঘূর্ণন সংখ্যা

$$N'_2 = \frac{\theta_2}{2\pi} = \frac{6\pi}{2\pi} = 3$$

অর্থাৎ, $N'_1 \neq N'_2$

অতএব, সুইচ বন্ধ করার পর থেমে যাবার আগ পর্যন্ত প্রথম পাখা 2.5 বার এবং দ্বিতীয় পাখা পূর্ণ 3 বার ঘুরে থেমেছে।

প্রশ্ন ৭ 100 m ব্যাসার্ধের একটি বাক 30 kmh⁻¹ বেগে বাক নিতে গিয়ে বাস রাস্তা থেকে ছিটকে খাদে পড়ে যায়।



/চ. বো. ২০১৬/

- ক. মৌলিক বল কী? ১
খ. জড়তার ড্রামকের 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

৭ 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 বস্তুর ঘূর্ণন জড়তা বা জড়তার ড্রামকের 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 ড্রামক-

$$I = MK^2$$

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

গ. ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 2.86° ।

ঘ. 'গ' হতে, উক্ত রাস্তার ব্যাংকিং কোণ, $\theta = 2.86^\circ$

$$\text{ব্যাসার্ধ, } r = 100 \text{ m}$$

$$\text{বেগ, } v = ?$$

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

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

$$= 49$$

$$\therefore v = 7 \text{ m/s}$$

উক্ত রাস্তার ব্যাংকিং কোণ অনুযায়ী সর্বোচ্চ 7 m/s বেগে ঐ রাস্তায় গাড়ী চালানো যাবে। কিন্তু চালক $30 \text{ km/h} = 8.33 \text{ m/s} (> 7 \text{ m/s})$ বেগে গাড়ী চালানোয় বাসটি খাদে পড়ে যায়।

প্রশ্ন ৮ সার্কাস পাটিতে একজন পারফরমার 5 kg ভরের একটি গোলককে ভূমি হতে 1.5 m উপরে অনুভূমিক তলে 2 m লম্বা রশির সাহায্যে বৃত্তাকার পথে ঘোরাচ্ছেন। গোলকটি প্রতি মিনিটে 20 বার আবর্তন করে। ঘূর্ণায়মান অবস্থায় হঠাৎ রশিটি ছিড়ে যায়। নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:

১৮ বো. ২০১৫

- ক. ঘাতবল কাকে বলে? ১
খ. সুসম 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

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ. সুসম বৃত্তাকার গতির বৈশিষ্ট্য হলো:

১. এর দ্রুতি সর্বদা সমান থাকে।
২. এর কৌণিক বেগ সর্বদা সমান থাকে।
৩. এর কৌণিক ত্বরণ শূন্য হয়
৪. কেন্দ্রের দিকে সর্বদা একটি ত্বরণ থাকে।

গ. দেওয়া আছে, রশির দৈর্ঘ্য তথা বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, $r = 2 \text{ m}$
কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{2\pi v}{t} = \frac{2 \times 3.1416 \times 20 \text{ rad}}{60 \text{ sec}} = 2.0944 \text{ rad/s}$
গোলকের ভর, $m = 5 \text{ kg}$
বের করতে হবে, কেন্দ্রের দিকে অনুভূত বল = কেন্দ্রমুখী বল, $F_c = ?$
আমরা জানি, $F_c = m\omega^2 r = 5 \text{ kg} \times (2.0944 \text{ rad/s})^2 \times 2 \text{ m}$
 $= 43.865 \text{ N (Ans.)}$

ঘ. ঘূর্ণায়মান অবস্থায় রশিটি ছিড়ে গেলে গোলকটি অনুভূমিক ভাবে নিষ্কিপ্ত বস্তুর ন্যায় আচরণ করবে। এর উল্লম্ব বেগ, $v_{y0} = 0$ এবং অনুভূমিক বেগ $v_{x0} = \omega r = 2.0944 \text{ rad/s} \times 2 \text{ m} = 4.1888 \text{ m/s}$
গোলকটি ভূমিতে পড়তে, সময় লাগলে,

$$y = y_0 + v_{y0} t - \frac{1}{2} g t^2$$

এখানে,

$$y_0 = 1.5 \text{ m}$$

$$y = 0$$

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

$$\text{বা, } 4.9 t^2 = 1.5$$

$$\text{বা, } t^2 = 0.3061$$

$$\therefore t = 0.5533 \text{ s}$$

এ সময় অতিক্রান্ত অনুভূমিক দূরত্ব,

$$x = v_{x0} \times t = 4.1888 \text{ m/s} \times 0.5533 \text{ s} = 2.3177 \text{ m}$$

সুতরাং পারফরমার হতে দর্শকের দূরত্ব 2.3177 m অপেক্ষা বেশি হলে

গোলকটি দর্শককে আঘাত করবে না।

প্রশ্ন ৯ মিটারগেজ ও ব্রডগেজ রেল লাইনের দুটি পাতের মধ্যবর্তী দূরত্ব যথাক্রমে 0.8 m ও 1.3 m । যে স্থানে বাকের ব্যাসার্ধ 500 m ঐ স্থানে লাইনগুলোর মধ্যে উচ্চতার পার্থক্য যথাক্রমে 7.00 cm ও 11.37 cm ।

১৯ বো. ২০১৭

- ক. টর্ক কাকে বলে? ১
খ. 'সমান ভরের দুটি বস্তুর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ হলে তারা বেগ বিনিময় করে'-ব্যাখ্যা কর। ২
গ. 1 m লাইনের ব্যাংকিং কোণ কত? ৩
ঘ. কোন লাইনে রেলগাড়ি অধিক দ্রুততার সাথে বাক নিতে পারবে- গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মন্তব্য কর। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যা কোনো অঘূর্ণনশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা ঘূর্ণনশীল বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে বা কৌণিক ত্বরণ সৃষ্টি করে, তাকে টর্ক বলে।

খ. আমরা জানি, দুটি বস্তুর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের ক্ষেত্রে প্রথম ও দ্বিতীয় বস্তুর শেষ বেগ যথাক্রমে,

$$v_{1f} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right) v_{1i} + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2} \right) v_{2i}$$

$$\text{ও } v_{2f} = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2} \right) v_{1i} + \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \right) v_{2i}$$

বস্তুর ভর সমান হলে, অর্থাৎ $m_1 = m_2 = m$ হলে

$$v_{1f} = 0 \times v_{1i} + \left(\frac{2m}{m+m} \right) v_{2i} = v_{2i}$$

$$\text{ও } v_{2f} = \left(\frac{2m}{m+m} \right) v_{1i} + 0 \times v_{2i} = v_{1i}$$

অর্থাৎ প্রথম বস্তুর শেষ বেগ = দ্বিতীয় বস্তুর আদি বেগ;

আবার দ্বিতীয় বস্তুর শেষ বেগ = প্রথম বস্তুর আদি বেগ

অতএব, সমান ভরের দুটি বস্তুর মধ্য স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে বেগ বিনিময় ঘটে।

- গ. প্রথম লাইনের ক্ষেত্রে,
উচ্চতা, $h = 7.00 \text{ cm} = 0.07 \text{ m}$
প্রশস্ততা, $l = 0.8 \text{ m}$
ব্যাংকিং কোণ, $\theta = ?$

আমরা জানি, $\tan \theta = \frac{h}{l} = \frac{0.07}{0.8} = 0.0875$

$\therefore \theta = \tan^{-1}(0.0875) = 5^\circ$

\therefore ১ম লাইনের ব্যাংকিং কোণ 5° (Ans.)

ঘ. এখানে,

বাকের ব্যাসার্ধ, $r = 500 \text{ m}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

১ম লাইনের ব্যাংকিং কোণ, $\theta_1 = 5^\circ$ (গ) হতে

২য় লাইনের প্রশস্ততা, $l' = 1.3 \text{ m}$

উচ্চতা, $h' = 11.37 \text{ cm} = 0.1137 \text{ m}$

২য় লাইনের ব্যাংকিং, $\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{h'}{l'}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0.1137}{1.3}\right)$
 $= 5^\circ$

ধরি,

১ম লাইনের সর্বোচ্চ বেগ v_1 এবং ২য় লাইনের সর্বোচ্চ বেগ v_2

আমরা পাই, $\tan \theta_1 = \frac{v_1^2}{rg}$

এবং $\tan \theta_2 = \frac{v_2^2}{rg}$

$\frac{\tan \theta_1}{\tan \theta_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2}$

যেহেতু $\theta_1 = \theta_2$ সেহেতু $v_1 = v_2$, অর্থাৎ দুই লাইনের রেলগাড়ি সমান দ্রুততার সাথে বাক নিতে পারবে।

প্রশ্ন ১০। ১ম প্রশ্নের একটি রাস্তার বাহিরের কিনারা ভিতরের কিনারা হতে উঁচু। ২০০ম ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার মোড় নেওয়ার সময় একজন গাড়ি চালক রাস্তার পাশে সতর্কীকরণ সাইনবোর্ড 60 km/h^{-1} লেখা দেখল। এই সময় গাড়িটির বেগ ছিল 50 km/h^{-1} ।

- ক. কর্মদক্ষতা কাকে বলে? ১
খ. বৃষ্টির ফোঁটা গোলাকার আকার ধারণ করে কেন? ২
গ. ব্যাংকিং কোণ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত বেগে গাড়ী চালালে, চালক নিরাপদে মোড় নিতে পারবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও। ৪

১০ 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 সর্বনিম্ন হওয়ার অর্থ হলো পৃষ্ঠতল সর্বনিম্ন। পৃষ্ঠতল সর্বনিম্ন হলে সেটা বেশি স্থিতিশীল থাকবে। এজন্য বৃষ্টির ফোঁটা গোলাকার আকার ধারণ করে।

গ. দেওয়া আছে, ব্যাসার্ধ, $r = 200 \text{ m}$

বেগ, $v = 60 \text{ km/h}^{-1}$

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

ব্যাংকিং কোণ, $\theta = ?$

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

$\therefore \theta = 8.06^\circ$ (Ans.)

ঘ. দেওয়া আছে, উদ্দীপকের ব্যক্তিটির বেগ 50 km/h^{-1} বা 13.88 m/s^{-1} এই বেগে গাড়ি চালালে ২০০ m ব্যাসার্ধে বৃত্তাকার মোড় নেওয়ার জন্য ব্যাংকিং কোণ প্রয়োজন

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

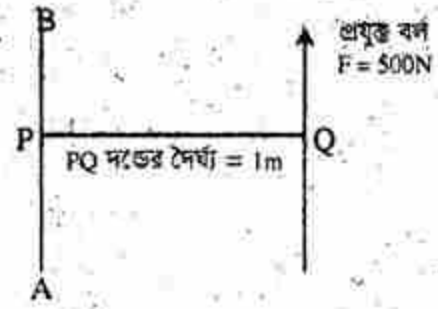
গ হতে পাই উত্তর রাস্তার ব্যাংকিং কোণ 8.06°

$5.6^\circ < 8.06^\circ$

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

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

প্রশ্ন ১১



সি. বো. ২০১০।

- 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 দণ্ডটির প্রান্তবিন্দু হতে পরিবর্তন করে মধ্যবিন্দুতে নেওয়া হয়, তবে কোন ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক বেশি হবে — তোমার উত্তরের সপক্ষে গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. অভিকর্ষের প্রভাবে শূন্য স্থানে ভূমির সাথে তীর্থকভাবে উপরের দিকে নিষ্কিপ্ত 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, $F = 500 \text{ N}$

লম্ব দূরত্ব, $r = 1 \text{ m}$

সুতরাং নির্ণেয় টর্ক, $\tau = Fr \sin 90^\circ = 500 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 500 \text{ N}\cdot\text{m}$ (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,

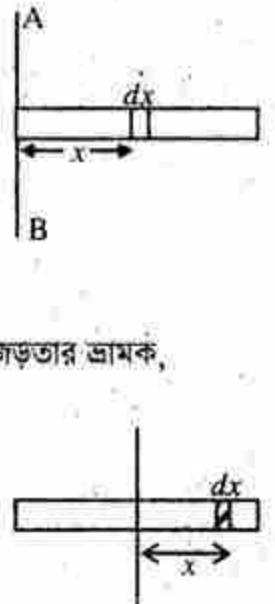
$I' = \int_{-l/2}^{l/2} \frac{M}{l} x^2 dx = \frac{M}{l} \left[\frac{x^3}{3} \right]_{-l/2}^{l/2}$

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

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

অর্থাৎ $I > I'$

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



প্রশ্ন ১২ 30 gm ভরের একটি মার্বেল 10 m.s^{-1} বেগে সোজা গিয়ে একটি স্থির মার্বেলকে ধাক্কা দেয়। ধাক্কার পর মার্বেলটি তার 75% বেগ হারায় এবং স্থির মার্বেলটি 9 m.s^{-1} বেগ লাভ করে স্থির অবস্থান থেকে 3 m দূরে একটি মাটির দেয়ালকে ধাক্কা দেয়, মাটির দেয়ালের বাধাদানকারী বল 3 N। (বাতাসের বাধা উপেক্ষা করে)। (সংশোধিত) /৪. বো. ২০১৭/

- ক. স্থিতিস্থাপক ক্রান্তি কাকে বলে? ১
খ. পরিমাপের সকল যন্ত্রের পিছট ত্রুটি থাকবে কিনা ব্যাখ্যা করো। ২
গ. স্থির মার্বেলটির ভর নির্ণয় করো। ৩
ঘ. মার্বেলটি দেয়ালের ভিতর কতটুকু ঢুকতে পারবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে তারের ওপর পীড়ন ক্রমাগত হ্রাস-বৃদ্ধি বা অনেকক্ষণ ধরে প্রয়োগ করলে এর স্থিতিস্থাপকতা হ্রাস পায় ফলে বল অপসারণের সাথে সাথে তা পূর্বের অবস্থা ফিরে পায় না, কিছুটা দেরি হয় বা আদৌ ফিরে পায় না। এ ঘটনাকে স্থিতিস্থাপক ক্রান্তি বলে।

খ পরিমাপের সকল যন্ত্রে পিছট ত্রুটি থাকে না। যে সকল যন্ত্র, নাট-স্ক্রু নীতির ওপর ভিত্তি করে তৈরী, শুধুমাত্র সেসব যন্ত্রে এই ধরনের ত্রুটি দেখা যায়। দীর্ঘদিন ব্যবহারের ফলে স্ক্রু ক্ষয় হয়ে ঢিলা হয়ে পড়ে ফলে স্ক্রুকে উভয় দিকে একই পরিমাণ ঘুরালে সরণ সমান হয় না। ফলে যে সব যন্ত্র নাট-স্ক্রু নীতির ওপর ভিত্তি করে তৈরী নয় সে সব যন্ত্রে পিছট ত্রুটি থাকে না। সুতরাং বলা যায়, পরিমাপের সকল যন্ত্রের পিছট ত্রুটি থাকবে না।

গ দেওয়া আছে,

প্রথম মার্বেলের ভর, $m_1 = 30 \text{ gm} = 0.03 \text{ kg}$

প্রথম মার্বেলের আদিবেগ, $u_1 = 10 \text{ m.s}^{-1}$

প্রথম মার্বেলের শেষবেগ, $v_1 = 10 - 10 \times 75\%$
 $= 2.5 \text{ m.s}^{-1}$

দ্বিতীয় মার্বেলের আদিবেগ, $u_2 = 0 \text{ m.s}^{-1}$

দ্বিতীয় মার্বেলের শেষবেগ, $v_2 = 9 \text{ m.s}^{-1}$

দ্বিতীয় মার্বেলের ভর, $m_2 = ?$

ভরবেগের নিত্যতা সূত্রানুসারে,

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

$$\text{বা, } m_2 (v_2 - u_2) = m_1 (u_1 - v_1)$$

$$\therefore m_2 = \frac{m_1 (u_1 - v_1)}{v_2 - u_2} = \frac{0.03 (10 - 2.5)}{9 - 0} = 0.025 \text{ kg}$$

$$= 25 \text{ gm (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

মার্বেলের আদিবেগ, $v_0 = 9 \text{ m.s}^{-1}$

শেষবেগ, $v = 0 \text{ m.s}^{-1}$

স্থির মার্বেলটির ভর, $m = 0.025 \text{ kg}$ [(গ) হতে নিয়ে]

মাটির দেয়ালের বাধাদানকারী বল, $F = -3 \text{ N}$

মনে করি, মার্বেলটি দেয়ালের মধ্যে $x \text{ m}$ প্রবেশ করবে।

কাজ-শক্তি উপপাদ্য অনুসারে,

$$F \cdot x = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$$

$$\therefore x = \frac{m(v^2 - v_0^2)}{2F}$$

$$= \frac{25 \times 10^{-3}}{2 \times (-3)} \times (0^2 - 9^2) \text{ m}$$

$$= 0.3375 \text{ m}$$

$$= 33.75 \text{ cm}$$

অতএব, মার্বেলটি দেয়ালের মধ্যে 33.75 cm প্রবেশ করবে।

প্রশ্ন ১৩ 8 kg ভরের একটি বস্তুকে 0.2m লম্বা দড়ি দিয়ে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের চারদিকে 2 rads^{-1} বেগে ঘুরান হচ্ছে। /৪. বো. ২০১৬/

- ক. ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র লিখ। ১
খ. রাস্তার বাকের ভিতরের প্রান্ত থেকে বাইরের প্রান্ত উচু হয় কেন? ২
গ. ঘূর্ণায়মান বস্তুটির কৌণিক ভরবেগ বের কর। ৩
ঘ. বস্তুটির ভর অর্ধেক হলে টর্কের কী রূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

১৩ 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 ফ্লেনো 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 8(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: $0.64 \text{ kgm}^2 \text{ s}^{-1}$

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,

বস্তুর প্রাথমিক ভর, $m_1 = 8 \text{ kg}$

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

ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বস্তুর দূরত্ব, $r = 0.2 \text{ m}$

ধরি, কৌণিক ত্বরণ = α

$$\text{প্রাথমিক টর্ক, } \tau_1 = I_1 \alpha = m_1 r^2 \alpha = 8 \times (0.2)^2 \alpha = 0.32 \alpha \text{ N.m}$$

$$\text{পরিবর্তিত টর্ক, } \tau_2 = I_2 \alpha = m_2 r^2 \alpha = 4 \times (0.2)^2 \alpha = 0.16 \alpha \text{ N.m}$$

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

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

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

প্রশ্ন ১৪ 60 kg ভরের একজন নৃত্যশিল্পী দুহাত প্রসারিত করে মিনিটে 20 বার ঘুরতে পারেন। তিনি একটি সংগীত এর সাথে তাল মেলানোর চেষ্টা করছিলেন। /৪. বো. ২০১৭/

- ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কি? ১
খ. নিজ অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণায়মান কোনো ব্যক্তির জড়তার ভ্রামক অর্ধেক হলে কৌণিক গতি দ্বিগুণ হয়— এর তাৎপর্য লিখ। ২
গ. নৃত্যশিল্পীকে সংগীত এর সাথে ঐকতানিক হতে মিনিটে 30 বার ঘুরলে জড়তার ভ্রামকদ্বয়ের তুলনা কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের নৃত্যশিল্পীর পরিবর্তিত কৌণিক গতিশক্তি দ্বিগুণ হবে কি? বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 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।

খ কোন সিস্টেমে বাইরে থেকে কোন টর্ক প্রযুক্ত না হলে কৌণিক ভরবেগের (L) কোন পরিবর্তন হয় না। নিজ অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণায়মান কোন ব্যক্তি তার হাত বা পা প্রসারিত করলে তার জড়তার ভ্রামক বেড়ে যায়, কিন্তু এতে কোন টর্ক বা ঘূর্ণন পরিবর্তনকারী বল প্রযুক্ত হয় না। তাই কৌণিক ভরবেগের কোন পরিবর্তন হয় না। একইভাবে ব্যক্তি যদি তার অঙ্গপ্রত্যঙ্গকে অক্ষের দিকে চাপিয়ে আনার চেষ্টা করে, তবে তার

জড়তার ভ্রামক কমে যায় এবং কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণশীলতার সূত্রানুযায়ী তার কৌণিক বেগ বৃদ্ধি পায়। $L = I\omega$ সূত্রানুসারে I এর মান অর্ধেক $\left(\frac{1}{2}\right)$ হলে L অপরিবর্তিত রাখার জন্য $L = I\omega = \left(\frac{1}{2}\right)(2\omega)$ হবে। অর্থাৎ কৌণিক ভরবেগের মান দ্বিগুণ হয়ে যাবে।

গ. দেওয়া আছে,

প্রথম ক্ষেত্রে প্রতি মিনিটে ঘূর্ণন সংখ্যা, $n_1 = 20$
দ্বিতীয় ক্ষেত্রে প্রতি মিনিটে ঘূর্ণন সংখ্যা, $n_2 = 30$

ধরা যাক,

১ম ক্ষেত্রে নৃত্যশিল্পীর জড়তার ভ্রামক I_1 এবং কৌণিক বেগ ω_1
এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক I_2 এবং কৌণিক বেগ ω_2

$$\omega_1 = \frac{2\pi n_1}{60} = \frac{2\pi \times 20}{60} = \frac{2}{3} \pi \text{ rad/sec.}$$

$$\text{এবং } \omega_2 = \frac{2\pi n_2}{60} = \frac{2\pi \times 30}{60} = \pi \text{ rad/sec.}$$

আবার কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণশীলতার সূত্রানুসারে,

$$I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$$

$$\therefore I_2 = \frac{\omega_1}{\omega_2} I_1 = \frac{\frac{2}{3} \pi}{\pi} I_1 = \frac{2}{3} I_1$$

সুতরাং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক প্রথম ক্ষেত্রে $\frac{2}{3}$ গুণ হবে। (Ans.)

ঘ. 'গ' অংশ থেকে পাই,

$$১ম ক্ষেত্রে কৌণিক কম্পাঙ্ক, \omega_1 = \frac{2}{3} \pi \text{ rad/sec.}$$

$$\text{পরিবর্তিত কৌণিক কম্পাঙ্ক, } \omega_2 = \pi \text{ rad/sec.}$$

$$১ম ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক = I_1$$

$$\text{পরিবর্তিত জড়তার ভ্রামক, } I_2 = \frac{2}{3} I_1$$

$$\text{সুতরাং ১ম ক্ষেত্রে কৌণিক গতিশক্তি, } E_1 = \frac{1}{2} I_1 \omega_1^2$$

$$\text{এবং পরিবর্তিত কৌণিক গতিশক্তি, } E_2 = \frac{1}{2} I_2 \omega_2^2$$

$$\therefore \frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{1}{2} I_2 \omega_2^2}{\frac{1}{2} I_1 \omega_1^2} = \frac{\frac{2}{3} I_1 \times \pi^2}{I_1 \times \left(\frac{2}{3}\right)^2 \pi^2} = \frac{2}{3} \times \frac{9}{4} = \frac{3}{2} = 1.5$$

$$\therefore E_2 = 1.5 E_1$$

অতএব, নৃত্যশিল্পীর পরিবর্তিত কৌণিক গতিশক্তি দ্বিগুণ নয় বরং 1.5 গুণ হবে।

প্রশ্ন ১৫. রেকর্ডিং কাজে ব্যবহৃত একটি গ্রামোফোন রেকর্ড প্রতি মিনিটে 10টি ঘূর্ণন সম্পন্ন করে। এতে 2টি ট্র্যাক এর ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 6 cm এবং 8 cm।

(ব. বো. ২০১৭)

ক. জড় কাঠামোর সংজ্ঞা লিখ।

১

খ. "গড়বেগ শূন্য হলেও গড়দ্রুতি কখন শূন্য হয় না" এর ব্যাখ্যা লিখ।

২

গ. গ্রামোফোন এর ট্র্যাক দুটির রৈখিক দ্রুতি নির্ণয় কর।

৩

ঘ. যদি গ্রামোফোন রেকর্ডটি 10% বেশি কৌণিক দ্রুতিতে ঘুরে তবে শব্দের তীব্রতার কোনো পরিবর্তন হবে কি? বিশ্লেষণ কর।

৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে প্রসঙ্গ কাঠামোয় নিউটনের গতিসূত্রসমূহ খাটে তাকে জড় কাঠামো বলে।

খ. 'গড়দ্রুতি কখনও শূন্য হয় না' উক্তিটি অযৌক্তিক। কোন নির্দিষ্ট সময় ব্যবধানে কোন বস্তুর আদি ও শেষ অবস্থানের মধ্যবর্তী সরলরৈখিক দূরত্বকে ঐ সময় ব্যবধান দ্বারা ভাগ করলে ঐ সময় ব্যবধানে বস্তুটির গড়বেগ পাওয়া যায়। আবার একই সময় ব্যবধানে

বস্তুটির মোট অতিক্রান্ত দূরত্বকে সময় ব্যবধান দ্বারা ভাগ করলে গড়দ্রুতি পাওয়া যায়। কোন বস্তু একটি বিন্দু থেকে রওনা দিয়ে আবার ঐ বিন্দুতে ফিরে আসলে তার গড়বেগ শূন্য হবে, কারণ তার আদি ও শেষ অবস্থান একই। কিন্তু তার অতিক্রান্ত ক্ষুদ্রতিক্ষুদ্র দূরত্বের বীজগাণিতিক সমষ্টি শূন্য হয় না বলে গড়দ্রুতি অশূন্য। তাই বলা যায় গড়বেগ শূন্য হলেও বস্তুটি সম্পূর্ণ সময় স্থির না থাকলে ঐ সময় ব্যবধানে গড়দ্রুতি কখনই শূন্য হয় না।

গ. দেওয়া আছে,

গ্রামোফোন রেকর্ড প্রতি মিনিটে 10টি ঘূর্ণন সম্পন্ন করে,

$$1টি ঘূর্ণন সম্পন্ন করতে প্রয়োজন সময়, T = \frac{60}{10} s = 6 s$$

$$\text{কৌণিক দ্রুতি, } \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{6} \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1} = \frac{\pi}{3} \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$\text{প্রথম ট্র্যাকের ব্যাসার্ধ, } r_1 = 6 \text{ cm} = 0.06 \text{ m}$$

$$\text{দ্বিতীয় ট্র্যাকের ব্যাসার্ধ, } r_2 = 8 \text{ cm} = 0.08 \text{ m}$$

আমরা জানি,

$$\text{রৈখিক দ্রুতি, } v = \omega r$$

$$\begin{aligned} ১ম ট্র্যাকের রৈখিক দ্রুতি, v_1 &= \omega r_1 = \frac{\pi}{3} \times 0.06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \\ &= 0.063 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ২য় ট্র্যাকের রৈখিক দ্রুতি, v_2 &= \omega r_2 = \frac{\pi}{3} \times 0.08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \\ &= 0.083 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ. 'গ' অংশ হতে পাই,

$$\omega = \frac{2\pi}{6} \text{ rad/s}$$

আবার,

$$\omega = 2\pi f$$

$$\therefore f = \frac{1}{6} \text{ Hz}$$

$$\begin{aligned} 10\% \text{ বৃদ্ধি পেলে, } f' &= \left(\frac{1}{6} + 0.1 \times \frac{1}{6}\right) \text{ s}^{-1} \\ &= \frac{11}{60} \text{ Hz} \end{aligned}$$

আমরা জানি,

$$I \propto f^2$$

$$\therefore \frac{I'}{I} = \frac{f'^2}{f^2} = \frac{\left(\frac{11}{60}\right)^2}{\left(\frac{1}{6}\right)^2} = \frac{121}{100}$$

সুতরাং তীব্রতার পরিবর্তনের হার,

$$\frac{I' - I}{I} = \frac{21}{100} = 0.21 = 21\%$$

অতএব, কৌণিক দ্রুতি 10% বেশি করলে শব্দের তীব্রতা পূর্বের তীব্রতার 21% বৃদ্ধি পাবে।

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 সূতার দৈর্ঘ্য বাড়িয়ে দিল।

(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 সূতার 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 সৃজনশীল ও এর 'গ' নং প্রশ্নোত্তর দেখো।

আমরা জানি, $a_c = \omega^2 r$
 $= (10.472 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1})^2 \times 0.9 \text{ m}$
 $= 98.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \text{ (Ans.)}$

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

মনে করি, বস্তুর আদি ভর $= m$

তাহলে আদি অবস্থায়,

কেন্দ্রমুখী বল তথা সূতার টান, $F_c = ma_c = m \times 98.7$
 $= 98.7m \text{ N}$

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

এক্ষেত্রে সূতার 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 সূতার দৈর্ঘ্যে পরিবর্তন (বৃদ্ধি) $= \frac{r' - r}{r} = \frac{\frac{3}{2}r - r}{r}$
 $= \frac{1}{2} = 50\%$

প্রশ্ন ১৭ পৃথিবীতে একজন মানুষের ওজন 600N. তাকে চাঁদে নিয়ে যাওয়া হল। পৃথিবীর ভর ও ব্যাসার্ধ; চাঁদের ভর ও ব্যাসার্ধের 81 ও 4 গুণ। [পৃথিবী ও চাঁদের কেন্দ্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব $38.6 \times 10^4 \text{ km}$]

(রিংপুর ক্যাডেট কলেজ)

- ক. সরল ছন্দিত গতি কাকে বলে? ১
- খ. ভূ-স্থির উপগ্রহ বলতে তুমি কী বুঝ? ২
- গ. উদ্দীপক অনুযায়ী লোকটি চাঁদে যাওয়ার পরে লোকটি কত ওজন হারাবে তা নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. চাঁদ ও পৃথিবীর কেন্দ্রের সংযোগ রেখা বরাবর পৃথিবীর কেন্দ্র হতে কত দূরে লোকটি ওজনহীনতা অনুভব করবে- গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সরল পথে স্পন্দনরত কোনো বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এর যেকোনো মুহূর্তের ত্বরণ, সাম্যাবস্থান হতে সরণের সমানুপাতিক কিন্তু বিপরীতমুখী হয়, তবে ঐ বস্তুকণার গতিকে সরল ছন্দিত গতি বলে।

খ পৃথিবীর পৃষ্ঠ হতে নির্দিষ্ট উচ্চতার কক্ষপথে আবর্তনশীল কোন কৃত্রিম উপগ্রহের পৃথিবীর চারপাশে আবর্তনকাল যদি পৃথিবীর আক্ষিক পর্যায়কালের সমান অর্থাৎ 24 hours হয় এবং আবর্তনের দিক পৃথিবীর আদি আবর্তনের দিকবর্তী হয়। তবে ভূ-পৃষ্ঠের একটি দর্শকের কাছে কৃত্রিম উপগ্রহটিকে স্থির বলে মনে হবে। এ ধরনের আপাত স্থির উপগ্রহকে ভূ-স্থির উপগ্রহ বলে।

গ চাঁদে অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g_m = \frac{GM_m}{R_m^2}$$

$$= \frac{G \frac{M_e}{81}}{\frac{R_e^2}{16}}$$

$$= \frac{16}{81} \frac{GM_e}{R_e^2} = \frac{16}{81} g_e$$

∴ চাঁদে নিয়ে যাওয়ার পর ব্যক্তির ওজন, $W_m = mg_m$ (m = ব্যক্তির ভর)

$$= \frac{16}{81} mg_e$$

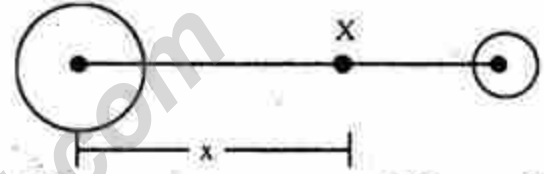
$$= \frac{16}{81} W_e$$

$$= \frac{16}{81} \times 600 \text{ N}$$

$$= 118.5 \text{ N}$$

∴ চাঁদে হারানো ওজন $= (600 - 118.5) \text{ N}$
 $= 481.5 \text{ N (Ans.)}$

ঘ



ধরা যাক, পৃথিবীর কেন্দ্র হতে x দূরত্বে ব্যক্তিটি ওজনহীনতা অনুভব করবে।

∴ $AX = x$

∴ $BX = (38.6 \times 10^7 - x) \text{ m}$,

[দেওয়া আছে, পৃথিবী ও চাঁদের দূরত্ব $38.6 \times 10^4 \text{ m}$]

X বিন্দুতে ব্যক্তিটির ওজনহীনতা অনুভূত হতে হলে এ বিন্দুতে পৃথিবী ও চাঁদের আকর্ষণ সমান হতে হবে।

∴ $F_e = F_m$

$\Rightarrow \frac{GM_{em}}{(AX)^2} = \frac{GM_m m}{(BX)^2}$

$\Rightarrow \frac{81M_m}{x^2} = \frac{M_m}{(38.6 \times 10^7 - x)^2}$

$\Rightarrow \frac{9}{x} = \frac{1}{38.6 \times 10^7 - x}$

∴ $x = 34.7 \times 10^7 \text{ m}$

$= 34.7 \times 10^4 \text{ km}$

অতএব, পৃথিবীর কেন্দ্র হতে $34.7 \times 10^4 \text{ km}$ দূরে ব্যক্তিটি ওজনহীনতা অনুভব করবে।

প্রশ্ন ১৮ কোনো একটি স্থানে রেললাইনে মিটার গেজ এবং ব্রডগেজ-

এ লাইনদ্বয়ের মধ্যে ব্যবধান যথাক্রমে 0.8m এবং 1.3m। ঐ স্থানে রেলপথে বক্রতার ব্যাসার্ধ 600m. ভেতরের লাইন থেকে বাহিরের লাইনের উচ্চতা মিটার গেজের ক্ষেত্রে 7cm এবং ব্রডগেজের ক্ষেত্রে 11.37cm।

(কৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম)

- ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কী? ১
- খ. স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলতে কী বোঝায়? ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. মিটার গেজের জন্য ব্যাংকিং কোণ নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের তথ্যানুযায়ী গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ণয় করো- কোন লাইনে রেলগাড়ি অধিকতর বেগে চলতে সক্ষম হবে? ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো দৃঢ় বস্তুর অভ্যন্তরীণ বা আশেপাশের এমন একটি বিন্দু যার মধ্যে বস্তুটির সমস্ত ভর পুঞ্জীভূত বিবেচনা করলে কোন অক্ষ সাপেক্ষে বিন্দুটির জড়তার ভ্রামক, ঐ একই অক্ষ সাপেক্ষে দৃঢ় বস্তুটির জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তবে অক্ষ হতে ঐ বিন্দুর দূরত্বকে ঐ অক্ষ সাপেক্ষে বস্তুটির চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

খ যে সকল সংঘর্ষে গতিশক্তি সংরক্ষিত থাকে, তাদের স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে। দুই বা ততোধিক বস্তুর মধ্যে সংঘর্ষ হলে এদের ভরবেগ সর্বদা সংরক্ষিত থাকে। কিন্তু তাদের গতিশক্তি সবসময় সংরক্ষিত থাকে না। অর্থাৎ সংঘর্ষের পূর্বের গতিশক্তির সমষ্টি এবং সংঘর্ষ পরবর্তী গতিশক্তির সমষ্টি সর্বদা সমান হয় না। সাধারণত সংঘর্ষ চলাকালীন সময়ে কিছু গতিশক্তি অন্য শক্তিতে (শব্দ, তাপ, আলোক) রূপান্তরিত হয়। কিন্তু স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে ভরবেগের পাশাপাশি গতিশক্তিও সংরক্ষিত থাকে। এ ধরনের সংঘর্ষের পূর্বে ও পরে বস্তুদ্বয়ের মধ্যবর্তী আপেক্ষিক বেগ পরস্পর সমান ও বিপরীত হয়। তাই এ ধরনের সংঘর্ষে কখনোই বস্তুদ্বয় মিলিত হয় না। উচ্চশক্তির কণা পদার্থবিজ্ঞানে আলোচিত সংঘর্ষগুলো স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ।

গ ৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 5.02°

ঘ ৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: যেহেতু $\theta_1 > \theta_2$ তাই $v_1 > v_2$ অতএব, মিটার গেজ লাইনে ট্রেন দ্রুত চলবে।

প্রশ্ন ১৯ বৃত্তাকার চাকতির ব্যাসার্ধ $R = 3\text{m}$, পুরুত্ব $t = 0.5\text{m}$, মোট ভর $M = 5\text{kg}$ এবং কেন্দ্রীয় অক্ষ সাপেক্ষে মোট আয়তন V ।

(বিশাল ক্যাডেট কলেজ)

- ক. টর্ক কী? ১
- খ. বিভিন্ন বস্তুর জড়তার ভ্রামক বিভিন্ন কেন? ২
- গ. উদ্ভীপকের বস্তুটির জড়তার ভ্রামক নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. যদি চাকতির ভর 7kg হয় তবে জড়তার ভ্রামক পূর্বের তুলনায় বৃদ্ধি পাবে কী? উত্তরের গাণিতিক যুক্তি দাও। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ বিভিন্ন বস্তুর জড়তার ভ্রামক বিভিন্ন : কোনো নির্দিষ্ট সরলরেখা থেকে কোন দৃঢ় বস্তুর প্রত্যেকটি কণার লম্ব দূরত্বের বর্গ এবং এদের প্রত্যেকের ভরের গুণফলের সমষ্টিকে ঐ সরলরেখার সাপেক্ষে বস্তুর জড়তার ভ্রামক বলে। বিভিন্ন বস্তুর ভর বিভিন্ন হয় এবং ঐ নির্দিষ্ট রেখা থেকে তাদের দূরত্বও বিভিন্ন। অর্থাৎ তাদের জড়তার ভ্রামক বিভিন্ন হবে।

গ কেন্দ্রীয় অক্ষের সাপেক্ষে চাকতিটির জড়তার ভ্রামক,

$$I = \frac{1}{2} MR^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 5 \times 3^2$$

$$= 22.5 \text{ kg.m}^2 \text{ (Ans.)}$$

ঘ প্রথম ক্ষেত্রে, কেন্দ্র অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক

$$I = \frac{1}{2} M_1 R^2$$
 এখানে,
 প্রথম অবস্থায় চাকতির ভর,
 $M_1 = 5 \text{ kg}$
 দ্বিতীয় অবস্থায় ভর, $M_2 = 7 \text{ kg}$
 ব্যাসার্ধ, $R = 3\text{m}$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, $I_2 = \frac{1}{2} M_2 R^2$

$$\text{এখন, } \frac{I_2}{I_1} = \frac{M_2}{M_1}$$

$$\text{বা, } I_2 = \frac{7}{5} \times I_1$$

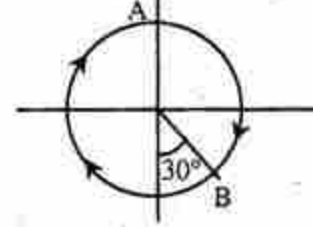
$$= 1.4 I_1$$

$$= I_1 + 0.4 I_1$$

$$= I_1 + 40\% I_1$$

অর্থাৎ ভর 7kg করা হলে জড়তার ভ্রামক পূর্বের তুলনায় 40% বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ২০ 200 gm ভরের একটি পাথরকে 3ms^{-1} বেগে উল্লম্বতলে 50cm ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে ঘুরানো হচ্ছে।



(নটর ডেম কলেজ)

- ক. বলের ভ্রামক কী? ১
- খ. হাত গুটানো বা প্রসারিত অবস্থায় ঘুরলে কোন ক্ষেত্রে কৌণিক বেগ বেশি হবে - ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. বস্তুটির কম্পাঙ্ক কত? ৩
- ঘ. A ও B অবস্থানের মধ্যে বস্তুটির উপর সূতার টান কোথায় বেশি-গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণায়মান কোনো বস্তুতে ত্বরণ সৃষ্টির জন্য প্রযুক্ত বল এবং ঘূর্ণন বিন্দু হতে বলের ক্রিয়া রেখার ওপর লম্ব দূরত্বের গুণফলকে বলের ভ্রামক বলে।

খ হাত গুটানো অপেক্ষা হাত প্রসারিত অবস্থায় কোনো ঘূর্ণায়মান ব্যক্তির ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক বেড়ে যায়। কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হতে পাই, $I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$ ফলে, জড়তার ভ্রামক I কমলে কৌণিক বেগ বাড়ে এবং I বাড়লে কৌণিক বেগ কমে।

তাই হাত গুটানো অবস্থায়, প্রসারিত অবস্থা অপেক্ষা কৌণিক বেগ বেশি হবে।

গ পাথরটির কম্পাঙ্ক f হলে, পাথরটির রৈখিক বেগ, $v = \omega r$
 বা, $v = 2\pi f r$
 বা, $f = \frac{v}{2\pi r} = 0.95 \text{ Hz (Ans.)}$

এখানে,
 পাথরটির রৈখিক বেগ, $v = 3\text{ms}^{-1}$
 বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, $r = 50 \text{ cm}$
 $= 0.5 \text{ m}$



উল্লম্ব তলের সর্বোচ্চ বিন্দুতে বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল কেন্দ্রবিমুখী বল $= \frac{mv^2}{r}$
 বস্তুর ওজন $= mg$
 সূতার টান $= T_A$

এখানে,
 $m = 200 \text{ gm} = 0.2\text{kg}$
 $v = 3\text{ms}^{-1}$
 $r = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}$

সাম্যাবস্থায় লব্ধি বল শূন্য।

$$\Sigma F = 0$$

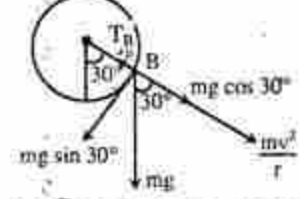
$$\frac{mv^2}{r} - mg - T_A = 0$$

$$\text{বা, } T_A = \frac{mv^2}{r} - mg$$

$$= m \left(\frac{v^2}{r} - g \right)$$

$$= 0.2 \left(\frac{3^2}{0.5} - 9.8 \right)$$

$$= 1.64 \text{ N}$$



B বিন্দুতে বস্তুর ওজনের অনুভূমিক উপাংশ $mg \cos 30^\circ$ কেন্দ্রের বাহিরের দিকে কাজ করে এবং উল্লম্ব উপাংশ $mg \sin 30^\circ$ বস্তুটিকে নিচের দিকে আনতে কাজ করে।

এখন, সূতা বরাবর লব্ধি বল শূন্য।

$$\therefore \frac{mv^2}{r} + mg \cos 30^\circ - T_B = 0$$

$$\text{বা, } T_B = m \left(\frac{v^2}{r} + g \cos 30^\circ \right)$$

$$= 0.2 \left(\frac{3^2}{0.5} + 9.8 \times \cos 30^\circ \right)$$

$$= 5.3 \text{ N} > T_A$$

অতএব, B অবস্থানে সূতার টান বেশি।

প্রশ্ন ২১ একজন বালক 0.25kg ভরের একটি পাথর খণ্ডকে একটি লম্বা সূতার এক প্রান্তে বেঁধে বৃত্তাকার পথে প্রতি মিনিটে 90 বার ঘুরাচ্ছে। ১ম মিনিটে সূতার দৈর্ঘ্য ছিল 0.25m। বালকটি এক মিনিট পর পর সূতার দৈর্ঘ্য 0.25m করে বাড়চ্ছিল।

(রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা)

ক. প্রাস কি? ১

খ. সর্বাধিক উচ্চতায় প্রাসের বেগ কিরূপ হয় ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত পাথর খণ্ডটির ১ মিনিট পর রৈখিক বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. সূতাটি সর্বোচ্চ 30N বল সহ্য করলে বালকটি 6 মিনিট পাথরটিকে ঘুরাতে পারবে কি না যাচাই কর। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ আমরা জানি, অনুভূমিক দিকে কোনো ত্বরণ না থাকায় প্রাসের অনুভূমিক বেগ অপরিবর্তিত থাকে, কিন্তু অভিকর্ষজ ত্বরণের কারণে উল্লম্ব বেগের উল্লম্ব উপাংশ পরিবর্তিত হয়। প্রাসের সর্বোচ্চ বিন্দুতে বেগের শুধু অনুভূমিক উপাংশ থাকে, উল্লম্ব উপাংশ শূন্য হয়। ফলে এ বিন্দুতে লব্ধি বেগ অনুভূমিক উপাংশের সমান হয়। কিন্তু অন্য যে কোনো বিন্দুতে বেগের অনুভূমিক ও উল্লম্ব উভয় উপাংশ থাকে। ফলে লব্ধি বেগের মান বেগের অনুভূমিক উপাংশ অপেক্ষা বড় হয়। তাই সর্বোচ্চ বিন্দুতে প্রাসের বেগ সর্বাপেক্ষা কম হয়।

গ দেওয়া আছে, বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, $r = 0.25\text{m}$

ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 90$

সময়কাল, $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ sec}$

বের করতে হবে, রৈখিক বেগ, $v = ?$

আমরা জানি, $v = \omega r$ [$\omega =$ কৌণিক বেগ]

$$= \frac{2\pi N}{t} r = \frac{2 \times 3.1416 \times 90}{60 \text{ sec}} \times 0.25\text{m}$$

$$= 2.356 \text{ ms}^{-1} (\text{Ans.})$$

ঘ 6 মিনিটে সূতার দৈর্ঘ্য হবে, $r = 0.25\text{m} + (6 - 1) \times 0.25\text{m}$
 $= 1.5\text{m}$

একই কৌণিক বেগে ঘুরাতে থাকলে ৬ষ্ঠ মিনিটে প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী

$$\text{বল, } F_c = m\omega^2 r = 0.25\text{kg} \times \left(\frac{2 \times 3.1416 \times 90 \text{ rad}}{60 \text{ sec}} \right)^2 \times 1.5\text{m}$$

$$= 33.3\text{N}$$

কিন্তু সূতার টানের মাধ্যমে সর্বোচ্চ 30N কেন্দ্রমুখী বল যোগান দেওয়া সম্ভব। সূতরাং বালকটি 6 মিনিট পাথরটিকে ঘুরাতে পারবে না।

প্রশ্ন ২২ তামান্না সার্কাস দেখাতে গিয়ে দুই হাত প্রসারিত করে 1 rev s^{-1} বেগে ঘুরছিল। ঘুরতে ঘুরতে ক্লান্ত হয়ে যাওয়ায় সে শক্তি ব্যয় কমানোর জন্য দুই হাত গুটিয়ে নেয়। এতে তার জড়তার ভ্রামক 80 ভাগ কমে যায়।

উদ্দীপকটি পড় এবং নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:

(আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা)

ক. সংঘর্ষ কাকে বলে? ১

খ. রাস্তার ফাঁকে ব্যাংকিং করা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. হাত গুটানো অবস্থায় প্রতি সেকেন্ডে তামান্নার ঘূর্ণন সংখ্যা কত ছিল? ৩

ঘ. শক্তি ব্যয় কমানোর জন্য তামান্নার গৃহীত পদক্ষেপ সঠিক ছিল কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে যাচাই করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরস্পর আপেক্ষিক বেগ বিশিষ্ট দুই বা ততোধিক বস্তুর সংস্পর্শে অতি অল্প সময়ে পরস্পরের উপর বড় মানের বল প্রয়োগ করে ভরবেগের লক্ষ্যনীয় পরিবর্তন হওয়ার ঘটনাই সংঘর্ষ।

খ কোনো সাইকেল আরোহী বা কোনো দৌড়বিদকে যখন বাঁক নিতে হয় তখন সাইকেলসহ আরোহীকে বা দৌড়বিদকে বাঁকের ভেতরের দিকে অর্থাৎ বৃত্তাকার পথের কেন্দ্রের দিকে কাত হয়ে বাঁক নিতে হয়। সোজাভাবে বাঁক নিতে গেলে উল্টে পড়ে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। এর কারণ হলো, বৃত্তাকার পথে সাইকেল চালানোর জন্য বৃত্তাকার পথের কেন্দ্রের দিকে অনুভূমিক বরাবর একটা কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন হয়। এ সময় উল্লম্ব তলের সাথে সাইকেল আরোহী বা দৌড়বিদ যে কোণে হেলে থাকেন তাকে ব্যাংকিং কোণ বলে। তবে চার চাকার যানবাহনের পক্ষে এভাবে কাত হওয়া সম্ভব নয়। তাই রাস্তার মোড়ে বা বাঁকে রাস্তা সামান্য কাত করে তৈরি করা হয়। রাস্তার উত্তাল ঢালুতা বা আনতি কোণকে এর ব্যাংকিং বলে। এর উদ্দেশ্য হলো, মোড় বা বাঁক ঘোরার সময় প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেওয়া।

গ এখন, কৌণিক ভরবেগ,

$$L = I\omega$$

কৌণিক ভরবেগ সংরক্ষিত থাকলে,

$$I_1\omega_1 = I_2\omega_2$$

$$\therefore \omega_2 = \frac{I_1\omega_1}{I_2}$$

$$= \frac{I_1 \times 1}{0.2 I_1}$$

$$= 5 \text{ rev s}^{-1} (\text{Ans.})$$

এখানে,

আদি ঘূর্ণন সংখ্যা $\omega_1 = 1 \text{ rev s}^{-1}$

আদি জড়তার ভ্রামক $= I_1$

হাত গুটানোর পরে জড়তার ভ্রামক,

$$I_2 = I_1 - \frac{80}{100} I_1$$

$$= 0.2 I_1$$

শেষ ঘূর্ণন সংখ্যা, $\omega_2 = ?$

ঘ হাত প্রসারিত অবস্থায় তামান্নার গতিশক্তি $(K.E)_1$ হলে,

$$(K.E)_1 = \frac{1}{2} I_1 \omega_1^2$$

হাত গুটানো অবস্থায় গতিশক্তি $(K.E)_2$ হলে,

$$(K.E)_2 = \frac{1}{2} I_2 \omega_2^2$$

এখন,

$$\frac{(K.E)_2}{(K.E)_1} = \frac{\frac{1}{2} I_2 \omega_2^2}{\frac{1}{2} I_1 \omega_1^2}$$

এখন, 'গ' হতে পাই, $\omega_2 = 5 \text{ rev s}^{-1}$
 $= 5 \times 2\pi \text{ rad s}^{-1}$
 $= 10\pi \text{ rad s}^{-1}$

আদি ঘূর্ণন বেগ, $\omega_1 = 1 \text{ rev s}^{-1}$
 $= 2\pi \text{ rad s}^{-1}$

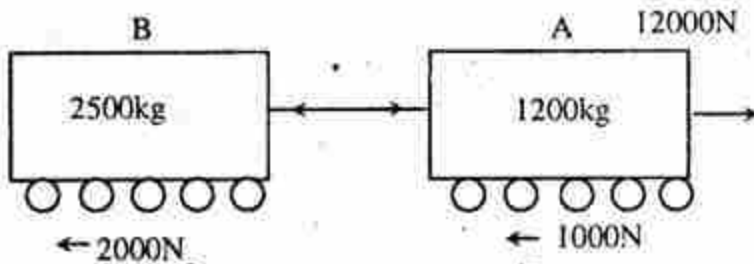
উদ্দীপক হতে, হাত গুটানো অবস্থায় জড়তার ভ্রামক, $I_2 = I_1 - 0.8 I_1$
 $= 0.2 I_1$

$\therefore \frac{(K.E)_2}{(K.E)_1} = \frac{\frac{1}{2} \times 0.2 I_1 \times (10\pi)^2}{\frac{1}{2} \times I_1 \times (2\pi)^2}$

$(K.E)_2 = 5(K.E)_1$

অর্থাৎ তার ঘূর্ণন গতিশক্তি পূর্বের তুলনায় 20 গুণ বেড়ে গেছে অর্থাৎ তাকে আরো 20 গুণ বেশি কাজ করতে হবে। অতএব, তার সিঁধ্যান্ত সঠিক ছিল না।

প্রশ্ন ২৩



চিত্রে A এবং B গাড়ীকে একত্রে 12000N বলে টানা হচ্ছে। A এবং B এর উপর ঘর্ষণ বলদ্বয় যথাক্রমে 1000N এবং 2000N।

[ডিকারুনিসা নুন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

- ক. নিউটনের ৩য় সূত্র লিখ ঘূর্ণন গতির জন্য। ১
 খ. কৌণিক ভরবেগের মাত্রা সমীকরণ নির্ণয় কর। ২
 গ. উদ্দীপকের গাড়ি দুইটির ত্বরণ কত? ৩
 ঘ. A এবং B এর সংযোগ দণ্ডের উপর টান নির্ণয় কর। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক টর্কের সমান ও বিপরীত মুখী টর্ক আছে।

খ কৌণিক ভরবেগ = রৈখিক ভরবেগ \times ব্যাসার্ধ

\therefore কৌণিক ভরবেগের মাত্রা = রৈখিক ভরবেগের মাত্রা \times দৈর্ঘ্যের মাত্রা

ভরের মাত্রা \times বেগের মাত্রা \times দৈর্ঘ্যের মাত্রা

$= \text{ভরের মাত্রা} \times \frac{\text{দৈর্ঘ্যের মাত্রা}}{\text{সময়ের মাত্রা}} \times \text{দৈর্ঘ্যের মাত্রা}$

$= \frac{\text{ভরের মাত্রা} \times (\text{দৈর্ঘ্যের মাত্রা})^2}{\text{সময়ের মাত্রা}}$

$= \frac{ML^2}{T} = ML^2T^{-1}$

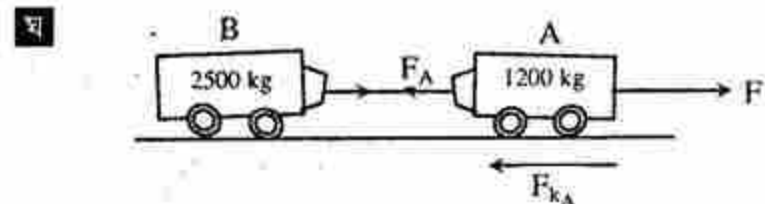
\therefore কৌণিক ভরবেগের মাত্রা সমীকরণ $[L] = ML^2T^{-1}$

গ গাড়ি দুইটির ত্বরণ হবে একই। ধরি, গাড়িদ্বয়ের ত্বরণ, a

$\therefore F - F_k = Ma$

বা, $a = \frac{F - F_k}{M}$
 $= \frac{12000 - 3000}{3700}$
 $= 2.43 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$

এখানে,
 প্রযুক্ত বল, $F = 12000 \text{ N}$
 মোট ঘর্ষণ বল,
 $F_k = 2000 + 1000 = 3000 \text{ N}$
 মোট ভর, $M = 2500 + 1200$
 $= 3700 \text{ kg}$



সংযোগদণ্ডের উপর টান যদি F_B হয়।

তবে $\Sigma F = m_B a$

বা, $F_B - F_f = m_B a$

বা, $F_B = F_f + m_B a$

$= [2000 + 2500 \times 2.43] \text{ N}$
 $= 8075 \text{ N}$

অতএব, সংযোগ দণ্ডের উপর টান 8075 N।

প্রশ্ন ২৪ মেগাসিটি ঢাকার যোগাযোগ ব্যবস্থার স্বপ্নের বাস্তবায়ন মেট্রোরেল প্রকল্প। মাইলস্টোন কলেজের সামনে থেকে শুরু হওয়া মেট্রোরেলের লাইন দিয়ে একটি চলন্ত মেট্রো টেন যেন সর্বোচ্চ 50 kmh^{-1} বেগে বাক নিতে পারে তার জন্য প্রকল্পের প্রযুক্তিবিদগণ বাকের ব্যাসার্ধ 200m নির্ধারণ করেন। লাইনটির পাত দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 1.2 m।

[মাইলস্টোন কলেজ]

- ক. উদ্ভয়নকাল কাকে বলে? ১
 খ. নৃত্যশিল্পী নাচতে গিয়ে ঘূর্ণনের সময় দুই হাত ভাঁজ করে নেয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
 গ. নির্মানাধীন বাকটির ব্যাংকিং কোণ নির্ণয় কর। ৩
 ঘ. মেট্রোট্রেনটি আরও 10 kmh^{-1} বেশি বেগে বাক নিতে চাইলে লাইনটির কি ধরনের পরিবর্তন প্রয়োজন? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

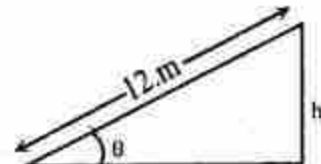
২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিষ্কিপ্ত বস্তু বা প্রাসের নিষ্কেপের পর আবার ভূ-পৃষ্ঠে ফিরে আসতে যে সময় লাগে তাকে উদ্ভয়নকাল 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 ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র $(I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2)$ অনুসারে একই পরিমাণ টর্কের সাহায্যে তার দেহের কৌণিক বেগ বৃদ্ধি পাবে।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 5.62°

ঘ



'গ' থেকে পাই, ব্যাংকিং কোণ, $\theta_1 = 5.62^\circ$ । এখন, যদি মেট্রোট্রেনটি আরও 10 kmh^{-1} বা 2.78 ms^{-1} বেশি বেগে যেতে চায় তবে $\tan \theta = \frac{v^2}{rg}$ হতে দেখা যাচ্ছে, হয়, $\tan \theta$ তথা θ এর মান বাড়াতে হবে অথবা, r এর মান বাড়াতে হবে।

যদি এক্ষেত্রে নতুন ব্যাংকিং কোণ

এখানে,

θ_2 হয় তবে, $\tan \theta_2 = \frac{v^2}{rg}$

ট্রেনের বেগ, $v = 50 + 10$
 $= 60 \text{ kmh}^{-1}$
 $= 16.67 \text{ ms}^{-1}$

বা, $\theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{v^2}{rg} \right)$
 $= \tan^{-1} \left(\frac{16.67^2}{200 \times 9.81} \right)$
 $= 8.07^\circ$

\therefore নতুন ব্যাংকিং কোণ, $\theta_2 = 8.07^\circ$

ব্যাংকিং কোণ বাড়াতে হবে, $\Delta \theta = \theta_2 - \theta_1 = 2.45^\circ$

অর্থাৎ লাইনটির বাইরের পাত কে ভেতরের পাতের চাইতে h পরিমাণ উঁচুতে রাখতে হবে।

যেখানে, $\sin \theta_2 = \frac{h}{x}$

বা, $h = 2x \sin \theta_2$
 $= 1.2 \sin 8.07^\circ$
 $= 0.169 \text{ m}$

আর ব্যাসার্ধ বাড়তে চাইলে,

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

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

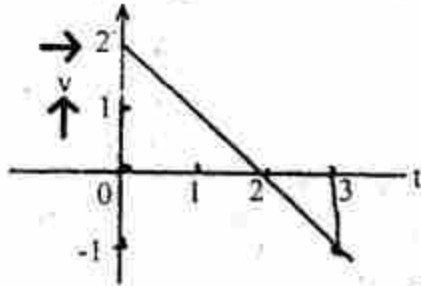
$$= \frac{16.67^2}{9.81 \times \tan(5.62^\circ)}$$

$$= 287.87 \text{ m}$$

অর্থাৎ, নতুন লাইনের ব্যাসার্ধ হতে হবে 287.87 m।

অতএব, ট্রেনটি আরও 10 kmh^{-1} বেশি বেগে বাক নিতে চাইলে লাইনটির বাইরের পাতকে অধিক উঁচু করা কিংবা লাইনের ব্যাসার্ধ বাড়ানো যেতে পারে।

প্রশ্ন ২৫ একটি বালক সুতায় 0.1 kg ভরের পাথর বেঁধে মাথার উপর অনুভূমিকভাবে ঘুরাতে লাগল। যে কোন অবস্থানে ঘূর্ণরত পাথরটি ব্যাসার্ধ ভেক্টর $\vec{r}_1 = (2\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k}) \text{ m}$ এবং প্রযুক্ত বল $\vec{F} = (6\hat{i} + 3\hat{j} - 3\hat{k}) \text{ N}$ কিছুক্ষণ পর বালকটি বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ পরিবর্তন করে $\vec{r}_2 = (4\hat{i} + 4\hat{j} - 2\hat{k}) \text{ m}$ করল এবং একই বল প্রযুক্ত করে পাথরটি ঘোরাতে লাগল।



[যদি ক্রস কনজ, ঢাকা]

- ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে? ১
- খ. চিত্র অনুসারে কোন বস্তুর সরণ কত? ২
- গ. r_1 ব্যাসার্ধের পাথরটির উপর প্রযুক্ত টর্কের মান কত? ৩
- ঘ. ব্যাসার্ধের পরিবর্তন করায় বালকটি ঘূর্ণনের কী পরিবর্তন লক্ষ্য করা যাবে -গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 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।

খ চিত্রানুসারে,

বেগ (v) বনাম সময় (t) এর সমীকরণ :

$$\frac{v}{2} + \frac{t}{2} = 1$$

$$\text{বা, } v + t = 2$$

$$\text{বা, } v = -t + 2$$

$$\therefore \text{বস্তুর সরণ, } s = \int_0^3 v dt$$

$$= \int_0^3 (-t + 2) dt$$

$$= \left[-\frac{1}{2}t^2 + 2t \right]_0^3$$

$$= \left[-\frac{1}{2} \times (3^2 - 0) + 2 \times (3 - 0) \right] \text{ m}$$

$$= \left[-\frac{9}{2} + 6 \right] \text{ m}$$

$$= [6 - 4.5] \text{ m}$$

$$= 1.5 \text{ m}$$

অতএব, বস্তুটির সরণ 1.5 m।

গ দেওয়া আছে,

$$\vec{r}_1 = (2\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k}) \text{ m}$$

$$\vec{F}_1 = (6\hat{i} + 3\hat{j} - 3\hat{k}) \text{ m}$$

বের করতে হবে, টর্ক $\vec{\tau} = ?$

আমরা জানি,

$$\vec{\tau} = \vec{r}_1 \times \vec{F}_1$$

$$= \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 2 & 2 & -1 \\ 6 & 3 & -3 \end{vmatrix}$$

$$= \hat{i}(-6 + 3) - \hat{j}(-6 + 6) + \hat{k}(6 - 12)$$

$$= -3\hat{i} - 0\hat{j} - 6\hat{k}$$

$$= -3\hat{i} - 6\hat{k}$$

$$\text{অতএব, টর্কের মান, } |\vec{\tau}| = \sqrt{(-3)^2 + (-6)^2} \text{ N.m}$$

$$= \sqrt{45} \text{ N.m (Ans.)}$$

ঘ 'গ' থেকে পাই,

$$r_1 \text{ ব্যাসার্ধের জন্য টর্ক, } \vec{\tau}_1 = -3\hat{i} - 6\hat{k}$$

$$\tau_1 = \sqrt{45} \text{ N}$$

আবার, r_2 ব্যাসার্ধের জন্য টর্ক, $\vec{\tau}_2 = \vec{r}_2 \times \vec{F}$

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

$$= [-6\hat{i} - 12\hat{k}] \text{ Nm}$$

$$\therefore \tau_2 = [(-6)^2 + (-12)^2] \text{ Nm}$$

$$= 6\sqrt{5} \text{ N.m}$$

r_1 ব্যাসার্ধের জন্য পাথরটির জড়তার ভ্রামিকা,

$$I_1 = m |\vec{r}_1|^2$$

$$= 0.1 \times |2\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k}|^2 \text{ kgm}^2$$

$$= 0.1 \times [\sqrt{2^2 + 2^2 + (-1)^2}]^2 \text{ kgm}^2$$

$$= 0.9 \text{ kgm}^2$$

r_2 ব্যাসার্ধের জন্য পাথরটির জড়তার ভ্রামিকা,

$$I_2 = m |\vec{r}_2|^2$$

$$= 0.1 \times |4\hat{i} + 4\hat{j} - 2\hat{k}|^2$$

$$= 3.6 \text{ kgm}^2$$

$$\therefore r_1 \text{ ব্যাসার্ধের জন্য কৌণিক ত্বরণ, } \vec{\alpha}_1 = \frac{\vec{\tau}_1}{I_1}$$

$$= \frac{-3\hat{i} - 6\hat{k}}{0.9} \text{ rads}^{-2}$$

$$= \left(-\frac{10}{3}\hat{i} - \frac{20}{3}\hat{k}\right) \text{ rads}^{-2}$$

$$\therefore |\vec{\alpha}_1| = \sqrt{\left(-\frac{10}{3}\right)^2 + \left(-\frac{20}{3}\right)^2} \text{ rads}^{-2}$$

$$= 7.45 \text{ rads}^{-2}$$

$$\therefore r_2 \text{ ব্যাসার্ধের জন্য কৌণিক ত্বরণ, } \vec{\alpha}_2 = \frac{\vec{\tau}_2}{I_2}$$

$$= \frac{-6\hat{i} - 12\hat{k}}{3.6} \text{ rads}^{-2}$$

$$= \left(-\frac{5}{3}\hat{i} - \frac{10}{3}\hat{k}\right) \text{ rads}^{-2}$$

$$\therefore |\vec{\alpha}_2| = \sqrt{\left(-\frac{5}{3}\right)^2 + \left(-\frac{10}{3}\right)^2} \text{ rads}^{-2}$$

$$= 3.73 \text{ rads}^{-2}$$

$$\therefore \vec{\alpha}_1 \neq \vec{\alpha}_2$$

অতএব, ব্যাসার্ধের পরিবর্তনের ফলে বালকটি লক্ষ্য করল যে পাথরটি ভিন্ন ব্যাসার্ধের কক্ষপথে ঘুরলে এর কৌণিক ত্বরণ সমান থাকে না।

প্রশ্ন ২৬ ঢাকা থেকে রাজশাহী যাওয়ার পথে কোনো এক জায়গায় রাস্তার বাঁকের ব্যাসার্ধ 200 m এবং রাস্তার প্রস্থ 4m। 1500 kg ভরের একটি গাড়ী নিয়ে একজন গাড়ি চালক ঐ স্থানে সর্বোচ্চ 40 kmh⁻¹ বেগে নিরাপদে বাঁক নিতে পারে। রাস্তা সংস্কারের সময় ইঞ্জিনিয়ারগণ গাড়ীর বেগ বৃদ্ধির জন্য ব্যাংকিং কোণ দ্বিগুণ করে দিলেন।

[বীরশ্রেষ্ঠ নূর মোহাম্মদ পাবলিক স্কুল]

- ক. কার্ল কাকে বলে? ১
খ. পানি ভর্তি বালতি উল্লম্ব তলে ঘুরালে পানি পড়ে যায় না কেন? ২
গ. রাস্তা সংস্কারের পূর্বে বাঁকের মুখে গাড়ীটির সর্বোচ্চ কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ঐ স্থানে ব্যাংকিং কোণের মান দ্বিগুণ করার পরে গাড়ির বেগ দ্বিগুণ করলে দুর্ঘটনার সম্ভাবনা আছে কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্ল হলো না বলা \vec{V} অপারেটর দ্বারা কোন ভেক্টরের ক্রস ডিফারেন্সিয়াল থেকে প্রাপ্ত ভেক্টর $(\vec{V} \times \vec{V})$ যা দ্বারা ঐ ভেক্টরক্ষেত্রের (\vec{V}) কোণ আবদ্ধ বক্ররেখায় ভেক্টরটির সর্বোচ্চ রেখা ইন্টিগ্রাল প্রকাশ পায়।

খ পানি ভর্তি পাত্র উল্লম্ব তলে ঘুরালে এর গতিপথ বৃত্তাকার হয়। বালতির উপর ক্রিয়াশীল কেন্দ্রবিমুখী বল এর ব্যাসার্ধ বরাবর বাইরের দিকে ক্রিয়া করে। এই কেন্দ্রবিমুখী বল ওজনের সমান বা বড় হওয়ায় বালতির পানির ওজনকে নিষ্ক্রিয় করে দেয়। ফলে বালতি থেকে পানি পড়ে না।

গ

এখন, রাস্তা সংস্কারের পূর্বে রাস্তার ব্যাংকিং কোণ θ হলে,

$$\tan \theta = \frac{v^2}{rg} = \frac{(11.11)^2}{200 \times 9.8}$$

$$\therefore \theta = 3.6^\circ$$

এখন গাড়ির সর্বোচ্চ কৌণিক ভর বেগ,

$$L = |\vec{r} \times \vec{p}| = rp \sin \theta = rmv \sin (90^\circ - 3.6^\circ) = 200 \times 1500 \times 11.11 \times \sin 86.4^\circ = 3.33 \times 10^6 \text{ kgm}^2\text{s}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ

এখন,

$$\tan \theta_1 = \frac{v_1^2}{rg}$$

$$\text{এবং } \tan \theta_2 = \frac{v_2^2}{rg}$$

$$\text{বা, } \frac{\tan \theta_2}{\tan \theta_1} = \frac{v_2^2}{rg} \times \frac{rg}{v_1^2}$$

$$\text{বা, } \frac{\tan \theta_2}{\tan \theta_1} = \frac{v_2^2}{v_1^2}$$

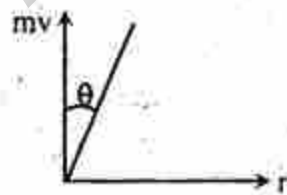
$$\text{বা, } v_2^2 = \frac{\tan 7.2^\circ}{\tan 3.6^\circ} \times (11.11)^2 = 2 \times (11.11)^2$$

$$\text{বা, } v_2 = \sqrt{2} \times 11.11$$

$$\text{বা, } v_2 = \sqrt{2} \times v_1$$

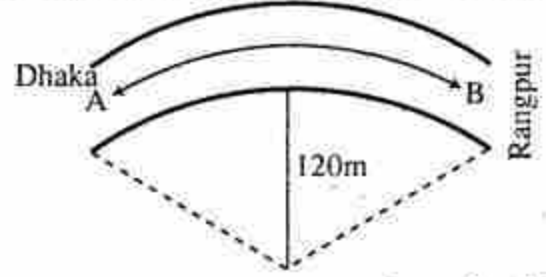
অর্থাৎ ব্যাংকিং কোণ দ্বিগুণ করলে বেগ সর্বোচ্চ $\sqrt{2}$ গুণ করা যাবে। অর্থাৎ বেগ দ্বিগুণ করলে গাড়ির দুর্ঘটনার সম্ভাবনা আছে।

এখানে,
বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 200 \text{ m}$
গাড়ির ভর, $m = 1500 \text{ kg}$
গাড়ির সর্বোচ্চ বেগ,
 $v = 40 \text{ kmh}^{-1} = 11.11 \text{ ms}^{-1}$
কৌণিক ভরবেগ, $L = ?$



এখানে,
‘গ’ হতে পাই, আদি ব্যাংকিং কোণ, $\theta_1 = 3.6^\circ$
‘গ’ হতে ব্যাংকিং কোণ,
 $\theta_2 = 2\theta_1 = 7.2^\circ$
প্রথমে বেগ, $v_1 = 40 \text{ kmh}^{-1} = 11.11 \text{ ms}^{-1}$
পরে বেগ $v_2 = ?$

প্রশ্ন ২৭ 800 kg ভরের একটি গাড়ি চিত্রে প্রদত্ত রাস্তার বাঁকে চলছিল। গাড়িটির চাকার ব্যাস ও ভর যথাক্রমে 1.4 m ও 12 kg। চাকাটি 12 s এ 50 বার ঘূর্ণন সম্পন্ন করে। রাস্তাটি 50 m চওড়া ও দুইপ্রান্তের উচ্চতার পার্থক্য 10.4 m। AB হল ডিভাইডার।



[আদমজী ক্যান্টনমেন্ট স্কুল]

- ক. কার্ল বলতে কি বোঝ? ১
খ. কেন উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে সাথে রকেটের ত্বরণ বৃদ্ধি পায়— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. চাকাটির গতিশক্তি কত? ৩
ঘ. রংপুর যাবার সময় গাড়িটি নিরাপদে যায় কিন্তু ঢাকা যাবার পথে দুর্ঘটনা ঘটে— গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক সত্যতা যাচাই করো। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অপারেটর \vec{V} এবং \vec{V} এর ক্রস বা ভেক্টর গুণন দ্বারা তাৎক্ষণিকভাবে ঘূর্ণন অক্ষের দিকে একটি ভেক্টর পাওয়া যায়। এ জাতীয় গুণকে কার্ল বলে।

খ উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে সাথে রকেটের ত্বরণ বৃদ্ধি পায়। কেননা ভূ-পৃষ্ঠ থেকে যত উপরে উঠা যায় অভিকর্ষজ ত্বরণ তত কমতে থাকে। রকেটের নির্গত গ্যাসের ভর m এবং নির্গত গ্যাসের বেগ v হলে রকেটের কার্যকর ত্বরণ $= \left(\frac{dm}{dt}\right) v - g$ । g এর মান কমলে রকেটের কার্যকর ত্বরণ বাড়ে। তাই উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে সাথে রকেটের ত্বরণ বৃদ্ধি পায়।

গ এখানে,

চাকাটির ভর, $M = 12 \text{ kg}$

$$\text{চাকার ব্যাসার্ধ, } r = \frac{\text{ব্যাস}}{2} = \frac{1.4}{2} = 0.7 \text{ m}$$

ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 50$

সময়, $t = 12 \text{ s}$

গতিশক্তি, $K.E = ?$

আমরা জানি,

$$\text{কৌণিক বেগ, } \omega = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2\pi \times 50}{12} = 26.18 \text{ rads}^{-1}$$

$$\text{জড়তার ভ্রামক, } I = mr^2 = 12 \text{ kg} \times (0.7 \text{ m})^2 = 5.88 \text{ kgm}^2$$

\therefore চাকার গতিশক্তি

$$K.E = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} \times 5.88 \times (26.18)^2 = 2.015 \times 10^3 \text{ J (Ans.)}$$

ঘ ‘গ’ অংশ হতে পাই, চাকার কৌণিক বেগ, $\omega = 26.18 \text{ rads}^{-1}$

চাকার ব্যাসার্ধ, $r = 0.7 \text{ m}$

\therefore গাড়িটির বেগ, $v = \omega r$

$$= 26.18 \times 0.7 = 18.3 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে, রাস্তাটির প্রস্থ = 50 m
এবং দুই প্রান্তের উচ্চতার পার্থক্য = 10.4 m
ব্যতিক্রম কোণ θ হলে,

$$\therefore \sin \theta = \frac{10.4}{50}$$

$$\text{বা, } \theta = \sin^{-1} \left(\frac{10.4}{50} \right) \\ = 12^\circ$$

ঢাকা থেকে রংপুর যাওয়ার ক্ষেত্রে,
বাকের ব্যাসার্ধ, $r = (120 + 50) \text{ m} = 170 \text{ m}$
এক্ষেত্রে সর্বোচ্চ গতিবেগ v_{\max} হলে

$$\tan \theta = \frac{v_{\max}}{rg}$$

$$\text{বা, } v_{\max} = \sqrt{rg \tan \theta} \\ = \sqrt{170 \times 9.8 \times \tan 12^\circ} \\ = 18.82 \text{ ms}^{-1}$$

অর্থাৎ 18.82 ms^{-1} এর কম বেগে কোন গাড়ি গতিশীল হলে উক্ত রাস্তায় কোন দুর্ঘটনা ঘটবে না।

উক্ত গাড়ির গতিবেগ ছিল, $v = 18.3 \text{ ms}^{-1}$

যা $v < v_{\max}$

সুতরাং ঢাকা থেকে রংপুর যাওয়ার ক্ষেত্রে গাড়িটি নিরাপদে যায়।

আবার, রংপুর থেকে ঢাকা যাবার ক্ষেত্রে,

$$\text{বাকের ব্যাসার্ধ হবে} = 120 \text{ m} + \frac{\text{রাস্তার প্রস্থ}}{2} \\ = 120 \text{ m} + \frac{50}{2} \text{ m} \\ = 145 \text{ m}$$

এক্ষেত্রে সর্বোচ্চ গতিবেগ হবে,

$$\tan \theta = \frac{v_{\max}^2}{rg}$$

$$\text{বা, } v_{\max} = \sqrt{rg \tan \theta} \\ = \sqrt{145 \times 9.8 \times \tan 12^\circ} \\ = 17.38 \text{ ms}^{-1}$$

অর্থাৎ উক্ত ক্ষেত্রে গাড়িটি 17.38 ms^{-1} এর বেশি বেগে গতিশীল হলে দুর্ঘটনা ঘটবে।

গাড়ির গতিবেগ ছিল, $v = 18.3 \text{ ms}^{-1}$

এক্ষেত্রে $v > v_{\max}$

সুতরাং গাড়িটির রংপুর থেকে ঢাকা যাবার ক্ষেত্রে দুর্ঘটনা ঘটে।

অর্থাৎ রংপুর যাবার সময় নিরাপদে যায় কিন্তু ঢাকা যাবার পথে দুর্ঘটনা ঘটে।

প্রশ্ন ২৮ 1 টি গাড়ি 500 ms^{-1} বেগে 1 টি সোজা রাস্তা দিয়ে 5s এ 100m চলার পর দেখল রাস্তাটি 100m ব্যাসার্ধে বাক নিয়েছে। রাস্তাটির ভেতরের কিনারা হতে বাইরের কিনারা 40cm উঁচু। রাস্তাটির চওড়া 6m।

(এস এ এস হারমান মেইনার কলেজ, ঢাকা)

- ঘাত বল কি? ১
- জড়তার ভ্রামক ও কৌণিক ভরবেগের মধ্যে সম্পর্ক কি, দেখাও। ২
- উদ্দীপকের গাড়িটি সরল পথে কত ত্বরণে চলছিল, নির্ণয় কর। ৩
- উদ্দীপকের বাকটি নিরাপদে পার হওয়ার জন্য গাড়িটির বেগ কত হতে হবে, গাণিতিকভাবে দেখাও। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ ধরা যাক, একটি বস্তু কোনো একটি অক্ষের সাপেক্ষে ω সমকৌণিক দ্রুতিতে ঘূর্ণায়মান। উক্ত বস্তুর যে কোনো একটি কণার ভর m_1 , ঘূর্ণন অক্ষ থেকে কণাটির লম্ব দূরত্ব r_1 এবং কণাটির বেগ v_1 হলে,

$$\text{ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে কণাটির কৌণিক ভরবেগ, } p_1 r_1 = m_1 v_1 r_1 \\ = m_1 \omega r_1^2 [\because v_1 = \omega r_1] \\ = \omega m_1 r_1^2$$

অনুরূপে ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে m_2 ভরের কৌণিক ভরবেগ $= m_2 \omega r_2^2$ ।
এভাবে প্রতিটি বস্তুকণার জন্য কৌণিক ভরবেগ বের করে তাদের সমষ্টি নিলে সম্পূর্ণ বস্তুর কৌণিক ভরবেগ L পাওয়া যাবে।

$$\therefore L = \omega m_1 r_1^2 + \omega m_2 r_2^2 + \omega m_3 r_3^2 + \dots \\ = \omega (m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + \dots) \\ = \omega \sum m_i r_i^2 \\ = \omega I \quad \because I = \sum m_i r_i^2 \\ = \omega I$$

$$\text{বা, } L = \omega I = I \frac{d\theta}{dt}$$

এখানে, I হলো ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে বস্তুর জড়তার ভ্রামক
 \therefore কৌণিক ভরবেগ = জড়তার ভ্রামক \times কৌণিক বেগ।

গ সরল পথে চলমান অবস্থায় গাড়িটির ত্বরণ a হলে,

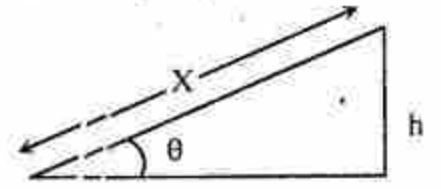
$$s = ut + \frac{1}{2} at^2$$

$$\text{বা, } a = 2 \times \frac{s - ut}{t^2} \\ = 2 \times \frac{100 - 50 \times 5}{5^2} \\ = -12 \text{ ms}^{-2}$$

গাড়িটি 12 ms^{-2} মন্দনে চলবে।

ঘ বাকটি নিরাপদে পার হওয়ার জন্য গাড়িটির সর্বোচ্চ বেগ v হলে

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



যেহেতু ক্ষুদ্র কোণের জন্য $\tan \theta = \sin \theta$

$$\therefore \sin \theta = \frac{v^2}{rg}$$

$$\text{বা, } \frac{h}{x} = \frac{v^2}{rg}$$

$$\text{বা, } v = \sqrt{\frac{rgh}{x}}$$

$$= \sqrt{\frac{100 \times 9.8 \times 40 \times 10^{-2}}{6}} \\ = 8.1 \text{ ms}^{-1}$$

\therefore বাকটি নিরাপদে পার হওয়ার জন্য গাড়িটির বেগ অনূর্ধ্ব 8.1 ms^{-1} বা 29.1 kmh^{-1} হতে হবে।

প্রশ্ন ২৯ 14m প্রস্থের একটি রাস্তার বাক সর্বোচ্চ গতিসীমা 54 kmh^{-1} লেখা আছে। বাকের ভিতরের প্রান্ত অপেক্ষা বাহিরের প্রান্ত 1.3m উঁচু।

রাস্তার ঘর্ষণাঙ্ক 0.1।

(নিউ গঙ্গা জিগ্রী কলেজ, রাজশাহী)

- স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কাকে বলে? ১
- একটি ঘূর্ণায়মান বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ 0.15m বলতে কী বুঝায়? ২
- রাস্তার ব্যতিক্রম কোণ নির্ণয় কর। ৩
- ব্যতিক্রম না থাকলেও কি রাস্তা দিয়ে পাশে লেখা সর্বোচ্চ গতিসীমায় গাড়ি চালানো সম্ভব হবে—গাণিতিকভাবে যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সংঘর্ষের ফলে সিস্টেমের অভ্যন্তরস্থ বস্তুসমূহের মোট গতিশক্তি সংরক্ষিত হয় তাকে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে।

খ কোনো ঘূর্ণায়মান বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ 0.15m বলতে বোঝায় ঐ বস্তুর ঘূর্ণন অক্ষ হতে 0.15m দূরে একটি বিন্দুতে বস্তুটির সমগ্র ভর পুঞ্জীভূত আছে ধরে জড়তার ভ্রামক হিসেবে করলেই ঐ অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র বস্তুটির জড়তার ভ্রামক পাওয়া যাবে।

গ রাস্তার ব্যাংকিং কোণ, θ হলে,

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

$$\text{বা, } \theta = \sin^{-1} \frac{h}{x}$$

$$= \sin^{-1} \left(\frac{1.3}{14} \right)$$

$$= 5.33^\circ \text{ (Ans.)}$$

এখানে,
রাস্তার প্রস্থ, $x = 14 \text{ m}$
রাস্তার ভেতরের প্রান্তের তুলনায়
বাইরের প্রান্তের উচ্চতা, $h = 1.3 \text{ m}$

ঘ গাড়িটি যখন ব্যাংকিং বিহীন রাস্তায় বাক নিবে তখন কেবল রাস্তার ঘর্ষণ বল কেন্দ্রমুখী বল হিসেবে কাজ করবে।

v বেগে গতিশীল গাড়ির গতিয় ঘর্ষণ বল, $F_k = \mu_k R$, যেখানে μ_k হল গতিয় ঘর্ষণ গুণাঙ্ক বা $F_k = \mu_k mg$.

আবার, v বেগে গতিশীল গাড়ির কেন্দ্রবিমুখী বল, $F_c = \frac{mv^2}{r}$

এখন, গাড়িটি v বেগে নিরাপদে বাকটি অতিক্রম করলে, $F_k = F_c$ হতে হবে।

$$\therefore F_k = F_c$$

$$\text{বা, } \mu_k mg = \frac{mv^2}{r}$$

$$\text{বা, } r = \frac{v^2}{\mu_k g}$$

$$= \frac{(54 \text{ kmh}^{-1})^2}{0.1 \times 9.8 \text{ ms}^{-2}}$$

$$= \frac{(15 \text{ ms}^{-1})^2}{0.1 \times 9.8 \text{ ms}^{-2}}$$

$$= 229.6 \text{ m}$$

\therefore ব্যাংকিং বিহীন রাস্তার বাকটিতে 54 kmh^{-1} বেগে নিরাপদে অতিক্রম করা সম্ভব যদি বাকটির ব্যাসার্ধ 229.6m হয়।

প্রশ্ন ৩০ স্থির অবস্থান থেকে ঘূর্ণায়মান একটি কণার কৌণিক সরণ নিচের সমীকরণটি অনুযায়ী পরিবর্তিত হচ্ছে— $\theta = \frac{3t^2}{5} + \frac{1}{3}$

[দিনাজপুর সরকারি কলেজ, দিনাজপুর]

- ক. ঘাত বল কাকে বলে? ১
- খ. নরম মাটিতে লাফ দিলে তুলনামূলকভাবে আঘাত পাওয়ার সম্ভাবনা কম কেন—ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. 5 sec পরে বস্তুকণাটির তাৎক্ষণিক কৌণিক বেগ কত হবে? ৩
- ঘ. 5 sec পরে কণাটির কৌণিক ত্বরণ 5 rads^{-2} এর চেয়ে বেশি না কম হবে—নির্ণয় কর। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ কোনো ব্যক্তি যখন উপর থেকে শক্ত মেঝের উপর পরে তখন মেঝে ব্যক্তির উপর একটি প্রতিক্রিয়া বলে বিপরীতমুখী ধাক্কা দেয়। মেঝে যেহেতু শক্ত ও অনড় তাই এই বিপরীতমুখী ধাক্কার পরিমাণ জোরে হয়। তাই আঘাত বেশি লাগে। অন্যদিকে ব্যক্তি যখন একই উচ্চতা থেকে বালির উপর পরে তখন বালি ব্যক্তির উপর কম বলে বিপরীতমুখী ধাক্কার সৃষ্টি করে, কারণ নরম মাটিতে সহজে ব্যক্তির কিছুটা নিম্নমুখী সরণ হয়। তাই শক্ত মেঝের তুলনায় নরম মাটিতে পড়লে কম আঘাত লাগে।

গ সময় পর বস্তুকণাটির তাৎক্ষণিক কৌণিক বেগ ω হলে,

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

$$= \frac{d}{dt} \left(\frac{3t^2}{5} + \frac{1}{3} \right)$$

$$= \frac{6t}{5} + \frac{1}{3}$$

$\therefore t = 5 \text{ sec}$ পর তাৎক্ষণিক বেগ হবে

$$\omega = \frac{6 \times 5}{5} + \frac{1}{3}$$

$$= 6.33 \text{ rads}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই, সময় পর বস্তুকণাটির তাৎক্ষণিক কৌণিক বেগ,

$$\omega = \frac{6t}{5} + \frac{1}{3}$$

\therefore সময় পর বস্তুকণাটির কৌণিক ত্বরণ α হলে,

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

$$= \frac{d}{dt} \left(\frac{6t}{5} + \frac{1}{3} \right)$$

$$= \frac{6}{5} = 1.2 \text{ rads}^{-2}$$

\therefore বস্তুকণাটির কৌণিক ত্বরণ একটি ধ্রুবসংখ্যা, তাই এটি সবসময় একই থাকবে।

সুতরাং, $t = 5 \text{ sec}$ পরও কণাটির কৌণিক ত্বরণ 1.2 rads^{-2} থাকবে। যা 5 rads^{-2} অপেক্ষা কম হবে।

প্রশ্ন ৩১ 300kg ভরের একটি গাড়ি 200m ব্যাসার্ধের একটি রাস্তার মোড়ে 90 kmh^{-1} বেগে বাক নিচ্ছে। ঐ স্থানে রাস্তাটি 5m চওড়া এবং এর ভিতরের কিনারা হতে বাইরের কিনারা 1m উঁচু।

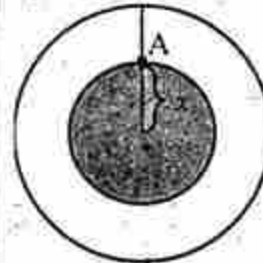
[শেখ ফজিলাতুন্নেছা সরকারি মহিলা কলেজ, গোপালগঞ্জ]

- ক. ভূ-স্থির উপগ্রহ কাকে বলে? ১
- খ. পৃথিবীর অভ্যন্তরে কোনো স্থানে অভিকর্ষ ত্বরণ পৃথিবীর কেন্দ্র হতে দূরত্বের সমানুপাতিক ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. গাড়িটি ঘুরবার সময় গাড়ির উপর প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের উল্লিখিত গাড়িটি কি রাস্তার মোড়ে নিরাপদে বাক নিতে পারবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যদি পৃথিবীর আবর্তনের সাথে মিলিয়ে একই কৌণিক গতিতে একটি কৃত্রিম উপগ্রহ গতিশীল হয়, তবে তা পৃথিবীকে 24 ঘন্টায় একবার প্রদক্ষিণ করবে কিন্তু পৃথিবীর থেকে একজন পর্যবেক্ষকের কাছে স্থির মনে হবে। এরূপ কৃত্রিম উপগ্রহকে ভূস্থির উপগ্রহ বলে।

খ ধরা যাক, পৃথিবীর অভ্যন্তরে A বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান g' । এক্ষেত্রে পৃথিবীর কেন্দ্র হতে A বিন্দুর দূরত্ব x । A বিন্দুতে কোনো বস্তুর ওপর পৃথিবীর কেন্দ্রের দিকে বল শুধুমাত্র x ব্যাসার্ধের গোলকের আকর্ষণ বলের সমান। এ গোলকের বাইরের অংশ বস্তুর ওপর কার্যকর কোনো বল প্রয়োগ করে না। সুতরাং, A বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণ শুধুমাত্র x ব্যাসার্ধের গোলকের আকর্ষণের জন্য সৃষ্টি হবে। কিন্তু x ব্যাসার্ধের গোলকের ভর,



$$M' = \frac{4}{3} \pi x^3 \rho$$

সূত্রাং, A বিন্দুতে অভিকর্ষজ ত্বরণ-

$$g' = G \frac{M'}{x^2} = G \frac{\frac{4}{3} \pi x^3 \rho}{x^2} = \frac{4}{3} G \pi x \rho$$

বা, $g' \propto x$ [$\because G, \rho$ ধ্রুব]

অর্থাৎ পৃথিবীর অভ্যন্তরে কোন স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ পৃথিবীর কেন্দ্র হতে দূরত্বের সমানুপাতিক।

গ গাড়িটি ঘুরবার সময় গাড়ির ওপর প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল কেন্দ্রবিমুখী বল এর সমান হতে হবে।

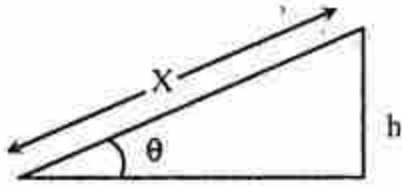
এখন, গাড়িটির কেন্দ্রবিমুখী বল F_c হলে,

$$F_c = \frac{mv^2}{r} = \frac{300 \times (25)^2}{200} = 937.5 \text{ N (Ans.)}$$

এখানে,
গাড়ির ভর, $m = 300 \text{ kg}$
রাস্তার বাকের ব্যাসার্ধ, $r = 200 \text{ m}$
গাড়ির বেগ, $v = 90 \text{ kmh}^{-1} = 25 \text{ ms}^{-1}$

ঘ বাকটি নিরাপদে পার হতে হলে গাড়ির সর্বোচ্চ বেগ v হলে,

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



যেহেতু ক্ষুদ্র কোণের জন্য $\tan \theta = \sin \theta$

$$\therefore \sin \theta = \frac{v^2}{r \times g}$$

$$\text{বা, } \frac{h}{x} = \frac{v^2}{rg}$$

$$\text{বা, } v = \sqrt{\frac{rgh}{x}}$$

$$= \sqrt{\frac{200 \times 9.8 \times 1}{5}} = 19.8 \text{ ms}^{-1}$$

$$\therefore v = 71.3 \text{ kmh}^{-1}$$

যা 90 kmh^{-1} অপেক্ষা কম।

তাই গাড়িটি বাকটি নিরাপদে অতিক্রম করতে পারবে।

প্রশ্ন ৩২ 50gm ভরের একটি বস্তু 20 ms^{-1} বেগে 80kg ভরের অপর একটি স্থির বস্তুর সঙ্গে অনুভূমিকভাবে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে লিপ্ত হলো।

[গুরুদয়াল সরকারি কলেজ, কিশোরগঞ্জ]

- রাস্তার ব্যাংকিং কী?
- ভর ও জড়তার ড্রামকের মধ্যকার পার্থক্য লিখ।
- সংঘর্ষের পর স্থির বস্তুর শেষ বেগ কত?
- গতিশীল বস্তুর ভর স্থির ভরের তুলনায় অনেক কম হলে সংঘর্ষের পর বস্তুদ্বয়ের অবস্থা কী হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ কর।

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বৃত্তাকার পথে গাড়িকে যথেষ্ট বেগে টার্ন নেওয়ার জন্য কেন্দ্র মুখী বলের প্রয়োজন। এই কেন্দ্রমুখী বল যোগান দেওয়ার জন্য প্রতিটি বাকের রাস্তার বাইরের দিক ভেতরের দিকের চেয়ে কিছুটা উঁচু করা হয়। অর্থাৎ রাস্তাটি বাকের কেন্দ্রের দিকে একটু ঢালু করা থাকে। একে রাস্তার ব্যাংকিং বলে।

খ বস্তু যে ধর্মের কারণে তার গতির পরিবর্তনে বাধা দেয় তাকে তার জড়তা বলে আর ভর হচ্ছে বস্তুর জড়তার পরিমাপ। বস্তু যে ধর্মের কারণে কোনো নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে তার কৌণিক গতির পরিবর্তনে বাধা দেয় তাকে তার ঘূর্ণন জড়তা বা জড়তার ড্রামক বলে। অর্থাৎ রৈখিক গতির ক্ষেত্রে ভর যে ভূমিকা পালন করে কৌণিক গতির ক্ষেত্রে

ঘূর্ণন জড়তা বা জড়তার ড্রামক সে ভূমিকা পালন করে। বেগের মান বেশি না হলে কোনো বস্তুর ভর সকল ক্ষেত্রে ধ্রুব। অপরপক্ষে নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে কোনো বস্তুর ঘূর্ণন জড়তা নির্দিষ্ট কিন্তু ভিন্ন ভিন্ন অক্ষের সাপেক্ষে ভিন্ন ভিন্ন।

গ ভরবেগের সংরক্ষণশীলতা নীতি অনুসারে,

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2 \dots (1)$$

আবার,

স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের ক্ষেত্রে,

$$v_2 - v_1 = u_1 - u_2$$

$$\text{বা, } v_2 - v_1 = u_1 - 0$$

$$\therefore v_1 = v_2 - u_1$$

v_1 এর মান (1) নং সমীকরণে বসিয়ে—

$$\therefore m_1 u_1 + m_2 0 = m_1 (v_2 - u_1) + m_2 v_2$$

$$\text{বা, } (m_1 + m_2) v_2 = 2m_1 u_1$$

$$\text{বা, } v_2 = \frac{2m_1 u_1}{m_1 + m_2} = \frac{2 \times 0.05 \times 20}{0.05 + 80} \text{ ms}^{-1}$$

$$\therefore v_2 = 0.025 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ মনে করি, m ভরের একটি হালকা বস্তু u বেগ নিয়ে M ভরের ($M \gg m$) একটি স্থির ভারী বস্তুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হলো। সংঘর্ষের পর এদের বেগ যথাক্রমে v_1 ও v_2 হলে,

$$mu = mv_1 + Mv_2$$

আবার, সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক হলে,

$$u - 0 = v_2 - v_1$$

$$\text{বা, } v_2 - v_1 = u$$

$$\therefore v_2 = v_1 + u$$

$$\therefore mu = mv_1 + M(v_1 + u)$$

$$\text{বা, } (m + M)v_1 = (m - M)u$$

$$\text{বা, } v_1 = \frac{m - M}{m + M} u$$

$$\therefore v_2 = \frac{m - M}{m + M} u + u$$

$$= \frac{2m}{m + M} u$$

$$\therefore m \ll M, \text{ তাই, } m + M = M,$$

$$m - M = -M$$

$$\therefore v_1 = \frac{-M}{M} u = -u$$

$$\text{এবং } v_2 = \frac{2m}{M} u$$

$$= 0$$

অতএব, গতিশীল বস্তুর ভর স্থির বস্তুর তুলনায় অনেক কম হলে হালকা বস্তুটি সংঘর্ষের পর পূর্বের বেগে বিপরীত দিকে ফিরে আসে এবং স্থির ভারী বস্তুটি স্থির থাকে।

প্রশ্ন ৩৩ 2N টান সহনশীল 1 মিটার কার্যকরী দৈর্ঘ্যের একটি সূক্ষ্ম সূতার সাহায্যে 20 g ভরের বব সংযুক্ত করে একটি সরল দোলক তৈরী করা হলো।

[দিনাজপুর সরকারি কলেজ, দিনাজপুর]

- সেকেন্ড দোলক কী?
- সকল সরল ছন্দিত গতিই পর্যাবৃত্ত গতি কিন্তু সকল পর্যাবৃত্ত গতি সরল ছন্দিত গতি নয়— ব্যাখ্যা কর।
- সর্বোচ্চ বিস্তারে ববের উপর প্রযুক্ত কার্যকরী বলের মান বের কর।
- বরটি সরল গতিপথের কোন নির্দিষ্ট অবস্থানে সূতাটি কি ছিঁড়ে যেতে পারে? ব্যাখ্যা করো।

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সরল দোলকের দোলনকাল দুই সেকেন্ড, তাকে সেকেন্ড দোলক বলে।

খ সকল সরল ছন্দিত গতি পর্যাবৃত্ত গতি, কারণ সরল ছন্দিত গতির ক্ষেত্রে বস্তুকণাটি তার গতিপথের যেকোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক হতে অতিক্রম করে, যা পর্যাবৃত্ত গতির বৈশিষ্ট্য। তবে সকল পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন বস্তুর (যেমন, ফ্যান) গতি সম্পন্দন গতি নয়, আবার সম্পন্দন গতি হলেও এরূপ নয় যেন, যেকোনো মুহূর্তে ত্বরণ, সাম্যাবস্থান হতে সরণের সমানুপাতিক কিন্তু বিপরীতমুখী যা সরল ছন্দিত সম্পন্দন গতির মূল বৈশিষ্ট্য। এ কারণে সকল পর্যাবৃত্ত গতি সরল ছন্দিত গতি নয়।

গ এখানে, ববের ভর, $m = 20 \text{ g} = 0.02 \text{ kg}$

সরল দোলকের ববের সর্বোচ্চ বিস্তার, $\theta = 4^\circ$ ।

যেহেতু কৌণিক বিস্তার অল্প ($\leq 4^\circ$)।

\therefore সর্বোচ্চ বিস্তারে ববের উপর কার্যকরী বলের মান, $F_c = mg\theta$

$$\begin{aligned} &= mg \left(4 \times \frac{2\pi}{360} \right) \\ &= 0.02 \times 9.8 \times \frac{8\pi}{360} \text{ N} \\ &= 0.0137 \text{ N (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ সাম্যাবস্থানে সর্বোচ্চ বেগ, $V_{\max} = \omega a$;

$a =$ সর্বোচ্চ রৈখিক বিস্তার $= L\theta$;

$V_{\max} = \omega L\theta$;

$$\begin{aligned} \therefore \text{কেন্দ্রাবিমুখী বল, } F_{c(\max)} &= \frac{mV_{\max}^2}{L} \\ &= \frac{m\omega^2 L^2 \theta^2}{L} \\ &= m\omega^2 L \theta^2 \\ &= mg\theta^2 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{সূতার উপরে সর্বোচ্চ টান, } T = mg + mJ\theta^2 = mg(1 + \theta^2)$$

$$\begin{aligned} &= 0.02 \times 9.8 \times \left\{ 1 + \left(\frac{8\pi}{360} \right)^2 \right\} \\ &= 0.197 \text{ N} < 2 \text{ N} \end{aligned}$$

অতএব, সূতাটি কোনভাবেই ছিঁড়বে না।

প্রশ্ন ৩৪ হেনার ভর 50 kg সে শীতের ছুটিতে রাঙামাটি বেড়াতে যায়। 250 kg ভরের একটি গাড়িতে চড়ে 30° কোণে রাঙামাটি ঢালু পথে 5 ms^{-2} ত্বরণে উপরের দিকে আরোহণ করছে।

(পিরোজপুর সরকারি মহিলা কলেজ, পিরোজপুর)

- চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে? ১
- দরজার হাতল কবজা থেকে দূরে রাখা হয় কেন ব্যাখ্যা কর। ২
- উদ্দীপক থেকে উপরের দিকে আরোহণের জন্য গাড়ি কর্তৃক প্রযুক্ত বলের মান নির্ণয় কর। ৩
- একই ত্বরণে নিচে নামার ক্ষেত্রে বলের মানের পরিবর্তন হবে কিনা বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 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।

খ দরজা খোলা বা বন্ধ করার সময় দরজার কজার সাপেক্ষে একে ঘুরানো হয়। অর্থাৎ দরজার হাতলে প্রযুক্ত বল কজাকে কেন্দ্র করে দরজার উপর টর্ক সৃষ্টি করে যা দরজায় ঘূর্ণন সৃষ্টি করে। আমরা জানি, টর্ক $\tau = r \times F$, তাই কজা থেকে হাতলের দূরত্ব যত বাড়বে, সমান বল প্রয়োগে টর্ক তথা ঘূর্ণনও বাড়বে। তাই দরজার হাতল কজা থেকে দূরে রাখা হয়।

গ গাড়ি কর্তৃক প্রযুক্ত বল,

$$F = ma'$$

এখানে ত্বরণ a' হচ্ছে গাড়ি কর্তৃক প্রযুক্ত ত্বরণ,

$$\text{লম্বি ত্বরণ } \Sigma a = a' - g \sin 30^\circ$$

$$\therefore a' = \Sigma a + g \sin 30^\circ$$

$$= 5 + 9.8 \times \frac{1}{2}$$

$$= 9.9 \text{ ms}^{-2}$$

$$\therefore F = 300 \times 9.9$$

$$= 2970 \text{ N (Ans.)}$$

ঘ লম্বি ত্বরণ = গাড়ির ত্বরণ + $g \sin 30^\circ$

$$\text{গাড়ির ত্বরণ, } a = 5 - 4.9$$

$$= 0.1 \text{ ms}^{-2}$$

এখানে,

$$\text{মোট ভর, } m = 250 + 50 \text{ kg} = 300 \text{ kg}$$

$$\text{কোণ, } \theta = 30^\circ$$

$$\text{গাড়ি কর্তৃক প্রযুক্ত বল, } F = ?$$

$$\text{এখানে, মোট ভর, } m = 300 \text{ kg}$$

$$\text{লম্বি ত্বরণ, নিচের দিকে, } a = 5 \text{ ms}^{-2}$$

$$\text{কোণ, } \theta = 30^\circ$$

$$\text{এখানে, বলের মান } F = ma = 300 \times 0.1 = 30 \text{ N}$$

'গ' হতে পাই, উপরের উঠার জন্যে বল = 2970 N

অতএব, গাড়িটি একই ত্বরণে নিচে নামার ক্ষেত্রে বলের মানের পরিবর্তন হবে।

প্রশ্ন ৩৫ খুলনা যাওয়ার পথে 1500 কেজি ভরের একটি ট্রাক ঘন্টায় 72 কি. মি. বেগে চলছিল। হঠাৎ থেমে থাকা একটি গাড়ির সাথে সংঘর্ষ হয় এবং সংযুক্ত অবস্থায় ঘন্টার 54 কি. মি. বেগে একই দিকে চালতে থাকে।

(পিরোজপুর সরকারি মহিলা কলেজ, পিরোজপুর)

- স্বাধীনতার মাত্রা কাকে বলে? ১
- কাজ শক্তি উপপাদ্যটি ব্যাখ্যা কর। ২
- উদ্দীপকে উল্লিখিত থেমে থাকা গাড়িটির ভর নির্ণয় কর। ৩
- সংঘর্ষের পূর্বে ও পরে ভরবেগ ও গতিশক্তি সংরক্ষিত হয় কিনা বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বস্তুর গতিশীল অবস্থা বা অবস্থান সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য যত সংখ্যক স্বাধীন চলরাশির প্রয়োজন হয় তাকে স্বাধীনতার মাত্রা বলে।

খ কোন বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুটির গতিশক্তি পরিবর্তনের সমান। ধ্রুব বলের জন্য,

$$\begin{aligned} W &= Fs \\ &= mas \\ &= m \frac{v^2 - v_0^2}{2} \\ &= \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2 \\ &= K - K_0 \end{aligned}$$

গ

ভরবেগের সংরক্ষণশীলতা

নীতি হতে,

$$m_1 v_{01} = m_2 v_{01} = (m_1 + m_2) v$$

$$\text{বা, } 1500 \times 20 + 0 = (1500 + m_2) 15$$

$$\text{বা, } m_2 + 1500 = 2000$$

$$\text{বা, } m_2 + 500 \text{ kg (Ans.)}$$

এখানে,

$$\text{ট্রাকের ভর, } m_1 = 1500 \text{ kg}$$

$$\text{ট্রাকের বেগ, } v_{01} = 72 \text{ kmh}^{-1}$$

$$= \frac{72 \times 1000}{3600} \text{ ms}^{-1}$$

$$= 20 \text{ ms}^{-1}$$

স্থির গাড়ির ক্ষেত্রে,

$$\text{বেগ, } v_{02} = 0$$

$$\text{শেষবেগ, } v = 54 \text{ kmh}^{-1}$$

$$= \frac{54 \times 1000}{3600} \text{ ms}^{-1}$$

$$= 15 \text{ ms}^{-1}$$

ঘ

সংঘর্ষের পূর্বে ভরবেগের সমষ্টি

$$m_1 v_{01} + m_2 v_{02} \\ = 1500 \times 20 + 0 \\ = 30000 \text{ kgms}^{-1}$$

এখানে,

$$\begin{aligned} \text{ট্রাকের ভর, } m_1 &= 1500 \text{ kg} \\ \text{ট্রাকের আদিবেগ } v_{01} &= 72 \text{ kmh}^{-1} \\ &= 20 \text{ ms}^{-1} \\ \text{শেষ বেগ, } v &= 15 \text{ ms}^{-1} \\ \text{স্থির গাড়ির ভর, } m_2 &= 500 \text{ kg} \end{aligned}$$

সংঘর্ষের পূর্বে গতিশক্তির সমষ্টি,

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} m_1 v_{01}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{02}^2 \\ = \frac{1}{2} \times 1500 \times 20^2 + \frac{1}{2} \times 500 \times 0 \\ = 3.0 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

সংঘর্ষের পরে ভরবেগের সমষ্টি,

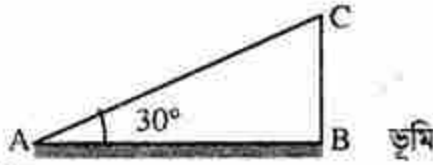
$$\begin{aligned} (m_1 + m_2) v \\ = (1500 + 500) \times 15 \\ = 30,000 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

সংঘর্ষের পরে গতিশক্তির সমষ্টি,

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2 \\ = \frac{1}{2} (1500 + 500) 15^2 \\ = 2.25 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

অর্থাৎ ভরবেগ সংরক্ষিত হলেও গতিশক্তি সংরক্ষিত হয় না।

প্রশ্ন ৩৬



AC = 20m

হেলানো তলটি সম্পূর্ণরূপে ঘর্ষণমুক্ত একটি মার্বেলকে AC তলের C বিন্দু হতে তল বরাবর মুক্তভাবে ছেড়ে দেওয়া হল।

[কান্দ্রাবাদ ক্যান্টনমেন্ট স্যাপার কলেজ, নাটোর]

- ক. বলের ঘাত কাকে বলে? ১
- খ. ঘর্ষণ বল একটি সংরক্ষণশীল বল নয়-ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. মার্বেলটি A বিন্দুতে কত বেগে পৌঁছবে? ৩
- ঘ. যদি C বিন্দুর সমান উচ্চতা হতে অন্য একটি মার্বেলকে একই সময়ে মুক্তভাবে ছেড়ে দেওয়া হয় তবে মার্বেল দুটি একই সময়ে ভূমিতে পৌঁছবে কি না গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. অতি অল্প সময়ে কোন বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বল এবং সময়ের গুণফলকে বলের ঘাত বলে।

খ. আমরা জানি, ঘর্ষণ বল সর্বদা গতির বিপরীতে ক্রিয়া করে। তাই একটি পূর্ণচক্রের প্রতিটি অংশে ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ ঋণাত্মক। ফলে একটি পূর্ণচক্রে ঘর্ষণ বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কখনও শূন্য হতে পারে না। এজন্য ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল।

গ. এখানে, $h = BC = AC \sin 30^\circ$
 $= 20 \times \sin 30^\circ = 10 \text{ m}$

ধরি, A বিন্দুতে বেগ = v

ঘর্ষণবল অগ্রাহ্য করলে

কাজ শক্তি উপপাদ্য অনুযায়ী,

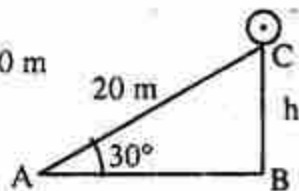
অভিকর্ষজ বল দ্বারা কৃতকাজ = গতিশক্তির পরিবর্তন

$$\text{বা, } F \times h = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m \cdot 0^2 \quad [\because C \text{ বিন্দুতে আদিবেগ শূন্য}]$$

$$\text{বা, } mg \times h = \frac{1}{2} m v^2 \quad [\because \text{অভিকর্ষজ বল, } F = mg]$$

$$\text{বা, } v^2 = 2gh$$

$$\text{বা, } v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 10} = 14 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$



ঘ উদ্দীপকের ক্ষেত্রে

AC তল বরাবর ত্বরণ, $a = g \sin 30^\circ$

C হতে A তে আসতে, t সময় লাগলে

$$AC = ut + \frac{1}{2} at^2$$

$$\text{বা, } 20 = 0 \times t + \frac{1}{2} \times g \sin 30^\circ \times t^2$$

$$\text{বা, } 20 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times g \times t^2$$

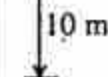
$$\text{বা, } t = \sqrt{\frac{20 \times 4}{9.8}}$$

$$\text{বা, } t = 2.86 \text{ s}$$

আবার মুক্তভাবে পড়লে, t' সময় লাগলে,

$$u = 0$$

$$s = 10 = 0 \times t + \frac{1}{2} gt'^2$$



$$\text{বা, } t' = \sqrt{\frac{10 \times 2}{9.8}} = 1.428 \text{ sec}$$

লক্ষ্য করি, $t' \neq t$

অতএব, একই সময়ে ভূমিতে পৌঁছাবে না।

প্রশ্ন ৩৭ একটি বালতিতে ১ লিটার পানি নিয়ে ১m দড়ি বেঁধে উল্লম্ব তলে ঘুরানো হচ্ছে। দড়িটি সর্বোচ্চ 70N টান সহ্য করতে পারে।

বালতিটির ভর 1kg

[বৃন্দাবন সরকারি কলেজ, হবিগঞ্জ]

- ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে? ১
- খ. কাঁচে গুলি করলে ছিদ্র হয় কিন্তু টিল ছুঁড়লে কাঁচ চূর্ণ-বিচূর্ণ হয়—ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. বালতির বেগ কত হলে পানি পড়বে না? ৩
- ঘ. সর্বনিম্ন কত বেগে ঘুরালে দড়ি ছিঁড়ে যাবে? ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. 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।

খ. ঘাত বলের তারতম্যের কারণে কাঁচে গুলি করলে ছিদ্র হয় কিন্তু টিল ছুঁড়লে কাঁচ চূর্ণ বিচূর্ণ হয়। খুব কম সময়ের জন্য ঘাত বল প্রযুক্ত হয়। কাঁচে গুলি করলে গুলি কর্তৃক প্রযুক্ত বল F, কাঁচের ভরবেগ পরিবর্তন করে। যে সময় ধরে কাঁচ গুলির সংস্পর্শে থাকে যে সময়ে গুলি কর্তৃক প্রযুক্ত বল অন্যান্য বলের তুলনায় অনেক বড় হয় এবং গুলিটি কাঁচ ছিদ্র করে বের হয়ে যায়। কিন্তু টিল এর ভরবেগ এবং ক্রিয়াকাল বেশি হওয়ায় কাঁচে প্রযুক্ত বল চারদিকে ছড়িয়ে গিয়ে কাঁচকে চূর্ণ বিচূর্ণ করে।

গ.

বালতি থেকে পানি না পড়ার শর্ত, কেন্দ্রবিমুখী বল \geq পানির ওজন।

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

এখন সর্বনিম্ন বেগের জন্য

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

$$\text{বা, } \frac{v^2}{r} = g$$

$$\text{বা, } v = \sqrt{rg}$$

$$= \sqrt{1 \times 9.8}$$

$$= 3.13 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

এখানে,

পানির ভর, $m = 1 \text{ kg}$

(1 L পানির ভর 1kg)

ব্যাসার্ধ, $r = 1 \text{ m}$

৭০ N এর অধিক চাপ পরলে দড়ি ছিঁড়ে যাবে। অতএব,

উল্লম্ব তলের সর্বনিম্ন বিন্দুতে রশির

$$\text{টান, } T = \frac{mv^2}{r} + mg \geq 70 \text{ N}$$

$$\text{বা, } m \left(\frac{v^2}{r} + g \right) \geq 70$$

$$\text{বা, } \frac{v^2}{r} + g \geq \frac{70}{m}$$

$$\text{বা, } \frac{v^2}{r} \geq \frac{70}{m} - g$$

$$\text{বা, } v \geq \sqrt{\left(\frac{70}{m} - g \right) r}$$

$$\text{বা, } v \geq \sqrt{\left(\frac{70}{2} - 9.8 \right) \times 1 \text{ ms}^{-1}}$$

$$\therefore v \geq 5.02 \text{ ms}^{-1}$$

অতএব, সর্বনিম্ন 5.02 ms^{-1} বেগে ঘুরালে দড়িটি ছিঁড়ে যাবে।

প্রশ্ন ৩৮ একটি চাকার জড়তার ভ্রামক 0.1 kgm^2 । এটি 300 rpm কৌণিক বেগে ঘুরছে সুইচ বন্ধ করে এটিকে 10 sec এ থামিয়ে দেওয়া হলো।

(সিডকারি বেগম রোয়েয়া কলেজ, রংপুর)

ক. ইপক কী? ১

খ. স্পন্দনরত সেকেন্ড দোলক হতে কোন শব্দ উৎপন্ন হয় না? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চাকাটির উপর প্রযুক্ত টর্ক নির্ণয় কর। ৩

ঘ. সুইচ বন্ধ করার পর খেমে যাওয়ার আগে চাকাটি ১০০ বার ঘুরবে কিনা-গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যাত্রার শুরুর মুহূর্তে সরল দোলন গতি সম্পন্ন কোনো বস্তুর যে দশা থাকে তাকে এর ইপক বলে।

খ সেকেন্ড গোলকের দোলনকাল, $T = 2 \text{ sec}$

$$\therefore \text{কম্পাঙ্ক } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ Hz}$$

কিন্তু মানুষের শ্রাব্যতার নিম্নসীমা 20 Hz সুতরাং শব্দ শোনা যাবে না।

গ এখন,

$$\alpha = \frac{\omega - \omega_0}{t}$$

$$= \frac{0 - 31.4159}{10}$$

$$= -3.146 \text{ rads}^{-2}$$

ঋণাত্মক চিহ্ন মন্দন বোঝাচ্ছে,

$$\text{টর্ক, } \tau = I\alpha$$

$$= 0.1 \times 3.14$$

$$= 0.314 \text{ Nm (Ans.)}$$

ঘ 'গ' হতে পাই,

$$\text{কৌণিক মন্দন, } \alpha = 3.1416 \text{ rads}^{-2}$$

$$\text{উৎপন্ন কোণ, } \theta = \omega_0 t - \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$= 31.4159 \times 10 - \frac{1}{2} \times 3.1416 \times 10^2$$

$$= 154.336 \text{ rad}$$

$$\therefore \text{ঘূর্ণন সংখ্যা} = \frac{154.336}{2\pi} \text{ rev}$$

$$= 24.56 \text{ rev}$$

চাকাটি থামার পূর্বে ১০০ বার ঘুরবে না।

প্রশ্ন ৩৯ 5 m প্রস্থের একটি রাস্তার বাইরের কিনারা ভিতরের কিনারা অপেক্ষা 0.6 m উঁচু। রাস্তার বাঁকের ব্যাসার্ধ 100 m ।

(বাংলাদেশ নৌবাহিনী স্কুল এন্ড কলেজ, কুসনা)

এখানে,

বালতিসহ পানির মোট ভর,

$$m = 1 + 1 = 2 \text{ kg}$$

$$= 2 \text{ kg}$$

$$\text{ব্যাসার্ধ } r = 1 \text{ m}$$

$$\text{টান, } T = 70 \text{ N}$$

ক. টর্ক কাকে বলে? ১

খ. কোন বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ 1 m বলতে কী বুঝ? ২

গ. রাস্তার ব্যাংকিং কোণ কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্ণিত রাস্তার বাঁকের কাছে সতর্কীকরণ বোর্ডে গতিবেগ সম্পর্কে কী নির্দেশনা দেওয়া যেতে পারে? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ কোনো অক্ষের সাপেক্ষে একটি বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ 1 m বলতে বোঝায় ঐ অক্ষ হতে 1 m দূরে একটি বিন্দুতে বস্তুটির সমগ্র ভর পুঞ্জীভূত আছে ধরে জড়তার ভ্রামক হিসেব করলেই সমগ্র বস্তুর জড়তার ভ্রামক পাওয়া যায়।

গ ২(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 6.89° ।

ঘ 'গ' থেকে পাই, রাস্তার ব্যাংকিং কোণ, $\theta = 6.89^\circ$ ।

এখন, রাস্তার বাঁকে গতিশীল কোন গাড়ির সর্বোচ্চ নিরাপদ বেগ v হলে,

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

$$\text{ব্যাংকিং কোণ, } \theta = 6.89^\circ$$

$$\text{রাস্তার বাঁকের ব্যাসার্ধ, } r = 100 \text{ m}$$

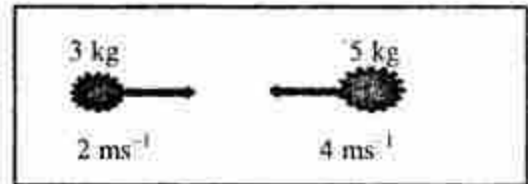
$$\text{অভিকর্ষজ ত্বরণ, } g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } v &= \sqrt{rg \tan \theta} \\ &= \sqrt{100 \times 9.8 \times \tan(6.89^\circ)} \\ &= 10.89 \text{ ms}^{-1} \\ &= 39.2 \text{ kmh}^{-1} \end{aligned}$$

\therefore রাস্তার বাঁকটিতে সতর্কীকরণ বোর্ডে সর্বোচ্চ গতিবেগ 39.2 kmh^{-1}

এর নিচে রাখার জন্য নির্দেশনা দিতে হবে।

প্রশ্ন ৪০



সংঘর্ষের পর বস্তুদ্বয় এক হয়ে গেল।

(চট্টগ্রাম ব্যাটনমেন্ট পাবলিক কলেজ, চট্টগ্রাম)

ক. টর্ক কী? ১

খ. নিউটনের জড়তার সূত্রটি ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বস্তুদ্বয়ের মিলিত বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের সংঘর্ষটি কি স্থিতিস্থাপক? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ নিউটনের জড়তার সূত্রটি হল— বাহ্যিক বল প্রয়োগে বস্তুর অবস্থান পরিবর্তন করতে বাধ্য না করলে স্থির বস্তু চিরকাল স্থিরই থাকবে ও গতিশীল বস্তু সমদ্রুতিতে গতিশীল থাকবে।

এ সূত্র হতে বুঝা যায় কোনো বস্তুর ওপর বল বা বলের লব্ধি শূন্য হলে তার বেগের কোন পরিবর্তন হয় না। বস্তুর পূর্বের অবস্থায় থাকা বা থাকার প্রবণতাকেই জড়তা বলা হয়।

গ বস্তুদ্বয়ের মিলিত বেগ, v হলে,

$$mv = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$\text{বা, } v = \frac{1}{m} (m_1 v_1 + m_2 v_2)$$

$$= \frac{1}{8} [3 \times 2 + 5 \times (-4)]$$

$$= -1.75 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,

$$\text{বস্তুদ্বয়ের মিলিত ভর, } m = 8 \text{ kg}$$

$$1 \text{ম বস্তুর ভর, } m = 3 \text{ kg}$$

$$1 \text{ম বস্তুর আদিবেগ, } v_1 = 2 \text{ ms}^{-1}$$

$$2 \text{য় বস্তুর ভর, } m_2 = 5 \text{ kg}$$

$$2 \text{য় বস্তুর আদিবেগ, } v_2 = -4 \text{ ms}^{-1}$$

\therefore মিলিত বস্তুদ্বয়ের শেষ বেগের মান 1.75 ms^{-1} এবং দিক 5 kg ভরের বস্তুর আদিবেগের দিকে। (Ans.)

ঘ. সংঘর্ষের পূর্বে 3kg ভরের বস্তুর গতিশক্তি E_1 হলে,

$$E_1 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 3 \times 2^2$$

$$= 6 \text{ J}$$

সংঘর্ষের পূর্বে 5kg ভরের বস্তুর গতিশক্তি E_2 হলে,

$$E_2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 5 \times 4^2$$

$$= 40 \text{ J}$$

∴ সংঘর্ষের পূর্বে মোট গতিশক্তি, E_i হলে $E_i = E_1 + E_2 = 6 + 40 = 46 \text{ J}$

সংঘর্ষের পরে মোট গতিশক্তি E_f হলে

$$E_f = \frac{1}{2} m v^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 8 \times (1 - 75)^2$$

$$= 12.25 \text{ J}$$

এখানে,
মিলিত বস্তুর ভর, $m = 8 \text{ kg}$
মিলিত বস্তুর বেগ, $v = 1.75 \text{ ms}^{-1}$
['গ' থেকে পাই]

অতএব, $E_i \neq E_f$ অর্থাৎ সংঘর্ষের পূর্বের মোট গতিশক্তি ও পরে মোট গতিশক্তি সমান নয়।

সুতরাং এ সংঘর্ষ স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ নয়।

প্রশ্ন 81 12m প্রশস্ত একটি রাস্তার বাকি ভেতরের পৃষ্ঠ হতে বাইরের পৃষ্ঠ 1.2m উঁচু। উক্ত বাকি একটি স্কুল বাস সর্বোচ্চ 25 km.h^{-1} বেগে নিরাপদে অতিক্রম করল। কিন্তু একজন মটর সাইকেল আরোহী 40 km.h^{-1} বেগে নিরাপদে অতিক্রম করতে পারে।

[ক্যান্টিনমেন্ট কলেজ, যশোর]

- সংরক্ষণশীল বল কাকে বলে? ১
- কোন যন্ত্রের 10HP ক্ষমতা বলতে কী বোঝায়? ২
- উদ্দীপকের বাকের ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর। ৩
- মোটর সাইকেল আরোহী নিরাপদে বাক নিতে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করেছিল তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বল কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়া করলে তাকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে বল কর্তৃককৃত কাজ শূন্য হয় তাকে সংরক্ষণশীল বল বলে।

খ এককের আন্তর্জাতিক পদ্ধতি চালু করার পূর্বে ক্ষমতার একটি ব্যবহারিক একক ছিল অশ্বক্ষমতা (HP) ওয়াটের সাথে এর সম্পর্ক।

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ W}$$

∴ 10 HP = 7460W কোন যন্ত্রের ক্ষমতা 10 HP বলতে বোঝায় যন্ত্রটি প্রতি সেকেন্ডে 7460 J কাজ করতে পারবে।

গ রাস্তার বাকের ব্যাসার্ধ, r হলে, $\tan \theta = \frac{v^2}{rg}$

কিন্তু ক্ষুদ্র কোণ θ এর জন্য $\tan \theta = \sin \theta$

$$\therefore \sin \theta = \frac{v^2}{rg}$$

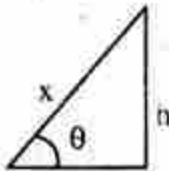
$$\text{বা, } \frac{h}{x} = \frac{v^2}{rg}$$

$$\text{বা, } r = \frac{v^2 x}{hg}$$

$$= \frac{6.94^2 \times 12}{1.2 \times 9.8}$$

$$= 49.15 \text{ m (Ans.)}$$

এখানে,
রাস্তার প্রশস্ত, $x = 12 \text{ m}$
রাস্তার ভেতরের প্রান্তের তুলনায়
বাইরের প্রান্তের উচ্চতা, $h = 1.2 \text{ m}$
বাক অতিক্রমের জন্য সর্বোচ্চ বেগ, v
 $= 25 \text{ kmh}^{-1} = 6.94 \text{ ms}^{-1}$



ঘ মোটর সাইকেল আরোহী রাস্তার বাকটি 40 kmh^{-1} বা 11.11 ms^{-1} রাস্তার বাকটি 40 kmh^{-1} বা, 11.11 ms^{-1} বেগে নিরাপদে পার করে। তাই তার ব্যাংকিং θ হলে,

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

$$\text{বা, } \theta = \tan^{-1} \left(\frac{v^2}{rg} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left[\frac{(11.11)^2}{9.8 \times 49.15} \right] \text{ ['গ' থেকে পাই, রাস্তার ব্যাসার্ধ } r = 49.15 \text{ m}]$$

$$= 14.37^\circ$$

আবার, রাস্তার ব্যাংকিং θ হলে,

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

$$\text{বা, } \theta = \sin^{-1} \frac{h}{x}$$

$$= \sin^{-1} \left(\frac{1.2}{12} \right)$$

$$= 5.74^\circ$$

∴ মোটর সাইকেল আরোহীকে 40 kmh^{-1} বেগে বাকটি নিরাপদে অতিক্রম করার জন্য রাস্তার ব্যাংকিং 5.74° এর চাইতে আরও $14.37^\circ - 5.74^\circ = 8.63^\circ$ বেশি কোণে বাকের কেন্দ্রের দিকে বাকতে হয়।

প্রশ্ন 82 একটি রাস্তার বাকের ব্যাসার্ধ 100m। রাস্তাটির প্রশস্ত 4m। বাকের বাইরের দিকে রাস্তাটি 0.2m উঁচু। একজন গাড়ি চালক 100 kmh^{-1} বেগে ঐ বাক অতিক্রম করতে মনস্থির করলেন।

[কাদিরাবাদ ক্যান্টনমেন্ট স্যাপার কলেজ, নাটোর]

- টর্ক কাকে বলে? ১
- রাস্তার বাক অতিক্রম করার সময় সাইকেল আরোহী কাত হয়ে চলে কেন? ২
- রাস্তাটির ব্যাংকিং কোণ কত? ৩
- গাড়ি চালকের পক্ষে ঐ বাক নিরাপদে অতিক্রম করা সম্ভব কি না— গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

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

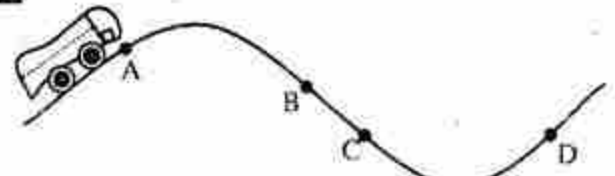
খ বক্রপথে সাইকেল চালানোর সময় আরোহীকে সাইকেলসহ বাকের কেন্দ্রের দিকে হেলে যেতে দেখা যায়। বৃত্তাকার পথে চলার জন্য প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল সৃষ্টির জন্য এরূপ হেলে যেতে হয়। কাত হয়ে চলার সময় সাইকেলের উপর ভূমির প্রতিক্রিয়া বলের অনুভূমিক উপাংশ কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেয়।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 2.86°

ঘ ২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: সম্ভব নয় কারণ $V_{\max} = 7 \text{ ms}^{-1}$

প্রশ্ন 83



চিত্রে AB ও CD অংশে ট্রাকটি 108 kmh^{-1} বেগে গতিশীল থাকে। রাস্তার AB অংশে ব্যাংকিং কোণ 26° এবং CD অংশের ব্যাংকিং কোণ 18° । ট্রাকটির স্টিয়ারিং এর ব্যাস 40cm। ড্রাইভার স্টিয়ারিং এ $\vec{F} = (6\hat{j} + \sqrt{3}\hat{k}) \text{ N}$ বল প্রয়োগ করে।

[আবদুল উল্লিন শাহ শিশু নিকেতন স্কুল ও কলেজ, পাইলসান্দা]

- প্রাস কী? ১
- ঘনবস্তু মধুতে পড়ে গেলে স্টোকসের সূত্রের কী কোনো প্রভাব আছে— ব্যাখ্যা করো। ২
- ড্রাইভার স্টিয়ারিং এ কত টর্ক সৃষ্টি করেছিল? ৩
- AB ও CD অংশের মধ্যে কোন অংশে ট্রাকটি বেশি কেন্দ্রমুখী বল অনুভব করবে— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন বস্তুকে অনুভূমিকের সাথে তির্যকভাবে কোন স্থানে নিক্ষেপ করা হলে তাকে প্রাস বা প্রক্ষেপক বলে।

খ মধু একটি সান্দ্র তরল। সান্দ্র তরলের মধ্যে পতনশীল ঘনবস্তুর উপর তিনটি বল কাজ করে। প্রথমত, ঘনবস্তুর ওজন নিচের দিকে, দ্বিতীয়ত, প্রবতা বল উপরের দিকে এবং তৃতীয়ত, সান্দ্রতা বল গতির বিপরীত দিকে তথা পতনশীল বস্তুর ক্ষেত্রে উপরের দিকে। স্থিরাবস্থায় সান্দ্রতা বল ক্রিয়া করে না, তাই প্রবতা অপেক্ষা ওজন বেশি হওয়ার কারণে বস্তুটি নিচের দিকে ত্বরণ প্রাপ্ত হয় এবং বেগ বাড়তে থাকে। কিন্তু বেগ বৃদ্ধির সাথে সাথে সান্দ্র বলও বাড়তে থাকে। এক সময় প্রবতা বল ও সান্দ্র বলের যোগফল ওজনের সমান হয় ফলে নিট বল শূন্য হয় এবং ধ্রুব অন্তঃবেগ প্রাপ্ত হয়। অতএব, এক্ষেত্রে সান্দ্র বলের প্রভাব লক্ষণীয়।

গ আমরা জানি,
 $\tau = rF \sin 90^\circ$

$\therefore r$ ও F এর মধ্যে $\theta = 90^\circ$
 $= 0.2 \times 6.24$
 $\therefore \tau = 1.248 \text{ Nm}$

\therefore ড্রাইভার কর্তৃক স্টিয়ারিং
এ স্ফটিক 1.248 Nm
(Ans.)

ঘ উদ্দীপক অনুযায়ী AB ও CD উভয় অংশে ট্রাকটির বেগ,
 $v = 108 \text{ kmh}^{-1} = 30 \text{ ms}^{-1}$

AB ও CD অংশের ব্যাংকিং কোণ যথাক্রমে $\theta_1 = 26^\circ$ এবং $\theta_2 = 18^\circ$
ধরি, ট্রাকটির ভর = $m \text{ kg}$

AB অংশের ব্যাংকিং ব্যাসার্ধ r_1 হলে কেন্দ্রমুখী বল,

$$F_1 = \frac{mv^2}{r_1} = mg \cdot \frac{v^2}{r_1 g} = mg \tan \theta_1 \quad \left[\because \tan \theta_1 = \frac{v^2}{r_1 g} \right]$$

$$\text{বা, } F_1 = m \times 9.8 \times \tan 26^\circ$$

$$\therefore F_1 = (4.78 \times m) \text{ N}$$

আবার, CD অংশের ব্যাংকিং ব্যাসার্ধ r_2 হলে কেন্দ্রমুখী বল,

$$F_2 = mg \tan \theta_2 \quad \left[\tan \theta_2 = \frac{v^2}{r_2 g} \right]$$

$$\text{বা, } F_2 = m \times 9.8 \times \tan 18^\circ$$

$$\therefore F_2 = (3.18 \times m) \text{ N}$$

এখন F_1 ও F_2 কেন্দ্রমুখী বলদ্বয়কে তুলনা করে পাই

$$F_1 > F_2$$

অর্থাৎ AB অংশে ট্রাকটি বেশি কেন্দ্রমুখী বল অনুভব করবে।

প্রশ্ন ৪৪ একটি রেল লাইনের বাঁকের ব্যাসার্ধ 200m. পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1m একটি ট্রেন 50.40 kmh^{-1} বেগে উক্ত পথে নিরাপদে চলতে পারে।

(চট্টগ্রাম সরকারি মহিলা কলেজ, চট্টগ্রাম)

ক. টর্ক কাকে বলে?

খ. কাঁচে গুলি করলে ছিদ্র হয়, কিন্তু ঢিল ছুড়লে কাঁচ চূর্ণ-বিচূর্ণ হয়— কেন?

গ. উদ্দীপকে রেললাইনের বাঁকের ভেতরের পাত অপেক্ষা বাহিরের পাত কত উঁচু?

ঘ. বাঁকের বাহিরের অংশ উঁচু করার প্রয়োজনীয়তা গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে বর্ণনা করো।

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ ঘাত বলের তারতম্যের কারণে কাঁচে গুলি করলে ছিদ্র হয় কিন্তু ঢিল ছুড়লে কাঁচ চূর্ণ-বিচূর্ণ হয়। খুব কম সময়ের জন্য ঘাত বল প্রযুক্ত হয়।

কাঁচে গুলি করলে গুলি কর্তৃক প্রযুক্ত বল F , কাঁচের ভরবেগ পরিবর্তন করে। যে সময় ধরে কাঁচ গুলির সংস্পর্শে থাকে যে সময়ে গুলি কর্তৃক প্রযুক্ত বল অন্যান্য বলের তুলনায় অনেক বড় হয় এবং গুলিটি কাঁচ ছিদ্র করে বের হয়ে যায়। কিন্তু ঢিল এর ভরবেগ এবং ক্রিয়াকাল বেশি হওয়ায় কাঁচে প্রযুক্ত বল চারদিকে ছড়িয়ে গিয়ে কাঁচকে চূর্ণ-বিচূর্ণ করে।

গ দেওয়া আছে,

রেললাইনের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,

$$d = 1 \text{ m}$$

রেললাইনের বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 200 \text{ m}$

$$\text{ট্রেনের সর্বোচ্চ বেগ, } v = 50.40 \text{ kmh}^{-1} = \frac{50.40}{3.6} \text{ ms}^{-1} = 14 \text{ ms}^{-1}$$

বের করতে হবে, পাতদ্বয়ের উচ্চতায় পার্থক্য, $h = ?$

$$\text{আনতি } \theta \text{ হলে, } \tan \theta = \frac{v^2}{rg} = \frac{(14 \text{ ms}^{-1})^2}{200 \text{ m} \times 9.8 \text{ ms}^{-2}} = 0.1$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1}(0.1) = 5.71^\circ$$

$$\text{এখানে, } \sin \theta = \frac{h}{d}$$

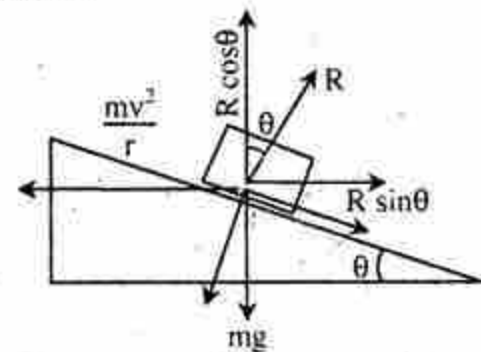
$$\therefore h = d \sin \theta = 1 \text{ m} \times \sin 5.71^\circ = 0.0995 \text{ m} = 0.1 \text{ m} = 10 \text{ cm (Ans.)}$$

ঘ রেলগাড়ি প্রধানত লোহার তৈরি বলে এর ওজন অত্যধিক, তাই এটি লাইনের ওপর চেপে থাকে। এতে করে এটি বেশ কিছুটা ঘর্ষণ অনুভব করে। এই ঘর্ষণ শুধু গতির দিকে নয়, বরং গতিপথের লম্বদিকেও কাজ করে।

অর্থাৎ বৃত্তাকার পথে চলার সময় কেন্দ্রবিমুখী বল যখন ট্রেনটিকে উল্টে ফেলে দিতে চায় তখন প্রাপ্ত ঘর্ষণ বল কিছুটা হলেও কেন্দ্রবিমুখী বলকে প্রশমিত করে। আবার রেলগাড়ির চাকার আকৃতির কারণেও এটি মোটামুটি বৃহৎ মানের ঘর্ষণ বল লাভ করে।

তবে এত কিছু পরেও ব্যাংকিং করা প্রয়োজন হয়।

অর্থাৎ যেখানে মোড় ঘোরে তার ভেতরের পাশ অপেক্ষা বাইরের পাশ কিছুটা উঁচু রাখা হয়।



এ সময় রেলগাড়ির ওপর যে প্রতিক্রিয়া বল (R) উৎপন্ন হয় তার উল্লম্ব উপাংশ এর ওজনকে নাকচ করে এবং অনুভূমিক উপাংশ প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল যোগান দেয়।

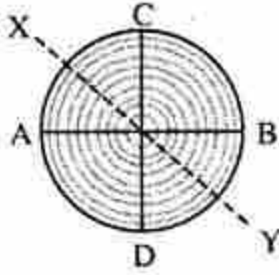
অর্থাৎ বস্তুর ভর m , অভিকর্ষজ ত্বরণ g , প্রতিক্রিয়া বল R , তলের আনতি θ , রেলগাড়ির গতিবেগ v এবং বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ r হলে,

$$R \sin \theta = \frac{mv^2}{r} \text{ এবং } R \cos \theta = mg$$

$$\therefore \frac{R \sin \theta}{R \cos \theta} = \frac{mv^2/r}{mg} = \frac{v^2}{rg}$$

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

এভাবেই তলের আনতি বা ব্যাংকিং প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দিয়ে ট্রেনটিকে উল্টে যাওয়া থেকে রক্ষা করে।



চিত্রে একটি সুখম পাতলা বৃত্তাকার চাকতির ভর 400gm এবং ব্যাসার্ধ 40cm।

(মহাপুর শহীদ স্মৃতি উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়, টাঙ্গাইল)

- ক. ঘূর্ণন জড়তা কাকে বলে? ১
খ. নৌকায় হাল ধরার কারণ ব্যাখ্যা করো। ২
গ. XY অক্ষ সাপেক্ষে চাকতিটির জড়তার ভ্রামক নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকের বৃত্তাকার চাকতির ওপর লম্ব স্পর্শককে যদি অক্ষ বিবেচনায় নেয়া হয় তাহলে চক্রগতির ব্যাসার্ধ পরিবর্তন হবে কী? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোন অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনশীল বস্তুর ঘূর্ণন গতির পরিবর্তনে বাধা দেয় তাই ঘূর্ণন জড়তা। ঘূর্ণনশীল বস্তুর উপর একক কৌণিক ত্বরণ ঘটালে চাইলে যে পরিমাণ টর্ক প্রয়োগ করতে হয়, তাই বস্তুর ঘূর্ণন জড়তার পরিমাপ।

খ নৌকায় গুণ টানার সময় টানবলের একটি উপাংশ নদীর প্রস্থ বরাবর হয় যা নৌকাকে তীরের দিকে টেনে নিতে চায়। এ উপাংশটিকে নাকচ করে নৌকাকে সোজা সামনের দিকে এগিয়ে নিয়ে যাওয়ার জন্য হাল ধরা হয়। এছাড়া ইঞ্জিনচালিত নৌকায় হাল ধরা হয় নৌকার গতিবিধি নিয়ন্ত্রণ করার জন্য। হালটিকে প্রয়োজনমতো ডানে বা বায়ে কাত হয়ে নৌকার ওপর অভিক্ষিপ্ত দিকে লম্বিবল অর্জন করা হয়।

গ দেওয়া আছে,

$$\text{বৃত্তাকার চাকতির ভর, } M = 400 \text{ gm} = 0.4 \text{ kg}$$

$$\text{ব্যাসার্ধ, } r = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}$$

বের করতে হবে, XY অক্ষ সাপেক্ষে অর্থাৎ চাকতির ওপর লম্ব কেন্দ্রগামী অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক, $I = ?$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \text{এবং কেন্দ্রে জড়তার ভ্রামক, } I &= \frac{Mr^2}{2} \\ &= \frac{0.4 \text{ kg} \times (0.4 \text{ m})^2}{2} = 0.032 \text{ kgm}^2 \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ উদ্দীপকে বর্ণিত XY অক্ষের সাপেক্ষে চক্রগতির ব্যাসার্ধ,

$$K = \frac{r}{\sqrt{2}} = \frac{0.4 \text{ m}}{\sqrt{2}} = 0.283 \text{ m}$$

বৃত্তাকার চাকতির ওপর লম্ব স্পর্শককে যদি অক্ষ বিবেচনায় নেয়া হয় তাহলে সমান্তরাল অক্ষ উপপাদ্য অনুসারে,

$$\text{জড়তার ভ্রামক, } I' = I_G + Mh^2$$

$$\text{এক্ষেত্রে, } I_G = 0.032 \text{ kgm}^2$$

$$\text{এবং } h = \text{চাকতির ব্যাসার্ধ}$$

$$r = 0.4 \text{ m}$$

$$\text{চাকতির ভর, } M = 0.4 \text{ kg}$$

$$\therefore I' = I_G + Mh^2 = 0.032 \text{ kgm}^2 + 0.4 \text{ kg} \times (0.4 \text{ m})^2 = 0.096 \text{ kgm}^2$$

এখন, লম্ব স্পর্শক অক্ষের সাপেক্ষে চক্রগতির ব্যাসার্ধ K' হলে $I' = MK'^2$

$$\therefore K'^2 = \frac{I'}{M} \text{ বা, } K' = \sqrt{\frac{I'}{M}} = \sqrt{\frac{0.096 \text{ kgm}^2}{0.4 \text{ kg}}} = 0.49 \text{ m}$$

লক্ষ করি, $K = 0.283 \text{ m}$ এবং $K' = 0.49 \text{ m}$

সুতরাং উদ্দীপকের বৃত্তাকার চাকতির ওপর লম্ব স্পর্শককে যদি অক্ষ বিবেচনায় নেয়া হয় তাহলে চক্রগতির ব্যাসার্ধ পরিবর্তন হবে (বাড়বে)।

$$\begin{array}{ccccccc} m_2 = 0.1 \text{ kg} & m_1 = 2 \text{ kg} & F_1 & m_2 & m_1 & F_2 & v_2 = 90.17 \text{ ms}^{-1} & m_1 = 2 \text{ kg} \\ v_{2i} = 100 \text{ ms}^{-1} & v_{1i} = 0 & & & & & m_2 = 0.1 \text{ kg} & v_{1f} \end{array}$$

সংঘর্ষের পূর্বে

সংঘর্ষের সময়, $t = 4 \text{ s}$

সংঘর্ষের পর

(বি এ এফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম)

- ক. প্রত্যায়নী বল কাকে বলে? ১
খ. পৃথিবীর কেন্দ্রে সরল দোলকের দোলনকাল কিরূপ হবে—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

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বাহ্যিক বলের প্রভাবে কোন বস্তু বা মাধ্যমের কোন অংশের বিকৃতি ঘটলে বা বিকৃতি ঘটানোর চেষ্টা করলে বস্তুর অভ্যন্তরে যে বিকৃতি প্রতিরোধকারী বলের উদ্ভব হয়। তাকে প্রত্যায়নী বল বলে।

খ আমরা জানি, সরল দোলকের দোলনকাল $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

পৃথিবীর কেন্দ্রে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 0 \text{ ms}^{-2}$

$$\therefore \text{পৃথিবীর কেন্দ্রে সরল দোলকের দোলনকাল } T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{0}}$$

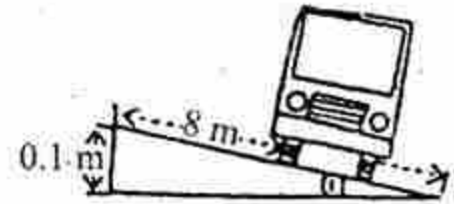
$$\text{বা, } T = \infty$$

সুতরাং সরলদোলককে পৃথিবীর কেন্দ্রে নিয়ে গেলে এর দোলনকাল অসীম হয়।

গ ৩(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৮৭ 200m ব্যাসার্ধের একটি বাক 40kmh⁻¹ বেগে বাক নিতে গিয়ে বাস রাস্তা থেকে ছিটকে খাদে পড়ে যায়।



(ডঃ আব্দুর রাজ্জাক মিউনিসিপ্যাল কলেজ, যশোর)

- ক. টোনিক কাকে বলে? ১
খ. এক মুখ খোলা বাঁশি অপেক্ষা দুই মুখ খোলা বাঁশির সুর বেশি শ্রুতিমধুর কেন? ২
গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত রাস্তার ব্যাংকিং কোণ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকের আলোকে বাসটি খাদে পড়ে যাওয়ার কারণ গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক সর্বাপেক্ষা কম কম্পাঙ্কের সূচনা সুরকে টোনিক বলে।

খ একমুখ খোলা নলে শুধুমাত্র মূল সুরের বিজোড় সমমেল পাওয়া যায়। কিন্তু দুই মুখ খোলা নলে মূল সুরের জোড় ও বিজোড় সকল প্রকার সমমেল পাওয়া যায়। সেজন্য একমুখ খোলা নল অপেক্ষা দুই মুখ খোলা নলে সৃষ্ট শব্দ শ্রুতিমধুর হয়।

গ ২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 0.716°

ঘ ৭(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: বাকের নিরাপদ সর্বোচ্চ বেগ ছিল 35.64 kmh⁻¹ কিন্তু বাকের 40 kmh⁻¹ বেগে বাক নেওয়ায় গাড়িটি খাদে পড়ে যায়।

প্রশ্ন ৪৮ সার্কাস পার্টিতে একজন লোক 10kg ভরের একটি গোলকে ভূমি হতে 1m উচ্চতায় অনুভূমিক তালে 3m লম্বা রশির সাহায্যে বৃত্তাকার পথে ঘুরাচ্ছেন। গোলকটি প্রতিমিনিটে 10 বার আবর্তন করে ঘূর্ণনরত অবস্থায় রশিটি হঠাৎ ছিঁড়ে যায়।

(এম সি কলেজ, সিলেট)

- কৌণিক ভরবেগ কাকে বলে? ১
- বৃত্তাকার পথে সমদ্রুতিতে চললেও বস্তুর ত্বরণ থাকে—ব্যাখ্যা কর। ২
- আবর্তনশীল গোলকটি কেন্দ্রের দিকে কত বল অনুভব করবে? ৩
- গোলকটি হতে দর্শকসারির দূরত্ব কত হলে গোলকটি কোন দর্শককে আঘাত করবে না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

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

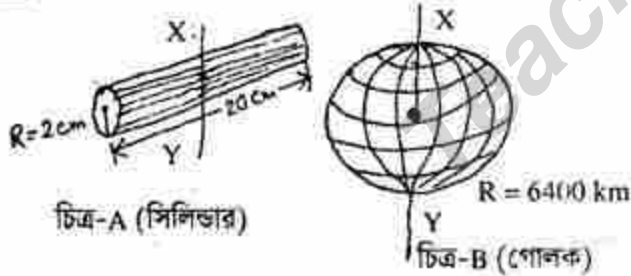
খ আমরা জানি, বেগের পরিবর্তন ঘটে শুধু এর মান বা দিক বা উভয়ের পরিবর্তনের দ্বারা। সুতরাং, কোনো বস্তুর বেগের মানের (দ্রুতি) পরিবর্তন না ঘটলে ও এর দিকের পরিবর্তন ঘটলে বেগের পরিবর্তন ঘটে। বেগের পরিবর্তন ($\Delta \vec{v}$) অশূন্য হলে ত্বরণের সংজ্ঞানুসারে $(\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t})$ ত্বরণের অশূন্য মান থাকে। তাই সমদ্রুতিতে বৃত্তাকার পথে চলমান বস্তুর ত্বরণ থাকে। এটি অন্যভাবেও ব্যাখ্যা করা যায়, বৃত্তপথে ঘূর্ণরত কোনো বস্তুর ওপর বৃত্তের কেন্দ্রের দিকে সর্বদা কেন্দ্রমুখী বল ক্রিয়া করে। উক্ত বলের দরুন বস্তুটিতে ত্বরণ ঘটে থাকে।

গ ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 32.898 N।

ঘ ৮(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: লোকটি হতে দর্শকসারির দূরত্ব 1.48m এর বেশি হলে গোলকটি কোনো দর্শককে আঘাত করবে না।

প্রশ্ন ৪৯ চিত্র দুটি পর্যবেক্ষণ করে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



(জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট)

- ব্যাকিং-এর কোণ কাকে বলে? ১
- ঘূর্ণনরত কৃত্রিম উপগ্রহ পৃথিবীর দিকে নেমে আসে না কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
- চিত্র-A এর সিলিন্ডারটির জড়তার ভ্রামক নির্ণয় কর। ৩
- B গোলকটি নিরেট অথবা ফাঁপা হলে কোন ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক বেশি হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বৃত্তপথে চলার সময় কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেয়ার জন্য যানবাহনকে যে কোণে উল্লম্বের সাথে কেন্দ্রের দিকে হেলতে হয় তাকে ব্যাকিং কোণ বলে।

খ পৃথিবীর চারপাশে ঘূর্ণনরত উপগ্রহ পৃথিবীর কেন্দ্র বরাবর তার ওজনের সমান বল অনুভব করে। আবার বৃত্তপথে ঘূর্ণনরত থাকায় উপগ্রহগুলো কেন্দ্রবিমুখী বল অনুভব করে। এই কেন্দ্রবিমুখী বল উপগ্রহের ওজনের সমান হওয়ায় উপগ্রহ কক্ষপথে ঘূর্ণনরত থাকে এবং পৃথিবীর দিকে চলে আসে না।

গ

এখন, চিত্র দিয়ে গমনকারী অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক,

এখানে,
সিলিন্ডারের দৈর্ঘ্য, $l = 20 \text{ m}$
 $= 0.2 \text{ m}$
ব্যাসার্ধ, $R = 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m}$

$$I = \frac{1}{2} Mr^2 + \frac{1}{12} Ml^2$$

$$= \frac{M}{12} (6r^2 + l^2)$$

$$= \frac{M}{12} \{6 \times (0.02)^2 + (0.2)^2\}$$

$$= 3.53 \times 10^{-3} \text{ M (Ans.)}$$

ঘ B-গোলকটি নিরেট হলে উদ্দীপকের চিত্র অনুযায়ী গমনকারী অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক,

$$I_1 = \frac{2}{5} Mr^2$$

এবং একই ভরের ফাঁপা গোলক হলে জড়তার ভ্রামক,

$$I_2 = \frac{2}{3} Mr^2$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{2}{5} Mr^2}{\frac{2}{3} Mr^2}$$

$$= \frac{2}{5} \times \frac{3}{2}$$

$$= \frac{3}{5}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = 0.6 (< 1)$$

$$\therefore I_1 < I_2$$

অর্থাৎ, ভর সমান থাকলে, ফাঁপা হলে জড়তার ভ্রামক বেশি হবে।

প্রশ্ন ৫০ 100 kg ভরের একটি বস্তু $(8\hat{i} - 6\hat{j} - 10\hat{k}) \text{ ms}^{-1}$ বেগে গতিশীল। বস্তুটির গতির বিপরীত দিক থেকে আসা অপর একটি বস্তুর সহিত সংঘর্ষে লিপ্ত হল। দ্বিতীয় বস্তুটির ভর এবং বেগ যথাক্রমে 200kg

এবং $(-10\hat{i} + 6\hat{j} - 8\hat{k}) \text{ ms}^{-1}$ সংঘর্ষের পর বস্তু দুটির বেগ যথাক্রমে $(3\hat{i} - 4\hat{j} - 5\hat{k}) \text{ ms}^{-1}$ এবং $(-4\hat{i} + 5\hat{j} - 6\hat{k}) \text{ ms}^{-1}$ হল।

(সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া)

- ঘাত বল কি? ১
- নৌকা থেকে লাফ দিলে নৌকা পেছনে সরে যায়—ব্যাখ্যা কর। ২
- ১ম বস্তুটির উপর বলের ঘাত বের কর। ৩
- সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক না অস্থিতিস্থাপক—গাণিতিকভাবে উপস্থাপন কর। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রচণ্ড মানের বল অতি অল্প সময় ধরে ক্রিয়া করে তাকে ঘাত বল বলে।

খ নৌকা থেকে লাফ দেয়ার পূর্বে নৌকা ও লোকের মোট ভরবেগের সমষ্টি শূন্য। নৌকা থেকে লাফ দিলে লোকটি একটি ভরবেগ প্রাপ্ত হয়। ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুযায়ী নৌকাটিও বিপরীত দিকে একটি ভরবেগ প্রাপ্ত হবে, কেননা, নৌকা ও লোকের আদি ভরবেগ শূন্য ছিলো। একারণেই নৌকা থেকে লাফ দিলে নৌকা পেছনে সরে যায়।

গ ১ম বস্তুটির উপর বলের ঘাত \vec{J} হলে,

$$\vec{J} = \Delta \vec{P}$$

$$= \vec{P}_2 - \vec{P}_1$$

$$= m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$$

$$= m(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)$$

এখানে,

১ম বস্তুর আদিবেগ, $\vec{v}_1 = (8\hat{i} - 6\hat{j} - 10\hat{k}) \text{ ms}^{-1}$

১ম বস্তুর শেষবেগ, $\vec{v}_2 = (3\hat{i} - 4\hat{j} - 5\hat{k}) \text{ ms}^{-1}$

১ম বস্তুর ভর, $m = 100 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
&= 100(3\hat{i} - 4\hat{j} - 5\hat{k} - 8\hat{i} + 6\hat{j} + 10\hat{k}) \\
&= 100(-5\hat{i} + 2\hat{j} + 5\hat{k}) \\
&= (-500\hat{i} + 200\hat{j} + 500\hat{k}) \\
\therefore |\vec{J}| &= \sqrt{(-500)^2 + 200^2 + 500^2} \\
&= 734.85 \text{ kgms}^{-1} \text{ (Ans.)}
\end{aligned}$$

ঘ. ১ম বস্তুর সংঘর্ষের পূর্বে গতিশক্তি E_{11} হলে,

$$\begin{aligned}
E_{11} &= \frac{1}{2} m_1 v_{11}^2 \\
&= \frac{1}{2} m_1 (\vec{v}_{11} \cdot \vec{v}_{11}) \\
&= \frac{1}{2} \times 100 \times (8\hat{i} - 6\hat{j} - 10\hat{k}) \cdot (8\hat{i} - 6\hat{j} - 10\hat{k}) \\
&= \frac{1}{2} \times 100 \times (64 + 36 + 100) \\
&= 10000 \text{ J} \\
&= 10 \text{ kJ}
\end{aligned}$$

১ম বস্তুর সংঘর্ষের পর গতিশক্তি E_{12} হলে,

$$\begin{aligned}
E_{12} &= \frac{1}{2} m_1 v_{12}^2 \\
&= \frac{1}{2} m_1 (\vec{v}_{12} \cdot \vec{v}_{12}) \\
&= \frac{1}{2} \times 100 \times (3\hat{i} - 4\hat{j} - 5\hat{k}) \cdot (3\hat{i} - 4\hat{j} - 5\hat{k}) \\
&= \frac{1}{2} \times 100 \times (9 + 16 + 25) \\
&= 2.5 \text{ kJ}
\end{aligned}$$

২য় বস্তুর সংঘর্ষের পূর্বে গতিশক্তি E_{21} হলে,

$$\begin{aligned}
E_{21} &= \frac{1}{2} m_2 v_{21}^2 \\
&= \frac{1}{2} m_2 (\vec{v}_{21} \cdot \vec{v}_{21}) \\
&= \frac{1}{2} \times 200 \times (-10\hat{i} + 6\hat{j} - 8\hat{k}) \cdot (-10\hat{i} + 6\hat{j} - 8\hat{k}) \\
&= \frac{1}{2} \times 200 \times (100 + 36 + 64) \\
&= 20 \text{ kJ}
\end{aligned}$$

২য় বস্তুর সংঘর্ষের পর গতিশক্তি E_{22} হলে,

$$\begin{aligned}
E_{22} &= \frac{1}{2} m_2 v_{22}^2 \\
&= \frac{1}{2} m_2 (\vec{v}_{22} \cdot \vec{v}_{22}) \\
&= \frac{1}{2} \times 200 \times (-4\hat{i} + 5\hat{j} - 6\hat{k}) \cdot (-4\hat{i} + 5\hat{j} - 6\hat{k}) \\
&= \frac{1}{2} \times 200 \times (16 + 25 + 36) \\
&= 7.7 \text{ kJ}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\therefore \text{সংঘর্ষের পূর্বে বস্তুদ্বয়ের মোট গতিশক্তি, } E_1 &= E_{11} + E_{21} \\
&= (10 + 20) \text{ kJ} \\
&= 30 \text{ kJ}
\end{aligned}$$

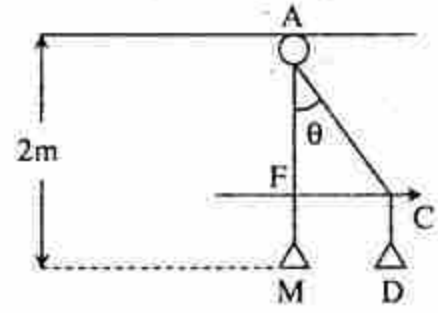
$$\begin{aligned}
\text{সংঘর্ষের পর মোট গতিশক্তি, } E_2 &= E_{12} + E_{22} \\
&= (2.5 + 7.7) \text{ kJ} \\
&= 10.2 \text{ kJ}
\end{aligned}$$

$$\therefore E_1 \neq E_2$$

অর্থাৎ, সংঘর্ষের আগে ও পরে সিস্টেমের মোট গতিশক্তি ধ্রুব নয়।

\therefore সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক নয়।

প্রশ্ন ৫১ চিত্রটি লক্ষ কর এবং নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।



M ভরের একটি বস্তু A হতে 2m সুতা দ্বারা ঝুলিয়ে দেওয়া হল রনি একটি কাঠ দিয়ে সুতার মধ্যখানে আঘাত করে।

[কুমিল্লা সরকারি কলেজ]

- ক. ডাইভারজেন্স কী? ১
- খ. ভেক্টর গুণনে দুইটি রাশির একই জাতীয় হওয়ার প্রয়োজন আছে কিনা— ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. রনি সুতায় 49N বল প্রয়োগ করায় সুতাটি সরে পূর্বের অবস্থানের সহিত অনুভূমিক ভাবে 30° কোণ করে। বস্তুটির ভর কত? নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. সুতাটি সর্বোচ্চ 300N বল সহ্য করতে পারে। রনি সুতাটিতে সর্বোচ্চ কত বল প্রয়োগ করলে সুতাটি ছিঁড়বে না গণিতিক যুক্তির সাহায্যে তা নির্ণয় করো যখন বস্তুর ভর 10kg হয়। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

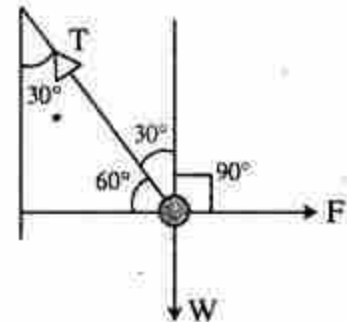
ক. কোন একটি ভেক্টর \vec{V} যদি অন্তরীকরণ যোগ্য হয় তবে $\vec{\nabla} \cdot \vec{V}$ এবং $\vec{\nabla} \times \vec{V}$ এর ভট গুণন কে $(\vec{\nabla} \cdot \vec{V})$ ডাইভারজেন্স $\text{div } \vec{V}$ বলা হয়।

খ. ভেক্টর গুণনে দুইটি রাশির একই জাতীয় হওয়ার প্রয়োজন নেই। দুটি ভিন্ন জাতীয় রাশির ভেক্টর গুণনে নতুন রাশি পাওয়া যায়।

যেমন— বল, \vec{F} ও সরণ, \vec{S} এর ভট গুণনে স্কেলার রাশি, কাজ, W পাওয়া যায়।

আবার বল, \vec{F} ও ব্যাসার্ধ \vec{r} এর ক্রস গুণনে ভেক্টর রাশি টর্ক τ পাওয়া যায়।

গ. তারের টান, T ও বস্তুর ওজন W এবং বল F যেহেতু বস্তুটি সাম্যবস্থায় আছে। তাই যে কোনো দিকে বলগুলোর উপাংশের সমষ্টি শূন্য।



অনুভূমিক উপাংশ

$$F \cos 0^\circ + W \cos 90^\circ + T \cos (90^\circ + 30^\circ) = 0$$

$$\text{বা, } F + 0 - \frac{T}{2} = 0$$

$$\text{বা, } T = 2F = 2 \times 49 \text{ N} = 98 \text{ N}$$

আবার উল্লম্ব উপাংশ,

$$T \cos 30^\circ - W + F \cos 90^\circ = 0$$

$$\text{বা, } T \frac{\sqrt{3}}{2} - W + 0 = 0$$

$$\text{বা, } W = \frac{\sqrt{3}T}{2}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 98}{2} = 84.87N$$

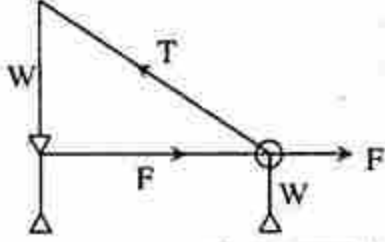
এখন, বস্তুর ভর, M হলে,

$$M = \frac{W}{g}$$

$$= \frac{84.87}{9.81}$$

$$= 8.65 \text{ kg (Ans.)}$$

ঘ



প্রয়োগকৃত F বল ওজন, W এর সাথে সমকোণে কাজ করে, বস্তুটি সাম্যাবস্থায় থাকে বলে তারে টান, T ওজন W ও বল, F এর লম্বির সমান হবে।

অসহ টানের ক্ষেত্রে,

$$\therefore T^2 = W^2 + F^2$$

$$\text{বা, } F = \sqrt{T^2 - W^2}$$

$$= \sqrt{T^2 - (mg)^2}$$

$$= \sqrt{300^2 - (10 \times 9.8)^2}$$

$$= 283.54N$$

\therefore তারটিতে সর্বোচ্চ 283.54N বল প্রয়োগ করা যাবে।

প্রশ্ন ৫২ 5kg ও 3kg ভরের A ও B দুইটি বস্তু একই সরল রেখা বরাবর একই সময় বিপরীত দিক থেকে যথাক্রমে 10ms^{-1} ও 12ms^{-1} সমবেগে পরস্পর বিপরীত দিক থেকে 1.1km আসার পর একে অপরকে ধাক্কা দিল। ধাক্কার পর বস্তুদ্বয় একত্রিত হয়ে চলতে থাকল।

[বরিশাল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ]

- টর্ক কাকে বলে? ১
- নিউটনের গতিসূত্রের সীমাবদ্ধতা কী? ২
- যাত্রা শুরুর কত সময় পরে ধাক্কা লেগেছিল? ৩
- উদ্ভিপকের সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কিনা তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই করো। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ সংক্ষেপে নিউটনের গতিসূত্রের সীমাবদ্ধতা আলোচনা করা হলো:

- নিউটনের গতিসূত্র বৃহৎ আকৃতির বস্তুর জন্য প্রযোজ্য। যে সকল কণার ভর খুবই কম যেমন ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন ইত্যাদির ক্ষেত্রে নিউটনের গতিসূত্র প্রযোজ্য নয়।
- ক্ষুদ্র ভর (10^{-31} kg) বিশিষ্ট সকল কণার বেগ বেশি হয়, অর্থাৎ প্রায় আলোর বেগের কাছাকাছি হয় ফলে গতিশীল অবস্থায় এরা তরঙ্গ রূপে আচরণ করে। এ সকল বস্তুর ক্ষেত্রে নিউটনের গতিসূত্র প্রযোজ্য নয়। এসব ক্ষেত্রে আপেক্ষিকতা তত্ত্ব প্রযোজ্য।
- আবার বস্তুর ত্বরণ যখন খুব কম ($< 10^{-10} \text{ ms}^{-2}$) হয় তখন নিউটনের গতিসূত্র প্রয়োগে ভালো ফল পাওয়া যায় না। এক্ষেত্রে বল ত্বরণের বর্ণের সমানুপাতিক হয়। নিউটনের গতিসূত্র কেবলমাত্র বল যখন ত্বরণের সমানুপাতিক সেই ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।
- কোনো বস্তু স্থির কাঠামোতে বা সমবেগে চলমান হলে নিউটনের গতিসূত্র প্রযোজ্য হয়। অন্যথায় প্রযোজ্য হবে না।

গ সংঘর্ষের পূর্বে বস্তুদ্বয়ের বেগ যথাক্রমে, $u_1 = 10\text{ms}^{-1}$

$$\text{ও } u_2 = 12\text{ms}^{-1}$$

তাহলে এদের মধ্যে আপেক্ষিক বেগ, $\Delta v = u_2 + u_1$
 $= (12 + 10) = 22 \text{ ms}^{-1}$

বস্তুদ্বয়ের আদি দূরত্ব, $d = 1.1 \text{ km} = 1100 \text{ m}$.

বস্তুদ্বয়ের চলা শুরুর t সময় পর এদের সংঘর্ষ হলে,

$$d = \Delta v \cdot t$$

$$\text{বা, } t = \frac{d}{\Delta v} = \frac{1100\text{m}}{22\text{ms}^{-1}}$$

$$\therefore t = 50 \text{ sec}$$

ঘ 'গ' হতে পাই,

সংঘর্ষের পূর্বে ১ম বস্তুর সাপেক্ষে দ্বিতীয় বস্তুর

আপেক্ষিক বেগ, $u_{21} = 22\text{ms}^{-1}$

সংঘর্ষের পর ১ম বস্তুর সাপেক্ষে দ্বিতীয়

বস্তুর বেগ, $v_{21} = v - v = 0$

যেহেতু $v_{21} \neq -u_{21}$, সেহেতু সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক নয়। সংঘর্ষের পর বস্তুদ্বয় মিলিত হলে তা সর্বদাই অস্থিতিস্থাপক।

প্রশ্ন ৫৩ 60kmh^{-1} বেগে গতিশীল একটি ট্রেন 328m ব্যাসার্ধের রেললাইনের বাক অতিক্রমের সময় লাইনচ্যুত হয়ে উল্টে যায়। রেল লাইনের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1m এবং এর বাইরের পাত ভিতরের পাত অপেক্ষা 7cm উঁচু ছিল। [বরিশাল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ]

- বলের ঘাত কাকে বলে? ১
- চলন্ত গাড়ির চাকার কাঁদা বাইরের দিকে ছিটকে পরে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
- রেল লাইনের ব্যাংকিং কোণ কত? ৩
- ট্রেনটির দুর্ঘটনার কারণ বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন বল ও বলের ক্রিয়াকালের গুণফলকে ঐ বলের ঘাত বলে।

খ চলন্ত গাড়ির চাকার কাঁদা বাইরের দিকে ছিটকে পরে কেন্দ্রবিমুখী বলের কারণে।

যেকোনো বস্তু বৃত্তপথে ঘুরতে চাইলে বৃত্তের কেন্দ্র বরাবর কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন হয়। চলন্ত গাড়ির চাকা যখন বৃত্তাকারে ঘুরতে থাকে তখন এতে লেগে থাকা কাঁদা কেন্দ্রমুখী বলের অভাবে ঘূর্ণন পথের স্পর্শক বরাবর ছিটকে চলে যায়। এটি স্থিতি জড়তার একটি উদাহরণ।

গ ৯ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 4.014° .

ঘ ৭ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : বাকটির জন্য নিরাপদ বেগ 15ms^{-1} । কিন্তু গাড়ির বেগ $\frac{50}{5} \text{ ms}^{-1}$

১ যা 15ms^{-1} থেকে বেশি। একারণে গাড়িটি দুর্ঘটনার শিকার হয়।

প্রশ্ন ৫৪ রহমান সাহেব গাড়ি চালিয়ে 5m প্রশস্ত ও 200m ব্যাসার্ধবিশিষ্ট একটি রাস্তার বাক একটি নির্দিষ্ট বেগে অতিক্রম করেন। রাস্তাটির ভিতরের পার্শ্ব অপেক্ষা বাইরের পার্শ্ব 0.5m উঁচু। [ব্রাহ্মণবাড়ীয়া সরকারি কলেজ]

- জড়তার ভ্রামক কাকে বলে? ১
- কজা থেকে ভিন্ন ভিন্ন দূরত্বে একটি দরজার উপর সম পরিমাণ বল প্রয়োগ করা সত্ত্বেও স্ফট টর্কের মান সমান হয় না- ব্যাখ্যা করো। ২
- রাস্তাটির ব্যাংকিং কোণ নির্ণয় করো। ৩
- 62.5 kmh^{-1} বেগে রাস্তার বাকটি অতিক্রমকালে রহমান সাহেব কোন বিপদের সম্মুখীন হবেন কি-না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো একটি অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনরত একটি বস্তুর ঘূর্ণন গতির পরিবর্তনকে বাধা দেয়ার প্রয়াস হচ্ছে জড়তার ভ্রামক এবং বস্তুটির ভর ও ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বস্তুটির ভারকেন্দ্রের লম্ব দূরত্বের বর্গের গুণফল দ্বারা এটি পরিমাপ করা হয়।

খ আমরা জানি, টর্ক = বল \times ঘূর্ণন অক্ষ হতে বলের ক্রিয়াকালের লম্ব দূরত্ব = Fd

কজা থেকে ভিন্ন ভিন্ন দূরত্বে একটি দরজার উপর সম পরিমাণ বল প্রয়োগ করলে ঘূর্ণন অক্ষ হতে বলের ক্রিয়াকালের লম্ব দূরত্ব ভিন্ন হয় তাই টর্কের মান সমান হয় না। ধুবমানের বল দরজার বাইরের প্রান্তে বল প্রয়োগ করা হলে টর্কের মান বেশি হয় আর কজা বরাবর প্রয়োগ করলে $d=0$ হয় তখন টর্কের মান শূন্য হয়।

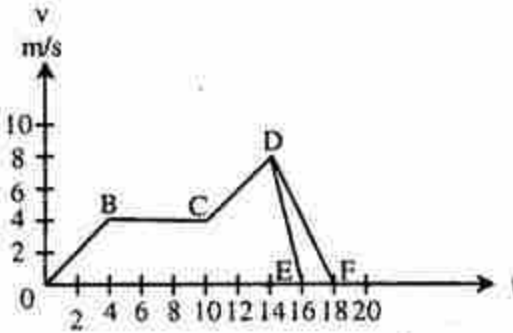
গ ২ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 5.739°

ঘ ২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : বিপদের সম্মুখীন হবেন।

প্রশ্ন ৫৫ মহিউদ্দিন ও যুবায়ের 1000kg ভরের একটি গাড়িতে করে নিম্নের লেখচিত্র অনুসারে ভ্রমণ করছিল যেখানে ঘর্ষণ বল উপেক্ষা করা হয়েছে। মহিউদ্দিন বলছিল DE পথে গেলে কম ব্রেক প্রয়োগ করতে হবে।



[বান্দরবান সরকারি কলেজ]

- ক. স্থিতি ঘর্ষণ বলতে কি বুঝ? ১
- খ. রকেট বায়ুশূন্য স্থানে চলতে পারে, কিন্তু জেট বিমান বায়ুশূন্য স্থানে চলতে পারে না ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. গাড়িটি 12 তম সেকেন্ডে কত দূরত্ব অতিক্রম করেছে? ৩
- ঘ. উদ্দীপকের আলোকে মহিউদ্দিনের কথা সত্যতা গাণিতিকভাবে প্রমাণ করো। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তল এবং একই তলের উপর অবস্থিত কোনো বস্তুর মধ্যে আপেক্ষিক গতি সৃষ্টি না হওয়া পর্যন্ত যে ঘর্ষণ বল ক্রিয়া করে তাকে স্থিতি ঘর্ষণ বলে।

খ রকেট নিচের দিকে জ্বালানি নির্গমনের মাধ্যমে ভরবেগের সংরক্ষণসূত্র অনুযায়ী উপরের দিকে ভরবেগ অর্জন করে।

অন্যদিকে, জেট বিমান পিছন দিকে জ্বালানি নির্গমনের মাধ্যমে সামনের দিকে যাওয়ার জন্য প্রয়োজনীয় ভরবেগ অর্জন করে। কিন্তু তার ভেসে থাকার জন্য উর্ধ্বমুখী বলের প্রয়োজন হয়। এই বল আসে জেট বিমানের পাখার উপরে ও নিচের বায়ুচাপের পার্থক্য তৈরির মাধ্যমে। এবং এই বলের পরিমাণ নির্ভর করে বায়ুর ঘনত্বের উপর। তাই যেখানে বায়ু নেই, সেখানে এই উর্ধ্বমুখী বল তৈরি হতে পারে না, ফলে জেটবিমান ভেসে থাকতে পারে না। কিন্তু রকেট এর জন্য এটি কোনো সমস্যা নয়।

গ

∴ 12 তম সেকেন্ড = $(12 - 10) = 2$

সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s = u + \frac{1}{2} a (2t - 1)$$

$$= 4 + \frac{1}{2} \times 1 \times (2 \times 2 - 1)$$

$$= 4 + \frac{3}{2}$$

$$= 5.5 \text{ m (Ans.)}$$

চিত্র হতে,

10s শেষে বেগ = আদিবেগ,

$$u = 4 \text{ m/s}$$

12s শেষে বেগ, শেষ বেগ,

$$v = 6 \text{ m/s}$$

$$\therefore \text{ত্বরণ, } a = \frac{6 - 4}{12 - 10} = 1 \text{ m/s}^2$$

ঘ যেহেতু প্রদত্ত লেখচিত্রটি বেগ বনাম সময়ের লেখ, তাই এই লেখচিত্রের ঢালই ত্বরণ নির্দেশ করে।

এখন DE পথে গেলে,

$$\text{মন্দন, } a_{DE} = \frac{8 - 0}{16 - 14} = 4 \text{ m/s}^2$$

এবং DF পথে গেলে,

$$\text{মন্দন, } a_{DF} = \frac{8 - 0}{18 - 14} = 2 \text{ m/s}^2$$

$$\therefore \text{DE পথে প্রযুক্ত ব্রেক, } F_{DE} = m a_{DE}$$

$$= 1000 \times 4$$

$$= 4000 \text{ N}$$

$$\text{DF পথে প্রযুক্ত ব্রেক, } F_{DF} = m a_{DF}$$

$$= 1000 \times 2$$

$$= 2000 \text{ N}$$

যেহেতু, $F_{DE} > F_{DF}$

সুতরাং, DF পথে প্রযুক্ত ব্রেক কম।

অতএব, মহিউদ্দিনের কথাটি সঠিক।

প্রশ্ন ৫৬ একটি দেয়াল ঘড়ির ঘন্টার কাঁটার দৈর্ঘ্য 10 cm।

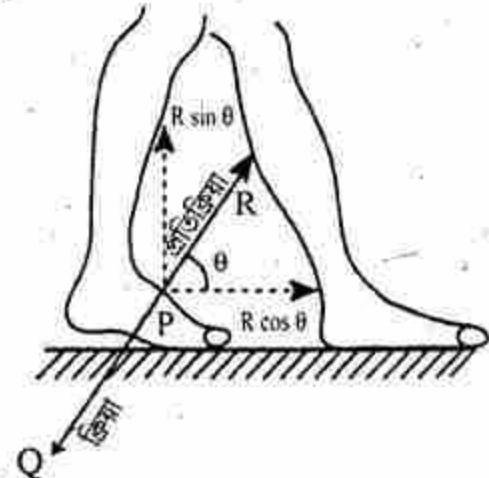
[সরকারি বিজ্ঞান কলেজ, তেজগাঁও, ঢাকা]

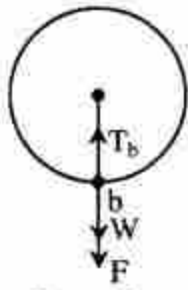
- ক. জড়তার ভ্রামক কাকে বলে? ১
- খ. দৌড় প্রতিযোগিতায় দৌড়বিদরা দৌড়ের শুরুতে সামনের দিকে ঝুঁকে থাকে— ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. কাঁটাটির কৌণিক বেগের মান নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. কাঁটার দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন হলে এর শীর্ষ প্রান্তের রৈখিক দ্রুতি ও কৌণিক দ্রুতির পরিবর্তন গাণিতিক বিশ্লেষণসহ ব্যাখ্যা করো। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো একটি অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনরত একটি বস্তুর ঘূর্ণন গতির পরিবর্তনকে বাধা দেয়ার প্রয়াস হচ্ছে জড়তার ভ্রামক।

খ হাঁটার সময় আমরা সামনের পা দ্বারা মাটিতে ঝড়াভাবে বল দেই আর পেছনের পা দ্বারা তির্যকভাবে PQ বরাবর মাটিতে বল দেই। পেছনের পায়ে PQ বরাবর দেয়া বলের ভূমি প্রতিক্রিয়া PR বরাবর কাজ করে। এখন এ প্রতিক্রিয়া বলকে অনুভূমিক ও উল্লম্ব উপাংশে ভাগ করা যায়। অনুভূমিক ($R \cos \theta$) উপাংশ আমাদেরকে সামনের দিকে এগিয়ে নেয় আর উল্লম্ব উপাংশ ($R \sin \theta$) শরীরের ওজন বহন করতে সহায়তা করে।





আবার, b বিন্দুতে খাড়া নিচের দিকে পাথরটির ওজন, W ও কেন্দ্রবিমুখী বল, F ক্রিয়ায়ত এবং উপরের দিকে সূতার টান, T_b ক্রিয়াশীল।

একইভাবে,

$$\begin{aligned} T_b - F - W &= 0 \\ \therefore T_b &= F + W \\ &= \frac{mv^2}{r} + mg \\ &= \frac{0.3 \times 5^2}{0.5} + 0.3 \times 9.8 \\ &= 17.94 \text{ N} \\ \therefore T_a &\neq T_b \neq T_c \end{aligned}$$

\therefore অতএব, a , b ও c বিন্দুতে সূতার টান একই নয়।

প্রশ্ন ৫৮ রাস্তার কোনো এক বাকের ব্যাসার্ধ 500m এবং রাস্তার উভয় পাশের উচ্চতার পার্থক্য 0.5m। ঐ রাস্তার গাড়ি চালাক সর্বোচ্চ 72kmh⁻¹ বেগে গাড়ি চালাতে পারেন। $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$ ।

[বিয়াম মডেল স্কুল ও কলেজ, বগুড়া]

- চক্রগতির ব্যাসার্ধের সংজ্ঞা দাও। ১
- সমুদ্র সৈকতে বালির উপরে হাঁটা কষ্টকর কেন ব্যাখ্যা কর। ২
- রাস্তার প্রস্থ নির্ণয় কর। ৩
- সর্বোচ্চ 108kmh⁻¹ বেগে গাড়ি চালাতে হলে রাস্তার ব্যাংকিং কোণ, আদি ব্যাংকিং কোণের 123% বাড়াতে হবে-গাণিতিকভাবে এর সত্যতা যাচাই কর। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 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।

খ আমরা যখন সাধারণ মাটিতে হাঁটি, তখন আমাদের পা মাটিকে যদি \vec{F} বল প্রয়োগ করে বা ধাক্কা দেয়, মাটি এ বলের প্রতিক্রিয়া হিসেবে \vec{R} বল প্রয়োগ করে।

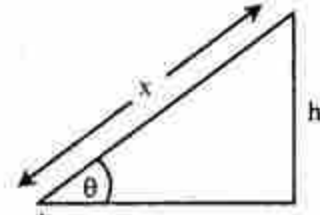
\vec{R} এর উল্লম্ব উপাংশ, $R \sin \theta$ আমাদের ওজনের সাথে সাম্যাবস্থায় থাকে এবং অনুভূমিক উপাংশ $R \cos \theta$ এর জন্য আমরা সামনে এগিয়ে চলি।

কিন্তু সমুদ্রের তীরে বালিতে হাঁটার সময় আমরা বালিতে বল প্রয়োগ করলে বালি মাটির ন্যায় দৃঢ় নয় বলে সরে যায় এবং কম প্রতিক্রিয়া বল দেয়। ফলে আমাদের সামনে যাওয়ার জন্য এ প্রতিক্রিয়া বলের অনুভূমিক উপাংশ কম হয়। এ কারণে সমুদ্রে সৈকতের বালিতে হাঁটা কষ্টকর।

গ উদ্দীপকের রাস্তার ব্যাংকিং কোণ θ হলে,

$$\begin{aligned} \tan \theta &= \frac{u^2}{rg} \\ &= \frac{20^2}{500 \times 9.8} \\ &= 0.081633 \\ \theta &= 4.67^\circ \end{aligned}$$

এখানে,
সর্বোচ্চ বেগ $v = 72 \text{ kmh}^{-1} = 20 \text{ ms}^{-1}$
বাকের ব্যাসার্ধ, $r = 500 \text{ m}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$



ধরি,
রাস্তাটির প্রস্থ $x \text{ m}$

এখানে,
রাস্তার দু'পাশের উচ্চতার পার্থক্য, $h = 0.5 \text{ m}$

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

$$\begin{aligned} \text{বা, } x &= \frac{h}{\sin \theta} \\ &= \frac{0.5}{\sin 4.67^\circ} \\ &= 6.145 \text{ m. (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ 'গ' থেকে পাই, রাস্তার ব্যাংকিং কোণ θ হলে,

$$\begin{aligned} \tan \theta &= 0.081633 \\ \therefore \theta &= \tan^{-1}(0.081633) \\ &= 4.667^\circ \end{aligned}$$

সর্বোচ্চ 108kmh⁻¹ বেগে গাড়ি চালাতে হলে নতুন ব্যাংকিং কোণ যদি θ' হয়,

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

এখানে,
সর্বোচ্চ বেগ, $v' = 108 \text{ kmh}^{-1} = 30 \text{ ms}^{-1}$
বাকের ব্যাসার্ধ, $r = 500 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{বা, } \theta' &= \tan^{-1} \left(\frac{v'^2}{rg} \right) \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{30^2}{500 \times 9.8} \right) \\ &= 10.41^\circ \end{aligned}$$

$$\therefore \text{ব্যাংকিং কোণ বৃদ্ধি করতে হবে, } \Delta \theta = 10.41^\circ - 4.667^\circ = 5.743^\circ$$

$$\therefore \text{ব্যাংকিং বৃদ্ধি করতে হবে } \frac{\Delta \theta}{\theta} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} &= \frac{5.743^\circ}{4.667^\circ} \times 100\% \\ &= 123\% \end{aligned}$$

অতএব, সর্বোচ্চ 108kmh⁻¹ বেগে নিরাপদে উক্ত বাক গাড়ি চালাতে হলে রাস্তার ব্যাংকিং কোণ পূর্বের তুলনায় 123% বৃদ্ধি করতে হবে। উক্তিটি যথার্থ।

প্রশ্ন ৫৯ একটি 20kg ভরের চাকা চলন ঘূর্ণন গতিতে আছে। এর ব্যাসার্ধ 0.5m এবং অনুভূমিকের সাথে 15ms⁻¹ বেগে চলছে।

[রানি ডবানি মহিলা কলেজ, নাটোর]

- তাৎক্ষণিক বেগ কী? ১
- অভিকর্ষীয় বল একটি সংরক্ষণশীল বল- ব্যাখ্যা কর। ২
- চাকার কৌণিক বেগ নির্ণয় কর। ৩
- চলন-ঘূর্ণন গতির জন্য চাকাটির গতিশক্তি কত হবে? ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো গতিশীল বস্তুর কোনো বিশেষ মুহূর্তের বেগকে ঐ মুহূর্তের তাৎক্ষণিক বেগ বলে। ক্ষুদ্রতিক্ষুদ্র সময়ের ব্যবধানে সরণের হার দ্বারা তাৎক্ষণিক বেগ নির্ণয় করা হয়।

খ ধরা যাক, একটি বস্তুকে v_0 বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলো। বস্তুটি সর্বাধিক উচ্চতায় পৌঁছে পুনরায় নিক্ষেপের অবস্থানে ফিরে আসতে প্রয়োজনীয় সময়

$$T = \frac{2v_0}{g}$$

$$\text{সূত্রাং } T \text{ সময় পর বস্তুর বেগ, } v = v_0 - g \frac{2v_0}{g} = -v_0$$

সুতরাং নিষ্ক্ষেপের সময় বস্তুর গতিশক্তি $\frac{1}{2}mv_0^2$ এবং সর্বোচ্চ উচ্চতায় পৌঁছে পুনরায় নিষ্ক্ষেপের অবস্থানে ফিরে এলে গতিশক্তি $\frac{1}{2}m(-v_0)^2 = \frac{1}{2}mv_0^2$ । কাজ-শক্তি উপপাদ্য অনুসারে অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃত কাজ

$$W = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = 0$$

যেহেতু পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে প্রাথমিক অবস্থানে ফিরে আসায় অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃত কাজ শূন্য তাই অভিকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল।

গ দেওয়া আছে,

$$\text{চাকার রৈখিক বেগ, } v = 15 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{চাকার ব্যাসার্ধ, } r = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{বের করতে হবে, চাকার কৌণিক বেগ, } \omega = ?$$

আমরা জানি,

$$v = \omega r$$

$$\text{বা, } \omega = \frac{v}{r}$$

$$\text{বা, } \omega = \frac{15}{0.5}$$

$$\therefore \omega = 30 \text{ rad s}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক হতে,

$$\text{চাকার ভর, } M = 20 \text{ kg}$$

$$\text{চাকার রৈখিক বেগ, } v = 15 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{চাকার ব্যাসার্ধ, } r = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{'গ' অংশ হতে, চাকার কৌণিক বেগ, } \omega = 30 \text{ rad/s}$$

চাকাটির ভরকেন্দ্রগামী লম্ব অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণন জড়তা I হলে,

$$I = Mr^2$$

$$\text{বা, } I = 20 \times (0.5)^2$$

$$\text{বা, } I = 5 \text{ kg m}^2$$

চলন-ঘূর্ণন গতির জন্য চাকাটির গতিশক্তি E_k হলে,

$$E_k = \frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

$$\text{বা, } E_k = \frac{1}{2} \times 20 \times (15)^2 + \frac{1}{2} \times 5 \times (30)^2$$

$$\therefore E_k = 4500 \text{ J}$$

সুতরাং চলন-ঘূর্ণন গতির জন্য চাকাটির গতিশক্তি 4500 J

প্রশ্ন-৬০ 5 kg ভরের একটি বস্তু 5 m উঁচু থেকে 15 cm উলম্ব ভাবে রাখা একটি পেরেকের উপর পড়ল। মাটির প্রতিরোধকারী বলের জন্য পেরেকটি মাটির মধ্যে 12 cm ঢুকে যায়। পেরেকটি কাঠের উপর থাকলে এটি 6 cm ঢুকে থেমে যেত। *[বরিশাল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ]*

ক. 1J কাকে বলে? ১

খ. একটি ভারী ও একটি হালকা বস্তুর ভরবেগ সমান হলে কোনটির গতিশক্তি বেশি হবে? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বস্তুটি যদি পেরেকের উপর না পড়ে মাটিতে পড়ত তবে এটি কত বেগে ভূ-পৃষ্ঠকে আঘাত করত? ৩

ঘ. মাটির গড় প্রতিরোধকারী বল অপেক্ষা কাঠের গড় প্রতিরোধকারী বল বেশি হবে কী? - গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক নিউটন বল প্রয়োগে বস্তুর সরণ এক মিটার হলে সম্পন্ন কাজকে এক জুল (J) বলে।

খ মনে করি, দুটি বস্তুর ভর m_1 ও m_2 ($m_2 > m_1$) এবং গতিবেগ v_1 ও v_2 । এদের ভরবেগ সমান হলে, $m_1v_1 = m_2v_2$

$$\text{বা, } \frac{v_2}{v_1} = \frac{m_1}{m_2}$$

$$\therefore \text{এদের গতিশক্তির অনুপাত} = \frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{\frac{1}{2}m_1v_1^2}{\frac{1}{2}m_2v_2^2}$$

$$= \frac{m_1}{m_2} \times \left(\frac{m_2}{m_1}\right)^2 = \frac{m_2}{m_1}$$

$$\therefore m_2 > m_1$$

$$\therefore E_{k1} > E_{k2}$$

অর্থাৎ হালকা বস্তুর গতিশক্তি বেশি।

গ কাজ শক্তি উপপাদ্য অনুযায়ী,

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } v &= \sqrt{2gh} \\ &= \sqrt{2 \times 9.8 \times 5} \text{ m/s} \\ &= 9.9 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

এখানে,

$$\text{বস্তুর ভর, } m = 5 \text{ kg}$$

$$\text{উচ্চতা, } h = 5 \text{ m}$$

$$\text{শেষ বেগ, } v = ?$$

ঘ বস্তুর ভর, $m = 5 \text{ kg}$

$$\text{উচ্চতা, } h = 5 \text{ m}$$

$$\text{পেরেকের উচ্চতা, } l = 15 \text{ cm}$$

$$= 0.15 \text{ m}$$

$$\text{মাটির মধ্যে সরণ, } S_1 = 12 \text{ cm}$$

$$= 0.12 \text{ m}$$

$$\text{কাঠের মধ্যে সরণ, } S_2 = 6 \text{ cm}$$

$$= 0.06 \text{ m}$$

মাটি ও কাঠের প্রতিরোধকারী বল যথাক্রমে F_1 ও F_2 হলে,

$$F_1 \cdot S_1 = F_2 \cdot S_2 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= mg(h-l)$$

$$\text{বা, } \frac{F_1}{F_2} = \frac{S_2}{S_1}$$

$$= \frac{0.06}{0.12}$$

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

অতএব, মাটির গড় প্রতিরোধকারী বল অপেক্ষা কাঠের গড় প্রতিরোধকারী বল বেশি হবে।

প্রশ্ন-৬১ কিশোর উলম্বভাবে ঝুলন্ত একটি স্প্রিং এর নিচের প্রান্তে একটি বই সংযুক্ত করায় স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য কিছুটা বৃদ্ধি পেল। সম্প্রসারণের পর সে দেখতে পেল স্প্রিংটি আবার সাম্যাবস্থায় থাকে এবং বইটিকে একটু টেনে ছেড়ে দিলে সেটি মুক্তভাবে স্পন্দিত হতে থাকে। *[কুমিল্লা সরকারি সিটি কলেজ]*

ক. প্রান্তিক বেগ কাকে বলে? ১

খ. স্প্রিং সাধারণত ইস্পাতের তৈরী হয়, তামার তৈরী হয় না কেন? ২

গ. বইটি ছাড়া শুধু স্প্রিংটিকে 3 cm সম্প্রসারণ করতে 4 N বল প্রয়োজন হলে স্প্রিংটির স্প্রিং ধ্রুবক কত? ৩

ঘ. কিশোর স্প্রিংটিকে সমানভাবে কাটল। এরপর তাদের আলাদা ভাবে ঝুলিয়ে উভয়টিকে একই ভরের বই যুক্ত করে দুলতে দিলে স্প্রিংটি কাটার পূর্বের এবং পরের দোলন কালে কীরূপ হতে পারে ব্যাখ্যা কর। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অভিকর্ষের প্রভাবে কোনো প্রবাহীর মধ্য দিয়ে গতিশীল কোনো বস্তু সর্বোচ্চ যে বেগে উপনীত হলে নিট বল শূন্য হয় এবং বস্তুটি সমবেগে চলতে থাকে, সে বেগকে বলা হয় প্রান্তিকবেগ বা অন্তর্ববেগ।

খ আমরা জানি, কোনো বস্তুর বিকৃতি ঘটাতে যত বেশি বলের প্রয়োজন তার পীড়নও তত বেশি আবার পীড়নের মান বেশি হলে তার স্থিতিস্থাপকতাও তত বেশি। সেই বিচারে তামা অপেক্ষা ইস্পাতের বিকৃতিজনিত বল তথা পীড়নের মান বেশি। তাই ইস্পাত তামা অপেক্ষা স্থিতিস্থাপক। আর এজন্য স্প্রিং সাধারণত ইস্পাতের তৈরী হয়।

গ এখানে, প্রসারণ বা সরণ, $x = 3\text{cm} = 0.03\text{ m}$

বল, $F = 4\text{N}$

স্প্রিং ধ্রুবক, $k = ?$

আমরা জানি, $F = kx$

$$\therefore k = \frac{F}{x} = \frac{4}{0.03} = 133.33 \text{ Nm}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ এখানে, স্প্রিং ধ্রুবক, $k = 133.33 \text{ Nm}^{-1}$ [‘গ’ থেকে প্রাপ্ত]

মনে করি, স্প্রিংটির ভর m এবং পর্যায়কাল T ।

$$\text{সূত্রাং, } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \text{ (i)}$$

স্প্রিংটিকে সমানভাবে কাটার পরে প্রতি খণ্ড স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক

$$k_1 = k_2 = 2k$$

এবং পর্যায়কাল T_1 হলে

আমরা জানি,

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{k_1}} \quad \left| \begin{array}{l} m_1 = \frac{m}{2} \\ k_1 = 2k \end{array} \right.$$

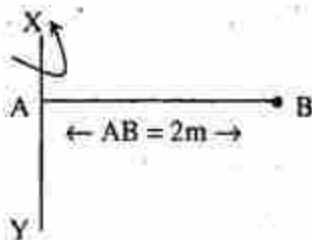
$$\text{বা, } T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{m}{2}}{2k}}$$

$$\text{বা, } T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \times \frac{1}{2}$$

$$T_1 = \frac{1}{2} T$$

\therefore স্প্রিংটিকে সমানভাবে কাটার পরে তার পর্যায়কাল আদি অবস্থায় পর্যায়কালের অর্ধেক হবে।

প্রশ্ন ৬২



ফাহিম 5kg ভরের একটি AB দণ্ডের B বিন্দুতে 400N বল প্রয়োগে XY অক্ষের সাপেক্ষে চিত্রের ন্যায় ঘোরাচ্ছে। [কুমিল্লা সরকারি সিটি কলেজ]

ক. মৌলিক বল কি? ১

খ. একটি বস্তুর জড়তার ভ্রামক কিভাবে পরিবর্তন করা যায় তা বুঝিয়ে বল। ২

গ. XY ঘূর্ণন অক্ষের চারিদিকে AB দণ্ডটির টর্ক নির্ণয় কর। ৩

ঘ. যদি ঘূর্ণন অক্ষ XY, AB দণ্ডটির প্রান্তবিন্দু হতে পরিবর্তন করে মধ্যবিন্দুতে নেয়া হয়, তবে কোনো ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক বেশি হবে? তোমার উত্তরের স্বপক্ষে গাণিতিক যুক্তিসহকারে ব্যাখ্যা কর। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল বল মূল বা অকৃত্রিম অর্থাৎ অন্য কোনো বল থেকে উৎপন্ন হয় না বরং অন্যান্য বল কোনো না কোনো ভাবে এ সকল বলের প্রকাশ তাকে মৌলিক বল বলে।

খ কোনো বস্তুর ভর M এবং ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বস্তুটির লম্ব দূরত্ব r হলে জড়তার ভ্রামক, $I = Mr^2$ । যেহেতু বস্তুর ভর M নির্দিষ্ট, সে কারণে ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বস্তুর লম্ব দূরত্ব r পরিবর্তন করে জড়তার ভ্রামক পরিবর্তন করা যায়। r এর মান বৃদ্ধি পেলে জড়তার ভ্রামক বৃদ্ধি পায় এবং r এর মান হ্রাস পেলে জড়তার ভ্রামক হ্রাস পায়।

গ এখানে, AB দণ্ডটির ভর, $m = 5\text{ kg}$

AB = $d = 2\text{m}$

B বিন্দুতে বল, $F = 400\text{ N}$

AB দণ্ডটির টর্ক, $\tau = ?$

আমরা জানি,

$$\tau = F.d$$

$$\tau = 400 \times 2 = 800 \text{ Nm (Ans.)}$$

ঘ এখানে, AB দণ্ডটির ভর, $M = 5\text{ kg}$

দৈর্ঘ্য, $AB = l = 2\text{m}$

মনে করি, যখন XY অক্ষ AB দণ্ডের প্রান্তে অবস্থিত তখন জড়তার ভ্রামক I_1 ।

আমরা জানি, $I_1 = \frac{1}{3} ml^2$

$$I_1 = \frac{1}{3} \times 5 \times (2)^2 = 6.67 \text{ kgm}^2$$

আবার, XY অক্ষ AB দণ্ডের মধ্যবিন্দুতে অবস্থিত হলে জড়তার ভ্রামক I_2

আমরা জানি,

$$I_2 = \frac{ml^2}{12}$$

$$I_2 = \frac{5 \times (2)^2}{12}$$

$$= 1.67 \text{ kgm}^2 < I_1$$

সূত্রাং ঘূর্ণন AB এর প্রান্তবিন্দুতে থাকলে জড়তার ভ্রামক বেশি হবে।

অর্থাৎ প্রথম ক্ষেত্রে দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক বেশি।

প্রশ্ন ৬৩ রিশা 0.5m দৈর্ঘ্যের 100gm ভরের একটি সবু সুষম দণ্ডের মধ্যবিন্দুগামী অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক নির্ণয় করল। অতঃপর দণ্ডটিকে গলিয়ে 4cm ব্যাসার্ধের গোলকে পরিণত করে তার কেন্দ্র দিয়ে গমনকারী অক্ষের সাপেক্ষে একই কৌণিক বেগে ঘুরালো।

[বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ]

ক. টর্ক কী? ১

খ. লন রোলার ঠেলার চেয়ে টানা সহজ ব্যাখ্যা কর। ২

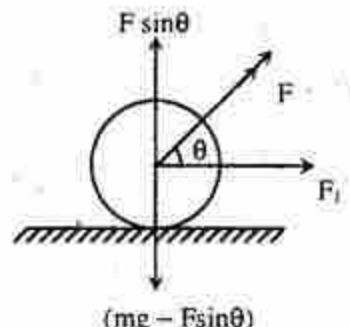
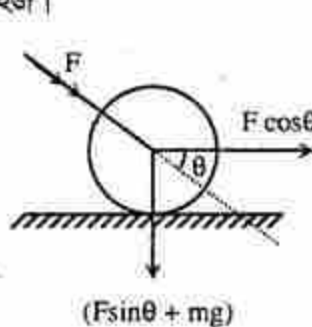
গ. রিশা দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক কত নির্ণয় করেছিল? ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত কোন ক্ষেত্রে গতিশক্তি বেশি-বিবেচনাপূর্বক মতামত দাও। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ লন রোলার ঠেলার সময় এর আপত ওজন বৃদ্ধি পায় কিন্তু টানার সময় আপাত ওজন হ্রাস পায়। এজন্য লন রোলার ঠেলার চেয়ে টানা সহজ।



m ভর বিশিষ্ট একটি লন রোলার কে F বলে অনুভূমিকের সাথে θ কোণে ঠেলার ক্ষেত্রে নিচের দিকে লম্বি বল হয় $(F \sin \theta + mg)$, যা লন রোলারের নিজস্ব ওজন mg অপেক্ষা বেশি। অন্য দিকে টানার ক্ষেত্রে নিচের দিকে ক্রিয়াশীল বল হয় $(mg - F \sin \theta)$, ফলে রোলারটি হালকা মনে হয়।

গ এখানে, দণ্ডের দৈর্ঘ্য, $l = 0.5\text{m}$

দণ্ডের ভর, $m = 100\text{ gm} = 0.1\text{ kg}$

দণ্ডের জড়তার ভ্রামক, $I = ?$

আমরা জানি, একটি সবু ও সুষম দণ্ডের দৈর্ঘ্যের মধ্যবিন্দু দিয়ে এবং দৈর্ঘ্যের লম্বভাবে গমনকারী অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডের জড়তার ভ্রামক,

$$I = \frac{ml^2}{12} = \frac{0.1\text{ kg} \times (0.5\text{m})^2}{12} = 2.083 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2 \text{ (Ans.)}$$

ঘ $l = 0.5 \text{ m}$ দৈর্ঘ্যের দণ্ডের জড়তার ভ্রামক, $I_1 = \frac{1}{12} ml^2$

$r = 4 \text{ cm} = 0.04 \text{ m}$ ব্যাসার্ধের গোলকের জড়তার ভ্রামক, $I_2 = \frac{2}{5} mr^2$

∴ এদের একই কৌণিক বেগ (ω) এ ঘুরালে গতি m স্থির অনুপাত:

$$\begin{aligned} \frac{E_1}{E_2} &= \frac{\frac{1}{2} I_1 \omega^2}{\frac{1}{2} I_2 \omega^2} \\ &= \frac{I_1}{I_2} \\ &= \frac{\frac{1}{12} ml^2}{\frac{2}{5} mr^2} \\ &= \frac{5}{24} \left(\frac{l}{r} \right)^2 \\ &= \frac{5}{24} \times \left(\frac{0.5}{0.04} \right)^2 \\ &= 32.55 > 1 \\ \therefore E_1 > E_2 \end{aligned}$$

অতএব, দণ্ডটির গতিশক্তি বেশি হবে।

প্রশ্ন ৬৪ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ঢাকা-চট্টগ্রাম রেললাইনের ফৌজদারহাট নামক স্থানে 60 kmh^{-1} গতিবেগ সম্পন্ন একটি ট্রেন 328 m ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট রেললাইনে বাক নেয়ার সময় লাইনচ্যুত হয়ে উল্টে যায়। দুর্ঘটনাস্থলে লাইনের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব ছিল 1 m এবং ভেতরের পাত অপেক্ষা বাইরের পাতটি 7 cm উঁচু ছিল।

[কল্পবাজার সরকারি মহিলা কলেজ]

- বীটের সংজ্ঞা দাও। ১
- সেতুর উপর দিয়ে সৈন্যদের মার্চ করে যাওয়া নিষিদ্ধ কেন? ২
- উদ্দীপকের দুর্ঘটনাস্থলে ট্রেনটি নিরাপদে চলাচলের জন্য, সর্বনিম্ন কত কোণে আনত হতে হবে? ৩
- গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে রেল দুর্ঘটনার কারণ ব্যাখ্যা করো। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ মার্চ করার সময় সৈন্যরা তাল মিলিয়ে দ্রুত পা ফেলতে ফেলতে চলে। ব্রীজের উপর দিয়ে মার্চিং এর সময় সৈন্যদের এই নিয়মিত বিরতিতে ব্রীজে পদাঘাত করার ফলে সৃষ্ট পর্যাবৃত্ত বলের প্রভাবে ব্রীজের অভ্যন্তরীণ পদার্থসমূহের অনুগুলোও কম্পিত হয়। অর্থাৎ ব্রীজের শরীরে পরবশ কম্পন সৃষ্টি হয়। সাধারণত ব্রীজ কংক্রিট, ইস্পাত এবং সিমেন্টের তৈরি যার ফলে ব্রীজের নিজস্ব কম্পাঙ্ক বেশি উঁচুমানের হয় না। সৈন্যরা সম্মিলিতভাবে দ্রুত মার্চিং করতে থাকলে এই পর্যাবৃত্ত বলের কম্পাঙ্ক ব্রীজের নিজস্ব কম্পাঙ্কের সমান হতে পারে। এতে অনুনাদ

সৃষ্টি হয়ে ব্রীজটি সর্বোচ্চ বিস্তারে কাঁপতে পারে এবং এই সর্বোচ্চ শক্তির কম্পন তরঙ্গের প্রভাবে ব্রীজটি ভেঙে যেতে পারে। তাই সেতুর উপর দিয়ে সৈনিকদের মার্চ করে যাওয়া নিষিদ্ধ।

গ

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \tan \theta = \frac{(16.667 \text{ ms}^{-1})^2}{(328 \text{ m}) \times (9.8 \text{ ms}^{-2})}$$

$$\text{বা, } \tan \theta = 0.086$$

$$\therefore \theta = 4.94^\circ$$

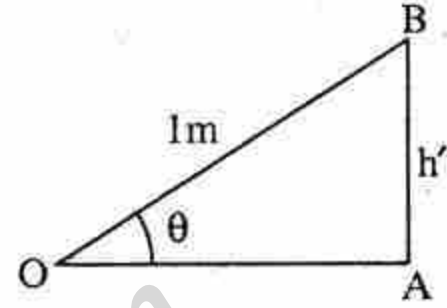
$$\text{অর্থাৎ ব্যাংকিং কোণ} = 4.94^\circ \text{ (Ans.)}$$

এখানে,

$$\text{ট্রেনের বেগ, } v = 60 \text{ kmh}^{-1} = 16.667 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{বক্রতার ব্যাসার্ধ, } r = 328 \text{ m}$$

$$\text{ব্যাংকিং কোণ, } \theta = ?$$



এখানে,

$$\text{ট্রেনের বেগ, } v = 60 \text{ kmh}^{-1} = 16.667 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{বক্রতার ব্যাসার্ধ, } r = 328 \text{ m}$$

$$\text{পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, } OB = 1 \text{ m}$$

$$\text{ভেতরের পাত অপেক্ষা বাইরের পাতের উচ্চতা, } h = 7 \text{ cm} = 0.07 \text{ m}$$

'গ' প্রশ্নোত্তর হতে আমরা পাই, রেল লাইনের বাকের জন্য প্রয়োজনীয় ব্যাংকিং কোণ, $\theta = 4.94^\circ$

যেহেতু রেল লাইনের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $OB = 1 \text{ m}$

∴ ভেতরের পাত থেকে বাইরের পাতের উচ্চতা h' হতে হবে।

$$\therefore \sin \theta = \frac{h'}{OB}$$

$$\text{বা, } h' = OB \sin \theta = 1 \text{ m} \times \sin(4.94^\circ) = 0.0861 \text{ m} = 8.61 \text{ cm}$$

এখানে, দুর্ঘটনাস্থলে লাইনের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী উচ্চতা 8.61 cm হওয়া উচিত ছিল। কিন্তু সেখানে উচ্চতা ছিল 7 cm । তাই ট্রেনটি দুর্ঘটনা কবলিত হয়। (Ans.)

পদার্থবিজ্ঞান

চতুর্থ অধ্যায় : নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

১২০. পদার্থ যে অবস্থায় আছে চিরকাল সেই অবস্থা বজায় রাখতে চাওয়ার যে ধর্ম তাকে কী বলে? (জান)

- (ক) স্থিতিস্থাপকতা (খ) বল
(গ) পরমস্থিতি (ঘ) জড়তা

১২১. কোনো বস্তুর স্থিতি জড়তা কোনটির সমানুপাতিক? (জান) *[বি এ এফ শাহীন কলেজ, পায়তলাপুত্র, টাঙ্গাইল]*

- (ক) ভরের (খ) আয়তনের
(গ) ঘনত্বের (ঘ) স্থিতিস্থাপকতার

১২২. চলন্ত গাড়ি হঠাৎ থেমে গেলে আরোহী সামনের দিকে ঝুঁকে পড়ে কোনটির কারণে? (অনুধাবন)

- (ক) বলের প্রতিক্রিয়া (খ) স্থিতি জড়তা
(গ) গতি জড়তা (ঘ) বাতাসের চাপ

১২৩. নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্রানুসারে ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার মধ্যকার কোণের পরিমাপ কত? (অনুধাবন)

- (ক) 0° (খ) 90°
(গ) 180° (ঘ) 360°

১২৪. ৪০N এর বল ৫kg ভরের কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়া করলে এর ত্বরণ কত ms^{-2} হবে? *[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]*

- (ক) ৪ (খ) ৬
(গ) ৪ (ঘ) ২

১২৫. MLT^{-1} কিসের মাত্রা সমীকরণ? (জান)

- (ক) বেগ (খ) বল
(গ) শক্তি (ঘ) ভরবেগ

১২৬. ঘর্ষণ বল ও বেগের মধ্যবর্তী কোণ কত? (অনুধাবন) *[ঢাকা রেসিডেন্সিয়াল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]*

- (ক) 0° (খ) $\frac{\pi}{2}$
(গ) π (ঘ) $\frac{\pi}{4}$

১২৭. কোনো বস্তুর ভর ২০kg এবং আদি ভরবেগ ২০০ kg.m/s ১০s পর বস্তুর ভরবেগ ৩০০ kg.m/s হলে বস্তুর ত্বরণ কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 25 m/sec^2 (খ) 10 m/sec^2
(গ) 5 m/sec^2 (ঘ) 0.5 m/sec^2

১২৮. ৪ kg ভরের একটি বস্তুকে 6 m/s^2 ত্বরণ প্রদান

করতে হলে বস্তুটিতে কী পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হবে? (প্রয়োগ)

- (ক) ২৪ dyne (খ) ২৪ N
(গ) ২৬ N (ঘ) ৩০ N

১২৯. একটি বস্তুর উপর ৫N বল ১০s ক্রিয়া করে। ভরবেগের পরিবর্তন কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 40 kgms^{-1} (খ) 50 kgms^{-1}
(গ) 60 kgms^{-1} (ঘ) 70 kgms^{-1}

১৩০. মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র প্রাবল্যের মাত্রা কোনটি? (জান)

- (ক) MLT^{-2} (খ) LT^{-2}
(গ) MLT^{-1} (ঘ) LT^{-1}

১৩১. দুটি বস্তুর মধ্যে সংঘর্ষকালে প্রতিটি বস্তুর ওপর কয়টি বল ক্রিয়া করে? (অনুধাবন)

- (ক) একটি (খ) দুইটি
(গ) তিনটি (ঘ) চারটি

১৩২. জেট ইঞ্জিন কোন নীতি অনুসরণ করে কাজ করে? (জান)

- (ক) রৈখিক ভরবেগের সংরক্ষণ নীতি
(খ) কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ নীতি
(গ) ভরবেগের সংরক্ষণ নীতি
(ঘ) শক্তির সংরক্ষণ নীতি

১৩৩. যদি ৫ kg ভরের একটি বন্দুক থেকে ২০ gm ভরের একটি গুলি 1000 m/s গতিতে ছোড়া হয় তবে বন্দুকের পশ্চাৎবেগ কত? (প্রয়োগ)

- (ক) ৪ m/s (খ) ৪০ m/s
(গ) ৪০০ m/s (ঘ) ৪০০০ cm/s

১৩৪. একটি ঘড়ির মিনিটের কাঁটার দৈর্ঘ্য ০.০৬ m হলে এর প্রান্তের রৈখিক বেগ কত? (জান)

- (ক) $1.047 \times 10^{-4} \text{ ms}^{-1}$ (খ) $1.047 \times 10^{-3} \text{ ms}^{-1}$
(গ) $1.047 \times 10^{-2} \text{ ms}^{-1}$ (ঘ) $1.047 \times 10^{-1} \text{ ms}^{-1}$

১৩৫. হাত ঘড়ির মিনিটের কাঁটার কৌণিক বেগ কত? (প্রয়োগ)

- (ক) $\frac{\pi}{3600} \text{ rads}^{-1}$ (খ) $\frac{\pi}{1800} \text{ rads}^{-1}$
(গ) $\frac{\pi}{30} \text{ rads}^{-1}$ (ঘ) $2\pi \text{ rads}^{-1}$

১৩৬. কোনটি কেন্দ্রমুখী বলের রাশিমালা?

- (ক) mv^2/r (খ) $\frac{mv^2}{r}$
(গ) mv^2/r^2 (ঘ) $\frac{m\omega^2}{r}$

১৩৭. রাস্তায় ব্যাংকিং থাকে কোন বল যোগান দেওয়ার উদ্দেশ্যে? (জ্ঞান)

- (ক) কেন্দ্রমুখী বল (খ) মহাকর্ষ বল
(গ) অভিকর্ষ বল (ঘ) ঘর্ষণ বল

১৩৮. কোনো সাইকেল আরোহী 100 m ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে 20 m/s বেগে ঘুরতে গেলে উন্নয় তলের সাথে কত কোণে আনত থাকতে হবে? (প্রয়োগ)

- (ক) 50° (খ) 48.2°
(গ) 24.2° (ঘ) 22.2°

১৩৯. 50m ব্যাসার্ধের রাস্তার বাঁকে 9.8 ms⁻¹ বেগে সাইকেল চালানোর সময় আরোহীর নতি কোণ হবে—

- (ক) 1.1° (খ) 11°
(গ) 88° (ঘ) 89°

১৪০. টর্কের একক কোনটি? (জ্ঞান)

- (ক) N (খ) Nm
(গ) Nm⁻¹ (ঘ) Nm⁻²

১৪১. একটি চাকার ভর 10 kg এবং চক্রগতির ব্যাসার্ধ 0.5 m। এর জড়তার ভ্রামক কত?

- (ক) 2.5 kg m (খ) 2.5 kg m²
(গ) 5 kg m (ঘ) 5 kg m²

১৪২. m ভরের কোনো বস্তুকণা ঘূর্ণন অক্ষ হতে r দূরত্বে থেকে ω সমকৌণিক বেগে ঘুরতে থাকলে এর গতিশক্তি কত হবে? (প্রয়োগ)

- (ক) $\frac{1}{2} m\omega r$ (খ) $\frac{1}{2} m\omega^2 r^2$
(গ) $\frac{1}{2} m\omega r^2$ (ঘ) $\frac{1}{2} m\omega^2 r$

১৪৩. একটি চাকার ভর 5 kg এবং কোনো অক্ষের সাপেক্ষে এর চক্রগতির ব্যাসার্ধ 40 cm. এর জড়তার ভ্রামক কত? (প্রয়োগ) / স্কলার্সহোম, সিলেট

- (ক) 0.2 kgm² (খ) 0.8 kgm²
(গ) 2 kgm² (ঘ) 20 kgm²

১৪৪. কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত নীট বল শূন্য হলে স্থির থাকবে— / সরকারি কে.সি. কলেজ, বিনাইমহা

- i. ভরবেগ ii. গতিশক্তি
iii. ত্বরণ

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৪৫. 500N মানের একটি বল পূর্বদিক বরাবর ক্রিয়ায়ত হলে এর প্রতিক্রিয়া বলের—(প্রয়োগ)

- i. মান হবে 500N
ii. দিক হবে পশ্চিম দিকে
iii. দিক হবে পূর্ব দিক

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৪৬. কোনো বস্তুর ভরবেগ 50 kgms⁻¹ বলতে বোঝায়— (অনুধাবন)

- i. বস্তুর ভর 1 kg হলে এর বেগ 50 ms⁻¹
ii. বস্তুর ভর 50 kg হলে এর বেগ 10 ms⁻¹
iii. বস্তুর ভর 7.07 kg হলে এর বেগ প্রায় 7.07 ms⁻¹

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৪৭. একটি রকেট মহাশূন্যে গতিশীল হলে এতে— (অনুধাবন)

- i. অভিকর্ষের প্রভাব প্রবল
ii. বাতাসের বাধা অনুপস্থিত
iii. অভিকর্ষের প্রভাব অনুপস্থিত

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৪৮. সুইচ অন করার বেশ কিছুক্ষণ পর যখন একটি বৈদ্যুতিক পাখা সমদ্রুতিতে ঘুরতে থাকে তখন— (অনুধাবন)

- i. কৌণিক বেগ শূন্য
ii. কৌণিক বেগ সুষম
iii. কৌণিক ত্বরণ শূন্য

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৪৯. বৃত্তপথে ঘূর্ণনরত কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়ায়ত অভিকেন্দ্র বল হতে পারে— (অনুধাবন)

- i. ওজন ii. ঘর্ষণ বল
iii. সূতার টান

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৫০. 2 rads^{-1} কৌণিক বেগে 2m ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে 2 kg ভরের কোনো বস্তু ঘূর্ণনরত থাকলে এর— (প্রয়োগ)

- রৈখিক বেগ 4 ms^{-1}
- রৈখিক ত্বরণ 8 ms^{-2}
- উপর প্রযুক্ত কেন্দ্রমুখী বল 16 N

নিচের কোনটি সঠিক?

- i ও ii
- i ও iii
- ii ও iii
- i, ii ও iii

১৫১. একটি চাকার ভর 6 kg এবং চক্রগতির ব্যাসার্ধ 40 cm ; চাকাটি প্রতি মিনিটে 300 বার ঘুরলে এর— (প্রয়োগ)

- কৌণিক গতিবেগ 31.4 rads^{-1}
- জড়তার ভ্রামক 0.96 kgm^2
- ঘূর্ণন গতিশক্তি 473.26 J

নিচের কোনটি সঠিক?

- i ও ii
- i ও iii
- ii ও iii
- i, ii ও iii

১৫২. কৌণিক ভরবেগকে L এবং টর্কে τ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এক্ষেত্রে কোনো বস্তুর ওপর টর্ক ক্রিয়াশীল না হলে— (অনুধাবন)

- $\frac{dL}{dt} = 0$
- $L = \text{ধ্রুবক}$
- L , সময়ের একটি অপেক্ষক হবে

নিচের কোনটি সঠিক?

- i ও ii
- i ও iii
- ii ও iii
- i, ii ও iii

১৫৩. স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ— (উচ্চতর দক্ষতা)

- সাধারণত অণু, পরমাণু ও মৌলিক কণিকার মধ্যে হয়
- বল বিয়ারিংয়ের মধ্যে
- দুটি কাদার গোলা পরস্পরের সাথে আটকে গেলে

নিচের কোনটি সঠিক?

- i ও ii
- i ও iii
- ii ও iii
- i, ii ও iii

উদ্দীপকটি পড়ে ১৫৪ ও ১৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:

একটি রাস্তা 50m ব্যাসার্ধে বাক নিয়েছে। ঐ স্থানে রাস্তাটি 5 m চওড়া এবং এর ভেতরের কিনারা হতে বাইরের কিনারা 0.5m উঁচু।

১৫৪. ঐ রাস্তার আনতি কত? (অনুধাবন)

- 3.74°
- 4.74°
- 5.74°
- 6.74°

১৫৫. সর্বোচ্চ কত বেগে ঐ স্থানে নিরাপদে বাক

নেওয়া সম্ভব? (প্রয়োগ)

- 4 ms^{-1}
- 5 ms^{-1}
- 6 ms^{-1}
- 7 ms^{-1}

উদ্দীপকটি পড়ে ১৫৬ ও ১৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:

200m ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট একটি বাকা পথে 50.4 kmh^{-1} বেগে গাড়ী চালাতে হবে?

১৫৬. $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$ হলে, ব্যাহকিং কোণ কত? (প্রয়োগ)

[বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, বগুড়া]

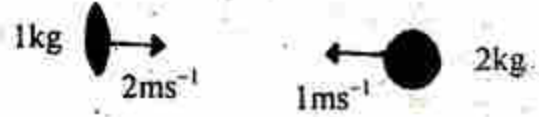
- 5.7°
- 6.7°
- 7.7°
- 8.7°

১৫৭. রাস্তাটির প্রস্থ 1m হলে, বাইরের পার্শ্ব ভেতরের পার্শ্ব অপেক্ষা কত উঁচু হতে হবে?

(প্রয়োগ) [বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, বগুড়া]

- 5 cm
- 10 cm
- 15 cm
- 20 cm

উদ্দীপক পড়ে ১৫৮ ও ১৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:



১৫৮. সংঘর্ষের পর বস্তুদ্বয় কোন দিকে চলবে?

(উচ্চতর দক্ষতা) [মাইনস্টোন কলেজ, ঢাকা]

- A বস্তু যদিও চলছে সেদিকে
- B বস্তু যদিও চলছে সেদিকে
- বস্তুদ্বয় স্থির থাকবে
- পরস্পর বিপরীত দিকে চলবে

১৫৯. উদ্দীপকের বস্তুদ্বয় একই দিকে চললে মিলিত

বেগ কত হবে? (প্রয়োগ) [মাইনস্টোন কলেজ, ঢাকা]

- 0 ms^{-1}
- 1 ms^{-1}
- 1.20 ms^{-1}
- 1.33 ms^{-1}