

নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

Newtonian Mechanics

অধ্যায়
08

এ অধ্যায়ে
অনন্য
সংযোজন

শিখনফলের
ধারায় প্রশ্ন ও উত্তর

পাঠ্যবইয়ের সূচনাহ
প্রশ্ন ও উত্তর

সমর্পিত অধ্যায়ের
প্রশ্ন ও উত্তর

সেরা কলেজের
প্রশ্ন বিশ্লেষণ

জ্যাপস-এ
MCQ Exam

চূ.মি.কা (Introduction)

প্রাচীন ভারতীয় ও গ্রিক বিজ্ঞানীদের বস্তুর গতি সম্পর্কে সুস্পষ্ট ধারণা ছিল না। বিশেষ করে গ্রহ, নক্ষত্র, চন্দ্র, সূর্য, পৃথিবীর গতি সম্পর্কে তারা এক ধরনের ভাস্তু ধারণা পোষণ করত। ১৬৮৭ সালে বিখ্যাত বিজ্ঞানী স্যার আইজ্যাক নিউটন তার ‘প্রিলিপিয়া’ নামক অমর প্রস্তুত বস্তুর গতি, বেগ ও ভরের মধ্যে নিবিড় সম্পর্ক্যুন্ত তিনটি সূত্র প্রকাশ করেন। তার নামানুসারে সূত্রগুলোকে নিউটনের গতিসূত্র বলা হয়। এই সূত্রগুলোর সাহায্যে গতিবিদ্যা সুন্দর বৈজ্ঞানিক ভিত্তির ওপর প্রতিষ্ঠিত হয়েছে বলেই এগুলোকে সার্বিকভাবে গতিসূত্র নামে অভিহিত করা হয়। আধুনিক গতিবিদ্যায় আলোচ্য ঘর্ষণ, জড়তা, ভরবেগ ইত্যাদি সম্পর্কেও সূত্রগুলো থেকে সুস্পষ্ট ধারণা ও ব্যাখ্যা পাওয়া যায়।

► 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 নিচিত করতে পারবে।



অনুশীলন [Practice]

১০০% সঠিক ফরম্যাট অনুসরণে শিখনফলের ধারায় প্রশ্ন ও উত্তর

সূজনশিল্প অংশ
কমন উপযোগী প্রশ্ন ও উত্তর
পৃষ্ঠা : ২২৯-২৮৫

বহুনির্বাচন অংশ
১০০% নির্ভুল প্রশ্ন ও উত্তর
পৃষ্ঠা : ২৮৬-৩০১



যাচাই ও মূল্যায়ন [Assessment & Evaluation]

মডেল টেস্ট আকারে সূজনশিল্প ও বহুনির্বাচন প্রশ্নব্যাংক পৃষ্ঠা ৩০২



এক্সক্লিসিভ সাজেশন্স [Exclusive Suggestions]

কলেজ পরীক্ষা ও এইচএসসি পরীক্ষা উপযোগী সাজেশন্স পৃষ্ঠা ৩০৪



বিকল্প প্রস্তুতি [Alternative Preparation]

গতানুগতিক ধারার গুরুত্বপূর্ণ প্রশ্নের সমরয়ে বিশেষ পাঠ পৃষ্ঠা ৩০৪



এক্সক্লিসিভ টিপস [Exclusive Tips]

পূর্ণাঙ্গ প্রস্তুতি নিচিতকরে অভিনব কৌশলভিত্তিক নির্দেশনা পৃষ্ঠা ৩০৪



EXCLUSIVE ITEMS Admission Test After HSC

মেডিক্সেল, ইঞ্জিনিয়ারিং ও বিশ্ববিদ্যালয় ভর্তি পরীক্ষায় আসা প্রশ্নোত্তর পৃষ্ঠা ৩০৫

চিচার্স ম্যানুয়াল অনুসরণে
ভিন্ন ধারায় উপস্থাপন



অধ্যায় সংশ্লিষ্ট বিজ্ঞানীর পরিচিতি



পি খ্যাত ইংরেজ পদার্থবিজ্ঞানী, গণিতবিদ ও জ্যোতির্বিজ্ঞানী স্যার আইজ্যাক নিউটন বলবিদ্যার ভিত্তি রচনা করেন। গতি সম্পর্কিত সূত্রগুলো তাঁকে সর্বশ্রেষ্ঠ বিজ্ঞানীর আসনে অধিষ্ঠিত করেছে।

নিউটন



ক চিপ পদার্থবিজ্ঞানী জেমস ক্লার্ক ম্যাক্সওয়েল তড়িৎবৰ্কীয় তত্ত্ব আবিষ্কারের জন্য স্বর্গীয় হয়ে আছেন। আবিষ্কারের মৌলিকত্বের বিচারে নিউটন ও আইনস্টাইনের সাথে তার নাম উল্লেখ করা হয়।

ম্যাক্সওয়েল



জি ক পদার্থবিদ জেমস প্রেসকট জুল তাপ এবং শক্তির মধ্যে সম্পর্কিতিক শক্তির সংকরণগীল সূত্র প্রদান করেন। তার নামানুসারে শক্তির একক জুল রাখা হয়েছে।

জেমস জুল



O.Y.E.B.S.A.I.T. তথ্য সংযোগ

অধ্যায়টিকে বিষয়বস্তুর ওপর শিখনফলের ধারাবাহিকতায় প্রশ্ন তৈরিতে এবং উত্তরকে তথ্যবহুল ও নির্ভুলতা নিচিতকরণে বোর্ড বইয়ের পাশাপাশি নিম্নোক্ত ওয়েব লিংকের সহায়তা নেওয়া হয়েছে—

<https://en.wikipedia.org/wiki/Force>

https://en.wikipedia.org/wiki/Newton's_laws_of_motion

<https://en.wikipedia.org/wiki/Momentum>

https://en.wikipedia.org/wiki/Moment_of_inertia

https://en.wikipedia.org/wiki/Angular_momentum

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

https://en.wikipedia.org/wiki/Centrifugal_force

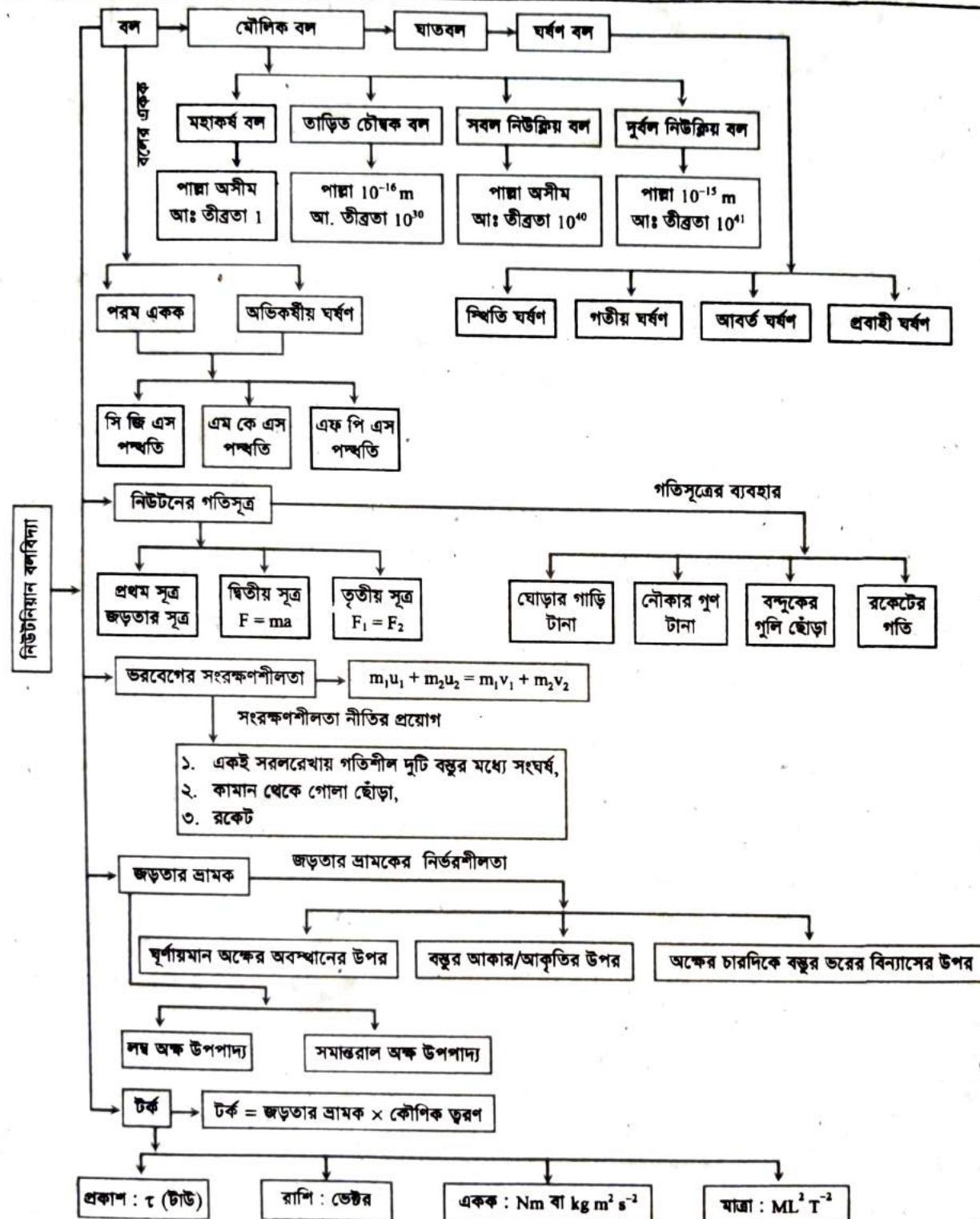
www.physicsclassroom.com/calcpad/momentun



ষষ্ঠ
নম্বরে

অধ্যায়ের প্রবাহ চিত্র

পিয় শিক্ষার্থী বন্ধুরা, কোনো অধ্যায়ের বিষয়বস্তুর বিন্যাস ও ধারাবাহিকতা সম্পর্কে
পূর্ণ হতে ধারণা থাকলে প্রশ্ন ও উত্তর আবশ্যিক করা সহজ হয়। নিম্নে এ অধ্যায়ের
গুরুত্বপূর্ণ বিষয়বস্তু প্রবাহ চিত্র (Flow Chart) আকারে উপস্থাপন করা হলো, যা
তোমাদের সহজেই এক নম্বরে অধ্যায়টি সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা পেতে সহায়তা করবে।



অধ্যায় বিশ্লেষণ (Chapter Analysis).....

- ১২৬টি সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর (বোর্ড প্রশ্ন ২৯টি + অনুশীলনীর প্রশ্ন ৮১টি + মাস্টার ট্রেইনার প্রশ্ন ৯টি + কলেজ প্রশ্ন ৬টি + সমর্পিত প্রশ্ন ১টি)
- ৩৪০টি বহুনির্বাচনি প্রশ্ন ও উত্তর (বোর্ড প্রশ্ন ৮৬টি + মাস্টার ট্রেইনার প্রশ্ন ১৪টি + কলেজ প্রশ্ন ১১১টি + অনুশীলনীর প্রশ্ন ৫০টি)

অনলাইনে প্রস্তুতি যাচাই



সূজনশীল মডেল টেস্ট ০৫টি
বহুনির্বাচনি মডেল টেস্ট ০৫টি



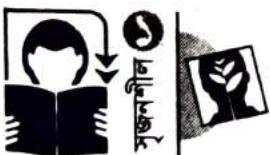
PART 01 অনুশীলন Practice

শিয় শিক্ষার্থী, Part 01 সম্পূর্ণে অনুশীলন নির্ভর; যা মূলত দুটি অংশে বিভক্ত— সৃজনশীল অংশ ও বহুনির্বাচনি অংশ। তোমাদের অনুশীলনের সুবিধার্থে NCTB অনুমোদিত পাঠ্যবইসমূহের অনুশীলনীর প্রথা ও উভয়ের পাশাপাশি এইচএসসি পরীক্ষা, মাস্টার ট্রেইনার প্যানেল, শীর্ষস্থানীয় কলেজ ও সমর্পিত অধ্যায়ের প্রয়োজন করা হয়েছে। প্রথা ও উভয়ের সর্বশেষ সংশোধিত ফরম্যাট অনুসৃত হয়েছে।

অধ্যায়ের শিখনফল

অধ্যায়টি অনুশীলন করে আমি যা জানতে পারব—

- বলের বজ্ঞানীক ধারণা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ক্যালকুলাস ব্যবহার করে নিউটনের নিয়ম সূত্র বিশ্লেষণ করতে পারব।
- নিউটনের গতি সূত্রগুলোর মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্ক ব্যাখ্যা করতে পারব।
- নিউটনের গতি সূত্রের ব্যবহার করতে পারব।
- নিউটনের গতি সূত্রের সীমাবদ্ধতা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- বল, ক্ষেত্র ও প্রাবল্যের ধারণা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- রৈখিক ভরবেগের নিয়ত্যার সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারব।
- সকল অবস্থায় ভরবেগের সংরক্ষণশীলতা যাচাই করতে পারব।
- নিউটনের গতির তত্ত্ব সূত্রের সাথে ভরবেগের নিয়ত্যার সম্পর্ক বিশ্লেষণ করতে পারব।
- জড়তার ভাষ্মক ও কৌণিক ভরবেগ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- কৌণিক ভরবেগ সংক্রান্ত রাশিমালা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- টর্ক, জড়তার ভাষ্মক ও কৌণিক ভরবেগের মধ্যে সম্পর্ক বিশ্লেষণ করতে পারব।
- ব্যবহারিক : একটি ফ্লাই হুইলের জড়তার ভাষ্মক নির্ণয় করতে পারব।
- সার্বজনীন সূত্র হিসেবে কৌণিক ভরবেগের নিয়ত্যার ব্যাখ্যা করতে পারব।
- কেন্দ্রমুখী এবং কেন্দ্রবিমুখী বলের ব্যবহার করতে পারব।
- রাস্তার বাঁকে ঢাল দেওয়ার প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- দুটি বস্তুর মধ্যে একমাত্রিক স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের সমস্যার সমাধান করতে পারব।



সকল বোর্ডের এইচএসসি পরীক্ষার সৃজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

শিয় শিক্ষার্থী, 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 তোমরা এইচএসসি পরীক্ষার প্রথা ও উভয়ের ধরন সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা পাবে।

এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৯ এর প্রশ্ন ও উত্তর

১. একজন চালক গাড়ির চাকা খারাপ হলে চাকা পরিবর্তন করার জন্য রেঞ্জ দিয়ে জ্যাক-স্লুকে ঘুরানোর সময় কোনো এক মুহূর্তে প্রযুক্ত বলকে $\vec{F} = (8\hat{i} + 5\hat{j} - 5\hat{k}) \text{ N}$ এবং ঘূর্ণন অক্ষ হতে বলের ক্রিয়া বিদ্যুর দূরত্ব $\vec{r} = (\hat{i} + \hat{j} - \hat{k}) \text{ m}$ দ্বারা প্রকাশ করা হলো। গাড়ির ভর 2000 kg । ঘটনাস্থলে রাস্তার বাঁকের ব্যাসার্ধ 5 m এবং রাস্তার প্রস্থ 3 m । রাস্তার সর্বোচ্চ ঘর্ষণ বল 40 N kg^{-1} ।

ক. কৈ? ১

খ. কোনো অক্ষের সাপেক্ষে একটি বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ 0.9 m বলতে কী বোঝায়? ২

গ. ক্রুটি ঘোরানোর সময়ে প্রযুক্ত টর্ক কত? ৩

ঘ. উদ্ধিপক্ষের রাস্তাটির ভিতরের প্রাপ্ত অপেক্ষা বাহিরের প্রাপ্ত কত উচু হলে গাড়িটি স্তব্য সর্বোচ্চ বেগে নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

[ঢ. বো. '১৯]

১১ প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো দৃঢ় বস্তুর দুটি ভিন্ন বিন্দুতে সমান মানের দুটি বলের প্রস্পর বিপরীত দিকে ক্রিয়া করাই হলো কৈ?

শিখন অর্জন যাচাই

- নিউটনের গতি সূত্রগুলো ব্যাখ্যা করতে পারব।
- স্থিতি ও গতীয় ঘর্ষণের সূত্রাবলীর মধ্যে পার্থক্য স্থাপন করতে পারব।
- নিউটনের সূত্রগুলোর মধ্যে সম্পর্ক, ব্যবহার ও সীমাবদ্ধতা সম্পর্কে ধারণা লাভ করতে পারব।
- জড়তার ভাষ্মক সংক্রান্ত উপপাদ্য সম্পর্কে জানতে পারব।
- বিভিন্ন আকারের বস্তুর জড়তার ভাষ্মক ও চক্রগতির ব্যাসার্ধ নির্ণয় করতে পারব।
- টর্ক, জড়তার ভাষ্মক ও কৌণিক ভরবেগের মধ্যে সম্পর্ক ব্যাখ্যা করতে পারব।
- কৌণিক ভরবেগের নিয়ত্যার সূত্র নির্ণয় করতে পারব।
- সংঘর্ষ সম্পর্কে ধারণা লাভ করতে পারব।

শিখন সহায়ক উপকরণ

- বিভিন্ন ধরনের জড়তার উদাহরণসহ ছবি।
- ঘাত বল ও বলের ঘাতের মধ্যে পার্থক্যের ছক।
- নিউটনের গতি সূত্রের ব্যবহার, বিভিন্ন ছবি ও ভিডিও।
- একটি ফ্লাই হুইল, জড়তার ভাষ্মক নির্ণয়ের জন্য।
- কৌণিক ভরবেগের নিয়ত্যা প্রদর্শনের বিবরণসহ ছবি।
- রৈখিক গতি ও ঘূর্ণন গতির সাদৃশ্যের ছক।
- এ অধ্যায়ের গুরুত্বপূর্ণ সূত্রাবলি, প্রতীক ও একক পরিচিতির চার্ট।

$$ব) চক্রগতির ব্যাসার্ধ, K = \sqrt{\frac{I}{M}}$$

কোনো অক্ষের সাপেক্ষে একটি বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ 0.9 m বলতে বুঝায় 1 kg ভরের কোনো বস্তুর জড়তার ভাষ্মক 0.81 kg m^2 ।

$$গ) বল, \vec{F} = (8\hat{i} + 5\hat{j} - 5\hat{k}) \text{ N}$$

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

$$টর্ক, \vec{t} = ?$$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \vec{t} &= \vec{r} \times \vec{F} \\ &= \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 1 & 1 & -1 \\ 8 & 5 & -5 \end{vmatrix} \\ &= \hat{i}(-5+5) - \hat{j}(-5+8) + \hat{k}(5-8) \\ &= (-3\hat{i} - 3\hat{k}) \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\therefore টর্কের মান = \sqrt{(-3)^2 + (-3)^2} \text{ Nm}$$

$$= \sqrt{18} \text{ Nm}$$

$$= 3\sqrt{2} \text{ Nm}$$

সুতরাং, ক্রুটি ঘোরানোর সময় প্রযুক্ত টর্ক $3\sqrt{2} \text{ Nm}$ ।

গাড়ির সঙ্গাব্য সর্বোচ্চ বেগ নির্ণয়ের জন্য রাস্তাটি ব্যাকিং বিহীন বিবেচনা করি। [সর্বোচ্চ ঘর্ষণ বল 40 N kg^{-1} এর পরিবর্তে 4 N kg^{-1} বিবেচনা করি]

উচ্চিপক অনুসারে, গাড়ির ভর, $m = 2000 \text{ kg}$
বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 5 \text{ m}$

রাস্তার সর্বোচ্চ ঘর্ষণ বল = 4 N kg^{-1}

$$\therefore \text{মোট ঘর্ষণ বল}, F_k = 2000 \text{ kg} \times 4 \text{ N kg}^{-1} = 8000 \text{ N}$$

রাস্তার প্রস্থ, $d = 3 \text{ m}$

ব্যাকিংবিহীন রাস্তার ক্ষেত্রে, $F_c = F_k$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } F_k = \frac{mv^2}{r}$$

$$\text{বা, } v^2 = \frac{F_k \times r}{m} = \frac{8000 \text{ N} \times 5 \text{ m}}{2000 \text{ kg}} = 20 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

ধরি, রাস্তার ব্যাকিং কোণ, θ এবং রাস্তার উচ্চতা, h

আমরা জানি, $\sin \theta = \frac{h}{d}$

θ অভ্যন্তর কুমুদ হলে, $\sin \theta = \tan \theta$

$$\therefore \tan \theta = \frac{h}{d}$$

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

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

$$\text{বা, } h = \frac{v^2 d}{rg}$$

$$\text{বা, } h = \frac{20 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} \times 3 \text{ m}}{5 \text{ m} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}} = 1.22 \text{ m}$$

সুতরাং, রাস্তার বাইরের প্রান্ত, ভেতরের প্রান্ত অপেক্ষা 1.22 m উচ্চ হতে হবে।

বি. স্ট: ঘর্ষণ পৃষ্ঠাকের মান 9.8 N kg^{-1} অপেক্ষা বেশি হতে পারে না। অর্থাৎ প্রদত্ত ডাটা অপ্রাসঙ্গিক।]

১. 1 m এবং 0.707 m দৈর্ঘ্যের দুটি সরু সুম দণ্ডের ভরণয় যথাক্রমে 10 kg এবং 20 kg এদের উভয়ই দৈর্ঘ্যের সাথে লভভাবে স্থাপিত এবং মধ্যবিদ্যুপার্শী অক্ষের সাপেক্ষে প্রতিমিনিটে যথাক্রমে 300 বার এবং 360 বার একটি মোটরের সাহায্যে সম-কৌণিক বেগে ঘূরছে। মোটরটি বন্ধ হয়ে গেলে 1 m দণ্ডটি 20 s সময়ের মধ্যে থেমে যায়।

ক. টর্ক কী?

খ. পৃথিবীর নিজ অক্ষের চারপাশে ঘূর্ণন হঠাতে থেমে গেলে পৃথিবী পৃষ্ঠে g -এর মানের কিন্তু পরিবর্তন হবে ব্যাখ্যা কর। ২

গ. মোটরটি বন্ধ হয়ে যাবার পর 1 m দণ্ডটি কতটি পূর্ণ ঘূর্ণন সম্পন্ন করবে?

ঘ. ঘূর্ণনরত দণ্ডয়ের কৌণিক গতিশক্তির গাণিতিক তুলনা কর। ৪

[ষ. বো. '১৯]

২মং পর্যন্তের উত্তর

ক. কোনো দৃঢ় বন্ধুর উপর বল প্রযুক্ত হলে বন্ধুটির মধ্যে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দু বা অক্ষের সাপেক্ষে যুরবার যে প্রবণতা সৃষ্টি হয় তাকে বলের আমক বা টর্ক বলে।

খ. পৃথিবীর নিজ অক্ষের চারপাশে ঘূর্ণনের ফলে যে কেন্দ্রবিমুক্তি ত্বরণ সৃষ্টি হয় তার কারণে যেনেও অঙ্গে ব্যাকিং পৃথিবী পৃষ্ঠের অন্যান্য স্থানে g -এর মান ছান পায়। এ কারণে পৃথিবীর নিজ অক্ষের চারপাশে ঘূর্ণন হঠাতে থেমে গেলে যেনেও অঙ্গে g -এর মান অপরিবর্তিত থাকবে কিন্তু পৃথিবী পৃষ্ঠের অন্যান্য স্থানে g -এর মান বৃদ্ধি পাবে।

ক. এখানে, আদি ঘূর্ণন বেগ, $\omega_0 = \frac{300 \times 2\pi}{60} \text{ rad s}^{-1} = 31.416 \text{ rad s}^{-1}$

শেষ ঘূর্ণন বেগ, $\omega = 0$

সময়, $t = 20 \text{ s}$

কৌণিক ত্বরণ, $\alpha = \frac{\omega - \omega_0}{t} = \frac{-31.416}{20} \text{ rad s}^{-2} = -1.57 \text{ rad s}^{-2}$

আমরা জানি,

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha\theta$$

$$\text{বা, } \theta = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\alpha} = \frac{0^2 - 31.416^2}{2 \times (-1.57)} \text{ rad} = 314.16 \text{ rad}$$

$$\therefore \text{ঘূর্ণন সংখ্যা, } n = \frac{\theta}{2\pi} = \frac{314.16}{2 \times 3.1416} \text{ টি}$$

$$\therefore n = 50 \text{ টি}$$

অতএব, মোটরটি বন্ধ হয়ে যাওয়ার পর 1 m দণ্ডটি 50 টি পূর্ণ ঘূর্ণন সম্পন্ন করবে।

গ. এখানে, 1 m দণ্ডের দৈর্ঘ্য, $l_1 = 1 \text{ m}$

2 m দণ্ডের দৈর্ঘ্য, $l_2 = 0.707 \text{ m}$

1 m দণ্ডের ভর, $m_1 = 10 \text{ kg}$

2 m দণ্ডের ভর, $m_2 = 20 \text{ kg}$

1 m দণ্ডের কৌণিক বেগ, $\omega_1 = 31.416 \text{ rad s}^{-1}$ [গ হতে]

2 m দণ্ডের কৌণিক বেগ, $\omega_2 = \frac{360 \times 2\pi}{60} \text{ rad s}^{-1} = 37.7 \text{ rad s}^{-1}$

1 m দণ্ডের জড়তার ভ্রামক,

$$I_1 = \frac{1}{12} m_1 l_1^2 = \frac{1}{12} \times 10 \times 1^2 \text{ kg m}^2 = 0.83 \text{ kg m}^2$$

2 m দণ্ডের জড়তার ভ্রামক,

$$I_2 = \frac{1}{12} m_2 l_2^2 = \frac{1}{12} \times 20 \times 0.707^2 \text{ kg m}^2 = 0.83 \text{ kg m}^2$$

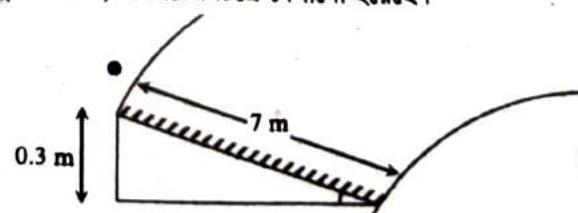
$$\therefore \frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{\frac{1}{2} I_1 \omega_1^2}{\frac{1}{2} I_2 \omega_2^2} = \frac{0.83 \times 31.416^2}{0.83 \times 37.7^2} = 0.69$$

$$\therefore \frac{E_{k1}}{E_{k2}} < 1$$

$$\text{বা, } E_{k1} < E_{k2}$$

অতএব, ঘূর্ণনরত দণ্ডয়ের মধ্যে 1 m দণ্ডটির কৌণিক গতিশক্তি 2 m দণ্ডটির কৌণিক গতিশক্তি অপেক্ষা কম।

গ. 1000 kg ভরের একটি বাস 78125 J গতিশক্তি নিয়ে রাস্তায় চলার সময় হঠাতে 145 m ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট একটি বাঁকের সমুখীন হলো, যা নিচের চিত্রে দেখানো হয়েছে।



ক. বলের ঘাত কী?

খ. হাতবড়ির কাটার গতি কি সোলন গতি? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বাসটির ভরবেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বাসটি গতিশক্তি নির্ণয় করতে উচ্চিপকে প্রদর্শিত রাস্তার বাঁকটি নিরাপদে আভিক্রম করতে পারবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ যতামত দাও। ৪

[ষ. বো. '১৯]

৩৮. প্রয়োগের উত্তর

ক. কোনো বক্তুর উপর প্রযুক্ত বল এবং বলের ক্রিয়াকালের গুণফলই বলের ঘাত।

খ. পর্যাপ্ত গতিশীল কোনো বক্তু যদি পর্যাপ্তকালের অর্ধেক সময় কোনো নিমিট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় একই পথে তার বিপরীত দিকে চলে তবে তার গতিই দোলন গতি। হাতঘড়ির কাঁটা সর্বসা একইদিকে গতিশীল থেকে তার গতিপথের নিমিট বিস্ফুকে নিমিট সময় পরপর একই দিক থেকে অভিক্রম করে। সুতরাং সংজ্ঞানুসারে এটি পর্যাপ্ত গতি হলেও দোলনগতি নয়।

গ. এখানে, বাসের ভর, $m = 1000 \text{ kg}$

গতিশীল, $E_k = 78125 \text{ J}$

ভরবেগ, $P = ?$

আমরা জানি,

$$E_k = \frac{P^2}{2m}$$

$$\text{বা, } P^2 = 2mE_k$$

$$\text{বা, } P = \sqrt{2 \times 1000 \times 78125} \text{ kg m s}^{-1}$$

$$\therefore P = 12500 \text{ kg m s}^{-1}$$

অতএব, উচ্চীপকের বাসটির ভরবেগ $12500 \text{ kg m s}^{-1}$

ঘ. এখানে, বাসটির ভর, $m = 1000 \text{ kg}$

গতিশীল, $E_k = 78125 \text{ J}$

বাকের ব্যাসার্ধ, $r = 145 \text{ m}$

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

ধরি, বাসটির বেগ, v

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

$$\text{বা, } v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}$$

$$\text{বা, } v = \sqrt{\frac{2 \times 78125}{1000}} \text{ m s}^{-1} = 12.5 \text{ m s}^{-1}$$

এই বেগে বাক নেওয়ার জন্য প্রয়োজনীয় ব্যাংকিং θ হলে,

$$\tan \theta = \frac{v^2}{rg} = \frac{12.5^2}{145 \times 9.8}$$

$$\text{বা, } \theta = 6.27^\circ$$

এখন দেখা যাক বাকে এই পরিমাণ ব্যাংকিং আছে কিনা।

ধরি, উচ্চীপকের রাস্তায় বিদ্যমান ব্যাংকিং θ'

$$\sin \theta' = \frac{0.3}{7}$$

$$\text{বা, } \theta' = 4.6^\circ$$

দেখা যাচ্ছে, $\theta' < \theta$ অর্থাৎ প্রয়োজনীয় ব্যাংকিং কোণ অপেক্ষা বিদ্যমান ব্যাংকিং কোণ ছোট।

অতএব, বাসটি পতিবেগ না কমিয়ে উচ্চীপকে প্রদর্শিত রাস্তার বাকটি নিরাপদে অভিক্রম করতে পারবে না।

ক. রহিম 80 cm দৈর্ঘ্যের একখন্দ সূতার এক প্রান্তে 200 g তরের একটি বক্তু বেঁধে বৃত্তাকার পথে প্রতি মিনিটে 90 বার ঘুরাচ্ছে। অপরদিকে করিম 60 cm দৈর্ঘ্যের অপর একখন্দ সূতার এক প্রান্তে 150 g তরের একটি বক্তু বেঁধে একইভাবে প্রতি মিনিটে 120 বার ঘুরাচ্ছে।

ক. অড়তার প্রামাণ কাকে বলে?

খ. দুটি বক্তু সংঘর্ষের পর এক সঙ্গে আটকে গেলে সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক হবে কি? ব্যাখ্যা কর।

গ. রহিমের চারা ঘুরানো কর্তৃটির কৌশিক ভরবেগ নির্ণয় কর।

ঘ. উচ্চীপকের ঘটনায় রহিম ও করিম সূতায় সমান টান পেয়েছিল কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[চ. বো. '১৯]

৪৮. প্রয়োগের উত্তর

ক. একটি নিমিট অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণায়মান দৃঢ় বক্তুর প্রত্যেকটি কণার ভর এবং ঘূর্ণন অক্ষ থেকে প্রত্যেকটি কণার দূরত্বের বর্গের গুণফলের সমষ্টিকে জড়তার প্রামাণ বলে।

খ. যে সংঘর্ষে গতিশীল সংরক্ষিত থাকে অর্ধাং সংঘর্ষের আগে ও পরে ঘোট গতিশীল সমান থাকে তাকে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে। দুটি বক্তু সংঘর্ষের পর এক সঙ্গে আটকে গেলে সংঘর্ষের পর বক্তু দুটির আপেক্ষিক বেগ শূন্য হয় এবং সংঘর্ষের পর বক্তুয়ের ঘোট গতিশীল সংরক্ষিত হয় না। অতএব, সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক হবে না।

গ. এখানে, ঘূর্ণনের ব্যাসার্ধ, $r_1 = 80 \text{ cm} = 0.8 \text{ m}$

ভর, $m_1 = 200 \text{ g} = 0.2 \text{ kg}$

ঘূর্ণন সংখ্যা, $n_1 = 90$; সময়, $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$

\therefore রৈখিক বেগ,

$$v_1 = \frac{n_1 \times 2\pi r_1}{t} = \frac{90 \times 3.1416 \times 0.8}{60} \text{ m s}^{-1} = 7.54 \text{ m s}^{-1}$$

কৌশিক ভরবেগ, $L = ?$

আমরা জানি,

$$L = m_1 v_1 r_1 = 0.2 \times 7.54 \times 0.8 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$$

$$\therefore L = 1.21 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$$

অতএব, রহিমের চারা ঘুরানো বক্তুটির কৌশিক ভরবেগ $1.21 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$ ।

ঘ. রহিমের ক্ষেত্রে :

রহিমের সূতার টান,

$$T_1 = m_1 \frac{v_1^2}{r_1} = 0.2 \times \frac{7.54^2}{0.8} \text{ N}$$

$$\therefore T_1 = 14.21 \text{ N}$$

এখানে,

ঘূর্ণন ব্যাসার্ধ, $r_1 = 0.8 \text{ m}$

ভর, $m_1 = 0.2 \text{ kg}$

'গ' হতে পাই,

রৈখিক বেগ, $v_1 = 7.54 \text{ m s}^{-1}$

করিমের ক্ষেত্রে :

এখানে, ঘূর্ণন ব্যাসার্ধ, $r_2 = 60 \text{ cm} = 0.6 \text{ m}$

ভর, $m_2 = 150 \text{ g} = 0.15 \text{ kg}$

ঘূর্ণন সংখ্যা $n_2 = 120$

সময়, $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$

$$\text{রৈখিক বেগ, } v_2 = \frac{n_2 \times 2\pi r_2}{t} = \frac{120 \times 2 \times 3.1416 \times 0.6}{60} \text{ m s}^{-1}$$

$$= 7.54 \text{ m s}^{-1}$$

$$\therefore \text{টান, } T_2 = m_2 \frac{v_2^2}{r_2} = 0.15 \times \frac{7.54^2}{0.6} \text{ N}$$

$$\therefore T_2 = 14.21 \text{ N}$$

উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যাচ্ছে, $T_1 = T_2$

অতএব, উচ্চীপকের ঘটনায় রহিম ও করিম সূতার সমান টান পেয়েছিল।

ক. পৃথিবীর ভর ও ব্যাসার্ধ যথাক্রমে $6 \times 10^{24} \text{ kg}$ এবং 6400 km । এর পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ 9.8 m s^{-2} । মহাকর্ষীয় ধ্রুবক $6.673 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ । এর পৃষ্ঠ থেকে একটি উপগ্রহকে 700 km উচ্চতায় তোলা হলো।

ক. ভূমিক উপগ্রহ কাকে বলে?

খ. পৃথিবীর ঘনত্বের পরিবর্তনে অভিকর্ষজ ত্বরণ পরিবর্তন হবে কি? ব্যাখ্যা কর।

গ. পৃথিবীর পৃষ্ঠ থেকে কত উচ্চতায় উপগ্রহের ওজন পৃথিবী পৃষ্ঠের ওজনের 80% হবে? নির্ণয় কর।

ঘ. উচ্চীপকের উৎক্ষেপিত উপগ্রহটি টাঁদের মতো উপগ্রহ হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণ কর।

১
২
৩
৪

[চ. বো. '১৯]

৪৯. প্রয়োগের উত্তর

ক. কোনো কৃতিম উপগ্রহের আবর্তনকাল নিজ অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণায়মান পৃথিবীর আবর্তনকালের সমান হলে ঐ উপগ্রহকে ভূমিক উপগ্রহ বলে।



আমরা জানি, অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = \frac{GM}{R^2}$

$$\text{বা, } g = \frac{G \times \frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{R^2} = \frac{4G\pi R}{3} \rho$$

বা, $g \propto t$

অর্থাৎ অভিকর্ষজ ত্বরণ পৃথিবীৰ ঘনত্বেৰ সমানুপাতিক। পৃথিবীৰ ঘনত্ব বাড়লে অভিকর্ষজ ত্বরণ বাড়বে এবং ঘনত্ব কমলে অভিকর্ষজ ত্বরণ কমবে। অতএব, পৃথিবীৰ ঘনত্বেৰ পরিবৰ্তনে অভিকর্ষজ ত্বরণ পরিবৰ্তন হবে।

১। পৃথিবীৰ পৃষ্ঠাৰ থেকে যত উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ পৃষ্ঠৰ অভিকর্ষজ ত্বরণেৰ ৮০% হবে, তত উচ্চতায় উপগ্রহেৰ ওজন পৃথিবীৰ পৃষ্ঠৰ ওজনেৰ ৮০% হবে।

ধৰি, h উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ পৃথিবীৰ পৃষ্ঠাৰ অভিকর্ষজ ত্বরণেৰ ৮০%।

$$\therefore \frac{g_h}{g} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$$

$$\text{বা, } \left(\frac{R+h}{R}\right)^2 = \frac{g}{g_h}$$

$$\text{বা, } \frac{R+h}{R} = \sqrt{\frac{g}{g_h}}$$

$$\text{বা, } h = \sqrt{\frac{g}{g_h}} \times R - R$$

$$\text{বা, } h = \left(\sqrt{\frac{g}{g_h}} - 1 \right) R = \left(\sqrt{\frac{g}{0.8g}} - 1 \right) R$$

$$= \left(\sqrt{\frac{1}{0.8}} - 1 \right) \times 6.4 \times 10^6 \text{ m} = 755417 \text{ m}$$

$$\therefore h = 755.42 \text{ km}$$

অতএব, পৃথিবীৰ পৃষ্ঠাৰ হতে 755.42 km উচ্চতায় উপগ্রহেৰ ওজন পৃথিবীৰ পৃষ্ঠাৰ ওজনেৰ ৮০% হবে।

২। এখানে, পৃথিবীৰ ভূৰ, $M = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$

পৃথিবীৰ ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$

মহাকাশীয় ধ্রুবক, $G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$

উপগ্রহেৰ উচ্চতা, $h = 700 \text{ km} = 7 \times 10^5 \text{ m}$

আমরা জানি,

$$\text{উপগ্রহেৰ পৰ্যায়কাল, } T = 2\pi(R+h) \sqrt{\frac{R+h}{GM}}$$

$$\text{বা, } T = 2 \times 3.1416 \times (6.4 \times 10^6 + 7 \times 10^5) \times \sqrt{\frac{6.4 \times 10^6 + 7 \times 10^5}{6.673 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}} = 5940.63 \text{ s}$$

$$\therefore T = 1.65 \text{ hr}$$

অর্থাৎ উপগ্রহটি পৃথিবীকে 1.65 ঘণ্টায় একবাৰ আবৰ্তন কৰবে।

চাঁদেৰ পৰ্যায়কাল 27 দিন ফলে আমরা দিনে একবাৰ চাঁদকে দেখতে পাই। কিন্তু উকীপকেৱ উপগ্রহটি 1.65 ঘণ্টা পৰ পৰ একটি আবৰ্তন সম্পন্ন কৰাবল দিনে একাধিকবাৰ আমরা একে দেখতে পাৰ। সেই বিবেচনায় উকীপকেৱ উৎক্ষেপিত উপগ্রহটি চাঁদেৰ মতো উপগ্রহ হবে না।

৩। **প্রশ্ন ৬।** 5 kg ও 7 kg ভৱেৰ দুটি বস্তু যথাক্রমে 5 m s^{-1} এবং 6 m s^{-1} বেগে বিপৰীত দিক হতে এসে সংঘৰ্ষেৰ পৰ বস্তুৰয় একত্ৰে মিলিত হয়ে নির্দিষ্ট দিকে চলতে শুৰু কৰে।

ক. প্ৰত্যয়নী বল কাকে বলে?

খ. উড়য়নকালে প্ৰাসেৰ আনুভূমিক বেগেৰ কোনো পৰিবৰ্তন হয় কি? – ব্যাখ্যা কৰ।

গ. উকীপকেৱ বস্তুৰয়েৰ চূড়ান্ত বেগ নিৰ্ণয় কৰ।

ঘ. উকীপকেৱ বস্তুৰয়েৰ সংঘৰ্ষ স্থিতিস্থাপক না অস্থিতিস্থাপক- পাণিতিক বিপ্লবণসহ মতামত দাও।

৬. প্ৰশ্নেৰ উত্তৰ

১। কেনো স্থিতকৈ দৈৰ্ঘ্য বৰাবৰ বিকৃত কৰলে স্থিতিস্থাপক ধৰ্মেৰ দৱৰু প্ৰযুক্ত বলেৰ বিপৰীতে যে বলেৰ উত্তৰ হয় তাকে প্ৰত্যয়নী বল বলে।

২। আমৰা জানি, প্ৰাসেৰ অনুভূমিক বেগেৰ সমীকৰণ

$$v_x = v_{x_0} + a_x t$$

এখন, অভিকর্ষজ ত্বরণ g এৰ অনুভূমিক উপাংশ শূন্য বলে, $a_x = 0$

$$\therefore উপৰোক্ত সমীকৰণটি দাঢ়ায় – v_x = v_{x_0} + 0 \times t = v_{x_0}$$

অর্থাৎ প্ৰাসেৰ যেকোনো সময় আনুভূমিক বেগ তাৰ আদি আনুভূমিক বেগেৰ সমান। অতএব, উড়য়নকালে প্ৰাসেৰ আনুভূমিক বেগেৰ কোনো পৰিবৰ্তন হয় না।

৩। এখানে, ১ম বস্তুৰ ভূৰ, $m_1 = 5 \text{ kg}$

২য় বস্তুৰ ভূৰ, $m_2 = 7 \text{ kg}$

সংঘৰ্ষেৰ পূৰ্বে ১ম বস্তুৰ বেগ, $v_{01} = 5 \text{ m s}^{-1}$

সংঘৰ্ষেৰ পূৰ্বে ২য় বস্তুৰ বেগ, $v_{02} = -6 \text{ m s}^{-1}$

বস্তুৰয়েৰ চূড়ান্ত বেগ, $v = ?$

আমৰা জানি,

$$m_1 v_{01} + m_2 v_{02} = (m_1 + m_2) v$$

$$\text{বা, } v = \frac{m_1 v_{01} + m_2 v_{02}}{m_1 + m_2} = \frac{5 \times 5 + 7 \times (-6)}{5 + 7} \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{বা, } v = \frac{-17}{12} \text{ m s}^{-1} = -1.42 \text{ m s}^{-1}$$

এখানে আগুনক চিহ্ন মিলিত বস্তুৰ বেগ দ্বিতীয় বস্তুৰ বেগেৰ দিকে নিৰ্দেশ কৰছে।

৪। এখানে, সংঘৰ্ষেৰ পূৰ্বে ১ম বস্তুৰ বেগ, $v_{01} = 5 \text{ m s}^{-1}$

সংঘৰ্ষেৰ পূৰ্বে ২য় বস্তুৰ বেগ, $v_{02} = -6 \text{ m s}^{-1}$

' g ' হতে পাই, সংঘৰ্ষেৰ পৰ বস্তুৰয়েৰ বেগ, $v = -\frac{17}{12} \text{ m s}^{-1}$

১ম বস্তুৰ ভূৰ, $m_1 = 5 \text{ kg}$; ২য় বস্তুৰ ভূৰ, $m_2 = 7 \text{ kg}$

এখন, সংঘৰ্ষেৰ পূৰ্বে বস্তুৰয়েৰ মোট গতিশক্তি,

$$E_1 = \frac{1}{2} m_1 v_{01}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{02}^2$$

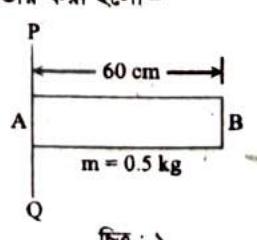
$$= \left\{ \frac{1}{2} \times 5 \times 5^2 + \frac{1}{2} \times 7 \times (-6)^2 \right\} J = 188.5 \text{ J}$$

সংঘৰ্ষেৰ পৰ বস্তুৰয়েৰ মোট গতিশক্তি,

$$E_2 = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2 = \frac{1}{2} (5 + 7) \times \left(-\frac{17}{12} \right)^2 \text{ J} = 12.04 \text{ J}$$

যেহেতু, $E_1 \neq E_2$, অতএব, উকীপকেৱ বস্তুৰয়েৰ সংঘৰ্ষ অস্থিতিস্থাপক।

প্ৰশ্ন ৭। একটি সূৰ্য দণ্ডেৰ (চিত্ৰ-১) সাহায্যে একটি সূৰ্য চাকতি (চিত্ৰ-২) তৈরি কৰা হলো—



চিত্ৰ : ১



চিত্ৰ : ২

ক. প্ৰাসেৰ পালা কাকে বলে?

খ. শব্দেৰ তীব্ৰতা কীসেৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে ব্যাখ্যা কৰ।

গ. চিত্ৰ-১ এৰ PQ এৰ সাপেক্ষে জড়তাৰ আমক বেৰ কৰ।

ঘ. চাকতিৰ পৰিধি দণ্ডেৰ দৈৰ্ঘ্যেৰ সমান হলে উভয়েৰ জড়তাৰ আমক ভিন্ন হবে কি না গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও।

৮৭ প্রশ্নের উত্তর

ক প্রাস বা নিকিণি বস্তু নিক্ষেপের পর থেকে ভূমিতে ফিরে আসতে যে সময় নেয়, এই সময়ে অনুভূমিক দিকে যে দূরত্ব অতিক্রম করে, তাকে অনুভূমিক পাল্টা বলে।

খ তরঙ্গের তীব্রতা যে বিষয়গুলোর উপর নির্ভর করে তা হলো— তরঙ্গের বিস্তার, কম্পাঙ্গক, মাধ্যমের ঘনত্ব, মাধ্যমে তরঙ্গের বেগ এবং দূরত্ব।
কারণ, আমরা জানি, $I = 2\pi^2 n^2 a^2 \rho V$
উপরোক্ত সম্পর্ক থেকে স্পষ্ট যে, তরঙ্গের তীব্রতা এর বিস্তার ও কম্পাঙ্গের বর্গের সমানুপাতিক এবং এর বেগ ও মাধ্যমের ঘনত্বের সমানুপাতিক।

গ এখানে, দণ্ডের দৈর্ঘ্য, $l = 60 \text{ cm} = 0.6 \text{ m}$

দণ্ডের ভর, $m = 0.5 \text{ kg}$

\therefore PQ-এর সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক,

$$I = \frac{1}{3} m l^2$$

$$\text{বা, } I = \frac{1}{3} \times 0.5 \times 0.6^2 \text{ kg m}^2 = 0.06 \text{ kg m}^2$$

ঘ ধরি, চাকতির ব্যাসার্ধ, r

$$2\pi r = l$$

$$\text{বা, } r = \frac{l}{2\pi} = \frac{0.6}{2 \times 3.1416} = 0.095 \text{ m}$$

\therefore চাকতির জড়তার ভ্রামক,

$$I' = \frac{1}{2} m r^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.5 \times 0.095^2 \text{ kg m}^2$$

$$\therefore I' = 2.27 \times 10^{-3}$$

'গ' হতে পাই,

চিত্র-১ এ সূম দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক, 0.06 kg m^2

সূতরাং, $I' \neq 1$

অতএব, চিত্র-১ এবং চিত্র-২ এ প্রদর্শিত বস্তুবলের জড়তার ভ্রামক ভিন্ন।

৮৮ এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৮ এর প্রশ্ন ও উত্তর

১ **প্রশ্ন** | অপু 20 m ব্যাসবিশিষ্ট একটি বৃত্তাকার মাঠের চতুর্মুখী সর্বোচ্চ 30° কোণে কেন্দ্রের দিকে হেলানো অবস্থায় নিরাপদে সাইকেল চালাতে পারে। সে 20 km h^{-1} বেগে সাইকেল চালাচ্ছিল।

ক. টর্ক কী?

খ. ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল—ব্যাখ্যা কর।

গ. বৃত্তাকার পথে 5 km এর সমান পথ অতিক্রম করতে কতবার মাঠ প্রদক্ষিণ করতে হবে?

ঘ. উদ্ধীপকে উল্লিখিত মাঠে বিগুণ বেগে অপু ঐ পথ নিরাপদে অতিক্রম করতে পারবে। সত্যতা যাচাই কর।

ঙ. কে সেট : ঢাকা, রাজশাহী, ঘন্টা, সিলেট, দিনাজপুর বোর্ড ২০১৮।

৮৯ প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো দৃঢ় বস্তুর উপর বল প্রযুক্ত হলে বস্তুটির মধ্যে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দু বা অক্ষের সাপেক্ষে ঘূরবার যে প্রবণতা সৃষ্টি হয় তাকে বলের ভ্রামক বা টর্ক বলে।

খ কোনো বস্তুকে একটি অমসৃণ তলের উপর দিয়ে টেনে নিয়ে যাওয়ার সময় ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। অমসৃণ তলাটি অনুভূমিক হলে এই কৃতকাজ বস্তুটির মধ্যে স্থিতিশক্তিবৃপ্তে সঞ্চিত হয় না এবং বস্তুটিও কোনো কাজ করার সামর্থ্য লাভ করে না। বস্তুটিকে তার প্রাথমিক অবস্থানে ফিরিয়ে আনার সময় পুনরায় ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। ফলে কৃতকাজ পুনরুদ্ধার করা সম্ভব হয় না। তাই ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল বল।

১ মাঠের পরিধি,

$$\begin{aligned} C &= 2\pi r \\ &= 2 \times 3.1416 \times 10 \text{ m} \\ &= 62.832 \text{ m} \end{aligned}$$

এখানে,

$$\text{মাঠের ব্যাসার্ধ, } r = \frac{2}{20} = 10 \text{ m}$$

\therefore 5 km এর সমান পথ অতিক্রম করতে মাঠের চারদিকে প্রদক্ষিণ

$$\text{সংখ্যা} = \frac{5 \times 10^3}{C} \text{ বার}$$

$$= \frac{5 \times 10^3}{62.832} \text{ বার}$$

$$= 79.58 \text{ বার}$$

অতএব, 5 km এর সমান পথ অতিক্রম করতে 79.58 অর্ধাং প্রায় 80 বার মাঠ প্রদক্ষিণ করতে হবে।

২ বেগ বিগুণ করলে অপুর উল্লেবের সাথে উৎপন্ন কোণ,

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

$$= \tan^{-1} \frac{(2 \times 5.56)^2}{10 \times 9.8}$$

$$\text{বা, } \theta = 51.6^\circ$$

এখানে, বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 10 \text{ m}$

বেগ, $v = 20 \text{ km h}^{-1}$

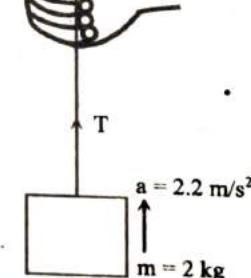
$$= \frac{20 \times 1000}{3600} \text{ m s}^{-1} = 5.56 \text{ m s}^{-1}$$

উল্লেবের সাথে সর্বোচ্চ কোণ, $\theta_{\max} = 30^\circ$

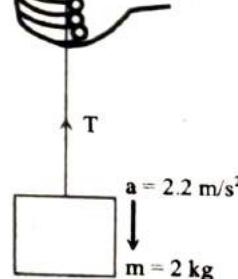
যেহেতু, $\theta > \theta_{\max}$ অতএব অপু উদ্ধীপকে উল্লিখিত মাঠে বিগুণ বেগে ঐ পথ নিরাপদে অতিক্রম করতে পারবে না।

৩ **প্রশ্ন** | একটি সূতার সাহায্যে 2 kg ভরের একটি বস্তুকে ঝুলিয়ে বস্তুটিকে 2.2 m/s^2 সমত্বরণে 5 m উপরে উঠানো হলো এবং পরবর্তীতে নিচে নামানো হলো।

উঠানোর সময়



নামানোর সময়



ক. পরম আর্দ্ধতা কাকে বলে?

খ. প্রাসের গতি বিমাত্রিক হলেও একমাত্রিক হতে পারে কি? ব্যাখ্যা কর।

গ. উপরে উঠানোর সময় সূতার টান কত?

ঘ. বস্তুটিকে উঠাতে বা নামাতে সূতার টান কর্তৃক বস্তুটির উপর কৃতকাজ কোন ক্ষেত্রে বেশি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

খ সেট : কুমিলা, চট্টগ্রাম, বরিশাল বোর্ড ২০১৮।

৪৯ প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো স্থানে একক আয়তনের বাতাসে উপস্থিত জলীয়বাস্তের পরিমাণকে ঐ স্থানের পরম আর্দ্ধতা বলে।

খ অনুভূমিকের সাথে তির্যকভাবে নিকিণি বস্তুকে প্রাস বলে। কোনো বস্তুকে তির্যকভাবে নিক্ষেপ করলে তা দুটি মাত্রায় দূরত্ব অতিক্রম করে অর্ধাং, বস্তুর গতি বিমাত্রিক হয়। তাই প্রাসের গতি বিমাত্রিক এখন বস্তুকে আড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে বস্তুর গতি একমাত্রিক হয় কিন্তু সংজ্ঞা অনুসারে তা আর প্রাস থাকে না। অতএব প্রাসের গতি বিমাত্রিক হলেও একমাত্রিক হতে পারে না।



১ উদ্দীপক অনুসারে, উপরে উঠানের সময় বস্তুটির উর্ধ্বমুখী ডুরণ, $a = 2.2 \text{ m s}^{-2}$

আমরা জানি, নিম্নমুখী অভিকর্ষজ ডুরণ, $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

$$\therefore \text{বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল নিট ডুরণ}, a_T = a + g \\ = (2.2 + 9.8) \text{ m s}^{-2} \\ = 12 \text{ m s}^{-2}$$

$$\therefore \text{সুতার টান}, T = ma_T \\ = (2 \times 12) \text{ N} = 24 \text{ N} \quad \begin{array}{l} \text{এখানে,} \\ \text{বস্তুর ভর, } m = 2 \text{ kg} \end{array}$$

অতএব, উপরে উঠানের সময় সুতার টান 24 N।

২ উপরে উঠানের সময় সুতার টান, $T = 24 \text{ N}$ [গ-হতে]

$$\therefore \text{উপরে উঠাতে কৃতকাজ}, W_U = T's \\ = (24 \times 5) \text{ J} \quad \begin{array}{l} \text{এখানে,} \\ \text{সরণ, } s = 5 \text{ m} \end{array}$$

নামানোর সময় বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল নিট ডুরণ,

$$a_T' = g - a \\ = (9.8 - 2.2) \text{ m s}^{-2} \quad \begin{array}{l} \text{এখানে,} \\ \text{নিম্নমুখী ডুরণ, } a = 2.2 \text{ m s}^{-2} \end{array}$$

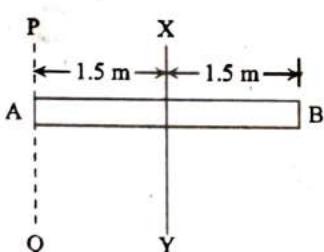
$$\therefore \text{সুতার টান}, T' = ma_T' \\ = 2 \times 7.6 \text{ N} \quad \begin{array}{l} \text{বস্তুর ভর, } m = 2 \text{ kg} \\ = 15.2 \text{ N} \quad \text{এই টান উর্ধ্বমুখী} \end{array}$$

নামানোর সময় বস্তুর নিম্নমুখী সরণ, $s' = 5 \text{ m}$

\therefore নামানোর সময় কৃতকাজ, $W_D = T's' = 15.2 \times 5 \text{ N} = -76 \text{ N}$
এখানে ঝণাঝক চিহ্ন বলের বিপরীতে কাজ নির্দেশ করে।

$\therefore W_U > W_D$ অর্থাৎ, বস্তুটিকে উঠাতে সুতার টান কর্তৃক কৃতকাজ বেশি হবে।

১০. প্রয়োগ



চিত্রের দণ্ডের ভর 3 kg, XY ঘূর্ণন অক্ষ।

ক. অশ্ব ক্ষমতা কাকে বলে?

খ. কঠির বস্তুর আন্তঃআণবিক বলই স্থিতিস্থাপকতার কারণ – ব্যাখ্যা কর।

গ. দণ্ডটিকে XY অক্ষের সাপেক্ষে ঘূরালে চক্রগতির ব্যাসার্ধ কত হবে?

ঘ. XY অথবা PQ-কোন অক্ষ সাপেক্ষে দণ্ডটিকে ঘূরানো অধিকতর সহজ হবে, গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

[ৰ সেট : কৃষ্ণলা, চট্টগ্রাম, বরিশাল বোর্ড ২০১৮]

১০.১ প্রয়োগের উত্তর

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

খ স্থিতিস্থাপকতা হচ্ছে বস্তুকে বিকৃত করলে তার আগের অবস্থায় ফিরে যাওয়ার ধর্ম। আন্তঃআণবিক শক্তি হচ্ছে দুটি অণুর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ। এখন একটি কঠিন বস্তুকে বিকৃত করলে বা প্রসারিত করলে অণুসমূহের মধ্যে দূরত্ব বাঢ়ে। বল অপসারণ করলে আন্তঃআণবিক আকর্ষণের দরুন অণুগুলো আবার কাছে চলে আসে এবং পূর্বের অবস্থা প্রাপ্ত হয়। অতএব, বলা যায়, কঠিন বস্তুর আন্তঃআণবিক বলই স্থিতিস্থাপকতার কারণ।

১ উদ্দীপকের দণ্ডটি একটি সরু সূৰম দণ্ড XY যার মধ্যবিন্দু দিয়ে অভিলম্বভাবে গমনকারী অক্ষ।

এখানে, দণ্ডের দৈর্ঘ্য, $I = (1.5 + 1.5) \text{ m} = 3 \text{ m}$
দণ্ডের ভর, $M = 3 \text{ kg}$

চক্রগতির ব্যাসার্ধ, $K = ?$

$$\text{শর্তনুসারে, } MK^2 = \frac{MI^2}{12}$$

$$\text{বা, } K^2 = \frac{I^2}{12}$$

$$\text{বা, } K = \frac{I}{\sqrt{12}} = \frac{3}{\sqrt{12}} \text{ m} = 0.87 \text{ m}$$

অতএব, দণ্ডটিকে XY অক্ষের সাপেক্ষে ঘূরালে চক্রগতির ব্যাসার্ধ 0.87 m হবে।

২ যে অক্ষের সাপেক্ষে ঘূরালে জড়ত্বার ভ্রামক কম হয় তার সাপেক্ষে ঘূরানো অধিকতর সহজ।

এখানে, XY ও PQ হচ্ছে যথাক্রমে মধ্যবিন্দু ও প্রান্তবিন্দু দিয়ে অভিলম্বভাবে গমনকারী অক্ষ।

৩ XY অক্ষের জড়ত্বার ভ্রামক,

$$I_{XY} = \frac{MI^2}{12} = \frac{3 \times 3^2}{12} \text{ kg m}^2$$

$$\therefore I_{XY} = 2.25 \text{ kg m}^2$$

এখানে,

দণ্ডের ভর, $M = 3 \text{ kg}$
দণ্ডের দৈর্ঘ্য, $I = 3 \text{ m}$

$$\text{PQ অক্ষের সাপেক্ষে জড়ত্বার ভ্রামক, } I_{PQ} = \frac{MI^2}{3} = \frac{3 \times 3^2}{3} \text{ kg m}^2$$

$$\therefore I_{PQ} = 9 \text{ kg m}^2$$

যেহেতু $I_{XY} < I_{PQ}$ অতএব, দণ্ডটিকে XY অক্ষ সাপেক্ষে ঘূরানো অধিকতর সহজ হবে।

১১. ইচ্যুসিপি পরীক্ষা ২০১৭ এর প্রশ্ন ও উত্তর

১ ইচ্যু ১১। রাস্তার কোনো এক বাঁকের ব্যাসার্ধ 50 m এবং রাস্তার উভয় পার্শ্বের উচ্চতার পার্থক্য 0.5 m, রাস্তার প্রস্থ 5 m.

ক. কেন্দ্রমুখী বল কাকে বলে?

১

খ. “জড়ত্বার ভ্রামক 50 kg m^2 ” বলতে কী বোঝা?

২

গ. রাস্তার প্রকৃত ব্যাংকিং কোণ কত?

৩

ঘ. উদ্দীপকের রাস্তায় 108 km/h বেগে একটি গাড়ি নিরাপদে চালানো সম্ভব কি-না— গাণিতিকভাবে যাচাই কর।

৪

[ৱা. বো. '১৭]

১১.১ প্রয়োগের উত্তর

১ কোনো বস্তু বৃত্ত ক্ষেত্রের পথে গতিশীল ধাকার জন্য বৃত্তের কেন্দ্রের দিকে যে বল ক্রিয়া করে তাকে কেন্দ্রমুখী বল বলে।

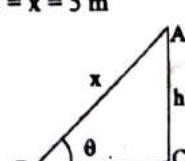
২ জড়ত্বার ভ্রামক 50 kg m^2 বলতে বুঝায় একটি দৃঢ় বস্তু কেন্দ্রে একটি স্থির অক্ষের চারদিকে আবর্তিত হতে ধাকলে ঐ অক্ষ হতে বস্তুটির প্রতিটি কণার দূরত্বের বর্গ এবং এদের প্রত্যেকের ভরের গুণফলের সমষ্টি 50 kg m^2 ।

৩ এখানে, রাস্তার পার্থ দুটি A ও B হলে, $AB = x = 5 \text{ m}$
উভয় পার্শ্বের উচ্চতার পার্থক্য, $h = 0.5 \text{ m}$

$$\therefore \text{ব্যাংকিং কোণ } \theta \text{ হলে, } \sin \theta = \frac{h}{x}$$

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

$$= \sin^{-1} \left(\frac{0.5}{5} \right) = 5.74^\circ$$



অতএব, রাস্তার প্রকৃত ব্যাংকিং কোণ 5.74° ।

এখানে, গাড়ির বেগ, $v = 108 \text{ km h}^{-1}$
 $= \frac{108 \times 1000}{3600} \text{ m s}^{-1} = 30 \text{ m s}^{-1}$

বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 50 \text{ m}$; অভিকর্জন ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$
 গাড়িটিকে নিরাপদে বাঁক নিতে প্রয়োজনীয় ব্যাংকিং কোণ θ_1 হলে,

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

বা, $\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{v^2}{rg} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{(30 \text{ m s}^{-1})^2}{50 \text{ m} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}} \right) = 61.43^\circ$

বিন্দু, রাস্তাটির প্রকৃত ব্যাংকিং কোণ $\theta = 5.74^\circ$ ['গ' নং খেকে প্রাপ্ত]
 এখানে, $\theta_1 > \theta$

অতএব, উচীপকের রাস্তায় 108 km h^{-1} বেগে একটি গাড়ি নিরাপদে চলানো সম্ভব নয়।

১২৮. 30 g তরের একটি মার্বেল 10 m s^{-1} বেগে সোজা গিয়ে একটি স্থির মার্বেলকে ধাক্কা দেয়। ধাক্কার পর মার্বেলটি তার 75% বেগ হারায় এবং স্থির মার্বেলটি 9 m s^{-1} বেগ লাভ করে স্থির অবস্থান থেকে 3 m দূরে একটি মাটির দেয়ালকে ধাক্কা দেয়, মাটির দেয়ালের বাধাদানকারী বল 3 N । (বাতাসের বাধা উপেক্ষা করে)।

- ক. স্থিতিস্থাপক ক্রান্তি কাকে বলে? ১
 খ. পরিমাপের সকল যন্ত্রে পিছট তুটি থাকবে কি-না ব্যাখ্যা কর। ২
 গ. স্থির মার্বেলটির ভর নির্ণয় কর। ৩
 ঘ. মার্বেলটি দেয়ালের ভিতর ঢুকতে পারবে কি-না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

[য. বো. '১৭]

১২৯. প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বস্তু বা তারের উপর ক্রমাগত পীড়নের হাস বৃদ্ধি করলে স্থিতিস্থাপকতা ধর্ম হাস পায়। এর ফলে বল অপসারণের সাথে সাথে বস্তু পূর্বের অবস্থা ফিরে পায় না। কিছুটা দেরী হয়। বস্তুর এ অবস্থাই স্থিতিস্থাপক ক্রান্তি।

খ. যে সকল যন্ত্র ক্লু-নাট নৈতির উপর ভিত্তি করে তৈরি যে সকল যন্ত্র অপব্যবহারের ফলে এক ধরনের তুটি দেখা যায়। দীর্ঘদিন ব্যবহার বা অপব্যবহারের ফলে নাটের প্যাচ বা ক্লু ক্ষয় হয়ে আলগা হয়ে যায়। ফলে ক্লু উত্তর দিকে একই পরিমাণ ঘূর্ণনের ফলে একই পরিমাণ দূরত্ব অতিক্রম করে না। এ ধরনের তুটিকে পিছট তুটি বলা হয়। পাঠ নেওয়ার সময় ক্লুকে একই দিকে ঘূরিয়ে একটু অলেকা করে পাঠ নিয়ে এ তুটি পরিহার করা যায়। সুতরাং, আমরা বলতে পারি পরিমাপের সকল যন্ত্রে পিছট তুটি থাকবে না। চূড়ান্ত যে সকল যন্ত্র ক্লু-নাট নৈতির উপর ভিত্তি করে তৈরি সে সকল যন্ত্রে পিছট তুটি থাকবে।

গ. এখানে, ১ম মার্বেলের ভর, $m_1 = 30 \text{ g} = 0.03 \text{ kg}$
 ১ম মার্বেলের আবির্বেগ, $u_1 = 10 \text{ m s}^{-1}$
 ১ম মার্বেলের শেষবেগ, $v_1 = u_1 - \frac{75}{100} u_1$
 $= \frac{25 u_1}{100} = \frac{u_1}{4} = \frac{10 \text{ m s}^{-1}}{4} = 2.5 \text{ m s}^{-1}$

২য় মার্বেলের ভর = m_2 (ধরি)

২য় মার্বেলের আবির্বেগ, $u_2 = 0 \text{ m s}^{-1}$

২য় মার্বেলের শেষবেগ, $v_2 = 9 \text{ m s}^{-1}$

এখন, ত্বরণের সংরক্ষণ সূত্রানুযায়ী,

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

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

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

বা, $m_2 = \frac{m_1 (v_1 - u_1)}{u_2 - v_2} = \frac{0.03 \text{ kg} (2.5 \text{ m s}^{-1} - 10 \text{ m s}^{-1})}{0 \text{ m s}^{-1} - 9 \text{ m s}^{-1}}$
 $= \frac{1}{40} \text{ kg} = \frac{1 \times 1000}{40} \text{ g} = 25 \text{ g}$

অতএব, স্থির মার্বেলটির ভর 25 g ।

ঘ. এখানে, মার্বেলটির অতিক্রম দূরত্ব, $s = 3 \text{ m}$

মার্বেলটির ভর, $m = 25 \text{ g} = \frac{1}{40} \text{ kg}$ ['গ' নং খেকে প্রাপ্ত]

মার্বেলটির শেষবেগ, $v = 9 \text{ m s}^{-1}$

আবির্বেগ, $u = 0 \text{ m s}^{-1}$

∴ মার্বেলটির ত্বরণ a হলে, আবার, $v^2 = u^2 + 2as$

বা, $9^2 = 0^2 + 2 \times a \times 3$

বা, $a = \frac{81}{6} \text{ m s}^{-2}$

∴ দেয়ালকে আঘাত করার মুহূর্তে মার্বেলটির প্রয়োগকৃত বল,

$$F = ma = \frac{1}{40} \text{ kg} \times \frac{81}{6} \text{ m s}^{-2} = 0.3375 \text{ N}$$

মাটির দেয়ালের বাধাদানকারী বল, $F_1 = 3 \text{ N}$

এখানে, $F < F_1$

অতএব, মার্বেলটি দেয়ালের ভিতর ঢুকতে পারবে না।

১৩০. 142 cm এবং 122 cm ব্যাসের দুটি বৈদ্যুতিক পাখা বানানো হলো। প্রথমটি মিনিটে 150 বার ও দ্বিতীয়টি মিনিটে 180 বার ঘুরে। সুইচ বন্ধ করার 2 s পর উভয় পাখা থেমে যায়।

ক. টর্কের সংজ্ঞা লিখ। ১

খ. ঘূর্ণন গতির ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক বস্তুর ভরের সমতুল্য— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রথম পাখাটির প্রাতিবিন্দুতে কেন্দ্ৰমুক্তি ত্বরণ হিসাব কর। ৩

ঘ. সুইচ বন্ধ করার পর থেমে যাওয়ার আগ পর্যন্ত উভয় পাখাই কি সমান সংখ্যাকৰণ ঘুরে থেমেছে— যাচাই কর। ৪

[ক. বো. '১৭]

১৩১. প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বস্তুর অবস্থান ভেটের এবং ঐ বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বলের ভেটের গুণনকে টর্ক বলে।

খ. একটি দৃঢ় বস্তু কোনো একটি স্থির অক্ষের চারদিকে আবর্তিত হতে থাকলে ঐ অক্ষের সাপেক্ষে বস্তুটির জড়তার ভ্রামক বলতে অক্ষ হতে প্রতিটি কণার দূরত্বের বর্গ ও এদের প্রত্যেকের ভরের গুণফলের সমষ্টিকে বুঝায়। ঘূর্ণায়ন বস্তুর গতিশক্তি E , ঘূর্ণনগতি ω এবং জড়তার ভ্রামক I হলে আমরা জানি, $E = \frac{1}{2} I\omega^2$ ।

আবার, m ভরের কোনো বস্তুর রৈখিক বেগ v হলে,

$$\text{গতিশক্তি, } E = \frac{1}{2} mv^2$$

সমীকরণ দুটি তুলনা করে বলা যায়, ঘূর্ণন গতির ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক বস্তুর ভরের সমতুল্য।

ঘ. এখানে, প্রথম পাখার ব্যাস = 142 cm

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

ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 150$

সময়, $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$

$$\therefore \text{কৌণিক বেগ}, \omega_0 = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2\pi \times 150}{60 \text{ s}} = 5\pi \text{ rad s}^{-1}$$

$$\therefore \text{কেন্দ্ৰমুক্তি ত্বরণ}, a = \omega_0^2 r = (5\pi)^2 \times 0.71 = 175.19 \text{ m s}^{-2}$$

অতএব, প্রথম পাখাটির প্রাতিবিন্দুতে কেন্দ্ৰমুক্তি ত্বরণ 175.19 m s^{-2} ।

- ১) এখানে, প্রথম পাখার কৌণিক বেগ, $\omega_0 = 5\pi \text{ rad s}^{-1}$
 [‘গ’ নং থেকে প্রাপ্ত]
 সময়, $t = 2 \text{ s}$

প্রথম পাখার শেষ কৌণিক বেগ, $\omega = 0$

$$\therefore \text{প্রথম পাখার কৌণিক সরণ}, \theta = \left(\frac{\omega_0 + \omega}{2} \right) t \\ = \left(\frac{5\pi \text{ rad s}^{-1} + 0}{2} \right) \times 2 \text{ s} \\ = 5\pi \text{ rad}$$

∴ থেমে যাওয়ার আগে প্রথম পাখাটির ঘূর্ণন সংখ্যা,

$$N_1 = \frac{\theta}{2\pi} = \frac{5\pi}{2\pi} = 2.5 \text{ rev}$$

২য় পাখাটির ব্যাস = 122 cm

$$\therefore \text{ব্যাসার্ধ}, r = \frac{122}{2} \text{ cm} = 61 \text{ cm} = 0.61 \text{ m}$$

ঘূর্ণন সংখ্যা, $N' = 180$

সময়, $t' = 60 \text{ s}$

$$\therefore 2\text{য় পাখাটির আদি কৌণিক বেগ}, \omega_0' = \frac{2\pi N'}{t'} \\ = \frac{2\pi \times 180}{60 \text{ s}} = 6\pi \text{ rad s}^{-1}$$

২য় পাখার শেষ কৌণিক বেগ, $\omega' = 0$

$$\therefore 2\text{য় পাখাটির কৌণিক সরণ}, \theta' = \left(\frac{\omega_0' + \omega'}{2} \right) t' \\ = \left(\frac{6\pi \text{ rad s}^{-1} + 0}{2} \right) \times 2 \\ = 6\pi \text{ rad}$$

∴ থেমে যাওয়ার আগে ২য় পাখাটির ঘূর্ণন সংখ্যা,

$$N_2 = \frac{\theta'}{2\pi} = \frac{6\pi}{2\pi} = 3 \text{ rev}$$

এখানে, $N_1 \neq N_2$

অতএব, থেমে যাওয়ার আগে পর্যন্ত উভয় পাখা সমান সংখ্যক বার ঘূরনি।

বিষয় ১৪ মিটার গেজ ও ব্রডগেজ রেল লাইনের দুটি পাতের মধ্যবর্তী দূরত্ব যথাক্রমে 0.8 m ও 1.3 m। যে স্থানে বাঁকের ব্যাসার্ধ 500 m এই স্থানে লাইনগুলোর মধ্যে উচ্চতার পার্শ্বক্ষয় যথাক্রমে 7.00 cm ও 11.37 cm।

ক. টুক কাকে বলে?

খ. ‘সমান ভরের দুটি বক্তুর স্থিতিস্থাপক সংবর্ধ হলে তারা বেগ বিনিয়য় করে’ – ব্যাখ্যা কর।

গ. ১ম লাইনের ব্যাংকিং কোণ কত?

ঘ. কোন লাইনে রেলগাড়ি অধিক দুরতার সাথে বাঁক নিতে পারবে – গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মন্তব্য কর।

[পি. বো. '১৭]

১৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বক্তুর অবস্থান ভেটার এবং ঐ বক্তুর উপর ক্রিয়াশীল বলের ভেটার গুণকে টুক বলে।

খ. আমরা জানি, যে সংবর্ধের আগে ও পরে দুটি বক্তুর আপেক্ষিক বেগ অপরিবর্তিত থাকে তাকে স্থিতিস্থাপক সংবর্ধ বলে। এক্ষেত্রে সংবর্ধের পূর্বের ভরবেগ ও সংবর্ধের পরের ভরবেগ সমান হয়। এমনকি সংবর্ধের পূর্বের ও পরের গতিশক্তিও সমান হয়। তখন বক্তুর ভর সমান হলে অবশ্যই এদের বেগ পরস্পর বিনিয়য় হয়। তা না হলে ভরবেগ সমান হতো না।

- ১) এখানে, ১ম লাইনের দুটি পাতের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $AB = x = 0.8 \text{ m} = 80 \text{ cm}$

লাইনের উচ্চতার পার্শ্বক্ষ, $AC = h = 700 \text{ cm}$
 এখন, ব্যাংকিং কোণ θ হলে,

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

$$\text{বা, } \theta = \sin^{-1} \left(\frac{h}{x} \right) = \sin^{-1} \left(\frac{7}{80} \right) = 5.02^\circ$$

অতএব, ১ম লাইনের ব্যাংকিং কোণ 5.02° ।

- ২) এখানে, বাঁকের বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 500 \text{ m}$
 ১ম লাইনের ব্যাংকিং কোণ, $\theta = 5.02^\circ$

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

∴ ১ম লাইনে রেলগাড়ি সর্বোচ্চ v_1 বেগে বাঁক নিতে পারলে,

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

$$\text{বা, } \tan 5.02^\circ = \frac{v_1^2}{500 \text{ m} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}}$$

$$\text{বা, } v_1 = \sqrt{0.0878 \times 500 \times 9.8 \text{ m s}^{-1}} = 20.74 \text{ m s}^{-1}$$

২য় লাইনে দুটি পাতের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $PQ = x' = 1.3 \text{ m} = 130 \text{ cm}$

উচ্চতার পার্শ্বক্ষ, $PR = h' = 11.37 \text{ cm}$

∴ ব্যাংকিং কোণ θ' হলে,

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

$$\text{বা, } \theta' = \sin^{-1} \left(\frac{h'}{x'} \right)$$

$$= \sin^{-1} \left(\frac{11.37}{130} \right) = 5.02^\circ$$

২য় লাইনে রেলগাড়ি সর্বোচ্চ v_2 বেগে বাঁক নিতে পারলে,

$$\tan \theta' = \frac{v_2^2}{rg}$$

$$\text{বা, } \tan 5.02^\circ = \frac{v_2^2}{500 \text{ m} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}}$$

$$\text{বা, } v_2 = \sqrt{0.0878 \times 500 \times 9.8 \text{ m s}^{-1}} = 20.74 \text{ m s}^{-1}$$

এখানে, $v_1 = v_2$

অতএব, উভয় লাইনে রেলগাড়ি সমান বেগে বাঁক নিতে পারবে।

বিষয় ১৫ 60 kg ভরের একজন নৃত্যশিল্পী দুহাত প্রসারিত করে মিনিটে 20 বার ঘূরতে পারেন। তিনি একটি সংগীতের সাথে তাল মেলানোর চেষ্টা করছিলেন।

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কী?

খ. নিজ অঙ্কের চারদিকে ঘূর্ণায়মান কোনো ব্যক্তির জড়তার ভ্রামক অর্ধেক হলে কৌণিক গতি রিগুল হয় – এর তাৎপর্য লেখ।

গ. নৃত্যশিল্পীকে সংগীতের সাথে একতানিক হতে মিনিটে 30 বার ঘূরলে জড়তার ভ্রামকব্যয়ের তুলনা কর।

ঘ. উদ্ধীপকের নৃত্যশিল্পীর পরিবর্তিত কৌণিক গতিশক্তি রিগুল হবে কি? বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও।

[বি. বো. '১৭]

১৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো দৃঢ় বক্তুর সময় তর যদি একটি বিস্তৃতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অঙ্কের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বক্তুর কণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

মুক্তির আমরা জানি, নিজ অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণযান কোনো ব্যক্তির জড়তার আমক I, কৌণিক বেগ ω এবং কৌণিক তরবেগ L হলে,

$$L = I\omega$$

$$\text{বা, } \omega = \frac{L}{I}$$

এখন, জড়তার আমক অর্থেক অর্থাৎ $\frac{1}{2}$ হলে, পরিবর্তিত কৌণিক বেগ,

$$\omega_1 = \frac{L}{\frac{1}{2}} = \frac{2L}{I} = 2 \frac{L}{I} = 2\omega$$

অর্থাৎ, নিজ অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণযান ব্যক্তির জড়তার আমক অর্থেক হলে কৌণিক গতি বিগুপ হয়।

মুক্তির আমরা, সময়, $t_1 = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$; ঘূর্ণন সংখ্যা, $N_1 = 20$

জড়তার আমক = I_1 ; কৌণিক বেগ = ω_1

২য় ক্ষেত্রে, সময়, $t_2 = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$; ঘূর্ণন সংখ্যা, $N_2 = 30$

জড়তার আমক = I_2 ; কৌণিক বেগ = ω_2

আমরা জানি, $I_1\omega_1 = I_2\omega_2$

$$\text{বা, } I_1 \cdot \frac{2\pi N_1}{t_1} = I_2 \cdot \frac{2\pi N_2}{t_2}$$

$$\text{বা, } I_1 N_1 = I_2 N_2 [\because t_1 = t_2]$$

$$\text{বা, } \frac{I_1}{I_2} = \frac{30}{20} = \frac{3}{2}$$

$$\therefore I_1 : I_2 = 3 : 2$$

মুক্তির আমরা, সময়, $t_1 = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$; ঘূর্ণন সংখ্যা, $N_1 = 20$;

কৌণিক বেগ = ω_1 ; জড়তার আমক = I_1 ; গতিশক্তি = E_1

২য় ক্ষেত্রে, সময়, $t_2 = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$; ঘূর্ণন সংখ্যা, $N_2 = 30$

কৌণিক বেগ = ω_2 ; জড়তার আমক = I_2 ; গতিশক্তি = E_2

আমরা জানি, $E_1 = \frac{1}{2} I_1 \omega_1^2$ এবং $E_2 = \frac{1}{2} I_2 \omega_2^2$

$$\therefore \frac{E_2}{E_1} = \frac{I_2 \omega_2^2}{I_1 \omega_1^2}$$

$$= \frac{2}{3} \left(\frac{2\pi N_2}{t_2} \right)^2 \times \left(\frac{t_1}{2\pi N_1} \right)^2$$

$$= \frac{2}{3} \left(\frac{30}{20} \right)^2 = \frac{2}{3} \times \frac{9}{4} = \frac{3}{2} = 1.5$$

$$\text{বা, } E_2 = 1.5 E_1$$

সুতরাং ট্রাইপকের নতুন শিল্পীর পরিবর্তিত কৌণিক গতিশক্তি বিগুপ হবে না।

মুক্তির আমরা, রেকর্ডিং কাজে ব্যবহৃত একটি ফোনের রেকর্ড প্রতি মিনিটে 10টি ঘূর্ণন সম্পর্ক করে। এতে 2টি ট্রায়াক এর ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 6 cm এবং 8 cm।

ক. জড়তার সংজ্ঞা দিখ।

মুক্তির আমরা জানি, কোনো বস্তু একটি বিন্দু হতে যাত্রা শুরু করে আবার যদি সেই বিন্দুতে কিন্তে আসে তাহলে তার সরণ শূন্য হয়।

$$\text{আমরা জানি, গড় বেগ} = \frac{\text{মোট সরণ}}{\text{মোট সময়}}$$

এক্ষেত্রে মোট সরণ শূন্য হলে গড়বেগও শূন্য হবে।

$$\text{অন্যদিকে, গড় দ্রুতি} = \frac{\text{মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব}}{\text{মোট সময়}}$$

কিন্তু, মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব কখনই শূন্য হতে পারে না। তাই গড় দ্রুতির মান শূন্য হয় না।

মুক্তির আমরা, ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 10$; সময়, $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$

১য় ট্র্যাকের ব্যাসার্ধ, $r_1 = 6 \text{ cm} = 0.06 \text{ m}$

২য় ট্র্যাকের ব্যাসার্ধ, $r_2 = 8 \text{ cm} = 0.08 \text{ m}$

∴ ফোনের রেকর্ডিটির কৌণিক দ্রুতি,

$$\omega = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2\pi \times 10}{60 \text{ s}} = \frac{\pi}{3} \text{ rad s}^{-1}$$

∴ ১য় ট্র্যাকের রৈখিক দ্রুতি, $v_1 = \omega r_1$

$$= \left(\frac{\pi}{3} \times 0.06 \right) \text{ m s}^{-1} = 0.0628 \text{ m s}^{-1}$$

২য় ট্র্যাকের রৈখিক দ্রুতি, $v_2 = \omega r_2$

$$= \left(\frac{\pi}{3} \times 0.08 \right) \text{ m s}^{-1} = 0.0838 \text{ m s}^{-1}$$

অতএব, ফোন এর ট্র্যাক দুটির রৈখিক দ্রুতি যথাক্রমে 0.0628 m s⁻¹ ও 0.0838 m s⁻¹।

মুক্তির আমরা, প্রথম ক্ষেত্রে, কৌণিক দ্রুতি, $\omega = \frac{\pi}{3} \text{ rad s}^{-1}$ [গ হতে]

কৌণিক দ্রুতি 10% বৃদ্ধি পেয়ে হবে,

$$\omega' = \left(\frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{3} \text{ এর } 10\% \right) \text{ rad s}^{-1} = \frac{11\pi}{30} \text{ rad s}^{-1}$$

এখন, $\frac{\omega'}{\omega} = \frac{2\pi f'}{2\pi f} = \frac{f'}{f}$

$$\text{বা, } \frac{f'}{f} = \frac{11\pi}{30} \times \frac{3}{\pi} = \frac{11}{10}$$

বা, $f' > f$

বা, $f'^2 > f^2$

আমরা জানি, $I \propto f^2$ (1)

এবং $I' \propto f'^2$ (2)

$$\therefore \frac{I'}{I} = \frac{f'^2}{f^2} = \frac{121}{100}$$

$$\text{বা, } I' = \frac{121}{100} I$$

∴ তীব্রতার পরিবর্তন = $I' - I = \frac{121}{100} I - I = \frac{21}{100} I = I$ এর 21%

∴ শব্দের তীব্রতা 21% বৃদ্ধি পাবে।

মুক্তির আমরা, নয়ন 25 g ডরের একটি পাথরখনকে 1 m দীর্ঘ একটি সুতার সাহায্যে বৃত্তাকার পথে ঘূরাছে। পাথর খনটি প্রতি সেকেন্ডে 5 বার ঘূরাছে। পাথরের ঘূর্ণন সংখ্যা একই রেখে সুতার দৈর্ঘ্য বিগুপ করা হলো। সুতা সর্বাধিক 40 N বল সহ্য করতে পারে।

ক. কৌণিক বেগ কী?

খ. পরম শূন্য তাপমাত্রায় গ্যাসের সকল অণু স্থির থাকে— ব্যাখ্যা কর।

গ. প্রথম ক্ষেত্রে পাথরটির কৌণিক তরবেগ নির্ণয় কর।

ঘ. নয়ন সুতার দৈর্ঘ্য বিগুপ করে ঘূর্ণন সকলভাবে সম্পর্ক করতে পারবে কি-না— গাণিতিকভাবে যাচাই কর।

[বি. বো. '১৭]

১৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বস্তুর অবস্থান অন্য একটি প্রসঙ্গ বস্তুর সাপেক্ষে জানতে হলো ঐ প্রসঙ্গ বস্তুর সঙ্গে যে স্থানাঙ্ক ব্যবস্থা সংযুক্ত আছে ধরে নিতে হয়, তাকে প্রসঙ্গ কাঠামো বলে।

[বি. বো. '১৭]

৪


১৭নং অধ্যের উত্তর

১ সময় ব্যবহান শূন্যের কাছাকাছি ($\Delta t \rightarrow 0$) হলে কৌণিক সরণের পরিবর্তনের হারকে কৌণিক বেগ বলে।

২ গ্যাসের অণুসমূহের গতিশক্তি তাপমাত্রার সমানুপাতিক। তাপমাত্রা বাড়লে গতিশক্তি বাড়বে। তাপমাত্রা কমালে গতিশক্তি কমবে। গ্যাসের গতিতত্ত্বানুসারে পরম শূন্য তাপমাত্রায় গতিশক্তি শূন্য। তাই পরম শূন্য তাপমাত্রায় গ্যাস অণুসমূহ পূর্ণ স্থিতাবস্থায় থাকে।

৩ আমরা জানি,

$$\begin{aligned} L &= I\omega \\ &= I \times 2\pi f \quad [\because \omega = 2\pi f] \\ &= I \times 2\pi \times \frac{N}{t} \quad [\because f = \frac{N}{t}] \\ &= mr^2 \times 2\pi \times \frac{N}{t} \quad [\because I = mr^2] \\ &= 0.025 \times (1)^2 \times 2 \times 3.1416 \times \frac{5}{1} \\ &= 0.7854 \text{ kgm}^2\text{s}^{-1} \end{aligned}$$

সূতরাং, পাথরটির কৌণিক ভরবেগ $0.7854 \text{ kgm}^2\text{s}^{-1}$ ।

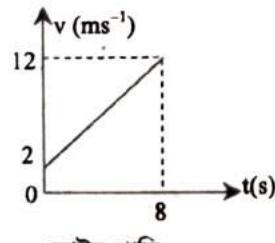
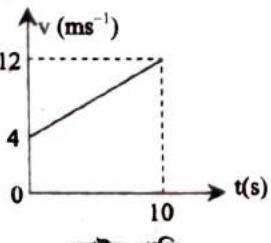
৪ আমরা জানি,

$$\begin{aligned} T &= m\omega^2 r \\ &= m \left(\frac{2\pi N}{t} \right)^2 \times r \\ &= 0.025 \times \left(\frac{2 \times 3.1416 \times 5}{1} \right)^2 \times 2 \\ &= 49.348 \text{ N} > 40 \text{ N} \end{aligned}$$

যেহেতু, সূতার সর্বাধিক 40 N বল সহ্য করতে পারে। তাই সূতার দৈর্ঘ্য ছিপুন করলে ঘূর্ণন সফলভাবে সম্পন্ন করা যাবে না।

৫ এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৬ এর প্রশ্ন ও উত্তর

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



ক. বল ধ্রুবক কাকে বলে?

খ. অভিকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল কেন ব্যাখ্যা কর।

গ. ১ম মোটর গাড়ি 5 s এ কত দূরত্ব অতিক্রম করে নির্ণয় কর।

ঘ. গাড়ি দুটি কর্তৃক প্রযুক্ত বলের তুলনা করে তোমার মতামত দাও।

১

২

৩

৪

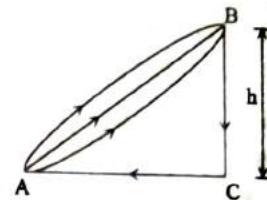
[ডা. ১৬]

১৮নং অধ্যের উত্তর

১ কোনো স্প্রিং-এর যুক্ত প্রাতের একক সরণ ঘটানো হলে স্প্রিংটি সরণের বিপরীত দিকে যে বল প্রয়োগ করে তাকে ঐ স্প্রিং-এর স্প্রিং ধ্রুবক বা বল ধ্রুবক বলে।

২ আমরা যদি কোনো বস্তুকে অভিকর্ষের বিরুদ্ধে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করি, তবে এটি পুনরায় আমাদের হাতে ফিরে আসবে। এক্ষেত্রে বস্তুটির হাত থেকে নিষ্কিণ্ঠ হয়ে পুনরায় হাতে ফিরে আসা এই পূর্ণক্ষেত্রে বস্তুটির উপর অভিকর্ষ বলের সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য। m ভরের একটি বস্তুকে তৃপ্তিটে A বিন্দু থেকে h উচ্চতায় B বিন্দুতে উঠালে অভিকর্ষ বলের জন্য কৃত কাজ অণুমত হয়। বস্তুটি যে পথেই উঠানো হোক না কেন সকল ক্ষেত্রেই এই কাজের মান হয় mgh ।

অতএব, অভিকর্ষ বল আরা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কেবল বিন্দু দূর্তির অবস্থানের উপর নির্ভরশীল, কণাটির গতি পথের উপর নয়। তাই অভিকর্ষ বল একটি সংরক্ষণশীল বল।



৩ আমরা জানি,

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{v_1 - u_1}{t_1} \\ &= \frac{12 \text{ m s}^{-1} - 4 \text{ m s}^{-1}}{10 \text{ s}} \\ \therefore a_1 &= 0.8 \text{ m s}^{-2} \end{aligned}$$

এখন, $t = 5 \text{ s}$ সময়ে ১ম মোটর গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্ব s হলে,

$$\begin{aligned} s &= u_1 t + \frac{1}{2} a_1 t^2 \\ &= 4 \text{ m s}^{-1} \times 5 \text{ s} + \frac{1}{2} \times 0.8 \text{ m s}^{-2} \times (5 \text{ s})^2 \\ &= 30 \text{ m} \end{aligned}$$

অতএব, ১ম মোটর গাড়ি 5 s সময়ে 30 m দূরত্ব অতিক্রম করে।

৪ ২য় মোটর গাড়ির ত্বরণ, a_2 হলে,

$$\begin{aligned} a_2 &= \frac{v_2 - u_2}{t_2} \\ &= \frac{12 \text{ m s}^{-1} - 2 \text{ m s}^{-1}}{8 \text{ s}} \\ &= 1.25 \text{ m s}^{-2} \end{aligned}$$

অর্থাৎ, ২য় মোটর গাড়ির ত্বরণ, $a_2 = 1.25 \text{ m s}^{-2}$

'g' হতে প্রাপ্ত,

১ম মোটর গাড়ির ত্বরণ, $a_1 = 0.8 \text{ m s}^{-2}$

উদ্বৃত্তিক অনুসারে,

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

২য় মোটর গাড়ির ভর, $m_2 = 320 \text{ kg}$

উভয় গাড়ির চাকা ও রাস্তার ঘর্ষণজনিত বল, $f_k = 120 \text{ N}$

ধরি, ১ম মোটর গাড়ি কর্তৃক প্রযুক্ত বল F_1 এবং ২য় মোটর গাড়ি কর্তৃক প্রযুক্ত বল, F_2 ।

তাহলে, $F_1 = m_1 a_1 + f_k$

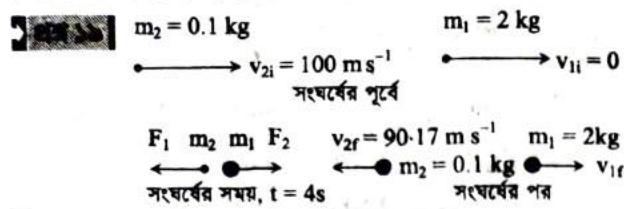
$$\begin{aligned} &= 500 \text{ kg} \times 0.8 \text{ m s}^{-2} + 120 \text{ N} \\ &= 520 \text{ N} \end{aligned}$$

আবার, $F_2 = m_2 a_2 + f_k$

$$\begin{aligned} &= 320 \text{ kg} \times 1.25 \text{ m s}^{-2} + 120 \text{ N} \\ &= 520 \text{ N} \end{aligned}$$

এখনে, $F_1 = F_2$

অতএব, গাড়ি দুটি কর্তৃক প্রযুক্ত বল পরম্পর সমান।



চিত্রের আলোকে নিম্নের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

- ক. ১ পাউন্ডাল বল এর সংজ্ঞা দাও। ১
 খ. অভিকর্ষ এক ধরনের মহাকর্ষ – ব্যাখ্যা কর। ২
 গ. উচ্চীপকের থেকে প্রতিক্রিয়া বল F_1 নির্ণয় কর। ৩
 ঘ. উচ্চীপকের সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক না অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে তোমার মতামত দাও। ৪
 [য. বো. '১৬]

১৯নং প্রশ্নের উত্তর

- ক. যে পরিমাণ বল ১ পাউন্ড ভরের কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত হলে 1 ft s^{-2} ত্বরণ সৃষ্টি করে তাকে ১ পাউন্ডাল বল বলে।

খ. এ মহাবিশ্বের যেকোনো দৃটি বস্তুর মধ্যকার পারস্পরিক আকর্ষণ বলকে মহাকর্ষ বলে। আবার পৃথিবী এবং অন্য যেকোনো বস্তুর মধ্যে যে আকর্ষণ তাকে অভিকর্ষ বলে। পৃথিবী এ মহাবিশ্বেরই অংশ। তাই পৃথিবীর সাথে অন্য কোনো বস্তুর আকর্ষণ বলকেও মহাকর্ষ বলা হয়।
 সুতরাং, অভিকর্ষ এক ধরনের মহাকর্ষ।

- গ. প্রতিক্রিয়া বলের কারণে এখানে,
 দ্বিতীয় বস্তুতে সৃষ্টি ত্বরণ a হলে,
 $a = \frac{v_{2f} - v_{2i}}{t}$
 $= \frac{-90.17 \text{ m s}^{-1} - 100 \text{ m s}^{-1}}{4 \text{ s}}$
 $\therefore a = -47.5425 \text{ m s}^{-2}$
- সংঘর্ষের পূর্বে বেগ, $v_{2i} = 100 \text{ m s}^{-1}$
 সংঘর্ষের পরে বেগ, $v_{2f} = -90.17 \text{ m s}^{-1}$
 সংঘর্ষের সময়, $t = 4 \text{ s}$
 প্রতিক্রিয়া বল, $F_1 = ?$

আলাদাক চিহ্ন দ্বারা বুঝা যায়, দ্বিতীয় বস্তুতে যদন সৃষ্টি হয় যার মান 47.5425 m s^{-2}
 \therefore প্রতিক্রিয়া বল, $F_1 = m_2 a = 0.1 \text{ kg} \times (-47.5425 \text{ m s}^{-2}) = -4.75425 \text{ N}$
 অতএব, উচ্চীপকে অনুসারে প্রতিক্রিয়া বলের মান 4.75425 N ।

- ঘ. এখানে, ১ম বস্তুর ভর, $m_1 = 2 \text{ kg}$
 সংঘর্ষের পূর্বে বেগ, $v_{1i} = 0$; সংঘর্ষের পরে বেগ = v_{1f}
 আবার, ২য় বস্তুর ভর, $m_2 = 0.1 \text{ kg}$
 সংঘর্ষের পূর্বে বেগ, $v_{2i} = 100 \text{ m s}^{-1}$
 সংঘর্ষের পরে বেগ, $v_{2f} = 90.17 \text{ m s}^{-1}$
 ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র অনুসারে, $m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$
 বা, $m_1 \times 0 + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$
 বা, $m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$
 বা, $v_{1f} = \frac{m_2 v_{2i} - m_2 v_{2f}}{m_1}$
 $= \frac{0.1 \text{ kg} \times 100 \text{ m s}^{-1} - 0.1 \text{ kg} \times (-90.17 \text{ m s}^{-1})}{2 \text{ kg}}$
 $\therefore v_{1f} = 9.5085 \text{ m s}^{-1}$

- সংঘর্ষের পূর্বে বস্তু দুটির মোট গতিশক্তি E_1 হলে,
- $$E_1 = \frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2$$
- $= \frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times 0^2 + \frac{1}{2} \times 0.1 \text{ kg} \times (100 \text{ m s}^{-1})^2 = 500 \text{ J}$
- সংঘর্ষের পরে বস্তু দুটির মোট গতিশক্তি E_2 হলে,
- $$E_2 = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2$$
- $= \frac{1}{2} \times 2 \text{ kg} \times (9.5085 \text{ m s}^{-1})^2 + \frac{1}{2} \times 0.1 \text{ kg} \times (-90.17 \text{ m s}^{-1})^2$
- $= 496.94 \text{ J}$

এখানে, $E_1 \neq E_2$
 অর্থাৎ সংঘর্ষের পূর্বে মোট গতিশক্তি এবং সংঘর্ষের পরে মোট গতিশক্তি সমান নয়।

সুতরাং সংঘর্ষের ফলে গতিশক্তি সংরক্ষিত হয় নি।
 অতএব, উচ্চীপকের সংঘর্ষটি অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ।

- বিষয় ১১। ৮ kg ভরের একটি বস্তুকে 0.2 m লম্বা দড়ি দিয়ে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের চারিদিকে 2 rad s^{-1} বেগে ঘূরানো হচ্ছে।

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

[য. বো. '১৬]

২০নং প্রশ্নের উত্তর

- ক. যখন কোনো ব্যবস্থার ওপর প্রযুক্ত নিট বাহ্যিক বল শূন্য হয়, তখন ব্যরস্থাটির মোট ভরবেগ সংরক্ষিত থাকে।

খ. বাঁকা পথে গাড়ি চলার সময় এর উপর ক্রিয়াশীল বস্তুর অভিমুখী জড়তা গাড়িটিকে ধাক্কা দিয়ে উল্টিয়ে ফেলতে পারে। এ জড়তা প্রতিহত করার জন্য গাড়িটিকে একটি কেন্দ্রমুখী বলের সৃষ্টি করতে হয়। এজন্য গাড়িটিকে কাত হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু সমতলে গাড়ি কাত হলে বিপর্যয় ঘটবে। এজন্য রাস্তার বাঁকের ভিতরের প্রান্ত থেকে বাইরের প্রান্ত উচু রাখা হয়।

- গ. আমরা জানি, এখানে, বস্তুর ভর, $m = 8 \text{ kg}$
 $L = m\omega r^2$
 $= 8 \text{ kg} \times (2 \text{ rad s}^{-1}) \times (0.2 \text{ m})^2$
 $= 0.64 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$
 কৌণিক ভরবেগ, $L = ?$

অতএব, ঘূর্ণায়মান বস্তুটির কৌণিক ভরবেগ $0.64 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$ ।

- ঘ. ধরি, বস্তুটির কৌণিক ত্বরণ = α
 \therefore বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল টর্ক τ_1 হলে, এখানে,
 $\tau_1 = I_1 \alpha$
 $= m_1 r^2 \alpha$
 $= 8 \text{ kg} \times (0.2 \text{ m})^2 \times \alpha$
 $\therefore \tau_1 = 0.32 \alpha \text{ Nm}$

বস্তুর ভর অর্ধেক করা হলে, $m_2 = \frac{8 \text{ kg}}{2} = 4 \text{ kg}$
 \therefore বস্তুর উপর প্রযুক্ত টর্ক τ_2 হলে,
 $\tau_2 = I_2 \alpha = m_2 r^2 \alpha = 4 \text{ kg} \times (0.2 \text{ m})^2 \times \alpha$
 $\therefore \tau_2 = 0.16 \alpha \text{ Nm}$

এখন, $\frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{0.16 \alpha}{0.32 \alpha} = 0.5$ বা, $\tau_2 = \frac{\tau_1}{2}$

অতএব, বস্তুর ভর অর্ধেক হলে টর্কের মানও অর্ধেক হবে।

- বিষয় ১২। ২৫০ kg ভরের একটি গাড়ি উল্লুঁতের সাথে 66.42° কোণে আনত একটি রাস্তা ধরে 12.393 m s^{-1} বেগে নিচে নামার সময় গাড়ির চালক ত্বেক করায় 30 m দূরত্ব অতিক্রম করার পর থেমে গেল।

- ক. মহাকর্ষীয় ধ্রুবক কাকে বলে? ১
 খ. মক্কাল অহৈ কোনো বস্তুর মুক্তিবেগ 4.77 km s^{-1} বলতে কি বুঝা? ব্যাখ্যা কর। ২
 গ. গাড়িটি থামাতে বাধাদানকারী বলের মান নির্ণয় কর। ৩
 ঘ. উচ্চীপকে শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি রক্ষিত হবে কী? গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

[য. বো. '১৬]

২১নং প্ৰশ্নের উত্তৰ

১ একক ভৱের দুটি বস্তু কণা একক দূৰত্বে থেকে যে বলে প্ৰস্তৱকৈ আকৰ্ষণ কৱে তাৰ মানকে মহাকাৰীয় ফ্ৰেক বলে।

২ মচুল গ্ৰহে কোনো বস্তুৰ মুক্তিবেগ 4.77 km s^{-1} বলতে বৃৰুজ কোনো বস্তুকে 4.77 km s^{-1} বেগে ভূপৃষ্ঠ থেকে নিকেপ কৱলে মচুল গ্ৰহের আকৰ্ষণ কাটিয়ে মহাশূন্যে চলে যাবে। আৰ ভূপৃষ্ঠে কিৱে আসবে না।

৩ ধৰি, বাধাদানকাৰী বলেৰ মান F ।

অভিকাৰীয় বল mg এবং তল বৰাবৰ অংশক $mg \sin \theta$ । এই বলেৰ বিপৰীতৰে বাধাদানকাৰী বল F ক্ৰিয়া কৱবে।

$$\text{বলৰয়েৰ সৰ্বিক্ষণ} = F - mg \sin 23.58^\circ$$

উন্নীপক হতে,

$$\text{গড়িৰ ভৱ}, m = 250 \text{ kg}$$

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

$$\text{সৱল}, s = 30 \text{ m}$$

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

$$\text{উন্নৰেৰ সাথে সৃষ্টি কোণ} = 66.42^\circ$$

$$\text{এবং ভূমিৰ সাথে সৃষ্টি কোণ}, \theta = 23.58^\circ$$

কাজ-শক্তি উপগাদ্য অনুসৰে,

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = (F - mg \sin 23.58^\circ) \times s$$

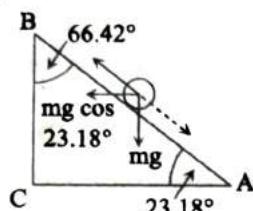
$$\text{বা, } \frac{1}{2} \times 250 \text{ kg} \times (12.393 \text{ m s}^{-1})^2 = (F - 250 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 0.4) \times 30 \text{ m}$$

$$\text{বা, } 19198.306 \text{ Nm} = (F - 980 \text{ N}) \times 30 \text{ m}$$

$$\text{বা, } F - 980 \text{ N} = 639.944 \text{ N}$$

$$\text{বা, } F = 639.944 \text{ N} + 980 \text{ N} = 1619.944 \text{ N}$$

∴ বাধাদানকাৰী বলেৰ মান 1619.944 N ।



৪ উন্নীপকে সংৰক্ষণশীলতাৰ নীতি রক্ষিত হবে। নিচে গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কৱা হলো—

যৌক্তিকতা যাচাইয়েৰ সুবিধাৰ্থে গড়িৰ 250 kg ভৱকে শুধু m এবং 23.58° কে θ বিবেচনা কৱি।

মনে কৱি, m ভৱেৰ গাড়িটি θ কোণে আনত তলে AC মসং তলে A বিন্দু থেকে গড়িয়ে পড়ছে। A বিন্দুতে গড়িটি স্থিৰ থাকায় আদিবেগ, $v_0 = 0$ এবং গতিশক্তি $= 0$ ।

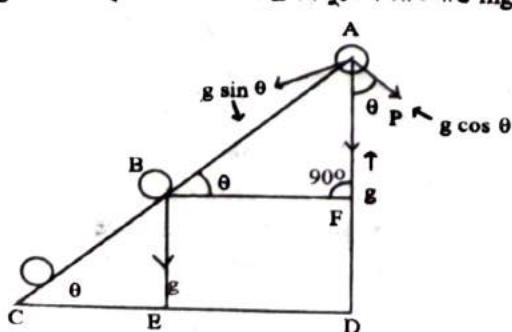
$$A \text{ বিন্দুতে স্থিতিশক্তি} = mg \times AD$$

এখনে AD হলো ভূমি থেকে A বিন্দুৰ উচ্চতা। A বিন্দুতে মোট শক্তি $=$ স্থিতিশক্তি $+$ গতিশক্তি $= mg \times AD + 0 = mg \times AD$.

A বিন্দুতে মাধ্যকাৰ্ষণজনিত ভৱণ g , AD এৰ দিকে ক্ৰিয়াশীল। অতএব, এৰ একটি উপাংশ $g \sin \theta$ আনত তল AC বৰাবৰ ক্ৰিয়া কৱবে।

মনে কৱি, গড়িটি A বিন্দু থেকে গড়িয়ে B বিন্দুতে v বেগে এসে পৌছাল। এখনে ভূমি থেকে গড়িটিৰ উচ্চতা BE এবং উৱেখ্য যে,

গড়িটি $g \sin \theta$ সমতৱেগে গতিশীল। B বিন্দুতে স্থিতিশক্তি $mg \times BE$ ।



যদি B বিন্দুতে বেগ v হয় তবে, $v^2 = v_0^2 + 2as$ এই সমীকৰণ ব্যৱহাৰ কৱে আমৰা পাই,

$$v^2 = 0 + 2g \sin \theta \times AB \quad [\because a = g \sin \theta; s = AB]$$

$$= 2g \times \frac{AF}{AB} \times AB \quad [\because \sin \theta = \frac{AF}{AB}]$$

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

$$\therefore v^2 = 2g (AD - BE) \quad [\because FD = BE]$$

$$B \text{ বিন্দুতে গতিশক্তি}, \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m \times 2g (AD - BE) = mg (AD - BE)$$

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

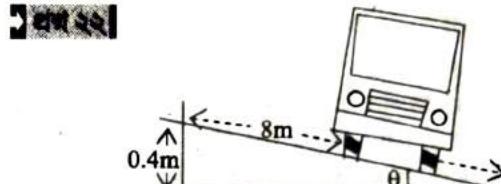
$$= mg \times BE + mg (AD - BE)$$

$$= mg (BE + AD - BE)$$

$$= mg \times AD = A \text{ বিন্দুতে মোট শক্তি}$$

অতএব, প্ৰাণিগত হলো যে, আনত তল বৰাবৰ গতিশীল গাড়িটি শক্তিৰ নিয়তা সূত্ৰ মেনে চলে।

২২নং প্ৰশ্নের উত্তৰ



100 m ব্যাসাৰ্দেৰ একটি বাঁকে 30 km h^{-1} বেগে বাঁক নিতে গিয়ে বাস রাস্তা থেকে ছিটকে খাদে পড়ে যাব।

ক. মৌলিক বল কী?

খ. জড়তাৰ ভাসকেৰ সাথে চক্ৰগতিৰ ব্যাসাৰ্দেৰ সম্পর্ক ব্যাখ্যা কৰ।

গ. উন্নীপকে উন্নিখিত রাস্তায় ব্যাংকিং কোণ নিৰ্ণয় কৰ।

ঘ. উন্নীপকেৰ আলোকে বাসটি খাদে পড়ে যাওয়াৰ কাৰণ গাণিতিকভাৱে বিশ্লেষণ কৰ।

[চ. বো. '১৬]

২২নং প্ৰশ্নের উত্তৰ

ক যেসব বল অন্যান্য বল থেকে উৎপন্ন হয় না এবং অন্য কোনো বলেৰ রূপ বা রূপান্তৰ নয় বৱং অন্যান্য বল এসব বলেৰ কোনো না কোনো রূপেৰ প্ৰকাশ সেসব বলই মৌলিক বল।

খ কোনো দৃঢ় বস্তুৰ সমগ্ৰ ভৱ যদি একটি বিন্দুতে কেন্দ্ৰীভূত কৱা যায় যাতে কৱে একটি নিৰ্দিষ্ট অক্ষেৰ সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্ৰীভূত বস্তুকণার জড়তাৰ ভাসক, ঐ নিৰ্দিষ্ট অক্ষেৰ সাপেক্ষে সমগ্ৰ দৃঢ় বস্তুৰ জড়তাৰ ভাসকেৰ সমান হয়, তাহলে ঐ নিৰ্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্ৰীভূত বস্তুকণার লম্ব দূৰত্বকে চক্ৰগতিৰ ব্যাসাৰ্ধ বলে।

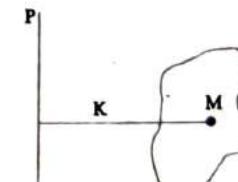
ঘূৰন অক্ষ PQ থেকে পূজীভূত ভৱ

M পৰ্যন্ত দূৰত্বকে K ধৰলে, PQ এৰ সাপেক্ষে M এৰ জড়তাৰ ভাসক,

$$I = MK^2$$

$$\text{বা, } K = \sqrt{\frac{I}{M}}$$

$$\therefore \text{চক্ৰগতিৰ ব্যাসাৰ্ধ}, K = \sqrt{\frac{I}{M}}$$



চক্ৰগতিৰ ব্যাসাৰ্ধ

ঘ ধৰি, ব্যাংকিং কোণ, θ

আমৰা জানি,

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

$$\text{বা, } \theta = \sin^{-1} \left(\frac{h}{d} \right)$$

$$\text{বা, } \theta = \sin^{-1} \left(\frac{0.4 \text{ m}}{8 \text{ m}} \right) = 2.87^\circ$$

সুতৰাং রাস্তাৰ ব্যাংকিং কোণ 2.87° ।

উন্নীপক হতে,
রাস্তাৰ দুই পান্তেৰ মধ্যবতী দূৰত্ব,

$$d = 8 \text{ m}$$

$$\text{উচ্চতা, } h = 0.4 \text{ m}$$

১ উদ্ধীপক অনুসারে, বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 100 \text{ m}$

বাসের বেগ, $v = 30 \text{ km h}^{-1} = \frac{30 \times 1000}{3600} \text{ m s}^{-1} = 8.33 \text{ m s}^{-1}$

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

প নং হতে পাই, ব্যাংকিং কোণ, $\theta = 2.87^\circ$

ধরি, ব্যাংকিং কোণ অনুসারে বাসের সর্বোচ্চ বেগ, v'

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

বা, $v'^2 = rg \tan \theta = 100 \text{ m} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times \tan 2.87^\circ$

বা, $v'^2 = 49.13 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$

$\therefore v' = 7.009 \text{ m s}^{-1}$

অতএব, ব্যাংকিং কোণ অনুসারে গাড়ির সর্বোচ্চ বেগ 7.00 m s^{-1}

$\therefore v > v'$

অর্থাৎ বাসটি রাস্তার বাঁকের সর্বোচ্চ গতিসীমার চেয়ে অধিক গতি সীমায় চলার কারণে খাদে পড়ে গিয়েছিল।

২ 1 m প্রস্তরের একটি রাস্তার বাইরের কিনারা ভিতরের কিনারা হতে উচু। 200 m ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার মোড় নেওয়ার সময় একজন গাড়ি চালক রাস্তার পাশে সতর্কীকরণ সাইনবোর্ড 60 km h^{-1} লেখা দেখল। এই সময় গাড়িটির বেগ ছিল 50 km h^{-1} .

- ৩**  ক. কর্মদক্ষতা কাকে বলে?
খ. বৃত্তির ফোটা গোলাকার আকার ধারণ করে কেন?
গ. ব্যাংকিং কোণ নির্ণয় কর।
ঘ. উদ্ধীপকে উল্লিখিত বেগে গাড়ি চালালে, চালক নিরাপদে মোড় নিতে পারবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ তোমার উত্তরের সম্পর্কে যুক্তি দাও।
- [সি. বো. '১৬]

২৩নং প্রশ্নের উত্তর

১ কোনো ব্যবস্থা বা যন্ত্র থেকে প্রাপ্ত মোট কার্যকর শক্তি এবং ব্যবস্থায় বা যন্ত্রে প্রদত্ত মোট শক্তির অনুপাতকে ঐ ব্যবস্থার বা যন্ত্রের কর্মদক্ষতা বলে।

২ আমরা জানি, পৃষ্ঠানের কারণে তরলের যুক্ত পৃষ্ঠ বা যুক্ততল টানা স্থিতিস্থাপক পদার্থের মতো আচরণ করে। এ কারণে স্বল্প আয়তনের তরল পদার্থ পৃষ্ঠানের কারণে তার ক্ষেত্রফল হ্রাস করতে চেষ্টা করে এবং সংকুচিত হয়। এ সময় তরল পদার্থ এমন জ্যামিতিক আকার ধারণ করে যেন ক্ষেত্রফল সর্বাপেক্ষা কম হয়। তরল পদার্থ গোলাকার হলে এর ক্ষেত্রফল সর্বনিম্ন হয় এ কারণেই বৃত্তির ফোটা স্বল্প আয়তনের হওয়ায় তা গোলাকার আকার ধারণ করে।

৩ আমরা জানি,

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

বা, $\tan \theta = \frac{(16.67 \text{ m s}^{-1})^2}{200 \text{ m} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}}$

বা, $\tan \theta = 0.1418$

বা, $\theta = \tan^{-1}(0.1418) = 8.07^\circ$

অতএব, ব্যাংকিং কোণ 8.07°

৪ উদ্ধীপক অনুসারে, রাস্তার পাশে সতর্কীকরণ সাইনবোর্ড 60 km h^{-1} লেখা আছে। অর্থাৎ, রাস্তার ঐ বাঁকে মোড় নেওয়ার সময় 60 km h^{-1} বেগে বা এর চেয়ে কম বেগে গাড়ি চালালে গাড়িটি নিরাপদে মোড় নিতে পারবে। এখন, নিরাপদে মোড় নেওয়ার জন্য প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল F_1 হলে,

$$F_1 = \frac{Mv_1^2}{r}$$

$$= \frac{M \text{ kg} \times (16.67 \text{ m s}^{-1})^2}{200 \text{ m}}$$

$$\therefore F_1 = 1.39 \text{ M N}$$

এখানে, গাড়ির ভর, $M \text{ kg}$

সর্বোচ্চ গতিসীমা, $v_1 = 60 \text{ km h}^{-1}$

$$= \frac{60 \times 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 16.67 \text{ m s}^{-1}$$

বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 200 \text{ m}$

আবার, গাড়িটি 50 km h^{-1} বেগে চলার সময় এর অভিমুখী অর্থাৎ কেন্দ্রমুখী বল F_2 হলে,

$$F_2 = \frac{M v_2^2}{r}$$

$$= \frac{M \text{ kg} \times (13.89 \text{ m s}^{-1})^2}{200 \text{ m}}$$

$$\therefore F_2 = 0.96 \text{ M N}$$

এখানে, গাড়ির ভর = $M \text{ kg}$
বেগ, $v_2 = 50 \text{ km h}^{-1}$

$$= \frac{50 \times 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 13.89 \text{ m s}^{-1}$$

বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 200 \text{ m}$

তাহলে, $\frac{F_2}{F_1} = \frac{0.96 \text{ M}}{1.39 \text{ M}} = 0.69$

$\therefore F_2 = 0.69 F_1$

সুতরাং, $F_2 > F_1$

অর্থাৎ, গাড়িটি চলার সময় এর উপর ক্রিয়াশীল কেন্দ্রমুখী বল নিরাপদে বাঁক নেওয়ার জন্য প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের চেয়ে কম। তাই গাড়িটির দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা ধাকে না।

অতএব, উদ্ধীপকে উল্লিখিত বেগে গাড়ি চালালে, চালক নিরাপদে মোড় নিতে পারবে।

৪ এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৫ এর প্রশ্ন ও উত্তর

১ প্রশ্ন ১ | সাবিহা একদিন শপিং মলে বাজার করার সময় ট্রলি গাড়ি ব্যবহার করল। সে ট্রলি গাড়ির হেল্ডেলিটিতে উল্লিখিত সাথে 30° কোণে 10 N বল প্রয়োগ করে গাড়িটিকে টেলতে ধাকে। এই দেখে দোকানদার বলল, আপনি গাড়ির হেল্ডেল ধরে টানেন, তাহলে কম বল লাগবে।

২ প্রশ্ন ২ | ক. লর্ডি ভেট্টের কী?
খ. অভিকর্ষজ বল অসংরক্ষণশীল বল নয়— ব্যাখ্যা কর।

৩ প্রশ্ন ৩ | গ. ট্রলির গতি সৃষ্টিকারী বল কত?
ঘ. দোকানদার সাবিহাকে ট্রলির হেল্ডেল ধরে সামনে টানতে বলল কেন— যুক্তিসহ গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।

[য. বো. '১৫]

৪ ২৪নং প্রশ্নের উত্তর

১ দুই বা ততোধিক ভেট্টের সমন্বয়ে যে নতুন ভেট্টের পাওয়া যায় তাই লর্ডি ভেট্টের।

২ কোনো বলের ক্রিয়া অভিমুখ যদি বন্ধুর গতির অভিমুখের উপর নির্ভর করে তবে ঐ বলকে অসংরক্ষণশীল বল বলে।

ধরি, m ভরের একটি বন্ধুকে A বিন্দু হতে B উচ্চতায় B বিন্দুতে স্থাপন করা হলো। তাই স্থানান্তর $1\text{নং}, 2\text{নং}$ বা 3নং পথে হলেও প্রত্যেক পথের সব বিন্দুতে অভিকর্ষীয় বল mg ধাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করে এবং প্রত্যেক পথে অভিকর্ষীয় বলের ক্রিয়ারেখা বরাবর বন্ধুর সরণ h । তাই তিনি পথের প্রত্যেক পথে ক্রৃত কাজের পরিমাণ $W_1 = -mgh$

অভিকর্ষীয় বল mg ধাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করে এবং প্রত্যেক পথে অভিকর্ষীয় বলের ক্রিয়ারেখা বরাবর বন্ধুর সরণ h । তাই তিনি পথের প্রত্যেক পথে ক্রৃত কাজের পরিমাণ

$W_1 = -mgh$

আবার, বন্ধুটিকে A বিন্দু হতে 1নং পথে B বিন্দুতে এনে পুনরায় তাকে B বিন্দু হতে A বিন্দুতে স্থানান্তর করলে প্রথম স্থানান্তরে অভিকর্ষীয় বলের বিপরীত দিকে সরণ = h ও ক্রৃত কাজ $W_1 = -mgh$ এবং তৃতীয় স্থানান্তরে অভিকর্ষীয় বলের অভিমুখে সরণ = h ও ক্রৃত কাজ $W_2 = mgh$

\therefore ক্রৃত কাজ : $W_2 + W_1 = mgh + (-mgh) = 0$

অতএব, অভিকর্ষজ বল একটি সংরক্ষণশীল বল, অসংরক্ষণশীল বল নয়।

৩ উদ্ধীপক থেকে পাই, বল $F = 10 \text{ N}$

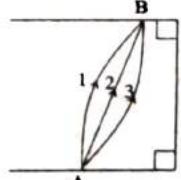
উল্লিখিত সাথে কোণ = 30°

\therefore অনুভূমিকের সাথে কোণ $\theta = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

আমরা জানি, ট্রলির গতি সৃষ্টিকারী বল, $f_k = F \cos \theta$

= $10 \text{ N} \times \cos 60^\circ = 5 \text{ N}$

অতএব, ট্রলির গতি সৃষ্টিকারী বলের মান 5 N ।





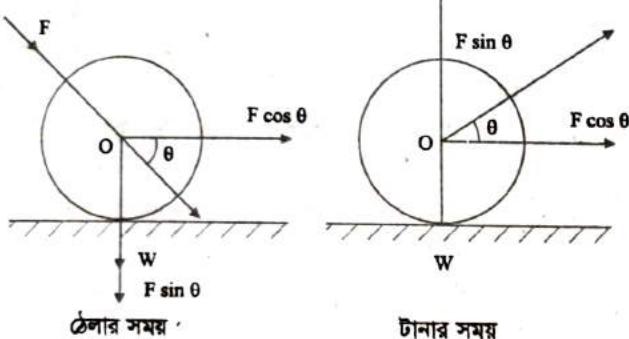
ট্রলির হাতেল ধরে টেলার চেয়ে টানা সহজ। তাই দোকানদার সাহিতে ট্রলির হাতেল ধরে সামনে টানতে বলল।

ব্যাখ্যা: ঘনে করি, ট্রলির ওজন \vec{W} । ট্রলির ওপর \vec{F} মানের বল ক্রিয়া করলে এটি ক্রিয়া বিন্দু O-তে দৃষ্টি লম্ব উপাংশে বিভক্ত হয়। অনুভূমিক উপাংশ হলো $F \cos \theta$, যা ট্রলিকে সামনের দিকে এগিয়ে নিয়ে যায় এবং উল্লম্ব উপাংশ হলো $F \sin \theta$, যা ট্রলির ওপর ক্রিয়াশীল বল \vec{F} এর দিকের ওপর নির্ভরশীল।

টেলার সময়: ঘনে করি, ট্রলির ওজন \vec{W} এবং হাতলের উপর প্রযুক্ত বল $= \vec{F}$ ।

ট্রলির O বিন্দুতে প্রযুক্ত বল \vec{F} উক্ত বল O বিন্দুতে দৃষ্টি লম্ব উপাংশে বিভক্ত হয়। একটি অনুভূমিক উপাংশ $F \cos \theta$, যা ট্রলিকে সামনের দিকে এগিয়ে নিয়ে যায় এবং অপরটি উল্লম্ব উপাংশ $F \sin \theta$, যা ট্রলির নিচের দিকে ক্রিয়াশীল। ফলে ট্রলির ওজন বেড়ে যায়।

- ∴ ট্রলির আপাত ওজন, $W_a = W + F \sin \theta \dots \dots \dots \text{(i)}$
- ∴ ঘর্ষণ বল, $F_a = k (W + F \sin \theta)$ [এখানে, k হলো সমানুপাতিক ধ্রুবক]



টানার সময়: ঘনে করি, ট্রলির ওজন \vec{W} এবং হাতলের উপর প্রযুক্ত বল \vec{F} । ট্রলির O বিন্দুতে প্রযুক্ত বল \vec{F} ।

উক্ত বল O বিন্দুতে দৃষ্টি উপাংশে বিভক্ত হয়। একটি অনুভূমিক উপাংশ $F \cos \theta$, যা ট্রলিকে সামনের দিকে নিয়ে যায় এবং অপরটি উল্লম্ব উপাংশ $F \sin \theta$, যা ট্রলির উপরের দিকে ক্রিয়াশীল। ফলে ট্রলির ওজন কমে যায়।

- ∴ ট্রলারের আপাত ওজন, $W_a' = W - F \sin \theta \dots \dots \text{(2)}$
- ∴ ঘর্ষণ বল, $F_a' = k (W - F \sin \theta)$

[এখানে, k হলো একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক]

সুতরাং টানার সময় ঘর্ষণ বল তুলনামূলকভাবে কম। ফলে লম্ব ট্রলিকে টেলা অপেক্ষা টানা সহজতর।

অঙ্গীয়ই দোকানদার সাহিতে ট্রলির হেলেল ধরে সামনে টানতে বলল।

চিত্র ১৫: সার্কাস পার্টিতে একজন পারফরমার 5 kg ভরের একটি গোলকটি ভূমি হতে 1.5 m উপরে অনুভূমিক তলে 2 m লম্বা রশির সাহায্যে বৃত্তাকার পথে ঘোরাচ্ছেন। গোলকটি প্রতি খিলিটে 20 বার আবর্তন করে। ঘূর্ণিয়মান অবস্থায় হঠাৎ রশিটি ছিঁড়ে যায়।

- ক. ঘাতবল কাকে বলে?
- খ. সুৰম বৃত্তাকার গতির বৈশিষ্ট্য লিখ।
- গ. আবর্তনশীল গোলকটি কেন্দ্রের দিকে কত বল অনুভব করবে?
- ঘ. পারফরমার হতে দর্শক সারির দূরত্ব কেমন হলে গোলকটি কোনো দর্শককে আঘাত করবে না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর।

১

২

৩

৪

৫

৬

৭

[চ. বো. '১৫]

২৫নং প্রশ্নের উত্তর

১. ঘৰ কম সময়ের জন্য প্রচন্ড বল ক্রিয়া করলে তাকে ঘাত বল বলে।

২. সুৰম বৃত্তাকার গতির বৈশিষ্ট্য হলো :

১. গতিশীল বন্ধু সমন্বিতে বৃত্তের পরিধি বরাবর ঘূরতে থাকে।

২. গতিশীল বন্ধুর বেগের মানের কোনো পরিবর্তন হয় না।

৩. গতিশীল বন্ধুর বেগের দিকের পরিবর্তন হয়।

৪. বন্ধুর ত্বরণ থাকে।

৫. ধৰি, কেন্দ্রের দিকে অনুভূত বল, F

$$\text{আমরা জানি, } F = m\omega^2 r$$

$$= m \left(\frac{2\pi N}{t} \right)^2 r$$

$$= 5 \text{ kg} \times \left(\frac{2 \times 3.1416 \times 20}{60 \text{ s}} \right)^2 \times 2 \text{ m}$$

$$= 43.87 \text{ N}$$

উচ্চিপক থেকে পাই,

গোলকটির ভর, $m = 5 \text{ kg}$

ব্যাসার্ধ, $r = 2 \text{ m}$

ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 20$

সময়, $t = 60 \text{ s}$

অতএব, আবর্তনশীল গোলকটি কেন্দ্রের দিকে 43.87 N বল অনুভব করবে।

৬. এখানে, কৌণিক বেগ, $v = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2 \times 3.1416 \times 20}{60 \text{ s}} = 2.0944 \text{ s}^{-1}$

\therefore রৈখিক বেগ, $v = \omega r = (2.0944 \times 2) \text{ m s}^{-1} = 4.1888 \text{ m s}^{-1}$

এখন, গোলকটির রশি ছিঁড়ে গেলে এর উল্লম্ব সরণ হবে $y = 1.5 \text{ m}$

অনুভূমিক আদিবেগ, $v_{x_0} = v = 4.1888 \text{ m s}^{-1}$

উল্লম্ব ত্বরণ, $a_y = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

অনুভূমিক ত্বরণ $a_x = 0$; উল্লম্ব আতিবেগ $v_{y_0} = 0$

গোলকটি মাটিতে পড়ার সময় t হলে,

$$y = v_{y_0} t + \frac{1}{2} a_y t^2$$

$$\text{বা, } 1.5 \text{ m} = 0 + \frac{1}{2} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times t^2 = 4.9 \text{ m s}^{-2} \times t^2$$

$$\text{বা, } t^2 = \frac{1.5 \text{ m}}{4.9 \text{ m s}^{-2}}$$

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

আবার, গোলকটির অতিক্রান্ত অনুভূমিক দূরত্ব x হলে

$$x = v_{x_0} t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

$$\text{বা, } x = 4.1888 \text{ m s}^{-1} \times 0.5533 \text{ s} + \frac{1}{2} \times 0 \times t^2 = 2.32 \text{ m}$$

অতএব, পারফর্মার হতে দর্শক সারির দূরত্ব $(2 + 2.32) \text{ m}$

$= 4.32 \text{ m}$ এর বেশি হলে গোলকটি কোনো দর্শককে আঘাত করবে না।

৭. চিত্রে প্রদর্শিত AB যই বেয়ে

30 kg ভরের একটি বালক উপরে উঠে

এবং CD আনত তল বেয়ে নিচে নেমে

আসে। তলের ঘর্ষণ বল 50 N ।

চিত্রে, $AB = 4 \text{ cm}$

$BC = 1 \text{ m}$ এবং $CD = 5 \text{ m}$

ক. নিউটনের মহাকর্ষ সূত্রটি বর্ণনা কর।

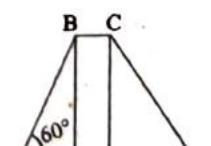
খ. দেখাও যে, একক সময়কৌণিক বেগে ঘূর্ণনরত কোনো

বন্ধুর জড়ত্বার আধার এর কৌণিক ভরবেগের সমান।

গ. বালকটি A হতে C বিন্দুতে পৌছতে অভিকর্ষ বল ঘারা

কৃতকাজ হিসাব কর।

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



[চ. বো. '১৫]

২৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক. মহাবিশ্বের যেকোনো দৃটি বস্তুকণা পরম্পরাকে আকর্ষণ করে। এ আকর্ষণ বল বস্তু দুটির ভরের গুণফলের সমানুপাতিক এবং এসের মধ্যকার দূরত্বের বর্ণের ব্যানুপাতিক।

খ. আমরা জানি, ঘূর্ণন অক্ষ সাপেক্ষে কোনো বস্তুর অভ্যন্তর আমক এবং কৌণিক বেগের গুণফলকে কৌণিক ভরবেগ বলে।

আমক, জড়তার আমক I , কৌণিক বেগ ω এবং কৌণিক ভরবেগ L হলে, $L = I\omega$

এখন, একক সমকৌণিক বেগের ক্ষেত্রে $\omega = 1$

$$\therefore L = I \times 1 = I$$

অতএব, একক সমকৌণিক বেগে ঘূর্ণনরত কোনো বস্তুর জড়তার আমক এর কৌণিক ভরবেগের সমান।

গ. উদীগক থেকে, বালকের ভর $m = 30 \text{ kg}$

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

$$\text{সরণ}, s = AB = 4 \text{ m}$$

$$\text{অনুভূমিকের সাথে কোণ } \theta = 60^\circ$$

ধরি, অভিকর্ষ বল ছাড়া কৃত কাজ, W

$$\text{আমরা জানি}, W = mgs \sin \theta$$

$$= 30 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 4 \text{ m} \times \sin 60^\circ \\ = 1018.45 \text{ J}$$

এখনে B ও C বিন্দুর উত্তর সমান বলে বালকটি A হতে C বিন্দুতে পৌছতে অভিকর্ষ বল ছাড়া কৃত কাজ 1018.45 J ।

ঘ. এখনে, বালকের ভর $m = 30 \text{ kg}$

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

\therefore বালকটির উপর ক্রিয়ারত অভিকর্ষ বল, $F = mg$

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

আবার, তলের ঘর্ষণ বল, $F_k = 50 \text{ N}$

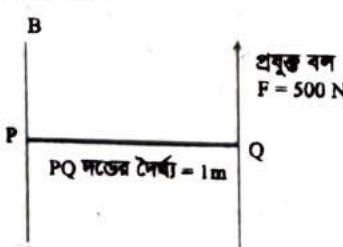
এখন, বালকটির ত্বরণ a হলে,

$$\text{আমরা জানি}, a = \frac{F - F_k}{m} \\ = \frac{294 \text{ N} - 50 \text{ N}}{30 \text{ kg}} = 8.13 \text{ m s}^{-2}$$

এখনে, $a < g$

অতএব, বালকটির ত্বরণ অভিকর্ষজ ত্বরণের চেয়ে কম হবে।

১. চিত্রটি লক্ষ কর :



২. ক. প্রাপ্ত কাজে বলে?

খ. বাধীন ভেট্টারের পাদবিন্দু মূলবিন্দুতে নয় কেন—ব্যাখ্যা কর।

গ. AB ঘূর্ণন অক্ষের চারদিকে PQ দণ্ডটির টর্ক নির্ণয় কর।

ঘ. যদি AB অক্ষ AB , PQ দণ্ডটির প্রান্তবিন্দু হতে পরিবর্তন

করে মধ্যবিন্দুতে নেওয়া হয়, তবে কোন ক্ষেত্রে জড়তার আমক বেশি হবে— তোমার উত্তরের সপক্ষে পাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর।

৪

[পি. বো. '১৫]

২৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো একটি বস্তুকে অনুভূমিকের সাথে তীর্যকভাবে উপরের দিকে নিক্ষেপ করা হলে তাকে প্রাপ্ত বলে।

খ. আমরা জানি, বাধীন ভেট্টারের পাদবিন্দু কোথায় হবে তা ইহেমতো ঠিক করা যায় অর্থাৎ, এর পাদবিন্দু নির্দিষ্ট নয়। এজন্যই বাধীন ভেট্টারের পাদবিন্দু মূলবিন্দুতে নয়।

গ. ধরি, AB ঘূর্ণন অক্ষের চারদিকে PQ দণ্ডটির টর্ক, T , ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বলের প্রয়োগ বিন্দুর দূরত্ব, $r = 1 \text{ m}$,
বল, $F = 500 \text{ N}$

$$r \text{ ও } F \text{ এর মধ্যবর্তী কোণ } \theta = 90^\circ$$

$$\text{আমরা জানি}, T = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$= rF \sin \theta \quad 1 \text{ m} \times 500 \text{ N} \times \sin 90^\circ \\ = 500 \text{ N-m}$$

অতএব, টর্ক 500 N-m ।

ঘ. এখনে, PQ দণ্ডের দৈর্ঘ্য, $l = 1 \text{ m}$

ধরি, PQ দণ্ডের ভর = M

এখন, AB অক্ষ PQ দণ্ডের প্রান্তে থাকাকালীন অবস্থায় জড়তার আমক, $I_1 = \frac{1}{3} Ml^2 = \frac{1}{3} \times M \times (1 \text{ m})^2 = \frac{M}{3}$

আবার, AB অক্ষটি, PQ দণ্ডটির প্রান্তবিন্দু হতে পরিবর্তন করে মধ্যবিন্দুতে আনা হলে, জড়তার আমক হবে,

$$I_1 = \frac{1}{12} Ml^2$$

$$= \frac{1}{12} \times M \times (1 \text{ m})^2 = \frac{M}{12}$$

এখনে, $I > I_1$

অতএব, প্রান্তে চলাকালীন অবস্থায় জড়তার আমক বেশি হবে।

১. একজন সার্কাসের খেলোয়াড় মাঝের উপরে উল্লম্ব তলে কোনো বস্তুকে একটি দীর্ঘ সূতায় 90 cm দূরত্বে বেঁধে প্রতি মিনিটে 100 বার ঘুরাছে। হঠাতে করে ঘূর্ণায়মান বস্তুটির এক ত্বরণাংশ খুলে পড়ে গেল। এতে খেলোয়াড় ভীত না হয়ে প্রতি মিনিটে ঘূর্ণন সংখ্যা একই রাখার জন্য প্রয়োজনমতো সূতার দৈর্ঘ্য বাড়িয়ে দিল।

ক. কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি বিবৃত কর।

খ. একটি সরল দোলকের কৌণিক বিস্তার 3° ; এর গতি সরল ছাপিত হবে কিনা— ব্যাখ্যা কর।

গ. বস্তুটির ভর কমে যাবার পূর্বে ইহার কেন্দ্রমুখী ত্বরণ কত ছিল হিসাব কর।

ঘ. সার্কাসের খেলোয়াড় সূতার দৈর্ঘ্যের যে পরিবর্তন এনেছিলেন গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে এর সঠিকতা যাচাই কর।

৪
[বি. বো. '১৫]

২৮নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ. আমরা জানি, সরল দোলকের দোলনকাল $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$,
সমীকরণটি কৌণিক বিস্তার 3° বা এর চেয়ে কম মানের জন্যই প্রযোজ্য। কারণ, মান কম হলে বা ক্ষুদ্র হলে $\sin \theta = 0$ রেডিয়ান বিবেচনা করা যায়। যে শর্ত থেকে সমীকরণটি প্রতিষ্ঠিত, কৌণিক

বিত্তার 3° এৰ বেশি হলে বৰেৱ গতিগত সৱল বৈধিক হবে না, এমনকি তুলণও সৱলেৱ সমানুগতিক হবে না। ফলে সৱল দোলকেৱ গতি সৱল দোলগতি সম্পৰ্ক হয় না। এ জন্যই সৱল দোলকেৱ কৌণিক বিত্তার 3° এৰ মধ্যে রাখা হয়।

অতএব সৱল দোলকটিৱ গতি সৱলজন্মিত হবে।

১ ধৰি, কেন্দ্ৰুযুক্তি তুলণ, a

আমৰা জানি, কৌণিক বেগ,

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{2\pi N}{t} \\ &= \frac{2 \times 3.1416 \times 100}{60 \text{ s}} \\ &= 10.472 \text{ rad s}^{-1}\end{aligned}$$

আবাৰ, আমৰা জানি, $a = \omega^2 r$

$$= (10.472 \text{ rad s}^{-1})^2 \times 0.9 \text{ m} = 98.7 \text{ m s}^{-2}$$

অতএব, বস্তুটিৰ ভৱ কমে যাবাৰ পূৰ্বে কেন্দ্ৰুযুক্তি তুলণ 98.7 m s^{-2} ।

২ মনে কৰি, প্ৰথম অবস্থায় বস্তুটিৰ ভৱ m

প্ৰথম অবস্থায় বস্তুটিৰ কৌণিক বেগ, $\omega_1 = 10.472 \text{ rad s}^{-1}$

সূতাৱ দৈৰ্ঘ্য, $r_1 = 0.9 \text{ m}$

এখন, ১ম ক্ষেত্ৰে, কেন্দ্ৰুযুক্তি বল F_1 হলে, $F_1 = m\omega_1^2 r_1$

আবাৰ, পৰিৰভৰ্তি অবস্থায় ভৱ, $m_2 = \left(m - \frac{m}{3}\right) = \frac{2m}{3}$

সূতাৱ দৈৰ্ঘ্য, r_2

কৌণিক বেগ ও কেন্দ্ৰুযুক্তি বলেৱ মান যথাক্রমে ω_2 ও F_2 ধৰি, এখন, প্ৰতি সেকেতে ঘৰ্ণন সংখ্যা সমান হলে কৌণিক বেগ ও কেন্দ্ৰুযুক্তি বলেৱ মান সমান হতে হবে, অৰ্থাৎ, $\omega_2 = \omega_1$ এবং $F_2 = F_1$ হলে

এখন, $F_2 = m_2 \omega_2^2 r_2$

$$\text{বা, } F_2 = \frac{2m}{3} \omega_1^2 r_2 \quad [\because \omega_2 = \omega_1]$$

$$\text{আবাৰ, } F_1 = m \omega_1^2 r_1$$

$$\therefore m \omega_1^2 r_1 = \frac{2m}{3} \omega_1^2 r_2 \quad [\because F_1 = F_2]$$

$$\text{বা, } r_1 = \frac{2}{3} r_2$$

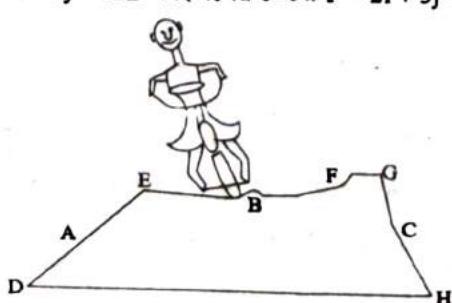
$$\text{বা, } 2r_2 = 3r_1$$

$$\text{বা, } r_2 = \frac{3}{2} r_1 = 1.5 r_1$$

$$\therefore r_2 > r_1$$

অতএব, প্ৰতি মিনিটে ঘৰ্ণন সংখ্যা সমান রাখতে হলে সূতাৱ দৈৰ্ঘ্য পূৰ্বেৱ থেকে দেড়গুণ কৰতে হবে। অৰ্থাৎ সাৰ্কাসেৱ খেলোয়াড় সূতাৱ দৈৰ্ঘ্যেৱ যে পৰিৰভৰ্তন এনেছিলেন তা সঠিক ছিল।

৩ চিত্ৰটি লক কৰি। এটি একটি পাহাড়। একজন সাইকেল চালক ইহাৰ উপৰ সাইকেল চালাচ্ছে। সাইকেলেৱ চালকৰ ব্যাসাৰ্ধ ভেষ্টৰ $\vec{r} = 4\hat{i} - 6\hat{j} + 12\hat{k}$ এবং বলেৱ ভেষ্টৰ $\vec{F} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - 5\hat{k}$.



ক. বীট কাকে বলে?

১
ধৰি, কেন্দ্ৰুযুক্তি তুলণ ও প্ৰথম সম্পৰ্ক কৰাৰ কৰাৰ।

২
গ. সাইকেল চালকেৱ টৰ্ক কৰি।

৩
ঘ. DE, EG, GH পথে সাইকেল চালকেৱ অনুভূতি বৰ্ণনা কৰি।

৪
[নি. বো. '১৫]

২৯নং পথৰেৱ উত্তৰ

ক সমান বা আয় সমান তীক্ষ্ণতা ও আয় সমান কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট একই দিকে অংগীকৰী দুটি শব্দ তরঙ্গেৱ উপরিপাতনেৱ ফলে শব্দেৱ লক্ষ্য প্ৰাবল্যেৱ ছাস-বৃক্ষ ঘটানকে বৰকম্প বা বীট বলে।

খ অনুভূমিক প্ৰথম এৰ সৱলজন্মিত গতিৰ সমীকৰণ থেকে পাই,

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

এই ছন্দিত গতিৰ সোলনকাল T হলে,

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}}} \quad \left[\because \omega^2 = \frac{k}{m} \right]$$

$$\therefore T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad [\text{এখানে } k = \text{ধৰি বল}]$$

এটিই নিৰ্ণয় সম্পৰ্ক।

গ উদীপক থেকে পাই, ব্যাসাৰ্ধ ভেষ্টৰ, $\vec{r} = 4\hat{i} - 6\hat{j} + 12\hat{k}$
বলেৱ ভেষ্টৰ, $\vec{F} = 2\hat{i} + 3\hat{j} - 5\hat{k}$

ধৰি, সাইকেল চালকেৱ টৰ্ক, $\vec{\tau}$

আমৰা জানি, টৰ্ক, $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$

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

$$= \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 4 & -6 & 12 \\ 2 & 3 & -5 \end{vmatrix}$$

$$= (30 - 36)\hat{i} + (24 + 20)\hat{j} + (12 + 12)\hat{k}$$

$$= -6\hat{i} + 44\hat{j} + 24\hat{k}$$

$$\text{টৰ্কৰ মান} = \sqrt{(-6)^2 + 44^2 + 24^2} = 50.48$$

অতএব, সাইকেল চালকেৱ টৰ্কৰ মান 50.48।

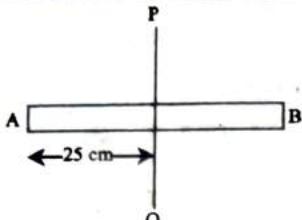
ঘ এখানে, DE পথে চলতে হলে চালককে আনত তল বৰাৰ উপৰেৱ দিকে সাইকেল চালিয়ে উঠতে হবে। এক্ষেত্ৰে সাইকেল চালককে অতিকৰ্ষ বলেৱ বিৱুল্যে সাইকেল চালিয়ে চলতে হব। ফলে তাকে বাভাৰিকেৱ চেয়ে বেশি বল প্ৰয়োগ কৰতে হব। এক্ষেত্ৰে সে নিজেকে কিছুটা ভাৱী অনুভূতি কৰবলৈ। আবাৰ DE পথটি ঘস্থ বলে এক্ষেত্ৰে ঘৰণ বল কৰিব কৰব। EG পথে সাইকেল চালানোৱে ক্ষেত্ৰে E থেকে B পৰ্যন্ত ঘস্থ রাস্তা থাকাৰ কাৰণে চালক বাভাৰিকভাৱেই অতিকৰ্ষ কৰতে পাৰব। তবে B বিন্দুতে রাস্তা কিছু উচু হওয়ায় তা অতিকৰ্ষ কৰাৰ ক্ষেত্ৰে চালককে বেশি বল প্ৰয়োগ কৰতে হবে। আবাৰ B বিন্দু থেকে G পৰ্যন্ত যেতে হলে চালককে আৱো বেশি বল প্ৰয়োগ কৰতে হবে কাৰণ এক্ষেত্ৰে রাস্তা খাড়া। আবাৰ GH পথে চলাৰ ক্ষেত্ৰে G থেকে C বিন্দুতে যাওয়াৰ সময় চালক নিজেকে সবচেয়ে হালকা মনে কৰিবলৈ কাৰণ এক্ষেত্ৰে তুলণেৱ মান সবচেয়ে বেশি হবে। আবাৰ CH পথটি ঘস্থ বলে এ পথটি চালক কম সময়ে সাইকেল চালিয়ে অতিকৰ্ষ কৰতে পাৰবেন।



NCTB অনুমোদিত পাঠ্যবইসমূহের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রয়োগ ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষার্থী, NCTB অনুমোদিত পাঠ্যবইসমূহের এ অধ্যায়ের অনুশীলনীর মূল্যনির্ণয় সূজনশীল প্রয়োগসমূহের যথাযথ উত্তর নিচে সংযোজিত হলো। এসব প্রয়োজন অনুশীলনের মাধ্যমে তোমরা কলেজ ও এইচএসসি পরীক্ষার প্রয়োগ ও উত্তরের ধরন ও মান সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা পাবে।

৩ এ টি এম শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া তৌহিদ স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রয়োগ ও উত্তর



চিত্রে 400 g ভরের AB সূজু দণ্ডটিকে তার মধ্যবিন্দু দিয়ে গমনকারী PQ অক্ষের সাপেক্ষে প্রতিমিনিটে 15 বার ঘূরানো হচ্ছে।

ক. কেন্দ্রমুখী বল কাকে বলে?

খ. রৈখিক গতির ক্ষেত্রে ভর যে কাজ করে কৌণিক গতির ক্ষেত্রে জড়তার ভাবক একই কাজ করে—ব্যাখ্যা কর।

গ. AB দণ্ডটির কৌণিক ভরবেগ কত?

ঘ. উল্লেখিত PQ ঘূর্ণন অক্ষটিকে AB দণ্ডের এক প্রান্তে নিয়ে আসলে ঘূর্ণন গতিশক্তির পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[অনুশীলনীর প্রয়োগ ১]

৩০নং প্রয়োগের উত্তর

ক. কোনো বস্তু বৃত্তাকার পথে গতিশীল থাকার জন্য বৃত্তের কেন্দ্রের দিকে যে বল ক্রিয়া করে তাকে কেন্দ্রমুখী বল বলে।

খ. জড়তার ভাবক হলো কৌণিক গতির ক্ষেত্রে রৈখিক গতির ভরের সম্পূরক রাশি। অর্থাৎ রৈখিক গতির ক্ষেত্রে ভর যে কাজ করে কৌণিক গতির ক্ষেত্রে জড়তার ভাবক একই কাজ করে। রৈখিক ও কৌণিক গতির ক্ষেত্রে কয়েকটি সম্পর্ক অবলোকন করলে বিষয়টি স্পষ্ট হবে—

রৈখিক গতির ক্ষেত্রে বল, $F = ma$

কৌণিক গতির ক্ষেত্রে, টর্ক, $T = I \alpha$

রৈখিক গতির ক্ষেত্রে গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2} mv^2$

কৌণিক গতিশক্তি = $\frac{1}{2} I \omega^2$

রৈখিক ভরবেগ = mv , কৌণিক ভরবেগ = $I\omega$

কাজেই রৈখিক গতির ক্ষেত্রে ভর যে কাজ করে কৌণিক গতির ক্ষেত্রে জড়তার ভাবক একই কাজ করে।

গ. দণ্ডটির জড়তার ভাবক—। এবং কৌণিক ভর, m হলো, AB দণ্ডটির কৌণিক ভরবেগ,

$$L = I\omega$$

$$\begin{aligned} &= \frac{Ml^2}{12} \times \frac{2\pi N}{t} \\ &= \frac{0.4 \text{ kg} \times (0.5 \text{ m})^2}{12} \times \frac{2\pi \times 15}{60 \text{ s}} \\ &= \frac{3\pi}{12 \times 60} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1} \\ &= 0.013 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

বিশেষ কৌণিক ভরবেগ $0.013 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$

ঘ. দেওয়া আছে, দণ্ডের ভর, $M = 400 \text{ g} = 0.4 \text{ kg}$

দণ্ডের দৈর্ঘ্য, $l = 0.5 \text{ m}$

সময়, $t = 60 \text{ s}$; পাক সংখ্যা, $N = 15$

জড়তার ভাবক, I

এবং কৌণিক ভর, ω

এখানে,

দণ্ডটির ভর, $M = 400 \text{ g} = 0.4 \text{ kg}$

দণ্ডের দৈর্ঘ্য, $l = (25 + 25) \text{ cm}$

$= 50 \times 10^{-2} \text{ m} = 0.5 \text{ m}$

সময়, $t = 60$

ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 15$

এখন, PQ ঘূর্ণন অক্ষটি AB দণ্ডের মাঝে থাকলে,

$$\therefore ঘূর্ণন গতিশক্তি, $E_1 = \frac{1}{2} I\omega^2$$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} \times \frac{Ml^2}{12} \times \left(\frac{2\pi N}{t} \right)^2 \\ &= \frac{1}{2} \times \frac{0.4 \text{ kg} \times (0.5 \text{ m})^2}{12} \times \left(\frac{2\pi \times 15}{60 \text{ s}} \right)^2 \\ &= 0.0103 \text{ J} \end{aligned}$$

PQ ঘূর্ণন অক্ষটি AB দণ্ডের এক প্রান্তে হলে,

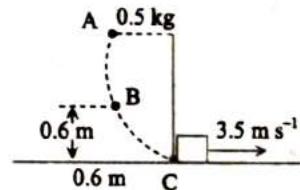
$$\therefore ঘূর্ণন গতিশক্তি, $E_2 = \frac{1}{2} I_1\omega_1^2$$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} Ml^2 \times \left(\frac{2\pi N}{t} \right)^2 \\ &= \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} \times (0.4 \text{ kg}) \times (0.5 \text{ m})^2 \times \left(\frac{2\pi \times 15}{60 \text{ s}} \right)^2 \\ &= 0.0411 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\therefore ঘূর্ণন গতিশক্তির পরিবর্তন = (0.0411 - 0.0103) \text{ J}$$

ঘূর্ণন গতিশক্তি বৃদ্ধি পাবে 0.0308 J.

প্রয়োগ ৩। একটি স্টীলের বলের বেগ 0.5 kg । এটিকে A স্থির অবস্থা হতে ছেড়ে দেওয়া হলো (চিত্রের আলোকে) যখন এটি তুমি হতে 0.6 m উপরে B বিন্দু অতিক্রম করছিল তখন এর বেগ পাওয়া গেল 3 m s^{-1} । স্টীল বলটি সর্বনিম্ন উচ্চতায় C বিন্দুতে এসে 0.1 kg ভরের স্থির বালোর সাথে ধাক্কা খায়। সংঘর্ষের পর বালোটি 3.5 m s^{-1} বেগে ডানদিকে চলে যায়।



ক. টর্ক কী?

খ. পৃথিবী সূর্যের চারিসিদ্ধিকে ঘূরে কিন্তু কেন কোন কাজ হয় না?

গ. B বিন্দুতে স্টীল বলের যান্ত্রিক শক্তি বের কর।

ঘ. বিশেষগৰ্ভক সংঘর্ষের পর স্টীল বলটির বেগ নির্ণয় কর।

[অনুশীলনীর প্রয়োগ ২]

৩১নং প্রয়োগের উত্তর

ক. কোনো দৃঢ় বস্তুর উপর বল প্রযুক্ত হলে বস্তুটির মধ্যে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দু বা অক্ষের সাপেক্ষে ঘূরবার যে প্রবণতা সৃষ্টি হয় তাকে বলের ভাবক বা টর্ক বলে।

খ. পৃথিবী সূর্যের চারিসিদ্ধিকে ঘূরলে, পৃথিবীর এ গতির জন্য সূর্য কর্তৃক কৃতকাজ “শূন্য” হবে। কারণ, একেতে পৃথিবীর গতিপথের প্রত্যক্ষ বিন্দুতে পৃথিবীর সরণ এবং সূর্যের দিকে পৃথিবীর টানের মধ্যবর্তী কোণ হয় 90° । ফলে একেতে মহাকর্ষ বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয়। অর্থাৎ কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয়।

ঘ. এখানে, স্টীল বলের ভর, $m = 0.5 \text{ kg}$

B বিন্দুতে স্টীল বলের গতিশক্তি,

$$K = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 3^2 = 2.25 \text{ J}$$

B বিন্দুতে স্টীল বলের বিভ্রান্তি শক্তি, $U = mgh$

$$= 0.5 \times 9.8 \times 0.6 \text{ J} = 2.94 \text{ J}$$

$\therefore B$ বিন্দুতে স্টীল বলের মোট শক্তি, $E = K + U$

$$= (2.25 + 2.94) \text{ J} = 5.19 \text{ J}$$



এখনে, B বিস্তৃতে স্টিল বলের বেগ, $v_0 = 3 \text{ m s}^{-1}$
 $\therefore C$ বিস্তৃতে স্টিল বলের বেগ, $v^2 = v_0^2 + 2gs = 3^2 + 2 + 9.8 \times 0.6$

$$\therefore v = \sqrt{20.76} = 4.55 \text{ m s}^{-1}$$
 $\therefore \text{সংঘর্ষের পূর্বে স্টিল বলের বেগ}, u_1 = 4.55 \text{ m s}^{-1}$

সংঘর্ষের পূর্বে বাজের বেগ, $u_2 = 0 \text{ m s}^{-1}$
 স্টিল বলের ভর, $m_1 = 0.5 \text{ kg}$; বাজের ভর, $m_2 = 0.1 \text{ kg}$

সংঘর্ষের পর স্টিল বলের বেগ, $v_1 = ?$
 সংঘর্ষের পর বাজের বেগ, $v_2 = 3.55 \text{ m s}^{-1}$

আমরা জানি, $m_1v_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$

$$\text{বা, } v_1 = \frac{m_1u_1 + m_2u_2 - m_2v_2}{m_1}$$

$$= \frac{0.5 \times 4.55 + 0.1 \times 0 - 0.1 \times 3.55}{0.5} = 3.84 \text{ m s}^{-1}$$

\therefore সংঘর্ষের পর স্টিল বলটির বেগ 3.84 m s^{-1} ।

একটি ধাতব গোলকের ভর 0.04 kg । এটিকে 2 m দীর্ঘ একটি সূতার একপাশে বেঁধে প্রতি সেকেন্ডে 5 বার ঝুরানো হচ্ছে।

ক. মহাকর্ষ বল কী?

খ. সমূদ্র সৈকতের বালিতে ইঁটা অসুবিধাজনক-ব্যাখ্যা কর।

গ. গোলকটির কেন্দ্রমুখী বল নির্ণয় কর।

ঘ. ঘূর্ণনরত অবস্থায় গোলকটির কৌণিক ভরবেগ সংরক্ষিত হচ্ছে কি? উত্তরের পক্ষে মতামত দাও।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৩]

৩২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. মহাবিশ্বের প্রতিটি বস্তুকণা যে বলে পরম্পরাকে আকর্ষণ করে তাই মহাকর্ষ বল।

খ. শত ভূমির উপর ইঁটা সুবিধাজনক। কেননা যতক্ষণ লোক স্থিরভাবে দাঢ়িয়ে থাকবেন ততক্ষণ ভূমিও সমান বলে লোকটির পায়ে খাড়া উপরের দিকে বল প্রয়োগ করবে। ভূমির বল হলো প্রতিক্রিয়া। এ অবস্থায় ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল পরম্পরের সমান ও বিপরীতমুখী হবে। কিন্তু সমূদ্র সৈকতে বালির উপরে ইঁটা অসুবিধাজনক। বালি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া দিলেও এরূপ ঘটার কারণ বালিকণা ও পানির আন্ত়আণবিক বল কঠিম ভূমিয়ান অনেক কম হয়। লোকের ওজন বালি ও পানির উপর ক্রিয়া করায় বালি ও পানি স্থানচ্যুত হয়ে আন্ত়আণবিক ব্যবধান বৃদ্ধি করে ফলে লোকটি নিচের দিকে নামতে থাকেন। এজন্য সমূদ্র সৈকতে বালির উপরে ইঁটা অসুবিধাজনক।

গ. আমরা জানি,

$$\omega = \frac{2\pi N}{T}$$

$$= \frac{2 \times 3.1416 \times 5}{1 \text{ s}} = 31.416 \text{ rad s}^{-1}$$

আবার, কেন্দ্রমুখী বল, $F = m\omega^2 r$

$$= 0.04 \times (31.416)^2 \times 2 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$$

$$= 78.96 \text{ N}$$

অতএব, গোলকটির কেন্দ্রমুখী বল 78.96 N ।

ঘ. ঘূর্ণনরত অবস্থায় গোলকটির কৌণিক ভরবেগ সংরক্ষিত হচ্ছে।

উত্তরের পক্ষে মতামত : আমরা জানি, কেনো কণার উপর প্রযুক্তি নীট টক শূন্য হলে কণাটির কৌণিক ভরবেগ সংরক্ষিত থাকে।

এখন, গোলকটির জড়তার আমক ই, কৌণিক বেগ ω এবং কৌণিক ভরবেগ L হলে, আমরা জানি, $L = I\omega$

একে সময়ের সাপেক্ষে ব্যবকলন করে পাই, $\frac{dL}{dt} = I\frac{d\omega}{dt}$

$$\text{বা, } \frac{dL}{dt} = I \frac{d\omega}{dt} + \omega \frac{dI}{dt}$$

$$\text{বা, } \frac{dL}{dt} = I\alpha + \omega \cdot 0 \quad [\because \frac{d\omega}{dt} = \alpha \text{ এবং জড়তার আমক ভুব বলে } \frac{dI}{dt} = 0]$$

$$\text{বা, } \frac{dL}{dt} = I\alpha$$

আবার, $\tau = I\alpha$ (জানা আছে)

$$\therefore \frac{dL}{dt} = \tau$$

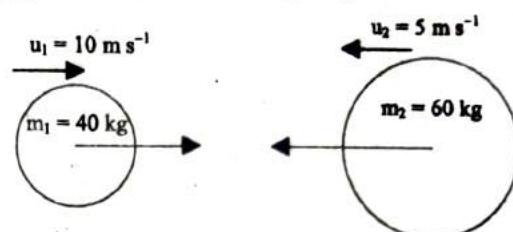
এখন, গোলকটির উপর ঘূর্ণনরত অবস্থায় বাহির থেকে বল প্রয়োগে কোনো টক প্রয়োগ করা না হলে, $\tau = 0$ হবে।

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{dL}{dt} = 0 \text{ বা, } L = \text{ক্ষেত্রফল}$$

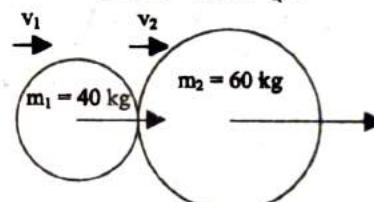
সুতরাং বাহ্যিক কোনো টক প্রযুক্ত না হলে গোলকটির কৌণিক ভরবেগ অপরিবর্তিত থাকবে।

অতএব, উচীপকের ঘটনায় গোলকটির কৌণিক ভরবেগ সংরক্ষিত হচ্ছে।

চিত্র-১: একই সরলরেখায় চলমান দুটি বস্তুর সংঘর্ষের চিত্র নিরূপণ



চিত্র-১: সংঘর্ষের পূর্বে



চিত্র-২: সংঘর্ষের পরে

ক. ঘর্ষণ বল কী?

খ. বৃত্তাকার পথে গতিশীল গাড়ি কী কী কারণে উল্টে যায়- ব্যাখ্যা কর।

গ. সংঘর্ষের পর বস্তু দুটির মিলিত বেগ নির্ণয় কর।

ঘ. উচীপকে উল্লিখিত ঘটনায় সংঘর্ষের পর গতিশীল সংরক্ষিত হয় নি- বিশ্লেষণ কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৪]

৩৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক. একটি বস্তু যখন অন্য একটি বস্তুর উপর দিয়ে চলতে চেষ্টা করে বা চলতে থাকে তখন ঘর্ষণের কারণে যে বাধা বলের সৃষ্টি হয়, তাকে ঘর্ষণ বল বলে। ঘর্ষণ বল গতির বিপরীত দিকে ক্ষেত্রফলের মিলনতলের স্পর্শক বরাবর ক্রিয়া করে।

খ. আমরা জানি, r ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে v বেগে গতিশীল গাড়ি যদি অনুভূমিক তলের সাথে θ কোণে চলে তবে

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

অর্থাৎ, গাড়িটি নিরাপদে চলবে কিনা তা গাড়ির বেগ ও অনুভূমিক তলের সাথে উৎপন্ন θ কোণের উপর নির্ভর করে। তাই গাড়ির বেগ নির্দিষ্ট কোণের ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ বেগকে অতিক্রম করলে অথবা নির্দিষ্ট বেগের ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় কোণে না চললে গাড়িটি উল্টে যায়।

গ. উচীপক হতে, বস্তুয়ের ভর, $m_1 = 40 \text{ kg}$ এবং $m_2 = 60 \text{ kg}$

আদি বেগসময়, $u_1 = 10 \text{ m s}^{-1}$

এবং $u_2 = -5 \text{ m s}^{-1}$

এবং শেষ বেগ, $v = ?$

আমরা জানি,

$$m_1 u_1 - m_2 u_2 = (m_1 + m_2) v$$

$$\text{বা, } 40 \text{ kg} \times 10 \text{ m s}^{-1} - 60 \text{ kg} \times 5 \text{ m s}^{-1} = (40 \text{ kg} + 60 \text{ kg}) v$$

$$\text{বা, } 100 \text{ kg} \times v = 400 \text{ kg m s}^{-1} - 300 \text{ kg m s}^{-1} = 100 \text{ kg m s}^{-1}$$

$$\therefore v = \frac{100}{100} \text{ m s}^{-1} = 1 \text{ m s}^{-1}$$

অতএব, সংঘর্ষের পর বস্তু দুটির মিলিত বেগ 1 m s^{-1} ।

ব দুটি বস্তুর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে সবসময় ভরবেগ সংরক্ষিত হয়। তবে গতিশক্তি সংরক্ষিত নাও হতে পারে।

সংঘর্ষের আগে ও পরে বস্তু দুটির মোট গতিশক্তি বের করে আমরা উপরোক্ত বিষয়টি দেখাতে পারি।

সংঘর্ষের আগে বস্তু দুটির মোট গতিশক্তি

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 = \frac{1}{2} \times 40 \text{ kg} \times (10 \text{ m s}^{-1})^2 + \frac{1}{2} \times 60 \text{ kg} \times (5 \text{ m s}^{-1})^2 \\ &= 2000 \text{ J} + 750 \text{ J} \\ &= 2750 \text{ J} \end{aligned}$$

সংঘর্ষের পরে উভয় বস্তুই 1 m s^{-1} বেগ প্রাপ্ত হয়।

∴ সংঘর্ষের পরে বস্তু দুটির মোট গতিশক্তি

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} m_1 v^2 + \frac{1}{2} m_2 v^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 40 \text{ kg} \times (1 \text{ m s}^{-1})^2 + \frac{1}{2} \times 60 \text{ kg} \times (1 \text{ m s}^{-1})^2 [\because v = 1 \text{ m s}^{-1}] \\ &= 20 \text{ J} + 30 \text{ J} = 50 \text{ J} \end{aligned}$$

দেখা যাচ্ছে, সংঘর্ষের আগে ও পরে বস্তু দুটির মোট গতিশক্তির পরিমাণ তিনি তিনি। অতএব, উদ্দীপকে উল্লিখিত ঘটনায় সংঘর্ষের পর গতিশক্তি সংরক্ষিত হয় নি।

ব 1 N এর একটি বল 0.1 kg ভরের একটি স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে। 1 s পরে বলের ক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায় এবং পরবর্তী 1 s সময়ের চলতে থাকে।

ক. রকেটের ধাক্কা কী?

১

খ. ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার কারণে কোনো বস্তুর সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হয় না কেন?

২

গ. উদ্দীপকের বস্তু কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।

৩

ঘ. উদ্দীপকে প্রদত্ত বলের ক্রিয়া যে তুরণ সৃষ্টি হয়েছে, তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও।

৪

[অনুলিলনীর প্রশ্ন ৫]

৩৪নং প্রশ্নের উত্তর

ব রকেট থেকে একটি নিদিন্ত হারে গ্যাস নির্গমনের সময় গ্যাসের গতির বিপরীত দিকে রকেটটি যে স্থির বল সাত করে তাই রকেটের ধাক্কা।

ব সাম্য প্রতিক্রিয়ার জন্য দুটি সমান ও সমান্তরাল বিপরীতমুখী একই বস্তুর উপর ক্রিয়া করতে হয়। কিন্তু ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল পরস্পর সমান এবং বিপরীত হলেও এরা সব সময় দুটি তিনি বস্তুর উপর ক্রিয়া করে- কখনোই এরা একই বস্তুর উপর ক্রিয়া করে না।

অর্থাৎ ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল সাম্য প্রতিষ্ঠা করতে পারে না।

ব এখানে, প্রযুক্ত বল, $F = 1 \text{ N}$; সময়, $t = 1 \text{ s}$; বস্তুর ভর $m = 0.1 \text{ kg}$

$$\text{এখন, তুরণ, } a = \frac{F}{m} = \frac{1 \text{ N}}{0.1 \text{ kg}} = 10 \text{ m s}^{-2}$$

বস্তুর আদিবেগ, $u = 0$

এখন বল ক্রিয়াশীল ধাক্কা অবস্থায় বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব S_1 হলে,

$$\text{আমরা জানি, } S_1 = ut + \frac{1}{2} at^2$$

$$= 0 \times 1 \text{ s} + \frac{1}{2} \times 10 \text{ m s}^{-2} \times (1 \text{ s})^2 = 5 \text{ m}$$

আবার, 1 s পরে বস্তুর বেগ v হলে,

$$v = u + at = 0 + 10 \text{ m s}^{-2} \times 1 \text{ s} = 10 \text{ m s}^{-1}$$

এখন, বস্তুর সময়েরে অতিক্রান্ত দূরত্ব S_2 হলে,

$$S_2 = vt = 10 \text{ m s}^{-1} \times 1 \text{ s} = 10 \text{ m}$$

$$\therefore \text{বস্তু কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব} = S_1 + S_2 = (5 + 10) \text{ m} = 15 \text{ m}$$

ব উদ্দীপকে বলের মান, $F = 1 \text{ N}$

বস্তুর ভর, $m = 0.1 \text{ kg}$

এখন বলের ক্রিয়ায় সৃষ্টি তুরণ a হলে,

আমরা জানি, $F = ma$

$$\text{বা, } a = \frac{F}{m} = \frac{1 \text{ N}}{0.1 \text{ kg}} = 10 \text{ m s}^{-2}$$

অতএব, বলের ক্রিয়ায় সৃষ্টি তুরণের মান 10 m s^{-2} ।

ব **ব** সর্বোক 30 km h^{-1} বেগে চলতে পারে এমন একটি ঢাকা রাজশাহীগামী ট্রেন 200 m ব্যাসার্ধের একটি বাঁক অতিক্রমকালে দূর্ঘটনায় পতিত হলো। ট্রেনের দুটি লাইনের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1 m । রেল কর্তৃপক্ষের তদন্তিম বাঁকের কিছু সামনে দেওয়া সর্বোক 15 km h^{-1} গতিসীমা না মানার কারণে ড্রাইভারকে দূর্ঘটনার জন্য দায়ী করেন। ঐ স্থানে ব্যাংকিং কোণ ছিল 40° ।

ক. কৌণিক সরণ কী?

১

খ. ভরবেগের সংরক্ষণ সূচিটি ব্যাখ্যা কর।

২

গ. রেল লাইনের বাইরের পাতটি ভেতরের পাত অপেক্ষা কতটুকু উচু ছিল?

৩

ঘ. “রেল কর্তৃপক্ষের ড্রাইভারকে দায়ী করা কি যুক্তিসংগত” গাণিতিক যুক্তি দাও।

৪

[অনুলিলনীর প্রশ্ন ৬]

৩৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তু বা কণা কোনো বিন্দুকে কেন্দ্র করে ঘূরার সময় যে কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম করে তাই কৌণিক সরণ।

খ ভরবেগের সংরক্ষণ সূচিটি হলো— বাহ্যিক বলের অনুপস্থিতিতে দুই বা ততোধিক বস্তুর মধ্যে যখন ভৌত ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া ঘটে, তখন ডেক্টেরুপে প্রকাশিত ভরবেগসমূহের লক্ষ্য ত্বর থাকে। কোনো নিদিন্ত দিকে তাদের মোট ভরবেগের পরিবর্তন হয় না।

ব্যাখ্যা : ধরি, m_1 ও m_2 ভরের দুটি বস্তু যথাক্রমে u_1 ও u_2 ($u_1 > u_2$) বেগে গতিশীল থাকা অবস্থায় তাদের মধ্যে সংঘর্ষ হলো। সংঘর্ষের ফলে বস্তু ঘূরের বেগ পরিবর্তিত হয়ে যথাক্রমে v_1 ও v_2 হলো।

ভরবেগের সংরক্ষণ বিধি অনুসারে, সংঘর্ষের পূর্বে মোট ভরবেগ = সংঘর্ষের পরে মোট ভরবেগ।

$$\text{অর্থাৎ, } m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

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

ট্রেনের দুটি লাইনের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 1 \text{ m}$

$$\text{ট্রেনের বেগ, } v = 30 \text{ km h}^{-1} = \frac{30 \times 1000}{3600} \text{ m s}^{-1} = 8.33 \text{ m s}^{-1}$$

অভিকর্ণীয় তুরণ, $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

বাঁকের উচ্চতা, $h = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \tan \theta = \frac{v^2}{rg} = \frac{(8.33)^2}{200 \times 9.8} = 0.04$$

$$\text{আবার, } \tan \theta = \frac{h}{d}$$

$$\text{বা, } 0.04 = \frac{h}{1}$$

$$\therefore h = 0.04 \text{ m}$$

অতএব, রেল লাইনের বাইরের পাতটি ভেতরের পাত অপেক্ষা 0.04 m উচু ছিল।

য় এখানে, ট্রেনের বেগ, $v = 30 \text{ km h}^{-1} = 8.33 \text{ m s}^{-1}$
অভিকর্তৃ হ্রাস, $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

ট্রেনের দূর্তি লাইনের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 1 \text{ m}$

বাকের কোণ, θ_1 হলে,

$$\text{আমরা জানি, } \tan \theta_1 = \frac{v^2}{rg}$$

$$\text{বা, } \tan \theta_1 = \frac{(8.33)^2}{200 \times 9.8} = 0.04$$

$$\therefore \theta_1 = 2.29^\circ$$

সর্বোচ্চ 30 km h^{-1} বেগে ট্রেনটি চললে উদ্ধীপক অনুধায়ী ব্যাংকিং কোণ হবে 2.29° ।

আবার, ব্যাংকিং কোণ θ_2 হলে,

$$\tan \theta_2 = \frac{v^2}{rg}$$

$$= \frac{(4.17)^2}{200 \times 9.8}$$

$$= 8.87 \times 10^{-3}$$

$$\therefore \theta_2 = 0.51^\circ$$

$$\text{আবার, } \tan \theta_3 = \frac{v^2}{rg}$$

$$\text{বা, } \tan 40^\circ = \frac{v^2}{200 \times 9.8}$$

$$\text{বা, } v^2 = 1644.64$$

$$\therefore v = 40.55 \text{ m s}^{-1}$$

দূর্ঘটনা স্থানের ব্যাংকিং কোণ 40° হলে ট্রেনের বেগ হবে 40.55 m s^{-1} ।
কিন্তু ট্রেনের সর্বোচ্চ গতি 30 km h^{-1} ।

দূর্ঘটনা স্থানে ব্যাংকিং কোণ ছিল 2.29° ।

ট্রেনটি দূর্ঘটনা এড়াতে পারতো যদি ব্যাংকিং কোণ 0.51° হতো।

অতএব, রেল কর্তৃপক্ষের দাবি যথাযথ নয়।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৭ এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৮ এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৯ এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ৩-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১০ এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ৪-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১১ এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ৫-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১২ এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ৬-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

৩. ড. আমির হোসেন খান, মোহাম্মদ ইসহাক ও ড. মো. নজরুল ইসলাম স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রথম পত্র | জ্বাব আনিস একজন দক্ষ শিকারি। সুস্মরণে হরিপ শিকার করতে গিয়ে তার হাতের 10 kg ভরের বন্দুক থেকে 10 g ভরের একটি গুলি 10 m s^{-1} বেগে ছেঁড়ার সময় বন্দুকে পচাট ক্রিয়ার সৃষ্টি হয়। এর ফলে আনিস সাহেবের একটি আঘাত পেয়ে পেছনের দিকে সরে যায়।

ক. ঘর্ষণ কী? চুক্রগতির ব্যাসার্থ কী?

খ. বন্দুক থেকে গুলি ছুঁড়লে পিছনের দিকে ধাক্কা দেয় কেন? ২

গ. আনিস সাহেবের বন্দুকের পচাট বেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্ধীপকের ঘটনাটি ভরবেগের নিয়ত্যা নীতিকে সমর্থন করে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে তোমার মতামত দাও। ৪

(অনুশীলনীর প্রশ্ন ১)

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৩ এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ৭-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৪-এর উত্তরের জন্য ২৭৮ পৃষ্ঠার ৩ নং (জ্ঞানমূলক), ২৮০ পৃষ্ঠার ৩ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ২৩৪ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ১১-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৫-এর উত্তরের জন্য ২৭৮ পৃষ্ঠার ৪ নং (জ্ঞানমূলক), ২৮০ পৃষ্ঠার ৪ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ২৩৫ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ১২-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৬-এর উত্তরের জন্য ২৭৮ পৃষ্ঠার ৫ নং (জ্ঞানমূলক), ২৮০ পৃষ্ঠার ৫ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ২৩৫ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ১৩-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৭-এর উত্তরের জন্য ২৭৮ পৃষ্ঠার ৬ নং (জ্ঞানমূলক), ২৮০ পৃষ্ঠার ৬ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ২৩৭ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ১৬-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৮-এর উত্তরের জন্য ২৭৮ পৃষ্ঠার ৭ নং (জ্ঞানমূলক), ২৮০ পৃষ্ঠার ৭ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ২৩৭ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ১৭-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৯-এর উত্তরের জন্য ২৭৮ পৃষ্ঠার ৮ নং (জ্ঞানমূলক), ২৮০ পৃষ্ঠার ৮ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ২৩৮ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ১৮-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২০-এর উত্তরের জন্য ২৭৮ পৃষ্ঠার ৯ নং (জ্ঞানমূলক), ২৮০ পৃষ্ঠার ৯ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ২৩৯ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ২০-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২১-এর উত্তরের জন্য ২৭৮ পৃষ্ঠার ১০ নং (জ্ঞানমূলক), ২৮০ পৃষ্ঠার ১০ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ২৩৯ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ২১-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২২-এর উত্তরের জন্য ২৭৮ পৃষ্ঠার ১১ নং (জ্ঞানমূলক), ২৮০ পৃষ্ঠার ১১ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ২৪১ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ২৩-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২৩-এর উত্তরের জন্য ২৭৮ পৃষ্ঠার ১২ নং (জ্ঞানমূলক), ২৮১ পৃষ্ঠার ১২ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ২৪১ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ২৪-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২৪-এর উত্তরের জন্য ২৭৮ পৃষ্ঠার ১৩ নং (জ্ঞানমূলক), ২৮১ পৃষ্ঠার ১৩ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ২৪২ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ২৬-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রথম পত্র | অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২৫-এর উত্তরের জন্য ২৭৮ পৃষ্ঠার ১৫ নং (জ্ঞানমূলক), ২৮১ পৃষ্ঠার ১৫ নং (অনুধাবনমূলক) এবং ২৪৩ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ২৮-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৫৬. প্রশ্নের উত্তর

ক. ঘর্ষণ : দূটি বস্তু পরস্পরের সংশ্লর্ণে থেকে যদি একটি অন্যটির উপর দিয়ে চলে বা চলতে চায় তবে উভয় তলের স্পর্শবিন্দুতে গতির বিপরীতে যে বাধা বস্তুর গতিকে ব্যাহত করে তাই ঘর্ষণ।

ক. ঘর্ষণ কী? চুক্রগতির ব্যাসার্থ কী?
খ. বন্দুক থেকে গুলি ছুঁড়লে পিছনের দিকে ধাক্কা দেয় কেন? ২
গ. আনিস সাহেবের বন্দুকের পচাট বেগ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্ধীপকের ঘটনাটি ভরবেগের নিয়ত্যা নীতিকে সমর্থন করে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে তোমার মতামত দাও। ৪

খ ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র অনুযায়ী আমরা জানি, বস্তুর আদি ভরবেগের সমষ্টি এবং শেষ ভরবেগের সমষ্টি সমান থাকে। এখন, বন্দুক থেকে গুলি ছোড়ার ক্ষেত্রে বন্দুক ও গুলি উভয়ই শূরুতে স্থির থাকে বলে এদের আদিভরবেগের সমষ্টি শূন্য। কাজেই বন্দুকের ও গুলির শেষ ভরবেগের সমষ্টিও শূন্য হবে। একারণে গুলি যে দিকে ছোড়া হয় সেইদিকেই গুলির ভরবেগের পরিবর্তন হয় এবং গুলি ও বন্দুকের ভরবেগের সমষ্টি শূন্য রাখার জন্য গুলির বিপরীত দিকে বন্দুকের ভরবেগের পরিবর্তন হয়। অর্থাৎ বন্দুকের শেষ বেগ গুলির বিপরীত দিকে হয়। তাই গুলি ছুঁড়লে বন্দুক পেছন দিকে ধাক্কা দেয়।

ঘ ধরি, গুলির বেগ ধনাত্মক।

উচ্চীপক থেকে পাই, বন্দুকের ভর, $m_1 = 10 \text{ kg}$

গুলির ভর, $m_2 = 10 \text{ g} = 10 \times 10^{-3} \text{ kg}$

বন্দুকের আদিভেগ, $u_1 = 0 \text{ m s}^{-1}$

গুলির আদিভেগ, $u_2 = 0 \text{ m s}^{-1}$

গুলির শেষবেগ, $v_2 = 10 \text{ m s}^{-1}$

বন্দুকের পশ্চাত্ববেগ, $v_1 = ?$

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হতে আমরা জানি,

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

$$\therefore 10 \text{ kg} \times 0 + 10 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 0 = 10 \text{ kg} \times v_1 + 10 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 10 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{বা, } 0 + 0 = 10 \text{ kg} \times v_1 + 10^{-1} \text{ kg m s}^{-1}$$

$$\text{বা, } 10 \text{ kg} \times v_1 = -10^{-1} \text{ kg m s}^{-1}$$

$$\therefore v_1 = -\frac{10^{-1}}{10} \text{ m s}^{-1} = -0.01 \text{ m s}^{-1}$$

$$\therefore \text{বন্দুকের পশ্চাত্ববেগ } 0.01 \text{ m s}^{-1}$$

ঙ উচ্চীপকের ঘটনাটি ভরবেগের নিয়ত্যা সূত্রকে সমর্থন করে।

আমার মতামত নিচে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করা হলো —

ভরবেগ সংরক্ষণ নীতি অনুযায়ী একাধিক বস্তুর মধ্যে শুধু ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া ছাড়া অন্য কোনো বল কাজ না করলে কোনো নির্দিষ্ট দিকে তাদের মোট সবেগের পরিবর্তন হয় না।

আমরা জানি, বল ভরবেগ = বস্তুর ভর \times বস্তুর বেগ

বন্দুক থেকে গুলি ছোড়ার পূর্বে ভরবেগ :

বন্দুকের ভর, $M = 10 \text{ kg}$; বন্দুকের বেগ, $v = 0 \text{ m s}^{-1}$

গুলির ভর, $m = 10 \text{ g} = 0.01 \text{ kg}$; গুলির বেগ, $u = 0$

আমরা জানি, বন্দুকের ভরবেগ = $Mv = 10 \text{ kg} \times 0 = 0$

এবং গুলির ভরবেগ = $mu = 0.01 \text{ kg} \times 0 = 0$

সুতরাং বন্দুক থেকে গুলি ছোড়ার পূর্বে মোট ভরবেগ,

$$P_1 = MV + mu = 0 + 0 = 0$$

বন্দুক থেকে গুলি ছোড়ার পর ভরবেগ :

আমরা জানি,

বন্দুকের ভরবেগ = MV

$$= 10 \text{ kg} \times (-0.01) \text{ m s}^{-1}$$

$$= -0.1 \text{ kg m s}^{-1}$$

$$\text{এবং গুলির ভরবেগ} = mv = 0.01 \text{ kg} \times 10 \text{ m s}^{-1} = 0.1 \text{ kg m s}^{-1}$$

সুতরাং বন্দুক থেকে গুলি ছোড়ার পর মোট ভরবেগ,

$$P_2 = MV + mv = -0.1 \text{ kg m s}^{-1} + 0.1 \text{ kg m s}^{-1} = 0$$

উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যাচ্ছে, $P_1 = P_2$.

অতএব, উচ্চীপকের ঘটনাটি ভরবেগের সংরক্ষণ নীতি সমর্থন করে।

১৫ ফল ব্যবসায়ী সঙ্গীর কাজী ফল কিনে ট্রাক ভর্তি করলেন।

ট্রাকসহ ফলের ভর হল 1600 kg । ট্রাকটি রাতের বেলা ঢাকা থেকে

চট্টগ্রামে 20 km/h বেগে যাচ্ছিল। হঠাৎ ট্রাকটি রাস্তায় পাশে দাঁড়িয়ে

থাকা 1400 kg ভরের একটি ট্রাককে পিছন থেকে ধাক্কা দেয়। মিলিত

অবস্থায় ট্রাক দুটি একই পথে চলতে থাকে।

ক. ভরবেগের সংরক্ষণ নীতি কী?

খ. কোনো বস্তুর ভর স্থির রেখে বলের মান ছাস বা বৃত্তি

করলে ভরণের মানের কী কোনো পরিবর্তন হবে?

ব্যাখ্যা কর।

গ. ধাক্কা থাওয়ার পর মিলিত ট্রাক দুটির বেগ কত হবে?

ঘ. “সংঘর্ষের ফলে গাড়ি দুটির ভরবেগ সংরক্ষিত হলেও

গতিশীল সংরক্ষিত হয় নি” – গাণিতিক বিশ্লেষণের

সাহায্যে এর যথার্থতা নিম্নলিপি কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ২]

৫৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক বাহ্যিক বলের অনুপস্থিতিতে দুই বা ততোধিক বস্তুর মধ্যে যখন ভৌত ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া ঘটে, তখন ভেটের রূপে প্রকাপিত ভরবেগসমূহের লম্বি ধ্রুব থাকে। কোন নির্দিষ্ট দিকে তাদের মোট ভরবেগের পরিবর্তন হয় না।

খ কোনো বস্তুর ভর স্থির রেখে বলের মানের পরিবর্তন ঘটালে ভরণের পরিবর্তন হয়।

আমরা জানি, বল = ভর \times ত্বরণ

এক্ষেত্রে ভর অপরিবর্তিত থাকছে অর্থাৎ ভর স্থির। সেহেতু বল ও

ত্বরণ পরম্পরারের সমানুগাতিক। তাই বলের মান ছাস করলে বস্তুর ভরণের মান ছাস পাবে। আবার বলের মান বৃত্তি করলে বস্তুর ভরণের মানও বৃত্তি পাবে।

ঘ ধরি, ট্রাক দুটির মিলিত বেগ v

উচ্চীপক হতে, গাড়ির ভর, $m_1 = 1600 \text{ kg}$

$$\text{গাড়ির বেগ}, u_1 = 20 \text{ km h}^{-1} = \frac{20 \times 1000}{60 \times 60} \text{ m s}^{-1} = 5.556 \text{ m s}^{-1}$$

ট্রাকের ভর, $u_2 = 1400 \text{ kg}$

ট্রাকের বেগ, $u_2 = 0 \text{ m s}^{-1}$

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুযায়ী,

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

$$\text{বা, } 1600 \text{ kg} \times 5.556 \text{ m s}^{-1} + 1400 \text{ kg} \times 0 = v(1600 + 1400) \text{ kg}$$

$$\text{বা, } 8889.6 \text{ kg m s}^{-1} + 0 = v \times 3000 \text{ kg}$$

$$\text{বা, } 8889.6 \text{ m s}^{-1} = 3000 v$$

$$\text{বা, } v = \frac{8889.6}{3000} \text{ m s}^{-1} = 2.9632 \text{ m s}^{-1}$$

অতএব, মিলিত গাড়ি দুটির বেগ 2.9632 m s^{-1}

ঝ ভরবেগের সংরক্ষণ : সংঘর্ষের পূর্বে গাড়ির ভরবেগ = $m_1 u_1$

এখনে, $m_1 = 1600 \text{ kg}, u_1 = 20 \text{ km h}^{-1}$

$$\begin{aligned} &= \frac{20 \times 1000}{60 \times 60} \text{ m s}^{-1} \\ &= 5.556 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{গাড়ির ভরবেগ} &= 1600 \text{ kg} \times 5.556 \text{ m s}^{-1} \\ &= 8889.6 \text{ kg m s}^{-1} \end{aligned}$$

সংঘর্ষের পূর্বে ট্রাকের ভরবেগ = $m_2 u_2$

এখনে, $m_2 = 1400 \text{ kg}, u_2 = 0 \text{ m s}^{-1}$

$$\therefore \text{ট্রাকের ভরবেগ} = 1400 \text{ kg} \times 0 \text{ m s}^{-1} = 0 \text{ kg m s}^{-1}$$

$$\therefore \text{সংঘর্ষের পূর্বে মোট ভরবেগ} = (8889.6 + 0) \text{ kg m s}^{-1} \\ = 8889.6 \text{ kg m s}^{-1}$$

‘গ’ প্রয়োগের থেকে পাই, সংঘর্ষের পরে গাড়ি দুটির মিলিত বেগ, $v = 2.9632 \text{ m s}^{-1}$

এবং গাড়ি দুটির মিলিত ভর = $m_1 + m_2$

$$\therefore \text{গাড়ি দুটির মিলিত ভর} = (1600 + 1400) \text{ kg} = 3000 \text{ kg}$$

$$\therefore \text{মিলিত ভরবেগ} = 3000 \text{ kg} \times 2.9632 \text{ m s}^{-1} = 8889.6 \text{ kg m s}^{-1}$$

সুতরাং ভরবেগ সংরক্ষিত হয়েছে।



গতিশক্তির অসংরক্ষণ :

গাড়ির ভর, $m_1 = 1600 \text{ kg}$ এবং বেগ $u_1 = 5.556 \text{ m s}^{-1}$

$$\therefore \text{গাড়ির গতিশক্তি}, E_1 = \frac{1}{2} m_1 u_1^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1600 \text{ kg} \times (5.556 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$= 24695.31 \text{ J}$$

ট্রাকের বেগ শূন্য (স্থির ছিল) বলে এর গতিশক্তিও শূন্য হবে।

\therefore সংঘর্ষের পূর্বে ঘোট গতিশক্তি হবে = 24695.31 J

সংঘর্ষের পরে গাড়ি দুটির মিলিত বেগ, $v = 2.9632 \text{ m s}^{-1}$

এবং মিলিত ভর $M = (1600 + 1400) \text{ kg} = 3000 \text{ kg}$

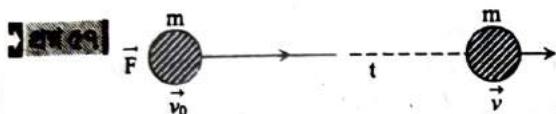
সংঘর্ষের পর ঘোট গতিশক্তি,

$$E_2 = \frac{1}{2} M v^2 = \frac{1}{2} \times 3000 \text{ kg} \times (2.9632 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$= 13170.83 \text{ J}$$

এখানে, $E_1 \neq E_2$

সূতরাং সংঘর্ষের ফলে গাড়ি দুটির গতিশক্তি সংরক্ষিত হয় নি।



m ভরবিশিষ্ট একটি বস্তু সমবেগে চলছে। একটি ধ্রুব বল F বস্তুটির উপর t সময় ধরে ক্রিয়া করায় বস্তুর বেগ v হলো।

ক. মৌলিক বল কী?

খ. একটি বস্তু সাম্য অবস্থায় থাকবে যদি এর ত্বরণ শূন্য হয়— ব্যাখ্যা কর।

গ. বস্তুর ভর 10 kg , $v_0 = 5 \text{ ms}^{-1}$, $v = 15 \text{ ms}^{-1}$ এবং বলের ক্রিয়াকাল 5s হলে প্রযুক্ত বলের মান নির্ণয় কর।

ঘ. নিউটনের গতির ছিতীয় সূত্র হতে প্রথম সূত্র প্রতিপাদন করা যায়— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৩]

৫৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক) যে সকল বল মূল বা অক্তিম অর্থাৎ অন্য কোনো বল থেকে উৎপন্ন হয় না বরং অন্যান্য বলে এ সকল বলের প্রকাশ ঘটে তাই মৌলিক বল।

খ) আমরা জানি, বল প্রয়োগের কারণে বস্তুর সাম্যাবস্থার পরিবর্তন ঘটে। এখন একটি বস্তুর ভর m, ত্বরণ a এবং এর উপর প্রযুক্ত বল F হলো, $F = ma$

এখন, ত্বরণ শূন্য হলে

$$F = m \times 0$$

$$\text{বা, } F = 0$$

অর্থাৎ, ত্বরণ শূন্য হলে প্রযুক্ত বল শূন্য হবে। অর্থাৎ বস্তুটি সাম্য অবস্থায় থাকবে।

গ) আমরা জানি,

$$F = ma$$

$$= m \cdot \frac{v - v_0}{t}$$

$$= 10 \text{ kg} \times \frac{15 \text{ ms}^{-1} - 5 \text{ ms}^{-1}}{5 \text{ s}}$$

$$= 10 \text{ kg} \times 2 \text{ ms}^{-2} = 20 \text{ N}$$

অতএব, প্রযুক্ত বল 20 N

এখানে,

$$\text{ভর, } m = 10 \text{ kg}$$

$$\text{আদিবেগ, } v_0 = 5 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{শেষ বেগ, } v = 15 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{সময়, } t = 5 \text{ s}$$

$$\text{প্রযুক্ত বল, } F = ?$$

গ) v_0 আদিবেগে চলত কোনো বস্তুর উপর t সময় ধারত F মানের বল প্রযুক্ত হলে যদি এর শেষ বেগ v হয় তাহলে,

নিউটনের গতির ২য় সূত্র থেকে জানি ত্বরবেগের পরিবর্তনের হার প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{\vec{m}\vec{v} - \vec{m}\vec{v}_0}{t} \propto \vec{F}$$

$$\therefore \frac{m(\vec{v} - \vec{v}_0)}{t} \propto \vec{F}$$

$$\text{বা, } m\vec{a} = k\vec{F}$$

$$k = 1 \text{ হলে, } \vec{F} = m\vec{a}$$

এখানে \vec{F} = প্রযুক্ত বল, \vec{a} = ত্বরণ, \vec{v}_0 = আদিবেগ, \vec{v} = শেষবেগ

বাইরে থেকে বল প্রযুক্ত না হলে $\vec{F} = 0$ হয় এবং $\vec{a} = 0$ হয়।

$$\text{কিন্তু বস্তুর ভর শূন্য হয় না তাই } m \neq 0, \text{ সূতরাং } \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = 0$$

$$\text{অর্থাৎ, } \vec{v} = \text{ধ্রুবক}$$

তাই বলা যায় বাহ্যিক বলের ক্রিয়া না থাকলে বেগের কোনো পরিবর্তন হয় না। স্থির বস্তু স্থির আর গতিশীল বস্তুর গতির কোনো পরিবর্তন হয় না। অর্থাৎ বাহ্যিক বলের অনুপস্থিতিতে বস্তুকার ত্বরবেগ সব সময় সমান বা ধ্রুব থাকে। এটিই নিউটনের গতির ১ম সূত্র।

জ্ঞান ১৮। 10 kg ও 20 kg ভরের দুটি বস্তু 20 ms^{-1} ও 15 ms^{-1} বেগে পরস্পর বিপরীত দিক থেকে আসার পর একে অপরকে ধাক্কা দিল।

ক. ঘর্ষণ গুণাঙ্ক কী?

খ. বাঁকা পথে সাইকেল চালাতে হলে সাইকেলসহ

আরোহীকে বৃত্তের কেন্দ্রের দিকে হেলতে হয় কেন? ২

গ. ধাক্কার পর বস্তুর একত্রে যুক্ত হয়ে কত বেগে চলবে? ৩

ঘ. সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক না অস্থিতিস্থাপক? গাণিতিক

বিশ্লেষণ করে তোমার মতামত দাও। ৪

(অনুশীলনীর প্রশ্ন ৪)

৫৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক) পরস্পরের সংস্পর্শে থাকা দুটি তলের মধ্যে ক্রিয়াশীল সীমাত্তিক ঘর্ষণ বলের মান এবং অভিলম্ব প্রতিক্রিয়ার অনুপাতই ঘর্ষণ গুণাঙ্ক।

খ) রাস্তার বাঁকে সাইকেল চালানোর সময় আরোহী সাইকেলসহ তার শরীরকে বাঁকা পথের কেন্দ্রের দিকে হেলিয়ে রাখে।

কারণ: বাঁকা বা বৃত্তাকার পথে মোড় ঘূরাবার সময় একটি কেন্দ্ৰমুখী এবং অনুভূমিক বলের প্রয়োজন হয়। আরোহী যদি সোজা থাকে, তাহলে সাইকেলসহ তার ওজন নিচের দিকে ক্রিয়ারত। আর রাস্তার প্রতিক্রিয়া বলের অভিমুখ উপর দিকে। এ দুটি বলের প্রত্যেকের অনুভূমিক উপাংশ শূন্য। এ দুটি বল উপরিউক্ত কেন্দ্ৰমুখী বল যোগান দিতে পারে না। তাই, প্রয়োজনীয় কেন্দ্ৰমুখী বলের যোগান দেওয়ার জন্যই আরোহীকে রাস্তার বাঁকে হেলে থাকতে হয়।

গ) এখানে, 1ম বস্তুর ভর, $m_1 = 10 \text{ kg}$

২য় বস্তুর ভর, $m_2 = 20 \text{ kg}$

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

$$2\text{য় বস্তুর আদিবেগ, } u_2 = -15 \text{ ms}^{-1}$$

মিলিত বেগ, $v = ?$

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

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

$$= \frac{10 \text{ kg} \times 20 \text{ ms}^{-1} + 20 \text{ kg} \times (-15 \text{ ms}^{-1})}{10 \text{ kg} + 20 \text{ kg}}$$

$$= \frac{200 \text{ kg ms}^{-1} - 300 \text{ kg ms}^{-1}}{30 \text{ kg}} = -\frac{10}{3} \text{ ms}^{-1}$$

অতএব, ধাক্কার পর বস্তুর একত্রে $\frac{10}{3} \text{ ms}^{-1}$ বেগে চলবে এবং দিক হবে ২য় বস্তুর গতির দিকে।

- এখানে, ১য় বস্তুর ভর $m_1 = 10 \text{ kg}$ এবং আদিবেগ $u_1 = 20 \text{ m s}^{-1}$
২য় বস্তুর ভর $m_2 = 20 \text{ kg}$ এবং আদিবেগ $u_2 = -15 \text{ m s}^{-1}$

$$\text{বস্তুরের শিল্প বেগ}, v = \frac{10}{3} \text{ m s}^{-1} [\text{গ নৎ থেকে প্রাপ্ত}]$$

∴ সংরোধের পূর্বে বস্তুরের মোট গতিশক্তি,

$$E_k = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 \\ = \frac{1}{2} \times 10 \text{ kg} \times (20 \text{ m s}^{-1})^2 + \frac{1}{2} \times 20 \text{ kg} \times (-15 \text{ m s}^{-1})^2 \\ = 2000 \text{ J} + 2250 \text{ J} = 4250 \text{ J}$$

আবার, সংরোধের পরে বস্তুরের মোট গতিশক্তি,

$$E_k' = \frac{1}{2} m_1 v_2 + \frac{1}{2} m_2 v_2 \\ = \frac{1}{2} v^2 (m_1 + m_2) \\ = \frac{1}{2} \times \left(\frac{10}{3} \text{ ms}^{-1}\right)^2 \times (10 \text{ kg} + 20 \text{ kg}) = 166.67 \text{ J}$$

এখানে, $E_k \neq E_k'$

অতএব, সংরোধ অস্থিতিস্থাপক।

নিউটনের গতিসূত্রের ওপর পাঠ চলাকালে স্যার এক ঘাটকে ১ম সূত্র সমন্বে বলতে বলায় ছাত্রিত বলল, “বাইরে থেকে কোনো বল বস্তুর ওপর প্রযুক্ত না হলে অর্থাৎ বস্তুর ওপর বলের লক্ষ্য স্ফূর্ত হলে স্থির বস্তু স্থির থাকে এবং গতিশীল বস্তু সমত্তরণে সরলরেখায় চলতে থাকে।” সে আরও বলল, “১ম সূত্র নিয়ে আমাদের বিজ্ঞ হওয়ার কিছু নেই, কারণ নিউটনের ২য় সূত্রে ১ম সূত্র অন্তর্ভুক্ত।”

ক. ঘাত বল কী?

১

ব. 50 N বল বলতে কী বুঝায়?

২

গ. 100 N বল 10 kg ভরের একটি স্থির বস্তুর ওপর ক্রিয়া করে। 5 s -এ বস্তুটি কত দূর যাবে?

৩

ঘ. ছাত্রিত শেষের বক্তব্যটি কি সঠিক? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৫]

৫৯৮ প্রশ্নের উত্তর

খুব অল্প সময়ের জন্য কোনো বস্তুর উপর প্রচণ্ড বল প্রয়োগ করা হলে এ বলই ঘাত বল।

ব. আমরা জানি, যে পরিমাণ বল 1 kg ভরের কোনো বস্তুর ওপর ক্রিয়া করে 1 m s^{-2} ত্বরণ সৃষ্টি করতে পারে, তাকে ১ নিউটন (N) বল বলে। অতএব, 50 N বল বলতে বুঝায় সেই বল যা 1 kg ভরের বস্তুর ওপর ক্রিয়া করে 50 m s^{-2} ত্বরণ সৃষ্টি করতে পারে, অথবা 25 kg ভরের বস্তুর ওপর ক্রিয়া করে 2 m s^{-2} ত্বরণ সৃষ্টি করতে পারে অথবা 2 kg ভরের বস্তুর উপর ক্রিয়া করে 25 m s^{-2} ত্বরণ সৃষ্টি করতে পারে অথবা 50 kg ভরের বস্তুর ওপর ক্রিয়া করে 1 m s^{-2} ত্বরণ সৃষ্টি করতে পারে।

খ. ধরি, বস্তুটির অতিক্রান্ত দূরত্ব s

আমরা জানি,

$$F = ma \\ \text{বা, } a = \frac{F}{m} = \frac{100 \text{ N}}{10 \text{ kg}} \\ = 10 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{সূতরাং, } t = 10 \text{ m s}^{-2}$$

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

$$= 0 \times 5 \text{ s} + \frac{1}{2} \times 10 \text{ m s}^{-2} \times (5 \text{ s})^2 = 0 + 125 \text{ m}$$

$$\therefore s = 125 \text{ m}$$

অতএব, বস্তুটি 125 m দূরে যাবে।

উচ্চীপক হতে,

বস্তুর ভর, $m = 10 \text{ kg}$

প্রযুক্ত বল, $F = 100 \text{ N}$

বস্তুর আদিবেগ, $u = 0 \text{ m s}^{-1}$

সময়, $t = 5 \text{ s}$

ঘ. হ্যাঁ, ছাত্রিত শেষের বক্তব্যটি সঠিক। গতির বিভিন্ন সূত্র হলো “বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং বল যে দিকে ক্রিয়া করে বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনও সেদিকে হয়।”

আবার, গতির প্রথম সূত্র হলো “স্থির বস্তু চিরকাল স্থির এবং গতিশীল বস্তু চিরকাল সমবেগে সরলরেখায় চলতে থাকে যদি না কোনো বাহ্যিক বল বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন ঘটায়।”

বিভিন্ন সূত্র থেকে প্রথম সূত্রের প্রতিপাদন : যদি করি, m ভরবিশিষ্ট এবং v বেগে চলমান কোনো বস্তুর উপর F বল প্রয়োগ করায় তাতে a ত্বরণের সৃষ্টি হয় এবং t সময় পর v বেগ প্রাপ্ত হয়।

নিউটনের গতির বিভিন্ন সূত্র থেকে আমরা পাই,

$$F = ma = m \cdot \left(\frac{v-u}{t} \right) \quad [\therefore ত্বরণ, = \frac{v-u}{t}]$$

এখন, বল প্রযুক্ত না হলে, অর্থাৎ $F = 0$ হলে আমরা পাই,

$$0 = \frac{m(v-u)}{t}$$

বা, $m(v-u) = 0$

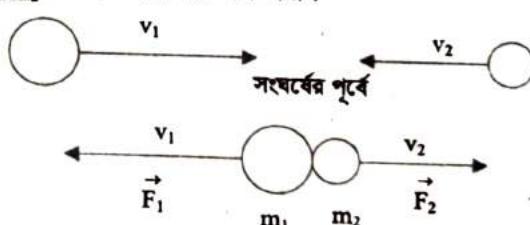
বা, $v-u = 0 \quad [\because m \neq 0]$

∴ $v = u$.

অর্থাৎ বাহ্যিক বল প্রযুক্ত না হলে বস্তুটির বেগের কোনো পরিবর্তন হয় না। যদি $u = 0$ হয়, তাহলে $v = 0$ অর্থাৎ স্থির বস্তু স্থির থাকবে। আবার $u = 0$ না হলে t সময়ব্যাপী $v = u$ হবে অর্থাৎ বস্তুটি সুবম বেগে চলতে থাকবে। সুতরাং বাহ্যিক বল প্রযুক্ত না হলে স্থির বস্তু চিরকাল স্থির থাকবে এবং গতিশীল বস্তু সুবম বেগে চলতে থাকবে। এটিই নিউটনের প্রথম সূত্র।

সুতরাং নিউটনের গতির বিভিন্ন সূত্র থেকে প্রথম সূত্র প্রতিপাদিত হলো।

৫৯৯ নিচের উচ্চীপকটি লক্ষ কর :



সংরোধের পরে

চিত্রে বিপরীত দিক থেকে আসা দুটি বস্তুকণার সংরোধ দেখানো হয়েছে। এখানে F_1 প্রথম বস্তুকণার ওপর বিভিন্ন বস্তুকণার প্রতিক্রিয়া বল এবং F_2 বিভিন্ন বস্তুকণার ওপর প্রথম বস্তুকণার প্রযুক্ত বল। F_1 এবং F_2 এর কার্যকাল t ।

ক. বলের ঘাত কী?

১

খ. দেখাও যে, বলের ঘাত ভরবেগের পরিবর্তনের সমান।

২

গ. $m_2 = 16 \text{ kg}$, $v_1 = 8 \text{ m s}^{-1}$ এবং $v_2 = 10 \text{ m s}^{-1}$ হলে F_2 এর মান কত?

৩

ঘ. দেখাও যে, উচ্চীপকের ঘটনাটি ভরবেগের নিয়ন্তা সূত্র মেনে চলে।

৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৬]

৬০০ প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল এবং বলের ক্রিয়াকালের গুণফলই বলের ঘাত।

খ. কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল ও এর ক্রিয়াকালের গুণফলকে বলের ঘাত বলে। m ভরের কোনো বস্তুর উপর \vec{F} বল t_1 সময় হতে t_2 সময় পর্যন্ত ক্রিয়া করলে বলের ঘাত J হলে এবং

$$\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} \cdot dt = \int_{t_1}^{t_2} \frac{d\vec{P}}{dt} dt$$

$$= \int_{P_1}^{P_2} d\vec{P} = [\vec{P}]_{P_1}^{P_2} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$$

$\therefore \vec{J} = \Delta \vec{p}$
অর্থাৎ বলের ঘাত ভরবেগের পরিবর্তনের সমান।

ম) আমরা জানি,

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t} = \frac{10 - 8}{t} = \frac{2}{t}$$

আবার, $F_2 = m_2 a = 16 \times \frac{2}{t} = \frac{32}{t}$

প্রমাণসারে, $m_2 = 16 \text{ kg}$
 $v_1 = 8 \text{ m s}^{-1}$
 $v_2 = 10 \text{ m s}^{-1}$
 $F_2 = ?$

অতএব, F_2 এর মান t সময়কালের জন্য 32 N ।

ঘ) উচীপকের তথ্যানুযায়ী, সংঘর্ষের পূর্বে বন্ধুকণা দুটির আদি ভরবেগের সমষ্টি $= m_1 u_1 + m_2 u_2$

সংঘর্ষের পরে বন্ধুকণা দুটির ভরবেগের সমষ্টি $= m_1 v_1 + m_2 v_2$

ভরবেগের নিয়ত্যতা সূত্রানুসারে প্রমাণ করতে হবে যে,

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

এখন, প্রথম বন্ধুকণার ভরবেগের পরিবর্তনের হার $= \frac{m_1 v_1 - m_1 u_1}{t}$

= প্রতিক্রিয়া বল $= \vec{F}_1$

= প্রথম বন্ধুকণার উপর দ্বিতীয় বন্ধুকণার প্রতিক্রিয়া বল

দ্বিতীয় বন্ধুকণার ভরবেগের পরিবর্তনের হার $= \frac{m_2 v_2 - m_2 u_2}{t}$

= ক্রিয়া বল $= \vec{F}_2$

= দ্বিতীয় বন্ধুকণার উপর প্রথম বন্ধুকণার প্রযুক্ত বল

কিন্তু বন্ধুকণা দুটির ভরবেগের পরিবর্তনের হার (অর্থাৎ ক্রিয়া বল ও প্রতিক্রিয়া বল) সমান ও বিপরীত।

অর্থাৎ, $F_2 = -F_1$

$$\therefore \frac{m_2 v_2 - m_2 u_2}{t} = - \frac{m_1 v_1 - m_1 u_1}{t}$$

বা, $m_2 v_2 - m_2 u_2 = -m_1 v_1 + m_1 u_1$

বা, $m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2 \dots \dots \dots \text{একটি খুব চেষ্টার।}$

∴ বন্ধুকণা দুটির আদি ভরবেগের সমষ্টি = বন্ধুকণা দুটির শেষ ভরবেগের সমষ্টি।

অতএব, উচীপকের ঘটনাটি ভরবেগের নিয়ত্যতা সূত্র মেনে চলে।

মোড়ো) তরুণ গবেষক এম আর মল্লিক ল্যাবরেটরীতে কাজ করার সময় লক করেন হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেক্ট্রন নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$ ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে $2.21 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$ সমন্বিতে ঘূরছে।

ক. কৌণিক ভরবেগ কী?

খ. দ্বিতীয় বন্ধুকণাকে কিংবা রেল লাইন কাত করে রাখা হয় কেন?

গ. উচীপকে বর্ণিত ইলেক্ট্রনের উপর ক্রিয়ার লক তুলন ও কেন্দ্রমুখী বল নির্ণয় কর।

ঘ. উচীপকের আলোকে বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণন করে ইলেক্ট্রনটির কেন্দ্রমুখী বলের রাশিমালা নির্ণয় কর।

(অনুলিপনীর পৰ ১)

৬১নং প্রয়োগের উত্তর

ক) কোনো অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণযামান কোনো বন্ধুকণার অবস্থান ভেটের এবং রৈখিক ভরবেগের এস পৃষ্ঠফলই এ অক্ষের সাপেক্ষে বন্ধুকণার কৌণিক ভরবেগ।

খ) সাধারণত দ্বিতীয় মুখ্য রাস্তা কিংবা রেল লাইন কাত করে রাখা হয়। কারণ : দ্বিতীয় পথে রেলগাড়ি চলার সময় এর উপর ক্রিয়াশীল বন্ধুর অভিমুখী জড়তা রেলগাড়িকে ধাক্কা দিয়ে উল্টিয়ে ফেলতে পারে। এ জড়তাকে প্রতিহত করার জন্য রেলগাড়িকে একটি কেন্দ্রমুখী বলের সূচিটি করতে হয়। এজন্য রেলগাড়ির কাত হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু সমতলে রেলগাড়ি কাত হলে বিপর্যয় ঘটবে। এজন্য দ্বিতীয় পথে বাইরের রেল একটু উচু এবং ভেটেরের রেল একটু নিচু অবস্থায় থাকে অর্থাৎ রেল লাইন কাত করে রাখা হয়।

গ) আমরা জানি,

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

$$= \frac{(2.21 \times 10^6 \text{ ms}^{-1})^2}{5.3 \times 10^{-11} \text{ m}}$$

$$= 9.21 \times 10^{22} \text{ m s}^{-2}$$

আবার, $F = ma$

$$= 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg} \times 9.21 \times 10^{22} \text{ ms}^{-2}$$

$$= 8.4 \times 10^{-9} \text{ N}$$

এখানে,

ইলেক্ট্রনের ভর, $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

বেগ, $v = 2.21 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$

বৃত্তপথের ব্যাসার্ধ, $r = 5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$

লক তুলন, $a = ?$

কেন্দ্রমুখী বল, $F = ?$

ঘ) ধরি O কেন্দ্রবিশিষ্ট এবং r ব্যাসার্ধের PQR বৃত্তাকার পথে একটি ইলেক্ট্রন v সমন্বিতে ঘূরে t সময়ে P অবস্থানে ও $(t + \Delta t)$ সময়ে Q অবস্থানে পৌছল এবং $\angle POQ = \theta$ । কাজেই Δt সময়ে কণাটির অতিক্রান্ত দূরত্ব $\Delta s = v \Delta t =$ বৃত্তচাপ PQ। P ও Q বিন্দুতে ইলেক্ট্রনটির তাৎক্ষণিক বেগ \vec{v}_1 ও \vec{v}_2 উক্ত বিন্দুবয়ে অভিক্ষিত শীর্ষক অভিমুখী হবে। এই বেগবয়ের উভয়ের মান v-এর সমান কিন্তু দিক ডিম। Δt সেকেতে বেগের পরিবর্তন $(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)$ -কে $\Delta \vec{v}$ দ্বারা সূচিত করলে, $\Delta \vec{v}$ -এর মান ভেটেরের ত্রিভুজ সূত্র হতে পাওয়া যাবে। একই বিন্দু A হতে \vec{v}_1 ও \vec{v}_2 ভেটের দুটি যথাক্ষমে তীর চিহ্নিত AB ও AC সরলরেখা দ্বারা মানে ও দিকে নির্দেশ করে B ও C যোগ করি। তা হলে BC রেখা $\Delta \vec{v}$ -কে মানে ও দিকে নির্দেশ করবে।

বর্ণনানুসারে OP, OQ ও PQ দ্বারা গঠিত ত্রিভুজ OPQ ও ত্রিভুজ ABC সদৃশকোণী। কেননা উভয়ই সমরিবাহু ত্রিভুজ এবং $\angle POQ = \theta$ । কাজেই, $\angle ABC = \angle ACB = \phi$ হলে,

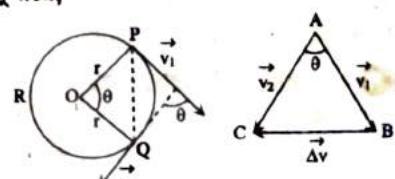
$$\phi = (90^\circ - \frac{\theta}{2})$$

আবার সদৃশ ত্রিভুজের ধর্মানুসারে,

$$\frac{BC}{AC} = \frac{PQ}{OQ}$$

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{v \Delta t}{r} \quad (\text{প্রায়})$$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{r}$$



এখানে বৃত্তচাপ PQ-কে জ্যা PQ-এর সমান ধরা হয়েছে। Δt ক্ষুদ্র হলে, সম্পর্কিত প্রায় সঠিক বিবেচনা করা যায়। কেননা এমতাবস্থায় বৃত্তচাপ PQ ও জ্যা PQ প্রায় সমান ধরা যায়।

$\Delta t \rightarrow 0$ হলে, P ও Q-এর যথাবৃত্তি দূরত্ব ও θ উভয়ই খুবই ক্ষুদ্র হবে অর্থাৎ P ও Q খুবই কাছাকাছি দূটি বিন্দু হবে এবং $\Delta \vec{v}$ ও \vec{v}_1 বা \vec{v}_2 -এর যথাবৃত্তি কোণ $\phi \approx 90^\circ$ অর্থাৎ $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ কেন্দ্রের দিকে ক্রিয়া করবে।

কাজেই তাৎক্ষণিক ভৱনের মান,

$$a = L t_{\Delta t \rightarrow 0} \left| \frac{\Delta v}{\Delta t} \right| = \frac{v^2}{r}$$

∴ ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে v সমন্বিতে আবর্তনরত বস্তুর উপর সর্বদাই বৃত্তপথের কেন্দ্রের দিকে একটি ভৱন $a = \frac{v^2}{r}$ ক্রিয়া করে।

∴ বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনরত m ভরের বস্তুর উপর ক্রিয়ারত কেন্দ্রমুখী বল F হলে নিউটনের গতির ছিতীয় সূত্র অনুযায়ী, $F = ma$

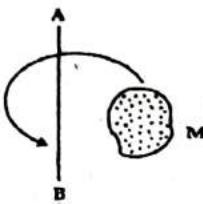
$$\text{বা, } F = m \frac{v^2}{r}$$

বস্তুটির কৌণিক বেগ v হলে, $v = \omega r$ হেতু

$$F = \frac{mv^2}{r} = \frac{m\omega^2 r^2}{r} = m\omega^2 r$$

এটিই ইলেক্ট্রনটির কেন্দ্রমুখী বলের রাশিমালা।

চিত্র M বস্তুটি AB অক্ষের চারদিকে সমকোণিক বেগে ঘূরছে। বস্তুটির ওপর একটি যুগল বল প্রয়োগ করায় এতে α কৌণিক ভৱন সৃষ্টি হলো।



ক. টর্ক কী?

খ. নৌকা থেকে লাফ দেবার সময় নৌকা পিছিয়ে যায় কেন? ১

গ. কৌণিক ভরবেগ এবং কৌণিক বেগের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর। ২

ঘ. বস্তুটির ওপর ক্রিয়ারত টর্ক তার জড়তার ভামক ও কৌণিক ভৱনের গুণফলের সমান— গাণিতিক বিবেচনের মাধ্যমে প্রমাণ কর। ৩

[অনুশীলনীর পৃষ্ঠা ৮]

৬২নং প্রশ্নের উত্তর

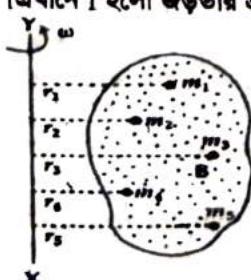
ক. কোনা নির্দিষ্ট অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণযামান কোনো বস্তুতে তুরণ সৃষ্টির জন্য প্রযুক্ত বলের ভামকই টর্ক।

খ. যখন আরোহী নৌকা হতে নদীর পাড়ে লাফিয়ে পড়ে, তখন নৌকাটিকে পেছনে ছুটে যেতে দেখা যায়। আরোহী নৌকার উপর যে বল প্রয়োগ করে তাতে নৌকাটি পেছনে যায়। নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে নৌকাও আরোহীর উপর সমান ও বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করে। ফলে আরোহী তারে পোছায়।

গ. এখানে একটি বস্তু AB কৌণিক বেগে AB অক্ষের চারদিকে ঘূরছে। বস্তুটি অনেকগুলো বস্তুকণার সমষ্টি হলে আমরা লিখতে পারি, $L = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$ [এখানে, I_1, I_2, \dots, I_n পরম্পর সমতরাল।]

$$\text{বা, } L = r_1 p_1 + r_2 p_2 + r_3 p_3 + \dots + r_n p_n \\ = r_1 m_1 v_1 + r_2 m_2 v_2 + \dots + r_n m_n v_n \\ = r_1 m_1 \omega r_1 + r_2 m_2 \omega r_2 + \dots \\ = m_1 r_1^2 \omega + m_2 r_2^2 \omega + \dots \\ = \omega \sum m r^2 = I \omega$$

অর্থাৎ $L = I \omega$ [এখানে] হলো জড়তার ভামক]



এটিই হলো কৌণিক ভরবেগ এবং কৌণিক বেগের সম্পর্ক।

ঘ. এখানে, একটি বস্তু একটি নির্দিষ্ট অক্ষ AB এর চারদিকে সমকোণিক বেগে ঘূরছে। এখন তার উপর একটি যুগল প্রয়োগ করায় তার কৌণিক বেগ বৃদ্ধি পাবে অর্থাৎ বস্তুতে কৌণিক ভৱন সৃষ্টি হবে। বস্তুতে সৃষ্টি এই কৌণিক ভৱন তার প্রত্যেকটি কণার কৌণিক ভৱনের সমান। কিন্তু ঘূর্ণাক্ষ হতে কণাগুলো বিভিন্ন দূরত্বে অবস্থান করে বিভিন্ন রৈখিক ভৱন লাভ করবে। ঘূর্ণাক্ষ হতে কণার দূরত্ব যত বেশি হবে রৈখিক ভৱনের মানও তত বেশি হবে।

ধরি বস্তুটি m_1, m_2, m_3 ইত্যাদি ভরের কতকগুলো কণার সমবয়ে গঠিত এবং ঘূর্ণাক্ষ হতে কণাগুলোর দূরত্ব যথাক্রমে r_1, r_2, r_3 ইত্যাদি।

বর্ণনা অনুসারে, বস্তুটির প্রত্যেকটি কণার কৌণিক ভৱন, $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$

তা হলে m_1 ভরের বস্তু কণাটির রৈখিক ভৱন $= r_1 \frac{d\omega}{dt}$

∴ ঐ কণার উপর প্রযুক্ত বল = ভর \times রৈখিক ভৱন $= m_1 r_1 \frac{d\omega}{dt}$

∴ ঘূর্ণাক্ষের সাপেক্ষে কণাটির উপর ক্রিয়ারত বলের ভামক = বল \times ঘূর্ণাক্ষ হতে বস্তু কণার দূরত্ব $= m_1 r_1 \frac{d\omega}{dt} \times r_1 = m_1 r_1^2 \frac{d\omega}{dt}$

অনুযুগভাবে লেখা যায় $m_2, m_3, m_4, \dots \dots \dots$ ইত্যাদি ভরের বস্তুকণার উপর ক্রিয়ারত বলের ভামক যথাক্রমে $m_2 r_2 \frac{d\omega}{dt}, m_3 r_3 \frac{d\omega}{dt}, m_4 r_4 \frac{d\omega}{dt}$ ইত্যাদি।

তা হলে উপরিউক্ত ভামকগুলোর সমষ্টিই উক্ত বস্তুর উপর ক্রিয়ারত বলের ভামক বা টর্ক,

$$\tau = m_1 r_1^2 \frac{d\omega}{dt} + m_2 r_2^2 \frac{d\omega}{dt} + m_3 r_3^2 \frac{d\omega}{dt} + m_4 r_4^2 \frac{d\omega}{dt} + \dots \dots \dots$$

$$= (m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + \dots) \frac{d\omega}{dt} = \frac{I d\omega}{dt} = I \alpha$$

$$\therefore \tau = I \frac{d\omega}{dt} = I \alpha$$

বা, টর্ক = জড়তার ভামক \times কৌণিক ভৱন। কৌণিক ভৱনের আবর্তনরত বস্তুকণার উপর ক্রিয়ারত বলের টর্ক হবে ঘূর্ণাক্ষের সাপেক্ষে তার জড়তার ভামক ও কৌণিক ভৱনের গুণফলের সমান।

চিত্র ৬৩ আল-আমিন 20 g ভরবিশিষ্ট একটি বস্তুকে 4 m দীর্ঘ সূতার একপাতে বেঁধে বৃত্তাকার পথে ঘূরাছে। বস্তুটি 5 সেকেডে 20 বার পূর্ণ আবর্তন করছে।

ক. জড়তার ভামক কী?

খ. বাঁকা পথে দুট গতিশীল গাড়ি কেন উচ্চে যায় ব্যাখ্যা কর। ১

গ. সূতার টান অর্ধেক করলে বস্তুটির কৌণিক বেগ কত হবে? ২

ঘ. “বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনরত বস্তুটির কৌণিক ভৱন ধাকবে” – গাণিতিক উপায়ে প্রতিপাদন কর। ৩

[অনুশীলনীর পৃষ্ঠা ৯]

৬৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক. একটি নির্দিষ্ট অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণযামান দৃঢ় বস্তুর প্রত্যেকটি কণার ভর এবং ঘূর্ণন অক্ষ থেকে প্রত্যেকটি কণার দূরত্বের বেগের গুণফলের সমষ্টিই জড়তার ভামক।

খ. বাঁকা পথে দুট গতিশীল গাড়ি চলার সময় গাড়ির উপর ক্রিয়াশীল বস্তুর অতিমুখী জড়তা গাড়িটিকে ধাক্কা দিয়ে উচ্চিয়ে ফেলতে পারে। এ জড়তাকে প্রতিহত করার জন্য গাড়িটিকে একটি কেন্দ্রমুখী বলের সৃষ্টি করতে হয়। এজন্য গতিশীল গাড়ি কাত হলে বিশৰ্য ঘটবে। এজন্য বাঁকা রাস্তার বাইরের অংশ একটু উচু এবং ভেতরের অংশ একটু নিচু অবস্থায় থাকে অর্থাৎ রাস্তা চালু করে রাখা হয়। রাস্তা যে পরিমাণ কোণে চালু হবে গাড়ি ঠিক সেই পরিমাণ কোণে কাত হয়ে চলতে পারবে। যে পরিমাণ কোণে রাস্তা চালু রাখা হয় কিংবা গতিশীল গাড়িটি চলে, এ

কোণটিকে বলা হয় রাত্তার ব্যাখ্যিং কোণ। গতিশীল গাড়ি যত মুভ চলবে ব্যাখ্যিং কোণের মান তত বেশি হবে অর্থাৎ রাত্তা বেশি ঢালু রাখতে হবে। এজন্য ঢাল কর থাকলে বাঁকা পথে দুর্ত গতিশীল গাড়ি উল্টে যাব।

১ ধরি, বস্তুটির আদি টান F এবং অর্ধেক টানে কৌণিক বেগ ω_2 উন্নীপকের তথ্যানুযায়ী,

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

বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, $r = 4 \text{ m}$; আবর্তন সংখ্যা, $N = 20$

আবর্তন কাল, $t = 5 \text{ s}$

$$\therefore \text{আদি কৌণিক বেগ}, \omega_1 = 2\pi \frac{N}{t} = 2\pi \frac{20}{5} = 25.133 \text{ rad s}^{-1}$$

$$\text{আমরা জানি}, F = m\omega_1^2 r$$

$$\text{বা, } F = 0.02 \text{ kg} \times (25.133 \text{ rad s}^{-1})^2 \times 4 \text{ m}$$

$$\therefore F = 50.53 \text{ N}$$

আবার, সূতার টান অর্ধেক করলে,

$$\frac{F}{2} = m \omega_2^2 r$$

$$\text{বা, } \frac{50.53 \text{ N}}{2} = 0.02 \text{ kg} \times \omega_2^2 \times 4 \text{ m}$$

$$\text{বা, } \omega_2^2 = \frac{50.53}{2 \times 0.02 \times 4} \text{ rad}^2 \text{ s}^{-2} = 315.81$$

$$\therefore \omega_2 = 17.77 \text{ rad s}^{-1}$$

অতএব, সূতার টান অর্ধেক করলে বস্তুটির কৌণিক বেগ

$$17.77 \text{ rad s}^{-1} \text{ হবে।}$$

২ বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনরত বস্তুটির কৌণিক ত্বরণ থাকবে। নিচে এটি গাণিতিকভাবে প্রতিপাদন করা হলো—

নিউটনের গতির হিতীয় সূত্র $F = ma$ হতে দেখা যায় যে, ত্বরণ a বল F এর সমানুপাতিক এবং ভর m এর ব্যত্তানুপাতিক। ভর m -কে বস্তুর জড়তাও বলে। ঘূর্ণন গতির ক্ষেত্রে, কৌণিক ত্বরণ a টক ক'র এর সমানুপাতিক। অর্থাৎ a ও r যথাক্রমে a ও F স্থান দখল করেছে।

ধরি, m ভরের একটি বস্তুকণা, r

ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে ঘূরছে।

যে টক বস্তুকণাটিকে ত্বরাবিত

করছে তা হলো, $\tau = r \perp F$. চিত্র: r_{\perp} বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণযান m

(রেখিক গতির ক্ষেত্রে) নিউটনের হিতীয় সূত্র $F = ma$

$a = \text{স্পৰ্শ ত্বরণ } a_T = r \alpha$ ব্যবহার করে

ভরের বস্তুর টক $\tau = r_{\perp} F = mr^2 \alpha$

$$a_T = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(r\omega) = \frac{d\omega}{dt} = r\alpha$$

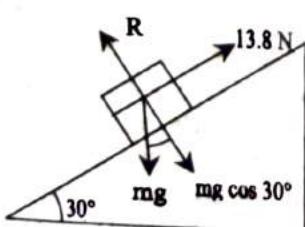
$$F = mra$$

$$\text{বা, } r \perp F = mr^2 \alpha$$

$$\therefore \tau = mr^2 \alpha \quad \dots \dots \dots (1)$$

অতএব, দেখা গেল যে, বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনরত বস্তুটির কৌণিক ত্বরণ (a) রয়েছে।

৩ চিত্রে 30° কোণে কোনো আনত তলে রাখিত একটি স্থির বস্তুর উপর 13.8 N বল তল বলাবর 4 sec ধরে ক্রিয়া করে। বলের ক্রিয়া বন্ধ হবার পর বস্তুটি আরও কতদূর অগ্রসর হয়ে আবার পিছন দিকে ক্রিয়া করে।



ক. কেন্দ্রমুখী বল কী?

খ. ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল সমান হওয়া সত্ত্বেও বল প্রয়োগে বস্তু গতিশীল হয় কেন?

গ. উদ্বীপকে বস্তুটির উপর অভিলব প্রতিক্রিয়া নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্বীপকে বস্তুটি ঘোট কতদূর পিছনে ক্রিয়ে আসতে শুরু করে?

[অনুশীলনীর পাতা ১০]

৬ষ্ঠ প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তু বৃত্তাকার পথে গতিশীল থাকার জন্য বৃত্তের কেন্দ্রের দিকে যে বল ক্রিয়া করে তাই কেন্দ্রমুখী বল।

খ ক্রিয়া বল হচ্ছে কোনো কস্তুর অবস্থার পরিবর্তন করার জন্য তার ওপর যে বল প্রয়োগ করা হয়। আর বস্তুটি সময়সূচীর যে বিপরীত বল প্রয়োগ করে তা হলো প্রতিক্রিয়া বল। ক্রিয়া এবং প্রতিক্রিয়া বল সমান হলেও বল প্রয়োগে বস্তুটির একটি ত্বরণ হয়। তাই বল প্রয়োগে বস্তু গতিশীল হয়।

গ অভিলব প্রতিক্রিয়া,

$$R = mg \cos 30^\circ \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{আবার, } mg \sin 30^\circ = 13.8$$

$$\text{বা, } m = 2.81 \text{ kg}$$

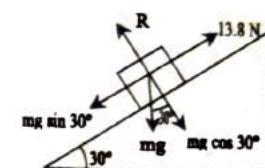
ম এর মান (1) নং সমীকরণ হতে পাই,

$$R = 2.81 \times 9.8 \times \cos 30^\circ = 23.84 \text{ N}$$

ঘ এখানে, আদিবেগ, $v_0 = 0 \text{ m s}^{-1}$

বস্তুটির উপর প্রযুক্ত লব্ধি বল, $F = 13.8 - mg \sin 30^\circ$

[ঘর্ষণ বল শূন্য ধরে]



আমরা 'g' অংশ থেকে পাই ভর, $m = 2.81 \text{ kg}$

$$\therefore F = 13.8 - 2.81 \times 9.8 \times \sin 30^\circ = 0.031 \text{ N}$$

এই লব্ধি বল বস্তুটির উপর 4 s সময় ধরে ক্রিয়া করবে।

$$\therefore \text{বস্তুটির ত্বরণ, } a = \frac{F}{m} = \frac{0.031}{2.81} = 0.011 \text{ m s}^{-2}$$

এক্ষেত্রে, অভিক্রান্ত দূরত্ব s_1 হলো,

$$s_1 = v_0 \times 4 + \frac{1}{2} a \times 4^2 = 0 \times 4 + \frac{1}{2} \times 0.011 \times 4^2 = 0.088 \text{ m}$$

$$4 \text{ sec পর বস্তুটির বেগ, } v_1 = v_0 + a \times 4 = 0 + 0.011 \times 4 = 0.044 \text{ m s}^{-1}$$

4 sec পর প্রযুক্ত বলের ক্রিয়া শূন্য হলে বস্তুটির উপর শুধু $mg \sin 30^\circ$ বলটি ক্রিয়াশীল হবে।

এখানে, ত্বরণ হবে, $a' = g \sin 30^\circ$ এবং বস্তুটির বেগ শূন্য না হওয়া পর্যন্ত এটি চলতে থাকবে। এক্ষেত্রে অভিক্রান্ত দূরত্ব s_2 হলো,

$$(0)^2 = v_1^2 - 2a's_2$$

$$\text{বা, } s_2 = \frac{v_1^2}{2a'} = \frac{(0.044)^2}{2 \times g \sin 30^\circ} = \frac{(0.044)^2}{2 \times 9.8 \times 0.5} = 1.9755 \times 10^{-4} \text{ m}$$

এবং বস্তুটি পিছনে ক্রিয়ে আসের আগে ঘোট অভিক্রান্ত দূরত্ব s হলো,

$$s = s_1 + s_2 \\ = (0.088 + 1.9755 \times 10^{-4}) \text{ m} \\ = 0.0882 \text{ m}$$

৪ জমজম টাওয়ারের দেওয়াল ঘড়ির মিনিটের কাঁটার দৈর্ঘ্য 90 cm এবং ভর 5 kg কাঁটাটি সুধম আকৃতির দণ্ড বিবেচনা কর।

ক. অপকেন্দ বল কী?

খ. গাড়ির টাওয়ারের বাইরের দিক বীজযুক্ত করে তৈরি করা হয় কেন?

গ. মিনিটের কাঁটার প্রান্ত বিদ্যুতে রেখিক বেগ কত?

ঘ. কাঁটাটির কৌণিক গতিশীল কত? — গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে নির্ণয় কর।

[অনুশীলনীর পাতা ১১]

৬৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক সমন্বিতভে বৃত্তপথে আবর্তনরত বস্তুর উপর অভিকেন্দ বলের সমান ও বিপরীতমুখী অর্ধাংকেন্দ্র কেন্দ্র থেকে বাইরের দিকে যে অঙ্গীক বল ক্রিয়া করে তাই অপকেন্দ্র বল।

খ গাড়ি চালানোর জন্য ঘর্ষণ খুবই গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। কেননা ঘর্ষণ না থাকলে গাড়ির টায়ার একস্থানে শুধু ঘূরপাক থেকে। এজন্য গাড়ির টায়ারকে এমনভাবে তৈরি করা হয় যেন এটি চলার সময় রাস্তাকে ভালোভাবে আঁকড়ে ধরে রাখে এবং প্রয়োজনীয় ঘর্ষণ বল সৃষ্টি করে। এজন্য টায়ারের উপরের পৃষ্ঠে বিভিন্ন ধরনের দাঁত বা খাঁজ কাটা থাকে।

গ আমরা জানি,

$$v = \omega r \\ = \frac{2\pi}{60 \times 60} \text{ rad s}^{-1} \times 0.9 \text{ m} \\ = 1.57 \times 10^{-3} \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,

$$\text{কাটার দৈর্ঘ্য}, r = 90 \text{ cm} = 0.9 \text{ m} \\ \text{কৌণিক বেগ}, \omega = \frac{2\pi}{60} \text{ rad s}^{-1} \\ \text{রৈখিক বেগ}, v = ?$$

ঘ কাটার ভর, $m = 5 \text{ kg}$; দৈর্ঘ্য, $r = 90 \text{ cm} = 0.9 \text{ m}$

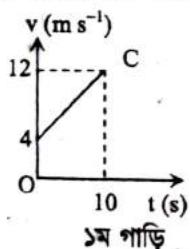
$$\therefore \text{জড়তার ভাবক } I = mr^2 = 5 \text{ kg} \times (0.9 \text{ m})^2 = 4.05 \text{ kg m}^2$$

$$\text{আবার, কৌণিক বেগ } \omega = \frac{2\pi}{60 \times 60} \text{ rad/s}$$

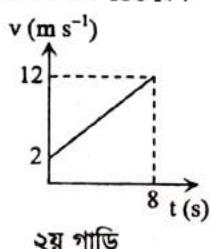
$$\therefore \text{কৌণিক গতিশক্তি, } E = \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 4.05 \text{ kg m}^2 \times \left(\frac{2\pi}{60 \times 60} \text{ rad/s} \right)^2 \\ = 3.53 \times 10^{-3} \text{ J}$$

ঙ নিম্ন সমতল রাস্তায় দুটি মোটর গাড়ির বেগ বনাম সময় স্লেটচিটে দেখানো হলো। গাড়ি দুটির ভর যথাক্রমে 600 kg ও 300 kg । উভয় গাড়ির চাকা ও রাস্তার ঘর্ষণজনিত বল 150 N ।



১ম গাড়ি



২য় গাড়ি

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কী?

খ. সাধারণ ব্যাসার্ধ এবং চক্রগতির ব্যাসার্ধের মধ্যে পার্থক্য কী?

গ. ১ম গাড়ি 5 sec এ কত দূরত্ব অতিক্রম করে?

ঘ. গাড়ি দুটি কর্তৃক প্রযুক্ত বলের তুলনা করে তোমার মতামত দাও।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১২]

৬৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো দৃঢ় বস্তুর সকল কণা বিবেচনা করে নির্ণয় জড়তার ভাবক যদি পৃথক পৃথক সকল কণার পরিবর্তে বস্তুর মোট ভর বিবেচনা করে নির্ণয় জড়তার ভাবকের সমান হয় তাহলে ঘূর্ণায়মান অক্ষ হতে বস্তুর ভারকেন্দ্রের দূরত্বেই চক্রগতির ব্যাসার্ধ।

খ কোনো সুষম বৃত্তাকার বস্তুর কেন্দ্র থেকে পৃষ্ঠের দূরত্বকে ঐ বস্তুর সাধারণ ব্যাসার্ধ বলে, আবার কোনো দৃঢ় বস্তুর সকল কণা বিবেচনা করে নির্ণয় জড়তার ভাবক যদি পৃথক পৃথক সকল কণার পরিবর্তে বস্তুর মোট ভর বিবেচনা করে নির্ণয় জড়তার ভাবকের সমান হয় তাহলে ঘূর্ণায়মান অক্ষ হতে বস্তুর ভারকেন্দ্রের দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে। সুতরাং সাধারণ ব্যাসার্ধ অপেক্ষা চক্রগতির ব্যাসার্ধ সর্বদা বড় হবে।

গ সৃজনশীল প্রশ্ন ১৮(গ) নং উত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১ম গাড়ির ভর, $m_1 = 600 \text{ kg}$

$$1 \text{ম গাড়ির তুরণ, } a_1 = 0.8 \text{ ms}^{-2} [\text{গ নং থেকে প্রাপ্ত}]$$

$$\text{ঘর্ষণজনিত বল, } f_k = 150 \text{ N}$$

$$\therefore 1 \text{ম গাড়ির প্রযুক্ত বল, } F_1 = m_1 a_1 + f_k$$

$$= 600 \text{ kg} \times 0.8 \text{ ms}^{-2} + 150 \text{ N}$$

$$= 630 \text{ N}$$

২য় গাড়ির,

$$\therefore \text{তুরণ, } a_2 = \frac{v - u}{t}$$

$$= \frac{12 \text{ ms}^{-1} - 2 \text{ ms}^{-1}}{8 \text{ s}} = \frac{5}{4} \text{ ms}^{-2}$$

$$\text{আদিবেগ, } u = 2 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{শেষ বেগ, } v = 12 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{সময় } t = 8 \text{ s}$$

$$\therefore \text{বিতীয় গাড়ির ভর, } m_2 = 300 \text{ kg}$$

$$\therefore \text{বিতীয় গাড়ির প্রযুক্ত বল, } F_2 = m_2 a_2 + f_k$$

$$= 300 \text{ kg} \times \frac{5}{4} \text{ ms}^{-2} + 150 \text{ N}$$

$$= 525 \text{ N}$$

এখানে, $F_1 > F_2$

অর্থাৎ, ১ম গাড়ির প্রযুক্ত বলের মান বেশি।

ঙ অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১৩-এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ২০-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১.৫ m প্রস্থের একটি রাস্তার বাইরের কিনারা ভিতরের কিনারা থেকে উঁচু। 250 m ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার মোড় নেওয়ার সময় একজন গাড়ি চালক রাস্তার পাশে সতর্কীকরণ সাইনবোর্ডে 60 km h^{-1} লেখা দেখল। এই সময় গাড়ির বেগ ছিল 55 km h^{-1} ।

ক. জড়তার ভাবকের সাথে চক্রগতির সম্পর্কটি লিখ।

খ. রাস্তায় বাঁক নেওয়ার সময় সতর্কীকরণ সাইনবোর্ডে

60 km h^{-1} লেখা থাকে কেন?

গ. ব্যাংকিং কোণ নির্ণয় কর।

ঘ. উল্লিপকে উঞ্জেখিত বেগে গাড়ি চালালে গাড়িটি নিরাপদে

বাঁক নিতে পারবে কী? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ যুক্তি দাও।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১৪]

৬৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক জড়তার ভাবকের সাথে চক্রগতির সম্পর্ক হলো,

জড়তার ভাবক = ভর \times চক্রগতির ব্যাসার্ধ।

খ রাস্তায় বাঁক নেওয়ার সময় সতর্কীকরণ সাইনবোর্ডে 60 km h^{-1} লেখা থাকে এর মানে কোনো গাড়ি 60 km h^{-1} এর বেশি বেগে চলতে চলতে বাঁক নিলে প্রয়োজনীয় অভিকেন্দ্র বলের মান এত বেশি হবে যে, তা ঘর্ষণ বলকে অতিক্রম করবে। ফলে গাড়িটি রাস্তা থেকে ছিটকে যাবে।

ঘ এখানে, সর্বোচ্চ গতিসীমা, $v = 60 \text{ km h}^{-1}$

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

$$= \frac{50}{3} \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{বাঁকের ব্যাসার্ধ, } r = 250 \text{ m}$$

$$\text{রাস্তার ব্যাংকিং কোণ, } \theta = ?$$

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

$$\text{বা, } \theta = \tan^{-1} \frac{v^2}{rg} = \tan^{-1} \frac{\left(\frac{50}{3} \text{ m s}^{-1}\right)^2}{250 \text{ m} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}}$$

$$\therefore \theta = 6.47^\circ$$

$$\text{অতএব, রাস্তায় ব্যাংকিং কোণ } 6.47^\circ$$

আবার, বল, F হলে

$$\begin{aligned} F &= ma \\ &= 1000 \text{ kg} \times (-10 \text{ m s}^{-2}) \\ &= -10^4 \text{ N} \end{aligned}$$

অতএব, গাড়ি থামাতে প্রযুক্ত বল 10^4 N ।

য) যেহেতু বল, $F = ma = m \frac{v^2 - u^2}{2s}$

অর্থাৎ বল যত বেশি হবে অতিক্রান্ত দূরত্ব তত কম হবে। আবার বল যত কম হবে অতিক্রান্ত দূরত্ব তত বেশি হবে।

অতএব, যদি ব্রেকজিনিট বল 10^4 N থেকে কম হলে 45.5 m থেকে বেশি দূরত্ব অতিক্রম করত। ফলে দুর্ঘটনা ঘটত।

কোনো গাড়ি যখন বাঁক নেয় তখন এ বাঁকাপথে ঘুরার জন্য একটি কেন্দ্রমুরী বলের প্রয়োজন হয়। এ কেন্দ্রমুরী বল না পাওয়া গেলে জড়তার কারণে বাঁকাপথের স্পর্শক বরাবর চলে যাবে। অনেক সময় গাড়ি উল্টে পড়ে যায়। সমতল পথে বাঁক নেওয়ার সময় গাড়ির বাঁকা ও রাস্তার মধ্যবর্তী ঘর্ষণ বল এ কেন্দ্রমুরী বল সরবরাহ করে। কিন্তু ঘর্ষণ বলের মান তথা কেন্দ্রমুরী বলের মান খুব কম হওয়ায় গাড়ি বেশি জোরে বাঁক নিতে পারে না। বেশি জোড়ে বাঁক নিতে গেলে কেন্দ্রমুরী বল তথা ঘর্ষণ বল বাঢ়াতে হবে। আর সেজন্য বাঁকের মুখ্য রাস্তার তলকে অনুভূমিক তলের সাথে হেলিয়ে রাখতে হয় যাতে রাস্তার বাইরের দিকের চেয়ে কিছু উচুতে থাকে।

জ) একজন নৌকার মাঝি স্রোতের প্রতিকূলে নৌকাকে এগিয়ে নেওয়ার জন্য অনুভূমিকের সাথে 60° কোণে লগির সাহায্যে ভূমিতে 600 N বল প্রয়োগ করেন। এতে নৌকা 1.5 m s^{-2} ত্বরণ লাভ করে। মাঝিসহ নৌকার ভর 150 kg ।

ক. নিউটনের সংজ্ঞা দাও।

১

খ. নিউটনের পতিসূত্রের সীমাবদ্ধতা আলোচনা কর।

২

গ. নৌকাটি চলার জন্য কত কার্যকর বল লাভ করে?

৩

ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে নৌকাটির 1.5 m s^{-2} ত্বরণ প্রাপ্তির কারণ সম্পর্কে তোমার মতামত বর্ণনা কর।

৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৩]

৭১নং প্রশ্নের উত্তর

ক) যে পরিমাণ বল 1 kg ভরের কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়া করে 1 m s^{-2} ত্বরণ সৃষ্টি করে তাই 1 N ।

খ) নিউটনের পতিসূত্রের সীমাবদ্ধতা আলোচনা করা হলো—
নিউটনের পতিসূত্র আলোর বেগের কাছাকাছি বেগ সম্পর্ক বস্তুর গতির ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়। অগু পরমাণুর মধ্যে যে সকল মৌলিক কণা আছে তাদের বেগ আলোর কাছাকাছি বলে এদের ক্ষেত্রে নিউটনের পতিসূত্র প্রযোজ্য নয়।

তাছাড়া, বস্তুর ত্বরণ খুব কম হলে ($< 10^{-10} \text{ m s}^{-2}$) বল ত্বরণের বর্গের সমানুপাতিক হয় বলে নিউটনের পতিসূত্র প্রযোজ্য হয় না।

গ) ধরি, কার্যকর বল F

উদ্দীপক হতে, মাঝিসহ নৌকার ভর, $m = 150 \text{ kg}$

$$\text{ত্বরণ, } a = 1.5 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{আমরা জানি, } F = ma = 150 \text{ kg} \times 1.5 \text{ m s}^{-2} = 225 \text{ N}$$

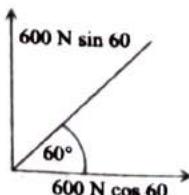
সুতরাং নৌকাটি চলার জন্য 225 N কার্যকর বল লাভ করবে।

ঘ) উদ্দীপক অনুসারে,

$$\text{প্রযুক্ত বল, } F_1 = 600 \text{ N}$$

$$\text{অনুভূমিকের সাথে সূর্য কোণ, } \theta = 60^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{ক্রিয়াশীল বল, } F_2 &= F_1 \cos \theta \\ &= 600 \text{ N} \times \cos 60^\circ \\ &= 300 \text{ N} \end{aligned}$$



গ) নৎ হতে পাই, কার্যকর বল, $F = 225 \text{ N}$

যেহেতু $F \neq F_2$ সেহেতু ক্রিয়াশীল বলের কিছু অংশ অন্যকাজে ব্যায়িত হয়েছে। নৌকাটি পানির মধ্যদিয়ে চলার কারণে এতে প্রবাহী ঘর্ষণ করে। ধরি, প্রবাহী ঘর্ষণাঙ্ক F_k

নিউটনের ছিতীয় সূত্রানুসারে,

$$F = F_1 - F_k$$

$$\text{বা, } F_k = F_1 - F = 300 \text{ N} - 225 \text{ N}$$

$$\therefore F_k = 75 \text{ N}$$

অতএব উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় যে, প্রবাহী ঘর্ষণাঙ্কের মান 75 N হওয়ায় নৌকাটি 1.5 m s^{-2} ত্বরণ প্রাপ্ত হয়।

জ) একটি স্থির বস্তুর উপর 10 s ধরে 50 N বল ক্রিয়া করে।

ক. কৌণিক ত্বরণ কী?

১

খ. টর্ক বলতে কী বোঝ?

২

গ. কোনো বস্তুর ভর, ত্বরণ এবং এর উপর ক্রিয়াশীল বলের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপনকারী সমীকরণটি প্রতিপাদন কর।

৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত বস্তুর ভর 25 kg । এর গতিকাল যদি 20 s হয় তাহলে গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে দেখাও যে, বস্তুটি শেষের 10 s এ প্রথম 10 s এর চেয়ে বেশি দূরত্ব অতিক্রম করেছে। বস্তুটি 20 s এ মোট কত দূরত্ব অতিক্রম করে।

৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৪]

৭২নং প্রশ্নের উত্তর

ক) সময় ব্যবধান শূন্যের কাছাকাছি হলে সময়ের সাথে বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তনের হারই হলো কৌণিক ত্বরণ।

খ) কোনো বিন্দু বা অক্ষকে কেন্দ্র করে ঘূর্ণায়মান কোনো কণার ব্যাসার্ধ ভেট্টার এবং কণার উপর প্রযুক্ত বলের ভেট্টার গুণফলকে ঐ বিন্দু বা অক্ষের সাপেক্ষে কণাটির উপর প্রযুক্ত টর্ক বলে।

ঘূর্ণন কেন্দ্রের সাপেক্ষে কোনো কণার ব্যাসার্ধ ভেট্টার বা অবস্থান ভেট্টার \vec{r} এবং ঐ কণার উপর প্রযুক্ত বল \vec{F} হলে, ঐ কেন্দ্রের সাপেক্ষে কণাটির উপর প্রযুক্ত টর্ক বা বলের ভারম হবে, $\vec{r} = \vec{r} \times \vec{F}$

$$= rF \sin \theta$$

এখানে θ হচ্ছে \vec{r} ও \vec{F} এর অন্তর্ভুক্ত কোণ।

গ) কোনো বস্তুর ভর m , ত্বরণ a এবং এর উপর ক্রিয়াশীল বল F হলে এদের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপনকারী সমীকরণটি হবে $F = ma$ । নিচে সমীকরণটি প্রতিপাদন করা হলো—

মনে করি, m ভরের কোনো বস্তুর বেগ v এবং ভরবেগ p । বস্তুর উপর F বল প্রযুক্ত হলে এর ভরবেগের পরিবর্তন ঘটে। নিউটনের ২য়

সূত্রানুসারে, বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার $\frac{dp}{dt}$ তার উপর প্রযুক্ত

বল (\vec{F}) এর সমানুপাতিক। অর্থাৎ, $\frac{dp}{dt} \propto \vec{F}$

$$\text{বা, } \frac{d}{dt}(mv) \propto \vec{F}$$

$$\text{বা, } m\frac{dv}{dt} \propto \vec{F}$$

$$\text{বা, } m\ddot{v} = k\vec{F}$$

এখানে k একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক।

$$m = 1 \text{ kg}, a = 1 \text{ m s}^{-2} \text{ এবং } F = 1 \text{ N} \text{ ধরে উপরিউত্ত।}$$

$$\text{সমীকরণে } k = 1 \text{ হয়।}$$

$$\therefore F = ma$$

$$\text{বা, বল} = \text{ভর} \times \text{ত্বরণ}$$

- ঘ** উদ্বিগ্ন অনুসারে, বস্তুর আদিবেগ, $u = 0$
 বস্তুর ভর, $m = 25 \text{ kg}$
 প্রযুক্ত বল, $F = 50 \text{ N}$
 বল ক্রিয়াকালীন সময়, $t_1 = 10 \text{ s}$
 ত্বরণ, $a = ?$

আমরা জানি, $F = ma$

$$\text{বা, } a = \frac{F}{m} = \frac{50 \text{ N}}{25 \text{ N}} = 2 \text{ m s}^{-2}$$

প্রথম 10 s পরে বেগ v হলো,

$$v = u + at_1 = 0 + 2 \text{ m s}^{-2} \times 10 \text{ s} = 20 \text{ m s}^{-1}$$

প্রথম 10 s এ অতিক্রান্ত দূরত্ব s_1 হলো,

$$s_1 = \left(\frac{u+v}{2} \right) t_1 = \frac{(0+20) \text{ m s}^{-1}}{2} \times 10 \text{ s} = 100 \text{ m}$$

পরের 10 s এ বল ক্রিয়া না করায় বস্তুটি সমবেগে চলবে। এক্ষেত্রে অতিক্রান্ত দূরত্ব s_2 হলো,

$$\begin{aligned} s_2 &= vt_2 \\ &= 20 \text{ m s}^{-1} \times 10 \text{ s} [\text{সময়, } t_2 = 10 \text{ s}] \\ &= 200 \text{ m} \end{aligned}$$

অর্থাৎ $s_2 > s_1$

আবার, 20 s এ মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব s হলো,

$$s = s_1 + s_2 = 100 \text{ m} + 200 \text{ m} = 300 \text{ m}$$

সুতরাং 20 s এ মোট 300 m দূরত্ব অতিক্রম করবে।

প্রয়োগ পরম্পর সমকোণে ছেদকারী একটি চৌরাস্তায় সিগনালে সালবাতি ধাকা অবস্থায় একজন মোটর সাইকেল আরোহী ট্রাফিক আইন অমান্য করে স্থির অবস্থান থেকে 5 m s^{-2} ত্বরণে সোজা যাত্রা করলেন। কিন্তু ডান দিক থেকে আগত দুর্গামী একটি ট্রাক মোটর সাইকেলকে 1500 N বলে ধাক্কা দিল। মোটর সাইকেল ও তার আরোহীর ভর যথাক্রমে 230 kg এবং 70 kg ।

ক. সংঘর্ষ কী?

খ. বলের ঘাত বলতে কী বোঝি?

গ. উদ্বিগ্নকে উল্লেখিত 5 m s^{-2} ত্বরণ সৃষ্টিতে মোটর সাইকেলের উপর কত বল প্রযুক্ত হয়েছিল?

ঘ. আঘাতের পর মোটর সাইকেলের ত্বরণ কত হয়েছিল
গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে বের কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৫]

৭৩নং প্রশ্নের উত্তর

১ অতি অল্প সময়ের জন্য কোনো বৃহৎ বল ক্রিয়া করে গতির হাঠাং ব্যাপক পরিবর্তন করাই সংঘর্ষ।

২ কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল এবং বলের ক্রিয়াকালের গুণফলকে বলের ঘাত বলে। বলের ঘাতকে আরা J প্রকাশ করা হয়।

$$J = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt$$

$$= \vec{F} \int_{t_1}^{t_2} dt [\because \text{বল ধ্রুব}]$$

$$= \vec{F} [t] \Big|_{t_1}^{t_2} = \vec{F} (t_2 - t_1) = \vec{F} \Delta t$$

∴ বলের ঘাত, $J = \vec{F} \Delta t$

৩ ধরি, প্রযুক্ত বল, F

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} F &= ma \\ &= 300 \text{ kg} \times 5 \text{ m s}^{-2} \\ F &= 1500 \text{ N} \end{aligned}$$

সুতরাং, 5 m s^{-2} ত্বরণ সৃষ্টিতে মোটর সাইকেলের উপর প্রযুক্ত বল 1500 N ।

৪ আঘাতের পর মোটর সাইকেলের ত্বরণের মান নিচে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করা হলো—

গ হতে পূর্বে প্রযুক্ত বল, $F_1 = 1500 \text{ N}$

ট্রাক কর্তৃক প্রযুক্ত বল, $F_2 = 1500 \text{ N}$

∴ মোট প্রযুক্ত বল, $F = F_1 + F_2 = 1500 \text{ N} + 1500 \text{ N} = 3000 \text{ N}$

মোটর সাইকেলসহ আরোহীর ভর, $m = 230 \text{ kg} + 70 \text{ kg} = 300 \text{ kg}$

আমরা জানি, $F = ma$

$$\text{বা, } a = \frac{F}{m} = \frac{3000 \text{ N}}{300 \text{ kg}} = 10 \text{ m s}^{-2}$$

অতএব, গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখা যাচ্ছে আঘাতের পর মোটর সাইকেলের ত্বরণ হয়েছিল 10 m s^{-2} ।

৫ কোনো 1500 kg ভরের একটি গাড়ি 25 m s^{-1} দ্রুতিতে চলছিল। কিন্তু চলার পথে গাড়িটি এক সময় এর সামনে স্থির ধাকা 1000 kg ভরের আরেকটি গাড়িকে ধাক্কা দিল। ধাক্কার পর গাড়ি দুটি একত্রিত হয়ে 75 মিটার পিছলিয়ে থেমে গেল।

৬ ক. সংঘর্ষ কী?

খ. ঘাত বল বলতে কী বোঝি?

গ. সংঘর্ষের পর গাড়ি দুটির ভরবেগ সমান বিবেচনা করে তাদের গতিশক্তির অনুপাত বের কর।

ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে চলমান গাড়ির উপর বাধা দানকারী বলের মান বের করা সম্ভব কি-মা বর্ণনা কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৮]

৭৪নং প্রশ্নের উত্তর

১ অতি অল্প সময়ের জন্য কোনো বৃহৎ বল ক্রিয়া করে গতির হাঠাং ব্যাপক পরিবর্তন করাই সংঘর্ষ।

২ খুব অল্প সময়ের জন্য কোনো বস্তুর উপর প্রচণ্ড বল প্রয়োগ করা হলে এ বলকে ঘাত বল বলা হয়।

উদাহরণ :

১. ক্রিকেট ব্যাট কর্তৃক বলের উপর আঘাত ;

২. ট্রেনে ট্রেনে সংঘর্ষ ;

৩. বোমা বিস্ফোরণ ইত্যাদি ঘাত বলের উদাহরণ। কারণ এসব ক্ষেত্রে বলের ক্রিয়াকাল খুবই অল্প কিন্তু প্রযুক্ত বলের মান প্রচণ্ড।

৪ কোনো বস্তুর ভর m এবং বেগ v হলে ভরবেগ, P = mv এবং গতিশক্তি, E = $\frac{1}{2}mv^2$ ।

$$\text{অর্থাৎ, } E = \frac{m^2v^2}{2m} = \frac{P^2}{2m}$$

সুতরাং চলমান গাড়ির জন্য গতিশক্তি, $E_1 = \frac{P_1^2}{2m_1} \dots \dots \dots (1)$

এবং স্থির গাড়ির জন্য গতিশক্তি, $E_2 = \frac{P_2^2}{2m_2} \dots \dots \dots (2)$

তাহলে, $\frac{E_1}{E_2} = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{P_1^2}{P_2^2} [\text{সমীকরণ } (1) \div (2)]$

এখন, গাড়ি দুটির ভরবেগ সমান হলে, $P_1 = P_2$

$$\therefore \frac{E_1}{E_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

$$\text{বা, } \frac{E_1}{E_2} = \frac{1000}{1500} = \frac{2}{3}$$

$$\therefore E_1 : E_2 = 2 : 3$$

এখানে,
চলমান গাড়ির ভর, $m_1 = 1500 \text{ kg}$

স্থির গাড়ির ভর, $m_2 = 1000 \text{ kg}$

সুতরাং, সংঘর্ষের পর গাড়ির দুটির গতিশক্তির অনুপাত $2 : 3$.

৫ গাড়ি দুটির সংঘর্ষের পর চলমান গাড়িটি যে ত্বরণে (এখানে মন্দন) চলে থেমে শিয়েছিল সে ত্বরণের মান বের করা সম্ভব হলে $F = ma$ সূত হতে গাড়িটির বাধাদানকারী বলের মান বের করা সম্ভব হবে।

ধরি, ধাক্কার পূর্বে গাড়ি দুটির বেগ, v_1 ও v_2

এবং ধাক্কার পর বেগ, v'



এখন, ধাকার পূর্বে গাড়ি	এখনে,
দূটির ভরবেগ,	চলন্ত গাড়ির ভর, $m_1 = 1500 \text{ kg}$
$P = m_1 v_1 + m_2 v_2$	দ্রুতি, $v_1 = 25 \text{ m s}^{-1}$
$= m_1 v_1 + 0 = m_1 v_1$	স্থির গাড়ির ভর, $m_2 = 1000 \text{ kg}$
ধাকার পর ভরবেগ,	চলন্ত গাড়িটি স্থির গাড়িটিকে ধাকার
$P' = (m_1 + m_2) v'$	পর ঘিলিত দূরত্ব, $s = 75 \text{ m}$

ভরবেগের সংরক্ষণশীলতা মীলি অনুসারে, $P = P'$

$$\text{বা, } m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v'$$

$$\text{বা, } v' = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

$$= \frac{1500 \text{ kg} \times 25 \text{ m s}^{-1}}{1500 \text{ kg} + 1000 \text{ kg}} = 15 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{আমরা জানি, } v^2 = v'^2 - 2as$$

$$\text{বা, } 0 = (15 \text{ m s}^{-1})^2 - 2 \times a \times 75 \text{ m} \quad [\because \text{শেষ বেগ, } v = 0]$$

$$\text{বা, } 150 \text{ m} \times a = 225 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

$$\text{বা, } a = \frac{225}{150} \text{ m s}^{-2} = 1.5 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{এখনে, চলন্ত গাড়ির ভর, } m = 1500 \text{ kg}$$

এবং গাড়িটির বাধাদানকারী বলের মান, $F = ?$

আবার, $F = ma$

$$\therefore F = 1500 \text{ kg} \times 1.5 \text{ m s}^{-2} = 2250 \text{ N}$$

চলমান গাড়িটির বাধাদানকারী বলের মান 2250 N।

অতএব, উপরোক্ত তথ্য হতে চলমান গাড়িটির বাধাদানকারী বলের মান নির্ণয় করা সম্ভব।

প্রয়োজনীয় ৭৫। একটি সিলিন্ডারের ভর 50 kg এবং ব্যাসার্ধ 0.20 m। সিলিন্ডারটির অক্ষের সাপেক্ষে এর জড়ত্বার ভারক 1 kg m²। সিলিন্ডারটি 2 m s^{-1} বেগে অনুভূমিকভাবে গড়াচ্ছিল।

ক। টর্ক কী?

খ। কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রটি বর্ণনা কর।

গ। সিলিন্ডারটির কৌণিক বেগ নির্ণয় কর।

ঘ। সিলিন্ডারটির মোট গতিশক্তি জানা সম্ভব কি-না গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই কর।

[অনুশীলনীর পৃষ্ঠা ১৪]

৭৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক। কোনো বস্তুর অবস্থান ডেক্টের এবং ঐ বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বলের ডেক্টের গুণন হলো টর্ক। টর্ককে τ হিসাবে প্রকাশ করা হয়।

খ। কোনো ঘূর্ণায়মান বস্তুর উপর বাহ্যিক টর্কের ক্রিয়া না থাকলে বস্তুটির মোট কৌণিক ভরবেগ অপরিবর্তিত থাকে।

$$\text{আমরা জানি, } L = I\omega \text{ এবং } \tau = \frac{dL}{dt}$$

$$\tau = 0 \text{ হলে, } \frac{dL}{dt} = 0$$

$$\text{বা, } dL = 0$$

$$\text{বা, } \int dL = \text{ধূবক}$$

$$\text{বা, } L = \text{ধূবক}$$

$$\text{বা, } I\omega = \text{ধূবক}$$

$$\therefore I_1\omega_1 = I_2\omega_2 = I_3\omega_3 \dots = I_n\omega_n$$

এটিই ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক ভরবেগের নিয়ন্ত্রণ সূত্র।

গ। ধরি, সিলিন্ডারটির কৌণিক বেগ ω

$$\text{আমরা জানি, } v = \omega r$$

$$\text{বা, } \omega = \frac{v}{r} = \frac{2 \text{ m s}^{-1}}{0.20 \text{ m}}$$

$$\therefore \omega = 10 \text{ rad s}^{-1}$$

সূতরাং সিলিন্ডারের কৌণিক বেগ 10 rad s^{-1} ।

উদ্ধৃত হতে,

সিলিন্ডারের রৈখিক বেগ

$$v = 2 \text{ m s}^{-1}$$

সিলিন্ডারের ব্যাসার্ধ, $r = 0.20 \text{ m}$

ঘ। সিলিন্ডারটির মোট গতিশক্তি জানা সম্ভব কীনা তা নিচে যাচাই করা হলো—

50 kg ভরের এবং 0.20 m ব্যাসার্ধের সিলিন্ডারটির যখন 2 m s^{-1} বেগে অনুভূমিকভাবে গড়াতে থাকে তখন এর ঘর্থে চলন গতিশক্তি এবং ঘূর্ণন গতিশক্তি কাজ করে। এ দুই গতিশক্তির সমষ্টিই হবে সিলিন্ডারটি মোট গতিশক্তি।

$$'g' \text{ হতে } g = 10 \text{ rad s}^{-1}$$

চলন গতিশক্তি k হলে,

$$\text{আমরা জানি, } k = \frac{1}{2} mv^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 50 \text{ kg} \times (2 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$\therefore k = 100 \text{ J}$$

আবার ঘূর্ণন গতিশক্তি E হলে,

$$E = \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1 \text{ kg m}^2 \times (10 \text{ rad s}^{-1})^2$$

$$\therefore E = 50 \text{ J}$$

$$\therefore \text{মোট গতিশক্তি} = k + E = 100 \text{ J} + 50 \text{ J} = 150 \text{ J}$$

সূতরাং সিলিন্ডারটির মোট গতিশক্তি 150 J।

অতএব, উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যাচ্ছে সিলিন্ডারটির মোট গতিশক্তি জানা সম্ভব।

প্রয়োজনীয় ৭৬। রহমান সাহেব তার সাইকেলে চড়ে 1.5 m s^{-2} ত্বরণ সহকারে চালানো শুরু করলেন। উক্ত মোটর সাইকেলের একটি চাকার ভর 5 kg এবং ব্যাসার্ধ 30 cm।

১। ক. কৌণিক বেগ কী?

২। খ. কৌণিক ভরবেগের মাত্রা নির্ণয় কর।

৩। গ. 10 সেকেন্ডে উদ্ধৃতকে উল্লেখিত একটি চাকার কৌণিক

সরণ কত হবে?

৪। ঘ. এ ত্বরণ সূচিটির জন্য কত টর্ক প্রয়োগ করতে হবে তা

নির্ণয় করা সম্ভব কি-না গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে

ব্যাখ্যা করে বুঝিয়ে দাও।

[অনুশীলনীর পৃষ্ঠা ২০]

৭৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক। সময় ব্যাধান শূন্যের কাছাকাছি হলে কৌণিক সরণের পরিবর্তনের হারই হলো কৌণিক বেগ।

খ। আমরা জানি, কৌণিক ভরবেগ হলো, ঘূর্ণায়মান কোনো কণার ব্যাসার্ধ ডেক্টের এবং ভরবেগের ডেক্টের গুণফল।

কৌণিক ভরবেগের মাত্রা, $[L] = \text{ভরবেগের মাত্রা} \times \text{দূরত্বের মাত্রা}$

$$= [p] \times [r] = [mv] \times [r] \\ = [MLT^{-1}] \times [L] = [ML^2T^{-1}]$$

ঘ। ধরি, চাকাটির কৌণিক সরণ : $\theta = \theta_0 + \omega t$

আমরা জানি, $a = r\alpha$ উদ্ধৃত হতে, ত্বরণ, $a = 1.5 \text{ m s}^{-2}$

$$\text{বা, } \alpha = \frac{a}{r} = \frac{1.5 \text{ m s}^{-2}}{0.3 \text{ m}}$$

$$\therefore \alpha = 5 \text{ rad s}^{-2}$$

আবার, $\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$

$$\text{বা, } \theta - \theta_0 = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2 = 0 \times 10 \text{ s} + \frac{1}{2} \times 5 \text{ rad s}^{-2} \times (10 \text{ s})^2$$

$$= 0 + 250 \text{ rad} = 250 \text{ rad} = \frac{250}{2\pi} \text{ rev}$$

$$\therefore \theta - \theta_0 = 39.79 \text{ rev}$$

সূতরাং কৌণিক সরণ 39.79 rev.

য 1.5 m s^{-2} তুরণ সূচির জন্য প্রয়োগকৃত টর্কের মান নির্ণয় করা
সম্ভব কী না তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করা হলো—

উচ্চিপক অনুযায়ী,

চাকার বা চক্রগতির ব্যাসার্ধ, $k = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$

চাকার ভর, $m = 5 \text{ kg}$

' θ ' হতে পাই, কৌণিক তুরণ, $\alpha = 0.5 \text{ rad s}^{-2}$

আমরা জানি, $I = M k^2 = 5 \text{ kg} \times (0.3 \text{ m})^2 = 0.45 \text{ kg m}^2$

আবার, $\tau = I\alpha = 0.45 \text{ kg m}^2 \times 50 \text{ rad s}^{-2}$

$$\therefore \tau = 22.5 \text{ N m}$$

সূতরাং 1.5 m s^{-2} তুরণ সূচির জন্য যে টর্ক প্রয়োগ করতে হবে তা
নির্ণয় করা সম্ভব।

ব একটি ফ্লাই হুইলের জড়তার ভ্রামক 100 kg m^2 । ফ্লাই
হুইলটি প্রতি ঘণ্টিতে 50000 বার ঘূরছিল। সূচনা ক্ষেত্রে প্রয়োগ করে
একে 30 সেকেন্ড ধারানো হলো।

ক. কৌণিক ভরবেগ কী?

খ. দেখাও যে, একক সমকৌণিক বেগে ঘূর্ণায়মান কোনো
দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামক, সংখ্যাগতভাবে এর কৌণিক
ভরবেগের সমান।

গ. ফ্লাই হুইলে প্রযুক্ত টর্কের মান কত?

ঘ. দেখে যাওয়ার আগে ফ্লাই হুইলটির পক্ষে 25000 বার
ঘূরা সম্ভব কি না গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই কর। ৪

[অনুপীলনীর প্রশ্ন ২১]

৩ ৭৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক কৌণিক ভরবেগ হলো ঘূর্ণায়মান কোনো বস্তুকণার অবস্থান
ভেট্টের এবং রৈখিক ভরবেগের গুণফল।

খ সূজনশীল প্রশ্ন ২৬(খ) নং উত্তর দ্রষ্টব্য।

গ ধরি, ফ্লাই হুইলে প্রযুক্ত টর্কের মান τ

উচ্চিপক হতে, জড়তার ভ্রামক, $I = 100 \text{ kg m}^2$

সময়, $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$

ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 50000$

কৌণিক বেগ, $\omega = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \omega = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2 \times 3.1416 \times 50000}{60 \text{ s}} = 5236 \text{ rad s}^{-1}$$

আবার, $\omega = \omega_0 + at$

$$\text{বা, } \omega = \frac{\omega - \omega_0}{t} = \frac{5236 \text{ rad s}^{-1} - 0}{60 \text{ s}}$$

$$\therefore a = 87.267 \text{ rad s}^{-2}$$

আবার, $\tau = I\alpha = 100 \text{ kg m}^2 \times 87.267 \text{ rad s}^{-2} = 8726.7 \text{ Nm}$

সূতরাং ফ্লাই হুইলে প্রযুক্ত বলের মান 8726.7 Nm ।

ঘ উচ্চিপক অনুসারে, সময়, $t = 30 \text{ s}$

শেষ কৌণিক বেগ, $\omega' = 0$

গ হতে পাই, আদি কৌণিক বেগ, $\omega = 5236 \text{ rad s}^{-1}$

$$\therefore \text{গড় কৌণিক বেগ, } \omega'' = \frac{\omega + \omega'}{2} = \frac{(5236 + 0) \text{ rad s}^{-1}}{2} = 2618 \text{ rad s}^{-1}$$

ধরি, ঘূর্ণন সংখ্যা N'

$$\text{আমরা জানি, } \omega'' = \frac{2\pi N'}{t}$$

$$\text{বা, } N' = \frac{\omega'' t}{2\pi} = \frac{2618 \times 30 \text{ s}}{2 \times 3.1416} = 12500$$

অতএব উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় যে, যোম যাওয়ার
আগে ফ্লাই হুইলটির পক্ষে 25000 বার ঘূরা সম্ভব নয়।

ব বোরের হাইড্রোজেন পরমাণুর ঘড়েলে একটি ইলেক্ট্রন
একটি প্রোটনের চারদিকে $5.2 \times 10^{-11} \text{ m}$ ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে
 $2.18 \times 10^6 \text{ m s}^{-1}$ বেগে প্রদক্ষিণ করে। ইলেক্ট্রনের ভর $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ।

ক. জড়তার ভ্রামক কিসের উপর নির্ভর করে?

খ. টর্কের দিক কীভাবে পাওয়া যায় ব্যাখ্যা কর।

গ. উচ্চিপকের আলোকে ইলেক্ট্রনের কৌণিক বেগ নির্ণয় কর।

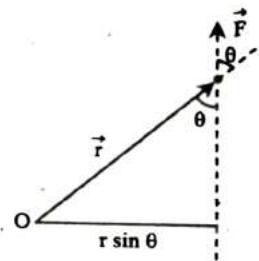
ঘ. ইলেক্ট্রন কক্ষপথ থেকে কেন ছিটকে পড়েছে না
উচ্চিপকের আলোকে বিশ্লেষণ কর। যে বল ইলেক্ট্রনকে
কক্ষপথে আবস্থ রাখে তার মান কত? ৪

[অনুপীলনীর প্রশ্ন ২৪]

৩ ৭৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক জড়তার ভ্রামক ঘূর্ণন অক্ষ থেকে ভরের বটন ও দূরত্বের উপর
নির্ভর করে।

খ ঘূর্ণন কেন্দ্রের সাপেক্ষে কোনো কণার ব্যাসার্ধ ভেট্টের বা অবস্থান
ভেট্টের \vec{r} এবং এ কণার ওপর প্রযুক্ত বল \vec{F} হলে, এ কেন্দ্রের সাপেক্ষে
কণাটির ওপর প্রযুক্ত টর্ক বা বলের ভ্রামক হচ্ছে, $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$



টর্ক একটি ভেট্টের রাশি। এর দিক $\vec{r} \times \vec{F}$ এর দিকে। একটি ডানহাতি
কুকুকে \vec{r} ও \vec{F} এর সমতলে লম্বভাবে স্থাপন করে \vec{r} থেকে \vec{F} এর
দিকে ক্ষুদ্রতর কোণে ঘূরালে যে দিকে অগ্রসর হয় সেদিকে।

গ ধরি, ইলেক্ট্রনের কৌণিক বেগ, ω

আমরা জানি, $v = \omega r$

$$\text{বা, } \omega = \frac{v}{r}$$

$$= \frac{2.18 \times 10^6 \text{ m s}^{-1}}{5.2 \times 10^{-11} \text{ m}}$$

$$= 4.19 \times 10^{16} \text{ rad s}^{-1}$$

সূতরাং, ইলেক্ট্রনের কৌণিক বেগ $4.19 \times 10^{16} \text{ rad s}^{-1}$ ।

ঘ ইলেক্ট্রন কক্ষপথ থেকে কেন্দ্রমুখী বলের কারণে ছিটকে পড়েছে
না। যখনই কোনো বস্তু কেন্দ্র করে বৃত্তাকার পথে
গতিশীল হয় তখনই কেন্দ্রমুখী বল উৎপন্ন হয়। ইলেক্ট্রনগুলো যখন
নিউক্লিয়াসের চারদিকে ঘূরে তখন ইলেক্ট্রনগুলোতে কেন্দ্রমুখী বল
উৎপন্ন হয়। এ বল ডিডিং আধানের জন্য হয়ে থাকে। ইলেক্ট্রন ও
নিউক্লিয়াসের মধ্যকার স্থির তড়িৎ আকর্ষণ বলই কেন্দ্রমুখী বল হিসেবে
কাজ করে। এজন্যই ইলেক্ট্রন কক্ষপথ থেকে ছিটকে পড়ে না।

ধরি, কেন্দ্রমুখী বলের মান, F

উচ্চিপক অনুযায়ী,

ইলেক্ট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

কৌণিক বেগ, $\omega = 4.19 \times 10^{16} \text{ rad s}^{-1}$

ব্যাসার্ধ, $r = 5.2 \times 10^{-11} \text{ m}$

আমরা জানি, $F = m \omega^2 r$

$$\text{বা, } F = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \times (4.19 \times 10^{16} \text{ rad s}^{-1})^2 \times 5.2 \times 10^{-11} \text{ m}$$

$$= 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \times 1.76 \times 10^{33} (\text{rad s}^{-1})^2 \times 5.2 \times 10^{-11} \text{ m}$$

$$\therefore F = 8.32 \times 10^{-8} \text{ N}$$

সূতরাং $8.32 \times 10^{-8} \text{ N}$ বল ইলেক্ট্রনকে কক্ষপথে আবস্থ রাখে।

মুক্তি 40 kg এবং 60 kg ভরের দুটি বস্তু যথাক্রমে 10 m s^{-1} ও 2 m s^{-1} বেগে পরস্পর বিপরীত দিকে আসার সময় একে অপরকে ধাক্কা দিল। ধাক্কার পর বস্তুয় একত্রে যুক্ত হয়ে একটি বস্তু হয়ে গেল।

ক. সংঘর্ষ কী?

খ. ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রটি বর্ণনা কর।

গ. উকীপক উন্নেষিত যিলিত বস্তুটি কোন দিকে কত বেগে চলবে?

ঘ. সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক না অস্থিতিস্থাপক গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ঘৰামত দাও।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৩]

৩ ৭৯নং প্রশ্নের উত্তর

মুক্তি দুটি বস্তু যদি একটা খুব বড় মানের বলে খুব অল্প সময়ের জন্য পরস্পরকে আঘাত করে তাহলে তাকে বলা হয় সংঘর্ষ।

মুক্তি দুই বা ততোধিক বস্তুতে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া ছাড়া অন্য কোনো বাহ্যিক বল ক্রিয়া না করলে কোনো নির্দিষ্ট দিকে ঐ বস্তুগুলোর মোট রৈখিক ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হবে না।

ব্যাখ্যা : মনে করি, m_1 ও m_2 ভরের দুটি বস্তু \vec{v}_{1i} ও \vec{v}_{2i} বেগে গতিশীল ধাক্কা অবস্থায় এদের মধ্যে সংঘর্ষ হলো। সংঘর্ষের পরে বস্তুয়ের বেগ যথাক্রমে \vec{v}_{1f} এবং \vec{v}_{2f} হলো।

সূতরাং : ভরবেগের নিয়তার সূত্র অনুসারে,

সংঘর্ষের পূর্বে মোট ভরবেগ = সংঘর্ষের পরে মোট ভরবেগ

$$\text{বা, } m_1 \vec{v}_{1i} = m_2 \vec{v}_{2i} = m_1 \vec{v}_{1f} + m_2 \vec{v}_{2f}$$

মুক্তি মনে করি, প্রথম বস্তুর বেগ ধনাত্মক

এখানে, ১ম বস্তুর ভর, $m_1 = 40 \text{ kg}$

২য় বস্তুর ভর, $m_2 = 60 \text{ kg}$

১ম বস্তুর বেগ, $v_{1i} = 10 \text{ m s}^{-1}$

২য় বস্তুর বেগ, $v_{2i} = -2 \text{ m s}^{-1}$

যিলিত বস্তুটির বেগ, $v_f = ?$

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র হতে আমরা জানি,

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = (m_1 + m_2) v_f$$

$$\text{বা, } 40 \text{ kg} \times 10 \text{ m s}^{-1} + 60 \text{ kg} \times (-2 \text{ m s}^{-1}) = (60 + 40) \times v_f$$

$$\therefore v_f = 14.8 \text{ m s}^{-1}$$

যেহেতু v_f ধনাত্মক, সেহেতু বস্তুটি প্রথম বস্তু যে দিকে চলে সেদিকেই চলবে।

মুক্তি আমরা জানি,

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

$$= \left(\frac{40 \text{ kg} - 60 \text{ kg}}{40 \text{ kg} + 60 \text{ kg}} \right) \times 10 \text{ m s}^{-1} + \left(\frac{2 \times 60 \text{ kg}}{40 \text{ kg} + 60 \text{ kg}} \right) \times (-2 \text{ m s}^{-1})$$

$$= (-2 - 2.4) \text{ m s}^{-1} = -4.4 \text{ m s}^{-1}$$

এখন, সংঘর্ষের পূর্বে মোট গতিশক্তি,

$$E_1 = \frac{1}{2} m_1 (v_{1i})^2 + \frac{1}{2} m_2 (v_{2i})^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 40 \text{ kg} \times (10 \text{ m s}^{-1})^2 + \frac{1}{2} \times 60 \text{ kg} \times (-2 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$= 2000 \text{ J} + 120 \text{ J} = 2120 \text{ J}$$

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

$$= \left(\frac{2 \times 40 \text{ kg}}{40 \text{ kg} + 60 \text{ kg}} \right) \times 10 \text{ m s}^{-1} + \left(\frac{60 \text{ kg} - 40 \text{ kg}}{40 \text{ kg} + 60 \text{ kg}} \right) \times (-2 \text{ m s}^{-1})$$

$$= \{8 + (-0.4)\} \text{ m s}^{-1} = 7.6 \text{ m s}^{-1}$$

সংঘর্ষের পর মোট গতিশক্তি,

$$E_2 = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 40 \text{ kg} \times (-4.4 \text{ m s}^{-1})^2 + \frac{1}{2} \times 60 \text{ kg} \times (7.6 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$= 387.2 \text{ J} + 1732.8 \text{ J} = 2120 \text{ J}$$

$$\therefore E_1 = E_2$$

সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক।

৪ ৮০নং প্রশ্নের উত্তর

মুক্তি একটি নাট খুলতে 900 N-m মানের টর্কের প্রয়োজন।

এক ব্যক্তি $\vec{F} = 20\hat{i} + 15\hat{j}$ বল প্রয়োগে একটি রেঞ্জের সাহায্যে একটি নাট খোলার চেষ্টা করা হচ্ছে। $\vec{r} = 3\hat{i} - 2\hat{j}$ রেঞ্জের মধ্য বিন্দুর সাপেক্ষে বলের প্রয়োগ বিন্দুর অবস্থান ডেটার।

ক. বলের ভারক কী?

খ. ঘূর্ণনরত কৃতিম উপগ্রহ পৃথিবীর দিকে নেমে আসে না কেন— ব্যাখ্যা কর।

গ. বল ও অবস্থান ডেটারের মধ্যবর্তী কোণ নির্ণয় কর।

ঘ. নাটটি খোলা সম্ভব হবে কি-না উপর্যুক্ত কারণসহ ঘৰামত দাও।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ২]

৫ ৮০নং প্রশ্নের উত্তর

মুক্তি কোনো বস্তুর অবস্থান ডেটার এবং ঐ বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বলের ডেটার গুণনই বলের ভারক।

মুক্তি কৃতিম উপগ্রহ পৃথিবীর চারদিকে প্রদক্ষিণ করার সময় কক্ষপথের স্পর্শক বরাবর এর একটি বেগ থাকে। এ বেগ ধাক্কার কারণে ঘূর্ণনরত কৃতিম উপগ্রহ পৃথিবীর দিকে নেমে আসে না।

মুক্তি ধরি, বল ও অবস্থান ডেটারের মধ্যবর্তী কোণ θ

$$\text{উকীপক হতে, বল, } \vec{F} = 20\hat{i} + 15\hat{j}$$

$$\text{অবস্থান, } \vec{r} = 3\hat{i} - 2\hat{j}$$

$$\therefore F = \sqrt{(20)^2 + (15)^2} = \sqrt{625} = 25$$

$$\text{এবং } r = \sqrt{(3)^2 + (-2)^2} = \sqrt{13}$$

আমরা জানি, $\vec{F} \cdot \vec{r} = Fr \cos \theta$

$$\text{বা, } \cos \theta = \frac{\vec{F} \cdot \vec{r}}{Fr} = \frac{(20\hat{i} + 15\hat{j})(3\hat{i} - 2\hat{j})}{25 \times \sqrt{13}} = \frac{60 - 30}{25\sqrt{13}}$$

$$\text{বা, } \theta = \cos^{-1} \left(\frac{30}{25\sqrt{13}} \right)$$

$$\therefore \theta = 70.56^\circ$$

সূতরাং, বল ও অবস্থান ডেটারের মধ্যবর্তী কোণ 70.56° ।

মুক্তি উকীপক অনুসারে, $\vec{F} = 20\hat{i} + 15\hat{j}$

$$\text{অবস্থান, } \vec{r} = 3\hat{i} - 2\hat{j}$$

$$\text{এখন, } \vec{r} \times \vec{F} = (20\hat{i} + 15\hat{j}) \times (3\hat{i} - 2\hat{j})$$

$$= \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ 20 & 15 & 0 \\ 3 & -2 & 0 \end{vmatrix}$$

$$= (0 - 0)\hat{i} + (0 - 0)\hat{j} + (-40 - 45)\hat{k}$$

$$\therefore \vec{r} \times \vec{F} = -85\hat{k}$$

$$\text{আমরা জানি, } \tau = \vec{r} \times \vec{F} = -85\hat{k}$$

$$\therefore \text{টর্কের মান} = \sqrt{(-85)^2} = 85$$

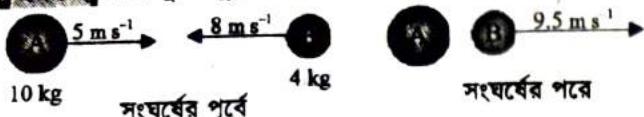
$$\therefore \tau = 85 \text{ Nm}$$

উকীপক অনুসারে, নাট খুলতে প্রয়োজনীয় টর্কের মান, $\tau' = 900 \text{ Nm}$ যেহেতু, $\tau' > \tau$ সেহেতু নাটটি খোলা সম্ভব হবে না।



প্রয়োগ ৪ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রথ ৪-এর উভয়ের জন্য সূজনশীল প্রথ ৪-এর উভয় মুটব্য।

প্রয়োগ ৫ চিত্রে দুটি বস্তু A ও B এর মধ্যে সংঘর্ষ দেখানো হলো।



১. ক. কৌণিক ত্বরণ কাকে বলে? ১
খ. স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ ও অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলতে
কী বোঝায়? ২
গ. সংঘর্ষের পর A বস্তুর বেগ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. সংঘর্ষের প্রকৃতি গাণিতিক বিলোব্ধের মাধ্যমে প্রকাশ কর। ৪

[অনুশীলনীর প্রয় ৫]

৮২নং প্রশ্নের উত্তর

ক সময় ব্যবধান শুনের কাছাকাছি হলে সময়ের সাপেক্ষে বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তনের হারকে কৌণিক ত্বরণ বলে।

খ দুটি বস্তুর মধ্যে সংঘর্ষ হলে যদি মোট গতিশক্তি সংরক্ষিত থাকে অর্থাৎ যদি বস্তুগুলোর মোট গতিশক্তির পরিবর্তন না হয় তাহলে তাকে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে। আবার, যদি দুটি বস্তুর মধ্যে সংঘর্ষ হলে মোট গতিশক্তি সংরক্ষিত না হয় অর্থাৎ সংঘর্ষের পূর্বের গতিশক্তি এবং সংঘর্ষের পরের গতিশক্তি সমান না হয় তাহলে সেই সংঘর্ষকে অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে।

গ ধরি, সংঘর্ষের পর A বস্তুর বেগ v_A

উচ্চিপক হতে, A বস্তুর ভর, $m_A = 10 \text{ kg}$

B বস্তুর ভর, $m_B = 4 \text{ kg}$

সংঘর্ষের পূর্বে, A বস্তুর বেগ, $u_A = 5 \text{ m s}^{-1}$

B বস্তুর বেগ, $u_B = -8 \text{ m s}^{-1}$

সংঘর্ষের পর, B বস্তুর বেগ, $v_B = 9.5 \text{ m s}^{-1}$

আমরা জানি, $m_A u_A + m_B u_B = m_A v_A + m_B v_B$

বা, $m_A v_A = m_A v_A + m_B v_B - m_B u_B$

বা, $10 \text{ kg} \times v_A = 10 \text{ kg} \times 5 \text{ m s}^{-1} + 4 \text{ kg} \times (-8) \text{ m s}^{-1} - 4 \text{ kg} \times 9.5 \text{ m s}^{-1}$

বা, $10 \text{ kg} \times v_A = -20 \text{ kg m s}^{-1}$

বা, $v_A = \frac{-20 \text{ kg m s}^{-1}}{10 \text{ kg}} = -2 \text{ m s}^{-1}$

সুতরাং সংঘর্ষের পর A বস্তুর বেগ 2 m s^{-1} ।

ঘ উচ্চিপক হতে, A বস্তুর ভর, $m_A = 10 \text{ kg}$

B বস্তুর ভর, $m_B = 4 \text{ kg}$

সংঘর্ষের পূর্বে, A বস্তুর বেগ, $u_A = 5 \text{ m s}^{-1}$

B বস্তুর বেগ, $u_B = -8 \text{ m s}^{-1}$

সংঘর্ষের পর, A বস্তুর বেগ, $v_A = -2 \text{ m s}^{-1}$ ['গ' হতে পাই]

B বস্তুর বেগ, $v_B = 9.5 \text{ m s}^{-1}$

সংঘর্ষের পূর্বে মোট গতিশক্তি E_{k_1} হলো,

$$\begin{aligned} E_{k_1} &= \frac{1}{2} m_A u_A^2 + \frac{1}{2} m_B u_B^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 10 \text{ kg} \times (5 \text{ m s}^{-1})^2 + \frac{1}{2} \times 4 \text{ kg} \times (-8 \text{ m s}^{-1})^2 \end{aligned}$$

$$\therefore E_{k_1} = 253 \text{ J}$$

সংঘর্ষের পর মোট গতিশক্তি E_{k_2} হলো,

$$\begin{aligned} E_{k_2} &= \frac{1}{2} m_A v_A^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 10 \text{ kg} \times (-2 \text{ m s}^{-1})^2 + \frac{1}{2} \times 4 \text{ kg} \times (9.5 \text{ m s}^{-1})^2 \end{aligned}$$

$$\therefore E_{k_2} = 200.5 \text{ J}$$

যেহেতু, $E_{k_1} \neq E_{k_2}$ সেহেতু সংঘর্ষের পূর্বে ও পরে মোট গতিশক্তি সংরক্ষিত হ্যানি। অর্থাৎ সংঘর্ষটির প্রকৃতি অস্থিতিস্থাপক।

প্রয়োগ ৬ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রথ ৬-এর উভয়ের জন্য সূজনশীল প্রথ ৬-এর উভয় মুটব্য।

প্রয়োগ ৭ তারেক একজন লাক্ষবিদ। সে একদিন নামার জন্য নৌকা থেকে লাফ দিল। কিন্তু সে কলে না পৌছে পানিতে পড়ে গেল। সে লক করল লাফ দেওয়ার সময় নৌকা বিপরীত দিকে গতিশীল হয়েছে। নৌকার ভর 80 kg , তারেকের ভর 60 kg , তারেকের বেগ 4 m s^{-1} ।

প্রয়োগ ৮ ক. নিউটনের তৃতীয় সূত্রটি লেখ। ১
খ. বৃত্তাকার পথে সমন্বিততে চলমান বস্তুর ত্বরণ থাকে কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. নৌকার পচাট বেগ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. তারেকের পানিতে পড়ে যাওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর। ৪

[অনুশীলনীর প্রয় ৭]

৮৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউটনের তৃতীয় সূত্রটি হলো— প্রতোক ক্রিয়ারই একটি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে।

খ বৃত্তাকার পথে সমন্বিততে কোনো বস্তু ঘূরতে থাকলে তা অনবরত দিক পরিবর্তন করে। সমন্বিততে চলে বলে বেগের ভাব $|v_1| = |v_2| = |v_3| = v$ অপবির্তিত থাকলে দিক পরিবর্তনের ফলে বেগের পরিবর্তন যেকোনো বিন্দুতে তার লম্ব বেরখার বরাবর ক্রিয়া করে। কাজেই বৃত্তাকার পথে সমন্বিততে ঘূর্ণনরত বস্তুকণার ত্বরণ থাকে যাকে কেন্দ্ৰমুখী ত্বরণ বলে।

ঘ ধরি, নৌকার বেগ, V

ভরবেগের নিয়তার সূত্র অনুসারে,

$$\begin{aligned} MV &= mv \\ \text{বা, } V &= -\frac{mv}{M} = -\frac{60 \text{ kg} \times 4 \text{ m s}^{-1}}{80 \text{ kg}} \\ \therefore V &= -3 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

এখানে ঝোঁক চিহ্ন নৌকার পচাট বেগ নির্দেশ করে।

সুতরাং নৌকার পচাট বেগ 3 m s^{-1} ।

উচ্চিপক হতে,

নৌকার ভর, $M = 80 \text{ kg}$

তারেকের ভর, $m = 60 \text{ kg}$

তারেকের বেগ, $v = 4 \text{ m s}^{-1}$

নৌকার বেগ, $V = ?$

ঘ তারেকের পানিতে পড়ে যাওয়ার কারণ নিচে ব্যাখ্যা করা হলো— নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র হতে আমরা জানি, প্রতোক ক্রিয়ার একটি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে। তারেক নৌকা থেকে লাফ দেওয়ার সময় নৌকার উপর যে বল প্রয়োগ করে, বিপরীত ক্রমে নৌকাও তারেকের উপর সমপরিমাণ বল প্রয়োগ করে। লাফ দেওয়ার সময় তারেক যে শক্তি ব্যয় করে তা তার এবং নৌকার গতিশক্তিতে বৃপ্তিরিত হয়।

ধরি, তারেকের গতিশক্তি k_1 এবং নৌকার গতিশক্তি k_2 ।

$$\begin{aligned} \text{মোট গতিশক্তি } k \text{ হলো, } k &= k_1 + k_2 \quad \text{এখানে,} \\ \text{বা, } k &= \frac{1}{2} m_T v_T^2 + \frac{1}{2} m_B v_B^2 \quad \text{নৌকার ভর, } m_B = 80 \text{ kg} \\ &= \frac{1}{2} \times 60 \text{ kg} \times (4 \text{ m s}^{-1})^2 \quad \text{তারেকের ভর, } m_T = 60 \text{ kg} \\ &\quad + \frac{1}{2} \times 80 \text{ kg} \times (3 \text{ m s}^{-1})^2 \quad \text{তারেকের বেগ, } v_T = 4 \text{ m s}^{-1} \\ &= 480 \text{ J} + 360 \text{ J} = 480 \text{ J} \quad \text{নৌকার বেগ, } v_B = 3 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

মোট গতিশক্তি $k = 480 \text{ J}$

কাজশক্তি উপপাদ্য অনুসারে, $W = \frac{1}{2} mv^2 = k$.
840 J পরিমাণ কাজের পুরো অংশই তারেকের গতিশক্তিতে বৃপ্তিরিত হতো যদি তারেক তার চেয়ে অনেক বেশি ভরের কোনো বস্তুর উপর থেকে লাফ দিত। কারণ সেক্ষেত্রে পচাট বেগ খুবই নগণ্য হতো।



উজ্জ অবস্থায় তারেকের বেগ v হলে,

$$k = \frac{1}{2} m_r v^2$$

$$\text{বা, } v^2 = \frac{2k}{m}$$

$$\text{বা, } v = \sqrt{\frac{2k}{m}}$$

$$\text{বা, } v = \sqrt{\frac{2 \times 840 \text{ J}}{60 \text{ kg}}} = \sqrt{28 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}} = 5.29 \text{ m s}^{-1}$$

অর্থাৎ তারেকের বেগ 5.29 m s^{-1} হলে তারেক লাফ দিয়ে কূলে উঠতে পারতো। কিন্তু তারেকের বেগ 4 m s^{-1} হওয়ায় সে আর কূলে না উঠে পানিতে পড়ে গেল।

অতএব, তারেকের বায়িত শক্তির কিছু অংশ নৌকাকে গতিশীল করায় এবং বাকী অংশ তাকে সামনের দিকে এগিয়ে নিয়ে যাওয়ায় ঘটাতি গতিশক্তির কারণে তারেক কূলে না উঠে পানিতে পড়ে যায়।

প্রয়োগ ৮৫ অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ৯-এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ২-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৮৬ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



রাস্তার বাঁকের ডেতরের পাশ থেকে বাইরের পাশের উচ্চতা 15 cm । যাত্রিসহ গাড়ির ভর $= 2000 \text{ kg}$ । গাড়ির চালক নির্দেশনা মেনে চালাতে গিয়ে দুর্ঘটনায় পতিত হলো।

ক. টর্ক কাকে বলে?

১

খ. ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রটি ব্যাখ্যা কর

২

গ. দুর্ঘটনার সময় গাড়িটির কেন্দ্রমুখী বল কত ছিল?

৩

ঘ. গাড়িটির দুর্ঘটনা কবলিত হবার কারণ কি? গাণিতিক যুক্তি দাও।

৪

(অনুশীলনীর প্রশ্ন ১০)

৮৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো দৃঢ় বস্তুর উপর বল প্রযুক্ত হলে বস্তুটির মধ্যে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দু বা অক্ষের সাপেক্ষে ঘূরবার যে প্রবণতা সৃষ্টি হয় তাকে বলের ভ্রান্ত বা টর্ক বলে।

খ. ভরবেগের সংরক্ষণ নীতিটি হলো— বায়ুক বলের অনুপস্থিতিতে দুই বা ততোধিক বস্তুর মধ্যে যখন ভোত ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া ঘটে, তখন ভেটরবুলে প্রকাশিত ভরবেগসম্বন্ধের জরুরি ধৰ্ম থাকে। কোনো নির্দিষ্ট দিকে তাদের মোট ভরবেগের পরিবর্তন হয় না।

গ. ধরি, দুর্ঘটনার সময় গাড়ির কেন্দ্রমুখী বলের পরিমাণ F উদ্বিগ্ন হতে, যাত্রীসহ গাড়ির ভর, $m = 2000 \text{ kg}$

$$\text{গতিবেগ, } v = 36 \text{ kmh}^{-1} = \frac{36 \times 1000}{3600} \text{ m s}^{-1} = 10 \text{ m s}^{-1}$$

বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 200 \text{ m}$

$$\text{আমরা জানি, } F = \frac{mv^2}{r} = \frac{2000 \text{ kg} \times (10 \text{ m s}^{-1})^2}{200 \text{ m}} = 1000 \text{ N}$$

সুতরাং, দুর্ঘটনার সময় গাড়ির কেন্দ্রমুখী বল ছিল 1000 N ।

ঘ. উদ্বিগ্ন অনুসারে, রাস্তার দুই পান্তের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 15 \text{ m}$ ডেতরের পাশ থেকে বাইরের পাশের উচ্চতা, $h = 15 \text{ cm} = 0.15 \text{ m}$ বাঁকের ব্যাসার্ধ, $r = 200 \text{ m}$

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

ব্যাংকিং কোণ, $\theta = ?$

ব্যাংকিং কোণ অনুসারে গাড়ির সর্বোচ্চ বেগ, $v = ?$

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

$$\text{বা, } \theta = \sin^{-1} \left(\frac{h}{d} \right) = \sin^{-1} \left(\frac{0.15 \text{ m}}{15 \text{ m}} \right)$$

$$\therefore \theta = 0.573^\circ$$

$$\text{আবার, } \tan \theta = \frac{v_1^2}{rg}$$

$$\text{বা, } v_1^2 = rg \tan \theta$$

$$\text{বা, } v_1^2 = 200 \text{ m} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times \tan (0.573^\circ) = 19.6$$

$$\therefore v_1 = 4.43 \text{ m s}^{-1}$$

নির্দেশনা অনুযায়ী গাড়ির সর্বোচ্চ বেগ, $v = 10 \text{ m s}^{-1}$

অর্থাৎ, $v > v'$ ।

অতএব, উপরের গাণিতিক বিপ্লবণ হতে বলা যায় যে, ব্যাংকিং কোণ অনুসারে গাড়ির সর্বোচ্চ গতিবেগের চেয়ে বোর্ডে লেখা গাড়ির সর্বোচ্চ গতিবেগের মান বেশ হওয়ার কারণে গাড়িটি দুর্ঘটনা কবলিত হলো।

প্রয়োগ ৮৭ অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১১-এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ৩-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৮৮ অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১২-এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ৮-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৮৯ অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১৩-এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ১-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৯০ অনুশীলনীর সৃজনশীল প্রশ্ন ১৪-এর উত্তরের জন্য সৃজনশীল প্রশ্ন ৭-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৯১ একজন মাঝি অনুভূমিকের সাথে 60° কোণে লগির সাহায্যে ভূমিতে 400 N বল প্রয়োগ করে। এতে নৌকাটি 1 m s^{-2} ত্বরণ প্রাপ্ত হয়। মাঝিসহ নৌকার ভর 130 kg ।

ক. বলের ভারসাম্য কাকে বলে?

১

খ. একটি বায়ু ভর্তি বেলুন মুখ খোলা অবস্থায় ছেড়ে দিলে খোলা মুখের বিপরীত দিকে ছুটতে দেখা যায় কেন?

২

গ. নৌকার উপর কার্যকর বল নির্যায় কর।

৩

ঘ. গাণিতিক বিপ্লবণের সাহায্যে নৌকাটি 1 m s^{-2} ত্বরণ প্রাপ্ত হওয়া সংগতিপূর্ণ কিনা মতামত দাও।

৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১৫]

৯১নং প্রশ্নের উত্তর

ঘ. দুই বা ততোধিক বল একই সময়ে কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়ার ফলে বস্তুটি যদি স্থির থাকে অর্থাৎ বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলের লক্ষ শূন্য হয়, তবে তাকে বলের ভারসাম্য বলে।

ঘ. বেলুনের মধ্যে বল প্রয়োগ করে বাতাস চুকিয়ে বেলুনকে ফোলানো হয়। এ বায়ু ভর্তি বেলুনকে যদি মুখ খোলা অবস্থায় ছেড়ে দেওয়া হয় তখন বেলুন সংকোচনজনিত কারণে বায়ুর উপর বল প্রয়োগ করে। নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে যেহেতু প্রত্যেক ক্রিয়ার একটি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে সেহেতু এ সময় বায়ু ও বেলুনের উপর একটি বিপরীত বল প্রয়োগ করে। এ বিপরীত বল প্রয়োগের কারণে যেদিক দিয়ে বায়ু নির্ণিত হয় বেলুন তার বিপরীত দিকে দূরে সরে যায়। এজন্য একটি বায়ু ভর্তি বেলুনকে মুখ খোলা অবস্থায় ছেড়ে দিলে খোলা মুখের বিপরীত দিকে ছুটতে দেখা যায়।

১) ধৰি, নৌকাৰ উপৰ কাৰ্যকৰ বল F_1

এখনে, $\theta = 60^\circ$

মাঝিৰ লগিৰ সাহায্যে প্ৰযুক্ত বলেৰ পৰিমাণ, $F = 400 \text{ N}$ মাঝিৰ প্ৰযুক্ত
বলেৰ বিপৰীতে ভূমি ও সমান এবং বিপৰীত বল প্ৰয়োগ কৰে। এ
প্ৰতিক্ৰিয়া বল আনুভূমিক এবং উলৱৰ দুটি উপাংশে বিভক্ত হয়।

$$\therefore F = F_1 + F_2$$

বেছানে, অনুভূমিক উপাংশ, $F_1 = F \cos 60^\circ$

$$\text{এবং উলৱৰ উপাংশ } F_2 = F \sin 60^\circ$$

প্ৰতিক্ৰিয়া বলেৰ উলৱৰ উপাংশ পানিৰ বিপৰীত ক্ৰিয়াৰ কাৰণে প্ৰশংসিত
হয়ে যায়। ফলে শুধুমাত্ৰ অনুভূমিক উপাংশই নৌকাৰ উপৰ কাৰ্যকৰ হয়।

$$\therefore \text{নৌকাৰ উপৰ কাৰ্যকৰ বল, } F_1 = F \cos 60^\circ$$

$$= 400 \text{ N} \times \frac{1}{2} = 200 \text{ N}$$

সূতৰাং নৌকাৰ উপৰ কাৰ্যকৰ বল 200 N।

২) নৌকাটিৰ 1 m s^{-2} ভূৱণ প্ৰাণ সংগতিপূৰ্ণ হওয়া প্ৰসংগে আমাৰ
মতাভূত নিচে উপস্থাপন কৰা হলো—

$$\text{'গ' হতে পাই, নৌকাৰ উপৰ কাৰ্যকৰ বল, } F_1 = 200 \text{ N}$$

মাঝিসহ নৌকাৰ ভৱ, $m = 130 \text{ kg}$

৩) ড. তকাজল হোসেন, মহিউল্লিম, নীলকুৰ, হুমায়ুন ও আতিকুৰ স্যারেৰ বইয়েৰ অনুশীলনীৰ সৃজনশীল প্ৰশ্ন ও উত্তৰ

প্ৰশ্ন ১৪। 40 N বল 5 kg ভৱেৰ একটি বস্তুৰ উপৰ 1 min ক্ৰিয়া কৰে।

ক. ভৱবেগ কাকে বলে?

১

খ. নিউটনেৰ গতিৰ ছিতীয় সূত্ৰে কীভাৱে প্ৰথম সূত্ৰ

২

অনৰ্নিহিত আছে ব্যাখ্যা কৰ।

গ. বস্তুটিৰ ভৱবেগেৰ পৰিবৰ্তন নিৰ্ণয় কৰ।

৩

ঘ. বলেৰ ক্ৰিয়া থেমে গেলে বস্তুটি কী কী কাৰণে থেমে

৪

যেতে পারে— আলোচনা কৰ।

[অনুশীলনীৰ প্ৰশ্ন ১]

১৪নং প্ৰশ্নেৰ উত্তৰ

ক. বস্তুৰ ভৱ এবং বেগেৰ গুণফলকে ভৱবেগ বলে।

খ. নিউটনেৰ গতিৰ ছিতীয় সূত্ৰ থেকে আমাৰা জানি, $\sum \vec{F} = ma$
যদি বস্তুৰ উপৰ নীট বল, $\sum \vec{F} = 0$ হয়, তবে $ma = 0$ হবে।

$$\therefore \text{ভূৱণ, } \vec{a} = 0, \text{ কাৰণ ভৱ, } m \neq 0$$

$$\text{বা, } \frac{d\vec{v}}{dt} = 0$$

$$\text{বা, } d\vec{v} = 0$$

$$\text{বা, } \int d\vec{v} = 0 \quad [\text{সমাকলন কৰে}]$$

$$\therefore \text{বেগ } \vec{v} = \text{ধৰক}$$

সূতৰাং বস্তুৰ উপৰ প্ৰযুক্ত নীট বল শূন্য হলে বেগ অপৰিবৰ্তিত
থাকবে। অৰ্থাৎ বাহ্যিক বলেৰ ক্ৰিয়া না থাকলে বেগেৰ মান বা দিক বা
মান ও দিক উভয়েৰ কোনো পৰিবৰ্তন হয় না।

এটিই নিউটনেৰ গতিৰ ১ম সূত্ৰ।

গ. ধৰি, বস্তুৰ ভৱবেগেৰ পৰিবৰ্তন P .

আমাৰা জানি, $F = ma$

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

$$\text{বা, } v = \frac{Ft}{m} = \frac{40 \text{ N} \times 60 \text{ s}}{5 \text{ kg}}$$

$$\therefore v = 480 \text{ m s}^{-1}$$

উচ্চীপক হতে,

$$\text{বল, } F = 40 \text{ N}$$

$$\text{ভৱ, } m = 5 \text{ kg}$$

$$\text{সময়, } t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$\text{আদিবেগ, } u = 0$$

নিউটনেৰ ২য় সূত্ৰানুসাৰে আমাৰা জানি, $F_1 = ma$

$$\text{বা, } a = \frac{F_1}{m} = \frac{200 \text{ N}}{130 \text{ kg}} = 1.54 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{সূতৰাং নৌকার ভূৱণ } 1.54 \text{ m s}^{-2}।$$

$$\text{উচ্চীপক অনুসাৰে, নৌকাটিৰ ভূৱণ } 1 \text{ m s}^{-2}$$

$$\therefore \text{নৌকাৰ ভূৱণ হ্ৰাস} = 1.54 \text{ m s}^{-2} - 1 \text{ m s}^{-2} = 0.54 \text{ m s}^{-2}$$

নৌকাৰ উপৰ অন্যকোনো বল প্ৰযুক্ত হলে ভূৱণেৰ পৰিমাণ হ্ৰাস পেতে পাৰে।
যেহেতু উচ্চীপকে বাতাসেৰ ঘৰ্ষণজনিত বাধাৰ কথা বলা হয়নি সেক্ষেত্ৰে
বাতাসেৰ বাধাজনিত বলেৰ কাৰণে ভূৱণেৰ এ মান হওয়া সন্দৰ্ব।

সেক্ষেত্ৰে নৌকাৰ উপৰ কাৰ্যকৰ বল,

$$F = ma = 130 \text{ kg} \times 1 \text{ m s}^{-2} = 130 \text{ N}$$

অতএব বাতাসেৰ বাধাজনিত বল F' হলৈ

$$F' = F_1 - F = 200 \text{ N} - 130 \text{ N} = 70 \text{ N}$$

সূতৰাং উপৰেৰ গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় যদি বাতাসেৰ বাধাজনিত
বল 70 N হয় সেক্ষেত্ৰে নৌকাটি 1 m s^{-2} ভূৱণ প্ৰাণ হওয়া সম্ভৱিত।

প্ৰশ্ন ১৫। অনুশীলনীৰ সৃজনশীল প্ৰশ্ন ১৭-এৰ উত্তৰেৰ জন্য সৃজনশীল
প্ৰশ্ন ৬-এৰ উত্তৰ দ্রষ্টব্য।

প্ৰশ্ন ১৬। অনুশীলনীৰ সৃজনশীল প্ৰশ্ন ১৯-এৰ উত্তৰেৰ জন্য সৃজনশীল
প্ৰশ্ন ৯-এৰ উত্তৰ দ্রষ্টব্য।

বস্তুৰ ভৱবেগ, $P = mv = 5 \text{ kg} \times 480 \text{ m s}^{-1}$

$$\therefore P = 2400 \text{ kg m s}^{-1}$$

সূতৰাং বস্তুৰ ভৱবেগেৰ পৰিবৰ্তন 2400 kg m s^{-1} ।

৩) বলেৰ ক্ৰিয়া থেমে গেলে বস্তুটি যে যে কাৰণে থেমে যেতে পাৰে
তা নিচে আলোচনা কৰা হলো—

বলেৰ ক্ৰিয়া থেমে গেলে একটি বস্তু ঘৰ্ষণ বল এবং সান্দ্ৰতা বলেৰ
কাৰণে থেমে যেতে পাৰে। কেননা, ঘৰ্ষণ বল এবং সান্দ্ৰবল উভয়েৰ
দিকই বস্তু যে দিকে চলতে চায় তাৰ বিপৰীত দিকে অৰ্থাৎ বস্তুৰ
বেগেৰ বিপৰীতে ক্ৰিয়া কৰে। এতে বস্তুৰ বেগ ধীৱে ধীৱে হ্ৰাস পায়
এবং বস্তুটি এক সময় থেমে যায়। তবে ঘৰ্ষণবল স্পৰ্শতল এবং বস্তুৰ
গতিবেগেৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে কিন্তু সান্দ্ৰতা বল স্পৰ্শতলেৰ ক্ষেত্ৰফল
এবং বস্তুৰ গতিবেগেৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে। কোনো বস্তু v আদিবেগে a
সুষম মন্দনে t সময়ে চলে s দূৰত্ব অতিক্ৰম কৰাৰ পৰ থেমে যায়। এ
সময় বস্তুৰ শেষবেগ $v = 0$ হয়।

আমাৰা জানি, $a = \frac{v - u}{t}$

বা, $v = u + at$

কিন্তু শেষ বেগ v শূন্য।

$$\therefore u = -at$$

অতিক্ৰান্ত দূৰত্ব, $s = ut - \frac{1}{2} at^2$ বা, $v^2 = u^2 - 2as$ সমীকৰণ অনুসাৰে

t সময় পৰ বস্তুটি s দূৰত্ব অতিক্ৰম কৰে থেমে যাবে।

প্ৰশ্ন ১৭। 10 kg ও 5 kg ভৱেৰ দুটি বস্তু একই সৱলৱেখা বৱাৰে
কিন্তু বিপৰীত দিকে চলা অবস্থায় একে অপৰকে ধাক্কা দিল। ধাক্কাৰ
পূৰ্বে তাদেৰ বেগ যথাক্রমে 2 m s^{-1} (উত্তৰ দিকে) ও 2 m s^{-1} (ছকিং
দিকে) ছিল। ধাক্কাৰ পৰ ২য় বস্তুটি 1 m s^{-1} বেগে পিছিয়ে গেল।

১) ক. ভৱবেগেৰ নিয়তা সূত্ৰটি কী?

২) খ. ভৱবেগেৰ নিয়তা সূত্ৰে 'দিক'-এৰ গুরুত্ব আলোচনা কৰ।

৩) গ. ধাক্কাৰ পূৰ্বে প্ৰত্যেক বস্তুৰ ভৱবেগ কত ছিল?

৪) ধ. ধাক্কাৰ পৰে ১ম বস্তুটিৰ বেগ কেন উত্তৰ দিকে হবে?

সে সম্পৰ্কে তোমাৰ যুক্তিসংজ্ঞাত মতাভূত দাও।

[অনুশীলনীৰ প্ৰশ্ন ৩]

১৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক ভরবেগের নিয়তা স্তুতি হলো, বাহ্যিক বলের অনুপস্থিতিতে দুই বা ততোধিক বস্তুর মধ্যে যখন ভৌত ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া ঘটে, তখন তেষ্টেরবৃপ্তে প্রকাশিত ভরবেগসমূহের লক্ষ্য ছুব থাকে। কোনো নির্দিষ্ট দিকে তাদের মোট ভরবেগের পরিবর্তন হয় না।

খ ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুযায়ী বাহ্যিক কোনো বল প্রযুক্ত না হলে কতকগুলো বস্তুকণার পারম্পরিক ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার ফলে যেকোনো দিকে তাদের মোট রৈখিক ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হয় না। অর্থাৎ ভরবেগের পরিবর্তন যেকোনো দিকে হোক না কেন সর্বদা উভয় বস্তুর ক্ষেত্রে সমান হবে। তবে উভয় বস্তুর ভরবেগের হিসাব একই দিকে করতে হবে।

গ ধাক্কার পূর্বে, ১য় বস্তুর ভর, $m_1 = 10 \text{ kg}$

২য় বস্তুর ভর, $m_2 = 5 \text{ kg}$

১য় বস্তুর বেগ, $u_1 = 2 \text{ m s}^{-1}$ (উত্তর দিকে)

২য় বস্তুর বেগ, $u_2 = 2 \text{ m s}^{-1}$ (দক্ষিণ দিকে)

$$\therefore 1\text{ম বস্তুর ভরবেগ} = m_1 u_1$$

$$= 10 \text{ kg} \times 2 \text{ m s}^{-1}$$

$$= 20 \text{ kg m s}^{-1} \text{ (উত্তর দিকে)}$$

$$2\text{য় বস্তুর ভরবেগ} = m_2 u_2$$

$$= 5 \text{ kg} \times 2 \text{ m s}^{-1}$$

$$= 10 \text{ kg m s}^{-1} \text{ (দক্ষিণ দিকে)}$$

ঘ ধাক্কার পরে, ২য় বস্তুর বেগ, $v_2 = 1 \text{ m s}^{-1}$

২য় বস্তুর ভর, $m_2 = 5 \text{ kg}$

$$\text{ধাক্কার পরে } 2\text{য় বস্তুর ভরবেগ} = m_2 v_2 = 5 \text{ kg} \times 1 \text{ m s}^{-1}$$

$$= 5 \text{ kg m s}^{-1} \text{ (উত্তর দিকে)}$$

আবার, ধাক্কার পূর্বে ১য় ও ২য় বস্তুর ভরবেগ যথাক্রমে 20 kg m s^{-1} (উত্তর দিকে) ও 10 kg m s^{-1} (দক্ষিণ দিকে)

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুযায়ী,

$$\text{ধাক্কার পরে } 1\text{ম বস্তুর ভরবেগ হবে} = [(20 + 10) - 5] \text{ kg m s}^{-1}$$

$$= 25 \text{ kg m s}^{-1}$$

যেহেতু, ধাক্কার পরে ১য় বস্তুর ভরবেগ ২য় বস্তুর ভরবেগ অপেক্ষা বেশি। তাই উভয় বস্তুর বেগ হবে ১য় বস্তুর বেগের দিকে অর্থাৎ উত্তর দিকে।

১৫নং প্রশ্ন কোনো অক্ষ সাপেক্ষে একটি বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ ০.৭ m। বস্তুটির ভর ০.২ kg।

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে?

১

খ. বস্তুটির জড়তার ভারক কত?

২

গ. পিটিয়ে বস্তুটির আকার এমনভাবে পরিবর্তন করা হলো যাতে চক্রগতির ব্যাসার্ধ ০.৫ m হয়। সেক্ষেত্রে জড়তার ভারক কত হবে?

৩

ঘ. পিটিয়ে বস্তুটির আকার এমনভাবে পরিবর্তন করা হলো যাতে চক্রগতির ব্যাসার্ধ অপরিবর্তিত থাকে। জড়তার ভারক পরিবর্তিত হবে কি-না তা ব্যাখ্যা কর।

৪

(অনুশীলনীর প্রশ্ন ৪)

১৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে এই কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভারক, এই নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভারকের সমান হয়, তাহলে এই নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তু কণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

খ আমরা জানি, $k = \sqrt{\frac{I}{M}}$

$$\text{যা, } k^2 = \frac{I}{M}$$

$$\text{যা, } I = Mk^2$$

$$= 0.2 \text{ kg} \times (0.7 \text{ m})^2$$

$$= 0.098 \text{ kg m}^2$$

$$\text{অতএব, জড়তার ভারক } 0.098 \text{ kg m}^2 \text{।}$$

এখানে,

চক্রগতির ব্যাসার্ধ, $k = 0.7 \text{ m}$

বস্তুর ভর, $M = 0.2 \text{ kg}$

জড়তার ভারক, $I = ?$

গ আমরা জানি,

$$I = Mk^2$$

$$= 0.2 \text{ kg} \times (0.5 \text{ m})^2$$

$$= 0.05 \text{ kg m}^2$$

এখানে,

চক্রগতির ব্যাসার্ধ, $k = 0.5 \text{ m}$

বস্তুর ভর, $M = 0.2 \text{ kg}$

জড়তার ভারক, $I = ?$

অর্থাৎ পিটিয়ে বস্তুটির আকার পরিবর্তন করার ক্ষেত্রে জড়তার ভারক 0.05 kg m^2 হবে।

ঘ আমরা জানি, কোনো বস্তুর ভর M এবং চক্রগতির ব্যাসার্ধ k

হলে, বস্তুটির জড়তার ভারক $I = Mk^2$ । অর্থাৎ কোনো বস্তুর জড়তার ভারক বস্তুর ভর ও চক্রগতির ব্যাসার্ধের উপর নির্ভর করে। এখন একই বস্তুর ভর অপরিবর্তনীয়। অর্থাৎ বস্তুটিকে পিটিয়ে আকার পরিবর্তন করলেও এর ভরের কোনো পরিবর্তন হবে না। তবে চক্রগতির ব্যাসার্ধ পরিবর্তন হতে পারে। কিন্তু এক্ষেত্রে চক্রগতির ব্যাসার্ধ অপরিবর্তিত থাকে। অর্থাৎ বস্তুটির ভর ও চক্রগতির ব্যাসার্ধের কোনো পরিবর্তন ঘটে নি। সুতরাং উদ্দীপকের আলোকে বস্তুটির জড়তার ভারকেরও কোনো পরিবর্তন ঘটবে না।

প্রশ্ন ১৭। দ্বি-পারমাণবিক অণু অক্সিজেন (O_2)-এর প্রত্যেকটি পরমাণুর ভর, $m = 2.66 \times 10^{-26} \text{ kg}$ এবং পরমাণু দুটির দূরত্ব, $d = 1.21 \times 10^{-10} \text{ m}$. অণুটি xy তলে z -অক্ষের সাপেক্ষে $\omega = 4.6 \times 10^{12} \text{ rad/sec}$ কৌণিক দুটিতে ঘূর্ণায়মান।

ক. জড়তার ভারক বলতে কী বোঝ?

১

খ. একটি বস্তুর জড়তার ভারক কীভাবে পরিবর্তন করা যায় তা বুঝিয়ে বল।

২

গ. অক্সিজেন অণুর জড়তার ভারক নির্ণয় কর।

৩

ঘ. অণুটির ঘূর্ণন গতিশক্তি নির্ণয় কর এবং প্রাণু ফলাফল হতে যেকোনো মুহূর্তের রৈখিক দ্রুতি বের কর।

৪

(অনুশীলনীর প্রশ্ন ৫)

১৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো নির্দিষ্ট অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণায়মান দৃঢ় বস্তুর প্রত্যেকটি কণার ভর এবং ঘূর্ণন অক্ষ থেকে আনুষঙ্গিক কণার লম্ব দূরত্বের বর্গের গুণফলের সমষ্টিকে এই অক্ষ সাপেক্ষে এই কণার জড়তার ভারক বলে।

খ কোনো অক্ষের সাপেক্ষে একটি দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভারক বলতে এই অক্ষ থেকে বস্তুর প্রতিটি কণার দূরত্বের বর্গ এবং ভরের গুণফলের সমষ্টিকে বুঝায়। আবার বস্তুটির ভর M এবং চক্রগতির ব্যাসার্ধ k হলে জড়তার ভারক হবে, $I = Mk^2$. ভর যেহেতু অপরিবর্তনীয় তাই চক্রগতির ব্যাসার্ধ পরিবর্তন করে জড়তার ভারক পরিবর্তন করা যায়। বস্তুর আকৃতির পরিবর্তন করে চক্রগতির ব্যাসার্ধ পরিবর্তন করা যায়।

ঘ এখানে, ভর, $M = 2 \times 2.66 \times 10^{-26} \text{ kg} = 5.32 \times 10^{-26} \text{ kg}$

$$\text{ব্যাসার্ধ, } r = \frac{d}{2} = \frac{1.21 \times 10^{-10}}{2} \text{ m} = 6.05 \times 10^{-11} \text{ m}$$

জড়তার ভারক, $I = ?$

আমরা জানি, $I = Mr^2$

$$= 5.32 \times 10^{-26} \text{ kg} \times (6.05 \times 10^{-11} \text{ m})^2$$

$$= 1.95 \times 10^{-46} \text{ kg m}^2$$

য) অপুর্তির কৌণিক দৃতি, $\omega = 4.6 \times 10^{12} \text{ rad/sec}$

জড়তার ভ্রামক, $I = 1.95 \times 10^{-46} \text{ kg m}^2$ [গ নং থেকে প্রাপ্ত]

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

$$= \frac{1}{2} \times 1.95 \times 10^{-46} \text{ kg m}^2 \times (4.6 \times 10^{12} \text{ rad/sec})^2 \\ = 2.06 \times 10^{-21} \text{ J}$$

এখন, যেকোনো মুহূর্তের রৈখিক দুর্তি

$$v = \omega r \\ = 4.6 \times 10^{12} \text{ rad/sec} \times 6.05 \times 10^{-11} \text{ m} \\ = 278.3 \text{ m s}^{-1}$$

বিষয় ১৪ একটি পাতলা দড়ের মতো মিটার ক্ষেলের ভর 0.56 kg এবং মিটার ক্ষেলটি 20 cm দাগ এর ভিতর দিয়ে গমনকারী একটি উল্লম্ব অক্ষের সাপেক্ষে ঘূরছে।

ক. জড়তার ভ্রামক কাকে বলে?

খ. একই ভর ও ব্যাসার্ধের দুটি বৃত্তাকার আংটি ও পাতের মধ্যে তাদের অক্ষগামী লম্ব রেখার সাপেক্ষে তার জড়তার ভ্রামক বেশি?

গ. 20 cm দাগটির ভিতর দিয়ে গমনকারী উল্লম্ব অক্ষের সাপেক্ষে মিটার ক্ষেলটির জড়তার ভ্রামক নির্ণয় কর।

ঘ. উল্লম্ব ঘূর্ণন অক্ষটি 50 cm দাগটির ভিতর দিয়ে গমন করলে ঐ অক্ষের সাপেক্ষে মিটার ক্ষেলটির ভ্রামকের রাশিমালা কেন্দ্র হবে তা নির্ণয় কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১]

১৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো একটি অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনরত একটি বস্তুর ঘূর্ণন গতির পরিবর্তনকে বাধা দেয়ার প্রয়াসকে জড়তার ভ্রামক বলে।

খ. M ভর ও r ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার আংটি তথা চাকতির কেন্দ্র দিয়ে পৃষ্ঠের অভিসম্ভাবে গমনকারী অক্ষের সাপেক্ষে আংটির জড়তার ভ্রামক $= \frac{1}{2} Mr^2$ এবং M ভরের ও r ব্যাসার্ধের পাতলা পাত তলা নিরেট সিলিন্ডারের নিজ অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক $= \frac{1}{2} Mr^2$ । অর্থাৎ আংটি ও পাতের ভর ও ব্যাসার্ধ এক হওয়ায় তাদের জড়তার ভ্রামকও একই হবে।

গ) এখানে, AB একটি সরু ও সুষম মিটার ক্ষেল।

মিটার ক্ষেলের ভর, $M = 0.56 \text{ kg}$

মিটার ক্ষেলের দৈর্ঘ্য, $I = 1 \text{ m}$

20 cm বা 0.2 m দাগটির ভিতর দিয়ে গমনকারী উল্লম্ব অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক,

$$I = \int_{-0.2}^{0.8} \frac{M}{I} x^2 dx$$

$$= \frac{M}{I} \int_{-0.2}^{0.8} x^2 dx$$

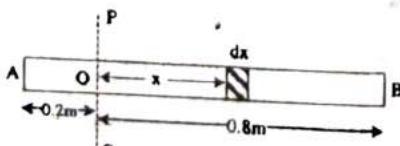
$$= \frac{M}{3I} [x^3]_{-0.2}^{0.8}$$

$$= \frac{0.56}{3 \times 1} [(0.8)^3 - (-0.2)^3]$$

$$= \frac{0.56}{3} \times 0.52$$

$$= 0.097 \text{ kg m}^2$$

অতএব, ক্ষেলটির জড়তার ভ্রামক 0.097 kg m^2 ।



প্রশ্ন ১৫ সুজনশীল পদার্থবিজ্ঞান প্রথম পত্র

একাদশ-বাদশ শ্রেণি

য) এখানে, মিটার ক্ষেলের ভর, $m = 0.56 \text{ kg}$

মিটার ক্ষেলের দৈর্ঘ্য, $I = 1 \text{ m}$

জড়তার ভ্রামক, $I = ?$

উল্লম্ব ঘূর্ণন অক্ষটি 50 cm দাগটির ভিতর দিয়ে গমন করা অর্থ হলো ক্ষেলটির মধ্যবিন্দু দিয়ে গমন করা।

সুতরাং, ক্ষেলটির মধ্যবিন্দু দিয়ে এবং দৈর্ঘ্যের সম্ভাব্যে গমনকারী অক্ষের সাপেক্ষে মিটার ক্ষেলটির জড়তার ভ্রামক,

$$I = \frac{MI^2}{12} = \frac{0.56 \times 1^2}{12} = 0.047 \text{ kg m}^2$$

নির্ণয় জড়তার ভ্রামক 0.047 kg m^2 ।

বিষয় ১৬ একটি পাতলা দড়ের মতো মিটার ক্ষেলের ভর 0.56 kg এবং মিটার ক্ষেলটি 20 cm দাগ এর ভিতর দিয়ে গমনকারী একটি উল্লম্ব অক্ষের সাপেক্ষে ঘূরছে।

ক. কৌণিক ভরণ কাকে বলে?

খ. সমকৌণিক দুতিতে আবর্তনরত কোনো বস্তুর কৌণিক

দুতির হ্রাস বা বৃদ্ধি কীভাবে ঘটানো যায়?

গ. চাকাটি থামতে কত সময় লেগেছিল?

ঘ. চাকাটি থামার পূর্বে কত কৌণিক সরণ হয়েছিল তা যথাযথ যুক্তিসহ উপস্থাপন কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১]

১৯নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সময় ব্যবধান শূন্যের কাছাকাছি হলে সময়ের সাথে বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তনের হারকে কৌণিক ভরণ বলে।

খ. সমকৌণিক দুতিতে আবর্তনরত কোনো বস্তুর একক সময়ে ঘূর্ণন সংখ্যার হ্রাস বৃদ্ধি করে কৌণিক দুতির হ্রাস বা বৃদ্ধি ঘটানো যায়। সমকৌণিক দুতিতে আবর্তনরত কোনো বস্তু t সময়ে N বার আবর্তন করলে, সমকৌণিক দুতি, $W = \frac{2\pi N}{t}$, এখানে 2π ধূবক। অতএব, $\frac{N}{t}$ এর পরিবর্তন ঘটিয়ে সমকৌণিক দুতির পরিবর্তন ঘটানো যায়।

গ) এখানে, আদি কৌণিক বেগ, $\omega_0 = 100 \text{ rev/min}$

$$= \frac{2\pi \times 100}{60} \text{ rads}^{-1} = 10.47 \text{ rads}^{-1}$$

শেষ কৌণিক বেগ, $\omega = 0 \text{ rad s}^{-1}$

সমকৌণিক মন্দন, $\alpha = 2 \text{ rad s}^{-2}$

সময়, $t = ?$

আমরা জানি, $\omega = \omega_0 - \alpha t$

বা, $0 = 10.47 - 2t$

$$\text{বা, } 2t = 10.47 \quad \text{বা, } t = \frac{10.47}{2} = 5.24 \text{ s}$$

অতএব, চাকাটি থামতে 5.24 s সময় লেগেছিল।

ঘ. এখানে, আদি কৌণিক বেগ, $\omega_0 = 10.47 \text{ rad s}^{-1}$

সমকৌণিক মন্দন, $\alpha = 2 \text{ rad s}^{-2}$

'গ' নং থেকে পাই, সময়, $t = 5.24 \text{ s}$

কৌণিক সরণ, $\theta = ?$

আমরা জানি, $\theta = \omega_0 t - \frac{1}{2} \alpha t^2$

$$= 10.47 \times 5.24 - \frac{1}{2} \times 2 \times (5.24)^2$$

$$= 27.4 \text{ rad}$$

নির্ণয় কৌণিক সরণ 27.4 rad ।

৩. এম. আলী আসগর ও মোহাম্মদ জাকির হোসেন স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ১০১। অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১-এর উত্তরের জন্য এ অধ্যায়ের ইচ্ছিসি পরীক্ষার ৮নং সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ১০২। অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২-এর উত্তরের জন্য এ অধ্যায়ের ইচ্ছিসি পরীক্ষার ১১নং সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ১০৩। অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৪-এর উত্তরের জন্য এ অধ্যায়ের ইচ্ছিসি পরীক্ষার ১০নং সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ১০৪। অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৭-এর উত্তরের জন্য এ অধ্যায়ের ইচ্ছিসি পরীক্ষার ৪নং সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ১০৫। অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৯-এর উত্তরের জন্য এ অধ্যায়ের ইচ্ছিসি পরীক্ষার ২২নং সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ১০৬। অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৩-এর উত্তরের জন্য এ অধ্যায়ের ইচ্ছিসি পরীক্ষার ২৮নং সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ১০৭। বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণয়মান একটি বস্তুর সমকৌণিক বেগ 10 rad s^{-1} । বস্তুর ভর 0.01 kg । ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বস্তুর দূরত্ব 0.5 m ।

ক. কেন্দ্রমুখী বল কাকে বলে?

খ. বাঁক নেওয়া রাস্তার এক পাশ কিছু নিচু বা ঢাল থাকে

কেন ব্যাখ্যা কর।

গ. বস্তুটির জড়তার ভ্রান্তি নির্ণয় কর।

ঘ. বস্তুটির রৈখিক গতিশক্তি ও কৌণিক গতিশক্তির তুলনা কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১৪]

৩ ১০৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক। সমবৃত্তাকার পথের কেন্দ্রের বিপরীত দিকে ব্যাসার্ধ বরাবর কেন্দ্রমুখী বলের কারণে সর্বদা ক্রিয়াশীল বলটিকে কেন্দ্রবিমুখী বল বলে।

খ। বাঁকা বা বৃত্তাকার পথে মোড় ঘূরাবার সময় একটি কেন্দ্রমুখী এবং অনভূমিক বলের প্রয়োজন হয়। আরোহী যদি সোজা থাকে, তাহলে তার

৩. ড. নবী গোপাল, অচিন্ত্য, গফুর, নির্মল, প্রাণেশ ও মোমেনুল স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ১০৭। মোহনা খেলার ছলে 0.35 kg ভরের একটি লোহ গোলককে 18 cm দৈর্ঘ্যের সুতার সাহায্যে বেঁধে একটি ধাতব শলাকার চারপাশে ঘূরাতে লাগল। পরবর্তীতে সে সমভাবে একটি সরু ও সুষম লোহদণ্ডের মধ্য দিয়ে উক্ত শলাকাটি ঢুকিয়ে লোহ দণ্ডটিকে ঘূরাতে লাগল।

ক. কৌণিক ভরবেগ কাকে বলে?

খ. সমবৃত্তীয় গতির ক্ষেত্রে কেন্দ্রমুখী ত্বরণ থাকলেও রৈখিক ত্বরণ এর মান শূন্য-ব্যাখ্যা কর।

গ. গোলকটির জড়তার ভ্রান্তি হিসেব কর।

ঘ. গোলক ও লোহ দণ্ডের জড়তার ভ্রান্তের মান একই হবার সম্ভাব্যতা বিশ্লেষণ কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৫]

৩ ১০৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক। ঘূর্ণন অক্ষ হতে দূরত্ব এবং বস্তুকণার রৈখিক ভরবেগের গুণফলকে কৌণিক ভরবেগ বলে।

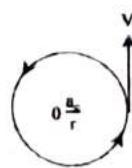
খ। ধরি, একটি বস্তু ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে v সমন্বিতভাবে ঘূরছে। তাহলে, কেন্দ্রমুখী ত্বরণ

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$$

কিন্তু, v ধূবক হলে, রৈখিক ত্বরণ

$$a_t = 0$$

কারণ, $a_t = \frac{dv}{dt} = 0$ [∴ v ধূবক]



ওজন নিচের দিকে কিয়া করে। আর রাস্তার প্রতিক্রিয়া বলের অভিমুখ উপরের দিকে। এ দুটি বলের প্রত্যেকের অনভূমিক উপাংশ শূন্য। এ দুটি বল কেন্দ্রমুখী বল ঘোগান দিতে পারে না। তাই প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল ঘোগান দেওয়ার জন্য রাস্তার এক পাশ নিচু বা ঢাল দেওয়া হয়।

গ। আমরা জানি,

$$\begin{aligned} I &= mr^2 \\ &= 0.01 \text{ kg} \times (0.5 \text{ m})^2 \\ &= 0.0025 \text{ kg m}^2 \end{aligned}$$

অতএব, বস্তুটির জড়তার ভ্রান্তক প্রাপ্তি 0.0025 kg m^2

ঘ। রৈখিক গতিশক্তি E_k_1 হলে,

আমরা জানি,

$$E_k_1 = \frac{1}{2} mv^2$$

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

$$= \frac{1}{2} m \omega^2 r^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.01 \text{ kg} \times (10 \text{ rad s}^{-1})^2 \times (0.5 \text{ m})^2 = 0.125 \text{ J}$$

কৌণিক গতিশক্তি E_k_2 হলে,

আমরা জানি,

$$E_k_2 = \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.0025 \text{ kg m}^2 \times (10 \text{ rad s}^{-1})$$

$$= 0.125 \text{ J}$$

$$\therefore E_k_1 = E_k_2$$

অতএব, বস্তুটির রৈখিক গতিশক্তি ও কৌণিক গতিশক্তি সমান।

এখানে,
“গ” হতে পাই,
 $I = 0.0025 \text{ kg m}^2$
 $\omega = 10 \text{ rad s}^{-1}$

ক। আমরা জানি,

$$\begin{aligned} I &= mr^2 \\ &= 0.35 \text{ kg} \times (0.18 \text{ m})^2 \\ &= 0.01134 \text{ kg m}^2 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{গোলকটির জড়তার ভ্রান্তি } 0.01134 \text{ kg m}^2.$$

এখানে,
গোলকের ভর, $m = 0.35 \text{ kg}$

রৈখিক দৈর্ঘ্য, $r = 18 \text{ cm}$

$$= 0.18 \text{ m}$$

জড়তার ভ্রান্তি, $I = ?$

ঘ। এখানে, গোলকের ভর ও ব্যাসার্ধ যথাক্রমে M ও R হলে, জড়তার ভ্রান্তি $I = MR^2$

আবার, মনে করি, M ভরের এবং

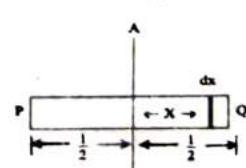
দৈর্ঘ্যের একটি সরু ও সুষম অস্থিরভাবে

দণ্ড PQ । এর দৈর্ঘ্যের মধ্যবিন্দু O

দিয়ে এবং দৈর্ঘ্যের সাথে লম্বভাবে গমনকারী AB অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডটির জড়তার ভ্রান্তি নির্ণয় করতে হবে।

দণ্ডটি সুষম বলে এর একক দৈর্ঘ্যের ভর $= \frac{M}{l}$ । AB অক্ষ থেকে x দূরত্বে dx দৈর্ঘ্যের একটি ক্ষুদ্র অংশ কল্পনা করি। এই dx অংশের ভর, $dm = \left(\frac{M}{l}\right)dx$ । dx অংশ অতি ক্ষুদ্র বলে এর প্রতিটি কণাকে AB

অক্ষ থেকে সমদ্রবণী অর্থাৎ x ধরা যায়।



সূতরাং AB অক্ষের সাপেক্ষে dx দৈর্ঘ্যের কৃত্তি অংশের জড়তার আয়ক, $dI = x^2 dm = \left(\frac{M}{l}\right) x^2 dx$

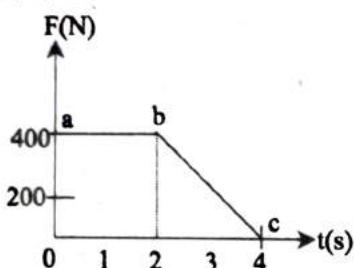
এখন $x = -\frac{l}{2}$ থেকে $x = +\frac{l}{2}$ সীমার মধ্যে উক্ত সমীকরণকে সমাকলন করলে সমগ্র দত্তের জড়তার আয়ক পাওয়া যায়। অতএব, AB অক্ষের সাপেক্ষে দুটির জড়তার আয়ক,

$$I = \int dI = \frac{M + \frac{1}{2}}{l - \frac{1}{2}} \int 2x^2 dx = \frac{M}{l} \left[\frac{x^3}{3} \right]_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} = \frac{M}{l} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\therefore I = \frac{1}{12} m^2$$

∴ গোলক ও লোহ দত্তের জড়তার আয়ক একই হবে না।

প্রয়োগ 20 kg ভরের একটি স্থির বক্তুর উপর প্রযুক্ত বল ($F - t$) গ্রাফ দেখানো হলো :



- ক. টর্ক কাকে বলে? ১
 খ. কৌণিক ভরবেগ একটি ভেট্টের রাশি কেন ব্যাখ্যা কর। ২
 গ. 2 s পর বক্তুর কৃত্তি অতিক্রান্ত দূরত্ব হিসেব কর। ৩
 ঘ. ab ও bc অংশে ভরবেগের পরিবর্তন তুলনা কর। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন 8]

১০৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো দৃঢ় বক্তুর উপর বল প্রযুক্ত হলে বক্তুটির মধ্যে কোনো নির্দিষ্ট বিচ্ছু বা অক্ষের সাপেক্ষে ঘূরবার যে প্রবণতা সৃষ্টি হয় তাকেই বলের আয়ক বা টর্ক বলে।

খ. ঘূর্ণযন্মান কোনো বক্তুকগার অবস্থান ভেট্টের (ঘূর্ণন অক্ষ থেকে দূরত্ব) এবং বক্তুকগার রৈখিক ভরবেগের ভেট্টের গুণফলকে কৌণিক ভরবেগ বলে।

ব্যাখ্যা : ঘূর্ণন অক্ষের কেন্দ্র (মূলবিন্দু) সাপেক্ষে কোনো কণার অবস্থান ভেট্টের \vec{r} এবং ঐ কণার রৈখিক ভরবেগ \vec{p} হলে, ঐ বিন্দুর সাপেক্ষে কণাটির কৌণিক ভরবেগ,

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} \quad [\vec{L} \text{ এর দিক } \vec{r} \text{ ও } \vec{p} \text{ এর সমতলে সম্ভব ভাবের ভানহাতি ঝু নিয়মে}]$$

$$= rp \sin \theta \hat{f}$$

[θ হলো \vec{r} ও \vec{p} এর মধ্যবর্তী কোণ]

$$\therefore L = rp \sin \theta$$

$$= rp \sin 90^\circ [\vec{r} \text{ ও } \vec{p} \text{ পরস্পর লম্ব হলে}]$$

$$= rp$$

এখানে, রৈখিক ভরবেগ ভেট্টের রাশি বলে কৌণিক ভরবেগও একটি ভেট্টের রাশি।

গ. আমরা জানি,

$$F = ma$$

$$\text{বা, } a = \frac{F}{m}$$

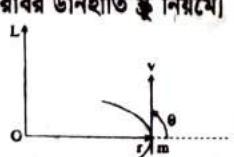
$$= \frac{400 \text{ N}}{20 \text{ kg}} = 20 \text{ m s}^{-2}$$

এখানে, বক্তুর ভর, $m = 20 \text{ kg}$

সময়, $t = 2 \text{ s}$

বল, $F = 400 \text{ N}$

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ?$



$$\text{আবার, } s = ut + \frac{1}{2} at^2 = 0 + \frac{1}{2} \times 20 \text{ m s}^{-2} \times (2 \text{ s})^2 = 40 \text{ m}$$

অতএব, 2 s পর অতিক্রান্ত দূরত্ব 40 m।

ঘ. ab অংশে, প্রযুক্ত বল, $F_1 = 400 \text{ N}$

সময়, $t_1 = 2 \text{ s}$

$$\therefore \text{ভরবেগের পরিবর্তন} = F_1 t_1 = 400 \text{ N} \times 2 \text{ s} = 800 \text{ kg m s}^{-1}$$

bc অংশে,

$$\text{প্রতি প্রযুক্ত বল, } F_2 = \frac{400 \text{ N} + 0 \text{ N}}{2} = 200 \text{ N}$$

সময়, $t_2 = (4 - 2) \text{ s} = 2 \text{ s}$

$$\therefore \text{ভরবেগের পরিবর্তন} = F_2 t_2 = 200 \text{ N} \times 2 \text{ s} = 400 \text{ kg m s}^{-1}$$

যেহেতু বক্তুটিকে স্থির অবস্থান থেকে বল প্রয়োগ করা হয়েছে, সেহেতু ab ও bc অংশে ভরবেগের পরিবর্তন মূলত ভরবেগের বৃদ্ধি বোঝায়। আবার, ab অংশের ভরবেগের পরিবর্তন bc অংশের ভরবেগের পরিবর্তনের দ্বিগুণ।

প্রয়োগ 1650 kg ভরের একটি ফল বোঝাই ট্রাক 36 km h^{-1} বেগে রাস্তায় দাঁড়ানো 1200 kg ভরের একটি ট্রাককে ধার্তা দেওয়ায় ট্রাক দুটি মিলিত অবস্থায় একই দিকে চলতে থাকে।

ক. রৈখিক ভরবেগ ও কৌণিক ভরবেগের সম্পর্ক কী? ১

খ. একটি উকাপিন্ড বাযুমণ্ডলে পুড়ে গেলে ভরবেগ সংরক্ষিত হবে কি-না ব্যাখ্যা কর। ২

গ. ট্রাক দুটির মিলিত বেগ হিসাব কর। ৩

ঘ. "সংঘর্ষটি অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ" গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে তোমার মতামত লিখ। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৫]

১০৯নং প্রশ্নের উত্তর

ক. রৈখিক ভরবেগ ও কৌণিক ভরবেগের মধ্যকার সম্পর্ক হলো $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ যেখানে, \vec{L} , \vec{r} ও \vec{p} হচ্ছে যথাক্রমে কৌণিক ভরবেগ, অবস্থান ভেট্টের ও রৈখিক ভরবেগ।

খ. উকাপিন্ড বাযুমণ্ডলে দণ্ড হলোও ভরবেগ সংরক্ষিত হয়।

কারণ : উকাপিন্ড বাযুমণ্ডলের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় কণাগুলোর সঙ্গে সংঘর্ষ ঘটায়। এ সংঘর্ষ বা ঘর্ষণের ফলে তাপের সৃষ্টি হয় – যার জন্য উকাপিন্ড বাযুমণ্ডলে দণ্ড হয়ে বিভিন্ন ধরনের গ্যাসীয় পদার্থ উৎপাদন করে। উকাপিন্ডের ভরবেগ কিছুটা বাযুকণাগুলো ও কিছুটা গ্যাসীয় পদার্থগুলো পায়। ফলে যে কোনো মুহূর্তে মোট ভরবেগ সংরক্ষিত থাকে।

গ. 1ম ট্রাকের ভর, $m_1 = 1650 \text{ kg}$

$$1\text{ম ট্রাকের আদিবেগ, } u_1 = 36 \text{ km h}^{-1} = \frac{36 \times 1000}{3600} \text{ m s}^{-1} = 10 \text{ m s}^{-1}$$

$$2\text{য় ট্রাকের ভর, } m_2 = 1200 \text{ kg}; 2\text{য় ট্রাকের আদিবেগ, } u_2 = 0 \text{ m s}^{-1}$$

$$1\text{ম ও } 2\text{য় ট্রাকের মিলিত বেগ, } v = ?$$

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

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

$$= \frac{1650 \text{ kg} \times 10 \text{ m s}^{-1} + 1200 \text{ kg} \times 0 \text{ m s}^{-1}}{1650 \text{ kg} + 1200 \text{ kg}}$$

$$= 5.79 \text{ m s}^{-1}$$

ঘ. সংঘর্ষের পূর্বে, 1ম ট্রাকের গতিশক্তি,

$$E_{k_1} = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 = \frac{1}{2} \times 1650 \text{ kg} \times (10 \text{ m s}^{-1})^2 = 82500 \text{ J}$$

$$2\text{য় ট্রাকের গতিশক্তি, } E_{k_2} = \frac{1}{2} m_2 u_2^2 = \frac{1}{2} \times 1200 \text{ kg} \times (0 \text{ m s}^{-1})^2 = 0 \text{ J}$$

$$\therefore \text{মিলিত গতিশক্তি, } E = E_{k_1} + E_{k_2} = (82500 + 0) \text{ J} = 82500 \text{ J}$$

সংঘর্ষের পূর্বে, P বস্তুর গতিশক্তি, $E_p = \frac{1}{2} m_p v_p^2$
 $= \frac{1}{2} \times 0.4 \text{ kg} \times (5 \text{ m s}^{-1})^2$
 $= 5 \text{ J}$

Q বস্তুর গতিশক্তি $E_Q = \frac{1}{2} m_Q v_Q^2$
 $= \frac{1}{2} \times 0.2 \text{ kg} \times (2 \text{ m s}^{-1})^2$
 $= 0.4 \text{ J}$

মোট গতিশক্তি, $E = E_p + E_Q = (5 + 0.4) \text{ J}$
 $= 5.4 \text{ J}$

সংঘর্ষের পরে,

P বস্তুর গতিশক্তি $E_p' = \frac{1}{2} m_p v_p'^2$
 $= \frac{1}{2} \times 0.4 \text{ kg} \times (3 \text{ m s}^{-1})^2$
 $= 1.8 \text{ J}$

Q বস্তুর গতিশক্তি, $E_Q' = \frac{1}{2} m_Q v_Q'^2$
 $= \frac{1}{2} \times 0.2 \text{ kg} \times (6 \text{ m s}^{-1})^2$
 $= 3.6 \text{ J}$

মোট গতিশক্তি, $E' = E_p' + E_Q'$
 $= (1.8 + 3.6) \text{ J}$
 $= 5.4 \text{ J}$

এখানে, $E = E'$

অতএব, সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক।

উদ্বিগ্ন হতে,
গাড়ির ভৱ, $m = 250 \text{ kg}$

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

সরণ, $s = 30 \text{ m}$

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

উল্লেবের সাথে সূচৃত কোণ = 66.42°

এবং তৃপ্তির সাথে সূচৃত কোণ, $\theta = 23.58^\circ$

কাজ-শক্তি উপস্থিতি অনুসারে,

$$\frac{1}{2} mv_0^2 = (F - mg \sin 23.58^\circ) \times s$$

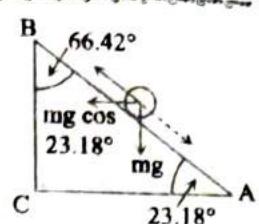
বা, $\frac{1}{2} \times 250 \text{ kg} \times (12.393 \text{ m s}^{-1})^2 = (F - 250 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 0.4) \times 30 \text{ m}$

বা, $19198.306 \text{ Nm} = (F - 980 \text{ N}) \times 30 \text{ m}$

বা, $F - 980 \text{ N} = 639.944 \text{ N}$

বা, $F = 639.944 \text{ N} + 980 \text{ N} = 1619.944 \text{ N}$

∴ বাধাদানকারী বলের মান 1619.944 N ।



য উদ্বিগ্নকে সংরক্ষণশীলতার নীতি রক্ষিত হবে। নিচে গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করা হলো—

যৌক্তিকতা যাচাইয়ের সুবিধার্থে গাড়ির 250 kg ভরকে শুধু m এবং 23.58° কে θ বিবেচনা করি।

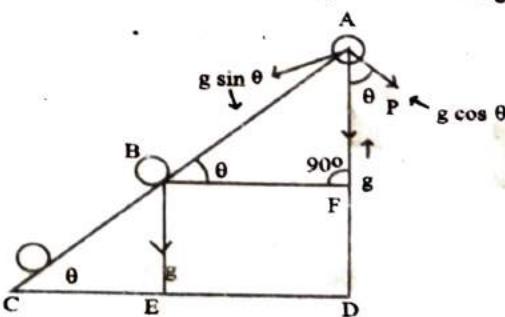
মনে করি, m ভরের গাড়িটি θ কোণে আনত AC মস্তক তলে A বিন্দু থেকে গড়িয়ে পড়ছে। A বিন্দুতে গাড়িটি স্থির থাকায় আদিবেগ, $v_0 = 0$ এবং গতিশক্তি = 0।

A বিন্দুতে স্থিতিশক্তি = $mg \times AD$

এখানে AD হলো ভূমি থেকে A বিন্দুর উচ্চতা। A বিন্দুতে মোট শক্তি = স্থিতিশক্তি + গতিশক্তি = $mg \times AD + 0 = mg \times AD$.

A বিন্দুতে মাধ্যকর্ষণজনিত ত্বরণ g , AD এর দিকে ক্রিয়ালি। অতএব, এর একটি উপাংশ $g \sin \theta$ আনত তল AC বরাবর ক্রিয়া করবে।

মনে করি, গাড়িটি A বিন্দু থেকে গড়িয়ে B বিন্দুতে v বেগে এসে পৌছাল। এখানে ভূমি থেকে গাড়িটির উচ্চতা BE এবং উল্লেখ্য যে, গাড়িটি $g \sin \theta$ সমত্বরণে গতিশীল। B বিন্দুতে স্থিতিশক্তি $mg \times BE$ ।



যদি B বিন্দুতে বেগ v হয় তবে, $v^2 = v_0^2 + 2as$ এই সমীকরণ ব্যবহার করে আমরা পাই,

$$v^2 = 0 + 2g \sin \theta \times AB \quad [\because a = g \sin \theta; s = AB]$$

$$= 2g \times \frac{AF}{AB} \times AB \quad [\because \sin \theta = \frac{AF}{AB}]$$

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

$$\therefore v^2 = 2g (AD - BE) \quad [\because FD = BE]$$

$$B$$
 বিন্দুতে গতিশক্তি, $\frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m \times 2g (AD - BE) = mg (AD - BE)$

$$B$$
 বিন্দুতে মোট শক্তি = স্থিতিশক্তি + গতিশক্তি

$$= mg \times BE + mg (AD - BE)$$

$$= mg (BE + AD - BE)$$

$$= mg \times AD = A$$
 বিন্দুতে মোট শক্তি

অতএব, প্রমাণিত হলো যে, আনত তল বরাবর গতিশীল গাড়িটি শক্তির নিত্যতা সূচ মেনে চলে।

১১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কেন্দ্রমুখী বল কখন উৎপন্ন হয়? 1
খ. কৌণিক সরণ ব্যাখ্যা কর। 2

গ. গাড়িটি থামাতে বাধাদানকারী বলের মান নির্ণয় কর। 3
ঘ. উদ্বিগ্নকে শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি রক্ষিত হবে কি? 4
গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। 8

4.3

শিখনফল : জড়তার ভাষ্মক ও কৌণিক ভরবেগ ব্যাখ্যা করতে পারব।

প্রয়োগ ১৩। সেলিম 30 g ভরের একটি পাথর খন্ডকে 1.2 m দীর্ঘ একটি সূতার সাহায্যে বৃত্তকার পথে ঘূরাছে। পাথর খন্ডটি প্রতি মিনিটে 240 বার ঘূরছে। পাথরের ঘূর্ণন সংখ্যা একই রেখে সূতার দৈর্ঘ্য ছিগুণ করা হলো। সূতা সর্বাধিক 43 N বল সহ্য করতে পারে।

ক. টর্ক কাকে বলে? ১

খ. ‘সমান ভরের দুটি বস্তুর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ হলে তারা বেগ বিনিয়ন করে’— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রথম ক্ষেত্রে পাথরটির কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. সেলিম সূতার দৈর্ঘ্য পরিবর্তন করে ঘূর্ণন সফলভাবে

সম্পন্ন করতে পারবে কিনা—গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

১১৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন বিদ্যুৎ বা অঙ্ককে কেন্দ্র করে ঘূর্ণযামান কোনো কণার ব্যাসার্ধ ডেক্টের এবং কণার উপর প্রযুক্তি বলের ডেক্টের গুণফলকে ঐ বিদ্যুৎ বা অঙ্কের সাপেক্ষে কণাটির উপর প্রযুক্তি টর্ক বলে।

খ ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র থেকে জানা আছে,

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

$$\therefore v_1 = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right) u_1 + \left(\frac{2 m_2}{m_1 + m_2} \right) u_2$$

$$\text{এবং } v_2 = \left(\frac{2 m_1}{m_1 + m_2} \right) u_1 + \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \right) u_2$$

এখন, যদি বস্তু ঘূরয়ের ভর সমান হয়। অর্থাৎ $m_1 = m_2$ হয় তবে,

$$v_1 = u_2 \text{ এবং } v_2 = u_1$$

অর্থাৎ তারা সংঘর্ষের পর বেগ বিনিয়ন করে।

গ প্রথম ক্ষেত্রে, ভর $m = 30\text{ g} = 0.03\text{ kg}$; সূতার দৈর্ঘ্য, $r = 1.2\text{ m}$ পাথরটি মিনিটে 240 বার ঘূরে

$$\therefore \text{কৌণিক বেগ } \omega = \frac{2 \pi \times 240}{60} = 25.12 \text{ rad s}^{-1}$$

কৌণিক ভরবেগ, $L = ?$

$$\text{আমরা জানি, } L = m \omega r^2$$

$$= 0.03 \times (25.12) \times (1.2)^2 = 1.085 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$$

অতএব, 1m ক্ষেত্রে, পাথরটির কৌণিক ভরবেগ, $1.085 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$ ।

ঘ সূতার পরিবর্তিত দৈর্ঘ্য, $r = 2 \times 1.2\text{ m} = 2.4\text{ m}$

বস্তুর ভর, $m = 0.03\text{ kg}$

$$\text{কৌণিক বেগ, } \omega = 25.12 \text{ rad s}^{-1} \quad [\text{গ নং থেকে প্রাপ্ত}]$$

$$\text{সূতার উপর টান বল, } T = m \omega^2 r$$

$$\text{বা, } T = 0.03 \times (25.12)^2 \times 2.4 = 45.43 \text{ N}$$

কিন্তু সূতা সর্বাধিক 43 N বল সহ্য করতে পারে।

অতএব, ঘূর্ণন সফলভাবে সম্পন্ন হবে না।

4.4

শিখনফল : টর্ক ব্যাখ্যা করতে পারব।

প্রয়োগ ১৪। গালিব 25 g ভরের একটি পাথর খন্ড 1 m দীর্ঘ একটি সূতার সাহায্যে বৃত্তকার পথে ঘূরাছে। পাথর খন্ডটি প্রতি সেকেন্ডে 5 বার ঘূরছে। পাথরের ঘূর্ণন সংখ্যা একই রেখে সূতার দৈর্ঘ্য ছিগুণ করা হলো। সূতা সর্বাধিক 40 N বল সহ্য করতে পারে।

ক. ঘূর্ণন জড়তা কী?

খ. জড়তার ভাষ্মক 50 kg m^2 বলতে কী বুঝ? ১

গ. প্রথম ক্ষেত্রে পাথরটির কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় কর। ২

ঘ. গালিব সূতার দৈর্ঘ্য ছিগুণ করে ঘূর্ণন সফলভাবে সম্পন্ন

করতে পারবে কি-না—গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৩

৪

১১৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক জড়তার ভাষ্মকে ঘূর্ণন জড়তা বলে। অর্থাৎ ঘূর্ণনরত বস্তুর জড়তাকে ঘূর্ণন জড়তা বলে।

খ জড়তার ভাষ্মক 50 kg m^2 বলতে বুঝায় একটি দৃঢ় বস্তু কোনো একটি স্থির অক্ষের চারদিকে আবর্তিত হতে থাকলে ঐ অক্ষ হতে বস্তুটির প্রতিটি কণার দ্রব্যত্বের বর্গ এবং এদের প্রত্যেকের ভরের গুণফলের সমষ্টি 50 kg m^2 ।

গ প্রথম ক্ষেত্রে, ভর $m = 25\text{ g} = 0.025\text{ kg}$

সূতার দৈর্ঘ্য, $r = 1\text{ m}$

পাথরটি মিনিটে 5 বার ঘূরে

$$\therefore \text{কৌণিক বেগ, } \omega = \frac{2\pi \times 5}{60} = \frac{\pi}{6} \text{ rad s}^{-1}$$

কৌণিক ভরবেগ, $L = ?$

$$\therefore \text{আমরা জানি, } L = m \omega r^2$$

$$= 0.025 \text{ kg} \times \frac{\pi}{6} \text{ rad s}^{-1} \times (1\text{ m})^2$$

$$= 0.013 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$$

ঘ 1m ক্ষেত্রে পাথরটির কৌণিক ভরবেগ $0.013 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$ ।

ঘ সূতার পরিবর্তিত দৈর্ঘ্য, $r_1 = 2 \times 1\text{ m} = 2\text{ m}$

বস্তুর ভর, $m = 0.25\text{ kg}$

$$\text{কৌণিক বেগ, } \omega = \frac{\pi}{6} \text{ rad s}^{-1} \quad [\text{গ নং থেকে প্রাপ্ত}]$$

সূতার উপর টান বল, $T = ?$

আমরা জানি, $T = m \omega^2 r$

$$= (0.025 \text{ kg}) \times \left(\frac{\pi}{6} \text{ rad s}^{-1} \right)^2 \times 2\text{ m}$$

$$= 0.01371 \text{ N}$$

সূতাটি সর্বাধিক 40 mN বা 0.04 N বল সহ্য করতে পারে।

এখানে, $T < 0.04\text{ N}$

সূতরাং, সফলভাবে ঘূর্ণন সম্পন্ন হবে।

4.5

শিখনফল : টর্ক, জড়তার ভাষ্মক ও কৌণিক ভরবেগের মধ্যে সম্পর্ক বিশ্লেষণ করতে পারব।

প্রয়োগ ১৫। রিশা 0.5 m দৈর্ঘ্যের 100 g ভরের একটি সরু সুব্রহ্ম দণ্ডের মধ্যবিন্দুগামী অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ডটির জড়তার ভাষ্মক নির্ণয় করল। অতঃপর দণ্ডটিকে গলিয়ে 4 cm ব্যাসার্ধের গোলকে পরিণত করে তার কেন্দ্র দিয়ে গমণকারী অক্ষের সাপেক্ষে একই কৌণিক বেগে ঘূরালো।

ক. টর্ক কী?

খ. কজা থেকে ভির ভির দূরত্বে একটি দরজার উপর সম্পরিমাণ বল প্রয়োগ করা সত্ত্বেও সূত্র টর্কের মান সমান হয় না— ব্যাখ্যা কর।

গ. রিশা দণ্ডটির জড়তার ভাষ্মক কত নির্ণয় করেছিল?

ঘ. উজ্জিপকে উল্লিখিত কোন ক্ষেত্রে গতিশীল বিশ্লেষণপূর্বক যতান্তর দাও।

১১৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো দৃঢ় বস্তুর উপর বল প্রযুক্ত হলে বস্তুটির মধ্যে কোনো নির্দিষ্ট বিদ্যুৎ বা অক্ষের সাপেক্ষে ঘূরবার যে প্রবণতা সৃষ্টি হয় তাকে বলের ভাষ্মক বা টর্ক বলে।

খ অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনরত বস্তুর ওপর যে বিদ্যুতে বল ক্রিয়াশীল এই বিদ্যুত অবস্থান ডেক্টের প্রযুক্তি বলের ডেক্টের গুণফলকে টর্ক বলে।

$$\therefore \text{আর্থাৎ টর্ক, } T = r \times F$$

$$\therefore T = r F \sin \theta.$$

অক্ষ হতে F এর লম্ব দূরত্ত যত বেশি হবে টর্কের মান তত বেশি হবে। এ কারণে কজা থেকে ভিন্ন দূরত্তে একটি দরজার উপর সম পরিমাণ বল প্রয়োগ করা সঙ্গেও টর্কের মান সমান হয় না।

১) এখানে, দড়ের ভর, $m = 100 \text{ g} = 0.1 \text{ kg}$

দড়ের দৈর্ঘ্য, $l = 0.5 \text{ m}$

$$\text{আমরা জানি, জড়তার ভাষ্মক, } I = \frac{ml^2}{12} = \frac{0.1 \times (0.5)^2}{12} = 0.002 \text{ kg m}^2$$

২) ধরি, দড়ের এবং গোলকের উভয়ের কৌণিক বেগ v এবং গতিশক্তি, $E_k = \frac{1}{2} I \omega^2$ ।

'g' হতে পাই, দড়ের জড়তার ভাষ্মক, $I_1 = 0.002 \text{ kg m}^2$

গোলকের ব্যাসার্ধ, $r = 4 \text{ cm} = 0.04 \text{ m}$; এবং ভর, $m = 0.1 \text{ kg}$

$$\therefore \text{গোলকের জড়তার ভাষ্মক, } I_2 = \frac{2mr^2}{5} = \frac{2 \times 0.1 \times (0.04)^2}{5} = 0.000064 \text{ kg m}^2$$

যেহেতু, $I_1 > I_2$

সুতরাং দড়ের গতিশক্তি বেশি।

4.6

শিখনফল: কেন্দ্রমুখী এবং কেন্দ্রবিমুখী বলের ব্যবহার করতে পারব।

১১৬। 3000 kg ভরের একটি গাড়ি 200 m ব্যাসার্ধের একটি রাস্তার মোড়ে 90 km h^{-1} বেগে বাঁক নিচ্ছে। ঐ স্থানে রাস্তাটি 5 m চওড়া এবং এর ভিতরের কিনারা হতে বাইরের কিনারা 1 m উচু।

ক. চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে?

১

খ. দরজার হাতল কবজা হতে দূরে রাখার সুবিধা কি?

২

গ. বাঁক ঘুরার সময় গাড়িটির ওপর প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বল নির্ণয় কর।

৩

ঘ. উচুপকে উল্লিখিত গাড়িটি কি রাস্তায় নিরাপদে বাঁক নিতে পারবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৪

১১৬ প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভাষ্মক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভাষ্মকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তু কণার লম্ব দূরত্তকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

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

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

এখন, গাড়িটির কেন্দ্রবিমুখী বল F_c হলে,

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

$$= \frac{3000 \text{ kg} \times (25 \text{ m s}^{-1})^2}{200 \text{ m}}$$

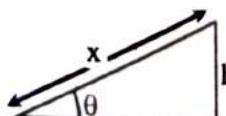
$$= 9375 \text{ N}$$

নির্ণেয় কেন্দ্রমুখী বল 9375 N।

ঘ. বাঁকটি নিরাপদে পার হতে

হলে গাড়ির সর্বোচ্চ বেগ v হলে,

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



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

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

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

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

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

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

$$\text{এখানে, } v < 90 \text{ km h}^{-1}$$

অতএব, গাড়িটি বাঁকটি নিরাপদে অতিক্রম করতে পারবে।

একাদশ-বাদশ প্রেমি

এখানে,

রাস্তার প্রস্থ, $x = 5 \text{ m}$

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

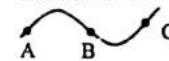
রাস্তার ভেতরের আঁতের তুলনায়

বাইরের প্রাণ্টের উচ্চতা, $h = 1 \text{ m}$

4.7

শিখনফল: রাস্তার বাঁকে ঢাল দেওয়ার প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা করতে পারব।

১১৭। চিত্রে একটি আঁকা বাঁকা পথ দেখানো হয়েছে। যার প্রস্থ 10 m। একজন ইঞ্জিনিয়ার রাস্তা নির্মাণের সময় সর্বোচ্চ গতিসীমা 40 km h^{-1} ধরে AB অংশের জন্য ব্যাংকিং কোণ 7° এবং BC অংশের জন্য ব্যাংকিং কোণ 10° নির্ধারণ করলেন। কিন্তু অধিকগল রাস্তা তৈরির সময় উভয় বাঁকে ব্যাংকিং কোণ 7° রাখলেন।



ক. সংবর্ষ কী?

খ. ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল, ব্যাখ্যা কর।

২

গ. রাস্তাটির BC অংশের বাঁকের ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর।

৩

ঘ. একজন গাড়ি চালাক 39 km h^{-1} বেগে উদ্ধীপকে প্রদর্শিত বাঁক অতিক্রম করতে চায় তবে তার ভাগ্যে কি ঘটবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের ভিত্তিতে মতামত দাও।

৪

১১৭ প্রশ্নের উত্তর

ক. অতি অল্প সময়ের জন্য কোনো বৃহৎ বল ক্রিয়া করে গতির হাঠাং ব্যাপক পরিবর্তনই হলো সংবর্ষ।

খ. যে বলের বিরুদ্ধে করা কাজের পুনরুদ্ধার স্তর নয় তাকে অসংরক্ষণশীল বল বলে। কোনো বস্তুকে একটি যস্তু তলের উপর দিয়ে টেনে নিয়ে যাওয়ার সময় ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। অমস্তু তলটি অনুভূমিক হলে এই কৃতকাজ বস্তুটির মধ্যে স্থিতিশিক্ষিপূর্ণ সংগ্রহ হয় না এবং বস্তুটি 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 স্তর নয়। তাই ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল।

ঘ. এখানে, রাস্তার ব্যাংকিং কোণ, $\theta = 10^\circ$

$$\text{গাড়ির সর্বোচ্চ গতিসীমা, } v = 40 \text{ km h}^{-1} = \frac{100}{9} \text{ m s}^{-1} = 11.11 \text{ m s}^{-1}$$

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

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

$$\text{বা, } r = \frac{v^2}{\tan \theta \times g} = \frac{(11.11 \text{ m s}^{-1})^2}{\tan (10^\circ) \times 9.8 \text{ m s}^{-2}} = 71.43 \text{ m}$$

∴ BC অংশের বাঁকের ব্যাসার্ধ 71.43 m।

ঘ. এখানে, রাস্তার ব্যাংকিং কোণ, $\theta = 7^\circ$

$$\text{AB অংশের ক্ষেত্রে, সর্বোচ্চ গতি, } v = 40 \text{ km h}^{-1} = 11.11 \text{ m s}^{-1}$$

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

$$\text{ব্যাংকিং কোণ, } \theta = 7^\circ$$



বাকের ব্যাসার্ধ r_1 হলে,

$$\therefore \tan \theta = \frac{v^2}{r_1 g}$$

$$\text{বা, } r_1 = \frac{v^2}{\tan \theta \times g} = \frac{(11.11 \text{ m s}^{-1})^2}{\tan 7^\circ \times 9.8 \text{ m s}^{-2}}$$

$$\therefore r_1 = 102.58 \text{ m}$$

এখন, AB এর ক্ষেত্রে 39 km h^{-1} বেগে গাড়ি চালালে প্রয়োজনীয় ব্যাংকিং θ_1 হলে,

$$\tan \theta_1 = \frac{v^2}{r_1 g}$$

$$\text{বা, } \theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{(10.83 \text{ m s}^{-1})^2}{102.58 \text{ m} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}} \right)$$

$$\therefore \theta_1 = 6.65^\circ$$

অর্থাৎ, AB অংশে গাড়ি নিরাপদে চালাতে পারবে।

BC অংশে প্রয়োজনীয় ব্যাংকিং কোণ θ_2 হলে,

$$\tan \theta_2 = \frac{v^2}{r_2 g}$$

$$\text{বা, } \theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{(10.83 \text{ m s}^{-1})^2}{71.43 \text{ m} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}} \right)$$

$$\therefore \theta_2 = 9.51^\circ$$

এখনে, $\theta_2 > 7^\circ$

অতএব, BC অংশে গাড়ি চালালে দূর্ঘটনা ঘটবে।

অর্থাৎ একজন গাড়ীচালক 39 km h^{-1} বেগে উকিপকে প্রদর্শিত বাঁক অভিক্রম করতে গেলে AB অংশে অভিক্রম করতে পারলেও BC অংশে দূর্ঘটনার সম্মুখীন হবে।

4.8

শিখনফল : স্থিতিস্থাপক ও অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ ব্যাখ্যা করতে পারব।

প্রশ্ন ১১৮ | 100 kg ভরের একটি বস্তু $(8\hat{i} - 6\hat{j} - 10\hat{k}) \text{ m s}^{-1}$ বেগে পতিশীল। বস্তুটির গতির বিপরীত দিক থেকে আসা অপর একটি বস্তুর সহিত সংঘর্ষে লিপ্ত হলো। হিতীয় বস্তুটির ভর এবং বেগ যথাক্রমে 200 kg এবং $(-10\hat{i} + 6\hat{j} - 8\hat{k}) \text{ m s}^{-1}$ সংঘর্ষের পর বস্তু দূর্টির বেগ যথাক্রমে $(3\hat{i} - 4\hat{j} - 5\hat{k}) \text{ m s}^{-1}$ এবং $(-4\hat{i} + 5\hat{j} - 6\hat{k}) \text{ m s}^{-1}$ হলো।

ক. ঘাত বল কী?

খ. নৌকা থেকে লাফ দিলে নৌকা পেছনে সরে যায়।
ব্যাখ্যা কর।

গ. ১ম বস্তুটির উপর বলের ঘাত বের কর।

ঘ. সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক না অস্থিতিস্থাপক গাণিতিকভাবে উপস্থাপন কর।

১
২
৩
৪

১১৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. খুব অল্প সময়ের জন্য কোন বস্তুর উপর বৃহৎ মানের যে বল প্রযুক্ত হয় তাকে ঘাতবল বলে।

খ. নিউটনের তৃতীয় সূত্র থেকে আমরা জানি, সকল ক্রিয়ার সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে। নৌকার উপর প্রযুক্ত বল F_1 হলে নৌকাটি এর সমান F_2 বলে F_1 বলের দিকের বিপরীত দিকে যাবে।
ফলে $F_1 = -F_2$ হবে।

তাই নৌকা থেকে লাফ দিলে নৌকা পেছনের দিকে সরে যাব।

গ. এখনে, ১ম বস্তুর ভর, $m_1 = 100 \text{ kg}$

২য় বস্তুর ভর, $m_2 = 200 \text{ kg}$

১ম বস্তুর আদিবেগ, $u_1 = \sqrt{8^2 + (-6)^2 + (-10)^2} = 10\sqrt{2} \text{ N m}^{-1}$

২য় বস্তুর আদিবেগ, $u_2 = \sqrt{(-10)^2 + 6^2 + (-8)^2} = 10\sqrt{2} \text{ m s}^{-1}$

১ম বস্তুর শেষ বেগ, $v_1 = \sqrt{3^2 + (-4)^2 + (-5)^2} = 5\sqrt{2} \text{ m s}^{-1}$

২য় বস্তুর শেষ বেগ, $v_2 = \sqrt{(-4)^2 + 5^2 + (-6)^2} = \sqrt{77} \text{ m s}^{-1}$

$$\begin{aligned} \text{সূতরাং ১ম বস্তুর বলের ঘাত, } J &= F \cdot t = m(v_1 - u_1) \\ &= 100 (10\sqrt{2} - 5\sqrt{2}) \text{ Ns} \\ &= 5\sqrt{2} \text{ Ns} = 707 \text{ Ns} \end{aligned}$$

ঘ. এখানে, ১ম বস্তুর ভর, $m_1 = 100 \text{ kg}$

২য় বস্তুর ভর, $m_2 = 200 \text{ kg}$

১ম বস্তুর আদিবেগ, $u_1 = \sqrt{8^2 + (-6)^2 + (-10)^2} = 10\sqrt{2} \text{ N m}^{-1}$

২য় বস্তুর আদিবেগ, $u_2 = \sqrt{(-10)^2 + 6^2 + (-8)^2} = 10\sqrt{2} \text{ m s}^{-1}$

১ম বস্তুর শেষ বেগ, $v_1 = \sqrt{3^2 + (-4)^2 + (-5)^2} = 5\sqrt{2} \text{ m s}^{-1}$

২য় বস্তুর শেষ বেগ, $v_2 = \sqrt{(-4)^2 + 5^2 + (-6)^2} = \sqrt{77} \text{ m s}^{-1}$

সংঘর্ষের পূর্বে বস্তুছয়ের মোট গতিশক্তি,

$$\begin{aligned} E_{k_1} &= \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 100 \times (10\sqrt{2})^2 + \frac{1}{2} \times 200 \times (10\sqrt{2})^2 \\ &= 10000 + 20000 \\ &= 30000 \text{ J} \end{aligned}$$

সংঘর্ষের পরে বস্তুছয়ের মোট গতিশক্তি,

$$\begin{aligned} E_{k_2} &= \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 100 \times (5\sqrt{2})^2 + \frac{1}{2} \times 200 \times (\sqrt{77})^2 \\ &= 2500 + 7700 \\ &= 10200 \text{ J} \end{aligned}$$

এখানে, $E_{k_1} > E_{k_2}$

$$\therefore E_{k_1} \neq E_{k_2}$$

অর্থাৎ প্রদত্ত সংঘর্ষ স্থিতিস্থাপক নয়।

4.9

শিখনফল : দুটি বস্তুর মধ্যে একমাত্রিক স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের সমস্যার সমাধান করতে পারব।

প্রশ্ন ১১৯ | 10 kg ভরের একটি বস্তু 15 m s^{-1} বেগে পূর্বদিকে অগ্রসর হচ্ছে। 15 kg ভরের অপর একটি বস্তু একই সরলরেখায় 20 m s^{-1} বেগে প্রথম বস্তুটির বিপরীত দিক হতে বস্তুটির দিকে এগিয়ে আসছে। কিছুক্ষণ পর বস্তু দূর্টির মধ্যে একমাত্রিক সংঘর্ষ ঘটে।

ক. কৌণিক গতির জন্য নিউটনের তৃতীয় সূত্রটি লেখ।

খ. দুর্বল নিউক্লিয় বলের কয়েকটি বৈশিষ্ট্য উল্লেখ কর।

গ. সংঘর্ষের পর বস্তুছয়ে একত্রে যুক্ত থেকে কত বেগে কোন দিকে চলবে?

ঘ. প্রথম বস্তুটির ভর হিঁগুণ এবং তৃতীয় বস্তুটির বেগ অর্ধেক করা হলে সংঘর্ষের পর কী ঘটবে? যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর।

১
২
৩
৪

১১৯নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কৌণিক গতির জন্য নিউটনের তৃতীয় সূত্রটি হলো— একটি বস্তু অপর একটি বস্তুর উপর টক প্রয়োগ করলে তৃতীয় বস্তুটি ও প্রথম বস্তুর উপর সমমানের এবং বিপরীতমুখী টক প্রয়োগ করে।

খ. দুর্বল নিউক্লিয় বলের কয়েকটি বৈশিষ্ট্য নিম্নরূপ—

১. দুর্বল নিউক্লিয় বল আকর্ষণধর্মী;

২. এ বলের পাইকা ব্যবহৃত;

৩. দুর্বল নিউক্লিয় বল আধান নিরপেক্ষ।

গ. প্রথম বস্তুর ভর, $m_1 = 10 \text{ kg}$

তৃতীয় বস্তুর ভর, $m_2 = 15 \text{ kg}$

প্রথম বস্তুর আদিবেগ, $u_1 = 15 \text{ s}^{-1}$ (পূর্বদিকে)



বিতীয় বস্তুর আদিবেগ $u_2 = -20 \text{ m s}^{-1}$ (প্রথম বস্তুর বিপরীত দিকে) সংঘর্ষের পর সংযুক্ত বস্তুয়ের বেগ, $v_f = ?$

ভরবেগের নিয়তা সূত্র অনুযায়ী,

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = (m_1 + m_2) v_f$$

$$\text{বা, } v_f = \frac{m_1 u_1 + m_2 u_2}{m_1 + m_2}$$

$$= \frac{(10 \times 15) \text{ kg m s}^{-1} + [15 \times (-20)] \text{ kg m s}^{-1}}{(10 + 15) \text{ kg}}$$

$$= \frac{150 - 300 \text{ m s}^{-1}}{25}$$

$$= \frac{-150}{25} \text{ m s}^{-1} = -6 \text{ m s}^{-1}$$

$\therefore v_f = 6 \text{ m s}^{-1}$; মান ধনাত্মক বলে পশ্চিম দিকে।

সূতরাং সংঘর্ষের পর বস্তুয়ের 6 m s^{-1} বেগে পশ্চিম দিকে অগ্রসর হবে।

১. শর্তানুসারে,

$$\text{প্রথম বস্তুর ভর, } m_1 = (10 \times 2) \text{ kg} = 20 \text{ kg}$$

$$\text{বিতীয় বস্তুর ভর, } m_2 = 15 \text{ kg}$$

$$\text{প্রথম বস্তুর আদিবেগ, } u_1 = 15 \text{ m s}^{-1} \text{ (পূর্বদিকে)}$$



শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের টেক্ট পরীক্ষার সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষার্থী, মাস্টার ট্রেইনার প্যানেল সারা দেশের শীর্ষস্থানীয় কলেজসমূহের টেক্ট পরীক্ষার প্রশ্নপত্র বিলোপণ করে তা থেকে গুরুত্বপূর্ণ প্রশ্নাবলী উত্তর সহকারে নিচে সংযোজন করেছেন। কলেজের নাম সংবলিত এসব প্রশ্ন ও উত্তর অনুলিঙ্গের মাধ্যমে তোমরা পরীক্ষায় কমনের নিয়ত্যান্ত পাবে।

প্রশ্ন ১৩। 200 kg ভরের একটি বস্তুকে $1 : \sqrt{3}$ ঢাল বিশিষ্ট রাস্তায় ধ্রুব বেগে উপরে টেনে তোলা হচ্ছে। এতে মোট 2 HP ক্ষমতা ব্যয় হয়। রাস্তার ঘর্ষণ বল 500 N। পর্যবেক্ষণে দেখা গেল মোট ক্ষমতার 50% অভিকর্ষের কারণে ব্যয়িত হয়।

১. প্রত্যয়নী বল কাকে বলে?

২. সরল দোলকের সূতার টান বল সংরক্ষণশীল বল—
ব্যাখ্যা কর।

৩. রাস্তা কর্তৃক বস্তুর উপর প্রযুক্ত প্রতিক্রিয়া বল কত? ৩
৪. উদ্ধীপকের পর্যবেক্ষণের সত্যতা গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]

১২০নং প্রশ্নের উত্তর

১. কোনো স্থানকে দৈর্ঘ্য বরাবর বিকৃত করলে স্থিতিস্থাপক ধর্মের দ্রুত বলের বিপরীতে যে বলের উভয় হয় তাকে প্রত্যয়নী বল বলে।

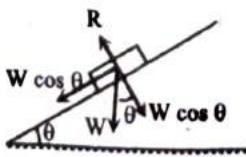
২. সরল দোলকের সূতার টান বল সংরক্ষণশীল বল। কোনো কণা একটি পূর্ণচার সম্পর্ক করে তার আদি অবস্থানে ফিরে আসলে, কণাটির ওপর যে বল হারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয়, সে বলকে সংরক্ষণশীল বল বলে। আমরা জানি, কোনো বল কর্তৃক সম্পাদিত কাজের পরিমাণ ঐ বল এবং বলের অভিমুখে বস্তুর সরণের গুণফলের সমান হয়। যখন কোনো সরল দোলক দোলে তখন সূতার টান সর্বদাই দোলকের বেবের পতির অভিমুখের সাথে লজ্জভাবে ক্রিয়া করে। ফলে, সূতার টানের অভিমুখে বেবের সরণের উপাংশের মান শূন্য। তাই সূতার টান কর্তৃক কৃতকাজের মান শূন্য। তাই সরল দোলকের সূতার টান সংরক্ষণশীল বল।

৩. এখানে, রাস্তার ঢাল

$$\frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\text{বা, } \tan \theta = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\text{বা, } \theta = 30^\circ$$



$$\text{বিতীয় বস্তুর আদিবেগ, } u_2 = \frac{-20}{2} \text{ m s}^{-1}$$

$$= -10 \text{ m s}^{-1} \text{ (পশ্চিম দিকে)}$$

ধরি, সংঘর্ষের পর বস্তুয়ের বেগ, $v_f = ?$

এখন, ভরবেগের নিয়তা সূত্র অনুসারে,

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = (m_1 + m_2) v_f$$

$$\text{বা, } v_f = \frac{m_1 u_1 + m_2 u_2}{m_1 + m_2}$$

$$= \frac{(20 \times 15) \text{ kg m s}^{-1} + [15 \times (-10)] \text{ kg m s}^{-1}}{(20 + 15) \text{ kg}}$$

$$= \frac{(300 - 150)}{35} \text{ m s}^{-1}$$

$$= \frac{150}{35} \text{ m s}^{-1}$$

$$= 4.3 \text{ m s}^{-1}$$

$\therefore v_f = 4.3 \text{ m s}^{-1}$; মান ধনাত্মক বলে পূর্বদিকে।

সূতরাং, সংঘর্ষের পর মিলিত বস্তুয়ের 4.3 m s^{-1} বেগে পূর্বদিকে অগ্রসর হবে।

$$\text{ভর, } m = 200 \text{ kg}$$

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

রাস্তা কর্তৃক বস্তুর উপর প্রযুক্ত প্রতিক্রিয়া বল,

$$R = W \cos \theta$$

$$= mg \cos \theta$$

$$= (200 \times 9.8 \times \cos 30^\circ) \text{ N} = 1697.41 \text{ N}$$

নির্ণেয় প্রতিক্রিয়া বল 1697.41 N ।

১. যেহেতু উদ্ধীপক অনুসারে বস্তুটিকে ধ্রুব বেগে টেনে তোলা হচ্ছে সেহেতু প্রযুক্ত ক্ষমতা ঘর্ষণ বল এবং হেলানো তল করাবর নিচের দিকে ক্রিয়াশীল ওজনের উপাংশ $W \sin \theta$ এর কারণে ব্যয়িত হবে। এখন বলা আছে, ঘর্ষণ বলের মান 500 N ।

সূতরাং মোট ক্ষমতার 50% অভিকর্ষ তথা বস্তুর ওজনের কারণে ব্যয়িত হবে যদি $W \sin \theta$ এর মান 500 N হয়।

$$\therefore W \sin \theta = mg \sin \theta$$

$$= 200 \times 9.8 \times \sin 30^\circ$$

$$= 980 \text{ N}$$

এখানে, বস্তুর ভর, $m = 200 \text{ kg}$

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

$\theta = 30^\circ$ ['গ' হতে]

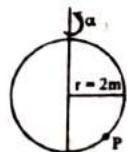
অতএব, যেহেতু $W \sin \theta \neq 500 \text{ N}$, সেহেতু উদ্ধীপকের পর্যবেক্ষণ সঠিক নয়।

প্রশ্ন ১৪। একটা চাকা 2000 বার

করে প্রতি মিনিটে ঘূরছিল। যখন টর্ক

অপসারণ করা হলো, এটা তখন 3

min এ থামলো।



১. ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রটি বিবৃত কর।

২. রাস্তার বাঁকের ভিতরের প্রান্ত থেকে বাইরের প্রান্ত উচু

রাখা হবে কেন?

৩. চাকার কৌণিক ত্বরণ নির্ণয় কর।

৪. যদি কোনো এক সময় P বিন্দুতে কৌণিক বেগ 1000 r.p.m হয় তবে উচু বিন্দুতে এর স্পর্শকীয় ত্বরণ,

কেন্দ্রমুখী ত্বরণ এবং লম্বি ত্বরণ কত?

[তিকারুনিসা নূন কলেজ, ঢাকা]

১২১ং প্রশ্নের উত্তর

ক) যখন কোনো ব্যবস্থার ওপর প্রযুক্তি নিট বাহ্যিক বল শূন্য হয়, তখন ব্যবস্থাটির মোট ভরবেগ সংরক্ষিত থাকে। অর্থাৎ দুই বা ততোধিক বস্তুতে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া ছাড়া অন্যকোনো বাহ্যিক বল ক্রিয়া না করলে কোনো নির্দিষ্ট দিকে ঐ বস্তুগুলোর মোট বৈধিক ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হবে না। এটিই ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র।

খ) বাঁকা পথে গাড়ি চলার সময় এর উপর ক্রিয়াশীল বস্তুর অভিমুখী জড়তা গাড়িটিকে ধাক্কা দিয়ে উল্টিয়ে ফেলতে পারে। এ জড়তা প্রতিহত করার জন্য গাড়িটিকে একটি কেন্দ্রমুখী বলের সৃষ্টি করতে হয়। এজন্য গাড়িটিকে কাত হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু সমতলে গাড়ি কাত হলে বিপর্যয় ঘটবে। এজন্য রাস্তার বাঁকের ভিতরের প্রান্ত থেকে বাইরের প্রান্ত উঁচু রাখা হয়।

গ) এখানে, ঘূর্ণন সংখ্যা, $N = 2000$

$$\text{সময়}, t_1 = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$\text{ধার্মার সময়}, t_2 = 3 \text{ min} = 3 \times 60 \text{ s} = 180 \text{ s}$$

$$\text{কৌণিক ত্বরণ}, \alpha = ?$$

$$\begin{aligned} \text{আদি ঘূর্ণন বেগ}, \omega_0 &= \frac{2\pi N}{t_1} \\ &= \frac{2 \times 3.1416 \times 2000}{60} \text{ rad s}^{-1} \\ &= 209.44 \text{ rad s}^{-1} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{কৌণিক ত্বরণ}, \alpha = \frac{0 - \omega_0}{t_2} = \frac{0 - 209.44}{180} \text{ rad s}^{-2} \\ = -1.164 \text{ rad s}^{-2}$$

এখানে, ঝণাঝাক চিহ্ন মন্দন নির্দেশ করছে।

অতএব, চাকার কৌণিক ত্বরণ $-1.164 \text{ rad s}^{-2}$ ।

ঘ) 'গ' হতে পাই, কৌণিক ত্বরণ, $\alpha = -1.164 \text{ rad s}^{-2}$

এখানে, বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, $r = 2 \text{ m}$

$$\therefore P \text{ বিন্দুতে স্পর্শকীয় ত্বরণ}, a_r = r\alpha = 2 \times (-1.164) \text{ m s}^{-2} \\ = -2.328 \text{ m s}^{-2}$$

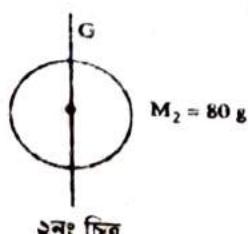
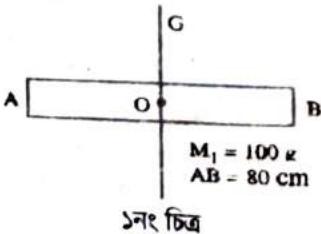
$$P \text{ বিন্দুতে রৈখিক বেগ}, v_p = \frac{1000 \times 2\pi \times 2}{60} \text{ m s}^{-1} \\ = 209.44 \text{ m s}^{-1}$$

$$\therefore P \text{ বিন্দুতে কেন্দ্রমুখী ত্বরণ}, a_c = \frac{v_p^2}{r} \\ = \frac{209.44^2}{2} \text{ m s}^{-2} \\ = 21932.56 \text{ m s}^{-2}$$

$$\therefore P \text{ বিন্দুতে সম্পুর্ণ ত্বরণ}, a_T = \sqrt{a_r^2 + a_c^2} \\ = \sqrt{(-2.328)^2 + 21932.56^2} \text{ m s}^{-2} \\ = 21932.56 \text{ m s}^{-2}$$

অতএব, P বিন্দুতে স্পর্শকীয় ত্বরণ, কেন্দ্রমুখী ত্বরণ ও লম্বিত ত্বরণ যথাক্রমে -2.328 m s^{-2} , $21932.56 \text{ m s}^{-2}$ ও $21932.56 \text{ m s}^{-2}$ ।

ঙ) উল্লেখ যে, 2 নং চিত্রের গোলকটির বৃত্তাকার পথের দৈর্ঘ্য 1 নং চিত্রের বস্তুটির দৈর্ঘ্যের সমান। উভয় ক্ষেত্রে কৌণিক ত্বরণ 10 rad s^{-2} .



ক. ঘাত বল কী?

খ. বৃত্তাকার পথে গতিশীল সাইকেল আরোহী হেলে পড়ে কেন?

গ. ১মং চিত্রের ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক কত হবে?

ঘ. কোন ক্ষেত্রে ঘূর্ণন প্রবণতা বেশি হবে? তোমার উত্তরের ব্যাপকে যুক্তি তুলে ধর।

[সামনুল হক খান স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

১২২ং প্রশ্নের উত্তর

ক) খুব অল্প সময়ের জন্য খুব বড় যান্মের যে বল কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্তি হয় তাকে ঘাতবল বলে।

খ) বৃত্তাকার পথে গতিশীল সাইকেল আরোহী সাইকেলসহ তার শরীরকে বাঁকা পথের কেন্দ্রের দিকে হেলিয়ে রাখে।

কারণ : বাঁকা বা বৃত্তাকার পথে যোড় ঘূরাবার সময় একটি কেন্দ্রমুখী এবং অনুভূমিক বলের প্রয়োজন হয়। আরোহী যদি সোজা থাকে, তাহলে সাইকেলসহ তার ওজন নিচের দিকে ক্রিয়ারত। আর রাস্তার প্রতিক্রিয়া বলের অভিমুখ উপর দিকে। এ দুটি বলের প্রত্যেকের অনুভূমিক উপাংশ শূন্য। এ দুটি বল উপরিউক্ত কেন্দ্রমুখী বল যোগান দিতে পারে না। তাই, প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেওয়ার জন্যই আরোহীকে রাস্তার বাঁকে হেলে থাকতে হয়।

গ) এখানে, দণ্ডের ভর, $M_1 = 100 \text{ g} = 100 \times 10^{-3} \text{ kg}$

$$\text{দণ্ডের দৈর্ঘ্য}, l_1 = 80 \text{ cm} = 80 \times 10^{-2} \text{ m}$$

দণ্ডের জড়তার ভ্রামক, $I_2 = ?$

চিত্র হতে, O দণ্ডটির ভরকেন্দ্র

আমরা জানি, দণ্ডের ভরকেন্দ্রগামী অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক,

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{1}{12} M_1 l_1^2 \\ &= \frac{1}{12} \times 100 \times 10^{-3} \times (80 \times 10^{-2})^2 \text{ kg m}^2 \\ &= 5.53 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2 \end{aligned}$$

অতএব, 1 নং চিত্রের ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক $5.53 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$ ।

ঘ) ধরি, গোলকটির ব্যাসার্ধ r

$$\therefore 2\pi r = 80 \times 10^{-2}$$

$$\text{বা, } r = \frac{80 \times 10^{-2}}{2\pi} \\ = \frac{80 \times 10^{-2}}{2 \times 3.1416} = 0.1273 \text{ m}$$

\therefore গোলকটির কেন্দ্রগামী অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক,

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{2}{5} M_2 r^2 \\ &= \frac{2}{5} \times 80 \times 10^{-3} \times (0.1273)^2 \text{ kg m}^2 \\ &= 5.1856 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2 \end{aligned}$$

'গ' হতে পাই, 1 নং চিত্রের দণ্ডটির জড়তার ভ্রামক,

$$I_1 = 5.33 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$$

\therefore গোলক ও দণ্ডে 10 rad s^{-2} কৌণিক ত্বরণ দিতে প্রয়োজনীয় টক্স যথাক্রমে t_2 এবং t_1 হলে,

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{5.1856 \times 10^{-4}}{5.33 \times 10^{-3}} = 0.0973 < 1$$

$\therefore \frac{t_2}{t_1} < 1$ বা $t_2 < t_1$ অর্থাৎ, 2 নং চিত্রের গোলকটিতে 10 rad s^{-2} কৌণিক ত্বরণ দিতে কম টক্সের প্রয়োজন হয়েছে। অতএব, 2 নং চিত্রের ক্ষেত্রে ঘূর্ণন প্রবণতা বেশি হবে।



প্রয়োগ 2 m ব্যাসের একটি বৃত্তাকার পথে 400 kg ভরের একটি নিরেট গোলক 2 m s⁻¹ রৈখিক বেগে চলছে।

- ক. লম্বিষ্ট গণন কী? ১
 খ. প্রাডিয়েন্টের ভৌত তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। ২
 গ. নিরেট গোলকটির কৌণিক ভরবেগের মান বের কর। ৩
 ঘ. উচ্চীপকের নিরেট গোলকটি মোট যে পরিমাণ গতিশক্তি অর্জন করবে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

[আবশ্যিক কানিদের মোজা সিটি কলেজ, নরসিংহপুর]

১২৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক ঝু-নাট মীতির উপর ভিত্তি করে গঠিত যন্ত্রগুলোর বৃত্তাকার ক্ষেত্রে একভাগ ঘুরালে ঝুঁটি যতটুকু সরে আসে তাকে লম্বিষ্ট গণন বলে। অর্থাৎ পিচকে বৃত্তাকার ক্ষেত্রের ভাগ সংখ্যা ছারা ভাগ করলে লম্বিষ্ট গণন পাওয়া যায়।

- খ** প্রাডিয়েন্টের ভৌত তাৎপর্য নিরূপণ বর্ণনা করা যায় :
- প্রাডিয়েন্ট শব্দের অর্থ ঢালের বা নতির মাত্রা।
 - কোনো ক্ষেত্রের প্রাডিয়েন্ট অবশ্যই ভেট্রক্ষেত্র হবে। সুতরাং ক্ষেত্রের প্রাডিয়েন্ট নিয়ে ভেট্রক্ষেত্র উৎপন্ন করা যায়।
 - কোনো বক্ররেখার কোনো নিদিষ্ট বিন্দুর প্রাডিয়েন্ট হলো ঐ বিন্দুর স্পর্শকের প্রাডিয়েন্টের সমান।
 - কোনো ক্ষেত্রেরক্ষেত্রে ফ-এর প্রাডিয়েন্ট একটা ভেট্রক্ষেত্র।

গ আমরা জানি,

$$\begin{aligned} L &= rmv \\ &= 1 \text{ m} \times 400 \text{ kg} \times 2 \text{ m s}^{-1} \\ &= 800 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

এখানে,

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

ভর, m = 400 kg

রৈখিক বেগ, v = 2 m s⁻¹

কৌণিক ভর বেগ, L = ?

অতএব, নিরেট গোলকটির কৌণিক ভরবেগ 800 kg m² s⁻¹।

ঘ কৌণিক বেগ য হলে,

আমরা জানি,

$$v = \omega \times r$$

$$\text{বা, } \omega = \frac{v}{r}$$

এখানে,

$$\text{ভর, m} = 400 \text{ kg}$$

$$\text{ব্যাসার্ধ, r} = 1 \text{ m}$$

$$\text{রৈখিক বেগ, v} = 2 \text{ m s}^{-1}$$

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

$$\text{বা, } E = \frac{1}{2} I \times \left(\frac{v}{r}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2} \times mr^2 \times \frac{v^2}{r^2}$$

$$= \frac{1}{2} \times m \times v^2 = \frac{1}{2} \times 400 \text{ kg} \times (2 \text{ m s}^{-1})^2 = 800 \text{ J}$$

অতএব, উচ্চীপকের নিরেট গোলকটি 800 J গতিশক্তি অর্জন করবে।

প্রয়োগ 5 m প্রস্থের একটি রাস্তার বাঁকের ব্যাসার্ধ 100 m। এই রাস্তায় একটি গাড়ি সর্বোচ্চ 40 km h⁻¹ বেগে নিরাপদে বাঁক নিতে পারে।

- ক. প্রাস কী? ১
 খ. খাড়াভাবে নিকিষ্ট করুন বিচরণকাল সর্বাধিক ব্যাখ্যা কর। ২
 গ. উচ্চীপকে উল্লেখিত রাস্তার ব্যাখ্যিং কোণ কত? ৩
 ঘ. কোনো গাড়ি সর্বোচ্চ 50 km h⁻¹ বেগে বাঁক নিতে চাইলে উচ্চীপকের রাস্তার উচু প্রান্তের উচ্চতার ক্রিপ্ত পরিবর্তন আনতে হবে— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ণয় কর। ৪

[কুমিল্লা ভিট্টোরিয়া সরকারি কলেজ, কুমিল্লা]

১২৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো একটি বৃত্তকে অনুভূমিকের সাথে তির্যকভাবে উল্লিখন করে নিক্ষেপ করা হলে তাকে প্রাস বলে।

$$\text{যা আসের উচ্চতা } h_m = \frac{(v_0 \sin \theta_0)^2}{2g}$$

যেখানে, v_0 = আসের গতিবেগ এবং θ_0 নিক্ষেপণ কোণ।

খাড়াভাবে নিক্ষেপ করলে $\theta = 90^\circ$ হবে, ফলে বিচরণ কাল সর্বোচ্চ হবে। কেননা $\sin 90^\circ = 1$

গ আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \tan \theta = \frac{(11.11 \text{ m s}^{-1})^2}{100 \text{ m} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}}$$

$$\text{বা, } \tan \theta = 0.126$$

$$\text{বা, } \theta = \tan^{-1}(0.126) = 7.18^\circ$$

অতএব, ব্যাখ্যিং কোণ 7.18°।

এখানে, রাস্তার বাঁকের ব্যাসার্ধ,

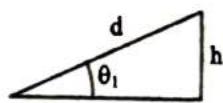
$$r = 100 \text{ m}$$

সর্বোচ্চ গতিশীল মান, $v = 40 \text{ km h}^{-1}$

$$= \frac{40 \times 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 11.11 \text{ m s}^{-1}$$

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

ব্যাখ্যিং কোণ, $\theta = ?$



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

রাস্তার প্রস্থ, $d = 5 \text{ m}$

সর্বোচ্চ গতিশীল মান,

$$\begin{aligned} v &= \frac{50 \times 1000}{3600} \text{ m s}^{-1} \\ &= 13.89 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

ব্যাখ্যিং কোণ, θ_1 হলে,

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

$$\text{বা, } \tan \theta_1 = \frac{(13.89 \text{ m s}^{-1})^2}{100 \text{ m} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}} = 0.1968$$

$$\therefore \theta_1 = 11.13^\circ$$

∴ রাস্তার উচু প্রান্তের উচ্চতা h হলে,

$$\sin \theta_1 = \frac{h}{d}$$

$$\text{বা, } \sin(11.13^\circ) = \frac{h}{5 \text{ m}}$$

$$\text{বা, } h = 0.97 \text{ m}$$

∴ রাস্তার উচু প্রান্তের উচ্চতা 0.97 m করতে হবে।

প্রয়োগ রহমান সাহেব গাড়ি চালিয়ে 5 m প্রস্থ ও 200 m ব্যাসরিশিট বাঁকা রাস্তা একটি নিদিষ্ট বেগে অতিক্রম করেন। রাস্তাটির ভিতরের পার্শ্ব অপেক্ষা বাইরের পার্শ্ব 0.5 m উচ্চতার ব্যাখ্যিং করা আছে।

ক. জড়তার আমক কাকে বলে? ১

খ. কজা থেকে ভিজ দূরত্বে একটি দরজার উপর সমগ্রিম বল প্রয়োগ করা সঙ্গেও সৃষ্টি টকের মান সমান হয় না— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. রাস্তাটির ব্যাখ্যিং কোণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. 62.5 km h⁻¹ বেগে রাস্তার বাঁকটি অতিক্রম করলে রহমান সাহেব কোনো বিপদের সম্মুখীন হবে কি-না— গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

[গ্রাম্যবাচিকা সরকারি কলেজ, গ্রাম্যবাচিকা]

১২৫নং প্রশ্নের উত্তর

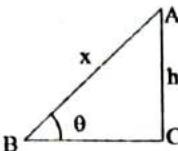
ক একটি নিদিষ্ট অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণায়মান দৃঢ় করুন প্রত্যেকটি কণার দূরত্বের বর্ণন গুপ্তকলের সম্মতি জড়তার আমক।

য) অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনরত বস্তুর ওপর যে বিন্দুতে বল ক্রিয়াশীল এ বিন্দুর অবস্থান ডেটার ও প্রযুক্ত বলের ডেটার গুণফলকে টর্ক বলে।
 অর্থাৎ টক, $\tau = r \times F$
 $\therefore \tau = r F \sin \theta$.

অক্ষ হতে F এর লম্ব দূরত্ব r যত বেশি হবে টর্কের মান তত বেশি হবে। এ কারণে কজা থেকে ভিন্ন দূরত্বে একটি দরজার উপর সম পরিমাণ বল প্রয়োগ করা সঙ্গেও টর্কের মান সমান হয় না।

এখনে, রাস্তার পার্শ্ব দূর্তি A ও B হলে, $AB = x = 5$ m
 উভয় পার্শ্বের উচ্চতার পার্শ্বক্ষা, $h = 0.5$ m

$$\begin{aligned} \text{ব্যাংকিং কোণ } \theta &= \tan^{-1} \left(\frac{h}{x} \right) \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{0.5}{5} \right) = 5.74^\circ \end{aligned}$$



অতএব, রাস্তার প্রকৃত ব্যাংকিং কোণ 5.74° ।



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 গ্রহণ করতে পার, সে লক্ষ্যে এ অধ্যায়ের সাথে সংশ্লিষ্ট অধ্যায়ের সমন্বয়ে প্রণীত সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর নিচে দেওয়া হলো।

3.75 × 10⁸ মিটার ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে চন্দ্র পৃথিবীকে 27.3 দিনে একবার প্রদক্ষিণ করে। মহাকাশে ধ্রুবক $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$ এবং চাঁদের ভর $7.36 \times 10^{22} \text{ kg}$.

- ক. অপকেন্দ্র কী? ১
 খ. পৃথিবীর কেন্দ্রে বস্তুর ওজন শূন্য হয় কেন? ২
 গ. চাঁদের কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় কর। ৩
 ঘ. উদ্দীপকের তথ্যানুযায়ী পৃথিবীর ভর গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

[অধ্যায় ৪ ও ৬-এর সমন্বয়ে প্রণীত]

১২৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কেন্দ্রবিমূর্তি বলের প্রতিক্রিয়া বর্ণন যে বল বৃত্তের কেন্দ্রের উপর ব্যাসার্ধ বরাবর কেন্দ্রের বাইরের দিকে ক্রিয়া করে তাই অপকেন্দ্র বল বা কেন্দ্রবিমূর্তি বল।

গ. আমরা জানি, ওজন, $W = mg$; এখনে $m =$ বস্তুর ভর এবং $g =$ অভিকর্ষজ ত্বরণ। বস্তুর ভর একটি ধূর রাশি; সূতরাং কোনো বস্তুর ওজন অভিকর্ষজ ত্বরণের উপর নির্ভরশীল। যে স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ বেশি, সে স্থানে বস্তুর ওজনও বেশি। আর অভিকর্ষজ ত্বরণ যে স্থানে কম বস্তুর ওজনও সে স্থানে কম। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, মরু অঞ্চলে অভিকর্ষজ ত্বরণ বেশি। সূতরাং মেরু অঞ্চলে বস্তুর ওজন বেশি। বিশুর অঞ্চলে অভিকর্ষজ ত্বরণ কম। অতএব বিশুর অঞ্চলে বস্তুর ওজনও কম। পৃথিবীর কেন্দ্রে অভিকর্ষজ ত্বরণ শূন্য। তাই, পৃথিবীর কেন্দ্রে বস্তুর কোনো ওজন নেই। অর্থাৎ বস্তুর ওজন শূন্য।

ঘ. ধরি, চাঁদের কৌণিক ভরবেগ L .
 উদ্দীপক অনুশীলনে, বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, $r = 3.75 \times 10^8 \text{ m}$
 চাঁদের ভর, $m = 7.36 \times 10^{22} \text{ kg}$

চাঁদের আবর্তন কাল, $T = 27.3$ দিন

$$\begin{aligned} &= 27.3 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s} \\ &= 2.36 \times 10^6 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\pi = 3.1416$$

$$\begin{aligned} \text{আমরা জানি, } \omega &= \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3.1416}{2.36 \times 10^6} \text{ rad s}^{-1} \\ \therefore \omega &= 2.66 \times 10^{-6} \text{ rad s}^{-1} \end{aligned}$$

য) এখনে, গাড়ির বেগ, $v = 62.5 \text{ km h}^{-1}$

$$\begin{aligned} &= \frac{62.5 \times 1000}{3600} \text{ m s}^{-1} \\ &= 17.36 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

বাকের ব্যাসার্ধ, $r = 200 \text{ m}$, অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$
 গাড়িটিকে নিরাপদে বাঁক নিতে প্রয়োজনীয় ব্যাংকিং কোণ θ , হলে,

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

$$\begin{aligned} \text{বা, } \theta_1 &= \tan^{-1} \left(\frac{v^2}{rg} \right) \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{(17.36 \text{ m s}^{-1})^2}{200 \text{ m} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}} \right) \\ &= 8.74^\circ \end{aligned}$$

কিন্তু রাস্তাটির প্রকৃত ব্যাংকিং কোণ, $\theta = 574^\circ$ [গ নং থেকে প্রাপ্ত]

∴ উদ্দীপকের রাস্তায় বাঁকটি 62.5 km h^{-1} বেগে অতিক্রম করলে রহমান সাহেব বিপদের সম্মুখীন হবে।

আবার, জড়তার ভাবক,

$$\begin{aligned} I &= mr^2 \\ &= 7.36 \times 10^{22} \text{ kg} \times (3.75 \times 10^8 \text{ m})^2 \\ &= 103.5 \times 10^{38} \text{ kg m}^2 \end{aligned}$$

সূতরাং কৌণিক ভরবেগ,

$$\begin{aligned} L &= I\omega = 1.035 \times 10^{40} \text{ kg m}^2 \times 2.66 \times 10^6 \text{ rad s}^{-1} \\ \therefore L &= 2.75 \times 10^{34} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

সূতরাং চাঁদের কৌণিক ভরবেগ $2.75 \times 10^{34} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$ ।

ঘ) উদ্দীপকের তথ্যানুযায়ী পৃথিবীর ভর গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করা হলো—
 আমরা জানি, $v = \omega r$ (১)

বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, $r = 3.75 \times 10^8 \text{ m}$

কৌণিক বেগ, $\omega = \frac{2\pi N}{t} = \frac{2 \times 3.1416 \times 1}{27.3 \times 24 \times 60 \times 60}$

$$\therefore \omega = 2.66 \times 10^{-6} \text{ rad s}^{-1}$$

(১) নং সমীকরণ হতে,

$$\begin{aligned} \therefore v &= 2.66 \times 10^{-6} \text{ rad s}^{-1} \times 3.75 \times 10^8 \text{ m} \\ &= 999 \times 10^2 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

আমরা জানি, $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$ (২)

এখানে, চন্দ্রের রৈখিক বেগ, $v = 9.99 \times 10^2 \text{ m s}^{-1}$

মনে করি, পৃথিবীর ভর M

উদ্দীপক হতে, মহাকর্ষ ধ্রুবক, $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ, $R+h = 3.75 \times 10^8 \text{ m}$

(২) নং সমীকরণ থেকে পাই, $v^2 = \frac{GM}{R+h}$

বা, $GM = v^2(R+h)$

বা, $M = \frac{v^2(R+h)}{G}$

$$\begin{aligned} &= \frac{(9.99 \times 10^2 \text{ m s}^{-1})^2 \times 3.75 \times 10^8 \text{ m}}{6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}} \\ &= 5.62 \times 10^{24} \text{ kg} \end{aligned}$$

সূতরাং পৃথিবীর ভর $5.62 \times 10^{24} \text{ kg}$ ।



১০০% কমন উপযোগী জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্ৰশ্ন ও উত্তৰ

প্ৰিয় শিক্ষার্থী, জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্ৰশ্ন টুইপক সংশ্লিষ্ট অধ্যায়ের যেকোনো পাইন ও অনুচ্ছেদ থেকে এসে থাকে। তাই নতুন পাঠ্যবইয়ের পৰিবৰ্ত্তিত বিষয়বস্তুৰ আলোকে লাইন ধৰে সৰ্বাধিক জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্ৰশ্ন ও উত্তৰ নিচে প্ৰদত্ত হলো, যা পৰীক্ষায় ১০০% কমন পাণ্ডিত্যক ক্ষেত্ৰে তোমাদেৱ সহায়তা কৰিব।

(৩) কমন উপযোগী জ্ঞানমূলক প্ৰশ্ন ও উত্তৰ

প্ৰশ্ন ১। টুকু কাকে বলেন্টাল, বো. '১৮; বা. বো. '১৮; য. বো. '১৯, '১৮; কু. বো. '১৭; চ. বো. '১৭; পি. বো. '১৯, '১৮, '১৭; '১৬; পি. বো. '১৮

[সেলু-২৪, আধিৰ-১০, প্ৰামাণিক-৩৮, তপন-৪০]

উত্তৰ : কোনো দৃঢ় বস্তুৰ উপৰ বল প্ৰযুক্ত হলো বস্তুটিৰ মধ্যে কোনো নিৰ্দিষ্ট বিশ্ব বা অক্ষেৰ সাপেক্ষে সুৰোৱাৰ যে প্ৰণগতা সৃষ্টি হয় তাকে বলেৱ ভাৰম বা টুকু বলে।

প্ৰশ্ন ২। চৰকণ্ঠিৰ ব্যাসাৰ্থ কাকে বলে? [জ. বো. '১৮; বা. বো. '১৮; য. বো. '১৮; পি. বো. '১৮; ব. বো. '১৭; দি. বো. '১৮] [সেলু-১৭, আধিৰ-১০, প্ৰামাণিক-৪০]

উত্তৰ : কোনো দৃঢ় বস্তুৰ সমষ্টি ভৱ যদি একটি বিশ্বতে কেন্দ্ৰীভূত কৰা যায় যাতে কৱে একটি নিৰ্দিষ্ট অক্ষেৰ সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্ৰীভূত বস্তুকণার জড়তাৰ ভাৰম, ঐ নিৰ্দিষ্ট অক্ষেৰ সাক্ষেপে সমষ্টি দৃঢ় বস্তুৰ জড়তাৰ ভাৰমকেৰে সমান হয়, তাহলে ঐ নিৰ্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্ৰীভূত বস্তু কণাৰ সব দূৰত্বকে চৰকণ্ঠিৰ ব্যাসাৰ্থ বলে।

প্ৰশ্ন ৩। সবল নিউক্লীয় বল কী? [সেলু-৪৩, প্ৰামাণিক-৭]

উত্তৰ : পৰমাণুৰ নিউক্লিয়াসে অবস্থিত নিউক্লিয়নগুলোৰ মধ্যে যে প্ৰবল আকৰ্ষণ বল বিদ্যমান তাকে সবল নিউক্লীয় বল বলে।

প্ৰশ্ন ৪। দুৰ্বল নিউক্লিয় বল কী? [সেলু-৪৬, প্ৰামাণিক-৮]

উত্তৰ : যে ছফ্পালাৰ ও ছফ্পালানেৰ বল নিউক্লিয়াসেৰ মধ্যে মৌলিক কণিকাগুলোৰ মধ্যে ক্ৰিয়া কৱে অনেক নিউক্লিয়াসে অস্থিতিশীলতাৰ সৃষ্টি কৰে তাকে দুৰ্বল নিউক্লিয় বল বলে।

প্ৰশ্ন ৫। অভিকৰ্ষীয় একক কী? [সেলু-৪৪, প্ৰামাণিক-১০]

উত্তৰ : একক ভৱিষ্যিষ্ট কোনো বস্তুকে প্ৰথিবী তাৰ কেন্দ্ৰেৰ দিকে যে বল ঘাৱা আকৰ্ষণ কৱে তাকে অভিকৰ্ষীয় একক বলে।

প্ৰশ্ন ৬। বলেৱ মাত্ৰা সমীকৰণ লেখ।

উত্তৰ : বলেৱ মাত্ৰা সমীকৰণ হলো $[MLT^{-2}]$ ।

প্ৰশ্ন ৭। ভৱিষ্যেৰ মাত্ৰা সমীকৰণ লেখ। [সেলু-৪৫, তপন-১১]

উত্তৰ : ভৱিষ্যেৰ মাত্ৰা সমীকৰণ হলো— $[MLT^{-1}]$ ।

প্ৰশ্ন ৮। স্থিতি ঘৰ্ষণ গুণাঙ্ক কী?

উত্তৰ : দুটি বস্তু পৰম্পৰারে সংস্পৰ্শে থাকলে স্থিতি ঘৰ্ষণেৰ সীমাস্থ মান এবং অভিলম্বিক প্ৰতিক্ৰিয়া অনুপাতকে স্থিতি ঘৰ্ষণ গুণাঙ্ক বলে।

প্ৰশ্ন ৯। গতীয় ঘৰ্ষণ গুণাঙ্ক কী? [সেলু-৪৭]

উত্তৰ : কোনো বস্তু যখন অপৱ একটি বস্তুৰ ওপৱ দিয়ে স্থিতি ঘৰ্ষণে চলতে থাকে তখন গতীয় ঘৰ্ষণ বল ও অভিলম্বিক প্ৰতিক্ৰিয়া অনুপাতকে গতীয় ঘৰ্ষণ গুণাঙ্ক বলে।

প্ৰশ্ন ১০। স্থিতি জড়তা কাকে বলে? [সেলু-৪৮]

উত্তৰ : স্থিতিশীল বস্তুৰ চিৰকাল স্থিতি থাকতে চাওয়াৰ যে প্ৰণগতা বা স্থিতি বজাৰ রাখতে চাওয়াৰ যে ধৰ্ম তাকে স্থিতি জড়তা বলে।

প্ৰশ্ন ১১। গতি জড়তা কী?

উত্তৰ : গতিশীল বস্তুৰ চিৰকাল সম্বৰে গতিশীল থাকতে চাওয়াৰ যে ধৰ্ম প্ৰণগতা তাকে গতি জড়তা বলে।

প্ৰশ্ন ১২। নিউটনেৰ গতিৰ বিভিন্ন সূত্ৰটি লেখ।

[সেলু-৪৯, প্ৰামাণিক-১২, আধিৰ-৪, তপন-১১]

উত্তৰ : নিউটনেৰ গতিৰ বিভিন্ন সূত্ৰ হলো— কোনো বস্তুৰ ভৱিষ্যেৰ পৰিবৰ্ত্তনেৰ হাৰ বস্তুৰ উপৰ প্ৰযুক্ত বলেৱ সমানুপাতিক এবং প্ৰযুক্ত বল যেদিকে ক্ৰিয়া কৱে ভৱিষ্যেৰ পৰিবৰ্ত্তনও সেদিকেই ঘটে।

প্ৰশ্ন ১৩। এক নিউটন বল কাকে বলে?

[প্ৰামাণিক-৯]

উত্তৰ : 1 kg ভৱেৱ কোনো বস্তুকে $1 m s^{-2}$ অনুচ্ছেদ সৱল সৃষ্টি কৰতে তাৰ উপৰ যে বল প্ৰযোগ কৰতে হয় তাকে এক নিউটন বল বলে।

প্ৰশ্ন ১৪। মহাকৰ্ষীয় ক্ষেত্ৰ কী?

[প্ৰামাণিক-১৭]

উত্তৰ : বহুৎ ভৱিষ্যিষ্ট কোনো বস্তুৰ চাৰদিকে যে অঞ্চলেৰ মধ্যে এৰ আকৰ্ষণ বল অনুভূত হয় সে অঞ্চলকে ঐ বস্তুৰ মহাকৰ্ষীয় ক্ষেত্ৰ বলে।

প্ৰশ্ন ১৫। কৌণিক বেগ কী?

[সেলু-৫০, প্ৰামাণিক-৩০, তপন-৩১]

উত্তৰ : বৃত্তাকাৰ পথে চলমান কোনো বস্তুৰ একক সময়ে যে কৌণিক সৱল ঘটে তাকে ঐ বস্তুৰ কৌণিক বেগ বলে।

প্ৰশ্ন ১৬। সংঘৰ্ষ কী?

উত্তৰ : অতি অল সময়েৰ জন্য কোনো বহুৎ বল ক্ৰিয়া কৱে গতিৰ হঠাৎ ব্যাপক পৰিবৰ্তনই হলো সংঘৰ্ষ।

প্ৰশ্ন ১৭। কৌণিক ভৱিষ্যেৰ কাকে বলে?

[জ. বো. '১৭; রা. বো. '১৫; ব. বো. '১৯] [সেলু-২০, আধিৰ-১২, প্ৰামাণিক-৪০, তপন-৪১]

উত্তৰ : ঘৰ্ণ্যমান কোনো বস্তু কণাৰ অবস্থান ভেটৰ অৰ্থাৎ ঘৰ্ণন অক্ষ হতে দূৰত্ব এবং বস্তুকণাৰ রৈখিক ভৱিষ্যেৰ ভেটৰ গুণফলকে কৌণিক ভৱিষ্যেৰ বলে।

প্ৰশ্ন ১৮। কেন্দ্ৰুমূৰ্খী বল কাকে বলে? [জ. বো. '১৫; রা. বো. '১৭; ব. বো. '১৬]

[সেলু-২৬, আধিৰ-১৫, প্ৰামাণিক-৩৪, তপন-৫৪]

উত্তৰ : কোনো বস্তু বৃত্তাকাৰ পথে গতিশীল থাকাৰ জন্য বৃত্তেৰ কেন্দ্ৰেৰ দিকে যে বল ক্ৰিয়া কৱে তাকে কেন্দ্ৰুমূৰ্খী বল বলে।

প্ৰশ্ন ১৯। ছন্দ কী?

[জ. বো. '১৯]

উত্তৰ : কোনো দৃঢ় বস্তুৰ দুটি ভিন্ন বিশ্বতে সমান মানেৰ দুটি বলেৱ পৰম্পৰ বিপৰীত দিকে ক্ৰিয়া কৱাই হলো ছন্দ।

প্ৰশ্ন ২০। বলেৱ ঘাত কী?

[য. বো. '১৭; কু. বো. '১৯; [সেলু-৫, আধিৰ-৬, প্ৰামাণিক-১৪, তপন-৬৯, তক্ষজল-১]

উত্তৰ : কোনো বস্তুৰ উপৰ প্ৰযুক্ত বল এবং বলেৱ ক্ৰিয়াকালেৰ গুণফলই বলেৱ ঘাত।

প্ৰশ্ন ২১। কেন্দ্ৰুমূৰ্খী তুৰণ কাকে বলে?

[কু. বো. '১৭; দি. বো. '১৯] [সেলু-৪১, প্ৰামাণিক-৩৫]

উত্তৰ : বৃত্পথে ঘৰ্ণনৰত কণা বা বস্তুৰ একটি তুৰণ থাকে যাৰ অভিমুখ কেন্দ্ৰেৰ দিকে। একে কেন্দ্ৰুমূৰ্খী তুৰণ বলে।

প্ৰশ্ন ২২। 1 পাউণ্ডাল বল এৰ সংজ্ঞা দাও।

[বা. বো. '১৬] [সেলু-৭, আধিৰ-২২, প্ৰামাণিক-১১, তপন-১৮]

উত্তৰ : যে পৰিমাণ বল 1 পাউণ্ড ভৱেৱ কোনো বস্তুৰ উপৰ প্ৰযুক্ত হলো $1 ft s^{-2}$ তুৰণ সৃষ্টি কৱে তাকে 1 পাউণ্ডাল বল বলে।

প্ৰশ্ন ২৩। ভৱিষ্যেৰ সংৰক্ষণ সূত্ৰ লিখ।

[য. বো. '১৬] [সেলু-২২, আধিৰ-৮, প্ৰামাণিক-২১]

উত্তৰ : যখন কোনো ব্যবস্থাৰ ওপৱ প্ৰযুক্ত নিট বাহ্যিক বল শৰ্ণা হয়, তখন ব্যবস্থাটিৰ মোট ভৱিষ্যেৰ সংৰক্ষণ থাকে। অৰ্থাৎ দুই বা ততোধিক বস্তুতে ক্ৰিয়া-প্ৰতিক্ৰিয়া ছাড়া অন্যকোনো বাহ্যিক বল ক্ৰিয়া না কৱলে কোনো নিষিট দিকে ঐ বস্তুগুলোৰ মোট রৈখিক ভৱিষ্যেৰ কোনো পৰিবৰ্তন হবে না।

প্ৰশ্ন ২৪। মৌলিক বল কী? [চ. বো. '১৬] [সেলু-১, আধিৰ-২৩, প্ৰামাণিক-২, তপন-৩]

উত্তৰ : যেসব বল অন্যান্য বল থেকে উৎপন্ন হয় না এবং অন্য কোনো বলেৱ বৃপ্ত বা বৃপ্তিৰ নয় বৰং অন্যান্য বল এসব বলেৱ কোনো না কোনো বৃপ্তেৰ প্ৰকাশ সেসব বলই মৌলিক বল।

প্রশ্ন ২৫। ঘাতবল কাকে বলে?

[চ. বো. '১৫; ব. বো. '১৬]
[সেলু-৮, আমির-৫, প্রামাণিক-১৩, তপন-৬৮, তক্ষজ্ঞল-১]

উত্তর : খুব অল্প সময়ের জন্য খুব বড় মানের যে বল কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত হয় তাকে ঘাতবল বলে।

প্রশ্ন ২৬। স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কাকে বলে?

[চ. বো. '১৫; কু.বো. '১৮; দি.বো. '১৯] [সেলু-৩০, আমির-২০, প্রামাণিক-২৭, তপন-৭৪]

উত্তর : যে সংঘর্ষে বস্তুসমূহের মোট গতিশক্তি ও মোট ভরবেগ অপরিবর্তিত থাকে এবং সংঘর্ষের পর বস্তুসমূহ আলাদা থাকে, সেই সংঘর্ষকে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে।

প্রশ্ন ২৭। রাস্তার ব্যাখ্যিং কী?

[আদমছী ক্যাটলবেট কলেজ, ঢাকা] [সেলু-২৯, প্রামাণিক-৩৬]

উত্তর : রাস্তার বাঁক ঘূরবার সময় দূর্ঘটনা থেকে রক্ষা পাওয়ার জন্য বাঁকের ভিতরের দিকে একটু ঢালু করে রাস্তার বাঁকগুলো তৈরি করা হয় যাতে যানবাহন চলাচল অধিকতর নিরাপদ হয়, এটিই রাস্তার ব্যাখ্যিং।

প্রশ্ন ২৮। বলের ভ্রামক কাকে বলে?

[বগুড়া ক্যাটলবেট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, বগুড়া]

[সেলু-৪০, তক্ষজ্ঞল-১০]

উত্তর : কোনো বস্তুর অবস্থান ভেঙ্গের এবং ঐ বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বলের ভেঙ্গের গুণনকে বলের ভ্রামক বলে।

প্রশ্ন ২৯। জড়তার ভ্রামক কী?

[চ.বো. '১৯] [সেলু-১৬, আমির-৭, প্রামাণিক-৪২, তপন-২৮]

উত্তর : একটি নির্দিষ্ট অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণায়মান দৃঢ় বস্তুর প্রত্যেকটি কণার ভর এবং ঘূর্ণন অক্ষ থেকে প্রত্যেকটি কণার দূরত্বের বর্গের গুণফলের সমষ্টিই জড়তার ভ্রামক।

প্রশ্ন ৩০। জড়তার ভ্রামকের মাত্রা সমীকরণ লিখ।

[এম. পি কলেজ, সিলেট] [প্রামাণিক-৪৪]

উত্তর : জড়তার ভ্রামকের মাত্রা সমীকরণ হলো $[I] = [ML^2]$ ।

প্রশ্ন ৩১। বলের ভারসাম্য কাকে বলে?

[সেলু-৩]

উত্তর : দুই বা ততোধিক বল একই সময়ে কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়ার ফলে বস্তুটি যদি স্থির থাকে অর্থাৎ বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলের লক্ষ্য শূন্য হয়, তবে তাকে বলের ভারসাম্য বলে।

প্রশ্ন ৩২। বল কাকে বলে? [সেলু-৩৯, আমির-১, প্রামাণিক-১, তপন-১]

উত্তর : যে বাহ্যিক কারণ স্থির বা গতিশীল বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন ঘটায় বা ঘটাতে চায় তাকে বল বলে।

প্রশ্ন ৩৩। নিউটনের পতির প্রথম সূত্রটি লিখ। [সেলু-২২, আমির-৪, তপন-৮]

উত্তর : নিউটনের পতির প্রথম সূত্রটি হলো— কোনো বস্তুর উপর বাহ্যিক বল প্রয়োগ করা না হলে স্থির বস্তু চিরকাল স্থির থাকে এবং চলমান বস্তু সমবেগে সরলরেখায় চলতে থাকে।

প্রশ্ন ৩৪। সমান্তরাল অক্ষ উপপাদ্য বিবৃত কর। [সেলু-১৯, প্রামাণিক-৪৭]

উত্তর : যেকোনো অক্ষের সাপেক্ষে কোনো বস্তুর জড়তার ভ্রামক হবে এই অক্ষের সমান্তরাল ও বস্তুর ভরকেন্দ্রের মধ্য দিয়ে গমনকারী অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক এবং ঐ ভর ও দুই অক্ষের মধ্যবর্তী লম্ব দূরত্বের পৃষ্ঠাগুলোর সমষ্টির সমান।

প্রশ্ন ৩৫। কৌণিক বেগের একক কী? [সেলু-২১]

উত্তর : কৌণিক বেগের একক হচ্ছে রেডিয়ান/সেকেন্ড (rad s^{-1})।

প্রশ্ন ৩৬। ঘর্ষণ বল কী?

উত্তর : একটি বস্তু যখন অন্য একটি বস্তুর উপর দিয়ে চলতে চেষ্টা করে বা চলতে থাকে তখন ঘর্ষণের কারণে যে বাধা বলের সৃষ্টি হয়, তাকে ঘর্ষণ বল বলে। ঘর্ষণ বল গতির বিপরীত দিকে বস্তুসহয়ের যিনিনতলের স্পর্শক বরাবর ক্রিয়া করে।

প্রশ্ন ৩৭। ঘর্ষণ গুণাঙ্ক কী?

[সেলু-৩৫]

উত্তর : পরম্পরার সংস্পর্শে থাকা দুটি তলের মধ্যে ক্রিয়াশীল সীমান্তিক ঘর্ষণ বলের মান এবং অভিলম্ব প্রতিক্রিয়ার অনুপাতকে ঘর্ষণ গুণাঙ্ক বলা হয়।

প্রশ্ন ৩৮। অপকেন্দ্র বল কী?

[সেলু-৩৬]

উত্তর : সমদৃতিতে বৃত্তপথে আবর্তনরত বস্তুর উপর অভিকেন্দ্র বলের সমান ও বিপরীতমুখী অর্থাৎ কেন্দ্র থেকে বাইরের দিকে যে অলীক বল ক্রিয়া করে তাকে অপকেন্দ্র বল বলে।

প্রশ্ন ৩৯। জড়তার ভ্রামকের সাথে চক্রগতির সম্পর্কটি লিখ। [তপন-৩৪]

উত্তর : জড়তার ভ্রামকের সাথে চক্রগতির সম্পর্ক হলো, জড়তার ভ্রামক = ভর \times (চক্রগতির ব্যাসার্ধ) 2 অর্থাৎ $I = MK^2$ ।

প্রশ্ন ৪০। নিউটনের তৃতীয় সূত্রটি লেখ। [সেলু-১৩, প্রামাণিক-১১]

উত্তর : নিউটনের তৃতীয় সূত্রটি হলো— প্রত্যেক ক্রিয়ারই একটি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে।

প্রশ্ন ৪১। জড়তা কী?

[সেলু-৩৪, তপন-৪]

উত্তর : বস্তু যে অবস্থায় আছে তিনিল সে অবস্থায় থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা সে অবস্থা বজায় রাখতে চাওয়ার যে ধর্ম তাই জড়তা।

প্রশ্ন ৪২। রৈখিক ভরবেগ ও কৌণিক ভরবেগের সম্পর্ক কী?

উত্তর : রৈখিক ভরবেগ ও কৌণিক ভরবেগের মধ্যকার সম্পর্ক হলো $L = \vec{r} \times \vec{p}$ যেখানে, \vec{L}, \vec{r} ও \vec{p} হচ্ছে যথাক্রমে কৌণিক ভরবেগ, অবস্থান ভেঙ্গের ও রৈখিক ভরবেগ।

প্রশ্ন ৪৩। টর্কের মাত্রা ও একক লিখ। [সেলু-৩৭, প্রামাণিক-৩৭, তপন-৪১, ৪২]

উত্তর : টর্কের একক $N\cdot m$ এবং মাত্রা $[ML^2T^{-2}]$ ।

প্রশ্ন ৪৪। মহাকর্ষ বল কাকে বলে?

[সেলু-৩৮, প্রামাণিক-৫]

উত্তর : মহাবিশ্বের প্রতিটি বস্তুকণা যে বলে পরম্পরাকে আকর্ষণ করে তাকে মহাকর্ষ বলে।

প্রশ্ন ৪৫। এক ডাইন বল কাকে বলে?

উত্তর : $1g$ ভরের বস্তুর উপর যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করলে এক সেন্টিমিটার/সেকেন্ড 2 ত্বরণ সৃষ্টি হয় তাকে এক ডাইন বলে।

প্রশ্ন ৪৬। পরম একক কী?

উত্তর : একক ভরবিশিষ্ট কোনো বস্তুকে একক অনুভূমিক ত্বরণ সৃষ্টি করতে তার উপর যে বল প্রয়োগ করতে হয় তাকে এক পরম একক বলে।

প্রশ্ন ৪৭। তাড়িত চৌম্বক বল কাকে বলে?

[সেলু-৩৩, প্রামাণিক-৬]

উত্তর : তাড়িৎ বল ও চৌম্বক বল সংযুক্ত অবস্থায় যে বলের সৃষ্টি করে তাকে তাড়িত চৌম্বক বল বলে।

প্রশ্ন ৪৮। কৌণিক সরণের সংজ্ঞা দাও। [সেলু-৩২, আমির-১৪, তপন-৩৬]

উত্তর : কোনো বস্তু বা কণা কোনো বিন্দুকে কেন্দ্র করে ঘূরার সময় যে কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে কৌণিক সরণ বলে।

প্রশ্ন ৪৯। রৈখিক ভরবেগের নিয়ততা সূত্রটি লিখ?

উত্তর : দুই বা ততোধিক বস্তুতে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া ছাড়া অন্যকোনো বাহ্যিক বল ক্রিয়া না করলে কোনো নির্দিষ্ট দিকে ঐ বস্তুগুলোর মোট রৈখিক ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হবে না।

প্রশ্ন ৫০। কেন্দ্রমুখী বল কখন উৎপন্ন হয়?

[সেলু-৪২, আমির-১৭]

উত্তর : কোনো বস্তু যখন কোনো বিন্দুকে কেন্দ্র করে বৃত্তাকার পথে পতিশীল হয় তখন কেন্দ্রমুখী বল উৎপন্ন হয়।

প্রশ্ন ৫১। সংন্যাতা কাকে বলে?

[কু. বো. '১৯]

উত্তর : কোনো বস্তুর চারদিক থেকে সমান চাপ প্রয়োগ করলে বস্তুটির আয়তন কমে যায়। বস্তুর এ ধর্মকে সংন্যাতা বলে।

৩। কমন উপযোগী অনুধাবনমূলক প্রয়োগ ও উভয়

প্রয়োগ ১। কাজ ও টর্ক এর মান এবং একক সমান হলেও এরা তিনি
রাশি-ব্যাখ্যা দাও। [চ. বো. '১৯]

উভয় : কাজ হলো বল ও সরণের ডট গুণফল। এটি প্রকাশের জন্য শুধু
মান প্রয়োজন হয়। অন্যদিকে টর্ক হলো কোনো বস্তুর অবস্থান ভেটার এবং
ঐ বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বলের ভেটার গুণ। একে প্রকাশের জন্য মান এবং
দিক উভয়ই প্রয়োজন হয়। এজন্য কাজ ও টর্ক এর মান ও একক সমান
হলেও এরা যথাক্রমে ক্ষেত্র ও ভেটার রাশি, অর্থাৎ তিনি রাশি।

প্রয়োগ ২। একজন ক্রিকেট খেলোয়াড় যাঠে বল ধরার সময় হাত পেছনে
মেন কেন? [চ. বো. '১৯]

উভয় : মনেকরি, m ভরের বল হাতে এসে পড়ার মুহূর্তে বেগ = v ।
বলটি হাতের মধ্যে ; সময়ে স্থির হলে বলটির ওপর হাত দ্বারা প্রযুক্তি
বাধার মান, $F = m \frac{v}{t}$ । এখানে, t -এর মান যত কম হবে F এর মান
তো বেশি হবে।

হাত একই স্থানে রেখে বলটি লোকার সময় হাত দ্বারা প্রযুক্তি বাধা বলের
ক্রীয়াকাল কম হয়। ফলে বলটি দ্বারা 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 মত বেশি হবে, হাত থেকে
ক্যাচ ফসকে যাওয়ার সম্ভাবনাও ততই বেশি হবে। পাশাপাশি হাতে
আঘাতের মাত্রাও বেড়ে যাবে। এই সমস্যা এড়ানোর জন্য ক্যাচ লোকার
সময় খেলোয়ার হতটিকে কিছুটা পিছন দিকে টেনে নেয়।

প্রয়োগ ৩। বাঁকা পথে সাইকেল চালাতে হলে সাইকেলসহ আরোহীকে
বৃত্তের কেন্দ্রের দিকে হেলতে হয় কেন? [সেলু-১৫, তফাজল-২২]

উভয় : রাস্তার বাঁকে সাইকেল চালানোর সময় আরোহী সাইকেলসহ
তার শরীরকে বাঁকা পথের কেন্দ্রের দিকে হেলিয়ে রাখে।

কারণ : বাঁকা বা বৃত্তাকার পথে মোড় দ্বারাবার সময় একটি কেন্দ্রমুখী
এবং অনুভূমিক বলের প্রয়োজন হয়। আরোহী যদি সোজা থাকে,
তাহলে সাইকেলসহ তার ওজন নিচের দিকে ক্রিয়ারত। আর রাস্তার
প্রতিক্রিয়া বলের অভিমুখ উপর দিকে। এ দুটি বলের প্রত্যেকের
অনুভূমিক উপাংশ শূন্য। এ দুটি বল উপরিউভেক্ষণে কেন্দ্রমুখী বল যোগান
দিতে পারে না। তাই, প্রয়োজনীয় কেন্দ্রমুখী বলের যোগান দেওয়ার
জন্যই আরোহীকে রাস্তার বাঁকে হেলে থাকতে হয়।

প্রয়োগ ৪। বলের ভারসাম্য বলতে কী বুঝা? [সেলু-১১]

উভয় : কোনো বিন্দু বা বস্তুতে একাধিক বলের লক্ষ্য যদি শূন্য হয়,
তবে তাকে বলের ভারসাম্য বলে। এক্ষেত্রে বস্তুর বেগের মান বা
দিকের কোনো পরিবর্তন হয় না।

বল, $F = 0$; এ অবস্থা দুভাবে সংঘটিত হতে পারে। প্রথমত, যদি
বস্তুর ওপর কোনো বল প্রয়োগ করা না হয়। ইতীবর্ত, বস্তুর ওপর
একাধিক বল প্রয়োগ করা হলেও যদি বলগুলোর ভেটার যোগফল শূন্য
হয়। সুতরাং দুই বা ততোধিক বল প্রয়োগ করার ফলেও যদি বস্তুর
গতির অবস্থার পরিবর্তন না হয় তখন বলা হয় যে, বস্তুটি ভারসাম্যে
আছে। এরূপ সাম্যবস্থায় নির্দিষ্ট দিকে লক্ষ্য বল F এর
উপাংশগুলোর যোগফলও শূন্য হবে।

অর্থাৎ, $F_x + F_y + F_z = 0$ হবে।

প্রয়োগ ৫। জড়তার ভাবক সম্পর্কিত উপপাদ্য দুটি চিহ্নিত কর। [সেলু-১৪]

উভয় : জড়তার ভাবক সম্পর্কিত দুটি উপপাদ্য হলো—

১. সর অক উপপাদ্য : কোনো পাতলা সমতল পাতের তলে
অবস্থিত দুটি পরস্পর লম্ব অক্ষের সাপেক্ষে পাতটির জড়তার
ভাবকবয়ের সমষ্টি ঐ পাতে অবস্থিত দুই অক্ষের ছেবিন্দুতে
অঙ্কিত লম্ব অক্ষ সাপেক্ষে পাতটির জড়তার ভাবকের সমান।

২. সমতলরাল অক উপপাদ্য : যেকোনো অক্ষের সাপেক্ষে কোনো
সমতল পাতলা পাতের জড়তার ভাবক পাতটির ভারকেন্দ্রগামী
তার সমতলরাল অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভাবক এবং পাতের ভর
ও দুই অক্ষের মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের গুণফলের সমষ্টির সমান।

প্রয়োগ ৬। বৃত্তাকার পথে আবর্তনরত কোন দৃঢ় বস্তুর প্রত্যেকটি কলার
কৌণিক গতিশক্তি সমান হলেও রৈখিক গতিশক্তি ভিন্ন ভিন্ন হয় কেন?

উভয় : আমরা জানি, কৌণিক গতিশক্তি কৌণিক বেগের বর্গের সমানপুরাতিক। আবার, রৈখিক গতিশক্তি বেগের বর্গের সমানপুরাতিক।
বৃত্তাকার পথে আবর্তনরত কোনো বস্তু যখন ঘূর্ণ অক্ষকে কেন্দ্র করে
আবর্তন করে তখন সমবেগে আবর্তন করে। বেগের কোনো পরিবর্তন
হয় না বিধায় কৌণিক গতিশক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না। আবার,
বৃত্তাকার পথে আবর্তন কর্তৃ বিভিন্ন সময় বিভিন্ন বিদ্যুতে তার দিক বিভিন্ন
হয় বিধায় রৈখিক বেগ ভিন্ন হয়। ফলে রৈখিক গতিশক্তি ভিন্ন হয়।

প্রয়োগ ৭। একজন অ্যাথলেট সং জাম্প দেয়ার পূর্বে বেশ কিছুদূর দৌড়ে
দেন কেন? [য. বো. '১৫] [সেলু-২, আধির-২৪, প্রায়াপিক-২৬]

উভয় : আমরা জানি, স্থির বস্তু হঠাৎ গতিশীল হলে গতি জড়তার
কারণে তা পিছনের দিকে হেলে পড়ে। তাই অ্যাথলেট স্থির অবস্থান
থেকে জাম্প না দিয়ে বেশ কিছু দূর দৌড়ে এসে জাম্প দেন। এতে
তার শরীরে গতি জড়তার প্রভাব কাজ করে এবং এ গতি জড়তার
প্রভাবে সে অধিক দূরত্ব অতিক্রম করার চেষ্টা করে।

প্রয়োগ ৮। ভাসমান নৌকা থেকে লাক দেওয়ার সময় নৌকা পিছিয়ে যাব
কেন? [সেলু-১৩]

উভয় : যখন আরোহী ভাসমান নৌকা হতে নদীর পাড়ে লাফিয়ে
পড়ে, তখন নৌকাটিকে পেছনে ছুটে যেতে দেখা যায়। আরোহী
ভাসমান নৌকার উপর যে বল প্রয়োগ করে তাতে নৌকাটি পেছনে
যায়। নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে নৌকাও আরোহীর উপর সমান ও
বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করে। ফলে আরোহী তীব্রে পৌছায়।

প্রয়োগ ৯। ভর ও জড়তার ভাবকের মধ্যে পার্থক্য ব্যাখ্যা কর।

[চ. বো. '১৫] [সেলু-৫, আধির-১৭, প্রায়াপিক-৫৯, তপন-৭]

উভয় : নিচে ভর ও জড়তার ভাবকের মধ্যে পার্থক্য ব্যাখ্যা করা হলো :
কোনো বস্তুর মধ্যকার মোট উপাদানের পরিমাণই এ বস্তুর ভর। তবে
কোনো বস্তু কোনো বিন্দু বা অক্ষকে কেন্দ্র করে বৃত্তাকার পথে ঘূরতে
থাকলে এ বস্তুকণার প্রত্যেকটি ভর এবং ঘূর্ণন অক্ষ হতে নিজ নিজ
দূরত্বের বর্গের গুণফলের সমষ্টিকে ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার
ভাবকের ভর। ভরের একক kg হলেও জড়তার ভাবকের একক $kg\ m^2$ ।
ভরের মাত্রা $[M]$ তবে জড়তার ভাবকের মাত্রা $[ML^2]$ ।

প্রয়োগ ১০। কোনো অক্ষের সাপেক্ষে একটি বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ 0.9
 m বলতে কী বোঝায়? [চ. বো. '১৯] [সেলু-১২]

উভয় : চক্রগতির ব্যাসার্ধ, $K = \sqrt{\frac{I}{M}}$

কোনো অক্ষের সাপেক্ষে একটি বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ $0.9\ m$ বলতে
বুঝায়। $1\ kg$ ভরের কোনো বস্তুর জড়তার ভাবক $0.81\ kg\ m^2$ ।

প্রয়োগ ১১। টর্ক প্রয়োগ করলে কৌণিক ভরবেগের পরিবর্তন হয় কেন?

উভয় : বৃত্তপথে ঘূর্ণনক্ষম কোনো বস্তুর উপর টর্ক প্রয়োগ করলে তার
কৌণিক ভরবেগের পরিবর্তন ঘটে।

কারণ : ধরি, একটি বস্তু একটি অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনক্ষম। এখন,
বস্তুটির উপর টর্ক প্রয়োগ করলে বস্তুটি ঘূরতে শুরু করবে। টর্ক মানে
অক্ষ হতে কিছু দূরে বল প্রয়োগ। আর আমরা জানি, বল প্রয়োগে
বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তন ঘটে। অক্ষ হতে কিছু দূরে ভরবেগের
পরিবর্তন মানে কৌণিক ভরবেগের পরিবর্তন। এজন্যই টর্ক প্রয়োগে
বস্তুর কৌণিক ভরবেগের পরিবর্তন হয়।

প্রশ্ন ১২। টক শূন্য হলে কৌণিক ভরবেগ স্থির থাকে— ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : আমরা জানি, $L = I\omega$ এবং $\tau = \frac{dL}{dt}$

$$\tau = 0 \text{ হলে, } \frac{dL}{dt} = 0$$

বা, $dL = 0$

বা, $\int dL = 0$

বা, $L = 0$

বা, $I\omega = 0$

$$\therefore I_1\omega_1 = I_2\omega_2 = I_3\omega_3 = \dots = I_n\omega_n$$

অতএব, টক শূন্য হলে কৌণিক ভরবেগ স্থির থাকে।

প্রশ্ন ১৩। কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত টক 20 Nm বলতে কী বুঝা?

[সি. বো. '১৬] [সেলু-১৭, আমির-১৬]

উত্তর : কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত টক 20 Nm বলতে বুঝায় 20 kg m² জড়তার ভাষক বিশিষ্ট কোনো বস্তুর কৌণিক ভরণ হবে 1 rad s^{-2} ।

প্রশ্ন ১৪। পানি ভর্তি বালতি বা চাল ভর্তি ধালা উল্লম্ব তলে ঘোরালে পানি বা চাল কোনটাই পড়ে না কেন? [প্রামাণিক-৭০]

উত্তর : পানি ভর্তি বালতি বা চাল ভর্তি ধালা উল্লম্ব তলে ঘোরালে পানি বা চাল কোনটাই পড়ে না। কারণ পানি ভর্তি বালতি বা চাল ভর্তি ধালা ঘূরালে পানি বা চালের জন্য এটা নিচের দিকে পড়তে চায়। কিন্তু অতি জারে ঘোরালে ওজনের সমান কেন্দ্রবিমুখী বলের সৃষ্টি হওয়ায় তা পড়ে না।

প্রশ্ন ১৫। জড়তার ভাষক বলতে কী বুঝায়?

[সেলু-১৮]

উত্তর : কোনো ঘূর্ণন অক্ষ থেকে কোনো দৃঢ় বস্তুর প্রত্যেকটি কণার লম্ব দূরত্বের বর্গ এবং এদের প্রত্যেকের ভরের গুণফলের সমষ্টিকে ঐ অক্ষের সাপেক্ষে ঐ বস্তুর জড়তার ভাষক বলে।

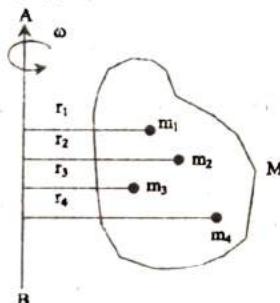
ব্যাখ্যা : ধরি, AB একটি ঘূর্ণন অক্ষ এবং M একটি দৃঢ় বস্তু। আরও ধরি, বস্তুর ১ম, ২য়...n-তম কণাগুলোর ভর যথাক্রমে, m_1, m_2, \dots, m_n

ঘূর্ণন অক্ষ থেকে কণাগুলোর লম্ব দূরত্ব যথাক্রমে, r_1, r_2, \dots, r_n

সুতৰাং AB অক্ষ সাপেক্ষে M বস্তুটির জড়তার ভাষক

$$I = m_1r_1^2 + m_2r_2^2 + \dots + m_nr_n^2$$

$$\therefore I = \sum m_i r_i^2$$



প্রশ্ন ১৬। চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলতে কী বুঝা?

[সেলু-২২]

উত্তর : কোনো দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভাষক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভাষককে সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

ব্যাখ্যা : ধরি, একটি দৃঢ় বস্তুর ভর M এবং AB অক্ষের সাপেক্ষে তার জড়তার ভাষক I। বস্তুর সমগ্র ভর M কে কর্তৃত করা যাক যে সমগ্র বস্তুর মধ্যে বস্তিত না থেকে একটি বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত আছে। ধরি, ঘূর্ণন অক্ষ AB থেকে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুর লম্ব দূরত্ব K। এখন এ অক্ষের সাপেক্ষে পুরোভূত বস্তুর জড়তার ভাষক সমগ্র বস্তুর জড়তার ভাষক I এর সমান হলে, K কে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

$$\therefore I = MK^2 \text{ বা, } K = \sqrt{\frac{I}{M}}$$

প্রশ্ন ১৭। বাস হঠাতে শুরু করলে যাত্রীরা পেছনের দিকে হেলে পড়ে কেন?

[সেলু-২১, প্রামাণিক-৭]

উত্তর : থেমে থাকা বাস হঠাতে শুরু করলে বাসের যাত্রীরা পেছনের দিকে হেলে পড়ে স্থিতি জড়তার কারণে।

ব্যাখ্যা : বাস থেমে থেকে তখন বাসের যাত্রীদের শরীরও স্থির থাকে। কিন্তু বাস হঠাতে শুরু করলে যাত্রীদের শরীরের বাস সংলগ্ন অংশ গতিশীল হয় কিন্তু শরীরের উপরের অংশ স্থিতি জড়তার জন্য স্থির থাকতে চায়, তাই শরীরের নিচের অংশ থেকে উপরের অংশ পিছিয়ে পড়ে। ফলে যাত্রীরা পেছনের দিকে হেলে পড়েন।

প্রশ্ন ১৮। একটি হালকা ও একটি ভারী বস্তুর ভরবেগ সমান হলে কোনটির গতিশীল বেশি হবে— ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. '১৫] [আমির-২২]

উত্তর : একটি হালকা ও একটি ভারী বস্তুর ভরবেগ সমান হলে হালকা বস্তুটির বেগ ভারী বস্তুর বেগ অপেক্ষা বেশি হয়। আবার, আমরা জানি, গতিশীল বেগের বর্গের সমানপুরাপ্তিক। এক্ষেত্রে যে বস্তুটির বেগের মান বেশি হবে সে বস্তুটির গতিশীল ও বেশি হবে। এখানে যেহেতু হালকা বস্তুটির বেগ বেশি সেহেতু হালকা বস্তুটির গতিশীল বেশি হবে।

প্রশ্ন ১৯। বৃত্তাকার পথে কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য কেন? ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. '১১]

উত্তর : কেন্দ্রমুখী বল সবসময় গতিপথের লম্ব দিকে ক্রিয়া করায় এই বলের অভিমুখে বস্তুর কোনো সরণ হয় না। আমরা জানি, কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগে বস্তুর সরণ ঘটলে প্রযুক্ত বল ও বলের অভিমুখে সরণের উপায়ের গুণফলকে কাজ বলে। এখানে যেহেতু কেন্দ্রমুখী বলের দিকে বস্তুর সরণ হয় না সেহেতু কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কোনো কাজ হয় না। অর্থাৎ বৃত্তাকার পথে কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয়।

প্রশ্ন ২০। একজন ন্যূট্যশিল্পী নাচতে পিয়ে ঘূর্ণনের সময় দুই হাত ভাঁজ করে নেয় কেন? ব্যাখ্যা কর। [সেলু-২০, প্রামাণিক-৬২]

উত্তর : একজন ন্যূট্যশিল্পী নাচতে গিয়ে বৃত্তাকার পথে ঘূরে। বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনরত বস্তুর উপর ক্রিয়াত কেন্দ্রমুখী বলের একটি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রীয়া বল থাকবে। এই প্রতিক্রীয়াই হলো কেন্দ্রভিত্তি বল বা অপকেন্দ্র বল। অপকেন্দ্র বল বস্তুকণাকে বৃত্তাকার পথ হতে ছিটকে ফেলতে চায়। কেন্দ্রমুখী বল জোগান দেওয়ার জন্য একজন ন্যূট্যশিল্পী নাচতে গিয়ে ঘূর্ণনের সময় দুই হাত ভাঁজ করেন।

প্রশ্ন ২১। একটি দেয়ালে একটি বল থাকা থেরে পিছনে ক্রিয়ে আসে কেন? ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. '১৫] [সেলু-৩, আমির-১৯, প্রামাণিক-১৫]

উত্তর : একটি দেয়ালে বল থাকা থেলে বলটি দেয়ালের উপর যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করে দেয়ালও বলের উপর সমপরিমাণ প্রতিক্রিয়া বল প্রয়োগ করে। এখন দেয়ালের তুলনায় বলের ভর অনেক কম বলে দেয়াল স্থির থাকে কিন্তু বলটি পেছনের দিকে সরে আসে।

প্রশ্ন ২২। বল কিভাবে ক্রিয়াশীল থাকলে একটি বস্তু সমদ্বিতীয়ে গতিশীল থাকবে তা ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. '১৭] [সেলু-২৩, তপল-১৫]

উত্তর : কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বল F, বস্তুর ভর m এবং ভরণ a হলে, আমরা জানি, $F = ma$

$$= m \left(\frac{v - v_0}{t} \right) \quad \begin{array}{l} \text{[এখানে, আদিবেগ } v_0 \text{ এবং } t \\ \text{সময় পর বেগ } v \end{array}$$

$$= m \left(\frac{v_0 - v_0}{t} \right) \quad \begin{array}{l} \text{[সমদ্বিতীয়ে ক্ষেত্রে } v = v_0 \end{array}$$

$$= m \cdot \frac{0}{t}$$

$$\therefore F = 0$$

অতএব, বলের ক্রিয়া শূন্য হলে একটি বস্তু সমদ্বিতীয়ে গতিশীল থাকবে।

প্রশ্ন ২৩। স্থিতিস্থাপক সংবর্ধ ও অস্থিতিস্থাপক সংবর্ধের মধ্যে পার্থক্য লিখ। [চ. বো. '১৭] [সেলু-৮, তপল-৭০]

উত্তর : স্থিতিস্থাপক সংবর্ধ ও অস্থিতিস্থাপক সংবর্ধের মধ্যে পার্থক্য নিচে দেওয়া হলো—

স্থিতিস্থাপক	অস্থিতিস্থাপক
১. স্থিতিস্থাপক ভরবেগ এবং গতিশীল উভয়ই সংরক্ষিত থাকে।	১. অস্থিতিস্থাপক ভরবেগ সংরক্ষিত থাকলে ও গতিশীল অস্বরক্ষিত থাকে।



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

প্রশ্ন ২৪। রাস্তার বাঁকযুক্ত অংশ কোনদিকে কত কোণে ঢালু রাখা হয় তা কারণসহ ব্যাখ্যা কর। [ঢ. বো. '১৭] [সেলু-২৪, প্রামাণিক-৪২, তপন-৬৭]

উত্তর : রাস্তার বাঁকযুক্ত অংশ বাইরের দিকে উচু বা ডেতরের দিকে ঢালু রাখা হয় যেন বাঁক নেওয়ার সময় গাড়ি উচ্চে না যায়।

ধরি, বাঁকের ব্যাসার্ধ r , রাস্তার ঢালের উচ্চতা h এবং ব্যাংকিং কোণ θ

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

কেন্দ্রবিমুখী বল এবং কেন্দ্রবিমুখী বল পরস্পর সমান হলে গাড়ি দূর্ঘটনায় পতিত হবে না। তাই ব্যাসার্ধের বাঁকে রাস্তার ডিতরের দিক বাইরের দিকের সাথে θ কোণে আনত বা ঢালু রাখা হয়।

প্রশ্ন ২৫। "জড়তার ভারক 50 kg m⁻²" বলতে কি বোঝা?

[ঢ. বো. '১৭] [সেলু-২৮, প্রামাণিক-৫৬, তপন-২৯]

উত্তর : জড়তার ভারক 50 kg m⁻² বলতে বুঝায় একটি দৃঢ় বস্তু কোনো একটি স্থির অক্ষের চারদিকে আবর্তিত হতে থাকলে ঐ অক্ষ হতে বস্তুটির প্রতিটি কণার দূরত্বের বর্গ এবং এদের প্রত্যেকের ভরের গুণফলের সমষ্টি 50 kg m⁻²।

প্রশ্ন ২৬। ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে বৈদ্যুতিক পাখার সকল বিন্দুর কৌণিক বেগ সমান কেন? [ঢ. বো. '১৬] [সেলু-২৯, আমির-২৮, প্রামাণিক-৩৪]

উত্তর : আমরা জানি, সময় ব্যবধান শূন্যের কাছাকাছি হলে কৌণিক সরণের পরিবর্তনের হারকে কৌণিক বেগ বলা হয়। এখন ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে বৈদ্যুতিক পাখা যে গতিতেই চলুক না কেন পাখার প্রতিটি বিন্দু সময়ে সময়ে সমান কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম করে। এজন্যই ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে বৈদ্যুতিক পাখার সকল বিন্দুর কৌণিক বেগ সমান।

প্রশ্ন ২৭। অভিকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল কেন ব্যাখ্যা কর।

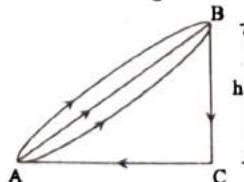
[ঢ. বো. '১৬; য. বো. '১৫] [সেলু-২৫]

উত্তর : আমরা যদি কোনো বস্তুকে অভিকর্ষের বিরুদ্ধে খাড়া উপরের দিকে নিষ্কেপ করি, তবে এটি পুনরায় আমাদের হাতে ফিরে আসবে। এক্ষেত্রে বস্তুটির হাত থেকে নিষ্কেপ হয়ে পুনরায় হাতে ফিরে আসা এই পূর্ণস্তুকে বস্তুটির উপর অভিকর্ষ বলের সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য।

m ভরের একটি বস্তুকে ভৃপৃষ্ঠের A বিন্দু থেকে h উচ্চতায় B বিন্দুতে উঠালে অভিকর্ষ বলের জন্য কৃত কাজ খালায়ক হয়। বস্তুটি যে পথেই উঠানো হোক না কেন সকল ক্ষেত্রেই এই কাজের মান হয় mgh।

অতএব, অভিকর্ষ বল হারা সম্পাদিত

কাজের পরিমাণ কেবল বিন্দু দূরত্ব অবস্থানের উপর নির্ভরশীল, কণাটির গতি পথের উপর নয়। তাই অভিকর্ষ বল একটি সংরক্ষণশীল বল।



প্রশ্ন ২৮। রাস্তার ব্যাংকিং এর প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা কর।

[ঢ. বো. '১৬] [সেলু-২৭, আমির-১১, প্রামাণিক-৪১, তপন-৬৪]

উত্তর : বাঁকা পথে গাড়ি চলার সময় এর উপর ক্রিয়াশীল বস্তুর অভিমুখী জড়তা গাড়িটিকে ধাক্কা দিয়ে উল্টিয়ে ফেলতে পারে। এ জড়তা প্রতিহত করার জন্য গাড়িটিকে একটি কেন্দ্রবিমুখী বলের সৃষ্টি করতে হয়। এজন্য গাড়িটিকে কাত হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু সমতলে গাড়ি কাত হলে বিপর্যয় ঘটবে। এ কারণেই রাস্তার বাঁকের ডিতরের প্রান্ত থেকে বাইরের প্রান্ত কিছুটা উচু রাখতে হয় অর্থাৎ ব্যাংকিং এর প্রয়োজন হয়।

প্রশ্ন ২৯। কেন্দ্রবিমুখী ভৱনশের ডেটরবুল আলোচনা কর।

[ঢ. বো. '১৬] [সেলু-২৬, আমির-১১]

উত্তর : যখন কোনো কণা কোনো বিন্দুকে কেন্দ্র করে ও সমকেন্দ্রিক বেগে ঘূরে তখন এর ত্বরণ হয়, $\vec{a} = -\omega^2 \vec{r} = -\frac{v^2}{r} \vec{r}$ । এখানে \vec{r} হচ্ছে যে কোনো মুহূর্তে কেন্দ্রের সাপেক্ষে কণার অবস্থান ডেটের। ত্বরণের রাশিমালা থেকে দেখা যায়, কণার ত্বরণের দিক সর্বদা অবস্থান ডেটের \vec{r} এর বিপরীত দিকে অর্থাৎ কেন্দ্রের দিকে। এটিই কেন্দ্রবিমুখী ত্বরণ।

প্রশ্ন ৩০। কাচে গুলি করলে ক্ষির হয় কিন্তু তিল ছুঁড়লে কাচ চূর্ণবিচূর্ণ হয়— ব্যাখ্যা কর। [ঢ. বো. '১৬] [সেলু-৯, প্রামাণিক-১৯, তপন-৬]

উত্তর : আমরা জানি, A ক্ষেত্রফলের উপর F বল প্রযুক্ত হলে উৎপন্ন চাপ, $P = \frac{F}{A}$ ।

অর্থাৎ বলের মান যত বেশি হবে এবং ক্ষেত্রফল যত কম হবে প্রযুক্ত চাপের পরিমাণ তত বেশি হবে। বিন্দুকের গুলির আকার ছোট এবং এটি অনেক গতিশক্তি নিয়ে কাচের উপর বল প্রয়োগ করে। ফলে কাচের অনেক কম ক্ষেত্রফলের উপর অধিক বল প্রযুক্ত হয়। এতে কাচের উপর প্রযুক্ত চাপের পরিমাণ অনেক বেশি হয় এবং এই অংশের কাচ ছিন্দ হয়ে গুলি বেরিয়ে যায়। অপরদিকে, কাচে তিল ছুঁড়লে গুলির তুলনায় অনেক বেশি ক্ষেত্রফলের উপর কম বল প্রযুক্ত হয়। অর্থাৎ প্রযুক্ত চাপের পরিমাণ অনেক কম হয়। ফলে তিল কাচে ছিন্দ তৈরি করতে পারে না। কিন্তু বল প্রয়োগের স্থান এবং আশেপাশের অংশের কাচ ফেটে চৌচির হয়ে যায়। এ কারণেই কাচে গুলি করলে ছিন্দ হয় কিন্তু তিল ছুঁড়লে কাচটি চূর্ণ-বিচূর্ণ হয়।

প্রশ্ন ৩১। রাস্তার বাঁকের ডিতরের প্রান্ত থেকে বাইরের প্রান্ত উচু হয় কেন? [ঢ. বো. '১৬] [সেলু-৭, আমির-১৩, প্রামাণিক-৪৫, তকাজ্জল-২০]

উত্তর : বাঁকা পথে গাড়ি চলার সময় এর উপর ক্রিয়াশীল বস্তুর অভিমুখী জড়তা গাড়িটিকে ধাক্কা দিয়ে উল্টিয়ে ফেলতে পারে। এ জড়তা প্রতিহত করার জন্য গাড়িটিকে একটি কেন্দ্রবিমুখী বলের সৃষ্টি করতে হয়। এজন্য গাড়িটিকে কাত হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু সমতলে গাড়ি কাত হলে বিপর্যয় ঘটবে। এজন্য রাস্তার বাঁকের ডিতরের প্রান্ত থেকে বাইরের প্রান্ত উচু রাখা হয়।

প্রশ্ন ৩২। জড়তার ভারকের সাথে চক্রগতির ব্যাসার্ধের সম্পর্ক ব্যাখ্যা কর। [ঢ. বো. '১৬] [সেলু-৬, আমির-১৪, প্রামাণিক-৬০, তপন-৩৪, তকাজ্জল-১১]

উত্তর : কোনো দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকলার জড়তার ভারক, এ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভারকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকলার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

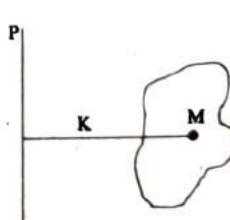
ঘূর্ণন অক্ষ PQ থেকে পুঁজীভূত ভর M পর্যন্ত দূরত্বকে K ধরলে, PQ এর

সাপেক্ষে M এর জড়তার ভারক,

$$I = MK^2$$

$$\text{বা, } K = \sqrt{\frac{I}{M}}$$

$$\therefore \text{চক্রগতির ব্যাসার্ধ, } K = \sqrt{\frac{I}{M}}$$



চক্রগতির ব্যাসার্ধ

প্রশ্ন ৩৩। ঘর্ষণ বল একটি অসরক্ষণশীল বল কেন? ব্যাখ্যা কর।

[সেলু-৩০] [ঢ. বো., রা. বো., য. বো., সি. বো., মি. বো. '১৮; চ. বো. '১৬]

উত্তর : যে বলের বিরুদ্ধে করা কাজের পুনরুদ্ধার সম্ভব নয় তাকে অসরক্ষণশীল বল বলে। কোনো বস্তুকে একটি যম্ভ তলের উপর দিয়ে টেনে নিয়ে যাওয়ার সময় ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। অমসূল তলটি অনুভূমিক হলে এই কৃতকাজ বস্তুটির মধ্যে স্থিতিশক্তির সঙ্গে সঞ্চিত হয় না এবং বস্তুটি কোনো কাজ করার সাহার্য

কাত করে না। বস্তুটিকে তার প্রাথমিক অবস্থানে ফিরিয়ে আনার সহজ আবার ঘর্ষণ বলের বিবৃত্যে কাজ করতে হয়। সূতৰাং ঘর্ষণ বলের বিবৃত্যে কৃতকাজের পুনরুদ্ধার সম্ভব নয়। তাই ঘর্ষণ বল অস্বরূপগৌলি।

প্রশ্ন ৩৪। বাঁক লেঙ্গা রাস্তার পাশে সতর্কীকৃণ সাইনবোর্ডে গাড়ির গতিবেগ 60 km h^{-1} লেখা থাকে কেন? ব্যাখ্যা কর।

[ব. বো. '১৬] [আমির-১৫, তপন-৬৬]

উত্তর : বাঁকা পথে দুট গতিশীল গাড়ি চলার সময় গাড়ির উপর ক্রিয়াশীল বস্তুর অভিমুখী জড়তা গাড়িটিকে ধাক্কা দিয়ে উচ্চিয়ে ফেলতে পারে। এ জড়তাকে প্রতিহত করার জন্য গাড়িটিকে একটি কেন্দ্রমুখী বলের সৃষ্টি করতে হয়। এজন্য গতিশীল গাড়ির কাত হওয়া প্রয়োজন। এ কারণে বাঁকা রাস্তার বাইরের অংশ উচ্চ এবং ভিতরের অংশ একটি নিচু অবস্থায় থাকে অর্থাৎ ব্যাংকিং কোণ সৃষ্টি করা হয়। এই ব্যাংকিং কোণের কারণে একটি নির্দিষ্ট বেগ পর্যন্ত গতিশীল গাড়ি নিরাপদে চলতে পারে। বাঁক নেয়া রাস্তার পাশে সাইনবোর্ডে গাড়ির গতিবেগ 60 km h^{-1} লেখা থাকার অর্থ হলো ঐ বাঁকা রাস্তায় গাড়ি সর্বোচ্চ 60 km h^{-1} বেগে নিরাপদে চলতে পারবে। গাড়ির গতিবেগ এর চেয়ে বেশি হলে তা উচ্চে গিয়ে দুর্ঘটনা ঘটতে পারে।

প্রশ্ন ৩৫। বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনশীল বস্তুর কেন্দ্রমুখী বল ব্যাসার্ধের পরিবর্তনের সাথে পরিবর্তিত হয়— ব্যাখ্যা কর।

[বি. বো. '১৬] [সেলু-৩১, আমির-১৬, তপন-৫৬]

উত্তর : আমরা জানি, ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে m ভরের একটি বস্তু v বেগে ঘূর্ণনশীল থাকলে এর কেন্দ্রমুখী বল হবে, $F = \frac{mv^2}{r}$.

অর্থাৎ কেন্দ্রমুখী বল ব্যাসার্ধের ব্যাসার্ধপাতিক, ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পেলে কেন্দ্রমুখী বল হ্রাস পাবে, ব্যাসার্ধ হ্রাস পেলে কেন্দ্রমুখী বল বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ৩৬। একজন দৌড়বিদ দৌড়ের শুরুতে সামনের দিকে ঝুঁকে থাকে কেন? ব্যাখ্যা কর। [বি. বো. '১৫] [সেলু-৪, আমির-১৮, প্রামাণিক-৩৪, তপন-৮১]

উত্তর : আমরা জানি, স্থির বস্তু হ্রাস হ্রাস করলে স্থিতিজড়তার কারণে বস্তুটি পিছনের দিকে হেলে পড়ে। একজন দৌড়বিদ যদি দৌড়ের শুরুতে সোজাসুজি দাঢ়িয়ে থাকেন তাহলে তার পিছনের দিকে হেলে পড়ার সম্ভাবনা থাকে। স্থিতি জড়তাজনিত পিছনের দিকে হেলে পড়া পরিহার করার জন্যই দৌড়বিদ দৌড়ের শুরুতে সামনের দিকে ঝুঁকে থাকেন।

প্রশ্ন ৩৭। বৃত্তাকার ট্র্যাকে কোনো দৌড়বিদ সমবেগে দৌড়াতে পারে না কেন? ব্যাখ্যা কর।

[বি. বো. '১৫; চ. বো. '১৯] [সেলু-৩২]

উত্তর : বৃত্তাকার ট্র্যাকে কোনো বস্তু শুরুতে থাকলে তা অন্বরত দিক পরিবর্তন করে। বস্তুটি সমন্বিতভাবে যদি চলে সেক্ষেত্রে বেগের মান অপরিবর্তিত থাকলেও দিক পরিবর্তনের ফলে বেগের পরিবর্তন যেকোনো বিদ্যুতে তার লম্ব রেখা বরাবর ক্রিয়া করে। ফলে বস্তুটিতে তুরণ ক্রিয়া করে। অর্থাৎ বস্তুর বৃত্তাকার ট্র্যাকে সমবেগে চলা সম্ভব নয়। এ কারণেই বৃত্তাকার ট্র্যাকে কোনো দৌড়বিদ সমবেগে দৌড়াতে পারে না।

প্রশ্ন ৩৮। বলের ঘাত ভরবেগের পরিবর্তনের সমান— মাত্রা সমীকরণের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।

[বি. বো. '১৫] [সেলু-৩২, আমির-২১, প্রামাণিক-১২, তপন-৭০]

উত্তর : আমরা জানি, বলের ঘাত = বল \times বলের ক্রিয়াকাল

বলের ঘাত এর মাত্রা = বলের মাত্রা \times বলের ক্রিয়াকাল এর মাত্রা
 $= MLT^{-2} \times T = MLT^{-1}$

\therefore বলের ঘাত এর মাত্রা সমীকরণ = $[MLT^{-1}]$

আবার, ভরবেগের পরিবর্তন এর মাত্রা = ভরের মাত্রা \times বেগের মাত্রা
 $= [M \times LT^{-1}] = [MLT^{-1}]$

\therefore ভরবেগের পরিবর্তনের মাত্রা সমীকরণ = $[MLT^{-1}]$

এখানে, বলের ঘাতের মাত্রা সমীকরণ = ভরবেগের পরিবর্তনের মাত্রা সমীকরণ।

\therefore বলের ঘাত = ভরবেগের পরিবর্তন।

প্রশ্ন ৩৯। বলের ঘাতের বৈশিষ্ট্য কী?

[বি. বো. '১৫] [সেলু-৩৩, আমির-২২, তপন-৭১]

উত্তর : বলের ঘাতের বৈশিষ্ট্য হলো —

১. এটি বল ও বলের ক্রিয়াকালের গুণফলের সমান।

২. এটি ভরবেগের পরিবর্তনের সমান।

৩. এর একক ও মাত্রা যথাক্রমে kg m s^{-1} ও $[MLT^{-1}]$

প্রশ্ন ৪০। বলের একককে মৌলিক এককের যথাযথে প্রকাশ কর।

[বি. বো. '১৫]

উত্তর : বলের একক = ভরের একক \times ভরবেগের একক

$$= \text{ভরের একক} \times \frac{\text{ভরবেগের একক}}{\text{সময়ের একক}} \\ = \text{ভরের একক} \times \frac{m}{s \times s} = \text{kg m s}^{-2}$$

প্রশ্ন ৪১। সুষম বৃত্তাকার গতির বৈশিষ্ট্য লিখ।

[বি. বো. '১৫] [সেলু-৩৫, আমির-২৫]

উত্তর : সুষম বৃত্তাকার গতির বৈশিষ্ট্য হলো :

১. গতিশীল বস্তু সমন্বিতভাবে বৃত্তের পরিধি বরাবর ঘূরতে থাকে।

২. গতিশীল বস্তুর বেগের মানের কোনো পরিবর্তন হয় না।

৩. গতিশীল বস্তুর বেগের দিকের পরিবর্তন হয়।

৪. বস্তুর তুরণ থাকে।

প্রশ্ন ৪২। দেখাও যে, একক সমকৌণিক বেগে ঘূর্ণনরত কোনো বস্তুর জড়তার আমক এবং কৌণিক ভরবেগের সমান।

[বি. বো. '১৫] [সেলু-৩৪, আমির-২৬]

উত্তর : আমরা জানি, ঘূর্ণন অক্ষ সাপেক্ষে কোনো বস্তুর জড়তার আমক এবং কৌণিক বেগের গুণফলকে কৌণিক ভরবেগ বলে।

আর্থাৎ, জড়তার আমক I , কৌণিক বেগ ω এবং কৌণিক ভরবেগ L হলে, $L = I\omega$ এখন, একক সমকৌণিক বেগের ক্ষেত্রে $\omega = 1$

$$\therefore L = I \times 1$$

$$\therefore L = I$$

অতএব, একক সমকৌণিক বেগে ঘূর্ণনরত কোনো বস্তুর জড়তার আমক এবং কৌণিক ভরবেগের সমান।

প্রশ্ন ৪৩। কেন্দ্রমুখী বল থারা কাজ হয় না কেন? ব্যাখ্যা দাও।

[সেলু-৩৬] [রংপুর সরকারি কলেজ, রংপুর]

উত্তর : কেন্দ্রমুখী বল সবসময় গতিপথের লম্ব দিকে ক্রিয়া করায় এই বলের অভিমুখে বস্তুর কোনো সরণ হয় না। আমরা জানি, কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগে বস্তুর সরণ ঘটলে প্রযুক্ত বল ও বলের অভিমুখে সরণের উপাংশের গুণফলকে কাজ বলে। এখানে যেহেতু কেন্দ্রমুখী বলের দিকে বস্তুর সরণ হয় না সেহেতু কেন্দ্রমুখী বল থারা কোনো কাজ হয় না।

প্রশ্ন ৪৪। বাঁকা পথে দুটগতিতে চলা কোনো গাড়ি উচ্চে যেতে পারে— কেন?

[সেলু-৩৭, প্রামাণিক-৪৩]

উত্তর : বাঁকা পথে দুট গতিশীল গাড়ি চলার সময় গাড়ির উপর ক্রিয়াশীল বস্তুর অভিমুখী জড়তা গাড়িটিকে ধাক্কা দিয়ে উচ্চিয়ে ফেলতে পারে। এ জড়তাকে প্রতিহত করার জন্য গাড়িটিকে একটি কেন্দ্রমুখী বলের সৃষ্টি করতে হয়। এজন্য গতিশীল গাড়ির কাত হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু সমতলে গতিশীল গাড়ি কাত হলে বিশ্বর্য ঘটবে। এজন্য বাঁকা রাস্তার বাইরের অংশ একটি উচ্চ এবং ভেতরের অংশ একটি নিচু অবস্থায় থাকে অর্থাৎ রাস্তা চালু করে রাখা হয়। রাস্তা যে পরিমাণ কোণে চালু হবে গাড়ি ঠিক সেই পরিমাণ কোণে কাত হয়ে চলতে পারবে। যে পরিমাণ কোণে রাস্তা চালু রাখা হয় কিংবা গতিশীল গাড়িটিকে বলা হয় রাস্তার ব্যাংকিং কোণ। গতিশীল গাড়ি যত দুট চলবে ব্যাংকিং কোণের মান তত বেশি হবে অর্থাৎ রাস্তা বেশি চালু রাখতে হবে। এজন্য চাল কম থাকলে বাঁকা পথে দুট গতিশীল গাড়ি উচ্চে যায়।



প্রথম ৪৫। ক্যারম বোর্ডের গুটিগুলোকে একটির উপর একটি সাজিয়ে নিচের গুটিকে স্ট্রাইকার দিয়ে আঘাত করলে সবগুলো গুটি না সরে কেবল নিচের গুটি সরে যায় কেন? [সেল-৩৮, প্রামাণিক-৬]

উত্তর : ক্যারম বোর্ডের গুটিটিকে একটির উপর একটি সাজিয়ে নিচের গুটিটিকে স্ট্রাইকার দিয়ে আঘাত করলে সবগুলো গুটি না সরে শুধুমাত্র নিচের গুটিটি সরে যায়। এর কারণ হলো উপরের গুটিগুলোর স্থিতি জড়তা, যার ধারণা নিউটনের গতির ১ম সূত্র থেকে পাওয়া যায়। স্ট্রাইকার কর্তৃক প্রযুক্ত বল কেবল নিচের গুটিটির উপর ক্রিয়া করে। তাই বাহ্যিক বল অনুভব করায় এটি অবস্থান পরিবর্তন করে অর্থাৎ সরে যায়। উপরের গুটিগুলোর উপর স্ট্রাইকার কর্তৃক বাহ্যিক বল প্রযুক্ত হয় না বলে সেগুলি সরে যায় না।

প্রথম ৪৬। বলের ঘাত ভরবেগের পরিবর্তনের সমান—ব্যাখ্যা কর। [সেল-৪০, আমির-৮]

উত্তর : কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল ও এর ক্রিয়াকালের গুণফলকে বলের ঘাত বলে। m ভরের কোনো বস্তুর উপর \vec{F} বল t_1 সময়ে হতে t_2 সময় পর্যন্ত ক্রিয়া করলে বলের ঘাত \vec{J} হলে এবং

$$\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} \cdot dt = \int_{t_1}^{t_2} \frac{d\vec{P}}{dt} dt = \int_{t_1}^{t_2} d\vec{P} = [\vec{P}]_{p_1}^{p_2} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$$

$$\therefore \vec{J} = \vec{\Delta p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$$

অর্থাৎ বলের ঘাত ভরবেগের পরিবর্তনের সমান।

প্রথম ৪৭। স্থির গাড়িতে বসে থাকা আরোহী গাড়িকে ঠেলে গতিশীল করতে পারে না কেন? [সেল-৩৯, প্রামাণিক-১]

উত্তর : স্থির গাড়িতে বসে থাকা আরোহী গাড়িকে ঠেলে গতিশীল করতে পারে না।

কারণ : কোনো গাড়ির মধ্যে অবস্থিত আরোহী গাড়ির উপর বল প্রয়োগ করলে গাড়িও আরোহীর উপর সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া বল দেয়। এ দুই অভ্যন্তরীণ ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া বলের প্রভাবে গাড়ি ও আরোহীর সমন্বয়ে গঠিত সংস্থার মোট ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হতে পারে না এবং গাড়ি চলতে পারে না। বাইরে থেকে কোনো বল প্রযুক্ত না হওয়ায় গতির প্রথম সূত্রানুসারে স্থির গাড়িটি স্থির রাখে।

প্রথম ৪৮। বন্দুক থেকে গুলি ছুঁড়লে পিছনের দিকে ধাক্কা দেয় কেন? [তপন-৫]

উত্তর : ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র অনুযায়ী আমরা জানি, বস্তুর আদি ভরবেগের সমষ্টি এবং শেষ ভরবেগের সমষ্টি সমান থাকে। এখন, বন্দুক থেকে গুলি ছোঁড়ার ক্ষেত্রে বন্দুক ও গুলি উভয়েই শুরুতে স্থির থাকে বলে এদের আদিভরবেগের সমষ্টি শূন্য। কাজেই বন্দুকের ও গুলির শেষ ভরবেগের সমষ্টিও শূন্য হবে। একারণে গুলি যে দিকে ছোঁড়া হয় সেইদিকেই গুলির ভরবেগের পরিবর্তন হয় এবং গুলি ও বন্দুকের ভরবেগের সমষ্টি শূন্য রাখার জন্য গুলির বিপরীত দিকে বন্দুকের ভরবেগের পরিবর্তন হয়। অর্থাৎ বন্দুকের শেষ বেগ গুলির বিপরীত দিকে হয়। তাই গুলি ছুঁড়লে বন্দুক পেছন দিকে ধাক্কা দেয়।

প্রথম ৪৯। ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রটি ব্যাখ্যা কর। [আমির-৯, তপন-২৪]

উত্তর : ভরবেগের সংরক্ষণ নীতিটি হলো— বাহ্যিক বলের অনুপস্থিতিতে দুই বা ততোধিক বস্তুর মধ্যে যখন ভোত ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া ঘটে, তখন ভেট্রেন্সে প্রকাশিত ভরবেগসমূহের লক্ষ্য ধ্বনি হাত থাকে। কোনো নির্দিষ্ট দিকে তাদের মোট ভরবেগের পরিবর্তন হয় না।

ব্যাখ্যা : ধরি, m_1 ও m_2 ভরের দুটি বস্তু যথাক্রমে \vec{u}_1 ও \vec{u}_2 ($u_1 > u_2$)

বেগে গতিশীল থাকা অবস্থায় তাদের মধ্যে সংঘর্ষ হলো। সংঘর্ষের ফলে বস্তুসমূহের বেগ পরিবর্তিত হয়ে যথাক্রমে \vec{v}_1 ও \vec{v}_2 হলো।

ভরবেগের সংরক্ষণ বিধি অনুসারে, সংঘর্ষের পূর্বে মোট ভরবেগ = সংঘর্ষের পরে মোট ভরবেগ।

$$\text{অর্থাৎ, } m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$

প্রথম ৫০। নিউটনের গতির বিভীষণ সূত্র ব্যাখ্যা কর। [সেল-৪১, আমির-৩, তপন-৯]

উত্তর : নিউটনের গতির বিভীষণ সূত্রটি হলো— কোনো একটি করুন ভরবেগের পরিবর্তনের হার বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং বল যে দিকে ক্রিয়া করে ভরবেগের পরিবর্তনও সেদিকেই ঘটে।

ব্যাখ্যা : m ভরের কোনো বস্তুর বেগ \vec{v} হলে ভরবেগের $\vec{p} = m\vec{v}$ । এই বস্তুর উপর \vec{F} বল প্রযুক্ত হলে নিউটনের বিভীষণ সূত্রানুসারে, $\frac{d\vec{p}}{dt} \propto \vec{F}$

$$\text{বা, } \frac{d}{dt}(m\vec{v}) \propto \vec{F}$$

$$\text{বা, } m \frac{d\vec{v}}{dt} \propto \vec{F} \quad [\because \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a}]$$

$$\text{বা, } K \vec{F} = m\vec{a}$$

এখানে, K সমানুপাতিক ধ্বনি। S.I পদ্ধতিতে $K = 1$

$$\therefore F = ma$$

প্রথম ৫১। বলের ঘাত বলতে কী বোঝ? [তপন-৬৯]

উত্তর : কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল এবং বলের ক্রিয়াকালের গুণফলকে বলের ঘাত বলে। বলের ঘাতকে স্বার্থ প্রকাশ করা হয়।

$$\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt = \vec{F} \int_{t_1}^{t_2} dt \quad [\because \text{বল ধ্বনি}]$$

$$= \vec{F} [t] \Big|_{t_1}^{t_2} = \vec{F} (t_2 - t_1) = \vec{F} \Delta t$$

∴ বলের ঘাত, $\vec{J} = \vec{F} \Delta t$

প্রথম ৫২। কৌণিক ভরবেগের মাত্রা নির্ণয় কর। [সেল-৪২]

উত্তর : আমরা জানি, কৌণিক ভরবেগ হলো, ঘূর্ণযামান কোনো কণার ব্যাসার্ধ ডেক্টর এবং ভরবেগের ডেক্টর গুণফল।

$$\begin{aligned} \text{কৌণিক ভরবেগের মাত্রা, } [L] &= \text{ভরবেগের মাত্রা} \times \text{দ্রবত্ত্বের মাত্রা} \\ &= [p] \times [r] = [mv] \times [r] \\ &= [MLT^{-1}] \times [L] = [ML^2T^{-1}] \end{aligned}$$

প্রথম ৫৩। নিউটনের গতির বিভীষণ সূত্রে কীভাবে প্রথম সূত্র অন্তর্ভুক্ত আছে ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : নিউটনের গতির বিভীষণ সূত্র থেকে আমরা জানি, $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

যদি বস্তুর উপর নিট বল, $\sum \vec{F} = 0$ হয়, তবে $m\vec{a} = 0$ হবে।

$$\therefore \text{ত্বরণ, } \vec{a} = 0, \text{ কারণ ভর, } m \neq 0$$

$$\text{বা, } \frac{d\vec{v}}{dt} = 0$$

$$\text{বা, } d\vec{v} = 0$$

বা, $\int d\vec{v} = 0$ [সমাকলন করে]

$$\therefore \text{বেগ } \vec{v} = \text{ধ্বনি}$$

সূতরাং বস্তুর উপর প্রযুক্ত নিট বল শূন্য হলে বেগ অপরিবর্তিত থাকবে। অর্থাৎ বাহ্যিক বলের ক্রিয়া না থাকলে বেগের মান বা দিক বা মান ও দিক উভয়ের কোনো পরিবর্তন হয় না।

এটিই নিউটনের গতির ১ম সূত্র।

প্রথম ৫৪। ক্রিকেট খেলার ক্যাচ ধরার সময় খেলোয়াড় হাতটাকে পিছলে টেলে নেয় কেন? [প্রামাণিক-১৮]

উত্তর : মনেকরি, m ভরের বল হাতে এসে পড়ার মুহূর্তে বেগ = u । বলটি হাতের মধ্যে t সময়ে স্থির হলে বলটির উপর হাত দ্বারা প্রযুক্তি বাধার মান, $F = m \frac{u}{t}$ । এখানে, t -এর মান যত কম হবে F এর মান তো বেশি হবে।

হ্যাত একই স্থানে রেখে বলটি লোকার সময় হাত দ্বারা প্রযুক্তি বাধা বলের ক্রিয়াকাল কম হয়। ফলে বলটি দ্বারা হাতে প্রযুক্তি বল ও বেশি হয়। যেহেতু ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার মান সমান। তাই হাতও বলের ওপর এই

একই যানের বল প্রয়োগ করে। অর্থাৎ F এর যত বেশি হবে, হাত থেকে ক্যাচ করাকে যাওয়ার সভাবনাও ততই বেশি হবে। পাশাপাশি হাতে আঘাতের ঘাজাও বেড়ে যাবে। এই সমস্যা এড়ানোর জন্য ক্যাচ লোকার সময় খেলোয়ার হতটিকে কিছুটা পিছন দিকে টেনে নেয়।

প্রশ্ন ৫৫। বস্তুক থেকে পুলি বের হলে কার গতিশক্তি বেশি হবে—
ব্যাখ্যা কর। [সেলু-৪৩, প্রায়াপিক-২৪]

উত্তর : মনে করি, বস্তুকের ভর M ও ভরবেগ P।

আবার, গুলির ভর m ও ভরবেগ P।

[∴ গুলির ভরবেগ ও বস্তুকের ভরবেগ সমান।]

$$\therefore \text{গতিশক্তি } E_k = \frac{1}{2} \text{ ভর} \times (\text{বেগ})^2 = \frac{1}{2} \frac{(\text{ভর} \times \text{বেগ})^2}{\text{ভর}}$$

$$\therefore E_k = \frac{1}{2} \frac{P^2}{m}$$

অর্থাৎ m এর মান কম হলে গতিশক্তি E_k বেশি হবে।

যেহেতু গুলির ভর m বস্তুকের ভর M অপেক্ষা কম সেহেতু গুলির গতিশক্তি বস্তুকের গতিশক্তি অপেক্ষা বেশি।

প্রশ্ন ৫৬। কৌণিক ত্বরণ বলতে কী বোঝায়? [সেলু-৪৫, তপন-৩৮]

উত্তর : সময় ব্যবধান শূন্যের কাছাকাছি হলে, সময়ের সাপেক্ষে বস্তুর কৌণিক বেগের পরিবর্তনের হারকে কৌণিক ত্বরণ বলে।

ব্যাখ্যা : Δt সময় ব্যবধানে কোনো বস্তুর কৌণিক বেগ Δv হলে, কৌণিক ত্বরণ, $a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$

$$\text{অর্থাৎ } a = \frac{dv}{dt} \quad [\text{ক্যালকুলাস হতে}]$$

অর্থাৎ সময়ের সাপেক্ষে কৌণিক বেগের বৃদ্ধির হারকে কৌণিক ত্বরণ বলে। কৌণিক ত্বরণের একক ও মাত্রা যথাক্রমে rad s^{-2} এবং $[\text{T}^{-2}]$

প্রশ্ন ৫৭। পাউন্ডের সাথে নিউটনের সম্পর্ক স্থাপন কর। [প্রায়াপিক-৪]

উত্তর : 1 poundal = 1 pound (lb) $\times 1 \text{ ft s}^{-2}$

$$\begin{aligned} &= 453.6 \text{ g} \times 30.48 \text{ cm s}^{-2} [\because 1 \text{ ft} = 30.48 \text{ cm}] \\ &= 13825.728 \text{ g-cm s}^{-2} \\ &= 0.13825 \times 10^5 \text{ dyne} \end{aligned}$$

$\therefore 1 \text{ poundal} = 0.13825 \text{ newton} [\because 1 \text{ newton} = 10^5 \text{ dyne}]$
এটিই পাউন্ড ও নিউটনের মধ্যকার সম্পর্ক।

প্রশ্ন ৫৮। ঘাত বল এবং বলের ঘাতের মধ্যে পার্শ্বজ্যোৎ লিখ। [সেলু-৪৪, প্রায়াপিক-১০]

উত্তর : ঘাত বল ও বলের ঘাত এর মধ্যকার পার্শ্বজ্যোৎ নিম্নরূপ—

ঘাত বল	বলের ঘাত
১. যে প্রত্যন্ত বল অঙ্গ সময় ধরে ক্রিয়া করে গতির পরিবর্তন করে কিছু সরণ ঘটায় না তাকে ঘাত বল বলে।	কোনো বল ও বলের ক্রিয়াকালের পুণ্যফলকে ঐ বলের ঘাত বলে।
২. ঘাত বলের একক নিউটন (N)	বলের ঘাতের একক নিউটন সেকেণ্ড (Ns)
৩. ঘাত বলের ঘাজা $[\text{MLT}^{-2}]$	বলের ঘাতের মাত্রা $[\text{MLT}^{-1}]$

প্রশ্ন ৫৯। কৌণিক সরণ ব্যাখ্যা কর। [তপন-৩৬]

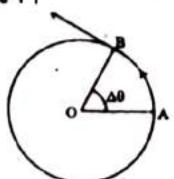
উত্তর : কোনো বস্তু বা কলা কোনো বিন্দুকে কেন্দ্র করে ঘূরার সময় যে কৌণিক দূরত্ব অভিক্রম করে, তাকে কৌণিক সরণ বলে।

ব্যাখ্যা : যানে করি, একটি কলা P ব্যাসার্ধের ব্যূত্তাকার পথে O কেন্দ্র করে ঘূরার সময়ে

যেকোনো Δt সময়ে কলাটি A অবস্থান হতে B

অবস্থানে পেল। তাহলে কলার কৌণিক সরণ $\angle AOB = \Delta \theta$

কৌণিক সরণের একক : রেডিয়ান এবং ঘাজা : L°



প্রশ্ন ৬০। একটি উকাপিণ্ড বায়ুমণ্ডলে পুঁচে গেলে ভরবেগ সংরক্ষিত হবে কি-না ব্যাখ্যা কর। [সেলু-১০]

উত্তর : উকাপিণ্ড বায়ুমণ্ডলে দপ্ত হলেও ভরবেগ সংরক্ষিত হয়।

কারণ : উকাপিণ্ড বায়ুমণ্ডলের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় কণাগুলোর সঙ্গে সংঘর্ষ ঘটায়। এ সংঘর্ষ বা ঘর্ষণের ফলে তাপের সূচি হয়— যার জন্য উকাপিণ্ড বায়ুমণ্ডলে দপ্ত হয়ে বিভিন্ন ধরনের গ্যাসীয় পদার্থ উৎপাদন করে। উকাপিণ্ডের ভরবেগ কিছুটা বায়ুক্ষণগুলো ও কিছুটা গ্যাসীয় পদার্থগুলো পায়। ফলে যে কোনো মুছুর্তে ঘোট ভরবেগ সংরক্ষিত থাকে।

প্রশ্ন ৬১। সাধারণ ব্যাসার্ধ এবং চক্রগতির ব্যাসার্ধের মধ্যে পার্শ্বজ্যোৎ কী? [সেলু-১৬]

উত্তর : কোনো সূচম বৃত্তাকার ক্ষেত্র কেন্দ্র থেকে পৃষ্ঠার দূরত্বকে ঐ ক্ষেত্রে সাধারণ ব্যাসার্ধ বলে, আবার কোনো দৃঢ় বস্তুর সকল কলা বিবেচনা করে নির্ণয় জড়তার ভাবক যদি পৃথক পৃথক সকল কলা পরিবর্তে ক্ষেত্রে ঘোট ভর বিবেচনা করে নির্ণয় জড়তার ভাবকের সমান হয় তাহলে ঘূর্ণায়মান অক্ষ হতে বস্তুর ভাবকের দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে। সুতরাং সাধারণ ব্যাসার্ধ অপেক্ষা চক্রগতির ব্যাসার্ধ সর্বদা বড় হবে।

প্রশ্ন ৬২। বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনরত কোনো দৃঢ় বস্তুর প্রত্যেকটি কলার কৌণিক গতিশক্তি সমান হলেও রৈখিক গতিশক্তি ভিন্ন হবে— ব্যাখ্যা দাও। [জ. বো. '১৯]

উত্তর : আমরা জানি, কৌণিক গতিশক্তি কৌণিক বেগের বর্গের সমানুপাতিক। আবার, রৈখিক গতিশক্তি বেগের বর্গের সমানুপাতিক। বৃত্তাকার পথে আবর্তনরত কোনো ক্ষেত্র যখন ঘূর্ণন অক্ষকে কেন্দ্র করে 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 ভিন্ন হয়।

প্রশ্ন ৬৩। কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল টর্ক কখন শূন্য হয়? ব্যাখ্যা কর। [জ. বো. '১৯]

উত্তর : আমরা জানি, টর্ক, $\vec{T} = \vec{r} \times \vec{F}$ বা $|\vec{T}| = rF \sin \theta$

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 ভেতর বরাবর বল প্রয়োগ করলে বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল টর্ক শূন্য হবে।

প্রশ্ন ৬৪। দুটি বস্তু সংঘর্ষের পর এক সঙ্গে গেলে সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক হবে কি? ব্যাখ্যা কর। [জ. বো. '১৯]

উত্তর : যে সংঘর্ষে গতিশক্তি সংরক্ষিত থাকে অর্থাৎ সংঘর্ষের আগে ও পরে মোট গতিশক্তি সমান থাকে তাকে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের আগে ও পরে মোট গতিশক্তি সমান থাকে তাকে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে। দুটি বস্তু সংঘর্ষের পর এক সঙ্গে আটকে গেলে সংঘর্ষের পর বস্তু দুটির আপেক্ষিক বেগ শূন্য হয় এবং সংঘর্ষের পর বস্তুয়ের মোট গতিশক্তি সংরক্ষিত হয় না। অতএব, সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক হবে না।

প্রশ্ন ৬৫। রাত্তার বাঁকযুক্ত অংশে ভিতরের প্রান্ত অপেক্ষা বাইরের প্রান্ত উচু রাখা হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। [জ. বো. '১৯]

উত্তর : রাত্তার বাঁকযুক্ত অংশে বাঁক নেওয়ার সময় কেন্দ্রবিমুক্তি বলের কারণে গাড়ী যেন ছিটকে বাইরে চলে না যায় সেজন্য রাত্তার বাঁকযুক্ত অংশে ভিতরের প্রান্ত অপেক্ষা বাইরের প্রান্ত কিছুটা উচু রাখা হয় যাতে ওজন (mg) এর উপার্য ভিতরের দিকে কাঞ্চ করে কেন্দ্রবিমুক্তি বলকে প্রশমিত করতে পারে।

প্রশ্ন ৬৬। ঘূর্ণনরত বস্তুর কৌণিক ভরবেগে কোন শর্তে শূন্য হয়—
ব্যাখ্যা কর। [জ. বো. '১৯]

উত্তর : আমরা জানি, কৌণিক ভরবেগ,

$$\vec{T} = \vec{r} \times \vec{P} \quad \text{বা, } |\vec{T}| = rp \sin \theta$$

অতএব, এ সম্পর্ক থেকে আমরা বুঝতে পারি ব্যাসার্ধ ভেতরের r, রৈখিক ভরবেগ P এবং এদের মধ্যবর্তী কোণ (θ) এর সাইন অর্থাৎ $\sin \theta$ । এদের যেকোনোটি শূন্য হলে কৌণিক ভরবেগ শূন্য হয়।