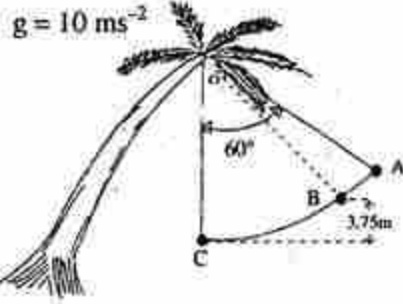


অধ্যায়-৫: কাজ, শক্তি ও ক্ষমতা

প্রশ্ন ১ 2 kg ভরের একটি বস্তুকে 10 m সূতার সাহায্যে O বিন্দুতে ঝুলানো হলো এবং A বিন্দু থেকে স্বাধীনভাবে দুলতে দেওয়া হলো। ঘর্ষণ ও বায়ুজনিত বাধা অগ্রাহ্য কর।

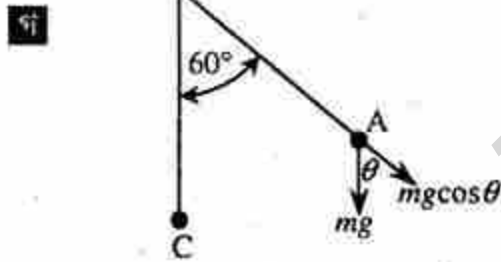


- ক. সম্পূর্ণ বাষ্পচাপ কাকে বলে? ১
খ. ঢাকায় বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 60% বলতে কী বুঝায়? ২
গ. দোলন অবস্থায় A বিন্দুতে সূতার টান নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকে C বিন্দুতে বস্তুর গতিশক্তি B বিন্দুর গতিশক্তি অপেক্ষা ভিন্ন হবে কি? প্রয়োজনীয় গাণিতিক বিশ্লেষণসহ তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও। ৪

১নং 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 সম্পূর্ণ 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।

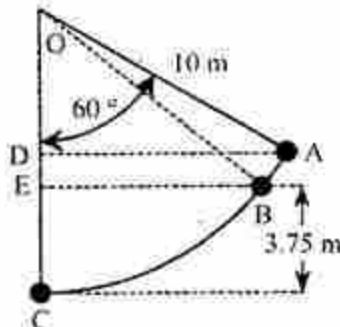


এখানে, বস্তুর ওজন, $m = 2 \text{ kg}$
অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$
কোণ, $\theta = 60^\circ$
সূতার টান, $T = ?$

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

সূতরাং সূতার টান = সূতা বরাবর ওজনের উপাংশের মান

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



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

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

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,

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

আবার C এর সাপেক্ষে B বিন্দুতে বস্তুর বিভব শক্তি,

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

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,

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

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 ২ 80 kg ভরের একজন লোক 20 kg ভরের একটি বোঝা মাথায় নিয়ে 40 m দৈর্ঘ্যের মই দিয়ে একটি দালানের ছাদে উঠলো। মইটি অনুভূমিকের সাথে 40° কোণ উৎপন্ন করে দালানের ছাদে লাগানো ছিল।

১নং প্রশ্নের উত্তর

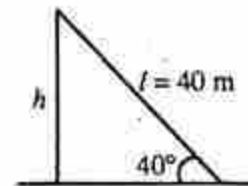
- ক. পরবশ কম্পন কি? ১
খ. একটি ফাঁপা গোলককে তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করলে দ্রুত না ধীরে চলবে- ব্যাখ্যা কর। ২
গ. লোকটি কর্তৃক কৃত কাজ বের কর। ৩
ঘ. মইটির দৈর্ঘ্য 60 m হলে অনুভূমিকের সাথে কত কোণে স্থাপন করলে একই পরিমাণ কাজ সম্পাদিত হবে এবং এ ক্ষেত্রে কোনো সুবিধা পাওয়া যাবে কিনা- গাণিতিকভাবে মতামত দাও। ৪

২নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্পন্দনক্ষম বস্তু যখন কোনো বাহ্যিক পর্যাবৃত্ত বলের প্রভাবে কাঁপতে থাকে তখন তার কম্পনকে পরবশ কম্পন বলে।

খ একটি ফাঁপা গোলককে তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করলে এটি ধীরে চলবে। কারণ ফাঁপা গোলকের ভরকেন্দ্র এর কেন্দ্রে অবস্থিত থাকে। কিন্তু তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করলে এর ভরকেন্দ্র নিচে নেমে আসে। ফলে কার্যকর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়। এই কারণেই গোলকটি ধীরে চলবে।

গ



দেওয়া আছে,

মোট ভর, $m = 80 + 20 = 100 \text{ kg}$

মই এর দৈর্ঘ্য, $l = 40 \text{ m}$

অনুভূমিকের সাথে উৎপন্ন কোণ, $\theta = 40^\circ$

ছাদের উচ্চতা, h

জানা আছে, অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
 বের করতে হবে, লোকটি কর্তৃক কৃতকাজ, $W = ?$
 এখানে,

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

$$\text{বা, } h = l \sin \theta$$

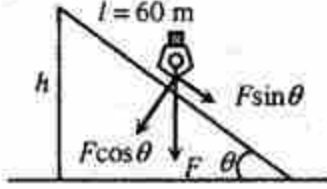
$$= 40 \sin (40^\circ) = 25.71 \text{ m}$$

আমরা জানি,

$$W = mgh$$

$$= 100 \times 9.8 \times 25.71 = 25197.3 \text{ J (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,



মোটভর, $m = 100 \text{ kg}$

মইটির দৈর্ঘ্য, $l = 60 \text{ m}$

ছাদের উচ্চতা, $h = 25.71 \text{ m}$

যেহেতু উভয় ক্ষেত্রে ছাদের উচ্চতা একই সেহেতু কাজের পরিমাণও একই।
 ধরি, মইটি অনুভূমিকের সাথে θ কোণ উৎপন্ন করে।

সূত্রাং ছাদের উচ্চতা,

$$h = l \sin \theta$$

$$\text{বা, } (60 \text{ m}) \sin \theta = 25.71 \text{ m}$$

$$\text{বা, } \sin \theta = \frac{25.71 \text{ m}}{60 \text{ m}} = 0.4285$$

$$\therefore \theta = \sin^{-1} (0.4285) = 25.37^\circ$$

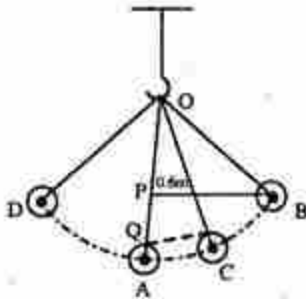
অর্থাৎ, একই পরিমাণ কাজ সম্পাদিত হবে যদি মইটিকে অনুভূমিকের সাথে 25.37° কোণে স্থাপন করা হয়।

আবার লোকটির ওজন $F = mg$ খাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করে। এ ওজন দুটি উপাংশে বিভক্ত হবে। একটি $F \cos \theta$ যা মইয়ের লম্ব বরাবর ক্রিয়া করবে এবং প্রতিক্রিয়া দ্বারা নিষ্ক্রিয় হবে এবং অপরটি $F \sin \theta$ যা মইয়ের দৈর্ঘ্য বরাবর নিচের দিকে ক্রিয়া করবে। এই $F \sin \theta$ এর মান যত কম হবে লোকটির উপরে উঠা তত সহজ হবে। $F \sin \theta$ যা θ এর মানের উপর নির্ভর করে।

অর্থাৎ, θ এর মান যত কম হবে $F \sin \theta$ এর মান তত কম হবে এবং উপরে উঠতে কষ্ট তত কম হবে।

যেহেতু θ এর মান পূর্বের তুলনায় হ্রাস পেয়েছে সেহেতু এক্ষেত্রে লোকটির উপরে উঠতে কম কষ্ট হবে।

প্রঃ ৩ নিচের চিত্রে একটি দোলক সরল দোলন গতিতে দুলছে। যার সর্বোচ্চ বিস্তার PB । 0.2 kg ভরের ববের চারটি বিভিন্ন অবস্থান হলো A, B, C এবং D। যেখানে, $PB = 0.6 \text{ m}$, $OB = OC = OA = OD = 1 \text{ m}$ ।



[রা. বো. ২০১৬/]

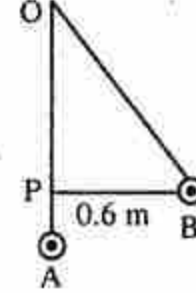
- ক. সংশ্লিষ্ট বল কী? ১
- খ. সান্দ্রতা কেন প্রবাহী পদার্থে সৃষ্টি হয়? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. A বিন্দুতে ববটির বেগ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের দোলকটিতে যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতার সূত্রের ব্যত্যয় ঘটবে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে তোমার মতামত দাও। ৪

৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক একই পদার্থের দুটি অণুর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বল হচ্ছে সংশ্লিষ্ট 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, $v_B = 0 \text{ m/s}$

A বিন্দুতে ববটির বেগ, $v_A = ?$

$$\text{এখন, } v_A^2 = v_B^2 + 2gh$$

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

$$= 3.92 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\therefore v_A = 1.97 \text{ m/s} \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকের চিত্র থেকে নেয়া তথ্য হতে,

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

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

[গ অংশ হতে $v_A = 1.97 \text{ m/s}$]

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

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

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

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

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

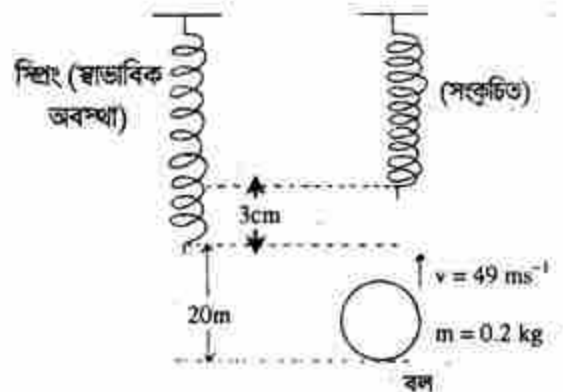
$$\text{গতিশক্তি, } E_{kC} = \frac{1}{2} mv_C^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times g(PA - QA)$$

$$= mg(PA - QA)$$

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

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

প্রঃ ৪



উপরের চিত্রে একটি স্প্রিং এর একপ্রান্ত O বিন্দু হতে ঝুলানো হল। 0.2 kg ভরের একটি বলকে 49 ms⁻¹ বেগে নিষ্ক্ষেপ করায় এটি 20 m উপরে স্প্রিংটির অপর প্রান্তে আঘাত করে 3 cm সংকুচিত করে, স্প্রিংটিও বলের উপর প্রত্যায়নী বল প্রয়োগ করে। [সি. বো. ২০১৪]

- ভূ-স্থির 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

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যদি পৃথিবীর আবর্তনের সাথে মিলিয়ে একই কৌণিক গতিতে এবং একই দিকে একটি কৃত্রিম উপগ্রহ গতিশীল হয়, তবে তা পৃথিবীকে ২৪ 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,
 $mu_1 + mu_2 = mv_1 + mv_2$

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

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

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

সমীকরণ (2) কে (1) দ্বারা ভাগ করে

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

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 m.s⁻¹ হবে। কারণ বলটিকে নিষ্ক্ষেপ করা হতে ভূমিতে ফিরে আসা পর্যন্ত এর উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ বল এবং স্প্রিং বল উভয়ই সংরক্ষণশীল এবং একটি পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে পূর্বের অবস্থানে ফিরে এলে সংরক্ষণশীল বল দ্বারা কৃত কাজ শূন্য হয়।

ঘ স্প্রিংটির শুধু সংকোচনে কৃত কাজ হবে স্প্রিংটি স্পর্শের সময় বলটির গতিশক্তির সমান।

স্প্রিংটি স্পর্শের সময় বলটির বেগ v হলে

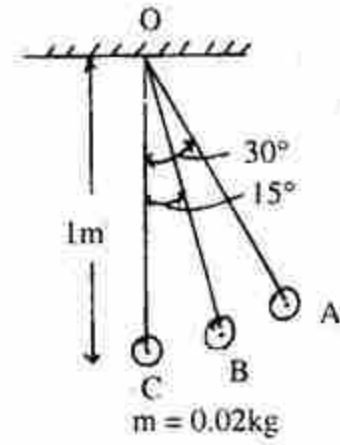
$$v^2 = v_0^2 - 2gh = 49^2 - 2 \times 9.8 \times 20 = 2009 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$$

সুতরাং স্প্রিংটি স্পর্শের সময় বলটির গতিশক্তি,

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

স্প্রিংবল দ্বারা কৃত কাজ শূন্য কারণ বলটি স্প্রিংটিকে স্পর্শ করার সময় এর যে বেগ থাকবে, স্প্রিং থেকে মুক্ত হওয়ার সময় সে বেগ প্রাপ্ত হবে। স্প্রিং সংকোচনের সময় স্প্রিং বল দ্বারা 200.9 J ঋণাত্মক কাজ হবে এবং প্রসারণের সময় সম পরিমাণ ধনাত্মক কাজ হবে ফলে মোট কৃত কাজ শূন্য হবে।

প্রশ্ন ৫



উপরের উদ্দীপকে 0.02 kg ভরের একটি বস্তুকে O বিন্দু থেকে 1m লম্বা সূতার সাহায্যে ঝুলানো হল। A বিন্দু সর্বোচ্চ বিস্তার নির্দেশ করে যা O বিন্দুতে 30° কোণ উৎপন্ন করে, এটিকে A বিন্দু পর্যন্ত টেনে ছেড়ে দেয়া হলে এটি দুলতে শুরু করে। [g = 9.8 ms⁻²] [সি. বো. ২০১৪]

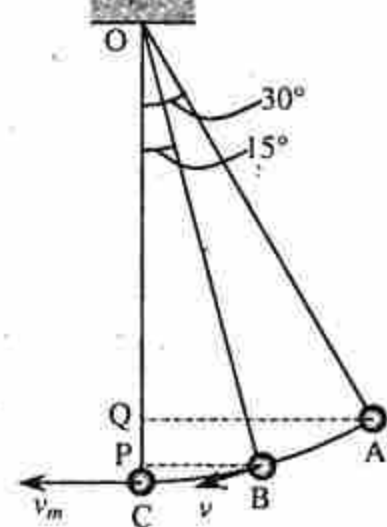
- স্পর্শ কোণ কাকে বলে? ১
- তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে গ্যাসের সান্দ্রতা বাড়ে কিন্তু তরলের সান্দ্রতা কমে — ব্যাখ্যা কর। ২
- উদ্দীপকের B বিন্দুতে দোলকটির গতিশক্তি বের কর। ৩
- উদ্দীপকে ব্যবহৃত দোলকটি যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা সূত্র মেনে চলে কিনা — গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কঠিন ও তরলের স্পর্শবিন্দু হতে বক্র তরল তলে অভিকর্ষ 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 বাড়ালে গ্যাসের সান্দ্রতা বাড়ে কিন্তু তরলের সান্দ্রতা কমে।

$$\begin{aligned} \text{গ} \quad OQ &= OA \cos 30^\circ \\ &= 1 \text{ m} \times 0.866 = 0.866 \text{ m} \\ OP &= OB \cos 15^\circ \\ &= 1 \text{ m} \times 0.966 = 0.966 \text{ m} \\ QP &= OP - OQ \\ &= 0.966 \text{ m} - 0.866 \text{ m} = 0.1 \text{ m} \end{aligned}$$



B বিন্দুতে ববের বেগ v হলে
 $v^2 = 2 \times 9.8 \text{ m.s}^{-2} \times 0.1 \text{ m} = 1.96 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$
 সুতরাং B বিন্দুতে ববের গতি শক্তি,

$$\begin{aligned} K_B &= \frac{1}{2}mv^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 0.02 \text{ kg} \times 1.96 \text{ m}^2\text{s}^{-2} = 0.0196 \text{ J} \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

সুতরাং C এর সাপেক্ষে A বিন্দুতে বরের বিভব শক্তি,

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

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 বরের বিভব শক্তি,

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

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

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

সুতরাং C বিন্দুতে বরের গতি শক্তি,

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

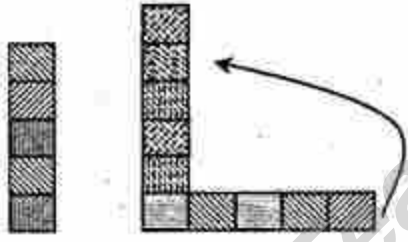
সুতরাং C বিন্দুতে মোট শক্তি,

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

এখানে, $E_A = E_B = E_C$

সুতরাং দোলকটি যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা মেনে চলে।

প্রশ্ন ৬ 50 cm বাহুবিশিষ্ট কোনো ঘনকের ভর 25 kg। এরূপ পাঁচটি ঘনককে একটির উপর আরেকটি রেখে একটি স্তম্ভ তৈরি করা হল। অন্যদিকে অনুরূপ আরো পাঁচটি ব্লককে ভূমিতে পাশাপাশি সংযুক্ত করে স্তম্ভটিকে খাড়া করা হল।



[দি. বো. ২০১৭]

- অশ্ব ক্ষমতা কাকে বলে? ১
- ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল বল— ব্যাখ্যা কর। ২
- স্তম্ভের চূড়া হতে একটি পাথর টুকরা পড়ে গেলে কত বেগে ভূমিতে আঘাত করবে? ৩
- স্তম্ভ তৈরির কোন উপায়টি অধিক গ্রহণযোগ্য— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক ১ সেকেন্ডে 746 জুল কাজ করার ক্ষমতাকে ১ অশ্ব ক্ষমতা বলে।

খ ঘর্ষণ বলের ক্ষেত্রে কোনো বস্তুকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে আদি অবস্থানে আনা হলে ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয় না বলে ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল বল। ঘর্ষণ বল সর্বদা বস্তুর গতির বিপরীতে ক্রিয়া করে। ফলে ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ সর্বদা ঋণাত্মক হয়। এরূপ ক্ষেত্রে কোনো বস্তুকে এক অবস্থানে হতে অন্য অবস্থানে আনা হলে বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য আদি ও চূড়ান্ত অবস্থানের ওপরে নয় বরং গতিপথের ওপরেও নির্ভর করে। সুতরাং, ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল।

গ দেওয়া আছে,

ঘনকের বাহুর দৈর্ঘ্য, $a = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}$

∴ স্তম্ভের উচ্চতা, $h = 5 \times a = (5 \times 0.5) \text{ m} = 2.5 \text{ m}$

আদিবেগ, $v_0 = 0 \text{ m/s}$

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

পাথরের টুকরার ভূমিতে আঘাত করার সময় বেগ, $v = ?$

আমরা জানি,

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

বা, $v^2 = 0^2 + 2 \times 9.8 \times 2.5$

∴ $v = \sqrt{49} = 7 \text{ m/s}$ (Ans.)

ঘ দেওয়া আছে,

প্রতিটি ঘনকের ভর, $m = 25 \text{ kg}$

ঘনকের এক বাহুর দৈর্ঘ্য, $a = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}$

১ম উপায়ে স্তম্ভ তৈরি করতে ঘনকগুলোর ভারকেন্দ্রের সরণ যথাক্রমে, 0 m, 1 × 0.5 m, 2 × 0.5 m, 3 × 0.5 m, 4 × 0.5 m

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

ঘনকগুলো একটি আরেকটির উপর রেখে স্তম্ভ তৈরি করতে কৃতকাজ,

$W = mg \Sigma h$

$= 25 \times 9.8 (0 + 0.5 + 1 + 1.5 + 2) = 1225 \text{ J}$

পাঁচটি ব্লককে ভূমিতে পাশাপাশি সংযুক্ত করলে মোট ভর,

$m = 5 \times 25 = 125 \text{ kg}$

ভারকেন্দ্রের সরণ, $h = \left(\frac{5 \times 0.5}{2} - \frac{0.5}{2} \right) \text{ m} = 1 \text{ m}$

পাঁচটি ব্লককে ভূমিতে পাশাপাশি সংযুক্ত করে স্তম্ভটিকে খাড়া করতে

কৃতকাজ, $W' = mgh$

$= 125 \times 9.8 \times 1$

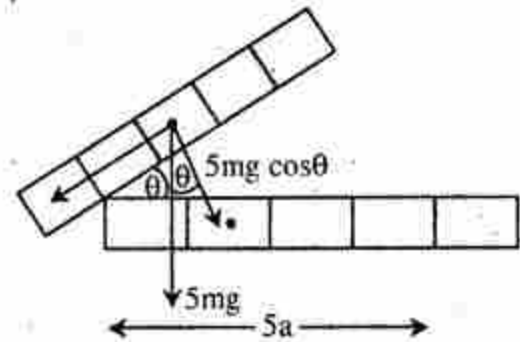
$= 1225 \text{ J}$

লক্ষ করি, $W = W'$

প্রথম ক্ষেত্রে, গড় বল, $F_v = \frac{\text{কৃতকাজ}}{\text{মোট সরণ}}$

বা, $F_v = \frac{mg(0 + a + 2a + 3a + 4a)}{10a} = mg$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে,



চিত্র থেকে দেখা যায় যে, এভাবে তুলতে কার্যকরী বল $5 mg \cos \theta$

\therefore গড় বল, $F_i = \frac{\int_0^{\pi/2} 5mg \cos \theta d\theta}{\frac{\pi}{2}}$

$= \frac{5mg}{\frac{\pi}{2}} [\sin \theta]_0^{\pi/2}$

$= \frac{10}{\pi} mg$

$\therefore \frac{F_v}{F_i} = \frac{mg}{\frac{10}{\pi} mg}$

$= \frac{\pi}{10} < 1$

$\therefore F_v < F_i$

অতএব, প্রথম উপায়ে স্তম্ভ তৈরিতে অপেক্ষাকৃত কম বল প্রয়োগ করতে হবে। তাই প্রথম উপায়ে স্তম্ভ তৈরি বেশি সুবিধাজনক।

প্রশ্ন ৭ 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।

[দি. বে. 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

৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক মানুষের তৈরি মহাশূন্যায়ন-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, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

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, $d = 1.8 \text{ m}$

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

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

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

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

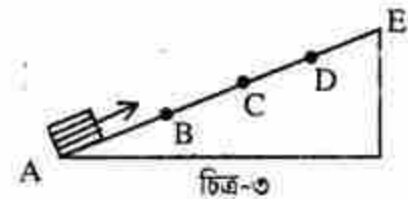
আমরা জানি, $P = \frac{W}{t}$

$$= \frac{1795516.8 \text{ J}}{1260 \text{ s}}$$

$$= 1425.013 \text{ W} = 1.91 \text{ HP}$$

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 ৮ একটি 300g ভরের বস্তু অনুভূমিকের সাথে 30° 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

[ক. 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

৮ 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 ইতঃস্তত 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।

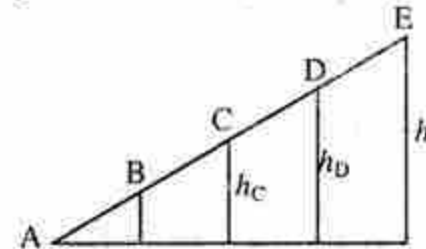
গ দেওয়া আছে, বস্তুর ভর, $m = 300 \text{ g} = 0.3 \text{ kg}$

ভূমি হতে হেলানো তলের উচ্চতা h হলে, mgh = আদি গতিশক্তি = 5.88 J

$$\therefore h = \frac{5.88 \text{ J}}{mg} = \frac{5.88 \text{ J}}{0.3 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2} = 2 \text{ m}$$

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

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

$$a = g \sin 30^\circ = 9.8 \times 0.5 = 4.9 \text{ m/s}^2$$

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

$$v_C^2 = 2a \times EC = 2 \times 4.9 \text{ m/s}^2 \times 2 \text{ m} = 19.6 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

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

C বিন্দুতে গতিশক্তি

$$K_C = \frac{1}{2}mv_C^2 = \frac{1}{2} \times 0.3 \text{ kg} \times 19.6 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 2.94 \text{ J}$$

D বিন্দুতে গতিশক্তি

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

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 ৯ একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 20 m ও ব্যাস 2 m। কুয়াটিকে পানিশূন্য করার জন্য 5 HP-এর একটি পাম্প লাগানো হল। অর্ধেক পানি তোলার পর পাম্পটি নষ্ট হয়ে গেল। বাকি পানি তোলার জন্য একই ক্ষমতাসম্পন্ন আর একটি পাম্প লাগানো হল। *চি. বো. ২০১৭/১৮*

ক. টর্কের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. পৃথিবী সূর্যের নিকটবর্তী হলে পৃথিবীর বেগ বৃদ্ধি পায় — কেপলারের সূত্রের আলোকে ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রথম পাম্প দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. প্রথম ও দ্বিতীয় পাম্প দ্বারা পানি তুলতে একই সময় লাগবে কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৯নং প্রশ্নের উত্তর

ক যা কোনো অঘর্ষণশীল বস্তুতে ঘূর্ণন সৃষ্টি করে বা ঘূর্ণনশীল বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তন করে অর্থাৎ কৌণিক ত্বরণ সৃষ্টি করে তাকে টর্ক বলে।

খ কেপলারের ২য় সূত্রানুসারে যেকোনো গ্রহ এবং সূর্যের সাথে সংযোগকারী রেখা সমান সময়ে সমান ক্ষেত্রফল অতিক্রম করে।

অর্থাৎ, $dA = \frac{1}{2}rvdt$ বা, $\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2}vr = \text{ধ্রুবক}$ । অর্থাৎ দেখা যায়, যে $\frac{1}{2}vr$ রাশিটি ধ্রুব থাকে। যা নির্দেশ করে পৃথিবী সূর্যের নিকটবর্তী হলে (r কমলে) বেগ (v) বৃদ্ধি পাবে এবং দূরবর্তী হলে (r বাড়লে) বেগ (v) হ্রাস পাবে।

গ উদ্দীপক হতে পাই,

কুয়ার গভীরতা, $l = 20 \text{ m}$

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

১ম পাম্পের ক্ষেত্রে

$$\text{উত্তলিত পানির আয়তন, } V = \pi r^2 \frac{l}{2} = 3.1416 \times (1 \text{ m})^2 \times \frac{20 \text{ m}}{2} = 31.416 \text{ m}^3$$

$$\text{উত্তলিত পানির ভর, } m = V\rho = 31.416 \times 1000 = 3.1416 \times 10^4 \text{ kg}$$

$$\text{পানির গড় সরণ, } h = \frac{l}{4} = \frac{20}{4} = 5 \text{ m}$$

১ম পাম্প দ্বারা সম্পাদিত কাজ,

$$\begin{aligned} W &= mgh \\ &= 3.1416 \times 10^3 \times 9.8 \times 5 \\ &= 1.54 \times 10^6 \text{ J (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

$$\text{উভয় পাম্পের ক্ষমতা, } P = 5 \text{ HP} = 5 \times 746 = 3730 \text{ Watt}$$

$$\text{উভয় ক্ষেত্রেই উত্তলিত পানির ভর, } m = 3.1416 \times 10^4 \text{ kg}$$

$$\text{১ম ক্ষেত্রে গড় সরণ, } h_1 = \frac{l}{4} = \frac{20}{4} = 5 \text{ m}$$

$$\text{২য় ক্ষেত্রে গড় সরণ, } h_2 = \frac{3l}{4} = \frac{3 \times 20}{4} = 15 \text{ m}$$

১ম ও ২য় পাম্প দ্বারা পানি তুলতে যথাক্রমে t_1 ও t_2 সময় লাগলে,

$$\text{১ম ক্ষেত্রে, } P = \frac{W_1}{t_1}$$

$$\therefore t_1 = \frac{mgh_1}{P} = \frac{3.1416 \times 10^3 \times 9.8 \times 5}{3730} = 412.70 \text{ s}$$

$$\text{২য় ক্ষেত্রে, } P = \frac{W_2}{t_2}$$

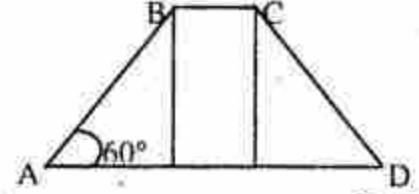
$$\therefore t_2 = \frac{mgh_2}{P} = \frac{31.416 \times 10^3 \times 9.8 \times 15}{3730} = 1238.11 \text{ s}$$

গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায়, $t_1 < t_2$

অতএব, ১ম ও ২য় পাম্প দ্বারা পানি তুলতে একই সময় লাগবে না, ২য় পাম্প দ্বারা পানি তুলতে সময় বেশি লাগবে।

প্রশ্ন ১০ চিত্রে প্রদর্শিত AB মই বেয়ে 30 kg ভরের একটি বালক উপরে উঠে এবং CD আনত তল বেয়ে নিচে নেমে আসে। তলের ঘর্ষণ বল 50 N।

চিত্রে, AB = 4 m
BC = 1 m
এবং CD = 5 m



নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:

ক. নিউটনের মহাকর্ষ সূত্রটি বর্ণনা কর। ১

খ. দেখাও যে, একক সমকৌণিক বেগে ঘূর্ণনরত কোনো বস্তুর জড়তার ভ্রামক এর কৌণিক ভরবেগের সমান। ২

গ. বালকটি A হতে C বিন্দুতে পৌছতে অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজ হিসাব কর। ৩

ঘ. CD পথে নামার সময় বালকটির ত্বরণ অভিকর্ষজ ত্বরণের চেয়ে কম না বেশি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

১০ 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,

$$\text{কৌণিক ভরবেগ} = \text{জড়তার ভ্রামক} \times \text{কৌণিক বেগ বা, } L = I\omega$$

$$\text{কৌণিক বেগ একক মানের অর্থাৎ } \omega = 1 \text{ হলে, } L = I \times 1 = I$$

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 পৌছতে অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজ,

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

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

θ 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 ১১ পেট্রোনাস টুইন টাওয়ারের শীর্ষতলের উচ্চতা 375 m। কাসেম 10 kg ভরের একটি বস্তুসহ 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।

[চি. বো. ২০১৫]

- ক. কর্মদক্ষতা কাকে বলে? ১
খ. বলের দ্বারা কাজ বলতে কী বুঝায়? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. ভূমি থেকে কত উচ্চতায় বস্তুটির বিভবশক্তি এর গতি শক্তির দ্বিগুণ হবে? ৩
ঘ. মনির কি একই সময়ে কাজটি করতে পারবে? গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

১১ 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, বস্তুসহ মনিরের ভর, $m = 55 \text{ kg} + 10 \text{ kg} = 65 \text{ kg}$

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

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

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

মনিরের ঈজিত ক্ষমতা P হলে,

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

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

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

প্রশ্ন ১২ 250 kg ভরের একটি গাড়ি উল্লম্বের সাথে 66.42° কোণে আনত একটি রাস্তা ধরে 12.393 ms^{-1} বেগে নিচে নামার সময় গাড়ির চালক ব্রেক করায় 30m দূরত্ব অতিক্রম করার পর থেমে গেল।

(ঘ. বো. ২০১৬)

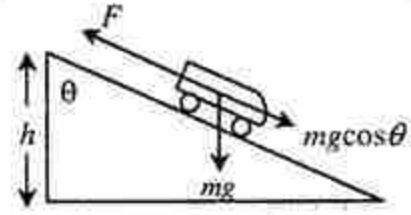
- ক. মহাকর্ষীয় ধ্রুবক কাকে বলে? ১
খ. মজল গ্রহে কোনো বস্তুর মুক্তিবেগ 4.77 kms^{-1} বলতে কী বুঝায়? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. গাড়িটি থামাতে বাধাদানকারী বলের মান নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকে সংরক্ষণশীলতার নীতি রক্ষিত হবে কী? গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

১২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. একক ভরের দুটি বস্তুকণা একক দূরত্বে থেকে যে বলে পরস্পরকে আকর্ষণ করে তাকে মহাকর্ষীয় ধ্রুবক বলে।

খ. মজল গ্রহে কোনো বস্তুর মুক্তিবেগ 4.77 km.s^{-1} বলতে বুঝায় মজল গ্রহের পৃষ্ঠ হতে সর্বনিম্ন 4.77 km.s^{-1} বেগে কোনো বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর মজলগ্রহে ফিরে আসে না। অর্থাৎ বস্তুটি মজল গ্রহের আকর্ষণ কাটিয়ে মহাশূন্যে চলে যাবে।

গ.



দেয়া আছে, গাড়ির ভর, $m = 250 \text{ kg}$

উল্লম্বের সাথে তলের কোণ, $\theta = 66.42^\circ$

$$\text{আদিবেগ, } v_0 = 12.393 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{শেষবেগ, } v = 0 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{সরণ, } s = 30 \text{ m}$$

আমরা জানি, $v^2 = v_0^2 - 2as$

$$\text{বা, } 0 = v_0^2 - 2as$$

$$\therefore a = \frac{v_0^2}{2s} = \frac{12.393^2}{2 \times 30} = 2.56 \text{ m.s}^{-2}$$

তল বরাবর গাড়ির ওজনের উপাংশ $= mg \cos \theta$

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে,

$$F - mg \cos \theta = ma$$

$$\text{বা, } F = ma + mg \cos \theta$$

$$= 250 \times 2.56 + 250 \times 9.8 \cos 66.42^\circ$$

$$= 640 + 980$$

$$= 1620 \text{ N (Ans.)}$$

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে,

ভূমি হতে তলের শীর্ষবিন্দুর উচ্চতা, $h = s \cos \theta$

$$= 30 \cos 66.42^\circ$$

$$= 12 \text{ m}$$

আনত তলের শীর্ষ বিন্দুতে গাড়ির বেগ, $v_0 = 12.393 \text{ ms}^{-1}$

\therefore আনত তলের শীর্ষ বিন্দুতে গতিশক্তি,

$$E_k = \frac{1}{2} mv_0^2 = \frac{1}{2} \times 250 \times (12.393)^2$$

$$= 19198.306 \text{ J}$$

আনত তলের শীর্ষ বিন্দুতে বিভবশক্তি,

$$E_p = mgh = 250 \times 9.8 \times 12$$

$$= 29,400 \text{ J}$$

আনত তলের শীর্ষ বিন্দুতে মোট শক্তি, $E_1 = E_k + E_p$

$$\therefore E_1 = (19198.306 + 29,400)$$

$$= 48598.306$$

$$= 48600 \text{ J}$$

আনত তল বরাবর 30 m দূরত্ব অতিক্রম করার পর বেগ, $v = 0$

\therefore অতএব, আনত তলের নি বিন্দুতে গতিশক্তি,

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m(0)^2 = 0$$

আবার, আনত তলের নি বিন্দুতে $h = 0$

$$\therefore \text{বিভব শক্তি, } E_p = mg \times 0 = 0$$

গাড়ির উপর কৃত কাজ, তথা ব্যয়িত শক্তি,

$$W = Fs = 1620 \times 30 = 48600 \text{ J}$$

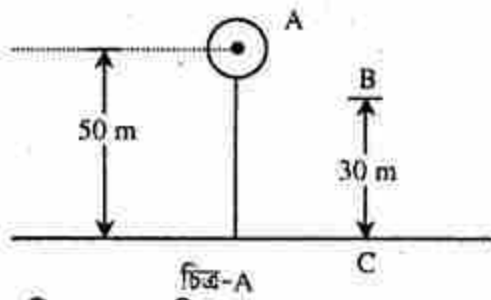
\therefore আনত তলের নি বিন্দুতে মোট শক্তি,

$$E_2 = 0 + 0 + 48600$$

$$= 48600 \text{ J}$$

যেহেতু $E_1 = E_2$

সে কারণে উদ্দীপকে সংরক্ষণশীলতার নীতি রক্ষিত হবে।



চিত্র-A

চিত্র-A এর বস্তুটি মুক্তভাবে স্থির অবস্থান থেকে পড়ছে। বস্তুটির ভর 10kg।

(রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ)

- ক. ক্ষমতা কাকে বলে? ১
- খ. কোনো ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% হতে পারে না ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. সর্বোচ্চ উচ্চতায় বিভব শক্তি নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. দেখাও যে B অবস্থানে বস্তুটির মোট শক্তি C অবস্থানে বস্তুটির গতিশক্তির সমান। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কাজ সম্পাদনকারী কোন ব্যক্তি বা যন্ত্রের কাজ করার হার বা শক্তি সরবরাহের হারকে ক্ষমতা বলে।

খ. কোনো ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% হতে হলে প্রদত্ত শক্তির সবটুকুই কাজে রূপান্তরিত হতে হবে। কিন্তু বাস্তবে তা সম্ভব নয়। কারণ শক্তি রূপান্তরের সময়, শক্তির কিছু অংশ তাপশক্তি, শব্দশক্তি বা অন্যান্য শক্তি হিসাবে অপচয় হয়। এ কারণে কোনো ইঞ্জিনের দক্ষতা 100% হতে পারে না।

গ. দেওয়া আছে,

বস্তুটির ভর, $m = 10\text{kg}$
সর্বোচ্চ উচ্চতা, $h = 50\text{m}$

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

∴ সর্বোচ্চ উচ্চতায় বিভবশক্তি, $E_p = mgh$
 $= 10\text{kg} \times 9.8\text{ms}^{-2} \times 50\text{m}$
 $= 4900\text{J}$ (Ans.)

ঘ. A হতে B অবস্থানে নেমে আসলে প্রাপ্ত বেগ v হলে,
 $v^2 = u^2 + 2gh = 0^2 + 2 \times 9.8 \times (50 - 30) = 392\text{m}^2\text{s}^{-2}$

∴ B অবস্থানে গতিশক্তি $= \frac{1}{2}mv^2$
 $= \frac{1}{2} \times 10\text{kg} \times 392\text{m}^2\text{s}^{-2} = 1960\text{J}$

এবং স্থিতিশক্তি $= mg(30) = 10\text{kg} \times 9.8\text{ms}^{-2} \times 30\text{m}$
 $= 2940\text{J}$

∴ B অবস্থানে বস্তুটির মোট শক্তি $=$ গতিশক্তি + স্থিতিশক্তি
 $= 1960\text{J} + 2940\text{J} = 4900\text{J}$

C অবস্থানে বস্তুর গতিবেগের বর্গ, $v^2 = u^2 + 2g(50\text{m})$
 $= 980\text{m}^2\text{s}^{-2}$

এবং গতিশক্তি $= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 10\text{kg} \times 980\text{m}^2\text{s}^{-2}$
 $= 4900\text{J}$

সুতরাং, B অবস্থানে বস্তুটির মোট শক্তি C অবস্থানে বস্তুটির গতিশক্তির সমান। উল্লেখ্য, C অবস্থানে বিভবশক্তি শূন্য।

প্রশ্ন ১৪ A, B ও C তিনটি পানির কূপ একটি ইলেকট্রিক পাম্প 4.5 মিনিটে A কূপ থেকে 10kL পানি 6m উচ্চতায় তুলতে পারে। B কূপের গভীরতা ও ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 12m ও 4m। C কূপের গভীরতা ও ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 15m ও 3m।

(জয়পুরহাট গার্লস ক্যাডেট কলেজ)

- ক. মুক্তিবেগ কাকে বলে? ১
- খ. বীট উৎপাদনের শর্তগুলো কী? ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. A কূপের ক্ষেত্রে পাম্পের দক্ষতা 80% হলে এর ক্ষমতা কত? ৩
- ঘ. B ও C কূপের মধ্যে কোনটি আগে খালি হবে যদি 6HP ক্ষমতার ইলেকট্রিক পাম্প ব্যবহৃত হয়? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে কোনো বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর পৃথিবীতে ফিরে আসে না সেই বেগকে মুক্তিবেগ বলে।

খ. বীট সৃষ্টির দুটি শর্ত নিম্নরূপ:

- i. বীট সৃষ্টিকারী শব্দ তরঙ্গ দুটি একই সময়ে উৎপন্ন হতে হবে।
- ii. তরঙ্গ দুটির কম্পাঙ্ক ও তীব্রতা প্রায় সমান হতে হবে।

গ. A কূপের জন্য পাম্প প্রাপ্ত ক্ষমতা, P_{out} হলে,

$$P_{out} = \frac{mgh}{t}$$

$$= \frac{10 \times 10^3 \times 9.81 \times 6}{270}$$

$$= 2180\text{ W}$$

10 kL পানির ভর, $m = 10 \times 10^3\text{kg}$
উচ্চতা, $h = 6\text{m}$
সময়, $t = 4.5\text{ min}$
 $= 4.5 \times 60\text{ sec}$
 $= 270\text{ sec}$

পাম্পের দক্ষতা η ও পাম্প কর্তৃক গৃহীত ক্ষমতা, P_{in} হলে,

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

এখানে,
পাম্পের দক্ষতা, $\eta = 80\%$
 $= 0.80$

$$\text{বা, } P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta} = \frac{2180}{0.80}$$

$$= 2725\text{ W (Ans.)}$$

ঘ. B ও C কূপ খালি করতে যথাক্রমে t_B ও t_C সময় লাগলে যেহেতু উভয়ক্ষেত্রে ব্যবহৃত পাম্পের ক্ষমতা একই।

$$P_B = P_C$$

$$\text{বা, } \frac{m_B g h_B}{t_B} = \frac{m_C g h_C}{t_C}$$

$$\text{বা, } \frac{t_C}{t_B} = \frac{m_C h_C}{m_B h_B} = \frac{V_C \rho h_C}{V_B \rho h_B}$$

$$= \frac{\pi r_C^2 l_C h_C}{\pi r_B^2 l_B h_B}$$

$$= \frac{r_C^2 l_C h_C}{r_B^2 l_B h_B}$$

$$= \frac{3^2 \times 15 \times 7.5}{4^2 \times 12 \times 6}$$

$$= 0.88$$

এখানে,
C কূপের ব্যাসার্ধ, $r_C = 3\text{m}$
C কূপের উচ্চতা, $l_C = 15\text{m}$
C কূপের জন্য পানির কার্যকরী সরণ, $h_C = \frac{0 + 15}{2} = 7.5\text{m}$
B কূপের ব্যাসার্ধ, $r_B = 4\text{m}$
B কূপের উচ্চতা, $l_B = 12\text{m}$
B কূপের জন্য পানির কার্যকরী সরণ, $h_B = \frac{0 + 12}{2} = 6\text{m}$

$$\therefore \frac{t_C}{t_B} < 1$$

$$\text{বা, } t_C < t_B$$

∴ B কূপটি খালি করতে অধিক সময় লাগবে।

অর্থাৎ C কূপটি আগে খালি হবে।

প্রশ্ন ১৫ 250kg ভরের একটি গাড়ি 12.393 ms^{-1} বেগে 66.42° কোণে আনত একটি রাস্তা বরাবর নামছে। ব্রেক চেপে গাড়িটি 30m দূরত্বের মধ্যেই থেমে গেল।

(রংপুর ক্যাডেট কলেজ, রংপুর)

- ক. প্রাস কাকে বলে? ১
- খ. গ্রাডিয়েন্ট বলতে ভূমি কী বোঝ? ২
- গ. গাড়িটিকে থামাতে প্রয়োজনীয় বল হিসাব করো। ৩
- ঘ. উপরোক্ত উদ্দীপকটি কি যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা সূত্র মেনে চলে?— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ. ভেক্টর অপারেটর $\vec{\nabla}$ কোনো স্কেলার ফাংশন (ϕ) এর উপর অপারেট করলে যে রাশি পাওয়া যায় তাকে (x, y, z) অবস্থানে ঐ রাশির গ্রাডিয়েন্ট বলে।

$$\therefore \phi \text{ এর গ্রাডিয়েন্ট, } \vec{\nabla}\phi = \left(\hat{i} \frac{\partial}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial}{\partial z} \right) \phi$$

$$= \hat{i} \frac{\partial \phi}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial \phi}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial \phi}{\partial z}$$

কাজেই অবস্থানের সাপেক্ষে কোনো স্কেলার ক্ষেত্র ϕ এর সর্বোচ্চ পরিবর্তনের হারই ঐ ক্ষেত্রের গ্রাডিয়েন্ট এবং দেখা যাচ্ছে $\text{grad } \phi$ ভেক্টর, ফলে এটি একটি ভেক্টর ক্ষেত্র। অর্থাৎ ভেক্টর অপারেটর $\vec{\nabla}$ দ্বারা অন্তরীকরণ করে অন্তরীকরণযোগ্য স্কেলার ক্ষেত্র ϕ কে ভেক্টর ক্ষেত্র $\vec{\nabla} \phi$ এ রূপান্তর করা যায়।

গ। আনত তল বরাবর অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g' = g \sin \theta$$

\therefore গাড়টিকে থামাতে প্রযুক্ত ত্বরণ = a হলে,

$$v^2 = u^2 + 2(a - g')s$$

$$\Rightarrow 0^2 = 12.393^2 - 2(a - 9.8 \times \sin 66.42^\circ) \times 30$$

$$\therefore a = 11.54 \text{ ms}^{-2}$$

$$\therefore \text{প্রযুক্ত বল} = ma$$

$$= 250 \times 11.54$$

$$= 2885 \text{ N (Ans.)}$$

দেয়া আছে,

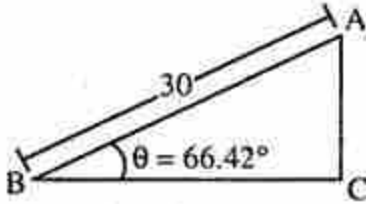
$$\text{আদিবেগ, } u = 12.393 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{শেষবেগ, } v = 0 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{সরণ, } s = 30 \text{ m}$$

$$\text{গাড়ির ভর, } m = 250 \text{ kg}$$

$$\text{আনত কোণ, } \theta = 66.42^\circ$$



A বিন্দুতে, বেগ, $v = 12.393 \text{ ms}^{-1}$

$$\text{উচ্চতা, } h = AC = AB \sin \theta = 30 \times \sin 66.42^\circ = 27.5 \text{ m}$$

\therefore A বিন্দুতে মোট যান্ত্রিক শক্তি,

$$E_A = \text{গতিশক্তি, } E_k + \text{বিভবশক্তি, } E_p$$

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

$$= \frac{1}{2}m(v^2 + 2gh)$$

$$= \frac{1}{2} \times 250 \times (12.393^2 + 2 \times 9.8 \times 27.5)$$

$$= 86.57 \text{ kJ}$$

আবার, B বিন্দুতে, বেগ, $v' = 0$

$$\text{উচ্চতা, } h' = 0$$

$$\therefore \text{মোট শক্তি, } E_B = \frac{1}{2}mv'^2 + mgh' = 0 + 0 = 0$$

লক্ষ্য করি, $E_A \neq E_B$

অতএব, উদ্দীপক অনুযায়ী যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতাসূত্র অর্থাৎ একটি বস্তুর গতিপথের সকল বিন্দুতে বিভবশক্তি ও গতিশক্তির যোগফল সমান— এ কথাটি খাটে না। আপাত দৃষ্টিতে মনে হতে পারে যে এখানে শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি লঙ্ঘিত হয়েছে। কিন্তু আমরা যদি গাড়ির ব্রেকজনিত কৃতকাজ (W_b) হিসাব করি—

$$W_b = F_b \times s$$

$$= 2885 \times 30$$

$$= 86550 \text{ J}$$

$$= 86.55 \text{ kJ} = E_A$$

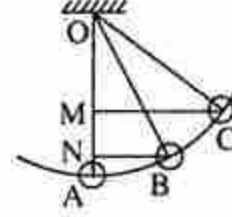
'গ' অংশ হতে ব্রেকজনিত বল,

$$F_b = 2885 \text{ N}$$

লক্ষ্য করি, $E_A = E_b$

এখানে, গাড়টিকে থামানোর জন্য A অবস্থানের মোট শক্তির সমান পরিমাণ ব্রেকজনিত কাজ করতে হয়। অতএব, উদ্দীপকটি যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতার সূত্র মেনে চলছে না, কিন্তু শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি মেনে চলছে।

প্রশ্ন ১৬ চিত্রের 20gm, ভরের একটি বব একটি সূতা দিয়ে ঝুলানো আছে। যেখানে $OA = 1 \text{ m}$, $CM = 20 \text{ cm}$ এবং $BN = 10 \text{ cm}$ ।



[ফেনী গার্লস ক্যাডেট কলেজ]

ক. সেকেন্ড দোলক কি?

১

খ. পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে সেকেন্ড দোলকটির দৈর্ঘ্য কি বিভিন্ন হতে পারে?

২

গ. C বিন্দুতে ববের বিভবশক্তি বের করো?

৩

ঘ. A ও B বিন্দুতে ববের গতিশক্তির তুলনা করো?

৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

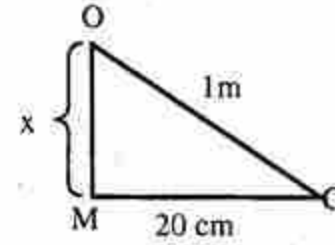
ক। যে সরল দোলকের দোলনকাল দুই সেকেন্ড, তাকে সেকেন্ড দোলক বলে।

খ। সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল $2s$, অর্থাৎ একটি নির্দিষ্ট মান সম্পন্ন।

$$\text{সরল দোলকের সূত্রানুসারে, } T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \text{ বা, } L = \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 g; L \propto g$$

অতএব, নির্দিষ্ট দোলনকালের জন্য দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য অভিকর্ষজ ত্বরণের সমানুপাতিক। L যে হারে বৃদ্ধি বা হ্রাস পাবে, দোলনকাল নির্দিষ্ট রাখার জন্য ($T = 2s$) অভিকর্ষজ ত্বরণের মানও সেই হারে বৃদ্ধি বা হ্রাসের প্রয়োজন। এজন্যই পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে একই সময় পাওয়ার জন্য দোলক ঘড়ির কার্যকরী দৈর্ঘ্য সংশোধন করতে হয়।

গ। C বিন্দুর জন্য চিত্র নিম্নরূপ:



পীথাগোরাসের উপপাদ্য ব্যবহার করে পাই,

$$x^2 + (0.2)^2 = 1^2$$

$$\text{বা, } x^2 = 0.96$$

$$\therefore x = 0.98 \text{ m}$$

আবার, A বিন্দুগামী অনুভূমিক তল হতে C বিন্দুগামী অনুভূমিক তলের উচ্চতা, $h = 1 \text{ m} - 0.98 \text{ m} = 0.02 \text{ m}$ হলে,

$$\therefore \text{C বিন্দুতে বিভবশক্তি, } E_p = mgh$$

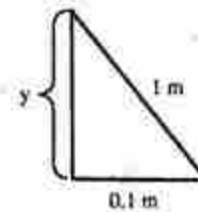
$$= 0.02 \times 9.8 \times 0.02$$

$$= 3.92 \times 10^{-3} \text{ J (Ans.)}$$

ঘ। যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা সূত্রানুসারে,

$$\text{A বিন্দুতে দোলকের গতিশক্তি, } E_A = \text{C বিন্দুতে দোলকের স্থিতিশক্তি} \\ = 3.92 \times 10^{-3} \text{ J}$$

B বিন্দুর জন্য,



$$y^2 + (0.1)^2 = 1^2$$

$$\text{বা, } y = \sqrt{1 - (0.1)^2}$$

$$= 0.995 \text{ m}$$

A বিন্দুগামী অনুভূমিক তল হতে B বিন্দুগামী তলের উচ্চতা,

$$h' = (1 - 0.995) \text{ m} = 5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

B বিন্দুতে দোলকের গতিশক্তি, $E_B = C$ বিন্দু হতে B বিন্দুতে নেমে আসতে স্থিতিশক্তির হ্রাস

$$= mgh - mgh'$$

$$= 0.02 \times 9.8 \times (0.02 - 5 \times 10^{-3})$$

$$= 2.94 \times 10^{-3} \text{ J}$$

∴ A ও B বিন্দুতে গতিশক্তির অনুপাত

$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{3.92 \times 10^{-3}}{2.94 \times 10^{-3}}$$

$$= \sqrt{\frac{3.92 \times 10^{-3}}{2.94 \times 10^{-3}}}$$

$$\therefore \frac{E_A}{E_B} = 1.15$$

$$\text{বা, } E_A = 1.15 \times E_B$$

অর্থাৎ, A বিন্দুতে বরের গতিশক্তি, B বিন্দুতে গতিশক্তির 1.15 গুণ।

প্রশ্ন ▶ ১৭ একটি পানিভর্তি কূপের গভীরতা 15m এবং ব্যাস 5m। 30 মিনিটের মধ্যে কূপটি পানিশূন্য করার জন্য একটি পাম্প তৈরি করা হল।

[কেনী গার্লস ক্যাডেট কলেজ]

- কাজের একক কি? ১
- কাজ শক্তি উপপাদ্যটি লিখ। ২
- উদ্ভীপকের পাম্পটির অক্ষক্ষমতা নির্ণয় কর। ৩
- আমরা যদি 0.85HP ক্ষমতার অন্য একটি পাম্প যোগ করি তাহলে কুয়াটি শূন্য করতে কত সময় কম লাগবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কাজের একক N - m বা জুল।

খ কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

কোনো বস্তুর আদি গতিশক্তি k_0 ও F বল প্রয়োগে পরিবর্তিত গতিশক্তি যদি k হয়, তবে কৃতকাজ, $w = k - k_0 = \Delta k$

গ দেওয়া আছে,

কুয়ার গভীরতা, $h = 15\text{m}$

কুয়ার ব্যাস, $d = 5\text{m}$

কুয়ার ব্যাসার্ধ, $r = \frac{d}{2} = 2.5\text{m}$

সময়, $t = 30 \text{ min} = 1800 \text{ sec}$

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

গড় গভীরতা $h' = \left(\frac{0+15}{2}\right)\text{m} = 7.5\text{m}$

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

নির্ণয় করতে হবে, ব্যবহৃত পাম্পের অক্ষক্ষমতা, $P_1 = ?$

এখানে,

$$P = \frac{mgh'}{t}$$

$$= \frac{\rho_w \times \pi r^2 h \times g \times h'}{t}$$

$$= \frac{1000 \times 3.1416 \times (2.5)^2 \times 9.8 \times 7.5}{1800}$$

$$= \frac{1000 \times 3.1416 \times (2.5)^2 \times 9.8 \times 7.5}{1800}$$

$$= 801.7625 \text{ W} = 1.075 \text{ HP (Ans.)}$$

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই,

১ম পাম্পের ক্ষমতা $P_1 = 1.075 \text{ HP}$

২য় পাম্পের ক্ষমতা $P_2 = 0.85 \text{ HP}$

$$\text{পরিবর্তিত অবস্থায় মোট ক্ষমতা, } P' = P_1 + P_2$$

$$= 1.075 \text{ HP} + 0.85 \text{ HP}$$

$$= 1.925 \text{ HP}$$

এক্ষেত্রে t' পরিমাণ সময় লাগলে

$$P = \frac{mgh}{t} \text{ বা, } P \propto \frac{1}{t} \text{ সূত্রানুসারে,}$$

$$\frac{P_1}{P'} = \frac{t'}{t_1}$$

$$\therefore t' = t_1 \times \frac{P_1}{P'} = 1800 \text{ sec} \times \frac{1.075 \text{ HP}}{1.925 \text{ HP}} = 1005.195 \text{ sec}$$

$$\therefore \text{সময় কম লাগবে} = (1800 - 1005.195) \text{ sec} = 794.805 \text{ sec}$$

সুতরাং, 0.85 HP ক্ষমতার অন্য একটি পাম্প যোগ করায় 794.805 sec সময় কম লাগবে।

প্রশ্ন ▶ ১৮ একটি পাম্প 5 min এ 5000 kg পানি একটি ঘর্ষণহীন 50m পাইপ দিয়ে বিভিন্ন এর ছাদে উঠায়। এবং পাইপের নল থেকে 20ms^{-1} বেগে বাইরে বের হয়। পাইপটি বিভিন্ন এর ছাদের সাথে 60° কোণ করে আছে।

[বরিশাল ক্যাডেট কলেজ]

- গতিশক্তি কাকে বলে? ১
- বিভবশক্তি ও গতিশক্তির মধ্যে সম্পর্ক ব্যাখ্যা কর। ২
- পাম্পের পানির গতিশক্তি নির্ণয় কর। ৩
- যদি পাম্পটি 1 মিনিটে এই কাজ করতে পারে তবে পাম্পের অক্ষক্ষমতা কত হবে? ৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তু গতিশীল থাকার কারণে তার মধ্যে যে পরিমাণ শক্তি জমা হয় তাকে ঐ বস্তুর গতিশক্তি বলা হয়।

খ কোনো একটি সংরক্ষণশীল বল ক্ষেত্রে যান্ত্রিক শক্তি সংরক্ষিত হয়। অর্থাৎ গতিশক্তি + বিভবশক্তি = ধ্রুবক। অর্থাৎ কোনো সিস্টেমে একটি বস্তু যতটুকু বিভবশক্তি হারাবে ঠিক ততটুকু গতিশক্তি অর্জন করবে। একইভাবে বস্তু যতটুকু গতিশক্তি হারাবে ততটুকু বিভবশক্তি অর্জন করবে।

গ গতিশক্তি,

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

$$= \frac{1}{2} \times 5000 \times (20)^2$$

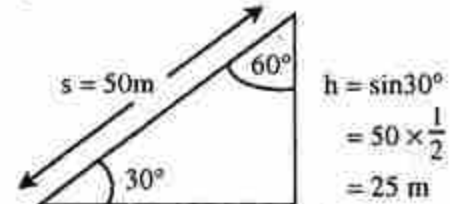
$$= 1 \times 10^6 \text{ J (Ans.)}$$

এখানে,

পানির ভর, $m = 5000 \text{ kg}$

বেগ, $v = 20\text{ms}^{-1}$

ঘ পাম্পের পাইপ দেয়ালের সাথে 60° কোণে রয়েছে। অর্থাৎ



এখন পাম্পটি $t = 60 \text{ sec}$ এ 5000 kg পানি 25m উপরে উঠায় এবং ঐ পানির বেগ 20 ms^{-1}

$$\therefore P = \frac{W}{t}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}mv^2 + mgh}{t}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \times 5000 \times (20)^2 + 500 \times 9.8 \times 25}{60}$$

$$= 37083.33 \text{ W} = 49.71 \text{ H.P}$$

অর্থাৎ পাম্পটির অক্ষক্ষমতা 49.71 H.P

প্রশ্ন ▶ ১৯ একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 20m ও ব্যাস 2m। কুয়াটিকে পানিশূন্য করার জন্য 5Hp এর একটি পাম্প লাগানো হলো। অর্ধেক পানি তোলা পর পাম্পটি নষ্ট হয়ে গেল। বাকি পানি তোলার জন্য একই ক্ষমতাসম্পন্ন আর একটি পাম্প লাগানো হলো।

[রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]

- ক. স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক কাকে বলে? ১
খ. ছাতার কাপড় ছিদ্র থাকা সত্ত্বেও বৃষ্টির পানি ভিতরে প্রবেশ করে না কেন— ব্যাখ্যা কর। ২
গ. প্রথম পাম্প দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. প্রথম ও দ্বিতীয় পাম্প দ্বারা পানি তুলতে একই সময় লাগবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পীড়ন ও বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যা। এই ধ্রুব সংখ্যাকে বস্তুর স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বলে।

খ. ছাতার কাপড়ের ভৌত ধর্ম এমন যেন, ছাতার কাপড়ের অণু ও পানির অণুর মধ্যকার আসঞ্জন বল পানির অণুগুলোর মধ্যকার সংশক্তি বল অপেক্ষা অনেক ক্ষুদ্র। তাই ছাতার ওপর পানি পড়া মাত্রই পানির ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ফোঁটাগুলো একত্রিত হয়ে বেশ কিছু বড় ফোঁটা গঠন করে। এ বড় ফোঁটাগুলো ছাতার কাপড়ের ছিদ্রের মধ্য দিয়ে প্রবেশ করতে পারে না এবং গড়িয়ে পড়ে যায়।

গ. ৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ. ৯(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ২০. রায়হান ৯৫০ kg ভরের একটি গাড়ি নিয়ে $\frac{1}{50}$ ঢাল বিশিষ্ট পাহাড় 40 kmh^{-1} বেগে উঠছে। পাহাড়ের গায়ের সাথে গাড়ির চাকার ঘর্ষণ গুণাঙ্ক ০.৩, রায়হানের ভর ৫০ kg.

(আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা)

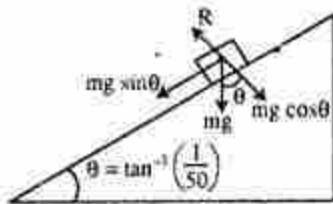
- ক. স্থিতিস্থাপক বিভব শক্তি কী? ১
খ. মহাকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. রায়হানের উপর প্রযুক্ত প্রতিক্রিয়া বল কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের গাড়িটির ক্ষমতা H.P.এ পরিমাপ করা যাবে কিনা? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে দেখাও। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. স্থিতিস্থাপক বলের প্রভাবে কোনো বস্তুতে সৃষ্ট বিভবশক্তিকে স্থিতিস্থাপক বিভবশক্তি বলে।

খ. মহাকর্ষ বলের ক্ষেত্রে (Field) কোনো বস্তুকে এক অবস্থান হতে অপর অবস্থানে স্থানান্তর করতে মহাকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতিপথের ওপর নির্ভর করে না, কেবল বস্তুর আদি ও শেষ অবস্থানের ওপর নির্ভর করে। ঐ ক্ষেত্রে বস্তুকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে আদি অবস্থানে আনা হলে মহাকর্ষ বল কর্তৃক সম্পাদিত কাজ শূন্য হয়। এ কারণেই মহাকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল।

গ.



এখানে,

$$\text{ঢাল, } \tan \theta = \frac{1}{50}$$

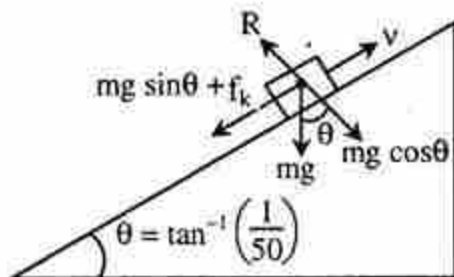
রায়হানের ভর, $m = 50 \text{ kg}$
প্রযুক্ত বল, $R = ?$

রায়হানের উপর প্রযুক্ত প্রতিক্রিয়া বল,

$$R = mg \cos \theta$$

$$= 50 \times 9.8 \times \cos \left[\tan^{-1} \left(\frac{1}{50} \right) \right] = 489.9 \text{ N (Ans.)}$$

ঘ.



এখন, রায়হানসহ গাড়ির মোট ভর, $m = (950 + 50) \text{ kg}$
 $= 1000 \text{ kg}$

$$\text{ঢাল, } \tan \theta = \frac{1}{50}$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1} \left(\frac{1}{50} \right)$$

$$= 1.146^\circ$$

গতিয় ঘর্ষণ গুণাঙ্ক, $\mu_k = 0.3$

এখন, ঘর্ষণ বল f_k হলে,

$$\mu_k = \frac{f_k}{R}$$

$$\therefore f_k = \mu_k \times R$$

আবার, তরলের উপর প্রতিক্রিয়া, $R = mg \cos \theta$

$$\therefore f_k = 0.3 \times mg \cos \theta$$

$$= 0.3 \times 1000 \times 9.8 \times \cos 1.146^\circ$$

$$= 2939.41 \text{ N}$$

\therefore মোট বল, $F = mg \sin \theta + f_k$

$$= 1000 \times 9.8 \times \sin 1.146^\circ + 2939.41$$

$$= 3135.41 \text{ N}$$

অর্থাৎ, গাড়িটির ক্ষমতা, $P = Fv$

$$= 3135.41 \times \frac{40 \times 1000}{3600}$$

$$= 34837.9 \text{ W} = 46.7 \text{ H.P.}$$

অতএব, গাড়ির ক্ষমতা H.P.-এ পরিমাপ করা যাবে।

প্রশ্ন ২১. ইফটি টেবিলের উপর রেখে একটি স্প্রিং সংকুচিত ও প্রসারিত করে খেলছিল। সে স্প্রিংটি স্বাভাবিক অবস্থান থেকে ৫ cm সংকুচিত করলো। তারপর ১.৮ kg ভর এক প্রান্তে লাগিয়ে সংকুচিত স্প্রিংটি ছেড়ে দিল। স্প্রিংটির স্প্রিং ধ্রুবক 340 Nm^{-1} ।

(আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা)

- ক. কৌণিক কম্পাঙ্ক কী? ১
খ. পৃথিবীর গতি সরল ছন্দিত গতি কিনা ব্যাখ্যা করো। ২
গ. স্প্রিংটি সংকুচিত করতে ইফটিকে কতটুকু কাজ করতে হয়েছে? ৩
ঘ. স্প্রিংটি ছেড়ে দেয়ার পর ৬ cm দূরের দেয়ালকে স্পর্শ করবে কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে যাচাই করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সরল সন্দিত স্পন্দনসম্পন্ন কণার সময়ের সাপেক্ষে দশা পরিবর্তনের হারকে কৌণিক কম্পাঙ্ক বলে।

খ. পৃথিবী সূর্যের চারপাশে নির্দিষ্ট সময় ব্যবধানে একই পথে আবর্তনশীল। তাই পৃথিবীর গতি পর্যায়বৃত্ত গতি। কিন্তু এই গতি সরল ছন্দিত গতি নয়।

করণ: সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কণার সঞ্চারপথ সরলরেখিক। কিন্তু পৃথিবীর কক্ষপথ উপবৃত্তাকার। সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কণা পর্যায়কালের অর্ধেক সময় এক দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় বিপরীত দিকে গতিশীল থাকে। কিন্তু পৃথিবী তার কক্ষপথে সর্বদা একই দিক বরাবর গতিশীল। সরল ছন্দিত স্পন্দনরত কণার যেকোনো মুহূর্তে ত্বরণ সাম্যাবস্থান অভিমুখী এবং সাম্যাবস্থান থেকে সরণের সমানুপাতিক। কিন্তু ঘূর্ণনরত পৃথিবীর ত্বরণ উপবৃত্তের ফোকাস (সূর্য) অভিমুখী এবং এই ত্বরণ ফোকাস থেকে দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক $\left(a \propto \frac{1}{r^2} \right)$ তাই পৃথিবীর গতি সরল ছন্দিত গতি নয়।

গ. স্প্রিংটি সংকুচিত করতে কৃতকাজ W হলে,

$$W = \frac{1}{2} kx^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 340 \times (0.05)^2$$

$$= 0.425 \text{ J (Ans.)}$$

এখানে,

স্প্রিং ধ্রুবক, $k = 340 \text{ Nm}^{-1}$

সাম্যাবস্থান হতে সরণ, $x = 5 \text{ cm}$
 $= 0.05 \text{ m}$

ঘ) স্প্রিংটিকে x পরিমাণ সংকুচিত করলে এতে সঞ্চিত শক্তি, $E = \frac{1}{2} kx^2$

এখন সংকুচিত অবস্থায় এর সাথে একটি $m = 1.8 \text{ kg}$ ভরের বস্তু আটকে ছেড়ে দিলে এটি y দূরত্ব সরে আসলে তার y দূরত্ব প্রসারিত হতে কৃতকাজ, $W_1 = \frac{1}{2} ky^2$

এটি আদর্শ স্প্রিং হলে এর সাথে বস্তু যুক্ত করলে এবং টেবিলটি মসৃণ হলে বস্তুকে সরাসরি পৃথকভাবে কোন কাজ করতে হবে না। ফলে, $W_2 = 0$

\therefore মোট কৃতকাজ $W = W_1 + W_2$

$$= \frac{1}{2} ky^2 + 0$$

$$= \frac{1}{2} ky^2$$

\therefore কাজ শক্তি উপপাদ্য হতে,

কৃতকাজ = সঞ্চিত শক্তি

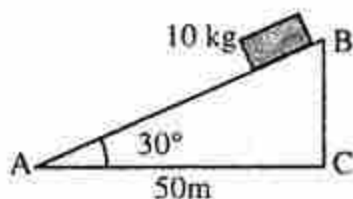
$$\frac{1}{2} ky^2 = \frac{1}{2} kx^2$$

$$\text{বা, } y = x$$

$$\therefore y = 5 \text{ cm}$$

অতএব, স্প্রিংটি 6 cm দূরের দেয়ালকে আঘাত করবে না।

প্রশ্ন ২২



AB হল ঘর্ষণযুক্ত তল। 30° কোণের জন্য তলের উপরস্থ বস্তুটি কেবল গতিশীল হয়।

[ঢাকা রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ]

- কৌণিক ভরবেগ কাকে বলে? ১
- রকেটের গতি কোন সূত্র সমর্থন করে ব্যাখ্যা কর। ২
- B বিন্দুতে বস্তুটির বিভব শক্তি নির্ণয় কর। ৩
- কোণের মান 15° বৃদ্ধি করলে B হতে A বিন্দুতে আসতে বস্তুর গতিশক্তির কেমন পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ) রকেটে জ্বালানি হিসেবে তরল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন ব্যবহার করা হয়। দহন প্রকোষ্ঠে তরল অক্সিজেনের সাহায্যে জ্বালানি তেল দহন করা হয়, ফলে প্রচুর গ্যাস উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন গ্যাস প্রচণ্ড বেগে পিছন দিয়ে বের হয়ে আসার সময় নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে রকেটের ওপর একটি বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করে। এ বলকে ধাক্কা বলে। এ ধাক্কার ফলেই রকেট মহাশূন্যে চলতে পারে।

গ) B বিন্দুতে বস্তুটির বিভব শক্তি,

$$\begin{aligned} E_{PB} &= mg \times BC \\ &= mg \times AC \tan \theta \\ &= 10 \times 9.8 \times \tan 30^\circ \\ &= 2829 \text{ J. (Ans.)} \end{aligned}$$

দেওয়া আছে,

বস্তুর ভর, $m = 10 \text{ kg}$

$AC = 50 \text{ m}$

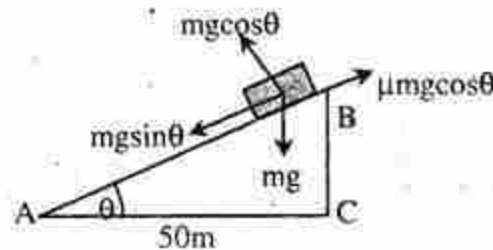
$\angle BAC = \theta = 30^\circ$

$$\tan \theta = \frac{BC}{AC}$$

$$\text{বা, } BC = AC \tan \theta$$

ঘ) $\theta = 30^\circ$ হলে বস্তুটি কেবল গতিশীল হয়।

$$\text{তাই, } \mu = \tan 30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}}$$



AB তল বরাবর

$$\text{লম্বি বল, } F = mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta$$

কাজ-শক্তি উপপাদ্য অনুযায়ী

লম্বি বল দ্বারা কৃতকাজ = গতিশক্তির পরিবর্তন

$$\text{বা, } F \cdot s = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} m \cdot 0 \quad [\text{যেহেতু আদিবেগ } u = 0 \text{ ছিল}]$$

$$\text{বা, } (mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta) \times AB = \frac{1}{2} mv^2 \quad [\text{এখানে, সরণ, } s = AB]$$

অতএব,

$$\text{গতিশক্তি } E_k = \frac{1}{2} mv^2 = (mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta) \times AB \quad \dots\dots\dots (i)$$

(i) নং সমীকরণে

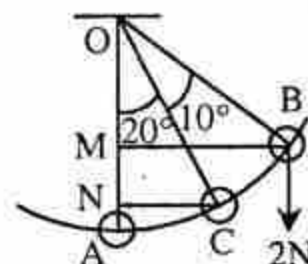
$$\text{যখন, } \theta = 30^\circ, \mu = \frac{1}{\sqrt{3}},$$

$$\begin{aligned} E_{k1} &= (mg \sin 30^\circ - \frac{1}{\sqrt{3}} mg \cos 30^\circ) AB \\ &= \left(mg \sin 30^\circ - \left(\frac{1}{\sqrt{3}} \right) mg \cos 30^\circ \right) AB \\ &= \left(mg \cdot \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{3}} mg \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \times AB \\ &= \left(\frac{mg}{2} - \frac{mg}{2} \right) \times AB \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{যখন, } \theta = 45^\circ \quad E_{k2} &= \left\{ mg \sin 45^\circ - \left(\frac{1}{\sqrt{3}} \right) mg \cos 45^\circ \right\} \times \frac{100}{\sqrt{3}} \\ &= \left(\frac{mg}{\sqrt{2}} - \frac{1}{\sqrt{3}} mg \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \times \frac{100}{\sqrt{3}} \\ &= \frac{mg(\sqrt{3} - 1)}{\sqrt{6}} \times \frac{100}{\sqrt{3}} \\ &= \frac{10 \times 9.8 (\sqrt{3} - 1) \times 100}{\sqrt{18}} \\ &= 1690.95 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{অতএব গতিশক্তির পরিবর্তন: } \Delta E_k &= E_{k2} - E_{k1} \\ &= 1690.95 - 0 \\ &= 1690.95 \text{ J} \end{aligned}$$

প্রশ্ন ২৩



OA = 10cm

[ঢাকা রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ]

- অসংরক্ষণশীল বল কাকে বলে? ১
- সরলছন্দিত স্পন্দনের বৈশিষ্ট্য লেখ। ২
- উদ্দীপক হতে বলধ্রুবক নির্ণয় কর। ৩
- উদ্দীপকটি যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা সূত্র মেনে চলে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বলকে অসংরক্ষণশীল বলা হবে যদি একটি বস্তু পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে পূর্বের অবস্থানে ফিরে এলে ঐ বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য না হয়। যদি কোনো বস্তুকে এক বিন্দু থেকে অপর এক বিন্দুতে নিতে ঐ বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুকে কোন পথে নেয়া হয়েছে তার উপর নির্ভর করে তবে ঐ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল।

খ সরল ছন্দিত গতির বলের বৈশিষ্ট্যগুলো উল্লেখ করা হলো:

- এটি বিশেষ ধরনের ছন্দিত বা দোলনগতিসম্পন্ন।
- সরল ছন্দিত গতির ক্ষেত্রে কণার ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে সরনের সমানুপাতিক।
- ত্বরণ এবং কণার উপর ক্রিয়াশীল বলের অভিমুখ সব সময় সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয়।

গ স্প্রিংটির কৌণিক বেগ = ω হলে, দেওয়া আছে, স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য $L = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$

$$\omega^2 = \frac{g}{L}$$

$$\Rightarrow \frac{k}{m} = \frac{g}{L} \quad [k = \text{বল ধ্রুবক, } m = \text{ববের ভর}]$$

$$\therefore k = \frac{mg}{L} \dots\dots\dots (i)$$

এখন, B বিন্দু হতে পাই, ববের ওজন $W = 2 \text{ N}$
 $\Rightarrow mg = 2$

(i) নং এ
 $\therefore k = \frac{2}{0.1} = 20 \text{ N/m (Ans.)}$

ঘ ৫(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : শক্তির নিত্যতা সূত্র মেনে চলে।

প্রশ্ন ২৪ একটি দালানের ছাদের সাথে 5m দৈর্ঘ্যের মই লাগানো আছে যা অনুভূমিকের সাথে 30° কোণ উৎপন্ন করে। 70 kg ভরের এক শ্রমিক 20kg বোঝা মাথায় নিয়ে মই বেয়ে ছাদে উঠলেন। ছাদ থেকে নেমে শ্রমিক মইটিকে অনুভূমিকের সাথে 60° কোণ করে রেখে একই পরিমাণ বোঝা নিয়ে মই বেয়ে পুনরায় ছাদে উঠলেন।

[মলি ক্রস কনজ, ঢাকা]

- বলের ঘাত কী? ১
- অভিকর্ষজ বলের বিপরীতে সরণ তিনগুণ হলে কৃতকাজ তিনগুণ হয় কিন্তু স্থিতিস্থাপক বলের বিপরীতে সরণ তিনগুণ হলে কৃতকাজ নয়গুণ হয়—ব্যাখ্যা কর। ২
- শ্রমিক প্রথমে ছাদে ওঠার জন্য কত কাজ করেছেন? ৩
- কিভাবে মই রেখে ছাদে উঠলে শ্রমিক বেশি ক্ষমতা প্রয়োগ করবেন—গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ণয় কর। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ আমরা জানি, অভিকর্ষজ বল (mg) এর বিপরীতে সরণ (x) হলে, কৃত কাজ, $W = mgx$ অর্থাৎ, $W \propto x$ কিন্তু স্থিতিস্থাপক বল (kx) এর বিপরীতে সরণ (x) হলে, কৃতকাজ, $W' = \frac{1}{2} kx^2$ অর্থাৎ, $W' \propto x^2$ সুতরাং, অভিকর্ষজ বলের বিরুদ্ধে সরণ 3 গুণ হলে কাজ ও 3 গুণ হবে (সমানুপাতিক) কিন্তু স্থিতিস্থাপক বলের বিরুদ্ধে সরণ 3 গুণ হলে কাজ $3^2 = 9$ গুণ হবে (বর্গের সমানুপাতিক)।

গ দেওয়া আছে,

বোঝা সহ শ্রমিকের ভর, $m = 70 + 20 = 90 \text{ kg}$
 সরণ ও বলের মধ্যবর্তী কোণ, $\theta = (90 - 30)^\circ = 60^\circ$
 মই এর দৈর্ঘ্য, $s = 5 \text{ m}$

বের করতে হবে, ছাদে উঠতে শ্রমিক কর্তৃক কৃতকাজ, $W = ?$

আমরা জানি,

$$W = Fs \cos \theta$$

$$= mg s \cos \theta$$

$$= 90 \times 9.5 \times 5 \times \cos (60^\circ)$$

$$= 2205 \text{ J (Ans.)}$$

ঘ “গ” অংশ হতে পাই,

প্রথম ক্ষেত্রে, শ্রমিক কর্তৃক কৃতকাজ, $W = 2205 \text{ J}$

উদ্দীপক অনুসারে,

মই এর দৈর্ঘ্য, $s = 5 \text{ m}$

বোঝাসহ শ্রমিকের ভর, $m = 90 \text{ kg}$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, $\theta = 90 - 60 = 30^\circ$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে কৃতকাজ W' হলে,

$$W' = mg s \cos \theta$$

$$= 90 \times 9.8 \times 5 \times \cos 30$$

$$= 3819.17 \text{ J}$$

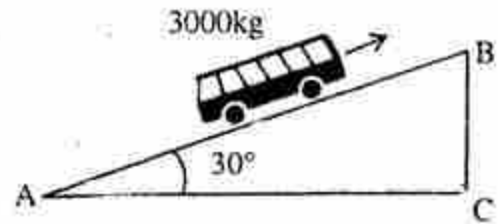
আমরা জানি,

$$\text{ক্ষমতা, } P = \frac{W}{t}$$

বা, $P \propto W$ [সময় নির্দিষ্ট]

যেহেতু প্রথমক্ষেত্রে কৃতকাজ < দ্বিতীয় ক্ষেত্রে কৃতকাজ সুতরাং, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে অর্থাৎ অনুভিকের সাথে 60° কোণে মই রেখে ছাদে উঠতে শ্রমিকের বেশি ক্ষমতা প্রয়োগ করতে হবে।

প্রশ্ন ২৫ মাইলস্টোন কলেজের পদার্থবিজ্ঞান বিভাগের শিক্ষকদের শিক্ষা সফর উপলক্ষে বান্দরবান যাওয়ার পথে পাহাড়ী রাস্তার উঁচু ঢাল দিয়ে সফরকারী বাসটি চিত্রের ন্যায় 10 ms^{-1} সমবেগে উপরের দিকে উঠছিল। উক্ত স্থানে রাস্তার সাথে চাকার ঘর্ষণ বল 400 N এবং গাড়িটির ইঞ্জিনের সর্বোচ্চ ক্ষমতা 200 kW । [AB = 70 m]



[মাইলস্টোন কলেজ]

- কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি লিখ। ১
- গতিপথের কোথায় প্রাসের বেগ সর্বনিম্ন হয়? ব্যাখ্যা কর। ২
- গাড়িটি A থেকে B-তে যেতে কৃতকাজ নির্ণয় কর। ৩
- যদি গাড়ির ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা 80% হয় তবে গাড়িটি পাহাড়ের উপর স্বাচ্ছন্দে উঠতে সক্ষম হবে কি না? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতি শক্তির পরিবর্তনের সমান।

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

গ গাড়িটির A থেকে B তে যেতে কৃতকাজ, W হলে, $W =$ বিভব শক্তির পরিবর্তন, $E_p +$ ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ, W_f ।

এখন,
বিভবশক্তির পরিবর্তন,
 $E_p = mgh$
 $= mg(BC)$
 $= mg(AB \sin \theta)$
 $= 3000 \times 9.81 \times 70 \times \sin 30^\circ$
 $= 1.03 \times 10^6 \text{ J}$

ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ,
 $W_F = FS$
 $= 400 \times 70$
 $= 28000 \text{ J}$

\therefore মোট কাজ, $W = 1.03 \times 10^6 + 28,000$
 $= 1.058 \times 10^6 \text{ J. (Ans.)}$

য 'গ' থেকে পাই, গাড়িটির A বিন্দু হতে B বিন্দুতে যেতে কৃতকাজ,
 $W = 1.088 \times 10^6 \text{ J}$

গাড়িটির A হতে B তে যেতে t সময় লাগলে,

$t = \frac{s}{v}$
 $= \frac{70}{10}$
 $= 7 \text{ s}$

\therefore গাড়িটিকে 10 ms^{-1} সমবেগে A হতে B তে যেতে ইঞ্জিন হতে

প্রয়োজনীয় প্রযুক্ত ক্ষমতা, $P = \frac{W}{t}$
 $= \frac{1.088 \times 10^6}{7}$
 $= 151.1 \times 10^3 \text{ W}$
 $= 151.1 \text{ kW}$

এখন, গাড়িটি স্বাচ্ছন্দে A হতে B তে যেতে পারবে যদি উদ্দীপক অনুসারে গাড়িটির ইঞ্জিন হতে প্রাপ্ত সর্বোচ্চ ক্ষমতা প্রয়োজনীয় ক্ষমতা,
 $P = 151.1 \text{ kW}$ এর সমান বা বেশি হয়।

\therefore ইঞ্জিন হতে প্রাপ্ত ক্ষমতা P_{out} হলে

$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$
বা $P_{out} = \eta P_{in}$
 $= 0.80 \times 200$
 $= 160 \text{ kW}$

$\therefore P_{out} > P$, অর্থাৎ প্রয়োজনীয় ক্ষমতার চাইতে ইঞ্জিন হতে প্রাপ্ত ক্ষমতা বেশি। তাই গাড়িটি স্বাচ্ছন্দে A হতে B তে তথা পাহাড়ে উঠতে পারবে।

প্রশ্ন ২৬ একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 12 m এবং ব্যাস 1.8 m। একটি পাম্প কুয়াটিকে 24 min এ পানি শূন্য করতে পারে। উক্ত কাজে 1 H.P. এর আরও একটি পাম্প যুক্ত করা হলো।

[বীরশ্রেষ্ঠ নূর মোহাম্মদ পার্বনিক কলেজ]

- কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি বিবৃত করো। ১
- সংরক্ষণশীল বলের ক্ষেত্রে কৃতকাজ বস্তুর গতিপথের উপর নির্ভর করে না'- ব্যাখ্যা করো। ২
- পাম্পটির ক্ষমতা নির্ণয় করো। ৩
- দ্বিতীয় পাম্প যুক্ত করায় উক্ত কাজে কত সময় সাশ্রয় হবে? ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতি শক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ কোনো 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। অর্থাৎ, সংরক্ষণশীল বলের ক্ষেত্রে এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে নিয়ে যেতে যে পরিমাণ কাজ করতে হয়, দ্বিতীয় বিন্দু হতে ১ম বিন্দুতে ফিরিয়ে আনলে একই

পরিমাণ ঋণাত্মক কাজ করতে হয়। যে পথেই নেয়া হোক না কেন কাজ সংরক্ষণশীল থাকে, এ কারণেই সংরক্ষণশীল বল দ্বারা কৃতকাজ গতিপথের উপর নির্ভর করে না।

গ এখন,

$P = \frac{W}{t}$
 $= \frac{mgh}{t}$
 $= \frac{\rho Vgh}{t}$
 $= \frac{\rho \times \pi r^2 / gh}{t}$

এখানে,
কুয়ার গভীরতা, $l = 12 \text{ m}$
কুয়ার ব্যাসার্ধ, $r = 0.9 \text{ m}$
সময়, $t = 24 \times 60$
 $= 1440 \text{ s}$
গড় সরণ, $h = \frac{0 + 12}{2}$
পানির ঘনত্ব, $\rho = 1 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
ক্ষমতা, $P = ?$

$= \frac{1 \times 10^3 \times 3.1416 \times (0.9)^2 \times 12 \times 9.8 \times 6}{1440}$
 $= 1246.9 \text{ watt}$
 $= 1.67 \text{ H.P. (Ans.)}$

ঘ 'গ' হতে পাই,

প্রথম পাম্পের ক্ষমতা, $P_1 = 1.67 \text{ H.P.}$

1 H.P এর পাম্প যুক্ত করায় মোট ক্ষমতা,

$P_2 = (1.67 + 1) \text{ H.P.}$

$= 2.67 \text{ H.P.}$

প্রথম পাম্পের জন্য সময় লাগে, $t_1 = 24 \text{ min}$

ধরি, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে সময় লাগে $t_2 \text{ min}$

এখন, ক্ষমতা, $P = \frac{W}{t}$

বা, $P \propto \frac{1}{t}$; [কাজ একই থাকবে বলে ধুব]

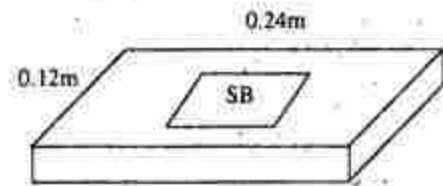
$\therefore \frac{P_1}{P_2} = \frac{t_2}{t_1}$

বা, $t_2 = \frac{P_1}{P_2} \times t_1$
 $= \frac{1.67}{2.67} \times 24$
 $= 15.01 \text{ min}$

\therefore দ্বিতীয় পাম্প যুক্ত করার সময় সাশ্রয় হলো,

$t_1 - t_2 = (24 - 15.01) \text{ min}$
 $= 8.99 \text{ min}$

প্রশ্ন ২৭ নিচে একটি ইট দেখানো হলো যার উচ্চতা 0.05 m এবং ভর 2 কেজি।



[আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা]

- কর্মদক্ষতা কাকে বলে? ১
- একটি বস্তু নিচে পড়তে থাকলে গতি শক্তি বৃদ্ধি পায় -ব্যাখ্যা করো। ২
- একটির উপর আর একটি ইট সজ্জিত করে 5 মিটার উচ্চতার স্তম্ভ তৈরি করতে কী পরিমাণ কাজ করতে হবে নির্ণয় করো। ৩
- ইটের দৈর্ঘ্যকে অনুভূমিক অবস্থান হতে উল্লম্ব অবস্থানে রাখতে কি পরিমাণ কাজ করতে হবে, গাণিতিক বিশ্লেষণ পূর্বক মতামত দাও। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ. একটি বস্তু নিচে পরতে থাকলে গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। কারণ মুক্তভাবে কোন বস্তু পরতে থাকলে সময়ের সাথে সাথে বস্তুর বেগ বৃদ্ধি পায়। পড়ন্ত বস্তুর সূত্র হতে পাই $v \propto t$ । আবার বেগ বৃদ্ধি পেলে গতি শক্তি বৃদ্ধি পায়। গতিশক্তি, $E_k \propto v^2$ । অর্থাৎ গতিশক্তি বেগের বর্গের সমানুপাতিক। তাই একটি বস্তু নিচে পরতে থাকলে এর গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়।

গ. এখানে, ইটের উচ্চতা, $h' = 0.05 \text{ m}$
ইটের ভর, $m' = 2 \text{ kg}$
5m উচ্চতার স্তম্ভ তৈরী করতে ইটের প্রয়োজন,
$$= \frac{5 \text{ m}}{0.05 \text{ m}} = 100 \text{ টি}$$

∴ 100 টি ইটের ভর, $m = 100 \times 2 = 200 \text{ kg}$

5m স্তম্ভের ক্ষেত্রে গড় উচ্চতা, $h = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ m}$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \text{কৃতকাজ, } W &= mgh - m'g\frac{h}{2} \\ &= 200 \times 9.8 \times 2.5 - 2 \times 9.8 \times \frac{0.05}{2} \\ &= 4899.51 \text{ J (Ans)} \end{aligned}$$

ঘ. এখানে, ইটের ভর $m = 2 \text{ kg}$

ইটের দৈর্ঘ্য, $l = 0.24 \text{ m}$

এখন ইটের দৈর্ঘ্যকে অনুভূমিক অবস্থানে হতে উল্লম্ব অবস্থানে রাখলে

ভারকেন্দ্রের সরণ, $h_1 = \frac{l}{2} = 0.12 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{আমরা জানি, কৃতকাজ, } W &= mgh_1 \\ &= 2 \times 9.8 \times 0.12 \\ &= 2.352 \text{ J} \end{aligned}$$

∴ ইটের দৈর্ঘ্যকে অনুভূমিক অবস্থানে হতে উল্লম্ব অবস্থানে রাখতে 2.352J কাজ করতে হবে।

প্রশ্ন ২৮ 1টি 1000kg ভরের ট্রাকের সাহায্যে 1 টি 500kg ভরের বেলনাকৃতির পিলারকে একটি আনত তলের উপর দিয়ে 30 ms^{-1} বেগে নিয়ে যাওয়া হচ্ছিল। পিলারটির দৈর্ঘ্য 100m এবং ব্যাসার্ধ 50cm। আনত তলটি অনুভূমিকের সাথে 30° কোণে আছে। আনত তলে 60m চলার পর পিলারটি নামানোর জন্য ট্রাকটি থামল।

[এস ও এস হারমান মেইনার কলেজ, ঢাকা]

- সংরক্ষণশীল বল কি? ১
- লম্বি বল দ্বারা কৃত কাজ শক্তি পরিবর্তনের সমান, ব্যাখ্যা কর। ২
- উদ্দীপকের পিলারটির ভূমিতে শায়িত অবস্থা থেকে ঝাড়া অবস্থায় নিতে কাজের মান নির্ণয় কর। ৩
- উদ্দীপকের ট্রাকটির আনত তলে 60m চলার জন্য কিরূপ কাজ করতে হবে, নির্ণয় কর। ৪

২৮ 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. লম্বি বল দ্বারা কৃতকাজ গতিশক্তি পরিবর্তনের সমান।

$$\begin{aligned} \text{গাণিতিক ভাবে, কৃতকাজ, } W &= FS \\ &= mas \\ &= m \frac{v^2 - v_0^2}{2} \\ &= \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2 \\ &= E_k - E_{k_0} \\ &= \text{গতিশক্তির পরিবর্তন।} \end{aligned}$$

গ.

এখন, শায়িত অবস্থা থেকে ঝাড়া অবস্থায় নিতে কাজ,

$$\begin{aligned} W &= mg \left(\frac{l}{2} - r \right) \\ &= 500 \times 9.8 \left(\frac{100}{2} - 0.5 \right) \\ &= 242550 \text{ J} \\ &\text{(Ans.)} \end{aligned}$$

এখানে,
পিলারের ভর, $g = 500 \text{ kg}$
দৈর্ঘ্য, $l = 100 \text{ m}$
ব্যাসার্ধ, $r = 50 \text{ cm}$
 $= 0.5 \text{ m}$

ঘ.

$$\begin{aligned} \text{এখন, কৃতকাজ} &= \text{বিভবশক্তির পরিবর্তন} \\ W &= mgh \\ &= mgs \sin \theta \\ &= 1500 \times 9.8 \times 60 \sin 30^\circ \\ &= 441000 \text{ J (Ans.)} \end{aligned}$$

এখানে,
মোট ভর, $m = 1000 + 500$
 $= 1500 \text{ kg}$
উৎপন্ন কোণ, $\theta = 30^\circ$
অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = 60 \text{ m}$

প্রশ্ন ২৯ একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 10m এবং ব্যাস 4 m কুয়াটিকে 20 মিনিটে পানি শূন্য করতে 6.87 HP এর একটি পাম্প লাগানো হলো। অর্ধেক পানি শূন্য করার পর পাম্পটি নষ্ট হওয়ায় অন্য আর একটি পাম্প লাগানো হলো এবং নির্ধারিত সময়ে কুয়াটি পানি শূন্য করা হল।

[ইনজিনিয়ারিং ইন্সটিটিউট কলেজ, ঢাকা]

- স্প্রিং ধুবক কী? ১
- ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল বল— ব্যাখ্যা কর। ২
- উদ্দীপক অনুসারে কত সময় পর প্রথম পাম্পটি নষ্ট হয়েছিল? ৩
- উদ্দীপকটি অনুসারে ১ম পাম্পটি নষ্ট হওয়ার পর নির্ধারিত সময়ে কুয়াটির পানি শূন্য করতে কি একই ক্ষমতার পাম্প ব্যবহার করা হয়েছিল? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো স্প্রিংকে এর সাম্যাবস্থা হতে 1m প্রসারিত বা সংকুচিত করতে যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হয়, তাকে স্প্রিং ধুবক বলে।

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

গ. দেওয়া আছে,

$$\begin{aligned} \text{পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা, } h &= 10 \text{ m} \\ \text{ব্যাস, } d &= 4 \text{ m} \\ \text{সময়কাল, } t &= 20 \text{ min} = 20 \times 60 = 1200 \text{ sec.} \\ \text{পাম্পের ক্ষমতা, } P &= 6.87 \text{ HP} = 6.87 \times 746 \\ &= 5125.02 \text{ W} \end{aligned}$$

জানা আছে,

$$\begin{aligned} \text{অভিকর্ষজ ত্বরণ, } g &= 9.8 \text{ ms}^{-2} \\ \text{পানির ঘনত্ব, } \rho &= 1000 \text{ kgm}^{-3} \\ \text{বের করতে হবে, অর্ধেক পানি শূন্য করার প্রয়োজনীয় সময়, } t' &= ? \\ \text{কুয়ার সম্পূর্ণ পানির আয়তন } V &\text{ হলে,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{4} \pi d^2 h \\ &= \frac{1}{4} \pi \times 4^2 \times 10 = 125.66 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

পানির ভর m হলে, $m = \rho V = 1000 \times 125.66 = 125660 \text{ kg}$

$$\therefore \text{অর্ধেক পানির ভর } m' \text{ হলে, } m' = \frac{m}{2} = \frac{125660}{2}$$

$$\therefore m' = 62830 \text{ kg}$$

এখন পানি উত্তোলনের গড় উচ্চতা, $h' = \frac{h}{4} = \frac{10}{4} = 2.5 \text{ m}$

অর্ধেক পানি উত্তোলনে নির্ণেয় সময় t' হলে,

আমরা জানি, $P = \frac{m'gh'}{t'}$

$$\text{বা, } t' = \frac{m'gh'}{P} = \frac{62830 \times 9.8 \times 2.5}{5125.02}$$

$$= 300.36 \text{ sec}$$

$$t' = 5.006 \text{ min}$$

\therefore 5.006 min পর পাম্পটি নষ্ট হয়েছিল। (Ans.)

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই, অর্ধেক পানির ভর, $m' = 62830 \text{ kg}$.

জানা আছে, মোট পানির ভর, $m = 1256660 \text{ kg}$

\therefore অবশিষ্ট পানির ভর, $m'' = m - m' = 1256660 - 62830$

$$\therefore m'' = 62830 \text{ kg}$$

নির্ধারিত সময়, $t = 20 \text{ min}$

প্রথম পাম্প কর্তৃক ব্যয়িত সময়, $t' = 5.006 \text{ min}$

\therefore অবশিষ্ট সময়, $t'' = 20 - 5.006 = 14.994 \text{ min}$

$$t'' = 14.994 \times 60 = 899.64 \text{ sec}$$

$$\text{গড় উচ্চতা, } h = \frac{3h}{4} = \frac{3 \times 10}{4} = 7.5 \text{ m}$$

কুয়াটি পানি শূন্য করতে দ্বিতীয় পাম্পের ক্ষমতা P' হলে,

আমরা লিখতে পারি, $P' = \frac{m''gh}{t''}$

$$= \frac{62830 \times 9.8 \times 7.5}{899.64}$$

$$= 5133.1691$$

$$= \frac{5133.169}{746}$$

$$= 6.88 \text{ HP} > P$$

উদ্দীপক হতে দেখা যায় যে, প্রথম পাম্পটির ক্ষমতা 6.87 HP

আবার, গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যায় যে, দ্বিতীয় পাম্পের ক্ষমতা 6.88 HP

সুতরাং বলা যায় যে, কুয়াটি পানিশূন্য করতে উভয়ক্ষেত্রে একই ক্ষমতার পাম্প ব্যবহার করা হয় নাই। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে $(6.88 - 6.87) \text{ HP} = 7.46 \text{ watt}$ এর একটি ক্ষুদ্র মোটর লাগানো হয়েছিল।

প্রশ্ন ৩০ একটি কুয়ার দৈর্ঘ্য, প্রস্থ এবং গভীরতা যথাক্রমে 10m, 4m ও 6m। কুয়ার দুই-তৃতীয়াংশ পানি দ্বারা পূর্ণ। একটি পাম্প 30 মিনিটে কুয়াটাকে পানিশূন্য করতে পারে।

[গুরুদয়াল সরকারি কলেজ, কিশোরগঞ্জ]

ক. স্প্রিং ধ্রুবক কী?

১

খ. একই উচ্চতায় উঠতে একটি খাড়া সিঁড়ি অপেক্ষা একটি হেলানো সিঁড়ি ব্যবহার করলে কষ্ট কম হয় কেন?

২

গ. উদ্দীপকের কুয়াটি থেকে 6 লিটার পানি 10m উচ্চতায় একটি টাওয়ারের শীর্ষবিন্দুতে তুলতে ব্যয়িত শক্তি কত হবে?

৩

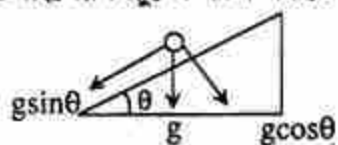
ঘ. যদি পাম্পটির কার্যকর ক্ষমতা 50% নষ্ট হয় তবে নির্ধারিত সময়ের মধ্যে কুয়াটিকে পানিশূন্য করা সম্ভব হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণ কর।

৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য 1m সংকোচন বা প্রসারণের জন্য প্রয়োজনীয় বলকে স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

খ খাড়া সিঁড়ি বেয়ে উপরে উঠলে সরাসরি অভিকর্ষজ ত্বরণ, g এর বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। কিন্তু হেলানো সিঁড়ি ব্যবহার করলে g এর উপাংশের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়—



$\theta < 90^\circ$ হলে $g > g \sin \theta$ অর্থাৎ

$$mg > mg \sin \theta$$

অর্থাৎ, খাড়া সিঁড়িতে উঠতে ন্যূনতম তোমার ওজনের সমান বল প্রয়োগ করতে হবে কিন্তু হেলানো সিঁড়ি বেয়ে উঠতে ওজনের চেয়ে কম বল প্রয়োগ করতে হবে।

সুতরাং হেলানো সিঁড়িতে কষ্ট কম হয়।

গ

ঘনত্ব,

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\text{বা, } a \times b \times h = \frac{m}{\rho}$$

$$\text{বা, } h = \frac{6}{1000 \times 10 \times 4}$$

$$= 1.5 \times 10^{-4} \text{ m}$$

এখানে,

কুয়ার দৈর্ঘ্য, $a = 10 \text{ m}$

কুয়ার প্রস্থ, $b = 4 \text{ m}$

কুয়ার উচ্চতা, $c = 6 \text{ m}$

কুয়ার ভেতর পানির উচ্চতা, $6 \times \frac{2}{3} = 4 \text{ m}$

$h = 6$ লিটার পানির উচ্চতা

ভর, $m = 6$ লিটার পানির ভর = 6 kg

$$\text{এখন, গড় সরণ, } = \frac{1}{3} \times 6 + \frac{1.5 \times 10^{-4}}{2} + 10$$

$$= 12.000075 \text{ m}$$

ব্যয়িত শক্তি, $W = mgh$

$$= 6 \times 9.8 \times 12.000075$$

$$= 705.60 \text{ J (Ans.)}$$

ঘ

পাম্পের ক্ষমতা,

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

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

$$= \frac{\rho Vgh}{t}$$

$$= \frac{\rho \times abc \times g \times h}{t}$$

$$= \frac{1 \times 10^3 \times 10 \times 4 \times 4 \times 9.8 \times 4}{1800}$$

$$= 3484.4 \text{ W}$$

$$= 4.67 \text{ h.p}$$

এখানে,

কুয়ার দৈর্ঘ্য, $a = 10 \text{ m}$

কুয়ার প্রস্থ, $b = 4 \text{ m}$

কুয়ার উচ্চতা, $c' = 6 \text{ m}$

পানির উচ্চতা, $c = \frac{2}{3} \times 6$

$$= 4 \text{ m}$$

$$\text{গড় সরণ} = \frac{\frac{1}{3} \times 6 + 6}{2}$$

$$= 4 \text{ m}$$

সময়, $t = 30 \text{ min}$

$$= 1800 \text{ sec}$$

ঘনত্ব, $\rho = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

এখন পাম্পের ক্ষমতা 50% নষ্ট হলে অর্থাৎ অর্ধেক হয়ে গেলে পূর্বের চেয়ে দ্বিগুন সময় লাগবে। যেহেতু $P \propto \frac{1}{t}$ অর্থাৎ ক্ষমতা অর্ধেক হয়ে গেলে সময় দ্বিগুন লাগবে।

প্রশ্ন ৩১ একটি কুয়ার গভীরতা 15m এবং ব্যাসার্ধ 1m এর 5m খালি। 40% দক্ষতার একটি পাম্প ব্যবহার করে 9min এ এর অর্ধেক পানি উত্তোলন করা হল। 35% দক্ষতার অপর একটি ইঞ্জিনের সাহায্যে 4kg ভরের 15 টি ইট 10 ms^{-1} বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা যায়।

[নিউ গডা, ত্রিপুরা কলেজ, রাজশাহী]

ক. অসংরক্ষণীয় বল কাকে বলে?

১

খ. শীতকালে দোলক ঘড়ি দ্রুত চলে কেন—ব্যাখ্যা কর।

২

গ. উদ্দীপকের পাম্পের দ্বারা কৃতকাজ নির্ণয় কর।

৩

ঘ. উদ্দীপকের এবং পাম্প ইঞ্জিনের গায়ে লিখা ক্ষমতা—গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর।

৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি বলকে অসংরক্ষণীয় বল বলে যদি একটি বস্তু পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে পূর্বের অবস্থানে ফিরে এলে ঐ বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য না হয়। যদি কোনো বস্তুকে এক বিন্দু থেকে অপর এক বিন্দুতে নিতে ঐ বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুকে কোন পথে নেয়া হয়েছে তার উপর নির্ভর করে তবে ঐ বল একটি অসংরক্ষণীয় বল।

খ. সরল দোলকের দোলনকাল সমীকরণ, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ অনুসারে, কোনো সরল দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য কমে গেলে দোলনকাল কমে যায়। অর্থাৎ দোলকটি দ্রুত চলবে। দোলক ঘড়ি ধাতুর তৈরি হওয়ায় তা শীতকালে তাপমাত্রা হ্রাস পেলে দৈর্ঘ্য হ্রাস ঘটে। আর তাই সরলদোলকের সূত্রানুযায়ী দোলনকালও কমে যায় অর্থাৎ দোলক ঘড়ি দ্রুত চলে।

গ. পাম্প দ্বারা কৃতকাজ,
 $W = mgh$
 $= \rho Vgh$
 $= \rho \pi r^2 l gh$
 $= 1 \times 10^3 \times \pi \times 1^2 \times \frac{10}{2}$
 $\times 9.8 \times 7.5$
 $= 1.154 \times 10^6 \text{ J (Ans.)}$

এখানে,
 কুয়ার গভীরতা = 15 m
 কুয়ার ভিতর পানির গভীরতা,
 $l = (15 - 5) \text{ m}$
 $= 10 \text{ m}$
 ব্যাসার্ধ, $r = 1 \text{ m}$
 ঘনত্ব, $\rho = 10^3 \text{ kgm}^{-3}$
 গড় সরণ, $h = \frac{5 + 10}{2}$
 $= 7.5 \text{ m}$

ঘ. ক্ষমতা, $P = \frac{W}{t}$
 $= \frac{1.154 \times 10^6}{540}$
 $= 2137.04 \text{ watt}$

এখন,
 কর্মদক্ষমতা, $\eta_1 = \frac{\text{কার্যকর ক্ষমতা}}{\text{প্রদত্ত ক্ষমতা}}$
 বা, $0.4 = \frac{2137.04}{\text{প্রদত্ত ক্ষমতা}}$
 \therefore পাম্পের প্রদত্ত ক্ষমতা = $5342.6 \text{ watt} = 5.34 \text{ kW}$
 ধরি, 10 ms^{-1} সমবেগে ইট ছুড়ে মারা হলে,
 এখন ইঞ্জিনের ক্ষমতা, $P = Fv$
 $= mg \times v$
 $= (4 \times 15) \times 9.8 \times 10$
 $= 5880 \text{ watt}$
 কর্মদক্ষমতা, $\eta_2 = 0.35$
 \therefore ইঞ্জিনের প্রদত্ত ক্ষমতা, $P = \frac{5880}{0.35}$
 $= 16400 \text{ watt} = 16.4 \text{ kW (Ans.)}$

প্রশ্ন ৩২ 10 মিটার দৈর্ঘ্য, 5 মিটার প্রস্থ ও 3 মিটার গভীরতা বিশিষ্ট পানি ভর্তি কোন পুকুরের 1/3 অংশ পানি শূন্য করতে 1টি পাম্প 2 ঘন্টা সময় নেয়।

সিডার ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা।

ক. আপেক্ষিক গতি কাকে বলে? ১
 খ. পৃথিবীর কেন্দ্রে ওজন শূন্য মনে হয় কেন? ২
 গ. পাম্পের ক্ষমতা কত? ৩
 ঘ. কত ক্ষমতার পাম্প যুক্ত করলে অবশিষ্ট অংশ 2 ঘন্টায় খালি করা যাবে? ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. একটি বস্তুর সাপেক্ষে অপর বস্তুর গতিকে আপেক্ষিক গতি বলে।
 খ. আমরা জানি, ভূপৃষ্ঠ হতে h গভীরের কোনো স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ,
 $g = \frac{4}{3} \pi G \rho (R - h)$
 \therefore ভূকেন্দ্রের ক্ষেত্রে, $h = R$

যেখানে, G = মহাকর্ষীয় ধ্রুবক
 ρ = পৃথিবীর ঘনত্ব
 R = পৃথিবীর ব্যাসার্ধ

\therefore আমরা পাই, $g = \frac{4}{3} \pi G \rho (R - h)$
 $= \frac{4}{3} \pi G \rho \times 0$
 $\therefore g = 0$

সুতরাং বলতে পারি, ভূ-কেন্দ্রে অভিকর্ষজ ত্বরণ এর মান শূন্য।
 আবার, ওজন = ভর \times অভিকর্ষজ ত্বরণ
 অতএব, পৃথিবীর কেন্দ্রে অভিকর্ষজ ত্বরণ শূন্য হওয়ায় ওজন শূন্য মনে হয়।

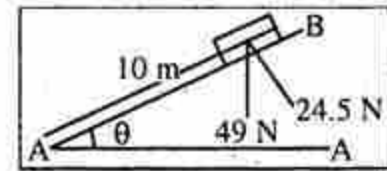
গ. পাম্পের ক্ষমতা,
 $P = \frac{W}{t}$
 $= \frac{mgh}{t}$
 $= \frac{\rho Vgh}{t}$
 $= \frac{\rho \times a \times b \times \left(\frac{c}{3}\right) \times g \times h}{t}$
 $= \frac{1000 \times 10 \times 5 \times \frac{3}{3} \times 9.8 \times 0.5}{7200}$
 $= 34.028 \text{ W (Ans.)}$

এখানে, পুকুরের দৈর্ঘ্য, $a = 10 \text{ m}$
 প্রস্থ, $b = 5 \text{ m}$; উচ্চতা, $c = 3 \text{ m}$
 সময়, $t = 2 \text{ hr} = 7200 \text{ sec}$
 গড় সরণ, $h = \frac{0 + \frac{1}{3}c}{2}$
 $= \frac{\frac{1}{3} \times 3}{2} = 0.5 \text{ m}$
 ঘনত্ব, $\rho = 1000 \text{ kgm}^{-3}$

ঘ. ক্ষমতা,
 $P = \frac{W}{t}$
 $= \frac{mgh}{t}$
 $= \frac{\rho Vgh}{t}$
 $= \frac{\rho \times a \times b \times \left(\frac{2c}{3}\right) \times g \times h}{t}$
 $= \frac{1000 \times 10 \times 5 \times \frac{2 \times 3}{3} \times 9.8 \times 2}{7200}$
 $= 272.22 \text{ W}$
 272.22 W ক্ষমতার পাম্প যুক্ত করতে হবে।

এখানে,
 পুকুরের দৈর্ঘ্য, $a = 10 \text{ m}$
 প্রস্থ, $b = 5 \text{ m}$;
 উচ্চতা, $c = 3 \text{ m}$
 সময়, $t = 2 \text{ hr} = 7200 \text{ sec}$
 গড় সরণ, $h = \frac{\frac{1}{3}c + c}{2}$
 $= \frac{\frac{1}{3} \times 3 + 3}{2} = 2 \text{ m}$
 ঘনত্ব, $\rho = 1000 \text{ kgm}^{-3}$

প্রশ্ন ৩৩



চট্টগ্রাম ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল, চট্টগ্রাম।

ক. ঋণাত্মক কাজ কাকে বলে? ১
 খ. মহাকর্ষীয় বল দ্বারা কৃতকাজ ঋণাত্মক কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
 গ. চিত্রে আনত কোণে মান নির্ণয় কর। ৩
 ঘ. যদি কোণের মান পূর্বের তুলনায় 15° বৃদ্ধি করা হয় তবে বস্তুটিকে A থেকে B বিন্দুতে আনতে পূর্বের তুলনায় কত বেশি কাজ করতে হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

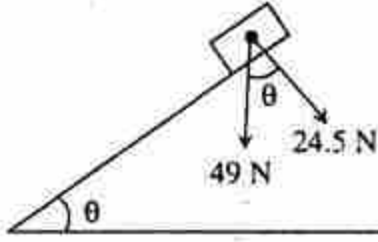
৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বস্তুর ওপর বল প্রয়োগের ফলে বলের বিপরীত দিকে বস্তুর সরণ ঘটলে বা বলের বিপরীত দিকে সরণের উপাংশ থাকলে বল ও সরণের উপাংশের গুণফলকে ঋণাত্মক কাজ বলে।

খ. মহাকর্ষীয় বিভব ঋণাত্মক হওয়ায় মহাকর্ষীয় বল দ্বারা কৃতকাজ ঋণাত্মক হয়। মহাকর্ষ বল আকর্ষণ ধর্মী হওয়ায় মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রে কোন বস্তুকে মুক্তভাবে ছেড়ে দিলে তা পৃথিবীর দিকে আসতে থাকে। পৃথিবীর

কেন্দ্র থেকে যেকোন দূরত্ব (r) এর জন্য মহাকর্ষীয় বিভব $-\frac{GM}{r}$ যা ঋণাত্মক। মুক্তভাবে পৃথিবীর মহাকর্ষের টানে r_1 থেকে r_2 দূরত্বে কোন বস্তুর সরণ হলে কৃতকাজ $-\frac{GMm}{r_2} - \left(-\frac{GMm}{r_1}\right) = GMm \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$; $r_1 > r_2$ হওয়ায় এই কাজের মান ঋণাত্মক। অর্থাৎ মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রে মুক্তভাবে গতিশীল বস্তুর উপর মহাকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজ ঋণাত্মক।

গ চিত্র হতে,

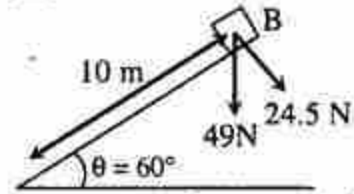


$$24.5 = 49 \cos \theta$$

$$\text{বা, } \cos \theta = \frac{1}{2}$$

$$\therefore \theta = 60^\circ \text{ (Ans.)}$$

ঘ



60° কোণে A বিন্দু থেকে B বিন্দুতে বস্তুটিকে তুলতে কৃতকাজ

$$W_1 = mg \times 10 \sin 60^\circ \dots\dots\dots (1)$$

এখন, কোণ 15° বৃদ্ধি করা হলে, কৃতকাজ

$$W_2 = mg \times 10 \sin 75^\circ \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{mg \times 10 \sin 75^\circ}{mg \times 10 \sin 60^\circ}$$

$$\text{বা, } W_2 = \frac{\sin 75^\circ}{\sin 60^\circ} \times W_1 = 1.115 W_1 = W_1 + 11.5\% W_1$$

পূর্বের তুলনায় 11.5% বেশি কাজ করতে হবে।

প্রশ্ন ৩৪ পেট্রোনাস টুইন টাওয়ারের শীর্ষতলের উচ্চতা 375 m। কাসেম 10 kg ভরের একটি বস্তুসহ শীর্ষতলে আরোহণ করে। এতে সময় লাগে 40 মিনিট। তিনি শীর্ষতল থেকে বস্তুটি নিচে ফেলে দিলেন। উহা বিনা বাধায় ভূমিতে পতিত হলো। মনির বলল, “আমি এই কাজটি করতে পারব।” কাসেমের ভর 60 kg এবং মনিরের ভর 55 kg।

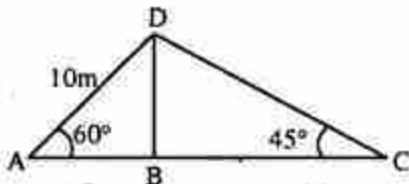
[ছোট্টাইল ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ/]

- ক. কর্মদক্ষতা কার্কে বলে? ১
- খ. বলের দ্বারা কাজ বলতে কী বোঝায়? ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. ভূমি থেকে কত উচ্চতায় বস্তুটির বিভবশক্তি এর গতিশক্তির হিগুণ হবে? ৩
- ঘ. মনির কি একই সময়ে কাজটি করতে পারবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ পূর্বক মতামত দাও। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

১১ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৩৫



50kg ভরের এক ব্যক্তি 10kg ভরের একটি বস্তু মাথায় নিয়ে D বিন্দুতে পৌঁছাল। প্রথমে সে AD পথ ব্যবহার করল এবং পরবর্তীতে CD পথ ব্যবহার করল।

[শহীদ বীর বিক্রম রমিজউদ্দিন ক্যান্টনমেন্ট কলেজ/]

- ক. কাজ শক্তি উপপাদ্যটি বিবৃত করো। ১
- খ. কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. A থেকে D বিন্দুতে পৌঁছাতে কৃতকাজের পরিমাণ কত? ৩
- ঘ. উদ্দীপকের কোন পথ ব্যবহার করে D বিন্দুতে পৌঁছাতে লোকটির পক্ষে সহজ হবে— গাণিতিক ব্যাখ্যা সহ মতামত দাও। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতি শক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ বৃত্তপথে ঘূর্ণনরত বস্তুর ওপর কেন্দ্রমুখী বল ক্রিয়া করে। এক্ষেত্রে যে কোনো মুহূর্তে কেন্দ্রমুখী বলের (F_c) দিক বৃত্তের কেন্দ্র বরাবর, কিন্তু প্রতিটি ক্ষুদ্র সময়ে বস্তুর ক্ষুদ্র সরণ (ds) হয় বৃত্তের স্পর্শক বরাবর। ফলে F_c ও ds এর মধ্যকার কোণ $\theta = 90^\circ$ । সুতরাং কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ, $W = F_c \cdot ds = F_c \times ds \cos 90^\circ = 0$ । অর্থাৎ কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য অর্থাৎ কোনো কাজ সম্পাদিত হয় না।

গ A বিন্দু থেকে D বিন্দুতে যেতে এখানে, কৃতকাজ, W হলে, বোঝাসহ ব্যক্তিটির মোট ভর, $m = 50 + 10 = 60 \text{ kg}$ উচ্চতা, $h = BD = AD \sin 60^\circ = 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 8.66 \text{ m}$

$$W = \text{বিভবশক্তির পরিবর্তন}$$

$$= mgh$$

$$= 60 \times 9.8 \times 8.66$$

$$= 5092.1 \text{ J (Ans.)}$$

ঘ CD পথে যেতে কৃতকাজ W_{CD} হলে, এখানে, বোঝাসহ ব্যক্তিটির মোট ভর, $m = 60 \text{ kg}$ উচ্চতার পরিবর্তন, $h = BD = 8.66 \text{ m}$

$$W_{CD} = \text{বিভবশক্তির পরিবর্তন}$$

$$= mgh$$

$$= 60 \times 9.8 \times 8.66$$

$$= 5092.1 \text{ J}$$

যা 'গ' তে প্রাপ্ত AD পথে কৃতকাজ, W_{AD} এর সমান। উচ্চতার পরিবর্তন একই হওয়ায় প্রতিক্ষেত্রে তাকে সমান কাজ করতে হয়।

কিন্তু $AD = 10 \text{ m}$ এবং $CD = \frac{BD}{\sin 45^\circ} = 12.25 \text{ m}$ হওয়ায়, AD এর ক্ষেত্রে প্রয়োগকৃত বল, F_{AD} ও CD এর ক্ষেত্রে প্রয়োগকৃত বল F_{CD} হলে,

$$W_{AD} = W_{CD}$$

$$\text{বা, } F_{AD} \cdot AD = F_{CD} \cdot CD$$

$$\text{বা, } \frac{F_{AD}}{F_{CD}} = \frac{CD}{AD} = \frac{12.25}{10} = 1.225$$

$$\text{বা, } \frac{F_{AD}}{F_{CD}} > 1$$

$$\therefore F_{AD} > F_{CD}$$

অতএব, AD পথে যেতে হলে ব্যক্তিটিকে CD অপেক্ষা অধিক বল প্রয়োগ করতে হয়।

তাই CD পথে যাওয়া ব্যক্তিটির জন্য সহজ।

প্রশ্ন ৩৬ শিমুল 30m উঁচু দালানের ছাদ থেকে 400gm ভরের একটি পাথর নিচে ফেলে দিলো। পাথরটি নিচে কাদামাটির মধ্যে 5cm গভীরে প্রবেশ করে। [ইস্পাহানি পাবলিক স্কুল ও কলেজ, কুমিল্লা/]

- ক. বিভব শক্তি কার্কে বলে? ১
- খ. অভিকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল কেন ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. পাথরটি কত গতিশক্তিতে ভূমিকে আঘাত করবে? ৩
- ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে পাথরটিকে বাধাদানকারী গড় বলের মান নির্ণয় করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বস্তুর অভ্যন্তরীণ বা পারিপার্শ্বিক অবস্থা বা অবস্থানের কারণে তাতে কিছু শক্তি থাকতে পারে এবং যার বিনিময়ে তা কাজ করতে পারে তাকে ঐ বস্তুর বিভব শক্তি বা স্থিতিশক্তি বলে।

খ ধরা যাক, একটি বস্তুকে v_0 বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলো। বস্তুটি সর্বাধিক উচ্চতায় পৌঁছে পুনরায় নিক্ষেপের অবস্থানে ফিরে আসতে প্রয়োজনীয় সময়, $T = \frac{2v_0}{g}$

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

সুতরাং নিক্ষেপের সময় বস্তুর গতিশক্তি $\frac{1}{2}mv_0^2$ এবং সর্বোচ্চ উচ্চতায় পৌঁছে পুনরায় নিক্ষেপের অবস্থানে ফিরে এলে গতিশক্তি $\frac{1}{2}m(-v_0)^2 = \frac{1}{2}mv_0^2$ । কাজ-শক্তি উপপাদ্য অনুসারে অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃত কাজ = গতিশক্তির পরিবর্তন

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

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

গ ভূমিতে আঘাত করার পূর্বমুহূর্তে বেগ v হলে, এখানে, পাথর পতনের উচ্চতা, $h = 30\text{m}$
 $v^2 = u^2 + 2gh$
 $= 0 + 2 \times 9.8 \times 30$
 বা, $v^2 = 588 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$
 অর্থাৎ পাথরটির গতিশক্তি, বস্তুর ভর, $m = 400\text{gm}$
 $= 0.4\text{kg}$

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

$$= \frac{1}{2} \times 0.4 \times 588$$

$$= 117.6 \text{ J (Ans.)}$$

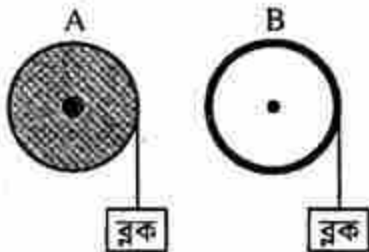
ঘ ভূমি স্পর্শ করার পূর্ব মুহূর্তে গতিশক্তি = সর্বোচ্চ উচ্চতায় বস্তুর বিভবশক্তি = mgh

যেখানে, h হচ্ছে পতনশীল বস্তুর, উচ্চতা = 30m
 এবং মাটির গড় বাধাদানকারী বল F হলে বাধাদানে কৃতকাজ, $W = F \times x$
 যেখানে x হচ্ছে মাটির ভেতরে প্রবেশ দূরত্ব = 5cm
 $= 0.05\text{m}$
 বস্তুর ভর, $m = 0.4\text{kg}$

কাজ-শক্তি উপপাদ্য প্রয়োগ করে গতিশক্তির পরিবর্তন = বিভবশক্তির পরিবর্তন = কৃতকাজ $mgh = F \times x$
 বা, $F = \frac{mgh}{x} = \frac{0.4 \times 9.8 \times 30}{0.05} = 2352\text{N}$

অর্থাৎ পাথরটি মাটিতে প্রবেশকালে 2352N বাধাদানকারী বল অনুভব করবে।

প্রশ্ন ৩৭



A একটি নিরেট চোঙ এবং B একটি চোঙাকৃতি খোলক। এদের ব্যাসার্ধ 10cm এবং ভর 2kg এবং দৈর্ঘ্য 2cm । এরা চিত্র মোতাবেক কেন্দ্রগামী অক্ষের সাপেক্ষে উল্লম্ব তলে ঘুরতে পারে। প্রত্যেক সিলিন্ডারের গায়ে নগণ্য ভরের একটি সুতা পেঁচিয়ে সুতার অপর প্রান্তে একই ভরের দুটি ব্লক ঝুলিয়ে দেয়া হল।

(সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম)

- ক. টর্ক কী? ১
 খ. কোন বস্তুর উপর কোনো বল ক্রিয়া করছে না এবং কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলের লব্ধি শূন্য এক কথা নয়— ব্যাখ্যা করো। ২
 গ. সিলিন্ডারকে ভূমিতে শায়িত অবস্থায় হতে খাড়া অবস্থানে তুলতে কত কাজ হবে? ৩
 ঘ. কোন সিলিন্ডারের ব্রকটি আগে ভূমিতে পতিত হবে যুক্তিসহ ব্যাখ্যা করো। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বলের লব্ধি শূন্য— একথার অর্থ হল— বস্তুটির ওপর একাধিক বল ক্রিয়ারত অবস্থায় আছে। কিন্তু এ বলগুলো এমনভাবে ক্রিয়া করছে যেন এদের লব্ধি শূন্য। ফলে বলগুলো সম্মিলিত অবস্থায় কোন প্রভাব নেই। ফলে বল প্রয়োগের পরও এর মধ্যে কোনো প্রভাব দেখা যায় না বা সরণ ঘটে না বলে কোনো বল ক্রিয়া করছে না বলে মনে হয়।

অতএব, বলা যায়, বস্তুর উপর বল ক্রিয়া না করা এবং বলের লব্ধি শূন্য এক নয়।

গ সিলিন্ডারটিকে শায়িত অবস্থায় হতে খাড়া অবস্থানে আনতে কৃতকাজ, W হলে, এখানে, শায়িত অবস্থায় ভরকেন্দ্রের উচ্চতা, $h_1 = \frac{r}{2} = \frac{10}{2} = 5\text{cm} = 0.05\text{m}$
 $W = \text{বিভবশক্তির পরিবর্তন}$
 $= mg\Delta h$
 $= mg(h_2 - h_1)$
 $= 2 \times 9.8 \times (0.01 - 0.05)$
 $= -0.784\text{J (Ans.)}$
 খাড়া অবস্থায় ভরকেন্দ্রের উচ্চতা, $h_2 = \frac{l}{2} = \frac{2}{2} = 1\text{cm} = 0.01\text{m}$
 সিলিন্ডারের ভর, $m = 2\text{kg}$

বি.দ্র. : এখানে সিলিন্ডারটির ব্যাসার্ধ তার উচ্চতা অপেক্ষা বড় তাই কাজটি ঋণাত্মক।

ঘ যখন ব্লকগুলো ভূমিতে পরবে তখন সিলিন্ডারগুলো তাদের অক্ষের সাপেক্ষে ঘুরবে। ফলে যে সিলিন্ডারের ক্ষেত্রে কৌণিক বেগ বেশি হবে তার ব্রকটি আগে ভূমিতে পরবে, যেহেতু ব্যাসার্ধ সমান, ফলে পৃষ্ঠে কোনো বিন্দুর রৈখিক বেগ সমান।

∴ A নিরেট সিলিন্ডারের জ্যামিতিক অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক,

$$I_A = \frac{1}{2}mr^2$$

আবার, B সিলিন্ডারটি ফাঁপা বলে এর ভরের প্রায় পুরোটাই পরিধিতে বিস্তৃত। ফলে জ্যামিতিক অক্ষের সাপেক্ষে এর জড়তার ভ্রামক,

$$I_B = mr^2$$

যেহেতু ব্লক দুইটির ভর সমান, ফলে প্রয়োগকৃত টর্ক, $\tau = \vec{F} \times \vec{r}$
 $= Fr \sin 90^\circ$
 $= mgr$

এবং দুই ক্ষেত্রেই এ টর্ক সমান।

অর্থাৎ, $\tau_A = \tau_B$

বা, $I_A \alpha_A = I_B \alpha_B$

$$\text{বা, } \frac{\alpha_A}{\alpha_B} = \frac{I_B}{I_A} = \frac{mr^2}{\frac{1}{2}mr^2} = 2$$

∴ $\alpha_A > \alpha_B$

অর্থাৎ, A সিলিন্ডারের কৌণিক ত্বরণ B সিলিন্ডার অপেক্ষা বেশি, ফলে A সিলিন্ডারের কৌণিক বেগও B সিলিন্ডারের চাইতে বেশি হবে।

ফলে A সিলিন্ডারের ব্রকটি আগে ভূমিতে পড়বে।

প্রশ্ন ৩৮ একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 30m ও ব্যাস 4m। কুয়াটিকে পানিশূন্য করার জন্য 4HP-এর একটি পাম্প লাগানো হলো। অর্ধেক পানি তোলার পর পাম্পটি নষ্ট হলে গেল। বাকি পানি তোলার জন্য একই ক্ষমতাসম্পন্ন আর একটি পাম্প লাগানো হলো।

(শেখ ফজিলাতুন্নেছা সরকারি মহিলা কলেজ, গোপালগঞ্জ)

- ক. বল ধুবক কাকে বলে? ১
খ. গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে কেন? ২
গ. প্রথম পাম্প দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. প্রথম ও দ্বিতীয় পাম্প দ্বারা পানি তুলতে একই সময় লাগবে কি-না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ গ্রীষ্মকালে দোলকঘড়ির কার্যকর দৈর্ঘ্য বেড়ে যায় বলে দোলনকাল বৃদ্ধি পায় এবং দোলনকাল বৃদ্ধির কারণেই গ্রীষ্মকালে দোলন ঘড়ি ধীরে চলে। সরল দোলকের দোলনকালের সমীকরণ, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ অনুসারে L এর মান বৃদ্ধি পেলে T এর মান বৃদ্ধি পাবে। কারণ কোনো নির্দিষ্ট স্থানে অভিকর্ষণ ত্বরণ (g) নির্দিষ্ট। তাই গ্রীষ্মকালে দোলনকাল বেড়ে যায় বলে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে।

গ প্রথম পাম্প দ্বারা সম্পাদিত কাজ,

$$W = mgh = \rho Vgh$$

$$= \rho \pi r^2 \left(\frac{l}{2}\right) \times g \times h$$

$$= 1 \times 10^3 \times \pi \times 2^2 \times \left(\frac{30}{2}\right) \times 9.8 \times 7.5$$

$$= 1.385 \times 10^7 \text{ J (Ans.)}$$

এখানে,

কুয়ার গভীরতা, $l = 30\text{m}$

ব্যাসার্ধ, $r = \frac{4}{2} = 2\text{m}$

গড় সরণ, $h = \frac{0 + 30}{2}$

$$= 7.5 \text{ m}$$

ঘনত্ব, $\rho = 10^3 \text{ kgm}^{-3}$

ঘ

ক্ষমতা,

$$P = \frac{W_1}{t_1}$$

$$\text{বা, } t_1 = \frac{W_1}{P}$$

$$= \frac{1.385 \times 10^7}{2984}$$

$$= 7641.4 \text{ sec}$$

দ্বিতীয় পাম্পের সময়,

$$t_2 = \frac{W_2}{P}$$

$$= \frac{m_2 g}{P}$$

$$= \frac{\rho V_2 gh}{P}$$

$$= \frac{\rho \pi r^2 \left(\frac{l}{2}\right) \times g \times h}{P}$$

$$= \frac{1 \times 10^3 \times \pi \times 2^2 \times 15 \times 9.8 \times 22.5}{2984}$$

$$= 13928.7 \text{ sec.}$$

$$t_2 > t_1$$

সুতরাং, দ্বিতীয় পাম্পের জন্য সময় বেশি লাগবে।

প্রশ্ন ৩৯ 1000 kg ভরের একটি গাড়ি উল্লম্বের সাথে 60° কোণে আনত একটি রাস্তা ধরে 15 ms^{-1} বেগে নিচে নামার সময় গাড়ির চালক ব্রেক কবে 40 m দূরত্বে থামলো। (বাংলাদেশ নৌবাহিনী স্কুল এক কলেজ, খুলনা)

ক. সেকেন্ড দোলক কাকে বলে? ১

খ. সরল দোলক যখন দোলে কোন শব্দ শোনা যায় না কেন? ২

গ. গাড়িটি থামাতে গতি প্রতিরোধকারী বলের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. গাড়িটি আনত তল বেয়ে নামার সময় শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি মানে কী? গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে দোলকের দোলনকাল 2 sec তাকে সেকেন্ড দোলক বলে।

খ "সরল দোলক যখন দোলে তখন কোন শব্দ শোনা যায় না" উক্তিটি

সত্য নয়। সরল দোলকের কম্পাংকের রাশিমালা হলো: $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$

শব্দ শোনার জন্য এই কম্পাংক কমপক্ষে 20 Hz হতে হবে। অর্থাৎ

$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} > 20 \text{ Hz হতে হবে।}$$

$$\therefore \frac{g}{l} \geq (20 \times 2\pi)^2$$

$$\text{বা, } l \leq \frac{9.8}{(40\pi)^2} \text{ বা } l \leq 0.62 \text{ mm}$$

যা অত্যন্ত ক্ষুদ্র। বাস্তবে এত ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্যের দোলক ব্যবহৃত হয় না বিধায় সরল দোলকের দোলনে কোন শব্দ শোনা যায় না। যেমন: সেকেন্ড

দোলকের কম্পাংক $f = \frac{1}{2} \text{ Hz} = 0.5 \text{ Hz}$ যা 20 Hz এর তুলনায় অনেক ছোট হওয়ায় সেকেন্ড দোলকের কম্পনে কোন শব্দ শোনা যায় না।

গ

শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি থেকে পাই,

$$F.s = \frac{1}{2} m (v_0^2 - v_1^2) + mgh$$

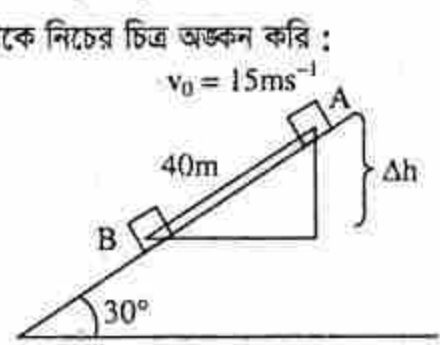
$$\text{বা, } F.s = \frac{1000 \times (15^2 - 0^2)}{2}$$

$$+ 1000 \times 9.8 \times 40 \sin 30^\circ$$

$$\text{বা, } F.s = 112500 + 196000$$

$$\therefore F = 7712.5 \text{ N (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক থেকে নিচের চিত্র অঙ্কন করি:



'গ' হতে পাই,

ব্রেক কর্তৃক প্রযুক্ত বল, $F = 7712.5 \text{ N}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = 40 \text{ m}$

এখন, A বিন্দুতে মোট শক্তি -

$$E_A = \frac{1}{2} m v_0^2 + mg\Delta h$$

$$= \frac{1}{2} \times 1000 \times 15^2 + 1000 \times 9.8 \times 40 \sin 30^\circ$$

$$= 112500 + 196000$$

$$= 308500 \text{ J}$$

গাড়ি থামাতে ব্রেক দ্বারা কৃতকাজ, B বিন্দুতে মোট শক্তি,

$$E_B = F.s$$

$$= 7712.5 \times 40 = 308500 \text{ J}$$

লক্ষ্য করি, $E_A = E_B$

অর্থাৎ, শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি মেনে চলে।

প্রশ্ন 80 2m ব্যাসার্ধের এবং 8m গভীরতার একটি কুয়ার সম্পূর্ণ পানিকে পৃষ্ঠের 12m উচ্চতার একটি ছাদে ওঠাতে 40min সময় প্রয়োজন। কাজটি দ্রুত করার জন্য আরো একটি 4H.P ক্ষমতার পাম্পকে একত্রে যুক্ত করা হল।

[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]

ক. কাজ শক্তির উপপাদ্য টি লিখ। ১

খ. পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘুরছে কিন্তু কোন কাজ করছে না কেন? ২

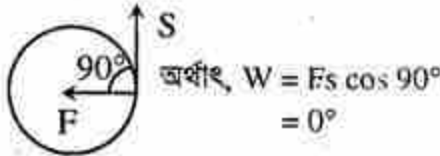
গ. উদ্দীপকের প্রথম পাম্পটির ক্ষমতা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. নতুন পাম্প যুক্ত করায় কত সময় সাশ্রয় হবে তা গাণিতিকভাবে বের কর। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ বৃত্তাকার পথে একটি বস্তু ঘূর্ণায়মান থাকলে তার কৃতকাজ শূন্য। কারণ কেন্দ্রমুখী বা কেন্দ্রবিমুখী বল এবং সরণের মধ্যবর্তী কোণ 90° । সরণের দিক হচ্ছে বৃত্তের স্পর্শক বরাবর।



অর্থাৎ, $W = F s \cos 90^\circ = 0$

চিত্র: বৃত্তাকার পথে কৃতকাজ শূন্য

এ কারণে পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘুরলে কোনো কাজ হয় না।

গ ক্ষমতা

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{\rho Vgh}{t} = \frac{\rho \pi r^2 lgh}{t} = \frac{1 \times 10^3 \times \pi \times 2^2 \times 8 \times 9.8 \times 16}{2400} = 6568.02 \text{ W} = 8.8 \text{ H.P. (Ans.)}$$

এখানে,
কুয়ার ব্যাসার্ধ, $r = 2\text{m}$
কুয়ার গভীরতা, $l = 2\text{m}$
গড় সরণ,
 $h = 12 + \frac{0+8}{2} = 16\text{m}$
ঘনত্ব, $\rho = 1 \times 10^3 \text{ kgm}^{-3}$
সময়, $t = 40 \text{ min} = 2400 \text{ sec}$

ঘ ক্ষমতা

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow t = \frac{W}{P} = \frac{mgh}{P} = \frac{\rho Vgh}{P} = \frac{\rho \pi r^2 l \times gh}{P} = \frac{1 \times 10^3 \times \pi \times 2^2 \times 8 \times 9.8 \times 16}{9548.8} = 1650.8 \text{ sec}$$

অর্থাৎ $(2400 - 1650.8) \text{ sec} = 749.2 \text{ sec}$ বা, 12.48 min সময় সাশ্রয় হবে।

প্রশ্ন 81 কাপ্তাই পানি বিদ্যুৎ কেন্দ্রের বাধের উচ্চতা 200 m এবং এর উৎপাদন ক্ষমতা 500 W।

[আবদুল উল্লিহ শাহ শিশু নিকেতন স্কুল এ কলেজ, গাইবান্ধা]

ক. মহাকর্ষীয় প্রাবল্য কী? ১

খ. 500 Nm টর্ক বলতে কী বোঝায়? ২

গ. বাধের উপর থেকে একটি বস্তু ফেলে দিলে কত উচ্চতায় গতিশক্তি তার বিভব শক্তির চার গুণ হবে? ৩

ঘ. টারবাইনের ক্ষমতা 80% হলে কি পরিমাণ পানি প্রতি সেকেন্ডে অপচয় হয়— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে একক ভরের একটি বস্তু স্থাপন করলে তার উপর যে মহাকর্ষীয় বল প্রযুক্ত হয় তাকে ঐ বিন্দুর মহাকর্ষ ক্ষেত্র প্রাবল্য বলে।

খ 500 Nm টর্ক বলতে বুঝায় যে, তা কোন ঘূর্ণনশীল বস্তুর উপর প্রযুক্ত হলে বস্তুটির কৌণিক ভরবেগ প্রতি সেকেন্ডে $500 \text{ kgm}^2\text{s}^{-2}$ হারে পরিবর্তিত হয়।

গ এখন,

$$E_k = 4 E_p$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} mv^2 = 4mgx$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} \times m \times 2g(200 - x) = 4mgx$$

$$\text{বা, } 200 - x = 4x$$

$$\text{বা, } 200 = 5x$$

$$\text{বা, } x = 40 \text{ m (Ans.)}$$

এখানে,

বাধের উচ্চতা, $h = 200 \text{ m}$

ধরি, ভূমি থেকে $x \text{ m}$ উচ্চতায় গতিশক্তি বিভব শক্তির ৪ গুণ হবে।

$(h-x)$ দূরত্ব অতিক্রম করার

পরে বেগ v হলে, $v^2 = 0 +$

$$2g(h-x) = 2g(200-x)$$

ঘ

$$P_{out} = \left(\frac{\Delta m}{\Delta t} \right)_{out} gh$$

$$P_{in} = \left(\frac{\Delta m}{\Delta t} \right)_{in} gh$$

$$\therefore P_{in} - P_{out} = \left\{ \left(\frac{\Delta m}{\Delta t} \right)_{in} - \left(\frac{\Delta m}{\Delta t} \right)_{out} \right\} \times gh$$

$$\text{বা, } \left(\frac{\Delta m}{\Delta t} \right)_{in} - \left(\frac{\Delta m}{\Delta t} \right)_{out} = \frac{P_{in} - P_{out}}{gh}$$

$$= \frac{500}{0.8 \times 200}$$

$$= 9.8 \times 200$$

$$= 63.77 \text{ gms}^{-1}$$

এখানে,

বাধের উচ্চতা, $h = 200 \text{ m}$

উৎপাদন ক্ষমতা, $P_{out} =$

$$500 \text{ W}$$

টারবাইনের কর্মদক্ষতা, $\eta =$

$$80\%$$

মনে করি, টারবাইনে

সরবরাহকৃত পানির প্রতি

সেকেন্ডে প্রবাহের হার, r_{in}

$$= \left(\frac{\Delta m}{\Delta t} \right)_{in} \text{ এবং টারবাইনে}$$

কার্যকরী পানির প্রবাহের

$$\text{হার, } r_{out} = \left(\frac{\Delta m}{\Delta t} \right)_{out}$$

অতএব, উদ্দীপকের শর্তানুযায়ী প্রতি সেকেন্ডে 63.77 gm হারে পানির অপচয় হয়।

প্রশ্ন 82 6kg ভরের একটি স্থির বস্তুর উপর 8N মানের বল 4 সেকেন্ড ক্রিয়া করে। এরপর 6N মানের অপর একটি বল অনুভূমিকভাবে ১ম বলের সাথে 60° কোণে ক্রিয়া করে।

[বৃন্দাবন সরকারি কলেজ, হবিগঞ্জ]

ক. স্প্রিং ধ্রুবক কী? ১

খ. এক জুল কাজ বলতে কী বুঝ? ২

গ. 3 সেকেন্ড পর বস্তুটির কৃত কাজ কত হবে? ৩

ঘ. 5 সেকেন্ড পরে বস্তুটির গতিয় অবস্থা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য 1m সংকোচন বা প্রসারণের জন্য প্রয়োজনীয় বলকে স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

খ এক জুল কাজ বলতে আমরা বুঝি: 1N মানের কোনো বল যদি বলের দিকে কোনো বস্তুর 1m সরণ ঘটায় তবে 1J কাজ সম্পাদিত হয়।

গ

$$\text{বল, } F = ma$$

$$\text{বা, } a = \frac{F}{m}$$

$$\text{বা, } a = \frac{8}{6}$$

$$\therefore a = \frac{4}{3} \text{ ms}^{-2}$$

$$\text{বেগ, } v = v_0 + at$$

$$= 0 + \frac{4}{3} \times 3 = 4 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{এখন, কৃতকাজ, } W = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 6 \times 4^2 - 0$$

$$= \frac{1}{2} \times 6 \times 4^2$$

$$= 48 \text{ J (Ans.)}$$

এখানে,

$$\text{বস্তুটির ভর, } m = 6 \text{ kg}$$

$$\text{প্রযুক্ত বল, } F = 8 \text{ N}$$

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

$$\text{সময়, } t = 3 \text{ s}$$

$$\text{কৃতকাজ, } W = ?$$

ঘ

প্রথম 4 sec এ শুধুমাত্র 8N বল
ক্রিয়া করে।

$$\therefore \text{বেগ, } v_1 = v_0 + a_1 t_1$$

$$= 0 + \frac{4}{3} \times 4$$

$$= \frac{16}{3} \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{এখানে, } F_1 = 8 \text{ N}$$

$$\text{এবং } F_2 = 6 \text{ N}$$

$$\text{মধ্যবর্তী কোণ, } \theta = 60^\circ$$

$$\text{'গ' থেকে ত্বরণ } a_1 = \frac{4}{3} \text{ ms}^{-2}$$

$$\text{ভর, } m = 6 \text{ kg}$$

$$\text{সময়, } t_1 = 5 \text{ sec}$$

$$\text{সময়, } t_2 = 4 \text{ sec}$$

ধরা যাক, F_1 ও F_2 বলদ্বয় যথাক্রমে x অক্ষ বরাবর ও x অক্ষের সাথে
 60° কোণে xy তলের প্রথম চতুর্ভাগে ক্রিয়া করে।

$$x\text{- অক্ষ বরাবর মোট উপাংশ, } F_x = F_1 \cos 0^\circ + F_2 \cos 60^\circ$$

$$= \left(8 \times 1 + 6 \times \frac{1}{2} \right) \text{ N}$$

$$= 11 \text{ N}$$

$$y\text{- অক্ষ বরাবর মোট উপাংশ, } F_y = F_1 \sin 0^\circ + F_2 \sin 60^\circ$$

$$= \left(8 \times 0 + 6 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \text{ N}$$

$$= 3\sqrt{3}$$

$$\therefore \text{লব্ধি বল, } \vec{F} = \hat{i} F_x + \hat{j} F_y$$

$$= (11\hat{i} + 3\sqrt{3}\hat{j}) \text{ N}$$

$$4\text{ s পরে বস্তুটির বেগ, } \vec{v}_1 = \frac{16}{3} \hat{i} \text{ ms}^{-1}$$

$$\therefore \text{লব্ধি ত্বরণ, } \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

$$= \frac{11\hat{i} + 3\sqrt{3}\hat{j}}{6} \text{ ms}^{-2}$$

$$= \left(\frac{11}{6} \hat{i} + \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{j} \right) \text{ ms}^{-2}$$

$$\therefore 5 \text{ sec পর বস্তুটির বেগ,}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{a} (t_2 - t_1); \quad t_1 = 4\text{ s}, t_2 = 5\text{ s}$$

$$= \frac{16}{3} \hat{i} + \left(\frac{11}{6} \hat{i} + \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{j} \right) \times 1$$

$$= \left(\frac{43}{6} \hat{i} + \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{j} \right) \text{ ms}^{-1}$$

$$\therefore |\vec{v}| = \sqrt{\left(\frac{43}{6} \right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2} \text{ ms}^{-1}$$

$$= 7.218 \text{ ms}^{-1}$$

x -অক্ষের সাথে \vec{v} এর উৎপন্ন কোণ,

$$\theta_v = \tan^{-1} \left(\frac{v_y}{v_x} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{43}{6}} \right)$$

$$= 6.89^\circ$$

$$\approx 6.9^\circ$$

5s পরে বস্তুটির সরণ,

$$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{v}_1 (t_2 - t_1) + \frac{1}{2} \vec{a} (t_2 - t_1)^2$$

$$\text{বা, } \vec{s} = \frac{1}{2} \vec{a}_1 t^2 + \vec{v}_1 + \frac{1}{2} \vec{a}$$

$$\text{বা, } \vec{s} = \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \times 4^2 \hat{i} + \frac{16}{3} \hat{i} + \frac{1}{2} \left(\frac{11}{6} \hat{i} + \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{j} \right)$$

$$\text{বা, } \vec{s} = \frac{32}{3} \hat{i} + \frac{16}{3} \hat{i} + \frac{11}{12} \hat{i} + \frac{\sqrt{3}}{4} \hat{j}$$

$$\text{বা, } \vec{s} = \frac{203}{12} \hat{i} + \frac{\sqrt{3}}{4} \hat{j}$$

$$\text{বা, } |\vec{s}| = \sqrt{\left(\frac{203}{12} \right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{4} \right)^2}$$

$$= 16.92$$

$$\therefore \theta_v = \theta,$$

অতএব, 5 sec পরে বস্তুটি তার প্রারম্ভিক অবস্থান থেকে 16.42 m
দূরে অবস্থান করে এবং 6.9° কোণে 7.218 ms^{-1} বেগ প্রাপ্ত হয়।

প্রশ্ন ৪৩ রহিমের বাড়িতে 24 m গভীর ও 1.8 m ব্যাসার্ধের একটি
পরিপূর্ণ কুয়া খালি করার জন্য 90% দক্ষতার 4 HP ক্ষমতার পাম্প
ব্যবহার করা হলো।

[নরসিংদী বিজ্ঞান কলেজ, নরসিংদী]

ক. কাজ শক্তি উপপাদ্যটি লিখো।

খ. একটি হালকা ও ভারী বস্তুর ভরবেগ সমান হলে কোনটির
গতিশক্তি বেশি হবে?

গ. কুয়ার তলদেশের বিভব শূন্য ধরে কুয়ার কত গভীরতায় 2kg
ভরের পড়ন্ত বস্তুর গতিশক্তি বিভবশক্তির দ্বিগুণ হয়।

ঘ. কুয়াটি খালি করতে 40 minute সময় প্রয়োজন— উক্তিটির
সঠিকতা যাচাই করো।

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতি শক্তির
পরিবর্তনের সমান।

খ মনে করি, দুটি বস্তুর ভর m_1 ও m_2 ($m_2 > m_1$) এবং গতিবেগ v_1 ও v_2 ।
এদের ভরবেগ সমান হলে, $m_1 v_1 = m_2 v_2$

$$\text{বা, } \frac{v_2}{v_1} = \frac{m_1}{m_2}$$

$$\therefore \text{এদের গতিশক্তির অনুপাত} = \frac{E_{K1}}{E_{K2}} = \frac{\frac{1}{2} m_1 v_1^2}{\frac{1}{2} m_2 v_2^2}$$

$$= \frac{m_1}{m_2} \times \left(\frac{m_2}{m_1} \right)^2 = \frac{m_2}{m_1}$$

$$\therefore m_2 > m_1$$

$$\therefore E_{K1} > E_{K2}$$

অর্থাৎ হালকা বস্তুর গতিশক্তি বেশি।

গ এখানে, কুয়ার গভীরতা, $h = 24 \text{ m}$

মনেকরি, কুয়ার x গভীরতায় বস্তুর গতিশক্তি বিভবশক্তির দ্বিগুণ হয়।

উক্ত গভীরতায় বস্তুর বিভবশক্তি, $E_p = mg(h - x)$ [m = বস্তুটির ভর]

x মিটার দূরত্ব অতিক্রম করার পর্ব বেগ, v হলে,

$$v^2 = 0^2 + 2gx = 2gx$$

এবং গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

$$= \frac{1}{2}m \times 2gx$$

$$= mgx$$

শর্তমতে, $E_k = 2E_p$ বা, $mgx = 2mg(h-x)$ বা, $x = 2h - 2x$

বা, $3x = 2h \therefore x = \frac{2h}{3} = \frac{2 \times 24 \text{ m}}{3} = 16 \text{ m}$

সুতরাং, কুয়ায় 16m গভীরতায় বস্তুটির গতিশক্তি তার বিভবশক্তির দ্বিগুণ হবে।

ঘ দেওয়া আছে,

কুয়ার গভীরতা, $h = 24 \text{ m}$

এবং ব্যাসার্ধ, $r = 1.8 \text{ m}$

পাম্পের দক্ষতা, $\eta = 90\%$

এবং অন্তর্মুখী ক্ষমতা, $P_m = 4 \text{ HP}$

\therefore বহির্মুখী ক্ষমতা, $P_{out} = \eta P_m = 90\% \times 4 \text{ HP} = 3.6 \text{ HP}$

$$= 3.6 \times 746 \text{ W} = 2685.6 \text{ W}$$

কুয়াভর্তি পানির আয়তন, $V = \pi r^2 h$

$$= 3.1416 \times (1.8 \text{ m})^2 \times 24 \text{ m} = 244.3 \text{ m}^3$$

এবং ভর, $m = V\rho = 244.3 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg m}^{-3} = 244300 \text{ kg}$

পানি উত্তোলনের গড় উচ্চতা, $h' = \frac{h}{2} = \frac{24 \text{ m}}{2} = 12 \text{ m}$

এক্ষেত্রে, $P_{out} = \frac{mgh'}{t}$ [t = পানি উত্তোলনের প্রয়োজনীয় সময়]

$$\therefore t = \frac{mgh'}{P_{out}} = \frac{244300 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 12 \text{ m}}{2685.6}$$

$$= 10698 \text{ sec}$$

$$= \frac{10698}{60} \text{ min}$$

$$= 178.3 \text{ min}$$

$$\approx 40 \text{ min}$$

সুতরাং, 'কুয়াটি খালি করতে 40 minute সময় প্রয়োজন'— উক্তিটি সঠিক নয়।

প্রশ্ন 88 তপন স্যার ছাত্রদের একটি Physics Animation দেখাচ্ছিলেন। যেখানে 500 m উঁচু থেকে 10 ms^{-1} বেগে 1kg ভরের একটি বস্তু প্রথমে সোজা নিচের দিকে এবং দ্বিতীয় বারে বস্তুটি সোজা অনুভূমিক বরাবর নিক্ষেপ করা হলো। [সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া]

ক. ওয়াট কি? ১

খ. কোনো বস্তুর গতিশক্তি কখনই ঋণাত্মক হতে পারে না— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. সোজা নিচের দিকে নিক্ষেপের ক্ষেত্রে 2sec পরে বস্তুটির গতিশক্তি কত? ৩

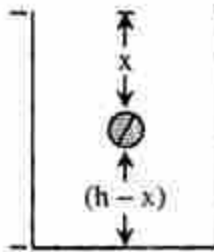
ঘ. নিক্ষেপ্ত বস্তুটির দুই ক্ষেত্রেই যে কোন মুহূর্তে (ধর 2 sec পর) শক্তি সংরক্ষিত এবং সমান— গাণিতিকভাবে তুলনামূলক বিশ্লেষণ কর। ৪

88 নং প্রশ্নের উত্তর

ক ওয়াট হলো ক্ষমতার একক। কোনো যন্ত্র 1s এ 1J কাজ করতে পারলে তার ক্ষমতাকে 1 ওয়াট বলে।

খ কোনো বস্তুর গতিশক্তি শূন্য হতে পারে, তবে কখনোই ঋণাত্মক হতে পারে না।

কোনো বস্তুর ভর m এবং বেগ v হলে তার গতিশক্তির সমীকরণটি হয়, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ । এই সমীকরণে বস্তুর ভর m সর্বদাই ধনাত্মক। তবে v এর মান ধনাত্মক বা ঋণাত্মক দুটোই হতে পারে। কিন্তু, v^2 এর মান



কখনোই ঋণাত্মক হতে পারে না। কারণ, ধনাত্মক বা ঋণাত্মক সংখ্যার বর্গ সবসময়ই ধনাত্মক। তাই mv^2 বা $\frac{1}{2}mv^2$ কখনোই ঋণাত্মক হতে পারে না। তবে বেগ অর্থাৎ, v শূন্য (স্থির বস্তু থাকলে) হলে গতিশক্তির মান শূন্য হবে।

গ বস্তুটির 2sec পরে বেগ, v হলে,

$$v = v_0 + gt$$

$$= 10 + 9.8 \times 2$$

$$= 29.6 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,

আদিবেগ, $v_0 = 10 \text{ ms}^{-1}$

সময়, $t = 2 \text{ sec}$

\therefore বস্তুটির গতিশক্তি E_k হলে,

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times (29.6)^2$$

$$= 438.08 \text{ J (Ans.)}$$

এখানে,

বস্তুর ভর, $m = 1 \text{ kg}$

বস্তুটির বেগ, $v = 29.6 \text{ ms}^{-1}$

ঘ খাড়া নিচের দিকে কিংবা অনুভূমিক বরাবর ছোঁড়ার মুহূর্তে বস্তুটির মোট শক্তি E_1 হলে,

$E_1 =$ বিভবশক্তি + গতিশক্তি

$$= mgh + \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$= 1 \times 9.8 \times 500 + \frac{1}{2} \times 1 \times 10^2$$

$$= 4950 \text{ J (Ans.)}$$

এখানে,

বস্তুর ভর, $m = 1 \text{ kg}$

ছোঁড়ার সময় বেগ, $v_0 = 10 \text{ ms}^{-1}$

উচ্চতা, $h = 500 \text{ m}$

'গ' থেকে পাই, $t = 2 \text{ sec}$ পর বস্তুর বেগ, $v = 29.6 \text{ ms}^{-1}$

বস্তুটি $t = 2 \text{ sec}$ এ h পরিমাণ নিচে নামলে,

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

$$= 10 \times 2 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times 2^2$$

$$= 39.6 \text{ m}$$

$\therefore t = 2 \text{ sec}$ পর বস্তুটির মোট শক্তি E_2 হলে,

$E_2 =$ বিভবশক্তি + গতিশক্তি

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

$$= 1 \times 9.8 \times (500 - 39.6) + \frac{1}{2} \times 1 \times 29.6^2$$

$$= 4950 \text{ J}$$

$\therefore E_1 = E_2$ অর্থাৎ খাড়া নিচে ছোঁড়ার ক্ষেত্রে বস্তুর শক্তি সংরক্ষিত আছে।

আবার, বস্তুটিকে অনুভূমিকভাবে ছোঁড়ার ক্ষেত্রে বস্তুটির অনুভূমিক বরাবর আদিবেগ, $v_{x0} = v_0 \cos 0^\circ = v_0 = 10 \text{ ms}^{-1}$

উল্লম্ব বরাবর আদিবেগ, $v_{y0} = v_0 \sin 0^\circ = 0 \text{ ms}^{-1}$

অনুভূমিক বরাবর কোনো ত্বরণ কাজ করছে না বলে এ বেগ স্থির থাকবে। কিন্তু উল্লম্ব বরাবর নিচের দিকে g ত্বরণ কাজ করে বলে বস্তুটির উল্লম্ব বেগ নিচের দিকে বাড়বে।

$t = 2 \text{ sec}$ পর উল্লম্ব বেগ, v_y হলে,

$$v_y = v_{y0} + gt$$

$$= 0 + 9.8 \times 2$$

$$= 19.6 \text{ ms}^{-1}$$

$$\therefore \text{বস্তুটির বেগ, } v = \sqrt{v_{x0}^2 + v_y^2} = \sqrt{10^2 + 19.6^2}$$

$$\therefore v^2 = 484.16 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

$t = 2 \text{ sec}$ এ বস্তুটি h মিটার নিচে নামলে,

$$h = v_{y0} t + \frac{1}{2}gt^2$$

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

$$= 19.6 \text{ m}$$

$\therefore t = 2 \text{ sec}$ পর বস্তুটির মোট শক্তি E_3 হলে,

$$E_3 = \text{বিভবশক্তি} + \text{গতিশক্তি}$$

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

$$= 1 \times 9.8 \times (500 - 19.6) + \frac{1}{2} \times 1 \times 484.16$$

$$= 4950 \text{ J}$$

$\therefore E_3 = E_1$ অর্থাৎ, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে তথা অনুভূমিকভাবে নিক্ষেপের ক্ষেত্রেও মোট শক্তি সংরক্ষিত আছে এবং দুই ক্ষেত্রেই মোট শক্তি সমান।

প্রশ্ন ৪৫ 1000kg ভরের একটি লিফট সর্বোচ্চ 800kg ওজন বহন করতে পারে। 4000N মানের একটি ধ্রুব ঘর্ষণ বল এর উর্ধ্বমুখী গতি ব্যাহত করে।

[বান্দরবান সরকারি কলেজ]

ক. কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি বিবৃত কর। ১

খ. স্প্রিংযুক্ত খেলনা গাড়িকে পেছন দিকে টেনে ছেড়ে দিলে গাড়িটি সামনের দিকে অগ্রসর হয়-ব্যাখ্যা কর। ২

গ. লিফটটি 5m উপরে উঠতে কৃতকাজ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. লিফটটিকে 3ms^{-1} সমদ্রুতিতে উপরের দিকে উঠাতে যে ক্ষমতা সরবরাহ করতে হত তা কি 1000kg ভরের একটি ক্রেন 500kg ভরের বস্তু 10s এ 50m উঁচু দালানে তুলতে ক্ষমতার সমান হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকাজ বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ স্প্রিংযুক্ত খেলনা গাড়িকে পেছনে দিকে টানলে হাত কর্তৃক প্রয়োগকৃত যান্ত্রিক শক্তি স্প্রিং-এর সংকোচনের মাধ্যমে এর মধ্যকার বিভব শক্তিতে পরিণত হয়। এই বিভব শক্তি পরবর্তীতে অবমুক্ত হলে অর্থাৎ স্প্রিং এর পূর্বাবস্থায় ফিরে আসার মাধ্যমে তা প্রায় সমপরিমাণ যান্ত্রিক শক্তি বা গাড়ির গতিশক্তিতে পরিণত হয়। এ কারণে স্প্রিংযুক্ত খেলনা গাড়ি পিছন দিকে টেনে ছেড়ে দিলে গাড়িটি সামনের দিকে অগ্রসর হয়।

গ লিফটসহ বস্তুটি তুলতে লিফট ও বস্তুর ওজন + ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়।

\therefore প্রযুক্ত বল

$$F = (M + m)g + F_f \\ = (1000 + 800) \times 9.8 + 4000 \\ = 21640 \text{ N}$$

দেয়া আছে,
লিফটের ভর, $M = 1000 \text{ kg}$
বস্তুর ভর, $m = 800 \text{ kg}$
ঘর্ষণ বল, $F_f = 4000 \text{ N}$
সরণ, $s = 5 \text{ m}$

$$\therefore \text{কৃতকাজ, } W = Fs \\ = 21640 \times 5 \\ = 108.2 \text{ kJ (Ans.)}$$

ঘ ক্ষমতা,

$$P = \text{প্রযুক্ত মোট বল} \times \text{বেগ} \\ = (Mg + F_f) \times v \\ = (1000 \times 9.8 + 4000) \times 3 \\ = 41.4 \text{ kW.}$$

ক্রেনের ক্ষমতা P' হলে,

$$P' = \frac{mgh}{t} \\ = \frac{1500 \times 9.8 \times 50}{10} \\ = 73.5 \text{ kW}$$

ক্রেনের ক্ষেত্রে,
ভর, $m = (1000 + 500) \text{ kg}$
 $= 1500 \text{ kg}$
সরণ, $h = 50 \text{ m}$
সময়, $t = 10 \text{ s}$

লক্ষ্য করি, $P' > P$

অতএব, ক্রেনের ক্ষমতা বেশি হবে।

প্রশ্ন ৪৬ একই ক্ষমতাবিশিষ্ট তিনটি পাম্পের কর্মদক্ষতা যথাক্রমে 60%, 50% এবং 40%। 2m ব্যাস ও 20m উচ্চতা বিশিষ্ট একটি পানিপূর্ণ কূয়া খালি করতে পাম্প তিনটির যথাক্রমে 4.167 min, 5 min এবং 6.25 min সময় লাগে। কূপ থেকে 10m উচ্চতায় 15708 L ধারণক্ষমতা বিশিষ্ট একটি পানির ট্যাংক অবস্থিত রয়েছে।

[শহীদ পুর্নিশ স্মৃতি কলেজ]

ক. কর্মদক্ষতা কাকে বলে? ১

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

গ. পাম্প তিনটির ক্ষমতা নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ১ম পাম্পটি দ্বারা ট্যাংকের 50% পানি পূর্ণ হওয়ার পর ২য় পাম্পটি ১ম পাম্পটির সাথে চালু করা হলে ট্যাংকটি পূর্ণ হতে কত সময় লাগবে- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

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

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

গ

প্রথম পাম্পের ক্ষমতা,

$$P_1 = \frac{1}{\eta_1} \frac{W_1}{t_1} \\ = \frac{1}{\eta_1} \frac{mgh}{t_1} \\ = \frac{mgh}{2\eta_1 t_1} \\ = \frac{\pi r^2 h^2 \rho g}{2\eta_1 t_1}$$

এখানে, কূয়ার ব্যাসার্ধ, $r = \frac{2}{1} \text{ m} = 1 \text{ m}$

উচ্চতা, $h = 20 \text{ m}$

পাম্পগুলোর দক্ষতা, $\eta_1 = 0.6$

$\eta_2 = 0.5$

$\eta_3 = 0.4$

পাম্প খালি করার সময়, $t_1 = 4.167 \text{ min}$

$= 250.02 \text{ s}$

$t_2 = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$

$t_3 = 6.25 \text{ min} = 375 \text{ s}$

$$= \frac{\pi \times 1^2 \times 20^2 \times 10^3 \times 9.8}{2 \times 0.6 \times 250.02} \text{ watts} \\ = 41.04 \text{ kW (Ans.)}$$

দ্বিতীয় পাম্পের ক্ষমতা,

$$P_2 = \frac{\pi r^2 h^2 \rho g}{2\eta_2 t_2} \\ = \frac{\pi \times 1^2 \times 20^2 \times 10^3 \times 9.8}{2 \times 0.5 \times 300} \text{ watts} \\ = 41.05 \text{ kW (Ans.)}$$

তৃতীয় পাম্পের ক্ষমতা, $P_3 = \frac{\pi r^2 h^2 \rho g}{2\eta_3 t_3}$

$$= 41.05 \text{ kW (Ans.)}$$

ঘ ট্যাংকের গঠন সম্পর্কে সম্পূর্ণ ধারণা না থাকলে সময় বের করা সম্ভব না। হিসাবের শুরুতে ট্যাংকটি ঘনকার বিবেচনা করা যাক যার ধারের দৈর্ঘ্য a_1

$$\therefore V = a^3 = 15708 \text{ L} \\ = 15.708 \text{ m}^3$$

$$\therefore a = 2.5 \text{ m}$$

ট্যাংক এর অর্ধেক অংশের আয়তনের সমান পানি তুললে কূপের মধ্যে h_1 গভীরতা পর্যন্ত খালি হয়।

$$\therefore \pi r^2 h_1 = \frac{50}{100} \times 15708 \times 10^{-3}$$

$$\therefore h_1 = 2.5 \text{ m}$$

অতএব ট্যাংকটি অর্ধেক পূর্ণ করলে ভারকেন্দ্রের মোট সরণ,

$$s_1 = \frac{h_1}{2} + 10 + \frac{a}{4}$$

$$= \left(\frac{2.5}{2} + 10 + \frac{2.5}{4} \right) \text{ m}$$

$$= 11.875$$

$$\therefore \text{কৃতকাজ, } W = m_1 g s_1$$

$$= \frac{1}{2} V \rho g s_1$$

\therefore অর্ধেক পূর্ণ করতে ১ম পাম্প-এর সময়,

$$t_1 = \frac{W}{2P_1} = \frac{V \rho g s_1}{2\eta_1 P_1}$$

$$\text{বা, } t_1 = \frac{15.708 \times 10^3 \times 9.8 \times 11.875}{2 \times 0.6 \times 41.04 \times 10^3}$$

$$= 37.11 \text{ s}$$

ট্যাংক অর্ধপূর্ণ হবার পর কুয়ার পৃষ্ঠের বর্তমান অবস্থান ২.৫ m নিচে।

\therefore বাকি অর্ধেক পূর্ণ করলে পানির ভারকেন্দ্রের সরণ,

$$s_2 = 2.5 + \frac{2.5}{2} + 10 + \frac{a}{2} + \frac{a}{4}$$

$$= \left(2.5 + 1.25 + 10 + 1.25 + \frac{1.25}{2} \right) \text{ m}$$

$$= 15.625 \text{ m}$$

অতএব, কৃতকাজ, $W_2 = m_2 g s_2$

২য় পাম্পটি যুক্ত হওয়ায় কাজের মোট কার্যকরী ক্ষমতা,

$$P_0 = \eta_1 P_1 + \eta_2 P_2$$

$$= (0.6 \times 41.04 + 0.5 \times 41.05) \text{ kW}$$

$$= 45.149 \text{ kW}$$

$$= 45.149 \times 10^3 \text{ watts}$$

$$\therefore \text{সময়, } t_2 = \frac{m_2 g s_2}{P_0}$$

$$= \frac{V \rho g s_2}{2P_0}$$

$$\text{বা, } t_2 = \frac{15.708 \times 10^3 \times 9.8 \times 15.625}{2 \times 45.149 \times 10^3}$$

$$= 26.53 \text{ s}$$

$$\therefore \text{মোট সময়, } t = t_1 + t_2$$

$$= (37.11 + 26.53) \text{ s}$$

$$= 63.74 \text{ s}$$

$$= 1 \text{ min } 44.8 \text{ s}$$

অতএব, উদ্দীপকের শর্তানুসারে ট্যাংকটি পূর্ণ করতে মোট ১ min ৪৪.৮ s সময় লাগবে।

প্রশ্ন ৮৭ বাংলাদেশ ব্যাংকের শীর্ষতলের উচ্চতা ১৭৫ মিটার। আবির ১০ কেজি ভরের একটি বস্তু নিয়ে ৪০ মিনিটে উহার শীর্ষতলে আরোহণ করেন। তিনি শীর্ষতল থেকে বস্তুটি নিচে ফেলে দিল এবং উহা বিনা বাঁধায় ভূমিতে পতিত হলো। মনির বললো সমান সময়ে কাজটি আমিও করতে পারবো। আবিরের ভর ৬০ কেজি এবং মনিরের ভর ৫৫ কেজি।

[কুমিল্লা সরকারি কলেজ]

- কর্মদক্ষতা কাকে বলে? ১
- কোনো দৃঢ় অবলম্বনে আটকানো স্প্রিং টেনে লম্বা করে ছেড়ে দিলে পূর্বের আকার ফিরে পায় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
- ভূমি থেকে কত উচ্চতায় বস্তুটির বিভবশক্তি এর গতিশক্তির দ্বিগুণ হবে? ৩
- মনির কি একই সময়ে কাজটি করতে পারবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে সিদ্ধান্ত দাও। ৪

৮৭ নং প্রশ্নের উত্তর

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

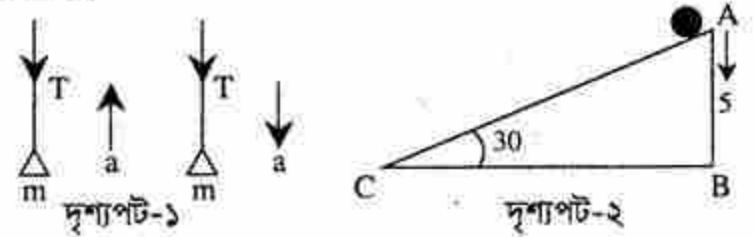
খ স্প্রিং এর স্থিতিস্থাপকতার বৈশিষ্ট্য আছে। অর্থাৎ স্প্রিং তার জড়তার কারণে পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসতে চায়। কোনো দৃঢ়

অবলম্বনে আটকানো স্প্রিং টানলে তার ভিতরে টান বলের বিপরীতে একটি প্রত্যয়নী বলের উদ্ভব হয়। টান ছেড়ে দিলে প্রত্যয়নী বলের কারণে স্প্রিং বিপরীত দিকে ধাবিত হয়ে পূর্বের অবস্থায় ফিরে যেতে চায় এবং জড়তার কারণে কিছুক্ষণ দুলে এক পর্যায়ে থেমে আগের অবস্থায় ফিরে যায় এবং পূর্বের আকার ফিরে পায়।

গ ১১(গ) নং প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর : ১১৬.৬৭ m।

ঘ ১১(ঘ) নং প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর : মনির ৪৬.৪৫ W ক্ষমতা প্রয়োগ করলে একই সময়ে কাজটি করতে পারবে।

প্রশ্ন ৮৮



[কুমিল্লা সরকারি কলেজ]

m ভরের কোনো বস্তুকে একটি সূতার সাহায্যে 2.2 ms^{-2} সমত্বরণে 5m উপরে উঠান হল।

- পরিবর্তী বল দ্বারা কৃতকাজ কী? ১
- লিফট দিয়ে নিচে নামার সময় ওজন কিছুটা কম মনে হয়- ব্যাখ্যা করো। ২
- বস্তুটিকে 5m উপরে উঠানোর সময় ও নিচে নামার সময় সূতার টান কর্তৃক কৃতকাজ কত হবে- নির্ণয় করো। ৩
- দৃশ্যপট-২ এ জামাল ও কামাল যথাক্রমে AC এবং AB পথে 5kg ভরের একটি বস্তুকে নিচে নামায়, কে কম কাজ করল? গাণিতিক যুক্তির সাহায্যে তোমার মতামত দাও। ৪

৮৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বলের মান বা দিক কিংবা উভয়েই সময়ের সাথে পরিবর্তিত হয় তাকে পরিবর্তনশীল বল বা পরিবর্তী বল বলে। পরিবর্তী বল দ্বারা যে কাজ হয়, তাই পরিবর্তী বল দ্বারা কৃতকাজ।

খ আমরা যখন ভূমির ওপর দাঁড়াই তখন ভূমিতে আমাদের ওজনের সমান বল, $W = mg$ প্রয়োগ করি। ফলে ভূমিও আমাদের ওপর সমান মানের প্রতিক্রিয়া বল, $R = mg$ দেয়। ফলে আমরা আমাদের ওজন অনুভব করি।

কিন্তু অনুভূমিক তল নিম্নগামী হলে $mg > R$ হয় এবং লব্ধি বল $(mg - R)$ খাড়া নিম্নমুখী লব্ধি ত্বরণ a সৃষ্টি করে।

$$\therefore mg - R = ma$$

$$\text{বা, } R = mg - ma$$

$$\therefore R = m(g - a)$$

ফলে প্রতিক্রিয়া বল আমাদের ওজন, mg অপেক্ষা কম হয়। এ কারণে নিম্নগামী লিফটে ওজন কম মনে হয়।

গ বস্তুটি উপরে উঠানোর সময়, তারে টান T_u হলে,

$$T_u - W = ma$$

$$\text{বা, } T_u = W + ma$$

$$= mg + ma$$

$$= m(g + a)$$

$$= m(9.8 + 2.2)$$

$$= 12m \text{ N (Ans.)}$$

এখানে,

বস্তুটির ভর, m

$$\text{ত্বরণ, } a = 2.2 \text{ ms}^{-2}$$

বস্তুটি নিচে নামার সময় তারের টান T_d হলে,

$$W - T_d = ma$$

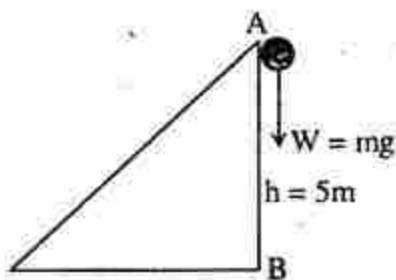
$$\text{বা, } T_d = W - ma$$

$$= mg - ma$$

$$= m(g - a)$$

$$= m(9.8 - 2.2)$$

$$= 7.6m \text{ N (Ans.)}$$

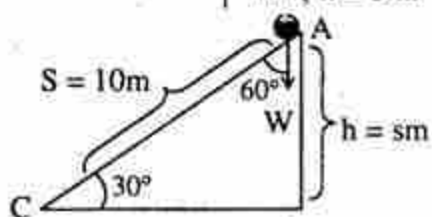


জামাল যখন বস্তুটিকে AB পথে নামায় তখন কেবল অভিকর্ষ বল দ্বারা কাজ হয়।

∴ AB পথে নামাতে কৃতকাজ W_{AB} হলে,

$$\begin{aligned} W_{AB} &= \vec{F} \cdot \vec{s} \\ &= W \cdot h \\ &= Wh \cos 0^\circ \quad [\because \text{ওজন ও সরণ দুইটি নিম্নমুখী}] \\ &= mgh \\ &= 5 \times 9.8 \times 5 \\ &= 245 \text{ J} \end{aligned}$$

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 5 \text{ kg}$
সরণ, $h = 5 \text{ m}$.



কামাল যখন বস্তুটিকে AC পথে নামায় তখনও অভিকর্ষ বল দ্বারা কাজ হয়, কিন্তু সরণের দিক ও বলের দিকের মধ্যবর্তী কোণ 60° ।

∴ AC পথে বস্তুটিকে নামাতে অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজ W_{AC}

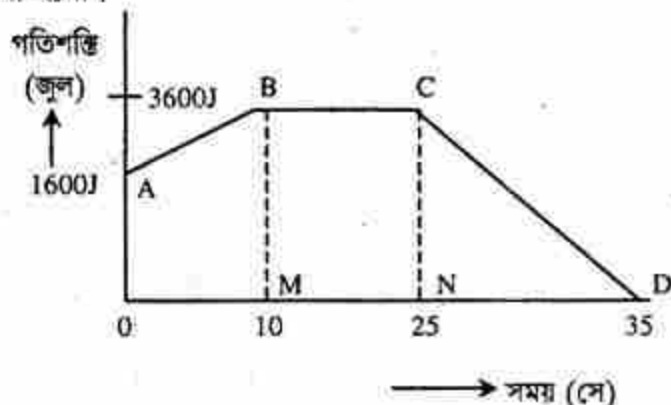
$$\begin{aligned} W_{AC} &= \vec{F} \cdot \vec{s} \\ &= W \cdot s \cos 60^\circ \\ &= mgs \cos 60^\circ \\ &= 5 \times 9.8 \times 10 \times \frac{1}{2} \\ &= 245 \text{ J} \end{aligned}$$

এখানে,
বস্তুর ভর, $m = 5 \text{ kg}$
সরণ, $s = \frac{h}{\sin 30^\circ} = 10 \text{ m}$

∴ $W_{AB} = W_{AC}$

অর্থাৎ, যে পথেই নামানো হোক না কেন বস্তুটিকে নামাতে একই কাজ হবে। অর্থাৎ, জামাল ও কামাল একই পরিমাণ কাজ করেছে।

প্রশ্ন ৪৯ 200 kg ভরের গাড়ির জন্য গতিশক্তি বনাম সময় লেখচিত্র দেখানো হলো।



[কুষ্টিয়া সরকারি মহিলা কলেজ]

- ক. তাৎক্ষণিক বেগ কি? ১
- খ. পড়ন্ত বস্তুর সূত্রগুলো ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. AB ও CD অংশের ত্বরণ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. থামার আগে গাড়ি কত পথ অতিক্রম করেছিল- বিশ্লেষণ কর। ৪

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 বাধায় 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,

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

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) 2 । 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

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

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

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

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

∴ লেখটি সরলরেখা, তাই সুষম ত্বরণ বিবেচনাযোগ্য নয়।

AB অংশ :

গতিশক্তি (E) বনাম সময় (t) সমীকরণ :

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

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

$$\text{বা, } E = 200t + 1600$$

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

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

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

$$= 2t + 16$$

$$\text{বা, } v = \sqrt{2t + 16}$$

বা, $a = \frac{dv}{dt}$

বা, $a = \frac{1}{\sqrt{2t+16}}$

∴ A ও B বিন্দুতে ত্বরণ যথাক্রমে a_A ও a_B ।

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,

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

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

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

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

$= 0.2 \text{ ms}^{-1}$

BC অংশ :

$E_B = \frac{1}{2} m v_B^2 = 3600 \text{ J}$

$v_B = \sqrt{\frac{2 \times 3600}{200}} \text{ m/s}$

$= 6 \text{ m/s}$

∴ ত্বরণ, $a_{BC} = \frac{v_C - v_B}{t}$

$= \frac{0}{15}$

$= 0$

CD অংশ :

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

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

বা, $E = -360t + 12600$

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

⇒ $v = \sqrt{-3.6t + 126}$

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

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

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

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

CD অংশে গড় ত্বরণ :

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

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

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

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

ঘ 'গ' থেকে পাই,

AB অংশে বেগ :

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

∴ AB অংশে অতিক্রান্ত দূরত্ব,

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

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

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

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

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

$= 50.67 \text{ m}$

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

∴ BC অংশে অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_{BC} = v_{BC} t$

$= 6 \times (25 - 10)$

$= 90 \text{ m}$

CD অংশে অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s_{CD} = \int_{35}^{25} v_{CD} dt$

বা, $s_{CD} = \int_{25}^{35} \sqrt{126 - 3.6t} dt$

$= -\frac{2}{3.6} \times \frac{1}{3} [(126 - 3.6t)^{3/2}]_{25}^{35}$

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

$= 40 \text{ m}$

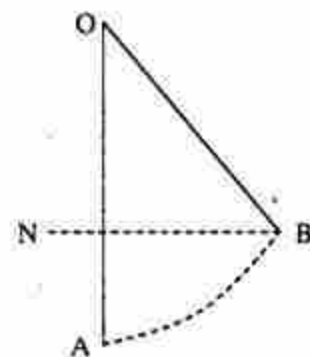
∴ মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = s_{AB} + s_{BC} + s_{CD}$

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

$= 180.67 \text{ m}$

অতএব, থামার পূর্বে গাড়ীটি 180.67m দূরত্ব অতিক্রম করেছিল।

প্রশ্ন ৫০ চিত্রে একটি সেকেন্ড দোলক দেখানো হলো যা ভূপৃষ্ঠে সঠিক সময় দেয়। $OA = 2 \text{ m}$ এবং $BN = 0.5 \text{ m}$ । B বিন্দুটি দোলকটির সর্বোচ্চ অবস্থান। দোলকটি নেপচুনে নিয়ে যাওয়া হলো। নেপচুনের ভর ও ব্যাসার্ধ পৃথিবীর ভর এবং ব্যাসার্ধের যথাক্রমে 17.15 এবং 1.4 গুণ।



[কুমিল্লা সরকারি সিটি কলেজ]

ক. কেপলারের তৃতীয় সূত্রটি বিবৃত কর।

১

খ. মুক্তিবৈগ বস্তুর ভরের উপর নির্ভরশীল নয় কেন ব্যাখ্যা কর।

২

গ. নেপচুনে দোলকটির দোলনকাল কত হবে?

৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত দোলকটি পৃথিবীপৃষ্ঠে অবস্থান কালে A বিন্দুতে মোট শক্তি এবং B বিন্দুতে মোট শক্তির পরিবর্তন হবে কি না গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ কর।

৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সূর্যের চারদিকে প্রতিটি গ্রহের আবর্তনকালের বর্গ সূর্য থেকে ঐ গ্রহের গড় দূরত্বের ঘনফলের সমানুপাতিক।

খ. মুক্তিবেগের সূত্র থেকে পাই,

$$v_c = \sqrt{2gR}$$

দেখা যাচ্ছে এই সূত্রে বস্তুর ভর বা m অনুপস্থিত। অর্থাৎ মুক্তিবেগ বস্তুর ভর নির্ভরশীল। তাই মুক্তিবেগ বস্তুর ভরের উপর নির্ভরশীল নয়।

গ. ধরি, পৃথিবীর ভর, $M_e = M \text{ kg}$

পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R_e = R \text{ m}$

নেপচুনের ভর, $M_N = 17.15 M \text{ kg}$

নেপচুনের ব্যাসার্ধ, $R_N = 1.4 R \text{ m}$

এখন, পৃথিবী ও নেপচুনে অভিকর্ষজ ত্বরণ যথাক্রমে, g_e ও g_N হলে,

$$\begin{aligned} \frac{g_N}{g_e} &= \frac{\frac{GM_N}{R_N^2}}{\frac{GM_e}{R_e^2}} \\ &= \frac{17.15 \times 1}{1.4^2} \\ &= 8.75 \end{aligned}$$

আবার, পৃথিবী ও নেপচুনে দোলকটির দোলনকাল যথাক্রমে T_e ও T_N হলে।

$$\text{এখন, } \frac{T_N}{T_e} = \sqrt{\frac{g_e}{g_N}}$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } T_N &= \sqrt{\frac{1}{8.75}} \times T_e \\ &= \sqrt{\frac{1}{8.75}} \times 2 \\ &= 0.68 \text{ s (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ. দেওয়া আছে, $OA = 2 \text{ m}$

$BN = 0.5 \text{ m}$

এখন, $OA = OB = 2 \text{ m}$

$\triangle ONB$ সমকোণী ত্রিভুজে

$$ON^2 + NB^2 = OB^2$$

$$\begin{aligned} \therefore ON &= \sqrt{OB^2 - NB^2} \\ &= \sqrt{(2)^2 - (0.5)^2} \\ &= 1.936 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore AN &= OA - ON \\ &= 2 - 1.936 \\ &= 0.064 \text{ m} \end{aligned}$$

A বিন্দুতে সম্পূর্ণ শক্তি হলো গতিশক্তি।

$$\begin{aligned} \therefore E_A &= \frac{1}{2} mv^2 \\ &= \frac{1}{2} m(v^2 + 2gh) \\ &= \frac{1}{2} m(0 + 2g \cdot AN) \text{ [আদিবেগ} = 0] \\ &= m \times g \times 0.064 \\ &= 0.064 \text{ mg} \end{aligned}$$

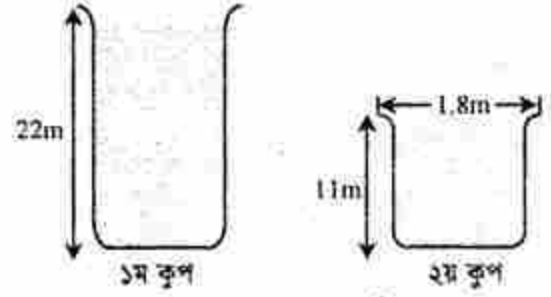
B বিন্দুতে সম্পূর্ণ শক্তি হলো স্থিতিশক্তি।

$$\therefore E_B = mgh = mgAN = 0.064 \text{ mg}$$

$$\therefore E_A = E_B$$

\therefore A বিন্দুতে মোট শক্তি ও B বিন্দুতে মোট শক্তির পরিবর্তন হবে না।

প্রশ্ন ৫১



একটি পাম্প দ্বারা ১ম এবং ২য় কূপকে পানি শূন্য করতে সময় লাগে যথাক্রমে t_1 ও t_2 । দুটি কূপে একই পরিমাণ পানি ধরে।

[বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ]

ক. সেকেন্ড দোলক কী?

১

খ. 'একটি হালকা বস্তু ও ভারী বস্তুর ভরবেগ সমান' কার গতিশক্তি বেশি?

২

গ. ২য় কূপটিকে পানিশূন্য করতে ২৪ মিনিট সময় লাগলে পাম্পটির অক্ষক্ষমতা কত?

৩

ঘ. উভয় কূপের ক্ষেত্রে গভীরতার সাপেক্ষে পানিশূন্য করার সময় একই লাগে-গাণিতিক বিশ্লেষণ মাধ্যমে প্রমাণ কর।

৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ. মনে করি, দুটি বস্তুর ভর m_1 ও m_2 ($m_2 > m_1$) এবং গতিবেগ v_1 ও v_2 । এদের ভরবেগ সমান হলে, $m_1 v_1 = m_2 v_2$

$$\text{বা, } \frac{v_2}{v_1} = \frac{m_1}{m_2}$$

$$\therefore \text{এদের গতিশক্তির অনুপাত} = \frac{E_{K1}}{E_{K2}} = \frac{\frac{1}{2} m_1 v_1^2}{\frac{1}{2} m_2 v_2^2}$$

$$= \frac{m_1}{m_2} \times \left(\frac{m_2}{m_1}\right)^2 = \frac{m_2}{m_1}$$

$$\therefore m_2 > m_1$$

$$\therefore E_{K1} > E_{K2}$$

অর্থাৎ হালকা বস্তুর গতিশক্তি বেশি।

গ. ২য় কূপের গভীরতা, $d = 11 \text{ m}$ এবং ব্যাস, $D = 1.8 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \therefore \text{২য় কূপের আয়তন, } V &= \frac{1}{4} \pi D^2 d = 0.25 \times 3.1416 \times (1.8 \text{ m})^2 \times 11 \text{ m} \\ &= 27.992 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{এবং কূপের সম্পূর্ণ পানির ভর, } m &= V \rho = 27.992 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 27992 \text{ kg} \end{aligned}$$

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

$$\text{২য় কূপের ক্ষেত্রে পানি উত্তোলনের গড় উচ্চতা, } h = \frac{11 \text{ m}}{2} = 5.5 \text{ m}$$

$$\therefore \text{মোটরটির ক্ষমতা, } P = \frac{mgh}{t} = \frac{27992 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 5.5 \text{ m}}{24 \times 60 \text{ s}}$$

$$= 1047.8 \text{ watt}$$

$$= \frac{1047.8}{746} \text{ HP} = 1.4045 \text{ HP (Ans.)}$$

ঘ. ১ম কূপের ক্ষেত্রে পানি উত্তোলনের গড় উচ্চতা, $h = \frac{22 \text{ m}}{2} = 11 \text{ m}$

১ম কূপে একই পরিমাণ (27992 kg) পানি ধরে।

উক্ত মোটর দ্বারা প্রথম কূপ খালি করতে t পরিমাণ সময় লাগলে, $P = \frac{mgh}{t}$

$$\therefore t = \frac{mgh}{P} = \frac{27992 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 11 \text{ m}}{1047.8 \text{ watt}} = 2879.9 \text{ sec}$$

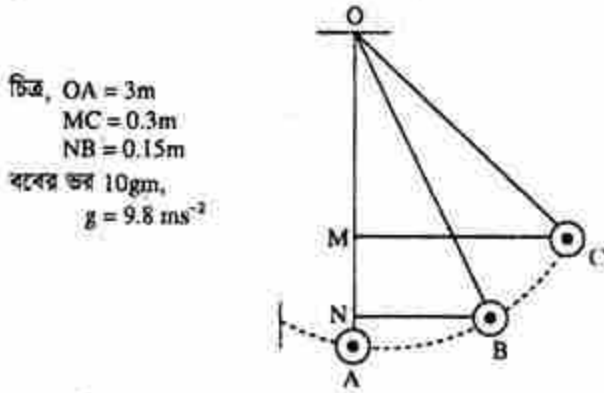
$$= 48 \text{ min}$$

১ম কূপের ক্ষেত্রে, $\frac{\text{পানি শূন্য করার সময়}}{\text{গভীরতা}} = \frac{48 \text{ min}}{22 \text{ m}} = 2.182 \text{ min/m}$

২য় কূপের ক্ষেত্রে, $\frac{\text{পানি শূন্য করার সময়}}{\text{গভীরতা}} = \frac{24 \text{ min}}{11 \text{ m}} = 2.182 \text{ min/m}$

সুতরাং উভয় কূপের ক্ষেত্রে গভীরতার সাপেক্ষে পানি শূন্য করার সময় একই লাগে।

প্রশ্ন ৫২ নিচের চিত্রটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



- হুকের সূত্রটি বিবৃত করো? ১
- ঘর্ষণ বল সংরক্ষণশীল বল নয় কেন? ২
- উদ্দীপকের দোলকটির কৌণিক কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩
- উদ্দীপকের A ও B বিন্দুর গতিশক্তির পার্থক্য কত হবে? ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পীড়ন এর বিকৃতির সমানুপাতিক।

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

গ এখানে, কার্যকরী দৈর্ঘ্য, $L = 3 \text{ m}$

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

কৌণিক কম্পাঙ্ক, $\omega = ?$

দোলকটির পর্যায়কাল T হলে,

$$\text{আমরা জানি, } T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$\therefore T = 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{3}{9.8}} = 3.47 \text{ s}$$

$$\text{আবার, } \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3.14}{3.47} = 1.81 \text{ rads}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ এখানে, ববটির ভর, $m = 10 \text{ gm} = 0.01 \text{ kg}$

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

চিত্রে, $OA = OB = OC = 3 \text{ m}$

$MC = 0.3 \text{ m}$

$NB = 0.15 \text{ m}$

মনে করি, A ও B বিন্দুতে গতিশক্তি যথাক্রমে K_A ও K_B

$$\text{আমরা জানি, } OC^2 = OM^2 + MC^2$$

$$\text{বা, } OM^2 = OC^2 - MC^2 = 3^2 - (0.3)^2 = 8.9$$

$$\therefore OM = 2.98 \text{ m}$$

$$\text{আবার, } OB^2 = ON^2 + NB^2$$

$$\text{বা, } ON = \sqrt{3^2 - (0.15)^2} = 2.99 \text{ m}$$

$$\text{সুতরাং, } AN = OA - ON = 3 - 2.99 = 0.01 \text{ m}$$

$$AM = OA - OM = 3 - 2.98 = 0.02 \text{ m}$$

অতএব, B বিন্দুতে বেগ,

$$v^2 = v_0^2 + 2g(AN)$$

$$v = \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.01} \quad [v_0 = 0 \text{ ms}^{-1}]$$

$$v = 0.44 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{অতএব, B বিন্দুতে গতিশক্তি, } K_B = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.01 \times (0.44)^2$$

$$K_B = 9.68 \times 10^{-4} \text{ J}$$

আবার, A বিন্দুতে গতিশক্তি = C বিন্দুতে বিভবশক্তি

$$K_A = mg(AM) = 0.01 \times 9.8 \times 0.02$$

$$K_A = 1.96 \times 10^{-3} \text{ J}$$

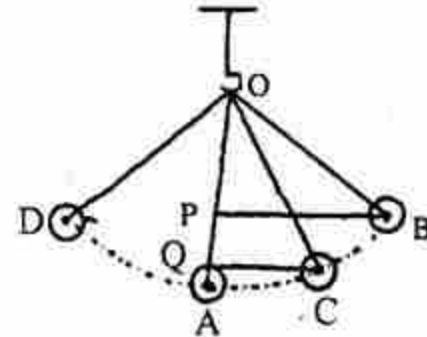
$$\Delta K = K_A - K_B = (1.96 \times 10^{-3} - 9.68 \times 10^{-4}) \text{ J}$$

$$\Delta K = 9.92 \times 10^{-4} \text{ J}$$

সুতরাং উদ্দীপকের A ও B বিন্দুর গতিশক্তির পার্থক্য $9.92 \times 10^{-4} \text{ J}$ ।

প্রশ্ন ৫৩ নিচের চিত্রে একটি দোলক সরল দোলন গতিতে দুলছে।

যার সর্বোচ্চ PB 0.1kg ভরের ববের চারটি বিভিন্ন অবস্থান হল A, B, C এবং D। যেখানে, PB = 0.4 m, OB = OC = OA = OD = 0.8 m।



ডঃ আব্দুর রাজ্জাক মিউনিসিপ্যাল কলেজ, যশোর।

- নমনীয় বস্তু কী? ১
- বালি কাদামাটি চেয়ে বেশি শৃঙ্খল হয় কেন? ২
- A বিন্দুতে ববটির বেগ নির্ণয় কর। ৩
- উদ্দীপকের দোলকটিতে যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতার সূত্রের ব্যত্যয় ঘটবে কি না তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে তোমার মতামত দাও। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুকে বাইরে থেকে বল প্রয়োগে এর আকৃতি, দৈর্ঘ্য বা আয়তনের পরিবর্তন ঘটালে এবং বল অপসারণে বস্তুটি পূর্বাবস্থা ফিরে না পেলে একে নমনীয় বস্তু বলে।

খ কাদামাটিতে বিদ্যমান ছিদ্রগুলো অনেক সরু হওয়ায় কৈশিক নলের ন্যায় কাজ করে। ফলে এসব ছিদ্র পানি ধরে রাখে। এ কারণে কাদামাটি আর্দ্র হয়।

কিন্তু বালি ঝরঝরে হয় বলে এতে কাদামাটির ন্যায় কৈশিক নলরূপী ছিদ্র থাকে না। এ কারণে কাদামাটির ন্যায় পানি ধরে রাখতে পারে না।

তাই বালি কাদামাটির চাইতে বেশি শৃঙ্খল হয়।

গ ৩ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 1.45 m/s

ঘ ৩ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ৫৪ একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 16m এবং ব্যাস 10m কুয়াটিকে। ঘন্টায় পানিশূন্য করতে 10HP-এর একটি পাম্প লাগানো হলে। অর্ধেক পানিশূন্য করার পর পাম্পটি নষ্ট হওয়ায় অন্য একটি পাম্প লাগানো হলো। নির্ধারিত সময়ে কুয়াটিকে পানিশূন্য করা হলো।

[জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট]

- ক. মুক্তিবৈগ কাকে বলে? ১
খ. কোনো গ্যাস কণিকার বেগ নির্ণয়ে গড় বর্গবেগের বর্গমূল মান নেওয়া হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কত সময় পর ১ম পাম্পটি নষ্ট হয়েছিল নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ১ম ও ২য় পাম্পের ক্ষমতা কী অভিন্ন? গাণিতিক যুক্তি দাও। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে কোনো বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর পৃথিবীতে ফিরে আসে না সেই বেগকে মুক্তিবৈগ বলে।

খ. কোন গ্যাসের অণুসমূহ বিশৃঙ্খলভাবে চারদিকে ছুটছুটি করে। এমতাবস্থায় কোন অণু বেগের পাল্লা শূন্য থেকে অসীম পর্যন্ত হতে পারে। কিন্তু তাপীয় সাম্যাবস্থায় অণুগুলো চারদিকে সুষমভাবে কম্পিত হয় তাই এদের গড়বেগ শূন্য হয়। এজন্য এদের অণুগুলোর বেগের বর্গের গড়কে বর্ণমূল করে $C_{r.m.s}$ বেগ নির্ণয় করা হয়, যা শূন্য নয়। আবার, কোন অণুর গতিশক্তি, $E_k \propto (\text{বেগ})^2$ । তাই গতিশক্তি নির্ণয়ের জন্য বেগের বর্গমূল নেওয়া হয়।

গ

কুয়ার সম্পূর্ণ পানির আয়তন V হলে

$$V = \frac{1}{4} \pi d^2 h$$

$$= \frac{1}{4} \pi \times 10^2 \times 16$$

$$= 1256.637 \text{ m}^3$$

পানির ভর m হলে,

$$m = \rho V = (1000 \times 1256.637)$$

$$= 1256637 \text{ kg}$$

\therefore অর্ধেক পানির ভর m' হলে,

$$m' = \frac{m}{2} = \frac{1256637}{2} \text{ kg}$$

$$= 628318.5 \text{ kg}$$

এখানে,

পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা,
 $h = 16 \text{ m}$

ব্যাস, $d = 10 \text{ m}$

সময়কাল, $t = 1 \text{ hr} =$

$$60 \text{ min} = 3600 \text{ sec}$$

পাম্পের ক্ষমতা,

$$P = 10 \text{ HP} = (10 \times 746) \text{ W}$$

$$= 7460 \text{ W}$$

অভিকর্ষজ ত্বরণ,

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

পানির ঘনত্ব,

$$\rho = 1000 \text{ kgm}^{-3}$$

অর্ধেক পানি শূন্য করার
প্রয়োজনীয় সময়, $t = ?$

অর্ধেক পানিশূন্য করতে গড় উচ্চতা, $h' = \frac{0+16}{2} = 8 \text{ m}$

অর্ধেক পানি উত্তোলনে নির্ণেয় সময় t' হলে,

$$\text{আমরা জানি, } P = \frac{m'gh'}{t'}$$

$$\text{বা, } t' = \frac{m'gh'}{P} = \frac{628318.5 \times 9.8 \times 8}{7460}$$

$$\text{বা, } t' = 3301.62 \text{ sec}$$

$$\therefore t' = 55.027 \text{ min}$$

$\therefore 55.027 \text{ min}$ পর পাম্পটি নষ্ট হয়েছিল।

ঘ. প্রথম পাম্পের ক্ষমতা, $P = 10 \text{ HP}$

'গ' অংশ হতে পাই, অর্ধেক পানির ভর, $m' = 628318.5 \text{ kg}$

মোট পানির ভর, $m = 1256637 \text{ kg}$

$$\therefore \text{অবশিষ্ট পানির ভর, } m'' = m - m' = (1256637 - 628318.5) \text{ kg}$$

$$\therefore m'' = 628318.5 \text{ kg}$$

মনে করি, ১ম পাম্প বন্ধ হওয়ার সাথে সাথে ২য় পাম্প চালু হয়।

নির্ধারিত সময়, $t = 60 \text{ min}$

প্রথম পাম্প কর্তৃক ব্যয়িত সময়, $t' = 55.027 \text{ min}$

$$\therefore \text{অবশিষ্ট সময়, } t'' = (60 - 55.027) = 4.972 \text{ min}$$

$$t'' = 4.972 \times 60 = 298.38 \text{ sec}$$

$$\text{গড় উচ্চতা, } h = \frac{8+16}{2} \text{ m}$$

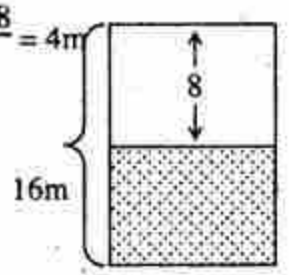
কুয়াটি পানি শূন্য করতে দ্বিতীয় পাম্পের ক্ষমতা P' হলে,

$$P' = \frac{m''gh}{t''} = \frac{628318.5 \times 9.8 \times 12}{298.38}$$

$$= 247638.0997 \text{ W}$$

$$\therefore P' = 331.955 \text{ HP} > P$$

সুতরাং, কুয়াটি পানিশূন্য করতে উভয়ক্ষেত্রে একই ক্ষমতায় পাম্প ব্যবহার করা হয় নাই।



পদার্থবিজ্ঞান

পঞ্চম অধ্যায় : কাজ, শক্তি ও ক্ষমতা

১৬০. বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ কত হলে কাজ শূন্য হবে?

- (ক) 60° (খ) 90°
(গ) 120° (ঘ) 180°

১৬১. বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ θ হলে ঋণাত্মক কাজের শর্ত হবে—(জান)

- (ক) $180^\circ \geq \theta \geq 90^\circ$ (খ) $180^\circ \geq \theta \geq 90^\circ$
(গ) $180^\circ \leq \theta < 90^\circ$ (ঘ) $180^\circ < \theta \leq 90^\circ$

১৬২. একটি মোটরের ক্ষমতা 16 watt. 4 min সময়ে এর দ্বারা কৃত কাজ কত হবে? (অনুধাবন)

/বি এ এফ শাহীন কলেজ, গাছাডকাপ্তানপুর, টাঙ্গাইল/

- (ক) 64 J (খ) 3840 J
(গ) 240 J (ঘ) 960 J

১৬৩. কাজের মাত্রা কোনটি? (জান)

- (ক) ML^2 (খ) ML^{-2}
(গ) MLT^{-2} (ঘ) ML^2T^{-2}

১৬৪. একটি কণার ওপর $\vec{F} = (8\hat{i} - 3\hat{j} + 2\hat{k}) N$

বল প্রয়োগ করায় কণাটির সরণ হয় $\vec{r} = (3\hat{i} + 3\hat{j} - 2\hat{k}) m$ । বল কর্তৃক সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 11 J (খ) 12 J
(গ) 13 J (ঘ) 14 J

১৬৫. 100 gm ভরের একটি বস্তুকে 100m উপর হতে ছেড়ে দেওয়া হলো। ভূপৃষ্ঠকে স্পর্শ করার পূর্ব মুহূর্তে এর গতিশক্তি কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 9800J (খ) 980J
(গ) 98J (ঘ) 9.8J

১৬৬. 3 kg ভরের বস্তুকে 20m উচ্চতা থেকে ছেড়ে দিলে ভূপৃষ্ঠকে স্পর্শ করার ঠিক পূর্ব মুহূর্তে এর গতিশক্তি কত? (প্রয়োগ)

- /নরসিংদী বিজ্ঞান কলেজ, নরসিংদী/
(ক) 60 Joule (খ) 588 Joule
(গ) 566 dyne (ঘ) 5880 Joule

১৬৭. কোন বস্তুর গতিশক্তি 300% বৃদ্ধি করা হলে, উক্ত বস্তুর ভরবেগ বাড়বে—/রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, টাঙ্গাইল/

- (ক) 100% (খ) 150%
(গ) 200% (ঘ) 400%

১৬৮. বিভবশক্তির একক কী? (জান)

- (ক) জুল (খ) জুল/কেজি

(গ) জুল/(কেজি)² (ঘ) নিউটন/কেজি

১৬৯. $2Nm^{-1}$ স্প্রিং ধ্রুবকের একটি স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য সাম্যবস্থান থেকে 0.1 m বৃদ্ধি করলে স্প্রিং এর বিভবশক্তির বৃদ্ধি কত হবে? (প্রয়োগ)

- /মাইনস্টোন কলেজ, ঢাকা/
(ক) 1 J (খ) 0.1 J
(গ) 0.01 J (ঘ) 0.001 J

১৭০. 10m উঁচু স্থান হতে 100 gm ভরবিশিষ্ট একটি বলকে ফেলে দিলে যদি বলটি পুনরায় 8 m উঁচু পর্যন্ত উঠে তবে কী পরিমাণ শক্তি ব্যয় হয়? (প্রয়োগ)

- (ক) 1000J (খ) 98J
(গ) 1J (ঘ) 1.96J

১৭১. ভূপৃষ্ঠ হতে একটি বস্তুকে উপরে তোলা হলে বস্তুর মধ্যে কোন শক্তি বৃদ্ধি পায়? (অনুধাবন)

- (ক) বিভবশক্তি (খ) গতিশক্তি
(গ) যান্ত্রিকশক্তি (ঘ) রাসায়নিক শক্তি

১৭২. মৃত্তকাবে পড়ত কোনো ভূমি স্পর্শ করার পূর্বমুহূর্তে সমস্ত বিভবশক্তি কোন্ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়? (জান)

- (ক) গতিশক্তি (খ) রাসায়নিক শক্তি
(গ) স্থিতিস্থাপক শক্তি (ঘ) আলোক শক্তি

১৭৩. 30 m উচ্চতা থেকে একটি বস্তুকে বিনা বাধায় পড়তে দিলে কোথায় উহার গতিশক্তি বিভবশক্তি দ্বিগুণ হবে? (প্রয়োগ)

- (ক) 10m উচ্চতায় (খ) 15 m উচ্চতায়
(গ) 20 m উচ্চতায় (ঘ) 25 m উচ্চতায়

১৭৪. কোনো যন্ত্রে F বল প্রয়োগে বলের প্রয়োগ বিন্দুকে v বেগে গতিশীল রেখে কাজ সম্পাদন করলে প্রযুক্ত ক্ষমতা কত? (জান)

- (ক) $P = Fv^2$ (খ) $P = \frac{F}{v}$
(গ) $P = Fv$ (ঘ) $P = F^2 v$

১৭৫. একটি লিফটের কেবল লিফটিকে $0.75 ms^{-1}$ সমদ্রুতিতে ওপরে তুলতে পারে। কেবলটি 23kW ক্ষমতা প্রয়োগ করলে কেবল-এর টান কত? (প্রয়োগ)

- (ক) $30.67 \times 10^3 N$ (খ) $31.67 \times 10^3 N$
(গ) $32.67 \times 10^3 N$ (ঘ) $33.67 \times 10^3 N$

১৭৬. একটি ইঞ্জিন প্রতি ঘণ্টায় 36000 কেজি পানি 10 মিটার উপরে উঠায়। ইঞ্জিনের ক্ষমতা কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 940W (খ) 980W
(গ) 780W (ঘ) 908 W

১৭৭. একটি কুয়া থেকে ইঞ্জিনের সাহায্যে প্রতি মিনিটে 1000 kg পানি 10m গড় উচ্চতায় উঠানো হয়। যদি ইঞ্জিনটির ক্ষমতা 40% নষ্ট হয়, তাহলে এর অক্ষক্ষমতা কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 3.65 H.P. (খ) 4.65 H.P.
(গ) 5.65 H.P. (ঘ) 6.65 H.P.

১৭৮. একটি পাম্প প্রতি মিনিটে 550 গ্যালন পানি 30ft গড় উচ্চতায় তুলতে পারে। পাম্পের ক্ষমতা 80% কার্যকর হলে এর H.P [1 গ্যালন = 10lb] কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 6.21 H.P.B (খ) 7.81 H.P.C
(গ) 10 H.P (ঘ) 65.2 H.P.

১৭৯. একটি মোটর মিনিটে 5.5×10^5 kg পানি 100m উপরে তুলতে পারে। মোটরটির দক্ষতা 70% হলে এর ক্ষমতা কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 1.72×10^2 H.P. (খ) 1.72×10^3 H.P.
(গ) 1.72×10^4 H.P. (ঘ) 1.72×10^5 H.P.

১৮০. কোনটি সংরক্ষণশীল বল? (জ্ঞান)

- (ক) অভিকর্ষ (খ) প্রবাহী ঘর্ষণ
(গ) সান্দ্র বল (ঘ) বিসর্প ঘর্ষণ

১৮১. নিচের কোনটি অসংরক্ষণশীল বল?

- (ক) সান্দ্র বল (খ) কুলম্ব বল
(গ) চৌম্বক বল (ঘ) মহাকর্ষীয় বল

১৮২. অসংরক্ষণশীল বলের উদাহরণ কোনটি?

- (ক) ঘর্ষণ বল (খ) বৈদ্যুতিক বল
(গ) চুম্বক বল (ঘ) অভিকর্ষজ বল

১৮৩. কাজ সম্পন্ন হবে যদি কেউ— (অনুধাবন)

- i. ভারী বোঝা মাথায় নিয়ে দাড়িয়ে থাকে
ii. সিঁড়ি বেয়ে উপরে উঠে
iii. ঠেলাগাড়ি ঠেলে নিয়ে যায়
নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৮৪. বলের দ্বারা কাজ শূন্য হয় যদি বল প্রয়োগের ফলে বলের প্রয়োগ বিন্দু— (অনুধাবন)

- i. স্থির থাকে
ii. বলের বিপরীত দিকে সরে যায়
iii. বলের উন্নয়ন দিকে সরে যায়
নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৮৫. একটি ভারী বস্তুকে মাথায় করে অনুভূমিক বরাবর রাস্তার উপর দিয়ে এক স্থান হতে অন্য

স্থানে সরানো হলো— (অনুধাবন) / নিটর ডেম
কলেজ, ঢাকা/

- i. অভিকর্ষ দ্বারা কাজ হয়
ii. ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ হয়
iii. অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়া দ্বারা কাজ শূন্য
নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৮৬. 5 kg ভরের একটি বস্তুকে 9.8 ms^{-1} বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ্ত হলে— (প্রয়োগ)

- i. অর্ধ সেকেন্ড পরে এর গতিশক্তি হবে 60J
ii. এক সেকেন্ড পরে এর গতিশক্তি হবে 0J
iii. দুই সেকেন্ড পরে এর গতিশক্তি হবে 120J
নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৮৭. 25m উচ্চতা হতে 4 kg ভরের একটি বস্তু মুক্তভাবে অভিকর্ষের টানে পড়তে থাকলে 2s পরে বস্তুটির — (প্রয়োগ)

- i. গতিশক্তি হবে 768.32J
ii. স্থিতিশক্তি হবে 211.68J
iii. মোট যান্ত্রিক শক্তি হবে 980J
নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৮৮. একটি হালকা ও একটি ভারী বস্তুর ক্ষেত্রে — (উচ্চতর দক্ষতা)

- i. উভয়ের ভরবেগ সমান হতে পারে
ii. উভয়ের গতিশক্তি সমান হতে পারে
iii. এদের ভরবেগ সমান হলে হালকা বস্তুটির গতিশক্তি বেশি হবে
নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৮৯. ভূপৃষ্ঠের h উচ্চতা হতে মুক্তভাবে পতনশীল বস্তু x পরিমাণ উন্নয়ন সরণ অতিক্রম করার পর v বেগে প্রাপ্ত হলে ঐ বিন্দুতে বস্তুটির — (প্রয়োগ)

- i. গতিবেগ $\sqrt{2gx}$
ii. গতিশক্তির মান mgx
iii. বিভবশক্তির মান $mgh - \frac{1}{2}mv^2$
নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৯০. কোনো সরল দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য l ,
কৌণিক বিস্তার α এবং বরের ভর m হলে —
(প্রয়োগ)

- সাম্যাবস্থানে বরের গতিশক্তি $mg \times 2l \sin^2(\alpha/2)$
- দোলকের সর্বোচ্চ বেগ $2\sqrt{gl} \sin(\alpha/2)$
- বিস্তারের প্রান্ত হতে সাম্যাবস্থানে আসতে দোলকটি $2l \sin^2(\alpha/2)$ পরিমাণ উন্নয়ন দূরত্ব অতিক্রম করে

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৯১. কর্মদক্ষতার কোনো একক নেই, কারণ —
(অনুধাবন)

- এটি হলো এক জাতীয় দুটি রাশির অনুপাত
- মোট কার্যকর শক্তি সর্বদাই যত্নে প্রদত্ত মোট শক্তির তুলনায় কম হয়
- কার্যকর ক্ষমতা ও মোট ক্ষমতার অনুপাত

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১৯২. কোনো একটি কণার এক বিন্দু থেকে অপর বিন্দুতে যাওয়ার সময় অসংরক্ষণশীল বল দ্বারা কণাটির ওপর সম্পাদিত কাজের পরিমাণ —
(অনুধাবন)

- কণাটির গতিপথের ওপর নির্ভর করে না
- বিন্দু দুটির অবস্থানের ওপর নির্ভর করে
- কণাটির গতিপথের ওপর নির্ভর করে

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) ii ও iii
(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

নিচের উদ্দীপকটি পড়ে পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও :
চিত্রে আনুভূমিকের সাথে θ কোণে আনত একটি ঘর্ষণবিহীন ঢালে একটি m kg ভরের বস্তুকে দেখানো হল।



বস্তুটিকে ঢালের উপরের দিকে ধুববেগে গতিশীল করতে এর উপর ঢালের সমান্তরাল F বল প্রয়োগ করা

হল।

১৯৩. বস্তুটিকে ঢালের উপরের দিকে 'x' m দূরত্ব অতিক্রম করার জন্য কত কাজ করতে হবে?
(অনুধাবন)

- (ক) $mgx \sin \theta$ (খ) $mgh \cos \theta$
(গ) $mgx \cos \theta$ (ঘ) $mgh \sin \theta$

১৯৪. এখন যদি বস্তুটিকে 'v' বেগে গতিশীল রাখার জন্য বলের দিকে 'a' ত্বরণ সৃষ্টি করতে হয়, তবে কত ক্ষমতা প্রয়োগ করতে হবে? (প্রয়োগ)

- (ক) $mgv + mav \sin \theta$ (খ) $mav + mgv \sin \theta$
(গ) $mav + mgv \cos \theta$ (ঘ) $mgv + mav \cos \theta$

উদ্দীপকটি পড়ে ১৯৫ ও ১৯৬ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
একটি পানিপূর্ণ কুমার গভীরতা 10m এবং ব্যাস 1.5m একটি পাম্প 25 মিনিটে কুমারটিকে পানিশূন্য করতে পারে।

১৯৫. পাম্পটির ক্ষমতা কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 0.773 HP (খ) 1.543 HP
(গ) 3.095 HP (ঘ) 6.190 HP

১৯৬. 0.4 HP ক্ষমতার আরও একটি পাম্প যুক্ত করলে কি পরিমাণ সময় সাশ্রয় হবে? (প্রয়োগ)

- (ক) 24.36 মিনিট (খ) 16.48 মিনিট
(গ) 8.52 মিনিট (ঘ) 0.63 মিনিট

উদ্দীপকটি পড়ে ১৯৭ - ১৯৯ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
একটি টারবাইনের কর্মদক্ষতা 90% এবং এর সাথে সংযুক্ত জেনারেটরের কর্মদক্ষতাও 90%। জেনারেটরটি যে ট্রান্সফর্মার এবং সঞ্চালন লাইনের সাথে সংযুক্ত তাদের প্রত্যেকের কর্মদক্ষতা 95%।

১৯৭. টারবাইনের মোট প্রদত্ত ক্ষমতা 100 kW হলে জেনারেটরে মোট প্রদত্ত ক্ষমতা কত হবে?
(প্রয়োগ)

- (ক) 90 kW (খ) 95 kW
(গ) 85.5 kW (ঘ) 73 kW

১৯৮. উপরোক্ত ব্যবস্থার মোট কর্মদক্ষতা কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 71% (খ) 73%
(গ) 75% (ঘ) 73%

১৯৯. জেনারেটরে কার্যকর ক্ষমতা 100 kW হলে—
(অনুধাবন)

- টারবাইনের মোট প্রদত্ত ক্ষমতা 123.46 kW
- ট্রান্সফর্মারের কার্যকর ক্ষমতা 95 kW
- সঞ্চালন লাইনের অপর প্রান্তে কার্যকর ক্ষমতা 90.25 kW

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii