

**প্রশ্ন ▶ ১** নিচের চিত্রে একটি জীপ ও একটি কার গাড়ির মধ্যে সংঘর্ষ দেখানো হলো। সংঘর্ষের পূর্বে এদের বেগ যথাক্রমে  $10 \text{ ms}^{-1}$  ও  $20 \text{ ms}^{-1}$ । সংঘর্ষটির ক্রিয়াকাল  $0.01 \text{ s}$ ।



- ক. কৌণিক ভরবেগ কাকে বলে? ১
- খ. একটি দরজাকে খুলতে কবজা বরাবর বল প্রয়োগ না করে দরজার বাইরের প্রান্তে বল প্রয়োগ করা হয় কেন? ২
- গ. সংঘর্ষের সময় গাড়ি দুটির মধ্যে ক্রিয়াশীল বলের মান নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকে সংঘটিত সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক না অস্থিতিস্থাপক? উত্তরের স্বপক্ষে গাণিতিক বিশ্লেষণ দেখাও। ৪

## ১ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো বিন্দু বা অক্ষকে কেন্দ্র করে ঘূর্ণায়মান কোনো কণার ব্যাসার্ধ ভেক্টর এবং ভরবেগের ভেক্টর গুণফলকে ঐ বিন্দু বা অক্ষের সাপেক্ষে কণাটির কৌণিক ভরবেগ বলে।

**খ** দরজার কজাগামী উল-স রেখা হলো ঘূর্ণন অক্ষ। ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে দরজাকে দ্রুত ঘুরাতে হলে এর ওপর বেশিমানের টর্ক প্রয়োগ করতে হবে। টর্ক = বল  $\times$  ঘূর্ণন অক্ষ হতে বলের ক্রিয়াকালের লম্ব দূরত্ব =  $Fd$   
 প্রবমানের বল প্রয়োগের ক্ষেত্রে দরজার বাইরের প্রান্তে বল প্রয়োগ করা হয় কারণ এক্ষেত্রে টর্কের মান বেশি হয়। অপরদিকে কজা বরাবর বল প্রয়োগ করলে  $d = 0$ , তখন টর্ক শূন্য হওয়ায় দরজা ঘুরবে/খুলবে না।

**গ** দেওয়া আছে,  
 জীপের ভর,  $m = 1000 \text{ kg}$   
 সংঘর্ষের পূর্বে জীপের বেগ,  $u_1 = 10 \text{ ms}^{-1}$   
 এবং সংঘর্ষের পর জীপের বেগ,  $v_1 = 1 \text{ ms}^{-1}$   
 সংঘর্ষের ক্রিয়াকাল,  $t = 0.01 \text{ sec}$   
 বের করতে হবে, গাড়ি দুটির মধ্যে ক্রিয়াশীল বল,  $F = ?$   
 উক্ত বল,  $F = \frac{\text{ভর বেগের পরিবর্তন}}{\text{বলের ক্রিয়াকাল}} = \frac{m(v_1 - u_1)}{t}$   

$$= \frac{1000 \text{ kg} \times (1 \text{ ms}^{-1} - 10 \text{ ms}^{-1})}{0.01 \text{ sec}}$$

$$= -9 \times 10^5 \text{ N}$$

(-) চিহ্ন দ্বারা জীপের বেগের বিপরীতে বল প্রযুক্ত হয়েছে-তা বুঝায়।

**ঘ** সংঘর্ষের পূর্বে,  
 গাড়িদ্বয়ের মোট গতিশক্তি =  $\frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2$   

$$= \frac{1}{2} \times 1000 \text{ kg} \times (1 \text{ ms}^{-1})^2 + \frac{1}{2} \times 400 \text{ kg} \times (2.5 \text{ ms}^{-1})^2$$

$$= 1750 \text{ J} << 1.3 \times 10^5 \text{ J}$$
 সুতরাং, সংঘর্ষের ফলে গাড়িদ্বয়ের মোট গতিশক্তি সংরক্ষিত হয় না। তাই সংঘর্ষটি অস্থিতিস্থাপক।

## প্রশ্ন ▶ ২

স্প্রিং  
 [ভিকার'নিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]  
 স্কেল

3kg

2m

লিফট

স্প্রিং-এ ঝুলানো বস্তুর ভর 3kg

- ক. স্পর্শ কোণের সংজ্ঞা দাও। ১
- খ. ইস্পাত রাবার অপেক্ষা বেশি স্থিতিস্থাপক-ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উদ্দীপকের লিফট  $0.2 \text{ ms}^{-2}$  ত্বরণে উর্ধ্বমুখী হলে স্প্রিং-এ ঝুলানো বস্তুর ওজন কত হবে। ৩
- ঘ. লিফটে একটা আপেলকে  $2 \text{ m}$  উচ্চতা হতে ফেলা হলো যখন লিফটটি  $0.1 \text{ ms}^{-1}$  সমবেগে নিচে নামছিল। কত সময়ে পরে আপেল লিফটের মেঝেতে পৌছাবে। ৪

## ২ নং প্রশ্নের উত্তর

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

**খ** ইস্পাত রাবার অপেক্ষা বেশি স্থিতিস্থাপক। কারণ সমান আকার ও আকৃতির একখন্ড ইস্পাত এবং এক খন্ড রাবারের দৈর্ঘ্য বরাবর একই মানের বল প্রয়োগ করলে ইস্পাতের তুলনায় রাবারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি এবং দৈর্ঘ্য বিকৃতি অনেক বেশি মানের হবে। তাই স্থিতিস্থাপকতার গুণাংক,  $Y = \frac{F/A}{\ell/L} = \frac{\text{দৈর্ঘ্য পীড়ন}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}}$  সূত্রানুসারে, উভয় ক্ষেত্রে দৈর্ঘ্য পীড়ন সমান এবং রাবারের ক্ষেত্রে দৈর্ঘ্য বিকৃতি বেশি মানের হওয়ায় ইস্পাতের তুলনায় রাবারের ইয়ং-এর গুণাংক কম। একারণে বলা হয়, ইস্পাত রাবার অপেক্ষা বেশি স্থিতিস্থাপক।

**গ** দেওয়া আছে, স্প্রিং-এ ঝুলানো ভর,  $m = 3 \text{ kg}$   
 লিফটের উর্ধ্বমুখী ত্বরণ,  $a = 0.2 \text{ ms}^{-2}$   
 জানা আছে, পৃথিবী পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ,  $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$   
 বের করতে হবে, ত্বরিত অবস্থায় স্প্রিং নিজের পাঠ = ঝুলানো বস্তুর  
 $\therefore$  নির্ণেয় ওজন,  $W = ma' = m(g + a)$   

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

$$= 30 \text{ N (Ans.)}$$

**ঘ** লিফটটি সমবেগে চলতে থাকলে এতে যেকোনো বস্তুর কার্যকর ত্বরণ,  $a = g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$   
 সুতরাং আপেলটি স্বাভাবিক যেকোনো বস্তুর মতোই লিফটের ফ্লোরে নেমে আসবে। মনে করি, এতে  $t$  পরিমাণ সময় লাগে। এখানে, আদি উচ্চতা,  $h = 2 \text{ m}$   
 আদি বেগ,  $v_0 = 0 \text{ ms}^{-1}$

আমরা জানি,  $h = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$   
 $\therefore t = \sqrt{0.408 \text{ sec}^2} = 0.639 \text{ sec}$   
 সুতরাং,  $0.639 \text{ sec}$  পর আপেলটি লিফটের মেঝেতে পৌছাবে।

**প্রশ্ন ▶ ৩** করিম  $50 \text{ N}$  টান সহনশীল  $100 \text{ cm}$  দৈর্ঘ্যের একটি সুতার এক প্রান্তে  $200 \text{ g}$  ভরের একটি পাথর বেধে অনুভূমিকভাবে ঘুরাতে আরম্ভ করল। পাথরটি স্থির অবস্থান থেকে ঘুরতে আরম্ভ করে  $3$  মিনিট পর প্রতি মিনিটে  $120$  বার ঘুরছে।

[সামসুল হক খান স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

- ক. বল কী? ১
- খ. বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণায়মান বস্তুর কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. পাথরটির টর্কের মান বের কর। ৩
- ঘ. করিম উদ্দীপকের পাথরটি দ্বিগুণ বেগে ঘুরাতে পারবে কি? তোমার উত্তরের পক্ষে গাণিতিক যুক্তি দাও। ৪

### ৩ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** যে বাহ্যিক কারণ কোনো স্থির বস্তুতে গতির সঞ্চার করে বা করতে চায় অথবা কোনো গতিশীল বস্তুর গতির পরিবর্তন করে বা করতে চায় তাকে বল বলে।

**খ** কোনো বস্তু যখন বৃত্তপথে ঘুরতে থাকে, তখন এর ওপর বৃত্তের কেন্দ্রের দিকে কেন্দ্রমুখী বল ( $\vec{F}_c$ ) ক্রিয়া করে। এ সময় প্রতিটি মুহূর্তে যে ক্ষুদ্র সরণ ( $\Delta \vec{S}$ ) হয় তার দিক বৃত্তের স্পর্শক বরাবর অর্থাৎ কেন্দ্রমুখী বলের লম্বদিকে। ফলে এর ক্ষুদ্র সরণে কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ,  $\Delta W = \vec{F}_c \cdot \Delta \vec{S} = F_c \Delta s \cos 90^\circ = 0$ ; ফলে বস্তুটি সম্পূর্ণ একবার ঘুরে আসলেও এমন কি বারবার ঘুরতে থাকলেও কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য।

**গ** দেওয়া আছে,  
আদি কৌণিক বেগ,  $\omega_i = 0 \text{ rads}^{-1}$

$$\text{চূড়ান্ত কৌণিক বেগ, } \omega_f = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2 \times 3.1416 \times 120 \text{ rad}}{60 \text{ sec}} = 12.56664 \text{ rads}^{-1}$$

$$\text{সময়কাল, } t = 3 \text{ min} = 3 \times 60 \text{ sec} = 180 \text{ sec}$$

$$\text{পাথরের পুঞ্জীভূত ভর, } m = 200 \text{ g} = 0.2 \text{ kg}$$

$$\text{এবং বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, } r = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

বের করতে হবে, পাথরটির টর্কের মান,  $\tau = ?$

$$\text{পাথরটির জড়তার ভ্রামক, } I = mr^2 = 0.2 \text{ kg} \times (1 \text{ m})^2 = 0.2 \text{ kgm}^2 = 0.014 \text{ Nm (Ans.)}$$

$$\text{ঘ} \text{ প্রশ্নে উদ্দিষ্ট কৌণিক বেগ, } \omega = 2 \times 12.5664 \text{ rads}^{-1} = 25.1328 \text{ rads}^{-1}$$

$$\text{বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, } r = 1 \text{ m}$$

$$\text{এবং পাথরের ভর, } m = 0.2 \text{ kg}$$

$\therefore$  দ্বিগুণ বেগে ঘুরালে সুতার টান হতে হবে,

সুতরাং, করিম উদ্দীপকের পাথরটি দ্বিগুণ বেগে ঘুরাতে পারবে না, কারণ সে বেগ যখন বাড়তে থাকবে, তখন এক পর্যায়ে সুতাটি ছিঁড়ে যাবে।

**প্রশ্ন ৮** রবি ও রবিন দুইভাই তাদের বাড়ীর ছাদে  $4 \text{ kg}$  ভরের এবং  $0.1 \text{ m}$  ব্যাসার্ধের একটি সিলিন্ডার আকৃতির বস্তু নিয়ে গড়াগড়ি খেলার সময় তাদের ছাদের সাথে ভূমি থেকে লাগানো একটি তলের উপর দিয়ে গড়িয়ে নত তলের পাদদেশে এসে পৌঁছাল। ছাদের উচ্চতা ছিল  $5 \text{ m}$ ।

[সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া]

ক. অনুভূমিক পাল-া কী? ১

খ. প্রাসের উচ্চতা নিষ্ক্ষেপ কোণের উপর নির্ভরশীল কেন, ব্যাখ্যা কর। ২

গ. সিলিন্ডারটির জড়তার ভ্রামক কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের সিলিন্ডারটি নত তলের পাদদেশে পৌঁছালে ঘূর্ণন গতিশক্তি কত হবে, গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

### ৪ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** নিষ্কিপ্ত বস্তু বা প্রাস আদি উচ্চতায় ফিরে আসতে যে অনুভূমিক দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে অনুভূমিক পাল-া বলে।

**খ** একটি প্রাসের নিষ্ক্ষেপ বেগ  $v_0$  এবং নিষ্ক্ষেপ কোণ  $\theta_0$  হলে এর

$$\text{সর্বোচ্চ উচ্চতা, } H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta_0}{2g}$$

$v_0$  প্রবমানের হলেও  $H$ ,  $\theta_0$  এর ওপর নির্ভর করে।

$\theta_0$  এর মান যত বৃদ্ধি পায়  $H$  তত বৃদ্ধি পায়।  $\theta_0 = 90^\circ$  হলে অর্থাৎ খাড়া উপরের দিকে প্রাসটি নিষ্ক্ষেপ করা হলে এটি সর্বোচ্চ উচ্চতায় উঠবে।  $\theta_0 \approx 0^\circ$  হলে অর্থাৎ নিষ্ক্ষেপ কোণ অত্যন্ত অল্প হলে এটি অতিনগণ্য উচ্চতা অতিক্রম করে। সুতরাং, প্রাসের উচ্চতা নিষ্ক্ষেপ কোণের ওপর নির্ভরশীল।

**গ** দেওয়া আছে, সিলিন্ডারটির ভর,  $m = 2 \text{ kg}$   
এবং ব্যাসার্ধ,  $r = 0.1 \text{ m}$

বের করতে হবে, এর ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক,  $I = ?$   
সিলিন্ডারটি এর অক্ষের চতুর্দিকে ঘুরতে থাকবে। তাই এর জড়তার ভ্রামক,  $I = \frac{1}{2} Mr^2 = \frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times (0.1 \text{ m})^2 = 0.01 \text{ kgm}^2$  (Ans.)

**ঘ** মনে করি, সিলিন্ডারটি নত তলের পাদদেশে পৌঁছালে এর রৈখিক দ্রুতি হবে  $v$ , এক্ষেত্রে এর কৌণিক বেগ,  $\omega = \frac{v}{r}$

$$\text{যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা সূত্রানুসারে, } Mgh = \frac{3}{4} Mv^2$$

$$v^2 = \frac{4}{3} gh = 1.333 \times 9.8 \text{ ms}^{-1} \times 3 \text{ m} = 39.2 \text{ ms}^{-2}$$

$$\therefore \text{নির্ণেয় ঘূর্ণন গতিশক্তি} = \frac{1}{4} Mv^2 = 0.25 \times 2 \text{ kg} \times 39.2 \text{ m}^2 \text{s}^{-2} = 19.6 \text{ J}$$

অতএব সিলিন্ডারটি নততলের পাদদেশে পৌঁছলে ঘূর্ণন গতিশক্তি হবে  $19.6 \text{ J}$ ।

**প্রশ্ন ৫**  $10 \text{ kg}$  ভরের একটি স্থির মোটরের উপর  $4 \text{ kg}$  ভরের বস্তু চাপিয়ে  $28 \text{ N}$  বল  $2 \text{ s}$  সময় ধরে প্রয়োগ করে বল অপসারণ করা হল। মোটরের সামনে  $10 \text{ m}$  দূরে একটি বস্তু রয়েছে যা যথাসময়ে না সরালে মোটরটি দূর্ঘটনায় পতিত হবে। [এস ও এস হারম্যান মেইনার কলেজ, ঢাকা]

ক. ত্বরণ কাকে বলে? ১

খ. নিউটনের গতিসংক্রান্ত দ্বিতীয় সূত্রটি লেখচিত্রের মাধ্যমে প্রকাশ কর। ২

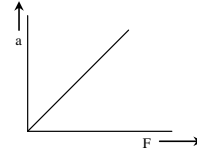
গ. মোটরটির প্রথম সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের পথের বস্তুটিকে  $3 \text{ s}$ -এর মধ্যে সরানো হলে মোটরটি দূর্ঘটনার হাত হতে রক্ষা পাবে কী?-বিশ্লেষণ কর। ৪

### ৫ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** সময়ের সাপেক্ষে কোনো বস্তুর বেগ বৃদ্ধির হারকে এর ত্বরণ বলে।

**খ** নিউটনের গতিসংক্রান্ত দ্বিতীয় সূত্রের গাণিতিক রূপ,  $F = ma$  এটিকে লেখচিত্রের মাধ্যমে প্রকাশ করলে নিম্নরূপ হয়।



**গ** দেওয়া আছে, মোট ভর,  $m = 10 \text{ kg} + 4 \text{ kg} = 14 \text{ kg}$   
প্রযুক্ত বল,  $F = 28 \text{ N}$   
সময়কাল,  $t = 1 \text{ sec}$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{28 \text{ N}}{14 \text{ kg}} \times (1 \text{ sec})^2 = 1 \text{ m (Ans.)}$$

**ঘ** প্রথম  $2 \text{ sec}$ -এ অতিক্রান্ত দূরত্ব,  $s = ut + \frac{1}{2} at^2$

$$= 0 \times 2 \text{ sec} + \frac{1}{2} \times \frac{28 \text{ N}}{14 \text{ kg}} \times (2 \text{ sec})^2 = 4 \text{ m}$$

$$2 \text{ sec শেষে বেগ, } v = u + at = u + \frac{F}{m}t = 0 + \frac{28 \text{ N}}{14 \text{ kg}} \times 2 \text{ sec} = 4 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{পরবর্তী (৩য়) সেকেন্ডে অতিক্রান্ত দূরত্ব} = 4 \text{ ms}^{-1} \times 1 \text{ sec} = 4 \text{ m}$$

$$\therefore \text{প্রথম } 3 \text{ sec-এ মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব} = 4 \text{ m} + 4 \text{ m} = 8 \text{ m} < 10 \text{ m}$$

সুতরাং উদ্দীপকের পথের বস্তুটিকে  $3 \text{ sec}$ -এর মধ্যে সরানো হলে মোটরটি দূর্ঘটনার হাত হতে রক্ষা পাবে।

**প্রশ্ন ৬** একটি বস্তুর ভর  $5 \text{ kg}$ । বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলের পরিবর্তন সময় সাপেক্ষে চিত্রে প্রদর্শিত হলো। বস্তুটি স্থির অবস্থা হতে চলতে শুরু করেছে।

[শহীদ বীর উত্তম লে: আনোয়ার গার্লস কলেজ, ঢাকা]

ক. জড়তার ভ্রামক কী? ১

খ. রাস্তার বাঁকে সাইকেল আরোহীকে হেলে থাকতে হয় কেন? ২

- গ. প্রথম 10 সেঃ বস্তুর উপর বলের ঘাত কত হবে? ৩  
ঘ. প্রথম হতে 20 সেকেন্ডে বস্তুর মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করা সম্ভব কী? যাচাই কর। ৪

#### ৬ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো নির্দিষ্ট ঘূর্ণন অক্ষ থেকে কোনো দৃঢ় বস্তুর প্রত্যেকটি কণার ভর এবং ঘূর্ণন অক্ষ হতে এদের আনুষঙ্গিক লম্ব দূরত্বের বর্গের গুণফলের সমষ্টিকে ঐ অক্ষের সাপেক্ষে ঐ বস্তুর জড়তার ভ্রামক বলে।

**খ** বৃত্তাকার পথে যখন সাইকেল আরোহী মোড় নিতে যায় তখন কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন হয়। এ কেন্দ্রমুখী বল যোগান দেওয়ার উদ্দেশ্যে সাইকেল আরোহী হেলে মোড় ঘুরে। হেলে থাকার সময় যে প্রতিক্রিয়া বল প্রাপ্ত হয় তার অনুভূমিক উপাংশ কেন্দ্রমুখী বলরূপে আচরণ করে।

**গ** ক্ষুদ্র dt সময়কালে বলের মানের পরিবর্তন হয় না বললেই চলে।

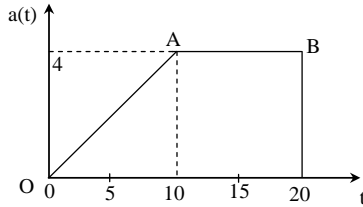
∴ ক্ষুদ্র dt সময়কালে ভরবেগের পরিবর্তন = F(t)dt

∴ বৃহৎ t = 0 হতে t = t সময় ব্যবধানে ভরবেগের পরিবর্তন তথা

$$\begin{aligned}\text{বলের ঘাত} &= \int_0^t F(t) dt \\ &= \frac{1}{2} \times 10 \text{sec} \times 20 \text{N} \\ &= 100 \text{Ns (Ans.)}\end{aligned}$$

**ঘ** যেহেতু বস্তুর ভর, m = 5kg

সুতরাং a =  $\frac{F}{m}$  সূত্র এবং উদ্দীপকের লেখ হতে ত্বরণ বনাম সময় লেখচিত্র নিক্ষেপে অঙ্কন করি।



OA অংশে ত্বরণ,  $a = \frac{4}{10}t = 0.4t$

$$\text{বা, } \frac{dv}{dt} = 0.4t$$

$$\text{বা, } dv = 0.4t dt$$

$$\text{বা, } \frac{ds}{dt} = 0.2t^2 \text{ বা, } s = 0.2 \frac{t^3}{3} + c' \quad [\text{সমাকলন করে}]$$

$$\text{যখন } t = 0, \text{ তখন } c' = 0 \quad \therefore s = \frac{1}{15}t^3 + 0 = \frac{1}{15}t^3$$

$$\therefore \text{প্রথম } 10 \text{ sec-এ অতিক্রান্ত দূরত্ব, } s = \frac{1}{15}(10^3 - 0) = 66.7 \text{m}$$

$$\therefore 20 = 4 \times 10 + c \text{ বা, } c = 20 - 40 = -20$$

$$c\text{-এর মান (i)নং এ বসিয়ে পাই, } v = 4t - 20$$

$$\text{বা, } \frac{ds}{dt} = 4t - 20 \text{ বা, } s = 2t^2 - 20t + c' \quad [\text{সমাকলন করে}]$$

$$t = 10 \text{ sec এর জন্য } s = 66.7 \text{m}$$

$$\therefore 66.7 = 2(10)^2 - 20 \times 10 + c'$$

$$\text{বা, } c' = 66.7 - 200 + 200 = 66.7$$

$$\therefore t = 10 \text{sec হতে } t = 20 \text{sec সময়কালের মধ্যে সরণের সমীকরণ:}$$

$$s = 2t^2 - 20t + 66.7$$

$$\text{সুতরাং প্রথম হতে } 20 \text{ sec-এ বস্তুর মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব}$$

$$= 66.7 \text{m} + 400 \text{m} = 466.7 \text{m}$$

**প্রশ্ন ৭** 300kg ভরের একটি গাড়ী 200m ব্যাসার্ধের একটি রাস্তার মোড়ে 90kmh<sup>-1</sup> বেগে বাঁক নিচ্ছে। ঐ স্থানে রাস্তাটি 5m চওড়া এবং এর ভিতরের কিনারা হতে বাইরের কিনারা 1m উঁচু।

[বীরশ্রেষ্ঠ নূর মোহাম্মদ পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, পিলখানা, ঢাকা]

ক. সংরক্ষণশীল বলের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. সরল দোলকের নিরেট ববের পরিবর্তে যদি একই ব্যাসের একটি ফাঁপা বব ব্যবহার করা হয় তবে এর দোলন কালের কিরূপ পরিবর্তন হবে? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. গাড়ীর উপর কেন্দ্রমুখী বল নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গাড়ীটি কি রাস্তার মোড়ে নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে? ৪

#### ৭ নং প্রশ্নের উত্তর

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

**খ** সরল দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য,  $L = l + r$

এখানে r দ্বারা ববের ব্যাসার্ধ বুঝায়। আরো শুদ্ধভাবে বলতে গেলে, r দ্বারা সুতার প্রান্তবিন্দু হতে ববের ভারকেন্দ্র পর্যন্ত দূরত্ব বুঝায়। যেহেতু নিরেট গোলকের ভারকেন্দ্র এবং ফাঁপা গোলকের ভারকেন্দ্র একই বিন্দুতে অবস্থিত, সুতরাং সরল দোলকের নিরেট ববের পরিবর্তে একই ব্যাসের একটি ফাঁপা বব ব্যবহার করলে (r তথা L অপরিবর্তিত থাকায়) এর দোলনকালের পরিবর্তন হবে না।

**গ** দেওয়া আছে, গাড়ির ভর, m = 300kg

বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, r = 200m

$$\text{আমরা জানি, } F_c = \frac{mv^2}{r} = \frac{300 \text{kg} \times (25 \text{ms}^{-1})^2}{200 \text{m}} = 937.5 \text{N (Ans.)}$$

**ঘ** উক্ত গাড়ি বর্ণিত বেগে (25ms<sup>-1</sup>) ঐ বৃত্তাকার রাস্তায় মোড় নিতে

$$\begin{aligned}\text{চাইলে প্রয়োজনীয় ব্যাংকিং কোণ, } \theta &= \tan^{-1} \frac{v^2}{rg} \\ &= \tan^{-1} \frac{(25 \text{ms}^{-1})^2}{200 \text{m} \times 9.8 \text{ms}^{-2}} \\ &= 17.7^\circ\end{aligned}$$

কিন্তু রাস্তার ঢালুতাজনিত কারণে প্রাপ্ত ব্যাংকিং কোণ,

সুতরাং (রাস্তার আকৃতি যথেষ্ট ব্যাংকিং কোণ যোগান দিতে না পারায়) গাড়ীটি রাস্তার মোড়ে নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে না।

**প্রশ্ন ৮** একটি ট্রেন 1500m ব্যাসার্ধের একটি মিটার গেজ রেল লাইনে 30ms<sup>-1</sup> দ্রুতিগতিতে বাঁক নিচ্ছে, ভিতরের লাইন অপেক্ষা বাইরের লাইন কিছুটা উঁচু থাকায় ট্রেনটি ঐ স্থানে নিরাপদে বাঁক ঘুরতে পারে। [ঢাকা সিটি কলেজ, ঢাকা]

ক. একক ভেক্টর কী? ১

খ. সমদ্রুতিতে গতিশীল বস্তুর ত্বরণ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে ট্রেনটির কেন্দ্রমুখী ত্বরণের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে ভিতরের লাইন অপেক্ষা বাইরের লাইন কতটুকু উঁচু হওয়ায় ট্রেনটি ঐ স্থানে নিরাপদে বাঁক নিতে পেরেছিল। ৪

#### ৮ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** যে ভেক্টরের মান এক তাকে একক ভেক্টর বলে।

কোন বস্তুর বেগ বৃদ্ধির হারকে ত্বরণ বলে। সমদ্রুতিতে গতিশীল বস্তুর বেগ বৃদ্ধির হার শূন্য হয়। এজন্য সমদ্রুতিতে গতিশীল বস্তুর ত্বরণ শূন্য হয়।

**গ** দেওয়া আছে, বাঁকের ব্যাসার্ধ, r = 1500m

ট্রেনের বেগ, v = 30 ms<sup>-1</sup>

কেন্দ্রমুখী ত্বরণ, α = ?

$$\text{আমরা জানি, } \alpha = \frac{v^2}{r}$$

$$\text{বা, } \alpha = \frac{(30)^2}{1500}$$

$$\therefore \alpha = 0.6 \text{ms}^{-2} \text{ (Ans.)}$$

**ঘ** দেওয়া আছে, বাঁকের ব্যাসার্ধ, r = 1500m

ট্রেনের বেগ,  $v = 30 \text{ ms}^{-1}$

রেললাইনের প্রস্থ,  $L = 1\text{m}$  [□ মিটার গেজ]

ভিতরের লাইন অপেক্ষা বাইরের লাইনের উচ্চতা,  $x = ?$

ধরি, ব্যাংকিং  $= \theta^\circ$

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

$$\text{বা, } \tan\theta = \frac{(30)^2}{1500 \times 9.8}$$

$$\therefore \theta = 6.11\text{cm}$$

সুতরাং, ভিতরের লাইন থেকে বাইরের লাইন 6.11cm উঁচু হতে হবে।

একটি রাস্তা তৈরির সময় ইঞ্জিনিয়ার ঠিকাদারকে 100m ব্যাসার্ধের একটি বাকের রাস্তার বাকের ভেতরের প্রান্ত অপেক্ষা বাইরের প্রান্ত এমনভাবে উঁচু করতে বললেন যেন ঐ বাকের 60kmh<sup>-1</sup> বেগে চলমান 5 টন ভরের গাড়ি নিরাপদে বাক নিতে পারে। কিন্তু 7m প্রশস্ত রাস্তাটিতে ঠিকাদার এমনভাবে কাজ করল যে সর্বোচ্চ 36kmh<sup>-1</sup> বেগে চলমান গাড়িই নিরাপদে বাক নিতে পারে।

[সরকারি শহীদ বুলবুল কলেজ, পাবনা]

ক. পরম শূন্য তাপমাত্রা কী?

খ. “পানি কাঁচকে ভেজালেও পারদ কাঁচকে ভেজায়না কেন?” ব্যাখ্যা কর।

গ. উদ্দীপকের নির্মিত বাকটিতে ব্যাংকিং কোণ কত ছিল?

ঘ. ইঞ্জিনিয়ারের নির্দেশিত রাস্তা তৈরি করতে চাইলে ঠিকাদারকে বাকের বাইরের প্রান্ত আরও অতিরিক্ত কতটুকু উঁচু করতে হবে?

#### ৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সে তাপমাত্রায় পানি কঠিন, তরল ও বায়বীয় তিন অবস্থাতেই থাকতে পারে তাকে পরম শূন্য তাপমাত্রা বলে।

খ. পানি ও কাঁচের মধ্যকার আসঞ্জন বল পানির অণুগুলোর সংশক্তি বল অপেক্ষা বেশি। এজন্য পানি কাঁচকে ভেজায়। অপরদিকে পারদ ও কাঁচের মধ্যকার আসঞ্জন বল পারদের সংসক্তি বল অপেক্ষা কম হওয়ায় পারদ কাঁচকে ভেজায় না।

গ. দেওয়া আছে, বাকের ব্যাসার্ধ,  $r = 100\text{m}$

$$\text{গাড়ির বেগ, } v = 36 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 10 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{বা, } \tan\theta = \frac{(10)^2}{100 \times 9.8}$$

$$\therefore \theta = 5.83^\circ \text{ (Ans.)}$$

ঘ. দেওয়া আছে,

বাকের ব্যাসার্ধ,  $r = 100\text{m}$

$$\text{ইঞ্জিনিয়ারের নির্দেশিত বেগ, } v = 60 \text{ kmh}^{-1} = 16.67 \text{ ms}^{-1}$$

রাস্তার প্রস্থ,  $L = 7\text{m}$

মনেকরি,

প্রয়োজনীয় ব্যাংকিং  $\theta'$  এবং ভিতর অপেক্ষা বাইরের প্রান্ত  $x'$  উঁচু।

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

$$\text{বা, } \tan\theta' = \frac{(16.67)^2}{100 \times 9.8}$$

$$\therefore \theta' = 15.83^\circ$$

$$\therefore \sin\theta' = \frac{x'}{L}$$

$$\text{বা, } x' = \sin(15.83) \times 7$$

$$\text{বা, } x' = 1.9094\text{m}$$

$$\therefore x' = 190.94\text{cm}$$

আবার, পূর্বের বাইরের প্রান্তের উচ্চতা  $x$  হলে

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

$$\text{বা, } \sin 5.83 = \frac{x}{7}$$

বা,  $x = 0.711\text{m}$

$$\therefore x = 71.1\text{cm}$$

$\therefore$  ইঞ্জিনিয়ারের নির্দেশমত রাস্তা তৈরি করতে হলে বাইরের প্রান্ত অতিরিক্ত উঁচু করতে হবে  $= (190.94 - 71.1)\text{cm}$

$$= 119.85\text{cm (Ans.)}$$

**প্রশ্ন ১০** একজন বালক 0.25kg ভরের একটি পাথর খন্ডকে একটি লম্বা সূতার একপ্রান্তে বেধে বৃত্তাকার পথে প্রতি মিনিটে 90 বার ঘুরাচ্ছে। ১ম মিনিটে সূতার দৈর্ঘ্য ছিল 0.25m। বালকটি এক মিনিট পরপর সূতায় দৈর্ঘ্য 0.25m করে বাড়ীছিল।

[বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, বগুড়া]

ক. ভূ-স্থির উপগ্রহ কী?

খ. স্থিতিস্থাপক ও অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কাকে বলে?

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত পাথরখন্ডটির রৈখিক বেগ কত?

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

#### ১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. পৃথিবীর চারদিকে যে কৃত্রিম উপগ্রহের আবর্তনকাল 24 ঘন্টা ফলে পৃথিবীর কোনো নির্দিষ্ট স্থান থেকে দেখলে একে সর্বদাই স্থির মনে হয় তাকে ভূ-স্থির উপগ্রহ বলে।

খ. যে সংঘর্ষের ফলে সিস্টেমের বস্তুসমূহের মোট গতিশক্তি সংরক্ষিত হয় তাকে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে। গ্যাসের গতিতত্ত্ব অনুসারে গ্যাস অণুসমূহের মধ্যকার সংঘর্ষ স্থিতিস্থাপক।

অপরদিকে, যে সংঘর্ষের ফলে সিস্টেমের বস্তুসমূহের মোট গতিশক্তি সংরক্ষিত হয় না তাকে অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে। বাস্‌জীবনে প্রায় সকল সংঘর্ষই অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ।

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

ঘূর্ণন সংখ্যা,  $N = 90$

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

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

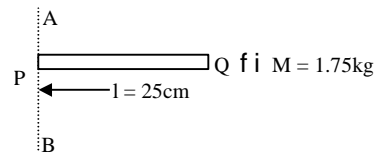
ঘ. 6 মিনিটে সূতার দৈর্ঘ্য হবে,  $r = 0.25\text{m} + (6 - 1) \times 0.25\text{m}$

$$= 1.5\text{m}$$

$$= 33.3\text{N}$$

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

#### প্রশ্ন ১১



[হাজেরা-তজু ডিগ্রি কলেজ, চাঁদগাঁও, চট্টগ্রাম]

ক. টর্ক কাকে বলে?

খ. কোন বস্তুর কৌণিক ভর বেগ  $40\text{kgm}^2\text{s}^{-1}$  ব্যাখ্যা কর।

গ. চিত্রে PQ দণ্ডটি AB অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান হলে দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্দীপকে দণ্ডটির ঘূর্ণন অক্ষ এক প্রান্ত থেকে মধ্য অক্ষে নিয়ে গেলে জড়তার ভ্রামকের কীরূপ পরিবর্তন হবে গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ কর।

#### ১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে রাশি কোনো বস্তুতে ঘূর্ণন প্রবণতা সৃষ্টি করে বা করতে চায়, তাকে টর্ক বলে। বলের মান এবং ঘূর্ণন অক্ষ হতে বলের ক্রিয়ারেখার উপর লম্বের গুণফল দ্বারা টর্ক পরিমাপ করা হয়।

**খ** কৌণিক ভরবেগ = রৈখিক ভরবেগ  $\times$  ঘূর্ণন অক্ষ হতে রৈখিক বেগের ওপর লম্বদূরত্ব।

সুতরাং কোনো বস্তুর কৌণিক ভরবেগ  $40\text{kgm}^2\text{s}^{-1}$  বলতে বোঝায়, ঐ বস্তুর রৈখিক ভরবেগ এবং ঘূর্ণন অক্ষ হতে রৈখিক বেগের ওপর লম্ব দূরত্বের গুণফল  $40\text{kgm}^2\text{s}^{-1}$ ।

**গ** আমরা জানি,  $M$  ভরের এবং  $l$  দৈর্ঘ্যের কোনো দণ্ডের প্রান্তে বিন্দুগামী এবং দৈর্ঘ্যের ওপর লম্ব এরূপ অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক,  $I = \frac{1}{3}Ml^2$

এখানে,  $M = 1.75\text{kg}$  এবং  $l = 25\text{cm} = 0.25\text{m}$

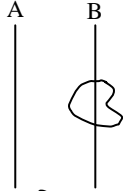
$\therefore I = 0.333 \times 1.75\text{kg} \times 0.25\text{m} = 0.146\text{kgm}^2$  (Ans.)

**ঘ**  $M$  ভরের এবং  $l$  দৈর্ঘ্যের কোনো দণ্ডের মধ্যবিন্দুগামী এবং দৈর্ঘ্যের ওপর লম্ব এরূপ অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক,  $I = \frac{1}{12}Ml^2$

এখানে,  $M = 1.75\text{kg}$  এবং  $l = 0.25\text{m}$

$$= 0.137\text{kgm}^2$$

**প্রশ্ন ১২**



PQ দৃঢ় বস্তুর ভরকেন্দ্র G। বস্তুর ভর  $10\text{kg}$  এবং চক্রগতির ব্যাসার্ধ  $5\text{m}$ । নিচের প্রশ্নের উত্তর দাও:

[ইস্পাহানি পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, চট্টগ্রাম]

- চক্রগতির ব্যাসার্ধ কি? ১
- টর্ক ব্যাখ্যা কর। ২
- অক্ষটি G বিন্দুগামী হলে PQ বস্তুর জড়তার ভ্রামক নির্ণয় কর। ৩
- A অপর একটি অক্ষ  $2\text{m}$  দূরে এবং PQ এর সমান্তরাল। A অক্ষের সাপেক্ষে PQ এর জড়তার ভ্রামক গাণিতিক ভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

**১২ নং প্রশ্নের উত্তর**

**ক** যদি কোনো দৃঢ় বস্তুর একটি নির্দিষ্ট বিন্দু যেখানে বস্তুর সমস্ত ভর কেন্দ্রীভূত আছে ধরা হয় এবং ঘূর্ণন অক্ষ সাপেক্ষে ঐ বিন্দুতে জড়তার ভ্রামক সমগ্র বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তবে অক্ষ হতে ঐ বিন্দুর দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

**খ** কোনো নির্দিষ্ট অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণ্যমান কোনো বস্তুতে ত্বরণ সৃষ্টির জন্য প্রযুক্ত বল বা দ্বন্দ্বের ভ্রামককে টর্ক বলে।

কোনো অক্ষ বা বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বলের ভ্রামকের মান বলের পরিমাণ ও অক্ষ হতে বলের ক্রিয়া রেখার লম্ব দূরত্ব  $d$ -এর গুণফল দ্বারা নির্ধারিত হয়।

অর্থাৎ বলের ভ্রামক বা টর্ক = বল  $\times$  লম্ব দূরত্ব

ভেক্টর বিজগণিত অনুসারে,  $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$

**গ** দেওয়া আছে,

অনিয়ত আকারে PQ বস্তুর ভর,  $M = 10\text{kg}$

এবং চক্রগতির ব্যাসার্ধ,  $K = 5\text{m}$

বের করতে হবে, এর জড়তার ভ্রামক,  $I = ?$

আমরা জানি,  $I = MK^2 = 10\text{kg} \times (5\text{m})^2 = 250\text{kgm}^2$  (Ans.)

**ঘ** প্রশ্নমতে, A অপর অক্ষ B অক্ষ হতে  $h = 2\text{m}$  দূরে এবং B-এর সমান্তরাল:

A অক্ষের সাপেক্ষে PQ-এর জড়তার ভ্রামক, (সমান্তরাল অক্ষ উপপাদ্য অনুসারে)

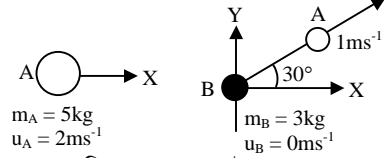
$I' = I + Mh^2$

$$= I + Mh^2$$

$$= 250\text{kgm}^2 + 10\text{kg} \times (2\text{m})^2$$

$$= 290\text{kgm}^2$$

**প্রশ্ন ১৩**



উদ্দীপকের আলোকে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:

[সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসীন কলেজ, চট্টগ্রাম]

- জড়তার ভ্রামক কাকে বলে? ১
- চলন্ত গাড়ীর চাকার কাঁদা বাইরের দিকে ছিটকে পড়ে কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
- সংঘর্ষের পর B বস্তুর বেগের দিক নির্ণয় কর। ৩
- উদ্দীপকের সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কিনা-গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

**১৩ নং প্রশ্নের উত্তর**

**ক** একটি দৃঢ়বস্তু কোনো একটি স্থির অক্ষের চারদিকে আবর্তিত হতে থাকলে ঐ অক্ষের সাপেক্ষে বস্তুর জড়তার ভ্রামক বলতে অক্ষ হতে প্রতিটি কণার দূরত্বের বর্গ ও কণাটির ভরের গুণফলের সমষ্টিকে বুঝায়।

**খ** চলন্ত গাড়ীর চাকার কাঁদা বাইরের দিকে ছিটকে পড়ে কেন্দ্রবিমুখী বলের কারণে।

যেকোনো বস্তু বৃত্তপথে ঘুরতে চাইলে বৃত্তের কেন্দ্র বরাবর কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন হয়। চলন্ত গাড়ীর চাকা যখন বৃত্তাকারে ঘুরতে থাকে তখন এতে লেগে থাকা কাঁদা কেন্দ্রমুখী বলের অভাবে ঘূর্ণনপথের স্পর্শক বরাবর ছিটকে চলে যায়। এটি স্থিতি জড়তার একটি উদাহরণ।

**গ** মনে করি, সংঘর্ষের পর B বস্তুটি X অক্ষের সাথে  $\phi$  কোণে  $v_B'$  বেগে চলা শুরু করবে। তাহলে ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুসারে—

$$m_A u_A + m_B u_B = m_A \times 1\text{ms}^{-1} \times \cos 30^\circ + m_B \times v_B' \times \cos \phi$$

$$(ii) \div (i) \text{ হতে, } \tan \phi = \frac{-2.5}{5.67} = -0.441$$

$$\therefore \phi = \tan^{-1}(-0.441) = -23.8^\circ$$

$\therefore$  সংঘর্ষের পর A বস্তুটি X অক্ষের যে পাশে অবস্থান করবে, তার বিপরীত পাশে  $23.8^\circ$  কোণ উৎপন্ন করে B বস্তুটি চলতে থাকবে।

**ঘ** 'গ' এর  $(1)^2 + (11)^2$  হতে পাই,

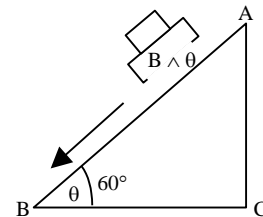
$$9 \times v_B'^2 \times (\sin^2 \phi + \cos^2 \phi) = 5.67^2 + 2.5^2 = 38.4$$

$$\therefore v_B' = \sqrt{\frac{38.4}{9}} = 2.065\text{ms}^{-1}$$

$$= \frac{1}{2} \times 5\text{kg} \times (1\text{ms}^{-1})^2 + \frac{1}{2} \times 3\text{kg} \times (2.065\text{ms}^{-1})^2$$

$$= 8.9\text{J} \neq 10\text{J}$$

যেহেতু সংঘর্ষের ফলে মোট গতিশক্তি কমে যায়, তাই সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক নয়।



আফীফা একটি ছোট খেলনা গাড়ী নিয়ে খেলা করছিল। সে উদ্দীপকের চিত্রানুযায়ী খেলনা গাড়ীটিকে AC দেয়ালের সাথে লাগানো তল AB দিয়ে নামাচ্ছে। [গাড়ীটির ভর =  $500\text{gm}$ ]

[কুমিল-১ সরকারি কলেজ, কুমিল-১]

- ক. কর্মদক্ষতা কাকে বলে? ১  
খ. কোন যন্ত্রের শক্তি 5kW-h বলতে কি বুঝায়? ২  
গ. গাড়িটি 8 sec এ A থেকে B তে আসলে AB এর দৈর্ঘ্য কত? ৩  
ঘ. গাড়িটি B বিন্দুতে নামার সাথে সাথে সেখানে রাখা একটি খেলনা ট্রাকের সাথে আটকে গেল এবং একত্রিত হয়ে 3ms<sup>-1</sup> বেগে চলতে শুরু করল। এ ক্ষেত্রে যে সংঘর্ষ হয়েছে তা গাণিতিক যুক্তিসহ উল্লেখ কর। (খেলনা ট্রাকের ভর = 400gm) ৪

**১৪ নং প্রশ্নের উত্তর**

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

**খ** কোনো যন্ত্রের শক্তি 5kW-h বা  $5 \times 3.36 \times 10^6 \text{J}$  বা  $1.8 \times 10^7 \text{J}$  বলতে বুঝায় ঐ যন্ত্রটি  $1.8 \times 10^7$  পরিমাণ কাজ করতে সক্ষম। কারণ কাজ করায় সামর্থ্যই হলো শক্তি।

**গ** AB বরাবর অভিকর্ষজ ত্বরণের উপাংশের মান  $g' = g \cos(90^\circ - 60^\circ)$

$$= 9.8 \text{ms}^{-2} \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$= 8.49 \text{ms}^{-2}$$

AB তল বরাবর নামার ক্ষেত্রে,

আদিবেগ,  $u = 0 \text{ms}^{-1}$

ত্বরণ,  $a = 8.49 \text{ms}^{-2}$

সময়কাল,  $t = 1 \text{sec}$

আমরা জানি,

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2 = 0 \text{ms}^{-1} \times 1 \text{sec} + \frac{1}{2} \times 8.49 \text{ms}^{-2} \times (1 \text{sec})^2$$

$$= 4.243 \text{m (Ans.)}$$

**ঘ** B প্রান্তে খেলনা গাড়ির বেগ,  $u_1 = \sqrt{0^2 + 2as}$

$$= \sqrt{2 \times 8.49 \text{ms}^{-2} \times 4.243 \text{m}} = 8.49 \text{ms}^{-1}$$

খেলনা গাড়ির ভর,  $m_1 = 500 \text{gm} = 0.5 \text{kg}$

∴ সংঘর্ষের পূর্বে খেলনাদ্বয়ের মোট গতিশক্তি = 18J + 0J = 18J

সংঘর্ষের পর খেলনাদ্বয়ের সাধারণ বেগ,  $v = 3 \text{ms}^{-1}$

সুতরাং সংঘর্ষের পর খেলনাদ্বয়ের মোট গতিশক্তি =  $\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2$

$$= \frac{1}{2} \times (0.5 \text{kg} + 0.7 \text{kg}) \times (3 \text{ms}^{-1})^2 = 5.4 \text{J} < 18 \text{J}$$

যেহেতু সংঘর্ষের ফলে খেলনাদ্বয়ের মোট গতিশক্তি হ্রাস পায়, সুতরাং সংঘর্ষটি অস্থিতিস্থাপক।

**প্রশ্ন ১৫** একটি গাড়ি বৃত্তাকার পথে 72kms<sup>-1</sup> সমগতিতে চলছিল। সাধারণত কোন বস্তু সুস্থম গতিতে চললে ত্বরণ থাকে না, কিন্তু গাড়ির গতি দেখে মনে হচ্ছিল উহার ত্বরণ ছিল। এই ত্বরণের মান 1ms<sup>-2</sup> যা প্রচলিত ধারণার পরিপন্থি। [কুমিল-১ সরকারি কলেজ, কুমিল-১]

- ক. কৌণিক বেগ কী? ১  
খ. রৈখিক ত্বরণ ও কৌণিক ত্বরণের মধ্যে সম্পর্ক কী? ২  
গ. গাড়িটি যে বৃত্তাকার পথে ঘুরছিল উহার ব্যাস নির্ণয় কর। ৩  
ঘ. কোন বস্তু সুস্থম গতিতে চললে ত্বরণ থাকে না কিন্তু গাড়িটির ক্ষেত্রে ত্বরণ ঘটেছে কেন? চিত্রসহ গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন কর। ৪

**১৫ নং প্রশ্নের উত্তর**

**ক** কোনো বস্তু প্রতি একক সময়ে যে কৌণিক সরণ অতিক্রম করে তাকে কৌণিক বেগ বলে।

**খ** রৈখিক ত্বরণ (a) ও কৌণিক ত্বরণের (α) মধ্যকার সম্পর্ক হলো:  $a = \alpha r$

এখানে, r হলো ব্যাসার্ধ ভেক্টরের মান যা ঘূর্ণন অক্ষ হতে → a এর ওপর লম্ব ভেক্টর দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ভেক্টর আকারে প্রকাশ করলে,

$$\vec{a} = \vec{\alpha} \times \vec{r}$$

**গ** দেওয়া আছে,

কেন্দ্রমুখী ত্বরণ,  $a = 1 \text{ms}^{-2}$

ঘূর্ণনগতির রৈখিক দ্রুতি,  $v = 72 \text{kms}^{-1} = 20 \text{ms}^{-1}$

বের করতে হবে, বৃত্তাকার পথের ব্যাস =  $2r = ?$

বৃত্তাকার পথের ব্যাস,  $d = 2r = 2 \times 400 = 800 \text{m (Ans.)}$

**ঘ** কোনো বস্তুতে সুস্থম রৈখিক বা কৌণিক গতিতে চললে  $\alpha = \frac{\omega_f - \omega_i}{t}$  সূত্রানুসারে এর কোনো কৌণিক ত্বরণ থাকে না। কিন্তু

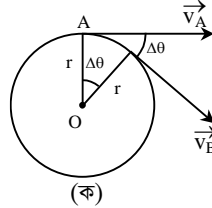
এক্ষেত্রে যে ত্বরণের কথা বলা হয়েছে তা হলো কেন্দ্রমুখী ত্বরণ।

কোনোরূপ ত্বরণ (এবং প্রযুক্ত বল) না থাকলে নিউটনের গতির প্রথম সূত্রানুসারে, এটি সরলপথে সুস্থম বেগে চলার কথা। কিন্তু তা না করে (ঘূর্ণন গতির ক্ষেত্রে) প্রতি মুহূর্তে দিক পরিবর্তন করার অর্থ হলো, এতে কেন্দ্র বরাবর সুনির্দিষ্ট মানের বল প্রয়োগ করা হয়েছে। যাকে কেন্দ্রমুখী বল বলে। এই কেন্দ্রমুখী বলই কেন্দ্রমুখী ত্বরণ ঘটায়। কেন্দ্রমুখী ত্বরণের রাশিমালা প্রতিপাদন নিরূপণ:

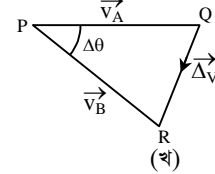
ধরা যাক, m ভরের কোন বস্তু r ব্যাসার্ধের অনুভূমিক বৃত্তাকার পথে v সমদ্রুতিতে চলতে চলতে কোন এক সময় A বিন্দুতে আসে। A

বিন্দুতে এর বেগ  $\vec{v}_A$  বৃত্তটির ঐ বিন্দুতে অংকিত স্পর্শক বরাবর। ক্ষুদ্র

সময় Δt পরে বস্তুটি B বিন্দুতে এল। এই সময় এর বেগ  $\vec{v}_B$  বৃত্তের B বিন্দুতে অংকিত স্পর্শক বরাবর।



(ক)



(খ)

ধরা যাক, কৌণিক সরণ Δθ খুবই ক্ষুদ্র।

খ চিত্র হচ্ছে একটি ভেক্টর চিত্র যেখানে বেগ  $\vec{v}_A$  এবং  $\vec{v}_B$  দেখানো হয়েছে।  $\vec{v}_A$  এবং  $\vec{v}_B$  এর মধ্যবর্তী কোণ ও হচ্ছে Δθ। বেগের পরিবর্তন  $\Delta \vec{v} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$  কে  $\vec{QR}$  দ্বারা প্রকাশ করা হয়েছে। যেহেতু Δθ কোণটি খুবই ছোট, কাজেই  $\Delta \vec{v}$  এর অভিমুখ  $\vec{v}_A$  এবং  $\vec{v}_B$  উভয়ের সাথেই প্রায় লম্ব। অর্থাৎ A বিন্দুতে বস্তুটির বেগের পরিবর্তন বা ত্বরণ হয় AO বরাবর তথা বৃত্তের কেন্দ্র O বরাবর। এই ত্বরণকে কেন্দ্রমুখী ত্বরণ বলা হয়।

খ চিত্রে, যেহেতু Δθ কোণটি খুব ক্ষুদ্র।

$$\text{তাই } \Delta \theta = \frac{\text{চাপ}}{\text{ব্যাসার্ধ}} = \frac{|\vec{QR}|}{|\vec{v}_A|} = \frac{|\Delta \vec{v}|}{v}$$

$$\text{বা, } |\vec{QR}| = |\Delta \vec{v}| = v(\Delta \theta)$$

এখানে v হচ্ছে  $\vec{v}_A$  এবং  $\vec{v}_B$  এর মান। বস্তুটি সমদ্রুতিতে ঘুরছে বলে উভয় মানই সমান।

$$\text{কিন্তু } v = r\omega \text{ বা } \omega = \frac{v}{r}$$

$$\therefore a = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}$$

এই কেন্দ্রমুখী ত্বরণের দিক বৃত্তের কেন্দ্রের অভিমুখে ইহাই নির্ণেয় গাণিতিক রাশিমালা

সিলেট থেকে কুলাউড়া যাওয়ার পথে কোনো এক জায়গায় বাঁকের ব্যাসার্ধ 200m এবং রাস্তার প্রস্থ 4m। এই স্থানে একজন গাড়ি চালক সর্বোচ্চ 40kmh<sup>-1</sup> বেগে বাঁক নিতে পারে।

[মদনমোহন কলেজ, সিলেট]

- ক. কাজ শক্তি উপাদ্যটি লিখ? ১  
খ. সকল পর্যাবৃত্ত গতি সরল ছন্দিত স্পন্দন নয়-ব্যাখ্যা কর? ২  
গ. সিলেট-কুলাউড়া রোডের এই স্থানে রাস্তার দুই প্রান্তের উচ্চতার পার্থক্য কত? ৩  
ঘ. যদি এই স্থানে ব্যাংকিং কোণের মান দ্বিগুণ হতো তাহলে গাড়ির বেগ দ্বিগুণ করলে দুর্ঘটনা এড়ানো যেত কিনা-গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

#### ১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

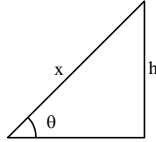
ক. কোন বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ. কোন গতিশীল বস্তু কণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথে কোন নির্দিষ্ট বিন্দুতে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তাহলে সেই গতিকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে। আবার এই পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন কোন কণা যদি তার পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোন নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় একই পথের বিপরীত দিকে চললে এই বস্তু কণার গতি হল সরল ছন্দিত স্পন্দন। অতএব বলা যায়, সকল পর্যাবৃত্ত গতি সরল ছন্দিত স্পন্দন নয়।

গ.

আমরা জানি,  
বা,  $\tan\theta = 0.062$   
বা,  $\theta = \tan^{-1}(0.062)$   
 $\therefore \theta = 3.6^\circ$

এখানে,  
বাকের ব্যাসার্ধ,  $r = 200\text{m}$   
রাস্তার প্রস্থ,  $x = 4\text{m}$   
সর্বোচ্চ বেগ,  $v = 40\text{kmh}^{-1}$   
 $= \frac{40 \times 1000}{3600} \text{ms}^{-1}$   
 $= 11.11\text{ms}^{-1}$



$h = x \sin\theta$   
 $\therefore h = (4\text{m}) (\sin 3.6^\circ)$   
 $= 0.25\text{m (Ans.)}$

ঘ. ব্যাংকিং কোণের মান দ্বিগুণ হলে,  $\theta'$   
 $= 2 \times 3.6^\circ$   
 $= 7.2^\circ$

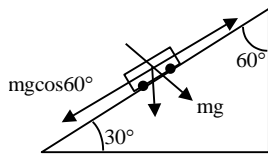
সেক্ষেত্রে, বেগ  $= v'$  (ধরি)

সুতরাং  $\tan 7.2^\circ = \frac{(v')^2}{rg}$   
বা,  $v' = \sqrt{rg \tan 7.2^\circ}$   
 $= \sqrt{200 \text{ m} \times 9.8 \text{ms}^{-2} \times \tan 7.2^\circ}$   
 $= 15.73 \text{ms}^{-1}$

ব্যাংকিং কোণের মান দ্বিগুণ করায় বেগ 15.73 ms<sup>-1</sup> হবে।

এক্ষেত্রে, বেগ আগের তুলনায় দ্বিগুণ করলে  $v = 2 \times 11.11 = 22.22 \text{ms}^{-1}$  দুর্ঘটনা হবে। কারণ 15.73ms<sup>-1</sup> দ্বিগুণ এর মান 22.22 ms<sup>-1</sup> থেকে কম।

প্রশ্ন ১৭. যাত্রী ও মালামালসহ 2000kg ভরের একটি গাড়ী ভূমির সাথে 30° কোণে আনত একটি রাস্তা ধরে 16ms<sup>-1</sup> বেগে নিচে নামছে। 50m দূরত্ব অপর একটি স্থির গাড়ী দেখে এর চালক আব্দুল গণি গাড়ী থামাতে ব্রেক এ চাপ দিলেন।



[বিএএফ শাহীন কলেজ, যশোর]

ক. মহাকর্ষীয় প্রবল কি?

- খ. সরল ছন্দিত স্পন্দনের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ। ২  
গ. তিনি গাড়ীটিকে 40m দূরত্বে থামাতে চাইলে কী পরিমাণ গতি এর প্রতিরোধ বল গাড়ীর উপর প্রয়োগ করতে হবে? ৩  
ঘ. গাড়ীটিকে ব্রেক চেপে 14000N গতি প্রতিরোধী বল উৎপন্ন করার ঠিক পূর্বমুহূর্তে 150kg ভরের একটি বস্তু গাড়ী থেকে ছিটকে পড়ে গেলে স্থির গাড়ীটির সাথে সংঘর্ষ এড়ানো সম্ভব কিনা যাচাই কর। ৪

#### ১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. 1kg ভরের দুটি বস্তুকণা পরস্পর হতে 1m দূরত্বে রাখলে এরা পরস্পরকে যে মহাকর্ষীয় বল দ্বারা আকর্ষণ করে তাকে মহাকর্ষীয় প্রবল বলে।

খ. সরল ছন্দিত স্পন্দনের বৈশিষ্ট্যগুলো হলো:

- এটি পর্যাবৃত্ত স্পন্দনগতি।
- যেকোনো মুহূর্তে ত্বরণ, সাম্যাবস্থান হতে সরণে সমানুপাতিক তবে বিপরীতমুখী।

গ. গাড়ীটি থামার ক্ষেত্রে, আদিবেগ,  $u = 16\text{ms}^{-1}$

শেষবেগ,  $v = 0\text{ms}^{-1}$

সরণ,  $s = 0\text{ms}^{-1}$

সুখম বাধাবল প্রয়োগ করা হলে সুখম মন্দন (a) হবে, সেক্ষেত্রে;

$$v^2 = u^2 - 2as$$

যেহেতু গাড়ির ভর,  $m = 2000\text{kg}$

$$\therefore \text{নির্ণেয় বাধাবল, } F = m(g' + a) = 2000\text{kg}(4.9\text{ms}^{-2} + 3.2\text{ms}^{-2})$$

$$= 16200\text{N (Ans.)}$$

ঘ. গাড়ীটির নতুন ভর,  $m = 2000\text{kg} - 150\text{kg} = 1850\text{kg}$

$$F = 14000\text{N বল প্রয়োগে কার্যকর মন্দন, } a' = g' + a = \frac{F}{m} = \frac{14000\text{N}}{1850\text{kg}}$$

$$= 7.57\text{ms}^{-2}$$

সুতরাং সংঘর্ষ এড়ানো সম্ভব হবে।

একটি রাস্তার বাঁকের ব্যাসার্ধ ও প্রস্থ যথাক্রমে 1km ও 10m। রাস্তার মোড়ে দাঁড়িয়ে ট্রাফিক একজন সাইকেল আরোহী ও একজন মোটর সাইকেল আরোহীর গতিবেগ যথাক্রমে 10kmh<sup>-1</sup> ও 60kmh<sup>-1</sup> লক্ষ্য করলো এবং উভয়কে উল্লম্ব তলের সাথে আনত হয়ে বাঁক নিতে দেখল।

[সরকারি বি.এল.কলেজ, খুলনা]

- ক. সরল ছন্দিত গতির ব্যবকলনীয় সমীকরণ লেখ। ১  
খ. একটি দোলক ঘড়ি গ্রীষ্মকালে ধীরে এবং শীতকালে দ্রুত চলে কেন? ২  
গ. উদ্ভীপকে উল্লম্ব-খিত রাস্তা 30ms<sup>-1</sup> বেগে গাড়ি চালানোর জন্য ভেতর অপেক্ষা বাইরের পার্শ্বকে কত উঁচু করতে হবে? ৩  
ঘ. মোটর সাইকেল আরোহী এবং সাইকেল আরোহীর মধ্যে কে বেশি কোণে হেলে চলবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

#### ১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সরল ছন্দিত স্পন্দন গতির ব্যবকলনীয় সমীকরণটি হলো:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2x = 0$$

খ. গ্রীষ্মকালে তাপমাত্রা বেশি থাকে, তাই দোলক ঘড়ির দোলক ধাতব উপাদানে তৈরী হওয়ায় এর কার্যকরী দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়। ফলে  $T \propto \sqrt{L}$  সূত্রানুসারে গ্রীষ্মকালে এর দোলনকাল বৃদ্ধি পায়। ফলে স্বাভাবিকভাবে সারাদিন যে কয়টি পূর্ণদোলক দেয়ার কথা তার চেয়ে কম সংখ্যক দোলন দেয়। তাই গ্রীষ্মকালে এটি ধীরে চলে বলে মনে হয়। অনুরূপ কারণে, শীতকালে দোলকটির কার্যকরী দৈর্ঘ্য হ্রাস পায় ফলে দোলনকাল কমে যায় বলে এটি দ্রুত চলে।

গ. দেওয়া আছে, বাঁকের ব্যাসার্ধ,  $r = 1\text{km} = 1000\text{m}$

রাস্তার প্রস্থ,  $d = 10\text{m}$

যানের গতিবেগ,  $v = 30\text{ms}^{-1}$

$$\tan\theta = \frac{h}{d} \therefore h = d \tan\theta = 10m \times 0.09184 = 0.9184m \text{ (Ans.)}$$

ঘ। এক্ষেত্রে রাস্তার ব্যাংকিং কোণ নগন্য বিবেচ্য।

ধরি, সাইকেল আরোহী ও মোটর সাইকেল আরোহী উল-স্নের সাথে যথাক্রমে  $\theta_1$  ও  $\theta_2$  কোণে হেলে থাকবেন।

এখানে, সাইকেলের বেগ,  $v_1 = 10 \text{ kmh}^{-1} = 2.78 \text{ ms}^{-1}$

মোটর সাইকেলের বেগ,  $v_2 = 60 \text{ kmh}^{-1} = 16.67 \text{ ms}^{-1}$

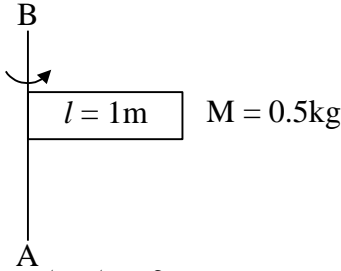
$$\text{মোটর সাইকেলের ক্ষেত্রে, } \tan\theta_2 = \frac{v_2^2}{rg} = \frac{(16.67 \text{ ms}^{-1})^2}{1000m \times 9.8 \text{ ms}^{-2}} = 0.028$$

$$\therefore \theta_2 = \tan^{-1}(0.028) = 1.62^\circ$$

যেহেতু  $\theta_2 > \theta_1$

সুতরাং মোটর সাইকেল আরোহী বেশি কোণে হেলে চলবে।

প্রশ্ন ১৯



[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, জাহানাবাদ, খুলনা]

- মুক্তিবেগ কী? ১
- স্পন্দনগতি ও সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি এর মধ্যে তফাৎ কী? ২
- দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক নির্ণয় কর। ৩
- ঘূর্ণন অক্ষের অবস্থান ঠিক রেখে যদি দণ্ডটিকে 1m ব্যাসের পাতলা চাকতিতে পরিণত করা হয় তবে জড়তার ভ্রামকের কোন পরিবর্তন হবে কিনা গাণিতিকভাবে যৌক্তিক কারণসহ মতামত দাও। ৪

#### ১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। কোনো গ্রহের পৃষ্ঠ হতে ন্যূনতম যে বেগে কোনো বস্তুকে নিক্ষেপ করা হলে বস্তুটি গ্রহের অভিকর্ষজনিত আকর্ষণ বল অতিক্রম করে মহাশূন্যে চলে যাবে এবং আর কখনোই ফিরে আসবে না, তাকে ঐ গ্রহের পৃষ্ঠে মুক্তিবেগ বলে।

খ। সরল ছন্দিত স্পন্দন গতির ক্ষেত্রে, যেকোনো মুহূর্তের ত্বরণ, সাম্যাবস্থান হতে সরণের সমানুপাতিক, তবে ত্বরণ ও সরণ পরস্পর বিপরীতমুখী। সাধারণ স্পন্দন গতির ক্ষেত্রে, এরূপ শর্ত প্রযোজ্য নয়। ইহাই স্পন্দনগতি ও সরল ছন্দিত স্পন্দন গতির মধ্যকার তফাৎ।

গ। দেওয়া আছে, দণ্ডের ভর,  $M = 0.5 \text{ kg}$  এবং দণ্ডের দৈর্ঘ্য,  $l = 1 \text{ m}$  দণ্ডের প্রান্তগামী এবং দৈর্ঘ্যের সাথে লম্বভাবে অবস্থিত অক্ষের (AB)

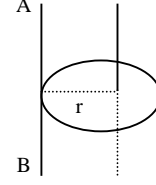
$$\text{সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক, } I = \frac{1}{3} M l^2 = \frac{1}{3} \times 0.5 \text{ kg} \times (1 \text{ m})^2 = 0.167 \text{ kgm}^2 \text{ (Ans.)}$$

ঘ। পাতলা চাকতির ভর,  $M = 0.5 \text{ kg}$

$$\text{এবং ব্যাসার্ধ, } r = \frac{1 \text{ m}}{2} = 0.5 \text{ m}$$

চাকতির কেন্দ্রগামী অক্ষের সাপেক্ষে এর জড়তার ভ্রামক,

$$I = \frac{1}{2} M r^2 = \frac{1}{2} \times 0.5 \text{ kg} \times (0.5 \text{ m})^2 = 0.0625 \text{ kgm}^2$$



$$= 0.1875 \text{ kgm}^2 > 0.167 \text{ kgm}^2 \text{ (AB সাপেক্ষে দণ্ডের জড়তার ভ্রামক)}$$

সুতরাং ঘূর্ণন অক্ষের অবস্থান ঠিক রেখে যদি দণ্ডটিকে 1m ব্যাসের পাতলা চাকতিতে পরিণত করা হয় তবে জড়তার ভ্রামকের পরিবর্তন হবে (সামান্য বৃদ্ধি পাবে)।

200cm ভর এবং 20 mm ব্যাসার্ধের একটি চাকতিতে 80 cm লম্বা একটি সুতার সাহায্যে উল্লম্ব অক্ষের সাপেক্ষে অনুভূমিক তলে ঘোরানো হচ্ছে। এটি স্থির অবস্থা হতে ঘুরতে শুরু করে 3 মিনিট পর থেকে প্রতি মিনিটে 90 বার ঘুরছে। [সরকারী এম.এম. কলেজ, যশোর]

- স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কাকে বলে? ১
- খ. পরিমাপের নির্ভুলতা ও পরিমাপের সূক্ষতার মধ্যে পার্থক্য বিশ্লেষণ কর। ২
- গ. সুতার উপর ক্রিয়ারত টান কত? ৩
- ঘ. ব্যবস্থাটির উপর কার্যকরী টর্ক নির্ণয় কর। ৪

#### ২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। যে সংঘর্ষের আগে ও পরে দুটি বস্তুর আপেক্ষিক বেগ অপরিবর্তিত থাকে, সেই সংঘর্ষকে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে।

খ। পরিমাপের সূক্ষতা হচ্ছে পরিমাপের যন্ত্র দ্বারা সর্বনিম্ন যে মান নির্ভুলভাবে মাপা যায়। যেমন: মিটার স্কেল দিয়ে সর্বনিম্ন 1mm মাপা যাবে, ভার্নিয়ার স্কেল দ্বারা  $\frac{1}{10}$  এবং স্ক্রুগেজ দ্বারা  $\frac{1}{100}$  পর্যন্ত নির্ভুলভাবে মাপা সম্ভব।

অপরদিকে পরিমাপের নির্ভুলতা হচ্ছে সঠিক মান থেকে পরিমাপের ত্রুটি কারণে যেই মান পাওয়া যায় তাদের পার্থক্যের সাথে সম্পর্কিত, পরিমাপের নির্ভুলতা হতে পরিমাপের শতকরা ত্রুটি বের করা সম্ভব।

$$\therefore \text{পরিমাপের নির্ভুলতা} = 100 - \text{পরিমাপের শতকরা ত্রুটি}$$

অর্থাৎ পরিমাপের শতকরা ত্রুটি যত কম হবে পরিমাপ্য রাশি তত শুদ্ধতর হবে এবং পরিমাপের নির্ভুলতা বৃদ্ধি পাবে।

গ। দেওয়া আছে, চাকতির ভর,  $m = 200 \text{ gm} = 0.2 \text{ kg}$

$$\text{ব্যাসার্ধ, } r = 20 \text{ mm} = 0.02 \text{ m}$$

$$\text{সুতার দৈর্ঘ্য, } l = 80 \text{ cm} = 0.8 \text{ m}$$

$$\text{সুতার টান, } T = ?$$

$$\text{কম্পাঙ্ক, } N = 90$$

এখন,

$$\text{কৌণিক বেগ, } \omega = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2\pi \times 90}{60} = 9.42 \text{ rad/s}$$

$$\approx 14.2 \text{ N (Ans.)}$$

ঘ। চাকতির ভর,  $m = 200 \text{ gm} = 0.2 \text{ kg}$

$$\text{ব্যাসার্ধ, } r = 20 \text{ mm} = .02 \text{ m}$$

$$\text{সুতার দৈর্ঘ্য, } l = 80 \text{ cm} = .8 \text{ m}$$

$$\text{সময়, } t = 3 \text{ min} = 180 \text{ s}$$

$$\text{বস্তুর উপর কার্যকরী টর্ক, } \tau = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } \tau = I \alpha$$

$$\text{আবার, বৃত্তাকার চাকতির কেন্দ্রের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক, } I = \frac{1}{2} M r^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.2 \times (.02)^2$$



$$= 4 \times 10^{-5} \text{ kgm}^2$$

এবং

$$= \frac{9.42 - 0}{180}$$

$$= 0.05 \text{ rad/s}^2$$

$$\therefore \tau = (4 \times 10^{-5} \times 0.05) \text{ Nm}$$

$$= 2 \times 10^{-6} \text{ Nm (Ans.)}$$

$$\left[ \begin{array}{l} \text{(গ)নং হতে,} \\ \omega = 3.82 \text{ ২৫৫/২} \\ \text{আবার,} \\ \text{স্থির অবস্থা হতে} \\ \text{গুরু হওয়ায়, } \omega_s = 0 \end{array} \right]$$

**প্রশ্ন ২১**  $80 \text{ kmh}^{-1}$  বেগে চলন্ত একটি ট্রেন 328m ব্যাসার্ধবিশিষ্ট রেল লাইনে বাঁক নেয়ার সময় দৃঢ়তনা কবলিত হয়। দৃঢ়তনাস্থলে লাইনের পাত দ্বয়ের বাইরের দূরত্ব 1m এবং ভেতরের পাত অপেক্ষা বাইরের পাতটি 7cm উঁচু ছিল।

[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]

- ক. সংরক্ষণশীল বল কাকে বলে? ১  
খ. বৃষ্টির ফোঁটা সমবেগে পতিত হয় কেন? ২  
গ. ব্যাংকিং কোণ কত? ৩  
ঘ. রেল দৃঢ়তনার কারণ গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

### ২১ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোন কণা একটি পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে তার আদি অবস্থানে ফিরে আসলে কণাটির ওপর যে বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয়, সেই বলকে সংরক্ষণশীল বল বলে।

**খ** বৃষ্টির ফোঁটা পড়ার সময় বায়ুর ঘর্ষণবলের বাঁধার সম্মুখীন হয়ে নিচে পড়তে পড়তে একসময় প্রাশ্লিঙ্ক বেগ প্রাপ্ত হয় এবং এই প্রাশ্লিঙ্ক বেগের মান নির্দিষ্ট বা সমবেগ। এজন্যই বৃষ্টির ফোঁটা সমবেগে পতিত হয়।

**গ**

আমরা জানি,

$$\tan \theta =$$

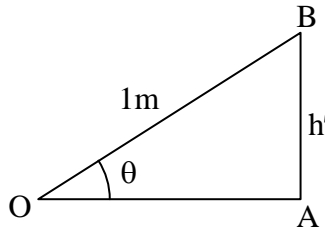
$$\text{বা, } \tan \theta = \frac{(16.667 \text{ ms}^{-1})^2}{(328 \text{ m}) \times (9.8 \text{ ms}^{-2})}$$

$$\text{বা, } \tan \theta = 0.086$$

$$\therefore \theta = 4.94^\circ$$

$$\text{অর্থাৎ ব্যাংকিং কোণ} = 4.94^\circ \text{ (Ans.)}$$

**ঘ**



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,  $\theta = 4.94^\circ$

$$\text{যেহেতু রেল লাইনের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, } OB = 1 \text{ m}$$

$$\therefore \text{ভেতরের পাত থেকে বাইরের পাতের উচ্চতা } h' \text{ হতে হবে।}$$

$$\therefore \sin \theta = \frac{h'}{OB}$$

$$\text{বা, } h' = OB \sin \theta = 1 \text{ m} \times \sin(4.94^\circ) = 0.0861 \text{ m} = 8.61 \text{ cm}$$

এখানে, দৃঢ়তনাস্থলে লাইনের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী উচ্চতা 8.61cm হওয়া উচিত ছিল। কিন্তু সেখানে উচ্চতা ছিল 7cm। তাই ট্রেনটি দৃঢ়তনা কবলিত হয়। (Ans.)

**প্রশ্ন ২২** ঢাকার রাজক ভবনে একটি ধাতব ঘড়ি আছে তাতে ব্যবহৃত মিনিটের কাঁটার দৈর্ঘ্য ও ভর যথাক্রমে 50cm ও 10kg। ঘড়িটি পুরাতন হওয়ায় কাঁটাটির দৈর্ঘ্য ও ভর পরিবর্তন করে যথাক্রমে 20cm ও 31.25kg করা হলো। [সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল]

- ক. জড়তার ভ্রামক কাকে বলে? ১  
খ. কেন্দ্রমুখী বল কি সংরক্ষণশীল বল? উজ্জির পক্ষে যুক্তি দাও। ২  
গ. পুরাতন কাঁটার প্রাশ্লিঙ্ক রৈখিক বেগ কত? ৩  
ঘ. কোন কাঁটাটি ঘুরতে বেশি শক্তি ব্যয় হয়? বিশ্লেষণ কর। ৪

### ২২ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে কোন বস্তুর কণাগুলোর ভর এবং দূরত্বের বর্গের গুণফলের সমষ্টিকে বস্তুর জড়তার ভ্রামক বলে।

**খ** কোন বস্তুর উপর ক্রিয়ায় কেন্দ্রমুখী বল ব্যাসার্ধ বরাবর কেন্দ্রের দিকে ক্রিয়া করে এবং এর সরণ হয় স্পর্শক বরাবর। তাই বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ  $90^\circ$  হয়।

$$\text{এক্ষেত্রে কৃতকাজ} = \text{বল} \times \text{সরণ} \times \cos 90^\circ = 0$$

কৃতকাজ শূন্য হওয়ায় কেন্দ্রমুখী বল হল সংরক্ষণশীল বল।

**গ** দেওয়া আছে,

$$\text{পুরাতন কাঁটার দৈর্ঘ্য, } r_1 = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{“ “ “ ভর, } m_1 = 10 \text{ kg}$$

$$\text{“ “ “ রৈখিক বেগ, } v = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } v = \omega r$$

$$\text{বা, } v = \frac{2\pi}{60} \times 0.5 = 0.05236 \text{ m/s (Ans.)}$$

**ঘ** দেওয়া আছে,

$$\text{পুরাতন কাঁটার ভর, } m_1 = 10 \text{ kg}$$

$$\text{“ “ “ দৈর্ঘ্য, } r_1 = 0.5 \text{ m}$$

$$\therefore \text{পুরাতন কাঁটার মোট শক্তি, } E_1 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} I_1 \omega_1^2$$

$$= \frac{1}{2} \times m_1 \times (\omega_1 r_1)^2 + \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} \times m_1 r_1^2 \times \omega_1^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 10 \times \left( \frac{2\pi}{60} \times 0.5 \right)^2 + \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} \times 10 \times (0.5)^2 \times \left( \frac{2\pi}{60} \right)^2$$

$$= (1.37 \times 10^{-2} + 4.56 \times 10^{-3})$$

$$= 1.83 \times 10^{-2} \text{ J}$$

আবার,

$$\text{নতুন কাঁটার মোট শক্তি } E_2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + \frac{1}{2} I_2 \omega_2^2$$

$$= \frac{1}{2} m_2 \omega_2^2 r_2^2 + \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} \times m_2 r_2^2 \omega_2^2$$

$$\square E_1 > E_2.$$

সুতরাং পুরাতন কাঁটা ঘুরতে বেশি শক্তি ব্যয় হয়।

**প্রশ্ন ২৩** ঢাকা থেকে চট্টগ্রাম রেললাইনের কোন একস্থানে বাঁকের ব্যাসার্ধ 100m। এই স্থানে রেললাইনের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1m এবং রাস্তার বাইরের কিনারা ভিতরের কিনারার চাইতে 0.8m উঁচু। একটি ট্রেন  $40 \text{ ms}^{-1}$  বেগে বাঁকটি অতিক্রম করার সময় উল্টে গেল।

[মুমিনুন্নিসা সরকারি মহিলা কলেজ, ময়মনসিংহ]

- ক. মেলডী কী? ১  
খ. ‘লন রোলার ঠেলার চেয়ে টানা সহজ’ত ব্যাখ্যা কর। ২  
গ. ট্রেনটি সর্বোচ্চ কত বেগে এই বাঁকটি নিরাপদে পার হতে পারবে? ৩  
ঘ. একটি ট্রেন যদি এই স্থানে  $60 \text{ ms}^{-1}$  বেগে চলতে চায় তবে রাস্তার গঠন কিরূপ হওয়া উচিত-ব্যাখ্যা কর। ৪

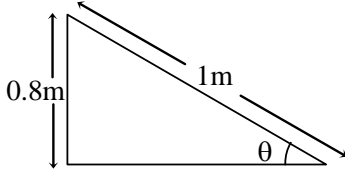
### ২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কতকগুলো শব্দ একের পর এক উৎপন্ন হয় যদি একটি সুরযুক্ত শব্দের সৃষ্টি করে তবে তাকে মেলডী বলে।

**খ** লনরোলারকে অনুভূমিকের সাথে নির্দিষ্ট কোণ ঠেলে প্রযুক্ত বলের উল-স্ব উপাংশ নিচের দিকে হয়, এতে অভিলম্ব প্রতিক্রিয়া

বলের মান বেড়ে যায়, ফলে সমানুপাতে গতিয় ঘর্ষণ বলের মানও বেড়ে যায়। কিন্তু রোলারটিকে অনুভূমিকের সাথে একই কোণে টানা হলে প্রযুক্ত বলের উল-ম উপাংশ উপরের দিকে হয়, এতে অভিলম্ব প্রতিক্রিয়া বল রোলারের ওজনের চেয়ে কম হয়, ফলে গতিয় ঘর্ষণ বলের মানও অনেক কম হয়। এ কারণেই লন রোলার ঠেলার চেয়ে টানা সহজতর।

**গ**



আনত রেল লাইনের ব্যাংকিং কোণ,

$$\theta = \sin^{-1} \left( \frac{0.8\text{m}}{1\text{m}} \right) = 53.13^\circ$$

বাকের ব্যাসার্ধ,  $r = 100\text{m}$

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

সুতরাং সর্বোচ্চ  $v$  বেগে ঐ বাকটি নিরাপদে পার হওয়া গেলে,

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

$$= 36.1\text{ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

**ঘ** ট্রেনটি যদি ঐ স্থানে  $v = 60\text{ms}^{-1}$  বেগে চলতে চায় তবে

$$\text{প্রয়োজনীয় ব্যাংকিং কোণের ট্যানজেন্ট, } \tan\theta = \frac{v^2}{rg} = \frac{(60\text{ms}^{-1})^2}{100\text{m} \times 9.8\text{ms}^{-2}}$$

$\therefore$  প্রয়োজনীয় ব্যাংকিং কোণ,

$$\theta = \tan^{-1} (3.673) = 74.77^\circ$$

এক্ষেত্রে লাইনের দু'পাতের উচ্চতার পার্থক্য  $h$  হলে,

$$\sin\theta = \frac{h}{1\text{m}}$$

$$\therefore h = 1\text{m} \times \sin\theta = 1\text{m} \times \sin 74.77^\circ = 0.965\text{m}$$

সুতরাং একটি ট্রেন যদি ঐ স্থানে  $60\text{ms}^{-1}$  বেগে চলতে চায় তবে রাস্তার ব্যাংকিং কোণ হতে হবে  $74.77^\circ$  এবং রেললাইনের ভেতরের পাত হতে বাইরের পাতের উচ্চতা হতে হবে  $0.965\text{m}$ ।

**প্রশ্ন ২৪**  $1400\text{kg}$  ভরের একটি ট্রাক  $60\text{Kmh}^{-1}$  বেগে চলতে থাকে যা থেমে থাকা একটি গাড়ির সাথে ধাক্কা খেয়ে সংযুক্ত অবস্থায়  $50\text{Kmh}^{-1}$  বেগে চলতে থাকে। *(মকবুলার রহমান সরকারি কলেজ, পঞ্চগড়)*

- কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি লিখ। ১
- খ. সূর্যের চারিদিকে গ্রহগুলোর আবর্তনে সূর্য ও গ্রহগুলোর মধ্যকার আকর্ষণ বল দ্বারা কাজ হয় না- ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. স্থির গাড়ির ভর নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উক্ত সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

#### ২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃত কাজ বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

**খ** সূর্যের চারিদিকে গ্রহগুলো বৃত্তাকার পথে আবর্তনশীল যেখানে সূর্য ও গ্রহগুলোর মধ্যকার আকর্ষণ বল হল বৃত্তপথের কেন্দ্রমুখী বল। এই বলের দিক হলো বৃত্তপথের ব্যাসার্ধ বরাবর কেন্দ্রের দিকে। অপরদিকে গ্রহগুলোর সরণের দিক হল বৃত্তপথের স্পর্শক বরাবর। ফলে বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ  $90^\circ$  হয়। ফলে কাজের পরিমাণ শূন্য হয়। এ কারণে সূর্য ও গ্রহগুলোর মধ্যকার আকর্ষণ বল দ্বারা সূর্যের চারিদিকে আবর্তিত গ্রহগুলোর উপর কোন কাজ থাকে না।

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

ট্রাকের আদি বেগ,  $v_1 = 60\text{kmh}^{-1} = 16.667\text{ms}^{-1}$

গাড়ির ভর,  $m_2$

গাড়ির আদি বেগ,  $v_2 = 0$

সংযুক্ত অবস্থার বেগ,  $v = 50\text{kmh}^{-1} = 13.889\text{ms}^{-1}$

আমরা জানি, আদি ভরবেগ = শেষ ভর বেগ

$$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)v$$

$$\text{বা, } 1500\text{kg} \times 16.667\text{ms}^{-1} + m_2 \times 0 = (1500\text{kg} + m_2) \times 13.889\text{ms}^{-1}$$

$$\text{বা, } \frac{2500\text{kg ms}^{-1}}{13.889\text{ms}^{-1}} = m_2 + 1500\text{kg}$$

$$\text{বা, } 1800\text{kg} = m_2 + 1500\text{kg}$$

$$\therefore m_2 = 300\text{kg} \text{ (Ans.)}$$

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

গাড়ির ভর,  $m_2 = 300\text{kg}$  ('গ'নং হতে)

ট্রাকের আদি বেগ,  $v_1 = 60\text{kmh}^{-1} = 16.667\text{ms}^{-1}$

গাড়ির আদি বেগ,  $v_2 = 0$

সংযুক্ত অবস্থার বেগ,  $v = 50\text{kmh}^{-1} = 13.889\text{ms}^{-1}$

$$= \frac{1}{2}(1500\text{kg} + 300\text{kg}) \times (13.889\text{ms}^{-1})^2$$

$$= 173611.11\text{J}$$

অতএব গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায় যে, সংঘর্ষের পূর্বে এবং সংঘর্ষের পরে মোট গতিশক্তি সমান থাকে না। অর্থাৎ সংঘর্ষটি অস্থিতিস্থাপক।

নাহিন খেলার ছলে  $0.4\text{kg}$  ভরের একটি লৌহ চাকতিকে  $8.66\text{cm}$  দৈর্ঘ্যের সুতায় বেঁধে একটি ধাতব শলাকার চার পার্শ্বে  $1\text{revs}^{-1}$  কৌণিক বেগে ঘুরাতে লাগল। পরবর্তীতে সে সমভরের একটি সরু ও সুসম দণ্ডের মধ্যবিন্দু দিয়ে শলাকাটিকে ঢুকিয়ে একে একই কৌণিক বেগে ঘুরালো। চাকতির ব্যাসার্ধ এবং দণ্ডের দৈর্ঘ্যের সুতার দৈর্ঘ্যের সমান। *[ঠাকুরগাঁও সরকারি কলেজ, ঠাকুরগাঁও]*

ক. পীচ কাকে বলে? ১

খ.  $\nabla$  এর সাথে  $\nabla^2$ -এর তফাৎ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. নাহিনের লৌহ চাকতির উপর কেন্দ্রমুখী বল নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের উল্লেখিত কোন ক্ষেত্রে ঘূর্ণন গতিশক্তি বেশি হবে বিশ্লেষণ পূর্বক মতামত দাও? ৪

#### ২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** স্ক্রুর একটি সম্পূর্ণ ঘূর্ণনের জন্য রৈখিক স্কেল বরাবর বৃত্তাকার স্কেল যতটুকু সরে আসে (সরণ) তাকে পীচ বলে।

**খ**  $\nabla$  (ভেক্টর ডিফারেনশিয়াল অপারেটর) বা, 'ডেল' হচ্ছে একটি

$$\text{ভেক্টর। যেখানে, } \vec{\nabla} = \frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}$$

$$= \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \text{। যা একটি স্কেলার রাশি।}$$

অতএব,  $\nabla$  ও  $\nabla^2$  এর মধ্যে মূল তফাৎ হচ্ছে,  $\nabla$  একটি ভেক্টর রাশি তবে,  $\nabla^2$  একটি স্কেলার রাশি।

**গ** আমরা জানি,

$$F = m\omega^2 r = 0.4\text{kg} \times (2\pi\text{rads}^{-1})^2 \times 8.66 \times 10^{-2}\text{m} = 1.37\text{N}$$

এখানে,

চাকতির ভর,  $m = 0.4\text{kg}$

সুতার দৈর্ঘ্য,  $r = 8.66\text{cm}$

$$= 8.66 \times 10^{-2}\text{m}$$

কৌণিক বেগ,  $\omega = 1\text{revs}^{-1}$

$$= 2\pi\text{rads}^{-1}$$

কেন্দ্রমুখী বল,  $F = ?$

$\therefore$  নাহিনের লৌহ চাকতির উপর কেন্দ্রমুখী বল  $= 1.37\text{N}$  (Ans.)

**ঘ** আমরা জানি,

$$E_k = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2} \times mr^2 \times \omega^2 = \frac{1}{2} \times 0.4\text{kg} \times (8.66 \times 10^{-2}\text{m}) \times (2\pi\text{rads}^{-1})^2 = 0.06\text{Joule}$$

এখানে,

সুতার দৈর্ঘ্য  $r = 8.66 \times 10^{-2}\text{m}$

ভর,  $m = 0.4\text{kg}$

$\therefore$  কৌণিক বেগ,  $\omega = 2\pi\text{rads}^{-1}$

$\therefore$  কৌণিক গতিশক্তি,  $E_k = ?$

সরঞ্জ ও সুমম দন্ডের মধ্যবিন্দু দিয়ে শলাকাটিকে ঘুরালে গতিশক্তি,

$$= \frac{1}{2} \times \frac{0.4 \times (8.66 \times 10^{-2})^2}{12} \times (2 \times 3.1416)^2$$

$$= 0.005 \text{ Joule}$$

$$E_{K1} > E_{K2}$$

∴ উপরের উল্লেখিত ১ম ক্ষেত্রে কৌণিক ঘূর্ণন গতিশক্তি বেশি হবে।

**প্রশ্ন ▶ ২৬** 10g ভরের গুলি  $3.6 \text{ ms}^{-1}$  বেগে 0.21m পুরঞ্জ একটি কাঠের দরজা ভেদ করতে পারে। কিন্তু একই পুরঞ্জের অন্য একটি দরজাতে 56 g ভরের গুলি একই বেগে ঢুকে এর বেগ দুই-তৃতীয়াংশ হারিয়ে দরজা ভেদ করে। [কৃষি বিশ্ববিদ্যালয় কলেজ, ময়মনসিংহ]

- ক. কাজ-শক্তি উপপাদ্য বিবৃত কর। ১
- খ. বাঁকের মুখে রাস্তা কিংবা রেললাইন ঢালু করে রাখা হয় কেন? ২
- গ. প্রথম দরজার বাধাদানকারী বল কত? ৩
- ঘ. দরজা দুটির মধ্যে কোনটি বেশী নিরাপদ? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

#### ২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি হলো- ‘কোনো বস্তুর ওপর বল প্রয়োগের মাধ্যমে কাজ করা হলে এর গতিশক্তির পরিবর্তন কৃতকাজের সমান।’

**খ** বাঁকের মুখে রাস্তা কিংবা রেললাইন ঢালু করে রাখার উদ্দেশ্য হলো প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেওয়া।

আমরা জানি, যেকোনো বৃত্তাকার পথে যখন একটি বস্তু ঘুরে তখন এতে কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দিতে হয়। যানবাহন যখন কাত হয়ে মোড় ঘুরে তখন প্রাপ্ত প্রতিক্রিয়া বলের অনুভূমিক উপাংশ কেন্দ্রমুখী বলরূপে আচরণ করে।

**গ** দেওয়া আছে, আদিবেগ,  $u = 3.6 \text{ ms}^{-1}$   
শেষবেগ,  $v = 0 \text{ ms}^{-1}$

গুলির ভর,  $m = 10 \text{ g} = 0.01 \text{ kg}$

সরণ,  $s = 0.21 \text{ m}$

বের করতে হবে, বাধাদানকারী বল,  $F = ?$

∴ বাধাদানকারী বল,  $F = ma = 0.01 \text{ kg} \times 30.86 \text{ ms}^{-2} = 0.3086 \text{ N (Ans.)}$

**ঘ** দ্বিতীয় দরজার ক্ষেত্রে, আদিবেগ,  $u = 3.6 \text{ ms}^{-1}$   
সরণ,  $s = 0.21 \text{ m}$

শেষবেগ,  $v = 3.6 \text{ ms}^{-1} \times \left(1 - \frac{2}{3}\right) = 1.2 \text{ ms}^{-1}$

সংশ্লিষ্ট মন্দন  $a'$  হলে,  $v^2 = u^2 - 2a's$

$$\text{বা, } 2a's = u^2 - v^2$$

$$= 0.056 \text{ kg} \times 27.43 \text{ ms}^{-2}$$

$$= 1.536 \text{ N} \gg 0.3086 \text{ N}$$

সুতরাং দ্বিতীয় দরজাটি বেশী নিরাপদ, কারণ এটি বেশিমানের বাধাদানকারী বল প্রয়োগ করতে পারে।

**প্রশ্ন ▶ ২৭** 500kg ভরের একটি ট্রাক 1200kg সিমেন্ট নিয়ে  $20 \text{ ms}^{-1}$  বেগে চালাচ্ছিল। হঠাৎ রাস্তার পাশে দাঁড়িয়ে থাকা 1200kg ভরের আরেকটি পিকআপকে ধাক্কা দিলে গাড়ি দুটি মিলিতভাবে একই পথে একই দিকে চলতে থাকল। [ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, শহীদ মাহবুব সেনানিবাস, দিনাজপুর]

- ক. সমবেগ কাকে বলে? ১
- খ. পানি কাঁচকে ভেজায় কেন? ২
- গ. ধাক্কা দেয়ার পর গাড়ি দুটির মিলিত বেগ কত হবে? ৩
- ঘ. ধাক্কার পরে ভরবেগ এবং গতিশক্তি সংরক্ষিত হয় কি-না গাণিতিক বিশ্লেষণ করে তোমার মতামত দাও। ৪

#### ২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** যে বেগের মান ও দিকের পরিবর্তন ঘটে না তাকে প্রবেগ বা সমবেগ বলে।

**খ** পানি ও কাচের মধ্যকার স্পর্শকোণ সূক্ষ্ম কোণ। অর্থাৎ পানি ও কাচের অণুর মধ্যকার আসঞ্জন বল, পানির অনুসমূহের মধ্যকার সংযুক্তি বল অপেক্ষা বৃহত্তর। এ কারণে পানি কাঁচকে ভেজায়।

**গ** দেওয়া আছে, সিমেন্টসহ ট্রাকের ভর,  $m_1 = 500 \text{ kg} + 1200 \text{ kg}$   
 $= 1700 \text{ kg}$

ট্রাকের আদিবেগ,  $u_1 = 20 \text{ ms}^{-1}$

পিকআপের ভর,  $m_2 = 1200 \text{ kg}$

পিকআপের আদিবেগ,  $u_2 = 0 \text{ ms}^{-1}$

বের করতে হবে, গাড়ি দুটির মিলিত বেগ,  $v = ?$

আমরা জানি, ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুসারে,

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v + m_2 v$$

$$\text{বা, } v(m_1 + m_2) = m_1 u_1 + m_2 u_2$$

$$\therefore v = \frac{m_1 u_1 + m_2 u_2}{m_1 + m_2} = \frac{1700 \text{ kg} \times 20 \text{ ms}^{-1} + 1200 \text{ kg} \times 0 \text{ ms}^{-1}}{1700 \text{ kg} + 1200 \text{ kg}}$$

$$= 11.724 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

**ঘ** ধাক্কার পূর্বে মোট ভরবেগ  $= m_1 u_1 + m_2 u_2$

$$= 1700 \text{ kg} \times 20 \text{ ms}^{-1} + 1200 \text{ kg} \times 0 \text{ ms}^{-1}$$

$$= 34000 \text{ kgms}^{-1}$$

ধাক্কার পর মোট ভরবেগ  $= m_1 v + m_2 v = (m_1 + m_2) v$

$$= (1700 \text{ kg} + 1200 \text{ kg}) \times 11.724 \text{ ms}^{-1}$$

$$= 33999.6 \text{ kgms}^{-1} \approx 34000 \text{ kgms}^{-1}$$

সুতরাং ধাক্কার পর ভরবেগ সংরক্ষিত হয়।

$$\text{ধাক্কার পূর্বে মোট গতিশক্তি} = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1700 \text{ kg} \times (20 \text{ ms}^{-1})^2 + \frac{1}{2} \times 1200 \text{ kg} \times (0 \text{ ms}^{-1})^2$$

$$\neq 340000 \text{ J}$$

সুতরাং ধাক্কার পর গতিশক্তি সংরক্ষিত হয় নি। তাই এটি একটি অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ।

**প্রশ্ন ▶ ২৮**  $60 \text{ kmh}^{-1}$  গতি বেগ সম্পূর্ণ একটি ট্রেন 328m ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট রেললাইনে বাঁক নেওয়ার সময় লাইনচ্যুত হয়ে বগিসহ উল্টে যায়। দূর্ঘটনাস্থলে লাইনের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1m এবং ভেতরের লাইন অপেক্ষা বাইরের লাইন 7cm উঁচু ছিল।

[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, শহীদ মাহবুব সেনানিবাস]

- ক. কাজ শক্তি উপপাদ্যটি বিবৃত কর। ১
- খ. বলের ঘাত ও ভরবেগের পরিবর্তনের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর। ২
- গ. উদ্দীপকে বর্ণিত দূর্ঘটনাস্থলে ট্রেনটি নিরাপদে সর্বোচ্চ কত কোণে আনত হতে পারবে? ৩
- ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উদ্দীপক উল্লেখিত রেল দূর্ঘটনার কারণ উদ্ঘাটন কর। ৪

#### ২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি হলো, কোনো বস্তুর ওপর বল প্রয়োগের মাধ্যমে কৃতকাজ বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

**খ** নিউটনের গতির দ্বিতীয়সূত্রের গাণিতিকরূপ হলো:  $F = ma$

$$\text{বা, } F = m \frac{v - u}{t} \quad \text{বা, } Ft = mv - mu$$

কিন্তু  $F \times t =$  বলের মান  $\times$  বলের ক্রিয়াকাল = বলের ঘাত

এবং  $mv - mu =$  শেষ ভরবেগ - আদিভরবেগ = ভরবেগের পরিবর্তন

সুতরাং বলের ঘাত = ভরবেগের পরিবর্তন।

**গ** দেওয়া আছে, ট্রেনের দ্রুতি,  $v = 60 \text{ kmh}^{-1} = 16.67 \text{ ms}^{-1}$

বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ,  $r = 328 \text{ m}$

জানা আছে, অভিকর্ষীয় ত্বরণ,  $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

$v = 60 \text{ kmh}^{-1} = 16.67 \text{ ms}^{-1}$  গতিবেগে  $r = 328 \text{ m}$  ব্যাসার্ধের বক্রপথে মোড় নিতে চাইলে প্রয়োজনীয় ব্যাংকিং কোণ,

$$\theta' = \tan^{-1} \frac{v^2}{rg} = \tan^{-1} \frac{(16.67 \text{ ms}^{-1})^2}{328 \text{ m} \times 9.8 \text{ ms}^{-2}} = 4.94^\circ$$

সুতরাং উদ্দীপকে বর্ণিত দূর্ঘটনাস্থলে ট্রেনটি নিরাপদে পার হওয়ার জন্য উল্লেখের সাথে  $4.94^\circ$  কোণে কত হওয়া প্রয়োজন।

**ঘ** দেওয়া আছে,

রেললাইনের মধ্যবর্তী দূরত্ব,  $d = 1\text{m}$

ভেতরের লাইন অপেক্ষা বাইরের লাইনের উচ্চতা,  $h = 7\text{cm} = 0.07\text{m}$

রেললাইনের আকৃতি জনিত ব্যাংকিং কোণ  $\theta$  হলে,  $\sin\theta = \frac{h}{d}$

যেহেতু  $\theta$  খুব ক্ষুদ্র,  $\sin\theta \approx \tan\theta = \frac{h}{d}$

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

$$\text{বা, } v = \sqrt{rg \tan\theta} = \sqrt{328 \times 9.8 \times \tan 4.004^\circ}$$

$$= 15 \text{ ms}^{-1} = 15 \times 3.6 \text{ kmh}^{-1} = 54 \text{ kmh}^{-1} < 60 \text{ kmh}^{-1}$$

যেহেতু এই বাঁকে ট্রেন সর্বোচ্চ  $54\text{kmh}^{-1}$  বেগে চলতে পারবে, কিন্তু ট্রেনের গতিবেগ তার চেয়েও বেশি হওয়ায় বৃত্তাকার পথে ঘুরতে ব্যর্থ হয় এবং জড়তাজনিত কারণে উল্টে পড়ে।

**প্রশ্ন ২৯** একটি সিলিন্ডারের ভর  $60\text{kg}$  এবং ব্যাসার্ধ  $40\text{m}$ । সিলিন্ডারটির অক্ষের সাপেক্ষে এর জড়তার ভ্রামক  $2\text{kgm}^2$  সিলিন্ডারটি  $4\text{ms}^{-1}$  বেগে অনুভূমিকভাবে গড়াচ্ছিল।

[ওমর গনি এম.ই.এস কলেজ, চট্টগ্রাম]

- ক. টর্কের মাত্রা সমীকরণ লিখ। ১
- খ. বলের ঘাত ভরবেগের পরিবর্তনের সমান ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. সিলিন্ডারটি ঘূর্ণন গতিশক্তি কত? ৩
- ঘ. সিলিন্ডারটিকে উপরের দিকে ছুঁড়ে মারলে এর ভরবেগের মান হ্রাস পাবে না বাড়বে যুক্তি দিয়ে বিশ্লেষণ কর। ৪

#### ২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** টর্কের মাত্রা হল  $\text{ML}^2\text{T}^{-2}$ ।

**খ** যদি কোন প্রচণ্ড বল  $F$  ক্ষুদ্র  $t$  সময়ের জন্য কোণ  $m$  ভর বিশিষ্ট বস্তুর উপর ক্রিয়া করায় এর আদিবেগ  $v_0$  থেকে এটি  $v$  বেগে প্রাপ্ত হয়, বলের ঘাত = বল  $\times$  বলের ক্রিয়াকাল

$$= F \times t$$

$$= ma \times t$$

$$= m \left( \frac{v - v_0}{t} \right) \times t$$

$$= mv - mv_0$$

$\therefore$  বলের ঘাত = ভরবেগের পরিবর্তন।

**গ** দেওয়া আছে, সিলিন্ডারের ভর,  $m = 60\text{kg}$

ব্যাসার্ধ,  $r = 0.40\text{m}$

অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক,  $I = 2 \text{ kgm}^2$

সিলিন্ডারের অনুভূমিক বেগ,  $v = 4\text{ms}^{-1}$

ঘূর্ণন গতিশক্তি,  $E = ?$

মনেকরি, সিলিন্ডারের কৌণিকবেগ  $= \omega \text{ rad/s}$

আমরা জানি,  $v = \omega \times r$

$$\text{বা, } \omega = \frac{v}{r}$$

$$\text{বা, } \omega = \frac{4}{0.4}$$

$$\therefore \omega = 10 \text{ rad/s}$$

$$\therefore \text{সিলিন্ডারের ঘূর্ণন গতিশক্তি, } E = \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 2 \times (10)^2 = 100\text{J (Ans.)}$$

**ঘ** সিলিন্ডারটি যখন গড়ায় চলে তখন তার মধ্যে দুই ধরনের ভরবেগ থাকে। একটি রৈখিক ভরবেগ এবং অপরটি কৌণিক ভরবেগ। ধরি, সিলিন্ডারের ভর  $m$ , জড়তার ভ্রামক  $I$ , রৈখিক বেগ  $v$  ও কৌণিক বেগ  $\omega$ ।

$\therefore$  গড়ায় চলার সময় সিলিন্ডারের মোট ভরবেগ  $= Mv + I\omega$

আবার, এই সিলিন্ডারকে যখন  $v$  বেগে উপরের দিকে ছুঁড়ে মারা হয় তখন এর মাঝে শুধুমাত্র রৈখিক বেগ তথা রৈখিক ভরবেগ থাকে।

$\therefore$  উপরে ছুঁড়ে মারলে সিলিন্ডারের মোট ভরবেগ  $= mv$

তাহলে, গড়ায় চলার সময় ভরবেগ  $>$  উপরে ছুঁড়ে মারলে ভরবেগ।

সুতরাং সিলিন্ডারটিকে উপরে ছুঁড়ে মারলে এর ভরবেগ হ্রাস পাবে।

**প্রশ্ন ৩০** একজন বালক  $0.250\text{kg}$  ভরের একটি পাথর খন্ডকে একটি লম্বা সূতার এক প্রান্তে বেঁধে বৃত্তাকার পথে প্রতি মিনিটে 60 বার ঘুরাচ্ছে। প্রথম মিনিটে সূতার দৈর্ঘ্য ছিল  $0.50\text{m}$  এবং বালক 1 মিনিট পর পর সূতার দৈর্ঘ্য  $0.50\text{m}$  করে বাড়চ্ছিল। [হাজীগঞ্জ ডিগ্রী কলেজ, চাঁদপুর]

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে? ১

খ. রাস্তার বাঁকে সাইকেল আরোহীকে হেলে পড়তে হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের পাথরটি রৈখিক বেগ কত ছিল নির্ণয় কর। ৩

ঘ. সূতাটি সর্বোচ্চ  $40\text{N}$  টান সহ্য করলে বালকটি 7min পাথরটিকে ঘোরাতে পারবে কিনা যাচাই কর। ৪

#### ৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোন বস্তুর সমস্ত ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা হয় যেন কোন নির্দিষ্ট বিন্দু বা অক্ষের সাপেক্ষে এই কেন্দ্রীভূত বস্তু কণার জড়তার ভ্রামক ঐ বিন্দু বা অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয় তাহলে ঐ বিন্দু বা অক্ষ হতে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

**খ** সাইকেল আরোহী যখন রাস্তার বাঁকে চলতে থাকে তখন কেন্দ্রবিমুখী বলের প্রভাবে আরোহী বাইরের দিকে ছিটকে পড়তে চায়। এই কেন্দ্রবিমুখী বলকে নিষ্ক্রিয় করতে আরোহী কেন্দ্রের দিকে ঝুঁকে প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেয়। তাই রাস্তার বাঁকে সাইকেল আরোহীকে হেলে পড়তে হয়।

**গ** দেওয়া আছে, পাথরের ভর,  $m = 0.250\text{kg}$

সূতার দৈর্ঘ্য,  $r = 0.50\text{m}$

□ পাথরটি প্রতি মিনিটে 60 বার ঘুরছিল,

$$\therefore \text{পাথরটির কৌণিক বেগ, } \omega = \frac{60 \times 2\pi}{60} \text{ rad/sec} = 2\pi \text{ rad/sec}$$

পাথরটি রৈখিক বেগ,  $v = ?$

আমরা জানি,  $v = \omega r$

$$\text{বা, } v = 2\pi \times 0.5$$

$$\therefore v = 3.14\text{ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

**ঘ** এখানে, বস্তুর ভর,  $m = 0.250\text{kg}$

কৌণিক বেগ,  $\omega = 2\pi \text{ rad/sec}$  [গ হতে]

7 min পর সূতার দৈর্ঘ্য,  $r = (7 \times 0.50)\text{m} = 3.50\text{m}$

□ সূতা সর্বোচ্চ টান সহ্য করতে পারে  $40\text{N} > F_c$  সুতরাং বালকটি 7 min পাথরটিকে ঘোরাতে পারবে।

অধ্যায়টির গুরুত্বপূর্ণ জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্রশ্নোত্তর

(নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্ন বিশ্লেষণে প্রাপ্ত)

► ক নং প্রশ্ন (জ্ঞানমূলক)

প্রশ্ন-১. নিউটনের বলবিদ্যা কী?

উত্তর: নিউটনের গতিসূত্রের ওপর ভিত্তি করে যে বলবিদ্যার উদ্ভব এবং উন্নয়ন সাধিত হয়েছে তাকে নিউটনের গতিবিদ্যা বলে।

প্রশ্ন-২. মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র কী?

উত্তর: যেকোনো অঞ্চলে একটি ভর রাখলে এর উপর মহাকর্ষীয় বল ক্রিয়া করে তখন এই অঞ্চলকে মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র বলে।

প্রশ্ন-৩. মহাকর্ষীয় তীব্রতা কাকে বলে?

**SURE**  
**12**

**উত্তর:** মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের যেকোনো বিন্দুতে একটি একক ভর রাখলে ঐ ভরের উপর যে বল ক্রিয়া করে তাকে ঐ বিন্দুতে মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের তীব্রতা বলে।

**প্রশ্ন-৪.** পূর্ণ স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কী?

**উত্তর:** যে সংঘর্ষের আগে ও পরে দুটি বস্তুর আপেক্ষিক বেগ অপরিবর্তিত থাকে সেই সংঘর্ষকে পূর্ণ স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে।

**প্রশ্ন-৫.** আংশিক স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কাকে বলে?

**উত্তর:** যে সংঘর্ষের পর বস্তু দুটি যুক্ত না হয়ে পরস্পর থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়, কিন্তু সংঘর্ষের পর ওদের আপেক্ষিক বেগ সংঘর্ষের আগের আপেক্ষিক বেগের চেয়ে কম হয় তাকে আংশিক স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে।

**প্রশ্ন-৬.** অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কাকে বলে?

**উত্তর:** যে সংঘর্ষের পর বস্তু দুটির পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হয়ে একটি বস্তু রূপে চলতে থাকে তাকে অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে।

**প্রশ্ন-৭.** একমাত্রিক সংঘর্ষ কী?

**উত্তর:** সংঘাতাধীন বস্তু দুটির আপেক্ষিক গতিবেগ সংঘর্ষের আগে ও পরে একই সরলরেখা বরাবর হলে, ঐ সংঘাতকে একমাত্রিক সংঘর্ষ বলে।

**প্রশ্ন-৮.** সংঘর্ষ কাকে বলে?

**উত্তর:** অতি অল্প সময়ের জন্য বৃহৎ কোনো বল ক্রিয়া করে বস্তুর গতির হঠাৎ ও ব্যাপক পরিবর্তন করাকে সংঘাত বা সংঘর্ষ বলে।

**প্রশ্ন-৯.** বলের পরম একক কী?

**উত্তর:** স্থান ভেদে বলের যে এককের কোনো পরিবর্তন হয় না তাকে পরম একক বলে।

**প্রশ্ন-১০.** বলের অভিকর্ষীয় একক কাকে বলে?

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

► খ নং প্রশ্ন (অনুধাবনমূলক)

**প্রশ্ন-১.** বৃত্তপথে ঘূর্ণায়মান কণার গতির কীরূপ শর্তের জন্য কণাটি কেন্দ্রমুখী ত্বরণ ও কৌণিক ত্বরণ প্রাপ্ত হবে?

**উত্তর:** বৃত্তপথে ঘূর্ণায়মান কণার নিম্নরূপ শর্তের জন্য কণাটি কেন্দ্রমুখী ত্বরণ ও কৌণিক ত্বরণ প্রাপ্ত হবে—

- কণাটি যদি বৃত্তপথে সমুদ্রতিতে বা সমকৌণিক বেগে ঘুরতে থাকে তাহলে এর শুধু কেন্দ্রমুখী ত্বরণ থাকে, কৌণিক ত্বরণ থাকে না।
- আবার, কণাটি যদি বৃত্তপথে অসম দ্রুতিতে বা অসম কৌণিক বেগে ঘুরতে থাকে তাহলে এর কেন্দ্রমুখী ত্বরণ ও কৌণিক ত্বরণ উভয়েই থাকে। কণাটির তখন স্পর্শী ত্বরণও থাকে।

**প্রশ্ন-২.** কোনো বস্তুকে উপরের দিকে ছুড়লে তার ভরবেগের মান হ্রাস পেতে থাকে কেন?

**উত্তর:** কোনো বস্তুকে উপরের দিকে ছুড়লে তার ভরবেগের মান হ্রাস পেতে থাকে।

**কারণ:** বাইরে থেকে কোনো বল ক্রিয়া না করলে কোনো বস্তুসংস্থার জন্য ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র প্রযোজ্য হয়। কিন্তু এক্ষেত্রে বস্তুটিকে উপরের দিকে ছুড়ে মারায় এর ওপর অভিকর্ষজ বল কাজ করে এবং ভরবেগের পরিবর্তন ঘটায়। উপরে উঠার সময় অভিকর্ষ বল বস্তুর গতির বিপরীত দিকে কাজ করে বলে বস্তুর ভরবেগ হ্রাস পেতে থাকে এবং সর্বোচ্চ বিন্দুতে ভরবেগ শূন্য হয়।

**প্রশ্ন-৩.** সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনের সময় সূর্যের মহাকর্ষ বল কাজ করে না কেন?

**উত্তর:** সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনের সময় সূর্যের মহাকর্ষ বল কোনো কাজ করে না।

**কারণ:** কোনো বস্তুর বৃত্তাকার পথে ঘুরতে তার ওপরে যে অভিকেন্দ্র বল ক্রিয়া করে তা বস্তুর গতির সঙ্গে সমকোণে থাকে। আমরা জানি, বল এবং সরণ পরস্পরের সঙ্গে লম্বভাবে থাকলে সরণের অভিমুখে বলের উপাংশ  $= F \cos 90^\circ = 0$ । তাই, সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর আবর্তনের ক্ষেত্রে মহাকর্ষ বল কোনো কাজ করে না, কারণ মহাকর্ষ বল পৃথিবীর গতির অভিমুখের সঙ্গে লম্বভাবে ক্রিয়া করে।

**প্রশ্ন-৪.** ঘূর্ণনরত বস্তুর কৌণিক বেগ দ্বিগুণ করলে এর ঘূর্ণন গতি শক্তি কতগুণ হবে – ব্যাখ্যা কর।

**উত্তর:** ঘূর্ণনরত বস্তুর কৌণিক বেগ দ্বিগুণ করা হলে এর ঘূর্ণন গতিশক্তি চারগুণ হবে।

**ব্যাখ্যা:** ধরি, একটি বস্তু কোনো অক্ষ সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান। এখন, বস্তুটির অক্ষ সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক  $I$  এবং কৌণিক বেগ  $\omega$  হলে

$$\text{ঘূর্ণন গতিশক্তি } E_k \text{ হবে, } E_k = \frac{1}{2} \times I \times \omega^2$$

কোনো অক্ষ সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান কোনো বস্তুর জড়তার ভ্রামক  $I$  প্রবৃত্ত কিন্তু কৌণিক বেগের পরিবর্তন ঘটতে পারে।

$$\text{অর্থাৎ } E_k \propto \omega^2$$

অতএব, ঘূর্ণনরত বস্তুর কৌণিক বেগ দ্বিগুণ করা হলে এর ঘূর্ণন গতিশক্তি চারগুণ হয়।