

# কাজ, শক্তি ও ক্ষমতা

## Work, Energy and Power

অধ্যায়  
০৫

এ অধ্যায়ে  
অনন্য  
সংযোজন

শিখনকলের  
ধারায় প্রশ্ন ও উত্তর

পাঠ্যবইয়ের সুস্থান  
প্রশ্ন ও উত্তর

সমর্বিত অধ্যায়ের  
প্রশ্ন ও উত্তর

সেরা কলেজের  
প্রশ্ন বিজ্ঞেবণ

অ্যাপস-এ  
MCQ Exam

### চূ.মি.কা (Introduction)

কাজের ধারণা ব্যাপক ও বহুমাত্রিক হলেও পদার্থবিজ্ঞানে কাজের একটি সুনির্দিষ্ট অর্থ রয়েছে। একেতে কাজ হচ্ছে কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল ও বলের অভিযুক্ত সরণের উপাংশের গুণফল। সুতরাং কাজ, বলের ওপর নির্ভরশীল। আবার কোনো বস্তুর উপর প্রয়োগ করলেও বলের ক্রিয়ারেখায় এই বস্তুর স্থানান্তর না ঘটলে কাজ সম্পূর্ণ হয় না। অর্থাৎ কাজের পরিমাণ বস্তুর সরণের সাথে সম্পর্কিত। বিশেষ অবস্থায় বস্তু মোট যে পরিমাণ কাজ সম্পূর্ণ করতে পারে, তা হারাই শক্তি পরিমাণ করা হয়। এ শক্তি আবার দুই ধরনের। গতিশক্তি ও স্থিতিশক্তি। মহাবিশ্বে শক্তির মোট পরিমাণ ধূর ধাকলেও এক বৃপ্ত শক্তিকে অন্যরূপ শক্তিতে রূপান্তর সম্ভব। একে শক্তির রূপান্তর বলে। আর ক্ষমতা হলো কোনো উৎসের কাজ করার হার। কাজেই ক্ষমতা কোনো উৎস কর্তৃক কৃত কাজ ও ব্যয়িত সময়ের অনুপাতের ওপর নির্ভরশীল।

### ► এক নজরে অধ্যায় বিন্যাস



শিক্ষার্থীদের সেরা প্রস্তুতির জন্য এ অধ্যায়টি পাঁচটি ধারাবাহিক  
পার্টে বিভক্ত করে উপস্থাপন করা হলো। সহজে খুঁজে বের করার  
জন্য প্রতিটি পার্টের সাথে পৃষ্ঠা নম্বর দেওয়া আছে। শিক্ষার্থীরা  
পার্টসমূহ অনুসরণে প্রস্তুতি গ্রহণ করলে পরীক্ষায় যেভাবেই প্রশ্ন  
আসুক না কেন, সহজেই ১০০% কমন নিশ্চিত করতে পারবে।



### অনুশীলন [Practice]

১০০% সঠিক ফরম্যাট অনুসরণে শিখনকলের ধারায় প্রশ্ন ও উত্তর

সূজনশীল অংশ

কমন উপযোগী প্রশ্ন ও উত্তর

পৃষ্ঠা : ৩১৩-৩৬১

বহুনির্বাচনি অংশ

১০০% নির্তুল প্রশ্ন ও উত্তর

পৃষ্ঠা : ৩৬৮-৩৮০



### যাচাই ও মূল্যায়ন [Assessment & Evaluation]

মডেল টেস্ট আকারে সূজনশীল ও বহুনির্বাচনি প্রশ্নব্যাংক পৃষ্ঠা ৩৮১



### এক্সক্লিসিভ সাজেশন্স [Exclusive Suggestions]

কলেজ পরীক্ষা ও এইচএসসি পরীক্ষা উপযোগী সাজেশন্স পৃষ্ঠা ৩৮৩



### বিকল্প প্রস্তুতি [Alternative Preparation]

গতানুগতিক ধারার পুরুতপূর্ণ প্রশ্নের সমর্থয়ে বিশেষ পাঠ পৃষ্ঠা ৩৮৩



### এক্সক্লিসিভ টিপস [Exclusive Tips]

পূর্ণাঙ্গ প্রতৃতি নিশ্চিতকরণে অভিনব কৌশলভিত্তিক নির্দেশনা পৃষ্ঠা ৩৮০

### EXCLUSIVE ITEMS Admission Test After HSC

মেডিকেল, ইঞ্জিনিয়ারিং ও বিশ্ববিদ্যালয় ভর্তি পরীক্ষায় আসা প্রয়োজন পৃষ্ঠা ৩৮৪

টিচার্স ম্যানুয়াল অনুসরণে  
তিম ধারায় উপস্থাপন

শিখনকল  
প্রিলিয়ে

শিখন যাচাই  
প্রিলিয়ে

উপকরণ  
প্রিলিয়ে

### অধ্যায় সংশ্লিষ্ট ৩ বিজ্ঞানীর পরিচিতি



স্ফুরণ পদার্থবিদ জেনেস ওয়ার্ট  
আবিকার করেন। তিনি হর্মপাওয়ার  
ধারণার উদ্ভাবন ঘটান এবং ক্ষমতার  
এসআই একক ওয়ার্ট নির্ধারণ করেন;  
যা তাঁর নামের পেছে ব্যবহৃত হয়।



বিজ্ঞান পদার্থবিজ্ঞানী আলবার্ট  
আইনস্টাইন আপেক্ষিকতা  
তত্ত্ব আবিকারের জন্য সরলীয়। তাঁর  
প্রস্তুত E = mc² সূত্রটি নিউটনীয় শক্তির  
ধারণা দেয়। এ তত্ত্বটি বলবিদ্যা ও  
তড়িৎ চৌকচুকে এন্টিক্রিত করে।



জি পানী তাত্ত্বিক পদার্থবিজ্ঞানী  
এবং প্রথম জাপানী নেবেল  
প্রকার বিজ্ঞী হিডেকি ইটকাওয়া  
নিউটনীয় বলের বিজ্ঞেবণীর ধারণা  
প্রদান করেন। মেসন ও পাইওন কলা  
আবিকারে তাঁর অবদান অনুরোধ।



### ও.ও.ব.সা.ই.ট তথ্য সংযোগ

অধ্যায়টিকে বিষয়বস্তুর ওপর শিখনকলের  
ধারাবাহিকতার প্রশ্ন তৈরিতে এবং উত্তরকে  
তথ্যবালু ও নির্ভুলতা নিচিতকরণে বোর্ড বাইরের পাশাপাশি  
নিয়োজিত ওয়েব লিংকের সহায়তা নেওয়া হয়েছে—

[en.wikipedia.org/wiki/Work\\_\(physics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Work_(physics))

[http://en.wikipedia.org/wiki/Potential\\_energy](http://en.wikipedia.org/wiki/Potential_energy)

<http://en.wikipedia.org/wiki/Torque>

[en.wikipedia.org/wiki/Elasticity\\_\(physics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Elasticity_(physics))

[en.wikipedia.org/wiki/Energy](http://en.wikipedia.org/wiki/Energy)

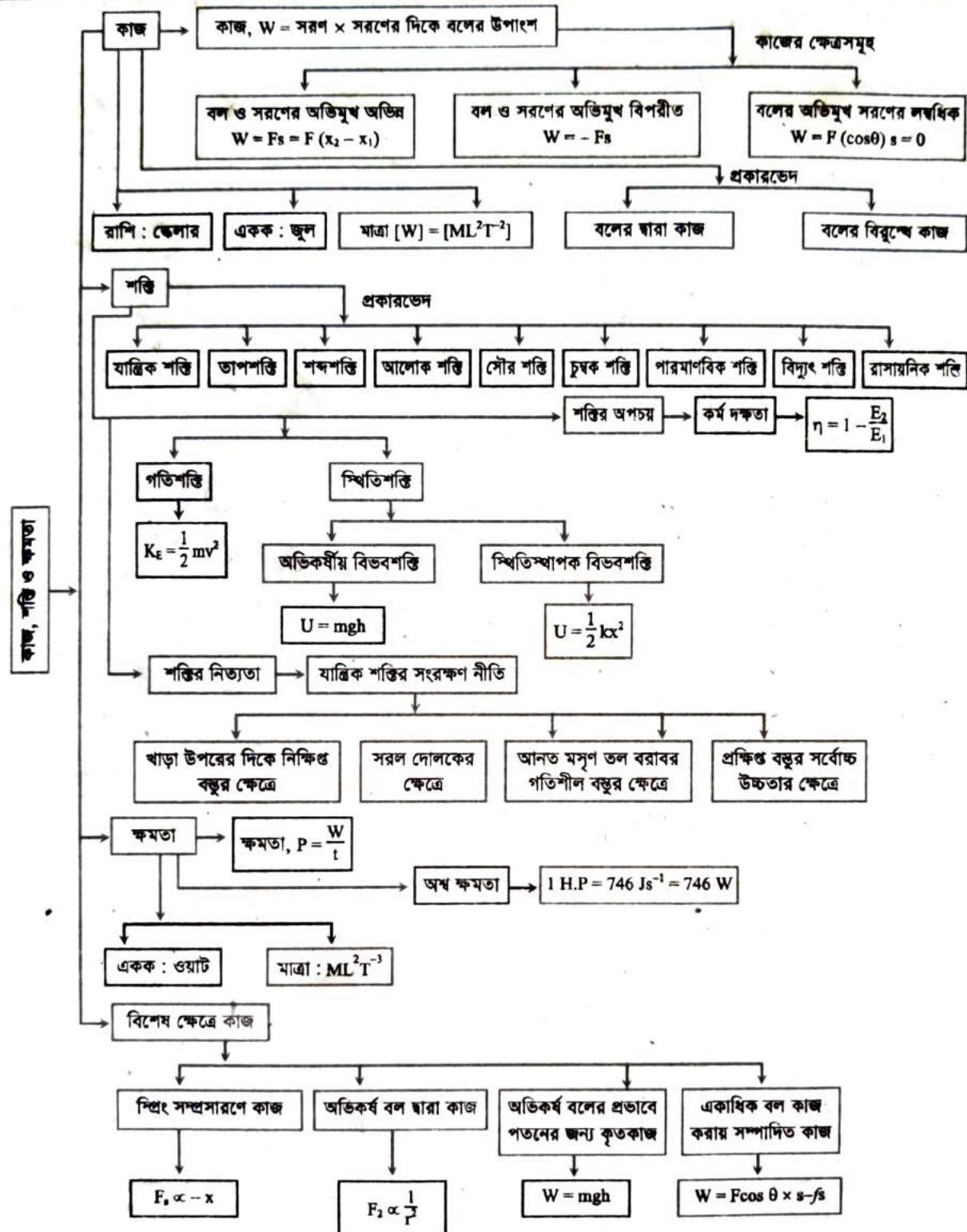
[en.wikipedia.org/wiki/Kinetic\\_energy](http://en.wikipedia.org/wiki/Kinetic_energy)

[en.wikipedia.org/wiki/Conservation\\_of\\_energy](http://en.wikipedia.org/wiki/Conservation_of_energy)

**৭০**  
নজরে

## অধ্যায়ের প্রবাহ চিত্র

পিয়া শিক্ষার্থী বস্তুরা, কোনো অধ্যায়ের বিষয়বস্তুর বিন্যাস ও ধারাবাহিকতা সম্পর্কে পূর্ব হতে ধারণা থাকলে শ্রেষ্ঠ ও উত্তর আছার্থ করা সহজ হয়। নিম্নে এ অধ্যায়ের গুরুত্বপূর্ণ বিষয়বাবলি প্রবাহ চিত্র (Flow Chart) আকারে উপস্থাপন করা হলো, যা তোমাদের সহজেই এক নজরে অধ্যায়টি সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা পেতে সহায়তা করবে।



### অধ্যায় বিশ্লেষণ (Chapter Analysis).....

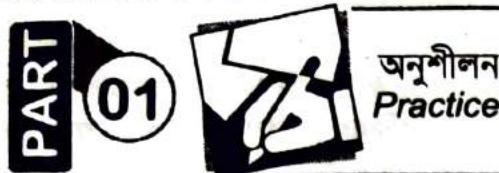
- ১১৯টি সুজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর (বোর্ড প্রশ্ন ১৯টি + অনুশীলনীর প্রশ্ন ৮২টি + মাস্টার ট্রেইনার প্রশ্ন ১১টি + কলেজ প্রশ্ন ৬টি + সমর্পিত প্রশ্ন ১টি)
- ২৭১টি বহুনির্বাচনি প্রশ্ন ও উত্তর (বোর্ড প্রশ্ন ৫৪টি + মাস্টার ট্রেইনার প্রশ্ন ৭৩টি + কলেজ প্রশ্ন ৮৫টি + অনুশীলনীর প্রশ্ন ১৯টি)

অনলাইনে প্রস্তুতি যাচাই



মডেল টেস্ট ০৫টি  
বহুনির্বাচনি মডেল টেস্ট ০৫টি





পিয়েশিকার্থী, Part 01 সম্পর্কে অনুশীলন নির্ভর; যা মূলত দুটি অংশে বিভক্ত— সৃজনশীল অংশ ও বহুনির্বাচন অংশ। তোমাদের অনুশীলনের সুবিধার্থে NCTB অনুমোদিত পাঠ্যবইসমূহের অনুশীলনীর প্রয়োগ ও উভয়ের পাশাপাশি এইচএসসি পরীক্ষা, মাস্টার ট্রেইনার প্র্যামেল, শৈর্ষস্থানীয় কলেজ ও সমর্বিত অধ্যায়ের প্রয়োগের সংযোজন করা হয়েছে। প্রয়োগ ও উভয়ের সর্বশেষ সংশোধিত ফরম্যাট অনুসৃত হয়েছে।



অধ্যায়টি অনুশীলন করে আমি যা জানতে পারব—

- কাজ ও শক্তির সার্বজনীন ধারণা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- বল ও সরণের সাথে কাজের ডেটার সম্পর্ক বিশ্লেষণ করতে পারব।
- স্থির বল এবং পরিবর্তনশীল বল দ্বারা সম্পাদিত কাজ বিশ্লেষণ করতে পারব।
- স্থিতিস্থাপক বল ও অভিকর্ষ বলের বিপরীতে সম্পাদিত কাজের তুলনা করতে পারব।
- গতিশক্তির গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন ও সমস্যা সমাধানে এর ব্যবহার করতে পারব।
- স্থিতিশক্তির গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন ও সমস্যা সমাধানে এর ব্যবহার করতে পারব।
- ব্যবহারিক: একটি স্প্রিং এর বিভব শক্তি পরিমাপ করতে পারব।
- শক্তির নিয়তার নীতি ব্যবহার করে বিভিন্ন সমস্যার সমাধান করতে পারব।
- ক্ষমতা, বল ও বেগের মধ্যে সম্পর্ক বিশ্লেষণ করতে পারব।
- সংরক্ষণশীল ও অসংরক্ষণশীল বল ব্যাখ্যা করতে পারব।
- কোন সিস্টেমের ক্ষেত্রে কর্মদক্ষতা হিসাব করতে পারব।



- কাজের প্রকারভেদগুলো সম্পর্কে ধারণা লাভ করতে পারব।
- গতিশক্তির রাশিমালা প্রতিপাদন করতে পারব।
- স্থিতিশক্তি বা বিভবশক্তি প্রকারভেদসমূহ সম্পর্কে ধারণা লাভ করতে পারব।
- একটি স্প্রিং-এর বিভব শক্তি নির্ণয় করতে পারব।
- শক্তির নিয়তার নীতি, সংরক্ষণ নীতি সম্পর্কে জ্ঞান লাভ করতে পারব।
- কাজ ও ক্ষমতার মধ্যে পার্থক্য স্থাপন করতে পারব।
- শক্তি ও ক্ষমতার মধ্যে পার্থক্য অনুধাবন করতে পারব।
- সংরক্ষণশীলতা বল সম্পর্কে ধারণা লাভ করতে পারব এবং এদের বৈশিষ্ট্য জানতে পারব।
- অসংরক্ষণশীল বলের বৈশিষ্ট্যসমূহ ব্যাখ্যা করতে পারব।



- শক্তির নাম ও তাদের বিভিন্ন উৎসের বিবরণসহ চার্ট।
- অভিকর্ষীয় বিভবশক্তির বিবরণসহ ছবি।
- গতিশক্তি ও বিভবশক্তির মধ্যে পার্থক্যের ছবি।
- ডর ও দৈর্ঘ্য প্রসারণ এর পাঠ এর ছবি।
- আনত তল বরাবর গতিশীল বস্তুর গ্রাহক।
- এ অধ্যায়ের গুরুতপূর্ণ সূত্রাবলি, প্রতীক ও একক পরিচিতির ছবি।

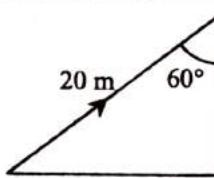


### সকল বোর্ডের এইচএসসি পরীক্ষার সৃজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

পিয়েশিকার্থী, সারা দেশের ৮টি শিক্ষা বোর্ডের এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৯, ২০১৮, ২০১৭, ২০১৬ ও ২০১৫-এ আসা এ অধ্যায়ের সৃজনশীল প্রশ্নসমূহের যথাযথ উত্তর নিচে সংযোজিত হলো। এসব প্রশ্ন ও উত্তর অনুশীলনের মাধ্যমে তোমার এইচএসসি পরীক্ষার প্রশ্ন ও উত্তরের ধরন সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা পাবে।

### এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৯ এর প্রশ্ন ও উত্তর

১. উদ্ধীপকে 25 kg ভরের একজন বালক 3 kg ভরের একটি গোলক হাতে নিয়ে সিঁড়ি বেয়ে ছাদে উঠতে 2 m সময় লিল। ছাদ হতে গোলকটি ছেড়ে দেয়ার তা সিঁড়ি বেয়ে গড়িয়ে মাটিতে পড়ল।



- স্থিতিস্থাপক বলের সংজ্ঞা দাও।
- বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনরত কোনো দৃঢ় বস্তুর প্রত্যেকটি কণার কৌণিক গতিশক্তি সমান হলেও রৈখিক গতিশক্তি ভিন্ন হবে— ব্যাখ্যা দাও।
- বালকটি ছাদে উঠতে অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কত কাজ করেছে?
- গোলকটি ছেড়ে দেওয়ার 1 s পরে যান্ত্রিক শক্তির নিয়তা সূচিতি প্রযোজ্য হয় কি-না— উদ্ধীপকের আলোকে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[ঢ. বো. '১৯]

আবর্তন করে তখন সমবেগে আবর্তন করে। বেগের কোনো পরিবর্তন হয় না বিধায় কৌণিক গতিশক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না। আবার, বৃত্তাকার পথে আবর্তন বস্তু বিভিন্ন সময় বিভিন্ন বিন্দুতে তার দিক বিভিন্ন হয় বিধায় রৈখিক বেগ ভিন্ন হয়। ফলে রৈখিক গতিশক্তি জ্ঞ হয়।

$$\text{g} \sin 30^\circ = \frac{AB}{AC}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} = \frac{AB}{20 \text{ m}}$$

$$\therefore AB = 10 \text{ m}$$

ধরি, অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কাজের পরিমাণ W

$$\text{গোলকসহ বালকের ভর, } m = (25 + 3) \text{ kg} = 28 \text{ kg}$$

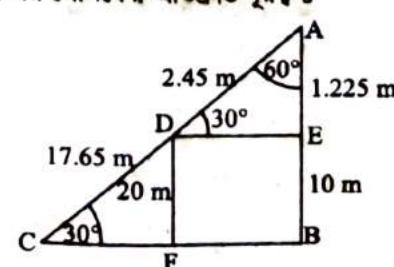
ছাদের উচ্চতা, h = 10 m

$$\text{আমরা জানি, } W = mgh = 28 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 10 \text{ m}$$

$$\therefore W = 2744 \text{ J}$$

সুতরাং, অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কাজের পরিমাণ 2744 J।

ঘ ধরি, 1 s পর গোলকের অভিক্রান্ত দূরত্ব s



ক স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগের ফলে যদি বস্তুর আকার-আকৃতির বিকৃতি ঘটে এবং বল অপসারণের ফলে বস্তুটি পূর্বের আকার ফিরে পায় সেই বলকে স্থিতিস্থাপক বল বলে।

গ আমরা জানি, কৌণিক গতিশক্তি কৌণিক বেগের বর্গের সমানুপাতিক। আবার, রৈখিক গতিশক্তি বেগের বর্গের সমানুপাতিক। বৃত্তাকার পথে আবর্তনরত কোনো বস্তু যখন ঘূর্ণন অঙ্কে কেন্দ্র করে

আনত তল বরাবর বন্ধুর ত্বরণ,  $a = g \sin \theta = g \sin 30^\circ = \frac{g}{2}$

$$1 \text{ s-এ বন্ধুর অভিক্রান্ত দূরত্ব } s \text{ হলে, } s = ut + \frac{1}{2} at^2$$

$$= 0 \times 1 \text{ s} + \frac{1}{2} \times \frac{g}{2} \times (1 \text{ s})^2 \\ = \frac{9.8}{4} \text{ m} = 2.45 \text{ m}$$

আবার,  $\Delta ADE$ -এ

$$\sin 30^\circ = \frac{AE}{AD}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} = \frac{AE}{2.45}$$

$$\therefore AE = 1.225 \text{ m}$$

A অবস্থানে গোলকের বেগ,  $v_A = 0$

উচ্চতা,  $h_A = 10 \text{ m}$

$$\therefore \text{বিভবশক্তি, } E_{pA} = mgh_A = 3 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 10 \text{ m} = 294 \text{ J}$$

$$\text{গতিশক্তি, } E_{kA} = \frac{1}{2} mv_A^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot 0 = 0 \text{ J}$$

$$\therefore \text{মোট শক্তি, } E_A = E_{pA} + E_{kA} = 294 \text{ J} + 0 \text{ J} = 294 \text{ J}$$

D অবস্থানে, গোলকের উচ্চতা,

$$h_D = DF = EB = 10 \text{ m} - 1.225 \text{ m} = 8.775 \text{ m}$$

$$\text{বেগ, } v_D^2 = u^2 + 2aD = 0 + 2 \times \frac{g}{2} \times 2.45 \text{ m} = 24.01 \text{ J}$$

$$\text{গতিশক্তি, } E_{kB} = \frac{1}{2} mv_D^2 = \frac{1}{2} \times 3 \text{ kg} \times 24.01 \text{ J} = 36.015 \text{ J}$$

বিভবশক্তি,  $E_{pD} = mgh_D$

$$= 3 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 8.775 \text{ m} = 257.985 \text{ J}$$

$$\therefore \text{মোট শক্তি, } E_D = E_{pD} + E_{kD}$$

$$= 257.985 \text{ J} + 36.015 \text{ J} = 294 \text{ J}$$

যেহেতু,  $E_A = E_D$  সেহেতু গোলকটি ছেড়ে দেওয়ার 1 s পর যান্ত্রিক শক্তির নিয়ন্ত্রণ সূত্র প্রযোজ্য হবে।

**পানিপূর্ণ** একটি সাঁতার পুরুরের মাত্রা  $25 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 1 \text{ hp}$  অধির ক্ষমতাসম্পন্ন একটি পানির পাম্প পুরুরটি 30 মিনিটে খালি করতে পারে। অপর একটি পানির পাম্প,  $1.5 \text{ hp}$  ক্ষমতাসম্পন্ন, একই কাজ 15 মিনিটে করতে সক্ষম।

ক. অধির ক্ষমতা কাকে বলে?

খ. একজন ক্রিকেট খেলোয়াড় ঘাঠে বল ধরার সময় হাত

গেছেন নেন কেন?

গ. দুটি পাম্প একত্রে ব্যবহৃত হলে পুরুরটি খালি করতে কত সময় লাগবে নির্ণয় কর।

ঘ. কোন পাম্পটির ব্যবহার অধিক সাধারণ হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর।

[রা. বো. '১৯]

### ২৮. ধ্রুবের উত্তর

ক. প্রতি সেকেন্ডে 746 জুল কাজ করার সামর্থকে এক অধিক্ষমতা বলে।

খ. যদেকরি,  $m$  ভরের বল হাতে এসে পড়ার মুহূর্তে বেগ =  $u$ । বলটি হাতের মধ্যে  $s$  সময়ে স্থির হলে বলটির ওপর হাত ঘারা প্রযুক্তি বাধার মান,  $F = m \frac{u}{t}$ । এখানে,  $t$ -এর মান যত কম হবে  $F$  এর মান তো বেশি হবে।

হাত একই স্থানে রেখে বলটি লোফার সময় হাত ঘারা প্রযুক্তি বাধা বলের ক্রীয়াকাল কম হয়। ফলে বলটি ঘারা হাতে প্রযুক্তি বল ও বেশি হয়। যেহেতু ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার মান সমান। তাই হাতও বলের ওপর এই একই মানের বল প্রয়োগ করে। অর্থাৎ  $F$  এর যত বেশি হবে, হাত থেকে ক্যাচ ফসকে ঘাওয়ার সম্ভাবনাও ততই বেশি হবে। পাশাপাশি হাতে আঘাতের মাত্রাও বেড়ে যাবে। এই সমস্যা এড়ানোর জন্য ক্যাচ লোফার সময় খেলোয়ার হাতটিকে কিছুটা পিছন দিকে টেনে নেয়।

গ. এখানে, পানির ভর,  $m = 25 \times 10 \times 3 \times 1000 \text{ kg} = 750000 \text{ kg}$

পুরুরের উচ্চতা,  $h = 3 \text{ m}$

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

১য় পাম্পের সময়,  $t_1 = 30 \text{ min} = 1800 \text{ s}$

∴ ১য় পাম্পটির কার্যকর ক্ষমতা,

$$P_1 = \frac{mgh}{t_1} = \frac{750000 \times 9.8 \times 3}{2 \times 1800} \text{ W} = 6125 \text{ W}$$

২য় পাম্পটির কার্যকর ক্ষমতা,

$$P_2 = \frac{mgh}{t_2}$$

এখানে,

$$T_2 = 15 \text{ min} = 15 \times 60 \text{ s}$$

বা,  $P_2 = \frac{750000 \times 9.8 \times 3}{2 \times 15 \times 60} \text{ W} = 12250 \text{ W}$

∴ দুটি পাম্প একত্রে কাজ করলে মোট কার্যকর ক্ষমতা,

$$P = P_1 + P_2 = (6125 + 12250) \text{ W} = 18375 \text{ W}$$

ধরি, তখন পুরুরটি খালি করতে  $t$  সময় লাগবে

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

$$\text{বা, } t = \frac{mgh}{2P}$$

$$\text{বা, } t = \frac{750000 \times 9.8 \times 3}{2 \times 18375} \text{ s} = 600 \text{ s} = 10 \text{ min}$$

অতএব, দুটি পাম্প একত্রে ব্যবহৃত হলে পুরুরটি খালি করতে 10 min সময় লাগবে।

ঘ. 'গ' হতে পাই, ১য় পাম্পটির কার্যকর ক্ষমতা,  $P_1 = 6125 \text{ W}$

২য় পাম্পটির কার্যকর ক্ষমতা,  $P_2 = 12250 \text{ W}$

উদ্দিপক অনুসারে,

১য় পাম্পটিতে প্রদত্ত ক্ষমতা,  $P_1' = 1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$

২য় পাম্পটির কার্যকর ক্ষমতা,  $P_2' = 1.5 \text{ hp} = 1119 \text{ W}$

∴ ১য় পাম্পটির কর্মদক্ষতা,  $\eta_1 = \frac{P_1}{P_1'} = \frac{6125}{746} \times 100\% = 821\%$

২য় পাম্পটির কর্মদক্ষতা,  $\eta_2 = \frac{P_2}{P_2'} = \frac{12250}{1119} \times 100\% = 1094.73\%$

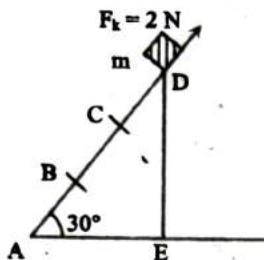
দেখা যাচ্ছে,  $\eta_2 > \eta_1$

অতএব, ২য় পাম্পটির ব্যবহার অধিক সাধারণ হবে

[N.B.: পাম্পের কর্মদক্ষতা 100% এর অধিক হওয়া বাস্তবসম্ভব নয়।

সুতরাং, প্রয়োগ অসম্ভব।]

m ভরের একটি বস্তু DA আনত তলে পড়ছে। এখানে m = 50 kg, DE = 6 m এবং AB = BC = CD।



- ক. কাজ-শক্তি উপগাদ্যটি বিবৃত কর।  
খ. স্প্রিং ধ্রুবক এর তাংগর্য ব্যাখ্যা কর।  
গ. আনত তল বেয়ে নামার সময় গতীয় ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজের মান নির্ণয় কর।  
ঘ. B ও C বিন্দুতে যান্ত্রিক শক্তির নিয়তা প্রতিফলিত হয়েছে কী? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও।

[য. বো. '১৯]

### ৩২ ত্বরণের উভর

ক. কাজ-শক্তি উপগাদ্যটি হলো—কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়ারত শক্তি বল কর্তৃক কৃত কাজ তার গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ. কোনো স্প্রিং-এর মুক্ত প্রান্তের একক সরণ ঘটালে স্প্রিংটি সরণের বিপরীত দিকে যে বল প্রয়োগ করে সেটিই স্প্রিং ধ্রুবক। স্প্রিং বল একটি পরিবর্তী বল। এ বলের মান নির্ণয় করে স্প্রিং ধ্রুবকের উপর। আর স্প্রিং সংকোচন বা প্রসারণে কৃতকাজ তথা বিভবশক্তি যেহেতু স্প্রিং বলের উপর নির্ভর করে সেহেতু স্প্রিং-এর এসব নিয়ামকগুলো স্প্রিং ধ্রুবকের উপর নির্ভরশীল।

গ. এখানে, গতীয় ঘর্ষণ বল,  $F_k = 2 \text{ N}$   
 $DE = 6 \text{ m}; \angle DAE = 30^\circ$

$$\Delta ADE \text{ এ, } \sin DAE = \frac{DE}{AD}$$

$$\text{বা, } AD = \frac{DE}{\sin DAE} = \frac{6}{\sin 30^\circ} \text{ m} = 12 \text{ m}$$

D হতে A বিন্দুতে আসতে গতীয় ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ,  
 $W_k = -F_k \cdot AD = -2 \times 12 \text{ J} = -24 \text{ J}$

অতএব, আনত তল বেয়ে নামার সময় D হতে A বিন্দুতে আসতে গতীয় ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ  $-24 \text{ J}$ ।

ঘ. 'গ' হতে পাই,  $AD = 12 \text{ m}$

$$\therefore AB = BC = CD = \frac{AD}{3} = \frac{12}{3} \text{ m} = 4 \text{ m}$$

$$C \text{ বিন্দুর উচ্চতা, } h_1 = \frac{2}{3} DE = \frac{2}{3} \times 6 \text{ m} = 4 \text{ m}$$

$$B \text{ বিন্দুর উচ্চতা, } h_2 = \frac{1}{3} DE = \frac{1}{3} \times 6 \text{ m} = 2 \text{ m}$$

$$\angle ADE = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

$$\begin{aligned} AD \text{ বরাবর বস্তুটির ত্বরণ, } a &= \frac{mg \cos ADE - F_k}{m} \\ &= \frac{50 \times 9.8 \times \cos 60^\circ - 2}{50} \text{ m s}^{-2} \\ &= 4.86 \text{ m s}^{-2} \end{aligned}$$

$$C \text{ বিন্দুতে বেগ, } v_1 = \sqrt{2a \times CD}$$

$$= \sqrt{2 \times 4.86 \times 4} \text{ m s}^{-1} = 6.235 \text{ m s}^{-1}$$

$$B \text{ বিন্দুতে বেগ, } v_2 = \sqrt{2a \times BD}$$

$$= \sqrt{2 \times 4.86 \times (4 + 4)} \text{ m s}^{-1}$$

$$= \sqrt{77.76} \text{ m s}^{-1} = 8.82 \text{ m s}^{-1}$$

ঘ. C বিন্দুতে মোট যান্ত্রিক শক্তি,

$$E_1 = mgh_1 + \frac{1}{2} mv_1^2 = 50 \times 9.8 \times 4 + \frac{1}{2} \times 50 \times 6.235^2$$

বা,  $E_1 = 2931.88 \text{ J}$

B বিন্দুতে মোট যান্ত্রিকশক্তি,

$$E_2 = mgh_2 + \frac{1}{2} mv_2^2$$

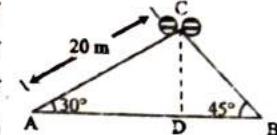
$$\text{বা, } E_2 = 50 \times 9.8 \times 2 + \frac{1}{2} \times 50 \times 8.82^2 = 2924.81 \text{ J}$$

উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যাচ্ছে,  $E_1 \neq E_2$ ।  
অতএব, B ও C বিন্দুতে যান্ত্রিক শক্তির নিয়তা প্রতিফলিত হয়নি।  
(গতীয় ঘর্ষণ বলের কারণে কিছু পরিমাণ শক্তি অপচয় হয়েছে)

ঘ. নিচের চিত্রে দুটি হেলানো

তল AC ও BC এর শীর্ষবিন্দু C এর

উভয় পাশে 2 kg ভরের দুটি লোহার গোলকের অবস্থান দেখানো হলো।



AC তলের দৈর্ঘ্য 20 m।

ক. স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কী?

খ. কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল টর্ক কখন শূন্য হয়?

গ. কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল টর্ক কখন শূন্য হয়?

ঘ. C বিন্দুতে গোলক দুটির মোট শক্তি নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্দীপকের গোলক দুটিকে একই সাথে মুক্ত করলে একই সময়ে AB অনুভূমিক তলে পৌছাবে কি-না তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

[ক. বো. '১৯]

### ৩৩ প্রশ্নের উভর

ক. যে সংঘর্ষে বস্তুসমূহের মোট গতিশক্তি ও মোট ভরবেগ অপরিবর্তিত থাকে এবং সংঘর্ষের পর বস্তুসমূহ আলাদা থাকে, সেই সংঘর্ষই স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ।

খ. আমরা জানি,  $\vec{t} = \vec{r} \times \vec{F}$  বা  $|t| = rF \sin \theta$

উপরিউক্ত সম্পর্ক থেকে এটি স্পষ্ট যে,  $r, F$  এবং  $\sin \theta$  এর যেকোনোটি শূন্য হলে কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল টর্ক শূন্য হবে।  $\sin \theta = 0$  হলে  $\theta = 0$  অর্থাৎ কোন বস্তুর উপর ব্যাসার্ধ ডেন্টের বরাবর বল প্রয়োগ করলে বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল টর্ক শূন্য হবে।

গ. এখানে,  $\angle CAD = 30^\circ; AC = 20 \text{ m}$

C বিন্দুর উচ্চতা,  $h = CD$

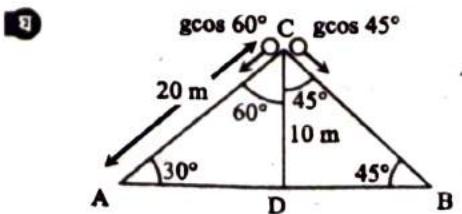
$$\Delta ACD \text{ এ, } \sin CAD = \frac{CD}{AC}$$

$$\text{বা, } CD = AC \times \sin CAD = 20 \times \sin 30^\circ = 10 \text{ m}$$

C বিন্দুতে গোলকের গতিশক্তি শূন্য।

ঘ. C বিন্দুতে গোলক দুটির মোট শক্তি,

$$\begin{aligned} E &= E_p + E_k \\ &= (m_1 + m_2) gh + 0 \\ &= (2 \text{ kg} + 2 \text{ kg}) \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 10 \text{ m} = 392 \text{ J} \end{aligned}$$



'গ' হতে পাই,  $CD = 10 \text{ m}$

এখানে,  $AC$  তলের দৈর্ঘ্য,  $s_1 = 20 \text{ m}$

$AC$  তল বরাবর গোলকের ত্বরণ,  $a_1 = g \cos 60^\circ$

$CB$  তল বরাবর গোলকের ত্বরণ,  $a_2 = g \cos 45^\circ$

$\angle CBD = 45^\circ$

ধরি,  $BC$  তলের দৈর্ঘ্য  $s_2$ ,

$$\therefore \Delta ABC\text{-এ}, \sin CBD = \frac{CD}{BC}$$

$$\text{বা, } BC = \frac{CD}{\sin 45^\circ} = \frac{10 \text{ m}}{\sin 45^\circ}$$

$$\therefore s_2 = BC = 10\sqrt{2} \text{ m}$$

$\therefore AC$  তলের ক্ষেত্রে গোলকটির  $AB$  তলে পৌছাতে  $t_1$  সময় লাগলে

$$s_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$$

$$\text{বা, } 20 = \frac{1}{2} \times g \cos 60^\circ \times t_1^2$$

$$\text{বা, } t_1 = \sqrt{\frac{2 \times 20}{9.8 \times \cos 60^\circ}} \text{ s} = 2.86 \text{ s}$$

অনুরূপভাবে,  $CB$  তলের গোলকটির  $AB$  তলে পৌছাতে  $t_2$  সময় লাগলে,

$$s_2 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2$$

$$\text{বা, } t_2 = \sqrt{\frac{2 s_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{2 \times 10\sqrt{2}}{9.8 \times \cos 45^\circ}} \text{ s} = 2.02 \text{ s}$$

মুতুরাঁ  $t_1 \neq t_2$

যেহেতু  $t_2 < t_1$  অর্থাৎ,  $CB$  তলের গোলকটির  $AB$  তলে পৌছাতে কম সময় লাগবে।

অতএব, উদ্দীপকের গোলক দুটিকে একই সময় ছেড়ে দিলে একই সময়ে  $AB$  অনুভূমিক তলে পৌছাবে না।  $CB$  তলের গোলকটি আগে পৌছাবে।

**প্রশ্ন ১** 4 kg ভরের একটি শুক্ত পাথর খণ্ড একই ভরের মাটিতে পৌঁতা একটি লোহার রডের উপর 5 m উচু কোনো স্থান থেকে খাড়াভাবে পড়ল। ফলে লোহার রডটি মাটির ডেতেরে আরও 10 cm প্রবেশ করল।

**ক.** কর্মদক্ষতা কী?

**খ.** পরম শূন্য তাপমাত্রার নিচে গ্যাসের তাপমাত্রা থাকতে পারে কি না? ব্যাখ্যা কর।

**গ.** মাটির পড় প্রতিরোধ বল কত?

**ঘ.** উদ্দীপকের বর্ণিত ঘটনাটি কাজ-শক্তির উপপাদ্য সমর্থন করে কি? গাণিতিকভাবে যাচাই কর।

[পি. বো. '১৯]

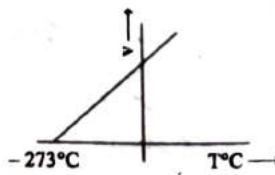
### ৫৮ প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো ব্যবস্থা বা যন্ত্র থেকে প্রাপ্ত মোট কার্যকর শক্তি এবং ব্যবস্থায় বা যন্ত্রে প্রদত্ত মোট শক্তির অনুপাতই হলো ঐ ব্যবস্থার বা যন্ত্রের কর্মদক্ষতা।

**খ**  $-273^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় পরম তাপমাত্রা হয় ( $-273^\circ + 273^\circ = 0 \text{ K}$ )।

যেখানে আয়তন শূন্য হয়। এ তাপমাত্রার নিচে গ্যাসের আয়তনের মান শূলকাত্তক হয়, যা বাস্তবে অসম্ভব।

তাই  $-273^\circ\text{C}$  তথা পরমশূন্য তাপমাত্রা এর নিচে গ্যাসের তাপমাত্রা থাকতে পারে না।



**গ** এখানে, ভর,  $m = 4 \text{ kg}$

পাথর খণ্ডের উচ্চতা,  $h = 5 \text{ m}$

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

মাটির গড় প্রতিরোধ বল,  $F = ?$

লোহার রডটির মাটির মধ্যে সরণ,  $s = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$

উদ্দীপক অনুসারে,

$$Fs = mgh$$

$$\text{বা, } F = \frac{mgh}{s} = \frac{4 \times 9.8 \times 5}{0.1} \text{ N} = 1960 \text{ N}$$

অতএব, মাটির গড় প্রতিরোধ বল 1960 N।

**ঘ** এখানে, পাথর খণ্ডের ভর,  $m = 4 \text{ kg}$

পাথর খণ্ডের উচ্চতা,  $h = 5 \text{ m}$

রডের মাটির মধ্যে সরণ,  $s = 0.1 \text{ m}$

'গ' হতে, মাটির গড় প্রতিরোধ বল,  $F = 1960 \text{ N}$

কাজ-শক্তি উপপাদ্য অনুসারে,

কৃতকাজ = গতিশক্তির পরিবর্তন

অর্থাৎ,  $W = \Delta E_k$

পাথরটির রড স্পর্শ বরাবর মুহূর্তে বেগ  $v$  হলে,

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

$$\text{বা, } v^2 = 0 + 2gh = 2gh$$

**ঞ** ঐ মুহূর্তে পাথরটির গতিশক্তি,

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m \times 2gh = mgh = 4 \times 9.8 \times 5 \text{ J}$$

$$\therefore E_k = 196 \text{ J}$$

রডটি 10 cm ডুবে যাওয়ার পর পাথর খণ্ডটির বেগ শূন্য হওয়ার দ্রুত গতিশক্তি শূন্য হবে।

**ঙ** এখানে, গতিশক্তির পরিবর্তন,

$$\Delta E_k = 196 \text{ J} - 0 \text{ J} = 196 \text{ J}$$

রডটি মাটির মধ্যে ঢুকে যাওয়ায়

কৃতকাজ,  $W = Fs = 1960 \times 0.1 \text{ J} = 196 \text{ J}$

উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যাচ্ছে,  $W = \Delta E_k$

অতএব, উদ্দীপকের বর্ণিত ঘটনাটি কাজ-শক্তি উপপাদ্য সমর্থন করে।

**ঘ** সীমা 18 kg ভরের একটি ব্যাগ নিয়ে 50 m উচু একটি বিন্ডিং এ উঠার পর ছাদ থেকে ব্যাগটি পড়ে গেলে সেটি 'h' উচ্চতায় পাশের বিন্ডিং এর ছাদে  $24.25 \text{ m s}^{-1}$  বেগে পড়ল।

**ক.** স্প্রিং বল কী?

**খ.** সরল দোলকের কৌণিক বিন্ডার  $4^\circ$  এর মধ্যে রাখা হয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

**গ.** উদ্দীপকের 'h' এর মান নির্ণয় কর।

**ঘ.** 'h' উচ্চতায় বিন্ড ব্যাগটি পড়ে গতি শক্তির সমান হবে কি-না? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

[পি. বো. '১৯]

### ৬৮ প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো ব্যবস্থা বা যন্ত্র থেকে প্রাপ্ত মোট কার্যকর শক্তি এবং ব্যবস্থায় বা যন্ত্রে প্রদত্ত মোট শক্তির অনুপাতই হলো ঐ ব্যবস্থার বা যন্ত্রের কর্মদক্ষতা।

**খ**  $-273^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় পরম তাপমাত্রা হয় ( $-273^\circ + 273^\circ = 0 \text{ K}$ )।

যেখানে আয়তন শূন্য হয়। এ তাপমাত্রার নিচে গ্যাসের আয়তনের মান শূলকাত্তক হয়, যা বাস্তবে অসম্ভব।

তাই  $-273^\circ\text{C}$  তথা পরমশূন্য তাপমাত্রা এর নিচে গ্যাসের তাপমাত্রা থাকতে পারে না।

এখানে, আদিবেগ,  $v_0 = 0$

শেষবেগ,  $v = 24.25 \text{ m s}^{-1}$

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

উচ্চীপক অনুসারে,

$$v^2 = v_0^2 + 2g(50 - h)$$

$$\text{বা, } 24.25^2 = 0 + 2 \times 9.8(50 - h)$$

$$\text{বা, } 50 - h = \frac{24.25^2}{2 \times 9.8}$$

$$\text{বা, } h = \left( 50 - \frac{24.25^2}{2 \times 9.8} \right) \text{ m} = 20 \text{ m}$$

অতএব, উচ্চীপকের  $h$  এর মান 20 m।

এখানে, ভর,  $m = 18 \text{ kg}$

বেগ,  $v = 24.25 \text{ m s}^{-1}$

'গ' হতে আস, উচ্চতা,  $h = 20 \text{ m}$

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

$h$  উচ্চতায় বিভবশক্তি,  $E_p = mgh = 18 \times 9.8 \times 20 \text{ J}$

$$\therefore E_p = 3528 \text{ J}$$

$h$  উচ্চতায় গতিশক্তি,  $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 18 \times 24.25^2 \text{ J}$

$$\therefore E_k = 5292.56 \text{ J}$$

উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যাচ্ছে,  $E_p \neq E_k$

অতএব, উচ্চীপকের  $h$  উচ্চতায় বিভবশক্তি গতিশক্তির সমান হবে না।

একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 10 m এবং ব্যাস 2 m। একটি পানি 20 মিনিটে কুয়াটিকে পানিশূন্য করতে পারে। উক্ত পানিপকের সাথে আরও একটি 1 HP ক্রমতার পানি যুক্ত করে কুয়াটিকে পানিশূন্য করলে কিছু সময় সাপ্তায় হয়।

ক. কৌশিক ভরবেগ কী?

খ. কৌশিক নলে পারদের অবনমন হয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

গ. পঞ্চম পানিপকের ক্রতৃকাজ নির্ণয় কর।

ঘ. উচ্চীপকের আলোকে কত সময় সাপ্তায় হবে— গাণিতিক যুক্তিসহ মতামত দাও।

[ব. বো. '১৯]

### ৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. ঘৰ্যায়মান কোনো বস্তু কপার অবস্থান ভেটের অর্ধাং ঘূর্ণন অঙ্ক হতে সূর্য এবং বস্তুকার রৈখিক ভরবেগের ভেটের গুণফলকে কৌশিক ভরবেগ বলে।

খ. আমরা জানি, যেসব তরল কৌশিক নলকে ভেজায় না তাদের ক্ষেত্রে স্পর্শকোণ স্থূলকোণ হয়। পারদ কৌশিক নলকে ভেজায় না বলে স্পর্শকোণ স্থূলকোণ হয়। ফলে পৃষ্ঠাটানের দ্বয়ুন পারদ নিচের দিকে বল লাভ করে বিধায় কৌশিক নলে পারদের অবনমন হয়।

গ. এখানে, কুয়ার গভীরতা,  $h = 10 \text{ m}$

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

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

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

কুয়ার পানির ভর,  $m = \rho V$

$$= 1000 \times \pi r^2 h$$

$$= 1000 \times 3.1416 \times 1^2 \times 10 \text{ kg} = 31416 \text{ kg}$$

∴ ১ম পানিপকের ক্রতৃকাজ,

$$W_1 = mg\frac{h}{2} = 31416 \times 9.8 \times \frac{10}{2} \text{ J} = 1539384 \text{ J}$$

অতএব, পঞ্চম পানিপকের কাজ 1539384 J।

ঘ. 'গ' হতে পাই, ১ম পানিপকের ক্রতৃকাজ,  $W_1 = 1539384 \text{ J}$

১ম পানিপকের ক্রমতা,

$$P_1 = \frac{W_1}{t} = \frac{1539384}{20 \times 60} \text{ W} = 1282.82 \text{ W}$$

১ম পানিপকের সাথে 1 HP তথা 746 W ক্রমতার একটি পানি যুক্ত করায় মোট ক্রমতা দাঁড়ায়,

$$P = (1282.82 + 746) \text{ W} = 2028.82 \text{ W}$$

ধরি, একেব্রতে 't' সময় লাগবে

$$\therefore P = \frac{W_1}{t}$$

$$\text{বা, } t' = \frac{W_1}{P} \text{ | এখানে, 'গ' হতে পাই,}$$

$$W_1 = 1539384 \text{ J} = \frac{1539384}{2028.82} \text{ s} = 758.76 \text{ s} = 12.65 \text{ min}$$

∴ সময় সাপ্তায় হবে =  $t - t' = (20 - 12.65) \text{ min} = 7.35 \text{ min}$

অতএব, উচ্চীপকের আলোকে 7.35 min সময় সাপ্তায় হবে।

ঘ. একটি স্প্রিং-এ 80 gm ভর চাপালে 2 cm দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয় এবং 600 gm ভর চাপালে 8 cm দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয়। অরুনী উক্ত স্প্রিং এর সাম্যাবস্থান হতে 1 cm দৈর্ঘ্য প্রসারণ পর্যবেক্ষণ করল।

ক. কেন্দ্ৰমুখী ত্বরণ কাকে বলে?

১

খ. বৃত্তাকার পথে কেন্দ্ৰমুখী বল দ্বাৰা ক্রতৃকাজ শূন্য কেন? ব্যাখ্যা কৰ।

২

গ. স্প্রিং ধূৰকের মান বেৱ কৰ।

৩

ঘ. অরুনী উভয় ভৱের ক্ষেত্ৰে স্প্রিংটিৰ সংজীব শক্তিৰ কীৰূপ পৰিবৰ্তন পৰ্যবেক্ষণ কৰেছিল গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও।

৪

[বি. বো. '১৯]

### ৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বস্তু বৃত্তাকার পথে গতিশীল ধাকার জন্য বৃত্তের কেন্দ্ৰের দিকে যে ত্বরণ কৰিয়া কৰে তাকে কেন্দ্ৰমুখী ত্বরণ বলে।

খ. কেন্দ্ৰমুখী বল সবসময় গতিপথের অৱস্থার দিকে কৰিয়া কৰায় এই বলের অভিমুখে বস্তুৰ কোনো সৱণ হয় না। আমরা জানি, কোনো বস্তুৰ উপর বল প্রয়োগে বস্তুৰ সৱণ ঘটলে প্রযুক্ত বল ও বলের অভিমুখে সৱণের উপাংশের গুণফলকে কাজ বলে। এখানে যেহেতু কেন্দ্ৰমুখী বলের দিকে বস্তুৰ সৱণ হয় না সেহেতু কেন্দ্ৰমুখী বল দ্বাৰা কোনো কাজ হয় না। অৰ্ধাং বৃত্তাকার পথে কেন্দ্ৰমুখী বল দ্বাৰা ক্রতৃকাজ শূন্য হয়।

ঘ. এখানে, ভর,  $m_1 = 80 \text{ gm} = 80 \times 10^{-3} \text{ kg}$

প্রসারণ,  $x_1 = 2 \text{ cm} = 2 \times 10^{-2} \text{ m}$

স্প্রিং ধূৰক,  $k = ?$

আমরা জানি,

$$F_1 = kx_1$$

$$\text{বা, } m_1 g = kx_1$$

$$\text{বা, } k = \frac{m_1 g}{x_1} = \frac{80 \times 10^{-3} \times 9.8}{2 \times 10^{-2}} \text{ Nm}^{-1} = 39.2 \text{ Nm}^{-1}$$

ঘ. 'গ' হতে পাই, স্প্রিং-এর স্প্রিং ধূৰক,  $k = 39.2 \text{ Nm}^{-1}$

এবাব দেখা যাব যয় ভৱের ক্ষেত্ৰে স্প্রিং ধূৰক একই পাওয়া যায় কিনা

$$F_2 = k'x_2$$

$$\text{বা, } m_2 g = k'x_2$$

$$\text{বা, } k' = \frac{m_2 g}{x_2}$$

$$= \frac{0.6 \times 9.8}{0.08} \text{ Nm}^{-1} = 73.5 \text{ Nm}^{-1}$$

দেখা যাচ্ছে যে,  $k \neq k'$

এখানে,

ভর,  $m_2 = 600 \text{ gm} = 0.6 \text{ kg}$

প্রসারণ,  $x_2 = 8 \text{ cm} = 0.08 \text{ m}$

কিছু আমরা জানি, একটি স্প্রিং-এর জন্য স্প্রিং ধ্রুক নির্দিষ্ট। সুতরাং বলা যায় ২য় ক্ষেত্রে স্প্রিংটি সহনসীমার অতিরিক্ত প্রসারিত হয়েছে। উদ্বৃতকে বলা আছে, অর্থনী উভয় ভরের ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থা হতে ১ cm দৈর্ঘ্য প্রসারণ পর্যবেক্ষণ করেছে।

সুতরাং, উভয়ের ক্ষেত্রে স্প্রিং ধ্রুক,  $k = 39.2 \text{ Nm}^{-1}$

∴ উভয় ভরের ক্ষেত্রে স্প্রিংটিতে সঞ্চিত শক্তি,

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

$$= \frac{1}{2} \times 39.2 \times 0.01^2 \text{ J}$$

$$= 1.96 \times 10^{-3} \text{ J}$$

এখানে,

$$\text{প্রসারণ, } x = 1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m}$$

অতএব, অর্থনী উভয় ভরের ক্ষেত্রে সহনসীমার মধ্যে দৈর্ঘ্য প্রসারণ পর্যবেক্ষণ করায় উভয়ক্ষেত্রে স্প্রিংটির সঞ্চিত শক্তি একই হবে।

### ৩ ইচ্যুসি পরীক্ষা ২০১৮ এর প্রশ্ন ও উত্তর

প্রতি তলার উচ্চতা ৫ m হিসেবে ১০ তলা ভবনের সর্বোচ্চ তলায় বসবাসরত একটি পরিবারে একটি শিশু আছে। শিশুটি বারান্দার গুলি দিয়ে ১০০ g ভরের একটি টেনিস বল ছেড়ে দিলে তা কিছুক্ষণের মধ্যে মাটিতে আঘাত করে।

ক. চুক্তিগতির ব্যাসার্থ কী?

১

খ. একটি বস্তুর স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি সৃষ্টি হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর।

২

গ. উদ্বৃতকে উল্লিখিত টেনিস বলটির কত সময় পরে মাটিতে আঘাত করবে?

৩

ঘ. ভবনটির ৭ম ও ৮র্থ তলায় বলটির মোট শক্তি উদ্বৃতকের তথ্য ব্যবহার করে গণনা করলে তা শক্তির সংরক্ষণ সূত্র মেনে চলবে— এ উল্লিখিত সত্যতা যাচাই করে তোমার মতামত দাও।

৪

[ক সেট : ঢাকা, রাজশাহী, যশোর, সিলেট, দিলাজপুর বোর্ড ২০১৮]

### ৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বই চুক্তিগতির ব্যাসার্থ।

খ. কোনো বস্তুর উপর ক্রামগত পীড়নের হ্রাস বৃদ্ধি করলে বল অপসারণের সাথে সাথে বস্তু আগেরে অবস্থা ফিরে পায় না কিছুটা দেরি হয়। বস্তুর এ অবস্থাকে স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি বলে। বস্তুর উপর ক্রামগত পীড়নের হ্রাস-বৃদ্ধির ফলে বস্তুর স্থিতিস্থাপকতা হ্রাস পায় ফলে স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি সৃষ্টি হয়।

গ. আমরা জানি, পড়ত বস্তুর ক্ষেত্রে,

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

$$\text{বা, } h = 0 \times t + \frac{1}{2} gt^2$$

$$\text{বা, } h = \frac{1}{2} gt^2$$

$$\text{বা, } t^2 = \frac{2h}{g}$$

$$\text{বা, } t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$\text{বা, } t = \sqrt{\frac{2 \times 45}{9.8}} \text{ s}$$

$$\therefore t = 3.03 \text{ s}$$

অতএব, উল্লিখিত টেনিস বলটি 3.03 s সময় পর মাটিতে আঘাত করবে।

এখানে, 10 তলার উচ্চতা,

$$h = (9 \times 5) \text{ m} = 45 \text{ m}$$

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

বলটির মাটিতে আঘাত করার সময়,  $t = ?$

বলটির আদি বেগ,  $v_0 = 0 \text{ m s}^{-1}$

৭ম তলায় বলটির বিভব শক্তি,

$$\begin{aligned} E_{p_1} &= mgh_7 \\ &= 0.1 \times 9.8 \times 30 \text{ J} \\ &= 29.4 \text{ J} \end{aligned}$$

৭ম তলায় বলটির গতিশক্তি

$$\begin{aligned} E_{k_1} &= \frac{1}{2} mv_1^2 \\ &= \frac{1}{2} m (0^2 + 2gx_1) \\ &= \frac{1}{2} m \times 2gx_1 \\ &= mgx_1 \\ &= 0.1 \times 9.8 \times 15 \text{ J} = 14.7 \text{ J} \end{aligned}$$

∴ ৭ম তলায় বলটির মোট শক্তি,  $E_1 = E_{p_1} + E_{k_1}$

$$\text{বা, } E_1 = (29.4 + 14.7) \text{ J}$$

$$\therefore E_1 = 44.1 \text{ J}$$

৮র্থ তলায় বলটির বিভব শক্তি,  $E_{p_2} = mgh_4$

$$= 0.1 \times 9.8 \times 15 \text{ J} = 14.7 \text{ J}$$

৮র্থ তলায় বলটির গতিশক্তি,  $E_{k_2} = \frac{1}{2} mv_2^2$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} m (0^2 + 2gx_2) \\ &= \frac{1}{2} m \times 2gx_2 = mgx_2 \\ &= 0.1 \times 9.8 \times 30 \text{ J} = 29.4 \text{ J} \end{aligned}$$

∴ ৮র্থ তলায় বলটির মোট শক্তি,  $E_2 = E_{p_2} + E_{k_2}$

$$= (14.7 + 29.4) \text{ J} = 44.1 \text{ J}$$

∴  $E_1 = E_2$  অর্থাৎ ভবনটির ৭ম ও ৮র্থ তলায় বলটির মোট শক্তি সমান। অতএব, বলটির মোট শক্তি শক্তির সংরক্ষণ সূত্র মেনে চলবে।

### ৩ ইচ্যুসি পরীক্ষা ২০১৭ এর প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ১০। একটি সূচক অফিস বিভিন্ন-এ আরোহীসহ সর্বোচ্চ 400 kg ভরের ধারণ ক্ষমতাসম্পন্ন একটি লিফ্টটি দুইতলা হতে সাততলার মধ্যে ওঠানামা করে। বিভিন্নটির প্রতিটি ফ্লোরের উচ্চতা 3 m। উচ্চ অফিসের একজনের ভর 45 kg এবং তিনি একদিন লিফ্টটিতে চড়ে 2 m s<sup>-2</sup> ত্বরণে উঠানামার সময় ওয়েট মেশিনে তার ওজন পরিমাপ করলেন। এক্ষেত্রে সর্বত্র অভিকর্ষজ ত্বরণের মান  $9.8 \text{ m s}^{-2}$ ।

ক. সান্দেহ কাকে বলে?

১

খ. স্থিতিস্থাপক সংর্ঘর্ষ ও অস্থিতিস্থাপক সংর্ঘর্ষের মধ্যে পার্থক্য লিখ।

২

গ. লিফ্টটিকে দুই তলা হতে সাত তলায়  $2 \text{ m s}^{-1}$  সমবেগে উঠাতে সর্বনিম্ন কত অর্থ ক্ষমতার একটি মোটরের প্রয়োজন হবে?

৩

ঘ. উচ্চ ব্যক্তির ওজন ওয়েট মেশিনের সাহায্যে সেলিন সঠিকভাবে নির্ণয় করা গেল কি-না তা পারিমিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে মতামত দাও।

৪

[ঢ. বো. '১৭]

### ৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে ধর্মের জন্য কোনো প্রবাহীর অভ্যন্তরীণ বিভিন্ন ভরের মধ্যকার আপেক্ষিক গতিতে বাধার সৃষ্টি হয় তাই সে ধর্মই সান্তুতা।

খ. স্থিতিস্থাপক সংর্ঘর্ষ ও অস্থিতিস্থাপক সংর্ঘর্ষের মধ্যে পার্থক্য নিচে দেওয়া হলো—

স্থিতিস্থাপক	অস্থিতিস্থাপক
১. স্থিতিস্থাপক সংর্ঘর্ষে ভরবেগ এবং গতিশক্তি উভয়ই সংরক্ষিত থাকে।	১. অস্থিতিস্থাপক সংর্ঘর্ষে ভরবেগ সংরক্ষিত থাকে এবং গতিশক্তি অসংরক্ষিত থাকে।

প্রিতিস্থাপক	অস্থিতিস্থাপক
২. অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের সময় গতিশক্তি অন্য শক্তিতে বৃপ্তিরিত হয় না।	২. অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের সময় গতিশক্তি অন্য শক্তিতে বৃপ্তিরিত হয়।
৩. পারমাণবিক নিউক্লিয় এবং মৌলিক বলগুলোর মধ্যে সংঘর্ষ এ ধরনের সংঘর্ষ।	৩. দুটি কাদামাটির নরম বলের মধ্যকার সংঘর্ষ অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ।

গুরি, লিফটের ক্ষমতা, P

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} P &= Fv \\ &= mgv \\ &= 400 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 2 \text{ m s}^{-1} \\ &= 7840 \text{ W} = 10.51 \text{ HP} \end{aligned}$$

সুতরাং লিফটের দুই তলা থেকে সাত তলায় সমবেগে ওঠাতে সর্বনিম্ন 10.51 HP এর মোটর প্রয়োজন হবে।

ঘু আমরা জানি,

$$\begin{aligned} W &= mg \\ &= 45 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \\ &= 441 \text{ N} \end{aligned}$$

আবার, লিফটের ত্বরণ,  $a = 2 \text{ m s}^{-2}$

$$\therefore \text{মোট ত্বরণ}, g' = g + a = (9.8 + 2) \text{ m s}^{-2} = 11.8 \text{ m s}^{-2}$$

প্রকৃত ওজন  $W'$  হলে,

$$W' = mg' = 45 \text{ kg} \times 11.8 \text{ m s}^{-2} = 531 \text{ N}$$

অর্থাৎ  $W' \neq W$

অতএব, উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় যে, উক্ত ব্যক্তির ওজন সেদিন ওয়েট মেশিনের সাহায্যে সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায় নি।

১১২. ৮০ kg ভরের একজন লোক 20 kg ভরের একটি বোরা মাথায় নিয়ে 40 m দৈর্ঘ্যের মই বেঁয়ে একটি দালানের ছাদে উঠল। মইটি অনুভূমিকের সাথে  $40^{\circ}$  কোণ উৎপন্ন করে দালানের ছাদে লাগানো হিল।

ক. পরবশ কম্পন কী?

১

খ. একটি ফাঁপা গোলককে তরল ধারা অর্ধপূর্ণ করলে দৃত 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 একেতে কোনো সুবিধা পাওয়া যাবে কি-না—গাণিতিকভাবে মতামত দাও।

৪

[রা. বো. '৭]

### ১১২. প্রয়ের উত্তর

কোনো কম্পনরত বস্তুকে অন্য একটি কম্পনক্ষম বস্তুর সামনে আনলে তিনীয় বস্তুটিকে কম্পন শুনু হয়। এটিই পরবশ কম্পন বা আরোপিত কম্পন।

খু সরল দোলকের ২য় স্তৰানুসারে, সরল দোলকের দোলনকাল তার কার্যকরী দৈর্ঘ্যের বর্গমূলের সমানুপাতিক। একটি ফাঁপা গোলককে তরল ধারা অর্ধপূর্ণ করলে দোলকের ভারকেন্দ্র কিছুটা নিচে নেমে যায়। ফলে এর কার্যকরী দৈর্ঘ্য কিছুটা বৃদ্ধি পায়। দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাওয়ায় এটি পূর্বাপেক্ষা ধীরে জলে। অর্থাৎ একটি ফাঁপা গোলককে তরল ধারা অর্ধপূর্ণ করলে ধীরে জলবে।

গু ধরি, লোকটি কর্তৃক কৃতকাজ, W

উচ্চীপক হতে,

$$\text{বোরাসহ লোকের ভর}, m = (80 \text{ kg} + 20 \text{ kg}) = 100 \text{ kg}$$

$$\text{মইয়ের দৈর্ঘ্য}, s = 40 \text{ m}$$

$$\text{উৎপন্ন কোণ} = 40^{\circ}$$

$$\text{মই ও উপরের অতিরিক্ত কোণ}, \theta = (90^{\circ} - 40^{\circ}) = 50^{\circ}$$

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

আমরা জানি,  $W = Fs \cos \theta = mgs \cos \theta$

$$= 100 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 40 \text{ m} \times \cos 50^{\circ} = 2.52 \times 10^4 \text{ J}$$

সুতরাং লোকটি কর্তৃক কৃতকাজ  $2.52 \times 10^4 \text{ J}$ ।

ঘু 'গ' হতে পাই, কৃতকাজের পরিমাণ  $2.52 \times 10^4 \text{ J}$

আমরা জানি,

$$W = Fs \cos \theta$$

$$\text{বা, } \cos \theta = \frac{W}{Fs}$$

$$= \frac{W}{mgs}$$

$$= \frac{2.52 \times 10^4 \text{ J}}{100 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 60 \text{ m}}$$

$$\text{বা, } \cos \theta = 0.43$$

$$\text{বা, } \theta = \cos^{-1}(0.43) = 64.5^{\circ}$$

$$\therefore \text{অনুভূমিকের সাথে সূচিত কোণ}, \theta' = (90^{\circ} - \theta)$$

$$= (90^{\circ} - 64.5^{\circ}) = 25.5^{\circ}$$

সুতরাং 60 m দৈর্ঘ্যের মইটিকে অনুভূমিকের সাথে  $25.5^{\circ}$  কোণে রাখলে একই পরিমাণ কাজ সম্পাদিত হবে।

$$\text{আবার, } W = Fs \cos \theta \text{ বা, } \cos \theta = \frac{W}{Fs}$$

$$\therefore \cos \theta \propto \frac{1}{F} \quad [\because W \text{ ও } s \text{ এর মান ধ্রুবক}]$$

কিন্তু  $\cos \theta$  এর ক্ষেত্রে  $\theta$  এর মান যত কম হয়  $\cos \theta$  এর মান তত বড় হয়। অর্থাৎ  $\theta$  এর মান কম হলে  $F$  এর মানও কম হবে।

অতএব, উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় যে, 60 m দৈর্ঘ্যের মইটিকে অনুভূমিকের সাথে  $25.5^{\circ}$  কোণে রেখে ছাদে উঠলে লোকটিকে কম বল প্রয়োগ করতে হবে।

ঘু একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা 20 m ও ব্যাস 2 m. কুয়াটিকে পানিশূল্য করার জন্য 5 HP-এর একটি পাস্প লাগানো হলো। অর্ধেক পানি তোলার পর পাস্পটি নষ্ট হয়ে গেল। বাকি পানি তোলার জন্য একই ক্ষমতাসম্পন্ন আর একটি পাস্প লাগানো হলো।

ক. টর্কের সংজ্ঞা দাও।

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

গ. প্রথম পাস্প ধারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

ঘ. প্রথম ও দ্বিতীয় পাস্প ধারা পানি তুলতে একই সময় লাগবে কি-না গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও।

[চ. বো. '৭]

### ১১২. প্রয়ের উত্তর

কোনো কম্পনরত বস্তুকে অন্য একটি কম্পনক্ষম বস্তুর সামনে আনলে তিনীয় বস্তুটিকে কম্পন শুনু হয়। এটিই পরবশ কম্পন বা আরোপিত কম্পন।

খু সরল দোলকের ২য় স্তৰানুসারে, সরল দোলকের দোলনকাল তার কার্যকরী দৈর্ঘ্যের বর্গমূলের সমানুপাতিক। একটি ফাঁপা গোলককে তরল ধারা অর্ধপূর্ণ করলে দোলকের ভারকেন্দ্র কিছুটা নিচে নেমে যায়। ফলে এর কার্যকরী দৈর্ঘ্য কিছুটা বৃদ্ধি পায়। দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাওয়ায় এটি পূর্বাপেক্ষা ধীরে জলে। অর্থাৎ একটি ফাঁপা গোলককে তরল ধারা অর্ধপূর্ণ করলে ধীরে জলবে।

১) ধরি, ১ম পাম্প দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ  $W_1$   
উচ্চিপক হতে, কুয়ার গভীরতা,  $h = 20 \text{ m}$   
অর্ধেক গভীরতা,  $h_1 = \frac{20 \text{ m}}{2} = 10 \text{ m}$

ব্যাস,  $d = 2\text{m}$   
গড় সরণ,  $h' = \frac{10 \text{ m} + 0 \text{ m}}{2} = 5 \text{ m}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ,  $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$   
কুয়ার আয়তন,  $V = \frac{1}{4} \pi d^2 h = \frac{1}{4} \times 3.1416 \times (2 \text{ m})^2 \times 20 \text{ m}$

$\therefore V = 62.832 \text{ m}^3$   
পানির ঘনত্ব,  $\rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$   
 $\therefore$  পানির ভর,  $m = \rho V = 1000 \text{ kg m}^{-3} \times 62.832 \text{ m}^3 = 62832 \text{ kg}$

অর্ধেক পানির ভর,  $m' = \frac{1}{2} m = \frac{1}{2} \times 62832 \text{ kg} = 31416 \text{ kg}$

কৃতকাজ,  $W_1 = m'gh'$   
 $= 31416 \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 5 \text{ m} = 1.54 \times 10^6 \text{ J}$

সূতরাং প্রথম পাম্প দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ  $1.54 \times 10^6 \text{ J}$ ।

২) 'গ' হতে পাই, অর্ধেক পানির ভর,  $m_1 = 31416 \text{ kg}$   
এবং প্রথম পাম্প দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ,  $W_1 = 1.54 \times 10^6 \text{ J}$

উচ্চিপক অনুসারে,

প্রথম পাম্পের ক্ষমতা,  $P_1 =$  দ্বিতীয় পাম্পের ক্ষমতা,  $P_2 = 5 \text{ HP}$   
 $= 5 \times 746 \text{ W}$   
 $= 3730 \text{ W}$

ধরি, প্রথম পাম্পের ক্ষেত্রে সময়,  $t_1$

এবং দ্বিতীয় পাম্পের ক্ষেত্রে সময়,  $t_2$

আমরা জানি,  $P_1 = \frac{W_1}{t_1}$

বা,  $t_1 = \frac{W_1}{P_1} = \frac{1.54 \times 10^6 \text{ J}}{3730 \text{ W}} = 412.87 \text{ s}$

আবার, দ্বিতীয় পাম্পের ক্ষেত্রে, গড় সরণ,  $h'' = \frac{(10 + 20) \text{ m}}{2} = 15 \text{ m}$

কৃতকাজ,  $W_2 = m'gh''$   
 $= 31416 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 15 \text{ m} = 4.62 \times 10^6 \text{ J}$

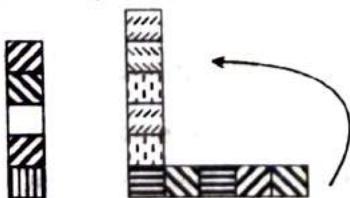
এখন,  $P_2 = \frac{W_2}{t_2}$

বা,  $t_2 = \frac{W_2}{P_2} = \frac{4.62 \times 10^6 \text{ J}}{3730 \text{ W}} = 1238.61 \text{ s}$

অর্থাৎ,  $t_1 \neq t_2$

যেহেতু  $t_1$  এবং  $t_2$  এর মান সমান নয় সেহেতু প্রথম ও দ্বিতীয় পাম্প  
দ্বারা পানি তুলতে ভিন্ন সময় লাগবে।

৩) 50 cm বাতুবিশিষ্ট কোনো ঘনকের ভর 25 kg। এরূপ  
পাচটি ঘনককে একটির উপর আরেকটি রেখে একটি স্তুত তৈরি করা  
হলো। অন্যদিকে অনুরূপ আরও পাচটি বুককে ভূমিতে পাশাপাশি  
সংযুক্ত করে স্তুতিকে খাড়া করা হলো।



ক. অর্থ ক্ষমতা কাকে বলে?

খ. ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল বল—ব্যাখ্যা কর।

গ. স্তুতের চূড়া হতে একটি পাথর টুকরা পড়ে গেলে কত  
বেগে ভূমিতে আঘাত করবে?

ঘ. স্তুত তৈরির কোন উপায়টি অধিক গ্রহণযোগ্য? পাশিতিক  
বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর।

[দি. বো. '১৭]

## ১৩২ ধরের উত্তর

ক) প্রতি সেকেন্ডে 746 J কাজ করার ক্ষমতাকে এক অর্থ ক্ষমতা বলে।

খ) কোনো বন্ধুকে একটি অমসৃণ তলের উপর দিয়ে টেনে নিয়ে  
যাওয়ার সময় ঘর্ষণ বলের বিবুল্মে কাজ করতে হয়। অমসৃণ তলটি  
অনুভূমিক হলে এই কৃতকাজ বন্ধুটির মধ্যে স্থিতিশীলবৃপ্তে সজ্ঞিত হয়  
না এবং বন্ধুটিও কোনো কাজ করার সামর্য্য লাভ করে না। বন্ধুটিকে  
তার প্রাথমিক অবস্থানে ফিরিয়ে আনার সময় পুনরায় ঘর্ষণ বলের  
বিবুল্মে কাজ করতে হয়। ফলে কৃতকাজ পুনরুদ্ধার করা সম্ভব হয়  
না। তাই ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল বল।

গ) ধরি, ভূমি স্পর্শ করার পূর্ব মুহূর্তে পাথরের বেগ,  $v$   
ঘনকের বাহুর দৈর্ঘ্য = 50 cm

স্তুতের ঘনকের সংখ্যা = 5টি

স্তুতের উচ্চতা,  $h = 50 \text{ cm} \times 5 = 250 \text{ cm} = 2.5 \text{ m}$

পাথরের আদিবেগ,  $v = 0 \text{ m s}^{-1}$

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

আমরা জানি,

$$v^2 = u^2 + 2gh = 0 + 2 \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 2.5 \text{ m} = 49 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

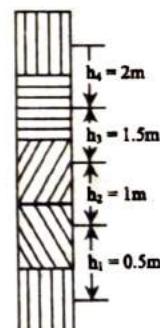
$$\therefore v = 7 \text{ m s}^{-1}$$

সূতরাং স্তুতের চূড়া হতে পাথরের টুকরা পড়ে গেলে তা ভূমিতে  $7 \text{ m s}^{-1}$   
বেগে আঘাত করবে।

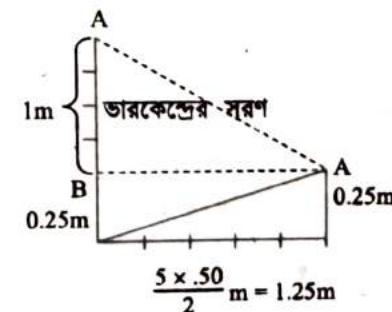
ঘ) একের উপর এক ঘনক স্থাপন করে

স্তুত তৈরি করে কৃতকাজ পাওয়া যায়,

$$\begin{aligned} W_1 &= gm(0 + h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \\ &= 25 \times 9.8(0 + 0.5 + 1 + 1.5 + 2) \\ &= 25 \times 9.8 \times 5 \\ &= 1225 \text{ J} \end{aligned}$$



দ্বিতীয় ক্ষেত্রে :



$$\text{তারকেন্দ্রের সরণ, } AB = h = \frac{5 \times .50}{2} \text{ m} - \frac{.50}{2} \text{ m} = 1 \text{ m}$$

কাজ,  $W_2 = gmh$

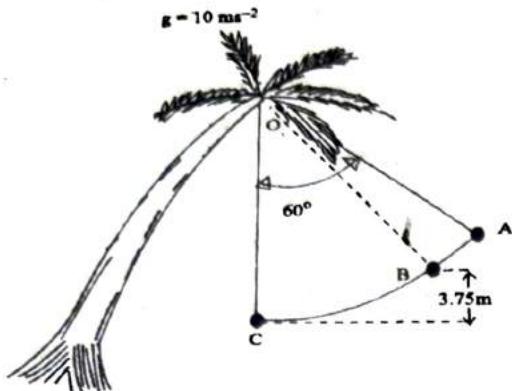
$$= 5 \times 25 \times 9.8 \times 1 \text{ Joule} = 1225 \text{ Joule}$$

এখানে,  $W_1 = W_2$

অর্থাৎ উভয় ক্ষেত্রে কৃতকাজের মান সমান। তবে প্রথম ক্ষেত্রে কাজটি  
ধাপে ধাপে করার কারণে পর্যামক্রমে শক্তি প্রয়োগ করতে হয়। কিন্তু  
দ্বিতীয় ক্ষেত্রে একসাথে বেশি শক্তি প্রয়োগ করতে হয়। তাই প্রথম  
উপায়টি বেশি প্রয়োগ্য।

৩) ইচ্ছাসি পরীক্ষা ২০১৬ এর প্রশ্ন ও উত্তর

১) **বিন্দুতে** 2 kg ভরের একটি বস্তুকে 10 m সূতার সাহায্যে O বিন্দুতে বুলান্তে হলো এবং A বিন্দু থেকে বাহীনভাবে দূলতে দেওয়া হলো। ঘর্ষণ ও বায়ুজনিত বাধা অগ্রহ কর।



ক. সম্পৃক্ত বাস্পচাপ কাকে বলে?

১

খ. ঢাকায় বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্ধতা 60% বলতে কী বুঝায়? ২

গ. দোলন অবস্থায় A বিন্দুতে সূতার টান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদীপকে C বিন্দুতে বস্তুর গতিশক্তি B বিন্দুর গতিশক্তি অপেক্ষা ভিন্ন হবে কি? প্রয়োজনীয় গাণিতিক বিশ্লেষণসহ তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও। ৪

[চ. বো. '১৬]

৪) ১৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো আবস্থ স্থানের বাস্প সর্বাধিক যে চাপ দিতে পারে তাকে সম্পৃক্ত বাস্পচাপ বলে।

খ) ঢাকায় আপেক্ষিক আর্দ্ধতা 60% বলতে আমরা বুঝি—

১. বায়ুর তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের ঐ বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয় বাস্পের প্রয়োজন তার শতকরা 60 ভাগ জলীয় বাস্প বায়ুতে আছে।
২. বায়ুর তাপমাত্রা ঐ বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাস্পের চাপ একই তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাস্পের চাপের 100 ভাগের 60 ভাগ অর্থাৎ  $\frac{60}{100}$  অংশ।
৩. ঐ বায়ুর শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাস্পের চাপ বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাস্পের চাপের 100 ভাগের 60 ভাগ।

গ) ধরি, A বিন্দুতে সূতার টান = F

উদীপক হতে, বস্তুর ভর, m = 2 kg

অভিকর্ষজ ত্বরণ, g =  $10 \text{ m s}^{-2}$

A ও C বিন্দুর মধ্যবর্তী কোণ,  $\theta = 60^\circ$   
আমরা জানি,

$$\begin{aligned} F &= mg \cos \theta \\ &= 2 \text{ kg} \times 10 \text{ m s}^{-2} \times \sin 60^\circ \\ \therefore F &= 10 \text{ N} \end{aligned}$$

সূতরাং দোলন অবস্থায় A বিন্দুতে সূতার টান 10 N।

ঘ) উদীপক অনুসারে,

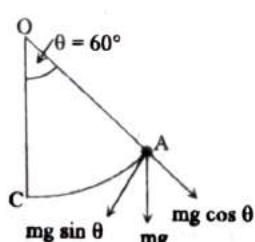
A বিন্দুতে বস্তুর বেগ,  $v_A = 0$

বস্তুর ভর, m = 2 kg

সূতার দৈর্ঘ্য, OA = OC = 10 m

ঙ) C হতে B বিন্দুতে উল্লম্ব সরণ CN = 3.75 m

অভিকর্ষজ ত্বরণ, g =  $10 \text{ m s}^{-2}$



OAM সমকোণী ত্রিভুজে  $\cos 60^\circ = \frac{OM}{OA}$

$$\text{বা. } \frac{1}{2} = \frac{OM}{10 \text{ m}}$$

$$\therefore OM = 5 \text{ m}$$

$$\text{আবার, } OC = OM + CM$$

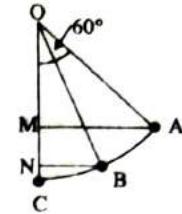
$$\therefore CM = OC - OM$$

$$= 10 \text{ m} - 5 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

$$\text{এবং } CM = CN + MN$$

$$\text{বা, } MN = CM - CN$$

$$= 5 \text{ m} - 3.75 \text{ m} = 1.25 \text{ m}$$



B বিন্দুতে গতিশক্তি : উল্লম্ব সরণ, MN = 1.25 m

$$\text{বেগ, } v_B^2 \text{ হলো, } v_B^2 = v_A^2 + 2g \times MN$$

$$= 0 + 2 \times 10 \text{ m s}^{-2} \times 1.25 \text{ m}$$

$$\therefore v_B^2 = 25 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$$

$$\therefore B \text{ বিন্দুতে গতিশক্তি, } k_B = \frac{1}{2} mv_B^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times 25 \text{ m}^2 \text{s}^{-2} = 25 \text{ J}$$

C বিন্দুতে গতিশক্তি : উল্লম্ব সরণ, CM = 5m

বেগ  $v_c$  হলো,

$$v_c^2 = v_A^2 + 2g \times CM$$

$$= 0 + 2 \times 10 \text{ m s}^{-2} \times 5 \text{ m} = 100 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$$

$$\therefore C \text{ বিন্দুতে গতিশক্তি, } k_c = \frac{1}{2} mv_c^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times 100 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$$

$$= 100 \text{ J}$$

$$\therefore K_C \neq K_B$$

অর্থাৎ উদীপকের C বিন্দুতে এবং B বিন্দুতে গতিশক্তি ভিন্ন হবে।

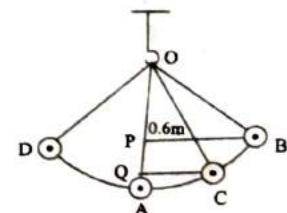
৫) প্রশ্ন ১৫। নিচের চিত্রে একটি দোলক সরল দোলন গতিতে দূলছে।

যার সর্বোচ্চ বিস্তার PB = 0.2 kg

ভরের বেবের চারটি বিভিন্ন অবস্থান

হলো A, B, C এবং D। যেখানে,

PB = 0.6 m, OB = OC = OA = OD = 1 m।



ক. সংশ্লিষ্ট বল কী?

খ. সান্দুতা কেন প্রবাহী পদার্থে সৃষ্টি হয়? ব্যাখ্যা কর।

গ. A বিন্দুতে বৰটির বেগ নির্ণয় কর।

ঘ. উদীপকের দোলকটিতে যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতাৰ সূত্ৰে বাতায় ঘটবে কি না গাণিতিকভাৱে বিশ্লেষণ কৰে তোমার যতামত দাও।

[চ. বো. '১৬]

৬) ১৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক) সংশ্লিষ্ট বল হলো একই পদার্থের বিভিন্ন অণুর মধ্যে পারম্পরিক আকর্ষণ বল।

খ) গতিশীল প্রবাহীর পাশাপাশি দুটি ভরের মধ্যে এক ধরনের অভিস্তরীণ বল সৃষ্টি হয়। এ বল পাশাপাশি দুটি ভরের মধ্যে বেশি বেগসম্পর্ক ভরের মধ্যে এবং কম বেগসম্পর্ক ভরের মধ্যে বেগ বাড়িয়ে ভর দুটির মধ্যে আপেক্ষিক বেগ কমাতে চেষ্টা কৰে। ভর দুটির পৃষ্ঠাদেশের সমান্তরালে ক্রিয়াশীল এ বলকে সান্দুতা বল বলা হয় এবং প্রবাহীর এ ধৰ্মকে সান্দুতা বলে। কঠিন পদার্থের বিভিন্ন ভরের মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকে না বলে কঠিনে সান্দুতা বল ক্রিয়া কৰে না। এ থেকে বলা যায়, সান্দুতা শুধু প্রবাহী পদার্থে সৃষ্টি হয়।

১. ধৰি, A বিন্দুতে বৰেৱ বেগ  $v_A$

OA ভৱাৰ উভয় সৱণ,

$$AP = OA - PO$$

$$= OA - \sqrt{OB^2 - PB^2}$$

$$= 1m - \sqrt{(1m)^2 - (0.6m)^2}$$

$$= 1m - \sqrt{0.64 m^2} = 1m - 0.8 m = 0.2 m$$

আবাৰ, গতিশৰেৱ B বিন্দুতে সৰ্বোচ্চ শ্ৰিতিশক্তি = সৰমীয় A বিন্দুতে গতিশক্তি

$$\therefore \frac{1}{2}mv_A^2 = mg AP$$

$$\text{বা, } v_A^2 = 2g AP = 2 \times 9.8 m s^{-2} \times 0.2 m$$

$$\therefore v_A = 1.98 m s^{-1}$$

সূতৰাং A বিন্দুতে বৰেৱ বেগ  $1.98 m s^{-1}$

২. উজ্জীপক অনুসাৱে, বৰেৱ ভৱ,  $m = 0.2 kg$

সৰ্বোচ্চ বিভাৱ,  $PB = 0.6 m$

$$OA = OB = OC = OD = 1m$$

$$\text{অভিকৰ্ষজ তুলণ, } g = 9.8 m s^{-2}$$

গ হতে পাই, উভয় সৱণ,  $AP = 0.2 m$

B বিন্দুৰ ক্ষেত্ৰে : বৰেৱ বেগ,  $v_B = 0$

বিভব শক্তি,  $U_B = mg \times AP$

$$= 0.2 kg \times 9.8 m s^{-2} \times 0.2 m = 0.392 J$$

$$\text{গতিশক্তি, } k_B = \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 kg \times 0^2 = 0$$

$$\therefore \text{যান্ত্ৰিক শক্তি, } E_B = U_B + k_B = 0.392 J + 0 = 0.392 J$$

C বিন্দুৰ ক্ষেত্ৰে :

ধৰি, C বিন্দুতে বৰেৱ বেগ,  $v_C$

উভয় সৱণ PQ

$$AQ = AP - PQ = (0.2 - PQ) m$$

$$\text{আবাৰ, } v_C^2 = v_B^2 + 2gPQ$$

$$= 0^2 + 2gPQ$$

$$\therefore v_C^2 = 2gPQ$$

$$\therefore \text{বিভবশক্তি, } U_C = mgAQ$$

$$= 0.2 kg \times 9.8 m s^{-2} \times (0.2 - PQ) m$$

$$= 0.392 J - 1.96 PQ$$

$$\text{গতিশক্তি, } k_C = \frac{1}{2}mv_C^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 kg \times 2gPQ = 1.96 PQ$$

$$\therefore \text{যান্ত্ৰিক শক্তি, } E_C = U_C + K_C = 0.392 J - 1.96 PQ + 1.96 PQ = 0.392 J.$$

A বিন্দুৰ ক্ষেত্ৰে : বৰেৱ বেগ,  $v_A = 1.98 m s^{-1}$

A বিন্দুতে উভয় সৱণ,  $h = 0$

$$\therefore \text{বিভব শক্তি, } U_A = mgh = 0.2 kg \times 9.8 m s^{-2} \times 0 = 0$$

$$\text{গতিশক্তি, } k_A = \frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 kg \times (1.98 m s^{-1})^2 = 0.392 J$$

$$\therefore \text{যান্ত্ৰিক শক্তি, } E_A = U_A + K_A = 0 + 0.392 J = 0.392 J$$

D বিন্দুৰ ক্ষেত্ৰে :

D বিন্দু ডানদিকে দোলকটিৰ সৰ্বোচ্চ অবস্থান না হলে D বিন্দুতে বিভবশক্তি ও গতিশক্তি উভয়ই থাকবে। উভয় সৱণ,

$$AR = AP - PR = (0.2 - PR) m$$

বৰেৱ বেগ,

$$v_D^2 = U^2 + 2gPR$$

$$= 0 + 2gPR \quad [\text{ডানদিকেৰ সৰ্বোচ্চ অবস্থানে বেগ } U = 0]$$

$$= 2gPR$$

$$\text{বিভবশক্তি, } U_D = mgAR$$

$$= 0.2 kg \times 9.8 m s^{-2} \times (0.2 - PR) m$$

$$= 0.392 J - 1.96 PR$$

$$\text{গতিশক্তি, } K_D = \frac{1}{2}mv_D^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 kg \times 2gPR$$

$$= 0.1 kg \times 2 \times 9.8 PR = 1.96 PR$$

৩. যান্ত্ৰিক শক্তি,  $E_D = U_D + k_D$

$$= 0.392 J - 1.96 PR + 1.96 PR = 0.392 J$$

$\therefore E_B = E_C = E_A = E_D$   
অর্থাৎ দোলকটিতে যান্ত্ৰিক শক্তিৰ ব্যতীয় ঘটবে না।

খালিদেৱ বাড়তে 12 m গভীৰ ও 1.8 m ব্যাসবিশিষ্ট একটি পানিশূল্য কুয়া খালি কৰাৰ জন্য একটি পাল্প চালু কৰা হলো। বিন্দু দেখা গেল, পানিশূল্য কৰতে পাল্পটি 21 মিনিট সময় লেগে গেল। খালিদ হিসাব কৰে দেখল, যথাসময়ে কুয়াটি পানিশূল্য কৰতে 2 HP ক্ষমতাৰ পাল্প দৱকাৰ।

ক. কৃতিম উপগ্ৰহ কাকে বলে?

খ. মহাকৰ্ষ বল একটি সংৱেচ্ছণশীল বল— ব্যাখ্যা কৰ।

গ. 2 kg ভৱেৱ একটি বস্তুকে ছেড়ে দিলে পানিশূল্য কুয়াৰ শীৰ্ষ হতে তলায় পৌছাতে কত সময় লাগবে?

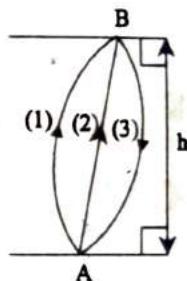
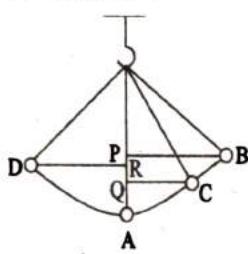
ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণসহ খালিদেৱ হিসাবেৱ যথাৰ্থতা যাচাই কৰ।

[পি. বো. '১৬]

## ১৬ং ধৰেৱ উত্তৰ

ক. যেসব মহাশূল্যান তাদেৱ নিজ নিজ কক্ষপথে থেকে পৃষ্ঠীৰীকে প্ৰদক্ষিণ কৰে তাদেৱকে কৃতিম উপগ্ৰহ বলে।

খ. ধৰি, m ভৱেৱ একটি বস্তুকে A বিন্দু হতে B বিন্দুতে আনা হলো। এৰ ফলে বস্তুটিৰ উভয় সৱণ হলো h।



যেকোনো পথে হোক না কেন প্ৰত্যেক পথেই অভিকৰ্ষীয় বল F = mg থাড়া নিচেৰ দিকে ক্ৰিয়া কৰে। বস্তুটিকে যেকোনো পথে A হতে B-তে আনলে অভিকৰ্ষ বল আৰা প্ৰতিটি পথেই সম্পৰ কাজ হবে,  $W_1 = -mgh$   
আবাৰ, বস্তুটিকে যেকোনো পথে B হতে A বিন্দুতে স্থানান্তৰ কৰা হলে, অভিকৰ্ষ বল আৰা কৃত সম্পৰ কাজ হবে,  $W_2 = mgh$   
 $\therefore A$  হতে B তে যেয়ে আবাৰ A তে আসতে মোট কৃতকাজ,  $W = W_1 + W_2 = -mgh + mgh = 0$   
কাজই অভিকৰ্ষীয় বল সংৱেচ্ছণশীল বল।

যেহেতু অভিকৰ্ষ বল এক ধৰনেৰ মহাকৰ্ষীয় বল সেহেতু মহাকৰ্ষ বল একটি সংৱেচ্ছণশীল বল।

গ. ধৰি, নিৰ্বেয় সময় = t

$$\text{আমৰা জানি, } h = ut + \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{বা, } 12 m = 0.t + \frac{1}{2} \times 9.8 m s^{-2} \times t^2$$

$$\text{বা, } 12 m = 4.9 t^2 m s^{-2}$$

$$\text{বা, } t^2 = \frac{12 m}{4.9 m s^{-2}}$$

$$\therefore t = 1.565 s$$

অতএব, 2 kg ভৱেৱ একটি বস্তুকে ছেড়ে দিলে পানি শূন্য কুয়াৰ শীৰ্ষ হতে তলায় পৌছাতে 1.565 s সময় লাগবে।

ঘ. উজ্জীপক অনুসাৱে, কুয়াৰ গভীৰতা, h = 12 m

ব্যাস, d = 1.8 m

$$\therefore কুয়াৰ আয়তন = \frac{1}{4} \pi d^2 h$$

$$= \frac{1}{4} \times 3.1416 \times (1.8 m)^2 \times 12 m = 30.536 m^3$$

পানিৰ ঘনত্ব,  $\rho = 1000 kg m^{-3}$

$$\text{তাৰকেন্দৰ গড় সৱণ, } S = \frac{h}{2} = \frac{12 m}{2} = 6m$$

পানির ভর  $m$  হলে,  $m = PV = 1000 \text{ kg m}^{-3} \times 30.536 \text{ m}^3 = 30536 \text{ kg}$   
সময়,  $t = 21 \text{ min} = 21 \times 60 \text{ s} = 1260 \text{ s}$

ধরি, পাঞ্চটির ক্ষমতা =  $P$

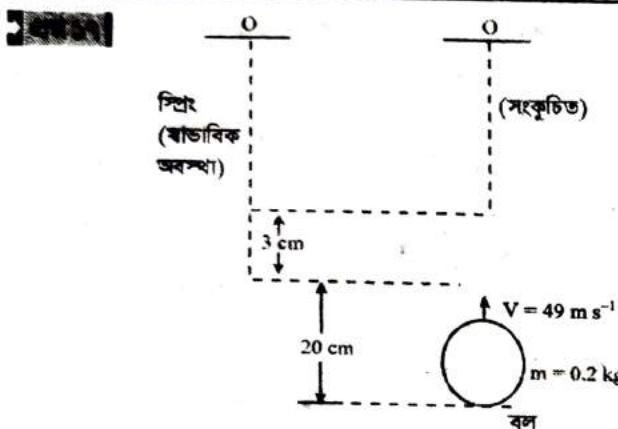
$$\text{আমরা জানি, } P = \frac{W}{t} = \frac{mgs}{t}$$

$$= \frac{30536 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 6 \text{ m}}{1260 \text{ s}}$$

$$= 1425.01 \text{ W} = 1.91 \text{ HP}$$

আবার প্রত্যেক পাঞ্চের 100% ক্ষমতা কার্যকর হয় না কিন্তু ক্ষমতা নষ্ট হয়ে যায়। সেক্ষেত্রে কুয়াটি পানিশূন্য করতে খালিদের হিসেবে 2 HP ক্ষমতার পাঞ্চ দরকার হিসাবটি প্রায় যথৰ্থ।

### ১৩) এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৫ এর প্রশ্ন ও উত্তর



উপরের চিত্রে একটি স্প্রিং-এর একপাণ্ঠি O বিন্দু হতে ঝুলানো হলো। 0.2 kg ভরের একটি বলকে  $49 \text{ m s}^{-1}$  বেগে নিষ্কেপ করায় এটি 20 m উপরে স্প্রিংটির অপর পাশে আঘাত করে 3 cm সংকুচিত করে, স্প্রিংটিও বলের উপর প্রত্যায়নী বল প্রয়োগ করে।

ক. তৃ-স্থির উপগ্রহ কাকে বলে?

- খ. দুটি সমান ভরের বস্তুর স্থিতিস্থাপক সংবর্ধে বন্ধুস্বয় পরম্পর বেগ বিনিয়ন করে— ব্যাখ্যা কর।  
গ. তৃঘিতে আঘাতের পূর্ব মুহূর্তে বলটির বেগ নির্ণয় কর।  
ঘ. উদ্বীপক থেকে স্প্রিং বল ছারা কৃত কাজ নির্ণয় সন্দেশ কিনা— গাণিতিক যুক্তি দিয়ে ব্যাখ্যা কর, বিশ্লেষণ করে মতামত দাও।

৮

[রা. বো. '১৫]

### ১৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো কৃতিম উপগ্রহের আবর্তনকাল নিজ অক্ষের চারদিকে সূর্যায়ন পৃথিবীর আবর্তনকালের সমান হলে ঐ উপগ্রহকে তৃ-স্থির উপগ্রহ বলে।

খ) আমরা জানি, যে সংবর্ধের আগে ও পরে দুটি বস্তুর আপেক্ষিক বেগ অপরিবর্তিত থাকে তাকে স্থিতিস্থাপক সংবর্ধ বলে। একেতে সংবর্ধের পূর্বের তরবেগ ও সংবর্ধের পরের তরবেগ সমান হয়। এইনকি সংবর্ধের পূর্বের ও পরের পতিশাঙ্কিত সমান হয়। তখন বস্তুটির ভর সমান হলে অবশ্যই এদের বেগ পরম্পর বিনিয়ন হয়। তা না হলে তরবেগ সমান হতো না।

গ) ধরি, তৃঘিতে আঘাতের পূর্ব মুহূর্তে বলটির বেগ,  $v$   
উদ্বীপক থেকে পাই,

$$\text{বলটির অতিক্রান্ত দূরত্ব, } h = (20 + 3) \text{ m} = 23 \text{ cm} = 23 \times 10^{-2} \text{ m}$$

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

সর্বোচ্চ উচ্চতায় বেগ,  $v_0 = 0 \text{ m s}^{-1}$

$$\text{আমরা জানি, } v^2 = v_0^2 + 2gh = 0^2 + 2 \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 23 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\text{বা, } v = 0.21 \text{ m s}^{-1}$$

অতএব, তৃঘিতে আঘাতের পূর্ব মুহূর্তে বলটির বেগের মান  $0.21 \text{ m s}^{-1}$ ।

য) এখানে স্প্রিংটির একপাণ্ঠি O হতে ঝুলানো।  $m = 0.2 \text{ kg}$  ভরের বলটিকে নিষ্কেপ করায় তা স্প্রিংটির অপর পাশে আঘাত করে এর সংকোচন ঘটায় 3 cm। এখন স্থিতিস্থাপক ধর্মের দরুন স্প্রিংটি বলের উপর প্রত্যায়নী বল প্রয়োগ করে। স্থিতিস্থাপক সীমা অতিক্রম না করলে প্রত্যায়নী বলের মান হুকের সূত্রানুযায়ী দৈর্ঘ্য পরিবর্জনের সমানুপাতিক। মনে করি,  $F_s$  বল প্রয়োগে স্প্রিংটির দৈর্ঘ্য,  $x = 3 \text{ cm}$  সংকুচিত হয়। এ ক্রিয়ার দরুন স্প্রিং-এ  $-kx$  পরিমান প্রত্যায়নী বল উৎপন্ন হয়। কেননা—  $F_s \propto -kx$  [প্রত্যায়নী বলের দিক সরণের বিপরীত দিকে হওয়ায় কণার হবে।] এখানে,  $k$  হলো স্প্রিং ধ্রুবক,

এখন, স্প্রিংটি সংকোচনের ক্ষেত্রে প্রযুক্ত বল  $F$  হলে,  $F = -F_s = kx$  স্প্রিংটিকে  $x_1$  অবস্থান থেকে  $x_2$  অবস্থানে সরাতে কৃত কাজ,

$$W = \int_{x_2}^{x_1} \vec{F}(x) dx = \int_{x_1}^{x_2} F(x) dx$$

$$= \int_{x_1}^{x_2} kx dx = k \int_{x_1}^{x_2} x dx = \frac{1}{2}k [x^2]_{x_1}^{x_2} = \frac{1}{2}k [x_2^2 - x_1^2]$$

$$\therefore W = \frac{1}{2}kx_2^2 - \frac{1}{2}kx_1^2$$

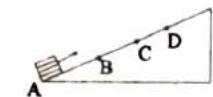
$$\therefore W = \frac{1}{2}kx^2 [x_1 = 0 \text{ এবং } x_2 = x \text{ ধরে}]$$

$$\text{উদ্বীপকের ক্ষেত্রে } x = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}$$

$$\therefore W = \frac{1}{2}k (0.03)^2 = (4.5 \times 10^{-4} \text{ k}) \text{ J.}$$

অতএব, স্প্রিং বল ছারা কৃত কাজ  $(4.5 \times 10^{-4} \text{ k}) \text{ J.}$

১৮নং ১৪) একটি 300 g ভরের কৃত অনুভূমিকের সাথে  $30^\circ$  কোণে রাখিত তলে 5.88 J গতিশক্তি প্রয়োগে A থেকে E বিন্দুতে ঘর্ষণহীনভাবে ঠিক পৌছে যায়। পরক্ষণে কৃতৃটি E বিন্দু থেকে উক্ত তল বরাবর A এর দিকে পড়তে থাকে। চিত্রে  $AB = BC = CD = DE$ ।



ক. প্রত্যায়নী বল কাকে বলে?

খ. কোনো গ্যাস কলিকার বেগ নির্ণয়ে গড় বর্গবেগের বর্গমূল মান নেওয়া হয় কেন?

গ. আনত তল AE এর দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

ঘ. কৃতৃটি উল্লিখিত তল বরাবর পড়ার সময় যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণ সূত্র মেনে চলে— তার যথার্থতা D ও C বিন্দুতে পাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে সূল্যায়ন কর।

[কু. বো. '১৫]

### ১৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো স্প্রিংকে দৈর্ঘ্য বরাবর বিকৃত করলে স্থিতিস্থাপক ধর্মের দরুন প্রযুক্ত বলের বিপরীতে যে বলের উক্তব হয় তাকে প্রত্যায়নী বল বলে।

খ) দুই বা ততোধিক বেগের বর্গের গড় মানের বর্গমূলকে গড় বর্গবেগের বর্গমূল বলে। আমরা জানি গ্যাসের বিভিন্ন কণার বেগ বিভিন্ন। এদের মানের গড় নিলেও গ্যাস কলিকার সম্ভাব্য বেগ পাওয়া যায় না। একেতে গড় বর্গবেগের বর্গমূল নির্ণয় করলে প্রাপ্ত বেগটি অধিক প্রয়োগ হয়।



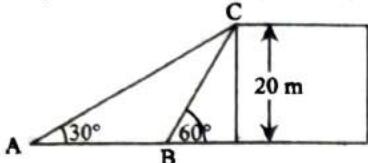


## NCTB অনুমোদিত পাঠ্যবইসমূহের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রয়োগ ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষকর্মী, NCTB অনুমোদিত পাঠ্যবইসমূহের এ অধ্যায়ের অনুশীলনীর নমুনা সূজনশীল প্রয়োগসমূহের যথাযথ উত্তর নিচে সংযোজিত হলো। এসব প্রয়োগের অনুশীলনের মাধ্যমে তোমরা কলেজ ও ইচ্ছাপূর্ণ পরীক্ষার প্রয়োগ ও উত্তরের ধরন ও মান সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা পাবে।

### ১) এটি এম শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া তৌহিদ স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রয়োগ ও উত্তর

১) ৫০ kg ভরের একটি বস্তুকে 20 m উচু একটি বিন্ডিং এর ছাদে উঠাতে হবে। রহিম সভাব্য দূর্তি পথ AC ও BC এর মধ্যে BC পথ বরাবর কৃতৃটিকে ছাদে উঠালেন। তা দেখে তার বন্ধু করিম বলল ‘AC পথ বরাবর কৃতৃটিকে ছাদে উঠানো সহজ হতো’।



ক. কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি লিখ।

খ. ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল—ব্যাখ্যা কর।

গ. কৃতৃটিকে ছাদে উঠাতে কৃতকাজ হিসাব কর।

ঘ. উকীপকে করিমের উক্তির সত্যতা যাচাই কর।

(অনুশীলনীর প্রয়োগ ১)

### ২০নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি হলো—কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়ারত লক্ষ্য বল কৃত্কৃত কাজ তার গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ) যে বলের বিরুদ্ধে করা কাজের পুনরুদ্ধার সম্ভব নয় তাকে অসংরক্ষণশীল বল বলে। কোনো বস্তুকে একটি মসৃণ তলের উপর দিয়ে টেনে নিয়ে যাওয়ার সময় ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। অসৃণ ভলটি অনুভূমিক হলে এই কৃতকাজ বস্তুটির মধ্যে স্থিতিশক্তিবৃপ্তি সঞ্চিত হয় না এবং কৃতৃটিও কোনো কাজ করার সামর্থ্য লাভ করে না। কৃতৃটিকে তার প্রাথমিক অবস্থানে ফিরিয়ে আনার সময় আবার ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। সুতরাং ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কৃতকাজের পুনরুদ্ধার সম্ভব নয়। তাই ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল।

গ) ছাদে উঠাতে কৃতকাজ

$$W = mgh \\ = 50 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 20 \text{ m} \\ = 9800 \text{ J}$$

অতএব বস্তুটিকে ছাদে উঠাতে কৃতকাজ 9800 J.

এখানে,

$$\text{বস্তুর ভর, } m = 50 \text{ kg} \\ \text{অভিকর্ষজ ত্বরণ, } g = 9.8 \text{ m s}^{-2} \\ \text{উচ্চতা, } h = 20 \text{ m}$$

ঘ) উকীপকের AC ও BC উভয় পথ দিয়ে C বিন্দুতে বস্তুটি উঠাতে কৃতকাজ সমান হবে। কিন্তু উভয় পথে উপরের দিকে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান সমান হবে না।

অর্থাৎ AC ও BC পথে উঠাতে সমান বল লাগবে না।

AC পথে উঠাতে বল লাগবে,

$$F_{AC} = mg \sin 30^\circ \\ = 50 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times \sin 30^\circ \\ = 245 \text{ N}$$

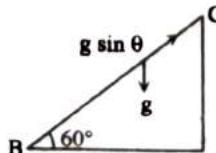
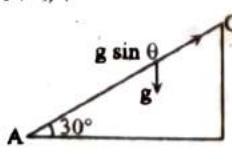
BC পথে বল লাগবে,

$$F_{BC} = mg \sin 60^\circ \\ = 50 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times \sin 60^\circ \\ = 424 \text{ N}$$

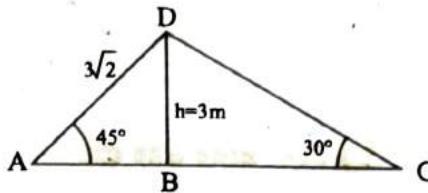
$F_{BC} > F_{AC}$

BC পথে উঠাতে বেশি বল লাগবে।

অতএব AC পথে উঠানো সহজ হবে অর্থাৎ করিমের উক্তি সত্য।



১) ১৫২। ৬০ kg ভরের এক ব্যক্তি 20 kg বোঝা নিয়ে A থেকে D এর দিকে যাত্রা আরম্ভ করলো।



ক. প্রত্যয়নী বল কাকে বলে?

খ. বল ও সরণ ডেটার রাশি কিন্তু কাজ ক্ষেত্রে রাশি কেন?

গ. AD পথে বোঝাটিকে উঠাতে কি পরিমাণ কাজ করতে হবে?

ঘ. লোকটির পক্ষে কোন পথে D বিন্দুতে পৌছা সহজ হবে— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও।

(অনুশীলনীর প্রয়োগ ২)

### ২১নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো পিণ্ডকে দৈর্ঘ্য বরাবর বিক্রত করলে স্থিতিশ্বাপক ধর্মের দ্বয়ন প্রযুক্ত বলের বিপরীতে যে বলের উচ্চ হয় তাকে প্রত্যয়নী বল বলে।

খ) বল প্রয়োগের মাধ্যমে বস্তুর সরণ হলে বল এবং বলের দিকে বস্তুর সরণের উপাংশের গুণফলকে কাজ বলে। বল  $\vec{F}$  এবং বলের অভিমুখের সাথে  $\theta$  কোণে বস্তুর সরণ  $\vec{S}$  হলে, বলের দিকের সাথে  $\vec{S}$  সরণের উপাংশ  $= S \cos \theta$ ।

এখন, কাজের সংজ্ঞানারে,  $W = \vec{F} \cdot \vec{S}$

অর্থাৎ কাজ বলতে বল ও সরণের ক্ষেত্রে গুণফলকে বুঝায় যা সর্বদা ক্ষেত্রে মান প্রদান করে।

সুতরাং আমরা বলতে পারি, কাজ একটি ক্ষেত্রে রাশি।

গ) এখানে, বোঝাসহ ভর,  $m = (60 + 20) \text{ kg} = 80 \text{ kg}$

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

অনুভূমিকের সাথে সূর্য কোণ,  $\theta = 45^\circ$

সরণ,  $s = 3\sqrt{2} \text{ m}$ ; কৃতকাজ,  $W = ?$

আমরা জানি,  $W = F_s \cos \theta = mg s \cos \theta$

$$= 80 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 3\sqrt{2} \text{ m} \times \cos 45^\circ = 2352 \text{ J}$$

ঘ) ‘গ’ হতে প্রাপ্ত,

AD পথে D বিন্দুতে পৌছতে কৃতকাজ  $W = 2352 \text{ J}$

আবার,  $BC = \frac{BD}{\tan 30^\circ} = \frac{3}{\frac{1}{\sqrt{3}}} = 3\sqrt{3}$

∴ CD পথে D বিন্দুতে পৌছতে কৃতকাজ,

$$W' = mg \times BC$$

$$= 80 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 3\sqrt{3} = 4073.78 \text{ J}$$

এখানে, CD পথে D বিন্দুতে পৌছতে কৃতকাজ বেশি হলেও CD পথ অনুভূমিকের সাথে বেশি হেলানো বলে D বিন্দুতে পৌছতে CD পথই সহজ হবে।



নথি ৪ তৃপ্তি থেকে 2 kg ভরের একটি বস্তুকে অভিকর্ষ বলের বিদ্যুৎ নিকেপ করা হলে 30 m উচ্চতায় তার বেগ শূন্য হয়ে যায়।

ক. কাজ কী?

খ. খনির তলদেশ ও তৃপ্তির সাপেক্ষে অভিকর্ষজ বিভব শক্তির মান কির হয় কেন?

গ. উচীপকে ব্যবহৃত বস্তুটির কোণ অবস্থানে গতিশক্তি স্থিতিশক্তির অর্ধেক হবে তা দেখাও।

ঘ. উচীপকের বস্তুটির ক্ষেত্রে শক্তির নিয়তা রক্ষিত হয়েছে কী-মা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে সত্যতা ঘাচাই কর।

[অনুশীলনীর প্রথ ৩]

### ২২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বল প্রয়োগের ফলে বস্তুর সরণ হলে বল এবং বলের দিকে বস্তুর সরণের উপাংশের গুণফলই কাজ।

খ. কোনো বস্তুকে তার অবস্থান থেকে উপরে তোলা হলে বস্তুর মধ্যে বিভব শক্তির সংজ্ঞার ঘটে। আমরা জানি,  $m$  ভরের কোনো বস্তুকে তৃঘি হতে  $h$  উচ্চতায় উঠাতে কৃতকাজ হচ্ছে বস্তুতে সঞ্চিত বিভব শক্তির পরিমাণ। এক্ষেত্রে কৃতকাজ হচ্ছে বস্তুর উপর প্রযুক্ত অভিকর্ষজ বল তথা বস্তুর ওজন এবং উচ্চতার গুণফলের সমান।

অর্থাৎ, বিভব শক্তি = বস্তুর ওজন  $\times$  উচ্চতা =  $mgh$

যেহেতু বস্তুর ভর  $m$  এবং অভিকর্ষজ ত্বরণ নির্দিষ্ট, সেহেতু একটি নির্দিষ্ট স্থানে অভিকর্ষজ বিভব শক্তির মান শুধুমাত্র বস্তুর উচ্চতার উপর নির্ভর করে।

তাই, খনির তলদেশ ও তৃপ্তির সাপেক্ষে কোনো বস্তুর অভিকর্ষজ বিভব শক্তির মান কির হয়। কারণ, এ দুই অবস্থানের জন্য বস্তুর উচ্চতা  $h$  এর তারতম্য ঘটে।

গ. মনে করি, তৃঘি হতে  $x$  মিটার উচ্চতায় বস্তুটির গতিশক্তি স্থিতিশক্তির অর্ধেক হবে।

উচীপক হতে, বস্তুর ভর  $m$  এবং অভিকর্ষীয় ত্বরণ  $g$ ।

সূতরাং  $x$  m উচ্চতায় বস্তুর স্থিতিশক্তি  $U$  হলে,

$$U = mgx \quad \dots \dots \dots (1)$$

এখন,  $x$  মিটার উচ্চতায় বস্তুর গতিশক্তি  $K$  হলে,

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

$$\therefore K = \frac{1}{2} m(v_0^2 - 2gx)$$

$$\text{বিলু } v_0^2 = 2gH$$

$$[\text{কেবল } v^2 = v_0^2 - 2gH]$$

$$\text{বা } 0^2 = v_0^2 - 2gH$$

$$\therefore v_0^2 = 2gH$$

$$\text{অর্থমতে, } \frac{1}{2} m(v_0^2 - 2gx) = \frac{1}{2} mgx$$

$$\text{বা, } 2gH - 2gx = gx$$

$$\text{বা, } 2g(H - x) = gx$$

$$\text{বা, } 2H - 2x = x$$

$$\text{বা, } 3x = 2H$$

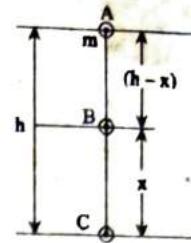
$$\text{বা, } x = \frac{2}{3} H = \frac{2}{3} \times 30 \text{ m} = 20 \text{ m}$$

সূতরাং তৃঘি হতে 20 m মিটার উচ্চতায় গতিশক্তি স্থিতিশক্তির অর্ধেক হবে।

ঘ. মনে করি, 2 kg ভরের একটি বস্তুকে অভিকর্ষ বলের বিদ্যুৎ তৃঘি C অবস্থান থেকে  $v_0$  আদিবেগে আঢ়া উপরের দিকে নিকেপ করা হলো।

বস্তুটি সর্বোচ্চ  $h$  উচ্চতায় A বিন্দুতে পৌছায় বিবেচনা করা হলে A বিন্দুতে বস্তুটির শেষ বেগ,  $v = 0$ .

যাত্রাপথের B বিন্দুতে  $x$  উচ্চতায় বস্তুর স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তি দুটীই থাকবে। C বিন্দুতে বস্তুর শুধু গতিশক্তি থাকবে। C বিন্দুতে বস্তুর স্থিতিশক্তি  $P.E. = 0$



C বিন্দুতে বস্তুর বেগ =  $v_0$ , সূতরাং গতিশক্তি,  $K.E. = \frac{1}{2} mv_0^2$

∴ C বিন্দুতে বস্তুর মোট যান্ত্রিক শক্তি,

$$E_1 = P.E. + K.E. = 0 + \frac{1}{2} m v_0^2$$

$$= \frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m \cdot 2gh = mgh [\because 0^2 = v_0^2 - 2gh \text{ বা, } v_0^2 = 2gh]$$

$$= 2 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 30 \text{ m} = 588 \text{ J}$$

$$B \text{ বিন্দুতে বস্তুর বেগ, } v^2 = v_0^2 - 2gx$$

$$\therefore B \text{ বিন্দুতে বস্তুর স্থিতিশক্তি, } P.E. = mgx$$

$$B \text{ বিন্দুতে বস্তুর গতিশক্তি,}$$

$$K.E. = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m(v_0^2 - 2gx) = \frac{1}{2} m v_0^2 - mgx$$

$$\therefore B \text{ বিন্দুতে বস্তুর মোট যান্ত্রিক শক্তি,}$$

$$E_2 = P.E. + K.E.$$

$$= mgx + \frac{1}{2} mv_0^2 - mgx$$

$$= \frac{1}{2} mv_0^2 = \frac{1}{2} m \cdot 2gh = mgh = 2 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 30 \text{ m} = 588 \text{ J}$$

$$A \text{ বিন্দুতে বস্তুর স্থিতিশক্তি, } P.E. = mgh$$

$$A \text{ বিন্দুতে বস্তুর গতিশক্তি, } K.E. = 0 \quad [\because \text{বস্তুর বেগ শূন্য}]$$

$$\therefore A \text{ বিন্দুতে মোট যান্ত্রিক শক্তি, } E_3 = P.E. + K.E.$$

$$= mgh + 0 = mgh$$

$$= 2 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 30 \text{ m}$$

$$= 588 \text{ J}$$

$$\text{দেখা যায়, } E_1 = E_2 = E_3$$

∴ উচীপকের বস্তুটির ক্ষেত্রে শক্তির নিয়তা সংরক্ষিত হয়েছে প্রমাণিত হলো।

নথি ৫। গাছের ডালে ঝুলত একটি আমকে লক করে একজন লোক একটি পাথর ছুঁড়ল। আমটিকে আঘাত করার সহয় পাথরটির বেগ ছিল  $9.8 \text{ m s}^{-1}$ । লোকটি যদি আগের তুলনায় অর্ধেক শক্তি প্রয়োগ করতো তবে পাথরটি কেবল আমের উচ্চতায় পৌছতে পারতো। (আমটির ভর 250 g)।

ক. শূন্য কাজ কী?

খ. পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘূরলেও কিন্তু কোনো কাজ করছে না কেন?

গ. তৃঘি থেকে আমটির উচ্চতা নির্ণয় কর।

ঘ. পাথরের আঘাতে আমটি বৃঞ্চিত হলে তৃঘি শৰ্প করার পূর্ব মুছুর্তে আমটির মধ্যকার শক্তির পরিবর্তন ঘটবে কি না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার উচ্চতার সত্যতা ঘাচাই কর।

[অনুশীলনীর প্রথ ৪]

### ২৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বল প্রয়োগের ফলে যদি বস্তুর সরণ না হয় অথবা বলের প্রয়োগবিন্দু যদি সরণের উল্লম্ব অতিমুখ্যে সরে যায় তবে শূন্য কাজ সম্ভব হয়।

**খ** আমরা জানি, কাজ হলো বল ও বল প্রয়োগের ফলে সরণ বা সরণের উপাংশের গুণফল।

.. ধরি, পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যকার আকর্ষণ বল বা ঘূর্ণযন্ত্রণ পৃথিবীর কেন্দ্রাতিক বল  $F$  এবং পৃথিবী যেহেতু সরণের লভিক বরাবর ক্রিয়া করে। ফলে এর সরণের উপাংশ হবে  $S \cos 90^\circ = 0$ । সূতরাং কাজ  $W = F \cdot 0 = 0$ । ফলে পৃথিবী ঘূরছে কিন্তু কাজ হচ্ছে না।

**গ** ধরি, ১ম ক্ষেত্রে শক্তির প্রয়োজন,  $E_1 = E$ । তাহলে ২য় ক্ষেত্রে শক্তির প্রয়োজন,  $E_2 = \frac{E}{2}$

এখন,

$$\text{মোট শক্তি} = \text{গতিশক্তি} + \text{স্থিতিশক্তি}$$

$$\text{সূতরাং, } 1\text{ম ক্ষেত্রে, } E_1 = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

$$\text{বা, } E = \frac{1}{2}mv^2 + mgh \quad \dots \quad (1)$$

আবার, বিড়িয়ে ক্ষেত্রে পাথরটির আমের উচ্চতায় থাকাকালীন গতিশক্তি শূন্য ছিল।

$$\therefore 2\text{য় ক্ষেত্রে, } E_2 = mgh$$

$$\text{বা, } \frac{E}{2} = mgh$$

$$\text{বা, } E = 2mgh \quad \dots \quad (2)$$

(২) নং হতে  $E$  এর মান (১) নং সমীকরণে বসাই,

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

$$\text{বা, } 2gh = \frac{1}{2}v^2 + gh$$

$$\text{বা, } gh(2-1) = \frac{1}{2}v^2$$

$$\text{বা, } gh = \frac{1}{2}v^2$$

$$\therefore h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(9.8 \text{ m s}^{-1})^2}{2 \times 9.8 \text{ m s}^{-2}} = 4.9 \text{ m}$$

অতএব, আমটির উচ্চতা 4.9 m।

**ঘ** 'গ' নং উভয়ের মাধ্যমে জানা গেল, আমটি ভূমি হতে 4.9 m উচুতে ছিল। সূতরাং, 4.9 m উচুতে গাছে ঝুলত অবস্থায় থাকাকালীন আমটির ভিতর শুধুমাত্র বিভব শক্তি ছিল।

.. গাছে ঝুলত অবস্থায় আমটির মধ্যকার শক্তি

$$= mgh$$

$$= 0.250 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 4.9 \text{ m}$$

$$= 12.005 \text{ J}$$

এখন, ভূমিতে পৌঁছালে আমটির ভিতর আর কোনো বিভব শক্তি থাকবে না। তবে ভূমি স্পর্শ করার পূর্ব মুহূর্তে এর বেগ থাকবে বিধায় শুধুমাত্র গতিশক্তি থাকবে। ভূমি স্পর্শ করার মুহূর্তে আমটির বেগ  $v$  হলো—

$$v^2 = u^2 + 2gh$$

$$\text{বা, } v^2 = 0 + 2gh \quad [\because \text{ঝুলত অবস্থায় আমের বেগ} = 0]$$

$$\therefore v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 4.9 \text{ m}} = 9.8 \text{ m s}^{-1}$$

$$\therefore \text{ভূমি স্পর্শ করার আমটির গতিশক্তি বা মোট শক্তি} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.250 \text{ kg} \times (9.8 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$= 12.005 \text{ J}$$

$$\text{এখনে, } m = 250 \text{ g} = 0.250 \text{ kg}$$

$$v' = 9.8 \text{ m s}^{-1}$$

দেখা যাচ্ছে, ভূমি স্পর্শ করার মুহূর্তে আমটির মধ্যকার মোট শক্তি ঝুলত অবস্থার মোট শক্তির সমান। অতএব, পাথরের আঘাতে আমটি ঝুলচাত হলে ভূমি স্পর্শ করার পূর্ব মুহূর্তেও আমটির মধ্যকার শক্তির কোনো পরিবর্তন ঘটবে না।

ধরি,

$$E = \text{পাথর ছোঢ়ার শক্তি}$$

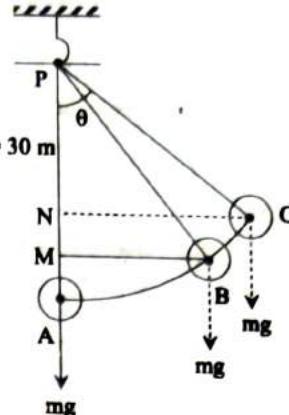
$$m = \text{আমটির ভর}$$

$$v = \text{পাথর ছোঢ়ার বেগ}$$

$$= 9.8 \text{ m s}^{-1}$$

$$h = \text{আমটির উচ্চতা} = ?$$

নিচের চিত্রটি দেখ কর :



ক. এক জুল কাজ কাকে বলে?

খ. 'এক ব্যক্তি একটি বিশাল ভবনকে ধাকা দিছে' – এতে কোনো কাজ সম্পাদিত হবে কি-না ব্যাখ্যা কর।

গ. ভূমি হতে কত উচ্চতায় বৰটির বিভবশক্তি গতিশক্তির অর্ধেক হবে?

ঘ. A, B, C বিন্দুতে যান্ত্রিক শক্তি অভিন্ন হবে কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার উভয়ের যথার্থতা যাচাই কর।

[অনুলিপনীর পৃষ্ঠা ৫]

## ২৪নং পথের উভয়

**ক** এক নিউটন বল প্রয়োগে কোনো বস্তুর 1 m সরণ হলে যে কাজ হয় তাকে 1 জুল কাজ বলে।

**খ** আমরা জানি, কাজ,  $W = \text{বল} \times \text{বলের দিকের সরণের উপাংশ}$ । এক ব্যক্তি কোনো বিশাল ভবনকে ধাকা দিলে ভবনের উপর বল প্রয়োগ হয়। কিন্তু, এতে ভবনের কোনো সরণ ঘটে না। সরণ না ঘটায় এক্ষেত্রে কোনো কাজ সম্পাদিত হবে না।

**গ** ধরি,  $x$  উচ্চতায় বিভবশক্তি গতিশক্তির অর্ধেক হবে।

উদ্দিষ্ট হতে, মোট উচ্চতা,  $PA = h = 30 \text{ m}$

$x$  উচ্চতায় বস্তুর বিভবশক্তি,  $U = mgx$  হিসুগ হবে

$$\therefore x \text{ উচ্চতায় বস্তুর গতিশক্তি, } k = 2U = 2mgx$$

$$h \text{ উচ্চতায় মোট শক্তি, } E = mgh$$

আমরা জানি,

$$K + U = E$$

$$\text{বা, } 2mgx + mgx = mgh$$

$$\text{বা, } 3mgx = mgh$$

$$\text{বা, } x = \frac{h}{3} = \frac{30 \text{ m}}{3} = 10 \text{ m}$$

সূতরাং 10 m উচ্চতায় বিভবশক্তি গতিশক্তির অর্ধেক হবে।

**ঘ** সরল দোলকটির ক্ষেত্রে A, B ও C বিন্দুতে মোট যান্ত্রিক শক্তি সমান হবে। নিচে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে এটি যাচাই করা হলো— উদ্দীপকে PA একটি সরল দোলক যার ববের ভর  $m$  এবং এই স্থানের অভিকর্তীয় ভূরণ  $g$ . ফলে দোলকটির উপর অভিকর্তীয় বল  $mg$  থাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করে।

দোলকটি দোলনের সময় সাম্যাবস্থান A হতে সর্বোচ্চ বিন্দু C-তে পৌঁছলে ক্ষণিকের জন্য যেমেন পতির নিক পরিবর্তন করে। C বিন্দুতে ববের বেগ শূন্য এবং থাড়া AN দূরত্ব (উচ্চতা) অভিক্রম করে।

C অবস্থানে দোলকটির স্থিতিশক্তি,  $U_c = mg \times AN = mgh$   $\quad [ \because AN = h ]$

গতিশক্তি,  $K_c = 0 \quad [ \because বেগ v_c = 0 ]$

$$\text{যান্ত্রিক শক্তি } E_c = U_c + K_c = mgh + 0 = mgh \quad \dots \quad (1)$$

দোলকটি কিন্তু সময় পর B বিন্দুতে আসল।

ধরি, B বিন্দুতে ববের বেগ  $v_B$  এবং খাড়া উচ্চতা AM  
B অবস্থানে দোলকটির, স্থিতিশক্তি  $U_B = mg \times AM$

$$\text{গতিশক্তি, } K_B = \frac{1}{2} mv_B^2 = \frac{1}{2} m (v_c^2 + 2g \times NM)$$

এখানে,  $v_c = 0$  এবং অতিক্রান্ত দূরত্ব  $= NM$  [উদ্ধীপকের চিত্রানুসারে]

$$\therefore k_B = \frac{1}{2} m (2g \cdot NM)$$

$$= mg (AN - AM) \quad \dots \dots \dots (2)$$

যান্ত্রিক শক্তি,  $E_B = U_B + K_B = mg \cdot AM + mg AN - mg AM$

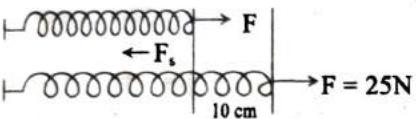
$$\therefore E_B = mgAN = E_C = mgh \quad \dots \dots \dots (3)$$

একইভাবে, A বিন্দুতে এবং A এর বাম দিকে বা ডান দিকে যেখানে

বিন্দুতে যান্ত্রিক শক্তি  $mgh$  দেখানো যায় অর্থাৎ মোট শক্তি ধ্রুব।

অতএব উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় A, B ও C বিন্দুতে  
মোট যান্ত্রিক শক্তি সমান।

### প্রয়োগ ১



ক. পরিবর্তী বল কী?

খ. ভরের দূর বস্তুর গতিশক্তি সমান হলে কোনটির  
ভরবেগ বেশি হবে?

গ. উদ্ধীপকের স্প্রিংটিকে 6 cm প্রসারণ ঘটাতে কৃত কাজ  
করতে হবে?

ঘ. স্প্রিংটিকে 12 cm প্রসারিত করতে কৃতকাজ নির্ণয় করা  
সম্ভব কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার  
উত্তরের সত্যতা যাচাই কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৬]

### ২৫নং প্রয়োগ উত্তর

ক. কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বল যদি মানে বা দিকে বা  
উভয়ক্ষেত্রেই পরিবর্তিত হয় তাহলে উক্ত বলই পরিবর্তী বল।

খ. একটি হালকা ও একটি ভারী বস্তুর গতিশক্তি সমান হলে ভারী  
বস্তুর ভরবেগ হালকা বস্তুর ভরবেগ অপেক্ষা বেশি হয় :

ধরা যাক, একটি হালকা বস্তুর ভর ও বেগ যথাক্রমে m ও v এবং  
একটি ভারী বস্তুর ভর ও বেগ যথাক্রমে M ও V।

যেহেতু বস্তু দুটির গতিশক্তি সমান। তাই,

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

$$\text{বা, } mv^2 = MV^2$$

$$\text{বা, } \frac{m^2 v^2}{m} = \frac{M^2 V^2}{M}$$

$$\text{বা, } \frac{(mv)^2}{m} = \frac{(MV)^2}{M}$$

$$\text{বা, } \frac{(MV)^2}{(mv)^2} = \frac{M}{m}$$

$$\text{বা, } \frac{MV}{mv} = \sqrt{\frac{M}{m}} \text{ [বর্গমূল করে]}$$

$$\text{বা, } \frac{MV}{mv} > 1 \quad [\text{কারণ } \frac{M}{m} > 1 \text{ ফলে } \sqrt{\frac{M}{m}} > 1]$$

$$\text{বা, } MV > mv$$

∴ ভারী বস্তুর ভরবেগ হালকা বস্তুর ভরবেগ অপেক্ষা বেশি।

গ. ধরি, কৃতকাজের পরিমাণ W.

আমরা জানি,

$$F = kx_1$$

$$\text{বা, } k = \frac{F}{x_1}$$

$$= \frac{25 \text{ N}}{0.1 \text{ m}} = 250 \text{ Nm}^{-1}$$

উদ্ধীপক থেকে পাই,

$$\text{বল, } F = 25 \text{ N}$$

প্রথম ক্ষেত্রে সরণ,  $x_1 = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$

$$\text{বিত্তীয় ক্ষেত্রে সরণ, } x_2 = 6 \text{ cm} \\ = 0.06 \text{ m}$$

$$\text{আবার কৃতকাজ, } W = \frac{1}{2} kx_2^2 = \frac{1}{2} \times 250 \text{ N m}^{-1} \times (0.06 \text{ m})^2 = 0.45 \text{ J}$$

সুতরাং উদ্ধীপকের স্প্রিংটিকে 6 cm প্রসারণ ঘটাতে 0.45 J কাজ  
করতে হবে।

ঘ. স্প্রিংটিকে 12 cm প্রসারিত করতে কৃতকাজ নির্ণয় করা সম্ভব।

বিশেষণ : 'গ' নং থেকে পাই, স্প্রিং ধ্রুবক,  $k = 250 \text{ N m}^{-1}$

স্প্রিংটিকে প্রথম 10 cm সরাতে কৃতকাজ  $W_1$  হলে,

$$W_1 = \frac{1}{2} kx_1^2$$

এখানে,

$$x_1 = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$$

$$= \frac{1}{2} \times 250 \text{ N m}^{-1} \times (0.1 \text{ m})^2 = 1.25 \text{ J}$$

এখানে,

$$x_2 = 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m}$$

∴ স্প্রিংটিকে 12 cm সরাতে কৃতকাজ  $W$  হলে,

$$W = W_1 + W_2 = (1.25 + 0.05) \text{ J} = 1.3 \text{ J}$$

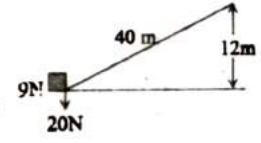
অতএব, স্প্রিংটিকে 12 cm প্রসারিত করতে কৃতকাজ 1.3 J।

### প্রয়োগ ২

একটি আনত তল বরাবর

20 N ওজনের একটি বস্তুর উপর 9 N

বল প্রয়োগ করে বস্তুটিকে উপরে তোলা



হচ্ছে, যা চিত্রে দেখানো হলো।

ক. ক্ষমতা কাকে বলে?

খ. কোনো স্প্রিং-এর স্প্রিং ধ্রুবক  $125 \text{ Nm}^{-1}$  বলতে কী বুঝ?

গ. উদ্ধীপক অনুসারে সর্বনিয়ন্ত্রিত বিন্দুতে বিভব শক্তি

নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্ধীপকটি শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি মেনে চলে

কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার উত্তরের

সত্যতা যাচাই কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৭]

### ২৬নং প্রয়োগ উত্তর

ক. কোনো উৎস বা সিস্টেম একক সময়ে যে কাজ সম্পাদন করে  
তাকে তার ক্ষমতা বলে।

খ. কোনো স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক  $125 \text{ N m}^{-1}$  এর অর্থ হলো,  
স্প্রিংটির দৈর্ঘ্য 1m বাড়াতে বা 1 m সংকৃতি করতে স্প্রিংটির দৈর্ঘ্য  
বরাবর  $125 \text{ N}$  বল প্রয়োগ করতে হয়।

গ. এখানে, বস্তুর ওজন,  $W = mg = 20 \text{ N}$

সর্বনিয়ন্ত্রিত বিন্দুতে উচ্চতা,  $h_1 = 0$

সর্বোচ্চ বিন্দুতে উচ্চতা,  $h_2 = 12 \text{ m}$

∴ সর্বনিয়ন্ত্রিত বিভব শক্তি  $= mgh = 20 \text{ N} \times 0 = 0$

সর্বোচ্চ বিন্দুতে বিভব শক্তি  $= mgh_2 = 20 \text{ N} \times 12 \text{ m} = 240 \text{ J}$

অতএব, উদ্ধীপক অনুসারে সর্বনিয়ন্ত্রিত বিন্দুতে বিভব শক্তির  
মান যথাক্রমে 0 ও 240 J।

য) এখানে, বস্তুর ওজন,  $W = mg = 20 \text{ N}$

এখন,  $AD = 12 \text{ m}$

$AC = 40 \text{ m}$

$$\therefore \sin \theta = \frac{AD}{AC} = \frac{12}{40}$$

$$\text{বা, } \theta = \sin^{-1} \frac{12}{40} = 17.46^\circ$$

এখন, সর্বোচ্চ বিন্দু A তে বস্তুর বেগ,  $v = 0$

$$\therefore A \text{ বিন্দুতে বস্তুর গতিশক্তি} = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times m \times 0 = 0$$

আবার, A বিন্দুতে বস্তুর বিভিন্ন শক্তি =  $mgh$

$$= 20 \text{ N} \times 12 \text{ m} = 240 \text{ J}$$

$$\therefore A \text{ বিন্দুতে বস্তুর মোট শক্তি} = 0 + 240 \text{ J} = 240 \text{ J}$$

এখন, B বিন্দুতে বস্তুর বেগ  $v$  হলে,

$$v^2 = 0 + 2 \times g \sin \theta \times AB.$$

$$= 2g \times \frac{AF}{AB} \times AB$$

$$= 2g \times AF = 2g(AD - FD) = 2g(AD - BE)$$

$$B \text{ বিন্দুতে গতিশক্তি} = \frac{1}{2} mv^2$$

$$= \frac{1}{2} m \times 2g(AD - BE) = mg(AD - BE)$$

$$B \text{ বিন্দুতে বিভিন্ন শক্তি} = mg \times BE$$

$$\therefore B \text{ বিন্দুতে মোট শক্তি} = mg \times BE + mg(AD - BE)$$

$$= mg \times AD = 20 \text{ N} \times 12 \text{ m}$$

$$= 240 \text{ J} = A \text{ বিন্দুতে মোট শক্তি}$$

অতএব, উভাপকে শক্তির সংরক্ষণশীলতা পালিত হয়।

**প্রয়োগ ১:** স্থির অবস্থা থেকে  $40 \text{ kg}$  ভর বিশিষ্ট কোনো বস্তু একটি নিমিট দিকে বলের ক্রিয়ার ফলে  $2\text{s}$  বাদে  $15 \text{ m s}^{-1}$  বেগ অর্জন করে।

ক. ঘর্ষণ বল কোন ধরনের বল?

১

খ. কোনো যন্ত্রে 100% কর্মদক্ষ নয় কেন?

২

গ. বস্তুটির উপর প্রযুক্ত বল নির্ণয় কর।

৩

ঘ.  $4 \text{ s}$  পর বস্তুটির গতি শক্তি নির্ণয় করা সম্ভব কি-না?

৪

গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার উত্তরের সত্যতা যাচাই কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৮]

### ২৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক. ঘর্ষণ বল ছারা কৃতকাজ সম্পর্কে পুনরুদ্ধার করা যায় না বলে ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল বল।

খ) উপরোক্ত সরীকরণ প্রকাশ করে যে, কোনো যন্ত্রে 100 ডাগ দক্ষতা নিয়ে কাজ করতে পারে না। যন্ত্র যে পরিমাণ কাজ করার জন্য তৈরি করা হয়, যন্ত্র সেই কর্মদক্ষতা নিয়ে কাজ করতে সমর্থ হয় না। যান্ত্রিক এবং কারিগরি ত্রুটি ও সীমাবদ্ধতার কারণে শক্তির অপচয় ঘটে। অর্থাৎ কোনো যন্ত্রের কর্মদক্ষতা 100% পাওয়া যায় না।

গ) এখানে, বস্তুর ভর,  $m = 40 \text{ kg}$

আদিবেগ,  $u = 0 \text{ m s}^{-1}$

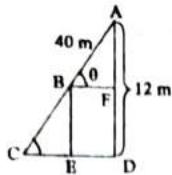
শেষ বেগ,  $v = 15 \text{ m s}^{-1}$

সময়,  $t = 2 \text{ s}$

$$\text{এখন, ত্বরণ } a \text{ হলে, } a = \frac{v - u}{t} = \frac{15 \text{ m s}^{-1} - 0 \text{ m s}^{-1}}{2 \text{ s}} = 7.5 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{প্রযুক্ত বল } F \text{ হলে, } F = ma = 40 \text{ kg} \times 7.5 \text{ m s}^{-2} = 300 \text{ N}$$

অতএব, বস্তুটির উপর প্রযুক্ত বল  $300 \text{ N}$



য) এখানে, বস্তুর ভর,  $m = 40 \text{ kg}$

সময়,  $t = 4 \text{ s}$

ত্বরণ,  $a = 7.5 \text{ m s}^{-2}$  [গ নং থেকে]

আদিবেগ,  $u = 0$

এখন,  $4 \text{ s}$  পর বেগ  $v$  হলে,  $v = u + at$

$$= 0 + 7.5 \text{ m s}^{-2} \times 4 \text{ s} = 30 \text{ m s}^{-1}$$

$$\therefore 4 \text{ s} \text{ পর বস্তুটির গতিশক্তি, } E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 40 \text{ kg} \times (30 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$= 18000 \text{ J} = 1.8 \times 10^4 \text{ J}$$

অতএব,  $4 \text{ s}$  পর বস্তুটির গতিশক্তি  $1.8 \times 10^4 \text{ J}$ ।

**প্রয়োগ ২:** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ৯ এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ১-এর উত্তর দ্রুটিব্য।

**প্রয়োগ ৩:** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১০ এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ২-এর উত্তর দ্রুটিব্য।

**প্রয়োগ ৪:** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১১ এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ৩-এর উত্তর দ্রুটিব্য।

**প্রয়োগ ৫:** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১২ এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ৪-এর উত্তর দ্রুটিব্য।

**প্রয়োগ ৬:** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১৩ এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ৫-এর উত্তর দ্রুটিব্য।

**প্রয়োগ ৭:** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১৪ এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ৬-এর উত্তর দ্রুটিব্য।

**প্রয়োগ ৮:** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১৫ এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ৭-এর উত্তর দ্রুটিব্য।

**প্রয়োগ ৯:** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১৬ এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ৮-এর উত্তর দ্রুটিব্য।

**প্রয়োগ ১০:** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১৭ এর উত্তরের জন্য ৩৬১ পৃষ্ঠার ৩ নং (জ্ঞানমূলক), ৩৬৩ পৃষ্ঠার ১ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ৩২০ পৃষ্ঠার সৃজনশীল প্রশ্ন ১৩-এর গ, ঘ উত্তর দ্রুটিব্য।

**প্রয়োগ ১১:** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১৮ এর উত্তরের জন্য ৩৬১ পৃষ্ঠার ৪ নং (জ্ঞানমূলক), ৩৬৩ পৃষ্ঠার ৩ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ৩২১ পৃষ্ঠার সৃজনশীল প্রশ্ন ১৪-এর গ, ঘ উত্তর দ্রুটিব্য।

**প্রয়োগ ১২:** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১৯ এর উত্তরের জন্য ৩৬২ পৃষ্ঠার ৫ নং (জ্ঞানমূলক), ৩৬৩ পৃষ্ঠার ৪ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ৩২১ পৃষ্ঠার সৃজনশীল প্রশ্ন ১৫-এর গ, ঘ উত্তর দ্রুটিব্য।

**প্রয়োগ ১৩:** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ২০ এর উত্তরের জন্য ৩৬২ পৃষ্ঠার ৬ নং (জ্ঞানমূলক), ৩৬৩ পৃষ্ঠার ৫ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ৩২২ পৃষ্ঠার সৃজনশীল প্রশ্ন ১৬-এর গ, ঘ উত্তর দ্রুটিব্য।

**প্রয়োগ ১৪:** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ২১ এর উত্তরের জন্য ৩৬২ পৃষ্ঠার ৮ নং (জ্ঞানমূলক), ৩৬৩ পৃষ্ঠার ৭ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ৩২৩ পৃষ্ঠার সৃজনশীল প্রশ্ন ১৮-এর গ, ঘ উত্তর দ্রুটিব্য।

**প্রয়োগ ১৫:** অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ২২ এর উত্তরের জন্য ৩৬২ পৃষ্ঠার ৯ নং (জ্ঞানমূলক), ৩৬৩ পৃষ্ঠার ৮ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ৩২৪ পৃষ্ঠার সৃজনশীল প্রশ্ন ১৯-এর গ, ঘ উত্তর দ্রুটিব্য।

## চ. আমির হোসেন খান, মোহাম্মদ ইসলাম ও চ. মো. নজরুল ইসলাম স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রথম ও উভয়

এক ব্যক্তি 30 m উচ্চতাবিশিষ্ট একটি বিভিন্নয়ের ছাদ থেকে m ভরের একটি বস্তুকে নিচে ফেলে দিল। ধরা যাক, বস্তুটি বাধাইনভাবে নিচে পড়ল।

ক. গতিশক্তি কী?

খ. সংরক্ষণশীল বলকে কী কী বৈশিষ্ট্যের দ্বারা অসংরক্ষণশীল বল থেকে আলাদা করা যায়?

গ. বস্তুটির ভর 20 g হলে তৃপ্তি স্পর্শ করার পূর্ব মুহূর্তে এর গতিশক্তি কী হবে?

ঘ. উচীপকে বস্তুটি যান্ত্রিক শক্তির নিয়তা মেনে চলে কি? যুক্তি উপস্থাপন করে ব্যাখ্যা কর।

[অনুশীলনীর প্রথম]

### ৪২নং প্রশ্নের উত্তর

কোনো গতিশীল বস্তু তার নিজস্ব গতির অন্য যে শক্তির অধিকারী হয় তাই গতিশক্তি।

ক. সংরক্ষণশীল বলকে নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্যের দ্বারা অসংরক্ষণশীল বল থেকে আলাদা করা যায়—

১. সংরক্ষণশীল বল শুধু অবস্থানের উপর নির্ভর করে।
২. এ বল দ্বারা কৃতকাজ সম্পূর্ণরূপে পুনরুৎপাদন করা যায়।
৩. এ বল দ্বারা কৃতকাজ পথের উপর নির্ভর করে না।
৪. এ বল যান্ত্রিক শক্তির নিয়তা সূত্র মেনে চলে।

গ. ধরি, তৃপ্তি স্পর্শ করার পূর্ব মুহূর্তে বস্তুর গতিশক্তি K এবং বস্তুর বেগ v।

আমরা জানি, পড়ত বস্তুর ক্ষেত্রে,

$$v^2 = u^2 + 2gh \\ = 0 + 2 \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 30 \text{ m}$$

বা,  $v^2 = 588 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$   
আবার, গতিশক্তি,

$$\begin{aligned} \text{উচীপক অনুযায়ী,} \\ \text{বিভিন্নয়ের উচ্চতা, } h = 30 \text{ m} \\ \text{বস্তুর ভর, } m = 20 \text{ g} = 0.02 \text{ kg} \\ \text{আদিবেগ, } u = 0 \\ \text{অভিকর্ষজ ত্বরণ, } g = 9.8 \text{ m s}^{-2} \end{aligned}$$

$$K = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.02 \text{ kg} \times 588 \text{ m}^2 \text{s}^{-2} = 5.88 \text{ J}$$

সুতরাং তৃপ্তি স্পর্শ করার পূর্বমুহূর্তে গতিশক্তি 5.88 J।

ঘ. উচীপকের বস্তুটি যান্ত্রিক শক্তির নিয়তা মেনে চলে কি-না তা নিচে গাণিতিক বিশ্লেষণ করে যুক্তি সহকারে উপস্থাপন করা হলো—

বস্তুর ভর,  $m = 20 \text{ g} = 0.02 \text{ kg}$

ছাদের উচ্চতা,  $h = 30 \text{ m}$

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

বিভিন্নয়ের ছাদের উচ্চতায় অর্ধাংশ

অবস্থানে বস্তুটির বিভব শক্তি

$U_A$  হলে,

$$U_A = mgh = 0.02 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 30 \text{ m} = 5.88 \text{ J}$$

A অবস্থানে বস্তুর বেগ শূন্য হলে গতিশক্তি,  $K_A = 0$

∴ A অবস্থানে মোট যান্ত্রিক শক্তি,  $E_A = U_A + K_A = 5.88 \text{ J} + 0$

∴  $E_A = 5.88 \text{ J}$

$$B \text{ অবস্থানে বস্তুর উচ্চতা} = h - x = (30 - x) \text{ m}$$

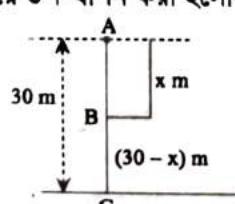
$$\begin{aligned} B \text{ অবস্থানে বস্তুর বিভব শক্তি, } U_B &= mg(h - x) \\ &= 0.02 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \\ &\quad \times (30 - x) \text{ m} \\ &= 5.88 \text{ J} - 0.196x \end{aligned}$$

$$B \text{ বিন্দুতে বস্তুর গতিশক্তি, } K_B = \frac{1}{2} mv^2$$

আমরা জানি,  $v^2 = u^2 + 2gx$

$$\text{বা, } v^2 = 0^2 + 2gx = 2gx \quad [\because \text{আদিবেগ, } u = 0]$$

∴ B অবস্থানে বস্তুর গতিশক্তি,



$$K_B = \frac{1}{2} \times 0.02 \text{ kg} \times 2gx$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.02 \text{ kg} \times 2 \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times x = 0.196x$$

B অবস্থানে বস্তুর মোট যান্ত্রিক শক্তি,

$$E_B = U_B + K_B = 5.88 \text{ J} - 0.196x + 0.196x = 5.88 \text{ J}$$

C অবস্থানে বস্তুর সকল বিভব শক্তিই গতিশক্তিতে বৃপ্তরিত হয় বলে,  $U_c = 0$

'গ' হতে পাই, C অবস্থানে অর্ধাংশ ভূমি স্পর্শ করার পূর্ব মুহূর্তে বস্তুর গতিশক্তি,  $K_c = 5.88 \text{ J}$

C অবস্থানে মোট যান্ত্রিক শক্তি,  $E_c = U_c + K_c = 0 + 5.88 \text{ J}$

∴  $E_c = 5.88 \text{ J}$

A, B ও C অবস্থান হতে দেখা যায় যে,  $E_A = E_B = E_c$

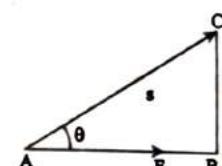
যেহেতু সকল অবস্থানে বস্তুর যান্ত্রিক শক্তি সমান সেহেতু বস্তুর যান্ত্রিক শক্তির নিয়তা সূত্র মেনে চলছে।

ক. বিন্দুতে কোনো বস্তুর ওপর AB

অভিযুক্ত F পরিমাণ বল প্রয়োগ করায় বস্তুটি

বলের অভিযুক্তের সাথে O কোণ উৎপন্ন করে।

পরিমাণ দ্রব্যে সরে C বিন্দুতে পৌছাল।



ক. অসংরক্ষণশীল বল কী?

খ. বলের দ্বারা কাজ বলতে কী বুঝায়?

গ.  $F = 20 \text{ N}$ ,  $s = 50 \text{ m}$  এবং কৃত কাজের পরিমাণ  $500 \text{ J}$  হলে F ও s এর অন্তর্ভুক্ত কোণ নির্ণয় কর।

ঘ. O এর মান কীবৃপ্ম হলে বলের দ্বারা কাজ ও বলের বিরুদ্ধে কাজ হয় বিশ্লেষণ কর।

[অনুশীলনীর প্রথম]

### ৪৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বল দ্বারা সূচ্য ক্ষেত্রে অবস্থিত একটি বস্তুকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে এ বল দ্বারা কৃত কাজ যদি শূন্য না হয়, তাহলে তাকে অসংরক্ষণশীল বল বলে। যেহেতু বর্ষণ বল, সান্দে বল ইত্যাদি।

ব. বল প্রয়োগ করার ফলে যদি বলের প্রয়োগ বিন্দু বলের ক্রিয়া অভিযুক্ত সরে যায় বা বলের দিকে সরণের ধনায়ক উপাংশ থাকে, তাহলে বলের দ্বারা কাজ হয়েছে বুঝায়। বলের দ্বারা কাজই ধনায়ক কাজ। উদাহরণ : কোনো বস্তুকে উপর থেকে নিচে ফেলে দিলে বস্তুটি অভিকর্ষ বলের প্রভাবে নিচে পড়বে। একেতে অভিকর্ষ বলের দ্বারা কাজ হয়েছে বুঝায়। সুতরাং এটি একটি ধনায়ক কাজ।

ঘ. ধরি, F ও s এর অন্তর্ভুক্ত কোণ θ

উচীপক অনুসারে,  $F = 20 \text{ N}$ ;  $s = 50 \text{ m}$

এবং কৃতকাজ,  $W = 500 \text{ J}$

আমরা জানি,  $W = Fs \cos \theta$

$$\text{বা, } \cos \theta = \frac{W}{Fs} = \frac{500 \text{ J}}{20 \text{ N} \times 50 \text{ m}}$$

বা,  $\cos \theta = 0.5$

$$\text{বা, } \theta = \cos^{-1}(0.5) = 60^\circ$$

অতএব, F ও s এর অন্তর্ভুক্ত কোণ  $60^\circ$ ।

ঘ. উচীপকের ঠিকে বস্তুটির উপর AB অভিযুক্ত F পরিমাণ বল প্রয়োগ করার ফলে বস্তুটি বলের অভিযুক্তের সাথে O কোণ উৎপন্ন করে। পরিমাণ দ্রব্যে সরে C বিন্দুতে পৌছাল।

তাহলে বলের ক্রিয়ারেখা বরাবর বস্তুর সরণ =  $AB = s \cos \theta$  [ $\because BC \perp AB$ ]

∴ কৃতকাজ,  $W = \text{বলের মান} \times \text{বলের ক্রিয়ারেখা বরাবর সরণের মান} = F \times s$   
 $\cos \theta = Fs \cos \theta$

এখানে, (i)  $\theta = 0^\circ$  হলে, অর্থাৎ বলের দিকে যথন কর্তৃর সরণ হয়, তখন  $W = Fs$   
 $\cos 0^\circ = Fs$  [ $\because \cos 0^\circ = 1$ ]

এখানে কাজ ধনাত্মক। একটি কাণ্ডাকোণ হলে বলের ধারা কাজ হয়।  
(ii)  $\theta = 180^\circ$  হলে অর্থাৎ, বলের বিপরীতে যথন কর্তৃর সরণ হয়, তখন  $W = Fs \cos 180^\circ = -Fs$  [ $\because \cos 180^\circ = -1$ ]  
এখানে, কাজ বশাত্মক। সুতরাং  $\theta$  এর মান  $180^\circ$  হলে বলের বিপুলে কাজ হয়।

স্প্রিং নিত মেলা থেকে স্প্রিং লাগানো একটি খেলনা গাড়ি কিমে আনল।  
স্প্রিং-এ দম দিয়ে সে গাড়িটি ছেড়ে দিল এবং গাড়িটি কিছুদূর গিয়ে থেমে গেল।

ক. স্প্রিং ধ্বনি কী? ১

ব. স্প্রিং-এ দম দিলে গাড়িটি চলে কেন ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উল্লেখভাবে বুলত একটি স্প্রিং-এর নিচের প্রান্তে 500 g  
তর যুক্ত করায় স্প্রিংটির দৈর্ঘ্য  $0.15\text{ m}$  বৃদ্ধি পেল।  
সজ্জিত স্থিতিশক্তির পরিমাণ বের কর। ৩

ঘ. স্প্রিংটির স্প্রিং ধ্বনি  $100\text{ Nm}^{-1}$  হলে দেখাও যে,  
স্প্রিংটির যুক্ত প্রান্তে সম পরিমাণ ও সংকোচনে স্প্রিং  
বলের বিপুলে একই পরিমাণ কাজ করতে হয়। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৩]

### ৩ ৪৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো স্প্রিং-এর মুক্তপ্রাণের একক সরণ ঘটালে স্প্রিংটি সরণের বিপরীত দিকে যে বল প্রয়োগ করে সেই বলই ঐ স্প্রিং-এর স্প্রিং ধ্বনি।

ব. স্প্রিং-এ দম দিলে গাড়িটি চলে।

কারণ: সাধারণত খেলনার গাড়িতে স্প্রিং লাগানো থাকে। এ স্প্রিং-এ দম দিলে তা আকারে ছোট হয়। এ আকার পরিবর্তনের জন্য খেলনাটি কাজ করে যা স্থিতিশক্তির প্রয়োগ স্প্রিং-এ সজ্জিত হয়। দম ছেড়ে দিলে স্প্রিং-এর প্যাচ বুলে পুনরায় পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসে। স্প্রিং-এর সাথে খেলনার চাকা লাগানো থাকে। ফলে চাকা ঘূরতে থাকে অর্থাৎ স্প্রিং-এর স্থিতিশক্তির দরুন গাড়িটি চলতে কাজ করে।

গ. ধরি, স্প্রিং এ সজ্জিত স্থিতিশক্তির পরিমাণ  $W$  এবং স্প্রিং ধ্বনি  $k$  উচ্চীপক হতে, স্প্রিং-এ যুক্ত তর,  $m = 500\text{ g} = 0.5\text{ kg}$

এবং দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি,  $x = 0.15\text{ m}$

আমরা জানি,  $F = kx$

বা,  $mg = kx$

$\therefore$  কর্তৃটির ভারে স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়, তাই বল,  $F = mg$

$$\text{বা, } k = \frac{mg}{x} = \frac{0.5\text{ kg} \times 9.8\text{ m s}^{-2}}{0.15\text{ m}} = 32.67\text{ N m}^{-1}$$

$$\text{আবার, সজ্জিত স্থিতিশক্তি, } W = \frac{1}{2} kx^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 32.67\text{ N m}^{-1} \times (0.15\text{ m})^2 = 0.37\text{ J}$$

অতএব, স্প্রিং-এ সজ্জিত স্থিতিশক্তির পরিমাণ  $0.37\text{ J}$ ।

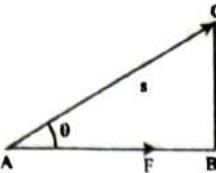
ঘ. ধরি, স্প্রিংটির সংকোচন ও প্রসারণের পরিমাণ  $= x$  একক  
স্প্রিং ধ্বনি,  $k = 100\text{ Nm}^{-1}$

$$\text{স্প্রিং সংকোচনে কৃতকাজ, } W_1 = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} \times 100 \times x^2 = 50x^2\text{ J}$$

$$\text{স্প্রিং প্রসারণে কৃতকাজ, } W_2 = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} \times 100 x^2 = 50x^2\text{ J}$$

$$\therefore W_1 = W_2$$

অতএব, স্প্রিংটির মুক্তপ্রাণে সমপরিমাণ প্রসারণ ও সংকোচনে স্প্রিং  
বলের বিপুলে একই পরিমাণ কাজ হবে।



১. ২০০০ kg ভরের একটি গাড়ি ভূমির সাথে  $30^\circ$  কোণে  
আনত একটি ঢালু রাস্তায়  $16\text{ ms}^{-1}$  বেগে নিচে নামছে।  $50\text{ m}$  দূরে  
অপর একটি স্থির গাড়ি দেখে এর চালক ত্রৈক চেপে দিল।

ক. কাজ শক্তির উপপাদ্যটি কী?

খ. কী কী শর্তে বল ধারা কাজ হয় না?

গ. গাড়িটি  $40\text{ m}$  দূরে ধারাতে হলে কী পরিমাণ গতি  
প্রতিরোধ বল গাড়িটিতে প্রয়োগ করতে হবে?

ঘ. গাড়িটিকে ত্রৈক চেপে  $1500\text{ N}$  গতি প্রতিরোধকারী  
বল উৎপন্ন করার ঠিক পূর্ব মুহূর্তে  $150\text{ kg}$  ভরের  
একটি বল গাড়ি থেকে ছিটকে পড়ে গেলে স্থির  
গাড়িটির সাথে সংঘর্ষ এড়ানো সম্ভব হতো কী?  
—গাণিতিকভাবে বিবেচণ কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৪]

### ৪ ৪৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কার্য-শক্তি উপপাদ্যটি হলো— কোনো কর্তৃর উপর ক্রিয়ারত স্থির  
বল ধারা সম্পাদিত কাজ কর্তৃর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

খ. আমরা জানি,

কাজ = বল  $\times$  বলের দিকে সরণের উপাংশ  $W = FS \cos \theta$   
যদি  $\theta = 90^\circ$  হয় তাহলে  $W = FS \cos 90^\circ = FS \times 0 = 0$

আবার, যদি বলের প্রয়োগ বিন্দুর সরণ না ঘটে অর্থাৎ  $S = 0$  হলে  
কাজের পরিমাণ শূন্য হয়।

গ. ধরি, গতি প্রতিরোধকারী বলের মান,  $F$

অভিকর্ষীয় বল,  $mg$  এবং তল

বরাবর অংশক =  $mg \sin \theta$

এই বলের বিপরীতে গতি প্রতিরোধী  
বল  $F$  ক্রিয়া করবে।

বল বর্যের লব্ধি =  $F - mg \sin 30^\circ$

কাজশক্তি উপপাদ্য অনুযায়ী,

আমরা জানি,

$$\frac{1}{2} mv_0^2 = (F - mg \sin 30^\circ) \times s$$

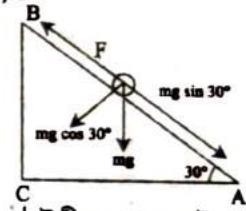
$$\text{বা, } \frac{1}{2} \times 2000\text{ kg} \times (16\text{ m s}^{-1})^2 = (F - 2000\text{ kg} \times 9.8\text{ m s}^{-2} \times \sin 30^\circ) \times 50\text{ m}$$

$$\text{বা, } 1000\text{ kg} \times 256\text{ (ms}^{-1})^2 = (F - 9800\text{ kg ms}^{-2}) \times 50\text{ m}$$

$$\text{বা, } F - 9800\text{ kg ms}^{-2} = \frac{1000\text{ kg} \times 256\text{ (ms}^{-1})^2}{50}$$

$$\text{বা, } F = (5120 + 9800)\text{ N} = 14920\text{ N}$$

অতএব, গতি প্রতিরোধী বলের মান =  $14920\text{ N}$ ।



উচীপক হতে পাই,  
গাড়ির ভর,  $m = 2000\text{ kg}$   
আদিবেগ,  $v_0 = 16\text{ m s}^{-1}$

সরণ,  $s = 50\text{ m}$

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

গ. কর্তৃর বেগ  $v$  হলে, গতিশক্তি,  $E_k = \frac{1}{2} mv^2$

$$\text{বা, } v^2 = \frac{2E_k}{m} \dots\dots\dots(1)$$

আবার,  $F = ma$

$$\text{বা, } m = \frac{F}{a} \dots\dots\dots(2)$$

আবার,  $v^2 = v_0^2 + 2as$

$$\text{বা, } v^2 = 2as \dots\dots\dots(3)$$

$$(1) \text{ নং এবং (2) নং হতে, } v^2 = \frac{2E_k}{m}$$

$$\therefore v^2 = \frac{2E_k \times a}{F} \dots\dots\dots(4)$$

(2) এবং (4) নং হতে পাই,

$$2as = \frac{2E_k \times a}{F}$$

$$\text{বা, } s = \frac{E_k}{F} \dots\dots\dots(5)$$

আমরা জানি, গতিশীল কর্তৃর ভরের পরিবর্তন করা হলে এর  
ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হয় না।

$$\therefore m_1 v_1 = m_2 v_2$$

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

$$= \frac{2000 \text{ kg} \times 16 \text{ ms}^{-1}}{1850} = 17.3 \text{ ms}^{-1}$$

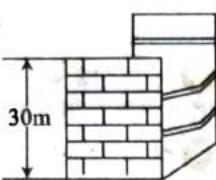
(৫) হতে পাই,

$$s = \frac{\frac{1}{2} m_2 v_2^2}{F} = \frac{\frac{1}{2} \times 1850 \times (17.3 \text{ ms}^{-1})^2}{1500} = 184.56 \text{ m}$$

অর্থাৎ খিল পাড়ি থেকে আরও  $(184.56 - 50)$  m বা  $134.56 \text{ m}$  দূরে যাবে।

সংৰক্ষ এডানো সন্দৰ্ভ নয়।

**প্ৰয়োগ** লোহাগড়া আদৰ্শ কলেজের বিভাগের ছাত্ৰ রাফি তাৰ কলেজের 30 m উচ্চতাৰিক্ষিত সাইল বিভিন্নৰে ছাদ থেকে কৌতুহলবশত 1 kg ভৱের একটি পাথৰ নিচে ফেলে দিল। পাথৰটি নিচে পড়াকালীন তাৰ শক্তিৰ নিয়তার সূত্ৰ শৰণ হলো।



ক. যান্ত্ৰিক শক্তি কী?

খ. বলেৰ বিৰুদ্ধে কাজ বলতে কী বুঝায়?

গ. ভূমি থেকে কত উচ্চতায় পাথৰেৰ বিভবশক্তি এৰ গতিশক্তিৰ ছিগুণ?

ঘ. রাফি কীভাৱে শক্তিৰ নিয়তার সূত্ৰ প্ৰমাণ কৰবে? গাণিতিকভাৱে বিশ্লেষণ কৰ।

[অনুশীলনীৰ প্ৰশ্ন ৫]

### ৪৬নং প্ৰয়োগ উচ্চতা

ক. কোনো বস্তুৰ অবস্থান ও গতিৰ কাৰণে এৰ মধ্যে যে শক্তি থাকে তাই যান্ত্ৰিক শক্তি।

খ. বল প্ৰয়োগ কৰাৰ ফলে যদি বলেৰ প্ৰয়োগ বিন্দু বলেৰ ক্ৰিয়াৰ বিপৰীত দিকে সৱে যায় বা বলেৰ দিকে সৱণেৰ ঝণাঝক উপাংশ থাকে, তাহলে বলেৰ বিৰুদ্ধে কাজ হয়েছে বুঝায়।

যেমন- কোনো বস্তুকে মেৰে থেকে টেবিলৰ উপৰ উঠানো হলো। ফলে অভিকৰ্ষ বলেৰ বিৰুদ্ধে বস্তুটি উপৰে উঠবে। এক্ষেত্ৰে অভিকৰ্ষ বলেৰ বিৰুদ্ধে কাজ হয়েছে বুঝায়।

ক. ধৰি, রাফিৰ পাথৰেৰ ভাৰ  $m$  এবং ছাদেৰ উচ্চতা  $h$

মনে কৰি, পাথৰটি  $h$  উচ্চতা থেকে পড়াৰ সময় ভূমি হতে  $x$  উচ্চতায়  $P$  বিন্দুতে এৰ বিভবশক্তি গতিশক্তিৰ ছিগুণ হবে।

$P$  বিন্দুতে পাথৰেৰ বেগ  $v$  হলো,  $v^2 = u^2 + 2gh$

বা,  $v^2 = 0 + 2g(h - x)$  [ $\because$  আদিবেগ,  $u = 0$  এবং  $P$  বিন্দুতে পাথৰটিৰ অতিক্রান্ত দূৰত্ব  $= (h - x)$ ]

বা,  $v^2 = 2g(h - x) \dots \dots \dots (1)$

খ.  $P$  বিন্দুতে পাথৰটিৰ বিভব শক্তি,  $E_p = mgx$

এবং গতিশক্তি,  $E_k = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m \times 2g(h - x) [(1) নং হতে]$   
 $= mg(h - x)$

প্ৰয়োগতে,  $E_p = 2 \times E_k$

বা,  $mgx = 2 \times mg(h - x)$

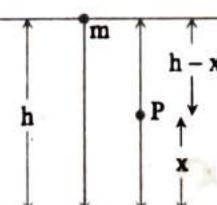
বা,  $x = 2(h - x) = 2h - 2x$

বা,  $3x = 2h$

বা,  $x = \frac{2}{3} h$

যেহেতু ছাদেৰ উচ্চতা,  $h = 30 \text{ m}$ , তাই  $x = \frac{2}{3} \times 30 \text{ m} = 20 \text{ m}$

অতএব, ভূমি হতে  $20 \text{ m}$  উচ্চতায় পাথৰেৰ বিভবশক্তি এৰ গতিশক্তিৰ ছিগুণ হবে।



$$\begin{aligned} \text{এখনে,} \\ m_1 &= 2000 \text{ kg} \\ v_1 &= 16 \text{ ms}^{-1} \\ m_2 &= (2000 - 150) \text{ kg} \\ &= 1850 \text{ kg} \end{aligned}$$

ব. পড়ত বস্তুৰ ক্ষেত্ৰে শক্তিৰ নিয়তাৰ সূত্ৰটি

হলো— অভিকৰ্ষৰ প্ৰভাৱে মৃতভাৱে পড়ত বস্তুৰ ক্ষেত্ৰে সৰসময় বিভব শক্তি ও গতিশক্তিৰ সমষ্টি সমান থাকে। অৰ্থাৎ  $E_p + E_k =$  ধৰক

ধৰি, রাফি তাৰ ফেলে দেওয়া পাথৰটিৰ জন্য A, B, C উচ্চতাৰ  $E_p + E_k =$  ধৰক প্ৰমাণ কৰবে।

খ. বিন্দুৰ জন্য :

A বিন্দুতে পাথৰটিৰ বিভবশক্তি,  $E_p = mgh$

$$= 1 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 30 \text{ m} \\ = 294 \text{ J}$$

B বিন্দুতে বেগ শূন্য বলে গতিশক্তি,  $E_k = \frac{1}{2} mv^2 = 0$

∴ A বিন্দুতে মোট শক্তি  $= E_p + E_k = (294 + 0) \text{ J} = 294 \text{ J}$

C বিন্দুৰ জন্য :

B বিন্দুতে পাথৰটিৰ বিভবশক্তি,  $E_p = mgh$

$$= 1 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 20 \text{ m} \\ = 196 \text{ J}$$

B বিন্দুতে পৌছাতে পাথৰটিৰ বেগ  $v$  হলো  $v^2 = u^2 + 2gh$

$$\text{বা, } v^2 = 0 + 2 \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 10 \text{ m} \quad [\because \text{আদিবেগ, } u = 0]$$

$$\text{বা, } v^2 = 196 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$$

∴ B বিন্দুতে পাথৰটিৰ গতিশক্তি,  $E_k = \frac{1}{2} mv^2$

$$= \frac{1}{2} \times 1 \text{ kg} \times 196 \text{ m}^2 \text{s}^{-2} \\ = 98 \text{ J}$$

∴ B বিন্দুতে মোট শক্তি  $= E_p + E_k = (196 + 98) \text{ J} = 294 \text{ J}$

C বিন্দুৰ জন্য :

C বিন্দুতে পাথৰটিৰ উচ্চতা শূন্য বলে বিভবশক্তি,  $E_p = mgh = 0$

C বিন্দুতে পৌছাতে পাথৰটিৰ বেগ  $v$  হলো,  $v^2 = u^2 + 2gh$

$$\text{বা, } v^2 = 0 + 2 \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 30 \text{ m} \quad [\because \text{আদি বেগ, } u = 0]$$

$$\text{বা, } v^2 = 588 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$$

∴ C বিন্দুতে পাথৰটিৰ গতিশক্তি,  $E_k = \frac{1}{2} mv^2$

$$= \frac{1}{2} \times 1 \text{ kg} \times 588 \text{ m}^2 \text{s}^{-2} \\ = 294 \text{ J}$$

∴ C বিন্দুতে মোট শক্তি  $= E_p + E_k = (0 + 294) \text{ J} = 294 \text{ J}$ .

অতএব, দেখা গৈল, A, B ও C বিন্দুৰ জন্য  $E_p + E_k = 294 \text{ J} =$  ধৰক।

অৰ্থাৎ রাফিৰ ফেলে দেওয়া পাথৰটিৰ জন্য রাফি এভাৱেই শক্তিৰ নিয়তাৰ সূত্ৰ প্ৰমাণ কৰতে পাৰে।

**প্ৰয়োগ** জীবন 25 kg ভৱেৰ একটি বস্তুকে খাড়া 2 m উপৰে তুলল। জীবন বস্তুটিকে 30° কোণে হেলানো একটি মসৃণ তলেৰ ওপৰ দিয়ে ঠেলে সমবেগে 2 m উপৰে তুলল।

ক. প্ৰত্যয়নী বল কী?

খ. বল ও সৱণ ভেটৰ রাখি হওয়া সত্ত্বেও কাজ একটি

কেলাৰ রাখি কেন?

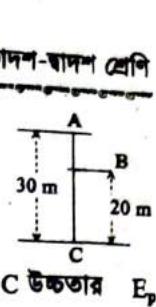
গ. দেখাও যে, বস্তুটিকে তুলতে উভয়কে সমপৰিমাণ কাজ কৰতে হবে।

ঘ. বস্তু ও হেলানো তলেৰ ঘৰণ গুণাঙ্ক 0.2 হলো জীবনকে কি পৱিত্ৰণ কাজ কৰতে হবে?  
—গাণিতিকভাৱে যতামত দাও।

[অনুশীলনীৰ প্ৰশ্ন ৬]

### ৪৭নং প্ৰয়োগ উচ্চতা

ক. কোনো শিখৎকে দৈৰ্ঘ্য বৰাবৰ বিকৃত কৰলে দ্বিতীয়াপক ধৰ্মেৰ দনু প্ৰযুক্ত বলেৰ বিপৰীতে যে বলেৰ উচ্চত হয় তাকে প্ৰত্যয়নী বল বলে।



১) যে সকল রাশির মান এবং দিক উভয়ই আছে তাদেরকে ভেটের রাশি বা দিক রাশি বলে। দুটি ভেটের রাশির ডট গুণন একটি কেলার রাশি এবং ক্রস গুণন ভেটের রাশি হয়। কাজের সংজ্ঞানুসারে আমরা জানি, কাজ হলো সরণের দিকে ঘৰের উপাংশ  $\times$  সরণ অথবা বল  $\times$  বলের দিকে সরণের উপাংশের গুণফল। অর্থাৎ  $W = FS \cos \theta$ । বল ও সরণ উভয়ই দিক রাশি হওয়ায় দিক রাশির কেলার গুণফলের সংজ্ঞানুসারে  $W = \vec{F} \cdot \vec{S}$ । যেহেতু দুটি দিক রাশির কেলার গুণফলের একটি রাশি তাই বল ও সরণের গুণফল একটি কেলার রাশি। যার কেবল মান আছে, দিক নেই।

### ১য় প্রক্রিয়ায় সম্পাদিত কাজ নির্ণয় :

উচ্চীপক হতে পাই, বরুর ভর,  $m = 25 \text{ kg}$

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

অতএব,  $F = mg = 25 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} = 245 \text{ N}$

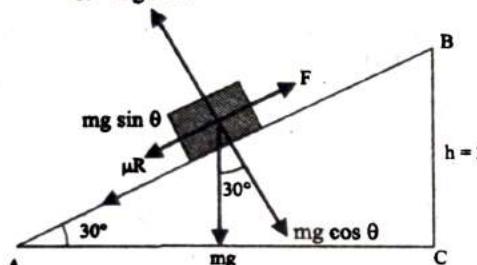
আমরা জানি, কাজ,  $W_1 = Fs \cos \theta$

এখানে,  $\theta = 0^\circ$  এবং  $s = h = 2\text{m}$

$$\therefore W_1 = 245 \text{ N} \times 2 \text{ m} \times \cos 0^\circ = 490 \text{ J}$$

### ২য় প্রক্রিয়ায় সম্পাদিত কাজ নির্ণয় :

$$R = mg \cos \theta$$



ধরি, বক্তৃটিকে  $\theta = 30^\circ$  হেলানো AB তলে টেনে BC = h = 2m উচ্চতায় তুলে।

$$\text{তিনি, } AB \sin \theta = h$$

$$\text{বা, } AB = \frac{2m}{\sin 30^\circ} = \frac{2m}{0.5} = 4 \text{ m}$$

বক্তৃর ওজন  $mg$  এর তলের উপর একটি লম্ব উপাংশ  $mg \cos \theta$ , যা তলের উপর লভভাবে ক্রিয়া করে। অপরাতল  $mg \sin \theta$  যা তলের স্পর্শক বরাবর ক্রিয়া নিচের দিকে নামবার চেষ্টা করে। সুতরাং সমবেগে তল বেয়ে উপরে তুলতে ২য় ক্ষেত্রে বল প্রয়োগ করতে হবে,

$$\begin{aligned} F &= mg \sin \theta \\ &= 25 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times \sin 30^\circ \\ &= 25 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 0.5 \\ &= 122.5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$2য় ক্ষেত্রে সম্পাদিত কাজ  $W_2 = F \times AB$$$

$$= 122.5 \text{ N} \times 4 \text{ m} = 490 \text{ J}$$

$$\therefore W_1 = W_2$$

অতএব, দেখা যায় যে, ১য় ও ২য় প্রক্রিয়ায় সম্পাদিত কাজের পরিমাণ 490 J অর্থাৎ সমান।

### ২) ঘর্ষণ $F_s$ হলে, আমরা জানি—

$$\begin{aligned} F_s &= R \times \mu s \\ &= mg \times \mu s [\because R = mg] \\ &= 25 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 0.2 \\ &= 49 \text{ N} \end{aligned}$$

এখানে, বক্তৃর ভর,  $m = 25 \text{ kg}$   
অভিকর্ষ ত্বরণ,  
 $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$   
 $\mu s = 0.2$

'গ' নং এর ২য় প্রক্রিয়ায় চিত্র হতে পাই,  $AB = 2\text{m}$  এবং হেলান তলের উপর অযুক্ত বল,  $F = 122.5 \text{ N}$

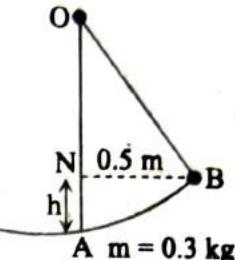
অতএব, কার্যকর বল  $F_1 = F - F_s = (122.5 - 49) \text{ N} = 73.5 \text{ N}$

$$\therefore \text{সম্পাদিত কাজ, } W = F_1 \times AB = 73.5 \text{ N} \times 2\text{m} = 147 \text{ J}$$

অতএব, বক্তৃ ও হেলান তলের ঘর্ষণ গুণাঙ্ক 0.2 হলে জীবনকে 147 J কাজ করতে হবে।

অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৭-এর উত্তরের জন্য এ অধ্যায়ের সূজনশীল প্রশ্ন ১৬-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

একটি সরল দোলকের বেবের ভর  $0.3 \text{ kg}$  এবং কার্যকর দৈর্ঘ্য  $1.5 \text{ m}$ । উভয় রেখা হতে  $0.5 \text{ m}$  দূরে টেনে ছেড়ে দেওয়া হলো।



ক. যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণশীলতা কী?

খ. দুটি সমান ভরের বক্তৃর স্থিতিস্থাপক সংবর্ধে বক্তৃব্রহ্ম পরম্পর বেগ বিনিয় করে— ব্যাখ্যা কর।

গ.  $m$  ভরের বক্তৃটিকে  $h$  উচ্চতায় উঠালে বিভবশক্তি কত হবে? ৩

ঘ. উচ্চীপকে উঠেথিত বক্তৃটির গতিপদ্ধতির সর্বনিম্ন বিন্দুতে গতিশক্তি ও বিভব শক্তির তুলনা কর। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৮]

### ৮৯নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণশীলতা সূচিতি হলো— কোনো ব্যবস্থায় কেবল সংরক্ষণশীল বল ক্রিয়া করলে ব্যবস্থায় গতিশক্তি ও বিভব শক্তির সমষ্টি সর্বদা ধ্রুব থাকে।

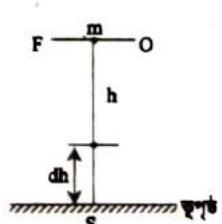
### খ. সূজনশীল প্রশ্ন ১৭(খ)নং এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

ধরি,  $m$  ভরের বক্তৃকে তৃপ্তি থেকে অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে অভিক্রূত উচ্চতা  $dh$  পর্যন্ত উঠানো হলো। এতে কৃতকাজ—

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{h}$$

$$\text{বা, } dW = F dh \cos \theta \dots\dots\dots(1)$$

এখানে,  $F =$  বাহ্যিক উৎস কর্তৃক প্রযুক্ত বল  
এবং  $F$  ও  $dh$  এর মধ্যবর্তী কোণ শূন্য।  
 $\therefore dW = F dh$



আমরা জানি, একটি বক্তৃকে উপরে উঠাতে হলে এর ওজনের সম্পরিমাণ বল উপরের দিকে প্রয়োগ করতে হবে।

$\therefore$  অযুক্ত বল,  $F =$  বক্তৃর ওজন  $= mg$

সুতরাং বক্তৃটিকে  $h$  উচ্চতায় O স্থানে উঠাতে হলে যোট কৃতকাজের পরিমাণ সমীকরণ (১) এ প্রদত্ত কৃমি কৃত কাজের সমষ্টির সমান।

অভিকর্ষীয় বিভবশক্তি = বক্তৃটিকে তৃপ্তি হতে  $h$  উচ্চতায় তুলতে যোট কৃতকাজ

$$\therefore PE = \int_0^h F dh = \int_0^h mg dh$$

বল উচ্চতায় g এর মান ধ্রুব ধরে আমরা লিখতে পারি,

$$PE = mg \left[ dh \right]_0^h = mg [h]_0^h = mg (h - 0) = mgh$$

অর্থাৎ  $m$  ভরের বক্তৃটিকে  $h$  উচ্চতায় উঠালে বিভবশক্তি হবে  $mgh$ ।

### ঘ. সর্বনিম্ন A বিন্দুতে বিভবশক্তি নির্ণয় :

সর্বনিম্ন A বিন্দুতে উচ্চতা,  $h = 0$

বিভবশক্তি,  $E_p = mgh = 0$

$\therefore$  সর্বনিম্ন বিন্দুতে বিভবশক্তি = 0।



**সর্বনিম্ন A বিন্দুতে গতিশক্তি নির্ণয় :**

ধরি, সর্বনিম্ন বিন্দু অভিকর্ষ কালে ববের বেগ  $v$ ,  
শক্তির নিয়তা সূত্রানুসারে  $O$  বিন্দু হতে ঝুলত সরল দোলকের  $0.3 \text{ kg}$  ভরের ববের ক্ষেত্রে,

গতিপথের সর্বোচ্চ B বিন্দুতে শিক্ষিতশক্তি = সর্বনিম্ন A বিন্দুতে  
গতিশক্তি  $OA$  বরাবর উভয় সরণ,

$$AN = OA - ON$$

$$\begin{aligned} &= OA - \sqrt{OB^2 - NB^2} \\ &= 1.5 \text{ m} - \sqrt{(1.5\text{m})^2 - (0.5\text{m})^2} \\ &= 1.5 \text{ m} - \sqrt{2\text{m}^2} \\ &= 1.5 \text{ m} - 1.41 \text{ m} = 0.09 \text{ m} \end{aligned}$$

সর্বোচ্চ বিন্দুতে শিক্ষিতশক্তি =  $mgh$

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

$$\text{বা, } v^2 = 2gh$$

$$\text{বা, } v = \sqrt{2gh}$$

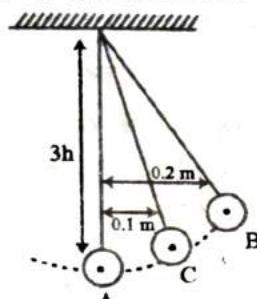
$$\begin{aligned} &= \sqrt{2 \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 0.09 \text{ m}} \\ &= 1.33 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{সর্বনিম্ন বিন্দুতে গতিশক্তি, } E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} \times 0.3 \text{ kg} \times (1.33 \text{ m s}^{-1})^2 \\ &= 0.27 \text{ J} \end{aligned}$$

সর্বনিম্ন বিন্দুতে গতিশক্তি বিভবশক্তির  $0.27 \text{ J}$  গুণ।

**প্রয়োগ ৩।** উদীপকের আলোকে নিচের প্রশ্নের উত্তর দাও।



**ক.** সংরক্ষণশীল বল কাকে বলে?

**খ.** ঘর্ষণ বল সংরক্ষণশীল বল নয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

**গ.** A, B এবং C বিন্দুতে বিভবশক্তি নির্ণয় কর।

**ঘ.** A এবং C বিন্দুতে দোলকের বেগের তুলনা কর।

(অনুশীলনীর পৃষ্ঠা ১০)

### ৩ ৫০৩১ প্রশ্নের উত্তর

**ক.** কোনো বস্তুকে বলের প্রভাবে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে যদি মোট কাজের পরিমাণ শূন্য হয় তবে  
ঐ বলকে সংরক্ষণশীল বল বলে।

**খ.** সংজনশীল পৃষ্ঠা ১৩(খ)নং এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**গ।** A বিন্দুতে বিভবশক্তি :

$$A \text{ বিন্দুতে উচ্চতা, } h = 0$$

অতএব, বিভবশক্তি  $E_{pA} = mgh = 0$

**B বিন্দুতে বিভবশক্তি :**

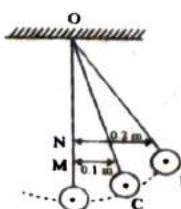
B বিন্দুতে গতিবেগ শূন্য

$$AN = OA - ON$$

$$\begin{aligned} &= OA - \sqrt{OB^2 - NB^2} \\ &= 3\text{m} - \sqrt{(3\text{m})^2 - (0.2\text{m})^2} \\ &= 3\text{m} - 2.99\text{m} = 0.01\text{m} \end{aligned}$$

$$\therefore B \text{ বিন্দুতে বিভবশক্তি } E_{pB} = mg \times AN$$

$$\begin{aligned} &= m \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 0.01 \text{ m} \\ &= 0.098 \text{ m J} \end{aligned}$$



**C বিন্দুতে বিভবশক্তি :**

$$\text{আবার, } AM = OA - OM$$

$$\begin{aligned} &= OA - \sqrt{OC^2 - CM^2} \\ &= 3\text{m} - \sqrt{(3\text{m})^2 - (0.1\text{m})^2} \\ &= 3\text{m} - \sqrt{9\text{m}^2 - 0.01\text{m}^2} \\ &= 3\text{m} - \sqrt{8.99 \text{m}^2} = 3\text{m} - 2.998 \text{m} = 2 \times 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

$$\therefore C \text{ বিন্দুতে বিভব শক্তি} = mg \times AM$$

$$\begin{aligned} &= m \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 2 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 0.0196 \text{ m J} \end{aligned}$$

**ঘ।** A বিন্দুতে দোলকের বেগ : 'g' হতে পাই,  $AN = 0.01\text{m}$

গতিপথের সর্বোচ্চ B বিন্দুতে শিক্ষিতশক্তি = সর্বনিম্ন A বিন্দুতে গতিশক্তি  
বা,  $mgh = \frac{1}{2}mv_A^2$

$$\text{বা, } v_A = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 0.01 \text{ m}} = 0.44 \text{ m s}^{-1}$$

অতএব, A বিন্দুতে দোলকের বেগ  $0.44 \text{ m s}^{-1}$

**C বিন্দুতে দোলকের বেগ :**

ধরি, C বিন্দুতে ববের বেগ  $v_C$  এবং উভয় সরণ  $AM = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$

[ $\therefore 'g'$  এর চিত্র হবে  $NM = AM$ ]

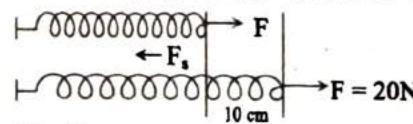
$$\text{আবার, } v_C^2 = v_B^2 + 2g NM = 0 + 2g AM$$

$$\therefore v_C^2 = 2g AM = 2 \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{বা, } v_C = \sqrt{0.0392 \text{ m s}^{-1}} = 0.197 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{অতএব, } \frac{v_A}{v_C} = \frac{0.44}{0.197} = 2.23 \quad \therefore v_A = 2.23 v_C$$

**প্রয়োগ ৪।** উদীপকের আলোকে নিচের প্রশ্নের উত্তর দাও।



**ক.** অভিকর্ষ কেন্দ্র কাকে বলে?

**খ.** কম্পমান প্রিং-এর ক্ষেত্রে শক্তির নিয়তা ব্যাখ্যা কর।

**গ.** উদীপকে প্রিংটিকে 5 cm প্রসারণ ঘটাতে কতটুকু  
কাজ করতে হবে?

**ঘ.** উদীপকের প্রিং-এর সাথে আরও একটি প্রিং  
সমন্বয়ে সংযুক্ত করে 15 cm প্রসারণের জন্য কৃত  
কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

(অনুশীলনীর পৃষ্ঠা ১১)

### ৩ ৫১২ প্রশ্নের উত্তর

**ক.** বল সবসময় একটি বিন্দুতে কাজ করে, এ বিন্দুকে বলের ক্রিয়া  
বিন্দু বলা হয়। পদার্থের ওজন বা অভিকর্ষ বলও একটি বল। তাই  
ওজনও একটি বিন্দুতে ক্রিয়া করে। এ নির্দিষ্ট বিন্দুকেই বক্তুর অভিকর্ষ  
কেন্দ্র বলে।

**খ.** শক্তি অবিনশ্বর, শক্তি সৃষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না। শুধু একবৃশ  
হতে অন্যবৰ্পে মুক্তিরিত করা যায়। এটিই শক্তির নিয়তা সূত্র।

সংকেচিত অবস্থায় মোটশক্তি,  $E = E_k + E_p$   
 $= 0 + mgh$   
 $= mgh$

প্রসারিত অবস্থায় মোটশক্তি,  $E = E_k + E_p$  [যদি  $h_1$  পর্যন্ত প্রসারিত হয়]

$$= \frac{1}{2}mv^2 + mgh_1$$

$$= \frac{1}{2}m2gh_2 + mgh_1$$

$$= mg(h_1 + h_2) \quad [\because h = h_1 + h_2]$$

অর্থাৎ সংকেচিত ও প্রসারিত অবস্থায় মোট শক্তি সমান থাকে।

গ) ধরি, কৃতকাজের পরিমাণ  $W$ ,

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \text{স্প্রিং ধ্বনক}, K &= \frac{E}{x_1} \\ &= \frac{20 \text{ N}}{0.1 \text{ m}} \\ &= 200 \text{ Nm}^{-1} \end{aligned}$$

$$\text{আবার, কৃতকাজ}, W = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} \times 200 \times (0.05)^2 = 0.25 \text{ J}$$

অতএব, উদ্দীপকের স্থিতিকে 5 cm প্রসারণ ঘটাতে 0.25 J কাজ করতে হবে।

গ) উদ্দীপকের স্থিতির সাথে অনুরূপ আরেকটি স্প্রিং সমান্তরালে যুক্ত করলে তুল্য স্প্রিং ধ্বনক  $K'$

$$\begin{aligned} &= k + k \\ &= 2k \\ &= 2 \times 200 \text{ Nm}^{-1} \\ &[ \text{গ হতে } k = 200 \text{ Nm}^{-1}] \\ &= 400 \text{ Nm}^{-1} \end{aligned}$$

অতএব,  $x = 15 \text{ cm} = 0.15 \text{ m}$  প্রসারণের জন্য কৃতকাজের পরিমাণ

$$W = \frac{1}{2} k'x^2 = \frac{1}{2} \times 400 \text{ Nm}^{-1} \times (0.15 \text{ m})^2 = 4.5 \text{ J}$$

অতএব, উদ্দীপকের স্প্রিং এর সাথে আরও একটি স্প্রিং সমান্তরালে যুক্ত করে 15 cm প্রসারণের জন্য কৃতকাজ 4.5 J।

গুরুত্বপূর্ণ সোহাগ তাদের বাসার ভূগর্ভস্থ একটি ট্যাঙ্ক থেকে পানি তাদের ওপর উঠানের জন্য একটি 10 kW ক্ষমতাসম্পর্ক পাস্প ব্যবহার করে। ট্যাঙ্কটির দৈর্ঘ্য 4 m, প্রস্থ 3 m এবং গভীরতা 4 m। ট্যাঙ্কটির দুই ভূতীয়াল্প পানি ছাঁড়া পূর্ণ। ভূগৃষ্ঠ হতে ছাদের উচ্চতা 25 m। পাস্পটির দক্ষতা 70%।

ক. কর্মদক্ষতা কী?

১

খ. বেগ জানা থাকলে সমবেগে গতিশীল বস্তুর ক্ষমতা কীভাবে নির্ণয় করা যায়? বর্ণনা কর।

২

গ. ভূগর্ভস্থ ট্যাঙ্ক থেকে 10 kg পানি ছাদে উঠাতে কত শক্তি ব্যয় করতে হবে?

৩

ঘ. ট্যাঙ্কটির পানি ছাদে তুলতে কত সময় লাগবে এবং উক্ত সময়ে পানি শূন্য করতে পাস্পটির ক্ষমতা অর্ধেক হওয়া প্রয়োজন কি-না—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে দেখাও।

৪

[অনুশীলনীর প্রথ ১৩]

### ৫২নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো যন্ত্র দ্বারা কাজে বৃপ্তিরিত শক্তি ও ঐ যন্ত্রে প্রদত্ত মোট শক্তির অনুপাতই হচ্ছে ঐ যন্ত্রের কর্মদক্ষতা।

খ) কোনো বস্তুর উপর  $F$  বল ; সময় ধরে ক্রিয়া করলে যদি  $S$  পরিমাণ দূরত্ব অতিক্রম করে, তবে ঐ বল দ্বারা কাজ,  $W = F \times S$

$$\text{আবার, ক্ষমতা, } P = \frac{W}{t} = \frac{FS}{t} = FV$$

অতএব, বেগ জানা থাকলে সমবেগে গতিশীল বস্তুর ক্ষমতা নির্ণয় করা যায়।

গ) দেওয়া আছে, পানির তর,  $m = 10 \text{ kg}$

পানি উত্তোলনের উচ্চতা,  $h =$  ভূগৃষ্ঠ হতে ছাদের ট্যাঙ্কের উচ্চতা

$$+ ভূগৃষ্ঠ হতে ট্যাঙ্কের পানির মুক্ত পৃষ্ঠের গভীরতা$$

$$= 25 \text{ m} + \frac{2}{2}$$

$$= 25 \text{ m} + \frac{4 \text{ m}}{2} = 27 \text{ m}$$

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

পানি উঠাতে ব্যয়িত শক্তি,  $E_p = ?$

আমরা জানি,  $E_p = mgh$

$$= 10 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 27 \text{ m} = 2646 \text{ J}$$

ঘ) ট্যাঙ্কটির দুই ভূতীয়াল্প পানিপূর্ণ আছে। তাই এর সম্পূর্ণ পানি ছাদে উঠাতে গেলে

$$\text{পানি উত্তোলনের গড় উচ্চতা, } h = 25 \text{ m} + \frac{2}{3} \times 4 \text{ m} = 27.667 \text{ m}$$

$$\text{ট্যাঙ্কের পানির আয়তন, } V = 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times \frac{2}{3} \times 4 \text{ m} = 32 \text{ m}^3$$

$$\text{তর, } m = pV = 100 \text{ kg m}^{-3} \times 32 \text{ m}^3 = 32 \times 10^3 \text{ kg}$$

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

ঘ) উক্ত পানি ছাদে তুলতে ব্যয়িত শক্তি,  $E_p = mgh$

$$= 32 \times 10^3 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 27.66 \text{ m}$$

$$= 8.68 \times 10^6 \text{ J}$$

উক্ত মোটরের অক্ষমূখী ক্ষমতা,  $P_{int} = 10 \text{ kW}$

বহিমূখী ক্ষমতা,  $P_{out} = 70\% \times 10 \text{ kW}$

$$= 7 \text{ kW} = 7 \times 10^3 \text{ W}$$

ঘ) পানি উঠাতে ; পরিমাণ সময় লাগলে,  $P_{out} = \frac{mgh}{t}$

$$\therefore t = \frac{mgh}{P_{out}} = \frac{8.68 \times 10^6}{7 \times 10^3} = 1239.47 \text{ s}$$

অতএব, ট্যাঙ্কটির পানি ছাদে তুলতে 1239.47 s সময় লাগবে।

$$\text{আবার, আমরা জানি, } P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t}$$

$$= \frac{8.68 \times 10^6}{1239.47} = 7003.01 = 9.39 \text{ H.P}$$

অতএব, উক্ত সময়ে পানিশূন্য করতে পাস্পটির ক্ষমতা অর্ধেক নয় 9.39 H.P হওয়া প্রয়োজন।

গুরুত্বপূর্ণ ৪০% দক্ষতাসম্পর্ক একটি মটর একটি ক্রেন নিয়ন্ত্রণ করে যার ক্ষমতা 50%। মটরটি 3.73 kW ক্ষমতা প্রয়োগ করলে ক্রেনে 746 N ওজনের একটি বস্তু উর্ধ্বমুখে তুলতে পারে।

ক. গতিশক্তি কী?

১

খ. কাজ শক্তিতে বৃপ্তিরিত হয়— ব্যাখ্যা কর।

২

গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত বস্তুর গড়বেগ নির্ণয় কর।

৩

ঘ. ক্রেনের সাহায্যে অর্ধেক ওজনের একটি বস্তু উপরে তুলতে কৃত সময় ধরে ক্রেনটিকে চালনা করতে হবে? ৪

[অনুশীলনীর প্রথ ১৪]

### ৫৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো যন্ত্র দ্বারা গতিশীল বস্তু তার নিজের গতির জন্য যে শক্তির অধিকারী হয় তাই গতিশক্তি।

খ) কোনো গতিশীল বস্তু তার নিজের গতির জন্য যে শক্তির পরিবর্তনের সমান। অর্ধেক m ভরের একটি বস্তু  $v_0$  আদিবেগ গতিশীল। বস্তুটির উপর F বল প্রয়োগ করায় বস্তুটি a ত্বরণে ত্বরিত হয়ে ; সময় পর S দূরত্ব অতিক্রম করে v বেগ প্রাপ্ত হলো।

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s}$$

$$\therefore \text{কাজ } W = F S = mas$$

$$= m \left( \frac{v^2 - v_0^2}{2s} \right)$$

$$= \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2$$

$$\therefore W = k_2 - k_1$$

অর্ধেক কাজ হলো গতিশক্তির পরিবর্তন। সেহেতু কাজ গতিশক্তির পরিবর্তন ঘটায়, তাই বলা যায় কাজ শক্তিতে বৃপ্তিরিত হয়।



১) এখানে, মোটরটির ক্ষমতা =  $3.73 \text{ kW} = 3730 \text{ W}$   
 মোটর কর্তৃক ক্রেনের উপর প্রযুক্ত ক্ষমতা =  $3730 \text{ W} \times 80\%$   
 $= 3730 \text{ W} \times \frac{80}{100} = 2984 \text{ W}$

আবার, ক্রেনের কার্যকর শক্তি =  $2984 \text{ W} \times 50\%$

$$\therefore P = 2984 \text{ W} \times \frac{50}{100} = 1492 \text{ W}$$

এখানে, ওজন,  $F = 746 \text{ N}$

উর্ধমুখী গড় বেগ,  $v = ?$

আমরা জানি,  $P = Fv$

$$\text{বা, } v = \frac{P}{F} = \frac{1492 \text{ W}}{746 \text{ N}} = 2 \text{ m s}^{-1}$$

অতএব, বস্তুটির উর্ধমুখী গড়বেগ  $2 \text{ m s}^{-1}$

২) এখানে, ওজন,  $F = \frac{746 \text{ N}}{2} = 373 \text{ N}$

'গ' হতে পাই, ক্রেনের কার্যকর ক্ষমতা,  $P = 1492 \text{ W}$ ।

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

ব্যায়িত সময়,  $t = ?$

আমরা জানি,  $P = Fv \dots\dots\dots(1)$

আবার,  $v = v_0 + gt \therefore v = gt [\because v_0 = 0]$

(১) নং হতে পাই,  $P = Fgt$

$$\text{বা, } t = \frac{P}{Fg} = \frac{1492 \text{ W}}{373 \text{ N} \times 9.8 \text{ ms}^{-2}} = 0.41 \text{ s}$$

অতএব, ক্রেনের সাহায্যে অর্ধেক ওজনের একটি বস্তুকে উপরে তুলতে 0.41 s ধরে ক্রেনটিকে চালনা করতে হবে।

## ৩. শাহজাহান তপন, মুহুমদ আজিজ হাসান ও ড. রানা চৌধুরী স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্নঃ ১) একজন নৌকার মাঝি নদীর স্রোতের বিপরীতে নৌকা চালছিলেন। নদীর স্রোত এত বেশি ছিল যে, তিনি সারা রাত পরিশ্রম করেও নৌকা স্রোতের বিপরীতে কোনো দূরত্ব অতিক্রম করল না। এতে নৌকার মালিক ক্ষেপে গিয়ে বললেন, তুমি আজ কোনো পারিশ্রমিক পাবে না। কারণ তুমি কোনো কাজ করিন। মাঝি করুণ কঠে বললেন, আমি যে সারা রাত নৌকা বাইলাম সেটা কি কোনো কাজ নয়? মালিক বললেন না।

ক. কাজ কী? ১

খ. বলের দ্বারা কাজ ও বলের বিপুল কাজ ব্যাখ্যা কর। ২

গ. একটি কণার উপর  $\vec{F} = (6\hat{i} - 3\hat{j} + 2\hat{k})\text{N}$  বল প্রয়োগ করলে কণাটির  $\vec{r} = (2\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k})\text{m}$  সরণ হয়। বল কর্তৃক সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ধ্রুব বল দ্বারা কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণয় কর এবং তা থেকে যুক্তি দিয়ে দেখো যে, আসলে কে সঠিক মাঝি না নৌকার মালিক? আসলেই কী মাঝি কোনো কাজ করেন নি? ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১]

### ৫৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক) বল প্রয়োগের মাধ্যমে বস্তুর সরণ হলে বল এবং বলের দিকে বস্তুর সরণের উপাংশের গুণফলকে কাজ বলে।

খ) যদি বল প্রয়োগের ফলে বস্তুর সরণ হয় এবং বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ যদি  $90^\circ$  অপেক্ষা কম হয় তবে বল দ্বারা সম্পর্ক কাজকে ধনাত্মক কাজ বলে।

$$\text{কাজ, } W = \vec{F} \cdot \vec{S} = FS \cos \theta; \quad (0^\circ \leq \theta < 90^\circ)$$

$\vec{F}$  ও  $\vec{S}$  এর মধ্যবর্তী কোণ  $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$  এর জন্য  $\cos \theta$  এর মান ধনাত্মক, তাই কাজ  $W$  ধনাত্মক হয়।

যেমন : উপর হতে একটি বস্তুকে ছেড়ে দিলে বস্তুটি তার ওজন  $\vec{F} = mg\vec{g}$  এর কারণে নিচে পড়ে। যদি সরণ  $\vec{h}$  হয়, তাহলে  $\vec{F}$  ও  $\vec{h}$ -এর দিক একই দিকে হয়। এক্ষেত্রে অভিকর্ত্তা বলের দ্বারা কাজ সম্পন্ন হয়। তাই এ কাজ ধনাত্মক।

বল প্রয়োগ করার ফলে যদি বলের প্রয়োগ বিন্দু বলের ক্রিয়ার বিপরীত দিকে সরে যায় বা বলের দিকে সরণের ক্ষেত্রে উপাংশ থাকে, তাহলে বলের বিপুল কাজ হয়েছে বুঝায়।

যেমন- কোনো বস্তুকে মেঝে থেকে টেবিলের উপর উঠানো হলো। ফলে অভিকর্ত্তা বলের বিপুল বস্তুটি উপরে উঠবে। এক্ষেত্রে অভিকর্ত্তা বলের বিপুল কাজ হয়েছে বুঝায়।

গ) ধরি, বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ  $W$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} W &= \vec{F} \cdot \vec{r} \\ &= (6\hat{i} - 3\hat{j} + 2\hat{k})\text{N} \cdot (2\hat{i} + 2\hat{j} - \hat{k})\text{m} \\ &= 12\hat{J} - 6\hat{J} - 2\hat{J} = 4\hat{J} \end{aligned}$$

অতএব, বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ  $4 \text{ J}$ ।

ঘ) ধ্রুব বল দ্বারা কৃতকাজ নির্ণয় : কোনো বস্তুর উপর  $F$  পরিমাণ বল প্রয়োগ করার ফলে যদি কণার সরণ বলের অভিমুখে সরলরেখা বরাবর  $S$  হয়, তাহলে কণাটির উপর বলের দ্বারা কৃতকাজ হবে,  $W = FS \dots\dots\dots(1)$

এখন যদি বল  $\vec{F}$  ধ্রুব হয় এবং বলের অভিমুখে কণাটির সরণ  $\vec{S}$  হয়, তাহলে (১) নং হতে পাওয়া যাবে কৃতকাজ,  $W = FS$

ধ্রুব বল  $\vec{F}$  যদি কণাটির সরণ  $\vec{S}$  এর সাথে  $\theta$  কোণ উৎপন্ন করে, তাহলে এ সরণকালে কৃতকাজ  $W$  হবে।

$W = \text{সরণের দিকে বলের উপাংশ} \times \text{সরণ}$

$$= (F \cos \theta) \times S$$

$$\text{বা, } W = F(S \cos \theta)$$

$$= \text{বল} \times \text{বলের দিকে সরণের উপাংশ}$$

$$\therefore W = FS \cos \theta$$

বল ও সরণ উভয়ই ভেট্টের রাশি হওয়ায় ভেট্টের রাশির ক্ষেত্রে গুণনের সংজ্ঞানুসারে আমরা পাই,  $W = \vec{F} \cdot \vec{S}$

এটিই ধ্রুব বল দ্বারা কৃতকাজের সমীকরণ।

মাঝি কর্তৃক অভিক্রান্ত দূরত্ব,  $S = 0$

অর্থাৎ মাঝি কোনো কাজ করেননি।

অতএব, বলা যায় যে, মাঝি নয় নৌকার মালিকের কথাই সঠিক।

প্রশ্নঃ ২) ভূমি থেকে  $4 \text{ cm}$  উচু একখানা বইকে  $40 \text{ cm}$  উচ্চতায় ঠান্ডানো হলো।

ক. ক্ষমতা কাকে বলে? ১

খ. বলের বিপুল কাজ বলতে কী বুঝ? ২

গ. উচীপাকে উল্লেখিত বইখানিকে ঠান্ডাতে কত কাজ করতে হয়েছে? ৩

ঘ. এই বৃপ্ত  $10 \text{ খানা}$  বই একের উপর এক সাজিয়ে  $40 \text{ cm}$  উচু স্তুত তৈরি করতে ঘোট কত কাজ করতে হবে পারিতে হিসেবের মাধ্যমে নির্ণয় কর। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১]

### ৫৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোন ব্যক্তি বা উৎস বা সিস্টেমের একক সময়ে কাজ সম্পাদন করার হারকে ক্ষমতা বলে।



**৫৭নং প্ৰশ্নের উত্তৰ**

ক) কোনো যন্ত্ৰ থেকে প্রাপ্ত মোট কাৰ্যকৰ শক্তি এবং যন্ত্ৰে প্ৰদত্ত মোট শক্তিৰ অনুপাতই হ'ল যন্ত্ৰৰ কৰ্মদক্ষতা।

খ) বলেৱ ছাৱা কাজ এবং বলেৱ বিৱুল্মে কাজেৱ মধ্যে পাৰ্থক্য হলো—

বলেৱ ছাৱা কাজ	বলেৱ বিৱুল্মে কাজ
১. কোনো বস্তুৰ উপৰ বল প্ৰয়োগেৱ ফলে যদি প্ৰয়োগ বিন্দু সৱল বলেৱ অভিমুখে ঘটে তবে কৃতকাজকে বলেৱ ছাৱা কাজ বলে।	১. কোনো বস্তুৰ উপৰ বল প্ৰয়োগেৱ ফলে যদি প্ৰয়োগ বিন্দুৰ সৱল বলেৱ অভিমুখেৰ বিপৰীত দিকে ঘটে তবে কৃতকাজকে ঝণাঝক কাজ বলে।
২. বলেৱ ছাৱা কাজে গতিশক্তি বৃদ্ধি পায় এবং স্থিতিশক্তি ছাস পায়।	২. বলেৱ বিৱুল্মে কাজে গতিশক্তি ছাস পায় এবং স্থিতিশক্তি বৃদ্ধি পায়।
৩. বলেৱ ছাৱা কাজে তুলণ সৃষ্টি হয়।	৩. বলেৱ বিৱুল্মে কাজে ঝণাঝক তুলণ বা মন্দন সৃষ্টি হয়।

গ) ধৰি, মিতাৰ কৃতকাজেৰ পৰিমাণ, W।

আমৰা জানি,

$$\begin{aligned} W &= FS \cos \theta \\ &= mg S \cos \theta^{\circ} \\ &= 0.20 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 1 \text{ m} \times 1 \\ &= 1.96 \text{ J} \end{aligned}$$

সূতৰাং মিতাৰ কৃতকজেৰ পৰিমাণ 1.96 J।

ঘ) মিতাৰ বই তুলে নামানো পৰ্যন্ত অভিকৰ্ষ বলেৱ জন্য কৃত মোট কাজেৰ পৰিমাণ নিচে গণিতিকভাৱে বিশ্লেষণ কৰা হলো—

মনে কৰি, মিতাৰ মোট কাজেৰ পৰিমাণ W।

সমগতিতে বইটিকে ভূমি থেকে উঠাতে মিতাকে অভিকৰ্ষ বলেৱ বিপৰীত দিকে কাজ কৰতে হবে। কেননা অভিকৰ্ষ বল F এৰ দিক নিম্নমুখী অৰ্থাৎ পৃথিবীৰ কেন্দ্ৰেৰ দিকে এবং বইটিৰ সৱল S উৰ্ধমুখী।

ফলে F ও S এৰ মধ্যবৰ্তী কোণ হবে  $\theta = 180^{\circ}$ ।

উদ্দীপক অনুযায়ী,

বইয়েৰ ভৱ, m = 0.20 kg

বইয়েৰ সৱল, S = 1 m

অভিকৰ্ষজ তুলণ, g = 9.8 m s<sup>-2</sup>

সূতৰাং অভিকৰ্ষ বলেৱ দৰুন কৃতকাজ,

$$\begin{aligned} W_1 &= FS \cos \theta \\ &= mg S \cos 180^{\circ} \\ &= 0.20 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 1 \text{ m} \times (-1) = -1.96 \text{ J} \end{aligned}$$

অৰ্থাৎ বইটিকে উঠাতে অভিকৰ্ষ বলেৱ দৰুন কৃতকাজ  $W_1 = -1.96 \text{ J}$ ।

আবাৰ বইটিকে 1 m উচুতে থেকে নামাতে মিতাকে অভিকৰ্ষ বলেৱ দিকে কাজ কৰতে হবে। কেননা অভিকৰ্ষ বলেৱ দিক নিম্নমুখী এবং বইটিৰ সৱলেৰ দিকও নিম্নমুখী।

ফলে F ও S এৰ মধ্যবৰ্তী কোণ হবে,  $\theta = 0^{\circ}$

সূতৰাং অভিকৰ্ষ বলেৱ দৰুন কৃতকাজ,

$$\begin{aligned} W_2 &= FS \cos \theta = mg S \cos 0^{\circ} \\ &= 0.20 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 1 \text{ m} \times 1 = 1.96 \text{ J} \end{aligned}$$

অৰ্থাৎ বইটিকে নামাতে অভিকৰ্ষ বলেৱ দৰুন কৃতকাজ  $W_2 = 1.96 \text{ J}$ ।

সূতৰাং বই তুলে নামানো পৰ্যন্ত অভিকৰ্ষ বলেৱ দৰুন মোট কাজ,

$$W = W_1 + W_2 = -1.96 \text{ J} + 1.96 \text{ J} = 0$$

সূতৰাং মিতা বই তুলে নামানো পৰ্যন্ত অভিকৰ্ষ বলেৱ জন্য মোট কাজেৰ পৰিমাণ হবে শূন্য।

কেন্দ্ৰীয় সূজনশীল পদাৰ্থবিজ্ঞান প্ৰথম পত্ৰ  
ভৃগু থেকে  $3.6 \times 10^4 \text{ km}$  উচ্চতায় থেকে একটি কৃতিম উপগ্ৰহ  $3 \text{ km s}^{-1}$  বেগে পৃথিবীকে আবৰ্তন কৰছে। পৃথিবীৰ ভৱ ও ব্যাসাৰ্থ যথাক্রমে  $6 \times 10^{24} \text{ kg}$  এবং  $6400 \text{ km}$ । উপগ্ৰহটিৰ ভৱ 1000 kg।  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

ক) অভিকৰ্ষ বল কী?

খ) অভিকৰ্ষ বল ছাৱা কাজ কথন ধনাত্মক আৰু কথন ঝণাঝক হয় ব্যাখ্যা কৰ।

গ) কৃতিম উপগ্ৰহকে উদ্দীপকে উল্লেখিত উচ্চতায় প্ৰেৰণ কৰতে অভিকৰ্ষ বলেৱ বিৱুল্মে কত কাজ কৰতে হয়েছে? ৩

ঘ) কৃতিম উপগ্ৰহকে যদি আৰো 1000 km বেশি উচ্চতায় প্ৰেৰণ কৰা হতো তাহলে অভিৱিত কত কাজ কৰতে হতো গাণিতিক হিসাবেৰ সাহায্যে বেৱ কৰ। ৪

[অনুলিপনীৰ পৰ ৮]

**৫৮নং প্ৰশ্নেৱ উত্তৰ**

ক) পৃথিবী এবং অন্য একটি বস্তু বা বস্তুকণাৰ মধ্যকাৰ আকৰ্ষণ বলকে অভিকৰ্ষ বল বলে।

খ) অভিকৰ্ষ বল হলো পৃথিবী কৰ্তৃক অন্য একটি বস্তু বা বস্তুকণাৰ উপৰ প্ৰযুক্ত আকৰ্ষণ বল। এ আকৰ্ষণ বলেৱ দিক পৃথিবীৰ কেন্দ্ৰেৰ দিকে অৰ্ধাংকোনো বস্তুকে যদি বল প্ৰযোগ কৰে ভৃগু হতে উপৰেৰ দিকে সৱল ঘটানো হয় সেক্ষেত্ৰে বস্তুৰ সৱল সৱল উৰ্ধমুখী এবং অভিকৰ্ষ বল কেন্দ্ৰমুখী হওয়াৰ কাৰণে এদেৱ মধ্যবৰ্তী কোণেৰ পৰিমাণ  $180^{\circ}$  হয়। অৰ্ধাংক অভিকৰ্ষ বল ছাৱা কৃতকাজ ঝণাঝক হয়। আবাৰ কোনো বস্তুকে যদি উপৰ হতে নিচে নামানো হয় সেক্ষেত্ৰে বস্তুৰ সৱল সৱল নিম্নমুখী এবং অভিকৰ্ষ বলেৱ দিক নিম্নমুখী হওয়াৰ কাৰণে এদেৱ মধ্যবৰ্তী কোণেৰ পৰিমাণ হয়  $0^{\circ}$ । সেক্ষেত্ৰে অভিকৰ্ষ বল ছাৱা কৃতকাজ ধনাত্মক হয়।

ঘ) ধৰি, অভিকৰ্ষ বলেৱ বিৱুল্মে কৃতকাজেৰ পৰিমাণ W।

আমৰা জানি,

$$\begin{aligned} W &= mg h \cos \theta \\ &= mgh \cos 180^{\circ} \\ &= 1000 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \\ &\quad \times 3.6 \times 10^4 \text{ m} \times (-1) \\ &= -3.53 \times 10^{11} \text{ J} \end{aligned}$$

উদ্দীপক হতে, ভৃগু হতে উচ্চতা,

$$h = 3.6 \times 10^4 \text{ km} = 3.6 \times 10^7 \text{ m}$$

উপগ্ৰহেৰ ভৱ, m = 1000 kg

$$\text{অভিকৰ্ষজ তুলণ, } g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$$

উপগ্ৰহেৰ সৱল উৰ্ধমুখী এবং অভিকৰ্ষ বল কেন্দ্ৰমুখী বলে,  $\theta = 180^{\circ}$

এখানে, ঝণাঝক চিহ্ন ছাৱা অভিকৰ্ষ বলেৱ বিৱুল্মে কাজ বোৰায়।  
সূতৰাং অভিকৰ্ষ বলেৱ বিৱুল্মে কাজেৰ পৰিমাণ  $3.53 \times 10^{11} \text{ J}$ ।

ঘ) কৃতিম উপগ্ৰহকে আৰো 1000 km বেশি উচ্চতায় প্ৰেৰণ কৰা হলে অভিৱিত কাজেৰ পৰিমাণ নিচে গাণিতিক হিসাবেৰ সাহায্যে এটি নিৰ্ণয় কৰা হলো—

কৃতিম উপগ্ৰহেৰ উচ্চতা,  $h = 3.6 \times 10^4 \text{ km} = 3.6 \times 10^7 \text{ m}$

1000 km বেশি উচ্চতায় প্ৰেৰণ কৰা হলে মোট উচ্চতা হবে,

$$\begin{aligned} h' &= 3.6 \times 10^7 \text{ m} + 1000 \text{ km} \\ &= 3.6 \times 10^7 \text{ m} + 0.1 \times 10^7 \text{ m} \\ &= 3.7 \times 10^7 \text{ m} \end{aligned}$$

কৃতিম উপগ্ৰহেৰ ভৱ, m = 1000 kg

$$\text{অভিকৰ্ষজ তুলণ, } g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$$

সৱল এবং বলেৱ প্ৰযোগ বিপৰীত দিকে হওয়ায়  $\theta = 180^{\circ}$

কৃতকাজ W' হলো,

$$\begin{aligned} W' &= mgh' \cos \theta \\ &= mgh' \cos 180^{\circ} \\ &= 1000 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 3.7 \times 10^7 \text{ m} \times (-1) \end{aligned}$$

$$\therefore W' = -3.63 \times 10^{11} \text{ J}$$

∴ অভিৱিত কাজ কৰতে হবে =  $W' - W$

$$= (-3.63 \times 10^{11} \text{ J} + 3.53 \times 10^{11} \text{ J})$$

$$= -1 \times 10^{10} \text{ J}$$

এখানে, ঝণাঝক চিহ্ন ছাৱা অভিকৰ্ষ বলেৱ বিৱুল্মে কাজ বুৰায়।

সূতৰাং কৃতিম উপগ্ৰহটিকে আৰো 1000 km বেশি উচ্চতায় প্ৰেৰণ কৰা হলে অভিকৰ্ষ বলেৱ বিৱুল্মে অভিৱিত  $10^{10} \text{ J}$  কাজ কৰতে হবে।

**খ** যদি বল প্রয়োগের ফলে বলের অভিযান বিদ্যুৎ বলের বিপরীত দিকে সরে যায় বা বলের বিপরীত দিকে সরণের উপাংশ থাকে তাহলে সেই বল এবং বলের বিপরীত দিকে সরণের উপাংশের গুণফলকে খণ্ডাক কাজ বা বলের বিমুছে কাজ বলে।

একথানি বই যদি মেঝে থেকে টেবিলের ওপর উঠানো হয়, তাহলে বস্তুর ওপর অভিকর্ষজ বল তথা বস্তুর ওজন নষ্ট খাড়া নিচের দিকে এবং সরণ ট' খাড়া উপরের দিকে ক্রিয়া করে। একেতে অভিকর্ষ বল ও সরণ বিপরীতমুখী হওয়ায় অভিকর্ষ বলের বিমুছে কাজ করা হবে বা অভিকর্ষ বলের জন্য খণ্ডাক কাজ হবে।

**গ** এখানে, উভালিত ভর,  $m = 1 \text{ kg}$   
অভিকর্ষজ ত্বরণ,  $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

$$\text{উচ্চতা}, h = 20 \text{ m} + \frac{2m}{2} = 21 \text{ m}$$

প্রয়োগ করতে হবে, ব্যায়িত শক্তি = অভিকর্ষজ বিভব শক্তি,  $E_p = ?$   
আমরা জানি,  $E_p = mgh = 1 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 21 \text{ m} = 205.8 \text{ J}$

**ঘ** রিজার্ভের পানির আয়তন,  $V = 4\text{m} \times 3\text{m} \times 1\text{m} = 12 \text{ m}^3$

এ পানির ভর,  $m = V\rho = 12\text{m}^3 \times 1000 \text{ kg m}^{-3} = 12000 \text{ kg}$   
অভিকর্ষজ ত্বরণ,  $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

পাস্পটির মোট ক্ষমতা,  $P' = 10 \text{ kW}$

$$\text{সম্পূর্ণ পানি ছাদে উঠাতে কার্যকর উচ্চতা}, h = 20\text{m} + 1\text{m} + \frac{1\text{m}}{2}$$

$$= 21.5 \text{ m}$$

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

আমরা জানি,  $P = \frac{mgh}{t}$

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

সুতরাং রিজার্ভের পরিকার করার জন্য সম্পূর্ণ পানি ছাদে উঠাতে সময় লাগবে = 316.05 sec বা 5 min 16.05 sec।

## ৩ গোলাম হোসেন আমাণিক, দেওয়ান নাসির উদ্দিন ও রবিউল ইসলাম স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

**প্রশ্ন ১** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১-এর উত্তরের জন্য এ অধ্যায়ের এইচএসসি পরীক্ষার ৩০ং সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ২** ৫ কেজি ভরের একটি স্থির বস্তুর উপর ৭ নিউটন যানের বল ৪ সেকেন্ড ক্রিয়া করে। এরপর ৫ নিউটন যানের অপর একটি বল অনুভূমিকভাবে ১ম বলের সাথে  $60^\circ$  কোণে ক্রিয়া করে।

ক. খণ্ডাক কাজ কী?

১

খ. দেখাও যে, গতিশক্তি ভরবেগের বর্গের সমানুপাতিক। ২

গ. ৪ সেকেন্ড পর বস্তুটির কৃতকাজ কত হবে? ৩

ঘ. ৫ সেকেন্ড পরে বস্তুটির গতীয় অবস্থা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ২]

### ৬৩নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগের ফলে যদি বলের প্রয়োগ বিদ্যুর বিপরীতে বস্তুর সরণ ঘটে তবে বল এবং সরণের গুণফলই হবে খণ্ডাক কাজ।

**খ**  $m$  ভরের বস্তু  $v$  বেগে গতিশীল হলে বস্তুর ভরবেগ হবে,  $p = mv$   
আবার, গতিশক্তির সংজ্ঞান্মাত্রে কৃতকাজই হলো গতিশক্তি

$$\text{গতিশক্তি}, E_k = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{m^2 v^2}{2m} = \frac{(mv)^2}{2m} = \frac{p^2}{2m}$$

বস্তুর ভর ধূর হওয়ায়,  $E_k \propto p^2$

অর্থাৎ, গতিশক্তি ভরবেগের বর্গের সমানুপাতিক।

**গ** ধরি, ৪ s পর বস্তুর কৃতকাজ  $W$

উদ্দীপক হতে, আদিবেগ,  $u = 0 \text{ m s}^{-1}$ ; বল,  $F_1 = 7 \text{ N}$

সময়,  $t_1 = 4 \text{ s}$

বস্তুর ভর,  $m = 5 \text{ kg}$

ত্বরণ,  $a_1 = ?$ ; সরণ,  $s = ?$

আমরা জানি,  $F_1 = ma_1$

$$\text{বা}, a_1 = \frac{F_1}{m} = \frac{7 \text{ N}}{5 \text{ kg}} = 1.4 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{আবার}, v_1 = u + a_1 t_1 = 0 \text{ m s}^{-1} + 1.4 \text{ m s}^{-2} \times 4 \text{ s} = 5.6 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{আবার}, s = \frac{(v_1 + u)}{2} t_1 = \frac{(5.6 + 0) \text{ m s}^{-1}}{2} \times 4 \text{ s} = 11.2 \text{ m}$$

$$\text{আবার}, W = F_1 s = 7 \text{ N} \times 11.2 \text{ m} = 78.4 \text{ J}$$

সুতরাং, ৪ s পর বস্তুর কৃতকাজের পরিমাণ 78.4 J।

**ঘ** উদ্দীপক অনুসারে, বস্তুর ভর,  $m = 5 \text{ kg}$ ; ১ম বল,  $F_1 = 7 \text{ N}$

২য় বল,  $F_2 = 5 \text{ N}$ ; সূচী কোণ,  $\theta = 60^\circ$

সময়,  $t = 5 \text{ s}$

লম্বি বল,  $F = ?$

ত্বরণ,  $a = ?$

'গ' হতে পাই,  $4 \text{ s}$  পর বস্তুর শেষ বেগ,  $v_1 = 5.6 \text{ m s}^{-1}$

$$\text{আমরা জানি}, F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 F_2 \cos \theta}$$

$$= \sqrt{7^2 + 5^2 + 2 \times 7 \times 5 \times \cos 60^\circ} \text{ N} = \sqrt{109} \text{ N} = 10.44 \text{ N}$$

আবার,  $F = ma$

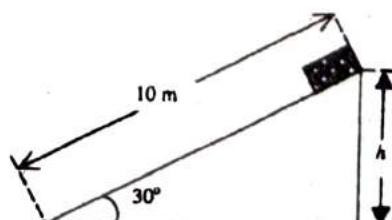
$$\text{বা}, a = \frac{F}{m} = \frac{10.44 \text{ N}}{5 \text{ kg}} = 2.088 \text{ m s}^{-2}$$

আবার,  $v = v_1 + at = 5.6 \text{ m s}^{-1} + 2.088 \text{ m s}^{-2} \times 5 \text{ s}$

$$\therefore v = 16.04 \text{ m s}^{-1}$$

অতএব, উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় যে 5 s পর বস্তু  $16.04 \text{ m s}^{-1}$  বেগে চলতে থাকবে।

**ঘ** একটি কাঠের বুক ঘর্ষণবিহীন একটি হেলানো তলের শীর্ষে  $h$  উচ্চতায় আছে যা চিত্রে দেখানো হয়েছে। এ স্থানের অভিকর্ষ ত্বরণ  $g = 10 \text{ m s}^{-2}$ ।



**ক** কাজ কী?

খ. বস্তুটি হেলানো তল বয়াবর  $g$  ত্বরণে গতিশীল হবে

কিনা— ব্যাখ্যা কর।

গ. বুকটি হেলানো তলের পাদবিন্দুতে কত বেগে ভূমি স্পর্শ করবে নির্ণয় কর।

ঘ. যদি বস্তুটি একই উচ্চতা  $h$  থেকে যুক্তভাবে পড়তো তবে মাটিতে পৌছাতে বুকটির একই সময় লাগতো কিনা— যুক্তিসহ আলোচনা কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১]

### ৬৪নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** বল প্রয়োগের মাধ্যমে বস্তুর সরণ ঘলে বল এবং বলের দিকে বস্তুর সরণের উপাংশের গুণফলকে কাজ বলে।



**খ** ব্রুকটি হেলানো তল বরাবর  $g$  ভূরশে পতিশীল হবে না। নিচে এটি ব্যাখ্যা করা হলো—  
অভিকর্ষজ ভূরশ  $g$  এর অভিমুখের সাথে সরাসরি ভূমির দিকে ক্রিয়াশীল বস্তু যখন হেলানো তল বরাবর নামতে থাকে তখন  $g$  এর একটি উপাংশ এর হেলানো তল বরাবর ক্রিয়া করে। তখন বহুটি  $g$  এর পরিবর্তে  $g \sin \theta$  ভূরশে পতিশীল হবে।

**গ** ধরি, ভূমি স্পর্শ করার সময় ব্রুকটির বেগ  $v$   
উচ্চিপক হতে, অনুভূমিকের সাথে সূচিটি কোণ,  $\theta = 30^\circ$

$$\text{আদিবেগ}, u = 0 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{সরণ}, s = 10 \text{ m}$$

$$\text{অভিকর্ষজ ভূরশ}, g = 10 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{ভূরশ}, a = g \sin \theta = 10 \times \sin 30^\circ \text{ m s}^{-2} = 5 \text{ m s}^{-2}$$

আমরা জানি,

$$v^2 = u^2 + 2as = 0 + 2 \times 5 \text{ ms}^{-2} \times 10 \text{ m}$$

$$\text{বা, } v^2 = 100 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$$

$$\therefore v = 10 \text{ m s}^{-1}$$

সূতরাং ব্রুকটি হেলানো তলের পাদবিন্দুতে  $10 \text{ m s}^{-1}$  বেগে ভূমি স্পর্শ করবে।

**ঘ** উচ্চিপক হতে,

হেলানো তলের দৈর্ঘ্য,  $S = 10 \text{ m}$

অনুভূমিক ও হেলানো তলের মধ্যবর্তী কোণ,  $\theta = 30^\circ$

অভিকর্ষজ ভূরশ,  $g = 10 \text{ ms}^{-2}$

হেলানো তল বরাবর অভিকর্ষজ ভূরশ  $g' = g \sin 30^\circ$

$$= 10 \text{ m s}^{-2} \times \frac{1}{2} = 5 \text{ m s}^{-2}$$

ধরি, মুক্তভাবে পড়ত বস্তুর সময়,  $t$

হেলানো তল বরাবর পড়ত বস্তুর সময়,  $t_1$  এবং উচ্চতা,  $h$

$$\text{আমরা জানি, } \sin 30^\circ = \frac{h}{s}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} = \frac{h}{10 \text{ m}}$$

$$\therefore h = 5 \text{ m}$$

$$\text{আবার, } h = ut + \frac{1}{2} gt^2$$

$$\text{বা, } 5 \text{ m} + 0 \times t + \frac{1}{2} \times 10 \text{ m s}^{-2} \times t^2$$

$$\text{বা, } 5 \text{ m} = 5t^2 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{বা, } t^2 = 1 \text{ s}^2$$

$$\therefore t = 1 \text{ s}$$

$$\text{আবার, } s = ut + \frac{1}{2} g't_1^2$$

$$\text{বা, } 10 \text{ M} = 0 \times t + \frac{1}{2} \times 5 \text{ m s}^{-2} \times t_1^2$$

$$\text{বা, } 10 \text{ M} = 2.5 t_1^2 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{বা, } t_1^2 = 4 \text{ s}^2$$

$$\therefore t_1 = 2 \text{ s}$$

যেহেতু  $t \neq t_1$  সেহেতু একই উচ্চতা  $h$  থেকে মুক্তভাবে পড়ত ব্রুকটির মাটিতে পৌছাতে একই সময় লাগবে না।

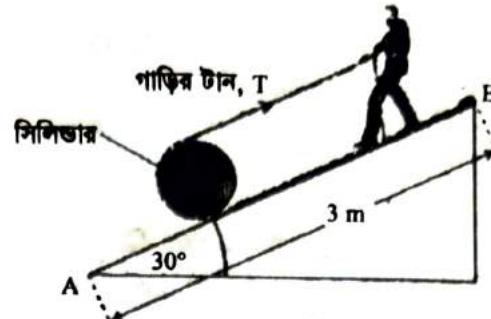
**ঙ** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৭-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ৬ এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**ঁ** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৯-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ৯ এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**ঁ** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১০-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ৪ এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**ঁ** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১১-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২ এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**ঁ** অনুভূমিকের সাথে  $30^\circ$  কোণে হেলানো তলের উপর দিয়ে  $160 \text{ kg}$  ভরের একটি সিলিন্ডার দড়িতে বেঁধে তোলা হচ্ছে। দড়ির সাহায্যে সিলিন্ডারটিকে পেঁচিয়ে থারি এক প্রাণী B বিন্দুতে আটকিয়ে অপর প্রাণ ধরে টানা হচ্ছে।



ক. এক জুল কাজ কাকে বলে?

খ. সিলিন্ডারটিকে চিত্রে প্রদত্ত পদ্ধতিতে এবং সরাসরি বেঁধে তোলার মধ্যে কোনটি সুবিধাজনক, কেন?

গ. হেলানো তলের দৈর্ঘ্য 3 m হলে সিলিন্ডারটিকে A থেকে B তে তুলতে কত কাজ করতে হবে নির্ণয় কর।

ঘ.  $T = 784 \text{ N}$  হলে সিলিন্ডারটি হেলানো তলের ওপর স্থির থাকে। এটি নিউটনের প্রথম সূত্রের পরিপন্থী নয়—গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১২]

### ৬৯নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো বস্তুর উপর এক নিউটন (1 N) বল প্রয়োগের ফলে যদি বলের দিকে বস্তুর এক ঘিটার (1 m) সরণ হয়, তবে সম্পূর্ণ কাজের পরিমাণকে এক জুল (1 J) বলে।

**খ** সিলিন্ডারটিকে চিত্রে প্রদত্ত পদ্ধতিতে তোলা বেশি সুবিধাজনক কারণ দড়ির এক প্রাণী B বিন্দুতে বাধা এবং অপর প্রাণ ধরে T বলে টানা হচ্ছে। এতে নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে দড়ির নিচের-অংশে T বল সৃষ্টি হয়। এর ফলে তলের সমন্বয়ে মোট বল হয় 2T। কিন্তু সরাসরি তুলতে গেলে 2T বলই প্রয়োগ করতে হয়। যা এখানে, T মানের বল প্রয়োগ করেই পাওয়া যায়।

**গ** এখানে,  $AB = 3 \text{ m}$

$$\text{কোণ, } \theta = 30^\circ$$

এখন, A থেকে B এর উচ্চতা  $h$  হলে,

$$h = AB \sin \theta = 3 \text{ m} \times \sin 30^\circ = 3 \text{ m} \times 0.5 = 1.5 \text{ m}$$

এখন, A থেকে B বিন্দুতে তুলতে কৃতকাজ,

$W = \text{বিদ্ব শক্তির পরিবর্তন}$

$$= mgh = 160 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 1.5 \text{ m} = 2352 \text{ J}$$

অতএব, কৃতকাজের পরিমাণ 2352 J।

**ঁ** নিউটনের প্রথম সূত্রানুসারে বস্তুর উপর কোনো বল ক্রিয়া না করলে বা ক্রিয়াশীল বলের লক্ষ্য শূন্য হলে স্থির বস্তু স্থির থাকবে এবং পতিশীল বস্তু সমবেগে সরলপথে চলতে থাকবে। উচ্চিপকের বস্তুটি স্থির থাকতে হলে এর উপর ক্রিয়াশীল বলের লক্ষ্য শূন্য হতে হবে।

এখানে, হেলানো তল বরাবর বলে বস্তুর ওজন  $mg$  দুটি উপাংশে বিভক্ত হবে। একটি উপাংশ হেলানো তলের উপর লম্ব বরাবর  $mg \cos 30^\circ$  যা প্রতিক্রিয়া বল হারা নিষ্ঠিয় হয় এবং অপর উপাংশটি তলের সমন্বয়ে  $mg \sin 30^\circ = 160 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 0.5 = 784 \text{ N}$

দড়ির এক প্রাণ ধরে T বলে টানা হচ্ছে।  $\therefore T = 784 \text{ N}$

সূতরাং, সিলিন্ডারটির উপর লম্ব বল ( $784 - 784$ )  $N = 0$  এর ফলে বস্তুটি স্থির আছে এবং ঘটনাটি নিউটনের প্রথম সূত্রের পরিপন্থী নয়।

**প্রশ্ন ১৫** একটি দালানের ছাদের সাথে  $6\text{ m}$  ও  $8\text{ m}$  দৈর্ঘ্যের দুটি মই লাগানো আছে। ছাদের উচ্চতা  $4\text{ m}$ ।  $70\text{ kg}$  ভরের একজন শ্রমিক  $50\text{ kg}$  ভরের সিমেন্টের ব্যাখ নিয়ে ছাদে উঠে।  $8\text{ m}$  দৈর্ঘ্যের মই বেয়ে সে  $10\text{s}$  সময়ে ছাদে উঠতে পারে।

- (ক) ক্রমতার একক ও মাত্রা কী? ১
- (খ) ক্রমতাকে বল ও বেগের মাধ্যমে প্রকাশ কর। ২
- (গ) শ্রমিকের ক্রমতা নির্ণয় কর। ৩
- (ঘ) কোন মই বেয়ে উঠা সহজতর? তোমার উত্তরের বিপক্ষে যুক্তি দাও। ৪

[অনুশীলনীর প্রথ ১৬]

### ২০ নং প্রয়োগের উত্তর

- (ক) ক্রমতার একক ওয়াট (W) এবং মাত্রা [ $\text{ML}^2\text{T}^{-3}$ ]।  
 (খ) কোনো বস্তুর উপর F বল প্রয়োগ করায় যদি t সময়ে বস্তুটি s দূরত অভিক্রম করে তবে এই বল হারা কৃতকাজ,

$$W = Fs$$

$$\text{এবং ক্রমতা, } P = \frac{W}{t} = \frac{Fs}{t} = F \frac{s}{t}$$

আবার, একক সময়ে নির্দিষ্ট দিকে বস্তুর সরণকে বেগ বলে। অর্থাৎ

$$\text{বেগ, } v = \frac{s}{t}$$

$$\therefore P = Fv$$

এটিই বল ও বেগের মাধ্যমে ক্রমতার প্রকাশ।

- (গ) ধরি, শ্রমিকের ক্রমতা P

উচ্চীপক হতে, বোঝাসহ শ্রমিকের ভর,  $m = (70 + 50)\text{ kg} = 120\text{ kg}$   
 অভিকর্জন ত্বরণ,  $g = 9.8\text{ m s}^{-2}$

সময়,  $t = 10\text{ s}$

ছাদের উচ্চতা,  $h = 4\text{ m}$

$$\text{আমরা জানি, } P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{120\text{ kg} \times 9.8\text{ m s}^{-2} \times 4\text{ m}}{10\text{ s}} = 470.4\text{ W}$$

সুতরাং, শ্রমিকের ক্রমতা  $470.4\text{ W}$ ।

- (ঘ) উচ্চীপক অনুসারে, প্রথম মইয়ের দৈর্ঘ্য,  $s_1 = 6\text{ m}$

দ্বিতীয় মইয়ের দৈর্ঘ্য,  $s_2 = 8\text{ m}$

ছাদের উচ্চতা,  $h = 4\text{ m}$

ধরি, প্রথম মইয়ের অনুভূমিকের সাথে সূচ কোণ  $\theta_1$ ,

এবং দ্বিতীয় মইয়ের অনুভূমিকের সাথে সূচ কোণ  $\theta_2$

আমরা জানি,

$$\sin \theta_1 = \frac{AB}{AC}$$

$$\text{বা, } \theta_1 = \sin^{-1} \left( \frac{4\text{ m}}{6\text{ m}} \right)$$

$$\therefore \theta_1 = 41.81^\circ$$

$$\text{আবার, } \sin \theta_2 = \frac{AB}{AC}$$

$$\text{বা, } \theta_2 = \sin^{-1} \left( \frac{4\text{ m}}{8\text{ m}} \right)$$

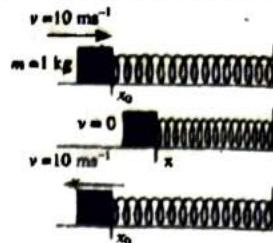
$$\therefore \theta_2 = 30^\circ$$

অর্থাৎ,  $\theta_2 < \theta_1$

যেহেতু,  $\theta_2$  ছাদের সাথে কম কোণ উৎপন্ন করেছে সেহেতু  $8\text{ m}$  দৈর্ঘ্যের মই বেয়ে ছাদে উঠার জন্য শ্রমিককে কম বল প্রয়োগ করতে হবে। ফলে তার ছাদে উঠা সহজতর হবে।

**প্রশ্ন ১৬** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রথ ১৮-এর উত্তরের জন্য এ অধ্যায়ের ৭নং সূজনশীল প্রথ ও উত্তর মন্তব্য।

**প্রশ্ন ১৭**  $4\text{ kg}$  ভরের একটি বস্তু ঘর্ষণবিহীন ঘেঁষের উপর দিয়ে  $10\text{ m s}^{-1}$  বেগে একটি প্রাণীকে ধাকা দিলে প্রাণীটি সংকুচিত হয়ে এক সময় বস্তুটি খিয়ে হয়। অতঃপর একই পথে  $x_0$  অবস্থানে এসে একই বেগ ধান্ত হয়। প্রাণীটির বল ধূবক  $0.06\text{ N m}^{-1}$ ।



- (ক) আদর্শ প্রিং বল কী ধরনের বল? ১

(খ) একই উচ্চতা থেকে বালির উপর পড়লে শক্ত ঘেঁষের তুলনায় কম আঘাত লাগে কেন? ২

(গ) প্রাণীটি কভার্টু সংকুচিত হবে নির্ণয় কর। ৩

(ঘ) উল্লিঙ্কের ঘটনা থেকে “প্রিং বল সংরক্ষণশীল” – গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

[অনুশীলনীর প্রথ ১৯]

### ২১ নং প্রয়োগের উত্তর

- (ক) আদর্শ প্রিং বল হলো প্রিং-এর বিকৃতি প্রতিরোধী সংরক্ষণশীল বল।

(খ) মনে করি, h উচ্চতা থেকে m ভরের একটি বস্তু অভিকর্জনের প্রভাবে শক্ত ঘেঁষের উপর পড়লে বস্তুর ওজন mg এবং প্রতিক্রিয়া বল R সমান হবে।

শর্তানুযায়ী,  $R = mg$

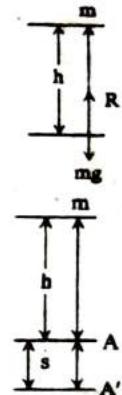
আবার, মনে করি, h উচ্চতা থেকে m ভরের বস্তু বালির উপর পড়ে S মি. ডিতরে প্রবেশ করলে বস্তুর ত্বরণ হলো a।

$$\therefore \text{লব্ধি ত্বরণ} = g - a$$

$$\therefore \text{প্রতিক্রিয়া বল} R' = m(g - a)$$

সুতরাং,  $R > R'$

অতএব, একই উচ্চতা থেকে বালির উপর পড়লে শক্ত ঘেঁষের তুলনায় কম আঘাত লাগে।



- (গ) এখানে, বস্তুর ভর,  $m = 1\text{ kg}$

$$\text{বেগ, } v = 10\text{ m s}^{-1}$$

$$\text{প্রিংয়ের বল ধূবক, } k = 0.06\text{ N m}^{-1}$$

প্রিংয়ের সংকোচন,  $x = ?$

এক্ষেত্রে বস্তুর গতিশক্তি = প্রিংয়ে সঞ্চিত বিভব শক্তি

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

$$\text{বা, } x^2 = \frac{m}{k}v^2 = \frac{1}{0.06} \times 10^2$$

$$\text{বা, } x = 40.82\text{ m}$$

- (ঘ) কাজ-শক্তি উপরাদ্য অনুযায়ী, প্রিং বল কর্তৃক বস্তুটির উপর কৃতকাজ এর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান। অর্থাৎ,

$$W = \Delta K$$

$$= K_f - K_i$$

$$= \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

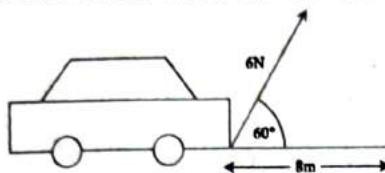
$$= \frac{1}{2} \times 1 \times 10^2 - \frac{1}{2} \times 1 \times 10^2$$

$$= 0$$

এখানে,  
 $v_i = x_0$  অবস্থান অভিক্রমের সময় বস্তুর বেগ =  $10\text{ m/s}$   
 পুনরায়  $x_0$  অবস্থান অভিক্রমের ক্ষেত্রে বস্তুর বেগ,  $v_f = 10\text{ m/s}$   
 $\therefore$  ১টি পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে পূর্বের অবস্থানে ফিরে আসায় বস্তুটির ওপর প্রিং বল হারা কৃতকাজ শূন্য। অতএব, প্রিং বল সংরক্ষণশীল বল।

**চ. তক্ষাঙ্গল হোসেন, শহিউদ্দিন, নীলুকার, হুমায়ুন ও আতিকুর স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর**

একাদশ প্রেশির ছাত্রী তাশকিয়া একটি লোহা সূতার সাহায্যে মৃগ অনুভূমিক ঘেঁষের উপর একটি খেলনা গাড়িকে 6N বলে টানছে এবং সূতাটি অনুভূমিকের সাথে  $60^{\circ}$  কোণ তৈরি করছে। গাড়ি ঘেঁষের উপর 8m দূরত্ব অতিক্রম করে।



- ক. পদাৰ্থবিজ্ঞানে কাজের সংজ্ঞা কী? ১  
 খ. ধনাঘাতক কাজ ও ঝণাঘাতক কাজ বলতে কী বুঝায়? ২  
 গ. খেলনা গাড়িটি টেনে 8 m দূরত্ব সরানোর জন্য তাশকিয়া কতটুকু কাজ করল? ৩  
 ঘ. তাশকিয়ার প্রযুক্ত বলের কতটুকু গাড়িটির সরণ ঘটাতে ব্যয়িত হয়েছে এবং একেতে শক্তির নিয়ত্যা সূত্রের সংরক্ষণ হয়েছে কি-না সে সম্পর্কে তোমার যুক্তিসংজ্ঞাত মতামত দাও। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১]

**২৩নং প্রশ্নের উত্তর**

ক. বল প্রয়োগের মাধ্যমে বক্তুর সরণ হলে বল এবং বলের দিকে বক্তুর সরণের উপায়ের গুণফলকে কাজ বলে।

খ. বল প্রয়োগ করার ফলে যদি বলের প্রয়োগ বিন্দু বলের ক্রিয়ার বিশ্লেষণ দিকে সরে যায় বা বলের দিকে সরণের ঝণাঘাতক উপায়ে থাকে, তাহলে বলের বিবুঁধে কাজ হয়েছে বুঝায়। যেমন-কোনো বক্তুকে ঘেঁষে থেকে টেবিলের উপর উঠানো হলো। ফলে অভিকর্ষ বলের বিবুঁধে বক্তুটি উপরে উঠবে। একেতে অভিকর্ষ বলের বিবুঁধে কাজ হয়েছে বুঝায়। যদি বল প্রয়োগের ফলে বক্তুর সরণ ঘটে এবং বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ  $90^{\circ}$  অপেক্ষা বেশি এবং  $180^{\circ}$  এর সমান বা কম হয় তবে বল ঘারা সম্পর্ক কাজকে ঝণাঘাতক কাজ বলে।

গ. আমরা জানি,

$$\begin{aligned} W &= F_s \cos \theta \\ &= 6N \times 8m \times \cos 60^{\circ} \\ &= 24J \end{aligned}$$

অতএব, তাশকিয়া 24 J কাজ করল।

ঘ. প্রযুক্ত বল,  $F = 6N$

সৃষ্টি কোণ,  $\theta = 60^{\circ}$

$$\begin{aligned} \text{অনুভূমিক বরাবর উপায়} &= F \cos \theta = 6N \times \cos 60^{\circ} = 3N \\ \text{তাশকিয়ার প্রযুক্ত বলের } 3N &\text{ গতিটির সরণ ঘটাতে ব্যয়িত হয়েছে।} \end{aligned}$$

মনে করি, গাড়িটির ভর,  $m = 0.2 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{গাড়িটির ওজন, } W &= mg \\ \text{তল বরাবর নিচের দিকে ওজনের উপায়, } W' &= mg \sin \theta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= mg \sin 60^{\circ} \\ &= \frac{\sqrt{3}}{2} mg \end{aligned}$$

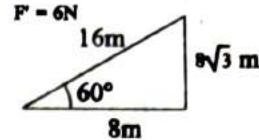
$$= \frac{\sqrt{3}}{2} \times 0.2 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} = 1.7 \text{ N}$$

তল বরাবর উপরের দিকে প্রযুক্ত বল,  $F' = 6N$

$$\begin{aligned} \text{তল বরাবর উপরের দিকে সম্পর্ক বল, } F &= F' - W' \\ &= (6 - 1.7) \text{ N} \\ &= 4.3 \text{ N} \end{aligned}$$

এ বলের দস্তুন তলের সর্বোচ্চ বিন্দুতে বক্তু কর্তৃক অর্জিত বেগ,

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{u^2 + 2as} \\ &= \sqrt{u^2 + 2 \frac{F}{m} s} \\ &= \sqrt{0 + 2 \times \frac{4.3 \text{ N}}{0.2 \text{ kg}} \times 16 \text{ m}} \\ &= 26.23 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$



$$\text{এবং গতিশক্তি, } E_k = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \text{ kg} \times (26.23 \text{ ms}^{-1})^2 = 68.8 \text{ N}$$

$$\text{সর্বোচ্চ বিন্দুতে বিভিন্ন শক্তি, } E_p = mgh$$

$$= 0.2 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 8\sqrt{3} \text{ m} = 27.16 \text{ J}$$

$$\therefore \text{তলের সর্বোচ্চ বিন্দুতে মোট যান্ত্রিক শক্তি, } = E_k + E_p$$

$$= 68.8 \text{ N} + 27.16 \text{ N} = 95.96 \text{ N} \approx 96 \text{ N}$$

$$\text{আবার, প্রযুক্ত বল } F' = 6N \text{ এবং সরণ } s = 16 \text{ m}$$

$$\therefore \text{তাশকিয়া কর্তৃক ব্যয়িত শক্তি } = \text{কৃতকাজ } = Fs$$

$$= 6 \text{ N} \times 16 \text{ m} = 96 \text{ N-m} = 96 \text{ J}$$

অতএব, তাশকিয়া কর্তৃক ব্যয়িত শক্তিই কৃতিতে যান্ত্রিক শক্তিতে বৃগতিরিত হয়েছে। সুতরাং একেতে শক্তির নিয়ত্যতা সূত্র পালিত হয়েছে।

**প্রশ্ন ৪** আবিদ একটি স্প্রিং নিয়ে পরীক্ষা-নিরীক্ষা করে দেখল যে, 30 N বল স্প্রিংকে টেনে 5 cm প্রসারিত করে। অতঃপর সে একবার স্প্রিংটিকে 10 cm প্রসারণ এবং আরেকবার 10 cm সংকোচন করে দেখল উভয়ক্ষেত্রেই কৃতকাজ সমান।

ক. স্প্রিং ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. স্প্রিংয়ের ক্ষেত্রে,  $F = -kx$  সমীকরণে ঝণাঘাতক চিহ্নের যথার্থতা আলোচনা কর। ২

গ. স্প্রিংটিকে 10 cm প্রসারিত করতে কত কাজ সম্পন্ন হয়? ৩

ঘ. প্রসারণ ও সংকোচন উভয়ক্ষেত্রেই কৃতকাজের পরিমাণ কেন সমান পাওয়া গিয়েছিল, সে সম্পর্কে তোমার যুক্তিসংজ্ঞাত মতামত ব্যক্ত কর। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৩]

**২৪নং প্রশ্নের উত্তর**

ক. কোনো স্প্রিং এর একক প্রসারণের জন্য যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হয় তাকে স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

খ.  $F = -kx$  সমীকরণে  $F$  দ্বারা প্রত্যয়নী বল বুঝায়।  $x$  দ্বারা স্প্রিংটির সংকোচন বা প্রসারণের পরিমাণ বুঝায়। যার সাম্যাবস্থান হতে পরিমাণ করা হয়। সাম্যাবস্থান হতে সরণের দিক যেদিকে, প্রত্যয়নী বলের দিক এক বিপরীত দিকে। সুতরাং,  $x$  এর দিককে ধনাঘাতক ঘরলে  $F$  এর দিক হবে ঝণাঘাতক অর্থাৎ, প্রদত্ত সমীকরণে ঝণাঘাতক চিহ্নের যথার্থতা রয়েছে।

গ. আমরা জানি,

$$\begin{aligned} F &= kx_1 \\ \text{বা, } k &= \frac{F}{x_1} \\ &= \frac{30 \text{ N}}{0.05 \text{ m}} \\ &= 600 \text{ Nm}^{-1} \end{aligned}$$

এখানে, প্রযুক্ত বল,  $F = 30 \text{ N}$

$$\text{স্প্রিং প্রসারণ, } x_1 = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$$

$$\text{বিড়ীয় ক্ষেত্রে, প্রসারণ, } x_2 = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$$

$$10 \text{ cm প্রসারণে কৃতকাজ, } W = ?$$

$$\therefore 10 \text{ cm প্রসারণে কৃতকাজ, } W = \frac{1}{2} kx_2^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 600 \text{ Nm}^{-1} \times (0.1 \text{ m})^2$$

$$= 3J$$

অতএব, কৃতকাজ 3 J।



এখানে, সংকোচন,  $x = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$

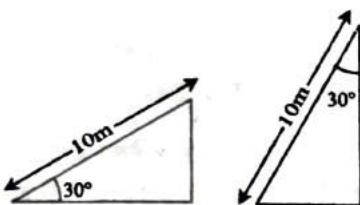
গ নং থেকে পাই, বল ধূর্বক  $k = 600 \text{ Nm}^{-1}$

$\therefore$  সংকোচনের ফলে কৃত কাজ,  $W = \frac{1}{2} kx^2$

$$= \frac{1}{2} \times 600 \text{ Nm}^{-1} \times (0.1 \text{ m})^2 \\ = 3 \text{ J}$$

একটি স্তরকে নিমিট পরিমাণ প্রসারিত করলে যে প্রত্যয়নী বল কাজ করে একই পরিমাণ সংকুচিত করলে ও একই প্রত্যয়নী বল কাজ করে। অতিটি ক্ষেত্রেই প্রত্যয়নী বলের দিক হয়। সাম্যাবস্থান হতে সরণের বিপরীত দিকে, সূতরাং সংকোচন ও প্রসারণের ক্ষেত্রে প্রত্যয়নী বল সমান হওয়ার কারণে কৃত কাজ সমান হয়।

৭০ kg ভরের দুই ব্যক্তি প্রত্যেকে 30 kg ভরের বোঝাসহ দুটি 10 m দৈর্ঘ্যের যই বেয়ে দুটি ভবনে যথাক্রমে 5s ও 10s এ উঠে এলো। যই দুটির প্রথমটি অনুভূমিকের সাথে  $30^\circ$  কোণে এবং ছিতীয়টি ভবনের ছাদের সাথে একই কোণে স্থাপন করা ছিল।



ক. অসংরক্ষণশীল বল কাকে বলে?

খ. আমাদের দৈনন্দিন জীবনে কৃতকাজ সংরক্ষণশীল বল ছারা না-কি অসংরক্ষণশীল বল ছারা সংগঠিত হয়?

গ. উভয় ব্যক্তির কৃতকাজ নির্ণয় কর।

ঘ. উভয় ব্যক্তির ক্ষমতা ও স্থিতিশক্তির বৃদ্ধি সম্পর্কে তোমার সিদ্ধান্ত বর্ণনা কর।

[অনুলিপনীর প্রথম ৪]

### ৭৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বস্তুকে বলের প্রভাবে যেকোনো পথে ঘূরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে যদি মোট কাজের পরিমাণ শূন্য না হয় তবে ঐ বলকে অসংরক্ষণশীল বল বলে।

খ. কোনো বল ছারা সৃষ্টি ক্ষেত্রে অবস্থিত একটি বস্তুকে যেকোনো পথে ঘূরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে কৃত কাজ যদি শূন্য হয়, তাহলে তা সংরক্ষণশীল বল। যেমন— অভিকর্ষীয় বল বৈদ্যুতিক বল। আর্দ্ধ স্প্রিংের বিকৃতি প্রতিরোধকারী বল ইত্যাদি। আর কোনো বল ছারা সৃষ্টি ক্ষেত্রে অবস্থিত একটি বস্তুকে যেকোনো পথে ঘূরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে ঐ বল ছারা কৃতকাজ যদি শূন্য না হয়, তাহলে তা অসংরক্ষণশীল বল। ঘর্ষণ বল, সান্দু বল ইত্যাদি অসংরক্ষণশীল বলের উদাহরণ। সূতরাং আমাদের দৈনন্দিন জীবনের কৃতকাজ অসংরক্ষণশীল বল ছারা সংঘটিত হয়।

গ. এখানে, বোঝাসহ ১ম ব্যক্তির ভর,  $m_1 = (70 + 30) \text{ kg} = 100 \text{ kg}$  বোঝাসহ ২য় ব্যক্তির ভর,  $m_2 = (70 + 30) \text{ kg} = 100 \text{ kg}$

১ম ব্যক্তির সরণ,  $S_1 = 10 \text{ m}$

ভূমির সাথে সৃষ্টি কোণ,  $\theta_1 = 30^\circ$

২য় ব্যক্তির সরণ,  $S_2 = 10 \text{ m}$

ভূমির সাথে সৃষ্টি কোণ,  $\theta_2 = (90 - 30)^\circ = 60^\circ$

১ম ব্যক্তির কৃত কাজ,  $W_1 = m_1 g S_1 \sin \theta_1$

$$= 100 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 10 \text{ m} \times \sin 30^\circ \\ = 4.9 \times 10^3 \text{ J}$$

২য় ব্যক্তির কৃত কাজ,  $W_2 = m_2 g S_2 \sin \theta_2$

$$= 100 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 10 \text{ m} \times \sin 60^\circ \\ = 8487 \text{ J}$$

গ' নং থেকে পাই,

১ম ব্যক্তির কৃতকাজ,  $W_1 = 4.9 \times 10^3 \text{ J}$

২য় ব্যক্তির কৃতকাজ,  $W_2 = 8487 \text{ J}$

১ম ব্যক্তির প্রয়োজনীয় সময়,  $t_1 = 5 \text{ s}$

২য় ব্যক্তির প্রয়োজনীয় সময়,  $t_2 = 10 \text{ s}$

$\therefore$  ১ম ব্যক্তির ক্ষমতা,  $P_1 = \frac{W_1}{t_1} = \frac{4.9 \times 10^3 \text{ J}}{5 \text{ s}} = 980 \text{ W}$

$\therefore$  ২য় ব্যক্তির ক্ষমতা,  $P_2 = \frac{W_2}{t_2} = \frac{8487 \text{ J}}{10 \text{ s}} = 848.7 \text{ W}$

আবার, প্রাথমিক অবস্থায় উভয় ব্যক্তির স্থিতিশক্তি শূন্য,

১ম ব্যক্তির চূড়ান্ত বিন্দুর উচ্চতা,  $h_1 = 10 \text{ m} \times \sin 30^\circ = 5 \text{ m}$

২য় ব্যক্তির চূড়ান্ত বিন্দুর উচ্চতা,  $h_2 = 10 \text{ m} \times \sin 60^\circ = 8.66 \text{ m}$

$\therefore$  ১ম ব্যক্তির চূড়ান্ত বিন্দুতে স্থিতিশক্তি

$E_{p1} = m_1 gh_1 = 100 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 5 \text{ m} = 4900 \text{ J}$

$\therefore$  ১ম ব্যক্তির স্থিতিশক্তি বৃদ্ধি,  $\Delta U_1 = (4900 - 0) \text{ J} = 4900 \text{ J}$

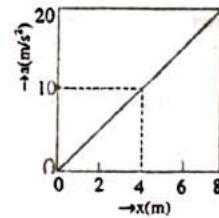
আবার, বিতীয় ব্যক্তির চূড়ান্ত বিন্দুতে স্থিতিশক্তি,

$E_{p2} = m_2 gh_2$

$$= 100 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 8.66 \text{ m} = 8486.8 \text{ J}$$

$\therefore$  ২য় ব্যক্তির স্থিতিশক্তি বৃদ্ধি,  $\Delta U_2 = (8486.8 - 0) \text{ J} = 8486.8 \text{ J}$

১৪৪ ৭৬ । 10 kg ভরের একটি বস্তু কোনো একটি বলের প্রভাবে  $x$  অক্ষ বরাবর গতিশীল। বস্তুটির ত্বরণ তার অবস্থানের সাপেক্ষে নিচের চিত্র অনুযায়ী পরিবর্তিত হয়।



ক. কাজ কাকে বলে?

খ. কাজ কীভাবে ঝণাঝক হতে পারে?

গ.  $x = 0$  হতে  $x = 8 \text{ m}$  পর্যন্ত সরণের কারণে বস্তু কর্তৃক কৃতকাজ কত?

ঘ. চিত্রে যে বল ছারা কাজ হয়েছে তা-কি ধূব বল না পরিবর্তী বল ছিল এবং সমপরিমাণ কাজ অন্য একটি বল ছারা কীভাবে সম্পর হতে পারে?

[অনুলিপনীর প্রথম ৫]

### ৭৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বল প্রয়োগের মাধ্যমে বস্তুর সরণ হলে বল এবং বলের দিকে বস্তুর সরণের উপাংশের গুণফলকে কাজ বলে।

খ. যদি বল প্রয়োগের ফলে বস্তুর সরণ হয় এবং বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ যদি  $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$  অপেক্ষা বেশি এবং  $180^\circ$  এর সমান বা  $180^\circ$  এর কম হয় তবে বল ছারা সম্পর কাজকে ঝণাঝক কাজ বলে।

কাজ,  $W = \vec{F} \cdot \vec{S} = FS \cos \theta; (90^\circ < \theta \leq 180^\circ)$

$\vec{F}$  ও  $\vec{S}$  এর মধ্যবর্তী কোণ  $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$  এর জন্য  $\cos \theta$  এর মান ঝণাঝক, তাই কাজ  $W$  ঝণাঝক হয়।

গ. এখানে, আদি ত্বরণ,  $a_1 = 0 \text{ m s}^{-2}$

শেষ ত্বরণ,  $a_2 = 20 \text{ m s}^{-2}$

$$\therefore \text{গড় ত্বরণ}, a = \frac{a_1 + a_2}{2} = \frac{0 + 20}{2} = 10 \text{ ms}^{-2}$$

বস্তুর ভর,  $m = 10 \text{ kg}$

সরণ,  $x = 8 \text{ m}$

গড় বল  $F = ma = 10 \times 10 = 100 \text{ N}$

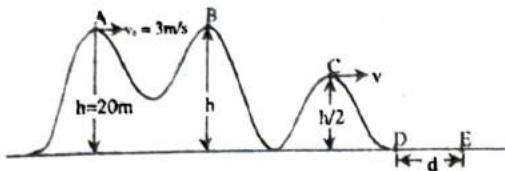
কাজ,  $W = Fx = 100 \times 8 = 800 \text{ J}$

চিত্রে যে বল ছারা কাজ হয়েছে তা পরিবর্তিত বল হিল।  
সমগ্রিমাণ কাজ  $100 \text{ N}$  ধূব বল ছারা সম্পন্ন করা যাবে, তবে  
সেক্ষেত্রে প্রযুক্ত ধূব বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ  $0^\circ$  হতে হবে।  
কারণ, আমরা জানি, ধূব বল ছারা কৃতকাজ,

$$\begin{aligned} W &= FS \cos \theta \\ &= 100 \times 8 \cos 0^\circ \\ &= 800 \text{ J} \end{aligned}$$

অতএব, সমগ্রিমাণ কাজ অন্য একটি বল ছারা সম্পন্ন করতে হলে  
 $100 \text{ N}$  যানের ধূব বল এমনভাবে প্রয়োগ করতে হবে যেন প্রযুক্ত  
বলের দিকে  $8 \text{ m}$  সরণ হয়।

### প্রয়োগ



উপরের চিত্রে একটি  $1000 \text{ kg}$  ভরের রোলার কোস্টার ঘর্ষণহীন পথে  
ক্রম থেকে  $h = 20 \text{ m}$  উচ্চতায় A বিন্দু হতে  $v_0 = 3 \text{ m/s}$  দূরত্বে যাত্রা  
করে B ও C বিন্দু হয়ে D বিন্দুতে পৌছে ব্রেক করে d দূরত্ব অতিক্রম  
করে E বিন্দুতে পৌছে থেমে যায়।

- ক. শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি কী?  
খ. চলমান গাড়ির চালক সামনে কোন প্রতিবন্ধক দেখে  
ব্রেক করায় কিছু দূর গিয়ে থেমে গেল। একেতে যান্ত্রিক  
শক্তির সংরক্ষণ নীতি প্রযোজ্য হয়েছে কী?  
গ. d এর মান নির্ণয় কর।  
ঘ. B, C, D ও E বিন্দুতে যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণশীলতা  
কীভাবে সংরক্ষিত হয়েছে তার যথাযথ ব্যাখ্যা দাও।

[অনুশীলনীর পৃষ্ঠা ৭]

### ৭৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক. শক্তির সূচি বা বিনাশ নেই, শক্তি কেবল একরূপ থেকে অপর এক  
বা একাধিক রূপে পরিবর্তিত হতে পারে। মহাবিশ্বের মোট শক্তির  
পরিমাণ নির্দিষ্ট ও অপরিবর্তনীয়।

খ. চলমান গাড়ির চালক সামনে কোন প্রতিবন্ধক দেখে ব্রেক করায়  
কিছু দূর গিয়ে থেমে গেলে যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণ নীতি প্রযোজ্য হবে।  
মনে করি, গাড়ির ভর =  $m$  এবং এটি  $v$  বেগে পতিশীল।  
গাড়ির চালক প্রতিবন্ধক দেখার মুহূর্তে শক্তি হবে গাড়ির গতিশক্তির  
সমান অর্থাৎ  $\frac{1}{2} mv^2$ । ব্রেক চেপে গাড়িটিকে x দূরত্বে থামালে মন্দন a  
হলে,  $0 = v^2 - 2ax$   
বা,  $a = \frac{v^2}{2x}$

$$\text{বাধাদানকারী বল}, F = ma = m \frac{v^2}{2x}$$

$$\text{বাধাদানকারী বল ছারা কৃতকাজ} = Fx = m \frac{v^2}{2x} \times x = \frac{1}{2} mv^2$$

অতএব, একেতে যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণ নীতি প্রযোজ্য হয়েছে।

- গ. এখানে,  
A বিন্দুতে রোলার কোস্টারের বেগ,  $v_0 = 3 \text{ ms}^{-1}$

$$A \text{ ও } D \text{ এর মধ্যবর্তী সম দূরত্ব}, h = 20 \text{ m}$$

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

$$\text{ধরি, } D \text{ বিন্দুতে বেগ} = v$$

$$E \text{ বিন্দুতে বেগ } v_1 = 0$$

$$\text{মন্দন} = a \text{ ms}^{-2}$$

$$\text{দূরত্ব, } d = ?$$

$$\begin{aligned} \text{আমরা জানি, } v^2 &= v_0^2 + 2gh \\ &= 3^2 + 2 \times 9.8 \times 20 \\ &= 401 (\text{ms}^{-1})^2 \end{aligned}$$

D বিন্দুতে ব্রেক প্রয়োগ করায় E বিন্দুতে বেগ,  $v_1 = 0$  হয় বলে

$$v_1^2 = v^2 - 2ad$$

$$\text{বা, } 0 = 401 - 2ad$$

$$\text{বা, } 2ad = 401$$

$$\therefore d = \frac{401}{2a} \text{ m}$$

$$\text{অতএব, } d \text{ এর মান } \frac{401}{2a} \text{।}$$

ঘ. B বিন্দুতে, বিভবশক্তি,  $E_{PB} = mgh$

$$\begin{aligned} &= 1000 \times 9.8 \times 20 \\ &= 1.96 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

B বিন্দুতে, গতিশক্তি,  $E_{PB} = \frac{1}{2} mv_0^2 = \frac{1}{2} \times 1000 \times (3)^2 = 4500 \text{ J}$

$\therefore B$  বিন্দুতে, মোট শক্তি,  $E_B = (1.96 \times 10^5 + 4500) \text{ J}$   
 $= 2.005 \times 10^5 \text{ J}$

C বিন্দুতে বিভবশক্তি,  $E_{PC} = mg \times \frac{h}{2}$

$$\begin{aligned} &= 21000 \times 9.8 \times \frac{20}{2} \\ &= 98000 \text{ J} \end{aligned}$$

C বিন্দুতে গতিশক্তি,  $E_{KC} = \frac{1}{2} mv^2$

$$= \frac{1}{2} m \left( v_0^2 + 2g \times \frac{h}{2} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \times 1000 \left( 3^2 + 2 \times 9.8 \times \frac{20}{2} \right)$$

$$= 102500 \text{ J}$$

$\therefore C$  বিন্দুতে মোট শক্তি,  $E_C = (98000 + 102500) \text{ J}$   
 $= 2.005 \times 10^5 \text{ J}$

D বিন্দুতে বিভবশক্তি,  $E_{PD} = mg \times 0 = 0 \text{ J}$

D বিন্দুতে গতিশক্তি,  $E_{KD} = \frac{1}{2} mv_1^2$

$$= \frac{1}{2} m \left( v_0^2 + 2gh \right)$$

$$= \frac{1}{2} \times 1000 \left( 3^2 + 2 \times 9.8 \times 20 \right)$$

$$= 2.005 \times 10^5 \text{ J}$$

D বিন্দুতে মোট শক্তি,  $E_D = (0 + 2.005 \times 10^5) \text{ J} = 2.005 \times 10^5 \text{ J}$

E বিন্দুতে বিভবশক্তি,  $E_{PE} = 0 \text{ J}$

E বিন্দুতে গতিশক্তি,  $E_{KE} = 0 \text{ J}$

E বিন্দুতে বাধা দানকারী বল ছারা কৃতকাজ তথা যান্ত্রিক শক্তি,

$$E_M = F \times d = mad$$

$$= m \left( \frac{v_1^2 - v_0^2}{2d} \right) \times d$$

$$= 1000 \times \frac{v_1^2}{2}$$

$$= 500 (v_0^2 + 2gh)$$

$$= 500 (3^2 + 2 \times 9.8 \times 20)$$

$$= 2.005 \times 10^5 \text{ J}$$

E বিন্দুতে মোট শক্তি,  $E_E = (0 + 0 + 2.005 \times 10^5) \text{ J}$

$$= 2.005 \times 10^5 \text{ J}$$

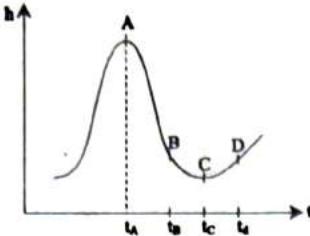
$$\therefore E_B = E_C = E_D = E_E$$

অতএব, B, C, D ও E বিন্দুতে যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণশীলতা

সংরক্ষিত হয়েছে।

## ৩. এম. আলী আসগুর ও মোহাম্মদ আকির হোসেন স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্ৰয়োগ ও উভয়

**বিষয়টি** একটি টেনিস বলের ভূমিতে বাড়িলের উচ্চতা-সময়ের সম্পর্ক দেখানো হলো। লেখচিত্রের  $t_A$ ,  $t_B$ ,  $t_C$ ,  $t_D$  সময়ে উচ্চতা যথাক্রমে 10 m, 5 m, 4 m এবং 6 m। টেনিস বলের ভৰ 0.02 kg এবং সৰ্বোচ্চ বেগ 2 m s<sup>-1</sup>।



- ক. খণ্ডাক বিভব শক্তি কাকে বলে? ১  
 খ. পদাৰ্থবিজ্ঞানের কাজের সাথে শাৰীৰবৃত্তীয় কাজ ব্যাখ্যা কৰ। ২  
 গ. টেনিস বলের সৰ্বোচ্চ বিভব শক্তি পরিমাপ কৰ। ৩  
 ঘ. A, B, C এবং D অবস্থানে শক্তিৰ নিয়তাব বিধি বিশ্লেষণ কৰ। ৪

(অনুশীলনীৰ প্ৰয়োগ ১)

## ৪৮নং পৰ্যন্তের উভয়

**ক** কোনো বস্তুকে ভূমি হতে নিচের দিকে নামানো হলে এটি যে বিভবশক্তি অৰ্জন কৰে তাকে খণ্ডাক বিভবশক্তি বলে।

**খ** বস্তুৰ উপৰ বল প্ৰয়োগ কৰাৰ ফলে বস্তুৰ অবস্থান পৰিবৰ্তন ঘটলে শক্তিৰ যে স্থানান্তৰ ঘটে তাই হচ্ছে কাজ।



আমৰা খাদ্য প্ৰহণ কৰি। খাদ্য হতে বিপৰীকীয় প্ৰক্ৰিয়ায় মানুষ শক্তি লাভ কৰে। এ শক্তি মানুষকে কাজ কৰাৰ সামৰ্থ্য যোগায়। খাদ্য হতে মানুষ যে শক্তি প্ৰহণ কৰে তা কাজ, তাপীয় শক্তি এবং ফ্যাট সঞ্চয়ে বৃপ্তিৰিত হয়। যে ব্যক্তি বেশি শক্তি লাভ কৰে তাৰ কাজ কৰাৰ সামৰ্থ্য বেশি। অৰ্থাৎ, পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ কাজেৰ সাথে শাৰীৰবৃত্তীয় কাজ ওভৰেণ্টভাৱে জড়িত।

**গ** টেনিস বলেৰ A বিন্দুতে বেগ শূন্য। অৰ্থাৎ A অবস্থানে টেনিস বলেৰ সমত শক্তিই বিভব শক্তি।

আমৰা জানি,

$$\begin{aligned} E_p &= mg h_A \\ &= 0.02 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 10 \text{ m} \\ &= 1.96 \text{ J} \end{aligned}$$

এখানে,

$$\begin{aligned} \text{ভূমি হতে A অবস্থানেৰ উচ্চতা } h_A &= 10 \text{ m} \\ \text{টেনিস বলেৰ ভৰ, } m &= 0.02 \text{ kg} \\ \text{অভিকৰ্ষণ তুলণ, } g &= 9.8 \text{ ms}^{-2} \\ \text{বিভবশক্তি, } E_p &=? \end{aligned}$$

অতএব, টেনিস বলেৰ সৰ্বোচ্চ বিভবশক্তি 1.96 J।

**ঘ** A অবস্থানেৰ ক্ষেত্ৰে :

A বিন্দুতে বেগ,  $v = 0$

∴ গতিশক্তি,  $E_{K_A} = 0$

"গ" হতে পাই, বিভবশক্তি,  $E_{P_A} = 1.96 \text{ J}$

$$\begin{aligned} \therefore A \text{ অবস্থানে মোট শক্তি} &= E_{P_A} + E_{K_A} \\ &= (1.96 + 0) \text{ J} = 1.96 \text{ J} \end{aligned}$$

B অবস্থানেৰ ক্ষেত্ৰে :

B বিন্দুৰ উচ্চতা,  $t_B = 5 \text{ m}$

∴ ভূমি হতে B বিন্দুৰ উচ্চতা  $(10 - 5) \text{ m}$  বা  $5 \text{ m}$

$$\begin{aligned} B \text{ বিন্দুতে বলটিৰ বেগ, } v^2 &= u^2 + 2g t_B \\ v^2 &= 0^2 + 2g t_B \quad [\because u = 0] \\ &= 2g t_B \end{aligned}$$

B বিন্দুতে বলটিৰ গতিশক্তি,  $E_{K_B} = \frac{1}{2} mv^2$

$$= \frac{1}{2} m \cdot 2g t_B = mg t_B = 5 \text{ mg}$$

B বিন্দুতে বলটিৰ বিভবশক্তি,  $E_{P_B} = mg \times 5 = 5 \text{ mg}$

$$\begin{aligned} \therefore B \text{ বিন্দুতে মোট শক্তি, } E_{K_B} + E_{P_B} &= 5 \text{ mg} + 5 \text{ mg} = 10 \text{ mg} \\ &= 10 \times 0.02 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \\ &= 1.96 \text{ J} \end{aligned}$$

C অবস্থানেৰ ক্ষেত্ৰে :

C বিন্দুৰ উচ্চতা,  $t_c = 4 \text{ m}$

ভূমি হতে C বিন্দুৰ উচ্চতা  $(10 - 4) \text{ m}$  বা  $6 \text{ m}$

$$\begin{aligned} C \text{ বিন্দুতে বলটিৰ বেগ, } v^2 &= u^2 + 2g t_c = 0^2 + 2g t_c \\ &\therefore v^2 = 2g t_c \end{aligned}$$

∴ C বিন্দুতে বলটিৰ গতিশক্তি,  $E_{K_C} = \frac{1}{2} mv^2$

$$= \frac{1}{2} m \cdot 2g t_c = mg t_c = 4 \text{ mg}$$

C বিন্দুতে বলটিৰ বিভবশক্তি,  $E_{P_C} = mg \times 6 = 6 \text{ mg}$

$$\begin{aligned} C \text{ বিন্দুতে মোট শক্তি} &= E_{K_C} + E_{P_C} \\ &= 4 \text{ mg} + 6 \text{ mg} = 10 \text{ mg} \\ &= 10 \times 0.02 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} = 1.96 \text{ J} \end{aligned}$$

D অবস্থানেৰ ক্ষেত্ৰে :

D বিন্দুৰ উচ্চতা,  $t_D = 6 \text{ m}$

∴ ভূমি হতে D বিন্দুৰ উচ্চতা  $(10 - 6) \text{ m}$  বা,  $4 \text{ m}$

$$\begin{aligned} D \text{ বিন্দুতে বলটিৰ বেগ, } v^2 &= u^2 + 2g t_D \\ v^2 &= 0^2 + 2g t_D = 2g t_D \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D \text{ বিন্দুতে বলটিৰ গতিশক্তি, } E_{K_D} &= \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m \times 2g t_D \\ &= mg t_D = 6 \text{ mg} \end{aligned}$$

D বিন্দুতে বলটিৰ বিভবশক্তি,  $E_{P_D} = mg \times 4 = 4 \text{ mg}$

$$\begin{aligned} \therefore D \text{ বিন্দুতে মোট শক্তি} &= E_{K_D} + E_{P_D} \\ &= 6 \text{ mg} + 4 \text{ mg} = 10 \text{ mg} \\ &= 10 \times 0.02 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} = 1.96 \text{ J} \end{aligned}$$

∴ A, B, C এবং D অবস্থানে বলটিৰ যান্ত্ৰিক শক্তি সমূক্ষিত।

**অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰয়োগ ২-এৰ উভয়েৰ জন্য এ অধ্যায়েৰ এইচেসসি পৱৰীকাৰ নৈনং সূজনশীল প্ৰয়োগ ও উভয় দ্রষ্টব্য।**

**অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰয়োগ ৪-এৰ উভয়েৰ জন্য এ অধ্যায়েৰ এইচেসসি পৱৰীকাৰ নৈনং সূজনশীল প্ৰয়োগ ও উভয় দ্রষ্টব্য।**



চিত্ৰে একটি রোলাৰ কোন্ট্ৰাৰ দেখানো হলো। একটি কাৰকে স্থিৰ অবস্থা থেকে যুক্ত কৰে দেওয়া হলো।

ক. কাজ কাকে বলে? ১

খ. পৱৰণশীল বল ধাৰা সম্পৰ্কত কাজেৰ প্ৰকৃতি ব্যাখ্যা কৰ। ২

গ. জুগেৰ ওপৰ কাৰেৰ বেগ নিৰ্ণয় কৰ। ৩

ঘ. শক্তিৰ নিয়তাব বিধি এবং বলেৰ প্ৰকৃতি বিবেচনা কৰ।  
উপৰেৰ চিত্ৰটিৰ তোত তাৎপৰ্য বিশ্লেষণ কৰ। ৪

(অনুশীলনীৰ প্ৰয়োগ ১)

## ৮১নং পৰ্যন্তেৰ উভয়

**ক** বল প্ৰয়োগেৰ মাধ্যমে বস্তুৰ সৱল হলো বল এবং বলেৰ দিকে বস্তুৰ সৱলেৰ উপালেৰ গুণকলকে কাজ বলে।

যে বলের মান ও দিক সময়ের সাথে পরিবর্তিত হয় তাকে পরিবর্তনশীল বল বলে। পরিবর্তনশীল বল দ্বারা সম্পর্ক কাজ একমাত্রিক ও দ্বি-মাত্রিক হতে পারে। একমাত্রিক গতির ক্ষেত্রে শুধু মাত্র বলের মানের পরিবর্তন হয়। দ্বি-মাত্রিক ক্ষেত্রে পরিবর্তনশীল বল দ্বারা কৃতকাজ।

পরিবর্তনশীল বল দ্বারা কৃতকাজ,  $W = \int_A^B \vec{F} dx$ . দ্বি-মাত্রিক গতির

ক্ষেত্রে পরিবর্তনশীল বল দ্বারা কৃতকাজের পরিমাণ,  $W = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{r}$ .

এখানে, সূপ্রের বাসাৰ্ধ,  $r = \frac{35}{2} m = 17.5 m$

মনে কৰি, সূপ্রের উপর বিন্দুতে বেগ =  $v m s^{-1}$

এখন, সূপ্রটি নিরাপদে ঘূর্ণনের জন্য কারের উজ্জ্বল কেন্দ্রবিমুখী বলের সমান হতে হবে।

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

$$\text{বা, } rg = v^2$$

$$\therefore v = \sqrt{rg} = \sqrt{17.5 \times 9.8} = 13.1 ms^{-1}$$

$$\text{নির্দেশ বেগ } 13.1 ms^{-1}$$

মনে কৰি, কারের ভর =  $m kg$

সর্বোচ্চ বিন্দুতে বিভবশক্তি =  $mgh$

যেখানে,  $h$  = আদি অবস্থান ও শেষ অবস্থানের উচ্চতার পার্শ্ব এবং  $g$  = অভিকর্ষজ ত্বরণ।

$$\text{সর্বোচ্চ বিন্দুতে গতিশক্তি} = \frac{1}{2} mv_0^2$$

$$\therefore \text{সর্বোচ্চ বিন্দুতে ঘোট শক্তি} = mgh + \frac{1}{2} mv_0^2$$

$$\text{শেষ অবস্থানে, বিভবশক্তি} = 0 \text{ এবং গতিশক্তি} = \frac{1}{2} mv^2$$

$$\therefore \text{ঘোট শক্তি} = 0 + \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} mv^2$$

যান্ত্রিক শক্তির নিয়ত্যা অনুসারে,

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

$$\text{বা, } \frac{1}{2} v^2 = gh + \frac{1}{2} v_0^2$$

$$\text{বা, } v^2 = 2gh + v_0^2$$

$$\text{বা, } v^2 = v_0^2 + 2gh$$

$\therefore$  শক্তির নিয়ত্যা বিধি এবং বলের প্রকৃতি বিবেচনায় উপরের চিত্রটির ভৌত তাৎপর্য হলো—

১. কারের শেষবেগ ভরের উপর নির্ভর করে না।

২. কারের শেষবেগ আদি বেগের উপর নির্ভর করে।

৩. কারের শেষবেগ উচ্চতার উপর নির্ভর করে।

অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৫-এর উত্তরের জন্য ৪৬ অধ্যায়ের ইচ্ছেসনি পরীক্ষার ১৭নং সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর দ্রষ্টব্য।

## ৩ আবদ্ধ গনি, সূশান্ত সরকার, মজিবুর রহমান ও তিতাস রোজারিও স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

দুটি স্প্রিং দ্বারের

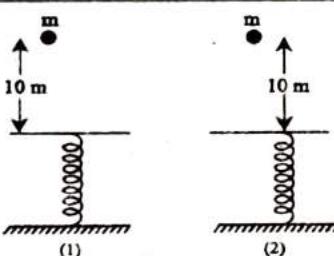
প্রথমটির স্প্রিং ধূবক  $K_A$  এবং

তিতীয়টির স্প্রিং ধূবক  $K_B$  ( $K_A > K_B$ )। দুটি সমভরের বন্ধ ম

=  $10 kg$  এদের উপর সম্ভাবে

১০ m উচু হতে পড়ে, ফলে

এরা সরুচিত হয়।



সরণ,  $h = 10 m$

অভিকর্ষজ ত্বরণ,  $g = 9.8 m s^{-2}$

আশমা জনি,  $v^2 = u^2 + 2gh$

$$\text{বা, } v^2 = 0^2 + 2 \times 9.8 m s^{-2} \times 10 m \\ = 196 m^2 s^{-2}$$

$$\therefore v = 14 m s^{-1}$$

$\therefore$  স্প্রিংটি স্পর্শ করার মুহূর্তে বেগ  $14 m s^{-1}$ ।

১ স্প্রিংয়ের কর্তৃক কৃতকাজের পরিমাণ সমান হবে।

ধরি,  $m = 10 kg$  ডর স্প্রিংয়ের উপর প্রযুক্ত হওয়ায় তাদের সংকোচন হলো যথাক্রমে  $x_A$  ও  $x_B$

যেখানে  $x_A < x_B$  [কারণ  $\because k_A > k_B$ ]

$$\therefore \text{প্রথম স্প্রিং কর্তৃক কৃতকাজ, } W_A = \frac{1}{2} k_A x_A^2$$

আবার, তিতীয় স্প্রিং কর্তৃক কৃতকাজ,

$$W_B = \frac{1}{2} k_B x_B^2$$

$\therefore W_A = W_B$  হবে অর্থাৎ তিতীয় স্প্রিং দ্বারা কৃতকাজের পরিমাণ সমান হবে।

অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৩-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৪-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৪-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৬-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৬-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৯-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৭-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৮-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

২ কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি হলো— কোনো বন্ধুর উপর ক্রিয়ারত লভ্য বল দ্বারা সম্পাদিত কাজ বন্ধুর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

৩ আশমা জনি, কাজ হলো বল ও বল প্রয়োগের ফলে সরণ বা সরণের উপায়ের পৃষ্ঠকল।

এখন, পৃষ্ঠী ও সূর্যের যথ্যকার আকর্ষণ বল বা ঘূর্ণনাম পৃষ্ঠীর কেন্দ্রাতিক বল  $F$  এবং পৃষ্ঠী যেহেতু সরণের সৰিক বরাবর ক্রিয়া করে। ফলে এর সরণের উপায় হবে  $S \cos 90^\circ = 0$ । সুতরাং কাজ  $W = F \cdot 0 = 0$ । ফলে পৃষ্ঠী সূর্যের ক্রিয়া কাজ হচ্ছে না।

৪ ধরি, কৃতি স্প্রিংটিকে স্পর্শ করার মুহূর্তে বেগ  $v$  উচীপক হতে পাই, আদিবেগ,  $u = 0 m s^{-1}$

## ড. ননী গোপাল, অচিত্য, গভুর, নির্মল, আশেশ ও মোহেনুল স্যারের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রয়োগ ও উত্তর

একটি অ্যাপার্টমেন্ট ভবনের পানির রিজার্ভ থেকে 50,000 লিটার পানি  $30 \text{ m}$  উচ্চতে পানির ট্যাঙ্কে 30 মিনিটে তোলার জন্য  $9 \text{ kW}$  ক্ষমতার একটি ইঞ্জিন লাগানো হলো। এ ইঞ্জিনের কর্মসূচি 80%।

ক. স্থিতিশৃঙ্খলা কী?

১

খ. ভিন্ন ভরের দুটি বস্তুর ভরবেগ সমান হলে এদের গতিশৃঙ্খলা কিরূপ হবে?

২

গ. ইঞ্জিনের ক্ষমতা হিসাব কর।

৩

ঘ. এই ইঞ্জিন নির্ধারিত সময়ে পানি ট্যাঙ্কে তুলতে পেরেছে কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে দেখাও।

৪

[অনুশীলনীর প্রয়োগ]

## ৮৮মং প্রয়োগ উত্তর

ক. কোনো বস্তুকে স্বাভাবিক অবস্থান বা আকৃতি থেকে অন্য কোনো অবস্থান বা আকৃতিতে পরিবর্তন করলে এতে কিছু পরিমাণ শক্তি সঞ্চিত হয় তাই স্থিতিশৃঙ্খলা।

খ. ভিন্ন ভরের দুটি বস্তুর ভরবেগ সমান হলে হালকা বস্তুটির বেগ ভারী বস্তুটির বেগ অপেক্ষা বেশি হবে। আবার আমরা জানি গতিশৃঙ্খলের বর্ণনার সমানুপাতিক সূতরাং হালকা বস্তুটির গতিশৃঙ্খল ভারী বস্তুর গতিশৃঙ্খল অপেক্ষা বেশি হবে।

ঘ. এখানে, ইঞ্জিনের প্রকৃত ক্ষমতা,  $P' = 9 \text{ kW} = 9000 \text{ W}$

কর্মসূচি,  $\eta = 80\%$

কার্যকর ক্ষমতা,  $P = ?$

$$\begin{aligned} P &= n \times P' \\ &= 9000 \times 80\% \\ &= 9000 \times \frac{80}{100} \\ &= 7200 \text{ W} = 7.2 \text{ kW} \end{aligned}$$

ঙ. এখানে, পানির ভর,  $m = 50000 \text{ লিটার} = 50000 \text{ kg}$

উচ্চতা,  $h = 30 \text{ m}$

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

সময়,  $t = 30 \text{ min} = (30 \times 60) \text{ s} = 1800 \text{ s}$

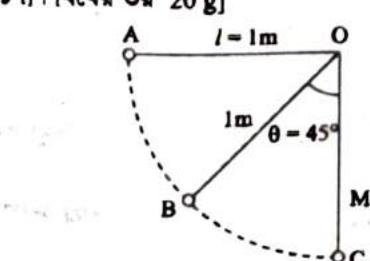
$$\begin{aligned} \therefore \text{প্রয়োজনীয় ক্ষমতা}, P_1 &= \frac{mgh}{t} \\ &= \frac{50000 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 30 \text{ m}}{1800 \text{ s}} \\ &= 8166.67 \text{ W} \\ &= 8.17 \text{ kW} \end{aligned}$$

'গ' নং থেকে পাই, ইঞ্জিনটির কার্যকর ক্ষমতা,  $P = 7.2 \text{ kW}$

এখানে,  $P < P_1$

সূতরাং এই ইঞ্জিন নির্ধারিত সময়ে পানি ট্যাঙ্কে তুলতে পারে নি।

গতিশৃঙ্খল চিত্রের মতো করে  $1 \text{ m}$  সূতার প্রান্তে একটি ক্ষুদ্র গোলক বেঁধে সরল দোলক বানানো হলো। বরটিকে A বিন্দু থেকে ছেড়ে দেয়া হলো এবং এটি সরল দোলকের মত দূলতে ধাকল। [চিত্র- ৫.১৭]। [বরের ভর  $20 \text{ g}$ ]



ক.  $1 \text{ watt}$  কাকে বলে?

১

খ. পৃথিবী সূর্যের চারদিকে বৃত্তাকার পথে যুরছে। পৃথিবীর এই গতির জন্য সূর্য কর্তৃক ক্রতৃকাজ ব্যাখ্যা কর।

২

গ. গতিশৃঙ্খলের সর্বনিম্ন C বিন্দুতে বরটির বেগ কত হবে?

৩

ঘ. বরটি যখন উল্লম্ব রেখার সাথে  $45^\circ$  কোণে B বিন্দুতে থাকে তখন এর মোট শক্তি এবং C বিন্দুতে বরটির মোট শক্তি এক কি-না যাচাই কর।

৪

[অনুশীলনীর প্রয়োগ]

## ৮৯মং প্রয়োগ উত্তর

ক. এক সেকেন্ডে এক জুল কাজ করার ক্ষমতাকে  $1 \text{ watt}$  বলে।

খ. পৃথিবী সূর্যের চারদিকে যুরলে, পৃথিবীর এ গতির জন্য সূর্য কর্তৃক ক্রতৃকাজ "শূন্য" হবে। কারণ, একেতে পৃথিবীর গতিশৃঙ্খলের প্রত্যক্ষ বিন্দুতে পৃথিবীর সরণ এবং সূর্যের দিকে পৃথিবীর টানের যথাবচতা কোণ হয়  $90^\circ$ । ফলে একেতে মহাকর্ষ বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয়। অর্থাৎ কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা ক্রতৃকাজ শূন্য হয়।

গ. আমরা জানি,

$$v^2 = u^2 + 2g \times OC$$

$$\text{বা, } v^2 = 0^2 + 2 \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 1\text{m}$$

$$\text{বা, } v = 4.43 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{অতএব, } C \text{ বিন্দুতে বেগ } 4.43 \text{ m s}^{-1}$$

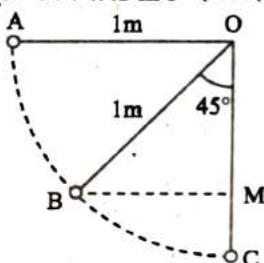
এখানে, আদিবেগ,  $u = 0 \text{ ms}^{-1}$

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

উল্লম্ব সরণ,  $OC = 1\text{m}$

বেগ  $v = ?$

ঙ. এখানে, C বিন্দুতে বেগ  $4.43 \text{ m s}^{-1}$  [গ নং থেকে প্রাপ্ত]



$\therefore C$  বিন্দুতে গতিশৃঙ্খলি,  $E_k = \frac{1}{2} mv^2$

$$= \frac{1}{2} \times 0.02 \text{ kg} \times (4.43 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$= 0.196 \text{ J}$$

C বিন্দুতে বিভব শক্তি,  $E_p = mgh = mg \times OJ = OJ$

$$\therefore C \text{ বিন্দুতে মোট শক্তি, } = E_k + E_p$$

$$= 0.196 \text{ J} + OJ = 0.196 \text{ J}$$

আবার,  $OM = OB \cos 45^\circ$

$$= 1\text{m} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ m}$$

$$\therefore CM = \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) \text{ m} = \frac{\sqrt{2} - 1}{\sqrt{2}} \text{ m}$$

$\therefore B$  বিন্দুতে বেগ,  $v_1^2 = u^2 + 2g \times OM$

$$= 0 + 2 \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ m} = 3.72$$

$\therefore B$  বিন্দুতে গতি শক্তি,  $E_k = \frac{1}{2} mv_1^2$

$$= \frac{1}{2} \times 0.02 \text{ kg} \times (3.72 \text{ ms}^{-1})^2$$

$$= 0.138 \text{ J}$$

B বিন্দুতে বিভব শক্তি,  $E_p' = mg \times CM$

$$= 0.02 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times \frac{\sqrt{2} - 1}{\sqrt{2}} \text{ m}$$

$$= 0.057 \text{ J}$$

$$\therefore B \text{ বিন্দুতে মোট শক্তি} = E_k' + E_p' = (0.138 + 0.057) J \\ = 0.195 J = C \text{ বিন্দুতে মোট শক্তি}$$

অতএব, B ও C বিন্দুতে মোট শক্তি সমান।

**বিন্দুতে ক্ষমতা** হলুড় থেকে 10 m উচ্চতার কোনো স্থান থেকে 500g একটি বস্তুকে  $2.5 \text{ m s}^{-1}$  বেগে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলো। [অভিকর্ষজ ত্বরণ,  $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$ ]

ক. যান্ত্রিক শক্তির নিয়তা সূত্রটি বিবৃত কর। ১

খ. সরল দোলকের দোলনের সময় সূতার টান দ্বারা কৃত কাজ শূন্য হয়— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. মাটিতে আঘাত করার পূর্ব মুহূর্তে বস্তুটির গতিশক্তি নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বস্তুটি উচ্চ উচ্চতা থেকে আনুভূমিকভাবে নিক্ষেপ করা হলে উভয় ক্ষেত্রে ভূমি স্পর্শ করার পূর্ব মুহূর্তে অর্জিত গতিশক্তির তুলনা কর। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৮]

### ১০নং পথের উত্তর

**ক** যান্ত্রিক শক্তির নিয়তা সূত্রটি হলো— কোনো ব্যবস্থায় কেবল সংরক্ষণশীল বল ক্রিয়া করলে ব্যবস্থায় গতিশক্তি ও বিভব শক্তির সমষ্টি সর্বদা ধ্রুবক থাকে।

**খ** সরল দোলকের দোলনের সময় একটি পূর্ণ দোলকের ক্ষেত্রে ববের সরণ শূন্য হয়। এজন্যই সরলদোলকের দোলনের সময় সূতার টান দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয়।

**গ** এখানে, আদিবেগ,  $u = 2.5 \text{ m s}^{-1}$

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

তর,  $m = 500 \text{ g} = 0.5 \text{ kg}$

∴ ভূমি থেকে বস্তুটির সর্বোচ্চ উচ্চতা,

$$H = 10 \text{ m} + \frac{u^2}{2g} = 10 \text{ m} + \frac{(2.5 \text{ m s}^{-1})^2}{2 \times 9.8 \text{ m s}^{-2}} = 10.32 \text{ m}$$

এখন, সর্বোচ্চ উচ্চতায় বস্তুর বেগ,  $u_1 = 0 \text{ m s}^{-1}$

ভূমিতে পাঁচার মুহূর্তে বেগ v হলো,

$$v^2 = u_1^2 + 2gh \\ = 0^2 + 2 \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 10.32 \text{ m}$$

$$\therefore v = 14.22 \text{ m s}^{-1}$$

∴ মাটিতে আঘাত করার পূর্ব মুহূর্তে বস্তুটির গতিশক্তি,

$$E_k' = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.5 \text{ kg} \times (14.22 \text{ ms}^{-1})^2 = 50.57 \text{ J}$$

**ঘ** বস্তুটি 10 m উচ্চতা থেকে আনুভূমিকভাবে নিক্ষেপ করা হলে মাটিতে আঘাত করার পূর্ব মুহূর্তে বেগ v হলো,

$$v^2 = u^2 + 2gh = 0^2 + 2 \times 9.8 \times 10 \text{ m}$$

$$\text{বা, } v = 14 \text{ ms}^{-1}$$

∴ মাটিতে আঘাত করার পূর্ব মুহূর্তে গতিশক্তি

$$E_k' = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.5 \text{ kg} \times (14 \text{ ms}^{-1})^2 = 49 \text{ J}$$

পূর্বের গতিশক্তি,  $E_k = 50.57 \text{ J}$

এখানে,  $E_k' < E_k$

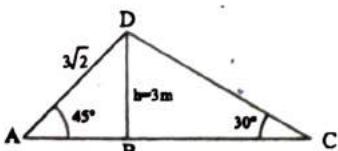
অতএব, গতিশক্তি পূর্বের চেয়ে কিছুটা কম হবে।

### ১১নং পথের উত্তর

**ক** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ৯-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**খ** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৩-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৯-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**গ** 60kg ভরের একজন ব্যক্তি 20 kg বোঝা নিয়ে AD পথে D বিন্দুতে উঠলো।



ক. পিং-ধূবক কাকে বলে? ১

খ. কোনো যন্ত্রের কর্মদক্ষতা 75% বলতে কী বুঝা? ২

গ. AD পথে বোঝা তুলতে কৃতকাজের পরিমাণ কত হবে? ৩

ঘ. লোকটির D বিন্দুতে পৌছতে কোনু পথ সহজ হবে—  
গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৮]

### ১২নং পথের উত্তর

**ক** কোনো পিং-এর মুক্তপাত্রের একক সরণ ঘটালে পিংটি সরণের বিপরীতে যে বল প্রয়োগ করে তাই এ পিংয়ের পিং-ধূবক।

**খ** কোনো যন্ত্রের কর্মদক্ষতা 75% বলতে বুঝায় যে, 100 একক শক্তি সরবরাহ করলে তার মাত্র 75 একক শক্তি কাজে সাগবে এবং 25 একক শক্তির অপচয় হবে।

**গ** এখানে, বোঝাসহ তর,  $m = (60 + 20) \text{ kg} = 80 \text{ kg}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ,  $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$ ; অনুভূমিকের সাথে সূচ কোণ,  $\theta = 45^\circ$ ; সরণ,  $s = 3\sqrt{2} \text{ m}$ ; কৃতকাজ,  $W = ?$

**গ** ক. ক্ষমতা কাকে বলে?

খ. অভিকর্ষজ বল একটি সংরক্ষণশীল বল— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. সর্বনিম্ন বিন্দু অভিক্রমকালে ববের বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. গতিপথের সকল বিন্দুতে দোলকটি যান্ত্রিক শক্তির নিয়তা মেনে চলে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১]

### ১৩নং পথের উত্তর

**ক** কোনো উৎস বা সিলেটে একক সময়ে যে কাজ সম্পাদন করে তাকে ক্ষমতা বলে।

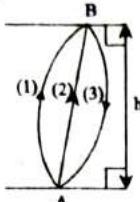
**১** ধরি,  $m$  ভরের একটি বস্তুকে  $A$  বিন্দু হতে  $B$  বিন্দুতে আনা হলো। এর ফলে বস্তুটির উল্লম্ব সরণ হলো  $h$ ।

বস্তুটির স্থানান্তর (1) নং বা (2) নং বা (3) নং যেকোনো পথে হোক না কেন প্রত্যেক পথেই অভিকর্ষীয় বল  $F = mg$  খাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করে। বস্তুটিকে যেকোনো পথে  $A$  হতে  $B$ -তে আনলে অভিকর্ষ বল দ্বারা প্রতিটি পথেই সম্পূর্ণ কাজ হবে,  $W_1 = -mgh$

আবার, বস্তুটিকে যেকোনো পথে  $B$  বিন্দু হতে  $A$  বিন্দুতে স্থানান্তর করা হলো, অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃত সম্পূর্ণ কাজ হবে,  $W_2 = mgh$

$\therefore A$  হতে  $B$  তে যেহে আবার  $A$  তে আসতে মোট কৃতকাজ,  $W = W_1 + W_2 = -mgh + mgh = 0$

কাজেই অভিকর্ষীয় বল সংরক্ষণশীল বল।



**২** ধরি, সর্বনিম্ন বিন্দু অভিক্রমকালে ববের বেগ  $v$

শক্তির নিয়তা সূত্রানুসারে  $O$  বিন্দু হতে ঝুলন্ত সরল দোলকের  $0.2 \text{ kg}$  ভরের ববের ক্ষেত্রে,

গতিশক্তির সর্বোচ্চ  $B$  বিন্দুতে স্থিতিশক্তি = সর্বনিম্ন  $A$  বিন্দুতে গতিশক্তি  $OA$  ববাবর সর্বোচ্চ উল্লম্ব সরণ,

$$AN = OA - ON$$

$$\begin{aligned} &= OA - \sqrt{OB^2 - NB^2} \\ &= 1 \text{ m} - \sqrt{(1 \text{ m})^2 - (0.6 \text{ m})^2} \\ &= 1 \text{ m} - \sqrt{0.64 \text{ m}^2} = 1 \text{ m} - 0.8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\therefore AN = 0.2 \text{ m}$$

সর্বোচ্চ বিন্দুতে স্থিতিশক্তি =  $mgh$

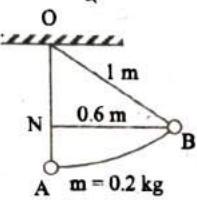
$$\text{সূত্রাং}, \frac{1}{2} mv^2 = mgh$$

$$\text{বা}, v^2 = 2gh$$

$$\text{বা}, v = \sqrt{2gh}$$

$$\begin{aligned} &= \sqrt{2 \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 0.2 \text{ m}} \\ &= 1.98 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

সূত্রাং সর্বনিম্ন বিন্দু অভিক্রমকালে ববের বেগ ছিল  $1.98 \text{ m s}^{-1}$ ।



এখানে,

অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{উচ্চতা, } h = AN = 0.2 \text{ m}$$

**৩** এখানে, ববের ভর,  $m = 0.2 \text{ kg}$

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

$$g' হতে পাই, A বিন্দুতে ববের বেগ,  $v_A = 1.98 \text{ m s}^{-1}$$$

$A$  বিন্দুতে উল্লম্ব সরণ,  $h = 0$

$$\text{বিভব শক্তি, } U_A = mgh = 0.2 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 0 = 0$$

$$\text{গতিশক্তি, } E_A = \frac{1}{2} mv_A^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \text{ kg} \times (1.98 \text{ m s}^{-1})^2 = 0.392 \text{ J}$$



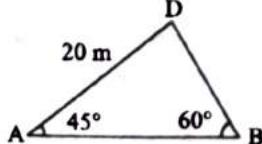
### মাস্টার ট্রেইনার প্যানেল কর্তৃক প্রস্তুত সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষার্থী, মাস্টার ট্রেইনার প্যানেল এ অধ্যায়ের জন্য শিখনকলের ধারায় নিম্নোক্ত সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তরসমূহ প্রস্তুত করেছেন। ১০০% মৌলিক উচ্চীপক নির্ভর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তরসমূহের যথার্থ অনুশীলন কলেজ ও এইচএসসি পরীক্ষার জন্য তোমাদের দেরা প্রস্তুতি গ্রহণ এবং আধাৰিকাশ বৃদ্ধিতে সহায়তা করবে।

**5.1**

**প্রশ্ন** : স্থির বল এবং পরিবর্তনশীল বল দ্বারা সম্পূর্ণত কাজ বিন্দুবন্ধন করতে পারব।

**উত্তর** :  $50 \text{ kg}$  ভরের এক ব্যক্তি  $20 \text{ kg}$  ভরের একটি বোঝা নিয়ে  $A$  বিন্দু থেকে  $D$  বিন্দুতে গেল। সে একবার  $AD$  পথ ও আর একবার  $BD$  পথ ব্যবহার করল।



সূত্রাং  $OA$  অবস্থানে দোলকের যান্ত্রিক শক্তি,

$$E = U_A + K_A = 0 + 0.392 \text{ J} = 0.392 \text{ J}$$

আবার,  $g'$  হতে পাই, ববের বেগ,  $v_B = 0$

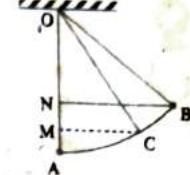
উল্লম্ব সরণ,  $AN = 0.2 \text{ m}$

$$\text{বিভব শক্তি, } U_B = mgAN = 0.2 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 0.2 \text{ m} = 0.392 \text{ J}$$

$$\text{গতিশক্তি, } K_B = \frac{1}{2} mv_B^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \text{ kg} \times 0 = 0$$

$OB$  অবস্থানে দোলকের যান্ত্রিক শক্তি,  $E_B = U_B + K_B = 0.392 \text{ J} + 0 = 0.392 \text{ J}$

ধরি,  $C$  বিন্দুতে ববের বেগ  $v_c$  এবং উল্লম্ব সরণ  $AM$



$$AM = AN - NM$$

$$\therefore AM = (0.2 - NM)$$

$$\begin{aligned} \text{আবার, } v_c^2 &= v_B^2 + 2g NM \\ &= 0^2 + 2g NM = 2gAM \end{aligned}$$

$$\text{বিভব শক্তি, } U_c = mg NM = 0.2 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times (0.2 - NM)$$

$$= 0.392 \text{ J} - 1.96NM$$

$$\text{গতিশক্তি, } K_c = \frac{1}{2} mv_c^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \text{ kg} \times 2gNM$$

$$= 0.1 \text{ kg} \times 2 \times 9.8NM = 1.96NM$$

$OC$  অবস্থানে দোলকের যান্ত্রিক শক্তি,

$$E_c = U_c + K_c = 0.392 \text{ J} - 1.96 NM + 1.96 NM = 0.392 \text{ J}$$

অর্থাৎ,  $E_A = E_B = E_c$

অতএব, বলা যায় গতিশক্তের সকল বিন্দুতে দোলকটি যান্ত্রিক শক্তির নিয়তার সূত্র মেনে চলবে।

**প্রশ্ন ১২** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১২-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১১-এর গ, ঘ-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ১৩** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৩-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৪-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ১৪** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৫-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৩-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ১৫** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৬-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৫-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ১০০** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৮-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১০-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

**প্রশ্ন ১০১** অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২০-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৫ এর গ, ঘ-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

ক. কাজ শক্তি উপপাদ্যটি বিবৃত কর।

১

খ. কেন্দ্ৰুণী বল দ্বাৰা কৃতকাজ শূন্য হয় কেন? – ব্যাখ্যা কৰ।

২

গ.  $A$  থেকে  $D$  বিন্দুতে পৌছাতে কৃত কাজ নির্ণয় কৰ।

৩

ঘ. কোন পথ দিয়ে উঠা সহজ-গাপিতিকভাবে বিন্দুবন্ধন কৰবে।

৪

### ১০২ং প্রশ্নের উত্তর

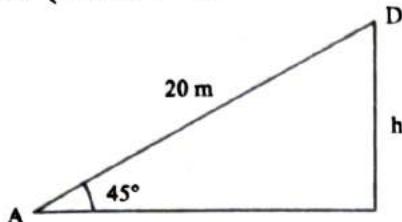
**ক** কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি হলো—কোনো বস্তুৰ উপর ক্রিয়াৰত সম্ভিত কৃতকাজ তাৰ গতিশক্তিৰ পৰিৱৰ্তনেৰ সমান।

**খ** কেন্দ্ৰুণী বল স্বৰস্থ গতিশক্তের লম্ব দিকে ক্রিয়া কৰায় এবং বলেৰ অভিমুখে বস্তুৰ কোনো সৱল হয় না। আমৰা জানি, কোনো বস্তুৰ উপৰ বল প্ৰয়োগে বস্তুৰ সৱল ঘটলে প্ৰযুক্ত বল ও বলেৰ

অভিযুক্ত সরশের উপাংশের গুণফলকে কাজ বলে। এখানে যেহেতু কেন্দ্রমুর্দ্দী বলের দিকে বক্তুর সরণ হয় না সেহেতু কেন্দ্রমুর্দ্দী বল থারা কোনো কাজ হয় না অর্থাৎ কৃতকাজ শূন্য হয়।

বিন্দোয়া আছে,  $AD$  এর দৈর্ঘ্য  $= 20 \text{ m}$

এবং ভূমির সাথে সূর্য কোণ,  $\theta = 45^\circ$



$$\therefore h = 20 \sin 45^\circ = 20 \text{ m} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{20}{\sqrt{2}} \text{ m}$$

$$\text{মোট ভর}, m = 50 \text{ kg} + 20 \text{ kg} = 70 \text{ kg}$$

কৃতকাজ,  $W = mgh$

$$= (70 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times \frac{20}{\sqrt{2}} \text{ m}) \text{ J}$$

$$= 9701.505 \text{ J}$$

নির্ণেয় কাজ, 9701.505 J

ব)  $BD$  পথ ব্যবহার করলে,

$$\text{'গ' নং থেকে আমরা জানি, } h = \frac{20}{\sqrt{2}}$$

$$\therefore \text{ভর}, m = 50 \text{ kg} + 20 \text{ kg} = 70 \text{ kg}$$

কৃতকাজ,  $W' = mgh$

$$= (70 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times \frac{20}{\sqrt{2}} \text{ m}) \text{ J}$$

$$= 9701.505 \text{ J}$$

আবার,  $AD$  পথে যেতে কৃতকাজ,  $W = 9701.505 \text{ J}$

এখানে,  $W = W'$

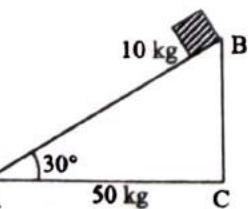
অর্থাৎ,  $AD = BD$  পথে যেতে কৃতকাজ

কিন্তু,  $BD$  পথ থেকে  $AD$  পথ অনুভূমিকের সাথে বেশি হেলানো।

তাই  $AD$  পথ দিয়ে উঠা বেশি সহজ হবে।

## 5.2

**শিখনফল :** স্থিতিস্থাপক বল ও অভিকর্ষ বলের বিপরীতে সম্পাদিত কাজের তলনা করতে পারব।



AB হলো স্থিতিস্থাপক বল।  $30^\circ$  কোণের অন্য তলের উপরস্থি বক্তুর কেবল গতিশীল হয়।

ক. অসংরক্ষণশীল বল কাকে বলে?

খ. রকেটের গতি কোন স্তুতে সমর্থন করে ব্যাখ্যা কর।

গ. B বিন্দুতে বক্তুর বিভব শক্তি নির্ণয় কর।

ঘ. কোণের মান  $15^\circ$  বৃদ্ধি করলে B হতে A বিন্দুতে আসতে বক্তুর গতিশীল কেমন পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বিলোবণ কর।

১

২

৩

৪

৮

## 5.3

**শিখনফল :** গতিশীল গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন ও সমস্যা সমাধানে এর ব্যবহার করতে পারব।

**প্রয়োগ ১০৮** শিমুল 30 m উচু দালানের ছাদ থেকে 400 g ভরের একটি পাথর নিচে ফেলে দিলো। পাথরটি নিচে কাদামাটির মধ্যে 5 cm গভীরে প্রবেশ করে।

ক. বিভব শক্তি কাকে বলে?

খ. অভিকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল কেন ব্যাখ্যা কর।

গ. পাথরটি কত গতিশীলতে ভূমিকে আঘাত করবে?

ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে পাথরটিকে বাধাদানকারী গড় বলের মান নির্ণয় কর।

১

২

৩

৪

## ১০৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোন বক্তুকে স্থানিক অবস্থান বা আকৃতি থেকে পরিবর্তন করে অন্য অবস্থান বা আকৃতিতে নিলে ঐ বক্তুতে কিছু পরিমাণ শক্তি সঞ্চিত হয়। এই সঞ্চিত শক্তিকেই বিভব শক্তি বলে।

খ. কোনো কণা একটি পূর্ণকু সম্পর্ক করে তার আদি অবস্থানে ফিরে এলে, কণার উপর উচু বল থারা কাজ শূন্য হলে সেই বলকে সংরক্ষণশীল বল বলে। একটি বক্তুকে উপরে  $\Delta$  উচ্চতায় ওঠানো হলে অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কৃতকাজ  $-mgh$ । এখানে  $m$  বক্তুর ভর এবং  $g$  হলো অভিকর্ষজ ত্বরণ।

আবার বক্তুটিকে যেকোন পথে পূর্বের অবস্থায় নিচে আনা হলে অভিকর্ষ বল থারা কৃতকাজ  $mgh$

$\therefore$  মোট কাজ,  $W = (mgh) + (-mgh) = 0$

সুতরাং অভিকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল।

১) এখানে, পাথরের ভর,  $m = 400 \text{ g} = 0.4 \text{ kg}$

দালানের উচ্চতা,  $h = 30 \text{ m}$

এবং  $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

সুতরাং গতিশক্তি = বিভব শক্তি

$$\therefore \frac{1}{2}mv^2 = mgh = 0.4 \times 30 \times 9.8 = 117.6 \text{ J}$$

সুতরাং পাথরটি 117.6 J গতিশক্তিতে ভূমিতে আঘাত করবে।

২) কাদা স্পর্শ করার পূর্বে, আদিবেগ,  $u = 0 \text{ m s}^{-1}$

উচ্চতা,  $h = 30 \text{ m}$ ;  $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

শেষ বেগ,  $v = ?$

$$\therefore v^2 = u^2 + 2gh = 0 + 2 \times 9.8 \times 30$$

$$\therefore v = 14\sqrt{3} \text{ m s}^{-1}$$

এখন, কাদায়, আদিবেগ,  $u_0 = 14\sqrt{3} \text{ m s}^{-1}$

শেষ বেগ,  $v_0 = 0 \text{ m s}^{-1}$

অভিক্রান্ত দূরত্ব,  $s = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$

ত্বরণ,  $a = ?$

জানা আছে,  $v_0^2 = u_0^2 + 2as$

$$\text{বা, } a = \frac{-u_0^2}{2s} = \frac{-(14\sqrt{3})^2}{2 \times 0.05} = -5880 \text{ m s}^{-2}$$

এখন, বাধাদানকারী বল,  $F = ma + mg$

$$= 0.4 \times 5880 + 0.4 \times 9.8 = 2355.92 \text{ N}$$

৩) একটি চট্টগ্রাম থেকে ঢাকা আসার পথে চালকসহ 1500 kg ভরের একটি ট্রাক  $60 \text{ km h}^{-1}$  বেগে চলছিল। হঠাতে থেমে থাকা একটি গাড়ীর সাথে সংঘর্ষ হয় এবং সংযুক্ত অবস্থায়  $50 \text{ km h}^{-1}$  বেগে চলতে থাকে।

ক. মহাকর্মীয় প্রাবল্য কী?

খ. বলের ছারা কাজ ও বলের বিরুদ্ধে কাজের মধ্যে পার্থক্য কী?

গ. উদ্বৃত্তে উল্লেখিত থেমে থাকা গাড়ীটির ভর কত?

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

### ১০৫২ প্রশ্নের উত্তর

ক) মহাকর্মীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একক ভর সম্পর্ক একটি বস্তু স্থাপন করলে বস্তুটি যে আকর্ষণ বল অনুভব করে তাই ঐ ক্ষেত্রের দ্বয়ুন ঐ বিন্দুর মহাকর্মীয় প্রাবল্য।

খ) বলের ছারা কাজ এবং বলের বিরুদ্ধে কাজের মধ্যে পার্থক্য হলো—

বলের ছারা কাজ	বলের বিরুদ্ধে কাজ
১. কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগের ফলে যদি প্রয়োগ বিন্দু সরল বলের অভিযুক্ত ঘটে তবে কৃতকাজকে বলের ছারা কাজ বলে।	১. কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগের ফলে যদি প্রয়োগ বিন্দুর সরল বলের অভিযুক্ত দিকে ঘটে তবে কৃতকাজকে ঝণাঝক কাজ বলে।
২. বলের ছারা কাজে গতিশক্তি বৃদ্ধি পায় এবং স্থিতিশক্তি হ্রাস পায়।	২. বলের বিরুদ্ধে কাজে গতিশক্তি হ্রাস পায় এবং স্থিতিশক্তি বৃদ্ধি পায়।
৩. বলের ছারা কাজে ত্বরণ সৃষ্টি হয়।	৩. বলের বিরুদ্ধে কাজে ঝণাঝক ত্বরণ বা মন্দন সৃষ্টি হয়।

গ) উদ্বৃত্ত থেকে পাই, ট্রাকের ভর,  $m_1 = 1500 \text{ kg}$

ট্রাকের আদিবেগ,  $u_1 = 60 \text{ km h}^{-1}$

গাড়ির আদিবেগ,  $u_2 = 0$ , মিলিত বেগ,  $v = 50 \text{ km h}^{-1}$

ধরি, থেমে থাকা গাড়ীর ভর,  $m_2$

আমরা জানি,  $m_1u_1 + m_2u_2 = (m_1 + m_2)v$

বা,  $m_1u_1 + m_2 \times 0 = (m_1 + m_2)v$

$$\text{বা, } m_1 + m_2 = \frac{m_1u_1}{v}$$

$$\text{বা, } m_2 = \frac{m_1u_1}{v} - m_1 = \frac{1500 \text{ kg} \times 60 \text{ km h}^{-1}}{50 \text{ km h}^{-1}} - 1500 \text{ kg} = 300 \text{ kg}$$

∴ থেমে থাকা গাড়ীর ভর, 300 kg।

৪) সংঘর্ষের পূর্বে ভরবেগ :

$$\begin{aligned} m_1u_1 + m_2u_2 \\ = 1500 \text{ kg} \times 60 \text{ km h}^{-1} + 300 \text{ kg} \times 0 \\ = 90000 \text{ kg km h}^{-1} \end{aligned}$$

$$\left| \begin{array}{l} m_1 = 1500 \text{ kg} \\ u_1 = 60 \text{ km h}^{-1} \\ m_2 = 300 \text{ kg} \\ u_2 = 0 \end{array} \right.$$

সংঘর্ষের পরে ভরবেগ :

$$(m_1 + m_2)v$$

$$\text{বা, } (1500 + 300) \text{ kg} \times 50 \text{ km h}^{-1} \quad | \text{ মিলিত বেগ, } v = 50 \text{ km h}^{-1}$$

$$\text{বা, } 1800 \text{ kg} \times 50 \text{ km h}^{-1}$$

$$\text{বা, } 90000 \text{ kg km h}^{-1}$$

সুতরাং আমরা বলতে পারি, সংঘর্ষের পূর্বে ও পরে ভরবেগ সংরক্ষিত হয়।

সংঘর্ষের পূর্বে গতিশক্তি :

$$\begin{aligned} \text{ট্রাকের গতিশক্তি, } E_1 &= m_1u^2 \\ &= 1500 \text{ kg} \times (16.67 \text{ m s}^{-1})^2 \\ &= 4.16 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\left| \begin{array}{l} \text{ট্রাকের আদিবেগ} \\ u_1 = 60 \text{ km h}^{-1} \\ = \frac{60 \times 10^3}{3600} \text{ m s}^{-1} \\ = 16.67 \text{ m s}^{-1} \end{array} \right.$$

$$\text{গাড়ীর গতিশক্তি, } E_2 = 0$$

$$\text{মোট গতিশক্তি} = E_1 + E_2$$

$$= 4.16 \times 10^5 \text{ J} + 0 = 4.16 \times 10^5 \text{ J}$$

সংঘর্ষের পরে গতিশক্তি :

$$\text{মোট ভর হবে } M = (m_1 + m_2) = (1500 + 300) \text{ kg} = 1800 \text{ kg}$$

$$\text{মিলিত বেগ, } v = 50 \text{ km h}^{-1} = \frac{50 \times 10^3}{3600} \text{ m s}^{-1} = 13.89 \text{ m s}^{-1}$$

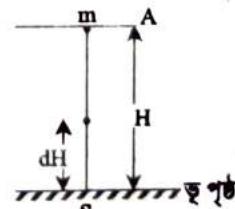
$$\therefore \text{এক্ষেত্রে গতিশক্তি, } Mv^2 = 1800 \text{ kg} \times (13.89 \text{ m s}^{-1})^2 \\ = 3.47 \times 10^5 \text{ J}$$

সুতরাং আমরা বলতে পারি, সংঘর্ষের পূর্বে ও পরে গতিশক্তি সমান বা সংরক্ষিত হয় না।

### 5.4

শিখনফল : স্থিতিশক্তির গাণিতিক রাশিমালা প্রতিপাদন ও সমস্যা সমাধানে এর ব্যবহার করতে পারব।

১) প্রশ্ন ১০৫৩ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর :



ক. কিলোওয়াট-ষষ্ঠা কী?

খ. সরল দোলকের দোলনকালের সময় সুতরাং টান কর্তৃক কৃতকাজের মান শূন্য হয় কেন?

গ.  $H = 50 \text{ m}$  হলে কোথায় বস্তুটির গতিশক্তি বিভব শক্তির তিন গুণ হবে?

ঘ. A বিন্দুতে বস্তুটির বিভব শক্তির রাশিমালা প্রতিপাদন কর।

### ১০৫৩ প্রশ্নের উত্তর

ক) এক কিলোওয়াট কর্মতাৰ কোনো বৈদ্যুতিক শক্তি ব্যায়িত হয় তাই এক কিলোওয়াট-ষষ্ঠা।

**খ** আমরা জানি, কোনো বল কর্তৃক সম্পাদিত কাজের পরিমাণ এই বল এবং বলের অভিযুক্ত বস্তুর সরণের গুণফলের সমান হয়। যখন কোনো সরল দোলক দোলে তখন সুতার টান সর্বদাই দোলকের ববের গতির অভিযুক্তের সাথে লর্ডভাবে ক্রিয়া করে। ফলে, সুতার টানের অভিযুক্ত ববের সরণের উপাংশের মান শূন্য। তাই সুতার টান কর্তৃক কৃতকাজের মান শূন্য।

**গ** ধরি, 50 m উচ্চতা হতে x মিটার নিচে C বিন্দুতে বস্তুটির গতিশক্তি বিভব শক্তির তিনগুণ হবে।

এবং C বিন্দুতে বস্তুটির বেগ হবে v  
উচ্চিপক হতে পাই,

$$H = 50 \text{ m}$$

$$\text{আদিবেগ}, v_0 = 0$$

$$\text{অভিকর্ষজ ত্বরণ} = g$$

C বিন্দুতে অর্থাৎ  $(50 - x)$  m উচ্চতায় বিভব শক্তি,

$$U = mg(50 - x)$$

$$\therefore U = 50 mg - mgx \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$C \text{ বিন্দুতে বস্তুর গতিশক্তি}, K = \frac{1}{2} mv^2 \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{এখন}, v^2 = v_0^2 + 2gx = 0 + 2 gx = 2 gx$$

$$v^2 \text{ এর মান } (2) \text{ নং সমীকরণে বসিয়ে পাই},$$

$$K = \frac{1}{2} m \cdot 2gx = mgx$$

$$\text{উচ্চিপক অনুযায়ী}, K = 3U$$

$$\text{বা}, mgx = 3(50 mg - mgx)$$

$$\text{বা}, mgx = 150 mg - 3 mgx$$

$$\text{বা}, 4mgx = 150 mg$$

$$\text{বা}, x = \frac{150}{4} = 37.5 \text{ m}$$

সুতরাং ভূমি হতে  $(50 - 37.5)$  m = 12.5 m উচ্চতায় গতিশক্তি বিভব শক্তির তিন গুণ হবে।

**ঘ** উচ্চিপকের চিত্রের A বিন্দুতে বস্তুটির বিভব শক্তির রাশিমালা নিচে প্রতিপাদন করা হলো—

মনে করি, m ভরের বস্তুকে ভূ-পৃষ্ঠ থেকে অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে অতি ক্ষুদ্র উচ্চতা dH পর্যন্ত উঠানো হলো। এতে কৃতকাজ,

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{H}$$

$$\text{বা}, dW = F dH \cos \theta \quad \dots \dots \dots (1)$$

এখানে, F = বাহ্যিক উৎস কর্তৃক প্রযুক্ত বল

এবং F ও dH এর যথ্যবর্তী কোণ শূন্য।

$$\therefore dW = F dH$$

আমরা জানি, একটি বস্তুকে উপরে উঠাতে হলে এর ওজনের সমপরিমাণ বল উপর দিকে প্রয়োগ করতে হবে।

$$\therefore \text{প্রযুক্ত বল}, F = \text{বস্তুর ওজন} = mg$$

সুতরাং বস্তুটিকে H উচ্চতায় A স্থানে উঠাতে হলে মোট কৃতকাজের পরিমাণ সমীকরণ (1) এ পদ্ধতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কাজের সমষ্টির সমান।

অভিকর্ষীয় বিভব শক্তি = বস্তুটিকে ভূ-পৃষ্ঠ থেকে H উচ্চতায় তুলতে মোট কৃতকাজ।

$$\therefore P.E. = \int_0^H F dH = \int_0^H mg dH$$

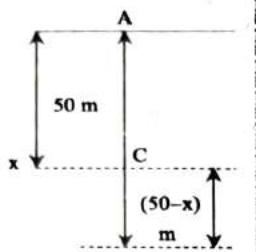
বল উচ্চতার জন্য g-এর মান ধূব ধূবে আমরা লিখতে পারি,

$$P.E. = mg \int_0^H dH = mg [H]_0^H = mg [H - 0] = mgH$$

অর্থাৎ অভিকর্ষীয় বিভব শক্তি

$$P.E. = mgH$$

এটিই A বিন্দুতে বস্তুটির বিভব শক্তির রাশিমালা।



5.5

**শিখনকল : ব্যবহারিক :** একটি স্প্রিং-এর বিভব শক্তি পরিমাপ করতে পারব।

**প্রয়োগ :** 1.5 kg ভরের একটি বস্তু স্থির অবস্থান থেকে 0.70 m নিচে অবস্থিত একটি খাড়া স্প্রিংয়ের উপর এসে পড়ে স্প্রিংটিকে সংকুচিত করে। স্প্রিংটির স্প্রিং ধূবকের মান  $60 \text{ Nm}^{-1}$ ।

ক. শূন্য কাজ কী?

খ. কাজ-শক্তি উপপাদ্য ব্যাখ্যা কর।

গ. উচ্চীপকের যন্ত্রটি প্রসারণে কৃতকাজের রাশিমালা প্রতিপাদন কর।

ঘ. সংকোচনের পর বস্তু ও স্প্রিং একসাথে স্বাভাবিক অবস্থা হতে কত উপরে উঠে আসবে তা পারিতাবে বিশ্লেষণ কর।

### ১০৭নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** বল প্রয়োগের ফলে যদি বস্তুর সরণ না হয় অথবা বলের প্রয়োগবিন্দু যদি সরণের উল্লেব অভিযুক্ত সরে যায় তবে শূন্য কাজ সম্পন্ন হয়।

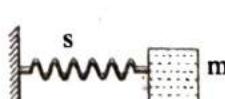
**খ** কাজ-শক্তি উপপাদ্য হলো— কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়ারত লজ্জি বল কর্তৃক সম্পাদিত কাজ বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

**ব্যাখ্যা :** কৃতকাজ, আদি গতিশক্তি, চূড়ান্ত গতিশক্তি এবং গতিশক্তির পার্থক্যকে যথাক্রমে W,  $E_{k_1}$ ,  $E_{k_2}$  এবং  $\Delta E_k$  হারা সূচিত করলে, কাজ-শক্তির উপপাদ্য অনুযায়ী লেখা যায়,  $W = E_{k_2} - E_{k_1}$  বা  $W = \Delta E_k$  অর্থাৎ বস্তুর উপর কাজ W সম্পাদিত হলে বস্তুর গতিশক্তি যদি  $E_{k_1}$  হতে  $E_{k_2}$  তে পরিবর্তিত হয় তবে গতিশক্তির পরিবর্তন  $E_{k_2} - E_{k_1} = \Delta E_k$  সম্পাদিত কাজ W এর সমান হবে।

**ঘ** উচ্চীপকের যন্ত্রটি হলো স্প্রিং। এটি সম্প্রসারণে কৃতকাজের রাশিমালা নিচে প্রতিপাদন করা হলো—

ধরি, একটি অনুভূমিক আদর্শ স্প্রিং-এর এক প্রান্তে m ভরবিশিষ্ট একটি বস্তু যুক্ত আছে।

বস্তুটি অনুভূমিক ও ঘর্ষণহীন তলের উপর দিয়ে যাতায়াত করতে পারে। বস্তুটিকে টেনে স্প্রিংটিকে দৈর্ঘ্য বরাবর বিকৃত করলে স্থিতিস্থাপক ধর্মের দরুন প্রযুক্ত বলের বিপরীতে স্প্রিং-এর প্রত্যয়নী বলের উভব ঘটবে।



(ক)



(খ)

F অনুভূমিক বল প্রয়োগে বস্তুটিকে বাম হতে ডানদিকে অনুভূমিক বরাবর তার দৈর্ঘ্য x পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে স্প্রিং-এ  $-kx$  পরিমাণ প্রত্যয়নী বল উৎপন্ন হবে। এখন বস্তুটিকে x দূরত্ব সরাতে তার উপর এর সমান ও বিপরীতমুখ্য  $F = kx$  বল প্রয়োগ করে কাজ করতে হবে। এই সম্প্রসারণে প্রযুক্ত বল F হারা কৃতকাজ W হবে,

$$W = \int_0^x F dx = \int_0^x kx dx \quad [\because F = kx]$$

$$= k \int_0^x x dx$$

$$= \frac{1}{2} k [x^2]_0^x = \frac{1}{2} kx^2$$

অতএব, স্প্রিং প্রসারণে কৃতকাজের রাশিমালা,  $W = \frac{1}{2} kx^2$

সংকোচনের পর বস্তু ও স্প্রিং একসাথে স্বাভাবিক অবস্থা হতে যে দূরত্ব উপরে উঠে আসবে তা নিচে পাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করা হলো—  
মনে করি, বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব  $h$  এবং বস্তুটি স্প্রিংয়ের স্বাভাবিক অবস্থায় ( $y = 0$ ) স্থানে পড়ার পর স্প্রিংয়ের সংকোচন হলো  $y$ ।

∴ বস্তুটি তার স্থির অবস্থান থেকে মোট যে উচ্চতায় নেমে আসে তা হলো  $h + y$

ফলে বস্তুটির স্থিতিশক্তি হার্স পায়,  $\Delta U_1 = mg(h + y)$

স্প্রিংয়ের  $y$  পরিমাণ সংকোচনের ফলে, স্প্রিংয়ের স্থিতিশক্তি বৃদ্ধি পায়,  $\Delta U_2 = \frac{1}{2} ky^2$

যেহেতু শক্তির বিনাশ নেই

$$\therefore \Delta U_1 = \Delta U_2$$

$$\text{বা, } mg(h + y) = \frac{1}{2} ky^2$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} ky^2 - mgy - mgh = 0$$

$$\therefore y = \frac{mg \pm \sqrt{m^2 g^2 + 2mghk}}{k}$$

$$= \frac{(1.5 \text{ kg})(9.8 \text{ m s}^{-2}) \pm \sqrt{(1.5 \text{ kg})^2 (9.8 \text{ m s}^{-2})^2 + 2(1.5 \text{ kg})(9.8 \text{ m s}^{-2})(0.70 \text{ m})(60 \text{ N m}^{-2})}}{60 \text{ N m}^{-2}}$$

$$= \frac{14.7 \pm \sqrt{1450.89}}{60} \text{ m} = 0.88 \text{ m} \text{ বা } -0.39 \text{ m}$$

স্প্রিংয়ের সংকোচনের পরিমাণ হলো ধনাত্মক মান  $0.88 \text{ m}$ । ঋগাত্মক মান  $-0.39 \text{ m}$  দ্বারা সংকোচনের পর বস্তু ও স্প্রিং এক সাথে আবার স্প্রিংয়ের স্বাভাবিক অবস্থা থেকে কত উপরে উঠে আসবে তাই বুঝায়।

অতএব, দেখা যাচ্ছে যে, সংকোচনের পর স্প্রিং ও বস্তু এক সাথে স্বাভাবিক অবস্থা হতে  $0.39 \text{ m}$  উপরে উঠে আসবে।



১ ভূমিকে স্পর্শ করার মুহূর্তে বেগ  $v$  হলে,

$$v^2 = u^2 + 2 gh$$

বা,  $v^2 = 2 gh$  [ $\because u = 0$ ] ভূমিকে আঘাতের মুহূর্তে বেগ হবে যাটিতে প্রবেশের আদিবেগ  $u'$ ।

$$\text{অর্থাৎ, } u'^2 = 2 gh$$

$$\text{শেষ বেগ } v' = 0$$

$$\text{অতিক্রান্ত দূরত্ব } s = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$$

যদি মন্দন  $a$  হয় তবে,

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

$$\text{বা, } u^2 = 2 as \quad [\because v' = 0]$$

$$\text{বা, } 2 as = 2 gh$$

$$\text{বা, } a = \frac{gh}{s}$$

$$= \frac{9.8 \text{ m s}^{-2} \times 10 \text{ m}}{0.1 \text{ m}} = 980 \text{ m s}^{-2}$$

অতএব মাটির ভেতর পেরেকের মন্দন  $980 \text{ m s}^{-2}$

২ 'গ' হতে বাধাদানকারী ত্বরণ বা মন্দন  $a = 980 \text{ m s}^{-2}$

বা বাধাদানকারী বল,  $F = ma$  এখানে,

কৃতকাজ  $W$  হলে,

পেরেকের ভর,  $m = 500 \text{ gm} = 0.5 \text{ kg}$

$$W = Fs = m as = 0.5 \text{ kg} \times 980 \text{ m s}^{-2} \times 0.1 \text{ m} = 49 \text{ J}$$

'গ' হতে ভূমিকে আঘাতের মুহূর্তে বেগ,  $v^2 = 2 gh$

$$\text{এ মুহূর্তে গতিশক্তি } E_k, \text{ হলে, } E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \times 0.5 \text{ kg} \times 2 gh$$

$$= 0.5 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 10 \text{ m} = 49 \text{ J}$$

$$\text{মাটির } 10 \text{ cm গভীরে বেগ শূন্য তাই গতিশক্তি } E_{k_2} = 0 \text{ J}$$

$$\therefore \text{গতিশক্তির পরিবর্তন } \Delta E_k = 49 \text{ J} - 0 \text{ J} = 49 \text{ J}$$

$$\text{অর্থাৎ, } W = \Delta E_k$$

কৃতকাজ = গতিশক্তির পরিবর্তন।

## 5.7

**শিখনফল :** ক্ষমতা, বল ও বেগের মধ্যে সম্পর্ক বিশ্লেষণ করতে পারব।

**প্রশ্ন ১০৮।** রনি  $2 \text{ m}$  ব্যাসার্দের এবং  $30 \text{ m}$  গভীরতা বিশিষ্ট পানিপূর্ণ কুয়াকে পানিশূন্য করার জন্য  $7 \text{ H.P}$  এর একটি ইঞ্জিন ব্যবহার করল যা কুয়ার অর্ধেক পানি শূন্য করার পর নষ্ট হয়ে গেল। জন অপর একটি ইঞ্জিন দ্বারা  $10 \text{ min}$  এ কুয়ার অবশিষ্ট পানিশূন্য করল।

**ক.** গ্রহের গতি সংক্রান্ত কেপলারের ছিতীয় সূত্রটি কী? ১

**খ.** পৃথিবীর উপর ক্রিয়াশীল সূর্যের মহাকর্ষ বল কর্তৃক কৃতকাজ ব্যাখ্যা কর। ২

**গ.** প্রথম ইঞ্জিন কর্তৃক কৃতকাজ নির্ণয় কর। ৩

**ঘ.** উভয়ের ইঞ্জিনের ক্ষমতা একই হবে কি-না- ৪

গাণিতিকভাবে যাচাই কর।

## ১০৯নং প্রশ্নের উত্তর

**ক.** গ্রহের গতি সংক্রান্ত কেপলারের ছিতীয় সূত্রটি হলো— “গ্রহ এবং সূর্যের সংযোজক সরলরেখা সমান সময়ে সমান ক্ষেত্রফল অতিক্রম করে।”

**খ.** পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘুরলে, পৃথিবীর এ গতির জন্য সূর্য কর্তৃক কৃতকাজ “শূন্য” হবে। কারণ, এক্ষেত্রে পৃথিবীর গতিপথের প্রত্যক্ষ বিন্দুতে পৃথিবীর সরল এবং সূর্যের দিকে পৃথিবীর টানের মধ্যবর্তী কোণ হয়  $90^\circ$ । ফলে এক্ষেত্রে মহাকর্ষ বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয়। অর্থাৎ কেন্দ্রমুরী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয়।

১ একটি স্প্রিং এর একক দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির জন্য প্রযুক্ত বলকে ধ্রুবক বলে।

২ অসংরক্ষণশীল বলের ক্ষেত্রে যান্ত্রিক শক্তির নিয়ত্যতার সূত্র পালিত হয় না। কারণ, অসংরক্ষণশীল বল কর্তৃক কৃতকাজ সম্পূর্ণভাবে পুনরুদ্ধার করা সম্ভব নয়। এ বল কর্তৃক কৃতকাজ শূধু গতিপথের প্রাথমিক ও শেষ অবস্থানের উপর নির্ভরশীল নয়। এর ফলে ফিরতি পথের জন্য আদি ও শেষ গতিশক্তির মধ্যে পার্থক্য থাকে। সম্পাদিত কাজ ঋগাত্মক হয় এবং বিভবশক্তি পাওয়া যায় না।

৩ সূতরাং, অসংরক্ষণশীল বলের ক্ষেত্রে যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি কার্যকর নয়।

গুরি, ১ম পান্স হারা সম্পাদিত কাজ  $W$

উচ্চিপক হতে, কুয়ার গভীরতা,  $h = 30 \text{ m}$

$$\text{গড় সরণ}, h' = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ m}$$

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

কুয়ার ব্যাস,  $d = 2 \times 2 \text{ m} = 4 \text{ m}$

$$\therefore \text{কুয়ার আয়তন}, V = \frac{1}{4} \pi d^2 h$$

$$= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (4 \text{ m})^2 \times 30 \text{ m} = 376.8 \text{ m}^3$$

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

কুয়ার পানির ভর,  $m = \rho V$

$$= 1000 \text{ kg m}^{-3} \times 376.8 \text{ m}^3 = 376800 \text{ kg}$$

$$\therefore \text{অর্ধেক পানির ভর}, m' = \frac{1}{2} m$$

$$= \frac{1}{2} \times 376800 \text{ kg}$$

$$= 188400 \text{ kg}$$

$$\therefore \text{কৃতকাজ}, W_1 = m'gh'$$

$$= 188400 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 7.5 \text{ m}$$

$$= 13847400 \text{ J}$$

অর্ধাং প্রথম ইঞ্জিন কর্তৃক কৃতকাজ  $13847400 \text{ J}$

গু 'গ' হতে পাই, অর্ধেক পানির ভর,  $m' = 188400 \text{ kg}$

$$\text{ছতীয় পান্সের ক্ষেত্রে, গড় সরণ}, h'' = \frac{(15 + 30) \text{ m}}{2} = 22.5 \text{ m}$$

$$\therefore \text{কৃতকাজ}, W_2 = m'gh''$$

$$= 188400 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 22.5 \text{ m}$$

$$= 41542200 \text{ J}$$

$\therefore$  ক্ষমতা,

$$P_2 = \frac{W_2}{t}$$

$$= \frac{41542200 \text{ J}}{600 \text{ s}}$$

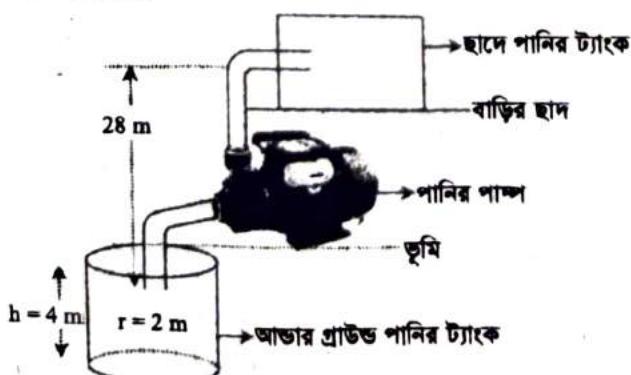
$$= 69237 \text{ W} = 92.81 \text{ HP}$$

প্রথম ইঞ্জিনের ক্ষমতা,  $P_1 = 7 \text{ H.P}$

এখানে,  $P_1 \neq P_2$

উভয় ইঞ্জিনের ক্ষমতা একই হবে না।

একটি বিড়ি-এর আভার গ্রাউন্ড পানিপূর্ণ ট্যাঙ্ক হতে সম্পূর্ণ পানি ছাদে অবস্থিত অপর একটি ট্যাঙ্কে এক ঘটায় উঠানের জন্য একজন বাড়ির মালিক ইলেক্ট্রিক মিঞ্চির কাছে কত ক্ষমতার পান্স প্রয়োজন হবে তা জানতে চাইলেন। ইলেক্ট্রিশিয়ান তাকে  $1.2 \text{ kW}$  ক্ষমতার পান্স ক্রয় করতে বললেন। বাড়ির মালিক মিঞ্চির পরামর্শ অনুযায়ী পান্স কিনলেন। পান্সের গায়ে লেখা আছে এর কর্দমক্ষতা  $90\%$ ।



ক. ঝণাঝক বিভবশক্তি কাকে বলে?

খ. পৃথিবীকে একটি কার্যনির সূড়ঙ্গ মনে করে এর কেন্দ্রে  $2 \text{ kg}$

ভরের একটি বস্তুকে নেওয়া হলো, এর ওজন শূন্য হয় কেন? ২

গ. পানির পান্সটি দৈনিক সর্বোচ্চ কি পরিমাণ কাজ করতে পারবে তা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উচ্চিপকে ইলেক্ট্রিক মিঞ্চি বাড়ির মালিককে পানির পান্স ক্রয়ের ব্যাপারে কি সঠিক পরামর্শ দিতে পেরেছেন? গাণিতিক বিশ্লেষণ দেখাও। ৪

### ১১০নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বস্তুকে ভূমি হতে নিচের দিকে নামানো হলে এটি যে বিভবশক্তি অর্জন করে তাকে ঝণাঝক বিভবশক্তি বলে।

খ. বস্তুর ভর হলো বস্তুতে মোট পদার্থের পরিমাণ, অর্ধাং ভর হচ্ছে একটি ভৌত রাশি যা ভূপৃষ্ঠে বা ভূপৃষ্ঠের উপরে বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তনের সাথে পরিবর্তিত হয় না। অর্ধাং বস্তুর ভর একটি ধূব রাশি। অন্যদিকে, বস্তুর ওজন হলো বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণ বল। বস্তুর ওজন অভিকর্ষজ ত্বরণ  $g$ -এর উপর নির্ভর করে। যেসব কারণে অভিকর্ষজ ত্বরণের পরিবর্তন ঘটে সেসব কারণে বস্তুর ওজনও পরিবর্তিত হয়। পৃথিবীর কেন্দ্রে অভিকর্ষজ ত্বরণ শূন্য, তাই পৃথিবীর কেন্দ্রে  $2 \text{ kg}$  ভরের বস্তু নেওয়া হলেও বস্তুর ওজন শূন্য হয়।

গ. এখানে, কর্দমক্ষতা,  $\eta = 90\% = 0.9$

পান্সের ক্ষমতা,  $P = 1.2 \text{ kW} = 1.2 \times 10^3 \text{ W}$

সময়,  $t = 3600 \text{ s}$

$$\text{আমরা জানি}, \eta = \frac{P' \text{ (কার্যকর ক্ষমতা)}}{P \text{ (মোট ক্ষমতা)}}$$

$$\text{বা}, P' = \eta P$$

$$\text{বা}, \frac{W}{t} = \eta P$$

$$\text{বা}, W = \eta Pt = 0.9 \times 1.2 \times 10^3 \times 3600 = 3.89 \times 10^6 \text{ J}$$

$\therefore$  পান্সটি দৈনিক  $1 \text{ hr}$  করে চললে এটি সর্বোচ্চ  $3.89 \times 10^6 \text{ J}$  কাজ করতে পারবে।

ঘ. এখানে, আভার গ্রাউন্ডের ট্যাঙ্কের ব্যাসার্ধ,  $r = 2 \text{ m}$

আভার গ্রাউন্ডের ট্যাঙ্কের উচ্চতা,  $h = 4 \text{ m}$

$\therefore$  পানির আয়তন = আভার গ্রাউন্ডের ট্যাঙ্কের আয়তন,

$$V = \pi r^2 h = 3.1416 \times (2 \text{ m})^2 \times 4 \text{ m} = 50.2656 \text{ m}^3$$

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

$$\therefore \text{পানির ভর}, m = V\rho = (50.2656 \times 10^3) \text{ kg} \\ = 50265.6 \text{ kg}$$

উচ্চতা,  $h = 28 \text{ m}$

সময়,  $t = 1 \text{ hr} = 3600 \text{ s}$

$\therefore$  ক্ষমতা,  $P' = ?$

$$\text{আমরা জানি}, P' = \frac{W}{t}$$

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

$$= \frac{50265.6 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 28 \text{ m}}{3600 \text{ s}}$$

$$= 38.31 \times 10^2 \text{ W}$$

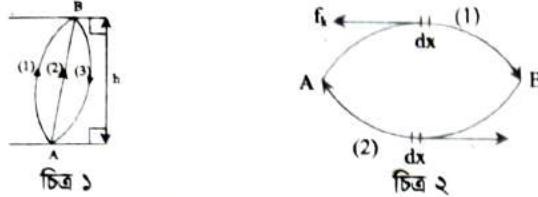
$$P' = 3.83 \text{ kW}$$

দেখা যাচ্ছে যে, পানি উঠানের জন্য  $3.83 \text{ kW}$  ক্ষমতার পান্স দরকার হবে। কিন্তু উচ্চিপকের ইলেক্ট্রিশিয়ান তাকে পরামর্শ দিয়েছিলেন  $1.2 \text{ kW}$  ক্ষমতার পান্স ক্রয় করতে। সুতরাং তার প্রদত্ত পরামর্শটি সঠিক ছিল না।

## 5.8

**শিখনফল :** সংরক্ষণশীল ও অসংরক্ষণশীল বল ব্যাখ্যা কৰতে পাৰব।

প্ৰশ্ন ১১১। নিচেৰ চিত্ৰ দুটি লক্ষ কৰ:



চিত্ৰ ১

চিত্ৰ ২

ক. একক কাজ কাকে বলে?

১

খ. বলেৱ বিৱুল্মে কাজ বলতে কী বুঝ?

২

গ. চিত্ৰ ১ এবং চিত্ৰ ২ এ ক্ৰিয়াশীল বলেৱ মধ্যে পাৰ্থক্য লেখ।

৩

ঘ. চিত্ৰ ২ এ কৃতকাজ সম্পর্কে তোমাৰ মতামত গাণিতিকভাৱে উপস্থাপন কৰ।

৪

## ১১১নং প্ৰশ্নেৱ উত্তৰ

ক. কোনো বস্তুৰ উপৰ একক বল প্ৰয়োগে বলেৱ ক্ৰিয়া রেখা বৰাবৰ যদি বস্তুটিৰ একক সৱণ ঘটে তবে যে পৰিমাণ কাজ সম্পাদিত হয় তাকে একক কাজ বলে।

খ. বল প্ৰয়োগ কৰাৰ ফলে যদি বলেৱ প্ৰয়োগ বিন্দু বলেৱ ক্ৰিয়াৰ বিপৰীত দিকে সৱে যায় বা বলেৱ দিকে সৱণেৱ ঝণাঝৰক উপাংশ থাকে, তাহলে বলেৱ বিৱুল্মে কাজ হয়েছে বুঝায়।

যেমন- কোনো বস্তুকে মেঝে থেকে টেবিলেৱ উপৰ উঠানো হলো। ফলে অভিকৰ্ষ বলেৱ বিৱুল্মে বস্তুটি উপৰে উঠবে। এক্ষেত্ৰে অভিকৰ্ষ বলেৱ বিৱুল্মে কাজ হয়েছে বুঝায়।

গ. চিত্ৰ ১ এ ক্ৰিয়াশীল বল হলো সংৰক্ষণশীল বল এবং চিত্ৰ ২ এ ক্ৰিয়াশীল বল হলো অসংৰক্ষণশীল বল। এই সংৰক্ষণশীল বল এবং অসংৰক্ষণশীল বলেৱ মধ্যে পাৰ্থক্য নিচে ছকেৱ মাধ্যমে দেখানো হলো—

সংৰক্ষণশীল বল	অসংৰক্ষণশীল বল
১. যে বলেৱ প্ৰভাৱে একটি বস্তুকে সম্পূৰ্ণ বস্তুপথে ঘূৰিয়ে আনলে মোট কাজেৰ পৰিমাণ শূন্য হয় তাকে সংৰক্ষণশীল বল বলে।	১. যে বলেৱ প্ৰভাৱে একটি বস্তুকে সম্পূৰ্ণ বস্তুপথে ঘূৰিয়ে আনলে মোট কাজেৰ পৰিমাণ শূন্য হয় না তাকে অসংৰক্ষণশীল বল বলে।
২. এ বল শুধু অবস্থানেৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে।	২. এ বল শুধু অবস্থানেৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে না।
৩. এ বলেৱ প্ৰভাৱে বস্তুৰ স্থানান্তৰে কৃতকাজ পথেৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে না; শুধু বস্তুৰ আদি ও চড়ান্ত অবস্থানেৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে।	৩. এ বলেৱ প্ৰভাৱে বস্তুৰ স্থানান্তৰে কৃতকাজ পথেৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে না।
৪. এ বল হাৰা কৃতকাজ সম্পূৰ্ণৱৰ্তনে পুনৰুৎস্থাৰ কৰা যায়।	৪. এ বল হাৰা কৃতকাজ সম্পূৰ্ণৱৰ্তনে পুনৰুৎস্থাৰ কৰা যায় না।
৫. এ বলেৱ ক্ষেত্ৰে যান্ত্ৰিক শক্তিৰ নিয়ততা প্ৰযোজ্য।	৫. এ বলেৱ ক্ষেত্ৰে যান্ত্ৰিক শক্তিৰ নিয়ততা প্ৰযোজ্য নয়।

ঘ. চিত্ৰ ২ এৰ ক্ষেত্ৰে, একটি বস্তুকে সৰ্বদাই তাৰ ঘৰ্ষণ বলেৱ বিৱুল্মে কাজ কৰতে হবে কেননা ঘৰ্ষণ বল সৰ্বদাই প্ৰতিৱেৰোধকাৰী বল। সেহেতু এক্ষেত্ৰে কৃতকাজ ঝণাঝৰক হবে এবং মোট কাজেৰ পৰিমাণ কথনোই শূন্য হবে না। নিচে এটি গাণিতিকভাৱে উপস্থাপন কৰা হৈলো—

চিত্ৰ ২ অনুযায়ী, একটি বস্তুকে মসৃণ অনুভূমিক মেঝেৰ উপৰ দিয়ে ধাকা দিয়ে A বিন্দু হতে। N পথে B বিন্দুতে আনা হলো। এক্ষেত্ৰে ঘৰ্ষণ বস্তুৰ গতিৰ অভিমুখে ক্ৰিয়া কৰবে। কাজেই এ স্থানান্তৰ ঘৰ্ষণ বলেৱ বিৱুল্মে কাজ কৰতে হবে। গতিপথে একটি কুমু সৱণ  $dx$  এবং এই  $dx$  সৱণ যদি ঘৰ্ষণ বল  $f_k$  এৰ বিপৰীতে ক্ৰিয়া কৰে তবে কৃতকাজ,  $dW = - f_k dx$

(1) N পথে A হতে B পৰ্যন্ত মোট পথকে অসংখ্য  $dx$  সৱণেৰ সমষ্টি ধৰা হৈল

$$\text{মোট কৃতকাজ, } W_1 = - \int_0^x f_k dx \quad (1)$$

এখন যদি বস্তুটিকে B হতে (2) N পথে পুনৰায় A বিন্দুতে নিয়ে যাওয়া হয়, তবে এই ক্ষেত্ৰে ঘৰ্ষণ বল বস্তুৰ গতিৰ বিপৰীতে ক্ৰিয়া কৰবে। কাজেই এক্ষেত্ৰে কৃতকাজ,

$$W_2 = - \int_2^N f_k dx \quad (2)$$

উভয় ক্ষেত্ৰেই ঘৰ্ষণ বলেৱ বিৱুল্মে কাজ সম্পৰ হওয়ায় কাজ ঝণাঝৰক এবং তাদেৱ যোগফল শূন্য হবে না।

∴ মোট কাজ,  $W = W_1 + W_2$

$$= - \int_1^2 f_k dx + \int_2^N f_k dx \left\{ \int_1^2 f_k dx + \int_2^N f_k dx \right\} \neq 0$$

অতএব, উপৰেৱ আলোচনা হতে দেখা যায় যে, চিত্ৰ ২ এ কৃতকাজ ঝণাঝৰক এবং অশূন্য।

## 5.9

**শিখনফল :** কোনো সিস্টেমেৰ ক্ষেত্ৰে কৰ্মদক্ষতা হিসাব কৰতে পাৰব।

প্ৰশ্ন ১১২। একটি ডু-গৰ্ভস্থ পানিপূৰ্ণ কুহাৰ গভীৰতা 12 মি. এবং ব্যাস 4 মি. একটি পাম্প ডু-পৃষ্ঠ থেকে 20 মিটাৰ উচ্চতায় 2 মি/সে বেগে পানি উঠিয়ে কুহাটিকে 50 মিনিটে পানি শূন্য কৰতে পাৰে।

ক. যান্ত্ৰিক শক্তি কাকে বলে?

১

খ. শক্তি মাটিৰ চেয়ে নৱম মাটিতে হাঁটতে অসুবিধা হয় কেন? ব্যাখ্যা কৰ।

২

গ. পাম্পটিৰ ক্ষমতা নিৰ্ণয় কৰ।

৩

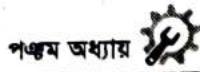
ঘ. পাম্পটিৰ দক্ষতা 40% হলে একই উচ্চতায় অবস্থিত 40000 লিটাৰ এৰ একটি খালি ট্যাংক 30 মিনিটে পূৰ্ণ কৰা যাবে কি? গাণিতিকভাৱে বিশ্লেষণ কৰ।

৪

## ১১২নং প্ৰশ্নেৱ উত্তৰ

ক. কোনো বস্তুৰ অবস্থান ও গতিৰ কাৰণে এৰ মধ্যে যে শক্তি থাকে তাকে যান্ত্ৰিক শক্তি বলে।

ঘ. শক্তি মাটিৰ উপৰ হাঁটা সুবিধাজনক। কেননা যতক্ষণ কোনো লোক স্থিৰভাৱে দাঁড়িয়ে থাকবেন ততক্ষণ মাটিও সমান বলে লোকটিৰ পায়ে আড়া উপৰেৰ দিকে বল প্ৰয়োগ কৰবে। মাটিৰ বল হলো প্ৰতিক্ৰিয়া। এ অবস্থায় ক্ৰিয়া ও প্ৰতিক্ৰিয়া বল পৰম্পৰারেৰ সমান ও বিপৰীত হবে। কিন্তু নৱম মাটিৰ উপৰ হাঁটা অসুবিধাজনক। এক্ষেত্ৰে নৱম মাটিৰ কণাৰ আন্তঃআণবিক বল শক্তি মাটিৰ তুলনায় অনেক কম হয়। লোকেৰ ওজন নৱম মাটিৰ উপৰ ক্ৰিয়া কৰায় মাটি স্থানচ্যুত হয়ে আন্তঃআণবিক ব্যবধান বৃদ্ধি কৰে ফলে লোকটি নিচেৰ দিকে নামতে থাকেন। এজনা শক্তি মাটিৰ চেয়ে নৱম মাটিতে হাঁটা অসুবিধাজনক।



এখানে, পানির ভর,

$$\begin{aligned} m &= V\rho g \\ &= \pi r^2 h \rho g \\ &= \pi \times 2^2 \times 12 \times 1000 \times 9.8 \\ &= 1.47 \times 10^6 \text{ kg} \end{aligned}$$

এখানে,

$$\begin{aligned} \text{গড় সরণ}, h' &= \frac{0+12}{2} + 20 \\ &= 26 \text{ m} \end{aligned}$$

সময়,  $t = 50$  মিনিট

$$= 3000 \text{ s}$$

∴ পাস্পটির ক্ষমতা,

$$P = \frac{\text{কৃতকাজ}}{\text{সময়}}$$

$$= \frac{\text{বিদ্যুৎশক্তি} + \text{গতিশক্তি}}{t}$$

$$= \frac{mg h' + \frac{1}{2} mv^2}{t}$$

$$= \frac{1.47 \times 10^6 \times 9.8 \times 26 + \frac{1}{2} \times 1.47 \times 10^6 \times 2^2}{3000}$$

$$= 1.26 \times 10^5 \text{ W}$$

এখানে,

কুয়ার গভীরতা,  $h = 12 \text{ m}$

কুয়ার ব্যাস,  $d = 4 \text{ m}$

∴ ব্যাসার্ধ,  $r = 2 \text{ m}$

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

পাস্পটির দক্ষতা 40% হলে,

$$\eta = \frac{P'}{P}$$

$$\text{বা, } 0.4 = \frac{mg \frac{h'}{t}}{1.26 \times 10^5}$$

$$\text{বা, } \frac{mgh'}{t} = 0.4 \times 1.26 \times 10^5$$

$$\text{বা, } t = \frac{mgh'}{0.4 \times 1.26 \times 10^5} \quad \dots \dots \dots \text{(i)}$$

এখানে,  $1 \text{ L} = 1 \text{ kg}$  হলে,  $40000 \text{ L}$  পানির ভর,  $m = 40 \times 10^3 \text{ kg}$

$$\therefore 4 \times 10^3 \text{ L পানির আয়তন} = \frac{40 \times 10^3}{1000 \times 9.8} \text{ m}^3$$

পানি উত্তোলনের কারণে কুয়াতে পানিতলের অবনমন  $h$  হলে

$$\pi r^2 h = \frac{40 \times 10^3}{9.8 \times 1000} \text{ m}^3$$

$$\text{বা, } h = \frac{40 \times 10^3}{9.8 \times \pi \times 2^2 \times 1000} = 0.325 \text{ m}$$

$$\therefore \text{গড় উচ্চতা, } h' = 20 + \frac{0 + 0.325}{2} = 20.162 \text{ m}$$

∴ (i) নং সমীকরণ হতে পাই,

$$t = \frac{40 \times 10^3 \times 9.8 \times 20.162}{0.4 \times 1.26 \times 10^5} = 156.81 \text{ s} = 2.61 \text{ মিনিট}$$

∴ 30 মিনিটেরও কম সময়ে ট্যাঙ্কটি পূর্ণ করা যাবে।



### শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের টেস্ট পরীক্ষার সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষার্থী, মাস্টার ট্রেইনার প্যানেল সারা দেশের শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের টেস্ট পরীক্ষার প্রশ্নপত্র বিশ্লেষণ করে তা থেকে গুরুত্বপূর্ণ প্রশ্নাবলি উত্তর সহকারে নিচে সংযোজন করেছেন। কলেজের নাম সংবলিত এসব প্রশ্ন ও উত্তর অনুশীলনের মাধ্যমে তোমার পরীক্ষায় কমনের নিশ্চয়তা পাবে।

**প্রশ্ন ১৩।** একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা  $20 \text{ m}$  ও ব্যাস  $2 \text{ m}$ । কুয়াটিকে পানিশূর্য করার জন্য  $5 \text{ HP}$  এর একটি পাস্প লাগানো হলো। অর্ধেক পানি তোলার পর পাস্পটি নষ্ট হয়ে গেল। বাকি পানি তোলার জন্য একই ক্ষমতাসম্পন্ন আর একটি পাস্প লাগানো হলো।

ক. স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক কাকে বলে? ১

খ. ছাতার কাপড় ছিন্দ থাকা সঙ্গেও বৃষ্টির পানি ভিতরে

প্রবেশ করে না কেন— ব্যাখ্যা কর। ২

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

ঘ. প্রথম ও দ্বিতীয় পাস্প দ্বারা পানি তুলতে একই সময় লাগবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

[রাজউক উত্তর মডেল কলেজ, ঢাকা]

### ১১৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক. স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পীড়ন ও বিক্রিতির অনুপাত একটি ধূব সংখ্যা। এ ধূব সংখ্যাকে বস্তুর উপাদানের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বলে।

কি. পানির পৃষ্ঠানের জন্য ছাতার কাপড়ে ছিন্দ থাকা সঙ্গেও বৃষ্টির পানি ভেতরে প্রবেশ করে না। ছাতার উপর বৃষ্টির পানি পড়লে পানির পৃষ্ঠানের জন্য পানি গোলাকার বিন্দুতে পরিণত হয় এবং কাপড়ের উপর দিয়ে গড়িয়ে পড়ে যায়। ফলে ছাতার কাপড় ভিজে ভেতরের পৃষ্ঠে পানি পৌছাতে পারে না।

কি. ধরি, ১ম পাস্প দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ  $W_1$  উচ্চীপক হতে, কুয়ার গভীরতা,  $h = 20 \text{ m}$

$$\text{অর্ধ গভীরতা, } h_1 = \frac{20 \text{ m}}{2} = 10 \text{ m}$$

ব্যাস,  $d = 2 \text{ m}$

$$\text{গড় সরণ, } h' = \frac{10 \text{ m} + 0 \text{ m}}{2} = 5 \text{ m}$$

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

$$\text{কুয়ার আয়তন, } V = \frac{1}{4} \pi d^2 h = \frac{1}{4} \times 3.1416 \times (2 \text{ m})^2 \times 20 \text{ m}$$

$$\therefore V = 62.832 \text{ m}^3$$

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

$$\therefore \text{পানির ভর, } m = \rho V = 1000 \text{ kg m}^{-3} \times 62.832 \text{ m}^3 = 62832 \text{ kg}$$

$$\text{অর্ধেক পানির ভর, } m' = \frac{1}{2} m = \frac{1}{2} \times 62832 \text{ kg} = 31416 \text{ kg}$$

∴ কৃতকাজ,  $W_1 = m'gh'$

$$= 31416 \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 5 \text{ m} = 1.54 \times 10^6 \text{ J}$$

সূতরাং প্রথম পাস্প দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ  $1.54 \times 10^6 \text{ J}$ ।

কি. 'গ' হতে পাই, অর্ধেক পানির ভর,  $m_1 = 31416 \text{ kg}$

এবং প্রথম পাস্প দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ,  $W_1 = 1.54 \times 10^6 \text{ J}$

উচ্চীপক অনুসারে,

$$\begin{aligned} \text{প্রথম পাস্পের ক্ষমতা, } P_1 &= \text{বিতীয় পাস্পের ক্ষমতা, } P_2 = 5 \text{ HP} \\ &= 5 \times 746 \text{ W} = 3730 \text{ W} \end{aligned}$$

ধরি, প্রথম পাস্পের ক্ষেত্রে সময়,  $t_1$

এবং বিতীয় পাস্পের ক্ষেত্রে সময়,  $t_2$

$$\text{আমরা জানি, } P_1 = \frac{W_1}{t_1}$$

$$\text{বা, } t_1 = \frac{W_1}{P_1} = \frac{1.54 \times 10^6 \text{ J}}{3730 \text{ W}} = 412.87 \text{ s}$$

$$\text{আবার, বিতীয় পাস্পের ক্ষেত্রে, গড় সরণ, } h'' = \frac{(10 + 20) \text{ m}}{2} = 15 \text{ m}$$

∴ কৃতকাজ,  $W_2 = m'gh$   
 $= 31416 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 15 \text{ m} = 4.62 \times 10^6 \text{ J}$

এখন,  $P_2 = \frac{W_2}{t_2}$

বা,  $t_2 = \frac{W_2}{P_2} = \frac{4.62 \times 10^6 \text{ J}}{3730 \text{ W}} = 1238.61 \text{ s}$

অর্থাৎ,  $t_1 \neq t_2$

যেহেতু  $t_1$  এবং  $t_2$  এর মান সমান নয় সেহেতু প্রথম ও দ্বিতীয় পাসপ বারা পানি ডুলতে ভিন্ন সময় লাগবে।

**প্রয়োগ ১১৪:** রাহাত একটি গাড়ি নিয়ে চিনুক পাহাড়ের গা ঘেঁষে নামছিল। গাড়িটি উরুরের সাথে  $60^\circ$  কোণে আনত এবং গাড়ির উপর ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ বল অভিস্থ প্রতিক্রিয়ার  $0.2 \text{ g}$ । রাহাত  $12.39 \text{ m s}^{-1}$  বেগে নিচে নামার সময় হঠাতে সামনে একটি গাড়ি দেখতে পেল। এরপর সে ক্রে করায়  $30 \text{ m}$  দূরত অতিক্রম করার পর গাড়িটি থেমে যায়। এখানে গাড়ির ভর  $600 \text{ kg}$ ।

ক. অপকেন্দ্র বল কী?

খ. একই আয়তনের দুটি বায়ুপূর্ণ বেলুনকে ভিন্ন তাপমাত্রায়

রাখলে কী ঘটবে?— ব্যাখ্যা কর।

গ. উদ্দীপকের গাড়িটির মোট শক্তি কত হবে?

ঘ. উদ্দীপকের গাড়িটি শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি মেনে চলবে কি না?— গাণিতিকভাবে যাচাই কর।

[আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা]

### ১১৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বস্তুকে বৃত্তাকার পথে দুরাতে হলে ঐ বস্তুর উপর যে বল প্রয়োগ করা হয় তাই কেন্দ্রমুখী বল। নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে এ বলের প্রতিক্রিয়া ঘূর্ণ যে বল বৃত্তের কেন্দ্রের উপর ব্যাসার্ধ বরাবর বৃত্তের বাইরের দিকে ক্রিয়া করে তাই অপকেন্দ্র বল।

খ. চার্লসের সূত্র হতে আমরা জানি,  $V \propto T$  অর্থাৎ তাপমাত্রা ও আয়তন পরম্পরের সমানুপাতিক অর্থাৎ তাপমাত্রা বাড়লে আয়তন বাড়ে। সুতরাং যে বেলুনটি অধিক তাপমাত্রায় রাখা হয়েছে সেটির আয়তন বেশি হবে।

গ. এখানে,  $OA = 30 \text{ m}$

$$\therefore AB = OA \sin 30^\circ \\ = 30 \times \sin 30^\circ \\ = 15 \text{ m}$$

গাড়ির বেগ,  $v = 12.39 \text{ m s}^{-1}$

গাড়ির ভর,  $m = 600 \text{ kg}$

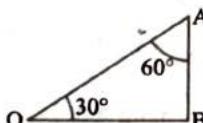
ক. A বিন্দুতে গাড়িটির মোট শক্তি

= গতিশক্তি + বিভবশক্তি

$$= \frac{1}{2} mv^2 + mg AB$$

$$= \frac{1}{2} \times 600 \times (12.39)^2 + 600 \times 9.8 \times 15 = 1.34 \times 10^5 \text{ J}$$

গ. A বিন্দুতে গাড়িটির মোট শক্তি  $= 1.34 \times 10^5 \text{ J}$  ('গ' হতে)  
 এখানে,  $OA = 30 \text{ m}$



O বিন্দুতে গাড়ির বিভবশক্তি  $= mgh = 0$

গাড়িটিকে  $30\text{m}$  দূরে O বিন্দুতে থামাতে কৃতকাজ গাড়ির মধ্যে শক্তি আকারে জমা হবে।

আনত তলের O বিন্দুতে গাড়ির বেগ,  $v = 0$

$$\therefore O \text{ বিন্দুতে গতিশক্তি}, K = \frac{1}{2} m (0)^2 = 0$$

O বিন্দুতে বিভবশক্তি,  $U = mg \times 0 = 0$

এখানে, A হতে O বিন্দুতে এসে গাড়িটি থামাতে প্রযুক্ত তরণ,

$$a = \frac{v^2 - u^2}{2 s} = \frac{0^2 - (12.39)^2}{2 \times 30} = - 2.56 \text{ m s}^{-2}$$

নিউটনের ২য় সূত্রানুসারে—

$$\text{বাধানানকারী বল} + \text{ঘর্ষন বল} - mg \sin \theta = - ma$$

$$\text{বা, } F + f = mg \sin \theta - ma$$

$$\text{বা, } F = 600 \times 9.8 \times \sin 30^\circ + 600 \times 2.56 - \mu R \cos \theta$$

$$= 4475.21 - 0.2 mg \cos \theta$$

$$= (4475.21 - 1018) \text{ N} = 3456.76 \text{ N}$$

ক. কৃতকাজ,  $W = FS = 3456.76 \times 30 = 103702.92 \text{ J}$

গ. O বিন্দুর গাড়িটির মোট,

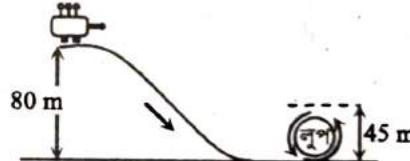
$$E = K + U + \text{কৃতকাজ} + \text{ঘর্ষণের ফলে কম লাগা শক্তি}$$

$$= 0 + 0 + 10370.92 + f \times 300$$

$$= (103702.92 + 1018 \times 30) \text{ J} = 1.34 \times 10^5 \text{ J}$$

ঘ. উদ্দীপকের গাড়িটি শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি মেনে চলে।

**প্রয়োগ ১১৫:** চিত্রে একটি রোলার কোন্টার দেখানো হলো। একটি গাড়িকে স্থির অবস্থা হতে মুক্ত করে দেওয়া হলো।



ক. ডু-স্থির উপগ্রহ কাকে বলে?

খ. পরমশূন্য তাপমাত্রায় গ্যাসের গতিশক্তি ব্যাখ্যা কর।

গ. লুপের উপর গাড়ির বেগ নির্ণয় কর।

ঘ. শক্তির নিয়তাত বিধি ও বলের প্রকৃতি বিবেচনায় উপরের চিত্রটির ভৌত তাৎপর্য বিশ্লেষণ কর।

[ঢাকা বেসিনেনসিয়াল মডেল কলেজ, ঢাকা]

### ১১৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো কৃতিম উপগ্রহের আবর্তনকাল নিজ অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণযমান পৃথিবীর আবর্তনকালের সমান হলে ঐ উপগ্রহকে ডু-স্থির উপগ্রহ বলে।

খ. পরমশূন্য তাপমাত্রায় গ্যাসের অণুগুলো পরম্পরের খুব কাছাকাছি অবস্থান করে ফলে আন্তঃআণবিক শক্তি প্রবল থাকে বলে এই শক্তিকে উপেক্ষা করে অণুগুলো নড়তে পারে না। তাই তাদের বেগ শূন্য হয়। এর ফলে গতিশক্তি ও শূন্য।

গ. এখানে, লুপের ব্যাসার্ধ,  $r = \frac{45 \text{ m}}{2} = 22.5 \text{ m}$

মনে করি, লুপের ওপর বিন্দুতে বেগ  $= v \text{ m s}^{-1}$

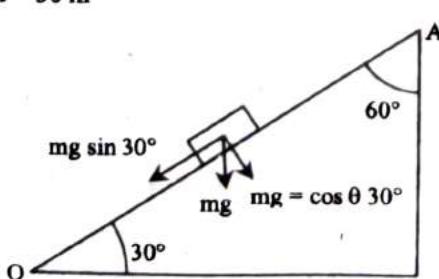
এখন, লুপটি নিরাপদে ঘূর্ণনের জন্য কারের ওজন কেন্দ্রবিমুখী বলের সমান হতে হবে।

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

$$\text{বা, } rg = v^2$$

$$\therefore v = \sqrt{rg} = \sqrt{22.5 \times 9.8} = 14.85 \text{ m s}^{-1}$$

নির্ণেয় বেগ  $14.85 \text{ ms}^{-1}$ ।



ঘ. মনে করি, কারের ভর =  $m \text{ kg}$

সর্বোচ্চ বিন্দুতে বিড়বশক্তি =  $mgh$

যেখানে,  $h$  = আদি অবস্থান ও শেষ অবস্থানের উচ্চতার পার্থক্য  
এবং  $g$  = অভিকর্ষজ ত্বরণ।

সর্বোচ্চ বিন্দুতে গতিশক্তি =  $\frac{1}{2} mv_0^2$

∴ সর্বোচ্চ বিন্দুতে মোট শক্তি =  $mgh + \frac{1}{2} mv_0^2$

শেষ অবস্থানে, বিড়বশক্তি = 0 এবং গতিশক্তি =  $\frac{1}{2} mv^2$

∴ মোট শক্তি =  $0 + \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} mv^2$

যান্ত্রিক শক্তির নিয়তা অনুসারে,  $\frac{1}{2} mv^2 = mgh + \frac{1}{2} mv_0^2$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} v^2 = gh + \frac{1}{2} v_0^2$$

$$\text{বা, } v^2 = 2gh + v_0^2$$

$$\text{বা, } v^2 = v_0^2 + 2gh$$

শক্তির নিয়তা বিধি এবং বলের প্রকৃতি বিবেচনায় উপরের চিত্রটির ভৌত তাত্পর্য হলো—

১. কারের শেষবেগ ভরের ওপর নির্ভর করে না।

২. কারের শেষবেগ আদি বেগের উপর নির্ভর করে।

৩. কারের শেষবেগ উচ্চতার উপর নির্ভর করে।

**চিত্র ১১৬** একটি দালানের ছাদের সাথে  $5 \text{ m}$  দৈর্ঘ্যের মই লাগানো আছে যা অনুভূমিকের সাথে  $30^\circ$  কোণ উৎপন্ন করে।  $70 \text{ kg}$  ভরের একটি শ্রমিক  $20 \text{ kg}$  বোঝা মাথায় নিয়ে মই বেয়ে ছাদে উঠলেন। ছাদ থেকে নেমে শ্রমিক মইটিকে অনুভূমিকের সাথে  $60^\circ$  কোণ করে রেখে একই পরিমাণ বোঝা নিয়ে মই বেয়ে পুনরায় ছাদে উঠলেন।

ক. বলের ঘাত কী?

খ. অভিকর্ষজ বলের বিপরীতে সরণ তিনগুণ হলে কৃতকাজ তিনগুণ হয় কিন্তু স্থিতিস্থাপক বলের বিপরীতে সরণ

তিনগুণ হলে কৃতকাজ নয়গুণ হয়— ব্যাখ্যা কর।

গ. প্রমিক প্রথমে ছাদে ওঠার জন্য কত কাজ করেছেন?

ঘ. কিভাবে মই রেখে ছাদে উঠলে শ্রমিক বেশি ক্ষমতা প্রয়োগ করবেন—গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ণয় কর।

[হাল ক্রস কলেজ, ঢাকা]

### ১১৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বক্তুর উপর প্রযুক্ত বল এবং বলের ক্রিয়াকালের গুণফলই বলের ঘাত।

খ.  $m$  ভরের কোনো বক্তুর ক্ষেত্রে, অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কৃতকাজ,  $W = mgh$

বা,  $W \propto h$  [ $m$  ও  $g$  ধ্রুব]

এবং স্থিতিস্থাপক বলের বিরুদ্ধে কৃতকাজ,  $W = \frac{1}{2} kx^2$

বা,  $W \propto x^2$  [ $k$  স্থিতিস্থাপক বলের ধ্রুব বা স্থিতিস্থাপক ধ্রুব]

সুতরাং সরণ  $3$  গুণ হলে  $9$  গুণ হলে কৃতকাজ হলেও  $2$  গুণ হলে কৃতকাজ নয় গুণ হবে।

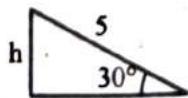
গ. দেওয়া আছে, মইয়ের দৈর্ঘ্য  $5 \text{ m}$  যা ভূমির সাথে  $30^\circ$  কোণ উৎপন্ন করে।

$$\therefore h = 5 \sin 30^\circ = 2.5 \text{ m}$$

$$\text{ভর, } m = 70 \text{ kg} + 20 \text{ kg} = 90 \text{ kg}$$

$$\therefore \text{কৃতকাজ, } W = mgh = (90 \times 9.8 \times 2.5) \text{ J} \\ = 2205 \text{ J}$$

অতএব, ছাদে ওঠার জন্য কৃতকাজ  $2205 \text{ J}$ ।



ঘ. মইটি  $60^\circ$  কোণে রাখলে, উচ্চতা,  $h_2 = 5 \sin 60^\circ = \frac{5\sqrt{3}}{2} \text{ m}$

$$\text{এক্ষেত্রে ক্ষমতা, } P_2 = \frac{mgh_2}{t} = \frac{90 \times 9.8 \times 5\sqrt{3}}{2 \times t} = \frac{3819.17}{t} \text{ W}$$

প্রথম ক্ষেত্রে, কৃতকাজ,  $W = 2205 \text{ J}$  ['গ' নং হতে প্রাপ্ত]

$$\therefore \text{প্রথম ক্ষেত্রে ক্ষমতা, } P_1 = \frac{W}{t} = \frac{2205}{t} \text{ W}$$

এখানে,  $P_2 > P_1$

∴  $60^\circ$  কোণে মই রাখলে বেশি ক্ষমতা প্রয়োগ করবেন।

**চিত্র ১১৭** শিশু পার্কে খেলার সময়  $10 \text{ kg}$  ভরের একজন বালক অনুভূমিকের সাথে  $30^\circ$  কোণে রক্ষিত একটি মসৃণ ঢালু লিপারে উঠানামা করে খেলছিল। বালকটি  $196 \text{ J}$  গতিশক্তি প্রয়োগে মসৃণ লিপারটিতে অনুভূমিকের সাথে কোণ উৎপন্নকারী প্রান্ত থেকে ঘর্ষণহীনভাবে উপরের প্রান্তে পৌছে যায়। উপরের প্রান্ত থেকে আবার নিচের দিকে পড়ে খেলতে থাকে।

ক. কর্মদক্ষতা কাকে বলে?

খ. পৃথিবীর আবর্তনের ক্ষেত্রে পৃথিবীর উপর সূর্যের মহাকর্ষ বল কোনো কাজ করে না— ব্যাখ্যা কর।

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত আনত লিপারের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্দীপকে বালকটি উপর থেকে নিচে নামার সময় লিপারের দৈর্ঘ্যের এক চতুর্থাংশ দূরত্ব এবং অর্ধেক দূরত্ব অতিক্রম কালে উভয় ক্ষেত্রে মোট যান্ত্রিক শক্তির পরিমাণ সমান কি-না? গাণিতিকভাবে যাচাই কর।

[সরকারি আজিজ্বুল হক কলেজ, বগুড়া]

### ১১৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো ব্যবস্থা বা যন্ত্র থেকে প্রাপ্ত মোট কার্যকর শক্তি এবং ব্যবস্থায় বা যন্ত্রে প্রদত্ত মোট শক্তির অনুপাতকে ঐ ব্যবস্থার বা যন্ত্রের কর্মদক্ষতা বলে।

খ. পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘূরলে, পৃথিবীর এ গতির জন্য সূর্য কর্তৃক কৃতকাজ “শূন্য” হবে। কারণ, এক্ষেত্রে পৃথিবীর গতিপথের প্রত্যক্ষ বিন্দুতে পৃথিবীর সরণ এবং সূর্যের দিকে পৃথিবীর টানের মধ্যবর্তী কোণ হয়  $90^\circ$ । ফলে এক্ষেত্রে মহাকর্ষ বল ঘারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয়। অর্থাৎ কেন্দ্ৰমুখী বল ঘারা কৃতকাজ শূন্য হয়।

গ. কাজ শক্তি উপপাদ্য অনুসারে,

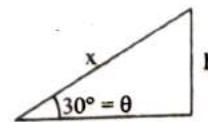
$$\text{গতিশক্তি} = \text{বিড়বশক্তি}$$

$$96 \text{ J} = mgh$$

$$h = \frac{196}{10 \times 9.8} \text{ m} = 2 \text{ m}$$

$$\text{আবার, } \sin 30^\circ = \frac{2}{x}$$

$$x = \frac{2}{\sin 30^\circ} = \frac{2}{\frac{1}{2}} = 4 \text{ m}$$



নির্ণেয় আনত লিপারের দৈর্ঘ্য  $4 \text{ m}$ ।

ঘ. এক চতুর্থাংশ দূরত্বে,

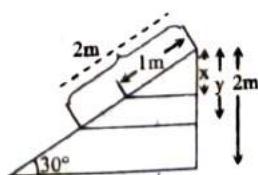
$$x = 1 \times \sin 30^\circ = \frac{1}{2} \text{ m}$$

এক্ষেত্রে,

$$\text{গতিশক্তি} = mgx = 10 \times 9.8 \times \frac{1}{2} = 49 \text{ J}$$

$$\text{বিড়বশক্তি} = mg(h - x) = 10 \times 9.8 \times \left(2 - \frac{1}{2}\right) = 147 \text{ J}$$

$$\text{যান্ত্রিক শক্তি} = (147 + 49) \text{ J} = 196 \text{ J}$$





অর্ধেক দূরত্বে,  $y = 2 \times \sin 30^\circ$

$$\text{গতিশক্তি} = mg y = 10 \times 9.8 \times 1 = 98 \text{ J}$$

$$\text{বিভবশক্তি} = mg(h - y) = 10 \times 9.8 \times (2 - 1) = 98 \text{ J}$$

$$\therefore \text{যান্ত্রিক শক্তি} = (98 + 98) = 196 \text{ J}$$

$\therefore$  উভয় ক্ষেত্রে যান্ত্রিক শক্তি সমান।

**প্রয়োগ ১১৮** একজন চালক, গাড়ির স্পিডোমিটারে  $36 \text{ km h}^{-1}$  বেগ থাকা অবস্থায়  $10 \text{ N}$  মানের ব্রেকজনিত বল প্রযোগ করে। এতে গাড়িটি  $343 \text{ J}$  শক্তি ব্যয় করে  $50 \text{ m}$  দূরত্বে থেমে যায় এবং  $147 \text{ J}$  শক্তি অপচয় করে। [গাড়ির ভর =  $1000 \text{ kg}$  এবং পথের ঘর্ষণ গুণাংক =  $0.1$ ]।

ক. কেন্দ্রমুর্ধী ত্বরণ কাকে বলে?

খ. সমন্বিতভে ঘূর্ণযামান বৈদ্যুতিক পাখার বিভিন্ন কণার কৌণিক বেগ সমান কিন্তু রৈখিক বেগ ভিন্ন হয় কেন?

গ. গাড়ির ইঞ্জিনের দক্ষতা কত?

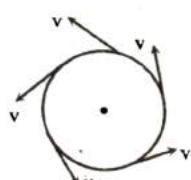
ঘ. গাড়ির স্পিডোমিটারের পাঠ ত্রুটিমুক্ত ছিল কিনা যাচাই কর।

[কুমিল্লা ডিটেইরিয়া সরকারি কলেজ, কুমিল্লা]

### ১১৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বৃত্তপথে ঘূর্ণনরত কণা বা বস্তুর একটি ত্বরণ থাকে যার অভিমুখ কেন্দ্রের দিকে। একে কেন্দ্রমুর্ধী ত্বরণ বলে।

খ. সমন্বিতভে ঘূর্ণযামান বৈদ্যুতিক পাখার বিভিন্ন কণার রৈখিক বেগের দিক হয় ঐ বিন্দুতে অভিক্ত স্পর্শক বরাবর। তাই প্রতিনিয়ত রৈখিক বেগ পরিবর্তিত হয় কিন্তু কৌণিক বেগের দিক হচ্ছে বৃত্তের কেন্দ্রে উল্লম্ব।



বরাবর। ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘূরলে কেন্দ্র বরাবর নিচের দিকে এবং ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘূরলে কেন্দ্র বরাবর উপরের দিকে এবং সকল কণার দিক একই।

ঘ. এখানে, ইঞ্জিনের শক্তি ব্যয়,  $Q_1 = 343 \text{ J}$

অপচয়কৃত শক্তি,  $Q_2 = 147 \text{ J}$

সরবরাহকৃত শক্তি =  $(343 + 147) \text{ J} = 490 \text{ J}$

$$\therefore \text{ইঞ্জিনের দক্ষতা}, \eta = \frac{\text{ব্যবহিত শক্তি}}{\text{সরবরাহকৃত শক্তি}} = \frac{343 \text{ J}}{490 \text{ J}} \times 100\% = 70\%$$

ঘ. গাড়ির ইঞ্জিনের দক্ষতা 70%

ঘ. দেওয়া আছে, ঘর্ষণাংক,  $\mu = 0.1$

প্রযুক্ত বল,  $F = 10 \text{ N}$ ;  $x = 50 \text{ m}$

গাড়িটি থামাতে মোট ক্রিয়ারত বল,  $F' = -F - f = -(F + \mu R)$

গাড়ির আদিবেগ,  $v_0 = ?$

গাড়ির শেষ বেগ,  $v = 0$

গাড়ির ভর,  $m = 1000 \text{ kg}$

আমরা জানি, কৃতকাজ = গতিশক্তির পরিবর্তন

$$\text{বা}, \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2 = Fx'$$

$$\text{বা}, \frac{1}{2} mv_0^2 = -(F + \mu R)x$$

$$\text{বা}, -mv_0^2 = 2(F + \mu mg)x \quad [\because R = mg]$$

$$\text{বা}, v_0 = \sqrt{\frac{2(F + \mu mg)x}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2(10 + 0.1 \times 1000 \times 9.8) 50}{1000}} = 9.95 \text{ m s}^{-1} = 35.8 \text{ km h}^{-1}$$

$\therefore$  গাড়ির স্পিডোমিটারের পাঠ ঠিক নয়।



### একাধিক অধ্যায়ের সমন্বয়ে প্রণীত সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষার্থী, ইচএসসি পরীক্ষায় সূজনশীল প্রশ্ন সাধারণত একাধিক অধ্যায়ের সমন্বয়ে এসে থাকে। তোমরা যাতে পরীক্ষার জন্য এ ধরনের প্রশ্ন সম্পর্কে পূর্ব প্রস্তুতি প্রাপ্ত করতে পার, সে লক্ষ্যে এ অধ্যায়ের সাথে সংশ্লিষ্ট অধ্যায়ের সমন্বয়ে প্রণীত সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর নিচে দেওয়া হলো।

**প্রয়োগ ১১৯** তপন স্যার ছাত্রদের একটি Physics Animation দেখাচ্ছিলেন। যেখানে  $500 \text{ m}$  উচু থেকে  $10 \text{ m s}^{-1}$  বেগে  $1 \text{ kg}$  ভরের একটি বস্তু প্রথমে সোজা নিচের দিকে এবং দ্বিতীয় বারে বস্তুটি সোজা অনুভূমিক বরাবর নিক্ষেপ করা হলো।

ক. ওয়াট কী?

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

গ. সোজা নিচের দিকে নিক্ষেপের ক্ষেত্রে ২ং পরে বস্তুটির গতিশক্তি কত?

ঘ. নিক্ষেপ কর্তৃত দুই ক্ষেত্রে যে কোনো মুহূর্তে (ধর 2 sec পর) শক্তি সংরক্ষিত এবং সমান—গাণিতিকভাবে তুলনামূলক বিশ্লেষণ কর।

[অধ্যায় ৫ ও ৪-এর সমন্বয়ে প্রণীত]

### ১১৯নং প্রশ্নের উত্তর

ক. ওয়াট হল প্রতি সেকেন্ডে যত ভুল কাজ করা যায় তার পরিমাণ। এটি ক্ষমতার একক।

খ. কোন বস্তুর গতিশক্তি,  $E_k = \frac{1}{2} mv^2$ । এর মান সর্বদা ধৰ্মাত্মক। কারণ রাশিটিতে  $v^2$  একটি বর্গরশি যা সর্বদা ধর্মাত্মক এবং বস্তুর ভর,  $m$  কখনই ঝগড়াক হয় না। ভর এর সর্বনিম্ন মান শূন্য (০)। তাই গতিশক্তির মান সর্বনিম্ন শূন্য (০) হলেও কখনই ঝগড়াক হতে পারে না।

ঘ. এখানে, বস্তুটির ভর,  $m = 1 \text{ kg}$ ; সময়,  $t = 2 \text{ s}$

অভিকর্জন ত্বরণ,  $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$ ; আদিবেগ,  $u = 10 \text{ m s}^{-1}$

এখন,  $2 \text{ s}$  পরে বেগ  $v$  হলে,

$$v = u + gt$$

$$= 10 \text{ m s}^{-1} + 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 2 \text{ s}$$

$$= 29.6 \text{ m s}^{-1}$$

$$\therefore 2 \text{ s} \text{ পর } \text{বস্তুটির গতিশক্তি}, E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1 \text{ kg} \times (29.6 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$= 438.08 \text{ J}$$

অতএব,  $2 \text{ s}$  পর বস্তুটির গতিশক্তি 438.08 J।

ঘ. এখানে, উচ্চতা,  $h = 500 \text{ m}$

আদিবেগ,  $u = 10 \text{ m s}^{-1}$

ভর,  $m = 1 \text{ kg}$

'গ' নং থেকে পাই, ১ম ক্ষেত্রে,

$t = 2 \text{ s}$  পর বস্তুটির বেগ,  $v = 29.6 \text{ m s}^{-1}$  এবং গতিশক্তি,  $E_k = 438.08 \text{ J}$

এখন,  $2 \text{ s}$  সময়ে বস্তুটির সরণ,

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

$$= 10 \text{ m s}^{-1} \times 2 \text{ s} + \frac{1}{2} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times (2 \text{ s})^2$$

$$= 39.6 \text{ m}$$

ভূমি থেকে উচ্চতা,  $h' = h - s = (500 - 39.6) \text{ m} = 460.4 \text{ m}$

∴ বন্ধুটির বিভব শক্তি,  $E_p = mgh'$

$$= 1 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 460.4 \text{ m}$$

$$= 4511.92 \text{ J}$$

∴ মোট শক্তি,  $E = E_k + E_p = (438.08 + 4511.92) \text{ J} = 4950 \text{ J}$

আবার, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, 2 s পর সরণ,

$$y = u \sin \theta + \frac{1}{2} gt^2$$

$$= 10 \text{ m s}^{-1} \times \sin 0^\circ + \frac{1}{2} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times (2 \text{ s})^2$$

$$= 19.6 \text{ m}$$

∴ ভূমি থেকে উচ্চতা,  $h_1 = h - y = (500 - 19.6) \text{ m} = 480.4 \text{ m}$

∴ বিভব শক্তি,  $E_p' = mgh_1$

$$= 1 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 480.4 \text{ m} = 4707.92 \text{ J}$$

2s পর বেগ,  $v_1 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

$$= \sqrt{(u \cos \theta)^2 + (u \sin \theta - gt)^2}$$

$$= \sqrt{(10 \text{ m s}^{-1} \times \cos 0^\circ)^2 + (10 \text{ m s}^{-1} \times \sin 0^\circ - 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 2\text{s})^2}$$

$$= 22.00364 \text{ m s}^{-1}$$

∴ গতিশক্তি,  $E_k' = \frac{1}{2} mv_1^2$

$$= \frac{1}{2} \times 1 \text{ kg} \times (22.00364 \text{ m s}^{-1})^2 = 242.08 \text{ J}$$

∴ মোট শক্তি,  $E' = E_p' + E_k' = (4707.92 + 242.08) \text{ J} = 4950 \text{ J}$

এখনে,  $E = E'$

অতএব, নিকিণ বন্ধুটির দুই ক্ষেত্রেই যেকোনো মুহূর্তে শক্তি সংরক্ষিত এবং সমান।

**জ্ঞান ১২০** 1.5 kg ভরের একটি বোমা ভূমি হতে 4 km উচুতে অবস্থিত একটি বিমান থেকে ফেলে দেওয়া হলো। পৃথিবীর ব্যাসার্ধ  $6.4 \times 10^3 \text{ km}$  এবং ভূ-পৃষ্ঠ অভিকর্ষজ ত্বরণের মান  $9.8 \text{ m s}^{-2}$ ।

ক. অসংরক্ষণশীল বল কী?

১

খ. G কে সার্বজনীন ধ্বনি বলা হয় কেন?

২

গ. বিমানের উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণের মান নির্ণয় কর।

৩

ঘ. ভূপৃষ্ঠ স্পর্শ করার মুহূর্তে বোমাটির গতিশক্তি গাণিতিকভাবে হিসাব কর।

৪

[অধ্যায় ৫ ও ৬-এর সময়ে প্রণীত]

## ১২০নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো কণা একটি পূর্ণ চক্র সম্পন্ন করে তার আদি অবস্থানে ফিরে আসলে কণাটির উপর যে বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয় না। সেই বলকে অসংরক্ষণশীল বল বলে।



### ১০০% কমন উপযোগী জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্রশ্ন ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষার্থী, জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্রশ্ন উদ্দীপক সংশ্লিষ্ট অধ্যায়ের যেকোনো লাইন ও অনুচ্ছেদ থেকে এসে থাকে। তাই নতুন পাঠ্যবইয়ের পরিবর্তিত বিষয়বস্তুর আলোকে লাইন ধরে ধরে সর্বাধিক জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্রশ্ন ও উত্তর নিচে প্রদত্ত হলো, যা পরীক্ষায় ১০০% কমন পাওয়ার ক্ষেত্রে তোমাদের সহায়তা করবে।

#### ১. কমন উপযোগী জ্ঞানমূলক প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ১। কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি বিবৃত কর।

[সি. বো. '১৬; য. বো. '১৯, '১৫; ব. বো. '১৫]

[মেলু-১, আধির-১৭, আমাদিক-১২, তপন-৩০, তফাজ্জল-১৫]

উত্তর : কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি হলো—কোনো বন্ধুর উপর ক্রিয়ার লক্ষ্য বল কর্তৃক কৃত কাজ তার গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

প্রশ্ন ২। স্প্রিং বল কী?

[সি. বো. '১৯]

উত্তর : কোমো স্প্রিং-এর মুক্ত প্রান্তের সরণ ঘটালে স্প্রিংটি সরণের বিপরীত দিকে যে বল প্রয়োগ করে তাই স্প্রিং বল।

২. G হলো মহাকর্ষীয় ধ্বনি বলে। মূলতে থাকলে এবং এদের মধ্যকার বল F হলে,  $G = \frac{F^2}{m_1 m_2}$  হয়। G এর মান বন্ধু দুটির প্রকৃতি এবং এদের মধ্যকার মাঝামের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে না। বন্ধুর আকার, আকৃতি, ভর, দূরত্ব ইত্যাদির পরিবর্তন ঘটলেও G এর মানের কোনো তারতম্য ঘটে না। অর্থাৎ G এর মান সবসময় এবং সব জায়গার জন্য ধ্বনি এবং এই মান  $6.673 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \text{ kg}^{-2}$ । এজনা G কে বিশ্বজনীন ধ্বনি ধ্বনি বলা হয়।

৩. ধরি, বিমানের উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণের মান g'.

$$\text{ভূ-পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান}, g = \frac{GM}{R^2} \dots (১)$$

$$\text{বিমানের উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণের মান}, g' = \frac{GM}{(R+h)^2} \dots (২)$$

(১) নং ও (২) নং সমীকরণ হতে পাই,

$$\begin{aligned} \frac{g}{g'} &= \frac{\frac{GM}{R^2}}{\frac{GM}{(R+h)^2}} \\ &= \frac{GM}{R^2} \times \frac{(R+h)^2}{GM} = \left(\frac{R+h}{R}\right)^2 \\ \text{বা, } g' &= g \left(\frac{R}{R+h}\right)^2 \\ &= 9.8 \text{ m s}^{-2} \left(\frac{6.4 \times 10^3 \text{ m}}{6.4 \times 10^3 \text{ m} + 4 \times 10^3 \text{ m}}\right)^2 \\ &= 9.8 \text{ m s}^{-2} \times \left(\frac{6.4 \times 10^6 \text{ m}}{6.404 \times 10^6 \text{ m}}\right)^2 \\ &= 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 0.9987 = 9.787 \text{ m s}^{-2} \end{aligned}$$

সুতরাং বিমানের উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণের মান  $9.787 \text{ m s}^{-2}$ ।

৪. ভূপৃষ্ঠ স্পর্শ করার মুহূর্তে বোমাটির গতিশক্তি নিচে গাণিতিকভাবে হিসাব করা হলো

মনে করি, ভূমি স্পর্শ করার মুহূর্তে বোমাটির বেগ v  
আমরা জানি,  $v^2 = u^2 + 2gh$   
বা,  $v^2 = 0^2 + 2 \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 4 \times 10^3 \text{ m}$   
 $\therefore v^2 = 7.84 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$   
ভূমি স্পর্শ করার মুহূর্তে বোমাটির গতিশক্তি K হলে,  
গতিশক্তি অনুযায়ী,  $K = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 1.5 \text{ kg} \times 7.84 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} = 5.88 \times 10^4 \text{ J} = 58.8 \text{ kJ}$   
বোমার ভর, m = 1.5 kg  
উচ্চতা, h = 4 km =  $4 \times 10^3 \text{ m}$   
অভিকর্ষজ ত্বরণ, g =  $9.8 \text{ m s}^{-2}$   
বোমার আদিবেগ, u = 0

$$K = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 1.5 \text{ kg} \times 7.84 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} = 5.88 \times 10^4 \text{ J} = 58.8 \text{ kJ}$$

সুতরাং ভূমি স্পর্শ করার মুহূর্তে বোমাটির গতিশক্তি ছিল 58.8 kJ।

প্রশ্ন ৩। স্থিতিশক্তি কী?

[মেলু-১৭, আধির-১৮, আমাদিক-২০]

উত্তর : স্বাভাবিক অবস্থান বা আকৃতি হতে পরিবর্তন করে কোনো বন্ধুকে অন্য কোনো অবস্থান বা আকৃতিতে আনলে ঐ বন্ধুতে কিছু পরিমাণ শক্তি সঞ্চিত হয়। বন্ধুর এ পরিবর্তিত অবস্থান বা আকৃতির জন্য বন্ধুতে যে শক্তি সঞ্চিত থাকে তাকে ঐ বন্ধুর স্থিতিশক্তি বলে।

প্রশ্ন ৪। সংরক্ষণশীল বল কী?

[চ. বো. '১৭] [মেলু-২৫, আধির-১২, তপন-৩১, তফাজ্জল-১৯]

উত্তর : যে বল কোনো বন্ধুর উপর ক্রিয়া করলে তাকে যেকোনো পথে পুরুয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে বল কর্তৃক কাজ শূন্য হয় তাকে সংরক্ষণশীল বল।

প্রশ্ন ৫। আর্গ কাকে বলে?

উত্তর : কোনো বস্তুর উপর এক ডাইন বল প্রয়োগের ফলে যদি বলের দিকে বলের প্রয়োগ বিন্দুর এক সেটিমিটার সরণ হয় তাহলে সম্পূর্ণ কাজের পরিমাণকে এক আর্গ বলে।

প্রশ্ন ৬। কাজের একক ও মাত্রা কী? [সেলু-২৬, আধির-৬, তপন-৭]

উত্তর : S. I. পদ্ধতিতে কাজের একক : জুল এবং মাত্রা :  $[ML^2T^{-2}]$

প্রশ্ন ৭। স্প্রিং ধ্রুবক কাকে বলে?

[চ. বো. '১৬; রা. বো. '১৯; কু. বো. '১৫; চ. বো. '১৯; দি. বো. '১৯, '১৭]

উত্তর : কোনো স্প্রিং-এর মুক্ত প্রান্তের একক সরণ ঘটালে স্প্রিংটি সরণের বিপরীত দিকে যে বল প্রয়োগ করে তাকে ঐ স্প্রিং-এর স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

প্রশ্ন ৮। ক্ষমতার একক ও মাত্রা কী? [সেলু-২৭, আধির-১৫]

উত্তর : S. I. পদ্ধতিতে ক্ষমতার একক ওয়াট এবং মাত্রা  $[ML^2T^{-3}]$

প্রশ্ন ৯। বৈদ্যুতিক ক্ষমতার ব্যবহারিক একক কী? [সেলু-২৮, প্রামাণিক-৩১]

উত্তর : ক্ষমতার বৈদ্যুতিক ব্যবহারিক একক হলো ওয়াট। এ ছাড়া বৈদ্যুতিক ব্যবহারিক একক হিসেবে কিলোওয়াট ও মেগাওয়াটও ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন ১০। যান্ত্রিক শক্তির নিয়তা সূত্রটি লেখ।

[য. বো. '১৭] [সেলু-৫, প্রামাণিক-২৮, তপন-৪৬, তফাজল-৮]

উত্তর : কোনো বস্তুর স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তির যোগফলকে তার মোট যান্ত্রিক শক্তি বলে।

ঘর্ষণ বা অন্য কোনো অপচয়ী বলের (dissipative force-এর) ক্রিয়ায় যদি কোনো শক্তির অপচয় না ঘটে তবে কোনো বস্তুর স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তির যোগফল সর্বদা ধ্রুব থাকে, অর্থাৎ বস্তুটির মোট যান্ত্রিক শক্তি ধ্রুব থাকে— একেই যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণ নীতি বলে।

প্রশ্ন ১১। অশক্তমতা কাকে বলে? [রা. বো. '১৯; চ. বো. '১৭; দি. বো. '১৭]

[সেলু-১২, আধির-১৪, প্রামাণিক-৩০, তপন-৫৩, তফাজল-১২]

উত্তর : প্রতি সেকেন্ডে ৭৪৬ জুল কাজ করার ক্ষমতাকে এক অশক্তমতা বলে।

প্রশ্ন ১২। স্প্রিং-এর বল ধ্রুবক কাকে বলে? [চ. বো. '১৬; কু. বো. '১৫; দি. বো. '১৬]

উত্তর : কোনো স্প্রিং-এর মুক্ত প্রান্তের একক সরণ ঘটালে স্প্রিংটি সরণের বিপরীত দিকে যে বল প্রয়োগ করে তাকে ঐ স্প্রিং-এর স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

প্রশ্ন ১৩। কর্মদক্ষতা কাকে বলে?

[চ. বো. '১৫; সি. বো. '১৯, '১৬, '১৫] [সেলু-২, আধির-১৫, প্রামাণিক-৪০, তপন-৫৭]

উত্তর : কোনো ব্যবস্থা বা যন্ত্র থেকে প্রাপ্ত মোট কার্যকর শক্তি এবং ব্যবস্থায় বা যন্ত্রে প্রদত্ত মোট শক্তির অনুপাতকে ঐ ব্যবস্থার বা যন্ত্রের কর্মদক্ষতা বলে।

প্রশ্ন ১৪। ক্ষমতা কাকে বলে? [ব. বো. '১৬]

[সেলু-২৯, আধির-১০, প্রামাণিক-২৯, তপন-৪৯, তফাজল-১]

উত্তর : কোনো উৎস বা সিস্টেম একক সময়ে যে কাজ সম্পাদন করে তাকে তার ক্ষমতা বলে।

প্রশ্ন ১৫। ঝগড়াক কাজ কাকে বলে?

[ব. বো. '১৯, দি. বো. '১৫] [সেলু-৭, প্রামাণিক-৪, তপন-১১]

উত্তর : বল প্রয়োগের ফলে যদি বলের প্রয়োগ বিন্দু বলের ক্রিয়ার বিপরীত দিকে সরে যায় বা বলের দিকে সরণের ঝগড়াক উপাংশ থাকে তবে যে কাজ সম্পাদিত হয় তাকে ঝগড়াক কাজ বলে।

প্রশ্ন ১৬। প্রত্যায়নী বল কাকে বলে?

[কু. বো. '১৫, ব. বো. '১৯] [সেলু-১৪, আধির-৮, প্রামাণিক-২৫]

উত্তর : কোনো স্প্রিংকে দৈর্ঘ্য বরাবর বিকৃত করলে স্থিতিশ্বাপক ধর্মের দরুন প্রযুক্ত বলের বিপরীতে যে বলের উভব হয় তাকে প্রত্যায়নী বল বলে।

প্রশ্ন ১৭। অস্বরক্ষণশীল পদার্থবিজ্ঞান প্রথম পত্র

[য. বো. '১৯, ব. বো. '১৫]

[সেলু-১৫, আধির-১৩, প্রামাণিক-৪১, তপন-৪০, তফাজল-১০]

উত্তর : কোনো বস্তুকে বলের প্রভাবে যেকোনো পথে ঘূরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে যদি মোট কাজের পরিমাণ শূন্য না হয় তবে ঐ বলকে অস্বরক্ষণশীল বল বলে।

প্রশ্ন ১৮। বলের ঘারা কাজ কী? [বার্জিট উত্তর ঘারা ঘড়েজ, ঢাকা]

[সেলু-২৪, প্রামাণিক-৭]

উত্তর : কোন বস্তুর উপর বল প্রয়োগের ফলে যদি প্রয়োগ বিন্দুর সরণ বলের অভিযুক্ত ঘটে তবে কৃতকাজকে বলের ঘারা কাজ বলে।

প্রশ্ন ১৯। কর্মদক্ষতার একক কী?

উত্তর : একই জাতীয় দুটি রাশির অনুপাত হওয়ায় কর্মদক্ষতার কোনো একক নেই।

প্রশ্ন ২০। শক্তির নিয়তা নীতি বিবৃতি কর। [সেলু-২৩, আধির-৯, তপন-৪৫]

উত্তর : শক্তির নিয়তা নীতি হলো— শক্তি অবিনষ্ট, শক্তির সৃষ্টি বা ধ্বনি নেই। এটি কেবল একবৃপ্ত হতে অন্য এক বা একাধিক বৃপ্তে পরিবর্তিত হতে পারে। বৃপ্তিরের পূর্বে ও পরে মোট শক্তির পরিমাণ নির্দিষ্ট এবং অপরিবর্তনীয়।

প্রশ্ন ২১। স্থিতিশ্বাপক বিভব শক্তি কাকে বলে? [আধির-২১, প্রামাণিক-২২]

উত্তর : স্থিতিশ্বাপক সীমার মধ্যে বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করে বস্তুর বিকৃতি ঘটানোর জন্য যে পরিমাণ কাজ বস্তুর মধ্যে বিভব শক্তি হিসেবে সঞ্চিত থাকে তাকে স্থিতিশ্বাপক বিভব শক্তি বলে।

প্রশ্ন ২২। কাজ কাকে বলে? [সেলু-২২, প্রামাণিক-১, তপন-২, তফাজল-১]

উত্তর : বল প্রয়োগের ফলে বস্তুর সরণ হলে বল এবং বলের দিকে বস্তুর সরণের উপাংশের গুণফলকে কাজ বলে।

প্রশ্ন ২৩। এক ওয়াট কাকে বলে?

[সেলু-৩, তফাজল-৪]

উত্তর : কোনো সিস্টেম এক সেকেন্ডে সময়ে এক জুল কাজ সম্পন্ন করলে ঐ সিস্টেমের ক্ষমতাকে এক ওয়াট বলে।

প্রশ্ন ২৪। ধনাত্মক কাজ কাকে বলে?

[সেলু-৬, তপন-৯]

উত্তর : কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগের ফলে যদি বস্তুর সরণ হয় এবং বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ যদি  $90^\circ$  অপেক্ষা কম হয় তবে বল দ্বারা সম্পন্ন কাজকে ধনাত্মক কাজ বা বলের দ্বারা কাজ বলে।

প্রশ্ন ২৫। গতিশক্তি কাকে বলে?

[সেলু-২, আধির-১৯, প্রামাণিক-১৯, তপন-২৯, তফাজল-৬]

উত্তর : কোনো বস্তু গতিশীল অবস্থায় থাকার জন্য কাজ করার যে সামর্থ্য অর্জন করে তাকে গতিশক্তি বলে।

প্রশ্ন ২৬। কাজ কী রাশি?

[সেলু-৪, আধির-১১]

উত্তর : কাজ হলো দুটি ভেট্টার রাশির ক্ষেলার গুণফল। তাই এটি ক্ষেলার রাশি।

প্রশ্ন ২৭। শূন্য কাজ কী?

[সেলু-১৯, প্রামাণিক-৩]

উত্তর : বল প্রয়োগের ফলে যদি বস্তুর সরণ না হয় অথবা বলের প্রয়োগবিন্দু যদি সরণের উল্লম্ব অভিযুক্ত সরে যায় তবে শূন্য কাজ সম্পন্ন হয়।

প্রশ্ন ২৮। একক কাজ কাকে বলে?

[সেলু-২০]

উত্তর : কোনো বস্তুর উপর একক বল প্রয়োগে বলের ক্রিয়া রেখা বরাবর যদি বস্তুটির একক সরণ ঘটে তবে যে পরিমাণ কাজ সম্পাদিত হয় তাকে একক কাজ বলে।

প্রশ্ন ২৯। যান্ত্রিক শক্তি কী?

[সেলু-৩০, প্রামাণিক-১৮]

উত্তর : কোনো বস্তুর অবস্থান ও গতির কারণে এর মধ্যে যে শক্তি থাকে তাই যান্ত্রিক শক্তি।

প্রশ্ন ৩০। ইঞ্জিনের দক্ষতা ৬০% এর অর্থ কী? [সেলু-১৮, তপন-৫৮]

উত্তর : ইঞ্জিনের দক্ষতা ৬০% বলতে বুঝায় 100 একক শক্তি সরবরাহ করলে তার মাত্র 60 একক শক্তি কাজে লাগবে, বাকি 40 একক শক্তি অপচয় হবে।

প্রশ্ন ৩১। শক্তির অপচয় কী? [সেলু-৩০, প্রামাণিক-৬, তফাঙ্কল-১১]

উত্তর : শক্তির এক ভূপ হতে অন্যভূপে রূপান্তরের সময় এর সামান্য কিছু অংশ এমনভাবে রূপান্তরিত হয় যা কোনো কাজে আসে না। শক্তির এ অকার্যকর রূপান্তরকে শক্তির অপচয় বলে।

প্রশ্ন ৩২। অণাত্মক বিভব শক্তি কাকে বলে? [সেলু-৩২]

উত্তর : কোনো বস্তুকে ভূমি হতে নিচের দিকে নামানো হলে এটি যে বিভবশক্তি অর্জন করে তাকে অণাত্মক বিভবশক্তি বলে।

প্রশ্ন ৩৩। ঘর্ষণ বল কোন ধরনের বল? [প্রামাণিক-৩৪]

উত্তর : ঘর্ষণ বল ধারা কৃতকাজ সম্পর্গভূপে পুনরুদ্ধার করা যায় না। বলে ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল বল।

প্রশ্ন ৩৪। বল, কাজ ও সরণের মধ্যে সম্পর্কটি লিখ। [সেলু-৩১]

উত্তর : কাজ বলতে বল ও সরণের ক্ষেত্রে গুণফলকে বুঝায়। সেহেতু বল, কাজ ও সরণের মধ্যে সম্পর্ক হলো :  $W = \vec{F} \cdot \vec{S}$  বা  $\vec{S} \cdot \vec{F}$ ।

প্রশ্ন ৩৫। অভিকর্ষ কেন্দ্র কাকে বলে?

উত্তর : বল সবসময় একটি বিন্দুতে কাজ করে, এ বিন্দুকে বলের ক্রিয়া বিন্দু বলা হয়। পদার্থের ওজন বা অভিকর্ষ বলও একটি বল। তাই ওজনও একটি বিন্দুতে ক্রিয়া করে। এ নির্দিষ্ট বিন্দুকেই বস্তুর অভিকর্ষ কেন্দ্র বলে।

প্রশ্ন ৩৬। কিলোওয়াট-ষষ্ঠা কী? [নটর ডেম কলেজ, ঢাকা] [প্রামাণিক-৩৭]

উত্তর : এক কিলোওয়াট ক্ষমতাসম্পন্ন কোনো যন্ত্র এক ষষ্ঠা কাজ করলে যে শক্তি ব্যয় হয় তাকে এক কিলোওয়াট ষষ্ঠা বলে।

## ৩ কর্মন উপযোগী অনুধাবনমূলক প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ১। ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল কেন? [দি. বো. '১৭]

[সেলু-১৫, অধির-২১, প্রামাণিক-৫৪, তপন-৪৩]

উত্তর : যে বলের বিরুদ্ধে করা কাজের পুনরুদ্ধার সম্ভব নয় তাকে অসংরক্ষণশীল বল বলে। কোনো বস্তুকে একটি মসৃণ তলের উপর দিয়ে টেনে নিয়ে যাওয়ার সময় ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। অমসৃণ তলাটি অনুভূমিক হলে এই কৃতকাজ বস্তুটির মধ্যে স্থিতিশক্তির পৃষ্ঠে সঞ্চিত হয় না এবং বস্তুটিও কোনো কাজ করার সামর্থ্য লাভ করে না। বস্তুটিকে তার প্রাথমিক অবস্থানে ফিরিয়ে আনার সময় আবার ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। সুতরাং ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কৃতকাজের পুনরুদ্ধার সম্ভব নয়। তাই ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল।

প্রশ্ন ২। কোনো বস্তু কীভাবে স্থিতিশক্তি অর্জন করে? ব্যাখ্যা দাও। [দি. বো. '১৯]

উত্তর : কোনো বস্তুকে তার অবস্থান বা আকৃতি থেকে অন্য কোনো অবস্থানে বা আকৃতিতে নিতে হলে বস্তু বাধা দেয়। এ বাধার বিরুদ্ধে বস্তুর আকৃতি বা অবস্থান পরিবর্তন করতে কৃতকাজই বস্তুতে স্থিতিশক্তি রূপে সঞ্চিত হয়। এভাবেই কোনো বস্তু স্থিতিশক্তি অর্জন করে।

প্রশ্ন ৩। একটি ইঞ্জিনের দক্ষতা ৭০% বলতে কি বুঝায়? [বি. বো. '১৬] [সেলু-১৬, অধির-৮]

উত্তর : কোনো ইঞ্জিনের দক্ষতা ৭০% বলতে বুঝায় যে, ইঞ্জিনটিতে 100 একক শক্তি সরবরাহ করলে তার মাত্র 70 একক শক্তি কাজে লাগবে এবং 30 একক শক্তির অপচয় হবে।

প্রশ্ন ৪। বলের বিরুদ্ধে কাজ বলতে কি বুঝ? [সেলু-১১]

উত্তর : বল প্রয়োগ করার ফলে যদি বলের প্রয়োগ বিন্দু বলের ক্রিয়ার বিপরীত দিকে সরে যায় বা বলের দিকে সরণের অণাত্মক উপায় থাকে, তাহলে বলের বিরুদ্ধে কাজ হয়েছে বুঝায়।

যেমন- কোনো বস্তুকে মেঝে থেকে টেবিলের উপর উঠানো হলো। ফলে অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে বস্তুটি উপরে উঠবে। একেত্রে অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কাজ হয়েছে বুঝায়।

প্রশ্ন ৫। কোনো বস্তু কীভাবে স্থিতিশক্তি অর্জন করে? ব্যাখ্যা দাও। [সেলু-১৯]

উত্তর : আমরা যদি কোনো বস্তুকে তার প্রমাণ অবস্থান বা আকৃতি থেকে অন্য কোনো অবস্থানে বা আকৃতিতে নিয়ে যেতে চাই তাহলে বস্তুটি একটি বাধা দেয়। আর, কোনো বাধার বিরুদ্ধে কিছু করার অর্থ কাজ করা। এই কাজ পরিবর্তিত অবস্থান বা আকৃতিতে নিয়ে যাওয়া বস্তুটির মধ্যে স্থিতিশক্তির পৃষ্ঠে সঞ্চিত হয়। এভাবে একটি বস্তু স্থিতিশক্তি অর্জন করে। তবে, মুক্তভাবে পড়ত বস্তুর জন্য ভূমির উচ্চতা পরিবর্তিত হয়ে শূন্য হলে বস্তুর ভিতরে আর বিভব শক্তি থাকে না।

প্রশ্ন ৬। গতিশক্তি ও ভরবেগের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। [সেলু-২২]

উত্তর : বস্তুর ভরবেগ এবং গতিশক্তির মধ্যে নিচে সম্পর্ক স্থাপন করা হলো—  
 $m$  ভরের একটি বস্তু  $v$  বেগে গতিশীল হলে বস্তুর ভরবেগ  $P$  হবে,

$$P = mv \dots \dots (1)$$

আবার, গতিশক্তির সংজ্ঞানুসারে কৃতকাজই হলো গতিশক্তি।

গতিশক্তিকে  $K$  দ্বারা প্রকাশ করা হলো,

$$K = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \frac{m^2 v^2}{m} = \frac{1}{2} \frac{(mv)^2}{m} = \frac{1}{2} \frac{p^2}{m} \quad [1 \text{ নং হতে}]$$

$$\therefore K = \frac{p^2}{2m}$$

$$\text{বা, } K \propto p^2$$

অর্থাৎ বস্তুর গতিশক্তি এবং ভরবেগের বর্গের সমানুপাতিক।

প্রশ্ন ৭। কাজ-শক্তি উপপাদ্য ব্যাখ্যা কর। [সেলু-২১, অধির-১৩, তপন-৩৩, তফাঙ্কল-১৫]

উত্তর : কাজ-শক্তি উপপাদ্য হলো— কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়ার তদৰ্থি বল কর্তৃক সম্পাদিত কাজ বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

ব্যাখ্যা : কৃতকাজ, আদি গতিশক্তি, চূড়ান্ত গতিশক্তি এবং গতিশক্তির পার্থক্যকে যথাক্রমে  $W$ ,  $E_{k_1}$ ,  $E_{k_2}$  এবং  $\Delta E_k$  দ্বারা সূচিত করলে, কাজ-শক্তির উপপাদ্য অনুযায়ী লেখা যায়,  $W = E_{k_2} - E_{k_1}$  বা  $W = \Delta E_k$ । অর্থাৎ বস্তুর উপর কাজ  $W$  সম্পাদিত হলে বস্তুর গতিশক্তি যদি  $E_{k_1}$  হতে  $E_{k_2}$  তে পরিবর্তিত হয় তবে গতিশক্তির পরিবর্তন  $E_{k_2} - E_{k_1} = \Delta E_k$  সম্পাদিত কাজ  $W$  এর সমান হবে।

প্রশ্ন ৮। অসংরক্ষণশীল বলের বৈশিষ্ট্য লেখ।

উত্তর : অসংরক্ষণশীল বলের বৈশিষ্ট্য :

১. অসংরক্ষণশীল বল দ্বারা কৃতকাজ পথের উপর নির্ভর করে।
২. অসংরক্ষণশীল বল তথা ঘর্ষণ বল কর্তৃক কৃতকাজ সম্পূর্ণভাবে পুনরুদ্ধার করা সম্ভব নয়।
৩. অসংরক্ষণশীল বল কর্তৃক কৃতকাজ শুধু গতিপথের প্রাথমিক ও শেষ অবস্থানের উপর নির্ভরশীল নয়।
৪. অসংরক্ষণশীল বল ও ঘর্ষণ বল উভয়ের ক্ষেত্রে ফিরতি পথের জন্য আদি ও শেষ গতিশক্তির মধ্যে পার্থক্য থাকে।
৫. যান্ত্রিক শক্তির নিয়তাতার সূত্র পালিত হয় না।
৬. সম্পাদিত কাজ অণাত্মক হয়।
৭. অসংরক্ষণশীল বলের ক্ষেত্রে বিভবশক্তি পাওয়া যায় না।
৮.  $F$  কোনো অসংরক্ষণশীল বল ক্ষেত্রে হলে,  $\vec{F} \times \vec{F} \neq 0$  হয়।

প্রশ্ন ১। বলের ঘারা কাজ বলতে কী বুঝায়? ব্যাখ্যা কর।

[সি. বো. '১৫] [সেলু-২০, আধির-২৩, প্রামাণিক-১৯, তপন-১]

**উত্তর :** যদি বল প্রয়োগের ফলে বস্তুর সরণ হয় এবং বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ যদি  $90^\circ$  অপেক্ষা কম হয় তবে বল ঘারা সম্পর্ক কাজকে ধনাত্মক কাজ বলে।

$$\text{কাজ}, W = \vec{F} \cdot \vec{S} = FS \cos \theta; \quad (0^\circ \leq \theta < 90^\circ)$$

$\vec{F}$  ও  $\vec{S}$  এর মধ্যবর্তী কোণ  $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$  এর জন্য  $\cos \theta$  এর মান ধনাত্মক, তাই কাজ  $W$  ধনাত্মক হয়।

হেমন : উপর হতে একটি বস্তুকে ছেড়ে দিলে বস্তুটি তার ওজন  $\vec{F} = mg$  এর কারণে নিচে পড়ে। যদি সরণ  $\vec{h}$  হয়, তাহলে  $\vec{F}$  ও  $\vec{h}$ -এর দিক একই দিকে হয়। একেতে অভিকর্ষ বলের ঘারা কাজ সম্পর্ক হয়। তাই এ কাজ ধনাত্মক।

প্রশ্ন ১০। স্থিংয়ুন্ত খেলনা গাড়িকে পেছন দিকে টেনে ছেড়ে দিলে গাড়িটি সামনের দিকে অগ্রসর হয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

[সি. বো. '১৬] [সেলু-১৭, প্রামাণিক-৪৩, তপন-৩৬]

**উত্তর :** স্থিংয়ুন্ত খেলনা গাড়িকে পেছন দিকে টান দিলে এর মধ্যকার স্থিং-এর আকার ছেট হয়। এ আকার পরিবর্তনের জন্য খেলনাটি কাজ করে যা স্থিতিশক্তিপূর্ণ স্থিং-এ সঞ্চিত হয়। টানার পর গাড়িটিকে ছেড়ে দিলে স্থিং এর প্র্যাচ খুলে পুনরায় পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসে। স্থিং এর সাথে খেলনা গাড়ির চাকা লাগানো থাকে। ফলে চাকা ঘুরতে থাকে এবং গাড়িটি সামনের দিকে অগ্রসর হয়। অর্থাৎ স্থিং-এর স্থিতিশক্তির দরুন খেলনা গাড়িকে পেছনে টেনে ছেড়ে দিলে গাড়িটি সামনের দিকে অগ্রসর হয়।

প্রশ্ন ১১। মহাকর্ষ বল একটি সংরক্ষণশীল বল— ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. '১৬] [সেলু-২৪]

**উত্তর :** ধরি,  $m$  ভরের একটি বস্তুকে  $A$  বিন্দু হতে  $B$  বিন্দুতে আনা হলো। এর ফলে বস্তুটির উল্লম্ব সরণ হলো  $h$ ।

বস্তুটির স্থানান্তর (1) নং বা (2) নং বা (3) নং যেকোনো পথে হোক না কেন প্রত্যেক পথেই অভিকর্ষীয় বল  $F = mg$  খাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করে। বস্তুটিকে যেকোনো পথে  $A$  হতে  $B$ -তে আনলে অভিকর্ষ বল ঘারা প্রতিটি পথেই সম্পর্ক কাজ হবে,  $W_1 = -mgh$

আবার, বস্তুটিকে যেকোনো পথে  $B$  বিন্দু হতে

$A$  বিন্দুতে স্থানান্তর করা হলে, অভিকর্ষ বল

ঘারা কৃত সম্পর্ক কাজ হবে,  $W_2 = mgh$

$\therefore A$  হতে  $B$  তে যেয়ে আবার  $A$  তে আসতে

মোট কৃতকাজ,

$$W = W_1 + W_2$$

$$= -mgh + mgh = 0$$

কাজেই অভিকর্ষীয় বল সংরক্ষণশীল বল।

যেহেতু অভিকর্ষ বল এক ধরনের মহাকর্ষীয় বল সেহেতু মহাকর্ষ বল একটি সংরক্ষণশীল বল।

প্রশ্ন ১২। কোনো বস্তুর পতিশক্তি কি ক্ষণাত্মক হতে পারে? ব্যাখ্যা কর।

[সি. বো. '১৫] [সেলু-২৫]

**উত্তর :** কোনো বস্তুর পতিশক্তি শূন্য হতে পারে, তবে কখনোই ঝণাত্মক হতে পারে না।

আমরা জানি, কোনো বস্তুর ভর  $m$  এবং বেগ  $v$  হলে তার পতিশক্তির সমীকরণটি হয়,  $E_k = \frac{1}{2} mv^2$ । এ সমীকরণে বস্তুর ভর  $m$  সর্বদাই ধনাত্মক। তবে  $v$  এর মান ধনাত্মক বা ঝণাত্মক দুটোই হতে পারে।

কিন্তু,  $v^2$  এর মান কখনোই ঝণাত্মক হতে পারে না। কারণ, ধনাত্মক বা ঝণাত্মক সংখ্যার বর্গ সবসময়ই ধনাত্মক। তাই  $mv^2$  বা  $\frac{1}{2} mv^2$

কখনোই ঝণাত্মক হতে পারে না। তবে, বেগ অর্থাৎ,  $v$  শূন্য (স্থির বস্তু থাকলে) হলে পতিশক্তির মান শূন্য হবে।

প্রশ্ন ১৩। একটি হালকা ও একটি তারী বস্তুর ভরবেগ সমান হলে বস্তুটির পতিশক্তি বেশি হবে— ব্যাখ্যা কর।

[সি. বো. '১৫] [সেলু-৭, আধির-২২, প্রামাণিক-২৮, তপন-৩২]

**উত্তর :** একটি হালকা ও একটি তারী বস্তুর ভরবেগ সমান হলে হালকা জানি, পতিশক্তি বেগের বর্গের সমানুপাতিক। একেতে যে বস্তুটির বেগের মান বেশি হবে সে বস্তুটির পতিশক্তি ও বেশি হবে। এখানে যেহেতু হালকা বস্তুটির বেগ বেশি সেহেতু হালকা বস্তুটির পতিশক্তি বেশি হবে।

প্রশ্ন ১৪। মাথায় করে কোনো তারী বস্তু নিয়ে কিন্তু দূর যাওয়ার পরও অভিকর্ষজ বল ঘারা কৃতকাজ শূন্য হয় কেন? [সেলু-১২, প্রামাণিক-৮]

**উত্তর :** অভিকর্ষজ বিভব শক্তি = অভিকর্ষ বলের বিবুক্ষে কৃতকাজ

$$\therefore W = Fh$$

$$= mgh$$

$$\therefore W \propto h \quad [\text{যেহেতু } m \text{ এবং } g \text{ ধ্রুবক}]$$

$$m = \text{বস্তুর ভর}$$

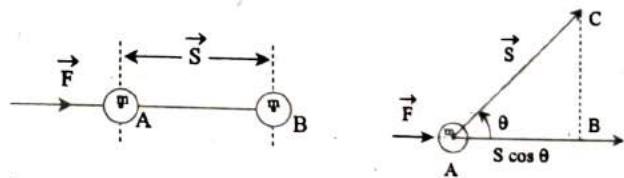
$$h = \text{উচ্চতা}$$

যেহেতু, অভিকর্ষজ বল ঘারা কৃতকাজ বা অভিকর্ষজ বিভব শক্তির মান উচ্চতার সাথে সম্পর্কিত। এটা অনুভূমিক দ্রবত্তের সাথে সম্পর্কিত নয়। সুতরাং তারী বস্তু মাথায় নিয়ে যত বেশি অনুভূমিক দ্রবত্ত অভিক্রম করুক না কেন তার অভিকর্ষজ বল ঘারা কৃতকাজ শূন্য হবে।

প্রশ্ন ১৫। কাজকে দুটি ডেক্টর রাশির গুণফল হিসেবে সংজ্ঞায়িত কর।

[সেলু-২৮, প্রামাণিক-১৩]

**উত্তর :** ধরি, একটি বস্তুকণার উপর একটি ধ্রুব বল  $\vec{F}$  ক্রিয়া করায় বলের অভিমুখে এবং বলের অভিমুখের সাথে  $\theta$  কোণে বস্তুর সরণ  $\vec{S}$ ।  $\vec{F}$  বলের দিকের সাথে  $\vec{S}$  সরণের উপাংশ  $= S \cos \theta$



এখন, কাজের সংজ্ঞানুসারে,

$$\text{কাজ}, W = \text{বল} \times \text{বলের দিকে সরণের উপাংশ}$$

$$= F(S \cos \theta) \dots\dots\dots (1)$$

$$= \vec{F} \cdot \vec{S} \dots\dots\dots (2)$$

$$= \vec{S} \cdot \vec{F}$$

$$= S(F \cos \theta) \dots\dots\dots (3)$$

$$= \text{সরণ} \times \text{সরণের দিকে বলের উপাংশ}$$

$$\therefore W = \vec{F} \cdot \vec{S} \text{ বা, } \vec{S} \cdot \vec{F}$$

অর্থাৎ কাজ বলতে বল ও সরণের ক্ষেত্রে গুণফলকে বুঝায়।

প্রশ্ন ১৬। 'কেন্দ্রমুখী বল ঘারা কৃতকাজ শূন্য হয়'—ব্যাখ্যা কর।

[সেলু-২৭, প্রামাণিক-৪]

**উত্তর :** যখন কোনো বস্তু বৃত্তাকার পথে ঘুরতে থাকে তখন এই বৃত্তের কেন্দ্র অভিমুখে যে নিট বল ক্রিয়া করে বস্তুটিকে বৃত্তাকার পথে পতিশীল রাখে তাকে কেন্দ্রমুখী বল বলে।

$$F = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r$$

$$\text{আমরা জানি, } W = F.S \cos \theta$$

$$\text{যেহেতু } \text{বৃত্তাকার গতির ক্ষেত্রে, } \theta = 90^\circ$$

$$\text{অতএব, } W = F.S \cos 90^\circ = 0$$

সুতরাং আমরা বলতে পারি, কেন্দ্রমুখী বল ঘারা কাজ শূন্য হয়।

প্রশ্ন ১৭। রৈখিক ভরবেগ p এবং গতিশক্তির মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর।

[সেলু-২৬]

উত্তর : রৈখিক ভরবেগ p এবং গতিশক্তির মধ্যে নিচে সম্পর্ক স্থাপন করা হলো—

$m$  ভরের একটি বস্তু v রৈখিক বেগে গতিশীল হলে বস্তুর রৈখিক ভরবেগ p হবে,  $p = mv \dots\dots\dots(1)$

আবার, গতিশক্তির সংজ্ঞানসারে, কৃতকাজই হলো গতিশক্তি।

গতিশক্তিকে  $K_E$  হারা প্রকাশ করা হলো,

$$E_K = \frac{1}{2} mv^2 \\ = \frac{1}{2} \frac{m^2 v^2}{m} = \frac{1}{2} \frac{p^2}{m} \quad [1\text{নং হতে}]$$

$$\therefore E_K = \frac{p^2}{2m}$$

এটিই রৈখিক ভরবেগ p এবং গতিশক্তির মধ্যে সম্পর্ক।

প্রশ্ন ১৮। কোন গতিশীল বস্তুর ত্বরণ শূন্য হলে বস্তুটি সাম্যাবস্থায় থাকবে কি না—ব্যাখ্যা কর।

[সেলু-২৯]

উত্তর : কোনো গতিশীল বস্তুর ত্বরণ হয় তখনই যখন সময়ের সাথে বস্তুর আদিবেগ ও শেষবেগের পার্থক্য ঘটে। যদি এই পার্থক্য শূন্য হয় তখন বস্তুর ত্বরণও শূন্য হয়। অর্থাৎ বস্তু সমবেগে চলমান থাকে একটি নির্দিষ্ট দিক বরাবর। কিন্তু কখনই বস্তু স্থিরাবস্থায় আসে না, বরং বস্তুটি সমবেগে চলমান থাকে, অর্থাৎ বলা যায়, বস্তুটি সাম্যাবস্থায় আসে না। আর আসলেও (সরল দোলকের ক্ষেত্রে) তা কখনই স্থিরাবস্থানে আসে না, অর্থাৎ গতিশীল বস্তুর ত্বরণ শূন্য হলেও সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হয় না।

প্রশ্ন ১৯। '১ কিলোওয়াট ঘণ্টা'কে জুলে (J) প্রকাশ কর।

উত্তর :  $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ watt} \times 1 \text{ hour}$

$$= 1000 J s^{-1} \times 3600 s = 3600000 J$$

$$\therefore 1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 J$$

প্রশ্ন ২০। স্প্রিং ধ্রুবক এর তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর।

[য. বো. '১৯']

উত্তর : কোনো স্প্রিং-এর মুক্ত প্রান্তের একক সরণ ঘটালে স্প্রিংটি সরণের বিপরীত দিকে যে বল প্রয়োগ করে সেটিই স্প্রিং ধ্রুবক। স্প্রিং বল একটি পরিবর্তী বল। এ বলের মান নির্ভর করে স্প্রিং ধ্রুবকের উপর। আর স্প্রিং সংকোচন বা প্রসারণে কৃতকাজ তথা বিভবশক্তি যেহেতু স্প্রিং বলের উপর নির্ভর করে সেহেতু স্প্রিং-এর এসব নিয়মকগুলোও স্প্রিং ধ্রুবকের উপর নির্ভরশীল।

প্রশ্ন ২১। ব্যাখ্যক কাজ ব্যাখ্যা কর।

[সেলু-৩০, আধির-১৬]

উত্তর : যদি বল প্রয়োগের ফলে বস্তুর সরণ হয় এবং বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ যদি  $90^\circ$  অপেক্ষা বেশি এবং  $180^\circ$  এর সমান বা  $180^\circ$  এর কম হয় তবে বল হারা সম্পর্ক কাজকে ঝণাঝাক কাজ বলে।

$$\text{কাজ}, W = \vec{F} \cdot \vec{S} = FS \cos\theta; (90^\circ < \theta \leq 180^\circ)$$

$\vec{F}$  ও  $\vec{S}$  এর মধ্যবর্তী কোণ  $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$  এর জন্য  $\cos \theta$  এর মান ঋণাত্মক, তাই কাজ W ঋণাত্মক হয়।

প্রশ্ন ২২। স্প্রিং এ দম দিলে গাড়ি ছলে কেন?

[সেলু-৩৪]

উত্তর : সাধারণত খেলনার গাড়িতে স্প্রিং লাগানো থাকে। এ স্প্রিং-এ দম দিলে তা আকারে ছোট হয়। এ আকার পরিবর্তনের জন্য খেলনাটি কাজ করে যা স্থিতিশক্তিবৃপ্তে স্প্রিং-এ সঞ্চিত হয়। দম ছেড়ে দিলে স্প্রিং-এর প্যাচ খলে পুনরায় পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসে। স্প্রিং-এর সাথে খেলনার চাকা লাগানো থাকে। ফলে চাকা ঘূরতে থাকে অর্থাৎ স্প্রিং-এর স্থিতিশক্তির দরুন গাড়িটি চলতে শুরু করে।

প্রশ্ন ২৩। শক্তির অপচয় বলতে কী বুঝ?

[সেলু-৩১, তফাজল-১১]

উত্তর : শক্তি একবৃপ্ত থেকে অন্যরূপে বৃপ্তাত্ত্বিত হওয়ার সময় এর সামান্য কিন্তু অংশ এমনভাবে বৃপ্তাত্ত্বিত হয়, যা কোনো কাজে আসে না। শক্তির এ অকার্যকর বৃপ্তাত্ত্বিকে শক্তির অপচয় বলে।

যখন বৈদ্যুতিক বাতি জলে তখন বিদ্যুৎ শক্তি আলোক শক্তিতে বৃপ্তাত্ত্বিত হয় যা আমাদের কাজে লাগে। পাশাপাশি বৈদ্যুতিক শক্তির কিন্তু অংশ তাপশক্তিতে বৃপ্তাত্ত্বিত হয়, যা বৈদ্যুতিক বাতিকে গরম করে। কিন্তু তা আমাদের কোনো কাজে আসে না। এটিই শক্তির অপচয়।

প্রশ্ন ২৪। সংরক্ষণশীল ও অসংরক্ষণশীল বলের মধ্যে পার্থক্য লেখ।

[সেলু-৩২, আধির-৪৭, তপন-৪৪]

উত্তর : সংরক্ষণশীল বল ও অসংরক্ষণশীল বলের মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ—

সংরক্ষণশীল বল	অসংরক্ষণশীল বল
১. সংরক্ষণশীল বলের ক্ষেত্রে একটি বস্তুকে যেকোনো পথে ঘূরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে ঐ বল কর্তৃক কৃতক কৃতকাজ শূন্য হবে।	১. অসংরক্ষণশীল বলের ক্ষেত্রে একটি বস্তুকে যেকোনো পথে ঘূরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে ঐ বল কর্তৃক কৃতকাজ শূন্য হবে না।
২. এ বল হারা কৃতকাজ সম্পূর্ণভাবে পুনরুদ্ধার করা সম্ভব।	২. এ বল হারা কৃতকাজ সম্পূর্ণভাবে পুনরুদ্ধার করা সম্ভব নয়।
৩. সংরক্ষণশীল বলের উদাহরণ হলো অভিকর্ষ বল।	৩. অসংরক্ষণশীল বলের উদাহরণ হলো ঘর্ষণ বল।

প্রশ্ন ২৫। কাজ ও ক্ষমতার মধ্যে পার্থক্য লেখ।

[সেলু-৩৫]

উত্তর : কাজ ও ক্ষমতার প্রধান পার্থক্যসমূহ নিচে দেখানো হলো :

কাজ	ক্ষমতা
১. বল ও বলের অভিমুখে সরণের উপাংশকে কাজ বলে।	১. কোনো উৎস প্রতি সেকেন্ডে যে কাজ করতে পারে তাকে ক্ষমতা বলে।
২. কাজের একক জুল।	২. ক্ষমতার একক ওয়াট।
৩. কাজের মাত্রা : $[ML^2 T^{-2}]$	৩. ক্ষমতার মাত্রা : $[ML^2 T^{-3}]$
৪. কাজ পরিমাপে সময়ের প্রয়োজন হয় না।	৪. ক্ষমতা পরিমাপে সময়ের প্রয়োজন হয়।

প্রশ্ন ২৬। তিনি ভরের দুটি বস্তুর গতিশক্তি সমান হলে কোনটির ভরবেগ বেশি হবে?

[সেলু-৩৩, প্রায়াপিক-২৭]

উত্তর : একটি হালকা ও একটি ভারী বস্তুর গতিশক্তি সমান হলে ভারী বস্তুর ভরবেগ হালকা বস্তুর ভরবেগ অপেক্ষা বেশি হয়।

ধরা যাক, একটি হালকা বস্তুর ভর ও বেগ যথাক্রমে m ও v এবং একটি ভারী বস্তুর ভর ও বেগ যথাক্রমে M ও V।

যেহেতু বস্তু দুটির গতিশক্তি সমান। তাই,

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

$$\text{বা, } mv^2 = MV^2$$

$$\text{বা, } \frac{m^2 v^2}{m} = \frac{M^2 V^2}{M}$$

$$\text{বা, } \frac{(mv)^2}{m} = \frac{(MV)^2}{M}$$

$$\text{বা, } \frac{(MV)^2}{(mv)^2} = \frac{M}{m}$$

$$\text{বা, } \frac{MV}{mv} = \sqrt{\frac{M}{m}} \quad (\text{বর্গমূল করে})$$

$$\text{বা, } \frac{MV}{mv} > 1 \quad [\text{কারণ } \frac{M}{m} > 1 \text{ ফলে } \sqrt{\frac{M}{m}} > 1]$$

$$\text{বা, } MV > mv$$

তারী বস্তুর ভরবেগ হালকা বস্তুর ভরবেগ অপেক্ষা বেশি।

প্রয় ২৭। সৱল দোলকের দোলনকালের সময় সুতার টান কৃত্তক কৃতকাজের মান শূন্য হয় কেন? [সেল-১৪]

**উত্তর:** আমরা জানি, কোনো বল কৃত্তক সম্পাদিত কাজের পরিমাণ এই বল এবং বলের অভিমুখে বস্তুর সরণের গুণফলের সমান হয়। যখন কোনো সৱল দোলক দোলে তখন সুতার টান সর্বদাই দোলকের ববের পতির অভিমুখের সাথে সম্ভাবে ক্রিয়া করে। ফলে, সুতার টানের অভিমুখে ববের সরণের উপাংশের মান শূন্য। তাই সুতার টান কৃত্তক কৃতকাজের মান শূন্য।

প্রয় ২৮। গতিশক্তি ও বিভব শক্তির মধ্যে পার্থক্য লেখ। [তফাজল-১৪]

**উত্তর:** নিচে গতিশক্তি ও বিভবশক্তির মধ্যে পার্থক্য দেখানো হলো :

গতিশক্তি	বিভবশক্তি
১. কোনো গতিশীল বস্তু তার নিজৰ গতির জন্য যে শক্তির অধিকারী হয় তাকে গতিশক্তি বলে।	১. অবস্থা বা অবস্থানগত কারণে বস্তুতে যে শক্তি সংজ্ঞিত হয় তাকে বিভবশক্তি বলে।
২. $m$ ভবের একটি বস্তু $v$ বেগে গতিশীল হলে, এর গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ।	২. $m$ ভবের একটি বস্তুকে ডৃপ্ত হতে $h$ উচ্চতায় নিলে, এর বিভবশক্তি, $E_p = mgh$ .
৩. বস্তুর গতিশক্তি নির্ণয় করার সময় প্রসঙ্গ বস্তু, বিন্দু বা তল তলের প্রয়োজন হয় না।	৩. বিভবশক্তি কোনো একটি প্রসঙ্গ বস্তু, বিন্দু বা তল সাপেক্ষে নির্ণয় করতে হয়।

প্রয় ২৯। বালির উপর দিয়ে হাঁটা কষ্টসাধ্য—ব্যাখ্যা কর। [ব.বো. '১৯]

**উত্তর:** বালির উপরে হাঁটা অসুবিধাজনক। বালি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া দিলেও এরূপ ঘটার কারণ বালিকণা ও পানির আন্তঃআনবিক বল কঠিন ভূমির তুলনায় অনেক কম হয়। লোকের ওজন বালি ও পানির উপর ক্রিয়া করায় বালি ও পানি স্থানচ্যুত হয়ে আন্তঃআনবিক ব্যবধান বৃদ্ধি করে ফলে লোকটি নিচের দিকে নামতে থাকেন। এজন বালির উপরে হাঁটা কষ্টকর।

প্রয় ৩০। কী শর্তে বল ছারা কাজ হয় না? ব্যাখ্যা কর। [সেল-৩]

**উত্তর:** আমরা জানি,

$$\text{কাজ} = \text{বল} \times \text{বলের দিকে সরণের উপাংশ অর্থাৎ } W = FS \cos \theta$$

$$\text{যদি } \theta = 90^\circ \text{ হয় তাহলে } W = FS \cos 90^\circ = FS \times 0 = 0$$

আবার, যদি বলের প্রয়োগ বিন্দুর সরণ না ঘটে অর্থাৎ  $S = 0$  হলে কাজের পরিমাণ শূন্য হয়।

প্রয় ৩১। সংরক্ষণশীল বলকে কী কী বৈশিষ্ট্যের ছারা অসংরক্ষণশীল বল থেকে আলাদা করা যায়? [সেল-১৩]

**উত্তর:** সংরক্ষণশীল বলকে নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্যের ছারা অসংরক্ষণশীল বল থেকে আলাদা করা যায়—

১. সংরক্ষণশীল বল শুধু অবস্থানের উপর নির্ভর করে।
২. এ বল ছারা কৃতকাজ সম্পূর্ণরূপে পুনরুদ্ধার করা যায়।
৩. এ বল ছারা কৃতকাজ পথের উপর নির্ভর করে না।
৪. এ বল যান্ত্রিক শক্তির নিয়তা সূত্র মেনে চলে।

প্রয় ৩২। বল ও সরণ ভেটের রাশি হওয়া সহেও কাজ একটি ক্ষেত্র রাশি কেন? [সেল-৩৬]

**উত্তর:** যে সকল রাশির মান এবং দিক উভয়ই আছে তাদেরকে ভেটের রাশি বা দিক রাশি বলে। দুটি ভেটের রাশির ডট গুণন একটি ক্ষেত্র রাশি এবং ক্রস গুণন ভেটের রাশি হয়। কাজের সংজ্ঞানুসারে আমরা

জানি, কাজ হলো সরণের দিকে বলের উপাংশ  $\times$  সরণ অবধা বল  $\times$  বলের দিকে সরণের উপাংশের গুণফল। অর্থাৎ  $W = FS \cos \theta$ । বল ও সরণ উভয়ই দিক রাশি হওয়ায় দিক রাশির ক্ষেত্র গুণফলের সংজ্ঞানুসারে  $W = F \cdot S$ . যেহেতু দুটি দিক রাশির ক্ষেত্র গুণফল একটি রাশি তাই বল ও সরণের গুণফল একটি ক্ষেত্র রাশি। যার কেবল মান আছে, দিক নেই।

প্রয় ৩৩। কল্পনান পিঞ্জ-এর ক্ষেত্রে শক্তির নিয়তা ব্যাখ্যা কর।

**উত্তর:** শক্তি অবিনষ্ট, শক্তি সৃষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না। শুধু একবৃপ্ত হতে অন্যবৃপ্তে বৃপ্তান্তরিত করা যায়। এটিই শক্তির নিয়তা সূত্র।

সংকোচিত অবস্থায় মোটশক্তি,  $E = E_k + E_p$ ,

$$= 0 + mgh = mgh$$

প্রসারিত অবস্থায় মোটশক্তি,  $E = E_k + E_p$ , [যদি  $h_1$  পর্যন্ত প্রসারিত হয়]

$$= \frac{1}{2}mv^2 + mgh_1$$

$$= \frac{1}{2}m2gh_2 + mgh_1$$

$$= mg(h_1 + h_2) \quad [\because h = h_1 + h_2]$$

অর্থাৎ সংকোচিত ও প্রসারিত অবস্থায় মোট শক্তি সমান থাকে।

প্রয় ৩৪। মানুষ সাধারণত দাঁড়ানোর চেয়ে বসে এবং বসার চেয়ে শুয়ে আরাম পায় কেন?

**উত্তর:** মানুষ সাধারণত দাঁড়ানোর চেয়ে বসে এবং বসার চেয়ে শুয়ে আরাম পায়। আমরা যখন দাঁড়িয়ে থাকি তখন আমাদের শরীরের সমস্ত ওজন পায়ের পাতা বহন করে। অর্থাৎ ক্ষুদ্র অংশে অনেক বেশি ওজন অনুভূত হয়। যখন বসি তখন শরীরের সমস্ত ওজন আগের ক্ষুদ্র অংশের চেয়ে বেশি অংশ বহন করে। আবার যখন শুয়ে থাকি তখন শরীরের সম্পূর্ণ ওজন শরীরের সম্পূর্ণ অংশ বহন করে। তাই তখন একেবারে কম ওজন প্রতিটি অংশে অনুভূত হয়। এই কারণে মানুষ দাঁড়ানোর চেয়ে বসে এবং বসার চেয়ে শুয়ে আরাম পায়।

প্রয় ৩৫। স্প্রিংের ক্ষেত্রে,  $F = -kx$  সমীকরণে খণ্ডাত্মক চিহ্নের যথার্থতা আলোচনা কর। [সেল-১৮]

**উত্তর:**  $F = -kx$  সমীকরণে  $F$  ছারা প্রত্যয়নী বল বুঝায়।  $x$  ছারা স্প্রিংটির সংকোচন বা প্রসারণের পরিমাণ বুঝায়। যার সাম্যাবস্থান হতে পরিমাপ করা হয়। সাম্যাবস্থান হতে সরণের দিক-যেদিকে, প্রত্যয়নী বলের দিক এক বিপরীত দিকে। সূতরাং,  $x$  এর দিককে ধনাত্মক ধরলে  $F$  এর দিক হবে খণ্ডাত্মক অর্থাৎ, প্রদত্ত সমীকরণে খণ্ডাত্মক চিহ্নের যথার্থতা রয়েছে।

প্রয় ৩৬। পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘূরছে কিন্তু কোনো কাজ করছে না কেন?

[সকল বোর্ড '১৮] [সেল-৩৭, তপ্স-১২]

**উত্তর:** আমরা জানি, কাজ হলো বল ও বল প্রয়োগের ফলে সরণ বা সরণের উপাংশের গুণফল।

এখন পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যকার আকর্ষণ বল বা ঘূর্ণযান পৃথিবীর কেন্দ্রাতিক বল  $F$  এবং পৃথিবী যেহেতু সরণের লভিক বরাবর ক্রিয়া করে। ফলে এর সরণের উপাংশ হবে  $S \cos 90^\circ = 0$ । সূতরাং কাজ  $W = F \cdot 0 = 0$ । ফলে পৃথিবী সূর্যের গুণফল কিন্তু কাজ হচ্ছে না।

প্রয় ৩৭। কাজ বলতে কী বুঝ?

[সেল-৩৮, আধিব-১]

**উত্তর:** বল প্রয়োগের মাধ্যমে বস্তুর সরণ হলে বল ও বলের দিকে বস্তুর সরণের উপাংশের গুণফলকে কাজ বলে।

## পঞ্চম অধ্যায় কাজ, শক্তি ও ক্ষমতা

কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল  $\vec{F}$  এবং  $\vec{r}$  এর দিকের সাথে  $\theta$  কোণে

বস্তুর সরণ  $S$  হলে, কাজের সংজ্ঞানুসারে,  
কাজ,  $W =$  বল  $\times$  বলের দিকে সরণের উপাংশ

$$= F(S \cos \theta); 0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$$

অথবা, কাজ,  $W =$  সরণ  $\times$  সরণের দিকে বলের উপাংশ  
=  $S(F \cos \theta)$

প্রশ্ন ৩৮। কর্মদক্ষতা বলতে কী বুঝ? ব্যাখ্যা কর।

[চ. বো. '১৫; লি. বো. '১৬, '১৫] [সেলু-৩৯, তপন-৫৭, তফাজল-১৯]

উত্তর : কোনো যন্ত্র দ্বারা কাজে বৃপ্তিরিত শক্তি ও ঐ যন্ত্রে প্রদত্ত মোট  
শক্তির অনুপাতকে ঐ যন্ত্রের কর্মদক্ষতা বলে।

কর্মদক্ষতাকে  $\eta$  (ইটা) দ্বারা প্রকাশ করা হলে, কর্মদক্ষতা,

কাজে বৃপ্তিরিত শক্তি

$$\eta = \frac{\text{মোট প্রদত্ত শক্তি}}{\text{কাজে বৃপ্তিরিত শক্তি}}$$

$$= \frac{\text{গৃহীত মোট শক্তি}}{\text{গৃহীত মোট শক্তি}} \times 100\%$$

শক্তির পরিবর্তে অনেক সময় শক্তির হার অর্থাৎ ক্ষমতা দিয়ে  
কর্মদক্ষতাকে সংজ্ঞায়িত করা হয়। কার্যকর ক্ষমতা ও মোট ক্ষমতার  
অনুপাতকে কর্মদক্ষতা বলে।

কার্যকর ক্ষমতা

$$\therefore \eta = \frac{\text{মোট প্রদত্ত ক্ষমতা}}{\text{মোট প্রদত্ত শক্তি}}$$

$$= \frac{P'}{P} \times 100\%.$$

প্রশ্ন ৩৯। ক্ষমতা, বল ও বেগের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। [সেলু-৪০]

উত্তর : কোনো উৎস বা সিস্টেম একক সময়ে যে কাজ সম্পাদন করে  
তাকে তার ক্ষমতা বলে।

মনে করি, কোনো উৎস (বা ইঞ্জিন বা ব্যক্তি বা সিস্টেম)  $t$  সময়ে  $W$   
কাজ সম্পাদন করে।

একক সময়ে কৃতকাজ অর্থাৎ ক্ষমতা,  $P = \frac{W}{t} \dots \dots \dots (1)$

$\vec{F}$  বল প্রয়োগ করায় বস্তুর সরণ  $\vec{r}$  হলে কাজ,  $W = \vec{F} \cdot \vec{r}$

সমীকরণ (1) হতে পাওয়া যায়,

$$P = \frac{\vec{F} \cdot \vec{r}}{t} = \frac{Fr \cos \theta}{t} \dots \dots \dots (2)$$

(এখানে,  $\theta$  হলো  $\vec{F}$  ও  $\vec{r}$  এর মধ্যবর্তী কোণ)

যেহেতু বেগ,  $v = \frac{r}{t}$ , সূতরাং সমীকরণ (2) হতে পাওয়া যায়,

$$P = Fv \cos \theta \dots \dots \dots (3)$$

$$= \vec{F} \cdot \vec{v} \dots \dots \dots (4)$$

আবার,  $\vec{F}$  ও  $\vec{v}$  এর মধ্যবর্তী কোণ,  $\theta = 0^\circ$  হলে, সমীকরণ (4) হতে  
পাওয়া যায়,  $P = Fv$

প্রশ্ন ৪০। কিলোওয়াট-ষষ্ঠা বলতে কী বুঝ?

[তপন-২৮]

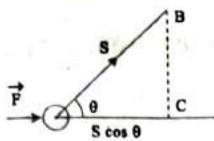
উত্তর : সাধারণত বিদ্যুৎ শক্তির হিসাবনিকাশের সময় কিলোওয়াট  
ষষ্ঠা ( $kWh$ ) এককটি ব্যবহৃত হয়। এক কিলোওয়াট ক্ষমতাসম্পর্ক  
কোনো যন্ত্র এক ষষ্ঠা কাজ করলে যে শক্তি ব্যয় হয় তাকে এক  
কিলোওয়াট ষষ্ঠা বা,  $1 kWh$  বলে।

আমরা জানি,  $1 kWh = 1000 Wh$  [ $\because 1 kWh = 1000 Wh$ ]

$$= 1000 J s^{-1} \times (60 \times 60) s$$

$$[\because 1 h = 60 \text{ minute} = 60 \times 60 s]$$

$$= 1000 J s^{-1} \times 3600 s = 3.6 \times 10^6 J$$



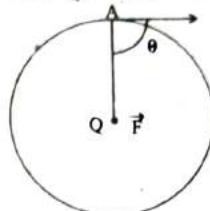
প্রশ্ন ৪১। বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণায়মান বস্তু কর্তৃক কৃত কাজ শূন্য—ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. '১৭] [সেলু-৫, অধির-১৫, আমাদিক-৬]

উত্তর : আমরা জানি,  $W = FS \cos 90^\circ$

$$= FS \times 0$$

$$= 0$$

অর্থাৎ বল প্রয়োগ করা হলো এবং সরণও হলো কিন্তু বল এবং সরণের অন্তর্ভুক্ত কোণ  $90^\circ$  হলে কাজ শূন্য হবে। একটি বস্তু সূতায়



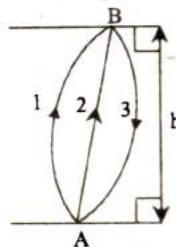
বেঁধে বৃত্তাকার পথে ঘোরালে কোনো কাজ হবে না। কারণ একেত্রে  
বলের দিক বৃত্তাকার পথে কেবল অভিমুখী এবং সরণের দিক বস্তুর  
অবস্থানের বিন্দু হতে বৃত্তের স্পর্শরে বরাবর। অর্থাৎ বল এবং সরণের  
অন্তর্ভুক্ত কোণ  $90^\circ$ । তাই কেবলমুখী বল কোনো কাজ করে না।

প্রশ্ন ৪২। দেখাও যে, অভিকর্ষ একটি সংরক্ষণশীল বল। [সেলু-১, অধির-৩২]

উত্তর : ধরা যাক,  $m$  তরের একটি বস্তুকে  $A$  বিন্দু হতে  $B$  বিন্দুতে  
আনা হলো (চিত্র) এর ফলে বস্তুটির উল্লম্ব সরণ হলো  $h$ ।

বস্তুটির স্থানান্তর  $1 n$  বা  $2 n$  বা  $3 n$  যেকোনো পথে হোক না কেন  
প্রত্যেক পথেই অভিকর্ষীয় বল  $F = mg$  খাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করে।

বস্তুটিকে যেকোনো পথে  $A$  হতে  $B$ -তে আনলে অভিকর্ষ বল দ্বারা  
প্রতিটি পথেই সম্পন্ন কাজ হবে,  $W_1 = -mgh$ ।



আবার, বস্তুটিকে যেকোনো পথে  $B$  বিন্দু হতে  $A$  বিন্দুতে স্থানান্তর  
করা হলে, অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃত সম্পন্ন কাজ হবে,

$$W_2 = mgh$$

$\therefore A$  হতে  $B$  তে যেযে আবার  $A$  তে আসতে মোট কৃত কাজ,

$$W = W_1 + W_2$$

$$= -mgh + mgh$$

$$= 0$$

কাজেই অভিকর্ষ বল একটি সংরক্ষণশীল বল।

প্রশ্ন ৪৩। বন্দুক হতে গুলি ছোড়ার সময় বন্দুক ও গুলির মধ্যে  
কোনটির গতিশক্তি বেশি ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. '১৯]

উত্তর : একটি হালকা ও একটি ভারী বস্তুর বেগ অপেক্ষা বেশি হয়। আবার, আমরা জানি,  
গতিশক্তি বেগের বর্গের সমানুপাতিক। একেত্রে যে বস্তুটির বেগের মান  
বেশি হবে সে বস্তুটির গতিশক্তি বেশি হবে। এখানে যেহেতু হালকা  
বস্তুটির বেগ বেশি সেহেতু হালকা বস্তুটির গতিশক্তি বেশি হবে। বন্দুক  
হতে গুলি ছোড়ার সময় যেহেতু বন্দুক ও গুলির ভরবেগ সমান থাকে  
এবং এ দুটির মধ্যে গুলি অপেক্ষাকৃত হালকা সেহেতু উপরোক্তভিত্তি  
কারণে গুলির গতিশক্তি বেশি।

প্রশ্ন ৪৪। “বল ধ্রুবক  $2500 N m^{-1}$ ”—এর অর্থ ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. '১৯]

উত্তর : বল ধ্রুবক  $2500 N m^{-1}$  এর অর্থ হলো কোনো প্রশং এর  
মুক্তপ্রান্তের  $1m$  সরণ ঘটালে প্রশংটি সরণের বিপরীত দিকে  $2500 N$   
বল প্রয়োগ করে।