

## কাজ, শক্তি ও ক্ষমতা



পরীক্ষায় কমন পেতে অনন্য প্রশ্নোত্তর

**প্রশ্ন ▶ ১** একটি  $2 \text{ cm}^3$  আয়তনের কাঠের টুকরা  $500 \text{ m}$  উঁচু স্থান থেকে পানি ভর্তি পুকুরে পড়ে আবার ভেসে উঠল। কাঠের ঘনত্ব  $400 \text{ ms}^{-1}$ । সান্দ্র বল খুব নগণ্য। **◀ ৪ ও ৫ অধ্যায়ের সম্বন্ধে**

- ক. স্থিতিস্থাপক বিভবশক্তি কাকে বলে? ১  
খ. কেন্দ্রমুখী বল কি সংরক্ষণশীল বল? উক্তির পক্ষে যুক্তি দাও। ২  
গ. পানির মধ্যে টুকরাটির উপর প্লবতা বল কত? ৩  
ঘ. কাঠের টুকরাটি কতক্ষণ পানির মধ্যে অবস্থান করবে তা নির্ণয় করতে পারবে কি? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

### ১ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** স্থিতিস্থাপক বলের বিরুদ্ধে কাজ করে বস্তুর বিকৃতি ঘটানো হলে বস্তু কাজ করার যে সামর্থ্য অর্জন করে তাকে স্থিতিস্থাপক বিভবশক্তি বলে।

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

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

কৃতকাজ শূন্য হওয়ায় কেন্দ্রমুখী বল হল সংরক্ষণশীল বল।

**গ** কাঠের খণ্ডটির ওপর পানির প্লবতা বল,  $U$  হলে,

$U =$  কাঠের খণ্ডের সমআয়তন

পানির ওজন

$$= V\rho_w g$$

$$= 2 \times 10^{-6} \times 1000 \times 9.8$$

$$= 0.0196 \text{ N (Ans.)}$$

এখানে,

কাঠের খণ্ডের আয়তন,

$$V = 2 \text{ cm}^3 = 2 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

পানির ঘনত্ব,  $\rho_w = 1000 \text{ kgm}^{-3}$

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

**ঘ** পুকুরে পড়ার পূর্বমুহূর্তে কাঠের খণ্ডের বেগ,  $v$  হলে,

$$v^2 = v_0^2 + 2gh$$

$$\text{বা, } v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

$$= \sqrt{0^2 + 2 \times 9.8 \times 500}$$

$$= 99 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,

কাঠের খণ্ডের আদিবেগ,

$$v_0 = 0 \text{ ms}^{-1}$$

উচ্চতা,  $h = 500 \text{ m}$

কাঠ খণ্ডটির ওজন,  $W$  হলে,

$$W = mg$$

$$= \rho Vg$$

$$= 400 \times 2 \times 10^{-6} \times 9.8$$

$$= 0.00784 \text{ N}$$

এখানে,

কাঠের খণ্ডের আয়তন  $= 2 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

কাঠের খণ্ডের ঘনত্ব  $= 400 \text{ kgm}^{-3}$

$\therefore$  পানির অভ্যন্তরে উর্ধ্বমুখী বল,  $F$  হলে,

$$F = U - W$$

$$\text{বা, } ma = U - W$$

$$\text{বা, } a = \frac{U - W}{m}$$

$$\text{বা, } a = \frac{U - W}{V\rho}$$

$$= \frac{0.0196 - 0.00784}{2 \times 10^{-6} \times 400}$$

$$= 14.7 \text{ ms}^{-2}$$

এখন, কাঠের খণ্ডটি পানিতে পড়ার পর তার বেগের কারণে পানির ভেতরে ঢুকলেও তা পানির অভ্যন্তরে উর্ধ্বমুখী বলের প্রভাবে উর্ধ্বমুখী ত্বরণ,  $a = 14.7 \text{ ms}^{-2}$  অনুভব করবে। ফলে তা নির্দিষ্ট গভীরতা,  $h$  এ গিয়ে থেমে যাবে এবং অতঃপর তা ভেসে উঠবে।

$\therefore$  কাঠের টুকরাটি পানির মধ্যে,  $t$  সময় অবস্থান করলে,

$$y - y_0 = v_0 t - \frac{1}{2} at^2$$

$$\text{বা, } 0 = \left( v_0 - \frac{1}{2} at \right) t$$

$$\text{বা, } v_0 - \frac{1}{2} at = 0 \quad [\because t \neq 0]$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} at = v_0$$

$$\therefore t = \frac{2v_0}{a}$$

$$= \frac{2 \times 99}{14.7}$$

$$= 13.47 \text{ s}$$

অর্থাৎ, কাঠের খণ্ডটি পানির অভ্যন্তরে  $13.47 \text{ s}$  অবস্থান করবে।

অতএব, কাঠের খণ্ডটি পানির অভ্যন্তরে কতক্ষণ অবস্থান করতে পারবে তা নির্ণয় করা সম্ভব এবং তা হল  $13.47 \text{ s}$ ।

**প্রশ্ন ▶ ২**  $20 \text{ gm}$  ভরের একটি বুলেট  $200 \text{ ms}^{-1}$  বেগে এসে  $10 \text{ m}$  দীর্ঘ সুতার ঝোলানো একটি  $10 \text{ kg}$  ভরের ববকে আঘাত করে আটকে গেলো। **◀ ৪ ও ৫ অধ্যায়ের সম্বন্ধে**

ক. বলের ভ্রামক কী? ১

খ. মানুষ সাধারণত দাঁড়িয়ে থাকার চাইতে বসে কিংবা শুয়ে আরাম বেশি পায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. আঘাত করার পর বুলেট সহ ববটির বেগ কত হবে? ৩

ঘ. সিস্টেমটি কী সরল দোলকের মত আচরণ করবে? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

## ২ 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** শরীরের একক ক্ষেত্রফলের উপর প্রতিক্রিয়া বল তথা চাপের মান কমে যাওয়ায় মানুষ দাঁড়ানোর চেয়ে বসে এবং বসার চেয়ে শুয়ে বেশি আরাম পায়। মানুষ যখন দাঁড়িয়ে থাকে তখন তার ওজনের বিপরীতে ভূমির প্রতিক্রিয়া বল সম্পূর্ণরূপে তার দু'পায়ের পাতার ওপর কাজ করে, তাই এক্ষেত্রে একক ক্ষেত্রফলের উপর প্রযুক্ত প্রতিক্রিয়া বল সর্বোচ্চ হয়। কিন্তু বসে থাকার সময় ঐ একই পরিমাণ ওজনের প্রতিক্রিয়া অপেক্ষারত বড় ক্ষেত্রফলের উপর পড়ে এবং শুয়ে থাকলে ক্ষেত্রফল সর্বোচ্চ হয়।  $P = \frac{F}{A}$  সূত্রানুসারে ক্ষেত্রফল বাড়লে চাপের মান কমে। তাই মানুষ দাঁড়িয়ে থাকার তুলনায় বসে বেশি আরাম বোধ করে এবং বসার তুলনায় শুয়ে আরও বেশি আরামবোধ করে।

**গ** আঘাত করার পর বুলেট সহ ববটির বেগ,  $v$  হলে, ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রমতে,

$$\begin{aligned} m_1 u_1 + m_2 u_2 &= (m_1 + m_2)v \\ \Rightarrow v &= \frac{m_1 u_1 + m_2 u_2}{m_1 + m_2} \\ &= \frac{20 \times 10^{-3} \times 200 + 10 \times 0}{20 \times 10^{-3} + 10} \\ &= 0.4 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

এখানে,  
বুলেটের ভর,  
 $m_1 = 20 \text{ gm} = 20 \times 10^{-3} \text{ kg}$   
বুলেটের আদিবেগ,  
 $u_1 = 200 \text{ ms}^{-1}$   
ববের ভর,  $m_2 = 10 \text{ kg}$   
ববের আদিবেগ,  $u_2 = 0 \text{ ms}^{-1}$

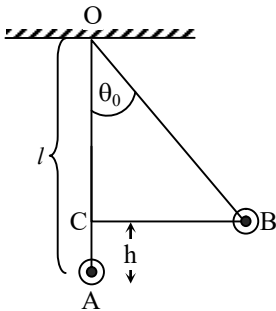
**ঘ** কোন সূতা ও বব নিয়ে গঠিত সিস্টেম তখনই সরল দোলকের মত আচরণ করবে যখন এর গতি সরল দোলগতি হবে। দোলকের ক্ষেত্রে কৌণিক বিস্তার,  $\theta \leq 4^\circ$  হলেই কেবল তা সরলদোলগতির অন্তর্ভুক্ত হবে।

‘গ’ থেকে পাই,

$$\begin{aligned} \text{বুলেটসহ ববের ভর, } M &= 10.02 \text{ kg} \\ \text{বেগ, } v &= 0.4 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

সর্বোচ্চ বিস্তারে বেগ শূন্য।

মনে করি, সর্বোচ্চ বিস্তারে ববটি তার সাম্যাবস্থান থেকে  $h$  উল্লম্ব দূরত্ব অতিক্রম করে এবং বিস্তারের মান  $\theta_0$ ।



$$\therefore h = OA - OC$$

$$= OA - OB \cos \theta_0$$

$$= l(1 - \cos \theta_0)$$

শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি অনুসারে,

$$\frac{1}{2} Mv^2 = Mgh$$

$$\text{বা, } h = \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{বা, } l(1 - \cos \theta_0) = \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{বা, } 1 - \cos \theta_0 = \frac{v^2}{2gl}$$

$$\text{বা, } \cos \theta_0 = 1 - \frac{v^2}{2gl}$$

$$\text{বা, } \theta_0 = \cos^{-1} \left( 1 - \frac{v^2}{2gl} \right)$$

$$= \cos^{-1} \left( 1 - \frac{0.4^2}{2 \times 9.8 \times 10} \right)$$

$$= 2.31^\circ \ll 4^\circ$$

অতএব, সিস্টেমটি সরল দোলকের ন্যায় আচরণ করবে।

**প্রশ্ন ৩**  $100 \text{ Nm}^{-1}$  স্প্রিং ধ্রুবক বিশিষ্ট একটি স্প্রিং এর মুক্তপ্রান্তে  $5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  আয়তনের  $10 \text{ kg}$  ভরের বস্তু আটকানো আছে। বস্তুটিকে ধরে টেনে ছেড়ে দেওয়ায় স্প্রিংটি দুলতে থাকে। কোন নির্দিষ্ট সময়ে স্প্রিং এর  $2 \text{ m}$  সরণে সম্প্রসারণজনিত ক্ষমতা পাওয়া গেল  $1200 \text{ W}$ ।

◀ ৪ ও ৫ অধ্যায়ের সমন্বয়ে

- ক. স্থিতি ঘর্ষণ কী? ১
- খ. লং জাম্পের কৌশল আলোচনা করো। ২
- গ. স্প্রিং এ আটকানো বস্তুটির মোট শক্তি কত? ৩
- ঘ. সম্পূর্ণ ব্যবস্থাটিকে  $1000 \text{ kg/m}^3$  ঘনত্বের তরলের মধ্যে উল্লম্ব ভাবে ঝুলিয়ে দিলে সাম্যাবস্থান কতটুকু সরে যাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

## ৩ 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** একজন অ্যাথলেট লং জাম্প দেওয়ার পূর্বে বেশ কিছু দূর দৌড় দেয় কারণ দৌড়ানোর ফলে তার মধ্যে গতির সঞ্চার হয় এবং গতি জড়তার জন্য সে স্থির অবস্থার চেয়ে গতিশীল অবস্থায় লং জাম্প দিয়ে বেশি দূরত্ব অতিক্রম করতে পারে।

**গ** সাম্যাবস্থান হতে  $2 \text{ m}$  সরণে বস্তুটির বেগ,  $v$  ও সম্প্রসারণ জনিত ক্ষমতা,  $P$  হলে,

$$P = Fv$$

$$\Rightarrow P = kxv$$

$$\Rightarrow v = \frac{P}{kx}$$

$$= \frac{1200}{100 \times 2}$$

$$\therefore v = 6 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,

স্প্রিং ধ্রুবক,  $k = 100 \text{ N/m}$

সম্প্রসারণজনিত ক্ষমতা,  $P = 1200 \text{ W}$

সাম্যাবস্থান হতে সরণ,  $x = 2 \text{ m}$

∴ বস্তুটির মোট শক্তি, E হলে,

$$E = \text{গতিশক্তি, } E_x + \text{বিভবশক্তি, } E_p$$

$$= \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 10 \times 6^2 + \frac{1}{2} \times 100 \times 2^2$$

$$= 380 \text{ J (Ans.)}$$

ঘ) সম্পূর্ণ ব্যবস্থাটিকে  $1000 \text{ kg/m}^3$  ঘনত্বের তরলে ডুবিয়ে দিলে,  $10 \text{ kg}$  ভরের বস্তুটির ওজন খাড়া নিচের দিকে ও বস্তুটির ওপর প্লবতা বল খাড়া ওপরের দিকে ক্রিয়া করবে।

বস্তুটির ওজন, W হলে,

$$W = mg$$

$$= 10 \times 9.8$$

$$= 98 \text{ N}$$

বস্তু ওপর ক্রিয়ারত প্লবতা বল, U হলে,

$$U = \text{বস্তুর সমআয়তন পানির ওজন}$$

$$= V\rho_w g$$

$$= 5 \times 10^{-4} \times 1000 \times 9.8$$

$$= 4.9$$

∴  $N > U$  অর্থাৎ, বস্তুটির ওপর নিট বল,  $F_{\text{net}} = W - U$  খাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করবে।

$$\therefore F_{\text{net}} = W - U$$

$$= 98 - 4.9$$

$$= 93.1 \text{ N}$$

বস্তুটির ওপর এ  $F_{\text{net}} = 93.1 \text{ N}$  বল ক্রিয়াশীল হওয়ায় তা e পরিমাণ সাম্যাবস্থান হতে প্রসারিত হলে,

$$ke = F_{\text{net}}$$

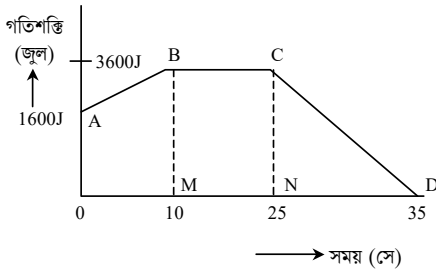
$$\Rightarrow e = \frac{F_{\text{net}}}{k}$$

$$= \frac{93.1}{100}$$

$$= 0.931 \text{ m}$$

অর্থাৎ, সম্পূর্ণ সিস্টেমটিকে প্রদত্ত তরলে ডোবালে স্প্রিং সাম্যাবস্থান হতে  $0.931 \text{ m}$  সরে যাবে।

**প্রশ্ন ▶ 8**  $200 \text{ kg}$  ভরের গাড়ির জন্য গতিশক্তি বনাম সময় লেখচিত্র দেখানো হলো।



ক. তাৎক্ষণিক বেগ কি?

খ. পড়ন্ত বস্তুর সূত্রগুলো ব্যাখ্যা কর।

১

২

গ. AB ও CD অংশের ত্বরণ নির্ণয় কর।

ঘ. থামার আগে গাড়ি কত পথ অতিক্রম করেছিল- বিশ্লেষণ কর।

### ৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো গতিশীল বস্তুর কোনো বিশেষ মুহূর্তের বেগকে ঐ মুহূর্তের তাৎক্ষণিক বেগ বলে। ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র সময়ের ব্যবধানে সরণের হার দ্বারা তাৎক্ষণিক বেগ নির্ণয় করা হয়।

খ) পড়ন্ত বস্তুর সূত্রগুলো হল-

**প্রথম সূত্র :** স্থির অবস্থান থেকে এবং একই উচ্চতা থেকে বিনা বাঁধায় পড়ন্ত সকল বস্তু সমান সময়ে সমান পথ অতিক্রম করবে। এই সূত্রানুসারে স্থির অবস্থান থেকে কোন বস্তু ছেড়ে দিলে তা যদি বিনা বাধায় মাটিতে পড়ে তাহলে মাটিতে পড়তে যে সময় লাগে তা বস্তুর ভর, আকৃতি বা আয়তনের ওপর নির্ভর করে না। বিভিন্ন ভরের আকারের ও আয়তনের বস্তুকে যদি একই উচ্চতা থেকে ছেড়ে দেয়া হয় এবং এগুলো যদি বিনা বাধায় মুক্তভাবে পড়তে থাকে তাহলে সবগুলোই একই সময়ে মাটিতে পৌঁছাবে।

**দ্বিতীয় সূত্র :** স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তুর নির্দিষ্ট সময়ে প্রাপ্ত বেগ ঐ সময়ের সমানুপাতিক অর্থাৎ অর্জিত বেগ  $\propto$  পতনকাল। বা,  $v \propto t$

অর্থাৎ কোন বস্তুকে যদি স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়তে দেয়া হয় তবে প্রথম সেকেন্ড পরে যদি এটি v বেগ অর্জন করে তবে দ্বিতীয় সেকেন্ড পরে এটি 2v বেগ অর্জন করবে। সুতরাং  $t_1, t_2, t_3 \dots$  সেকেন্ড পরে যদি বস্তুর বেগ যথাক্রমে  $v_1, v_2, v_3 \dots$  ইত্যাদি হয় তবে এই সূত্রানুসারে,

$$\frac{v_1}{t_1} = \frac{v_2}{t_2} = \frac{v_3}{t_3} \dots \dots = \text{ধ্রুবক।}$$

**তৃতীয় সূত্র :** স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তু নির্দিষ্ট সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তা ঐ সময়ের বর্গের সমানুপাতিক। অর্থাৎ অতিক্রান্ত দূরত্ব  $\propto$  (পতনকাল)<sup>2</sup>। বা,  $h \propto t^2$

অর্থাৎ কোন বস্তুকে যদি স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়তে দেওয়া হয় তবে এক সেকেন্ডে যদি এটি h দূরত্ব অতিক্রম করে তবে দুই সেকেন্ডে  $h \times 2^2$  বা 4h দূরত্ব, তিন সেকেন্ডে এটি  $h \times 3^2$  বা, 9h দূরত্ব অতিক্রম করবে।

∴ সুতরাং  $t_1, t_2, t_3 \dots$  সেকেন্ডে যদি বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব যথাক্রমে  $h_1, h_2, h_3 \dots$  ইত্যাদি হয় তবে

$$\therefore \frac{h_1}{t_1^2} = \frac{h_2}{t_2^2} = \frac{h_3}{t_3^2} \dots \dots = \text{ধ্রুবক।}$$

গ) এখানে গতিশক্তি- সময় লেখের প্রত্যেক অংশই সরলরেখা। অতএব, ত্বরণ সুসম নয়।

কারণ : গতিশক্তি,  $E = \frac{1}{2}mv^2$ ; সুসম ত্বরণে  $v \propto t$ ;

$$\therefore E \propto t^2,$$

< লেখটি সরলরেখা, তাই সুসম ত্বরণ বিবেচনাযোগ্য নয়।

**AB অংশ :**

গতিশক্তি (E) বনাম সময় (t) সমীকরণ :

$$\frac{E - 1600}{t - 0} = \frac{3600 - 1600}{10 - 0}$$

$$\text{বা, } \frac{E - 1600}{t} = \frac{2000}{10}$$

$$\text{বা, } E = 200t + 1600$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2}mv^2 = 200t + 1600$$

$$\text{বা, } v^2 = \frac{2}{m}(200t + 1600)$$

$$= \frac{2}{200}(200t + 1600)$$

$$\text{বা, } v = \sqrt{2t + 16}$$

$$\text{বা, } a = \frac{dv}{dt}$$

$$\text{বা, } a = \frac{1}{\sqrt{2t + 16}}$$

∴ A ও B বিন্দুতে ত্বরণ যথাক্রমে  $a_A$  ও  $a_B$ ।

$$\text{বা, } a_A = \frac{1}{\sqrt{2 \times 0 + 16}}$$

$$= 0.25 \text{ ms}^{-2}$$

$$a_B = \frac{1}{\sqrt{2 \times 10 + 16}}$$

$$= 0.167 \text{ ms}^{-2}$$

AB অংশের গড় ত্বরণ,

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{10t}$$

$$= \frac{v_B - v_A}{t}$$

$$= \frac{\sqrt{2 \times 10 + 16} - \sqrt{2 \times 0 + 16}}{10}$$

$$= \frac{6 - 4}{10}$$

$$= 0.2 \text{ ms}^{-2}$$

**CD অংশ :**

$$\frac{E - 0}{t - 35} = \frac{3600 - 0}{25 - 35}$$

$$\text{বা, } \frac{E}{t - 35} = -\frac{3600}{10} = -360$$

$$\text{বা, } E = -360t + 12600$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2}mv^2 = -360t + 12600$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{-3.6t + 126}$$

$$a_c = \left. \frac{dv}{dt} \right|_c = \frac{-1.8}{\sqrt{126 - 3.6t}}$$

$$= \frac{-1.8}{\sqrt{126 - 3.6 \times 25}}$$

$$= -0.3 \text{ ms}^{-2}$$

$$a_D = \frac{-1.8}{\sqrt{126 - 3.6 \times 35}} = \text{অসংজ্ঞায়িত}$$

**CD অংশে গড় ত্বরণ :**

$$a_{CD} = \frac{v_D - v_C}{t}$$

$$= \frac{\sqrt{-3.6 \times 35 + 126} - \sqrt{-3.6 \times 25 + 126}}{10}$$

$$= \frac{0 - 6}{10}$$

$$= -0.6 \text{ m/s}^2$$

য 'গ' থেকে পাই,

AB অংশে বেগ :

$$v_{AB} = \sqrt{2t + 16}$$

∴ AB অংশে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$$s_{AB} = \int_0^{10} v_{AB} dt$$

$$= \int_0^{10} \sqrt{2t + 16} dt$$

$$= \frac{1}{3} [\sqrt{2t + 16}]_0^{10}$$

$$= \frac{1}{3} \{ (2 \times 10 + 16)^{3/2} - \sqrt{16}^3 \}$$

$$= \frac{1}{3} (6^3 - 4^3)$$

$$= 50.67 \text{ m}$$

BC অংশে বেগ :  $v_{BC} = 6 \text{ m/s}$ 

$$\therefore \text{BC অংশে অতিক্রান্ত দূরত্ব, } s_{BC} = v_{BC}t$$

$$= 6 \times (25 - 10)$$

$$= 90 \text{ m}$$

CD অংশে অতিক্রান্ত দূরত্ব,  $s_{CD} = \int_0^{35} v_{CD} dt$ 

$$\text{বা, } s_{CD} = \int_0^{35} \sqrt{126 - 3.6t} dt$$

$$= -\frac{2}{3.6} \times \frac{1}{3} [(126 - 3.6t)^{3/2}]_0^{35}$$

$$\text{বা, } s_{CD} = -\frac{2}{3 \times 3.6} \{ (126 - 3.6 \times 35)^{3/2} - (126 - 3.6 \times 25)^{3/2} \}$$

$$= 40 \text{ m}$$

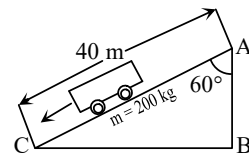
$$\therefore \text{মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, } s = s_{AB} + s_{BC} + s_{CD}$$

$$= (50.67 + 90 + 40) \text{ m}$$

$$= 180.67 \text{ m}$$

অতএব, থামার পূর্বে গাড়ীটি 180.67m দূরত্ব অতিক্রম করেছিল।

**প্রশ্ন ▶ ৫** চিত্রে প্রদর্শিত গাড়ীটি  $16 \text{ ms}^{-1}$  বেগে চলছিল। গাড়ির চালক ব্রেক করায় 40m দূরত্ব অতিক্রম করে গাড়ীটি থেমে যায়।



◀ ৪ ও ৫ অধ্যায়ের সমন্বয়ে

- ক. বলের ঘাত কী? ১  
 খ. কোন বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বল 10kg-wt বলতে কী বোঝায়? ২  
 গ. কী পরিমাণ গতি প্রতিরোধকারী বল গাড়িটির উপর ক্রিয়া করে নির্ণয় কর। ৩  
 ঘ. উদ্দীপকে শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি পালিত হবে কি? গাণিতিক যুক্তিসহ মতামত দাও। ৪

**৫ নং প্রশ্নের উত্তর**

**ক** কোন বৃহৎ মানের বল যদি স্বল্প সময়ের জন্য কোন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তবে বল ও বলের ক্রিয়াকালের গুণফলকে বলের ঘাত বলে।

**খ** কোন বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বল 10kg. wt = (10 × 9.8)N = 98N  
 সুতরাং, 1kg ভরের কোন বস্তুর উপর যে বল প্রযুক্ত হলে 98ms<sup>-2</sup> ত্বরণ সৃষ্টি করে অথবা 98kg ভরের কোন বস্তুর উপর প্রযুক্ত হয়ে 1ms<sup>-2</sup> ত্বরণ সৃষ্টি করে অথবা ভর ও ত্বরণের গুণফল যদি 98N হয় তবে তাকে 10kg-wt বল বলে।

**গ** এখানে,  
 গাড়ির ভর, m = 200kg  
 গাড়ির আদিবেগ, v<sub>o</sub> = 16ms<sup>-1</sup>  
 অতিক্রান্ত দূরত্ব, s = 40m

আমরা জানি,  

$$v^2 = v_o^2 - 2as$$
  
 বা,  $a = \frac{v_o^2}{2s}$   
 বা,  $a = \frac{(16)^2}{2 \times 40}$   
 $\therefore a = 3.2ms^{-2}$

মনে করি, গাড়ির গতি প্রতিরোধী বল F  
 উদ্দীপক অনুসারে,

$F - mgsin\theta = ma$ $\text{বা, } F = m(a + gsin\theta)$ $\text{বা, } F = 200(3.2 + 9.8 \times \sin 30)$ $\therefore F = 1620N$	এখানে, $\theta = 90^\circ - 60^\circ$ $= 30^\circ$
---	--

সুতরাং, গতিপ্রতিরোধী বল, F = 1620N (Ans.)

**ঘ** এখানে,  
 A বিন্দুতে গাড়ির বেগ, v<sub>A</sub> = 16ms<sup>-1</sup>  
 C বিন্দুতে গাড়ির বেগ, v<sub>C</sub> = 0ms<sup>-1</sup>  
 গাড়ির ভর, m = 200kg

BC কে ভূমি বিবেচনা করলে,  
 ভূমি হতে C বিন্দুর উচ্চতা, h<sub>C</sub> = 0m  
 ভূমি হতে A বিন্দুর উচ্চতা, h<sub>A</sub> = (40 × cos60°)m = 20m

$\therefore$  A বিন্দুতে গাড়িটির মোট শক্তি,  

$$E_A = \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A$$
  

$$= \frac{1}{2} \times 200 \times (16)^2 + 200 \times 9.8 \times 20$$
  

$$= 64800J$$

(গ) নং হতে গতি প্রতিরোধী বল, F = 1620 N.  
 $\therefore$  ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ, W = F<sub>s</sub> = 1620 × 40 = 64800 J

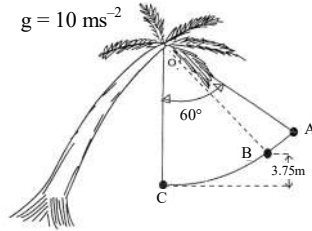
C বিন্দুতে গাড়ির মোট শক্তি E<sub>c</sub> =  $\frac{1}{2}mv_c^2 + mgh_c + W$   

$$= \frac{1}{2}m \times 0^2 + mg \times 0 + 64800$$
  

$$= 64800 J$$

যেহেতু A ও C বিন্দুতে গাড়ির মোট শক্তি সমান। সুতরাং উদ্দীপকে শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি পালিত হবে।

**প্রশ্ন ৬** 2 kg ভরের একটি বস্তুকে 10 m সুতার সাহায্যে O বিন্দুতে ঝুলানো হলো এবং A বিন্দু থেকে স্বাধীনভাবে দুলতে দেওয়া হলো। ঘর্ষণ ও বায়ুজনিত বাধা অগ্রাহ্য কর।



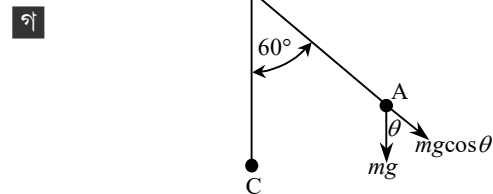
◀ শিখনফল: ৫/ঢা. বো. ২০১৬/

- ক. সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ কাকে বলে? ১  
 খ. ঢাকায় বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 60% বলতে কী বুঝায়? ২  
 গ. দোলন অবস্থায় A বিন্দুতে সুতার টান নির্ণয় কর। ৩  
 ঘ. উদ্দীপকে C বিন্দুতে বস্তুর গতিশক্তি B বিন্দুর গতিশক্তি অপেক্ষা ভিন্ন হবে কি? প্রয়োজনীয় গাণিতিক বিশ্লেষণসহ তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও। ৪

**৬ নং প্রশ্নের উত্তর**

**ক** নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বাষ্প সর্বোচ্চ যে চাপ দিতে পারে বা নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো আবদ্ধ স্থানে সর্বোচ্চ যে পরিমাণ বাষ্প ধারণ করতে পারে সেই পরিমাণ বাষ্প যে চাপ দেয় তাকে সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ বলে।

**খ** ঢাকায় বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 60% বলতে বুঝায় কোনো নির্দিষ্ট সময় ঢাকার বায়ুতে সর্বোচ্চ যে পরিমাণ বাষ্প ধারণ করতে পারে ঐ সময় তার শতকরা 60 ভাগ জলীয় বাষ্প ঢাকার বায়ুতে উপস্থিত আছে।

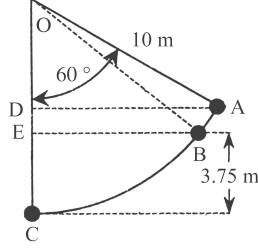


এখানে, বস্তুর ওজন, m = 2 kg  
 অভিকর্ষজ ত্বরণ, g = 10 m·s<sup>-2</sup>  
 কোণ, θ = 60°  
 সুতার টান, T = ?

অবস্থানে বস্তুর ওজন W = mg খাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করবে।

সূত্রাং সূতার টান = সূতা বরাবর ওজনের উপাংশের মান

$$\begin{aligned} T &= mg \cos \theta \\ &= (2 \text{ kg})(10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}) \cos 60^\circ \\ &= (2 \text{ kg})(10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})(0.5) \\ &= 10 \text{ N} \end{aligned}$$



ঘ চিত্র থেকে,  $OD = OA \cos 60^\circ$   
 $= 10 \text{ m} \times 0.5$   
 $= 5 \text{ m}$

সূত্রাং  $CD = OC - OD$   
 $= 10 \text{ m} - 5 \text{ m}$   
 $= 5 \text{ m}$

আবার,  $DE = CD - CE$   
 $= 5 \text{ m} - 3.75 \text{ m}$   
 $= 1.25 \text{ m}$

এখন A বিন্দুতে বস্তুটি স্থির তাই A বিন্দুতে বস্তুর মোট শক্তি = C এর সাপেক্ষে A বিন্দুতে বস্তুর বিভব শক্তি,

$$U_A = (2 \text{ kg})(10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})(5 \text{ m}) = 100 \text{ J}$$

আবার C এর সাপেক্ষে B বিন্দুতে বস্তুর বিভব শক্তি,

$$U_B = (2 \text{ kg})(10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})(3.75 \text{ m}) = 75 \text{ J}$$

B বিন্দুতে বস্তুর গতি শক্তি, (শক্তির নিত্যতা সূত্র প্রয়োগ করে)

$$K_B = 100 \text{ J} - 75 \text{ J} = 25 \text{ J}$$

আবার C এর সাপেক্ষে C বিন্দুতে বস্তুর বিভব শক্তি,

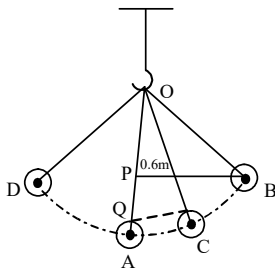
$$U_C = (2 \text{ kg})(10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2})(0) = 0$$

C বিন্দুতে বস্তুর গতি শক্তি,

$$K_C = 100 \text{ J} - 0 \text{ J} = 100 \text{ J}$$

দেখা যাচ্ছে C বিন্দুতে বস্তুর গতিশক্তি B বিন্দুতে বস্তুর গতিশক্তি অপেক্ষা বেশি।

**প্রশ্ন ৭** নিচের চিত্রে একটি দোলক সরল দোলন গতিতে দুলছে। যার সর্বোচ্চ বিস্তার  $PB = 0.2 \text{ kg}$  ভরের বরের চারটি বিভিন্ন অবস্থান হলো A, B, C এবং D। যেখানে,  $PB = 0.6 \text{ m}$ ,  $OB = OC = OA = OD = 1 \text{ m}$ ।



◀ শিখনফল: == [রা. বো. ২০১৬]

- ক. সংশক্তি বল কী? ১  
 খ. সান্দ্রতা কেন প্রবাহী পদার্থে সৃষ্টি হয়? ব্যাখ্যা কর। ২  
 গ. A বিন্দুতে ববটির বেগ নির্ণয় কর। ৩

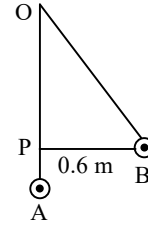
ঘ. উদ্দীপকের দোলকটিতে যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতার সূত্রের ব্যত্যয় ঘটবে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে তোমার মতামত দাও। ৪

### ৭ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** একই পদার্থের দুটি অণুর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বল হচ্ছে সংশক্তি বল।

**খ** প্রবাহী যখন প্রবাহিত হয় তখন এর বিভিন্ন স্তরের মধ্যে একটি আপেক্ষিক গতি সৃষ্টি হয় এবং প্রবাহী এ আপেক্ষিক গতিকে বাধা দেয়। এ বাধা দেয়ার ধর্মই সান্দ্রতা। তরলের ক্ষেত্রে অণুগুলোর মধ্যে আন্তঃআণবিক বল সান্দ্রতার জন্য দায়ী। এবং গ্যাসীয় পদার্থের ক্ষেত্রে অণুগুলোর ছোট ছোট কারণে পরস্পরের সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হওয়ার কারণে সান্দ্রতা সৃষ্টি হয়।

**গ** এখানে,  $OA = 1 \text{ m}$   
 $PB = 0.6 \text{ m}$   
 $OB = 1 \text{ m}$



পিথাগোরাসের সূত্রানুসারে

$$OB^2 = OP^2 + PB^2$$

$$OP^2 = OB^2 - PB^2 = (1 \text{ m})^2 - (0.6 \text{ m})^2$$

$$\therefore OP = \sqrt{(1 \text{ m})^2 - (0.6 \text{ m})^2} = 0.8 \text{ m}$$

$$\therefore AP = h = OA - OP = 1 \text{ m} - 0.8 \text{ m} = 0.2 \text{ m}$$

B বিন্দুতে ববটির বেগ,  $v_B = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

A বিন্দুতে ববটির বেগ,  $v_A = ?$

এখন,  $v_A^2 = v_B^2 + 2gh$

$$= (0)^2 + 2 \times 9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \times 0.2 \text{ m}$$

$$= 3.92 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-2}$$

$$\therefore v_A = 1.97 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

**ঘ** উদ্দীপকের চিত্র থেকে নেয়া তথ্য হতে,

A বিন্দুতে বিভবশক্তি,  $E_{pA} = mgh = mg \times 0 = 0 \text{ J}$

গতিশক্তি,  $E_{kA} = \frac{1}{2} mv_A^2 = \frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times (1.97 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})^2 = 3.92 \text{ J}$

[গ অংশ হতে  $v_A = 1.97 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]

A বিন্দুতে মোট শক্তি,  $E_A = E_{pA} + E_{kA} = 3.92 \text{ J}$

B বিন্দুতে বিভবশক্তি,  $E_{pB} = mgh$   
 $= 2 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \times 0.2 \text{ m}$   
 $= 3.92 \text{ J}$

গতিশক্তি,  $E_{kB} = \frac{1}{2} mv_B^2 = \frac{1}{2} m(0)^2 = 0 \text{ J}$

B বিন্দুতে মোট শক্তি,  $E_B = E_{pB} + E_{kB} = 0 + 3.92 \text{ J} = 3.92 \text{ J}$

C বিন্দুতে বিভবশক্তি,  $E_{pC} = mgh = mg \times QA$

গতিশক্তি,  $E_{kC} = \frac{1}{2} mv_C^2 = \frac{1}{2} m \times 2g(PA - QA)$   
 $= mg(PA - QA)$

C বিন্দুতে মোট শক্তি,  $E_C = E_{pC} + E_{kC} = mg \times PA = 2 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \times 0.2 \text{ m} = 3.92 \text{ J}$

অতএব, দেখা যাচ্ছে যে, A, B, C বিন্দুতে মোট শক্তির পরিমাণ একই থাকে। অতএব, শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি প্রমাণিত হয়।

**প্রশ্ন ▶ ৮** খালিদের বাড়িতে 12m গভীর ও 1.8m ব্যাসবিশিষ্ট একটি পানিপূর্ণ কুয়া খালি করার জন্য একটি পাম্প চালু করা হলো। কিন্তু দেখা গেল, পানিশূন্য করতে পাম্পটির 21 মিনিট সময় লেগে গেল। খালিদ হিসাব কষে দেখল, যথাসময়ে কুয়াটি পানিশূন্য করতে 2HP ক্ষমতার পাম্প দরকার।

- ◀ *শিখনফল: ৮ ও ৯/দি. বো. ২০১৬/*
- কৃত্রিম উপগ্রহ কাকে বলে? ১
  - মহাকর্ষ বল একটি সংরক্ষণশীল বল—ব্যাখ্যা কর। ২
  - 2kg ভরের একটি বস্তুকে ছেড়ে দিলে পানিশূন্য কুয়ার শীর্ষ হতে তলায় পৌঁছাতে কত সময় লাগবে? ৩
  - গাণিতিক বিশ্লেষণসহ খালিদের হিসাবের যথার্থতা যাচাই কর। ৪

### ৮ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** মানুষের তৈরি মহাশূন্যযান-যা নির্দিষ্ট কক্ষপথে থেকে পৃথিবীকে প্রদক্ষিণ করে তাকে কৃত্রিম উপগ্রহ বলে।

**খ** আমরা জানি, অভিকর্ষ হচ্ছে মহাকর্ষের একটি বিশেষ রূপ। পৃথিবীর মহাকর্ষ ক্ষেত্রের মধ্যে কোনো বিন্দুতে অভিকর্ষ বিভব শক্তির একটি নির্দিষ্ট মান থাকে। এ মান বস্তুটি কোথাথেকে কোনো পথে এসেছে তার ওপর নির্ভর করে না। এ কারণে একটি বস্তুকে মহাকর্ষ ক্ষেত্রের মধ্যে কোনো বিন্দু থেকে ঘুরিয়ে পুনরায় ঐ বিন্দুতে আনলে কোনো মহাকর্ষ বল দ্বারা কোনো কাজ হয় না। তাই বলা যায় মহাকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল।

**গ** এখানে,  
কুয়ার গভীরতা,  $h = 12 \text{ m}$   
অভিকর্ষজ ত্বরণ,  $g = 9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$   
পানিশূন্য কুয়ার শীর্ষ হতে তলায় পৌঁছাতে সময়,  $t = ?$

আমরা জানি,  $h = \frac{1}{2}gt^2$

$$\text{বা, } t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 12}{9.8}} \\ = 1.56 \text{ s (Ans.)}$$

**ঘ** দেয়া আছে,

কুয়ার গভীরতা,  $h = 12 \text{ m}$

কুয়ার ব্যাস,  $d = 1.8 \text{ m}$

∴ কুয়ার ব্যাসার্ধ,  $r = \frac{1.8}{2} \text{ m} = 0.9 \text{ m}$

কুয়ার পানির আয়তন,  $V = \pi r^2 l = 3.14 \times 0.9^2 \times 12 = 30.536 \text{ m}^3$

পানির ঘনত্ব,  $\rho = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

সুতরাং পানির ভর,  $m = V\rho = 30.536 \times 1000 = 30536 \text{ kg}$

সময়,  $t = 21 \text{ min} = 21 \times 60 \text{ s} = 1260 \text{ s}$

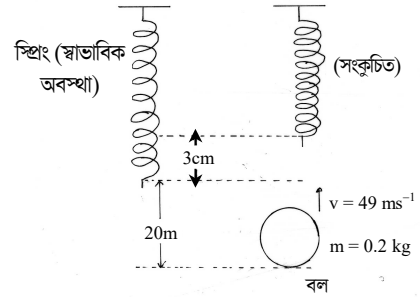
পানি উঠানোর গড় উচ্চতা,  $h' = \frac{0 + 12}{2} \text{ m} = 6 \text{ m}$

পানি উঠাতে কৃত কাজ,  $W = mgh' = 30536 \times 9.8 \times 6 \\ = 1795516.8 \text{ J}$

$$\text{আমরা জানি, } P = \frac{W}{t} \\ = \frac{1795516.8 \text{ J}}{1260 \text{ s}} \\ = 1425.013 \text{ W} = 1.91 \text{ HP}$$

উদ্দীপকে প্রাপ্ত তথ্যানুযায়ী কুয়াটিকে পানি শূন্য করতে 1.91 HP এর পাম্প দরকার। কিন্তু খালিদের হিসাব অনুযায়ী 2 HP ক্ষমতার পাম্প দরকার যা পুরোপুরি সঠিক নয়।

### প্রশ্ন ▶ ৯



উপরের চিত্রে একটি স্প্রিং এর একপ্রান্ত O বিন্দু হতে ঝুলানো হল। 0.2 kg ভরের একটি বলকে  $49 \text{ ms}^{-1}$  বেগে নিষ্ক্ষেপ করায় এটি 20 m উপরে স্প্রিংটির অপর প্রান্তে আঘাত করে 3 cm সংকুচিত করে, স্প্রিংটিও বলের উপর প্রত্যয়নী বল প্রয়োগ করে।

◀ *শিখনফল: ৩/রা. বো. ২০১৫/*

- ভূ-স্প্রিংর উপগ্রহ কাকে বলে? ১
- দুটি সমান ভরের বস্তুর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে বস্তুদ্বয় পরস্পর বেগ বিনিময় করে — ব্যাখ্যা কর। ২
- ভূমিতে আঘাতের পূর্ব মুহূর্তে বলটির বেগ নির্ণয় কর। ৩
- উদ্দীপক থেকে স্প্রিং বল দ্বারা কৃত কাজ নির্ণয় সম্ভব কিনা — গাণিতিক যুক্তি দিয়ে ব্যাখ্যা কর, বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

### ৯ নং প্রশ্নের উত্তর

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

**খ** দুটি সমান ভরের স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের ক্ষেত্রে আমরা পাই,

$$mu_1 + mu_2 = mv_1 + mv_2$$

$$\text{এবং } \frac{1}{2}mu_1^2 + \frac{1}{2}mu_2^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\text{বা, } u_1 - v_1 = v_2 - u_2 \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (1)$$

$$\text{এবং } u_1^2 - v_1^2 = v_2^2 - u_2^2 \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (2)$$

সমীকরণ (2) কে (1) দ্বারা ভাগ করে

$$u_1 + v_1 = v_2 + u_2 \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (3)$$

সমীকরণ (1) ও (3) যোগ করে

$$2u_1 = 2v_2$$

$$\text{বা, } v_2 = u_1$$

সমীকরণ (1) ও (3) বিয়োগ করে

$$2u_2 = 2v_1$$

$$\text{বা, } v_1 = u_2$$

সুতরাং সমান ভরের দুটি বস্তুর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে বস্তুদ্বয় পরস্পর বেগ বিনিময় করে।

**গ** ভূমিতে আঘাতের পূর্ব মুহূর্তে বলটির বেগের মান নিষ্ক্ষেপের সময় বেগের মানের সমান কিন্তু দিক বিপরীত হবে অর্থাৎ বেগের মান  $49 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  হবে। কারণ বলটিকে নিষ্ক্ষেপ করা হতে ভূমিতে ফিরে আসা পর্যন্ত এর উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ বল এবং স্পিং বল উভয়ই সংরক্ষণশীল এবং একটি পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে পূর্বের অবস্থানে ফিরে এলে সংরক্ষণশীল বল দ্বারা কৃত কাজ শূন্য হয়।

**ঘ** স্পিংটির শুধু সংকোচনে কৃত কাজ হবে স্পিংটি স্পর্শের সময় বলটির গতিশক্তির সমান।

স্পিংটি স্পর্শের সময় বলটির বেগ  $v$  হলে

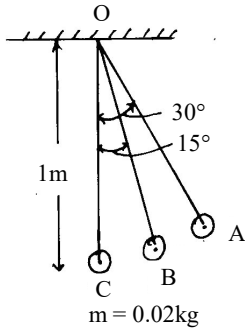
$$v^2 = v_0^2 - 2gh = 49^2 - 2 \times 9.8 \times 20 = 2009 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-2}$$

সুতরাং স্পিংটি স্পর্শের সময় বলটির গতিশক্তি,

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 2009 = 200.9 \text{ J}$$

স্পিংবল দ্বারা কৃত কাজ শূন্য কারণ বলটি স্পিংটিকে স্পর্শ করার সময় এর যে বেগ থাকবে, স্পিং থেকে মুক্ত হওয়ার সময় সে বেগ প্রাপ্ত হবে। স্পিং সংকোচনের সময় স্পিং বল দ্বারা  $200.9 \text{ J}$  ঋণাত্মক কাজ হবে এবং প্রসারণের সময় সম পরিমাণ ধনাত্মক কাজ হবে ফলে মোট কৃত কাজ শূন্য হবে।

**প্রশ্ন ▶ ১০**



উপরের উদ্দীপকে  $0.02 \text{ kg}$  ভরের একটি বস্তুকে O বিন্দু থেকে  $1 \text{ m}$  লম্বা সূতার সাহায্যে ঝুলানো হল। A বিন্দু সর্বোচ্চ বিস্তার নির্দেশ করে যা O বিন্দুতে  $30^\circ$  কোণ উৎপন্ন করে, এটিকে A বিন্দু পর্যন্ত টেনে ছেড়ে দেয়া হলে এটি দুলতে শুরু করে। [ $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$ ]

◀ শিখনফল: ৫ ও ৭ [রা. বে. ২০১৫]

- ক. স্পর্শ কোণ কাকে বলে? ১
- খ. তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে গ্যাসের সান্দ্রতা বাড়ে কিন্তু তরলের সান্দ্রতা কমে — ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উদ্দীপকের B বিন্দুতে দোলকটির গতিশক্তি বের কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত দোলকটি যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা সূত্র মেনে চলে কিনা — গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

### ১০ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কঠিন ও তরলের স্পর্শবিন্দু হতে বক্র তরল তলে অঙ্কিত স্পর্শক কঠিন বস্তুর সাথে তরলের মধ্যে যে কোণ উৎপন্ন করে, তাকে উক্ত কঠিন ও তরলের মধ্যকার স্পর্শ কোণ বলে।

**খ** তরলের সান্দ্রতা উৎপন্ন হয় আন্তঃআণবিক বলের কারণে। কিন্তু গ্যাসের সান্দ্রতা উৎপন্ন হয় অণুগুলোর মধ্যকার সংঘর্ষের কারণে। তাপমাত্রা বাড়লে তরলের আন্তঃআণবিক বল হ্রাস পায় এবং গ্যাস অণুসমূহের মধ্যকার সংঘর্ষ বৃদ্ধি পায়। তাই তাপমাত্রা বাড়লে গ্যাসের সান্দ্রতা বাড়ে কিন্তু তরলের সান্দ্রতা কমে।

**গ**  $OQ = OA \cos 30^\circ$

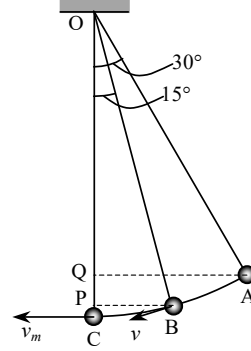
$$= 1 \text{ m} \times 0.866 = 0.866 \text{ m}$$

$$OP = OB \cos 15^\circ$$

$$= 1 \text{ m} \times 0.966 = 0.966 \text{ m}$$

$$QP = OP - OQ$$

$$= 0.966 \text{ m} - 0.866 \text{ m} = 0.1 \text{ m}$$



B বিন্দুতে ববের বেগ  $v$  হলে

$$v^2 = 2 \times 9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \times 0.1 \text{ m} = 1.96 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-2}$$

সুতরাং B বিন্দুতে ববের গতি শক্তি,

$$K_B = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.02 \text{ kg} \times 1.96 \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-2} = 0.0196 \text{ J}$$

**ঘ**  $OQ = OA \cos 30^\circ = 1 \text{ m} \times 0.866 = 0.866 \text{ m}$

$$OP = OB \cos 15^\circ = 1 \text{ m} \times 0.966 = 0.966 \text{ m}$$

$$QP = OP - OQ = 0.966 \text{ m} - 0.866 \text{ m} = 0.1 \text{ m}$$

$$QC = OC - OQ = 1 \text{ m} - 0.866 \text{ m} = 0.134 \text{ m}$$

$$PC = OC - OP = 1 \text{ m} - 0.966 \text{ m} = 0.034 \text{ m}$$

সুতরাং C এর সাপেক্ষে A বিন্দুতে ববের বিভব শক্তি,

$$U_A = mg \times QC = 0.02 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \times 0.134 \text{ m} = 0.02626 \text{ J}$$

এবং গতিশক্তি,  $K_A = 0$

সুতরাং A বিন্দুতে মোট শক্তি,

$$E_A = U_A + K_A = 0.02626 \text{ J} + 0 = 0.02626 \text{ J}$$

আবার C এর সাপেক্ষে B বিন্দুতে ববের বিভব শক্তি,

$$U_B = mg \times PC = 0.02 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \times 0.034 \text{ m} = 0.00666 \text{ J}$$

এবং গতিশক্তি,  $K_B = 0.0196 \text{ J}$  [‘গ’ অংশ হতে]

সুতরাং B বিন্দুতে মোট শক্তি,

$$E_B = U_B + K_B = 0.00666 \text{ J} + 0.0196 \text{ J} = 0.02626 \text{ J}$$



C এর সাপেক্ষে C বিন্দুতে বরের বিভব শক্তি,  $U_C = 0$

C বিন্দুতে বরের বেগ  $v_m$  হলে

$$v_m^2 = 2 \times 9.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \times 0.134 \text{ m} = 2.6264 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

সুতরাং C বিন্দুতে বরের গতি শক্তি,

$$K_C = \frac{1}{2} m v_m^2 = \frac{1}{2} \times 0.02 \text{ kg} \times 2.6264 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = 0.02626 \text{ J}$$

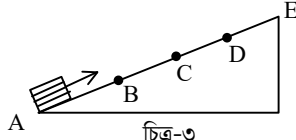
সুতরাং C বিন্দুতে মোট শক্তি,

$$E_C = U_C + K_C = 0 + 0.02626 \text{ J} = 0.02626 \text{ J}$$

এখানে,  $E_A = E_B = E_C$

সুতরাং দোলকটি যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা মেনে চলে।

**প্রশ্ন ১১** একটি 300g ভরের বস্তু অনুভূমিকের সাথে  $30^\circ$  কোণে রক্ষিত তলে 5.88J গতিশক্তি প্রয়োগে A থেকে E বিন্দুতে ঘর্ষণহীনভাবে ঠিক পৌঁছে যায়। পরক্ষণে বস্তুটি E বিন্দু থেকে উক্ত তল বরাবর A-এর দিকে পড়তে থাকে (চিত্র-৩)। চিত্রে  $AB = BC = CD = DE$



চিত্র-৩

শিখনফল: ৬ ও ৭ / ক্র. বো. ২০১৫/

- প্রত্যয়নী বল কাকে বলে? ১
- কোনো গ্যাস কণিকার বেগ নির্ণয়ে গড় বর্গবেগের বর্গমূল মান নেওয়া হয় কেন? ২
- আনত তল AE এর দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩
- বস্তুটি উল্লিখিত তল বরাবর পড়ার সময় যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণ সূত্র মেনে চলে — তার যথার্থতা D ও C বিন্দুতে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মূল্যায়ন কর। ৪

### ১১ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** বল প্রয়োগে কোনো বস্তুর বিকার হলে স্থিতিস্থাপকতার কারণে পূর্বের অবস্থায় ফিরে যেতে বস্তুর অভ্যন্তরে যে বল উৎপন্ন হয় তাকে প্রত্যয়নী বল বলে।

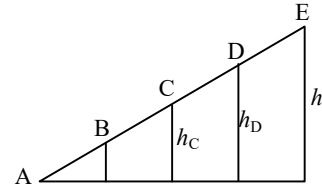
**খ** গ্যাসের গতিতত্ত্ব থেকে আমরা জানি, গ্যাসের অণুগুলো ইতস্তত বিক্ষিপ্তভাবে ছোটাছুটি করছে। কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ, অণুগুলোর মোট গতি শক্তি ইত্যাদি গ্যাসের অণুগুলোর গড় বর্গ বেগের বর্গমূলের সাথে সম্পর্কিত কিন্তু গড় বেগের সাথে সম্পর্কিত নয়। তাই গ্যাসের অণুগুলোর বেগ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে গড় বর্গ বেগের বর্গমূল মান নেয়া হয়।

**গ** দেওয়া আছে, বস্তুর ভর,  $m = 300 \text{ g} = 0.3 \text{ kg}$   
ভূমি হতে হেলানো তলের উচ্চতা  $h$  হলে,  $mgh =$  আদি গতিশক্তি  $= 5.88 \text{ J}$

$$\therefore h = \frac{5.88 \text{ J}}{mg} = \frac{5.88 \text{ J}}{0.2 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}} = 2 \text{ m}$$

$$\therefore \sin 30^\circ = \frac{h}{AE} \text{ বা, } AE = \frac{h}{\sin 30^\circ} = \frac{2 \text{ m}}{\frac{1}{2}} = 4 \text{ m (Ans.)}$$

**ঘ** গ অনুসারে  $h = 2 \text{ m}$  এবং  $AE = 4 \text{ m}$ । আবার যেহেতু  $AB = BC = CD = DE$  সেহেতু  $AC = EC = 2 \text{ m}$ ,  $AD = 3 \text{ m}$  এবং  $ED = 1 \text{ m}$ ।



আমরা পাই,

$$\sin A = \frac{h}{AE} = \frac{h_C}{AC} = \frac{h_D}{AD}$$

$$h_C = \frac{h}{AE} \times AC = \frac{2}{4} \times 2 = 1 \text{ m}$$

$$h_D = \frac{h}{AE} \times AD = \frac{2}{4} \times 3 = 1.5 \text{ m}$$

সুতরাং C ও D বিন্দুর বিভব শক্তি যথাক্রমে  $U_C = (0.3 \times 9.8 \times 1) \text{ J} = 2.94 \text{ J}$  ও  $U_D = (0.3 \times 9.8 \times 1.5) \text{ J} = 4.41 \text{ J}$ ।

হেলানো তলে বস্তুর ত্বরণ  $= EA$  বরাবর অভিকর্ষজ ত্বরণের উপাংশ  $a = g \sin 30^\circ = 9.8 \times 0.5 = 4.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

E থেকে হেলানো তলে গতিশীল বস্তুর বেগ C ও D বিন্দুতে যথাক্রমে  $v_C$  ও  $v_D$  হলে আমরা পাই

$$v_C^2 = 2a \times EC = 2 \times 4.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \times 2 \text{ m} = 18.6 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\text{এবং } v_D^2 = 2a \times ED = 2 \times 4.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \times 1 \text{ m} = 9.8 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

C বিন্দুতে গতিশক্তি

$$K_C = \frac{1}{2} m v_C^2 = \frac{1}{2} \times 0.3 \text{ kg} \times 18.6 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = 2.94 \text{ J}$$

D বিন্দুতে গতিশক্তি

$$K_D = \frac{1}{2} m v_D^2 = \frac{1}{2} \times 0.3 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = 1.47 \text{ J}$$

C বিন্দুতে মোট শক্তি

$$E_C = U_C + K_C = 2.94 \text{ J} + 2.94 \text{ J} = 5.88 \text{ J}$$

D বিন্দুতে মোট শক্তি

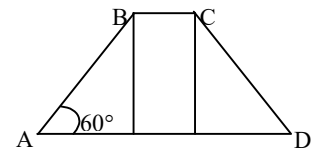
$$E_D = U_D + K_D = 4.41 \text{ J} + 1.47 \text{ J} = 5.88 \text{ J}$$

সুতরাং C বিন্দুতে মোট শক্তি = D বিন্দুতে মোট শক্তি

সুতরাং হেলানো তল বরাবর বস্তুটি নামার সময় যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা সূত্র মেনে চলে।

**প্রশ্ন ১২** চিত্রে প্রদর্শিত AB মই বেয়ে 30 kg ভরের একটি বালক উপরে উঠে এবং CD আনত তল বেয়ে নিচে নেমে আসে। তলের ঘর্ষণ বল 50N।

চিত্রে,  $AB = 4 \text{ m}$   
 $BC = 1 \text{ m}$   
এবং  $CD = 5 \text{ m}$



নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

শিখনফল: ৬ / চ. বো. ২০১৫/

- নিউটনের মহাকর্ষ সূত্রটি বর্ণনা কর। ১
- দেখাও যে, একক সমকৌণিক বেগে ঘূর্ণনরত কোনো বস্তুর জড়তার ভ্রামক এর কৌণিক ভরবেগের সমান। ২
- বালকটি A হতে C বিন্দুতে পৌঁছতে অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজ হিসাব কর। ৩
- CD পথে নামার সময় বালকটির ত্বরণ অভিকর্ষজ ত্বরণের চেয়ে কম না বেশি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

## ১২ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** মহাবিশ্বের যেকোনো দুটি কণা এদের কেন্দ্রের সংযোজক সরল রেখা বরাবর পরস্পরকে একটি বল দ্বারা আকর্ষণ করে, এ বলের মান কণাদ্বয়ের ভরের গুণফলের সমানুপাতিক এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক।

**খ** আমরা জানি, ঘূর্ণন গতির ক্ষেত্রে, কৌণিক ভরবেগ = জড়তার ভ্রামক  $\times$  কৌণিক বেগ বা,  $L = I\omega$  কৌণিক বেগ একক মানের অর্থাৎ  $\omega = 1$  হলে,  $L = I \times 1 = I$  সুতরাং একক সমকৌণিক বেগে ঘূর্ণনরত কোনো বস্তুর জড়তার ভ্রামক এর কৌণিক ভরবেগের সমান।

**গ** AD হতে BC তলের উচ্চতা  $h$  হলে,  $\frac{h}{AB} = \sin 60^\circ$

$$\therefore h = AB \times \sin 60^\circ = 4 \text{ m} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 3.464 \text{ m}$$

$\therefore$  A হতে C বিন্দুতে পৌছাতে অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজ,  $W = -mgh$  [অভিকর্ষ বল ও সরণ বিপরীত হওয়ায় চিহ্ন ঋণাত্মক হয়েছে]  
 $= -30 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \times 3.464 \text{ m} = -1018.4 \text{ J}$  (Ans.)

**ঘ** CD পথে কোনো ঘর্ষণ না থাকলে CD তল বরাবর নিচের দিকে বালকটির ত্বরণ হতো,  $g' = g \sin \theta$

$\theta$  হলো ভূমির সাথে CD তলের আনতি

$$\sin \theta = \frac{h}{CD} = \frac{3.464 \text{ m}}{5 \text{ m}} = 0.6928$$

$$\therefore \theta = \sin^{-1}(0.6928) = 43.85^\circ$$

$$\therefore g' = 9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \times \sin 43.85^\circ = 6.79 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} < 9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

সুতরাং কোনো ঘর্ষণ না থাকলে CD বরাবর নিচের দিকে ত্বরণ হতো  $6.79 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , আর ঘর্ষণ থাকলে ত্বরণ আরো কম হবে।

অতএব, CD পথে নামার সময় বালকটির ত্বরণ অভিকর্ষজ ত্বরণের চেয়ে কম হবে।

**প্রশ্ন ১৩** পেট্রোনাস টুইন টাওয়ারের শীর্ষতলের উচ্চতা 375 m। কাসেম 10 kg ভরের একটি বস্তুর সহ শীর্ষতলে আরোহণ করে। এতে সময় লাগে 40 মিনিট। তিনি শীর্ষতল থেকে বস্তুটি নিচে ফেলে দিল। উহা বিনা বাধায় ভূমিতে পতিত হলো। মনির বললো, “আমি এই কাজটি করতে পারবো।” কাসেমের ভর 60 kg এবং মনিরের ভর 55 kg।

◀ শিখনফল: ৭ ও ৯ / সি. বো. ২০১৫/

ক. কর্মদক্ষতা কাকে বলে? ১

খ. বলের দ্বারা কাজ বলতে কী বুঝায়? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. ভূমি থেকে কত উচ্চতায় বস্তুর গতিশক্তি এর গতিশক্তির দ্বিগুণ হবে? ৩

ঘ. মনির কি একই সময়ে কাজটি করতে পারবে? ৪

গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও।

## ১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো যন্ত্র সরবরাহকৃত শক্তির যত অংশ কাজে রূপান্তরিত করতে পারে তাকে ঐ যন্ত্রের কর্মদক্ষতা বলে। অথবা কোনো যন্ত্র কর্তৃক কৃতকাজ ও সরবরাহকৃত শক্তির অনুপাতকে ঐ যন্ত্রের কর্মদক্ষতা বলে।

**খ** কোনো বস্তুর ওপর বল প্রয়োগের ফলে বলের দিকে সরণের উপাংশ থাকলে বলের দ্বারা কাজ বা ধনাত্মক কাজ হয়। বলের দ্বারা কাজের ফলে বস্তুর গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। কোনো বস্তু অভিকর্ষের প্রভাবে নিচে নেমে আসা-বলের দ্বারা কাজের উদাহরণ।

**গ**  $h$  উচ্চতায় বিভব শক্তি  $mgh$  এবং গতিশক্তি 0। সুতরাং মোটশক্তি  $mgh$ । ধরা যাক,  $y$  উচ্চতায় বিভব শক্তি গতিশক্তির দ্বিগুণ হবে।  $y$  উচ্চতায় বিভব শক্তি  $mgy$  এবং গতিশক্তি  $E_k$  হলে শক্তির নিত্যতার নীতি থেকে পাই,

$$mgy + E_k = mgh$$

$$E_k = mgh - mgy$$

শর্তানুসারে,  $2(mgh - mgy) = mgy$

$$\text{বা, } 3mgy = 2mgh$$

$$\therefore y = \frac{2h}{3} = \frac{2 \times 375 \text{ m}}{3} = 250 \text{ m}$$

সুতরাং ভূমি হতে 250 m উচ্চতায় বস্তুর বিভব শক্তি গতি শক্তির দ্বিগুণ হবে।

**ঘ** যেহেতু কাসেম এবং মনিরের ভর ভিন্ন, তাই কাসেমের সমান ক্ষমতা প্রয়োগ করলে মনির একই সময়ে কাজটি করতে পারবে না। তবে মনির কিছুটা কম ক্ষমতা প্রয়োগ করলে একই সময়ে কাজটি করতে পারবে।

এখানে, বস্তুর সহ মনিরের ভর,  $m = 55 \text{ kg} + 10 \text{ kg} = 65 \text{ kg}$

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

অতিক্রান্ত উচ্চতা,  $h = 375 \text{ m}$

সময়কাল,  $t = 40 \text{ min} = 40 \times 60 \text{ sec} = 2400 \text{ sec}$

মনিরের সঞ্চিত ক্ষমতা  $P$  হলে,

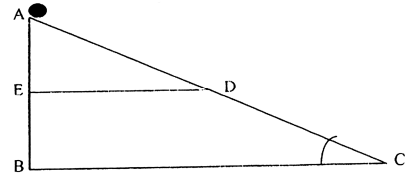
$$P = \frac{mgh}{t}$$

$$= \frac{65 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \times 375 \text{ m}}{2400 \text{ sec}} = 99.53 \text{ watt}$$

সুতরাং মনির 99.53 watt ক্ষমতা প্রয়োগ করলে একই সময়ে কাজটি করতে পারবে।

## প্রশ্ন ১৪

$m = 10 \text{ kg}$   
 $AE = 2 \text{ m}$   
 $AB = 10 \text{ m}$



বস্তুটি হেলানো তল বেঁয়ে ঘর্ষণহীনভাবে পড়তে থাকলো।

◀ শিখনফল: ৬ ও ৭

ক. সংরক্ষণশীল বল কাকে বলে? ১

খ. একজন লোক ঝুলন্ত ব্যাগ নিয়ে রাস্তায় হাঁটতে থাকলে অভিকর্ষজ বলটির দ্বারা কৃতকাজ কেমন হবে ব্যাখ্যা করো। ২

গ. C বিন্দুতে নামতে বস্তুর দ্বারা কৃতকাজ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. D বিন্দুতে যান্ত্রিক শক্তি A ও C বিন্দুতে যান্ত্রিক শক্তি কি একই? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

## ১৪ 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 লোকটির বুলন্ত ব্যাগের উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষজ বল  $F_g$ , লোকটির সরণ  $x$  হলে কৃতকাজ,

$$W_g = F_g x \cos \theta$$

$$= F_g x \cos 90^\circ \text{ [} F_g \text{ নিম্নমুখী ও } x \text{ সরল পথে ক্রিয়াশীল]}$$

∴ এক্ষেত্রে অভিকর্ষজ বল দ্বারা কৃতকাজ 0।

গ দেওয়া আছে,

$$\text{বস্তুর ভর, } m = 10 \text{ kg}$$

$$\text{উচ্চতা, } h = AB = 10 \text{ m}$$

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

$$\begin{aligned} \therefore \text{C বিন্দুতে নামতে বস্তুটি দ্বারা কৃতকাজ} &= mgh \\ &= 10 \times 9.8 \times 10 \\ &= 980 \text{ J (Ans.)} \end{aligned}$$

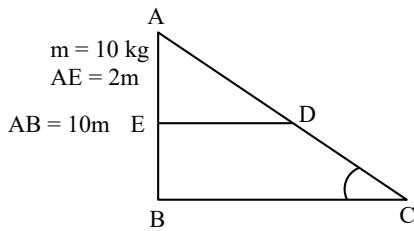
ঘ A বিন্দুতে বস্তুর উচ্চতা,  $h = AB = 10 \text{ m}$

বস্তুর বেগ,  $v = 0 \text{ ms}^{-1}$

$$\begin{aligned} \therefore \text{A বিন্দুতে যান্ত্রিক শক্তি} &= mgh + \frac{1}{2} mv^2 \\ &= 10 \times 9.8 \times 10 + 0 \\ &= 980 \text{ J} \end{aligned}$$

D বিন্দুতে বস্তুর বিভব শক্তি  $E_p = mg \times EB$

$$\begin{aligned} \text{D বিন্দুতে বস্তুর গতিশক্তি, } E_k &= \frac{1}{2} mv^2 \\ &= \frac{1}{2} m [v_o^2 + 2g(AE)] \\ &= \frac{1}{2} m [2g(AB - EB)] \text{ [} \because v_o = 0 \text{ms}^{-1} \text{]} \\ &= mg(AB) - mg(EB) \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \therefore \text{D বিন্দুতে যান্ত্রিক শক্তি} &= E_p + E_k \\ &= mg(EB) + mg(AB) - mg(EB) \\ &= mg(AB) \\ &= 10 \times 9.8 \times 10 \\ &= 980 \text{ J} \end{aligned}$$

C বিন্দুতে বস্তুর বিভব শক্তি,  $E_p = 0$  [∵ উচ্চতা = 0]

$$\begin{aligned} \text{C বিন্দুতে বস্তুর গতিশক্তি, } E_k &= \frac{1}{2} mv^2 \\ &= \frac{1}{2} m [v_o^2 + 2g(AB)] \\ &= \frac{1}{2} m \times 2g(AB) \end{aligned}$$

$$= mg(AB)$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{C বিন্দুতে যান্ত্রিক শক্তি} &= E_p + E_k \\ &= 0 + mg \times AB \\ &= 10 \times 9.8 \times 10 \\ &= 980 \text{ J} \end{aligned}$$

∴ D বিন্দুতে যান্ত্রিক শক্তি, A ও C বিন্দুতে যান্ত্রিক শক্তি একই হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৫ A, B ও C তিনটি কুয়া। একটি পাম্প A কুয়া থেকে 4.9 মিনিটে 10,000 লিটার পানি 6m গড় উচ্চতায় তুলতে পারে। B কুয়ার গভীরতা 12m এবং ব্যাস 8m। অপরদিকে C কুয়ার গভীরতা 15m এবং ব্যাস 6m।

◀ শিখনফল: ৮ ও ৯

- ক. পরমশূন্য তাপমাত্রা কী? ১
- খ. পরম আর্দ্রতা  $6g/m^3$ -এর অর্থ ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. A কুয়ার পাম্পের ক্ষমতা 80% কার্যকর হলে এর ক্ষমতা নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. 5 H.P. ক্ষমতার ইঞ্জিন দ্বারা B ও C কুয়ার মধ্যে কোনটিকে আগে পানি শূন্য করা যাবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

## ১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন তত্ত্বীয়ভাবে শূন্য হয়, যার নিচে কোন তাপমাত্রা থাকা সম্ভব নয়, কারণ তাহলে গ্যাসের আয়তন ঋণাত্মক হতে হয়, যা অসম্ভব, সেই সর্বনিম্ন কল্পনাযোগ্য তাপমাত্রাকে পরমশূন্য তাপমাত্রা বলে।

খ পরম আর্দ্রতার সংজ্ঞা হতে আমরা জানি কোনো স্থানের একক আয়তনের বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণকে ঐ স্থানের পরম আর্দ্রতা বলে।  $6g/m^3$  পরম আর্দ্রতা বলতে বোঝায় এক ঘন মিটার আয়তনের বায়ুতে  $6g$  জলীয়বাষ্প বিদ্যমান আছে।

গ A কুয়ার ক্ষেত্রে,

$$\text{পানির ভর, } m = 10000 \text{ লিটার পানির ভর} = 10000 \text{ kg}$$

$$\text{গড় উচ্চতা, } h = 6 \text{ m}$$

$$\text{উত্তোলনের সময়, } t = 4.9 \text{ মিনিট} = 294 \text{ sec.}$$

ধরি, কার্যকর ক্ষমতা = P এবং

$$\text{প্রদত্ত ক্ষমতা} = P'$$

প্রশ্নমতে,  $P = P'$  এর 80%

$$\text{বা, } \frac{mgh}{t} = P' \times \frac{80}{100}$$

$$\text{বা, } P' = \frac{100 \times mgh}{80t}$$

$$= \frac{100 \times 10,000 \times 9.8 \times 6}{80 \times 294}$$

$$= 2500 \text{ W (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

$$\text{B কুয়ার গভীরতা, } l_B = 12 \text{ m}$$

$$\text{পানি উত্তোলনের গড় উচ্চতা, } h_B = \frac{l_B + 0}{2} = \frac{12 + 0}{2} = 6 \text{ m}$$

$$\text{B কুয়ার ব্যাসার্ধ, } r_B = \frac{8}{2} \text{ m} = 4 \text{ m}$$

$$\text{C কুয়ার গভীরতা, } l_C = 15 \text{ m}$$

পানি উত্তোলনের গড় উচ্চতা,  $h_c = \frac{15+0}{2} = 7.5\text{m}$

C কুয়ার ব্যাসার্ধ,  $r_c = \frac{6}{2}\text{m} = 3\text{m}$

ইঞ্জিনের ক্ষমতা,  $P = 5H.P$   
 $= 5 \times 746\text{W}$   
 $= 3730\text{W}$

ধরি, B কুয়াকে পানি শূন্য করতে প্রয়োজনীয় সময় =  $t_B$

C কুয়াকে পানি শূন্য করতে প্রয়োজনীয় সময় =  $t_C$

আমরা জানি,

$$P = \frac{mgh_B}{t_B}$$

$$\text{বা, } P = \frac{V\rho gh_B}{t_B}$$

$$\text{বা, } P = \frac{\pi r_B^2 l_B \rho gh_B}{t_B}$$

$$\text{বা, } t_B = \frac{\pi r_B^2 l_B \rho gh_B}{P}$$

$$= \frac{3.1416 \times 4^2 \times 12 \times 1000 \times 6}{3730}$$

$$= 970.27\text{s}$$

অনুরূপভাবে,

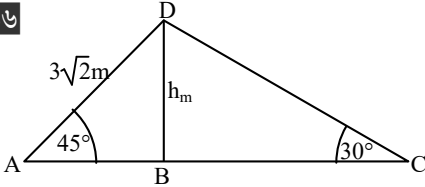
$$t_C = \frac{\pi r_C^2 l_C \rho gh_C}{P}$$

$$= \frac{3.1416 \times 3^2 \times 1000 \times 9.8 \times 7.5}{3730} = 557.149\text{s}$$

লক্ষ্য করি,  $t_B > t_C$

যেহেতু B কুয়াকে পানিশূন্য করতে বেশি সময় লাগে। সুতরাং C কুয়াকে আগে পানিশূন্য করা যাবে।

প্রশ্ন ▶ ১৬



60kg ভরের একজন ব্যক্তি 20 kg বোঝা নিয়ে AD পথে D বিন্দুতে উঠল। কিন্তু বোঝাটি CD পথে তুলতে লোকটির কষ্ট কম হয়।

◀ শিখনফল: ১

- ক. স্থির বল কাকে বলে? ১  
 খ. 300J কাজ বলতে কী বোঝায়? ২  
 গ. AD পথে বোঝাটি তুলতে লোকটির কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩  
 ঘ. CD পথে বোঝাটি তুলতে লোকটির কষ্ট কম হয় কেন—  
 গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

#### ১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বল সময়ের সাথে পরিবর্তিত হয় না তাকে স্থির বল বলে।

খ 300 J কাজ বলতে বোঝায় 1N বল প্রয়োগ করে বলের দিকে 300m সরণ ঘটানো বা 300N বল প্রয়োগ করে 1m সরণ ঘটানো।

গ দেওয়া আছে,

লোকটির ভর = 60 kg

ও বোঝার ভর = 20 kg

মোট ভর,  $m = 60 + 20 = 80\text{ kg}$

$AD = s = 3\sqrt{2}\text{ m}$

বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ,  $\angle BAD = \alpha_1 = 45^\circ$

আমরা জানি, আনত তল বেয়ে উপরে তুলতে

কৃতকাজের পরিমাণ = বল × বলের দিকে সরণের উপাংশ

$$= mg \times s \sin \alpha_1$$

$$= 80 \times 9.8 \times 3\sqrt{2} \times \sin 45^\circ$$

$$= 80 \times 9.8 \times 3\sqrt{2} \times \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$= 2352\text{ J (Ans.)}$$

ঘ যেহেতু উভয়তলের ক্ষেত্রে উল্লম্ব উচ্চতা সমান ( $h_m$ ), তাই উভয় ক্ষেত্রে অভিকর্ষের বিপরীতে সমান কাজ করতে হবে।

মনে করি, AD পথে প্রযুক্ত বল =  $F_1 N$

CD পথে প্রযুক্ত বল =  $F_2 N$

দেয়া আছে, AD পথের দৈর্ঘ্য,  $x_1 = 3\sqrt{2}\text{m}$

$$= \frac{x_1 \sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{3\sqrt{2} \times \frac{1}{\sqrt{2}}}{\frac{1}{2}}$$

CD পথের দৈর্ঘ্য,  $x_2 = 6\text{m}$

আমরা জানি, কাজ = বল × সরণ

∴ AD পথে কৃতকাজ = CD পথে কৃতকাজ

$$\text{বা, } F_1 x_1 = F_2 x_2$$

$$\text{বা, } F_1 = F_2 \cdot \frac{x_2}{x_1}$$

$$\text{বা, } F_1 = F_2 \cdot \frac{6}{3\sqrt{2}}$$

$$\text{বা, } F_1 = 1.41 F_2$$

$$\therefore F_1 > F_2$$

∴ CD পথে অপেক্ষাকৃত কম বল প্রয়োগ করতে হবে। সে কারণে CD পথে বোঝাটি তুললে লোকটির কষ্ট কম হবে।

প্রশ্ন ▶ ১৭ আরিফ 1500 kg ভরের একটি গাড়ি নিয়ে পাহাড়ি রাস্তায় চলছে, যা ভূমির সাথে  $30^\circ$  কোণে আনত। গাড়িটির বেগ  $25\text{ ms}^{-1}$ । সামনে গাছ দেখে গাড়িটি 50m দূরত্ব অতিক্রম করার পর থেমে যায়।

◀ শিখনফল: ৭

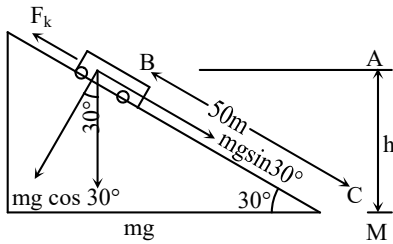
- ক. এক অশ্বক্ষমতা কী? ১  
 খ. 'ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল' ব্যাখ্যা কর। ২  
 গ. গাড়িটির উপর ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ বল কত হবে? ৩  
 ঘ. এক্ষেত্রে গাড়িটি শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি মেনে চলে কিনা বিশ্লেষণ কর। ৪

#### ১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রতি সেকেন্ডে 746J কাজ করার ক্ষমতাকে এক অশ্বক্ষমতা বলে।

খ আমরা জানি, ঘর্ষণ বল সর্বদা গতির বিবুদ্ধে ক্রিয়া করে। তাই একটি পূর্ণ চক্রের প্রতিটি অংশে ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ ঋণাত্মক। ফলে একটি পূর্ণ চক্রে ঘর্ষণ বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কখনও শূন্য হতে পারে না। আবার ঘর্ষণ বলের ক্ষেত্রে দুটি নির্দিষ্ট বিন্দুর মধ্যে সম্পন্ন কাজের পরিমাণ কণাটির গতিপথের ওপর নির্ভর করে। কেননা একটি অমসৃণ টেবিলের ওপরে যেকোনো দুটি বিন্দুর সংযোগকারী ভিন্ন ভিন্ন পথে একটি বস্তুকে ঠেলে নিয়ে গেলে অতিক্রান্ত দূরত্বের পরিবর্তন হয় এবং তার ফলে ঘর্ষণ বল দ্বারা সম্পন্ন কাজের পরিমাণও পরিবর্তিত হয়। এই মান পথের ওপর নির্ভর করে। তাই ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল।

গ



দেওয়া আছে, গাড়ির ভর,  $m = 1500 \text{ kg}$

সরণ,  $s = 50 \text{ m}$

শেষ বেগ,  $v = 0$

আদি বেগ,  $v_0 = 25 \text{ ms}^{-1}$ , ধরি, বাধাদানকারী বল =  $F_2$

নেট বল দ্বারা কৃতকাজ = বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তন

বল  $\times$  সরণ = আদি গতিশক্তি — শেষ গতিশক্তি

$$(F_k - mg \sin 30^\circ) \times 50 = \frac{1}{2} m v_0^2 - \frac{1}{2} m v^2$$

$$F_k - 1500 \times 9.8 \times \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \times 1500 \times 25^2$$

$$F_k = 16725 \text{ N}$$

$\therefore$  ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ বল 16725N

ঘ মনে করি, গাড়িটি B বিন্দু হতে 50m অতিক্রম করে C বিন্দুতে থেমে যায়। চিত্রানুযায়ী B হতে C বিন্দুর উল্লম্ব দূরত্ব =  $AM = h$

$$\sin 30^\circ = \frac{h}{50}$$

$$h = 25 \text{ m}$$

$\therefore$  B বিন্দুতে গাড়িটি ভূমি হতে  $h = 25 \text{ m}$  উচ্চতায় অবস্থিত।

B বিন্দুতে গাড়িটির মোট শক্তি = গতিশক্তি + বিভবশক্তি

$$= \frac{1}{2} m v_B^2 + mgh$$

$$= \frac{1}{2} \times 1500 \times 25^2 + 1500 \times 9.8 \times 25$$

$$= 836250 \text{ J}$$

C বিন্দুতে গাড়ির বেগ = 0

$\therefore$  গতিশক্তি = 0

ভূমি হতে গাড়িটির উচ্চতা  $h = 0$

$\therefore$  বিভবশক্তি = 0

ঘর্ষণ বলের দরুন শক্তির রূপান্তর = গাড়িটিকে থামাতে প্রয়োজনীয় শক্তি

$$= \text{ঘর্ষণ বল} \times \text{সরণ}$$

$$= F_k \times s$$

$$= (16725 \times 50) \text{ J} = 836250 \text{ J}$$

$\therefore$  C বিন্দুতে গাড়িটির মোট শক্তি =

ঘর্ষণ বলের দরুন রূপান্তরিত শক্তি + গতিশক্তি + স্থিতিশক্তি

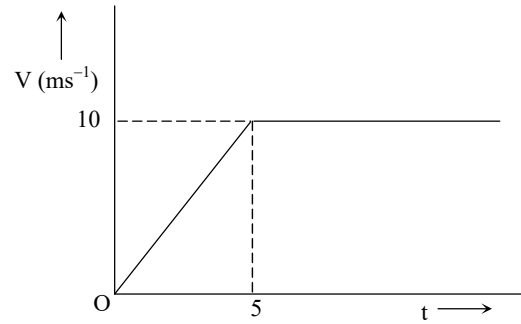
$$= (836250 + 0 + 0) \text{ J}$$

$$= 836250 \text{ J}$$

$\therefore$  B বিন্দুতে গাড়িটির মোট শক্তি = C বিন্দুতে গাড়িটির মোট শক্তি।

$\therefore$  গাড়িটি শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি মেনে চলে।

প্রশ্ন 18



মহাকাশে অবস্থিত একটি মহাশূন্যযানের ইঞ্জিন চালু করলে 5 sec সময়ে এটি  $10 \text{ ms}^{-1}$  গতিবেগ অর্জন করে। মহাকাশযানের ভর  $100 \text{ kg}$  এবং এটি সরলরেখায় গতিশীল।

শিখনফল: ৮

ক. স্প্রিং বল প্রসারণের সাথে কীভাবে সম্পর্কিত? ১

খ. 'ঘর্ষণ একটি অসংরক্ষণশীল বল' — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রথম 10 sec-এ মহাকাশযানটি কত দূরত্ব অতিক্রম করবে? — তা লেখ হতে বের কর। ৩

ঘ. ইঞ্জিনটি কত ক্ষমতা প্রয়োগ করেছিল? ইঞ্জিনটি পুনরায় চালু করলে 5 sec-এ বেগ আরো  $10 \text{ ms}^{-1}$  বৃদ্ধি পাবে কি? মতামত বিশ্লেষণ কর। ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

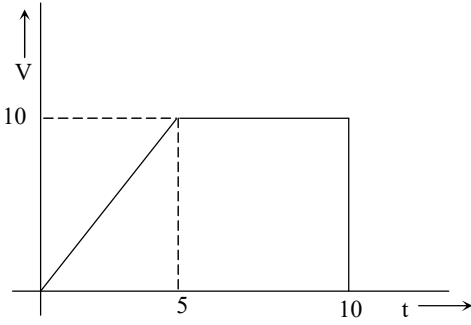
ক স্প্রিং বল প্রসারণের সমানুপাতিক।

খ ঘর্ষণ বল সর্বদা গতির বিপরীতে ক্রিয়া করে।

তাই একটি পূর্ণ চক্রের প্রতিটি অংশে ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ ঋণাত্মক। ফলে একটি পূর্ণচক্রে ঘর্ষণ বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কখনো শূন্য হতে পারে না। আবার ঘর্ষণ বলের ক্ষেত্রে দুটি নির্দিষ্ট বিন্দুর মধ্যে সম্পন্ন কাজের পরিমাণ কণাটির গতিপথের ওপর নির্ভর করে। কেননা একটি অমসৃণ টেবিলের ওপরে যেকোনো দুটি বিন্দুর সংযোগকারী ভিন্ন ভিন্ন পথে একটি বস্তুকে ঠেলে নিয়ে গেলে অতিক্রান্ত দূরত্বের পরিবর্তন হয় এবং তার ফলে ঘর্ষণ বল দ্বারা সম্পন্ন কাজের পরিমাণও পরিবর্তিত হয়। এই মান পথের ওপর নির্ভর করে। তাই ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল।

গ প্রথম 10 সেকেন্ডের জন্য  $v - t$  লেখ নিম্নরূপ:

$v - t$  লেখের আবদ্ধ ক্ষেত্রফল নির্ণয় করলেই প্রথম 10 sec-এ মহাকাশযানটির অতিক্রান্ত দূরত্ব পাওয়া যাবে।



আবদ্ধ ক্ষেত্রটি একটি ট্রাপিজিয়াম, যার সমান্তরাল বাহুদ্বয়ের দৈর্ঘ্য 5 sec এবং 10 sec; সমান্তরাল বাহুদ্বয়ের মধ্যকার লম্ব দূরত্ব =  $10 \text{ ms}^{-1}$

∴ নির্ণেয় দূরত্ব =  $\frac{1}{2} \times$  সমান্তরাল বাহুদ্বয়ের দৈর্ঘ্যের সমষ্টি  $\times$

$$\begin{aligned} \text{সমান্তরাল বাহুদ্বয়ের দূরত্ব} &= \frac{1}{2} \times (5 \text{ sec} + 10 \text{ sec}) \times 10 \text{ ms}^{-1} \\ &= 7.5 \text{ sec} \times 10 \text{ ms}^{-1} \\ &= 75 \text{ m (Ans.)} \end{aligned}$$

**ঘ** মহাকাশযানের ভর,  $M = 100 \text{ kg}$

প্রথম 5 sec-এ যানটি গতিশক্তি অর্জন করে =  $\frac{1}{2} \times mv^2 = \frac{1}{2} \times 100 \text{ kg} \times (10 \text{ ms}^{-1})^2 = 5000 \text{ J}$

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং ইঞ্জিন কর্তৃক প্রযুক্ত ক্ষমতা} &= \frac{\text{প্রদত্ত শক্তি}}{\text{সময়}} \\ &= \frac{5000 \text{ J}}{5 \text{ s}} \\ &= 1000 \text{ W} \end{aligned}$$

ইঞ্জিনটি পুনরায় চালু করলে 5 sec সময়কালে মহাকাশযানটি আরো 5000 J গতিশক্তি অর্জন করবে। তখন মোট গতিশক্তি হবে =  $5000 \text{ J} + 5000 \text{ J} = 10000 \text{ J}$  এবং ঐ মুহূর্তের গতিবেগ  $v'$  হলে,  $\frac{1}{2} m v'^2 = 10000 \text{ J}$

$$\begin{aligned} \text{বা, } v' &= \sqrt{\frac{2 \times 10000 \text{ J}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 10000 \text{ J}}{100 \text{ kg}}} \\ &= 14.14 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

সুতরাং বেগের বৃদ্ধি =  $(14.14 - 10) \text{ ms}^{-1} = 4.14 \text{ ms}^{-1} \neq 10 \text{ ms}^{-1}$  অর্থাৎ ইঞ্জিনটি পুনরায় চালু করলে 5 sec-এ বেগ আরো  $10 \text{ ms}^{-1}$  বৃদ্ধি পাবে না। ( $4.14 \text{ ms}^{-1}$  পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে)।

**প্রশ্ন ▶ ১৯** একটি সমরূপ চাকায় এর সাথে সংযুক্ত ঘূর্ণন দন্ড  $10 \text{ Nm}$  টর্ক সৃষ্টি করে যার 20% অংশ রাস্তার ঘর্ষণ এড়াতে ব্যয়িত হয়। চাকাটির ভর  $2 \text{ kg}$  এবং এর ব্যাসার্ধ  $5 \text{ cm}$ . ◀ *শিখনফল: ৫*

- ক. কাজের একক কী? ১
- খ. সংরক্ষণশীল বল-ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. কখন চাকাটি  $2000 \text{ rad s}^{-1}$  ঘূর্ণনবেগ অর্জন করবে? ৩
- ঘ. ঘূর্ণনরত বস্তুটির ঘূর্ণন গতিশক্তি এবং রৈখিক গতিশক্তি কখনো সমান হতে পারে কিনা-এ সম্পর্কিত যুক্তি দাও। ৪

### ১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কাজের একক জুল।

**খ** একটি বলকে সংরক্ষণশীল বল হবে যদি একটি বস্তু পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে পূর্বের অবস্থানে ফিরে এলে ঐ বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয়। অথবা, একটি বলকে সংরক্ষণশীল বল হবে যদি কোনো বস্তুকে এক বিন্দু থেকে অপর এক বিন্দুতে নিতে ঐ বল দ্বারা কৃতকাজ ঐ বিন্দুদ্বয়ের অবস্থানের ওপর নির্ভর করে কিন্তু তাকে কোন পথে নেয়া হয়েছে তার ওপর নির্ভর না করে।

**গ** কার্যকর টর্ক,  $\tau = 10 \text{ Nm} \times (100 - 20) \% = 8 \text{ Nm}$

চাকাটির ভর,  $M = 2 \text{ kg}$  এবং ব্যাসার্ধ,  $r = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$

চাকার জড়তার ভ্রামক,  $I = \frac{Mr^2}{2} = \frac{2 \text{ kg} \times (0.05 \text{ m})^2}{2} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ kg.m}^2$

$\tau = I\alpha$  হতে পাই,  $\alpha = \frac{\tau}{I} = \frac{8 \text{ Nm}}{2.5 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2} = 3200 \text{ rad.s}^{-2}$

আদি কৌণিক বেগ,  $\omega_i = 0 \text{ rad.s}^{-1}$

শেষ কৌণিক বেগ,  $\omega_f = 2000 \text{ rad.s}^{-1}$

সময়কাল  $t$  হলে,  $\omega_f = \omega_i + \alpha t$

$$\begin{aligned} \therefore t &= \frac{\omega_f - \omega_i}{\alpha} = \frac{2000 \text{ rad.s}^{-1} - 0 \text{ rad.s}^{-1}}{3200 \text{ rad.s}^{-2}} \\ &= 0.625 \text{ s (Ans.)} \end{aligned}$$

**ঘ** চাকাটির ঘূর্ণন গতিশক্তি,  $k_1 = \frac{1}{2} I\omega^2$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} \frac{Mr^2}{2} \omega^2 \\ &= \frac{1}{4} M (r\omega)^2 \\ &= \frac{1}{4} Mv^2 \end{aligned}$$

অপর দিকে এর রৈখিক গতিশক্তি,  $k_2 = \frac{1}{2} Mv^2$

$M$  এবং  $v$  এর যেকোনো মানের জন্য,

$$\frac{1}{2} Mv^2 > \frac{1}{4} Mv^2$$

অর্থাৎ রৈখিক গতিশক্তি  $>$  ঘূর্ণন গতিশক্তি

সুতরাং ঘূর্ণনরত চাকাটির ঘূর্ণন গতিশক্তি এবং রৈখিক গতিশক্তি কখনো সমান হতে পারে না।

**প্রশ্ন ▶ ২০** বিপুলদের বাসার ভূগর্ভস্থ পানির রিজার্ভারের দৈর্ঘ্য  $4 \text{ m}$ , প্রস্থ  $3 \text{ m}$  এবং গভীরতা  $2 \text{ m}$ । রিজার্ভারটি অর্ধেক পানি পূর্ণ আছে। ভূপৃষ্ঠ থেকে  $20 \text{ m}$  ওপরের ছাদের ট্যাংকের পানি তোলার জন্য  $10 \text{ kW}$  এর একটি পাম্প ব্যবহার করা হয়। পাম্পটির দক্ষতা অবশ্য  $80\%$ । ◀ *শিখনফল: ৬ ও ৮*

- ক. কর্মদক্ষতা কী? ১
- খ. বলের বিরুদ্ধে কাজ বলতে কী বোঝ? ২
- গ. রিজার্ভার থেকে  $1 \text{ kg}$  পানি ছাদে ওঠাতে কত শক্তি ব্যয় হবে? ৩
- ঘ. রিজার্ভার পরিষ্কার করার জন্য সম্পূর্ণ পানি ছাদে উঠাতে কত সময় লাগবে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ণয় করো। ৪

## ২০ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো যন্ত্র থেকে প্রাপ্ত মোট কার্যকর শক্তি এবং যন্ত্রে প্রদত্ত মোট শক্তির অনুপাতকে ঐ যন্ত্রের কর্মদক্ষতা বলে।

**খ** যদি বল প্রয়োগের ফলে বলের প্রয়োগ বিন্দু বলের বিপরীত দিকে সরে যায় বা বলের বিপরীত দিকে সরণের উপাংশ থাকে তাহলে সেই বল এবং বলের বিপরীত দিকে সরণের উপাংশের গুণফলকে ঋণাত্মক কাজ বা বলের বিরুদ্ধে কাজ বলে। একখানি বই যদি মেঝে থেকে টেবিলের ওপর ওঠানো হয়, তাহলে বস্তুর ওপর অভিকর্ষজ বল তথা বস্তুর ওজন  $m\vec{g}$  খাড়া নিচের দিকে এবং সরণ  $\vec{r}$  খাড়া ওপরের দিকে ক্রিয়া করে। এক্ষেত্রে অভিকর্ষ বল ও সরণ বিপরীতমুখী হওয়ায় অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কাজ করা হবে বা অভিকর্ষ বলের জন্য ঋণাত্মক কাজ হবে।

**গ** এখানে, উত্তোলিত ভর,  $m = 1 \text{ kg}$   
অভিকর্ষজ ত্বরণ,  $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$   
উচ্চতা,  $h = 20\text{m} + \frac{2\text{m}}{2} = 21\text{m}$

বের করতে হবে, ব্যয়িত শক্তি = অভিকর্ষজ বিভব শক্তি,  $E_p = ?$   
আমরা জানি,  $E_p = mgh$   
 $= 1 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 21\text{m}$   
 $= 205.8\text{J}$  (Ans.)

**ঘ** রিজার্ভারের পানির আয়তন,  $V = 4\text{m} \times 3\text{m} \times 1\text{m}$   
 $= 12\text{m}^3$   
ঐ পানির ভর,  $m = V\rho = 12\text{m}^3 \times 1000 \text{ kgm}^{-3} = 12000 \text{ kg}$   
অভিকর্ষজ ত্বরণ,  $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$   
পাম্পটির মোট ক্ষমতা,  $P' = 10 \text{ kW}$   
সম্পূর্ণ পানি ছাদে উঠাতে কার্যকর উচ্চতা,  $h = 20\text{m} + 1\text{m} + \frac{1\text{m}}{2}$   
 $= 21.5\text{m}$

পাম্পের কার্যকর ক্ষমতা,  $P = P' \times \eta$   
 $= 10\text{kW} \times 80\% = 8\text{kW} = 8000 \text{ W}$

আমরা জানি,  $P = \frac{mgh}{t}$   
 $\therefore t = \frac{mgh}{P} = \frac{12000\text{kg} \times 9.8\text{ms}^{-2} \times 21.5\text{m}}{8000\text{W}}$   
 $= 316.05 \text{ sec}$

সুতরাং রিজার্ভার পরিষ্কার করার জন্য সম্পূর্ণ পানি ছাদে উঠাতে সময় লাগবে = 316.05 sec বা 5 min 16.05 sec

**প্রশ্ন ২১** উর্মি ও তার বান্ধবীরা 3m দৈর্ঘ্যের দোলনায় বসে খাড়া উপরের দিকে প্রত্যেকের হাতে রাখা বেলুন ছুড়ছিল। বেলুন গুলো সর্বাধিক উচ্চতায় উঠে পুনরায় তাদের হাতে এসে পড়ছিল। প্রত্যেকে বেলুন গুলো  $30\text{ms}^{-1}$  বেগে উপরের দিকে ছুড়ে মারছিল।

- ক. শূন্য কাজ কী? ১  
খ. একই উচ্চতা থেকে বালির উপর পড়লে শক্ত মেঝের তুলনায় কম আঘাত লাগে কেন? ২  
গ. বেলুন সর্বাধিক কত উচ্চতায় উঠেছিল? ৩  
ঘ. উর্মিদের বেলুন গুলো যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা সূত্র পালন করছিল বলে কী তুমি মনে কর। গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার উত্তরের সত্যতা যাচাই কর। ৪

## ২১ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোন বস্তুর ওপর বল প্রয়োগে যদি বস্তুর সরণ শূন্য হয় তবে বল এবং সরণের গুণফলই হল শূন্য কাজ।

**খ** একই উচ্চতা থেকে কোন বস্তু বালির ওপর অথবা শক্ত মেঝেতে পড়লে বালি বা মেঝের ওপর একই পরিমাণ বল প্রয়োগ করবে। কিন্তু বালি বা শক্ত মেঝের প্রতিক্রিয়া বল একই হবে না। বালির প্রতিক্রিয়া বল কম হবে কেননা বালির ওপর বস্তুটি পড়লে বালি নিচদিকে ডেবে যাবে। অপরদিকে শক্ত মেঝের কোন রকম পরিবর্তন না হওয়ায় শক্ত মেঝের প্রতিক্রিয়া বল সর্বাধিক হবে। আর তাই বালির ওপর পড়লে শক্ত মেঝের তুলনায় কম আঘাত লাগে।

**গ** আমরা জানি,

$$H = \frac{u^2}{2g}$$

$$= \frac{(30\text{ms}^{-1})^2}{2 \times 9.8\text{ms}^{-2}}$$

$$= 45.918\text{m}$$

$$= 45.92\text{m}$$

এখানে,  
বেগ,  $u = 30\text{ms}^{-1}$   
সর্বোচ্চ উচ্চতা,  $H = ?$

অর্থাৎ, বেলুন সর্বাধিক 45.92m উচ্চতায় উঠেছিল। (Ans.)

**ঘ** ধরি,

বেলুনটির ভর =  $m$

এখন,

A বিন্দুর ক্ষেত্রে,

বিভবশক্তি,  $U_A = 0$

গতিশক্তি,  $K_A = \frac{1}{2}mv^2$

$$= \frac{1}{2}m(30)^2$$

$$= 450 \text{ J}$$

$\therefore$  মোট গতিশক্তি =  $U_A + K_A = 0 + 450\text{mJ} = 450\text{mJ}$

B বিন্দুর ক্ষেত্রে,

বিভব শক্তি,  $U_B = mgx$

গতিশক্তি,  $K_B = \frac{1}{2}mv^2$

আবার,  $v^2 = (30)^2 - 2gx$

$\therefore$  গতিশক্তি,  $K_B = \frac{1}{2}m[(30)^2 - 2gx]$

$$= \frac{1}{2}m(30)^2 - mgx$$

$$= 450\text{m} - mgx$$

$\therefore$  B বিন্দুতে মোট শক্তি =  $U_B + K_B$

$$= mgx + 450\text{m} - mgx$$

$$= 450\text{mJ}$$

C বিন্দুর ক্ষেত্রে,

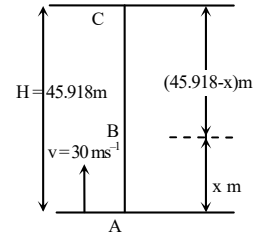
বিভবশক্তি,  $U_C = mgH$

$$= mg(45.918) = 450\text{m}$$

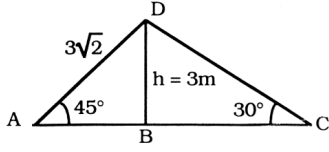
গতিশক্তি,  $K_C = 0$

$\therefore$  মোট শক্তি  $U_C + K_C = 450\text{m} + 0 = 450\text{m}$

অতএব, গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখা যায় যে, বেলুনটি যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা সূত্র পালন করেছিল।



## প্রশ্ন ▶ ২২



60 kg ভরের একজন ব্যক্তি 20 kg বোঝা নিয়ে AD পথে D বিন্দুতে উঠলো। উদ্দীপকের আলোকে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।

◀ শিখনফল: ৬

- ক. কর্মদক্ষতা কী? ১  
 খ. প্রত্যয়নী বল দ্বারা কৃতকাজ ধনাত্মক ও ঋণাত্মক উভয়ই হতে পারে— ব্যাখ্যা কর। ২  
 গ. AD পথে বোঝাটি তুলতে কৃতকাজের পরিমাণ কত? ৩  
 ঘ. লোকটির D বিন্দুতে পৌঁছাতে কোন পথ সহজ হবে— গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

## ২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো যন্ত্রের লভ্য কার্যকর শক্তি ও মোট প্রদত্ত শক্তির অনুপাতকে এর কর্মদক্ষতা বলে।

খ প্রত্যয়নী বল দ্বারা কৃতকাজ ধনাত্মক ও ঋণাত্মক উভয়ই হতে পারে। উদাহরণ হিসেবে, প্রান্তে ভরযুক্ত দোলায়মান স্প্রিং এর কথা ধরা যাক। স্প্রিংটির ভর যখন সাম্যাবস্থান হতে (গতি জড়তার কারণে) বিস্তারের প্রান্তবিন্দুর দিকে যেতে থাকে তখন প্রত্যয়নী বলের দিক হয় ভরের অবস্থান হতে সাম্যাবস্থানের দিকে, কিন্তু ঐ মুহূর্তে ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র সরণ ঘটে সাম্যাবস্থান হতে বিস্তারের প্রান্তের দিকে (অর্থাৎ প্রত্যয়নী বলের বিপরীতে)। তাই  $W = \vec{F} \cdot \vec{s} = F \cos 180^\circ = -Fs$  সূত্রানুসারে এক্ষেত্রে প্রত্যয়নী বল দ্বারা ঋণাত্মক কাজ সম্পন্ন হয়। কিন্তু ভরটি যখন সাম্যাবস্থানের দিকে যেতে থাকে, তখন প্রত্যয়নী বল এবং সরণের দিক অভিন্ন হওয়ায় প্রত্যয়নী বল দ্বারা ধনাত্মক কাজ সম্পন্ন হয়।

গ দেওয়া আছে,

মোট ভর,  $m = 60 \text{ kg} + 20 \text{ kg} = 80 \text{ kg}$   
 যেকোনো পথেই উঠা হোক না কেন অতিক্রান্ত উল্লম্ব উচ্চতা,  $h = 3 \text{ m}$   
 জানা আছে, অভিকর্ষজ ত্বরণ,  $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$   
 বের করতে হবে, কৃতকাজের পরিমাণ,  $W = ?$   
 আমরা জানি,  $W = mgh = 80 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 3 \text{ m} = 2352 \text{ J (Ans.)}$

ঘ বোঝাসহ লোকটির ওজন,  $W = mg = 80 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} = 784 \text{ N}$

DA তল বরাবর W-এর উপাংশ  $= W \cos(90^\circ - 45^\circ)$   
 $= 784 \text{ N} \times 0.707 = 554.3 \text{ N}$

DC তল বরাবর W-এর উপাংশ  $= W \cos(90^\circ - 30^\circ)$   
 $= 784 \text{ N} \times \cos 60^\circ = 392 \text{ N}$

তাহলে, ঐ বোঝাটি সহ লোকটি আনত তল বেয়ে সমবেগে উঠতে চাইলে AD তলের ক্ষেত্রে পা দ্বারা তল বরাবর ন্যূনতম 554.3N মানের বল প্রয়োগ করতে হবে এবং CD তলের ক্ষেত্রে 392 N মানের বল প্রয়োগ করতে হবে।

যেহেতু,  $392 \text{ N} < 554.3 \text{ N}$

সুতরাং, লোকটির D বিন্দুতে পৌঁছাতে CD পথে সহজতর হবে।

## প্রশ্ন ▶ ২৩

অজিত ও বিজিত সহপাঠির বাড়ীতে যথাক্রমে 20ft ও 10ft গভীরতার দু'টি চৌবাচ্চা আছে। প্রতি চৌবাচ্চায় সমপরিমাণ 1100 গ্যালন পানি ধরে। বিজিত ভাবল এমন একটি মোটর ক্রয় করবে যাতে নিজ চৌবাচ্চার পানি 1 ঘণ্টায় নিষ্কাশিত হয়।

◀ শিখনফল: ৯

- ক. ক্ষমতা কী? ১  
 খ. অশ্বক্ষমতা ব্যাখ্যা কর। ২  
 গ. বিজিতের ক্রয় করা মোটরের অশ্ব ক্ষমতা কত? ৩  
 ঘ. অজিত বিজিতের অনুরূপ কর্মসম্পাদন করার জন্য অনুরূপ মোটর দ্বারা সম্ভব হবে কি-গাণিতিক ভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

## ২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একক সময়ে কোনো ব্যক্তি বা যন্ত্রের কাজ করার বা শক্তি ব্যয়ের পরিমাণকে এর ক্ষমতা বলে।

খ কোনো প্রাণী বা যন্ত্র প্রতি সেকেন্ডে 746J পরিমাণ শক্তি ব্যয় করতে পারলে তার ক্ষমতাকে এক অশ্বক্ষমতা বলে। একে HP দ্বারা সূচিত করা হয়। পরীক্ষায় দেখা গেছে, একটি ঘোড়া দৌড়ানোর সময় গড়ে প্রতি সেকেন্ডে 746J পরিমাণ শক্তি ব্যয় করে। তাই এই পরিমাণ ক্ষমতাকে 1H.P বা 1 অশ্বক্ষমতা বলে। এটি ক্ষমতার একটি বৃহৎ একক।

গ বিজিতের মোটর দ্বারা,

উত্তোলিত পানির ভর,  $m = 1100 \text{ gallons} = 1100 \times 3.7854 \text{ Litre}$

$$= 4163.94 \text{ litre পানির ভর}$$

$$= 4163.94 \text{ kg} [\rho_w = 1 \text{ kg/L}]$$

পানি উত্তোলনের গড় উচ্চতা,  $h = \frac{10 \text{ ft}}{2} = 5 \text{ ft} = \frac{5 \times 30.48}{100} \text{ m} =$

1.524m

পানি উত্তোলনের সময়কাল,  $t = 1 \text{ hr} = 3600 \text{ sec}$

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

বের করতে হবে, বিজিতের মোটরের অশ্বক্ষমতা,  $P = ?$

আমরা জানি,  $P = \frac{mgh}{t} = \frac{4163.94 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 1.524 \text{ m}}{3600 \text{ sec}}$

$$= 17.275 \text{ watt} = \frac{17.275}{746} \text{ HP} = 0.023 \text{ HP (Ans.)}$$

ঘ অজিতের চৌবাচ্চায় পানি উত্তোলনের গড় উচ্চতা,

$$h = 2 \times 1.524 \text{ m}$$

$$= 3.048 \text{ m}$$

এক্ষেত্রে t পরিমাণ সময় লাগতে,  $P = \frac{mgh}{t}$

$$\therefore t = \frac{mgh}{P} = \frac{4163.94 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 3.048 \text{ m}}{17.275 \text{ watt}}$$

$$= 7200 \text{ sec} = 2 \text{ hr} \neq 1 \text{ hr}$$

সুতরাং অজিত বিজিতের অনুরূপ কর্মসম্পাদন করার জন্য অনুরূপ মোটর দ্বারা সম্ভব হবে না।



**প্রশ্ন ▶ ২৪** রফিক সাহেব তার ছেলে রাফিকে নিয়ে দৌড়াচ্ছেন। রাফির ভর রফিক সাহেবের ভরের অর্ধেক এবং গতিশক্তি রফিক সাহেবের গতিশক্তির দ্বিগুণ। রফিক সাহেব নিজে থেকে  $F$  বল প্রয়োগ করায়  $a$  ত্বরণ সৃষ্টি হয় এবং  $s$  দূরত্ব গিয়ে বেগ  $1 \text{ ms}^{-1}$  বৃদ্ধি পাওয়ায় তার গতিশক্তি ছেলের গতিশক্তির সমান হল।

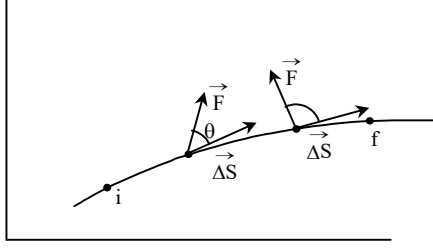
◀ **শিখনফল:** ৫ ও ৭

- ক. কাজ শক্তি উপপাদ্যটি লিখ। ১  
 খ. পরিবর্তনশীল বল দ্বারা কৃতকাজ বলতে কী বুঝ? ২  
 গ. রফিক সাহেবের ভর  $60 \text{ kg}$  এবং বেগ  $2 \text{ m.s}^{-1}$  হলে তার ছেলের গতিশক্তি কত? ৩  
 ঘ. রফিক সাহেব ও রাফির আদি বেগ নির্ণয় করো। ৪

**২৪ নং প্রশ্নের উত্তর**

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

**খ** আমরা জানি, বল  $\times$  বলের দিকে সরণের উপাংশকে কাজ বলে। চিত্রে  $\Delta S$  সরণের জন্য প্রযুক্ত বল  $\vec{F}$  দ্বারা কৃত ক্ষুদ্র কাজ  $\Delta W$  হলে,  $\Delta W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{S}$



এখানে  $\vec{F}$  হচ্ছে আমরা যে বিন্দুতে সরণ  $\Delta \vec{S}$  নিয়েছি সেই বিন্দুতে ক্রিয়াশীল বল। কণাটি  $i$  অবস্থান থেকে  $f$  অবস্থানে নিতে পরিবর্তনশীল বল  $\vec{F}$  দ্বারা কৃতকাজ  $W$  হবে প্রতিটি রেখাংশের জন্য কৃত ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কাজের সমষ্টি।

অর্থাৎ  $W = \sum \Delta W = \sum \vec{F} \cdot \Delta \vec{S} = \sum F \Delta S \cos \theta$ .

ক্যালকুলাসের মাধ্যমে প্রকাশ করলে  $W = \int_i^f \vec{F} \cdot d\vec{S}$

**গ** রফিক সাহেবের ভর,  $m = 60 \text{ kg}$   
 পরিবর্তিত বেগ,  $v = 2 \text{ m.s}^{-1} + 1 \text{ ms}^{-1} = 3 \text{ m.s}^{-1}$



**প্রশ্নব্যাংক**

**▶ উত্তর সংকেতসহ প্রশ্ন**

**প্রশ্ন ▶ ২৫**  $5 \text{ kg}$  ভরের একটি বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলো। সর্বোচ্চ উচ্চতায় বস্তুর মোট শক্তি  $6002.5 \text{ J}$ ।

◀ **শিখনফল:** ৬

- ক.  $1 \text{ W}$  কাকে বলে? ১  
 খ. ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল কেন? ২  
 গ. বস্তুটির নিক্ষেপণ বেগ কত? ৩

∴ তার ছেলের গতিশক্তি,  $E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \times 60 \times 9 = 270 \text{ J}$  (Ans.)

**ঘ** ধরি, রাফির ভর,  $m_1 = m \text{ kg}$   
 রাফির আদিবেগ  $= v_1 \text{ ms}^{-1}$   
 রফিক সাহেবের ভর,  $m_2 = 2 \text{ mkg}$   
 রফিক সাহেবের আদিবেগ  $= v_2 \text{ ms}^{-1}$

এবং শেষ বেগ  $= (v_2 + 1) \text{ ms}^{-1}$

গতিশক্তির সমীকরণ থেকে রাফির গতিশক্তি,  $K_{E_1} = \frac{1}{2} (m) v_1^2$   
 $= \frac{1}{2} m v_1^2 \dots\dots (i)$

রফিক সাহেবের গতিশক্তি,  $K_{E_2} = \frac{1}{2} (2m) v_2^2$   
 $= m v_2^2 \dots\dots (ii)$

সুতরাং প্রশ্রমতে,  $\frac{1}{2} m v_1^2 = 2m v_2^2 \dots\dots (iii)$

এবং  $\frac{1}{2} m v_1^2 = m (v_2 + 1)^2 \dots\dots (iv)$

[∴ রফিক সাহেবের শেষ গতিশক্তি  $= m (v_2 + 1)^2$ ]

সমীকরণ (iii) ও (iv) হতে পাই

$$2m v_2^2 = m (v_2 + 1)^2$$

$$\text{বা, } 2v_2^2 = v_2^2 + 2v_2 + 1$$

$$\text{বা, } v_2^2 - 2v_2 - 1 = 0$$

$$\therefore v_2 = \frac{2 \pm \sqrt{4 + 4}}{2}$$

$$= \frac{2 \pm \sqrt{8}}{2}$$

$$= 1 \pm \frac{2\sqrt{2}}{2} = 2.41 \text{ ms}^{-1} \text{ [কেবল ধনাত্মক মান বিবেচ্য]}$$

এখন  $v_2$  এর মান সমীকরণ (iii) এ বসিয়ে পাই

$$\frac{1}{2} m v_1^2 = 2m v_2^2$$

$$\text{বা, } v_1^2 = 4v_2^2$$

$$\text{বা, } v_1 = 2v_2$$

$$= 2 \times 2.41$$

$$= 4.82 \text{ ms}^{-1}$$

অতএব রাফির আদিবেগ  $4.82 \text{ ms}^{-1}$  এবং

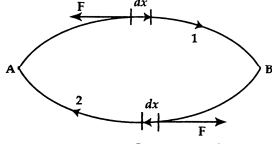
রফিক সাহেবের আদিবেগ  $2.41 \text{ ms}^{-1}$

ঘ. ভূমি থেকে  $30 \text{ m}$  উচ্চতায় বস্তুর গতিশক্তি ও বিভবশক্তির সমষ্টি ধ্রুব হবে কী? গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

**২৫ নং প্রশ্নের উত্তর**

**ক** এক সেকেন্ডে এক জুল কাজ করার ক্ষমতাকে এক ওয়াট বলে।

খ ধরি, একটি বস্তুকে মসৃণ অনুভূমিক মেঝের উপর দিয়ে ঠেলা A বিন্দু হতে 1নং পথে B বিন্দুতে আনা হলো। এই ক্ষেত্রে ঘর্ষণ বল বস্তুর গতি অভিমুখের বিপরীতে ক্রিয়া করবে। কাজেই এই স্থানান্তরে ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হবে; কারণ ঘর্ষণ বল সর্বদাই গতি প্রতিরোধী বল। গতিপথে একটি ক্ষুদ্র সরণ  $dx$  এবং এই সরণ গড়  $F$  ঘর্ষণ বলের বিপরীতে সংঘটিত হলে, কাজ  $W = -Fdx$ ।



∴ 1নং পথে A হতে B পর্যন্ত নিতে মোট কৃত কাজ এরূপ ছোট ছোট কাজের সমষ্টির সমান ও মোট কাজ,

$$W_1 = -\int_1 Fdx$$

এখন যদি বস্তুটিকে B হতে 2নং পথে পুনরায় A বিন্দুতে নিয়ে যাওয়া হয় তবে এই ক্ষেত্রেও ঘর্ষণ বল বস্তুর গতিপথের বিপরীতে ক্রিয়া করবে।

কাজেই এই ক্ষেত্রেও কাজ,

$$W_2 = -\int_2 Fdx$$

উভয় ক্ষেত্রে কাজ ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে হওয়ায় উভয় কাজ ঋণাত্মক এবং তাদের যোগফল শূন্য হবে না। অর্থাৎ  $W_1 + W_2 = -\int_1 Fdx - \int_2 Fdx \neq 0$

কাজেই ঘর্ষণ বল কর্তৃক কাজ পুনরুদ্ধার করা সম্ভব নয়। অতএব ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল বল।

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

গ 2 kg ভরের একটি বস্তুকে কত বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে বস্তুটির সর্বোচ্চ উচ্চতায় মোট শক্তি 500 J হবে?

ঘ ভূমি থেকে 10 m উচ্চতায় বস্তুটির বিভব শক্তি ও গতিশক্তি সমান হবে কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

প্রশ্ন ▶ ২৬ মিম্মা অনুভূমিকের সাথে  $30^\circ$  কোণে 400N বলে একটি বস্তুকে টানছে। টেনে সে বস্তুটিকে 5m দূরত্বে নিয়ে গেল।

◀ শিখনফল: ১

- ক. কৌণিক দূতির একক কী? ১  
 খ. বল ও সরণের মান অশূন্য হওয়া সত্ত্বেও কখন কাজের মান শূন্য হয়? ২  
 গ. প্রযুক্ত বলকে উপাংশে বিভাজিত করে ভেক্টর গুণনের সূত্রানুসারে সম্পন্ন কাজ নির্ণয় কর। ৩  
 ঘ. বস্তুটিকে না টেনে যদি একই বলে একই কোণে ঠেলা হতো, তবে বেশি সুবিধা পাওয়া যেতো কিনা- মতামত দাও। ৪

### ২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রেডিয়ান/সেকেন্ড।

খ কাজ,  $W = \vec{F} \cdot \vec{S} = FS \cos\theta$

সুতরাং  $F \neq 0$ ,  $S \neq 0$  হওয়া সত্ত্বেও  $W = 0$  হতে পারে, যদি  $\cos\theta = 0$  হয়, অর্থাৎ  $\theta = 90^\circ$  হয়।

অতএব, বল এবং সরণ অশূন্য হওয়া সত্ত্বেও কাজের মান শূন্য হবে, যদি বল ও সরণের অন্তর্ভুক্ত কোণ  $90^\circ$  হয়, অর্থাৎ বলের লম্বদিকে সরণ ঘটে।

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

গ তপু অনুভূমিকের সাথে  $30^\circ$  কোণে 400 N বলে একটি বস্তুকে টেনে 5m দূরত্বে নিয়ে গেল। প্রযুক্ত বলকে উপাংশে বিভাজিত করে ভেক্টর গুণনের সূত্রানুসারে কাজ নির্ণয় করো।

ঘ লন রোলারকে টানা অপেক্ষা ঠেলা অনেক কষ্টকর— গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ করো।

প্রশ্ন ▶ ২৭ 10 kg ভরের একটি বস্তুর উপর নির্দিষ্ট মানের একটি বল 10s যাবৎ কাজ করায় এর বেগ  $(2\hat{i} - 3\hat{j} + 5\hat{k}) \text{ ms}^{-1}$  হতে পরিবর্তিত হয়ে  $(7\hat{i} - 6\hat{j} + 5\hat{k}) \text{ ms}^{-1}$  হলো।

◀ শিখনফল: ৬

- ক. ধনাত্মক কাজ কী? ১  
 খ. কাজের মাত্রা সমীকরণ নির্ণয় করো। ২  
 গ. বল প্রয়োগের পূর্বে বস্তুর গতিশক্তি, উদ্দীপক মতে কত ছিল? ৩  
 ঘ. বল প্রয়োগকালীন, উদ্দীপকে উল্লিখিত বস্তুটির গতিশক্তি মিটার প্রতি কী হারে পরিবর্তিত হচ্ছিল— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

### ২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যদি বল প্রয়োগের ফলে বলের প্রয়োগবিন্দু বলের দিকে সরে যায় বা বলের দিকে সরণের উপাংশ থাকে তাহলে সেই বল এবং বলের দিকে সরণের উপাংশের গুণফলকে ধনাত্মক কাজ বলে।

খ আমরা জানি, কাজের মাত্রা = বল  $\times$  সরণ এর মাত্রা।

∴ কাজের মাত্রা = বল  $\times$  সরণ -এর মাত্রা = ভর  $\times$  ত্বরণ  $\times$  সরণ এর মাত্রা

$$= \text{ভর} \times \frac{\text{বেগ}}{\text{সময়}} \text{ সরণ-এর মাত্রা} = \text{ভর} \frac{\text{সরণ}}{(\text{সময়})^2} \times \text{সরণ এর মাত্রা}$$

$$\therefore [W] = \frac{ML^2}{T^2}$$

$[W] = [ML^2T^{-2}]$ ; এটিই হলো কাজের মাত্রা সমীকরণ

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

গ 10 kg ভরের একটি কণার বেগ। 10s এ  $(7\hat{i} - 6\hat{j} + 5\hat{k}) \text{ ms}^{-1}$  হলে এর গতিশক্তি কত হবে ?

ঘ 10kg ভরের একটি বস্তুর ওপর একটি বল 10s কাজ করায় এর বেগ  $(2\hat{i} - 3\hat{j} + 5\hat{k}) \text{ ms}^{-1}$  হতে পরিবর্তিত হয়ে  $(7\hat{i} - 6\hat{j} + 5\hat{k}) \text{ ms}^{-1}$  হলে প্রতিমিটারে গতিশক্তি পরিবর্তন নির্ণয় কর।

**প্রশ্ন ▶ ২৮** তৌহিদ সাহেবের বাড়িতে একটি পুরাতন ভূগর্ভস্থ কুয়া আছে যার গভীরতা 9.5m এবং কুয়াটির ব্যাস 4.2m। উল্লেখ্য, ভূ-পৃষ্ঠ হতে 4m গভীরে পানির স্তর বা লেভেল অবস্থিত।

◀ **শিখনফল: ১১**

- ক. এক জুল কী? ১  
খ. অশ্বক্ষমতা বলতে কী বোঝায়? ২  
গ. কুয়াতে কত লিটার পানি ছিল? ৩  
ঘ. কুয়াটি 30 মিনিটে খালি করতে কত হর্স-পাওয়ার (H.P) বিশিষ্ট পাম্প ব্যবহার করা প্রয়োজন— মতামত দাও। ৪

**২৮ নং প্রশ্নের উত্তর**

**ক** কোনো বস্তুর ওপর এক নিউটন বল প্রয়োগের ফলে যদি বলের দিকে বলের প্রয়োগ বিন্দুর এক মিটার সরণ হয় তবে সম্পন্ন কাজকে এক জুল বলে।

**খ** এককের আন্তর্জাতিক পদ্ধতি চালুর পূর্বে ক্ষমতার একটি ব্যবহারিক একক হলো অশ্বক্ষমতা। 746 watt ক্ষমতাকে এক অশ্বক্ষমতা (1 HP) বলে।

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

অর্থাৎ, প্রতিসেকেন্ডে 746 watt কাজ করার ক্ষমতাকে এক অশ্বক্ষমতা বলে।

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

**গ** একটি পানিপূর্ণ ভূ-গর্ভস্থ জলাধারের গভীরতা 7.5 m এবং চোঙাকৃতি জলাধারের ব্যাস 4 m। হলে ঐ কুয়াতে কত লিটার পানি ধরবে?

**ঘ** 5.5m গভীর এবং 4.2 মিটার ব্যাসবিশিষ্ট একটি পানি পূর্ণ কুয়াকে 30 মিনিটে পানি শূন্য করতে কত HP এর পাম্প ব্যবহার করতে হবে?

**প্রশ্ন ▶ ২৯** একটি পাম্প দ্বারা 600 লিটার জ্বালানী তেলকে 25m উপরে অবস্থিত, জ্বালানী তেলবাহী ট্যাংকারের ট্যাংকে উঠাতে অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। তেলশূন্য ট্যাংকারটির ভর 220kg এবং উক্ত 600 লিটার তেল নিয়ে এটি নির্দিষ্ট গন্তব্যের উদ্দেশ্যে যাত্রা করে কোন এক সময় 7.5m/s বেগ প্রাপ্ত হয়। উল্লেখ্য, জ্বালানী তেলের ঘনত্ব 820kg/L।

◀ **শিখনফল: ৫**

- ক. বল ও বলের দিকে সরণের উপাংশের গুণফলকে কী বলে? ১  
খ. শক্তির অপচয় ব্যাখ্যা করো। ২  
গ. উদ্ভীপক মতে, অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কৃতকাজ কত হবে? ৩  
ঘ. উদ্ভীপকে উল্লিখিত বেগে গতিশীল থাকা অবস্থায়, গতিশক্তি কি তেল ওঠানোর কাজে ব্যয়িত শক্তির চেয়ে বেশি হবে— বিশ্লেষণ করো। ৪

**২৯ নং প্রশ্নের উত্তর**

**ক** বল ও বলের দিকে সরণের উপাংশের গুণফলকে কাজ বলে।

**খ** শক্তির নিত্যতা সূত্র থেকে আমরা দেখতে পাই যে, শক্তির সৃষ্টি বা ধ্বংস সম্ভব নয়। শক্তি একরূপ থেকে অদৃশ্য হলে অন্যান্য রূপে

সমান মানে তা আত্মপ্রকাশ করে। কিন্তু প্রায় সকল রূপান্তরের ক্ষেত্রেই দেখা যায় যে, কিছু পরিমাণ শক্তি এমনভাবে রয়ে যায় যে তাকে আর ব্যবহার করা যায় না। বাস্তব বা ব্যবহারিক দৃষ্টিকোণ থেকে দেখলে, এই শক্তি নষ্ট হয়েছে বলে মনে হয়। একেই শক্তির অপচয় বলে। উদাহরণস্বরূপ কোনো উৎস থেকে বিকীর্ণ তাপের অপচয়ের কথা ধরা যেতে পারে। কোনো ভাবেই ঐ শক্তিকে ফিরে পাওয়া সম্ভব হয় না।

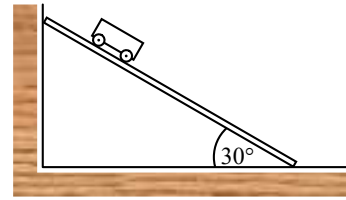
**সুপার টিপস :** প্রয়োগ ও উচ্চতর দক্ষতার প্রশ্নের উত্তরের জন্যে অনুরূপ যে প্রশ্নের উত্তরটি জানা থাকতে হবে—

**গ** একটি পাম্প দ্বারা 600 লিটার জ্বালানী তেলকে 20m উপরে অবস্থিত একটি ট্যাংকে উঠাতে অভিকর্ষের বিরুদ্ধে কত কাজ করতে হবে?

**ঘ** 2 kg ভরের কোনো বস্তু 36 km h<sup>-1</sup> বেগে চলতে থাকলে এর গতিশক্তি কত হবে বের করো।

**▶ অনশীলনের জন্য আরও প্রশ্ন**

**প্রশ্ন ▶ ৩০**



**ছবি :** কাঠের টুকরো বেয়ে একটা খেলনা গাড়ি নেমে আসছে

◀ **শিখনফল: ৭**

- ক. তাৎক্ষণিক ত্বরণ কী? ১  
খ. টর্ক ও কৌণিক ভরবেগের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। ২  
গ. গাড়ীটি 1 সেকেন্ডে উপর প্রান্ত থেকে নিচের প্রান্তে নেমে আসলে কাঠের টুকরার দৈর্ঘ্য কত? ৩  
ঘ. গাড়ীটির কাঠের টুকরার দুই প্রান্তে গতিশক্তির তুলনা কর। ৪

**প্রশ্ন ▶ ৩১** চ্যাং-ঝাং বৈদ্যুতিক মটর কোম্পানি দাবী করছে তাদের তৈরিকৃত 2HP পানির পাম্প প্রতি মিনিটে সর্বোচ্চ 200kg পানি 30m উচ্চতায় তুলতে পারে। কিন্তু রয়েল বৈদ্যুতিক মটর কোম্পানি দাবী করছে তাদের তৈরিকৃত 2HP পানির পাম্প প্রতি মিনিটে সর্বোচ্চ 261kg পানি 35m উচ্চতায় তুলতে পারে।

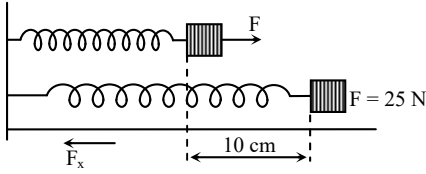
◀ **শিখনফল: ৬ ও ৯**

- ক. শক্তির অপচয় কী? ১  
খ. মানুষ সাধারণত দাড়ানোর চেয়ে বসে এবং বসার চেয়ে শুয়ে আরাম পায় কেন? ২  
গ. রয়েল বৈদ্যুতিক মটর কোম্পানির তৈরিকৃত পানির পাম্প প্রতি মিনিটে সর্বোচ্চ যে পরিমাণ পানি যে উচ্চতায় তুলতে পারে সেখান হতে সম্পূর্ণ পানিকে একসাথে ফেলে দিলে কোথায় তার বিভব শক্তি, গতি শক্তির অর্ধেক হবে? ৩  
ঘ. উভয় বৈদ্যুতিক কোম্পানির তৈরিকৃত পানির পাম্পের কর্মদক্ষতার তুলনা কর। ৪

**প্রশ্ন ▶ ৩২** 4kg ভরের একটি শক্ত পাথর 5m উঁচু হতে মাটিতে পৌঁতা একটি লোহার রডের উপর খাড়াভাবে পড়ল। ফলে লোহার রডটি মাটির ভেতর আরও 10cm প্রবেশ করল। ◀ *শিখনফল: ৫ ও ৬*

- ক. সংরক্ষণশীল বল কাকে বলে? ১  
খ. গতিশক্তি ও ভরবেগের মধ্যকার সম্পর্ক ব্যাখ্যা কর। ২  
গ. মাটির গড় প্রতিরোধ বল কত? ৩  
ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত ঘটনাটি কাজ শক্তি উপপাদ্য সমর্থন করে কি? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

**প্রশ্ন ▶ ৩৩**



◀ *শিখনফল: ৬*

- ক. সংরক্ষণশীল বল কাকে বলে? ১  
খ. গতিশক্তির সহিত ভরবেগের সম্পর্ক দেখাও। ২  
গ. উদ্দীপকের স্প্রিংটিকে 6cm প্রসারণ ঘটাতে কতটুকু কাজ করতে হবে নির্ণয় কর। ৩  
ঘ. উদ্দীপকের স্প্রিংটির সাথে অন্য একটি স্প্রিং সমান্তরালে যুক্ত করলে 20cm প্রসারণের জন্য কৃত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৪

**প্রশ্ন ▶ ৩৪** রবিন তার টেনিস বলটিকে 1.2m উচ্চতা হতে  $0.5\text{ms}^{-1}$  বেগে খাড়া নিচে নিক্ষেপ করলো। এতে বলটি ফ্লোরে 0.1s সময়কাল ধরে স্পর্শ করে পুনরায় উপরে উঠে আসলো। বলটির ভর 100gm।

◀ *শিখনফল: ৭*

- ক. ঘূর্ণন গতির ক্ষেত্রে নিউটনের তৃতীয় গতিসূত্রটি লিখ। ১  
খ. 'কৌণিক ভরবেগের নিত্যতার সূত্র একটি সার্বজনীন সূত্র' — ব্যাখ্যা কর। ২  
গ. বলটি কত গতিবেগে ফ্লোরকে আঘাত করবে? ৩  
ঘ. ফ্লোরের সাথে ক্রিয়া প্রতিক্রিয়ার ফলে বলের 40% শক্তি বিনষ্ট হলে বলটি ফ্লোর হতে কত মানের বল অনুভব করবে এবং বলটি এবার কত উচ্চতা পর্যন্ত উঠবে? বিশ্লেষণ কর। ৪

**প্রশ্ন ▶ ৩৫** একটি দালানের ছাদের সাথে 5m ও 3m দৈর্ঘ্যের দুটি মই লাগানো আছে। মই দুটি অনুভূমিকের সাথে যথাক্রমে  $60^\circ$  ও  $30^\circ$  কোণে আনত অবস্থায় রয়েছে। 30kg ভরের দুটি বোঝা নিয়ে দুজন শ্রমিক মইদুটি বেয়ে ছাদে উঠল। শ্রমিকদ্বয়ের প্রত্যেকের ভর 60kg।

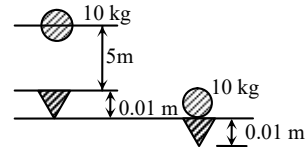
পাঞ্জেরী সৃজনশীল পদার্থবিজ্ঞান প্রথম পত্র ■ একাদশ-দ্বাদশ শ্রেণি

- ক. বিভব শক্তি কী? ১  
খ. কোনো বস্তুর গতিশক্তি ঋণাত্মক হতে পারেনা-কেন? ২  
গ. প্রথম শ্রমিক কর্তৃক কৃত কাজ নির্ণয় কর। ৩  
ঘ. শ্রমিকদ্বয়ের প্রত্যেকে 15 সেকেন্ডে ছাদে উঠলে দুজনের সমতার তুলনা কর। ৪

**প্রশ্ন ▶ ৩৬** মাসুমদের বাসায় 20m গভীর এবং 3m ব্যাসের একটি কুয়া আছে। মাসুমরা ভূ-গর্ভস্থ পানি উত্তোলনের জন্য যে পাম্পটি ব্যবহার করে তা ঘন্টায়  $25 \times 10^4\text{kg}$  পানি 50m উঁচুতে তুলতে পারে। [পাম্পটির কর্মদক্ষতা 70%, তরল বর্জ্য মিশ্রিত পানির ঘনত্ব  $1200\text{kgm}^{-3}$ ]

- ক. ক্ষমতায় ব্যবহারিক একক কী? ১  
খ. কাজে কীভাবে শক্তি অর্জিত হয়? ২  
গ. পাম্পটির প্রকৃত ক্ষমতা নির্ণয় কর। ৩  
ঘ. কুয়াটিকে তরল বর্জ্য মিশ্রিত পানি অথবা বিশুদ্ধ পানি পরিপূর্ণ করে তা শূন্য করতে পাম্পটি একই সময় ধরে চালাতে হবে কিনা যাচাই কর। ৪

**প্রশ্ন ▶ ৩৭**



চিত্রের বস্তুটি প্রদর্শিত উচ্চতা হতে পেরেকের উপর পড়ায় পেরেকটি সম্পূর্ণ ভূমিতে ঢুকে যায়।

- ক. Watt কিসের একক? ১  
খ. অভিকর্ষজ ত্বরণের মান কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে। ২  
গ. যখন বস্তুটি পেরেক থেকে 2m উপরে ছিল তখন এর গতিশক্তি ও স্থিতিশক্তি কত ছিল? ৩  
ঘ. যদি পতনের শক্তির 0.01% তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয় তবে ভূমির বাধাদানকারি বল কত ছিল। ৪

**প্রশ্ন ▶ ৩৮** সালাম সাহেব একটি স্প্রিং নিয়ে পরীক্ষা-নিরীক্ষা করে দেখলেন যে, 30N বল স্প্রিং-কে টেনে 5cm প্রসারিত করে।

- ক. এক ওয়াট কাকে বলে? ১  
খ. স্প্রিংয়ের ক্ষেত্রে,  $F = -kx$ । ঋণাত্মক চিহ্নের ব্যাখ্যা দাও। ২  
গ. স্প্রিংটিকে 5cm প্রসারিত করতে কত কাজ সম্পন্ন হয়? ৩  
ঘ. স্প্রিংটিকে 10cm সংকুচিত করতে কত কাজ সম্পন্ন হয়? প্রসারণ ও সংকোচনের ক্ষেত্রে কাজ সমান কেন? ৪