



এইচ. এস. সি.

পদার্থবিজ্ঞান

১ম প্রৱ



পদার্থবিজ্ঞান শর্ট সিলেবাসের সকল জ্ঞানমূলক, অনুধাবনমূলক থাকছে ভেতরে

পদার্থবিজ্ঞান ১ম পত্র

প্রধান পরিকল্পক

নুমেরি সান্তার অপার
ইফতেখার রিম্ন
খন্দকার আশিকুর রহমান

সম্পাদনা পর্ষদ

লাবিবা সালওয়া ইসলাম
মোসা: মোরশেদা খাতুন
জিয়াউল কবীর সামি
তাহিয়া তাবাসসুম

সার্বিক সহযোগিতায়

কাওসার আহমেদ ইফতি
মো. সাহারিয়াজ হোসেন

প্রচ্ছদ

শাহরীয়ার তানভীর তাসিন



সূচিপত্র

ভেক্টর

জ্ঞানমূলক

অনুধাবনমূলক

জ্ঞান ও অনুধাবনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ টপিক/প্রশ্ন

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

জ্ঞানমূলক

অনুধাবনমূলক

জ্ঞান ও অনুধাবনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ টপিক/প্রশ্ন

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

কাজ , শক্তি ও ক্ষমতা

জ্ঞানমূলক

অনুধাবনমূলক

জ্ঞান ও অনুধাবনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ টপিক/প্রশ্ন

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ

জ্ঞানমূলক

অনুধাবনমূলক

জ্ঞান ও অনুধাবনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ টপিক/প্রশ্ন

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

যে টপিকে যেতে চান সে টপিকে Click করুন



সূচিপত্র

পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

জ্ঞানমূলক

অনুধাবনমূলক

জ্ঞান ও অনুধাবনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ টপিক/প্রশ্ন

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

পর্যাবৃত্তিক গতি

জ্ঞানমূলক

অনুধাবনমূলক

জ্ঞান ও অনুধাবনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ টপিক/প্রশ্ন

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব

জ্ঞানমূলক

অনুধাবনমূলক

জ্ঞান ও অনুধাবনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ টপিক/প্রশ্ন

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

যে টপিকে যেতে চান সে টপিকে Click করুন



জ্ঞানমূলক

১) আয়ত একক ভেক্টর কাকে বলে?

[য. বো. '১৬; চ. বো., ব. বো. '১৯]

উ: ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় ধনাত্মক X, Y ও Z অক্ষের দিকে ব্যবহৃত যথাক্রমে \hat{i}, \hat{j} ও \hat{k} একক ভেক্টরগুলোকে আয়ত একক ভেক্টর বলে।

২) সীমাবদ্ধ ভেক্টর কী?

[য. বো. '১৯]

উ: যে ভেক্টরের কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে পাদবিন্দু হিসেবে ঠিক করে রাখা হয় তাই সীমাবদ্ধ ভেক্টর।

৩) বিপ্রতীপ ভেক্টর কী?

[রা. বো. '১৯]

উ: দুটি সমান্তরাল ভেক্টরের একটির মান অপরটির বিপ্রতীপ হলে তাদেরকে বিপ্রতীপ ভেক্টর বলে।

৪) একক ভেক্টর কী?

[রা. বো. '১৭]

উ: কোনো ভেক্টরের মান এক একক হলে তাই একক ভেক্টর।

৫) নাল ভেক্টর কী?

[ব. বো. '১৭]

উ: যে ভেক্টরের মান শূন্য তাই শূন্য বা নাল ভেক্টর।

৬) অবস্থান ভেক্টর কাকে বলে?

[কু. বো. '১৬; চ. বো. '১৭; ব. বো. '১৬]

উ: প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে যে ভেক্টর দিয়ে কোনো বিন্দুর অবস্থান নির্দেশ করা হয় তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।

৭) সরণ ভেক্টর কাকে বলে?

[ব. বো. '১৫]

উ: কোনো কণার অবস্থান ভেক্টরের পরিবর্তনকে তার সরণ ভেক্টর বলে।

৮) লব্ধি ভেক্টর কী?

[রা. বো. '১৬; য. বো. '১৫]

উ: দুই বা ততোধিক ভেক্টরের সমন্বয়ে যে নতুন ভেক্টর পাওয়া যায় তাই লব্ধি ভেক্টর।

৯) ভেক্টর বিভাজন কী?

[রা. বো. '১৫; সি. বো. '১৬, ১৫]

উ: একটি ভেক্টর রাশিকে দুই বা ততোধিক ভেক্টর রাশিতে বিভক্ত করার প্রক্রিয়াই ভেক্টর বিভাজন।

১০) ভেক্টর অপারেটর কী?

[চ. বো. '১৫]

উ: যেসব গাণিতিক চিহ্নের সাহায্যে ভেক্টর রাশির রূপান্তর করা হয় সেগুলোই ভেক্টর অপারেটর।

ভেক্টর

জ্ঞানমূলক

১১) কার্ল কী?

[কু. বো. '১৯, ১৫; সি. বো. '১৭; দি. বো '১৯]

উ: $\vec{A} = A_x\vec{i} + A_y\vec{j} + A_z\vec{k}$ দ্বারা একটি ভেক্টর ক্ষেত্র নির্দিষ্ট হলে এবং একক ক্ষেত্রের যেকোনো বিন্দুতে (x, y, z) ডিফারেনসিয়েট করা গেলে ভেক্টর অপারেটর ∇ ও \vec{A} -এর ভেক্টর গুণনই \vec{A} -এর কার্ল।

১২) স্কেলার ক্ষেত্র কাকে বলে?

[রাজশাহী কলেজ, রাজশাহী]

উ: ভেক্টর ফাংশন বা ক্ষেত্রের ডাইভারজেন্সগুলোকে স্কেলার ক্ষেত্র বলে।

১৩) সলিনয়ডাল ভেক্টর কী?

[সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া]

উ: কোনো ভেক্টরের ডাইভারজেন্স শূন্য হলে ভেক্টরটিকে সলিনয়ডাল ভেক্টর বলে।

১৪) স্বাধীন ভেক্টর কাকে বলে?

উ: স্বাধীন ভেক্টর কোনো ভেক্টর রাশির মান ও দিক ঠিক রেখে ইচ্ছেমতো পাদবিন্দু নেওয়া গেলে তাকে স্বাধীন বা মুক্ত ভেক্টর বলে।

১৫) সদৃশ ভেক্টর কাকে বলে?

উ: সমজাতীয় অসম মানের দুটি ভেক্টর যদি একই দিকে ক্রিয়া করে তবে তাদেরকে সদৃশ পরস্পর ভেক্টর বলে।

১৬) বিসদৃশ বা অসদৃশ ভেক্টর কাকে বলে?

উ: সমজাতীয় অসম মানের দুটি ভেক্টর যদি বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে, তবে তাদেরকে অসদৃশ ভেক্টর বলে।

১৭) সমরেখ বা সমরৈখিক ভেক্টর কাকে বলে?

উ: যদি দুই বা ততোধিক ভেক্টর একই সরলরেখা বরাবর বা পরস্পর সমান্তরালে ক্রিয়া করে তাহলে তাদেরকে সমরৈখিক ভেক্টর বলে।

১৮) সমতলীয় ভেক্টর কাকে বলে?

উ: দুই বা ততোধিক ভেক্টর যদি একই সমতলে অবস্থান করে তবে তাদেরকে সমতলীয় ভেক্টর বলে।

১৯) সম প্রারম্ভিক ভেক্টর কাকে বলে?

উ: একই মূলবিন্দু বা পাদবিন্দু বিশিষ্ট ভেক্টরসমূহকে সম প্রারম্ভিক ভেক্টর বলে।

২০) সমান ভেক্টর কাকে বলে?

উ: একই জাতীয় দুটি ভেক্টরের মান ও দিক একই হলে তাদেরকে সমান ভেক্টর বলে।

জ্ঞানমূলক

২১) ডানহাতি স্ক্রু নিয়ম বিবৃতি কর।

উ: দুটি ভেক্টরের সমতলে একটি ডানহাতি স্ক্রুকে লম্বভাবে স্থাপন করে প্রথম ভেক্টর থেকে দ্বিতীয় ভেক্টরের দিকে ক্ষুদ্রতর কোণে ঘুরালে স্ক্রুটি যে দিকে অগ্রসর হবে সেদিকে হবে ভেক্টর গুণনের দিক।

২২) স্কেলার রাশি কাকে বলে?

উ: যেসব ভৌত রাশিকে সম্পূর্ণভাবে প্রকাশ করার জন্য শুধুমাত্র মানের প্রয়োজন হয়, দিক নির্দেশের প্রয়োজন হয় না। তাদেরকে স্কেলার রাশি বলে। যেমন- ভর, দৈর্ঘ্য, দ্রুতি, কাজ, সময়, তাপমাত্রা, বিভব ইত্যাদি।

২৩) ভেক্টর রাশি কাকে বলে?

উ: যেসব ভৌত রাশিকে সম্পূর্ণভাবে প্রকাশ করার জন্য মান ও দিক উভয়ের প্রয়োজন হয় তাদেরকে ভেক্টর রাশি বলে। যেমন- ওজন, সরণ, বেগ, বল, প্রাবল্য ইত্যাদি।

২৪) বিপরীত বা ঋণ ভেক্টর কাকে বলে?

উ: একই জাতীয় দুটি ভেক্টরের মান সমান কিন্তু দিক বিপরীত হলে তাদেরকে একটির সাপেক্ষে অপরটির বিপরীত বা ঋণ ভেক্টর বলে।



অনুধাবনমূলক

১) নাল ভেক্টরের সুনির্দিষ্ট দিক নেই কেন ?

[রা. বো. '১৫]

উ: কোনো ভেক্টরের নির্দেশক রেখাটির আদি বিন্দু ও শেষ বিন্দু যদি মিশে যায় তবে রেখাংশটি একটি বিন্দুতে পরিণত হয়। এ ধরনের ভেক্টরকে শূন্য ভেক্টর বলে। সুতরাং এটি এমন একটি ভেক্টর যার মান শূন্য অর্থাৎ $|\vec{0}| = 0$, এর কোনো নির্দিষ্ট দিক থাকে না অর্থাৎ শূন্য ভেক্টরের কোনো সুনির্দিষ্ট দিক নেই। একে সাধারণত $\vec{0}$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

২) দুটি অসমান সমজাতীয় ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হতে পারে কিনা ব্যাখ্যা কর।

[চ. বো. '১৬]

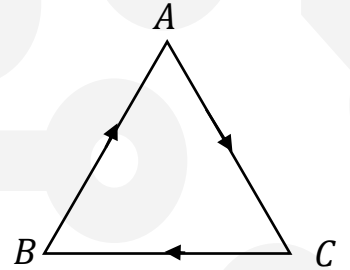
উ: দুটি অসমান সমজাতীয় ভেক্টরের লব্ধির সর্বনিম্ন মান ভেক্টরদ্বয়ের বিয়োগফলের সমান। এক্ষেত্রে ভেক্টরদ্বয় অসমান হওয়ার কারণে এদের বিয়োগফল কখনো শূন্য হবে না। তাই দুটি অসমান সমজাতীয় ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হতে পারে না।

৩) একই ক্রমে ত্রিভুজাংশ তিনটি ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হতে পারে ব্যাখ্যা কর।

[ব. বো. '১৯]

উ: কোন বস্তু যদি B বিন্দু থেকে যাত্রা শুরু করে BA পথে A বিন্দুতে অতঃপর AC পথে C বিন্দুতে এবং সর্বশেষ CB পথে B বিন্দুতে B ফিরে আসে। তবে ঐ বস্তুটির নীট সরণ হবে শূন্য। অর্থাৎ, একই ক্রমে তিনটি ভেক্টর \vec{BA} , \vec{AC} এবং \vec{CB} এর লব্ধি শূন্য। আবার, ভেক্টর যোগের ত্রিভুজবিধি অনুসারে,

$$\begin{aligned}\vec{BA} + \vec{AC} &= \vec{BC} \\ \text{বা, } \vec{BA} + \vec{AC} - \vec{BC} &= 0 \\ \text{বা, } \vec{BA} + \vec{AC} + \vec{CB} &= 0\end{aligned}$$



অতএব, উপরোক্ত বিশ্লেষণ হতে এটি স্পষ্ট যে, একইক্রমে ত্রিভুজাংশ ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হতে পারে।

৪) ট্রলি ব্যাগের হাতল লম্বা রাখা হয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

[কু. বো. '১৬]

উ: ট্রলি ব্যাগের হাতল যত লম্বা হয় ব্যাগটি টানার সময় তা ভূমির সাথে তত কম কোণ তৈরি করে। অর্থাৎ হাতলটি ভূমির বেশি কাছাকাছি থাকে। আর θ এর মান কম হলে $\cos \theta$ এর মান বেশি হয়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে ভূমি বরাবর বেগের মান বেশি হয় যাতে ব্যাগটি সহজেই টেনে নেওয়া যায়। এজন্যই ট্রলি ব্যাগের হাতল লম্বা রাখা হয়।

৫) $\hat{i} \cdot \hat{j} = 0$ হয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

[সি. বো. '১৬]

উ: এখানে, \hat{i} ও \hat{j} যথাক্রমে X -অক্ষ ও Y -অক্ষ বরাবর আয়ত একক ভেক্টর। আমরা জানি, X ও Y -অক্ষের মধ্যবর্তী কোণ $\theta = 90^\circ$ ।

\hat{i} ও \hat{j} এর ডট গুণফল $\hat{i} \cdot \hat{j} = |\hat{i}| |\hat{j}| \cos \theta = 1 \times 1 \times 0 = 0$

অতএব, \hat{i} ও \hat{j} এর মধ্যবর্তী কোণ 90° বলে $\hat{i} \cdot \hat{j} = 0$ হয়।

ভেক্টর

অনুধাবনমূলক

৬) দুটি ভেক্টর রাশির যোগফল ও বিয়োগ ফলের মান সমান- ব্যাখ্যা কর।

[রা. বো. '১৯]

উ: $|\vec{A} + \vec{B}| = |\vec{A} - \vec{B}|$

বা, $A^2 + B^2 + 2AB \cos \alpha = A^2 + B^2 + 2AB \cos(180 - \alpha)$

বা, $2AB \cos \alpha = -2AB \cos \alpha$

বা, $4AB \cos \alpha = 0$

বা, $\cos \alpha = 0$

$\therefore \alpha = 90^\circ$

অতএব, দুটি ভেক্টর যখন পরস্পর লম্বভাবে ক্রিয়া করে তখন তাদের যোগফল ও বিয়োগফলের মান সমান হয়।

৭) বায়ুপ্রবাহ না থাকলেও একজন সাইকেল আরোহী বাতাসের ঝাপটা অনুভব করেন কেন? ব্যাখ্যা কর।

[রা. বো. '১৯]

উ: বায়ুপ্রবাহ না থাকলেও সেখানে বায়ুর উপস্থিতি বিদ্যমান। ফলে একজন সাইকেল আরোহী যখন স্থির বায়ুর মধ্যদিয়ে সাইকেলে আরোহন করে তখন বায়ুর পরম গতিশূন্য হলেও আরোহীর সাপেক্ষে বায়ুর আপেক্ষিক বেগ থাকে। এজন্য আরোহী বাতাসের ঝাপটা অনুভব করেন।

৮) সকল সমরেখ ভেক্টর সমান ভেক্টর নয়- ব্যাখ্যা কর।

[কু. বো. '১৯]

উ: দুই বা ততোধিক ভেক্টর একই রেখা বরাবর বা সমান্তরালে ক্রিয়া করলে তাদেরকে সমরেখ ভেক্টর বলে। সমরেখ ভেক্টরের সংজ্ঞা থেকে এটি স্পষ্ট যে, কেবল দিক এক হলেই দুটি ভেক্টর সমরেখ হয়। কিন্তু আমরা জানি, দুটি ভেক্টর সমান হতে হলে তাদের মান ও দিক সমান এবং তাদেরকে সমজাতীয় হতে হয়। অতএব, সকল সমরেখ ভেক্টর সমান ভেক্টর নয়।

৯) ডানহাতি স্ক্রু নিয়মের সাহায্যে বোতলের মুখ খোলা বা বন্ধ করা যায়- ব্যাখ্যা কর।

[চ. বো. '১৯]

উ: ডানহাতি স্ক্রু নিয়ম অনুসারে বামদিকে ঘুরালে স্ক্রুটি উপরের দিকে অগ্রসর হয়। একইভাবে বোতলের ছিপি বামদিকে ঘুরালে ছিপিটি বাইরের দিকে অগ্রসর হয়ে মুখ খুলে দিকে যায়। অনুরূপভাবে, স্ক্রু বোতলের ছিপিও ডানদিকে ঘুরালে সেটি ভিতরের দিকে অগ্রসর হয়ে মুখ বন্ধ হয়ে যায়। অতএব বলা যায়, ডানহাতি স্ক্রু নিয়মের সাহায্যে বোতলের মুখ খোলা বা বন্ধ করা যায়।

১০) দুটি অসমান সমজাতীয় ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হতে পারে কিনা- ব্যাখ্যা কর।

[চ. বো. '১৬]

উ: দুটি অসমান সমজাতীয় ভেক্টরের লব্ধির সর্বনিম্ন মান ভেক্টরদ্বয়ের বিয়োগফলের সমান। এক্ষেত্রে ভেক্টরদ্বয় অসমান হওয়ার কারণে এদের বিয়োগফল কখনো শূন্য হবে না। তাই দুটি অসমান সমজাতীয় ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হতে পারে না।

ভেক্টর

অনুধাবনমূলক

১১) বল ও সরণ ভেক্টর রাশি হলেও তাদের দ্বারা সৃষ্ট কাজ স্কেলার রাশি- ব্যাখ্যা কর।

[ঢা. বো. '১৮; রা. বো. '১৮; য. বো. '১৮; সি. বো. '১৮; দি. বো. '১৮]

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

১২) ভেক্টরের মান কখন ঋণাত্মক হয় এবং কেন? ব্যাখ্যা কর।

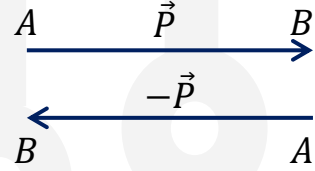
[দি. বো. '১৫]

উ: দুটি সমজাতীয় ভেক্টর পরস্পর বিপরীত দিকে ক্রিয়ারত থাকলে তাদের একটির সাপেক্ষে অপরটির মান ঋণাত্মক হয়।

এখানে, $\vec{AB} = \vec{P}$

এর বিপরীত ভেক্টর $\vec{BA} = -\vec{P}$

এবং $\vec{AB} = -\vec{BA}$



১৩) $\hat{i} \cdot \hat{j} = 0$ হয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

[সি. বো. '১৬]

উ: এখানে, \hat{i} ও \hat{j} যথাক্রমে X-অক্ষ ও Y-অক্ষ বরাবর আয়ত একক ভেক্টর। আমরা জানি, X ও Y-অক্ষের মধ্যবর্তী কোণ $\theta = 90^\circ$. \hat{i} ও \hat{j} এর ডট গুণফল,

$$\hat{i} \cdot \hat{j} = |\hat{i}| |\hat{j}| \cos \theta$$

$$= \sqrt{1^2} \times \sqrt{1^2} \cos 90^\circ$$

$$= (1) \times (1) \times 0 = 0$$

অতএব, \hat{i} ও \hat{j} এর মধ্যবর্তী কোণ 90° বলে $\hat{i} \cdot \hat{j} = 0$ হয়।

১৪) বাতাসের প্রবাহের দিকে দৌড়ালে বাতাসের বেগ কম মনে হয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

[ঢা. বো. '১৫]

উ: বাতাসের প্রবাহের দিকে দৌড়ালে বাতাসের বেগ কম মনে হয়। কারণ বাতাস যেরূপে প্রবাহিত হয় সেই দিকে দৌড়ালে বাতাসের কোনো বাধা অনুভব করা যায় না। এক্ষেত্রে যিনি দৌড়ান তার বেগের সমপরিমাণ বেগ বাতাসের বেগ থেকে বাদ দিলে অবশিষ্ট বেগের মানই বাতাসের বেগ বলে তার কাছে মনে হবে। ফলে স্বাভাবিকভাবেই তার কাছে বাতাসের বেগ কম মনে হয়।

অনুধাবনমূলক

১৫) নৌকার গুণ টানার ফলে সামনের দিকে কীভাবে এগিয়ে চলে- ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. '১৫]

উ: F বলে নৌকার গুণ টানা হলে এর অনুভূমিক উপাংশ $F \cos \theta$ নৌকাকে সামনের দিকে নিয়ে যায় এবং উল্লম্ব উপাংশ $F \sin \theta$ নৌকাকে পাড়ের দিকে টানে। কিন্তু নৌকার হাল দ্বারা এ উল্লম্ব উপাংশ $F \sin \theta$ নাকচ হয়ে যায়। ফলে নৌকাটি সামনের দিকে এগিয়ে চলে।

১৬) স্বাধীন ভেক্টরের পাদবিন্দু মূলবিন্দুতে নয় কেন-ব্যাখ্যা কর।

[সি. বো. '১৫]

উ: আমরা জানি, স্বাধীন ভেক্টরের পাদবিন্দু কোথায় হবে তা ইচ্ছেমতো ঠিক করা যায় অর্থাৎ, এর পাদবিন্দু নির্দিষ্ট নয়। এজন্যই স্বাধীন ভেক্টরের পাদবিন্দু মূলবিন্দুতে নয়।

১৭) ডাইভারজেন্স বলতে কী বুঝ?

[অমৃত লাল দে মহাবিদ্যালয়, বরিশাল]

উ: $\vec{V}(x, y, z)$ দ্বারা একটি ভেক্টর ক্ষেত্র নির্দিষ্ট হলে এবং একে ক্ষেত্রের প্রত্যেক বিন্দুতে ব্যবকলন করা সম্ভব হলে ভেক্টর অপারেটর ∇ এবং \vec{V} এর স্কেলার গুণন $\nabla \cdot \vec{V}$ কে \vec{V} এর ডাইভারজেন্স বলে।

$$\begin{aligned} \therefore \operatorname{div} \vec{V} &= \nabla \cdot \vec{V} \\ &= \left(\hat{i} \frac{\partial}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial}{\partial z} \right) \cdot (\hat{i} V_x + \hat{j} V_y + \hat{k} V_z) \\ &= \hat{i} \cdot \hat{i} \frac{\partial V_x}{\partial x} + \hat{i} \cdot \hat{j} \frac{\partial V_y}{\partial x} + \hat{i} \cdot \hat{k} \frac{\partial V_z}{\partial x} + \hat{j} \cdot \hat{i} \frac{\partial V_x}{\partial y} + \hat{j} \cdot \hat{j} \frac{\partial V_y}{\partial y} + \hat{j} \cdot \hat{k} \frac{\partial V_z}{\partial y} + \hat{k} \cdot \hat{i} \frac{\partial V_x}{\partial z} + \hat{k} \cdot \hat{j} \frac{\partial V_y}{\partial z} + \hat{k} \cdot \hat{k} \frac{\partial V_z}{\partial z} \end{aligned}$$

$$\therefore \nabla \cdot \vec{V} = \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z}$$

$$[\hat{i} \cdot \hat{i} = \hat{j} \cdot \hat{j} = \hat{k} \cdot \hat{k} = 1 \text{ এবং } \hat{i} \cdot \hat{j} = \hat{j} \cdot \hat{i} = \hat{j} \cdot \hat{k} = \hat{k} \cdot \hat{j} = \hat{k} \cdot \hat{i} = \hat{i} \cdot \hat{k} = 0]$$

$\nabla \cdot \vec{V}$ একটি স্কেলার রাশি। প্রবাহী বলবিদ্যায় ডাইভারজেন্স এর ভূমিকা লক্ষ করা যায়।

১৮) 'কৃত কাজ' একটি স্কেলার রাশি, ব্যাখ্যা কর।

[রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]

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

$$\text{এখন কৃতকাজের সংজ্ঞানুসারে, } W = F(S \cos \theta) = \vec{F} \cdot \vec{S}$$

অর্থাৎ কৃতকাজ বলতে বল ও সরণের স্কেলার গুণফলকে বুঝায় যা সর্বদা স্কেলার মান প্রদান করে।

সুতরাং আমরা বলতে পারি, কৃতকাজ একটি স্কেলার রাশি।

অনুধাবনমূলক

১৯) $\vec{P} \times \vec{Q}$ এবং $\vec{Q} \times \vec{P}$ কীভাবে সম্পর্কিত?

[ইম্পাহানি পাবলিক স্কুল ও কলেজ, কুমিল্লা সেনানিবাস, কুমিল্লা]

উ: $\vec{P} \times \vec{Q}$ হলো \vec{P} এবং \vec{Q} ভেক্টর দুটির ভেক্টর গুণফল। আবার, $\vec{Q} \times \vec{P}$ হলো \vec{Q} এবং \vec{P} ভেক্টর দুটির ভেক্টর গুণফল। ভেক্টরের ভেক্টর গুণফল বিনিময় সূত্র মেনে চলে না অর্থাৎ $\vec{P} \times \vec{Q} \neq \vec{Q} \times \vec{P}$ বরং $\vec{P} \times \vec{Q} = -\vec{Q} \times \vec{P}$ যেখানে $\vec{P} \times \vec{Q}$ এর দিক $\vec{Q} \times \vec{P}$ এর বিপরীত। ডানহাতি স্ক্রু নিয়ম হতে আমরা ভেক্টরদ্বয়ের ভেক্টর গুণনের দিক নির্ণয় করতে হয়।

২০) স্রোতযুক্ত নদীতে সোজা পথে ওপারে যেতে নৌকার বেগ স্রোতের বেগের চেয়ে অধিক হতে হবে- ব্যাখ্যা কর।

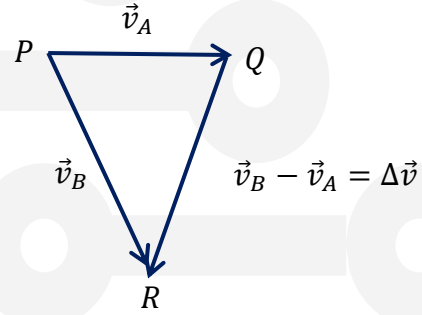
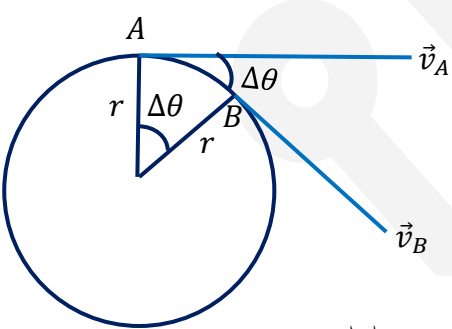
[জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ]

উ: স্রোতযুক্ত নদীতে নৌকার চেয়ে স্রোতের বেগ বেশি হলে নৌকাটি ওপারে পৌছাতে পারবে না কারণ ভেক্টরের নিয়ম অনুযায়ী স্রোতের বেগ শুধু কার্যকর হবে ফলে নৌকাটি সোজা স্রোত বরাবর চলতে থাকবে। ফলে স্রোতযুক্ত নদীতে ওপারে যেতে নৌকার বেগ স্রোতের চেয়ে অধিক হতে হবে।

২১) কেন্দ্রমুখী ত্বরণের ভেক্টররূপ আলোচনা কর।

[রা. বো. '১৬]

উ: ধরা যাক, সুসম বৃত্তাকার গতিতে চলমান বস্তুর A বিন্দুতে বেগ \vec{v}_A । ক্ষুদ্র সময় Δt পরে বস্তুটি B বিন্দুতে এলো। B বিন্দুতে বস্তুর বেগ \vec{v}_B এবং কৌণিক সরণ $\Delta\theta$ খুবই ক্ষুদ্র।



$$\Delta\theta \text{ খুবই ক্ষুদ্র বলে, } \Delta\theta = \frac{\text{চাপ}}{\text{ব্যাসার্ধ}} = \frac{|\overline{QR}|}{|\vec{v}_A|} = \frac{|\Delta\vec{v}|}{v}$$

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

এখানে, v হচ্ছে \vec{v}_A এবং \vec{v}_B এর সমান। সুসম দ্রুতিতে চলমান বলে উভয়ে সমান।

$$\begin{aligned} \text{এখন, কেন্দ্রমুখী ত্বরণ, } a &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta v|}{\Delta t} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v(\Delta\theta)}{\Delta t} = v \frac{d\theta}{dt} = v\omega \end{aligned}$$

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

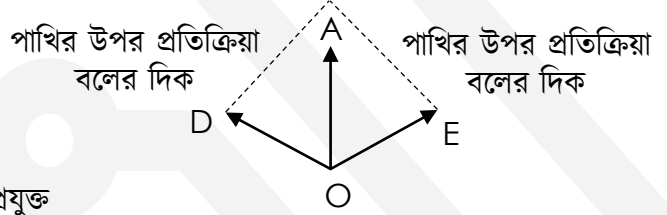
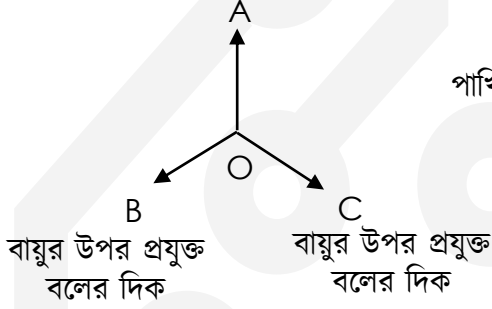
$$\text{ভেক্টররূপে, } \vec{a} = -\omega^2 \vec{r} = \frac{-v^2}{r^2} \vec{r}$$

এখানে, ঋণাত্মক চিহ্ন দ্বারা বুঝা যায় কেন্দ্রমুখী ত্বরণের চিহ্ন ব্যাসার্ধ ভেক্টর \vec{r} এর বিপরীত দিকে

অনুধাবনমূলক

২২) পাখি কিভাবে আকাশে উড়ে - ব্যাখ্যা কর।

উ: একটি পাখি যখন OA বরাবর উড়ে যায় তখন পাখিটি তার ডানা দুটি দিয়ে বায়ুর ওপর OB এবং OC অভিমুখে বল প্রয়োগ করে। একই সঙ্গে বায়ুও OE এবং OD অভিমুখে পাখিটির উপর প্রতিক্রিয়া বল প্রয়োগ করে। এই প্রতিক্রিয়া বল দুটি পাখি উপর ক্রিয়া করায় পাখির গতি সৃষ্টি হয়। প্রতিক্রিয়া বল দুটির লব্ধি হলো OA , ফলে পাখিটি OA বরাবর উড়ে চলে যায়।



২৩) লন রোলার ঠেলার চেয়ে টানা সহজ - ব্যাখ্যা কর

উ: লন রোলারকে ঠেলার সময় প্রযুক্ত বলের উল্লম্ব উপাংশ নিচের দিকে ক্রিয়া করে। ফলে রোলারটি প্রকৃত ওজনের চেয়ে ভারী মনে হয়। অন্যদিকে রোলারটিকে টানার সময় এর উপর প্রযুক্ত বলের উল্লম্ব উপাংশ উপরের দিকে হওয়ায় এটি রোলারের ওজন কমিয়ে দেয়। ফলে লন রোলার ঠেলার চেয়ে টানা সহজ হয়।

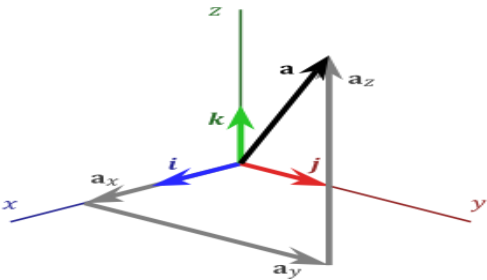
নিজে কর

- ১) ভেক্টর যোগের সামান্তরিক সূত্রটি কী কী কাজে ব্যবহার করা যেতে পারে?
- ২) ভেক্টর যোগের ত্রিভুজ সূত্রটি বর্ণনা কর।
- ৩) লন রোলারকে টানার সময় আপাত ওজন কমে যায় কেন?
- ৪) দুটি ভেক্টর কখন পরস্পর সমান্তরাল হয় ব্যাখ্যা কর।
- ৫) নৌকার গুণ টানার ক্ষেত্রে নৌকার গতি কীভাবে বৃদ্ধি করা যায়? ব্যাখ্যা কর।
- ৬) দুটি ভেক্টরের লব্ধির সর্বোচ্চ মান ভেক্টরদ্বয়ের মানের যোগফলের সমান ব্যাখ্যা কর।
- ৭) একই বিন্দুতে একই সময়ে ক্রিয়ারত দুটি ভেক্টরের মান সমান। দেখাও যে, এদের লব্ধি ভেক্টরদ্বয়ের মধ্যবর্তী কোণকে সমদ্বিখণ্ডিত করে।
- ৮) বৃষ্টির পানি চলন্ত গাড়ির সামনের কাচকে ভিজিয়ে দেয়, পেছনের কাচকে ভিজায় না কেন?
- ৯) সিলিং এ রক্ষিত বৈদ্যুতিক পাখা কিভাবে ঘুরলে বাতাস ফ্যানের নিচে বসা ব্যক্তি পাবে?
- ১০) কার্ল-এর ভৌত তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর।

ভেক্টর

□ জ্ঞান ও অনুধাবনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ টপিক/প্রশ্ন

- অপারেটর / ভেক্টর অপারেটর
- বিপ্রতীপ ভেক্টর
- একক ভেক্টর
- সরণ ভেক্টর
- স্বাধীন ভেক্টর
- লব্ধি ভেক্টর
- অবস্থান ভেক্টর
- ডানহাতি স্ক্রু নিয়ম
- নাল (Null) বা শূন্য ভেক্টর
- সমরেখ ভেক্টর
- স্কেলার/ভেক্টর ক্ষেত্র
- ভেক্টর গুণন
- দুটি ভেক্টরের গুণফল স্কেলার হওয়া সম্ভব কখন
- ভারী বস্তুকে কম কোণে টেনে নেওয়ার কারণ
- ভেক্টর বিভাজনের মাধ্যমে মানুষের হেঁটে যাওয়ার ব্যাখ্যা
- দুটি অসমান সমজাতীয় ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হতে পারে কিনা
- ট্রিলি ব্যাগের হাতল লম্বা হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা
- বৈদ্যুতিক পাখার সব বিন্দুর কৌণিক বেগ সমান
- লন রোলার ঠেলা অপেক্ষা টানা সহজ
- একক ভেক্টরসমূহের ডট ও ক্রস গুণফল
- স্কেলার গুণফল বিনিময় সূত্র মেনে চলে/ভেক্টর গুণফল বিনিময় সূত্র মানে না - ব্যাখ্যা
- নৌকার গুণ টানার ব্যাখ্যা
- সমান মানের দুটি ভেক্টরের লব্ধির শূন্য
- নদীর বিপরীত পাড়ে যেতে অবশ্যই নৌকার বেগ স্রোতের বেগ অপেক্ষা বেশি হতে হবে



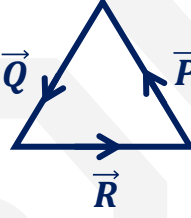
গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- $\vec{A} \cdot \vec{B} = 0$ হলে বোঝায়-
(ক) $\vec{A} = 0$ (খ) $\vec{B} = 0$ (গ) \vec{A} ও \vec{B} একে অপরের উপর লম্ব।
- $\vec{A} \cdot (\vec{B} \times \vec{C}) = 0$ হলে ভেক্টর তিনটি সমতলীয় হয়। \vec{A} ও \vec{B} এর লব্ধির সর্বোচ্চ মান $\vec{A} + \vec{B}$ এবং সর্বনিম্ন মান $\vec{A} - \vec{B}$ ।
- যদি $\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$ এবং $\vec{D} = \vec{B} \times \vec{A}$ হয় তাহলে \vec{C} এবং \vec{D} এর মধ্যবর্তী কোণ হবে 180° ।
- যদি $\vec{r} = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}$ হয় তবে $\vec{r} \cdot \vec{r}$ এর মান হবে 3। $2\hat{i} + 3\hat{j}$ ভেক্টর এর মান $\sqrt{13}$ । ইহা XY তলে অবস্থিত, Z অক্ষের সাথে 90° কোণ করে।
- \vec{A} এবং এর একক ভেক্টরের (\hat{a}) মধ্যবর্তী কোণ 0° । $Q(x, y) = 3x^2y$ হলে $(1, -2)$ বিন্দুতে $\vec{V} = -12\hat{i} + 3\hat{j}$ ।
- $\vec{A} = \hat{i}$ এবং $\vec{B} = \hat{j} + \hat{k}$ হলে \vec{A} ও \vec{B} এর মধ্যবর্তী কোণ 90° । $|\vec{A} \cdot \vec{B}| = |\vec{A} \times \vec{B}|$ হলে \vec{A} ও \vec{B} এর মধ্যবর্তী কোণ 45° ।
- \vec{F} ও \vec{S} মধ্যবর্তী কোণ $\theta = 90^\circ$ হলে কাজ শূন্য হয়।
- $\hat{i} \times (\hat{j} \times \hat{k})$ এর মান শূন্য হয়। $\hat{j} \times (\hat{j} \times \hat{k})$ এর মান $-\hat{k}$ হয়। $\vec{P} = 4\hat{i} + 3\hat{j}$ এর ওপর লম্ব ভেক্টর হলো $3\hat{i} - 4\hat{j}$ ।
- দুটি ভেক্টর পরস্পর 45° কোণে ক্রিয়া করলে এদের স্কেলার ও ভেক্টর গুণফলের মান সমান হয়।
- X-অক্ষের সমান্তরাল ভেক্টর হলো $(\hat{i} \times \hat{j}) \times \hat{j}$ । YZ সমতলে $3\hat{i} + 2\hat{j} + 4\hat{k}$ ভেক্টরের দৈর্ঘ্য $\sqrt{50}$ ।
- দুটি ভেক্টরের লব্ধির মান সর্বোচ্চ হবে যখন এদের মধ্যবর্তী কোণ 0° হয়।
- $|\vec{A} \times \vec{A}| = 0$ হয়। $\vec{A} \times \vec{B} = 0$ হলে $\vec{A} \cdot \vec{B}$ পরস্পর সমান্তরাল হয়। \vec{A} ও \vec{B} বিপ্রতীপ হবে, যখন $\vec{A} = 2\hat{i}$ এবং $\vec{B} = \frac{1}{2}\hat{i}$ হয়। $\hat{i} \times \hat{j}$ ভেক্টরের গুণফলের দিক \hat{k} বরাবর।

ভেক্টর

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- একটি সামান্তরিকের কর্ণ $2\hat{i}$ ও $2\hat{j}$ হলে তার ক্ষেত্রফল হবে 2 বর্গ একক। স্কেলার ফাংশনকে ভেক্টর রাশিতে রূপান্তর করে গ্রেডিয়েন্ট।
- \vec{A} বরাবর \vec{B} এর লম্ব অভিক্ষেপ $B \cos \theta$ । $\vec{A} \times \vec{B}$ ও $(\vec{A} + \vec{B})$ এর মধ্যবর্তী কোণ 90° ।
- দুটি সমান বলের এবং তাদের মধ্যবর্তী কোণ 60° এর জন্য লব্ধির বর্গ হবে তাদের মানের 3 গুণ।
- $\vec{P} + \vec{Q} + \vec{R} = 0$ সম্পর্কটি চিত্রের সাহায্যে \vec{Q} \vec{P} \vec{R} প্রকাশ করা যায়।



- u_x u_y v $\theta = 45^\circ$ হলে v_x ও v_y এর উপাংশ সমান হয়। শক্তি ও বিভব স্কেলার রাশি।

- এখানে $B \cos \theta$ হলো \vec{A} এর দিকে \vec{B} এর লম্ব উপাংশ বা অভিক্ষেপ।

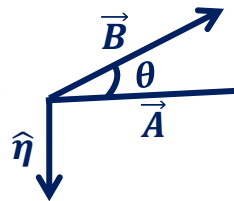
- কোনো ভেক্টরের পাদবিন্দু ও শীর্ষবিন্দু একই হলে ভেক্টরটি নাল ভেক্টর হবে।
- মান শূন্য নয় এমন একটি ভেক্টরকে তার মান দ্বারা ভাগ করলে একক ভেক্টর পাওয়া যায়।

- চিত্রটি একটি ভেক্টর ক্ষেত্রের ডাইভারজেন্স, ফলে $\vec{V} \cdot \vec{V} = +ve$.

- চিত্রটি একটি ভেক্টর ডাইভারজেন্স, ফলে $\vec{V} \cdot \vec{V} = -ve$.

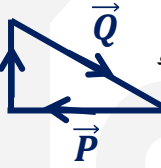
- চিত্রটি শূন্য ডাইভারজেন্স, ফলে $\vec{V} \cdot \vec{V} = 0$.

- লম্ব একক ভেক্টর $\hat{n} = \frac{\vec{B} \times \vec{A}}{|\vec{B} \times \vec{A}|}$ এর জন্য চিত্র হলো-



ভেক্টর

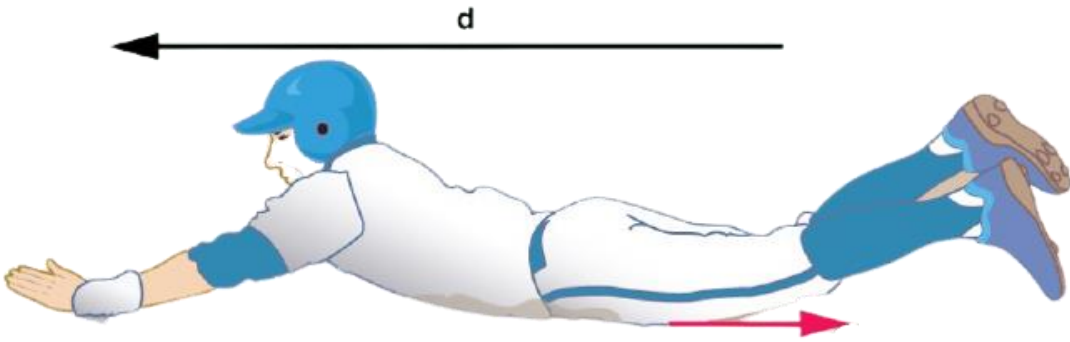
গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- $|\vec{A} \times \vec{B}| = \vec{A} \cdot \vec{B}$ হলে এদের মধ্যবর্তী কোণ $\frac{\pi}{4}$ ।
- $\hat{i} + \hat{j} + \hat{k}$ ভেক্টরটির মান হবে $\sqrt{3}$ । $\hat{j} \times (\hat{j} \times \hat{k}) = -\hat{k}$; $\vec{P}, \vec{Q}, \vec{R}$ একটি ত্রিভুজের তিন বাহু বরাবর একই ক্রমের জন্য $\vec{P} + \vec{Q} + \vec{R} = 0$ হয়।
- $\vec{A} \cdot \vec{A} = A^2, \hat{i} + \hat{j}$ ভেক্টরটি X-Y তলে অবস্থিত।
- $\vec{A} = 5\hat{i}, \vec{B} = \frac{1}{5}\hat{i}$ হলে ভেক্টরদ্বয় বিপ্রতীপ হয়।
-  চিত্রে \vec{R} ভেক্টরটি $\vec{P} - \vec{Q}$ ভেক্টরের মান ও দিক নির্দেশ করে।
- দুইটি ভেক্টর সমান্তরাল হবে যখন $\vec{A} \times \vec{B} = 0$ হয়।
- স্কেলার বা ভেক্টর গুণনে দুটি ভেক্টরের অন্তর্ভুক্ত কোণের সম্পর্ক হলো $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ ।
- $\vec{A} = -\vec{B}$ হলে $\vec{A} \times \vec{B} = 0$ হয়। $\vec{A} + \vec{B}$ ও $\vec{A} - \vec{B}$ ভেক্টরদ্বয় পরস্পর সমান হওয়ার শর্ত হলো $\vec{B} = 0$ ।
- দুটি ভেক্টরের যোগফল ও বিয়োগফলের মান সমান হয় যখন তাদের মধ্যবর্তী কোণ 90° হয়।
- $\vec{V} \times \vec{V} = 0$ হলো অঘূর্ণনশীলের শর্ত, $\vec{V} \cdot \vec{V} = 0$ হলো সলিনয়েডের শর্ত এবং কোনো পদার্থ আগত ও নির্গত ফ্লাক্স সমান হয়। স্কেলার ফাংশনকে ভেক্টর রাশিতে রূপান্তর করে গ্র্যাডিয়েন্ট।
- $\vec{A} = 2\vec{B}$ হলে \vec{A}, \vec{B} ভেক্টরদ্বয় (i) সদৃশ ভেক্টর, (ii) একই দিকে ক্রিয়া করে, (iii) সমজাতীয় ভেক্টর।
- $\vec{P} = \vec{Q}$ হলে $\vec{P} \times (\vec{Q} \times \vec{P})$ এর মান শূন্য হয়।
- দুটি ভেক্টরের সমষ্টি ও পার্থক্যের মান একই হয় যখন ভেক্টর দুটির মধ্যবর্তী কোণ 90° ।

ভেক্টর

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- \hat{i} এবং $-\hat{i}$ এর মধ্যকার কোণ 180° , $|\hat{i} - \hat{j} - \hat{k}| = \sqrt{3}$ হয়। ভেক্টর ডাইভারজেন্স স্কেলার রাশি।
- কোনো ভেক্টর ক্ষেত্রের কার্ল একটি ভেক্টর রাশি। কোনো ভেক্টরের কার্ল শূন্য হলে সেটি অঘূর্ণনশীল।
- $2\hat{i} + 3\hat{j}$ ভেক্টরটি X-Y সমতলে অবস্থিত।
- $\vec{A} = -3\vec{B}$ হলে \vec{A} ও \vec{B} ভেক্টরদ্বয় সমজাতীয় ও পরস্পর বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে।
- $\vec{A} = -\vec{B}$ হলে, $\vec{A} \times \vec{B}$ এর মান শূন্য হবে।



নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

জ্ঞানমূলক

১) দ্বন্দ্ব কী?

[ঢা. বো. '১৯]

উ: কোনো দৃঢ় বস্তুর দুটি ভিন্ন বিন্দুতে সমান মানের দুটি বলের পরস্পর বিপরীত দিকে ক্রিয়া করাই হলো দ্বন্দ্ব।

২) বলের ঘাত কী?

[কু. বো. '১৯; য. বো. '১৭]

উ: কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল এবং বলের ক্রিয়াকালের গুণফলই বলের ঘাত।

৩) জড়তার ভ্রামক কী?

[ঢা. বো. '১৯]

উ: একটি নির্দিষ্ট অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণায়মান দৃঢ় বস্তুর প্রত্যেকটি কণার ভর এবং ঘূর্ণন অক্ষ থেকে প্রত্যেকটি কণার দূরত্বের বর্গের গুণফলের সমষ্টিই জড়তার ভ্রামক।

৪) কৌণিক ভরবেগ কাকে বলে?

[ঢা. বো. '১৭; রা. বো. '১৫; ব. বো. '১৯]

উ: ঘূর্ণায়মান কোনো বস্তু কণার অবস্থান ভেক্টর অর্থাৎ ঘূর্ণন অক্ষ হতে দূরত্ব এবং বস্তুকণার রৈখিক ভরবেগের ভেক্টর গুণফলকে কৌণিক ভরবেগ বলে।

৫) টর্ক কাকে বলে?

[ঢা. বো. '১৮; রা. বো. '১৮; য. বো. '১৯, ১৮; কু. বো. '১৭;
চ. বো. '১৭; সি. বো. '১৯, ১৮, ১৭, ১৬; দি. বো. '১৮]

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

৬) স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কাকে বলে?

[ঢা. বো. '১৫; কু. বো. '১৯; দি. বো. '১৯]

উ: যে সংঘর্ষে বস্তুসমূহের মোট গতিশক্তি ও মোট ভরবেগ অপরিবর্তিত থাকে এবং সংঘর্ষের পর বস্তুসমূহ আলাদা থাকে, সেই সংঘর্ষকে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে।

৭) চক্রগতির ব্যাসার্ধ কাকে বলে?

[ঢা. বো. '১৮; রা. বো. '১৮; য. বো. '১৮; সি. বো. '১৮;
ব. বো. '১৭; দি. বো. '১৮]

উ: কোনো দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তু কণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

৮) বল কাকে বলে?

[ব. বো. '১৬]

উ: যে বাহ্যিক কারণ বস্তুর গতি বা স্থিতি অবস্থার পরিবর্তন ঘটায় বা ঘটাতে চায় তাকে বল বলে।

৯) মৌলিক বল কাকে বলে?

[চ. বো. '১৬]

উ: যে সকল বল মূল বা অকৃত্রিম অর্থাৎ অন্য কোনো বস্তু থেকে উৎপন্ন হয় না তাকে মৌলিক বল বলে।

নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

জ্ঞানমূলক

১০) ঘাত বল কাকে বলে?

[চ. বো. '১৫; ব. বো. '১৬]

উ: খুব অল্প সময়ের জন্য খুব বড় মানের যে বল কোনো বস্তুর ওপর প্রযুক্ত হয় তাকে ঘাত বল বলে।

১১) কেন্দ্রমুখী বল কাকে বলে?

[ঢা. বো. '১৫; রা. বো. '১৭; দি. বো. '১৬]

উ: যে বলের ক্রিয়ায় কোনো বস্তু সমদ্রুতিতে বৃত্তপথে চলতে থাকে এবং যে বল সবসময় বস্তুর গতিপথের সঙ্গে লম্বভাবে ভেতরের দিকে অর্থাৎ বৃত্তের কেন্দ্রাভিমুখে ক্রিয়া করে তাকে কেন্দ্রমুখী বা অভিকেন্দ্র বল (Centripetal force) বলা হয়।

১২) ১ পাউন্ডাল কাকে বলে?

[রা. বো. '১৬]

উ: যে বল ১ পাউন্ড ভরবিশিষ্ট কোনো একটি বস্তুতে প্রযুক্ত হয়ে ১ ফুট/সে^২ ত্বরণ সৃষ্টি করে তাকে ১ পাউন্ডাল বলে।

১৩) ভরবেগের সংরক্ষণ নীতি বা নিত্যতার সূত্র বিবৃত কর।

[য. বো. '১৬]

উ: নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র থেকে আমরা জানি যে, কোনো বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার বস্তুটির ওপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক। সুতরাং বস্তুটির ওপর কোনো বাহ্যিক বল প্রযুক্ত না হলে ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হবে না। অর্থাৎ ওই বস্তুর রৈখিক ভরবেগ অপরিবর্তিত থাকে। এটিই হলো রৈখিক ভরবেগের সংরক্ষণ নীতি বা নিত্যতার সূত্র।

১৪) কেন্দ্রবিমুখী বল কাকে বলে?

উ: সমদ্রুতিতে বৃত্তপথে আবর্তনরত বস্তুর ওপর অভিকেন্দ্র বলের সমান ও বিপরীতমুখি অর্থাৎ কেন্দ্র থেকে বাইরের দিকে একটি অলীক বল ক্রিয়া করে। একে কেন্দ্রবিমুখী বা অপকেন্দ্র বল বলে।

১৫) ভরবেগ কাকে বলে?

উ: বস্তুর স্তর ও বেগের সমন্বয়ে বস্তুতে যে ধর্মের উদ্ভব হয় তাকে বস্তুর ভরবেগ বলে।
ভরবেগ = ভর × বেগ

১৬) নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র বিবৃতি কর।

উ: ভরবেগের পরিবর্তনের হার বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক। এই বল যে দিকে ক্রিয়া করে ভরবেগের পরিবর্তনও সেদিকে ঘটে।

১৭) কৌণিক ভরবেগের নিত্যতা বা সংরক্ষণ সূত্র বিবৃত কর।

উ: বস্তুর উপর ক্রিয়ারত বহিস্থ টর্কের লব্ধি শূন্য হলে, ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক ভরবেগের পরিবর্তন হবে না। এটিই কৌণিক ভরবেগের নিত্যতা বা সংরক্ষণ সূত্র।

১৮) কেন্দ্রমুখী ত্বরণ কাকে বলে?

উ: শূন্য বা শূন্যের কাছাকাছি সময় ব্যবধানে, কেন্দ্র স্থির রেখে কোনো বস্তু চক্রাকারে ঘূর্ণনশীল হলে, বস্তুর কেন্দ্র অভিমুখে যে প্রযুক্ত বেগ বৃদ্ধির হার সৃষ্টির হয়, তাকে কেন্দ্রমুখী ত্বরণ বলে।

নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

অনুধাবনমূলক

১) বলের ঘাত ভরবেগের পরিবর্তনের সমান মাত্রা সমীকরণের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর / বলের ঘাত ও ভরবেগের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর ? [রা. বো. '১৫]

উ: 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 = $M \times LT^{-1} = MLT^{-1}$

ভরবেগের পরিবর্তনের মাত্রা সমীকরণ = $[MLT^{-1}]$

এখানে, বলের ঘাতের মাত্রা সমীকরণ = ভরবেগের পরিবর্তনের মাত্রা সমীকরণ।

\therefore বলের ঘাত = ভরবেগের পরিবর্তন।

২) একজন অ্যাথলেট লং জাম্প দেওয়ার পূর্বে বেশ কিছুদূর থেকে দৌড় দেন কেন? [য. বো. '১৫]

উ: 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।

৩) একটি দেয়ালে একটি বল ধাক্কা খেয়ে পিছনে ফিরে আসে কেন? ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. '১৫]

উ: একটি দেয়ালে বল ধাক্কা খেলে 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।

৪) একজন দৌড়বিদ দৌড়ের শুরুতে সামনের দিকে ঝুঁকে থাকে কেন? ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. '১৫]

উ: আমরা জানি, স্থির বস্তু হঠাৎ চলতে শুরু করলে স্থিতি জড়তার কারণে বস্তুটি পিছনের দিকে হেলে পড়ে। একজন দৌড়বিদ যদি দৌড়ের শুরুতে সোজাসুজি দাঁড়িয়ে 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।



নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

অনুধাবনমূলক

৫) ভর ও জড়তার ভ্রামকের মধ্যে পার্থক্য ব্যাখ্যা কর।

[ঢা. বো. '১৫]

উ: নিচে ভর ও জড়তার ভ্রামকের মধ্যে পার্থক্য ব্যাখ্যা করা হলো :

কোনো বস্তুর মধ্যকার মোট উপাদানের পরিমাণই ঐ বস্তুর ভর। তবে কোনো বস্তু কোনো বিন্দু বা অক্ষকে কেন্দ্র করে বৃত্তাকার পথে ঘুরতে থাকলে ঐ বস্তুর প্রত্যেকটি কণার ভর এবং ঘূর্ণন অক্ষ হতে নিজ নিজ দূরত্বের বর্গের গুণফলের সমষ্টিকে ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক বলে। ভরের একক kg হলেও জড়তার ভ্রামকের একক kgm^2 । ভরের মাত্রা $[M]$, তবে জড়তার ভ্রামকের মাত্রা $[ML^2]$ ।

৬) জড়তার ভ্রামকের সাথে চক্রগতির ব্যাসার্ধের সম্পর্ক ব্যাখ্যা কর।

[চ. বো. '১৬]

উ: কোনো দৃঢ় বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে। ঘূর্ণন অক্ষ PQ থেকে পুঞ্জীভূত ভর M পর্যন্ত দূরত্বকে K ধরলে, PQ এর সাপেক্ষে M এর জড়তার ভ্রামক,

$$I = MK^2$$

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

$$\therefore \text{চক্রগতির ব্যাসার্ধ} = K = \sqrt{\frac{I}{M}}$$

৭) রাস্তার বাঁকের ভিতরের প্রান্ত থেকে বাইরের প্রান্ত উঁচু হয় কেন?

[য. বো. '১৬]

উ: বাঁকা পথে গাড়ি চলার সময় এর উপর ত্রিযাশীল 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।

৮) কাচে গুলি করলে ছিদ্র হয় কিন্তু ঢিল ছুঁড়লে কাচ চূর্ণবিচূর্ণ হয় ব্যাখ্যা কর।

[য. বো. '১৬]

উ: 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। বন্দুকের 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 ঐ অংশের কাচ ছিদ্র হয়ে গুলি বেরিয়ে যায়। অপরদিকে, কাচে ঢিল ছুঁড়লে গুলির তুলনায় অনেক বেশি ক্ষেত্রফলের উপর কম বল প্রযুক্ত হয়। অর্থাৎ প্রযুক্ত চাপের পরিমাণ অনেক কম হয়। ফলে ঢিল কাচে ছিদ্র তৈরি করতে পারে না। কিন্তু বল প্রয়োগের স্থান এবং আশে পাশের অংশের কাচ ফেটে চৌচির হয়ে যায়। এ কারণেই কাচে গুলি করলে ছিদ্র হয় কিন্তু ঢিল ছুঁড়লে কাচটি চূর্ণ-বিচূর্ণ হয়।

নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

অনুধাবনমূলক

৯) স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ ও অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের মধ্যে পার্থক্য লিখ।

[ঢা. বো. '১৭]

উ: স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ ও অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের মধ্যে পার্থক্য নিচে দেওয়া হলো :

স্থিতিস্থাপক	অস্থিতিস্থাপক
১. স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে ভরবেগ এবং গতিশক্তি উভয়ই সংরক্ষিত থাকে।	১. অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে ভরবেগ সংরক্ষিত থাকলেও গতিশক্তি অসংরক্ষিত থাকে।
২. স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের সময় গতিশক্তি অন্য শক্তিতে রূপান্তরিত হয় না।	২. অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের সময় গতিশক্তি অন্য শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।
৩. পারমাণবিক নিউক্লিয় এবং মৌলিক বলগুলোর মধ্যে সংঘর্ষ এ ধরনের সংঘর্ষ।	৩. দুটি কাদামাটির নরম বলের মধ্যকার সংঘর্ষ অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ।

১০) বল কীভাবে ক্রিয়াশীল থাকলে একটি বস্তু সমদ্রুতিতে গতিশীল থাকবে তা ব্যাখ্যা কর।

[ঢা. বো. '১৭]

উ: কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বল F , বস্তুর ভর m এবং ত্বরণ a হলে,

আমরা জানি, $F = ma$

$$= m \left(\frac{v-u}{t} \right)$$
$$= m \cdot \frac{0}{t} = 0$$

অতএব, বলের ক্রিয়া শূন্য হলে একটি বস্তু সম্প্রতিতে গতিশীল থাকবে।

১১) রাস্তার বাঁকযুক্ত অংশ কোনদিকে কত কোণে ঢালু রাখা হয় তা কারণসহ ব্যাখ্যা কর।

[ঢা. বো. '১৭]

উ: রাস্তার বাঁকযুক্ত অংশ বাইরের দিকে উঁচু বা ভেতরের দিকে ঢালু রাখা হয় যেন বাঁক নেওয়ার সময় গাড়ি উল্টে না যায়।

ধরি, বাঁকের ব্যাসার্ধ r , রাস্তার ঢালের উচ্চতা h এবং ব্যাংকিং কোণ θ

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

কেন্দ্রমুখী বল এবং কেন্দ্রবিমুখী বল পরস্পর সমান হলে গাড়ি দুর্ঘটনায় পতিত হবে না। তাই r ব্যাসার্ধের বাঁকে রাস্তার ভিতরের দিক বাইরের দিকের সাথে θ কোণে আনত বা ঢালু রাখা হয়।

১২) অভিকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল কেন ব্যাখ্যা কর।

[ঢা. বো. '১৬]

উ: আমরা যদি কোনো বস্তুকে অভিকর্ষের বিরুদ্ধে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করি, তবে এটি পুনরায় আমাদের হাতে ফিরে আসবে। এক্ষেত্রে বস্তুটির হাত থেকে নিক্ষিপ্ত হয়ে পুনরায় হাতে ফিরে আসা এই পূর্ণচক্রে বস্তুটির উপর অভিকর্ষ বলের সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য। m ভরের একটি বস্তুকে ভূপৃষ্ঠের A বিন্দু থেকে h উচ্চতায় B বিন্দুতে উঠালে অভিকর্ষ বলের জন্য কৃতকাজ ঋণাত্মক হয়। বস্তুটি যে পথেই উঠানো হোক না কেন সকল ক্ষেত্রেই এই কাজের মান হয় mgh । অতএব, অভিকর্ষ বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের পরিমাণ কেবল বিন্দু দুটির অবস্থানের উপর নির্ভরশীল, কণাটির গতিপথের উপর নয়। তাই অভিকর্ষ বল একটি সংরক্ষণশীল বল।

নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

অনুধাবনমূলক

১৩) ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে বৈদ্যুতিক পাখার সকল বিন্দুর কৌণিক বেগ সমান কেন? [ঢা. বো. '১৬]

উ: 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 সমান সময়ে সমান কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম করে। এজন্যই ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে বৈদ্যুতিক পাখার সকল বিন্দুর কৌণিক বেগ সমান।

১৪) বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনশীল বস্তুর কেন্দ্রমুখী বল ব্যাসার্ধের পরিবর্তনের সাথে পরিবর্তিত হয় ব্যাখ্যা কর। [দি. বো. '১৬]

উ: আমরা জানি, r ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে m ভরের একটি বস্তু v বেগে ঘূর্ণনশীল থাকলে এর কেন্দ্রমুখী বল হবে, $F = \frac{mv^2}{r}$
অর্থাৎ কেন্দ্রমুখী বল ব্যাসার্ধের ব্যস্তানুপাতিক, ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পেলে কেন্দ্রমুখী বল হ্রাস পাবে, ব্যাসার্ধ হ্রাস পেলে কেন্দ্রমুখী বল বৃদ্ধি পাবে।

১৫) বলের ঘাতের বৈশিষ্ট্য কী কী? [কু. বো. '১৫]

উ: বলের ঘাতের বৈশিষ্ট্য হলো :

- এটি বল ও বলের ক্রিয়াকালের গুণফলের সমান।
- এটি ভরবেগের পরিবর্তনের সমান।
- এর একক ও মাত্রা যথাক্রমে $kgms^{-1}$ ও MLT^{-1}

১৬) সুষম বৃত্তাকার গতির বৈশিষ্ট্য লিখ। [চ. বো. '১৫]

উ: সুষম বৃত্তাকার গতির বৈশিষ্ট্য হলো :

- গতিশীল বস্তু সমদ্রুতিতে বৃত্তের পরিধি বরাবর ঘুরতে থাকে।
- গতিশীল বস্তুর বেগের মানের কোনো পরিবর্তন হয় না।
- গতিশীল বস্তুর বেগের দিকের পরিবর্তন হয়।
- বস্তুর ত্বরণ থাকে।

১৭) দেখাও যে, একক সমকৌণিক বেগে ঘূর্ণনরত কোনো বস্তুর জড়তার ভ্রামক এর কৌণিক ভরবেগের সমান। [চ. বো. '১৫]

উ: আমরা জানি, ঘূর্ণন অক্ষ সাপেক্ষে কোনো বস্তুর জড়তার ভ্রামক এবং কৌণিক বেগের গুণফলকে কৌণিক ভরবেগ বলে।

অর্থাৎ, জড়তার ভ্রামক 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 ভ্রামক এর কৌণিক ভরবেগের সমান।

নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

অনুধাবনমূলক

১৮) বৃত্তাকার পথে কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য কেন? ব্যাখ্যা কর।

[দি. বো. '১৯]

উ: কেন্দ্রমুখী বল সবসময় গতিপথের লম্ব দিকে ক্রিয়া করায় ঐ 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 দ্বারা কোনো কাজ হয় না। অর্থাৎ বৃত্তাকার পথে কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয়।

১৯) বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনরত কোনো দৃঢ় বস্তুর প্রত্যেকটি কণার 'কৌণিক গতিশক্তি সমান হলেও রৈখিক গতিশক্তি ভিন্ন হবে ব্যাখ্যা দাও।

[ঢা. বো. '১৯]

উ: আমরা জানি, কৌণিক গতিশক্তি কৌণিক বেগের বর্গের সমানুপাতিক। আবার, রৈখিক গতিশক্তি বেগের বর্গের সমানুপাতিক। বৃত্তাকার পথে আবর্তনরত কোনো বস্তু 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।

২০) একজন ক্রিকেট খেলোয়াড় মাঠে বল ধরার সময় হাত পেছনে নেন কেন?

[রা. বো. '১৯]

উ: মনে করি, m ভরের বল হাতে এসে পড়ার মুহূর্তে বেগ $= u$ বলটি হাতের মধ্যে t সময়ে স্থির হলে বলটির ওপর হাত দ্বারা প্রযুক্তি বাধার মান, $F = \frac{mu}{t}$ । এখানে, t -এর মান যত কম হবে F এর মান তো বেশি হবে।

হাত একই স্থানে রেখে বলটি লোফার সময় হাত দ্বারা প্রযুক্ত বাধা বলের ক্রীয়াকাল কম হয়। ফলে বলটি দ্বারা হাতে প্রযুক্ত 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 লোফার সময় খেলোয়ার হাতটিকে কিছুটা পিছন দিকে টেনে নেয়।

২১) বৃত্তাকার ট্রাকে কোনো দৌড়বিদ সমবেগে দৌড়াতে পারে না কেন? ব্যাখ্যা কর।

[চ. বো. '১৯]

উ: বৃত্তাকার ট্রাকে কোনো বস্তু ঘুরতে থাকলে তা অনবরত দিক পরিবর্তন করে। বস্তুটি সমদ্রুতিতে যদি চলে সেক্ষেত্রে বেগের মান অপরিবর্তিত থাকলেও দিক পরিবর্তনের ফলে বেগের পরিবর্তন যেকোনো বিন্দুতে তার লম্ব রেখা বরাবর ক্রিয়া করে। ফলে বস্তুটিতে ত্বরণ ক্রিয়া করে। অর্থাৎ বস্তুর বৃত্তাকার ট্রাকে সমবেগে চলা সম্ভব নয়। এ কারণেই বৃত্তাকার ট্রাকে কোনো দৌড়বিদ সমবেগে দৌড়াতে পারে না।

২২) বায়ুশূন্য স্থানে রকেট উড়তে পারলেও হেলিকপ্টার পারে না কেন? ব্যাখ্যা কর।

[চ. বো. '১৯]

উ: রকেট চলে জ্বালানি পুড়িয়ে উৎপন্ন গ্যাসকে উচ্চ গতিতে নির্গত করে তার প্রতিক্রিয়া বলকে কাজে লাগিয়ে। অপরদিকে হেলিকপ্টার চলে এর পাখার সাহায্যে ঘূর্ণনের মাধ্যমে বায়ুর ওপর চাপ প্রয়োগ করে। অর্থাৎ, বায়ুতে ভাসমান থাকার জন্য হেলিকপ্টারের ক্ষেত্রে বায়ুর উপস্থিতি বাধ্যতামূলক কিন্তু রকেটের ক্ষেত্রে তা নয়। তাই বায়ুশূন্য স্থানে রকেট উড়তে পারলেও হেলিকপ্টার পারে না।

নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

অনুধাবনমূলক

২৩) রাস্তার বাঁকযুক্ত অংশে ভিতরের প্রান্ত অপেক্ষা বাইরের প্রান্ত উঁচু রাখা হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। [দি. বো. '১৯]

উ: রাস্তার বাঁকযুক্ত অংশে বাঁক নেওয়ার সময় কেন্দ্রবিমুখী বলের কারণে গাড়ী যেন ছিটকে বাইরে চলে না যায় সেজন্য রাস্তার বাকযুক্ত অংশে ভিতরের প্রান্ত অপেক্ষা বাইরের প্রান্ত কিছুটা উঁচু রাখা হয় যাতে ওজন (mg) এর উপাংশ ভিতরের দিকে কাজ করে কেন্দ্রবিমুখী বলকে প্রশমিত করতে পারে।

২৪) ঘূর্ণনরত বস্তুর কৌণিক ভরবেগ কোন শর্তে শূন্য হয়— ব্যাখ্যা কর। [দি. বো. '১৯]

উ: আমরা জানি, কৌণিক ভরবেগ,

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{P}$$

$$\text{বা, } |\vec{L}| = rpsin\theta$$

অতএব, এ সম্পর্ক থেকে আমরা বুঝতে পারি ব্যাসার্ধ ভেক্টর r , রৈখিক ভরবেগ P এবং এদের মধ্যবর্তী কোণ (θ) এর সাইন অর্থাৎ $\sin\theta$ । এদের যেকোনোটি শূন্য হলে কৌণিক ভরবেগ শূন্য হয়।

২৫) জড়তা হতে বলের ধারণা পাওয়া যায় কি? –আলোচনা কর। [রা. বো. '১৯]

উ: কোনো বস্তু যে অবস্থায় আছে তা বজায় রাখার যে ধর্ম হই জড়তা। আবার নিউটনের ১ম সূত্রানুসারে বাহ্যিক বল প্রয়োগ না করলে স্থির বস্তু চিরকাল স্থির এবং গতিশীল বস্তু চিরকাল একই বেগে চলতে থাকবে। অর্থাৎ বস্তুর জড়তা বিনষ্টের জন্য বলের প্রয়োজন তথা বল হচ্ছে বস্তুর জড়তা বিনষ্টকারী। অতএব বলা যায়, জড়তা হতে বলের ধারণা পাওয়া যায়।

২৬) কোনো অক্ষের সাপেক্ষে একটি বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ 0.9 m বলতে কী বোঝায়?

উ: চক্রগতির ব্যাসার্ধ, $K = \sqrt{\frac{I}{M}}$

[ঢা. বো. '১৯]

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

২৭) কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল টর্ক কখন শূন্য হয়? [কু. বো. '১৯]

উ: আমরা জানি, টর্ক, $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ বা, $|\vec{\tau}| = rF \sin\theta$

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 ভেক্টর বরাবর বল প্রয়োগ করলে বস্তুটির উপর ক্রিয়াশীল টর্ক শূন্য হবে।

২৮) কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত টর্ক 20 Nm বলতে কী বুঝ? [দি. বো. '১৬]

উ: কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত টর্ক 20 Nm বলতে বুঝায় 20 kgm^2 জড়তার ভ্রামক বিশিষ্ট কোনো বস্তুর কৌণিক ত্বরণ হবে 1 rads^{-2} ।

নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

অনুধাবনমূলক

২৯) “জড়তার ভ্রামক 50 kg m^2 ” বলতে কী বুঝ?

[রা. বো. '১৭]

উ: জড়তার ভ্রামক 50 kg m^2 বলতে বুঝায় একটি দৃঢ় বস্তু কোনো একটি স্থির অক্ষের চারদিকে আবর্তিত হতে থাকলে ঐ অক্ষ হতে বস্তুর প্রতিটি কণার দূরত্বের বর্গ এবং এদের প্রত্যেকের স্তরের গুণফলের সমষ্টি 50 kg m^2 ।

৩০) রাস্তায় ব্যাংকিং এর প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা কর।

[ঢা. বো. '১৬]

উ: বাঁকা পথে গাড়ি চলার সময় এর উপর ত্রিযাশীল 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। এ কারণেই রাস্তার বাঁকের ভিতরের প্রান্ত থেকে বাইরের প্রান্ত কিছুটা উঁচু রাখতে হয় অর্থাৎ ব্যাংকিং এর প্রয়োজন হয়।

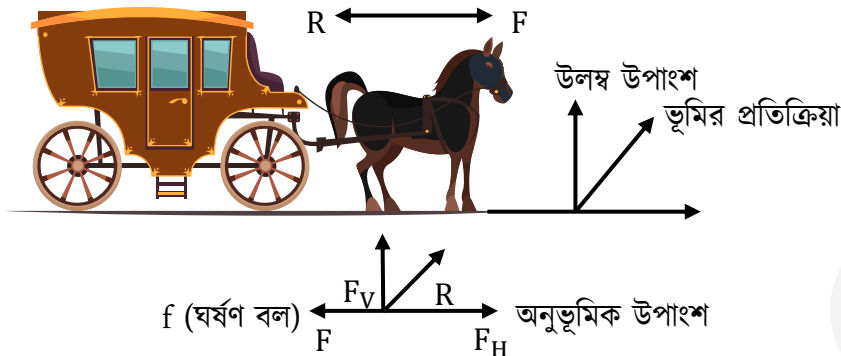
৩১) ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল কেন? ব্যাখ্যা কর।

[ঢা. বো., রা. বো., য. বো., সি. বো. '১৮; চ. বো. '১৬]

উ: যে বলের বিরুদ্ধে করা কাজের পুনরুদ্ধার সম্ভব নয় তাকে অসংরক্ষণশীল বল বলে। কোনো বস্তুকে একটি মসৃণ তলের উপর দিয়ে টেনে নিয়ে যাওয়ার সময় ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। অমসৃণ তলটি অনুভূমিক হলে এই কৃতকাজ বস্তুর মধ্যে স্থিতিশক্তি রূপে সঞ্চিত হয় না এবং বস্তুটিও কোনো কাজ করার সামর্থ্য লাভ করে না। বস্তুটিকে তার প্রাথমিক অবস্থানে ফিরিয়ে আনার সময় আবার ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। সুতরাং ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কৃতকাজের পুনরুদ্ধার সম্ভব নয়। তাই ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল।

৩২) আরোহীসহ ঘোড়ার গাড়ি সামনের দিকে এগোয় কি করে?

উ: গাড়িটিকে সামনের দিকে চালাবার জন্য ঘোড়া মাটির উপর তির্যকভাবে বল প্রয়োগ করে। সঙ্গে সঙ্গে মাটি ঘোড়ার উপর সমান ও বিপরীতমুখী প্রতিক্রিয়া বল R প্রয়োগ করে। এই বলকে অনুভূমিক দিকে এবং উল্লম্ব দিকে যথাক্রমে F_H এবং F_V উপাংশে বিশ্লেষণ করা যায়। উল্লম্ব উপাংশ F_V ঘোড়ার ওজনকে প্রশমিত করে। এখন যদি অনুভূমিক উপাংশ F_H ঘোড়ার উপর গাড়ি দ্বারা পেছনের দিকে প্রযুক্ত প্রতিক্রিয়া বল (R) - এর চেয়ে বেশি হয়, তাহলে $F_H - R$ বলের ক্রিয়ায় ঘোড়া সামনের দিকে এগিয়ে যায় অর্থাৎ গাড়িটি সামনের দিকে এগিয়ে যায়।



নিজে কর

- ১) ঘাত বল এবং বলের ঘাতের মধ্যে পার্থক্য লিখ।
- ২) বন্দুক থেকে গুলি বের হলে কার গতিশক্তি বেশি হবে-ব্যাখ্যা কর।
- ৩) ক্যারম বোর্ডের গুলিগুলোকে একটির উপর একটি সাজিয়ে নিচের গুলিকে স্ট্রাইকার দিয়ে আঘাত করলে সবগুলো গুলি না সরে কেবল নিচের গুলি সরে যায় কেন?
- ৪) কাজ ও টর্ক এর মান এবং একক সমান হলেও এরা কি রাশি-ব্যাখ্যা দাও।
- ৫) একজন নৃত্যশিল্পী নাচতে গিয়ে ঘূর্ণনের সময় দুই হাতভাঁজ করে নেয় কেন? ব্যাখ্যা কর।
- ৬) বৃত্তাকার পথে গতিশীল গাড়ি কী কী কারণে উল্টে যায় ব্যাখ্যা কর।
- ৭) জড়তার ভ্রামক বলতে কী বুঝায়?
- ৮) একটি উচ্চাপিত বায়ুমণ্ডলে পুড়ে গেলে ভরবেগ সংরক্ষিত হবে কি-না ব্যাখ্যা কর।
- ৯) ভাসমান নৌকা থেকে লাফ দেওয়ার সময় নৌকা পিছিয়ে যায় কেন?



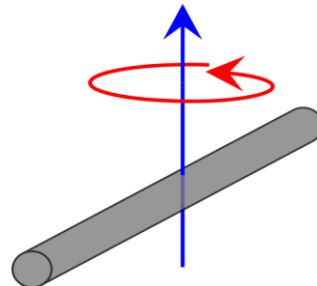
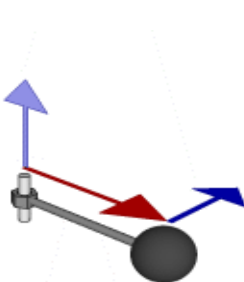
নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

□ জ্ঞান ও অনুধাবনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ টপিক/প্রশ্ন

টর্ক	ঘাতবল ও বলের ঘাত	মহাকর্ষীয় বল
কেন্দ্রদ্বিমুখী বল	জড় প্রসঙ্গ কাঠামো	নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র
প্রত্যায়ণী বল	বল ধ্রুবক	কৌণিক ভরবেগ
চক্রগতির ব্যাসার্ধ	বলের ভ্রামক	জড়তার ভ্রামক
ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র	ব্যাকিং কোণ	সংরক্ষণশীল/অসংরক্ষণশীল বল
1 পাউন্ডাল কাকে বলে/বলতে কি বুঝ?	ঘূর্ণন পাতির ক্ষেত্রের জড়তার ভ্রামক বস্তুর ভরের সমতুল্য	ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল
সমান ভরের বস্তুর মাঝে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে বেগ বিনিময় হয়	অভিকর্ষ হল মহাকর্ষের বিশেষায়িত একটি রূপ	অভিকর্ষ বল সংরক্ষণশীল বল
গড়বেগ শূন্য হলেও গড়তি শূন্য নয়	রাস্তার ভিতরের প্রান্ত হতে বাইরের প্রান্ত উঁচু হওয়ার কারণ	বৃত্তাকার রাস্তায় বাঁক নিলে হেলতে হয় কেন?
দরজার হাতল প্রান্তে রাখা হয় কেন?	একক সমকৌণিক বেগে ঘূর্ণনরত কোনো বস্তুর জড়তার ভ্রামক এর কৌণিক ভরবেগের সমান।	স্থিতিস্থাপক/অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ

$$\tau = r \times F$$

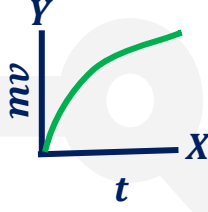
$$L = r \times p$$



নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- একটি গাড়ি স্থির অবস্থা হতে ত্বরণশীল হলে সময়ের বিপরীতে ভরবেগের লেখচিত্র হবে



- হাতঘড়ির কাঁটার কৌণিক বেগ ঘণ্টার কাটার জন্য $\frac{\pi}{720} \text{ rad min}^{-1}$ বা $\frac{\pi}{21600} \text{ rad s}^{-1}$, মিনিটের কাটার জন্য $\frac{\pi}{180} \text{ rad s}^{-1}$, সেকেন্ডের কাটার জন্য $\frac{\pi}{30} \text{ rad s}^{-1}$ ।
- কেন্দ্রমুখি বল দ্বারা কৃত কাজ শূন্য হবে।
- ব্যাঙ্কিং কোণ নির্ভর করে বস্তুর বেগের ওপর এবং রাস্তার বাঁকের ব্যাসার্ধের ওপর।
- $1 \text{ rps} = 2\pi \text{ rad}$, $\frac{mv^2}{r}$ হলো কেন্দ্রমুখি বলের রাশিমালা।
- সেকেন্ডের কাটার কৌণিক বেগ > মিনিটের কাটার কৌণিক বেগ > ঘণ্টার কাটার কৌণিক বেগ।
- কৌণিক ভরবেগের একক $\text{kgm}^2\text{s}^{-1}$ এবং মাত্রা সমীকরণ $[ML^2T^{-1}]$ ।
- টর্কের অপর নাম ঘূর্ণন বল। টর্কের একক $N - m$ বা জুল এবং মাত্রা $[ML^2T^{-2}]$ ।
- পাতলা বৃত্তাকার চাকতির চক্রগতির ব্যাসার্ধ হলো $K = \frac{r}{\sqrt{2}}$ ।
- কোনো বস্তুর জড়তার ভ্রামক কৌণিক বেগের ওপর নির্ভর করে। সরু সুষ্ম দণ্ডের প্রান্ত এবং লম্বভাবে দণ্ডের মধ্য বিন্দু দিয়ে ঘূর্ণনের ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক 4 গুণ হয়।
- কোনো বস্তুর জড়তার ভ্রামক নির্ভর করে ভর ও ঘূর্ণন অক্ষের অবস্থানের ওপর।
- সমান ভরের দুটি বস্তুর মধ্যে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ হলে এবং ১ম বস্তুর আদিবেগ u_1 , শেষ বেগ v_1 , এবং ২য় বস্তুর আদিবেগ u_2 , এবং শেষবেগ v_2 হলে $u_1 = v_2$ প্রযোজ্য।
- সব থেকে দুর্বল বল মহাকর্ষ বল। সবল নিউক্লিয় বল শক্তিশালী বল।
- একক ভরের বস্তুর ওপর একক ত্বরণ সৃষ্টি করলে একক বলের সৃষ্টি হয়।
- সমকৌণিক বেগে ঘূর্ণনরত কোনো বস্তুর ঘূর্ণন ব্যাসার্ধ দ্বিগুণ হলে টর্ক 4 গুণ হবে।

নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- একটি পাখা প্রতি মিনিটে 60 বার ঘুরলে পাখাটির কৌণিক বেগ হবে $2\pi \text{ rad/s}$. ঘড়ির মিনিটের কাঁটার কম্পাঙ্ক $2.78 \times 10^{-4} \text{ Hz}$.
- নৌকায় গুন টানার সময় নৌকার হাল দ্বারা প্রযুক্ত বলের উল্লম্ব উপাংশ প্রশমিত হয়।
- ব্যাঙ্কিং হলো রাস্তার বাঁকে কেন্দ্রমুখি বল যোগানের জন্য ঢাল।
- ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার মধ্যবর্তী কোণ 180° ।
- 'r' ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার পথে একবার ঘুরে আসলে সরণ হবে $2\pi r$ ।
- কৌণিক ত্বরণের মাত্রা $[T^{-2}]$ ।
- বলের ঘাত ভরবেগের পরিবর্তনের সমান। আর ঘাতবল হলো খুব অল্প সময়ের জন্য খুব বড় মানের প্রযুক্ত বল।
- বলের ভ্রামক বা টর্ক (i) $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ (ii) $\vec{\tau} = I\vec{\alpha}$ (iii) $\tau = \frac{dL}{dt}$ (iv) $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{P}$
- (v) $E = \frac{1}{2}I\omega^2$ ($E \propto I$ যখন ω ধ্রুব) কেন্দ্রমুখি বলের ভেক্টররূপ : $-m(\vec{\omega} \cdot \vec{\omega})\vec{r}$ ।
- ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল (i) দুটি ভিন্ন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে (ii) এদের যোগফল শূন্য হয়।
- আবর্তন ঘূর্ণন গতির জন্য (i) কাজ = টর্ক \times কৌণিক বেগ, (ii) ক্ষমতা = টর্ক \times কৌণিক বেগ
- দৃঢ় বস্তুর জড়তার ভ্রামক নির্ভর করে (i) ঘূর্ণন অক্ষের অবস্থানের ওপর (ii) দৃঢ় বস্তুর আকৃতির ওপর (iii) ঘূর্ণন অক্ষের চারদিকে দৃঢ় বস্তুর ভরের ওপর। বল \times ক্রিয়াকাল = ঘাত বল।
- ১ম বস্তুর ভর ২য় বস্তুর ভরের তুলনায় অনেক বেশি হলে সংঘর্ষের পর ১ম বস্তুটি একই বেগে চলতে থাকবে।
- ঘড়ির ঘণ্টার কাঁটার কৌণিক বেগ $= \frac{\pi}{21600} \text{ rad s}^{-1}$ ।
- জড়তার ভ্রামক ও ঘূর্ণন গতিশক্তির মধ্যে সম্পর্ক হলো $E = \frac{1}{2}I\omega^2$ ।
- সমকৌণিক বেগ ঘূর্ণায়মান বস্তুর গতিশক্তি জড়তার ভ্রামকের অনুপাত কৌণিক বেগের বর্গের সমানুপাতিক।
- একক কৌণিক বেগে ঘূর্ণনরত বস্তুর গতি জড়তার ভ্রামক গতিশক্তির দ্বিগুণ।

নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

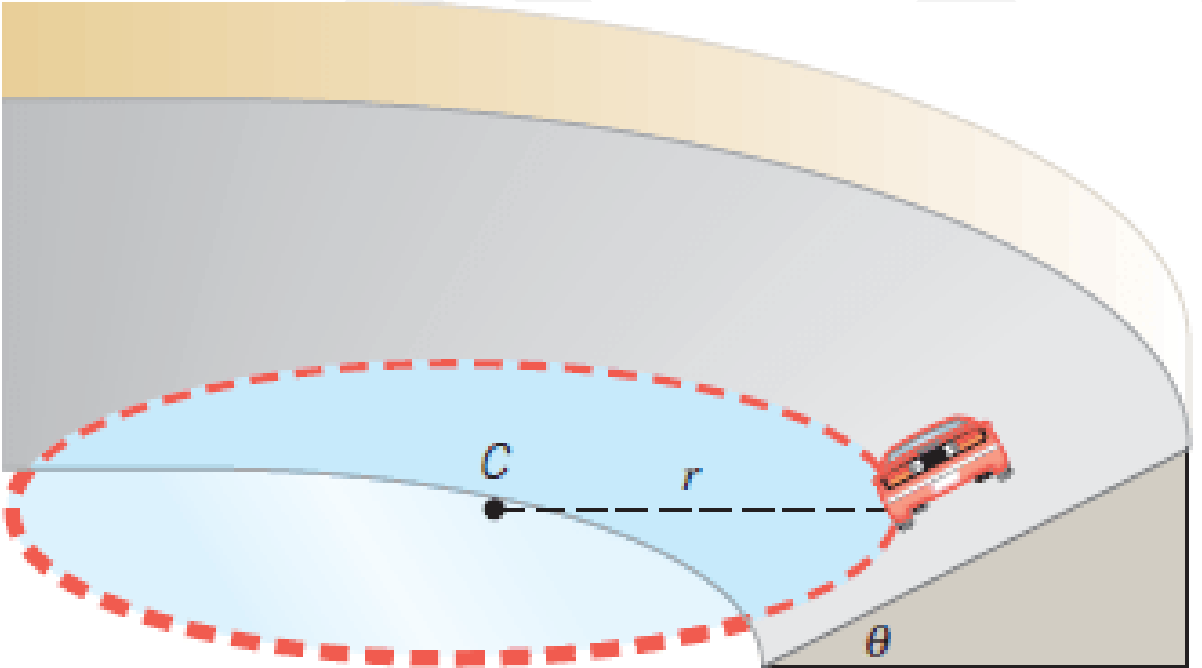
গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- ভরবেগ 100% বৃদ্ধি করলে গতিশক্তির পরিবর্তন হবে 300%।
- একক সমকৌণিক বেগে আবর্তনরত কোনো দৃঢ়বস্তুর জড়তার ভ্রামক সংখ্যাগতভাবে এর গতিশক্তির দ্বিগুণ।
- কোনো দৃঢ় বস্তুর চক্রগতির ব্যাসার্ধ, $K = \sqrt{\frac{I}{M}}$ । কোনো কণার ওপর প্রযুক্ত টর্ক শূন্য হলে কৌণিক ভরবেগ ধ্রুবক হয়।
- ডাইভিং এ লাফ দেওয়ার সময় সাতারুর কৌণিক ভরবেগ ধ্রুব থাকে।
- সবচেয়ে শক্তিশালী বল সবল নিউক্লিয় বল।
- কোনো বিন্দুর সাপেক্ষে ভরবেগের ভ্রামককে কৌণিক ভরবেগ বলে।
- কেন্দ্রমুখি বলের ভেক্টররূপ $\frac{m(\vec{v} \times \vec{v})}{r}$ ।
- বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনরত বস্তুর রৈখিক দ্রুতি v এবং আবর্তনকাল T এর মধ্যকার সম্পর্ক হলো,
- $v = \frac{2\pi r}{T}$ ।
- স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের ক্ষেত্রে সংরক্ষিত থাকে গতিশক্তি এবং ভরবেগ। অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের ক্ষেত্রে মোট গতিশক্তি সংরক্ষিত হয় না।
- বৃত্তাকার পথে কেন্দ্রের সাপেক্ষে গতিশীল হলে \vec{r} ও \vec{P} এর মধ্যবর্তী কোণ 90° হয়।
- ব্যাঙ্কিং কোণ নির্ভর করে বস্তুর বেগের ওপর এবং রাস্তার বাঁকের ব্যাসার্ধের ওপর।
- দুটি বস্তুর সংঘর্ষে ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল- (১) সমান ও বিপরীত (২) সর্বদা একই বস্তুর ওপর ক্রিয়া করে।
- বলের ঘাতের একক নিউটন-সেকেন্ড, ভরবেগ ও গতিশক্তির সম্পর্ক হলো $E_k = \frac{p^2}{2m}$ ।
- সবল নিউক্লিয় বল আকর্ষণধর্মী, স্বল্প পাল্লার এবং চার্জ নিরপেক্ষ।
- মহাকর্ষ বল মাধ্যমের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে না।
- মহাকর্ষ বলের তীব্রতা 1। সবল নিউক্লিয় বলের তীব্রতা 10^{42} । সবচেয়ে দুর্বল বল মহাকর্ষ বল।

নিউটনিয়ান বলবিদ্যা

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- গতিশক্তি ও জড়তার ভ্রামকের সম্পর্ক, $E_k = \frac{1}{2}I\omega^2$ । M তরের এবং R ব্যাসার্ধের একটি চাকতি তার সাথে লম্ব বরাবর অক্ষের সাপেক্ষে জড়তার ভ্রামক $\frac{MR^2}{2}$ । কোনো বস্তুর জড়তার ভ্রামক নির্ভর করে ভর ও ঘূর্ণন অক্ষের ওপর।
- ডাল ভাঙ্গানোর যাতাকলে কিনারার কণার রৈখিক বেগ বেশি এবং প্রতিটি কণার কৌণিক ভরবেগ সমান।
- আণবিক গঠনের জন্য দায়ী তড়িৎ চৌম্বক বল।
- বৃত্তাকার গতির ক্ষেত্রে কৌণিক ভরবেগ $mr^2\omega$ ।



কাজ, শক্তি ও ক্ষমতা

জ্ঞানমূলক

১) ঋণাত্মক কাজ কাকে বলে?

[ব. বো. '১৯; দি. বো. '১৫]

উ: বল প্রয়োগের ফলে যদি বলের প্রয়োগ বিন্দু বলের ক্রিয়ার বিপরীত দিকে সরে যায় বা বলের দিকে সরণের ঋণাত্মক উপাংশ থাকে তবে যে কাজ সম্পাদিত হয় তাকে ঋণাত্মক কাজ বলে।

২) প্রত্যয়নী বল কাকে বলে?

[কু. বো. '১৫; ব. বো. '১৯]

উ: কোনো স্প্রিংকে দৈর্ঘ্য বরাবর বিকৃত করলে স্থিতিস্থাপক ধর্মের দরুন প্রযুক্ত বলের বিপরীতে যে বলের উদ্ভব হয় তাকে প্রত্যয়নী বল বলে।

৩) স্প্রিং ধ্রুবক কাকে বলে?

[ঢা. বো. '১৬; রা. বো. '১৯; চ. বো. '১৯; কু. বো. '১৫; দি. বো. '১৯, ১৭]

উ: কোনো স্প্রিং-এর মুক্ত প্রান্তের একক সরণ ঘটালে স্প্রিংটি সরণের বিপরীত দিকে যে বল প্রয়োগ করে তাকে ঐ স্প্রিং-এর স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

৪) কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি বিবৃত কর।

[সি. বো. '১৬; য. বো. '১৯, ১৫; ব. বো. '১৫]

উ: কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি হল- কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়ারত লব্ধি বল কর্তৃক কৃত কাজ তার গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

৫) অশ্বক্ষমতা কাকে বলে?

[রা. বো. '১৯; চ. বো. '১৭; দি. বো. '১৭]

উ: প্রতি সেকেন্ডে ৭৪৬ জুল কাজ করার ক্ষমতাকে এক অশ্বক্ষমতা বলে।

৬) অসংরক্ষণশীল বল কাকে বলে?

[য. বো. '১৯; ব. বো. '১৫]

উ: কোনো বস্তুকে বলের প্রভাবে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে যদি মোট কাজের পরিমাণ শূন্য না হয় তবে ঐ বলকে অসংরক্ষণশীল বল বলে।

৭) কর্মদক্ষতা কাকে বলে?

[ঢা. বো. '১৫; সি. বো. '১৯, ১৬, ১৫]

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

৮) ক্ষমতা কাকে বলে?

[ব. বো. '১৬]

উ: কোনো একটি উৎসের কাজ করার হারকে ক্ষমতা বলে। একক সময়ের কৃত কাজ দ্বারা ক্ষমতা পরিমাপ করা হয়।

৯) কর্মদক্ষতা কাকে বলে?

[ঢা. বো. '১৬; সি. বো. '১৫, ১৯]

উ: কোনো যন্ত্রে সরবরাহকৃত শক্তি এবং কাজে পরিণত হওয়ার শক্তিকে কর্মক্ষমতা বলে।

কাজ, শক্তি ও ক্ষমতা

জ্ঞানমূলক

৯) যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণ নীতি কাকে বলে?

[য. বো. '১৭]

উ: ঘর্ষণ বা অন্য কোনো অপচয়ী বলের (dissipative force-এর) ক্রিয়ায় যদি কোনো শক্তির অপচয় না ঘটে তবে কোনো বস্তুর স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তির যোগফল সর্বদা ধ্রুব থাকে, অর্থাৎ বস্তুটির মোট যান্ত্রিক শক্তি ধ্রুব থাকে- একেই যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণ নীতি বলে।

১০) সংরক্ষণশীল বল কী?

[ঢা. বো. '১৭]

উ: যে বল কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়া করলে তাকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে বল কর্তৃক কাজ শূন্য হয় তাকে সংরক্ষণশীল বল বলে।

১১) কিলোওয়াট-ঘণ্টা কী?

[নটরডেম কলেজ, ঢাকা]

উ: এক কিলোওয়াট ক্ষমতা সম্পন্ন কোনো যন্ত্র এক ঘণ্টা কাজ করলে যে শক্তি ব্যয় হয়, তাকে কিলোওয়াট-ঘণ্টা বলে।

১২) বলের দ্বারা কাজ কী?

[রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]

উ: কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগের ফলে যদি প্রয়োগ বিন্দুর সরণ বলের অভিমুখে ঘটে তবে কৃতকাজকে বলের দ্বারা কাজ বলে।

১৩) যান্ত্রিক শক্তি কাকে বলে?

[সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল]

উ: কোনো বস্তুর অবস্থান ও গতির কারণে এর মধ্যে যে শক্তি থাকে তাকে যান্ত্রিক শক্তি বলে।

১৪) কাজ কাকে বলে?

উ: কোনো বস্তুর ওপর বল প্রয়োগে বস্তুর সরণ ঘটলে প্রযুক্ত বল ও বলের অভিমুখে সরণের উপাংশের গুণফলকে কাজ বলে।

১৫) কাজের একক কী?

উ: কাজের একক নিউটন-মিটার বা জুল।

১৬) শক্তি কাকে বলে?

উ: কাজ করার সামর্থ্যকে শক্তি বলে।

১৭) ধনাত্মক কাজ কাকে বলে?

উ: বলের দ্বারা কৃত কাজকে ধনাত্মক কাজ বলে।

১৮) ক্ষমতার একক কী?

উ: ক্ষমতার একক জুল/সে. (J/s)।

১৯) 1 ওয়াট কাকে বলে?

উ: এক সেকেন্ডে এক জুল কাজ করার ক্ষমতাকে 1 ওয়াট বলে।

কাজ, শক্তি ও ক্ষমতা

জ্ঞানমূলক

২০) কাজহীন বল কাকে বলে?

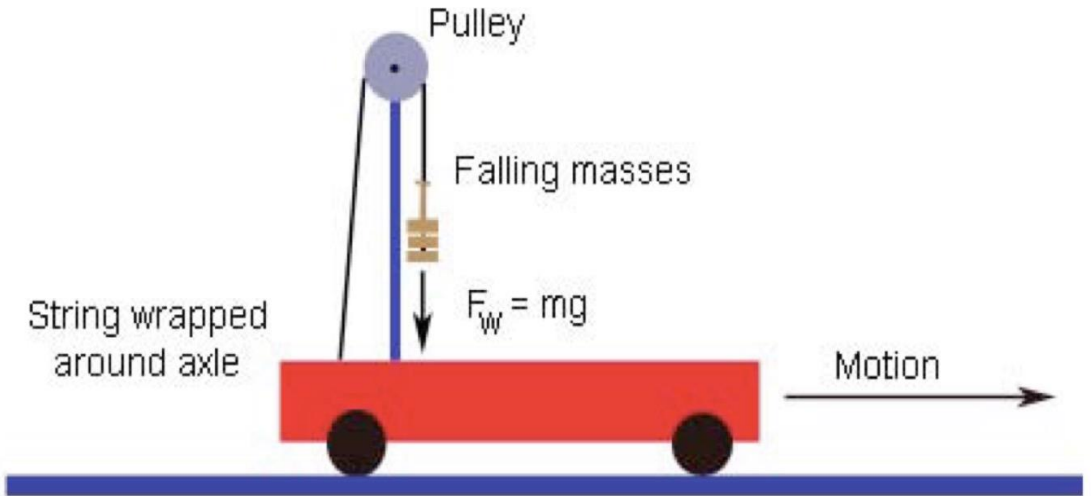
উ: বস্তুর সরণের লম্বদিকে ক্রিয়াশীল বল বস্তুর সরণের সময় কোনো কাজ করে না। এ ধরনের বলকে কাজহীন বল বলে।

২১) গতিশক্তি কাকে বলে?

উ: কোনো গতিশীল বস্তু তার গতির জন্য কাজ করার যে সামর্থ্য বা শক্তি লাভ করে তাকে বস্তুর গতিশক্তি বলে।

২২) স্থিতিশক্তি কাকে বলে?

উ: বস্তু তার অবস্থানের কারণে যে শক্তি অর্জন করে অথবা বস্তুস্থিত কণাসমূহের পারস্পরিক অবস্থানের পরিবর্তনের জন্য যে শক্তি অর্জন করে তাকে বস্তুর স্থিতিশক্তি বলে।



কাজ , শক্তি ও ক্ষমতা

অনুধাবনমূলক

১) কোনো বস্তু কীভাবে স্থিতিশক্তি অর্জন করে?

[ঢা. বো, '১৯]

উ: কোনো বস্তুকে তার অবস্থান বা আকৃতি থেকে অন্য কোনো অবস্থানে বা আকৃতিতে নিতে হলে বস্তু বাধা দেয়। এ বাধার বিরুদ্ধে বস্তুর আকৃতি বা অবস্থান পরিবর্তন করতে কৃতকাজই বস্তুতে স্থিতিশক্তি রূপে সঞ্চিত হয়। এভাবেই কোনো বস্তু স্থিতিশক্তি অর্জন করে।

২) “বল ধ্রুবক 2500 Nm^{-1} ”-এর অর্থ ব্যাখ্যা কর।

[চ. বো. '১৯]

উ: বল ধ্রুবক 2500 Nm^{-1} এর অর্থ হলো কোনো স্প্রিং এর মুক্তপ্রান্তের 1m সরণ ঘটালে স্প্রিংটি সরণের বিপরীত দিকে 2500 N বল প্রয়োগ করে।

৩) ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল কেন?

[দি. বো. '১৭]

উ: যে বলের বিরুদ্ধে করা কাজের পুনরুদ্ধার সম্ভব নয় তাকে অসংরক্ষণশীল বল বলে। কোনো বস্তুকে একটি মসৃণ তলের উপর দিয়ে টেনে নিয়ে যাওয়ার সময় ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। অমসৃণ তলটি অনুভূমিক হলে এই কৃতকাজ বস্তুটির মধ্যে স্থিতিশক্তিরূপে সঞ্চিত হয় না এবং বস্তুটিও কোনো কাজ করার সামর্থ্য লাভ করে না। বস্তুটিকে তার প্রাথমিক অবস্থানে ফিরিয়ে আনার সময় আবার ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। সুতরাং ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কৃতকাজের পুনরুদ্ধার সম্ভব নয়। তাই ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল।

৪) একটি ইঞ্জিনের দক্ষতা 60% বলতে কী বুঝায়?

[ব. বো. '১৬]

উ: কোনো ইঞ্জিনের দক্ষতা 60% বলতে বুঝায় যে, ইঞ্জিনটিতে 100 একক শক্তি সরবরাহ করলে তার মাত্র 60 একক শক্তি কাজে লাগবে এবং 40 একক শক্তির অপচয় হবে।

৫) স্প্রিংযুক্ত খেলনা গাড়িকে পেছন দিকে টেনে ছেড়ে দিলে গাড়িটি সামনের দিকে অগ্রসর হয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

[কু. বো, '১৬]

উ: : স্প্রিংযুক্ত খেলনা গাড়িকে পেছন দিকে টান দিলে এর মধ্যকার স্প্রিং-এর আকার ছোট হয়। এ আকার পরিবর্তনের জন্য খেলনাটি কাজ করে যা স্থিতিশক্তিরূপে স্প্রিং-এ সঞ্চিত হয়। টানার পর গাড়িটিকে ছেড়ে দিলে স্প্রিং এর প্যাঁচ খুলে পুনরায় পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসে। স্প্রিং এর সাথে খেলনা গাড়ির চাকা লাগানো থাকে। ফলে চাকা ঘুরতে থাকে এবং গাড়িটি সামনের দিকে অগ্রসর হয়। অর্থাৎ স্প্রিং-এর স্থিতিশক্তির দরুন খেলনা গাড়িকে পেছনে টেনে ছেড়ে দিলে গাড়িটি সামনের দিকে অগ্রসর হয়।

৬) পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘুরছে কিন্তু কোনো কাজ করছে না কেন?

[সকল বোর্ড '১৮]

উ: আমরা জানি, কাজ হলো বল ও বল প্রয়োগের ফলে সরণ বা সরণের উপাংশের গুণফল। ধরি, পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যকার আকর্ষণ বল বা ঘূর্ণায়মান পৃথিবীর কেন্দ্রাতিক বল F এবং পৃথিবী যেহেতু সরণের লম্বিক বরাবর ক্রিয়া করে। ফলে এর সরণের উপাংশ হবে $S \cos 90^\circ = 0$ । সুতরাং কাজ $W = F \cdot 0 = 0$ । ফলে পৃথিবী ঘুরছে কিন্তু কাজ হচ্ছে না।

কাজ , শক্তি ও ক্ষমতা

অনুধাবনমূলক

৭) কর্মদক্ষতা বলতে কী বুঝ? ব্যাখ্যা কর।

[ঢা. বো. '১৫; সি. বো. '১৬, ১৫]

উ: কোনো যন্ত্র দ্বারা কাজে রূপান্তরিত শক্তি ও ঐ যন্ত্রে প্রদত্ত মোট শক্তির অনুপাতকে ঐ যন্ত্রের কর্মদক্ষতা বলে।

কর্মদক্ষতাকে η (ইটা) দ্বারা প্রকাশ করা হলে, কর্মদক্ষতা,

$$\eta = \frac{\text{কাজে রূপান্তরিত শক্তি}}{\text{মোট প্রদত্ত শক্তি}} = \frac{\text{কাজে রূপান্তরিত শক্তি}}{\text{গ্রহীত মোট শক্তি}} \times 100\%$$

শক্তির পরিবর্তে অনেক সময় শক্তির হার অর্থাৎ ক্ষমতা দিয়ে কর্মদক্ষতাকে সংজ্ঞায়িত করা হয়। কার্যকর ক্ষমতা ও মোট ক্ষমতার অনুপাতকে কর্মদক্ষতা বলে।

$$\therefore \eta = \frac{\text{কার্যকর ক্ষমতা}}{\text{মোট প্রদত্ত ক্ষমতা}} = \frac{P'}{P} \times 100\%$$

৮) মাথায় করে কোনো ভারী বস্তু নিয়ে কিছু দূর যাওয়ার পরও অভিকর্ষজ বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয় কেন?

[ঢাকা কলেজ, ঢাকা]

উ: অভিকর্ষজ বিভব শক্তি = অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কৃতকাজ

$$\therefore W = Fh$$

$$= mgh$$

$$\therefore W \propto h \quad [\text{যেহেতু } m \text{ এবং } g \text{ ধ্রুবক}]$$

এখানে, F = বল

m = বস্তুর ভর

h = উচ্চতা

যেহেতু, অভিকর্ষজ বল দ্বারা কৃতকাজ বা অভিকর্ষজ বিভব শক্তির মান উচ্চতার সাথে সম্পর্কিত। এটা অনুভূমিক দূরত্বের সাথে সম্পর্কিত নয়। সুতরাং ভারী বস্তু মাথায় নিয়ে যত বেশি অনুভূমিক দূরত্ব অতিক্রম করুক না কেন তার বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হবে।

৯) ধ্রুব বল ও স্প্রিং স্পন্দন এর সাথে দোলনকালের সম্পর্ক স্থাপন কর।

[দি. বো. '১৫]

উ: অনুভূমিক স্প্রিং এর সরলছন্দিত গতির সমীকরণ থেকে পাই,

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

এ ছন্দিত গতির দোলনকাল T হলে,

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

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

এটিই নির্ণেয় সম্পর্ক।

১০) একটি হালকা ও একটি ভারী বস্তুর ভরবেগ সমান হলে কোনটির গতিশক্তি বেশি হবে ব্যাখ্যা কর।

[ব. বো. '১৫]

উ: একটি হালকা ও একটি ভারী বস্তুর ভরবেগ সমান হলে হালকা বস্তুটির বেগ ভারী বস্তুর বেগ অপেক্ষা বেশি হয়। আমরা জানি, গতিশক্তি বেগের বর্গের সমানুপাতিক। এক্ষেত্রে যে বস্তুটির বেগের মান বেশি হবে সে বস্তুটির গতিশক্তি ও বেশি হবে। এখানে যেহেতু হালকা বস্তুটির বেগ বেশি সেহেতু হালকা বস্তুটির গতিশক্তি বেশি হবে।

অনুধাবনমূলক

১১) কোনো বস্তুর গতিশক্তি কি ঋণাত্মক হতে পারে? ব্যাখ্যা কর।

[য. বো. '১৫]

উ: কোনো বস্তুর গতিশক্তি শূন্য হতে পারে, তবে কখনোই ঋণাত্মক হতে পারে না।
আমরা জানি, কোনো বস্তুর ভর m এবং বেগ v হলে তার গতিশক্তির সমীকরণটি হয়, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ । এ সমীকরণে বস্তুর ভর m সর্বদাই ধনাত্মক। তবে v এর মান ধনাত্মক বা ঋণাত্মক দুটোই হতে পারে। কিন্তু, এর মান কখনোই ঋণাত্মক হতে পারে না। কারণ, ধনাত্মক বা ঋণাত্মক সংখ্যার বর্গ সবসময়ই ধনাত্মক। তাই mv^2 বা $\frac{1}{2}mv^2$ কখনোই ঋণাত্মক হতে পারে না। তবে, বেগ অর্থাৎ, v শূন্য (স্থির বস্তু থাকলে) হলে গতিশক্তির মান শূন্য হবে।

১২) বলের দ্বারা কাজ বলতে কী বুঝায়? ব্যাখ্যা কর।

[সি. বো. '১৫]

উ: যদি বল প্রযোজ্য ফলে বস্তুর সরণ হয় এবং বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ 90° অপেক্ষা কম হয় তবে বল দ্বারা সম্পন্ন কাজকে ধনাত্মক কাজ বলে।

কাজ, $W = \vec{F} \cdot \vec{S} = FS \cos \theta$; ($0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$)

F ও S এর মধ্যবর্তী কোণ $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ এর জন্য $\cos \theta$ এর মান ধনাত্মক, তাই কাজ W ধনাত্মক হয়। যেমন : উপর হতে একটি বস্তুকে ছেড়ে দিলে বস্তুটি তার ওজন mg এর কারণে নিচে পড়ে। যদি সরণ h হয়, তাহলে F ও h -এর দিক একই দিকে হয়। এক্ষেত্রে অভিকর্ষ বলের দ্বারা কাজ সম্পন্ন হয়। তাই এ কাজ ধনাত্মক।

১৩) বালির উপর দিয়ে হাঁটা কষ্টসাধ্য ব্যাখ্যা কর।

[ব. বো. '১৯]

উ: বালির উপরে হাঁটা অসুবিধাজনক। বালি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া দিলেও এরূপ ঘটার কারণ বালিকণা ও পানির আন্তঃআণবিক বল কঠিন ভূমির তুলনায় অনেক কম হয়। লোকের ওজন বালি ও পানির উপর ক্রিয়া করায় বালি ও পানি স্থানচ্যুত হয়ে আন্তঃআণবিক ব্যবধান বৃদ্ধি করে ফলে লোকটি নিচের দিকে নামতে থাকেন। এজন্য বালির উপরে হাঁটা কষ্টকর।

১৪) বন্দুক হতে গুলি ছোড়ার সময় বন্দুক ও গুলির মধ্যে কোনটির গতিশক্তি বেশি ব্যাখ্যা কর।

[য. বো. '১৯]

উ: একটি হালকা ও একটি ভারী বস্তুর ভরবেগ সমান হলে হালকা বস্তুটির বেগ ভারী বস্তুর বেগ অপেক্ষা বেশি হয়। আবার, আমরা জানি, গতিশক্তি বেগের বর্গের সমানুপাতিক। এক্ষেত্রে যে বস্তুটির বেগের মান বেশি হবে সে বস্তুটির গতিশক্তিও বেশি হবে। এখানে যেহেতু হালকা বস্তুটির বেগ বেশি সেহেতু হালকা বস্তুটির গতিশক্তি বেশি হবে। বন্দুক হতে গুলি ছোড়ার সময় যেহেতু বন্দুক ও গুলির ভরবেগ সমান থাকে এবং এ দুটির মধ্যে গুলি অপেক্ষাকৃত হালকা সেহেতু উপরোল্লিখিত কারণে গুলির গতিশক্তি বেশি।

১৫) স্প্রিং ধ্রুবক এর তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর।

[য. বো. '১৯]

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

অনুধাবনমূলক

১৬) মহাকর্ষ বল একটি সংরক্ষণশীল বল – ব্যাখ্যা কর ?

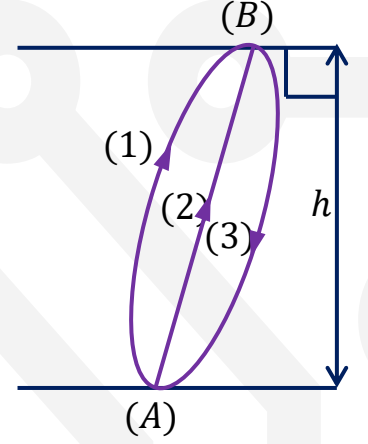
[দি বো. '১৬]

উ: ধরি, m ভরের একটি বস্তুকে A বিন্দু হতে B বিন্দুতে আনা হলো। এর ফলে বস্তুটির উল্লম্ব সরণ হলো h বস্তুটির স্থানান্তর (১) নং বা (২) নং বা (৩) নং যেকোনো পথে হোক না কেন প্রত্যেক পথেই অভিকর্ষীয় বল $F = mg$ খাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করে। বস্তুটিকে যেকোনো পথে A হতে B -তে আনলে অভিকর্ষ বল দ্বারা প্রতিটি পথেই সম্পন্ন কাজ হবে, $W_1 = -mgh$

আবার, বস্তুটিকে যেকোনো পথে B বিন্দু হতে A বিন্দুতে স্থানান্তর করা হলে, অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজ হবে, $W_1 = mgh$

A হতে B তে যেয়ে আবার A তে ফিরে আসতে মোট কৃতকাজ, $W = W_1 + W_2 = -mgh + mgh = 0$

কাজেই অভিকর্ষীয় বল সংরক্ষণশীল বল। যেহেতু অভিকর্ষ বল এক ধরনের মহাকর্ষীয় বল সেহেতু মহাকর্ষ বল একটি সংরক্ষণশীল বল।



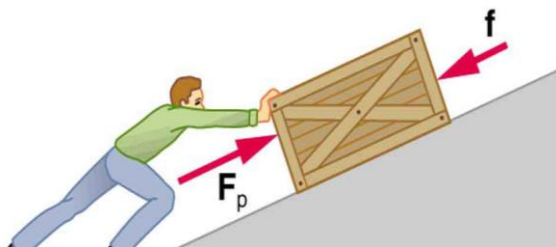
নিজে কর

- ১) গতিশক্তির সাথে ভরবেগ কীভাবে সম্পর্কিত তা দেখাও।
- ২) কী শর্তে বল দ্বারা কাজ হয় না? ব্যাখ্যা কর।
- ৩) একটি বস্তুর ভরবেগ 100% বাড়ানো হলে তার গতি শক্তি কীরূপ বাড়বে ?
- ৪) সরলদোলকের দোলনকালের সময় সুতার টান কর্তৃক কৃতকাজ শূন্য হয় কেন?
- ৫) স্প্রিংযুক্ত খেলনা গাড়িকে পেছন দিকে টেনে ছেড়ে দিলে গাড়িটি সামনের দিকে অগ্রসর হয় কেন?
- ৬) কর্মদক্ষতা বলতে কী বুঝ? ব্যাখ্যা কর।
- ৭) ক্ষমতা, বল ও বেগের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর।
- ৮) শক্তির অপচয় বলতে কী বুঝ?

কাজ , শক্তি ও ক্ষমতা

□ জ্ঞান ও অনুধাবনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ টপিক/প্রশ্ন

- কাজ
- ক্ষমতা
- কর্মদক্ষতা
- কাজ শক্তি উপপাদ্য
- অশ্ব ক্ষমতা
- স্প্রিং ধ্রুবক
- প্রত্যয়নী বল
- অপকেন্দ্র বল
- অভিকেন্দ্র বল
- যান্ত্রিক শক্তি
- গতিশক্তি
- ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক কাজ
- কিলোওয়াট - ঘন্টা
- বলের দ্বারা কৃত কাজ
- পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘুরলেও কোন কাজ সম্পন্ন হয় না - ব্যাখ্যা
- দুটি সমান ভরের বস্তু স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে বেগ বিনিময় করে - ব্যাখ্যা
- স্থিতিশক্তি কখনোই ঋণাত্মক হবে না
- কৌণিক দ্রুতি ও রৈখিক দ্রুতির সম্পর্ক
- মহাকর্ষীয় বিভব বনাম দূরত্বের লেখচিত্র
- কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য
- হালকা ও ভারী বস্তুর ভরবেগ সমান হলে গতিশক্তি হালকাটির বেশি-ব্যাখ্যা
- কী কী শর্তে কাজ শূন্য হয়
- শক্ত মাটির চেয়ে নরম মাটিতে হাঁটা কঠিন
- বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ 90° -এর চেয়ে বেশি হলে কাজ ঋণাত্মক
- ভরবেগ ও গতিশক্তির সম্পর্ক



কাজ, শক্তি ও ক্ষমতা

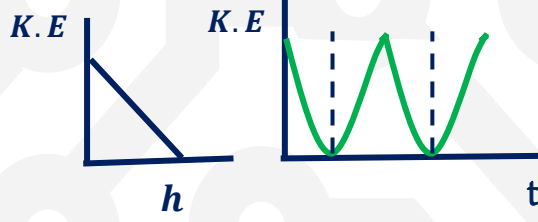
গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- সিঁড়ি বেয়ে ওপরে উঠতে কষ্ট হয় কারণ— অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কাজ হয়। কাজের অভিকর্ষীয় একক কেজি-মিটার।
- গতিশীল কোনো বস্তুর ভরবেগ P এবং গতিশক্তি K হলে এদের মধ্যে সম্পর্ক হলো $K = \frac{\vec{P} \cdot \vec{P}}{2m}$ বা, $\frac{P^2}{2m}$ ।
- বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনরত বস্তু কর্তৃক কৃত কাজ শূন্য হয়।
- কোন বস্তুকে ওপরে তুললে যন্ত্রের ক্ষমতা, $P = F \times v = mgv$. মহাকর্ষীয় বিভবের সর্বোচ্চ মান হয় অসীমে এবং সর্বোচ্চ মান শূন্য।
- বৈদ্যুতিক বাত্বের মাধ্যমে বৈদ্যুতিক শক্তি আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। অভিকর্ষীয় বলের বিপরীত কাজ $W \propto h$.
- বস্তুর ভর ও বেগ উভয়ই দ্বিগুণ হলে গতিশক্তি পূর্বের 4 গুণ হয়।
- কেন্দ্রমুখি বল দ্বারা কাজ শূন্য হয়।
- একটি স্প্রিংকে সংকুচিত করলে তাতে স্থিতিশক্তি সঞ্চিত থাকে।
- স্থিতিস্থাপক বলের বিরুদ্ধে কাজ $W \propto x^2$.
- ক্ষমতা, $P = \frac{W}{t} = \frac{Fs}{t} = Fv = mgv$ । গতিশক্তির মাত্রা $[ML^2T^{-2}]$. ধনাত্মক কাজের ক্ষেত্রে গতিশক্তি বৃদ্ধি পায় এবং ত্বরণ হয়।
- সংরক্ষণশীল বলের ক্ষেত্রে – (১) পূর্ণচক্রে মোট কাজ শূন্য হয়। (২) কাজের পরিমাণ কণার গতিপথের ওপর নির্ভর করে না। (৩) শক্তি নিত্যতার সূত্র পালিত হয়। (৪) কাজ পুনরুদ্ধার করা যায়। এই বলের উদাহরণ- অভিকর্ষীয় বল, বৈদ্যুতিক বল, স্প্রিং-এ বিকৃতি প্রতিরোধকারী বল।
- অসংরক্ষণশীল বলের ক্ষেত্রে – (১) পূর্ণচক্রে মোট কাজ শূন্য হয় না। (২) কাজের পরিমাণ কণার গতিপথের ওপর নির্ভর করে। (৩) শক্তির নিত্যতা পালিত হয় না। (৪) কাজ সম্পূর্ণরূপে পুনরুদ্ধার করা যায় না। এই বলের উদাহরণ হলো- ঘর্ষণ বল সান্দ্র বল।

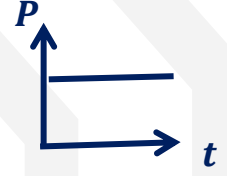
কাজ, শক্তি ও ক্ষমতা

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- একটি বস্তুকে ভূমি হতে উল্লম্বভাবে ওপরে নিক্ষেপ করা হলো। h উচ্চতায় ওঠে আবার ভূমিতে পতিত হলো। নিচের লেখচিত্র (ক) ইহা নির্দেশ করে। গতিশক্তির সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন মান বনাম সময় লেখচিত্র দেখানো হলো।



- স্থির অবস্থার একটি বস্তুকে একটি স্থির মানের বল ক্রিয়া করায় বস্তুটি চলতে শুরু করে। ঘর্ষণকে বিবেচনা না করলে পাশের লেখচিত্র বস্তুর ক্ষমতা প্রকাশ করে। কেন্দ্রমুখি বল দ্বারা কৃত কাজ শূন্য হয়।
- বস্তুর ভরবেগের মান উহার গতিশক্তির সমান হলে বস্তুটির বেগ $2ms^{-1}$ হয়।
- সিঁড়ি বেয়ে ওপরে ওঠা ঋণাত্মক কাজ। আর নিচে নামা ধনাত্মক কাজ।
- শক্তির মাত্রা $[ML^2T^{-2}]$.
- বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ 0° হলে কাজ সর্বোচ্চ হয় এবং 90° হলে সর্বনিম্ন হয়।
- ক্ষমতার মাত্রা সমীকরণ $[ML^2T^{-3}]$ ।
- h উচ্চতাবিশিষ্ট ঘনকের মধ্যে m ভরের গ্যাসের বিভব শক্তি শূন্য।
- সমান গতিশক্তিসম্পন্ন $9g$ এবং $4g$ ভরের দুটি বস্তু A ও B এর রৈখিক ভরবেগের অনুপাত হবে 3:2।
- কোনো যন্ত্রের কার্যকর শক্তি ও প্রদত্ত শক্তির অনুপাতকে দক্ষতা বলে।
- গতিশক্তি 4 গুণ বৃদ্ধি পেলে ভরবেগ 2 গুণ বৃদ্ধি পায়।
- ধনাত্মক কাজে গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়, ত্বরণ হয়।
- বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ θ হলে ঋণাত্মক কাজের শর্ত হবে $180^\circ \geq \theta \geq 90^\circ$ ।



কাজ, শক্তি ও ক্ষমতা

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- বলের দ্বারা কাজ বা ধনাত্মক কাজের শর্ত হবে $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ ।
- কাজের মান সর্বনিম্ন বা শূন্য হবে যদি বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ 90° হয়।
- বস্তুর আকার পরিবর্তনের জন্য স্থিতিশক্তি লাভ করে - ধনুকে তীর লাগিয়ে টানলে, ধাতব পাতকে বাকালে।
- পরিবর্তনশীল বল দ্বারা কাজের উদাহরণ (i) মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রে কৃত কাজ (ii) তড়িৎ বল কর্তৃক কৃত কাজ।
- শূন্য কাজের শর্ত হলো- (i) $\cos \theta = 0$, (ii) বস্তুর উপর বল প্রয়োগেও কোনো সরণ না ঘটলে।
- বস্তুর স্থিতিশক্তি নির্ভর করে ভর ও উচ্চতার উপর।
- বল ধ্রুবক বা স্প্রিং ভ্রাবক, $K = \frac{F}{x}$ । মাত্রা MT^{-2} ।
- একটি ভারী বস্তুকে মাথায় করে অনুভূমিক বরাবর রাস্তার ওপর দিয়ে এক স্থান হতে অন্য স্থানে সরানো হলো- (১) ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ হয় (২) অভিলম্বিক প্রতিক্রিয়া দ্বারা কাজ শূন্য।
- দুটি বস্তুকণার মধ্যকার দূরত্ব বৃদ্ধি করলে - (i) মহাকর্ষ বল দ্বারা কৃত কাজ ঋণাত্মক (ii) বাহ্যিক বল দ্বারা কৃত কাজ ধনাত্মক (iii) মহাকর্ষ বল দ্বারা কৃত কাজ দূরত্বের আদি ও চূড়ান্ত মানের ওপর নির্ভর করবে। মধ্যবর্তী কোনো মানের উপর নয়। মহাকর্ষ বিভব (V) ও প্রাবল্য (E) এর মধ্যে সম্পর্ক হলো, $E = -\frac{dV}{dr}$ ।
- স্প্রিং সংকোচন ও প্রসারণের ক্ষেত্রে কাজ ও স্থিতিশক্তি প্রকাশের সমীকরণ, $W = \frac{1}{2} Kx^2$ । অর্থাৎ স্থিতিস্থাপক বল দ্বারা কাজ সরণের বর্গের সমানুপাতিক।
- উড়োজাহাজ থেকে নিক্ষিপ্ত বোমা মাঝপথে ফেটে গেলে মোট ভরবেগ কমবে।
- অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তি বল দ্বারা সৃষ্ট সরণের সমানুপাতিক।

মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ

জ্ঞানমূলক

১) মহাকর্ষীয় বিভব কী?

[ঢা. বো. '১৭; য. বো. '১৯]

উ: একক ভরের কোনো বস্তুকে অসীম দূরত্ব থেকে মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ হয় তা-ই ঐ বিন্দুর মহাকর্ষীয় বিভব।

২) মুক্তিবৈগ কাকে বলে?

[কু. বো. '১৯, ১৬; চ. বো. '১৬; সি. বো. '১৯; ব. বো. '১৭; দি. বো. '১৬]

উ: ভূপৃষ্ঠ হতে ন্যূনতম যে বৈগে কোনো বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর পৃথিবীতে ফিরে আসে না, সেই বৈগকে পৃথিবীপৃষ্ঠ থেকে বস্তুর মুক্তিবৈগ বলে।

৩) ভূ-স্থির উপগ্রহ কাকে বলে?

[ঢা. বো. '১৫; রা. বো. '১৫; চ. বো. '১৯]

উ: কোনো কৃত্রিম উপগ্রহের আবর্তনকাল নিজ অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণায়মান পৃথিবীর আবর্তনকালের সমান হলে ঐ উপগ্রহকে ভূ-স্থির উপগ্রহ বলে।

৪) পার্কিং কক্ষপথ কী?

[সি. বো. '১৯]

উ: ভূ-স্থির উপগ্রহের কক্ষপথ হলো পার্কিং কক্ষপথ।

৫) গ্রহের গতি সংক্রান্ত কেপলারের দ্বিতীয় সূত্রটি কী?

[য. বো. '১৭]

উ: গ্রহের গতি সংক্রান্ত কেপলারের দ্বিতীয় সূত্রটি হলো- “গ্রহ এবং সূর্যের সংযোজক সরলরেখা সমান সময়ে সমান ক্ষেত্রফল অতিক্রম করে।”

৬) মহাকর্ষীয় ধ্রুবক কাকে বলে?

[য. বো. '১৬; চ. বো. '১৭; দি. বো. '১৭]

উ: একক ভরের দুটি বস্তু কণা একক দূরত্বে থেকে যে বলে পরস্পরকে আকর্ষণ করে তার মানকে মহাকর্ষীয় ধ্রুবক বলে।

৭) মহাকর্ষীয় প্রাবল্য কী?

[য. বো. '১৭]

উ: মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একক ভর সম্পন্ন একটি বস্তু স্থাপন করলে বস্তুটি যে আকর্ষণ বল অনুভব করে তাই ঐ ক্ষেত্রের দরুন ঐ বিন্দুর মহাকর্ষীয় প্রাবল্য।

৮) অভিকর্ষ কেন্দ্র কাকে বলে?

[কু. বো. '১৭; দি. বো. '১৬]

উ: একটি বস্তুকে যেভাবেই রাখা হোক না কেন বস্তুর ভেতরে অবস্থিত যে বিন্দুর মধ্য দিয়ে মোট ওজন ক্রিয়া করে সেই বিন্দুকে বস্তুর অভিকর্ষ কেন্দ্র বলে।

৯) কেপলারের ৩য় সূত্র বিবৃত কর।

[কু. বো. '১৬]

উ: প্রতিটি গ্রহের পর্যায়কালের বর্গ সূর্য হতে তার গড় দূরত্বের ঘনফলের সমানুপাতিক।

১০) নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র বিবৃত কর।

[চ. বো. '১৫]

উ: মহাবিশ্বের যে কোনো দুটি বস্তুকণা পরস্পরকে আকর্ষণ করে। এই আকর্ষণ বল বস্তু দুটির ভরের গুণফলের সমানুপাতিক এবং এদের মধ্যকার দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক।

মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ

১১) কৃত্রিম উপগ্রহ কাকে বলে?

[দি. বো. '১৬]

উ: মহাশূন্যে পাড়ি দেয়ার জন্য অথবা পৃথিবীর বা গ্রহ-নক্ষত্রের চারদিকে আবর্তনের জন্য মানুষ কর্তৃক তৈরি উপগ্রহকে কৃত্রিম উপগ্রহ বলে।

১২) ভারকেন্দ্র/ব্যারি সেন্টার কী?

[রাজশাহী কলাজ, রাজশাহী]

উ: কোনো বস্তুকে যেভাবে রাখা হোক না কেন তার ওজন যে বিশেষ বিন্দুর মধ্য দিয়ে ক্রিয়া করে ঐ বিন্দুকে বস্তুর ভারকেন্দ্র বলে।

১৩) পার্কিং কক্ষপথ কী কাজে লাগে?

[জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ]

উ: পার্কিং কক্ষপথে রিলে উপগ্রহ স্থাপন করে পৃথিবীর যেকোনো স্থান বা দেশের খেলাধুলা, সংবাদ ইত্যাদি অন্য স্থানে ধারাবাহিকভাবে দেখানো যায়।

১৪) গ্যালিলিওর ১ম সূত্র বিবৃত কর।

উ: বায়ুশূন্য স্থানে বা বাধাহীন পথে সকল বস্তুই নিশ্চল অবস্থা হতে যাত্রা করে সমান দ্রুততায় নিচে নামে অর্থাৎ সমান সময়ে সমান দূরত্ব অতিক্রম করে।

১৫) গ্যালিলিওর ২য় সূত্র বিবৃত কর।

উ: বাধাহীন পথে পড়ন্ত বস্তুর নির্দিষ্ট সময়ে প্রাপ্তবেগ ওই সময়ের সমানুপাতিক।

১৬) গ্যালিলিওর ৩য় সূত্র বিবৃত কর।

উ: বাধাহীন পথে পড়ন্ত বস্তুর নির্দিষ্ট সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব ওই সময়ের বর্গের সমানুপাতিক।

১৭) কেপলারের ১ম সূত্র বিবৃত কর।

উ: প্রতিটি গ্রহ সূর্যকে উপবৃত্তের নতিতে বা ফোকাসে রেখে একটি উপবৃত্তাকার পথে প্রদক্ষিণ করছে।

১৮) মহাকর্ষীয় ধ্রুবক কাকে বলে?

উ: একক ভরবিশিষ্ট দুটি বস্তুকণা একক দূরত্বে থেকে যে পরিমাণ বল দ্বারা পরস্পরকে আকর্ষণ করে তার সংখ্যাগত মানকে মহাকর্ষীয় ধ্রুবক বলে।

১৯) মহাকর্ষ কাকে বলে?

উ: নভোমণ্ডলে অবস্থিত দুটি বস্তু বা বস্তুকণার মধ্যকার পারস্পরিক আকর্ষণ বলকে মহাকর্ষ বলে।

২০) মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র কাকে বলে?

উ: কোনো বস্তুর চারপাশে যে অঞ্চল ব্যাপী এর মহাকর্ষীয় প্রভাব বজায় থাকে, অর্থাৎ অন্য কোনো বস্তু রাখা হলে সেটি আকর্ষণ লাভ করে, তাকে বস্তুর মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র বলে।

২১) অভিকর্ষজ ত্বরণ কাকে বলে?

উ: বস্তুতে অভিকর্ষ বল কর্তৃক যে ত্বরণ উৎপন্ন হয় তাকে অভিকর্ষজ ত্বরণ বলে।

মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ

অনুধাবনমূলক

১) মহাকর্ষ বিভবের মান ঋণাত্মক হয় কেন?

[সি. বো. '১৬]

উ: মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে বিভব বলতে অসীম দূরত্ব থেকে একক ভরের কোনো বস্তুকে ঐ বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সাধিত হয় তাকে বোঝায়। এই সরণ বলের বিপরীতমুখী হয় বলে কৃতকাজ ঋণাত্মক। আবার মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে বিভব ঐ বিন্দুতে একক ভরের কোনো বস্তুর স্থিতিশক্তির সমান। কৃতকাজ ঋণাত্মক বলে মহাকর্ষীয় বিভব সর্বদা ঋণাত্মক।

২) অভিকর্ষ এক ধরনের মহাকর্ষ বল - ব্যাখ্যা কর।

[রা. বো. '১৬]

উ: এ মহাবিশ্বের যেকোনো দুটি বস্তুর মধ্যকার পারস্পরিক আকর্ষণ বলকে মহাকর্ষ বল 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 বল।

৩) পৃথিবীতে বছরের দিনের সংখ্যা পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যবর্তী গড়দূরত্বের সাথে কীভাবে সম্পর্কিত ব্যাখ্যা কর।

[ব. বো. '১৫]

উ: আমরা জানি, প্রতিটি গ্রহের পর্যায়কালের বর্গ সূর্য হতে এর গড় দূরত্বের ঘনফলের সমানুপাতিক। অর্থাৎ, গড় দূরত্ব বেশি হলে পর্যায়কালও বেশি হয়। আবার পর্যায়কাল বেশি হলে বছরের দিনের সংখ্যা বেশি হবে। অতএব পৃথিবীতে বছরের দিনের সংখ্যা পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যবর্তী গড় দূরত্বের সমানুপাতিক।

৪) মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রে দূরত্বের সাপেক্ষে মহাকর্ষীয় বিভবের পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর।

[রা. বো. '১৫]

উ: অসীম দূর হতে একক ভরের কোনো বস্তুকে মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে কাজ সাধিত হয়, তাকে ঐ বিন্দুর মহাকর্ষীয় বিভব বলে।

M ভরের কোনো বস্তুর অবস্থান থেকে দূরত্বে মহাকর্ষীয় বিভব V হলে, $V = -\frac{GM}{r}$ অর্থাৎ, মহাকর্ষীয় বিভব দূরত্বের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়। এখানে ঋণাত্মক চিহ্ন প্রকাশ করে যে, অসীম মহাকর্ষীয় বিভব সর্বোচ্চ এবং তা শূন্য। বস্তুটিকে, যতই মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের দিকে আনা হয় ততই মহাকর্ষীয় বিভবের মান কমতে থাকে।

৫) আম ভূপৃষ্ঠে আছড়ে পড়ে, তবে কৃত্রিম উপগ্রহ আছড়ে পড়ে না কেন? ব্যাখ্যা কর।

[কু. বো. '১৬]

উ: আমের নিজস্ব কোনো বেগ নেই। তাই পৃথিবীর অভিকর্ষ বলের প্রভাবে এটি ভূপৃষ্ঠে পতিত হয়। অপরদিকে কৃত্রিম উপগ্রহকে পৃথিবী প্রদক্ষিণ করার জন্য একটি বেগ দেওয়া হয়। কৃত্রিম উপগ্রহের এ বেগ তার কক্ষপথের স্পর্শক বরাবর ক্রিয়া করে। ফলে পৃথিবীর অভিকর্ষ বল এটিকে পৃথিবীর দিকে আকর্ষণ করলেও তার কক্ষপথ থেকে বের করে আনতে পারে না। এ কারণেই আম ভূপৃষ্ঠে আছড়ে পড়ে, কিন্তু কৃত্রিম উপগ্রহ আছড়ে পড়ে না।

মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ

অনুধাবনমূলক

৬) পৃথিবীর ঘনত্বের পরিবর্তনে অভিকর্ষজ ত্বরণ পরিবর্তন হবে কি? ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. '১৯]

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

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

$$\text{বা, } g \propto \rho$$

অর্থাৎ অভিকর্ষজ ত্বরণ পৃথিবীর ঘনত্বের সমানুপাতিক। পৃথিবীর ঘনত্ব বাড়লে অভিকর্ষজ ত্বরণ বাড়বে এবং ঘনত্ব কমলে অভিকর্ষজ ত্বরণ কমবে। অতএব, পৃথিবীর ঘনত্বের পরিবর্তনে অভিকর্ষজ ত্বরণ হবে।

৭) পৃথিবীর অভ্যন্তরে কোনো স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণ পৃথিবীর কেন্দ্র হতে দূরত্বের সমানুপাতিক-
ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. '১৯]

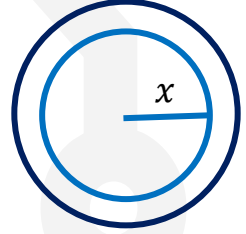
উ: পৃথিবীর অভ্যন্তরে কেন্দ্র থেকে x দূরত্বে অভিকর্ষজ ত্বরণ,

$$g' = \frac{GM'}{x^2}$$

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

$$\text{বা, } g' \propto x$$

উপরোক্ত বিশ্লেষণে এটি স্পষ্ট যে, পৃথিবীর অভ্যন্তরে কোনো স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণ পৃথিবীর কেন্দ্র হতে দূরত্বের সমানুপাতিক।



৮) কোনো গ্রহের মুক্তিবৈগ v_e গ্রহের ব্যাসার্ধের উপর নির্ভরশীল কিনা- ব্যাখ্যা কর। [দি. বো. '১৯]

উ: আমরা জানি, মুক্তিবৈগ, $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$

অর্থাৎ, ভর ধ্রুব থাকলে মুক্তিবৈগ গ্রহের ব্যাসার্ধের বর্গমূলের ব্যাস্তানুপাতিক। যার অর্থ ব্যাসার্ধ বাড়লে মুক্তিবৈগ কমবে এবং ব্যাসার্ধ কমলে মুক্তিবৈগ বাড়বে।

$$\text{আবার, } v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$= \sqrt{\frac{2G \times \frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{R}} = \sqrt{\frac{8G\pi R^3 \rho}{3}}$$

$$\text{বা, } v_e \propto R$$

উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যাচ্ছে যে, ব্যাসার্ধ পরিবর্তনের সাথে সাথে গ্রহের ভর পরিবর্তন না হলে মুক্তিবৈগ গ্রহের ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক অর্থাৎ সেক্ষেত্রে গ্রহের ব্যাসার্ধ বাড়লে মুক্তিবৈগ বাড়বে, ব্যাসার্ধ কমলে মুক্তিবৈগ কমবে। অতএব, এটি স্পষ্ট যে, কোনো গ্রহের মুক্তিবৈগ v_e গ্রহের ব্যাসার্ধের উপর নির্ভরশীল।

মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ

অনুধাবনমূলক

৯) পৃথিবীর নিজ অক্ষের চারপাশে ঘূর্ণন হঠাৎ থেমে গেলে পৃথিবী পৃষ্ঠে g -এর মানের কিরূপ পরিবর্তন হবে ব্যাখ্যা কর। [য. বো. '১৯]

উ: পৃথিবীর নিজ অক্ষের চারপাশে ঘূর্ণনের ফলে যে কেন্দ্রবিমুখী ত্বরণ সৃষ্টি হয় তার কারণে মেরু অঞ্চল ব্যতীত পৃথিবী পৃষ্ঠের অন্যান্য স্থানে g -এর মান হ্রাস পায়। এ কারণে পৃথিবীর নিজ অক্ষের চারপাশে ঘূর্ণন হঠাৎ থেমে গেলে মেরু অঞ্চলে g -এর মান অপরিবর্তিত থাকবে কিন্তু পৃথিবী পৃষ্ঠের অন্যান্য স্থানে g -এর মান বৃদ্ধি পাবে।

১০) সূর্যকে কেন্দ্র করে ঘূর্ণায়মান গ্রহগুলোর আবর্তনকাল ভিন্ন হয় ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. '১৯]

উ: কেপলারের তৃতীয় সূত্রানুসারে, সূর্যের প্রতিটি গ্রহের আবর্তনকালের বর্গ সূর্য থেকে ঐ গ্রহের গড় দূরত্বের ঘনফলের সমানুপাতিক। কিন্তু সূর্য থেকে গ্রহগুলোর দূরত্ব সমান নয়। এ কারণে, সূর্যের চারদিকে সম্পূর্ণ পথ ঘুরে আসতে গ্রহগুলোর ভিন্ন সময় লাগে। তাই গ্রহগুলোর সমান সংখ্যক দিনে বছর হয় না। অর্থাৎ তাদের আবর্তনকাল ভিন্ন হয়।

১১) স্থির ভরের কোনো সম্প্রসারিত হলে কোনো বস্তুর মুক্তিবৈগ্য পরিবর্তন হয় কি ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. '১৯]

উ: আমরা জানি, মুক্তিবৈগ্য, $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$

ভর স্থির থাকলে সম্পর্কটি দাঁড়ায়-

$$v_e \propto \sqrt{\frac{1}{R}}$$

অর্থাৎ, স্থির ভরের ক্ষেত্রে মুক্তিবৈগ্য গ্রহের ব্যাসার্ধের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক। অতএব, স্থির ভরের কোনো গ্রহ সম্প্রসারিত হলে গ্রহটিতে কোনো বস্তুর মুক্তিবৈগ্য কমবে।

১২) ঘূর্ণনরত কোনো গ্রহ সূর্যের কাছাকাছি আসলে তার বেগ বাড়ে কেন? ব্যাখ্যা কর।

[চ.বো. '১৭; কু. বো. '১৫]

উ: আমরা জানি, সূর্যের চারদিকে প্রতিটি গ্রহের আবর্তনকালের বর্গ সূর্য থেকে ঐ গ্রহের গড় দূরত্বের ঘনফলের সমানুপাতিক। অর্থাৎ সূর্য থেকে দূরত্ব যত কম হবে আবর্তনকাল তত বেশি হবে। আবার আবর্তনকাল যত বেশি হয় বেগ তত কম হয়। কারণ, $v = \frac{2\pi r}{T}$ । তাই সূর্যের কাছাকাছি আসলে সূর্য থেকে দূরত্ব কমে, ফলে আবর্তনকাল কমে এবং বেগ বাড়ে।

১৩) মঙ্গল গ্রহে কোনো বস্তুর মুক্তিবৈগ্য 4.77 kms^{-1} বলতে কি বুঝ? ব্যাখ্যা কর। [য. বো. '১৬]

উ: মঙ্গল গ্রহে কোনো বস্তুর মুক্তিবৈগ্য 4.77 kms^{-1} বলতে বুঝায় কোনো বস্তুকে 4.77 kms^{-1} বেগে ভূপৃষ্ঠ থেকে নিক্ষেপ করলে মঙ্গল গ্রহের আকর্ষণ কাটিয়ে মহাশূন্যে চলে যাবে। আর ভূপৃষ্ঠে ফিরে আসবে না।

মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ

অনুধাবনমূলক

১৪) রকেটের বেগ মুক্তিব্যবেগ নয় কেন?

[দি. বো. '১৬]

উ: সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে কোনো বস্তুকে খাড়া উপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর পৃথিবীতে ফিরে আসে না সেই বেগকে মুক্তিব্যবেগ বলে।

অর্থাৎ মুক্তিব্যবেগ প্রাপ্ত বস্তু পৃথিবীর আকর্ষণ কাটিয়ে মহাশূন্যে চলে যায় এবং তাকে আর কখনো পৃথিবীতে ফিরিয়ে আনা সম্ভব হয় না। রকেটের বেগ অনেক বেশি হলেও এই বেগের কারণে রকেট পৃথিবীর আকর্ষণ কাটিয়ে চলে যেতে পারে না এবং প্রয়োজন হলে এটিকে পৃথিবীতে আবার ফিরিয়ে আনা যায়। তাই রকেটের বেগ মুক্তিব্যবেগ নয়।

১৫) কখনও সমুদ্র সমতল থেকে কোনো বস্তুকে $v = 11.2 \text{ km/s}$ বেগে নিক্ষেপ করা সম্ভব?

[ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

উ: কোন বস্তুকে 11.2 km/s বেগে নিক্ষেপ করা হলে তা আর পৃথিবীতে ফিরে আসবে না অর্থাৎ বস্তুটি মুক্তিব্যবেগের সমান মানে নিক্ষিপ্ত। আমরা জানি, কোনো গ্রহ বা উপগ্রহের মুক্তিব্যবেগ, $v = \sqrt{2gR}$ এখানে, g = গ্রহ বা উপগ্রহের পৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণ

R = গ্রহ বা উপগ্রহের ব্যাসার্ধ

যেহেতু সমুদ্র সমতলে g ও R উভয়ের মান নির্ণয় সম্ভব। অতএব, সমুদ্র সমতল থেকে কোনো বস্তুকে $v = 11.2 \text{ km/s}$ বেগে নিক্ষেপ করা সম্ভব।

১৬) ভূস্থির উপগ্রহের পর্যায়কাল ২৪ ঘণ্টা রাখা হয় কেন?

[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]

উ: যে কৃত্রিম উপগ্রহের আবর্তনকাল পৃথিবীর নিজ অক্ষের আবর্তনকালের সমান অর্থাৎ ২৪ ঘণ্টা তাদেরকে ভূস্থির উপগ্রহ বলে। অর্থাৎ, ভূস্থির উপগ্রহকে নিরক্ষীয় তলে অবস্থিত কোনো কক্ষপথে এমনভাবে স্থাপন করা হয় যাতে পৃথিবী যে অভিমুখে নিজ অক্ষের চারদিকে আবর্তন করে উপগ্রহটিও সেই অভিমুখে অর্থাৎ পশ্চিম থেকে পূর্বে প্রতি ২৪ ঘণ্টায় একবার আবর্তন করে। ফলে পৃথিবী থেকে দেখলে উপগ্রহটি নিরক্ষরেখার ওপরে একটি নির্দিষ্ট স্থানে স্থির আছে বলে মনে হয়। মূলত পৃথিবী ও উপগ্রহটির আবর্তনকাল সমান হওয়ার কারণে ভূস্থির উপগ্রহটির বেগ থাকা সত্ত্বেও পৃথিবী থেকে দেখলে তাকে আপেক্ষিকভাবে স্থির বলে মনে হয়।

নিজে কর

- ১) G কে বিশ্বজনীন ধ্রুবক বলা হয় কেন?
- ২) একটি আপেল নির্দিষ্ট উচ্চতা থেকে পৃথিবীর দিকে পতিত হয়, কিন্তু চাঁদ পৃথিবীর দিকে পতিত হয় না কেন?
- ৩) কোনো বস্তুর উপগ্রহে পরিণত হওয়ার শর্তগুলো লিখ।
- ৪) সকল কৃত্রিম উপগ্রহ ভূস্থির উপগ্রহ নয় কেন?
- ৫) নভোচারীগণ মহাশূন্যানে মহাকাশে ভ্রমণের সময় নিজেকে ওজনহীন মনে করেন কেন?
- ৬) রকেটের বেগ মুক্তিবেগ নয় কেন?
- ৭) ত্বরণ এবং অভিকর্ষজ ত্বরণের মধ্যে পার্থক্য লিখ।
- ৮) একটি কঠিন বস্তুকে ভেঙে কয়েক টুকরা করা হলে প্রতিটি টুকরার কয়টি ভারকেন্দ্র থাকবে?
- ৯) বিষুবীর অঞ্চলে ওজন হ্রাস পায় কেন?



মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ

□ জ্ঞান ও অনুধাবনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ টপিক/প্রশ্ন

মহাকর্ষীয় ধ্রুবক

ঘূর্ণন গতির জন্য
নিউটনের তৃতীয় সূত্র

গ্রহের গতি সংক্রান্ত
কেপলারের ১ম/২য়/৩য়
সূত্র

পৃথিবীর মুক্তিবৈগ

অভিকর্ষ কেন্দ্র

পৃথিবীর মুক্তিবৈগ

মহাকর্ষীয় তীব্রতা বা
প্রাবল্য

মহাকর্ষীয় বিভব

কেন্দ্রমুখী বল

কৃত্রিম উপগ্রহ

পার্কিং কক্ষপথ

ভূস্থির উপগ্রহ

ভারকেন্দ্র

কেপলারের সূত্রের ব্যাখ্যা

অসীমে মহাকর্ষীয়
বিভবের মান শূন্য কেন

পড়ন্ত বস্তুর সূত্রসমূহ

মুক্তি বেগের মান বস্তুর
ভরের উপর নির্ভর করে
না কেন

পৃথিবীর ঘূর্ণনের ক্ষেত্রে
টর্ক নেই কেন

পৃথিবীর অভ্যন্তরে কোনো
স্থানে g এর মান কেন্দ্র
হতে জায়গাটির দূরত্বের
সমানুপাতিক কেন



মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- 1 kg ভরের বস্তুর ওপর অভিকর্ষজ বলের মান 9.8 N ।
- মহাকর্ষ ক্ষেত্র প্রাবল্য সব থেকে বেশি পৃথিবী পৃষ্ঠে $= g$ ।
- মহাকর্ষীয় বিভবের একক Jkg^{-1} , প্রাবল্যের একক Nkg^{-1} , মহাকর্ষীয় ধ্রুবকের একক Nm^2kg^{-2} ।
- কোনো বস্তুর মুক্তিবৈগ ওই বস্তুর ভরের ওপর নির্ভরশীল নয়।
- মহাকর্ষীয় বিভব সর্বদা ঋণাত্মক রাশি।
- পৃথিবীর পৃষ্ঠে মুক্তিবৈগের মান 11.18 kgs^{-1} ।
- ভূপৃষ্ঠে কৃত্রিম উপগ্রহের আবর্তনকাল 24 ঘণ্টা।
- খাড়া ওপরের দিকে g এর মান -9.8 ms^{-2} ।
- অসীমে মহাকর্ষীয় বিভব শূন্য ধরা হয়। এই মানই সর্বোচ্চ মান।
- দুটি বস্তুর মধ্যে যে দূরত্ব আছে তা অর্ধেকে নেমে আসলে মহাকর্ষ বল চারগুণ বাড়ে।
- মহাকর্ষীয় প্রাবল্য ও মহাকর্ষীয় বিভবের মধ্যে সম্পর্ক হলো $E = -\frac{dV}{dr}$ । গোলকের অভ্যন্তরে মহাকর্ষীয় বিভব স্থির থাকে।
- বস্তুর ভর দ্বিগুণ হলেও মুক্তি বৈগের কোনো পরিবর্তন হয় না।
- যদি পৃথিবীর ভর অপরিবর্তিত রেখে এর ব্যাসার্ধ 4 গুণ বৃদ্ধি করা হয় তবে পৃথিবীতে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান 16 গুণ হ্রাস পাবে।
- পৃথিবীর ক্ষেত্রে কোনো বিন্দুর মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র প্রাবল্য ওই বিন্দুর অভিকর্ষজ ত্বরণ একই।
- পৃথিবী পৃষ্ঠে একটি রকেটের মুক্তিবৈগ v_E । রকেটটিকে অন্য একটি গ্রহ থেকে নিক্ষেপ করা হলো যার অভিকর্ষজ ত্বরণ এবং ব্যাসার্ধ পৃথিবীর দ্বিগুণ। গ্রহটির পৃষ্ঠে রকেটের মুক্তিবৈগ হবে $2v_c$ ।

মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- মহাকর্ষীয় ধ্রুবকের মাত্রা $[M^{-1}T^{-2}L^3]$, মহাকর্ষীয় বিভবের মাত্রা $[L^2T^{-2}]$ ।
- কেপলারের তৃতীয় সূত্র হলো $T^2 \propto R^3$ ।
- M ভরের কোনো গ্রহের চারদিকে r ব্যাসার্ধের কক্ষে বেগে আবর্তনশীল m ভরের উপগ্রহের বেগ, $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, $\frac{T_1}{R_1^3} = \frac{T_2}{R_2^3}$ হলো গ্রহের গতি সংক্রান্ত কেপলারের তৃতীয় সূত্র।
- E মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র প্রাবল্যের কোনো বিন্দুতে m ভরের বস্তু রাখলে তার ওপর mE পরিমাণ বল ক্রিয়া করে।
- পৃথিবী ও অন্য কোনো গ্রহের মধ্যবর্তী দূরত্ব দ্বিগুণ হলে মহাকর্ষ বল হবে এক-চতুর্থাংশ।
- পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R এবং পৃথিবীর অভিকর্ষজ ত্বরণ g হলে পৃথিবী পৃষ্ঠ হতে h উচ্চতায় অভিকর্ষজ ত্বরণ $= \frac{gR^2}{(R+h)^2}$ ।
- ভূ-স্থির উপগ্রহের পর্যায়কাল 1 দিন বা 24 ঘণ্টা।
- গ্রহগুলোর গতিপথ উপবৃত্তাকার এই সূত্রটি বিজ্ঞানী কেপলারের।
- গ্রাভিটন নামক কণার বিনিময়ের ফলে মহাকর্ষ বল কার্যকর হয়। মহাকর্ষ বল সব থেকে দুর্বল বল।
- পৃথিবীর ব্যাসার্ধ হ্রাস পেলে g এর মান হ্রাস পাবে।
- দুটি বস্তুর মধ্যকার দূরত্ব অর্ধেক করলে মহাকর্ষ বলের মান চারগুণ বাড়ে।
- g -এর মান মেরুতে সর্বাধিক।
- পৃথিবীতে কোনো বস্তুর মুক্তিবৈগ পৃথিবীর ব্যাসার্ধের ওপর নির্ভর করে।
- সূর্য থেকে পৃথিবীর গড় দূরত্ব কমে গেলে বছরের দৈর্ঘ্য কমে যাবে।
- একটি পাথরকে খাড়া ওপরের দিকে তুলতে থাকলে এর উপর ২টি বল ক্রিয়া করে।

মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- একটি কৃত্রিম উপগ্রহের উচ্চতা ও আবর্তনকালের মধ্যে সম্পর্ক হলো,
- $h = \left(\frac{GMT}{4\pi}\right)^{1/3} \left(\frac{T}{\pi}\right)^{2/3} - R$
- সূর্য হতে গড় দূরত্ব r এবং গ্রহের পর্যায়কাল T হলে $T^2 \propto r^3$ হয়।
- 90° অক্ষাংশে g -এর মান সর্বাপেক্ষা বেশি। ভরকেন্দ্রে বস্তুর মোট ওজন ক্রিয়া করে।
- বলের বিরুদ্ধে কাজের ক্ষেত্রে বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ 180° ।
- পৃথিবীর 45° অক্ষাংশে অভিকর্ষজ ত্বরণকে আদর্শ মান ধরা হয়।
- স্প্রিং নিষ্ক্রিতে একবার পৃথিবীতে ও আরেকবার চন্দ্রে ওজন নিলে চন্দ্রে ওজন কম হবে।
- একটি হাল্কা ও একটি ভারী বস্তুর ক্ষেত্রে ভরবেগ ধ্রুব হলে হাল্কা বস্তুটির গতিশক্তি বেশি হবে।
- মহাকর্ষ সূত্রের ভেক্টর রূপ: $\vec{F}_{12} = \frac{Gm_1m_2}{r_{12}^3} \vec{r}_{12}$ ।
- পার্কিং কক্ষপথ হলো ভূ-স্থির উপগ্রহের কক্ষপথ।
- পৃথিবীর নিজ অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণনের দরুন g -এর মান পরিবর্তিত হয়।
- নিরক্ষরেখায় g -এর মান সর্বনিম্ন ও দুটি মেরুতে সর্বোচ্চ হয়। মেরু বিন্দুতে অক্ষাংশ,
- $\lambda = 90^\circ$ এবং $g' = g$ । নিরক্ষরেখায় $\lambda = 0^\circ, \cos \lambda = 1$ এবং $g' = g - \omega^2 R$ ।



পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

জ্ঞানমূলক

১) স্থিতিস্থাপক বলের সংজ্ঞা দাও।

[ঢা. বো. '১৯]

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

২) কৃন্তন বিকৃতি কী?

[কু. বো. '১৯]

উ: যদি প্রযুক্ত বাহ্যিক বলের ক্রিয়ায় বস্তুর আয়তন অপরিবর্তিত থেকে কেবলমাত্র এর আকৃতির পরিবর্তন হয় তবে বস্তুর ঐ ধরনের বিকৃতিকে কৃন্তন বিকৃতি বলা হয়।

৩) স্থিতিস্থাপক সীমা কী?

[কু. বো. '১৭; সি. বো. '১৭; ব. বো. '১৯]

উ: বাইরে থেকে প্রযুক্ত যে মানের বল পর্যন্ত কোনো বস্তু পূর্ণ স্থিতিস্থাপক থাকে অর্থাৎ সবচেয়ে বেশি যে বল প্রয়োগ করে বল অপসারণ করলে বস্তুটি পূর্বাবস্থায় ফিরে যায় তাই বস্তুটির স্থিতিস্থাপক সীমা।

৪) স্থিতিস্থাপক ক্লাস্তি কী?

[য. বো. '১৭; চ. বো. '১৭; দি. বো. '১৯]

উ: কোনো বস্তু বা তারের উপর ক্রমাগত পীড়নের হ্রাস বৃদ্ধি করলে স্থিতিস্থাপকতা ধর্ম হ্রাস পায়। এর ফলে বল অপসারণের সাথে সাথে বস্তু পূর্বের অবস্থা ফিরে পায় না। কিছুটা দেরী হয়। বস্তুর এই অবস্থাই স্থিতিস্থাপক ক্লাস্তি।

৫) পয়সনের অনুপাত কাকে বলে?

[দি. বো. '১৯]

উ: স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব রাশি। এই ধ্রুব রাশিকে বস্তুর উপাদানের পয়সনের অনুপাত বলে।

৬) সান্দ্রতা কাকে বলে?

[ঢা. বো. '১৭; চ. বো. '১৯; দি. বো. '১৭, '১৬]

উ: যে ধর্মের জন্য প্রবাহী এর অভ্যন্তরীণ বিভিন্ন স্তরের মধ্যকার আপেক্ষিক গতির বিপরীতে (স্পর্শীয়ভাবে) বাধার সৃষ্টি করে তাকে প্রবাহীর সান্দ্রতা বলে।

৭) পৃষ্ঠটান কী?

[চ. বো. '১৬; ব. বো. '১৯]

উ: কোনো তরল পৃষ্ঠের উপর একটি রেখা কল্পনা করলে রেখাটির উভয় পার্শ্বে প্রতি একক দৈর্ঘ্যে রেখার সাথে লম্বভাবে এবং তরল পৃষ্ঠের স্পর্শক বরাবর যে বল বা টান ক্রিয়া করে তাই পৃষ্ঠটান বা তলটান।

৮) সংশক্তি বল কী?

[রা. বো. '১৬; কু. বো. '১৯]

উ: সংশক্তি বল হলো একই পদার্থের বিভিন্ন অণুর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বল।

৯) বিকৃতি কাকে বলে?

[রা. বো. '১৯]

উ: বল প্রয়োগে কোনো একটি বস্তুর একক মাত্রায় যে পরিবর্তন ঘটে তাকে বিকৃতি বলে।

পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

জ্ঞানমূলক

১০) পীড়ন কাকে বলে?

[ঢা. বো. '১৭; কু. বো. '১৬]

উ: বাহ্যিক বল ক্রিয়ার ফলে কোনো বস্তুর দৈর্ঘ্য বা আকার বা আয়তনের পরিবর্তন ঘটলে স্থিতিস্থাপকতার জন্য বস্তুর ভেতর থেকে এ বলকে বাধাদানকারী একটি প্রতিক্রিয়া বলের উদ্ভব হয়। অর্থাৎ বস্তুর একক ক্ষেত্রফলের উপর লম্বভাবে প্রযুক্ত ক্রিয়ামূলক বা প্রতিক্রিয়ামূলক বলের মানকে পীড়ন বলে।

১১) অন্ত্যবেগ, প্রান্তিক বেগ বা Terminal velocity কাকে বলে?

[কু. বো. '১৬; চ. বো. '১৫; ব. বো. '১৭]

উ: কোন সান্দ্র প্রবাহী দিয়ে যদি কোন গোলক ধ্রুব বেগ নিয়ে পতিত হতে থাকে তবে ঐ বেগই হবে প্রান্তবেগ বা অন্ত্যবেগ বা প্রান্তিকবেগ বা Terminal velocity বলে।

১২) স্পর্শ কোণ কাকে বলে?

[ঢা. বো. '১৬; রা. বো. '১৫; কু. বো. '১৫; সি. বো. '১৫]

উ: কঠিন ও তরল পদার্থের স্পর্শ বিন্দু হতে বক্রাকার তরল তলে অঙ্কিত স্পর্শক কঠিন পদার্থের সাথে তরলের ভিতরে যে কোণ সৃষ্টি করে তাকে উক্ত কঠিন ও তরলের স্পর্শ কোণ বলে।

১৩) হকের সূত্র বিবৃতি কর।

[য. বো. '১৬]

উ: স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর ওপর প্রযুক্ত পীড়ন তার বিকৃতির সমানুপাতিক।

১৪) স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক কাকে বলে?

[দি. বো. '১৬]

উ: স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পীড়ন ও বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যা। এই ধ্রুব সংখ্যাকে বস্তুর উপাদানের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বলে।

১৫) পৃষ্ঠ শক্তি কাকে বলে?

[ব. বো. '১৫]

উ: কোনো একটি তরল তলের ক্ষেত্রফল এক একক বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ কাজ সাধিত হয় তাকে ওই তলের পৃষ্ঠ শক্তি বলে।

১৬) স্থিতিস্থাপকতা কাকে বলে?

[ঢা. বো. '১৫]

উ: বস্তুর ওপর প্রযুক্ত বলের ক্রিয়ায় তার আকার বা আয়তন বা উভয়েরই পরিবর্তনের প্রচেষ্টাকে পদার্থের যে ধর্ম বাধা দেয় এবং প্রযুক্ত বল অপসারিত হলে পূর্বের আকার বা আয়তন ফিরে পায় তাকে স্থিতিস্থাপকতা বলে।

১৭) কৈশিকতা কাকে বলে?

উ: কৈশিক নলে (অতিসূক্ষ্ম ও ছিদ্রবিশিষ্ট) তরলের অধিক্ষেপ বা অবক্ষেপকে কৈশিকতা বলে।

পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

জ্ঞানমূলক

১৮) ভ্যান ডার ওয়াল বন্ধন কাকে বলে?

উ: কাছাকাছি অবস্থিত পরমাণুসমূহের মধ্যে পারস্পরিক ক্রিয়ার ফলে একটি দুর্বল আকর্ষণ বল সৃষ্টি হয়। এই ক্রিয়াকে ভ্যান ডার ওয়াল ক্রিয়া বলে। ভ্যান ডার ওয়াল ক্রিয়ার ফলে যে বন্ধন সৃষ্টি হয় তাকে ভ্যান ডার ওয়াল বন্ধন বলে।

১৯) নমনীয় বস্তু কাকে বলে?

উ: বিকৃতিকারী বল অপসারণের পর যদি বস্তুর অবস্থার পুনঃপ্রাপ্তি না ঘটে তবে তাকে নমনীয় বস্তু বলে।

২০) পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বস্তু কাকে বলে?

উ: কোনো বস্তুর ওপর বল প্রয়োগ করার পর ওই বল অপসারণ করা হলে বস্তুটি যদি পুরাপুরি পূর্বের অবস্থা ফিরে পায় তবে তাকে পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বস্তু বলে।

২১) পূর্ণ দৃঢ় বস্তু কাকে বলে?

উ: কোনো বস্তুর ওপর যে কোনো পরিমাণ বল প্রয়োগ করে যদি তার বিকৃতি বা কায়িক পরিবর্তন ঘটানো না যায়, তবে ওই বস্তুকে পূর্ণ দৃঢ় বস্তু বলে।

২২) অসহ ভার বা ওজন কাকে বলে?

উ: ন্যূনতম যে নির্দিষ্ট ভরের ক্রিয়ায় কোনো বস্তু ভেঙ্গে বা ছিঁড়ে যায় তাকে অসহ ভার বা ওজন বলে।

২৩) অসহ পীড়ন কাকে বলে?

উ: কোনো একটি বস্তু একক ক্ষেত্রফলের উপর প্রযুক্ত অসহ ভারকে অসহ পীড়ন বলে।

২৪) ইয়ং-এর গুণাঙ্ক কাকে বলে?

উ: স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর অনুদৈর্ঘ্য পীড়ন ও অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব রাশি। এ ধ্রুব রাশিকে বস্তুর উপাদানের ইয়ং-এর গুণাঙ্ক বলে।

২৫) আয়তন গুণাঙ্ক কাকে বলে?

উ: স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর আয়তন পীড়ন ও আয়তন বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব রাশি। ধ্রুব রাশিকে বস্তুর উপাদানের আয়তন গুণাঙ্ক বলে।

২৬) সংনম্যতা কাকে বলে?

উ: কোনো বস্তুর চারদিক থেকে সমান চাপ প্রয়োগ করলে বস্তুটির আয়তন কমে যায়। বস্তুর এ ধর্মকে সংনম্যতা বলে।

পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

জ্ঞানমূলক

২৭) সান্দ্রতা গুণাঙ্ক বা সান্দ্রতাক্ষ কাকে বলে?

উ: তরলে গতিবেগের একক নতিমাত্রা বজায় রাখতে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে যে স্পর্শিনী বল প্রয়োজন তাকে ওই তরলের সান্দ্রতা গুণাঙ্ক বা সান্দ্রতাক্ষ বলে।

২৮) আসঞ্জন বল কাকে বলে?

উ: বিভিন্ন পদার্থের অণুগুলোর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বলকে আসঞ্জন বল বলে।

২৯) সমপ্রবাহ কাকে বলে?

উ: যদি সর্বক্ষণ প্রবাহীর বেগ ধ্রুব থাকে, তবে তাকে সমপ্রবাহ বলে।

৩০) অসম প্রবাহ কাকে বলে?

উ: যদি সর্বক্ষণ প্রবাহীর বেগ সমান না থাকে, তবে তাকে অসম প্রবাহ বলে।

৩১) স্থির প্রবাহ কাকে বলে?

উ: যদি সর্বত্র প্রবাহীর বেগ সমান থাকে, তবে তাকে স্থির প্রবাহ বলে।

৩২) অস্থির প্রবাহ কাকে বলে?

উ: যদি সর্বত্র প্রবাহীর বেগ সমান থাকে, তবে তাকে স্থির প্রবাহ বলে।

৩৩) সমরেখ প্রবাহ কাকে বলে?

উ: যদি প্রবাহীর বিভিন্ন স্তর পরস্পরের সমান্তরালে চলে তবে তাকে সমরেখ প্রবাহ বলে।

৩৪) বিক্ষিপ্ত প্রবাহ কাকে বলে?

উ: যদি প্রবাহীর স্তর পরস্পরের সমান্তরালে না চলে, বরং গতিতে আবর্ত বা ঘূর্ণন সৃষ্টি করে তবে তাকে বিক্ষিপ্ত প্রবাহ বলে।

৩৫) সান্দ্রতাক্ষের মাত্রা ও একক কি?

উ: সান্দ্রতাক্ষের মাত্রা = $ML^{-1}T^{-1}$

η এর এস. আই একক = Nsm^{-2} বা, $Pa\ s$ বা, $kgm^{-1}s^{-1}$

পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

অনুধাবনমূলক

১) কাচ পৃষ্ঠে সমপরিমাণ তেল ও গ্লিসারিন রাখলে কোনটি বেশি জায়গা জুড়ে থাকবে? ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. '১৯]

উ: আমরা জানি, যার ঘনত্ব যত কম একই বস্তুর সংস্পর্শে সে তত বেশি ছড়ায়। এখানে তেল ও গ্লিসারিনের মধ্যে তেলের ঘনত্ব গ্লিসারিন অপেক্ষা কম বলে একই বস্তুর সংস্পর্শে তেল বেশি ছড়াবে। এজন্য কাচ পৃষ্ঠে সমপরিমাণ তেল ও গ্লিসারিন রাখলে তেল বেশি জায়গা জুড়ে থাকবে।

২) আন্তঃআণবিক বলের সাথে আন্তঃআণবিক দূরত্বের সম্পর্ক কীরূপ? ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. '১৯]

উ: পদার্থের উপাদানসমূহ যে বিশেষ ধরনের আকর্ষণ শক্তি দ্বারা পরস্পরের সাথে যুক্ত থাকে তাকে আন্তঃআণবিক বল বলে। আর অণুগুলো প্রায় $10^{-9}m$ থেকে $10^{-10}m$ দূরত্বে থেকে পরস্পরকে আকর্ষণ করে। এই দূরত্বের পরিবর্তন হলে আকর্ষণ বলের মানও পরিবর্তন হবে। দূরত্ব বৃদ্ধি পেলে আন্তঃআণবিক বলের মান কমে। এ কারণেই কঠিন পদার্থের আন্তঃআণবিক বলের মান সবচেয়ে বেশি এবং গ্যাসের সবচেয়ে কম।

৩) কৈশিক নলে পারদের অবনমন হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. '১৯]

উ: আমরা জানি, যেসব তরল কৈশিক নলকে ভেজায় না তাদের ক্ষেত্রে স্পর্শকোণ স্থূলকোণ হয়। পারদ কৈশিক নলকে ভেজায় না বলে স্পর্শকোণ স্থূলকোণ হয়। ফলে পৃষ্ঠটানের দরুন পারদ নিচের দিকে বল লাভ করে বিধায় কৈশিক নলে পারদের অবনমন হয়।

৪) পয়সনের অনুপাত ধনাত্মক বলতে কী বুঝায়? [দি. বো. '১৯]

উ: পয়সনের অনুপাত ধনাত্মক বলতে বুঝায় ধনাত্মক দৈর্ঘ্য বিকৃতিতে পার্শ্ব বিকৃতিও ধনাত্মক হয়। অর্থাৎ বল প্রয়োগে বস্তুকে দৈর্ঘ্য বরাবর সম্প্রসারিত করলে এটি পার্শ্ব বরাবরও সম্প্রসারিত হয়।

৫) সাম্যাবস্থার তুলনায় আন্তঃআণবিক দূরত্ব বেশি হলে অণুগুলো আকর্ষণ না বিকর্ষণ বল লাভ করে ব্যাখ্যা দাও। [কু. বো. '১৯]

উ: পদার্থের উপাদানসমূহ যে বিশেষ ধরনের আকর্ষণ শক্তি দ্বারা পরস্পরের সাথে যুক্ত থাকে তাকে আন্তঃআণবিক বল বলে। আর অণুগুলো প্রায় $10^{-9}m$ থেকে $10^{-10}m$ দূরত্বে থেকে পরস্পরকে আকর্ষণ করে। এই দূরত্বের পরিবর্তন হলে আকর্ষণ বলের মানও পরিবর্তন হবে। দূরত্ব বৃদ্ধি পেলে আন্তঃআণবিক বলের মান কমে। এ কারণেই কঠিন পদার্থের আন্তঃআণবিক বলের মান সবচেয়ে বেশি এবং গ্যাসের সবচেয়ে কম।

অতএব, সাম্যাবস্থার তুলনায় আন্তঃআণবিক দূরত্ব বেশি হলে। অণুগুলো আকর্ষণ করবে তবে দূরত্ব বাড়ার সাথে সাথে আকর্ষণের মাত্রা কমতে থাকবে।

৬) ইয়ং এর গুণাঙ্ক $Y = 2 \times 10^{11} Nm^{-2}$ বলতে কী বুঝ? [মো. বো. '১৯]

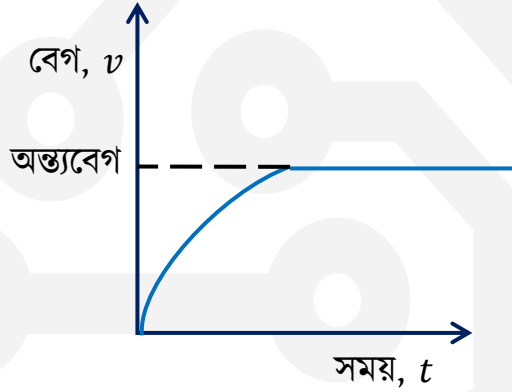
উ: কোনো বস্তুর ইয়ং গুণাঙ্ক $Y = 2 \times 10^{11} Nm^{-2}$ বলতে বুঝায় $1m^2$ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট ঐ বস্তুর দৈর্ঘ্য বরাবর $2 \times 10^{11} N$ বল প্রয়োগ করা হলে বস্তুটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি আদি দৈর্ঘ্যের সমান হবে।

পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

অনুধাবনমূলক

৭) সান্দ্র তরলের মধ্য দিয়ে ধাতব গোলক পতিত হলে বেগ বনাম সময় লেখচিত্রের প্রকৃতি কিরূপ হবে? [যো. বো. '১৯]

উ: সান্দ্র তরলের মধ্যদিয়ে ধাতব গোলক পতিত হলে শুরুতে অভিকর্ষজ ত্বরণের কারণে এর বেগ বৃদ্ধি পেতে থাকে। কিন্তু আসতে আসতে বাধাদানকারী বল বাড়ার কারণে একসময় অভিকর্ষজ বল এবং বাধাদানকারী বল সমান হয়ে যায় ফলে গোলকটি তখন ধ্রুব বেগে পড়তে থাকে। এই ধ্রুব বেগকে অন্ত্যবেগ বলে। বেগ বনাম সময় লেখচিত্রটি নিম্নরূপ :



৮) তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে গ্যাসের সান্দ্রতা বাড়ে কিন্তু তরলের সান্দ্রতা কমে - ব্যাখ্যা কর।

[রা. বো. '১৫; ব. বো. '১৫]

উ: গ্যাসের অণুসমূহের মধ্যে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল নেই বললেই চলে। তাপমাত্রা বাড়ালে অণুসমূহের গড়বেগ বৃদ্ধি পায়। ফলে সংঘর্ষও বাড়ে। যার ফলে বিভিন্ন স্তরের প্রবাহে বাধার পরিমাণ বাড়ে এবং সান্দ্রতা বাড়ে। আবার তরলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে আন্তঃআণবিক দূরত্ব বাড়ে। ফলে আন্তঃআণবিক বলের মান কমে। এর ফলে সান্দ্রতা কমে।

৯) সান্দ্রতা কেন প্রবাহী পদার্থে সৃষ্টি হয়? ব্যাখ্যা কর।

[রা. বো. '১৬]

উ: গতিশীল প্রবাহীর পাশাপাশি দুটি স্তরের মধ্যে এক ধরনের অভ্যন্তরীণ বল সৃষ্টি হয়। এ বল পাশাপাশি দুটি স্তরের মধ্যে বেশি বেগসম্পন্ন স্তরের বেগ কমিয়ে এবং কম বেগসম্পন্ন স্তরের বেগ বাড়িয়ে স্তর দুটির মধ্যে আপেক্ষিক বেগ কমাতে চেষ্টা করে। স্তর দুটির পৃষ্ঠদেশের সমান্তরালে ক্রিয়াশীল এ বলকে সান্দ্রতা বল বলা হয় এবং প্রবাহীর এ ধর্মকে সান্দ্রতা বলে। কঠিন পদার্থের বিভিন্ন স্তরের মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকে না বলে কঠিনে সান্দ্রতা বল ক্রিয়া করে না। এ থেকে বলা যায়, সান্দ্রতা শুধু প্রবাহী পদার্থে সৃষ্টি হয়।

১০) পড়ন্ত বৃষ্টির ফোঁটার বেগ ক্রমশ বৃদ্ধি পায় না বা সমবেগে পতিত হয় কেন? [দি. বো. '১৭]

উ: অবাধভাবে পতনশীল বৃষ্টির ফোঁটা পতনের সময় এর বেগ বৃদ্ধি পায় না। কারণ বৃষ্টির ফোঁটা যখন বায়ুমণ্ডলের ভেতর দিয়ে পড়তে থাকে অভিকর্ষের কারণে এর বেগ বৃদ্ধি পেতে থাকে এবং সান্দ্রতার কারণে এর উপর বায়ুমণ্ডলের বাধাদানকারী বলও বৃদ্ধি পেতে থাকে। এক সময়। ফোঁটাটির নিট ত্বরণ শূন্য হয়। ফোঁটাটি তখন ধ্রুব বেগ নিয়ে পড়তে থাকে। একে অন্ত্য বেগ বা প্রান্তিক বেগ বলে। এই অন্ত্যবেগের প্রাপ্তির কারণে পড়ন্ত বৃষ্টির ফোঁটার বেগ ক্রমশ বৃদ্ধি পায় না।

পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

অনুধাবনমূলক

১১) কচু পাতার গায়ে পানি লেগে থাকে না, তবে কাচের গায়ে লেগে থাকে কেন? [কু. বো. '১৬]

উ: আমরা জানি, কোনো তরল ও কঠিন পদার্থের মধ্যকার স্পর্শকোণ সূক্ষ্মকোণ অর্থাৎ 90° এর কম হলে ঐ তরল পদার্থ কঠিন পদার্থকে ভিজাবে। আবার, তরল ও কঠিন পদার্থের মধ্যকার স্পর্শকোণ স্থূলকোণ অর্থাৎ 90° এর চেয়ে বেশি হলে ঐ তরল পদার্থ কঠিন পদার্থটিকে ভিজাবে না। কচু পাতার সাথে পানির স্পর্শ কোণ 90° এর চেয়ে বেশি হয়। তাই পানি কচু পাতাকে ভিজাতে পারে না এবং কচু পাতার গায়ে পানি লাগে না। আর কাচের সাথে পানির স্পর্শ কোণ 90° এর চেয়ে কম। এ কারণে পানি কাচকে ভিজায় এবং কাচের গায়ে পানি লেগে থাকে।

১২) স্থিতিস্থাপক সীমা ও স্থিতিস্থাপক ক্লান্তির মধ্যে প্রধান পার্থক্য কী? [ঢা. বো. '১৬]

উ: স্থিতিস্থাপক সীমা ও স্থিতিস্থাপক ক্লান্তির মধ্যে প্রধান পার্থক্য হলো : প্রযুক্ত বলে যে সর্বোচ্চ মান পর্যন্ত কোনো বস্তু পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বস্তুর মতো আচরণ করে বা প্রযুক্ত বল অপসারিত হলে সম্পূর্ণরূপে পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসে, তাই স্থিতিস্থাপক সীমা। অপরদিকে স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যেও যদি কোনো বস্তুতে বল আরোপ করে অধিক সময় রেখে দেওয়া হয় বা বার বার বল প্রয়োগ ও অপসারণ করা হয় তবে দেখা যায় বল অপসারণ করলেও বস্তু আর পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসে না। এটিই স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি।

১৩) কাচের তৈরি কৈশিক নলের মধ্য দিয়ে পানির উপরে উঠার কারণ ব্যাখ্যা কর [ঢা. বো. '১৬]

উ: তরল কঠিনকে ভিজালে স্পর্শকোণ সূক্ষ্মকোণ হয় বলে তরল কৈশিক নলের উপরে উঠে এবং তরল তল অবতল হয়। যেমন পানি ও কাচ। আবার, তরল কঠিনকে না ভিজালে স্পর্শকোণ স্থূলকোণ হয় বলে তরলের অবনমন হয় এবং তরল তল উত্তল হয়। যেমন পারদ ও কাচ। এ কারণে কাচের তৈরি কৈশিক নলের মধ্য দিয়ে পানি উপরে উঠে আসে।

১৪) তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে গ্যাসের সান্দ্রতা বৃদ্ধি পায়— ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. '১৫]

উ: গ্যাসের তাপমাত্রা বাড়লে সান্দ্রতা বাড়ে, পরীক্ষার সাহায্যে দেখা গেছে যে, গ্যাসের সান্দ্রতা গুণাক্ষ তার পরম তাপমাত্রা বর্গমূলের সমানুপাতিক। আমরা জানি, গ্যাসের অণুগুলো সবদিকেই এলোমেলোভাবে চলাচল করতে পারে এবং এদের মধ্যে সংঘর্ষ ঘটে। গ্যাসের অণুসমূহের মধ্যে আন্তঃআণবিক বল নেই বললেই চলে। তাপমাত্রা বাড়লে অণুসমূহের গড় বেগ বৃদ্ধি পায়, ফলে সংঘর্ষও বাড়ে। যার ফলে বিভিন্ন স্তরের প্রবাহে বাধার পরিমাণ বাড়ে। অর্থাৎ সান্দ্রতা বাড়ে।

১৫) ছাতার কাপড়ে ছিদ্র থাকা সত্ত্বেও বৃষ্টির পানি ভেতরে প্রবেশ করে না কেন- ব্যাখ্যা কর।

[দি. বো. '১৬]

উ: পানির পৃষ্ঠটানের জন্য ছাতার কাপড়ে ছিদ্র থাকা সত্ত্বেও বৃষ্টির পানি ভেতরে প্রবেশ করে না। ছাতার উপর বৃষ্টির পানি পড়লে পানির পৃষ্ঠটানের জন্য পানির গোলাকার বিন্দুতে পরিণত হয় এবং কাপড়ের উপর দিয়ে গড়িয়ে পড়ে যায়। ফলে ছাতার কাপড় ভিজে ভেতরের পৃষ্ঠে পানি পৌঁছাতে পারে না।

পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

অনুধাবনমূলক

১৬) শীতল পানি থেকে গরম পানির গতি দ্রুততর হয় কেন? ব্যাখ্যা কর । [ঢা. বো. '১৯]

উ: শীতল পানির চেয়ে গরম পানির গতি দ্রুততর হয়। এর কারণ তরলের প্রবাহগতি নির্ভর করে এর সান্দ্রতা ধর্মের উপর। যে তরলের সান্দ্রতা যত কম তার দ্রুতি তত বেশি। পানিকে উত্তপ্ত করা হলে এর সান্দ্রতা সহগ হ্রাস পায় ফলে এর গতি দ্রুততর হয়।

১৭) তরলের ঘনত্বের সাথে স্পর্শ কোণের সম্পর্ক ব্যাখ্যা কর । [কু. বো. '১৯]

উ: তরলের ঘনত্বের সাথে স্পর্শ কোণের সম্পর্ক নিম্নরূপ :
যেসব তরলের ঘনত্ব কঠিনের ঘনত্ব অপেক্ষা কম সেসব তরল সাধারণত কঠিনকে ভিজায়। এসব ক্ষেত্রে স্পর্শ কোণ সূক্ষ্ম কোণ হয়। যেসব তরলের ঘনত্ব কঠিনের ঘনত্ব অপেক্ষা বেশি সেসব তরল সাধারণত কঠিনকে ভিজায় না এক্ষেত্রে স্পর্শকোণ স্থূলকোণ হয়।

১৮) একটি মোটা ও একটি চিকন ইস্পাতের তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক সমান হবে কি-না ব্যাখ্যা কর । [কু. বো. '১৯]

উ: ইয়ং-এর গুণাঙ্ক বস্তুর উপাদানের বৈশিষ্ট্য বস্তুর বৈশিষ্ট্য নয়। যেহেতু একটি মোটা ও একটি চিকন ইস্পাতের তারের উভয়ের উপাদান একই (ইস্পাত), সেহেতু উভয়ের ইয়ং এর গুণাঙ্ক সমান হবে।

১৯) পানির ফোঁটা গোলাকৃতি হয় কেন? ব্যাখ্যা কর । [ঢা. বো. ১৬; সি. বো. ১৬; ব. বো. ১৬]

উ: আমরা জানি, পৃষ্ঠটানের কারণে তরলের মুক্ত পৃষ্ঠ বা মুক্ততল টানা স্থিতিস্থাপক পদার্থের মতো আচরণ করে। এ কারণে স্বল্প আয়তনের তরল পদার্থ পৃষ্ঠটানের 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 পানির ফোঁটা গোলাকৃতি হয়।

২০) দুটি সমান ভরের বস্তুর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে বস্তুদ্বয় পরস্পর বেগ বিনিময় করে ব্যাখ্যা কর ।

[রা. বো. ১৫; সি. বো. ১৭]

উ: আমরা জানি, যে সংঘর্ষের আগে ও পরে দুটি বস্তুর আপেক্ষিক বেগ অপরিবর্তিত থাকে তাকে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে। এক্ষেত্রে সংঘর্ষের পূর্বের ভরবেগ ও সংঘর্ষের পরের ভরবেগ সমান হয়। এমনকী সংঘর্ষের পূর্বের ও পরের গতিশক্তিও সমান হয়। তখন বস্তুদুটির ভর সমান হলে অবশ্যই এদের বেগ পরস্পর বিনিময় হয়। তা না হলে ভরবেগ সমান হতো না।

২১) কাচে তৈলাক্ত পদার্থ লাগালে স্পর্শ কোণ বৃদ্ধি পায়- ব্যাখ্যা কর । [চ. বো. ১৬]

উ: স্পর্শকোণ নির্ভর করে কঠিন ও তরলের প্রকৃতির উপর সংসক্তি বল তরলের তলকে অনুভূমিক রাখার চেষ্টা করে। পক্ষান্তরে, আসঞ্জনবল তরল তলকে উপরে উঠাতে চেষ্টা করে। কাচে তৈলাক্ত পদার্থ লাগালে তরলের সংসক্তি বল আসঞ্জন বল অপেক্ষা বৃহত্তর হয়। ফলে স্পর্শকোণ বৃদ্ধি পায়।

পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

অনুধাবনমূলক

২২) ঘর্ষণ বল ও সান্দ্র বল এক নয়- ব্যাখ্যা কর।

[দি. বো. '১৬]

উ: ঘর্ষণ বল ও সান্দ্র বলের মধ্যে কিছু পার্থক্য রয়েছে। ঘর্ষণ বলের মান স্পর্শতলের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে না কিন্তু সান্দ্রবলের মান প্রবাহীর স্তরদ্বয়ের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে। প্রবাহী গতিশীল হলেই কেবল সান্দ্রতা বল ক্রিয়া করে। অপরপক্ষে দুটি কঠিন পদার্থ স্থির হলেও তাদের মধ্যে ঘর্ষণ বল থাকে। তাছাড়া ঘর্ষণ বল কঠিন পদার্থের জন্য প্রযোজ্য কিন্তু সান্দ্র বল তরল ও বায়বীয় পদার্থের জন্য প্রযোজ্য। সুতরাং, ঘর্ষণ বল ও সান্দ্র বল এক নয়।

২৩) একটি বড় বৃষ্টির ফোঁটা ভেঙে অনেকগুলো ছোট ফোঁটায় পরিণত করলে তাপমাত্রার কী পরিবর্তন হবে ব্যাখ্যা কর।

[কু. বো. '১৬]

উ: একটি বড় বৃষ্টির ফোঁটা ভেঙে অনেকগুলো ছোট ফোঁটায় পরিণত করলে শক্তি শোষিত হয়। ফলে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে। কারণ এতে সৃষ্ট ক্ষেত্রফলের পরিবর্তন করতে কাজ করতে হয়। বড় বৃষ্টির ফোঁটাটিকে ভেঙে অনেকগুলো সমায়তন ফোঁটায় পরিণত করতে শক্তি সরবরাহ করতে হয় ফলে এর তাপমাত্রা বাড়ে।

২৪) মুক্তভাবে পতনশীল বৃষ্টির ফোঁটা উচ্চ বেগ প্রাপ্ত হয় না, -কেন?

[রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]

উ: অবাধভাবে পতনশীল বৃষ্টির ফোঁটা পতনের সময় এর বেগ বৃদ্ধি পায় না। কারণ বৃষ্টির ফোঁটা যখন বায়ুমণ্ডলের ভেতর দিয়ে পড়তে থাকে অভিকর্ষের কারণে এর বেগ বৃদ্ধি পেতে থাকে এবং সান্দ্রতার কারণে এর উপর বায়ুমণ্ডলের বাধাদানকারী বলও বৃদ্ধি পেতে থাকে। এক সময় ফোঁটাটির নিট ত্বরণ শূন্য হয়। ফোঁটাটি তখন ধ্রুব বেগ নিয়ে পড়তে থাকে। একে অন্ত্য বেগ বা প্রান্তিক বেগ বলে। এই অন্ত্যবেগের প্রাপ্তির কারণে পড়ন্ত বৃষ্টির ফোঁটার বেগ ক্রমশ বৃদ্ধি পায় না।

২৫) গরমের দিনে কুকুর জিহ্বা বের করে রাখে কেন? ব্যাখ্যা কর।

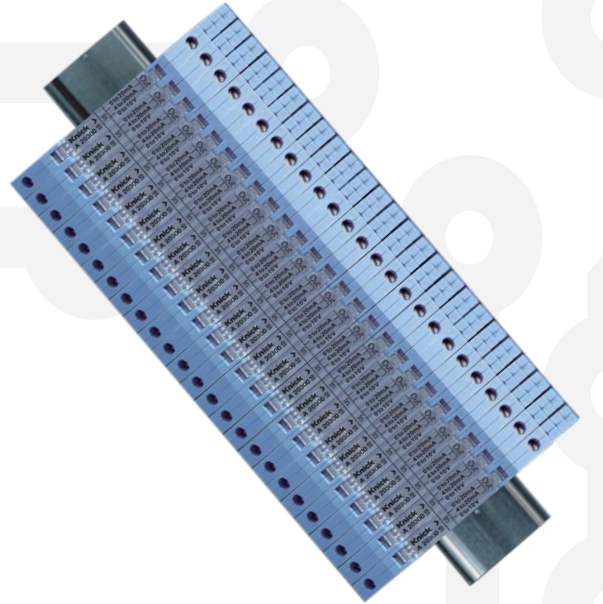
[রাজশাহী কলেজ, রাজশাহী]

উ: গরমের দিনে কুকুরের শরীর উত্তপ্ত থাকে এবং কুকুর অস্বস্তিবোধ করে। কিন্তু কুকুরের জিহ্বার উপর এক প্রকার লালা থাকে। সেই লালা কুকুরের শরীর থেকে বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ গ্রহণ করে কুকুরের শরীরকে ঠাণ্ডা করে। ফলে কুকুর স্বস্তি বোধ করে। সেজন্য কুকুর জিহ্বা বের করে দৌড়ায়।

পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

নিজে কর

- ১) পৃষ্ঠটান ও পৃষ্ঠশক্তির মধ্যে সম্পর্ক কী?
- ২) পানিতে তুলি ডুবালে আঁশগুলো ফাঁক হয়ে গেলেও পানি থেকে তুলে আনলে একত্রে লেগে যায় কেন?
- ৩) কোনো বস্তুর উপগ্রহে পরিণত হওয়ার শর্তগুলো লিখ।
- ৪) কৈশিক নল বেয়ে পানি উপরে উঠলেও পারদ নিচে নামে কেন- ব্যাখ্যা কর।
- ৫) ইম্পাত রাবার অপেক্ষা বেশি স্থিতিস্থাপক ব্যাখ্যা কর।
- ৬) শীতল পানির চেয়ে গরম পানির গতি দ্রুততর হয় কেন?
- ৭) তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে কঠিন পদার্থের স্থিতিস্থাপকতার কীরূপ পরিবর্তন ঘটবে ব্যাখ্যা কর।
- ৮) ছোট পোকামাকড় পানির উপর দিয়ে চলাচল করতে পারে কেন- ব্যাখ্যা কর।



পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

□ জ্ঞান ও অনুধাবনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ টপিক/প্রশ্ন

স্থিতিস্থাপকতা	স্থিতিস্থাপক সীমা	স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি
অন্তঃবেগ	পৃষ্ঠটান, পৃষ্ঠশক্তি	সাম্রতা, সাম্রতা সহগ, সাম্রতা গুণাঙ্কের মাত্রা
স্পর্শ কোণ	হকের সূত্র	বিকৃতি
পয়সনের অনুপাত	স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে পয়সনের অনুপাত প্রযুক্ত পীড়নের উপর নির্ভর করে না কেন	সাম্র বল এবং ঘর্ষণ বল এক নয় কেন
কচু পাতায় পানি লাগে না কেন	রাবারের চেয়ে ইস্পাত বেশি স্থিতিস্থাপক কেন	বৃষ্টির ফোঁটা গোলাকার হয় কেন
পড়ন্ত বৃষ্টির বেগ ক্রমশ বাড়ে না কেন	কাচে তৈলাক্ত পদার্থ মেশালে স্পর্শকোণ বাড়ে কেন	

পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে আকার পীড়ন ও আকার বিকৃতির অনুপাত হচ্ছে দৃঢ়তার গুণাঙ্ক।
- তামা, ইস্পাত, রাবার ও সোনার মধ্যে ইস্পাতের ইয়ং-এর গুণাঙ্ক বেশি।
- আন্তঃআণবিক আকর্ষণ ও বিকর্ষণ বল সমান হয় যখন $r = r_0$ হয়।
- আন্তঃআণবিক দূরত্ব কমে গেলে স্থিতিশক্তিও কমে যায়।
- $r = r_0$ হলে স্থিতিশক্তি সর্বনিম্ন হয়।
- কোনো তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক তারের উপাদানের ওপর নির্ভরশীল।
- ইয়ং এর গুণাঙ্কের বিপরীত রাশি সংনম্যতা। পীড়নের মাত্রা $[ML^{-1}T^{-1}]$ ।
- পীড়ন ও বিকৃতি লেখচিত্রের ঢাল বা নতি ইয়ং-এর গুণাঙ্ক নির্দেশ করে।
- পৃষ্ঠটানের কারণে পানির ফোঁটা গোলাকৃতি হয়।
- পৃষ্ঠশক্তির একক Nm^{-1} ।
- কোনো তারের দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ করা হলে তার বিকৃতি হয় 1।
- হকের সূত্র হলো স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে পীড়ন \propto বিকৃতি।
- দুইটি ভিন্ন পদার্থের অণুর মধ্যে আকর্ষণ বলকে আসঞ্জন বল বলে। একই পদার্থের অণুগুলোর মধ্যকার আকর্ষণ বল হলো সংশক্তি বল।
- 1 m দৈর্ঘ্য ও $1 mm^2$ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য 10% বৃদ্ধি করলে বল হয় $2 \times 10^4 N$ ।
- সমযোজী বাধনের অপর নাম ইলেকট্রন জোড় বন্ধন।
- পয়সনের অনুপাতের সীমা $-1 < \delta < 0.5$ বা -1 হতে $\frac{1}{2}$ এর মধ্যবর্তী।

পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- পারদ ও কাঁচের স্পর্শকোণ 90° অপেক্ষা বেশি বা স্থূল তাই পারদ কাঁচকে ভেজায় না। তাছাড়া তরলে কাঁচনল ডুবালে তরণের অবরোহণ হয়। এক্ষেত্রে সংশক্তি বল $>$ আসঞ্জন বল।
- পানি ও কাঁচের মধ্যকার স্পর্শ কোণ 9° অপেক্ষা কম বা সূক্ষ্ম, তাই পানি কাঁচকে ভেজায়। তাছাড়া তরলে কাঁচ নল ডুবালে তরণের আরোহণ হয়। স্পর্শ কোণ 90° এর বেশি হলে তরলের পৃষ্ঠ হবে উত্তল।
- $NaCl$ এর মধ্যকার বন্ধন হলো আয়নিক বন্ধন।
- কোনো বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে স্থিতিস্থাপকতা হ্রাস পায়।
- গ্যাসের আন্তঃআণবিক স্থান বেশি।
- প্রভাব গোলকের ব্যাসার্ধ হলো আন্তঃআণবিক পাল্লা $10^{-9} m$ এর সমান।
- পৃষ্ঠটানের একক Nm^{-1} এবং মাত্রা হলো $[ML^{-1}]$, সান্দ্রতা গুণাঙ্কের একক Nsm^{-1} , আবার $10 \text{ poise} = 1 Nsm^{-1}$ এবং মাত্রা হলো $[ML^{-1}T^{-1}]$ ।
- বায়বীয় পদার্থের সংনম্যতা সবচেয়ে বেশি।
- সান্দ্রতা সংক্রান্ত স্টোকসের সমীকরণ হলো $F = 6\pi r\eta v$ ।
- অক্সিজেন অণুর বন্ধনের ক্ষেত্রে ভ্যানডার ওয়ালস বল বিদ্যমান।
- পানিতে সাবান, তেল, চর্বি, ডিটারজেন্ট মিশ্রিত হলে পৃষ্ঠটান কমে।
- তরলের পৃষ্ঠটান ও পৃষ্ঠশক্তির সংখ্যাগত মান সমান।
- গ্যাসের সান্দ্রতা গুণাঙ্ক তাপমাত্রার সমানুপাতিক।
- তেল, দুধ, মধু, পানি এর মধ্যে মধুর সান্দ্রতা বেশি।
- রূপা ও বিশুদ্ধ পানির মধ্যকার স্পর্শ কোণ 90° ।
- সান্দ্রতা গুণাঙ্কের একক Nsm^{-1} ।

পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- T পৃষ্ঠটানবিশিষ্ট ও R ব্যাসার্ধের একটি গোলাকার তরল ফোঁটাকে 4টি সমান আকারের ফোঁটায় বিভক্ত করলে কৃত কাজের পরিমাণ হবে $4\pi r^2 T$ ।
- পৃষ্ঠ শক্তির একক Jm^{-2} বা Nm^{-1} ।
- গ্লিসারিন, পানি, কেরোসিন এবং আলকাতরা-এর মধ্যে আলকাতরার সান্দ্রতা বেশি।
- তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল হ্রাস পায়।
- বস্তুর আসঞ্জন ধর্মের কারণে কাঁচের গায়ে পানি লাগে না।
- পীড়ন বিকৃতি লেখচিত্রের ক্ষেত্রফল একক আয়তন শক্তি নির্দেশ করে।
- একক বিকৃতির পীড়ন যদি দৃঢ়তার গুণাঙ্ক হয় তবে পীড়নের বিকৃতি হবে সংনম্যতা।
- সান্দ্র তরলের মধ্যে গতিশীল কোনো বস্তু অন্ত্যবেগ প্রাপ্ত হলে এর ত্বরণ হবে শূন্য।
- দুটি কাচপাত্রের মাঝে পানি থাকলে এদের আলাদা করা যায় না পৃষ্ঠটানের জন্য।
- তরলের পৃষ্ঠটানের জন্য অভিকর্ষ বল দায়ী নয়। সংশক্তি, আসঞ্জন, আন্তঃআণবিক বল দায়ী।
- কৈশিক নলে তরলের মুক্ত তল অবতন হয় যখন স্পর্শকোণ প্রায় 0° ।
- পীড়ন বনাম বিকৃতি লেখচিত্রের ক্ষেত্রফল হলো একক আয়তনের বিভবশক্তি।
- ইয়ং এর গুণাঙ্কের মাত্রা হলো $[ML^{-1}T^{-2}]$ ।



পর্যাবৃত্তিক গতি

জ্ঞানমূলক

১) পর্যায়বৃত্ত গতি কাকে বলে?

[কু. বো. '১৭; সি. বো. '১৭]

উ: কোনো গতিশীল বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতিপথে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তাহলে সেই গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে।

২) সরল ছন্দিত গতি কী?

[য. বো. '১৫]

উ: যদি কোনো বস্তুর ত্বরণ একটি নির্দিষ্ট একটি বিন্দু থেকে এর সরণের সমানুপাতিক এবং সর্বদা ঐ বিন্দু অভিমুখী হয়, তাহলে বস্তুর গতিকে সরল ছন্দিত গতি বলে।

৩) পর্যায়কাল কাকে বলে?

[ঢা. বো. '১৬]

উ: পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো কণা যে নির্দিষ্ট সময় পরপর কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট দিক দিয়ে অতিক্রম করে সেই সময়কে পর্যায়কাল বলে।

৪) সেকেন্ড দোলক কাকে বলে?

[ব. বো '১৬]

উ: যে দোলকের দোলনকাল দুই সেকেন্ড অর্থাৎ যে দোলকের এক প্রান্ত থেকে অপর প্রান্তে যেতে এক সেকেন্ড সময় লাগে তাকে সেকেন্ড দোলক বলে।

৫) স্পর্শীয় ত্বরণ কাকে বলে?

[রা. বো. '১৭]

উ: অসম বৃত্তাকার গতির ক্ষেত্রে কেন্দ্রমুখী ত্বরণের সাথে যে ত্বরণ থাকে তাকে স্পর্শীয় ত্বরণ বলে।

৬) সরল দোলন গতি কী?

[চট্টগ্রাম কলেজ, চট্টগ্রাম]

উ: একটি ভারী আয়তনহীন বস্তুকে কোনো দৃঢ় অবলম্বন থেকে ওজনহীন, নমনীয়, পাকহীন অপ্রসারণশীল সুতার সাহায্যে ঝুলিয়ে দিলে বস্তুটি যদি সরলছন্দিত গতিতে দুলতে পারে তবে সেটিই সরল দোলন গতি।

৭) কৌণিক বিস্তার কাকে বলে?

[রাজশাহী কলেজ, রাজশাহী]

উ: দোলনের সময় দোলক যেকোনো একদিকে সাম্যাবস্থান হতে সর্বোচ্চ যে কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে এর কৌণিক বিস্তার বলে।

৮) দশা কাকে বলে?

[আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, ঢাকা]

উ: কম্পমান বস্তুর যেকোনো মুহূর্তে গতির অবস্থা, অবস্থান ও দিক যা দ্বারা বুঝানো হয়, তাকে দশা বলে।

৯) কালিক পর্যায়ক্রম কী?

[অমৃত লাল দে মহাবিদ্যালয় বরিশাল]

উ: পর্যায়বৃত্তির পর্যায়কাল যদি একটি নির্দিষ্ট সময় সাপেক্ষে হয় তবে তাকে কালিক পর্যায়ক্রম বলে অর্থাৎ কালিক পর্যায়ক্রম হলো সেই সকল ঘটনা যা একটি নির্দিষ্ট সময় পর পর পুনরাবৃত্তি ঘটে।

পর্যাবৃত্তিক গতি

জ্ঞানমূলক

১০) স্প্রিং বল কী?

উ: স্প্রিং এর একটা প্রান্ত কোনো কিছুর সাথে আটকানো থাকলে, অপর মুক্ত প্রান্তে বল প্রয়োগ করে সরণ ঘটালে, সরণের বিপরীত দিকে স্প্রিংটি প্রতি একক দৈর্ঘ্যে যে বল প্রয়োগ করে তাই স্প্রিং বল।

১১) স্থানিক পর্যায়ক্রম কাকে বলে?

উ: পর্যায়বৃত্তির পর্যায়কাল যদি স্থান সাপেক্ষ হয়, তবে তাকে স্থানিক পর্যায়ক্রম বলে।

১২) সরল ছন্দিত গতি কাকে বলে?

উ: কোনো পর্যায় গতিসম্পন্ন বস্তুকণার উপর কার্যকর ত্বরণ (কার্যকর প্রত্যায়নী বল) যদি তার গতিপথের একটি নির্দিষ্ট বিন্দু অভিমুখে এমনভাবে ক্রিয়া করে যে তার মান ঐ বিন্দু হতে বস্তুর সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী হয়, তখন সে বস্তুকণার গতিকে সরল ছন্দিত গতি বলে।

১৩) কৌণিক কম্পাঙ্ক কাকে বলে?

উ: সরল ছন্দিত স্পন্দনসম্পন্ন কোনো কণা একক সময়ে যে কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে কৌণিক কম্পাঙ্ক বলে।

১৪) স্পন্দন গতি কাকে বলে?

উ: পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো বস্তুর গতি যদি এমন হয় যে, পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোনো নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় বিপরীত দিকে চলে তবে বস্তুর ওই গতিকে স্পন্দন গতি বলে।

১৫) সরল দোলক কাকে বলে?

উ: একটি ছোট ভারী বস্তু পিণ্ডকে একটি ওজনবিহীন, অপ্রসারণীয় এবং নমনীয় সুতার সাহায্যে একটি দৃঢ় অবলম্বনে ঝুলিয়ে দেওয়ায় তা বিনা বাধায় এদিক-ওদিক দোলে, তবে সুতা সমেত পিণ্ডটিকে সরল দোলক বলে।

১৬) পূর্ণ দোলন কী?

উ: কোনো একটি সরল দোলকের দোলক পিণ্ড তার গতিপথের যে কোনো বিন্দু হতে যাত্রা শুরু করে দুই প্রান্ত অবধি যেয়ে পুনরায় সেই বিন্দুতে ফিরে এলে একটি পূর্ণ দোলন হয়।

১৭) কম্পাঙ্ক কাকে বলে?

উ: কোনো একটি সরল দোলকের দোলক পিণ্ড এক সেকেন্ডে যতবার পূর্ণ দোলন দেয়, তাকে কম্পাঙ্ক বা কম্পনি বলে।

১৮) বিস্তার কাকে বলে?

উ: দুলবার সময় কোনো একটি সরল দোলকের দোলক পিণ্ড সাম্যাবস্থা হতে সর্বাপেক্ষা যতটা বেশি দূরে যায় তাকে তার বিস্তার বলে।

পর্যাবৃত্তিক গতি

অনুধাবনমূলক

১) খেলনা গাড়িতে স্প্রিং লাগিয়ে টেনে ছেড়ে দিলে গাড়িটি সামনের দিকে অগ্রসর হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। [য. বো. '১৯]

উ: স্প্রিং সম্প্রসারণে বাহ্যিক বল দ্বারা কাজ সম্পাদিত হয়। এ কাজ স্প্রিং-এর মধ্যে বিভবশক্তি হিসেবে জমা থাকে। এ বিভবশক্তি দ্বারা স্প্রিং বাইরের কোনো বস্তুর উপর কাজ করতে পারে। খেলনা গাড়িতে স্প্রিং টানলে এতে বিভবশক্তি সঞ্চিত হয় পরে ছেড়ে দিলে এ বিভবশক্তি গাড়িটির উপর কাজ করে গাড়িটিকে সামনের দিকে এগিয়ে নিয়ে যায়।

২) সরল দোল গতির ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থানে ববের বেগ সর্বনিম্ন কি না? ব্যাখ্যা দাও। [কু. বো. '১৯]

উ: সরল দোল গতির ক্ষেত্রে ববের বেগ,

$$v = \omega \sqrt{A^2 - x^2} \text{ . সাম্যাবস্থানে } x = 0$$

সুতরাং উপরিউক্ত সম্পর্ক অনুসারে সাম্যাবস্থানে বেগ দাড়ায় $v = \omega \sqrt{A^2} = \omega A$ । উপরিউক্ত সম্পর্ক অনুসারে x এর মান যত কম হবে ববের বেগ তত বেশি হবে। অতএব, সাম্যাবস্থানে x এর মান সর্বনিম্ন হওয়ায় এখানে ববের বেগ সর্বোচ্চ। সুতরাং সরল দোল গতির ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থানে ববের বেগ সর্বনিম্ন নয় বরং সর্বোচ্চ।

৩) সরল দোল গতির সর্বোচ্চ অবস্থানে ত্বরণ সর্বোচ্চ কি না? ব্যাখ্যা কর। [দি. বো. '১৯]

উ: আমরা জানি, সরল দোলগতির জন্য সাম্যাবস্থান থেকে x দূরত্বে ত্বরণ, $a = -\omega^2 x$.

উপরোক্ত সম্পর্ক থেকে এটি স্পষ্ট যে x -এর সর্বোচ্চ মানের জন্য ত্বরণের মান সর্বোচ্চ হয়। অতএব, সরল দোলগতির ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ অবস্থানে x -এর মান সর্বোচ্চ বলে সেখানে ত্বরণের মান সর্বোচ্চ।

৪) সব দোলক সরল দোলক নয়— ব্যাখ্যা কর। [দি. বো. '১৬]

উ: পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো বস্তু যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোনো নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় একই পথে তার বিপরীত দিকে চলে তবে এর গতিকে স্পন্দন গতি বা দোলন গতি এবং বস্তুটিকে দোলক বলে। আর স্পন্দন গতিসম্পন্ন বস্তুর ত্বরণ যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দু থেকে এর সরণের সমানুপাতিক এবং সর্বদা ঐ বিন্দু অভিমুখী হয় তাহলে বস্তুর এই গতিকে সরল দোলন গতি এবং বস্তুটিকে সরল দোলক বলে। সব দোলকের ক্ষেত্রে বস্তুর ত্বরণ একটি নির্দিষ্ট বিন্দু থেকে এর সরণের সমানুপাতিক এবং সর্বদা ঐ বিন্দু অভিমুখী হয় না। তাই সব দোলক সরল দোলক নয়।

৫) একটি ফাঁপা গোলককে তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করলে দ্রুত না ধীরে চলবে ব্যাখ্যা কর। [রা. বো. '১৬]

উ: সরল দোলকের ২য় সূত্রানুসারে, সরল দোলকের দোলনকাল তার কার্যকরী দৈর্ঘ্যের বর্গমূলের সমানুপাতিক। একটি ফাঁপা গোলককে তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করলে দোলকের ভারকেন্দ্র কিছুটা নিচে নেমে যায়। ফলে এর কার্যকরী দৈর্ঘ্য কিছুটা বৃদ্ধি পায়। দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাওয়ায় এর দোলনকালও বৃদ্ধি পায়। দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাওয়ায় এটি পূর্বাপেক্ষা ধীরে চলে। অর্থাৎ একটি ফাঁপা গোলককে তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করলে ধীরে চলবে।

পর্যাবৃত্তিক গতি

অনুধাবনমূলক

৬) সকল সেকেন্ড দোলকই সরল দোলক কিন্তু সকল সরল দোলক সেকেন্ড দোলক নয় কেন? [সি. বো. '১৬]

উ: সেকেন্ড দোলক সেই দোলককেই বলা যায় যার দোলনকাল দুই সেকেন্ড অর্থাৎ যে সরল দোলকের এক প্রান্ত থেকে অন্য প্রান্তে যেতে এক সেকেন্ড সময় লাগে। কিন্তু সকল সরল দোলকের দোলনকাল দুই সেকেন্ড নাও হতে পারে, কম বা বেশি হতে পারে। সেই সরল দোলক গুলোকে কখনোই সেকেন্ড দোলক বলা যায় না। সুতরাং সকল সেকেন্ড দোলকই সরল দোলক কিন্তু সকল সরল দোলক সেকেন্ড দোলক নয়।

৭) গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে কেন? [দি. বো. '১৭]

উ: আমরা জানি, সরল দোলকের সমীকরণ, $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ । দোলনকাল T এর কার্যকর দৈর্ঘ্য L ও অভিকর্ষজ ত্বরণ g -এর উপর নির্ভর করে। কার্যকর দৈর্ঘ্য L বৃদ্ধি পেলে, দোলনকাল T বৃদ্ধি পায় এবং L হ্রাস পেলে T হ্রাস পায়। দোলক ঘড়ি সাধারণ সময়ে প্রতি ঘণ্টায় 30টি দোলন দেয়। অর্থাৎ, দোলক ঘড়ির দোলনকাল T এর মান 2 সেকেন্ড। গ্রীষ্মকালে তাপমাত্রা বেশি থাকার কারণে দোলক ঘড়ির কার্যকর দৈর্ঘ্য L বৃদ্ধি পায়। ফলে দোলনকাল T এর মানও বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ, T এর মান 2 সেকেন্ডের বেশি হয়। এজন্য গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে।

৮) সকল সরল ছন্দিত স্পন্দনই পর্যায়বৃত্ত স্পন্দন কিন্তু সকল পর্যায়বৃত্ত স্পন্দন সরল ছন্দিত স্পন্দন নয়— ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. '১৬]

উ: যে গতি একটি নির্দিষ্ট সময়ের ব্যবধানে পুনরাবৃত্ত হয় তাকে পর্যায়বৃত্ত স্পন্দন বলে। কোনো পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন বস্তুকণার গতি তখনই সরল ছন্দিত স্পন্দন হয় যখন বস্তুকণার ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে বস্তুকণাটির সরণের সমানুপাতিক এবং সর্বদাই সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয়। সুতরাং সরল ছন্দিত স্পন্দন এক বিশেষ ধরনের পর্যায়বৃত্ত স্পন্দন। কিন্তু সব পর্যায়বৃত্ত স্পন্দন সরল ছন্দিত স্পন্দনের বিশেষ শর্তগুলো মেনে চলে না। তাই সব পর্যায়বৃত্ত স্পন্দন সরল ছন্দিত স্পন্দন হতে পারে না। যেমন— ঘড়ির কাঁটার গতি বা সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর গতি হলো পর্যায়বৃত্ত স্পন্দন, কিন্তু সরল ছন্দিত স্পন্দন নয়। তাই বলা যায়, সকল সরল ছন্দিত স্পন্দনই পর্যায়বৃত্ত স্পন্দন কিন্তু সকল পর্যায়বৃত্ত স্পন্দন সরল ছন্দিত স্পন্দন নয়।

৯) একটি সরল দোলকের কৌণিক বিস্তার 3° ; এর গতি সরল ছন্দিত হবে কিনা— ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. '১৫]

উ: 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 বিস্তার 3° এর বেশি হলে ববের গতিপথ সরল রৈখিক হবে না, এমনকি ত্বরণও সরণের সমানুপাতিক হবে না। ফলে সরল দোলকের গতি সরল দোলগতি সম্পন্ন হয় না। এ জন্যই সরল দোলকের কৌণিক বিস্তার 3° এর মধ্যে রাখা হয়। অতএব সরল দোলকটির গতি সরলছন্দিত হবে।

পর্যাবৃত্তিক গতি

অনুধাবনমূলক

১০) সরল দোলকের গতি সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি- ব্যাখ্যা কর।

[যো. বো. '১৬]

উ: সরল দোলকের গতি সরলছন্দিত গতি। কারণ

- এটি একটি পর্যাবৃত্ত ও স্পন্দন গতি;
- এটি একটি সরলরৈখিক গতি;
- এর স্পন্দনের সীমা মধ্যাবস্থানের উভয় দিকে সমান দূরে অবস্থিত;
- যেকোনো সময়ে ত্বরণের মান সাম্যাবস্থান থেকে সরণের মানের সমানুপাতিক এবং
- ত্বরণ সর্বদা একটি নির্দিষ্ট বিন্দু অভিমুখী

১১) সরল দোলন গতির অন্তরক সমীকরণটি ব্যাখ্যা কর।

[দি. বো. '১৫]

উ: সরল দোলন গতিতে চলমান কোনো বস্তুকণার t সময়ে সরণ x হলে, এর গতির অন্তরক সমীকরণ হবে

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

এখানে, ω = কণাটির কৌণিক বেগ, এই সমীকরণটিকে সমাধান করে পাওয়া যায়,

$$x = a \sin(\omega t + \delta)$$

$$\text{এক্ষেত্রে বেগ, } v = \frac{dx}{dt}$$

$$= a\omega \cos \omega t$$

$$\text{এবং ত্বরণ } a = \frac{dv}{dt} = -a\omega^2 \sin \omega t = -\omega^2 x$$

অর্থাৎ, ত্বরণ সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী।

১২) দোলনরত একটি সরল দোলক সাম্যাবস্থায় এসে থেমে যায় না কেন? ব্যাখ্যা কর।

[রা. বো. '১৯]

উ: দোলনরত সরল দোলক সাম্যাবস্থায় আসলে এর উপর প্রযুক্ত বল শূন্য হয় ফলে ত্বরণ শূন্য হয় কিন্তু বেগ শূন্য হয় না। বরং সাম্যাবস্থায় দোলকটির বেগ সর্বোচ্চ হয়। বেগ থাকার ফলে দোলকটি গতি জড়তার কারণে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। তাই সরলদোলক সাম্যাবস্থায় এসে থেমে যায় না।

১৩) একটি দোলক ঘড়ির দোলনকাল 2.5 s হলে এটি সঠিক সময় দিবে কি? ব্যাখ্যা কর।

[রা. বো. '১৯]

উ: আমরা জানি, দোলক ঘড়ি প্রতি সেকেন্ডে একটি করে বীট দেয়। প্রতি মিনিটে 60টি এবং প্রতি ঘণ্টায় 3600টি বীট দেয়। এখন দোলক ঘড়ির দোলনকাল 2.5 s হলে 3600টি বীট দিতে এর $\frac{2.5}{2} \times 3600 = 4500 \text{ s}$ তথা 1.25 ঘণ্টা সময় লাগবে। অর্থাৎ দোলক ঘড়িটি ধীরে চলবে। ফলে এটি সঠিক সময় দিবে না।

পর্যাবৃত্তিক গতি

অনুধাবনমূলক

১৪) হাতঘড়ির কাঁটার গতি কি দোলন গতি? ব্যাখ্যা কর।

[কু. বো. '১৯]

উ: পর্যাবৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো বস্তু যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোনো নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় একই পথে তার বিপরীত দিকে চলে তবে তার গতিই দোলন গতি। হাতঘড়ির কাঁটা সর্বদা একইদিকে গতিশীল থেকে তার গতিপথের নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে। সুতরাং সংজ্ঞানুসারে এটি পর্যাবৃত্ত গতি হলেও দোলনগতি নয়।

১৫) সরল দোলকের কৌণিক বিস্তার 4° এর মধ্যে রাখা হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. '১৯]

উ: সরল দোলকের কৌণিক বিস্তার 4° এর বেশি হলে সরল দোলকের গতি সরলরৈখিক না হয়ে বৃত্তাকার হয়। ফলে সরল দোলক দোলন গতির বৈশিষ্ট্য মেনে চলে না। সেক্ষেত্রে

$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ সমীকরণ প্রযোজ্য হয় না। এজন্য সরল দোলকের কৌণিক বিস্তার 4° এর মধ্যে রাখতে হয়।

১৬) একটি স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক 2.5 N/m বলতে কী বুঝ? [রা. বো. '১৭; য. বো. '১৫]

উ: একটি স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক 2.5 N/m বলতে বুঝায় ঐ স্প্রিং এর মুক্তপ্রান্তের 1m সরণ ঘটাতে স্প্রিং এর ওপর 2.5 N বল প্রয়োগ করতে হবে।

১৭) ধ্রুব বল ও স্প্রিং স্পন্দন এর সাথে দোলনকালের সম্পর্ক স্থাপন কর।

[দি. বো. '১৫]

উ: অনুভূমিক স্প্রিং এর সরলছন্দিত গতির সমীকরণ থেকে পাই,

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

এই ছন্দিত গতির দোলনকাল T হলে,

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

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

এটিই নির্ণেয় সম্পর্ক।

১৮) সরল ছন্দিত গতিতে গতিশীল কণার বেগ শূন্য হলেও ত্বরণ থাকতে পারে?

[আইডিয়াল স্কুল অ্যান্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা]

উ: সরল ছন্দিত গতিতে চলমান কণার বেগ শূন্য হলেও ত্বরণ থাকতে পারে। সরল ছন্দিত কণার সরণ বৃদ্ধির সাথে সাথে বেগ হ্রাস পেতে থাকে এবং বিস্তারের প্রান্তে বেগ শূন্য হয়। বেগ শূন্য হলেও ঐ অবস্থায় কণার ত্বরণ থাকে যার ফলে কণাটি পূর্ব গতির বিপরীত দিকে ধাবমান হতে চেষ্টা করে। তাই সরল ছন্দিত গতিতে গতিশীল কণার বেগ শূন্য হলেও ত্বরণ থাকতে পারে।

পর্যাবৃত্তিক গতি

অনুধাবনমূলক

১৯) গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে এবং শীতকালে দ্রুত চলে কেন?

[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]

উ: আমরা জানি, সরল দোলকের সমীকরণ, $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ ।

দোলনকাল T এর কার্যকর দৈর্ঘ্য L এবং অভিকর্ষজ ত্বরণ g এর উপর নির্ভর করে। L বৃদ্ধি পেলে T বৃদ্ধি পায় এবং L হ্রাস পেলে T হ্রাস পায়। দোলন ঘড়ি সাধারণ সময়ে প্রতি ঘণ্টায় 30টি দোলন দেয়। অর্থাৎ দোলনকাল $T = 2$ s। গ্রীষ্মকালে তাপমাত্রা বেশি থাকায় L বাড়ে তাই T বাড়ে অন্যদিকে শীতকালে L হ্রাস পায় তাই T ও হ্রাস পায়। অর্থাৎ গ্রীষ্মকালে T এর মান 2 সেকেন্ডের বেশি এবং শীতকালে 2 সেকেন্ডের কম- হয়। এজন্য গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ি ধীরে, আর শীতকালে দ্রুত চলে।

২০) পর্যাবৃত্ত গতিতে আদি দশা কোণ কেন ধ্রুব থাকে? ব্যাখ্যা কর।

[সি. বো, ১৭]

উ: পর্যাবৃত্ত গতির সংজ্ঞানুযায়ী এটি এর গতিপথে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পরপর একই দিক থেকে অতিক্রম করে। আবার, দশা বলতে কম্পমান কোনো কণার যেকোনো মুহূর্তে কণাটির। সরণ, বেগ, ত্বরণ ও গতির অভিমুখকে বুঝায়। যেহেতু পর্যাবৃত্ত গতির ক্ষেত্রে নির্দিষ্ট সময় পরপর কণাটির সরণ, বেগ, ত্বরণ ও গতির অভিমুখের পুনরাবৃত্তি ঘটে তাই বস্তু বা কণাটির দশা কোণ ধ্রুব থাকে।

নিজে কর

১) একটি দোলককে পৃথিবীর কেন্দ্রে নিলে কী ধরনের পরিবর্তন ঘটবে?

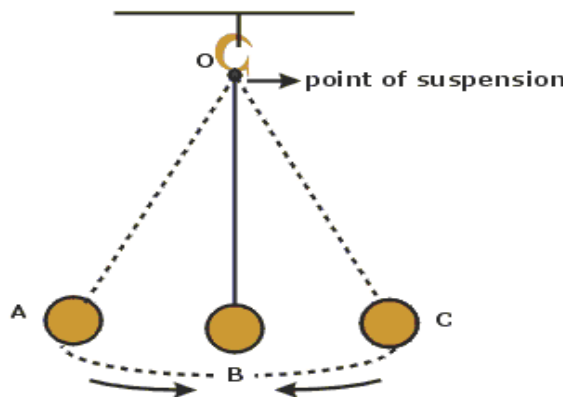
২) শীতকালে পেডুলাম ঘড়ি দ্রুত চলে কেন?

৩) নির্দিষ্ট স্প্রিং ও ভরের জন্য স্প্রিং-এর দোলনকাল ধ্রুবক ব্যাখ্যা কর।

৪) সরল ছন্দিত স্পন্দনরত কোনো কণার গতিবেগ সর্বোচ্চ কত হয়?

৫) সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কোনো কণার গতিপথের কোন অবস্থানে গতিশক্তি সর্বনিম্ন হয়?

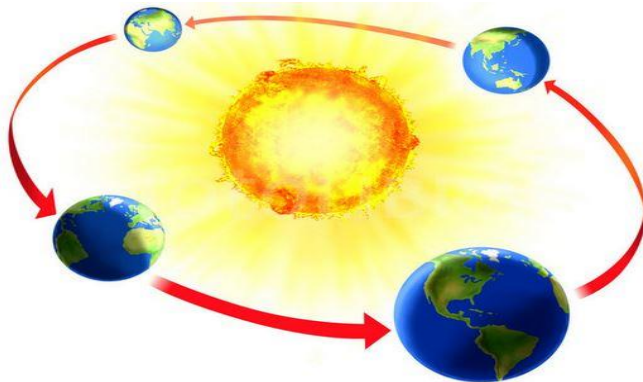
৬) সরল দোল গতির সর্বোচ্চ অবস্থানে ত্বরণ সর্বোচ্চ কি না? ব্যাখ্যা কর।



পর্যাবৃত্তিক গতি

□ জ্ঞান ও অনুধাবনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ টপিক/প্রশ্ন

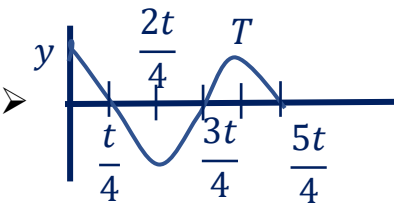
পর্যাবৃত্ত গতি	সরল দোলকের সূত্রগুলো	সরল দোলক
সরল ছন্দিত গতি	স্থানিক / কালিক পর্যায়ক্রম	দোলনকাল
বিস্তার	দশা	সেকেন্ড দোলক
দশা	$T^2 - L/T^2 - g$ গ্রাফ	স্প্রিং - কে কেটে ছোট করলে স্প্রিং ধ্রুবক এর কী পরিবর্তন হবে?
সরল দোলক এর কৌণিক বিস্তার 4° এর মধ্যে হতে হবে কেন?	বিস্তার দ্বিগুণ করলে পর্যায়কালের পরিবর্তন	গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ি ধীরে, শীতকালে দ্রুত চলে কেন?
সরল ছন্দিত স্পন্দনের কণার বেগ শূন্য হলেও ত্বরণ থাকতে পারে	ফাঁপা দোলকপিণ্ডকে পানিপূর্ণ করলে দোলনকালের কোন পরিবর্তন হবে কিনা	



পর্যায়বৃত্তিক গতি

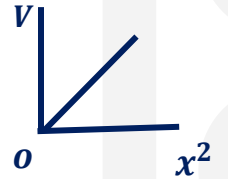
গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- সরল দোল গতিসম্পন্ন কণার ক্ষেত্রে $\frac{1}{2}KA^2$ হচ্ছে -
- (i) সর্বোচ্চ গতিশক্তি, (ii) সর্বোচ্চ স্থিতিশক্তি, (iii) মোট শক্তি।
- পর্যায়কাল 2 গুণ করা হলে দোলকের দৈর্ঘ্য 4 গুণ করতে হবে।
- পৃথিবীর কেন্দ্রে সরল দোলকের দোলনকাল অসীম হয়। $T = \sqrt{L}$
- সরল দোলন গতিসম্পন্ন কণার পর্যায়কাল, $T = \sqrt{\frac{K}{m}}$ অর্থাৎ বল ধ্রুবকের বর্গমূলের সমানুপাতিক।
- সরল দোলন গতিসম্পন্ন কোনো কণার অন্তরক সমীকরণ, $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2x = 0$ ।
- সরল দোলন গতিসম্পন্ন কোনো কণার অন্তরক সমীকরণের কম্পাঙ্ক $\frac{\omega}{2\pi}$ এবং পর্যায়কাল $\frac{2\pi}{\omega}$ ।
- সরল দোলন গতিসম্পন্ন কোনো কণা যখন সাম্যাবস্থা অতিক্রম করে তখন এর গতিশক্তি সর্বোচ্চ এবং বিভবশক্তি সর্বনিম্ন হয়।
- সরল দোলন গতির জন্য কৌণিক সরণ 4° এর চেয়ে বেশি হতে পারবে না।



সরল ছন্দিত গতিতে গতিশীল একটি বস্তুর গতির সরণ-সময় লেখচিত্রের জন্য প্রযোজ্য। (i) যখন $t = \frac{3T}{4}$ তখন $E = 0$, (ii) যখন $t = \frac{T}{4}$ তখন $E_k = E_p$ প্রযোজ্য নয়। যখন $t = T$ হয় তখন সরণ সর্বনিম্ন হয়। সরল দোলকের ক্ষেত্রে পর্যায়কাল $T = 2 \times$ এক বার টিক শব্দের সময়।

- সরল দোলন গতিসম্পন্ন কণার বিভব শক্তি বনাম সরণের বর্গের লেখচিত্র-

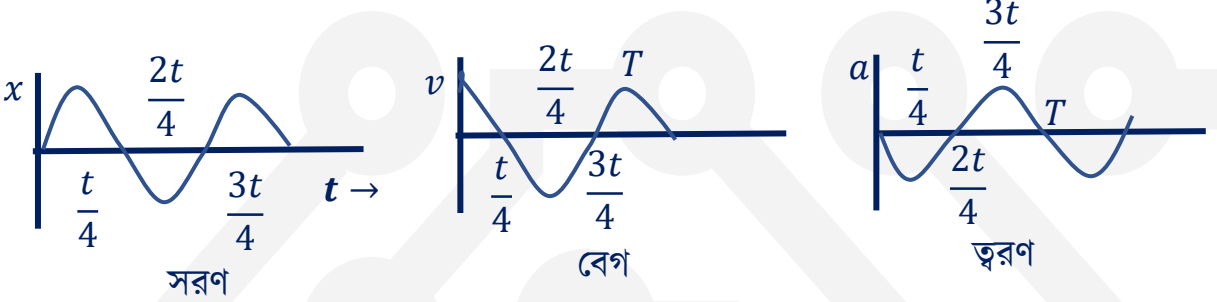


- সরল দোলন গতিসম্পন্ন কণার দোলনকাল T বিস্তার A-এর সর্বোচ্চ বেগ হলো, $\frac{2\pi A}{T}$ ।

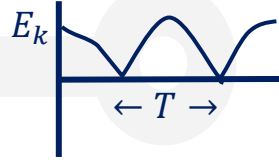
পর্যায়বৃত্তিক গতি

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

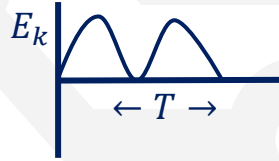
- সরল দোলন গতিসম্পন্ন কণার সরণ, বেগ ও ত্বরণের লেখচিত্র হলো-



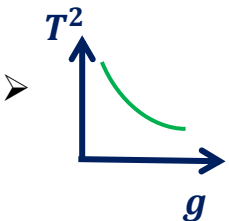
- একটি সরল ছন্দিত স্পন্দকের সাম্যাবস্থান থেকে সময় পরিমাপ শুরু করলে সেটির গতিশক্তি বনাম সময়ের লেখচিত্র হলো:



- সরল ছন্দিত স্পন্দনে স্পন্দিত কোনো কণার বার বার স্পন্দিত হওয়ার কারণ গতি জড়তা ও প্রত্যায়নী বল।
- একটি সরল ছন্দিত স্পন্দকের বিস্তার অবস্থান থেকে সময় পরিমাপ শুরু করলে সেটির গতিশক্তি বনাম এর পর্যায় কালের লেখচিত্র হলো:



- সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কণার জন্য ত্বরণ সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখি।
- সরল ছন্দিত স্পন্দকের ক্ষেত্রে পর্যায়কাল এবং প্রত্যায়নী বলের মান অপরিবর্তিত থাকে।
- ω এবং f এর মধ্যে একটিমাত্র ধ্রুবকের পার্থক্য তা হলো 2π ।
- সুসম বৃত্তাকার গতিকে সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি হিসেবে বিবেচনা করা যায়।
- একটি দোলক ঘড়িকে পাহাড়ের চূড়ায় নিলে ধীরে চলবে। কারণ সেখানে g এর মান কম।



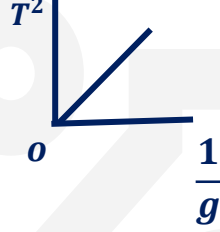
লেখচিত্রটি সরল দোলকের তৃতীয় সূত্র সমর্থন করে।

পর্যায়বৃত্তিক গতি

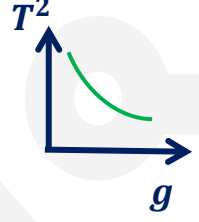
গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

➤ সেকেন্ড দোলকের দৈর্ঘ্য অভিকর্ষজ ত্বরণ g -এর সমানুপাতিক।

➤ $\frac{1}{g}$ বনাম T^2 লেখচিত্র হলো -



আবার, $g - T^2$ লেখচিত্র হলো



➤ ববের ভর বেশি হলে দোলনকাল অপরিবর্তিত থাকবে। সরল ছন্দিত স্পন্দনরত কণার বেগ
➤ (i) মধ্য বিন্দুতে সর্বোচ্চ (ii) সর্বোচ্চ সরণে শূন্য (iii) সাম্যাবস্থায় সর্বনিম্ন।

➤ সরল দোলকের দৈর্ঘ্য L , ভর M . কম্পাঙ্ক f । এর কম্পাঙ্ক $2f$ করা হলে দৈর্ঘ্য হ্রাস করে $\frac{L}{4}$ করতে হবে।

➤ $\frac{2d^2x}{dt^2} + 32x = 0$ হলে র কৌণিক কম্পাঙ্ক হবে 4 rads^{-1} ।

➤ সরল দোলকের সাহায্যে নির্ণয় করা যায় পাহাড়ের উচ্চতা ও অভিকর্ষজ ত্বরণ।

➤ একটি সেকেন্ড দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য 0.993 m ।

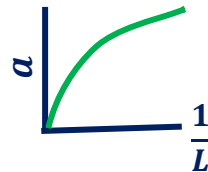
➤ দোলনকালের অনুপাত $2:3$ হলে কার্যকর দৈর্ঘ্যের অনুপাত হবে $4:9$ ।

➤ একক সেকেন্ড দোলকের পর্যায়কাল 2 sec এবং কম্পাঙ্ক 0.5 Hz ।

➤ পর্যায়কাল ও বল ধ্রুবকের মধ্যে সম্পর্ক হলো $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$ ।

➤ সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কণার সর্বোচ্চ অবস্থান ও সাম্যাবস্থানের মধ্যে দশা পার্থক্য হলো $\frac{\pi}{4}$ ।

➤ কার্যকরী দৈর্ঘ্য বনাম কম্পাঙ্কের লেখচিত্র হলো



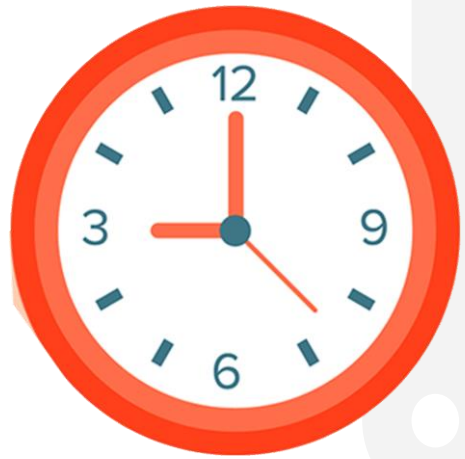
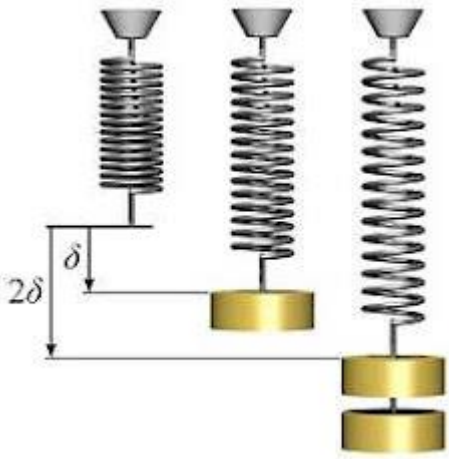
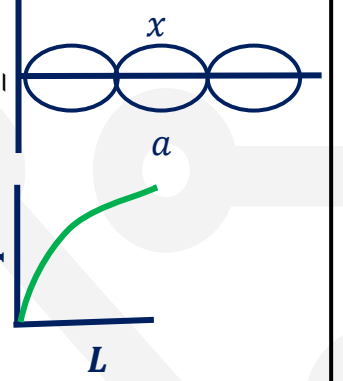
➤ একটি পূর্ণ কম্পনে T সময়ে দশার পরিবর্তন 2π হলে কৌণিক কম্পাঙ্ক $\omega = 2\pi f$ ।

➤ একক পর্যায়কালবিশিষ্ট সরল দোলন গতিসম্পন্ন কণার গড় গতিশক্তি $m\omega^2 A^2$ ।

পর্যায়বৃত্তিক গতি

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- সরল দোলন গতিসম্পন্ন কণার সরণ ও ত্বরণের দশা পার্থক্য 180° ।
- $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ সমীকরণটি T বনাম L লেখচিত্র একটি অধিবৃত্ত।
- স্প্রিং সংযুক্ত একটি কণা সরল ছন্দিত স্পন্দনে স্পন্দিত হচ্ছে $x = \frac{A}{2}$ অবস্থানে বেগ $\frac{\sqrt{3}}{2} v_{max}$ ।
- কোনো সরল ছন্দিত স্পন্দকের পর্যায়কাল 10 sec হলে ত্বরণ এবং সরণ x -এর মধ্যকার সম্পর্ক হলো $a = -\left(\frac{\pi}{5}\right)^2 x$ ।
- সরল ছন্দিত গতিসম্পন্ন কোনো কণার যান্ত্রিক শক্তি বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক।
- একটি স্প্রিং এর সঞ্চিত শক্তি বনাম প্রসারণের লেখচিত্র হবে প্যারাবোলা।
- $x = 0$ অবস্থানে মোট শক্তি $x = A$ অবস্থানে মোট শক্তি = সময়।
- $x = 0$ অবস্থানে মোট শক্তি $x = A$ অবস্থানে স্থিতিশক্তির সমান $= \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = \frac{1}{2} K x^2$ ।
- সাম্যাবস্থান থেকে সরণ যেখানে বিস্তারের অর্ধেক সেখানে গতিশক্তি ও বিভবশক্তি সমান হবে।



আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব

জ্ঞানমূলক

১) আদর্শ গ্যাস কী? [রা. বো. '১৯; কু. বো. '১৬; চ. বো. '১৫; সি. বো. '১৫; দি. বো. '১৭]

উ: যে সকল গ্যাস গ্যাসের গতিতত্ত্বের মৌলিক স্বীকার্যসমূহ মেনে চলে এবং সকল তাপমাত্রায় ও চাপে বয়েল ও চার্লসের সূত্র যুগ্মভাবে মেনে চলে তাকে আদর্শ গ্যাস বলে।

২) গ্যাসের ক্ষেত্রে বয়েলের সূত্র বিবৃত কর। [য. বো. '১৯, ১৫]

উ: গ্যাসের ক্ষেত্রে বয়েলের সূত্রটি হলো- নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির থাকলে তার আয়তন চাপের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

১৩) মোল কী? [চ. বো. '১৭]

উ: কোনো পদার্থের যে পরিমাণের মধ্যে 6.023×10^{23} টি পরমাণু, অণু বা আয়ন থাকে সেই পরিমাণকে ঐ পদার্থের মোল বলা হয়।

৪) সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ কাকে বলে? [ঢা. বো '১৬; চ. বো. '১৯]

উ: কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো আবদ্ধ স্থানের বাষ্প সর্বাধিক যে চাপ দিতে পারে তাকে সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ বলে।

৫) শিশিরাঙ্ক কাকে বলে? [রা. বো. '১৭; ১৫; কু. বো. '১৯; ব. বো. '১৯, ১৭]

উ: যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু তার ভেতরের জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাকে ঐ বায়ুর শিশিরাঙ্ক বলে।

৬) মূল গড় বর্গ বেগ কী? [সি. বো. '১৭]

উ: কোনো গ্যাসের সকল অণুর বেগের বর্গের গড় মানের বর্গমূলকে মূল গড় বর্গ বেগ বলে।

৭) আপেক্ষিক আর্দ্রতা কী? [চ. বো. '১৭; কু. বো. '১৭; রা. বো. '১৬]

উ: কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর এবং সেই একই তাপমাত্রায় সেই আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের ভরের অনুপাত হলো সেই স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা।

৮) সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক কাকে বলে? [কু. বো. '১৫]

উ: এক মোল আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা এক ডিগ্রি বাড়ালে তা যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করে তাকে সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক বলে।

৯) পরম আর্দ্রতা কাকে বলে? [ব. বো. '১৫]

উ: বায়ুর প্রতি একক আয়তনে জলীয় বাষ্পের ভরকে ঐ স্থানের পরম আর্দ্রতা বলে।

১০) স্বাধীনতার মাত্রা কী? [ঢা. বো. '১৯; রা. বো. '১৭]

উ: কোনো গতিশীল সংস্থার অবস্থা বা অবস্থান সুনির্দিষ্টভাবে প্রকাশের জন্য যতগুলো স্থানাঙ্কের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ গতিশীল সংস্থার স্বাধীনতার মাত্রা বলে।

আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব

জ্ঞানমূলক

১১) শক্তির সমবিভাজন নীতিটি বিবৃত কর।

[চট্টগ্রাম কলেজ, চট্টগ্রাম]

উ: শক্তির সমবিভাজন নীতিটি হলো- তাপীয় সাম্যাবস্থায় আছে এমন গতীয় সিস্টেমের মোট সক্তি স্বাধীনতার মাত্রার ভেতর সমভাবে বন্টিত হয় এবং প্রত্যেক স্বাধীনতার মাথাপিছু শক্তির পরিমাণ হয় $\frac{1}{2} KT$.

১২) মৌলিক স্বীকার্য কাকে বলে?

[ঢাকা কলেজ, ঢাকা]

উ: গ্যাসের অণুর গতিতত্ত্ব সুপ্রতিষ্ঠিত করার জন্য কতকগুলো পূর্ব শর্তকে মৌলিক স্বীকার্য বলে।

১৩) পরম শূন্য তাপমাত্রা কাকে বলে?

[রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]

উ: যে তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন ও চাপ শূন্য হয়, যার নিচে কোনো তাপমাত্রা থাকা সম্ভব নয় সে সর্বনিম্ন কল্পনাযোগ্য তাপমাত্রাই পরমশূন্য তাপমাত্রা।

১৪) তাপ কাকে বলে?

উ: তাপ এক প্রকার শক্তি যা গরম বা উচ্চ তাপমাত্রার বস্তু হতে নিম্ন তাপমাত্রার বস্তুতে তাপমাত্রার পার্থক্যের কারণে সঞ্চালিত হয়।

১৫) গ্যাসের ক্ষেত্রে চার্লস-এর সূত্র বিবৃতি কর।

উ: স্থির চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 0°C থেকে প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রা পরিবর্তনের জন্য এর 0°C তাপমাত্রার আয়তনের নির্দিষ্ট ভগ্নাংশ $\frac{1}{273}$ অংশ পরিবর্তিত হয়।

১৬) গড় বর্গ বেগ কাকে বলে?

উ: দুই বা ততোধিক বেগের বর্গের গড় মানকে গড় বর্গ বেগ বলে।

১৭) প্রমাণ চাপ কাকে বলে?

উ: সমুদ্রপৃষ্ঠে 45° অক্ষাংশে 273 K তাপমাত্রায় উল্লম্বভাবে অবস্থিত 760 mm উচ্চতাবিশিষ্ট শুষ্ক ও বিশুদ্ধ পারদস্তম্ভ যে চাপ দেয় তাকে প্রমাণ চাপ বলে।

১৮) প্রমাণ তাপমাত্রা কাকে বলে?

উ: যে তাপমাত্রায় প্রমাণ চাপে অর্থাৎ 760 mm পারদ চাপে বরফ গলে পানিতে পরিণত হয় বা পানি জমে বরফে পরিণত হয় সেই তাপমাত্রাকে প্রমাণ তাপমাত্রা বলে।

১৯) বাষ্পচাপ কাকে বলে?

উ: তরল থেকে নির্গত বাষ্প আধারের গায়ে যে চাপ প্রয়োগ করে তাকে বাষ্পচাপ বলে।

আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব

জ্ঞানমূলক

২০) বায়ুচাপ কাকে বলে?

উ: বায়ুতে অণুসমূহ অবিরত ইতস্তত ছুটাছুটি করার ফলে পাত্রের একক ক্ষেত্রফলের উপর যে বল প্রয়োগ করে তাকে বায়ুচাপ বলে।

২১) এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ কাকে বলে?

উ: 0°C তাপমাত্রায় 45°C অক্ষাংশে সমুদ্র সমতলে যে পরিমাণ বায়ুচাপ 760 mm পারদস্তম্ভের চাপের সমান হয়, তাকে এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ বা এক বায়ুচাপ (1 atm) বলে।

২২) অসম্পৃক্ত বাষ্পচাপ কাকে বলে?

উ: কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো আবদ্ধ স্থানের বাষ্প যে সর্বাধিক বাষ্পচাপ অপেক্ষা কম চাপ প্রয়োগ করে তবে তাকে অসম্পৃক্ত বাষ্প চাপ বলে।

এটা আদর্শ
গ্যাস ভাতিজা



আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব

অনুধাবনমূলক

১) একটি হাইড্রোজেন গ্যাস বেলুন ভূমি হতে নির্দিষ্ট উচ্চতায় উঠার পরে ফেটে যায় কেন- ব্যাখ্যা কর। [রা. বো. '১৯]

উ: বয়েলের সূত্রানুসারে, আমরা জানি, স্থির তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন চাপের ব্যস্তানুপাতিক। অর্থাৎ, চাপ কমলে আয়তন বাড়ে। ভূমি থেকে উঁচুতে উঠতে থাকলে আন্তে আন্তে চাপ কমতে থাকে ফলে আয়তন বাড়তে থাকে। এভাবে একটি নির্দিষ্ট উচ্চতায় উঠার পর আয়তন বাড়তে বাড়তে বেলুনের প্রসারণ সীমার বাইরে চলে যায়। ফলে ফেটে যায়। একারণে একটি হাইড্রোজেন গ্যাস বেলুন ভূমি নির্দিষ্ট উচ্চতায় উঠার পরে ফেটে যায়।

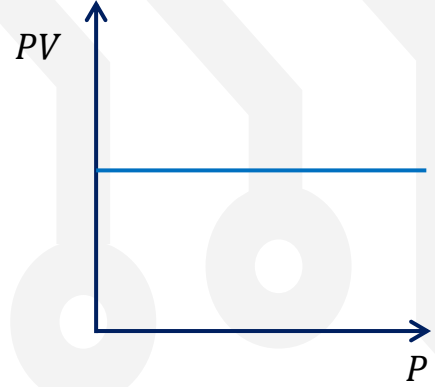
২) স্থির তাপমাত্রায় একটি আদর্শ গ্যাসের PV বনাম P গ্রাফের প্রকৃতি কিরূপ হবে ব্যাখ্যা কর।

উ: আমরা জানি, বয়েলের সূত্রানুসারে, $V \propto \frac{1}{P}$, যখন তাপমাত্রা স্থির। [য. বো. '১৯]

উপরোক্ত সম্পর্ক অনুসারে,

$$PV = K$$

অর্থাৎ, স্থির তাপমাত্রায় চাপ ও আয়তনের গুণফল সর্বদা ধ্রুবক। যার অর্থ P বা V -এর পরিবর্তনে P ও V -এর গুণফলের কোনো পরিবর্তন হবে না। অতএব, স্থির তাপমাত্রায় একটি আদর্শ গ্যাসের PV বনাম P গ্রাফটি দাঁড়ায় নিম্নরূপ



৩) নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ঘনত্ব তার পরম তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল— ব্যাখ্যা কর।

উ: আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে আমরা জানি, [চ. বো. '১৯]

$$PV = nRT$$

$$\text{বা, } PV = \frac{m}{M} RT$$

$$\text{বা, } P = \frac{\rho}{M} RT = \frac{PM}{RT}$$

$$\text{বা, } \rho \propto \frac{1}{T}$$

অর্থাৎ গ্যাসের ঘনত্ব পরম তাপমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক। যার অর্থ পরম তাপমাত্রা কমলে গ্যাসের ঘনত্ব বৃদ্ধি পায় এবং পরম তাপমাত্রা বাড়লে গ্যাসের ঘনত্ব হ্রাস পায়। অতএব বলা যায়, নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ঘনত্ব তার পরম তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল।

৪) শীতের রাতে শিশির পড়ে কেন? [চ. বো. '১৫]

উ: শীতকালে দিনের বেলায় সূর্যের উত্তাপে ভূ-সংলগ্ন বায়ু উত্তপ্ত থাকে। ফলে বায়ু জলীয়বাষ্প দিনে অসম্পৃক্ত থাকে। রাতে ঐ বায়ু তাপ বিকিরণ করে শীতল হয় এবং জলীয় বাষ্প দ্বারা প্রায় সম্পৃক্ত হয়ে আসে। এমতাবস্থায় ভূ-সংলগ্ন তাপ কুপরিবাহী, কিন্তু উত্তম তাপ বিকিরক যেমন- ঘাস, গাছের পাতা ইত্যাদি অতিরিক্ত তাপ বিকিরণ করে শীতল হয়ে পড়ে। যখন এসব শীতল বস্তুর সংস্পর্শে ঠাণ্ডা বায়ু আসে তখন এদের তাপমাত্রা শিশিরাক্ষের নিচে নেমে যায়। এজন্য শীতের রাতে শিশির পড়ে।

অনুধাবনমূলক

৫) সমোষ্ণ প্রক্রিয়া বলতে কী বুঝ ?

[ডা. বো. '১৯]

উ: যে প্রক্রিয়ায় কোনো গ্যাসের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন হয়, কিন্তু তাপমাত্রা অপরিবর্তিত অর্থাৎ স্থির থাকে, সে প্রক্রিয়াকে সমোষ্ণ প্রক্রিয়া এবং পরিবর্তনকে সমোষ্ণ পরিবর্তন বলে। অন্যকথায়, যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত অর্থাৎ স্থির থাকে তাকে সমোষ্ণ প্রক্রিয়া বলে।

৬) পরম আর্দ্রতা ও আপেক্ষিক আর্দ্রতার মধ্যে কোনটি অধিক গুরুত্বপূর্ণ? ব্যাখ্যা কর।

[কু. বো. '১৯]

উ: একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো স্থানে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প বিদ্যমান তা হচ্ছে ঐ স্থানের পরম আর্দ্রতা। আর নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো স্থানে উপস্থিত জলীয় বাষ্প ঐ স্থানকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের শতকরা যত তা হচ্ছে ঐ স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা। কোনো স্থানে উপস্থিত জলীয় বাষ্প ঐ স্থানের জলীয় বাষ্প ধারণ ক্ষমতার তুলনায় কতটুকু সেটিই অধিক গুরুত্বপূর্ণ। অতএব, পরম আর্দ্রতা ও আপেক্ষিক আর্দ্রতার মধ্যে আপেক্ষিক আর্দ্রতা অধিক গুরুত্বপূর্ণ।

৭) একক চাপে এক মোল কোনো গ্যাসের আয়তন বনাম পরম তাপমাত্রা লেখচিত্রের ঢাল কী নির্দেশ করে ?

[চ. বো. '১৯]

উ: আমরা জানি, স্থির চাপে কোনো গ্যাসের আয়তন এর পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

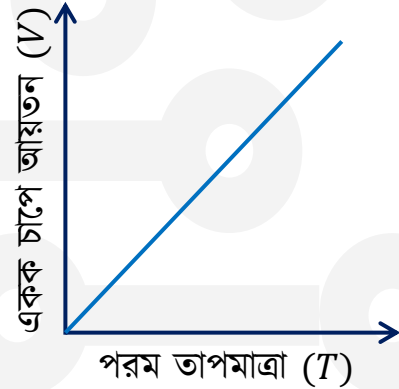
এখানে, মোল সংখ্যা, $n = 1$

একক চাপের ক্ষেত্রে, $P = 1$

এখন, $PV = nRT$

বা, $\frac{V}{T} = \frac{nR}{P} = \frac{1 \times R}{1} = R = \text{ঢাল}$

অতএব, একক চাপে এক মোল কোনো গ্যাসের আয়তন বনাম পরম তাপমাত্রা লেখচিত্রের ঢাল, সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবককে নির্দেশ করে।



৮) কোনো স্থানে বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70% বলতে কী বুঝায়?

[সি. বো. '১৫]

উ: কোনো স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70% বলতে আমরা বুঝি—

- বায়ুর তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের ঐ বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন তার শতকরা 70 ভাগ জলীয় বাষ্প বায়ুতে আছে।
- বায়ুর তাপমাত্রা ঐ বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ একই তাপমাত্রায় 70 সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের 100 ভাগের 70 ভাগ অর্থাৎ অংশ।
- ঐ বায়ুর শিশিরাক্ষে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের 100 ভাগের 70 ভাগ।

আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব

অনুধাবনমূলক

৯) গ্যাসের গতিতত্ত্ব বয়েলের সূত্রকে সমর্থন করে— ব্যাখ্যা কর।

[দি. বো. '১৭]

উ: গ্যাসের গতিতত্ত্ব থেকে আমরা পাই,

$$PV = \frac{1}{3}mN\bar{c}^2 = \frac{1}{3}M\bar{c}^2 = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2}M\bar{c}^2$$

বা, $PV = \frac{2}{3}E$ [E = গ্যাসের অণুসমূহের মোট গতিশক্তি]

তাপমাত্রা স্থির থাকলে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের তাপের পরিমাণ স্থির থাকে। ফলে মোট গতিশক্তিও স্থির থাকে।

PV = ধ্রুবক

বা, $P \propto \frac{1}{V}$

অর্থাৎ স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন তার উপর প্রযুক্ত চাপের ব্যস্তানুপাতিক। এটিই বয়েলের সূত্র।

১০) পরম আর্দ্রতা বৃদ্ধির সাথে গ্যাসীয় অণুর গড় বর্গবেগও বৃদ্ধি পায়- ব্যাখ্যা কর। [রা. বো. '১৬]

উ: কোনো সময় কোনো স্থানের একক আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভরকে ঐ স্থানের পরম আর্দ্রতা বলে। পরম আর্দ্রতা বৃদ্ধি পেলে জলীয় বাষ্পের ভরও বৃদ্ধি পায়। এতে ঐ স্থানে অণুর সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। অণুর সংখ্যা বৃদ্ধি পেলে এদের ফুটায়ুর পরিমাণও বৃদ্ধি পায়। ফলে অণুর গড় বর্গবেগও বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ পরম আর্দ্রতা বৃদ্ধির সাথে গ্যাসীয় অণুর গড় বর্গবেগও বৃদ্ধি পায়।

১১) গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে পার্থক্য লিখ।

[চ. বো. '১৬]

উ: বাষ্প ও গ্যাসের মধ্যে দুটি পার্থক্য নিচে দেওয়া হলো :

গ্যাস	বাষ্প
১. গ্যাস স্বাভাবিক অবস্থায় কক্ষ তাপমাত্রায় বাষ্পরূপে থাকে।	১. বাষ্প স্বাভাবিক অবস্থায় কক্ষ তাপমাত্রায় কঠিন বা তরলরূপে থাকে।
২. একই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সকল গ্যাসের প্রসারণ একই হয়।	২. একই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সকল বাষ্পের প্রসারণ সমান হয় না।

১২) কোনো স্থানের শিশিরাক্ষ 18 °C বলতে কী বুঝ?

[ঢা. বো. '১৯]

উ: কোনো স্থানের শিশিরাক্ষ 18 °C বলতে বুঝায় ঐ দিন 18 °C তাপমাত্রায় উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা ঐ স্থানের বায়ু সম্পৃক্ত হবে এবং তা ঘনীভূত হয়ে বিন্দু বিন্দু জলকণায় পরিণত হবে।

১৩) বোল্টজম্যান ধ্রুবক, $k = 1.38 \times 10^{-23} J/K$ বলতে কী বোঝায়? ব্যাখ্যা কর।

[রা. বো. '১৯]

উ: বোল্টজম্যান ধ্রুবক, $k = 1.38 \times 10^{-23} J/K$ বলতে বুঝায় একটি গ্যাসীয় অণুর তাপমাত্রা 1 K বাড়তে $1.38 \times 10^{-23} J$ কাজ করতে হয়।

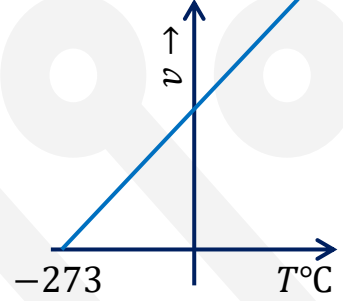
আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব

অনুধাবনমূলক

১৪) পরম শূন্য তাপমাত্রার নিচে গ্যাসের তাপমাত্রা থাকতে পারে কি না? ব্যাখ্যা কর।

[সি. বো. '১৯]

উ: -273°C তাপমাত্রায় পরম তাপমাত্রা হয় $(-273^{\circ}\text{C} + 273^{\circ}\text{C}) = 0\text{ K}$ । যেখানে আয়তন শূন্য হয়। এ তাপমাত্রার নিচে গ্যাসের আয়তনের মান ঋণাত্মক হয়, যা বাস্তবে অসম্ভব। তাই -273°C তথা পরমশূন্য তাপমাত্রা এর নিচে গ্যাসের তাপমাত্রা থাকতে পারে না।



১৫) গ্যাসের ঘনত্ব বেশি হলে গড়মুক্ত পথ বেশি হয় কি? ব্যাখ্যা কর।

[ব. বো. '১৯]

উ: আমরা জানি, $\lambda \propto \frac{1}{\rho}$ অর্থাৎ গড় মুক্তপথ গ্যাসের ঘনত্বের ব্যস্তানুপাতিক যার অর্থ গ্যাসের ঘনত্ব যত বেশি হবে অণুগুলোর গড় মুক্তপথ তত কম হবে। অতএব, গ্যাসের ঘনত্ব বেশি হলে গড় মুক্তপথ বেশি হয় না।

১৬) পরম শূন্য তাপমাত্রায় গ্যাস-অণুর বেগ শূন্য হওয়ার কারণ কী? ব্যাখ্যা কর।

[সকল বোর্ড '১৮]

উ: পরমশূন্য তাপমাত্রায় গ্যাসের অণুগুলো পরস্পরের খুব কাছাকাছি অবস্থান করে ফলে আন্তঃআণবিক শক্তি প্রবল থাকে বলে এই শক্তিকে উপেক্ষা করে অণুগুলো নড়তে পারে না। তাই তাদের বেগ শূন্য হয়।

১৭) ঢাকায় বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা ৬০% বলতে কী বুঝ?

[ঢা. বো. '১৬]

উ: ঢাকায় বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা ৬০% বলতে আমরা বুঝি-

- বায়ুর তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের ঐ বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন তার শতকরা ৬০ ভাগ জলীয় বাষ্প বায়ুতে আছে।
- বায়ুর তাপমাত্রা ঐ বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ একই তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের ১০০ ভাগের ৬০ ভাগ অর্থাৎ $\frac{60}{100}$ অংশ।
- ঐ বায়ুর শিশিরাক্লে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের ১০০ ভাগের ৬০ ভাগ।

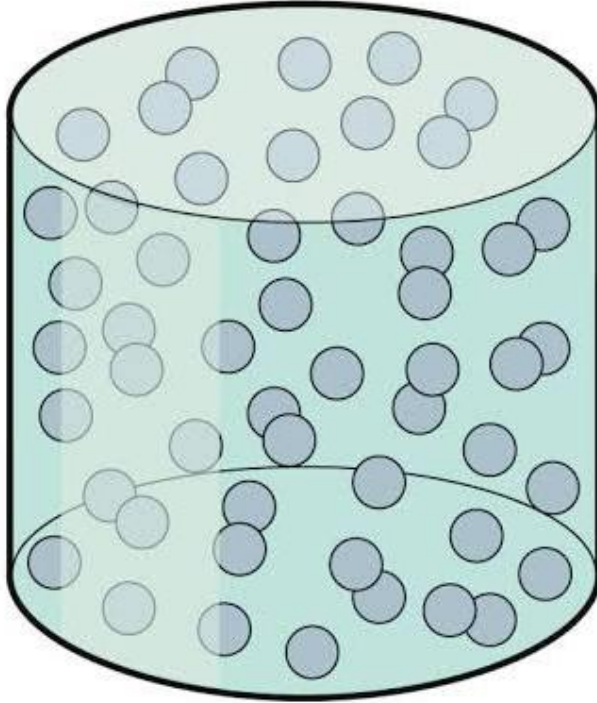
১৮) চলমান অবস্থায় গাড়ির ঢাকার চাপ বৃদ্ধি পায় কেন?

[য. বো. '১৫]

উ: চলন্ত মোটর গাড়ির টায়ারের মধ্যে বায়ুর চাপ বাড়ে। কারণ চলন্ত গাড়ির টায়ার এবং রাস্তার মধ্যে ঘর্ষণ হয়। ঘর্ষণের ফলে তাপ উৎপন্ন হয়। তাপ বৃদ্ধি পাওয়ার দরুন চাপও বৃদ্ধি পায়, ফলে বায়ুস্থ অণুসমূহের ছুটাছুটি বৃদ্ধি পায়। তাই টায়ারের দেয়ালের উপর চাপও বৃদ্ধি পায়। সুতরাং বলা যায় যে, চলন্ত মোটর গাড়ির টায়ারের মধ্যে বায়ুর চাপ বৃদ্ধি পায়।

নিজে কর

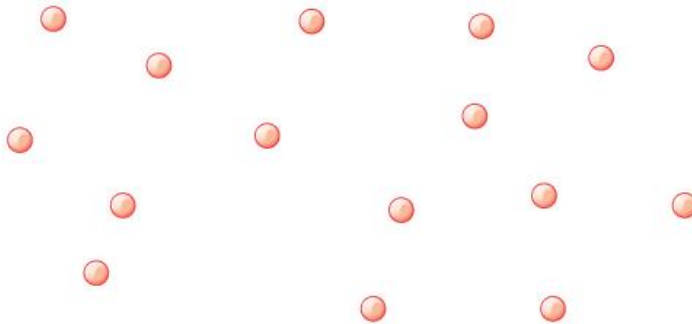
- ১) একই তাপমাত্রায় ঢাকার চেয়ে কক্সবাজারে বেশি অস্বস্তি লাগে কেন?
- ২) ছাতার কাপড়ে ছিদ্র থাকা সত্ত্বেও বৃষ্টির পানি ভেতরে প্রবেশ করে না কেন? ব্যাখ্যা কর।
- ৩) বর্ষাকাল অপেক্ষা শীতকালে ভেজা কাপড় দ্রুত শুকায় কেন?
- ৪) শীতকালে ঠোঁটে গ্লিসারিন ব্যবহার করা হয় কেন?
- ৫) মেঘাচ্ছন্ন রাত্রি অপেক্ষা মেঘহীন রাত্রি শিশির জমার জন্যসহায়ক ব্যাখ্যা কর।
- ৬) কাপড় কাচার সময় সামান্য গরম পানি ব্যবহার করা হয় কেন?
- ৭) হৃদের তলদেশ হতে পৃষ্ঠে আসার ফলে বুদবুদের আয়তন বৃদ্ধি পায় কেন?



আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব

□ জ্ঞান ও অনুধাবনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ টপিক/প্রশ্ন

আদর্শ গ্যাস	আপেক্ষিক আর্দ্রতা	পরম আর্দ্রতা
পরম শূন্য তাপমাত্রা	সম্পৃক্ত / অসম্পৃক্ত বাষ্পচাপ	বয়েলের সূত্র
চার্লসের সূত্র	রেনোর সূত্র	সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক
শিশিরাক্ষ	প্রমাণ চাপ	মূল গড় বর্গবেগ
শীতে ভেজা কাপড় দ্রুত শুকায়	হৃদের তলদেশ হতে আসা বুদবুদের আয়তন কেন বাড়ে	গ্যাস ও বাষ্পের পার্থক্য
গ্রীষ্মকালে ঢাকার চেয়ে কক্সবাজারে বেশি অস্বস্তি লাগার কারণ	মেঘাচ্ছন্ন রাত্রি অপেক্ষা মেঘশূন্য রাত্রি শিশির পড়তে বেশি সহায়ক	সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ আয়তনের উপর নির্ভর করে না
শিশিরাক্ষ একই থাকলেও আপেক্ষিক আর্দ্রতায় ভিন্নতা আসতে পারে- ব্যাখ্যা	একই তাপমাত্রায় ভিন্ন ভিন্ন গ্যাসের ক্ষেত্রেও গড় গতিশক্তি ধ্রুব	স্বাধীনতার মাত্রা



আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- বয়েলের সূত্র সমোষ্ণ প্রক্রিয়া মেনে চলে। আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ $PV = nRT$ ।
- পরম শূন্য তাপমাত্রা হচ্ছে $0K$ বা $-273^{\circ}C$ ।
- স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের জন্য $P \propto \rho$ ।
- কোনো গ্যাসের অণুগুলোর গড় গতিশক্তি, $\bar{E} = \frac{3}{2}KT$ ।
- সম্পৃক্ত বাষ্প বয়েল ও চার্লসের সূত্র মানে না।
- অসম্পৃক্ত বাষ্প বয়েল ও চার্লসের সূত্র মানে।
- সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবকের মান হলো $8.314 JK^{-1}mole^{-1}$ ।
- প্রমাণ চাপের ক্ষেত্রে সমুদ্রপৃষ্ঠের 45° অক্ষাংশকে বিবেচনা করা হয়।
- নাইট্রোজেন গ্যাসের ক্ষেত্রে $\gamma = 1.4$, যা সকল দ্বিপরমাণু গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।
- T তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে অণুর গড় গতিশক্তি $\frac{3}{2}KT$ ।
- কোনো গ্যাসের মূল গড় বর্গবেগ এবং পরম তাপমাত্রার বর্গমূলের সমানুপাতিক।
- $27^{\circ}C$ তাপমাত্রায় $4 g$ অক্সিজেনের মোট গতিশক্তি $467.78 J$ ।
- একটি আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা T হতে বৃদ্ধি করে $2T$ করা হলে অণুগুলোর গড়বেগ দ্বিগুণ হবে।
- স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে নাইট্রোজেনের ঘনত্ব $1.25 kgm^{-3}$ হলে মূল গড় বর্গবেগ $493.07 ms^{-1}$ ।
- গ্যাসের চলরাশি হলো তাপমাত্রা, আয়তন ও চাপ।
- আর্দ্রতা গুণাক্ষের একক Nsm^{-2} ।
- অসম্পৃক্ত বাষ্পচাপ f এবং সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ F হলে $f < F$ হয়।
- গড় বেগ মূল গড় বর্গবেগ অপেক্ষা কিছু কম।

আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব

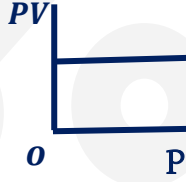
গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- দ্বিপরমাণু গ্যাস অণুর স্বাধীনতার মাত্রা 5, বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প ঘনীভবনের জন্য বড় হয়।
- বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা কম হলে বাষ্পায়ন হবে দ্রুতগতিতে।
- বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চেয়ে সম্পৃক্ত বাষ্প কতখানি তাই আপেক্ষিক আর্দ্রতা।
- হাক্সা অণুগুলোর মূল গড় বর্গবেগ ভারী অণুর মূল গড় বর্গবেগ অপেক্ষা বেশি।
- বাস্তব গ্যাস নিম্ন চাপে ও উচ্চ তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে।
- সিক্ত ও শুষ্ক বায়ু আর্দ্রতামাপক যন্ত্রের দুই থার্মোমিটারের তাপমাত্রার পার্থক্য হঠাৎ বেড়ে গেলে বুঝা যায় ওই স্থানে আপেক্ষিক আর্দ্রতা হ্রাস পেয়েছে। তখন ভেজা কাপড় তাড়াতাড়ি শুকায়।
- কোনো গ্যাসের একক আয়তনে অণুগুলোর গতিশক্তি $1.52 \times 10^5 J$ হলে গ্যাসের চাপ হবে $1 atm$ ।
- জলীয় বাষ্পের সংকট তাপমাত্রা $361^\circ C$ ।
- একই তাপমাত্রায় বিভিন্ন গ্যাসের অণুগুলোর গতিশক্তি সমান।
- আপেক্ষিক আর্দ্রতা 100% হলে শিশিরাঙ্ক বায়ুর তাপমাত্রার সমান হবে।
- $30^\circ C$ তাপমাত্রায় একটি গ্যাসকে স্থির চাপে উত্তপ্ত করে আয়তন তিনগুণ করা হলে গ্যাসটির চূড়ান্ত তাপমাত্রা $636^\circ C$ এবং ইহা চার্লসের সূত্র মেনে চলে।
- অণুর বেগ বণ্টন ভর ও তাপমাত্রার ওপর নির্ভর করে।
- গড় মুক্তপথ
(ক) একক আয়তনে গ্যাসের অণুর সংখ্যার সমানুপাতিক (খ) প্রতিটি অণুর ব্যাসের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক (গ) গ্যাসের ঘনত্বের ব্যস্তানুপাতিক (ঘ) তাপমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক।
- অসম্পৃক্ত বাষ্প চাপের ক্ষেত্রে (ক) বয়েলের ও চার্লসের সূত্র মেনে চলে (খ) ঠাণ্ডা করতে থাকলে ধীরে ধীরে চাপ কমে। গড় মুক্তপথ ঘনত্বের ব্যস্তানুপাতিক এবং অণুর ব্যাসের ব্যস্তানুপাতিক।
- পর্বতের চূড়ায় বায়ুর চাপ কম, পানির স্ফুটনাঙ্ক কম তাই রান্না করা কঠিন। $C_{rms} \propto \sqrt{T}$ ।

আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- আদর্শ গ্যাসের বৈশিষ্ট্য হলো-
 - (ক) গ্যাসের গতিতত্ত্বের মৌলিক স্বীকার্য মেনে চলে;
 - (খ) অণুসমূহের মধ্যে কোনো আকর্ষণ ও বিকর্ষণ নেই;
 - (গ) যেকোনো তাপমাত্রা ও চাপে $PV = nRT$ সমীকরণ মেনে চলে।
- স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের কোনো আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে $PV - P$ লেখচিত্র হলো-

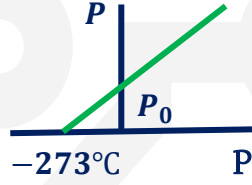


- T তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের একটি অণুর গড় গতিশক্তি $\frac{3}{2}KT$ । আবার 1 মোল বা 1 গ্রাম গ্যাসের গতিশক্তি $\frac{3}{2}RT$ ।
- আদর্শ গ্যাসের চাপ, $P = \frac{1}{3}\rho C^2$ ।
- নিম্নচাপ ও উচ্চ তাপমাত্রায় বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে।
- $\frac{PV}{T} = \text{ধ্রুবক}$, এই সূত্রটি সত্য যখন প্রক্রিয়াটি সমোষ্ণ নয় বা রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া নয়।
- $\frac{PV}{T} = RT$, গ্যাস সমীকরণে V নির্দেশ করে 2 mole গ্যাসের আয়তন।
- গড় মুক্তপথ λ পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক ($\lambda \propto T$)।
- জলীয় বাষ্প যত বেশি হবে ঘনত্ব তত কমবে, বাষ্পায়ন তত কম হবে।
- নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় অণুর ভর যত কম হবে অধিক বেগসম্পন্ন অণুর সংখ্যা তত বেশি হবে।
- জলীয় বাষ্পের ঘনত্বের সাথে বায়ুর চাপের সম্পর্ক হলো $\rho \propto P$ ।
- তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে আবার জলীয় বাষ্পের চাপ বেড়ে যায়।
- আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা T হতে বৃদ্ধি পেয়ে $2T$ হলে অণুগুলোর গতিশক্তিও দ্বিগুণ হয়।
- আণবিক গতিশক্তি তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল।
- স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ক্ষেত্রে $\rho \propto \frac{1}{T}$ ।

আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব

গুরুত্বপূর্ণ তথ্য

- গ্যাসের পরিবর্তনশীল চলকগুলোর জন্য নিচের লেখচিত্রটি প্রযোজ্য।



- প্রত্যেক অণুর স্বাধীনতার মাত্রার গড় শক্তির পরিমাণ $\frac{1}{2}KT$ ।
- তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে সম্পৃক্ত বাষ্পকে অসম্পৃক্ত করা যায়।
- আর্দ্রতামাপক যন্ত্রে দুই থার্মোমিটারের পাঠের পার্থক্য-
 - (ক) হঠাৎ হ্রাস পেলে ঝড় হতে পারে।
 - (খ) ধীরে ধীরে কমলে বৃষ্টি হতে পারে।
 - (গ) খুব কম হলে আবহাওয়া আর্দ্র হয়।
 - (ঘ) খুব বেশি হলে আবহাওয়া শুষ্ক হয়।

