উৎকর্ষ

Utkorsho HSC 24

Physics 1st Paper Digital Help Sheet

অধ্যায় ০১ – ভৌতজগৎ ও পরিমাপ

গুরুত্বপূর্ণ সূত্রাবলী

- মনে করি, x একটি পরিমাপ্য ভৌতরাশি এবং y ও z রাশি দুইটির সাথে নিম্নোক্ত সমীকরণ দ্বারা সম্পর্কযুক্ত $x = y^m . z^n$, যদি y, z পরিমাপ করার সময় সর্বোচ্চ সম্ভাব্য ভুল যথাক্রমে $\pm\delta y$ এবং $\pm\delta z$ হয়, তাহলে x এর সর্বোচ্চ ভুলের মান $\pm\delta x$।

  $\therefore$ সর্বোচ্চ সম্ভাব্য আনুপাতিক ভুল, $\left(\frac{\delta x}{x}\right)_{max} = |m|\left(\frac{\delta y}{y}\right) + |n|\left(\frac{\delta z}{z}\right)$;[এখানে, m, n এর চিহ্ন

  বিবেচ্য না।]

- কোনো বক্রতলের বক্রতার ব্যাসার্ধ, $R = \left(\frac{d^2}{6h} + \frac{h}{2}\right)$

  [এখানে, d =স্ফেরোমিটারের তিন পায়ের মধ্যবর্তী গড় দূরত্ব এবং h = তিনটি পায়ের তল হতে বক্রতলের উচ্চতা বা নিম্নতা।]

- স্ফেরোমিটারের পাঠ = প্রধান স্কেল পাঠ (M) + বৃত্তাকার স্কেল পাঠ $(C) \times$ লঘিষ্ঠ গণন (K)।

- লঘিষ্ঠ গণন = $\frac{\text{পিচ}}{\text{বৃত্তাকার স্কেলের ভাগ সংখ্যা}}$

গুরুত্বপূর্ণ জ্ঞানমূলক প্রশ্নসমূহ

০১। পিছট ত্রুটি কী?

উত্তরঃ নাট স্ক্রু নীতির উপর ভিত্তি করে যে সকল যন্ত্র তৈরি সেসব যন্ত্র পুরোনো হয়ে গেলে স্ক্রুকে উভয় দিকে ঘুরালে সমান সরণ হয় না। তখন পরিমাপএ যে ত্রুটি দেখা দেয় তাকে পিছট ত্রুটি বলে।

০২। স্বীকার্য কী?

উত্তরঃ কোনো গাণিতিক মডেল বা সূত্র প্রতিষ্ঠা করার লক্ষ্যে যদি কিছু পূর্ব শর্ত স্বীকার করে নেওয়া হয়, তবে ওই পূর্ব শর্তসমূহকে স্বীকার্য বলে।

০৩। এক মোলের সংজ্ঞা দাও।

উত্তরঃ যে পরিমাণ পদার্থে 12 গ্রাম কার্বন -12 এ অবস্থিত পরমাণুর সমান সংখ্যক প্রাথমিক ইউনিট থাকে, তাকে এক মোল বলে।

০৪।পরিমাপের লম্বন ত্রুটি কাকে বলে?

উত্তরঃ দৃষ্টির দিক পরিবর্তনের সাথে সাথে কোনো লক্ষ্যবস্তুর অবস্থানের আপাত পরিবর্তনকে লম্বন ত্রুটি বলে।

০৫। পিচ কাকে বলে?

উত্তরঃ স্ক্রু গজের বৃত্তাকার স্কেলটি সম্পূর্ণ একবার ঘুরলে এটি রৈখিক স্কেল বরাবর যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে পিচ বলে।

০৬। লব্ধি একক কী?

উত্তরঃ যে সকল একক মৌলিক একক থেকে লাভ করা যায় তাদেরকে লব্ধ একক বলে। যেমন, বলের একক নিউটন একটি লব্ধ একক। নিউটন নির্ভর করে মিটার, কিলোগ্রাম ও সেকেন্ডের ওপর।

০৭। মৌলিক রাশি কাকে বলে?

উত্তরঃ যে সকল রাশি মূল অর্থাৎ স্বাধীন বা নিরপেক্ষ, যেগুলো অন্য রাশির ওপর নির্ভর করে না বরং

অন্যান্য রাশি এদের ওপর নির্ভর করে তাদেরকে মৌলিক রাশি বলে।

গুরুত্বপূর্ণ অনুধাবনমূলক প্রশ্নসমূহ

০১। সাধারণত স্ফেরোমিটারের সাহায্যে পাতের পুরুত্ব নির্ণয়কালে এর যান্ত্রিক ত্রুটি থাকা সত্ত্বেও নির্ণয়ের প্রয়োজন হয় না কেন- ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ স্ফোরোমিটারের যান্ত্রিক ত্রুটি মূলত শূন্য ত্রুটি। স্ফোরোমিটারে পাঠ নেওয়ার ক্ষেত্রে আদিপাঠ ও শেষপাঠের পার্থক্য নেয়া হয় এবং তা গোলীয় তলের বক্রতার ব্যাসার্ধ নির্ণয়ে ব্যবহার করা হয়। যেহেতু আদি ও শেষ পাঠের পার্থক্য নেয়া হয়, তাই শূন্য ত্রুটি গণনায় কোনো প্রভাব ফেলে না। অর্থাৎ, শূন্য ত্রুটি পার্থক্য নির্ণয়ের সময় বাতিল হয়ে যায়।

০২। পরিমাপের এককের আন্তর্জাতিক পদ্ধতির প্রয়োজন হয়েছিল কেন?

উত্তরঃ বিভিন্ন দেশে বিভিন্ন একক ব্যবহারে সৃষ্ট অনিয়মকে দূর করার জন্য আন্তর্জাতিক পদ্ধতির প্রয়োজন হয়। CGS, FPS সহ প্রচলিত আরও নানা একক ব্যবহারে আন্তর্জাতিক বাণিজ্যে সমস্যা হয় যা দূরীকরণে আন্তর্জাতিক পদ্ধতি আবির্ভূত হয়।

০৩। স্ফেরোমিটারের লঘিষ্ঠ ধ্রুবক 0.01 mm বলতে কী বুঝ?

উত্তরঃ লঘিষ্ঠ গণন 0.01 mm মানে হল এটি 0.01 mm পর্যন্ত সূক্ষ্ম পরিমাপ করতে পারে। 0.01 mm LC মানে বৃত্তাকার স্কেলের এক ঘর ঘুরালে রৈখিক স্কেলে 0.01 mm সরণ হয়।

০৪। কোনো রাশির পরিমাপ প্রকাশ করতে এককের প্রয়োজন হয় কেন?

উত্তরঃ একক ছাড়া কোনো রাশি সঠিকভাবে পরিমাপ করা যায় না। যে কোন পরিমাপ নির্দিষ্ট একটি পরিমাণের সাপেক্ষে করা হয়। যেমন- ‘কোনো লাঠির দৈর্ঘ্য 20’-এই কথাটি অর্থহীন। কেননা 20 কোনো পরিমাণকেই বুঝায় না। কিন্তু যদি বলা হতো-লাঠির দৈর্ঘ্য 20 সে.মি.-তাহলে বুঝা যেতো যে লাঠিটি 1 সে.মি. পরিমাণের 20 গুণ। সুতরাং, পরিমাপের জন্য একক অত্যাবশ্যক।

০৫। পরিমাপের সকল যন্ত্রে পিছট ত্রুটি থাকবে কিনা- ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ নাট-স্ক্রু এর নীতির ওপর ভিত্তি করে যেসব যন্ত্র তৈরি সেসব যন্ত্রেই পিছট ত্রুটি দেখা যায়। নতুন অবস্থায় এ ত্রুটি তেমন থাকে না। কিন্তু দীর্ঘদিন ব্যবহারের ফলে স্ক্রু ক্ষয় হয়ে ঢিলা হয়ে পড়ে। ফলে স্ক্রুকে উভয় দিকে একই পরিমাণ ঘুরালে সমান সরণ হয় না। তখন যন্ত্রে পিছট ত্রুটি দেখা যায়। সুতরাং, সকল যন্ত্রে পিছট ত্রুটি দেখা যায় না।

০৬। বলের একককে মৌলিক এককের মাধ্যমে প্রকাশ কর।

উত্তরঃ বল $=$ ভর $\times$ ত্বরণ $=$ ভর $\times \frac{\text{সরণ}}{\text{সময়}^2}$ ∴ নিউটন (বলের একক) = কেজি $\times \frac{\text{মিটার}}{\text{সেকেন্ড}^2} =$ কেজি $\times$ মিটার/ সে^{2}. $\Rightarrow N = kgm\,s^{-2}$

০৭। বলের ঘাত ভরবেগের পরিবর্তনের সমান - মাত্রা সমীকরণের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ বলের ঘাত $= F \times t$ এবং ভরবেগের পরিবর্তন $= m\Delta v$

∴ বলের ঘাতের মাত্রা $=$ F এর মাত্রা $\times$ t এর মাত্রা $= [MLT^{-2}] \times [T] = [MLT^{-1}]$। ভরবেগের পরিবর্তনের মাত্রা $=$ m এর মাত্রা $\times$ Δv এর মাত্রা $[M] \times [LT^{-1}] = MLT^{-1}$। সুতরাং বলের ঘাত ভরবেগের পরিবর্তনের সমান।

অধ্যায় ০২ – ভেক্টর

গুরুত্বপূর্ণ সূত্রাবলী

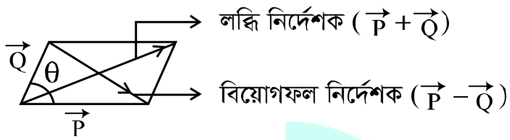
- $\vec{P}$ ও $\vec{Q}$ দুটি ভেক্টর রাশি (বেগ, বল, সরণ, ত্বরণ, প্রাবল্য, মন্দন ইত্যাদি) হলে তাদের লব্ধি, $\vec{R} = \vec{P} + \vec{Q}$ এবং $|\vec{R}| = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\theta}$, যখন $\theta = \vec{P}\wedge\vec{Q}$ অর্থাৎ $\vec{P}$ ও $\vec{Q}$ এর অন্তর্ভুক্ত কোণ।
- লব্ধি $\vec{R}, \vec{P}$ ভেক্টরের সাথে α কোণ তৈরি করলে, $\alpha = \tan^{-1}\frac{Q\sin\theta}{P+Q\cos\theta}$

  $\vec{Q}$ ভেক্টরের সাথে β কোণ তৈরি করলে, $\beta = \tan^{-1}\frac{P\sin\theta}{Q+P\cos\theta}$
- $\vec{P} = P_x\hat{i} + P_y\hat{j} + P_z\hat{k}$ হলে $|\vec{P}| = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}$
- $\vec{P}$ ভেক্টরটির বরাবর বা এর সমান্তরালে ক্রিয়াশীল একক ভেক্টর $= \frac{\vec{P}}{|\vec{P}|} = \frac{P_x\hat{i}+P_y\hat{j}+P_z\hat{k}}{\sqrt{P_x^2+P_y^2+P_z^2}}$
- $\vec{P} \times \vec{Q} = -\vec{Q} \times \vec{P}$
- $\vec{P}$ বরাবর $\vec{Q}$ এর লম্ব অভিক্ষেপ $= Q\cos\theta$ এবং উপাংশ ভেক্টর $= Q\cos\theta \times$ ($\vec{P}$ বরাবর ক্রিয়াশীল একক ভেক্টর)।
- $\vec{Q}$ বরাবর $\vec{P}$ ভেক্টরটির লম্ব অভিক্ষেপ $= P\cos\theta$ এবং উপাংশ ভেক্টর $= P\cos\theta \times$ ($\vec{Q}$ বরাবর ক্রিয়াশীল একক ভেক্টর)।
- $\vec{A} = A_x\hat{i} + A_y\hat{j} + A_z\hat{k}$ এবং $\vec{B} = B_x\hat{i} + B_y\hat{j} + B_z\hat{k}$ হলে $\vec{A}\times\vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$

  এবং $\vec{A}.\vec{B} = A_xB_x + A_yB_y + A_zB_z$
- একটি ভেক্টর $\vec{A}$ এর direction cosines $\cos\alpha, \cos\beta, \cos\gamma$ হলে,

$\vec{A}.\hat{i} = A.1.\cos\alpha \Rightarrow \cos\alpha = \frac{\vec{A}.\hat{i}}{A} = \frac{\vec{A}.\hat{i}}{|\vec{A}|}$, একইভাবে $\cos\beta = \frac{\vec{A}.\hat{j}}{|\vec{A}|}$, $\cos\gamma = \frac{\vec{A}.\hat{k}}{|\vec{A}|}$

- একই বিন্দুতে দুটি ভেক্টর $\vec{P}$ ও $\vec{Q}$ এর বৃহত্তম লব্ধির মান, $R_{max} = P + Q$ এবং ক্ষুদ্রতম লব্ধির মান, $R_{min} = P \sim Q$
- $\vec{P}$, $\vec{Q}$ সন্নিহিত বাহু বিশিষ্ট সামান্তরিকের কর্ণ দুটি। যেমন-



এখানে, $|\vec{P} - \vec{Q}| = \sqrt{P^2 + Q^2 - 2PQ\cos\theta}$; [যেখানে দুইটি ভেক্টর $\vec{P}$ ও $\vec{Q}$ এর মধ্যবর্তী কোণ θ।]

- $\vec{A} = A_x\hat{i} + A_y\hat{j} + A_z\hat{k}$, $\vec{B} = B_x\hat{i} + B_y\hat{j} + B_z\hat{k}$

  দুটি ভেক্টর লম্ব হলে, $\vec{A} \cdot \vec{B} = 0$; $[A, B \neq 0]$

  দুটি ভেক্টর সমান্তরাল হলে, $\vec{A} \times \vec{B} = 0$ or, $\frac{A_x}{B_x} = \frac{A_y}{B_y} = \frac{A_z}{B_z}$
- একটি সামান্তরিক ঘনবস্তুর বাহু তিনটি $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ হলে এর আয়তন $= \vec{a}.(\vec{b} \times \vec{c}) = \vec{b}.(\vec{c} \times \vec{a}) = \vec{c}.(\vec{a} \times \vec{b})$
- যদি তিনটি ভেক্টর সমতলীয় হয় তবে ঐ ঘনবস্তুর আয়তন শূন্য $(V = 0)$

$$V = \vec{a}.(\vec{b} \times \vec{c}) = \vec{b}.(\vec{c} \times \vec{a}) = \vec{c}.(\vec{a} \times \vec{b}) = \begin{vmatrix} a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \\ c_x & c_y & c_z \end{vmatrix}$$

- ভেক্টর ক্যালকুলাস

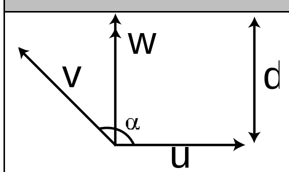
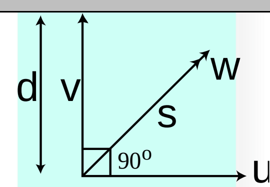
  (i) ভেক্টর অপারেটর $\vec{\nabla} = \hat{i}\frac{\partial}{\partial x} + \hat{j}\frac{\partial}{\partial y} + \hat{k}\frac{\partial}{\partial z}$

  (ii) স্কেলার ক্ষেত্র $\varphi(x, y, z)$ এর গ্রেডিয়েন্ট, $\text{grad}\,\varphi = \vec{\nabla}\varphi = \hat{i}\frac{\partial\varphi}{\partial x} + \hat{j}\frac{\partial\varphi}{\partial y} + \hat{k}\frac{\partial\varphi}{\partial z}$

(iii) ভেক্টর ক্ষেত্র $\vec{V}(x,y,z) = V_1\hat{i} + V_2\hat{j} + V_3\hat{k}$ এর ডাইভারজেন্স, $\text{div}\,\vec{V} = \vec{\nabla}.\vec{V} = \frac{\partial V_1}{\partial x} + \frac{\partial V_2}{\partial y} + \frac{\partial V_3}{\partial z}$

(iv) ভেক্টর ক্ষেত্র $\vec{V}(x,y,z) = V_1\hat{i} + V_2\hat{j} + V_3\hat{k}$ এর কার্ল, $\vec{V} = \vec{\nabla} \times \vec{V} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ V_1 & V_2 & V_3 \end{vmatrix}$

- নদী-নৌকাঃ

ন্যূনতম দূরত্ব (সোজাসুজি)	ন্যূনতম সময়
 ♦ নদী পার হতে প্রয়োজনীয় সময় $= \frac{d}{v\sin\alpha}$ ♦ নৌকার লব্ধি বেগ $= v\sin\alpha = \sqrt{v^2 - u^2}$ ♦ সোজাসুজি পার হবার জন্য $\alpha = \cos^{-1}\frac{-u}{v}$	 ♦ $t_{min} = \frac{d}{v\sin 90°} = \frac{d}{v}$ ♦ নৌকার লব্ধি বেগ $= \sqrt{u^2 + v^2}$ ♦ স্রোতের সাথে নৌকার লব্ধি বেগের কোণ, $\theta = \tan^{-1}\frac{v}{u} = \tan^{-1}\frac{d}{x}$ যেখানে x পার্শ্বীয় সরণ। ♦ পার্শ্বীয় সরণ, $x = u \times t_{min}$ ♦ কোণাকুণি দূরত্ব, $s = \sqrt{d^2 + x^2}$

গুরুত্বপূর্ণ জ্ঞানমূলক প্রশ্নসমূহ

০১। সমান ভেক্টর কী?

উত্তর: একই দিকে ক্রিয়ারত দুটি সমজাতীয় ভেক্টরের মান সমান হলে, তাদেরকে সমভেক্টর বা সমান ভেক্টর বলে।

০২। সদৃশ ভেক্টর কাকে বলে?

উত্তর: সমজাতীয় দুই বা ততোধিক ভেক্টর যদি একই দিকে ক্রিয়া করে তবে তাদেরকে সদৃশ ভেক্টর বলে।

০৩। অবস্থান ভেক্টর কাকে বলে?

উত্তর: প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয়, তাকে অবস্থান ভেক্টর বলে।

০৪। স্বাধীন ভেক্টর কী?

উত্তর: কোনো ভেক্টর রাশির পাদবিন্দু কোথায় হবে তা যদি ইচ্ছেমতো পছন্দ করা যায়, তবে সেই ভেক্টরকে স্বাধীন ভেক্টর বলে।

০৫। একক ভেক্টর কাকে বলে?

উত্তর: যে ভেক্টরের মান এক একক তাকে একক ভেক্টর বলে।

০৬। আয়ত একক ভেক্টর কাকে বলে?

উত্তর: ভেক্টর ও ত্রিমাত্রিক কার্তেসীয় স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় তিনটি ধনাত্মক X, Y ও Z অক্ষ বরাবর যে তিনটি একক ভেক্টর বিবেচনা করা হয়, তা আয়ত একক ভেক্টর।

০৭। নাল ভেক্টরের সংজ্ঞা দাও।

উত্তর: যে ভেক্টরের মান শূন্য বা যার কোনো নির্দিষ্ট দিক থাকে না, তাকে নাল বা শূন্য ভেক্টর বলে। এর পাদবিন্দু ও শীর্ষবিন্দু একই হয়।

০৮। তল ভেক্টর কাকে বলে?

উত্তর: যেকোনো তলের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব বরাবর একটি ভেক্টর যার মান তলটির ক্ষেত্রফলের সমান, তাকে ঐ তলের তল ভেক্টর (Area Vector) বা ক্ষেত্র ভেক্টর বলে।

০৯। সরণ ভেক্টর কী?

উত্তর: রৈখিক বা সরল পথে কোনো নির্দিষ্ট বস্তুকণার অতিক্রান্ত দূরত্ব প্রকাশক ভেক্টরকে সরণ ভেক্টর বলে এবং এর দিক হয় আদিবিন্দু হতে শেষবিন্দুর দিকে।

১০। বিপ্রতীপ ভেক্টর কাকে বলে?

উত্তর: দুটি সমান্তরাল ভেক্টরের মান একটি অপরটির গুণাত্মক বিপরীত/বিপ্রতীপ হলে তাদের বিপ্রতীপ ভেক্টর বলে।

১১। সীমাবদ্ধ ভেক্টর কী?

উত্তর: যে ভেক্টরের আদি বিন্দু নির্দিষ্ট র্অথাৎ, যে ভেক্টরের আদি বিন্দু সরানো যায় না তা সীমাবদ্ধ ভেক্টর।

১২। ভেক্টর যোগের ত্রিভুজ সূত্রটি লেখ।

উত্তর: যদি কোনো ত্রিভুজের দুটি বাহু একইক্রমে দিকে ও মানে দুটি ভেক্টর রাশিকে নির্দেশ করে তাহলে ত্রিভুজের তৃতীয় বাহুটি বিপরীতক্রমে ভেক্টরদ্বয়ের লব্ধি নির্দেশ করবে।

১৩। ভেক্টর বিভাজন কী?

উত্তর: একটি ভেক্টর রাশিকে দুই বা ততোধিক ভেক্টরে বিভক্ত করার প্রক্রিয়াকে বলে ভেক্টর বিভাজন।

১৪। আপেক্ষিক বেগ কাকে বলে?

উত্তর: দুটি চলমান বস্তুর একটির সাপেক্ষে অপরটির বেগকে আপেক্ষিক বেগ বলে।

১৫। ডট গুণন কী?

উত্তর: দুটি ভেক্টর রাশির গুণনে গুণফল একটি স্কেলার রাশি হলে এই গুণনকে স্কেলার বা ডট গুণন বলে।

১৬। ডান হাতি স্ক্রু নিয়মটি বিবৃতি কর।

উত্তর: দুইটি ভেক্টরের সমতলে একটি ডানহাতি স্ক্রুকে লম্বভাবে স্থাপন করে প্রথম ভেক্টর থেকে দ্বিতীয় ভেক্টরের দিকে ক্ষুদ্রতর কোণে ঘুরালে স্ক্রুটি যে দিকে অগ্রসর হবে, সে দিকই হলো ভেক্টরদ্বয়ের ক্রস গুণফলের দিক।

১৭। ভেক্টর অপারেটর কী?

উত্তর: ভেক্টর ক্যালকুলাসে ব্যবহৃত অপারেটর সমূহকে ভেক্টর অপারেটর বলে।

১৮। গ্রেডিয়েন্ট কাকে বলে?

উত্তর: গ্রেডিয়েন্ট হলো একটি ভেক্টরক্ষেত্র যা অদিক রাশির সর্বাধিক বৃদ্ধির হার প্রকাশ করে।

১৯। ভেক্টর ক্ষেত্রের ডাইভারজেন্স কাকে বলে?

উত্তর: ভেক্টর ক্ষেত্রের ডাইভারজেন্স হলো একটি স্কেলার মান, যা ভেক্টর ক্ষেত্রের নির্দিষ্ট বিন্দুতে ফ্লাক্সের মান নির্দেশ করে।

২০। কার্লের সংজ্ঞা দাও।

উত্তর: কার্ল হল একটি ভেক্টর রাশি, যার মাধ্যমে কোনো ভেক্টর ক্ষেত্রের নির্দিষ্ট বিন্দুতে ঘূর্ণনের মান ও দিক জানা যায়।

$\vec{V}(x, y, z)$ একটি ভেক্টরক্ষেত্র হলে, $\text{Curl}\,\vec{V} = \vec{\nabla} \times \vec{V}$

পাঠ্যবই থেকে আরও কিছু জ্ঞানমূলক

- **সঠিক ভেক্টরঃ** যে ভেক্টরের মান অশূন্য, তাকে সঠিক ভেক্টর বলে।
- **ভেক্টর যোগের ত্রিভুজ সূত্র:** কোন ত্রিভুজের দুটি সন্নিহিত বাহু বরাবর একই ক্রমের দুটি ভেক্টর রাশি ক্রিয়াশীল হলে, ত্রিভুজের তৃতীয় বাহুটি বিপরীত ক্রমে ভেক্টর দুটির লব্ধি নির্দেশ করবে।
- **ভেক্টর উপাংশ:** কোন ভেক্টরকে যদি দুই বা ততোধিক ভেক্টরে এমনভাবে বিভাজিত করা হয় যাতে মূল ভেক্টরটি বিভাজিত অংশগুলোর লব্ধি হয়, তবে এই বিভাজনকে ভেক্টর বিভাজন বলে। এই বিভাজিত অংশগুলোর প্রত্যেকটিকে মূল ভেক্টরের উপাংশ বলে।

- **স্কেলার ক্ষেত্র:** যেকোনো ক্ষেত্র বিবেচনা করা হোক না কেন, ক্ষেত্রের প্রতিটি বিন্দুর সাথে একটি ভৌত গুণ যুক্ত থাকে। ক্ষেত্রের সাথে সংশ্লিষ্ট ভৌতগুণ যদি স্কেলার হয়, তবে ঐ ক্ষেত্রকে স্কেলার ক্ষেত্র বলে। উদাহরণ: ঘনত্ব, উষ্ণতা, বিভব ইত্যাদি। গাণিতিকভাবে- $\phi(x, y, z) = x^2y + 2xy^2 + 5zx$
- **ভেক্টর ক্ষেত্র:** ক্ষেত্রের সাথে সংশ্লিষ্ট ভৌতগুণ যদি ভেক্টর হয়, তবে ঐ ক্ষেত্রকে ভেক্টর ক্ষেত্র বলে। যেমন: বেগ, তড়িৎপ্রাবল্য ইত্যাদি। $\vec{F}(x, y, z) = ax^2y\hat{i} + bx^2yz^2\hat{j} + 4zx^2\hat{k}$

- **রেখা ইন্টিগ্রাল:** $\vec{v}\,(x, y, z)$ একটি ভেক্টর ক্ষেত্র হলে কোনো আবদ্ধ পথে রেখাজনিত ইন্টিগ্রাল $\oint \bar{v} \cdot d\bar{l}$। এখানে $d\vec{l}$, আবদ্ধ পথের একটি অংশ যার পরিমাণ dl এবং অভিমুখ ঐ অংশের স্পর্শক বরাবর।
- **সলিনয়ডাল:** যদি কোন ভেক্টরের ডাইভারজেন্স শূন্য হয়,তবে তাকে সলিনয়ডাল বলে।

গুরুত্বপূর্ণ অনুধাবনমূলক প্রশ্নসমূহ

০১। সকল সমরেখ ভেক্টর সমান ভেক্টর নয়-ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: যেসব সমতলীয় ভেক্টর এর ধারক রেখা একই বা সমান্তরাল তারা সমরেখ ভেক্টর। সমরেখ ভেক্টরগুলোর দিক একই বা বিপরীত হতে পারে। যে সকল সমজাতীয় ভেক্টর এর মান সমান এবং এদের দিক একই, তারা সমান ভেক্টর। অর্থাৎ, যে সকল সমরেখ ভেক্টর এর মান সমান এবং দিক একই, তাদের সমান ভেক্টর বলে। তাই বলা যায়, সকল সমরেখ ভেক্টর সমান ভেক্টর নয়।

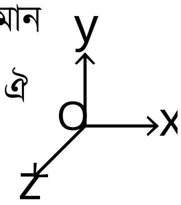
০২। অবস্থান ভেক্টর একটি সীমাবদ্ধ ভেক্টর ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: প্রসঙ্গ কাঠামোর মূল বিন্দুর সাপেক্ষে কোনো বিন্দুর অবস্থান যে ভেক্টরের সাহায্যে নির্ণয় বা নির্দেশ করা হয় তাকে বলে অবস্থান ভেক্টর। যে ভেক্টরের আদি বিন্দু নির্দিষ্ট অর্থাৎ, যে ভেক্টরের আদি বিন্দু সরানো যায় না তা সীমাবদ্ধ ভেক্টর। সীমাবদ্ধ ভেক্টরের পাদবিন্দুর অবস্থান পরিবর্তন করা যায় না। অবস্থান ভেক্টরের ক্ষেত্রেও পাদবিন্দু প্রসঙ্গ কাঠামোর মূলবিন্দুতে নির্দিষ্ট থাকে। তাই অবস্থান ভেক্টর একটি সীমাবদ্ধ ভেক্টর।

০৩। নাল ভেক্টরের দিক ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: যে ভেক্টরের মান শূন্য তাকে নাল ভেক্টর বা শূন্য ভেক্টর বলে। একটি ভেক্টরের সাথে তার বিপরীত ভেক্টর যোগ করে বা দুটি সমান ভেক্টর বিয়োগ করে নাল ভেক্টর পাওয়া যায়। নাল ভেক্টরের পাদবিন্দু ও শীর্ষবিন্দু একই বিন্দুতে হয়। তাই নাল ভেক্টরের কোনো সুনির্দিষ্ট দিক নেই। নাল ভেক্টরকে সাধারণত $\vec{0}$ দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

০৪। "আয়ত একক ভেক্টরের দিক নির্দিষ্ট হলেও একক ভেক্টরের দিক নির্দিষ্ট নয়"-ব্যাখ্যা কর।



উত্তর: যে ভেক্টর রাশির মান এক একক, তা একক ভেক্টর। কোনো ভেক্টরকে তার মান দিয়ে ভাগ করলে একক ভেক্টর পাওয়া যায় এবং সেই একক ভেক্টরের দিক হয় ঐ ভেক্টরের দিকে। কিন্তু ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় তিনটি ধনাত্মক অক্ষ বরাবর যে তিনটি একক ভেক্টর বিবেচনা করা হয়, তাদেরকে আয়ত একক ভেক্টর বলে। এই স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় x-অক্ষের ধনাত্মক দিক বরাবর একক ভেক্টর $\hat{i}$, y-অক্ষের ধনাত্মক দিক বরাবর একক ভেক্টর $\hat{j}$ ও z-অক্ষের ধনাত্মক দিক বরাবর একক ভেক্টর $\hat{k}.\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$ হল আয়ত একক ভেক্টর। এরা একক ভেক্টর হলেও দিক স্থানাঙ্ক ব্যবস্থায় অক্ষত্রয়ের দিকে, পরস্পরের সাথে ৯০ ডিগ্রি কোণে। অন্যদিকে, একক ভেক্টরের দিক যেকোনো দিকে হতে পারে, তা নির্দিষ্ট নয়।

০৫। "কোনো ভেক্টরের বিপরীত ভেক্টর এবং বিপ্রতীপ ভেক্টরের মধ্যবর্তী কোণ সর্বদা একই হয়"– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: দুটি ভেক্টরের পরমমান সমান কিন্তু অভিমুখ বিপরীত হলে তাদেরকে বিপরীত ভেক্টর বলে। যেমন: $\vec{P}$ ও $-\vec{P}$ পরস্পর বিপরীত ভেক্টর। অন্যদিকে, দুটি সমান্তরাল ভেক্টরের একটির মান অপরটির বিপ্রতীপ হলে তাদেরকে বিপ্রতীপ ভেক্টর বলে। যেমন: $5\hat{i}$ ও $\frac{1}{5}\hat{i}$ পরস্পর বিপ্রতীপ ভেক্টর। দেখা যায়, বিপরীত ভেক্টরের দিক মূল ভেক্টরের বিপরীত দিকে কিন্তু বিপ্রতীপ ভেক্টরের দিক মূল ভেক্টরের একই দিকে। অর্থাৎ, কোনো ভেক্টরের বিপরীত ভেক্টর ও বিপ্রতীপ ভেক্টর এর দিক সর্বদা বিপরীত দিকে। তথা মধ্যবর্তী কোণ সর্বদা $180°$ হয়।

০৬। সমান ভেক্টর, সমান্তরাল ভেক্টর কিনা? ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: দুটি ভেক্টর সমান হলে তাদের ধারকরেখা একই অথবা সমান্তরাল হয়। দুটি সমান ভেক্টরের আদি ও পাদ বিন্দু অভিন্ন হলে এদের ধারকরেখা একই। অন্যথায়, দুটি সমান ভেক্টরের আদি ও পাদবিন্দু ভিন্ন কিন্তু সমান ভেক্টরের মান ও দিক একই হওয়ায় এদের ধারকরেখা সমান্তরাল হয়। এক্ষেত্রে, সমান ভেক্টর দুটি সমান্তরাল ভেক্টরও হয়।

০৭। একটি বিপ্রতীপ ভেক্টরকে সমরেখ ভেক্টর বলা যেতে পারে– ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: দুটি ভেক্টর যদি পরস্পর সমান্তরাল হয় এবং একটির মান যদি অপরটির বিপ্রতীপ হয়, তবে তাদেরকে বিপ্রতীপ ভেক্টর বলে। যেমন: $5\hat{i}$ ও $\frac{1}{5}\hat{i}$ পরস্পর বিপ্রতীপ ভেক্টর। দুইটি ভেক্টরের ধারক রেখা সমান্তরাল হলে তাদেরকে সমরেখ ভেক্টর বলে। বিপ্রতীপ ভেক্টরের ধারক রেখাও সমান্তরাল থাকে। তাই বিপ্রতীপ রেখাকে সমরেখ ভেক্টরও বলা যায়।

০৮। সকল সমান ভেক্টর সদৃশ ভেক্টর কিন্তু সকল সদৃশ ভেক্টর সমান ভেক্টর নয় কেন?

উত্তর: একটি ভেক্টর পরিমাপের দুইটি বৈশিষ্ট্য থাকে। যথা- (i) মান ও (ii) দিক। একই দিকে ক্রিয়ারত দুটি সমজাতীয় ভেক্টরের মান সমান হলে, তাদেরকে সমভেক্টর বা সমান ভেক্টর বলে। সমজাতীয় দুই বা ততোধিক ভেক্টর যদি একই দিকে ক্রিয়া করে তবে তাদেরকে সদৃশ ভেক্টর বলে। সমান ভেক্টরের মান ও দিক উভয়ই সমান, তাই সকল সমান ভেক্টর সদৃশ। অপরদিকে সদৃশ ভেক্টরের দিক এক হলেও মান ভিন্ন হতে পারে। তাই সকল সদৃশ ভেক্টর সমান ভেক্টর হতে পারে না।

০৯। দুটি অসমান ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হতে পারে না কেন? ব্যাখ্যা কর ।

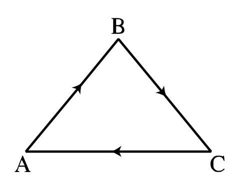
উত্তর: দুটি অসমান সমজাতীয় ভেক্টরের লব্ধি =

$$\sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$$

এখানে, লব্ধি এর মান সর্বনিম্ন হবে যদি $\cos\theta$ এর মান সর্বনিম্ন হয়। $\cos\theta$ এর সর্বনিম্ন মান -1। θ=180° হলে $\cos\theta = -1$। সুতরাং, লব্ধি= $\sqrt{A^2 + B^2 - 2AB}$= (A-B)। সুতরাং, দুটি অসমান সমজাতীয় ভেক্টরের লব্ধির সর্বনিম্ন মান ভেক্টরদ্বয়ের বিয়োগফলের সমান। এক্ষেত্রে ভেক্টরদ্বয় সমান না হওয়ায় এদের লব্ধি কখনোই শূন্য হতে পারবে না।

১০। তিনটি ভেক্টরের লব্ধি কখন শূন্য হয়?/ একইক্রমে ক্রিয়াশীল তিনটি ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হতে পারে- ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: কোন ত্রিভুজের দুটি সন্নিহিত বাহু বরাবর একই ক্রমের দুটি ভেক্টর রাশি ক্রিয়াশীল হলে, ত্রিভুজের তৃতীয় বাহুটি বিপরীত ক্রমে ভেক্টর দুটির লব্ধি নির্দেশ

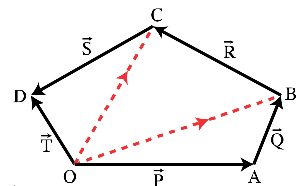


করবে। অর্থাৎ, তিনটি ভেক্টরের লব্ধি শূন্য হয় যখন কোনো ত্রিভুজের তিনটি বাহু একইক্রমে তিনটি ভেক্টর নির্দেশ করে।

পাশের চিত্রে ত্রিভুজ ABC এর লব্ধি হবে, $\overline{AB} + \overline{BC} + \overline{CA} = 0$

১১। দুইয়ের অধিক ভেক্টর রাশির যোগের নিয়ম ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: দুইয়ের অধিক একজাতীয় ভেক্টরের লব্ধি নির্ণয়ে বহুভুজ সূত্র ব্যবহৃত হয়। একই জাতীয় দুই এর অধিক ভেক্টর রাশির যোজনের ক্ষেত্রে ভেক্টরগুলোর একটির শীর্ষবিন্দুর উপর অপরটির পাদবিন্দু রেখে একইক্রমে সাজিয়ে প্রথম ভেক্টরের পাদবিন্দু থেকে শেষ ভেক্টরের শীর্ষবিন্দু যোগ করলে যে বহুভুজ পাওয়া যায় তার শেষ বাহুটি বিপরীতক্রমে ভেক্টরগুলোর লব্ধির মান ও দিক নির্দেশ করে।



মনে করি, $\vec{P} = \overrightarrow{OA}, \vec{Q} = \overrightarrow{AB}, \vec{R} = \overrightarrow{BC}$ এবং $\vec{S} = \overrightarrow{CD}$ এবং $\vec{T} = \overrightarrow{OD}$ একই জাতীয় ভেক্টর। $\vec{P}$ এর শীর্ষবিন্দু A তে $\vec{Q}$ এর পাদবিন্দু রেখে একইক্রমে সবগুলো সাজিয়ে OABCD বহুভুজ অঙ্কন করা হলো। তাহলে বহুভুজের শেষ বাহু OD বিপরীতক্রমে ভেক্টরগুলোর লব্ধির মান ও দিক নির্দেশ করে। অর্থাৎ, $\overrightarrow{OD} = \overrightarrow{OA} + \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CD}$

$\therefore \vec{T} = \vec{P} + \vec{Q} + \vec{R} + \vec{S}$

১২। একই জাতীয় দুটি ভেক্টরের যোগফল ও বিয়োগফলের মান সমান হতে পারে কি না তা ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: ধরি, দুইটি ভেক্টর $\vec{A}, \vec{B}$ এবং তাদের যোগফল ও বিয়োগফল সমান।

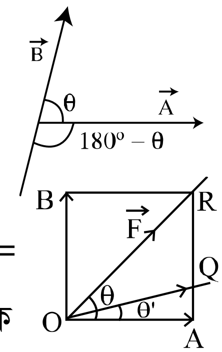
$\therefore |\vec{A} + \vec{B}| = |\vec{A} - \vec{B}|$

$\Rightarrow \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta} = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos(180° - \theta)}$

$\Rightarrow A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta = A^2 + B^2 - 2AB\cos\theta \Rightarrow AB\cos\theta = 0$

$\therefore A = 0,$ অথবা, $B = 0,$ অথবা $\theta = 90°.$ সুতরাং, যেকোনো একটি নাল ভেক্টর হলে অথবা তাদের মধ্যবর্তী কোণ 90° হলে ভেক্টরদ্বয়ের যোগফল ও বিয়োগফল সমান হওয়া সম্ভব।

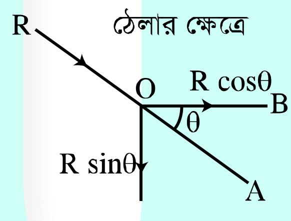
১৩। ট্রলি ব্যাগের হাতল লম্বা হলে টানা সহজ হয় কেন?

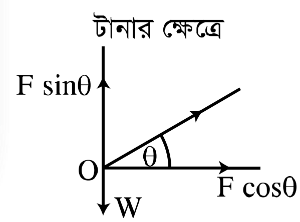


উত্তর: মনে করি, O বিন্দুতে ট্রলি ব্যাগের হাতল সংযুক্ত। বিভাজন পদ্ধতি দ্বারা O বিন্দুতে F কে দুটি উপাংশ বিভাজিত করা যায়। যথা, অনুভূমিক উপাংশ ও উল্লম্ব উপাংশ। অনুভূমিক উপাংশ $= F\cos\theta$, এর দিক OA বরাবর। উল্লম্ব উপাংশ $= F\sin\theta$, এর দিক OB বরাবর। বলের অনুভূমিক উপাংশ $F\cos\theta$ ব্যাগটিকে সামনের দিকে এগিয়ে নিয়ে যায়। হাতল যত বড় হবে, θ এর মান তত কম হবে। ফলে $F\sin\theta$ এর মান কম হবে এবং $F\cos\theta$ এর মান বেশি হবে অর্থাৎ, হাতল বেশি লম্বা হলে ব্যাগ টানা সহজ হয়। কেননা তাতে ব্যাগ দ্রুত সামনের দিকে এগিয়ে যায়।

১৪। লন রোলার ঠেলা অপেক্ষা টানা সহজ কেন? ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: রোলারের ওজন $\vec{W}$ ও হাতলের ওপর প্রযুক্ত বল $\vec{F}$ হলে $\vec{F}$ বল রোলারের O বিন্দুতে অনুভূমিকের সাথে θ কোণ ক্রিয়াশীল।





ঠেলার ক্ষেত্রে, রোলারের আপাত ওজন,

$$W' = W + R\sin\theta$$

টানার ক্ষেত্রে, রোলারের আপাত ওজন,

$$W'' = W - F\sin\theta$$

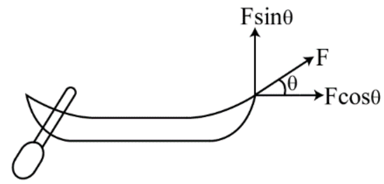
দেখা যাচ্ছে, টানার ক্ষেত্রে $(W'' < W')$ ওজন ঠেলা অপেক্ষা কম। যদি টানা ও ঠেলার ক্ষেত্রে একই বল ও একই কোণে করা হয়, তবে বলা যায় টানা অপেক্ষা ঠেলায় ওজন $2F\sin\theta$ বেশি। তাই লন রোলার ঠেলা অপেক্ষা টানা সহজ।

১৫। নৌকার গুণ টানার সময় দড়ি যত লম্বা হয় নৌকা তত দ্রুত চলে কেন? ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: নৌকাকে F বলে টানা হলে এর উপাংশ $F\cos\theta$ নৌকাকে সামনে এগিয়ে নিয়ে যায়, আর $F\sin\theta$ উপাংশ নৌকাকে পাড়ের দিকে টানে। গুণের দড়ি যত লম্বা হবে তা তত কম উৎপন্ন করবে অনুভূমিকের সাথে অর্থাৎ দড়ি ভূমির কাছাকাছি থাকবে। θ এর মান কম হলে $\cos\theta$ এর মান বেশি হবে। অনুভূমিক উপাংশ $F\cos\theta$ ও বেশি হবে। এতে নৌকা সহজে টেনে নেওয়া যাবে।

১৬। নৌকার গুণ টানার ক্ষেত্রে বৈঠার প্রয়োজনীয়তা কী? ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: নৌকাকে F বলে টানা হলে এর উপাংশ $F\cos\theta$ নৌকাকে সামনে এগিয়ে নিয়ে যায়, আর $F\sin\theta$ উপাংশ নৌকাকে পাড়ের দিকে টানে। এ $F\sin\theta$ কে প্রতিহত করতে বৈঠা প্রয়োজন হয়। বৈঠা দিয়ে পাড় বরাবর উপাংশ প্রশমিত করে নৌকা সামনের দিকে এগিয়ে যায়।



১৭। একই তলে ক্রিয়াশীল দুটি ভেক্টরকে ঘড়ির কাঁটার দিকে এবং বিপরীত দিকে ঘোরালে লব্ধির দিক একই হবে কিনা ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: একই তলে ক্রিয়াশীল দুটি ভেক্টরের একটিকে α কোণে ঘড়ির কাঁটার দিকে এবং বিপরীত দিকে ঘোরালে লব্ধির মান সমান হলেও দিক সমান হবে না। কারণ লব্ধি যদি কোনো ভেক্টরের সাথে θ কোণ তৈরি করে তবে,

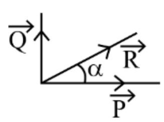
ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘোরালে: $\tan\theta_1 = \frac{P\sin(-\alpha)}{Q+P\cos(-\alpha)}$; $\tan\theta_1 = \frac{-P\sin\alpha}{Q+P\cos\alpha} \Rightarrow \theta_1 = \tan^{-1}\frac{-P\sin\alpha}{Q+P\cos\alpha}$

ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘোরালে, $\tan\theta_2 = \frac{P\sin\alpha}{Q+P\cos\alpha} \Rightarrow \theta_2 = \tan^{-1}\frac{P\sin\alpha}{Q+P\cos\alpha} \therefore \theta_1 \neq \theta_2$

অর্থাৎ, লব্ধির দিক একই হবে না।

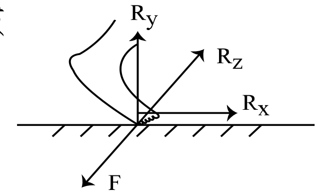
১৮। লম্বাংশের সাহায্যে ভেক্টর রাশির যোজন ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: একটি ভেক্টর রাশিকে পরস্পর লম্ব দুটি উপাংশে বিভক্ত করা হলে তাদের লম্বাংশ বলে। একটি ভেক্টর $\vec{R}$ কে দুটি লম্ব উপাংশ $\vec{P}$ এবং $\vec{Q}$ এ বিভক্ত করা হলো। $\vec{P}$ এবং $\vec{Q}$ হচ্ছে $\vec{R}$ এর লম্বাংশ।



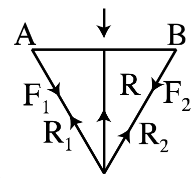
এদের ভেক্টর যোজন, $\vec{R} = \vec{P} + \vec{Q} = R\cos\alpha\hat{i} + R\sin\alpha\hat{j}$

১৯। আমাদের পায়ে হাঁটা কীভাবে ভেক্টর বিভাজনের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করা যায়?



উত্তর: হাঁটার সময় আমরা মাটিতে তীর্যকভাবে বল প্রয়োগ করি। মাটিও একই বলে আমাদের ধাক্কা দেয়। ধরি, মাটির প্রতিক্রিয়া বল R। এই বলের অনুভূমিক উপাংশ (R_x) আমাদের সামনে নিয়ে যায় এবং উলম্ব উপাংশ (R_y) ওজনকে প্রশমিত করে।

২০। পাখি ওড়ার ক্ষেত্রে ভেক্টর যোজন নীতি ব্যাখ্যা কর।



উত্তর: পাখি ওড়ার সময় সামান্তরিক সূত্র মেনে চলে। A ও B বিন্দু দুটি পাখির ডানার প্রান্ত নির্দেশ করে। তবে ডানা দুটি দিয়ে পাখিটি যথাক্রমে F_1 ও F_2 বল প্রয়োগ করে এবং বিপরীত দিকে প্রতিক্রিয়া বল R_1 ও R_2 অনুভব করে। R_1 এবং R_2 এর লব্ধি R পাখিটিকে বায়ুতে ভাসিয়ে রাখে।

২১। বায়ুপ্রবাহ না থাকলেও একজন সাইকেল আরোহী বাতাসের ঝাপটা অনুভব করেন কেন?

উত্তর: সাইকেলে চলার সময় বায়ুপ্রবাহ না থাকলেও আরোহীর সাপেক্ষে বাতাসের আপেক্ষিক বেগ বিদ্যমান থাকে। সাইকেল চলার সময় সাইকেল যেদিকে যায়, আরোহীর কাছে মনে হয় বায়ু তার বিপরীত দিকে যাচ্ছে (যদি বায়ু প্রকৃতপক্ষে স্থির থাকে) । তাই বিপরীত দিকে বায়ুর আপেক্ষিক বেগের কারণে আরোহী বাতাসের ঝাপটা অনুভব করে।

২২। ডান হাতি স্ক্রু নিয়মের সাহায্যে বোতলের মুখ খোলা বা বন্ধ করা যায়- ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: ডানহাতি স্ক্রু নিয়ম অনুসারে কোনো স্ক্রুকে ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘুরানো হলে স্ক্রু বাইরের দিকে আসবে এবং সংশ্লিষ্ট ভেক্টর রাশির দিক হবে তল বরাবর বহির্মুখী। আর ঘূর্ণনের দিক ঘড়ির কাঁটার ঘূর্ণনের দিকে হলে সংশ্লিষ্ট ভেক্টর রাশির দিকে হবে তল বরাবর অন্তর্মুখী। বোতলের মুখ খোলা বা বন্ধ করার ক্ষেত্রেও এরূপ ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে মুখ খুলে ও ঘড়ির কাঁটার দিকে বোতলের মুখ বন্ধ হয়। অর্থাৎ, ডানহাতি স্ক্রু নিয়মের সাহায্যে বোতলের মুখ খোলা বা বন্ধ করা যায়।

২৩। দুটি ভেক্টরের ভেক্টর গুণন বিনিময় সূত্র মেনে চলে না–ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: ডানহাতি স্ক্রু নিয়ম অনুসারে ভেক্টরের ভেক্টর গুণন এর দিক বের করা যায়। ডানহাতি স্ক্রু নিয়ম অনুসারে কোনো স্ক্রুকে ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘুরানো হলে স্ক্রু বাইরের দিকে আসবে এবং সংশ্লিষ্ট ভেক্টর রাশির দিক হবে তল বরাবর বহির্মুখী। $\vec{A}\times\vec{B} = AB\sin\theta\,\hat{\eta}$ । এখানে, $\hat{\eta}$, $\vec{A}\times\vec{B}$ এর দিক নির্দেশ করে। $\vec{A}\times\vec{B}$ এবং $\vec{B}\times\vec{A}$ এর মান সমান কিন্তু দিক বিপরীতমুখী। অর্থাৎ, $\vec{A}\times\vec{B} = -\vec{B}\times\vec{A}$। ∴ ভেক্টর গুণন বিনিময় সূত্র মানে না।

২৪। $\hat{k}\times\hat{k}$ একটি নাল ভেক্টর।–ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: আমরা জানি, $|\vec{A}\times\vec{B}| = AB\sin\theta$ । এখানে, $\hat{k}$ ও $\hat{k}$ এর মধ্যবর্তী কোণ শুন্য ডিগ্রি। $\hat{k}\times\hat{k} = k\cdot k\sin 0^\circ\ \hat{\eta} = 0\hat{\eta}$; ∴ $|\hat{k}\times\hat{k}| = 0$। $\hat{k}\times\hat{k}$ ভেক্টরের মান শূন্য। যে ভেক্টরের মান শূন্য বা যার কোনো নির্দিষ্ট দিক থাকে না, তাকে নাল বা শূন্য ভেক্টর বলে। এর পাদবিন্দু ও শীর্ষবিন্দু একই হয়। তাই $\hat{k}\times\hat{k}$ একটি নাল ভেক্টর।

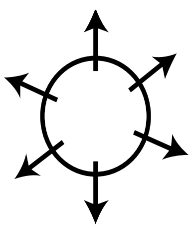
২৫। ভেক্টর অপারেটর স্কেলার রাশিকে ভেক্টর রাশিতে রূপান্তর করে-ব্যাখ্যা কর।

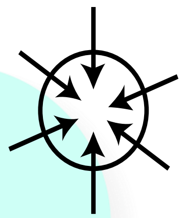
উত্তর: কোনো স্কেলার রাশির উপর ভেক্টর অপারেটর (ডেল অপারেটর, $\vec{\nabla}$) ব্যবহার করলে একটি ভেক্টর রাশি পাওয়া যায়। এটিকে স্কেলার রাশির গ্রেডিয়েন্ট বলা হয়। এই ভেক্টর রাশিটি একটি নির্দিষ্ট ভেক্টর ক্ষেত্রে স্কেলার রাশিটির পরিবর্তনের হার নির্দেশ করে। এ স্কেলার রাশিটির ভেক্টর রূপ নয়, বরং ভেক্টর ক্ষেত্রে স্কেলার রাশিটির পরিবর্তনের হার নির্দেশক ভেক্টর রাশি। এভাবেই ভেক্টর অপারেটর স্কেলার রাশিকে ভেক্টর রাশিতে রূপান্তর করে।

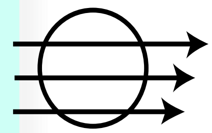
২৬। ভেক্টরের ডাইভারজেন্সের বৈশিষ্ট্য কী কী?

উত্তর: ভেক্টর ডাইভারজেন্স একটি স্কেলার ক্ষেত্র যা দ্বারা ভেক্টরক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে ফ্লাক্সের প্রকৃতি (বহিঃ/অন্তঃ) জানা যায়।

ভেক্টর ডাইভারজেন্সের বৈশিষ্ট্যসমূহ নিম্নরূপ: (i) ডাইভারজেন্স দ্বারা একক আয়তনে কোনো দিক রাশির মোট কতটুকু ফ্লাক্স কোনো বিন্দু অভিমুখী বা অপসারী হচ্ছে তা প্রকাশ করে। $\vec{\nabla} \cdot \vec{V}$ বা $\text{div}\,\vec{V}$ দ্বারা তরল পদার্থের ঘনত্ব পরিবর্তনের হার বুঝায়।
(ii) $\vec{\nabla} \cdot \vec{V}$ এর মান (+)ve হলে আয়তন বৃদ্ধি বা ঘনত্ব হ্রাস বুঝায়। (iii) $\vec{\nabla} \cdot \vec{V}$ এর মান (–)ve হলে আয়তন সংকোচন বা ঘনত্ব বৃদ্ধি বুঝায়। (iv) Divergence = 0 হলে আগত ও নির্গত ফ্লাক্স সমান হয়। এক্ষেত্রে ভেক্টরক্ষেত্রকে সলিনয়ডাল বলে।


divergence (+)ve


(–)ve divergence


Zero divergence (Solenoidal)

পাঠ্যবই থেকে আরও কিছু অনুধাবনমূলক প্রশ্নঃ

১। কার্ল এর ভৌত তাৎপর্য কি?

উত্তরঃ কার্ল এর ভৌত তাৎপর্য:

(i) কার্ল একটি ভেক্টর রাশি। এর মান ঐ ভেক্টরক্ষেত্রের একক ক্ষেত্রের জন্য সর্বাধিক রেখা ইন্টিগ্রালের সমান।

(ii) ভেক্টরটির দিক ঐ ক্ষেত্রের ওপর অঙ্কিত লম্ব বরাবর ক্রিয়া করে।

(iii) কার্ল এর মাধ্যমে প্রাপ্ত ভেক্টরটির মান ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে কৌণিক বেগের দ্বিগুণ হয়। অর্থাৎ, $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$ হলে, $\vec{\nabla} \times \vec{v} = 2\vec{\omega}$ হয়, যেখানে $\vec{\omega}$ একটি ধ্রুব ভেক্টর।

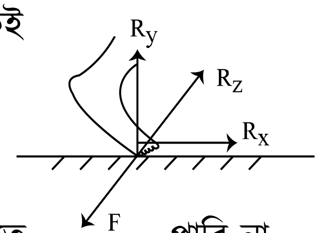
০২। একটি একক ভেক্টর কীভাবে পাওয়া যায়?

উত্তর: মান শূন্য নয় এরূপ কোনো ভেক্টরকে তার মান দ্বারা ভাগ করলে উক্ত ভেক্টরের দিকে একক ভেক্টর পাওয়া যায়।

একক ভেক্টরকে প্রকাশ করতে সাধারণত ছোট অক্ষরের উপর একটি টুপি চিহ্ন (^) দেয়া হয়। যেমন: $\hat{i}, \hat{a}, \hat{n}$ ইত্যাদি দ্বারা একক ভেক্টর প্রকাশ করা হয়। ধরি, $\vec{A}$ একটি ভেক্টর যার মান,

$A \neq 0 \therefore \frac{\vec{A}}{A} = \vec{A}$ এর দিকে একক ভেক্টর $= \hat{a}$

০৩। বালুতে হাঁটা কষ্টকর কেন?



উত্তর: হাঁটার সময় আমরা মাটিতে তীর্যকভাবে বল প্রয়োগ করি। মাটিও একই বলে আমাদের ধাক্কা দেয়। ধরি, মাটির প্রতিক্রিয়া বল R। এই বলের অনুভূমিক উপাংশ (R_x) আমাদের সামনে নিয়ে যায় এবং উলম্ব উপাংশ (R_y) ওজনকে প্রশমিত করে। বালুতে হাঁটার সময় আমরা বল প্রয়োগ করতে পারি না, তাই মাটিও প্রতিক্রিয়া বল প্রয়োগ করতে পারে না। তাই, বালুতে হাঁটা কষ্টকর।

অধ্যায় ০৩ – নিউটনীয় বলবিদ্যা

গুরুত্বপূর্ণ সূত্রাবলী

- বল

01. $F = ma = \frac{dp}{dt} = \frac{d}{dt}(mu)$

02. বলের ঘাত $\vec{J} = \vec{F}\Delta t = \Delta P =$ ভরবেগের পরিবর্তন

03. ভরবেগ $= mu$

04. ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রঃ (i) $m_1u_{1x} + m_2u_{2x} = m_1v_{1x} + m_2v_{2x}$

(ii) $m_1u_{1y} + m_2u_{2y} = m_1v_{1y} + m_2v_{2y}$

05. কামান বা বন্দুকের ক্ষেত্রে, $Mv = -mv$

- ঘর্ষণ

01. সীমান্তিক স্থিতি ঘর্ষণ বল, $F_s = \mu_s R$

02. স্থির ঘর্ষণ গুণাঙ্ক, $\mu_s = \frac{F_s}{R}$

03. চল /গতীয় ঘর্ষণ গুণাঙ্ক $\mu_k = \frac{F_k}{R}$

04. $\mu = \tan\lambda$; [$\lambda =$ ঘর্ষণ কোণ]

05. $\mu_s = \tan\theta_s$

06. $\mu_k = \tan\theta_k$

07. নিশ্চল কোণ = স্থিতি ঘর্ষণ কোণ

- **রকেটের উড্ডয়নজনিত সূত্রাবলী:**

01. রকেটের ঊর্ধ্বমুখী ধাক্কা, $F_r = v_r \frac{dm}{dt}$.

02. নিক্ষেপের সময় রকেটের ওপর প্রযুক্ত লব্ধি বল = $m\frac{dv}{dt} = v_r\frac{dm}{dt} - mg$.

03. জ্বালানী শেষ হওয়ার সময় সৃষ্ট লব্ধি বল $= v_r\frac{dm}{dt} - m'g$; যেখানে, m' = রকেটের মোট ভর – জ্বালানী বাদে রকেটের ভর।

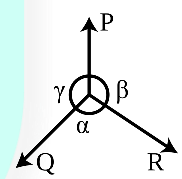
04. রকেটের উপর প্রযুক্ত ত্বরণ, $a_r = \frac{1}{m}.v_r.\frac{dm}{dt}$.

05. রকেটের উপর ক্রিয়াশীল অথবা লব্ধি ত্বরণ, $a = \frac{v_r}{m}\left(\frac{dm}{dt}\right) - g$.

- **লামির সূত্র:**

01. P, Q, R তিনটি সমতলীয় বল সাম্যাবস্থায় থাকলে (লব্ধি 0),

$$\frac{P}{\sin(Q^\wedge R)} = \frac{Q}{\sin(P^\wedge R)} = \frac{R}{\sin(Q^\wedge P)} \Rightarrow \frac{P}{\sin\alpha} = \frac{Q}{\sin\beta} = \frac{R}{\sin\gamma}$$



- **কৌণিক গতির ক্ষেত্রে:**

01. গতিশক্তি $K.E = \frac{1}{2}I\omega^2$

02. (a) কৌণিক ভরবেগ, $\vec{L} = \vec{r}\times\vec{P} = \vec{r}\times m\vec{v} = m(\vec{r}\times\vec{v})$; $|\vec{L}| = L = mvr\sin\theta$

(b) কৌণিক ভরবেগ, $L = I\omega = mvr$

03. কৌণিক ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র: $I_1\omega_1 = I_2\omega_2$ বা, $mv_1r_1 = mv_2r_2$ [বাহ্যিক টর্ক প্রযুক্ত না হলে]

04. কেন্দ্রমুখী বল, $F_c = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r$

05. রাস্তার বা আরোহীর নতি কোণ, $\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$;

06. (a) টর্ক, $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ (b) $\tau = Fr\sin\theta$

07. ক্ষমতা, $P = \tau\omega$

08. টর্ক, $\tau = I\alpha$

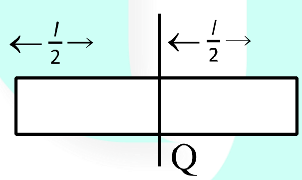
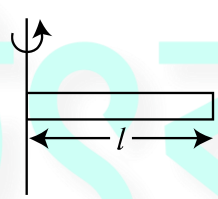
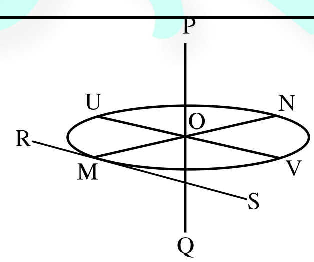
09. জড়তার ভ্রামক, $I = \sum mr^2 = MK^2$

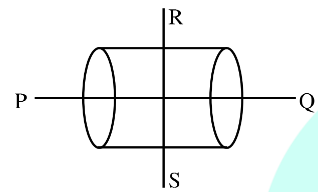
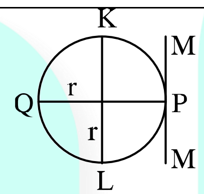
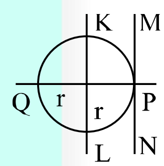
10. অভিলম্ব উপপাদ্য, $I_z = I_x + I_y$.

11. সমান্তরাল অক্ষ উপপাদ্য, $I = I_{COM} + Mh^2$; [COM = Center of mass]

12. ভরকেন্দ্রের স্থানাংক $(\bar{x}, \bar{y})$ হলে, $\bar{x} = \frac{A_1x_1+A_2x_2+ \ldots\ldots\ldots\ldots + A_nx_n}{A_1+A_2+ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots +A_n}$; $\bar{y} = \frac{A_1y_1+A_2y_2+ \ldots\ldots\ldots\ldots + A_ny_n}{A_1+A_2+ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots +A_n}$

- জড়তার ভ্রামক

বস্তু	চিত্র	অক্ষ	জড়তার ভ্রামক
(i) সরু ও সুষম দন্ড		ভরকেন্দ্রগামী ও দৈর্ঘ্যের সাথে লম্ব সরলরেখা	$\frac{1}{12} M l^2$
(ii) সরু ও সুষম দন্ড		এক প্রান্ত দিয়ে দৈর্ঘ্যের লম্বভাবে গমনকারী সরলরেখা	$\frac{1}{3} ml^2$
(iii) পাতলা বৃত্তাকার চাকতি		কেন্দ্রগামী ও তলের উপর লম্ব PQ	$\frac{1}{2} Mr^2$
		চাকতির যে কোন ব্যাস যেমন UV বা MN	$\frac{1}{4} Mr^2$

		চাকতির তলে চাকতির যে কোন স্পর্শক যেমন RS	$\frac{5}{4}Mr^2$
(iv) চোঙ		ভরকেন্দ্রগামী ও দৈর্ঘ্যের সমান্তরাল PQ	$\frac{1}{2}Mr^2$
(v) নিরেট গোলক		যে কোন ব্যাস যেমন PQ বা KL	$\frac{2}{5}Mr^2$
(vi) ফাঁপা গোলক		যেকোন ব্যাস বরাবর (KL বা QP)	$\frac{2}{3}Mr^2$

- **সংঘর্ষ দুই প্রকার:**

(i) স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ: গতিশক্তি ও ভরবেগ উভয়ই সংরক্ষিত হয়।

(ii) অস্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ: শুধু ভরবেগ সংরক্ষিত হয়।

স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষের ক্ষেত্রে, $v_1 = \frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}u_1 + \frac{2m_2}{m_1+m_2}u_2$; $v_2 = \frac{2m_1}{m_1+m_2}u_1 + \frac{m_2-m_1}{m_1+m_2}u_2$

গুরুত্বপূর্ণ জ্ঞানমূলক প্রশ্নসমূহ

১। টর্ক কী?

উত্তরঃ কোনো বিন্দু বা অক্ষকে কেন্দ্র করে ঘূর্ণায়মান কোনো কণার ব্যাসার্ধ ভেক্টর এবং কণার ওপর প্রযুক্ত বলের ভেক্টর গুনফলকে ঐ বিন্দু বা অক্ষের সাপেক্ষে কণাটির ওপর প্রযুক্ত টর্ক বলে।

২। চক্রগতির ব্যাসার্ধ কী?

উত্তরঃ কোনো দৃঢ়বস্তুর সমগ্র ভর যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় যাতে করে একটি নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে ঐ কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার জড়তার ভ্রামক, ঐ নির্দিষ্ট অক্ষের সাপেক্ষে সমগ্র দৃঢ়বস্তুর জড়তার ভ্রামকের সমান হয়, তাহলে ঐ নির্দিষ্ট অক্ষ থেকে কেন্দ্রীভূত বস্তুকণার লম্ব দূরত্বকে চক্রগতির ব্যাসার্ধ বলে।

৩। কেন্দ্রমুখী বল কী ?

উত্তরঃ যখন কোনো বস্তু একটি বৃত্তাকার পথে ঘুরতে থাকে তখন ঐ বৃত্তের কেন্দ্র অভিমুখে যে নিট বল ক্রিয়া করে বস্তুটিকে বৃত্তাকার পথে গতিশীল রাখে তাকে কেন্দ্রমুখী বল বলে।

৪। স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ কী ?

উত্তরঃ দুটি বস্তুর মধ্যে সংঘর্ষ হলে যদি মোট গতিশক্তি সংরক্ষিত থাকে অর্থাৎ যদি বস্তুগুলোর মোট গতিশক্তির পরিবর্তন না হয় তাহলে তাকে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে।

৫। কৌণিক ভরবেগ কী ?

উত্তরঃ কোনো বিন্দু বা অক্ষকে কেন্দ্র করে ঘূর্ণায়মান কোনো কণার ব্যাসার্ধ ভেক্টর এবং ভরবেগের ভেক্টর গুণফলকে ঐ বিন্দু বা অক্ষের সাপেক্ষে কণাটির কৌণিক ভরবেগ বলে।

৬। বলের ঘাত কী ?

উত্তরঃ কোনো বল ও বলের ক্রিয়াকালের গুণফলকে ঐ বলের ঘাত বলে।

৭। জড়তার ভ্রামক কী?

উত্তরঃ কোনো নির্দিষ্ট সরলরেখা থেকে কোনো দৃঢ়বস্তুর প্রত্যেকটি কণার লম্ব দূরত্বের বর্গ এবং এদের প্রত্যেকের ভরের গুণফলের সমষ্টিকে ঐ সরলরেখার সাপেক্ষে ঐ বস্তুর জড়তার ভ্রামক বলে।

৮। বল কী?

উত্তরঃ যা স্থির বস্তুর ওপর ক্রিয়া করে তাকে গতিশীল করে বা করতে চায় বা যা গতিশীল বস্তুর ওপর ক্রিয়া করে তার গতির পরিবর্তন করে বা করতে চায় তাকে বল বলে।

৯। ঘাত বল কী?

উত্তরঃ খুব অল্প সময়ের জন্য খুব বড় মানের যে বল প্রযুক্ত হয় তাকে যাত বল বলে।

১০। দ্বন্দ্ব কী?

উত্তরঃ একটি বস্তুর দুটি বিভিন্ন বিন্দুতে ক্রিয়াশীল সমান, সমান্তরাল ও বিপরীতমুখী বলদ্বয়কে দ্বন্দ্ব বা যুগল বা জোড় বল বলে।

গুরুত্বপূর্ণ অনুধাবনমূলক প্রশ্নসমূহ

১। দরজার হাতল কবজা থেকে দূরে রাখা হয় কেন? ব্যাখ্যা করো।

উত্তরঃ কোনো দরজা কত সহজে খোলা যাবে তা নির্ভর করে প্রযুক্ত টর্কের উপর। টর্কের সূত্র হতে আমরা জানি, $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$। নির্দিষ্ট কোণে বল প্রয়োগের ক্ষেত্রে, r তথা ঘূর্ণন অক্ষ থেকে বলের প্রয়োগ বিন্দুর দূরত্ব যত বেশি হবে, টর্কের পরিমাণ তত বেশি হবে। এজন্য টর্কের পরিমাণ বৃদ্ধিতে দরজার হাতল কবজা থেকে দূরে রাখা হয়, যাতে কম বল প্রয়োগে দরজা খোলা যায়।

২। স্থির গাড়ীতে বসে থাকা আরোহী গাড়ীকে ঠেলে গতিশীল করতে পারে না কেন?

উত্তরঃ স্থির গাড়ীতে বসে থাকা আরোহী গাড়ীকে ঠেলে গতিশীল করতে পারে না কারণ আরোহী এবং গাড়ী একটি একই সিস্টেমের অংশ। আরোহী যখন গাড়ীকে ঠেলেন, তখন তিনি আসলে

নিজের সিস্টেমের অংশকেই ঠেলেন। এটি একটি অভ্যন্তরীণ বল যা নেট বাহ্যিক বল তৈরি করে না। নিউটনের তৃতীয় সূত্র অনুযায়ী, প্রতিটি ক্রিয়ার বিপরীতে সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া থাকে। যখন আরোহী গাড়ীকে ঠেলেন, তখন গাড়ীও সমান এবং বিপরীত বল প্রয়োগ করে। ফলে, এই অভ্যন্তরীণ বলগুলির যোগফল শূন্য হয় এবং পুরো সিস্টেমের (গাড়ী এবং আরোহী) উপর কোনো নেট বাহ্যিক বল কার্যকর হয় না। গাড়ীকে চলাচল করতে হলে বাহ্যিক কোনো বল (যেমন: অন্য ব্যক্তি গাড়ীকে ঠেলে দেওয়া, ইঞ্জিন চালানো, ইত্যাদি) প্রয়োগ করতে হবে।

৩। নিউটনের গতির ২য় সূত্র ব্যাখ্যা করো।

উত্তরঃ কোন বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং বল যে দিকে ক্রিয়া করে বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তন সেদিকেই ঘটে। অর্থাৎ কোনো বস্তুর ভর যদি অপরিবর্তিত থাকে, তবে বস্তুটির ওপর প্রযুক্ত বাহ্যিক নেট বল বস্তুটির ভর ও ত্বরণের গুণফল হয়।

এই সূত্রটি থেকে কিছু গুরুত্বপূর্ণ তথ্য পাওয়া যায়:

বস্তুর ত্বরণ ও বলের সম্পর্ক: একটি বস্তুর ওপর যে বল প্রয়োগ করা হয়, তার পরিমাণ যত বেশি হবে, বস্তুর ত্বরণ তত বেশি হবে।

বস্তুর ভর ও ত্বরণের সম্পর্ক: একটি বস্তুর ভর যত বেশি হবে, নির্দিষ্ট একটি বল প্রয়োগে তার ত্বরণ তত কম হবে।

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রটি বস্তুর গতি পরিবর্তনের মূল কারণ ব্যাখ্যা করে এবং এটি আমাদেরকে বলে যে, একটি বস্তুর গতি পরিবর্তনের জন্য বাহ্যিক বল প্রয়োজন।

৪। নরম মাটিতে লাফ দিলে তুলনামূলকভাবে আঘাত পাওয়ার সম্ভাবনা কম কেন- ব্যাখ্যা করো।

উত্তরঃ কোনো ব্যক্তি নরম মাটিতে লাফ দিলে মাটি ব্যক্তির উপর একটি প্রতিক্রিয়া বল প্রয়োগ করে। নরম মাটির দৃঢ়তা কম হওয়ায় প্রতিক্রিয়া বলের মান কম ও বলের ক্রিয়াকাল বেশি হয়। তাই নরম মাটিতে লাফ দিলে আঘাত পাওয়ার সম্ভাবনা কম।

৫। বাঁকা পথে সাইকেল চালাতে হলে সাইকেলসহ আরোহীকে বৃত্তের কেন্দ্রের দিকে হেলতে হয় কেন?

উত্তরঃ রাস্তার বাঁকে সাইকেল আরোহী কেন্দ্রবিমুখী বলের কারণে যাতে ছিটকে না যায় তাই আরোহী ভিতরের দিকে হেলে সাইকেল চালায়। এতে ওজন এর উপাংশ $(mg\sin\theta)$ ভিতরের দিকে কাজ করে কেন্দ্রবিমুখী বলকে প্রশমিত করে।

৬। নিউটনের গতিসূত্রের সীমাবদ্ধতা কী?

উত্তরঃ নিউটনের গতিসূত্র বৃহৎ আকৃতির বস্তুর জন্য প্রযোজ্য। যে সকল কণার ভর খুবই কম যেমন- ইলকেট্রন, প্রোটন, নিউট্রন ইত্যাদির ক্ষেত্রে নিউটনের গতিসূত্র প্রযোজ্য নয়। ক্ষুদ্র ভর(10^{-31}kg) বিশিষ্ট সকল কণার বেগ বেশি হয়, অর্থাৎ প্রায় আলোর বেগের কাছাকাছি হয় ফলে গতিশীল অবস্থায় এরা তরঙ্গরূপে আচরণ করে। এ সকল বস্তুর ক্ষেত্রে নিউটনের গতিসূত্র প্রযোজ্য নয়। এসব ক্ষেত্রে আপেক্ষিকতা তত্ত্ব প্রযোজ্য। আবার, বস্তুর ত্বরণ যখন খুব কম $(< 10^{-10}\text{ms}^{-2})$ হয় তখন নিউটনের গতিসূত্র প্রয়োগে ভালো ফল পাওয়া যায় না। এক্ষেত্রে বল ত্বরণের বর্গের সমানুপাতিক হয়। নিউটনের গতিসূত্র কেবলমাত্র বল ত্বরণের সমানুপাতিক ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। কোনো বস্তু স্থির কাঠামোতে বা সমবেগে চলমান হলে নিউটনের গতিসূত্র প্রযোজ্য হয়। অন্যথায় নিউটনের সূত্র প্রয়োগ করা যায় না। এক্ষেত্রে আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতার সূত্র ব্যবহার করা হয়।

৭। ঘূর্ণন গতির ক্ষেত্রে জড়তার ভ্রামক বস্তুর ভরের সমতুল্য- ব্যাখ্যা করো।

উত্তরঃ আমরা জানি, কোনো বস্তুর গতির তথা বেগের পরিবর্তনকে বাধা দেয়ার প্রয়াসই হচ্ছে জড়তা। রৈখিক গতির ক্ষেত্রে জড়তার পরিমাপ হচ্ছে ভর। আবার, কোনো একটি অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনরত একটি বস্তুর ঘূর্ণন গতির পরিবর্তনকে বাধা দেওয়ার প্রয়াসই হচ্ছে জড়তার ভ্রামক। টর্কের সূত্র হতে আমরা জানি, $\tau = I\alpha$। এই সমীকরণ থেকেও বোঝা যায় জড়তার ভ্রামক ঘূর্ণন গতির ক্ষেত্রে জড়তার পরিমাপক।

৮। ক্রিয়া প্রতিক্রিয়া সমান ও বিপরীত হলেও তারা সাম্যাবস্থা সৃষ্টি করতে পারে না কেন?

উত্তরঃ ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার মান সমান ও দিক বিপরীত হওয়া সত্ত্বেও এরা একে অপরকে নিষ্ক্রিয় করে না। কেননা, নিউটনের তৃতীয় সূত্র অনুসারে, ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া সবসময়ই ভিন্ন ভিন্ন বস্তুর উপর কাজ করে। ফলে কোনো বস্তুর উপরই নিট বল শূন্য হয় না বা বল নিষ্ক্রিয় হয় না।

৯। যদি একটি লিফটের দড়ি ছিঁড়ে যায় তবে লিফটের মধ্যকার একজন ব্যক্তি কেন ওজনহীনতা অনুভব করেন- ব্যাখ্যা করো।

উত্তরঃ যদি একটি লিফটের দড়ি ছিঁড়ে যায়, তবে লিফট এবং তার মধ্যে থাকা ব্যক্তিটি মুক্তপতন (free fall) শুরু করে। মুক্তপতনের সময় লিফট এবং ব্যক্তির ওপর কেবলমাত্র মহাকর্ষীয় বল কাজ করে। এই পরিস্থিতিতে, লিফট এবং ব্যক্তির ত্বরণ সমান হয় এবং তা মহাকর্ষজ ত্বরণের সমান হয় ।

এখন, কেন ব্যক্তি ওজনহীনতা অনুভব করেন:

মহাকর্ষীয় বল: লিফট এবং ব্যক্তির উপর একই মহাকর্ষীয় বল কাজ করে।

ত্বরণ: লিফট এবং ব্যক্তি উভয়ই সমান ত্বরণে নিচে পড়ে।

অভ্যন্তরীণ বল নেই: লিফটের মেঝে ব্যক্তিকে উপরে ঠেলতে পারে না কারণ তারা একসাথে একই হারে নিচে পড়ে। ফলে, ব্যক্তির পায়ের নিচে লিফটের মেঝের থেকে কোনো প্রতিক্রিয়া বল থাকে না।

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী, একটি বস্তুর ত্বরণ যদি মহাকর্ষজ ত্বরণের সমান হয়, তাহলে সেই বস্তুর ওজন শূন্যের সমান অনুভূত হয়। এ ক্ষেত্রে, ব্যক্তি এবং লিফট একসঙ্গে একই হারে ত্বরণিত হয়, তাই ব্যক্তির পায়ের নিচে লিফটের মেঝে থেকে কোনো সমর্থনকারী বল অনুভূত হয় না। এই কারণেই ব্যক্তি ওজনহীনতা অনুভব করেন। এটি অনেকটা মহাকাশে ওজনহীন অবস্থা অনুভব করার মতো, যেখানে মহাকাশযান এবং এর ভেতরের মহাকাশচারীরা একই হারে পৃথিবীর দিকে ত্বরণিত হচ্ছে এবং মহাকর্ষীয় বল তাদেরকে মাটির দিকে টেনে নিচ্ছে।

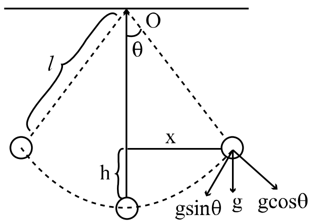
১০। ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল- ব্যাখ্যা করো।

উত্তরঃ ঘর্ষণ বলের ক্ষেত্রে এক বিন্দু হতে যাত্রা শুরু করে যে কোনো পথ ঘুরে আবার ঐ বিন্দুতে ফিরে এলে কৃত কাজ শূন্য হয় না। ঘর্ষণ বল দ্বারা কাজ আদি ও চূড়ান্ত বিন্দুর উপর নির্ভর করে না, গতিপথের উপর নির্ভর করে। ঘর্ষণ বল কর্তৃক কাজ পুনরুদ্ধার করা যায় না। তাই ঘর্ষণ বল অসংরক্ষণশীল বল।

অধ্যায় ০৫ – কাজ ক্ষমতা শক্তি

গুরুত্বপূর্ণ সূত্রাবলী

- সরল দোলকঃ



(a) সরল দোলকের ক্ষেত্রে কৃতকাজ $W = mgh$

(i) $h = \ell(1 - \cos\theta)$ (ii) $h = \ell - \sqrt{\ell^2 - x^2}$

(b) ববের সর্বোচ্চ গতিশক্তি, $\frac{1}{2}mv_{max}^2 = mgh$

বা, $v_{max}^2 = 2g.\ell(1 - \cos\theta) = 2g.\ell.2\sin^2\frac{\theta}{2}$ $\therefore v_{max} = 2\sqrt{g\ell}\sin\frac{\theta}{2}$

- পরিবর্তনশীল বল দ্বারা কৃতকাজ, $W = \int_{x_1}^{x_2} F(x)dx$
- স্প্রিং সম্প্রসারণে স্প্রিং বল কর্তৃক কৃতকাজ, $W = \frac{1}{2}k(x_i^2 - x_f^2)$। যেখানে, $k =$ স্প্রিং ধ্রুবক $x_i =$ সাম্যাবস্থান হতে আদি দূরত্ব, $x_f =$ সাম্যাবস্থান হতে শেষ দূরত্ব।
- মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রে, এজেন্ট কর্তৃক কৃতকাজ, $W = GMm\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$; $r_1 =$ আদি দূরত্ব; $r_2 =$ যে দূরত্বে নিতে বলা হয়েছে।
- (a) স্থিতিশক্তি, $E_P = mgh$ (b) স্প্রিং এর স্থিতিশক্তি, $U = \frac{1}{2}kx^2$।
- (a) গতিশক্তি, $K_E = \frac{1}{2}mv^2$ (b) $K_E = \frac{1}{2}.\frac{P^2}{m}$ যেখানে, $P =$ বস্তুর ভরবেগ। $m =$ বস্তুর ভর।

- দক্ষতা, $\eta = \frac{\text{প্রাপ্ত ক্ষমতা}}{\text{প্রদত্ত ক্ষমতা}} \times 100\% = \frac{P'}{P} \times 100\%$
- দক্ষতা, $\eta = \frac{\text{প্রাপ্ত কাজ}}{\text{প্রদত্ত শক্তি}} \times 100\% = \frac{W}{E} \times 100\%$
- দক্ষতা, $\eta = \frac{\text{প্রদত্ত শক্তি} - \text{বর্জিত শক্তি}}{\text{প্রদত্ত শক্তি}} \times 100\% = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \times 100\%$
- ক্ষমতা, $P = \frac{W}{t} = \frac{\vec{F}.\vec{s}}{t} = \vec{F}.\vec{v}$ আবার, $P = \frac{mgh}{t}$

গুরুত্বপূর্ণ জ্ঞানমূলক প্রশ্নসমূহ

১। অসংরক্ষণশীল বল কাকে বলে?

উত্তরঃ কোনো বল দ্বারা সৃষ্ট ক্ষেত্রে অবস্থিত একটি বস্তুকে যেকোনো পথে ঘুরিয়ে পুনরায় প্রাথমিক অবস্থানে আনলে যদি ঐ বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য না হয়, তবে তাকে অসংরক্ষণশীল বল বলে।

২। যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা কাকে বলে?

উত্তরঃ কোনো সিস্টেমে কেবল সংরক্ষণশীল বল ক্রিয়া করলে, সিস্টেমের বিভবশক্তি ও গতিশক্তির সমষ্টি ধ্রুব থাকে। একে যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা বলে।

৩। স্প্রিং বল কী?

উত্তরঃ কোনো স্প্রিং সংকোচন বা প্রসারণের ফলে এর ভিতরে যে প্রত্যয়নী বল উদ্ভব হয় তা স্প্রিং বল।

৪। কর্মদক্ষতা কী?

উত্তরঃ কোনো ব্যবস্থা (system) বা যন্ত্র থেকে প্রাপ্ত মোট কার্যকর শক্তি এবং ব্যবস্থায় বা যন্ত্রে প্রদত্ত মোট শক্তির অনুপাতকে ঐ ব্যবস্থা বা যন্ত্রের কর্মদক্ষতা বলে। কর্মদক্ষতা, $\eta = \frac{\text{কার্যকর শক্তি}}{\text{প্রদত্ত শক্তি}}$

৫। অশ্বক্ষমতা কী?

উত্তরঃ অশ্বক্ষমতা ক্ষমতার একটি একক। কোনো যন্ত্র প্রতি সেকেন্ডে 746J কাজ সম্পন্ন করলে, সেই যন্ত্রের ক্ষমতাকে 1 অশ্বক্ষমতা বলে।

৬। সংরক্ষণশীল বল কাকে বলে?

উত্তরঃ যে সংস্থা বা সিস্টেমে যান্ত্রিক শক্তি সংরক্ষিত থাকে তা সংরক্ষণশীল সিস্টেম এবং এরূপ সিস্টেমে ক্রিয়াশীল বলকে সংরক্ষণশীল বল বলে। একটি বদ্ধ পথে কোনো বল দ্বারা মোট কৃতকাজের পরিমাণ শূন্য হলে সেই বলকে সংরক্ষণশীল বল বলে।

৭। স্প্রিং ধ্রুবক কাকে বলে?

উত্তরঃ স্প্রিং এর একক দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির জন্য প্রযুক্ত বলকেই স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

৮। ক্ষমতার মাত্রা সমীকরণ লিখ।

উত্তরঃ ক্ষমতার মাত্রা, $[P] = [ML^2T^{-3}]$

৯। ঋণাত্মক কাজ কী?

উত্তরঃ কোনো বস্তুর ওপর বল প্রয়োগের ফলে বলের বিপরীত দিকে বস্তুর সরণ ঘটলে বা বলের বিপরীত দিকে সরণের উপাংশ থাকলে তাহলে বল ও সরণের উপাংশের গুণফলকে ঋণাত্মক কাজ বলে। ঋণাত্মক কাজের ক্ষেত্রে $90° < \theta \leq 180°$।

১০। কাজ-শক্তি উপপাদ্যটি বিবৃত কর।

উত্তরঃ কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়ারত লব্ধি বল কর্তৃক কৃতকাজ তার গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

১১। ক্ষমতা কাকে বলে?

উত্তরঃ কোনো একটি উৎসের কাজ করার হারকে ক্ষমতা বলে।

গুরুত্বপূর্ণ অনুধাবনমূলক প্রশ্নসমূহ

১। সমতলে হাঁটা অপেক্ষা সিঁড়ি দিয়ে হেঁটে উপরে উঠা কষ্টকর।– ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ সমতলে হাঁটা অপেক্ষা সিঁড়ি দিয়ে উঠা কষ্টকর উচ্চতার কারণে। সমতলে হাঁটার সময় প্রতিক্রিয়া বল ও ওজন সবসময় সমান হয়ে থাকে যার ফলে হাঁটা কষ্টকর হয় না। অপরদিকে, সিঁড়ি দিয়ে উপরে উঠার সময় উচ্চতা বাড়তে থাকে। যার ফলে কৃতকাজও বাড়তে থাকে। তাই হাঁটাও কষ্টকর হয়।

২। বল ও সরণ শূন্য না হলেও কাজ শূন্য হতে পারে কি? ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ বল ও সরণ শূন্য না হলেও কাজ শূন্য হতে পারে যদি বল ও সরণের মধ্যবর্তী কোণ $90°$ হয়। আমরা জানি, কাজ $W = Fs\cos\theta$ যেখানে $F =$ বল, $s =$ সরণ এবং $\theta =$ বল ও সরণের অন্তর্ভুক্ত কোণ। এখন F ও s কোনোটাই শূন্য না হলেও $\cos\theta = 0$ বা, $\theta = 90°$ হলে কাজ শূন্য হবে। অর্থাৎ বল ও সরণের অন্তর্ভুক্ত কোণ $90°$ হলে কাজ শূন্য হবে।

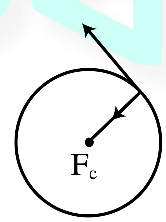
৩। একটি স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক $2.5\ \mathrm{Nm^{-1}}$ বলতে কী বুঝায়?

উত্তরঃ স্প্রিং ধ্রুবক $2.5\ \mathrm{Nm^{-1}}$ বলতে বুঝায় কোনো স্প্রিং এ $2.5\ \mathrm{N}$ বল প্রয়োগ করলে স্প্রিংটির $1\mathrm{m}$ সংকোচন অথবা প্রসারণ হবে। কোনো স্প্রিং এর মুক্ত প্রান্তের $1\mathrm{m}$ সরণ ঘটলে স্প্রিংটি যদি সরণের বিপরীত দিকে $2.5\mathrm{N}$ বল প্রয়োগ করে তবে ঐ স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক $2.5\ \mathrm{Nm^{-1}}$।

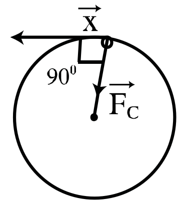
৪। পৃথিবীর চারদিকে চাঁদ একবার ঘুরে আসলে কৃতকাজ কীরূপ হবে? ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ

চাঁদ পৃথিবীর চারদিকে ঘুরছে কেন্দ্রমুখী বলের কারণে। কেন্দ্রমুখী বলের দ্বারা কৃতকাজ হয় শূন্য। কারণ কেন্দ্রমুখী বলের দিক এবং সরণের মধ্যবর্তী কোণ $90°$। এর ফলে চাঁদ পৃথিবীর চারদিকে ঘুরলেও কোনো কাজ হচ্ছে না। কারণ $W = F s\cos 90° = 0$



৫। বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণায়মান বস্তুর কেন্দ্রমুখী বল দ্বারা কৃতকাজ শূন্য হয়– ব্যাখ্যা কর।



উত্তর: বৃত্তাকার পথে ঘূর্ণনের সময় কেন্দ্রমুখী বল সর্বদা কেন্দ্রের দিকে ক্রিয়া করে এবং সরণ হয় সর্বদা স্পর্শক বরাবর। সুতরাং, বল $(\vec{F_c})$ ও সরণের $(\vec{x})$ মধ্যবর্তী কোণ $90°$।

$\therefore$ কাজ, $W = \vec{F_c} \cdot \vec{x} = F_c x \cos\theta = F_c x \cos 90° = 0$

৬। ঘর্ষণ বল কি অসংরক্ষণশীল বল? ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ হ্যাঁ, ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল। এক্ষেত্রে কোনো এক বিন্দু হতে যাত্রা শুরু করে যে কোনো পথে আবার ঐ বিন্দুতে ফিরে এলে কৃতকাজ শূন্য হয় না। ঘর্ষণ বল দ্বারা কাজ শুধু আদি ও চূড়ান্ত অবস্থানের উপর নির্ভর করে না, গতিপথের উপরও নির্ভর করে। পূর্ণচক্রে মোট কাজ শূন্য হয় না এবং যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতার সূত্রও প্রযোজ্য হয় না। ঘর্ষণ বল দ্বারা কৃতকাজ পুনরুদ্ধার সম্ভব নয়। এ সব অসংরক্ষণশীল বলের বৈশিষ্ট্য হওয়ায় ঘর্ষণ বল একটি অসংরক্ষণশীল বল।

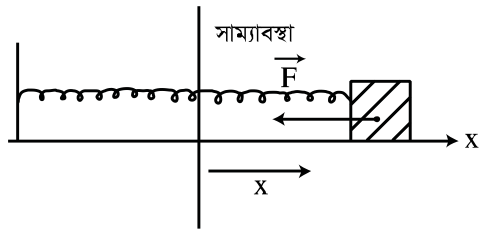
৭। স্থিতিস্থাপক বল এবং অভিকর্ষীয় বল দ্বারা সম্পাদিত কাজের মধ্যে পার্থক্য ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ স্থিতিস্থাপক বল দ্বারা কৃতকাজ, $W = \int_{x_1}^{x_2} F\,dx = \int_{x_1}^{x_2} kx\,dx = \frac{1}{2}k(x_2^2 - x_1^2)$।

অর্থাৎ $W \propto x^2$ অর্থাৎ কৃতকাজ সরণের বর্গের সমানুপাতিক। অভিকর্ষীয় বল দ্বারা কৃতকাজ, $W = \frac{GMm}{R^2} \times h$। অর্থাৎ অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃতকাজ সরণ বা উচ্চতার সমানুপাতিক। অর্থাৎ $W \propto h$।

৮। প্রত্যয়নী বল দ্বারা কৃত কাজ কখন ঋণাত্মক হবে-ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ কাজ, $W = \vec{F} \cdot \vec{x} = Fx\cos\theta$



সুতরাং কাজ ঋণাত্মক হবে যদি সরণ ও বলের দিক বিপরীতমুখী হয়। উপরের চিত্রে, ব্লকটি টেনে X অক্ষের ধনাত্মক দিকে নিলে কাজ ঋণাত্মক হবে। কেননা বল X-অক্ষের ঋণাত্মক দিকে ক্রিয়া করছে। প্রত্যয়নী বল দ্বারা কাজের ক্ষেত্রে বল ও সরণ সর্বদা বিপরীতমুখী।

৯। স্প্রিং ধ্রুবক-এর তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ স্প্রিং ধ্রুবকের তাৎপর্য নিম্নরূপ:

(i) স্প্রিং ধ্রুবকের মাধ্যমে কোনো বস্তুতে সংকোচন প্রসারণের ফলে প্রত্যয়নী বল জানা যায়।

(ii) সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ জানা যায়।

(iii) স্প্রিং এর পর্যায়কাল জানা যায়।

(iv) স্প্রিং এর ধর্ম জানা যায়। এজন্য স্প্রিং ধ্রুবকের তাৎপর্য অনেক বেশি।

১০। কাজ ও টর্ক-এর মাত্রা এবং একক সমান হলেও এরা ভিন্ন রাশি- ব্যাখ্যা দাও।

উত্তরঃ কাজ হচ্ছে বল এবং বলের দিকে সরণের উপাংশের গুণফল। টর্ক হচ্ছে বলের ভ্রামক।

কাজ, $W = F\,S\cos\theta$ অর্থাৎ মাত্রা ML^2T^{-2} এবং টর্ক, $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \Rightarrow \tau = F\,r\sin\theta$; মাত্রা ML^2T^{-2} অর্থাৎ দেখা যাচ্ছে কাজ ও টর্কের মাত্রা একই। কিন্তু কাজ দ্বারা শক্তির রূপান্তরকে ইঙ্গিত করা হয়। অন্যদিকে টর্ক ঘূর্ণন সৃষ্টিকারী বলকে নির্দেশ করে। টর্ক প্রয়োগের মাধ্যমে কোনো ঘূর্ণায়মান বস্তুর কৌণিক ত্বরণ সৃষ্টি করা হয়। সুতরাং কাজ ও টর্ক একই রাশি নয়। এছাড়াও টর্কে দিক বিবেচ্য হলেও কাজে তা হয় না। অর্থাৎ টর্ক ভেক্টর রাশি হলেও কাজ স্কেলার রাশি।

অধ্যায় ০৬ – মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ

গুরুত্বপূর্ণ সূত্রাবলী

- ভূ-পৃষ্ঠ হতে h উচ্চতায় অবস্থিত কোন স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g' = \frac{R^2}{(R+h)^2} g$
- ভূ-পৃষ্ঠ হতে h গভীরতায় অবস্থিত কোন স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g' = g\left(1 - \frac{h}{R}\right) = \frac{4}{3}G\pi(R-h)\rho$
- λ অক্ষাংশে অবস্থিত কোন স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g' = g - \omega^2 R\cos^2\lambda$; [$\omega =$ পৃথিবীর কৌণিক বেগ]
- বিভব, $V = \frac{-GM}{r}$
- মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র প্রাবল্য, $E = \frac{GM}{r^2}$
- মহাকর্ষীয় বিভবশক্তি, $U = \frac{GMm}{R}$
- $E = -\frac{dV}{dr}$
- মুক্তিবেগের রাশিমালা: $v_e = \sqrt{2gR} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$
- ভূ-পৃষ্ঠ হতে h উচ্চতায় আবর্তনরত কোন কৃত্রিম উপগ্রহের রৈখিক বেগ, $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}} = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h}}$; [যেহেতু $GM = gR^2$]।
- আবর্তনকাল T হলে রৈখিক বেগ, $v = \frac{2\pi}{T}(R+h)$
- h উচ্চতায় আবর্তনরত উপগ্রহের আবর্তনকাল T হলে, $h = \left(\frac{GMT^2}{4\pi^2}\right)^{1/3} - R$
- কৃত্রিম উপগ্রহটি m ভরবিশিষ্ট এবং এর বেগ v হলে, কাক্ষিক গতিশক্তি = $\frac{1}{2}mv^2$
- কার্যকর স্যাটেলাইটের স্থিতিশক্তি E_p এবং গতিশক্তি E_k হলে, $E_p = -2E_k = 2E_{Total}$
- $|E_k| = |E_T| = \left|\frac{E_p}{2}\right|$ এবং $E_T = \frac{-GMm}{2r}$

গুরুত্বপূর্ণ জ্ঞানমূলক প্রশ্নসমূহ

১। ভূ-স্থির উপগ্রহ কাকে বলে?

উত্তরঃ কোনো কৃত্রিম উপগ্রহের আবর্তনকাল নিজ অক্ষের চারদিকে ঘূর্ণায়মান পৃথিবীর আবর্তনকালের সমান হলে পৃথিবীর সাপেক্ষে এটি স্থির থাকবে, এ ধরনের উপগ্রহকে ভূ-স্থির উপগ্রহ বলে।

২। মুক্তিবেগ কী?

উত্তরঃ সর্বাপেক্ষা কম যে বেগে কোনো বস্তুকে ওপরের দিকে নিক্ষেপ করলে তা আর পৃথিবীতে ফিরে আসে না সেই বেগকে মুক্তিবেগ বলে।

৩। মহাকর্ষীয় বিভব কী?

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

৪। মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র কী?

উত্তরঃ কোনো বস্তুর চারপাশে যে অঞ্চলব্যাপী এর মহাকর্ষীয় প্রভাব বজায় থাকে, অর্থাৎ অন্য কোনো বস্তু রাখা হলে সেটি আকর্ষণ বল লাভ করে, তাকে ঐ বস্তুর মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র বলে।

৫। পার্কিং কক্ষপথ কী?

উত্তরঃ যে উপগ্রহের পর্যায়কাল 24 ঘন্টা তার কক্ষপথকে পার্কিং কক্ষপথ বলে। কোনো কৃত্রিম উপগ্রহকে তার নির্দিষ্ট কক্ষপথে স্থাপনের পূর্বে উপগ্রহটিকে সাময়িকভাবে যে কক্ষপথে ঘোরানো হয় তাকে পার্কিং কক্ষপথ বলে।

৬। মহাকর্ষ ধ্রুবক কাকে বলে?

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

৭। মহাকর্ষীয় প্রাবল্য কাকে বলে?

উত্তরঃ মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের যেকোনো বিন্দুতে একটি একক ভরের বস্তু স্থাপন করলে ঐ ভরের উপর যে বল ক্রিয়া করে তাকে ঐ বিন্দুতে মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের তীব্রতা বলে।

৮। গ্রহের গতি সংক্রান্ত কেপলারের ২য় সূত্রটি লিখ।

উত্তরঃ সূর্য থেকে গড় দূরত্ব যত কম হয় অর্থাৎ, গ্রহ সূর্যের যত নিকটে থাকে এর আবর্তনকাল তত কম হয়।

৯। অভিকর্ষ কেন্দ্র কাকে বলে?

উত্তরঃ কোনো বস্তুকে যেভাবেই রাখা হোক না কেন তার ওজন একটি বিন্দুর মধ্য দিয়ে বস্তুর ওপর সর্বদা ক্রিয়া করে। ঐ বিন্দুই হলো অভিকেন্দ্র বা ভারকেন্দ্র।

১০। মহাকর্ষীয় বিভবের মাত্রা সমীকরণ লিখ?

উত্তরঃ SI পদ্ধতিতে একক Jkg^{-1} এবং এর মাত্রা সমীকরণ $[\mathrm{L}^2\mathrm{T}^{-2}]$

১১। কেপলারের উপবৃত্ত সূত্রটি লিখ।

উত্তরঃ কেপলারের প্রথম সূত্র, যা উপবৃত্ত সূত্র নামে পরিচিত, হলো:
প্রতিটি গ্রহ সূর্যকে উপবৃত্তাকার কক্ষপথে আবর্তন করে, যেখানে সূর্য উপবৃত্তের এক ফোকাস বিন্দুতে অবস্থান করে।

১২। স্বাভাবিক উপগ্রহ কী?

উত্তরঃ যেসব উপগ্রহ প্রাকৃতিক কারণে সৃষ্ট তাদেরকে স্বাভাবিক উপগ্রহ বলে।

১৩। কেপলারের সময়ের সূত্রটি লিখ।

উত্তরঃ কেপলারের তৃতীয় সূত্র, যা সময়ের সূত্র নামে পরিচিত, হলো:
কোনো গ্রহের কক্ষপথের অর্ধ-দীর্ঘ অক্ষের ঘন এবং তার কক্ষপথ পরিক্রমণের সময়ের বর্গের অনুপাত সকল গ্রহের জন্য সমান।

গুরুত্বপূর্ণ অনুধাবনমূলক প্রশ্নসমূহ

১। একই কক্ষপথে স্থাপিত দু'টি ভিন্ন ভরের স্যাটেলাইটের বেগ কি একই হবে, না ভিন্ন হবে? ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ পৃথিবীর পৃষ্ঠ থেকে h উচ্চতায় পৃথিবীর চারদিকে আবর্তনরত কোনো কৃত্রিম উপগ্রহের আবর্তনকাল কৃত্রিম উপগ্রহের ভরের উপর নির্ভর করে না।

কৃত্রিম উপগ্রহের বেগের সমীকরণ, $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$। দেখা যাচ্ছে, উক্ত সমীকরণ কৃত্রিম উপগ্রহের ভরের উপর নির্ভর করে না। সুতরাং একই কক্ষপথে ভিন্ন ভরের দুটি স্যাটেলাইটের বেগ সমান হবে।

২। G-কে সর্বজনীন ধ্রুবক বলা হয় কেন?

উত্তরঃ G বা গ্র্যাভিটেশনাল কনস্ট্যান্ট (Gravitational Constant) কে সর্বজনীন ধ্রুবক বলা হয় কারণ এটি মহাবিশ্বের সব স্থানে এবং সব সময়ে অপরিবর্তিত থাকে। এটি নিউটনের মহাকর্ষ সূত্রে ব্যবহৃত হয়, যা বলে যে দুইটি বস্তুর মধ্যে মহাকর্ষীয় আকর্ষণের বল তাদের ভরের গুণফল এবং তাদের মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক। এর মান $6.67430 \times 10^{-11} m^3 Kg^{-1} s^{-2}$ সব জায়গায় একই থাকে, তাই এটি সর্বজনীন।

৩। পৃথিবীর ঘূর্ণনের কারণে আমরা ছিটকে পড়ি না কেন?

উত্তরঃ পৃথিবীর ঘূর্ণনের কারণে আমরা ছিটকে পড়ি না কারণ মহাকর্ষীয় শক্তি আমাদের পৃথিবীর পৃষ্ঠের দিকে ধরে রাখে। ঘূর্ণনের ফলে সৃষ্ট সেন্ট্রিফিউগাল বলের মান পৃথিবীর অভিকর্ষজ বলের তুলনায় অনেক কম।

সেন্ট্রিফিউগাল বল আমাদের ছিটকে ফেলার চেষ্টা করলেও, পৃথিবীর অভিকর্ষজ বল অনেক বেশি শক্তিশালী, যা আমাদের স্থিরভাবে পৃথিবীর পৃষ্ঠে ধরে রাখে। তাই, মহাকর্ষীয় শক্তির কারণে আমরা পৃথিবীর সাথে নিরাপদে থাকি এবং ঘূর্ণনের কারণে ছিটকে পড়ি না।

৪। মহাকর্ষীয় বিভব 12 Jkg^{-1} বলতে কী বুঝ?

উত্তরঃ একক ভরের কোনো বস্তুকে অসীম দূরত্ব হতে মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পাদিত হয় তাকে মহাকর্ষীয় বিভব বলে। মহাকর্ষীয় বিভব, $V = \frac{W}{m}$। 12 Jkg^{-1} মহাকর্ষীয় বিভব বলতে 1kg ভরের কোনো বস্তুকে অসীম দূরত্ব হতে মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে 12 J কাজ করতে হয়।

৫। কখন বস্তুর ভরকেন্দ্র এবং ভারকেন্দ্র একই বিন্দুতে হয়? ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ বস্তুর ভরকেন্দ্র এবং ভারকেন্দ্র একই বিন্দুতে হয় যখন বস্তুটি একজাতীয় এবং অভিন্ন ঘনত্বের (uniform density) হয়।

ভরকেন্দ্র: ভরকেন্দ্র হলো বস্তুর সেই বিন্দু যেখানে বস্তুর মোট ভরকে একটি বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত মনে করা যায়।
ভারকেন্দ্র: ভারকেন্দ্র হলো সেই বিন্দু যেখানে মহাকর্ষীয় বল ক্রিয়া করে বলে মনে করা হয়।

যখন বস্তুটি একজাতীয় এবং তার ঘনত্ব অভিন্ন, তখন ভরকেন্দ্র এবং ভারকেন্দ্র এক বিন্দুতে অবস্থিত থাকে। উদাহরণস্বরূপ, অভিন্ন ঘনত্বের গোলক বা সমবাহু ত্রিভুজের ক্ষেত্রে ভরকেন্দ্র এবং ভারকেন্দ্র একই বিন্দুতে থাকে।

৬। মহাকর্ষীয় বিভব অসীমে সর্বাধিক কিন্তু শূন্য– ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ মহাকর্ষীয় বিভব শক্তি অসীম দূরত্বে সর্বাধিক, এবং এই সর্বাধিক মানটি শূন্য:

অসীম দূরত্বে: যখন দুটি বস্তু একে অপর থেকে অসীম দূরত্বে থাকে, তখন তাদের মধ্যে কোন মহাকর্ষীয় আকর্ষণ বল থাকে না। সেই অবস্থায়, মহাকর্ষীয় বিভব শক্তি শূন্য ধরা হয়।

বিভব শক্তি ঋণাত্মক: যেহেতু বিভব শক্তি আকর্ষণীয় বলের কারণে ঋণাত্মক হয়, যখন বস্তুর মধ্যে দূরত্ব বৃদ্ধি পায়, এই ঋণাত্মক শক্তির মান কমে শূন্যের দিকে ধাবিত হয়। ফলে, বিভব শক্তি শূন্য হয় যখন বস্তুর মধ্যে দূরত্ব অসীম হয়।

৭। স্থির ভরের কোনো গ্রহ সম্প্রসারিত হলে কোনো বস্তুর মুক্তিবেগ পরিবর্তন হয় কি? ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ

যখন R বৃদ্ধি পায়, তখন মুক্তিবেগের মান $\sqrt{\frac{2GM}{R}}$ অনুযায়ী কমে যায়।

অর্থাৎ, গ্রহ সম্প্রসারিত হলে, মুক্তিবেগ কমে যায় কারণ মুক্তিবেগ ব্যাসার্ধের ব্যস্তানুপাতিক।

৮। ঘূর্ণনরত কোনো গ্রহ সূর্যের কাছে চলে আসলে তার বেগ বাড়ে কেন?

উত্তরঃ ঘূর্ণনরত কোনো গ্রহ সূর্যের কাছে চলে আসলে তার বেগ বাড়ে কেন তা ব্যাখ্যা করা যায় কেপলার-এর দ্বিতীয় সূত্র (Kepler's Second Law) দ্বারা। এ সূত্রটি বলে যে, কোনো গ্রহ সূর্যের চারপাশে ঘূর্ণায়মান হলে গ্রহটি তার কক্ষপথে সমান সময় ব্যবধানে সমান ক্ষেত্রফল অতিক্রম করে।

যখন গ্রহটি সূর্যের কাছে আসে, তখন তার কক্ষপথের দূরত্ব কমে যায়। একই সময়ে সমান ক্ষেত্রফল অতিক্রম করতে হলে, গ্রহটির বেগ বৃদ্ধি পেতে হয়।

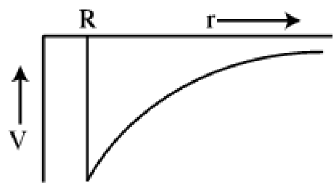
কেপলার-এর দ্বিতীয় সূত্র: গ্রহটি সূর্যের কাছাকাছি এলে তার বেগ বাড়ে, কারণ তাকে সমান সময়ের মধ্যে সমান ক্ষেত্রফল অতিক্রম করতে হয়।

৯। মহাকর্ষীয় বিভব ঋণাত্মক কেন?

উত্তরঃ মহাকর্ষীয় বিভব শক্তি (Gravitational Potential Energy) ঋণাত্মক কারণ মহাকর্ষীয় শক্তি একটি আকর্ষণীয় শক্তি। দুটি বস্তুকে একে অপর থেকে পৃথক করতে বা দূরে সরাতে শক্তি ব্যয় করতে হয়। দুটি বস্তুকে অসীম দূরত্বে বিচ্ছিন্ন করা হলে, তাদের মধ্যে কোন আকর্ষণীয় বল থাকে না, এবং সেই অবস্থায় মহাকর্ষীয় বিভব শূন্য ধরা হয়।

১০। মহাকর্ষীয় ক্ষেত্রে দূরত্ব এবং মহাকর্ষীয় বিভবের মধ্যে সম্পর্ক দেখাও।

উত্তরঃ



আমরা জানি, মহাকর্ষ বিভব, $V = -\frac{GM}{r}$। সুতরাং দূরত্ব বৃদ্ধির সাথে $\frac{GM}{r}$ এর মান দূরত্বের ব্যস্তানুপাতে কমে কিন্তু বিভব $-ve$ হওয়ায় V এর মান বাড়ে। অসীম দূরত্বের জন্য বিভব শূন্য। এর লেখচিত্র চিত্রে দেখানো হলো।

১১। ভিন্ন ভিন্ন উচ্চতা থেকে পড়ন্ত বস্তুর অভিকর্ষীয় ত্বরণ সুষম থাকে না– ব্যাখ্যা কর।

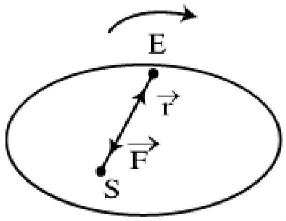
উত্তরঃ ভিন্ন ভিন্ন উচ্চতায় বস্তুর অভিকর্ষীয় ত্বরণ বিভিন্ন। আমরা জানি, h উচ্চতায় অভিকর্ষীয় ত্বরণ, $g = \frac{GM}{(R+h)^2}$। অর্থাৎ, উচ্চতা বাড়লে অভিকর্ষজ ত্বরণ কমতে থাকে। তবে উচ্চতা খুব কম হলে অর্থাৎ, $\frac{h}{R} \ll 1$ হলে, অভিকর্ষীয় ত্বরণের পরিবর্তনকে নগন্য ধরা যায়। তাই স্বল্প উচ্চতার ব্যবধানে অভিকর্ষজ ত্বরণ ধ্রুবক ধরা হয়।

১২। পৃথিবী সূর্যের নিকটবর্তী হলে পৃথিবীর বেগ বৃদ্ধি পায়- কেপলারের সূত্রের আলোকে ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ ভিন্ন ভিন্ন উচ্চতায় বস্তুর অভিকর্ষীয় ত্বরণ বিভিন্ন। আমরা জানি, h উচ্চতায় অভিকর্ষীয় ত্বরণ, $g = \frac{GM}{(R+h)^2}$। অর্থাৎ, উচ্চতা বাড়লে অভিকর্ষজ ত্বরণ কমতে থাকে। তবে উচ্চতা খুব কম হলে অর্থাৎ, $\frac{h}{R} \ll 1$ হলে, অভিকর্ষীয় ত্বরণের পরিবর্তনকে নগন্য ধরা যায়। তাই স্বল্প উচ্চতার ব্যবধানে অভিকর্ষজ ত্বরণ ধ্রুবক ধরা হয়।

১৩। পৃথিবীর ঘূর্ণনের ক্ষেত্রে টর্ক না থাকার কারণ ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ



পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘুরে। কিন্তু সূর্য ও পৃথিবীর মধ্যকার বল পৃথিবীর উপর কোনো টর্ক সৃষ্টি করে না। কেননা ঘূর্ণনের ক্ষেত্রে বল ও অবস্থান ভেক্টর সমান্তরালে থাকে।

চিত্র হতে বুঝা যাচ্ছে যে, পৃথিবীর অবস্থান ভেক্টর $(\vec{r})$ ও বল $(\vec{F})$ এর মধ্যবর্তী কোণ $180°$।

সুতরাং, টর্ক, $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \Rightarrow |\vec{\tau}| = rF\sin\theta = rF\sin 180° = 0$

অধ্যায় ০৭ – পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

গুরুত্বপূর্ণ সূত্রাবলী

- দৈর্ঘ্য বিকৃতি $= \frac{\ell}{L}$; যেখানে, $\ell =$ দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন, $L =$ আদি দৈর্ঘ্য
- আয়তন বিকৃতি $= \frac{v}{V}$; যেখানে, $v =$ আয়তনের পরিবর্তন, $V =$ আদি আয়তন
- কৃন্তন বিকৃতি = কৃন্তন কোণ $= \theta$ বা $\tan\theta$। $\theta = \tan\theta$ যখন θ এর মান খুব ছোট এবং θ রেডিয়ানে হিসাব করতে হবে।
- পীড়ন $= \frac{F}{A}$; যেখানে $F =$ প্রযুক্ত বল, $A =$ ক্ষেত্রফল
- হুকের সূত্রঃ $\frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}}$
- $Y = \frac{FL}{A\ell}$; Y= স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক বা ইয়ং এর গুণাঙ্ক, $F =$ যে দিকে দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন হয় সে দিকে প্রযুক্ত বল, $L =$ আদি দৈর্ঘ্য, $A =$ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $\ell =$ দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন। এখানে, P = প্রযুক্ত চাপ, V= আদি আয়তন, $v =$ আয়তন পরিবর্তন, $V \pm v =$ পরিবর্তনের পর আয়তন, $B =$ আয়তন গুণাঙ্ক।
- সংনম্যতা হচ্ছে আয়তন গুণাঙ্কের বিপরীত রাশি। অর্থাৎ, সংনম্যতা,

$$K = \frac{1}{\text{আয়তন গুণাঙ্ক}} = \frac{1}{B}$$

- পয়সনের অনুপাত, $\sigma = \frac{\text{পার্শ্ব বিকৃতি}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}}$
- তাত্ত্বিকভাবে, পয়সনের অনুপাতের মান -1 এর চেয়ে কম এবং $+\frac{1}{2}$ এর চেয়ে বেশি হতে পারে না। অর্থাৎ, $-1 \leq \sigma \leq \frac{1}{2}$
- তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির জন্য কৃতকাজ: $Y = \frac{FL}{A\ell} \Rightarrow F = \frac{YA\ell}{L}$

- আবার, $dW = Fd\ell \Rightarrow W = \int_0^\ell \frac{YA\ell}{L} d\ell \Rightarrow W = \frac{Ya}{L}\int_0^\ell \ell d\ell \Rightarrow \frac{YA}{L}.\left[\frac{\ell^2}{2}\right]_0^\ell \Rightarrow$ $W = \frac{1}{2}\frac{YA\ell^2}{L} = \frac{1}{2}F\ell$
- এই কাজেই তারে সঞ্চিত বিভবশক্তি।
- একক আয়তনে বিভব শক্তি $= \frac{1}{2}\frac{YA\ell^2}{L\times AL}$; $[AL = V] = \frac{1}{2}\times\frac{Y\ell}{L}\times\frac{\ell}{L} = \frac{1}{2}\times$ পীড়ন $\times$ বিকৃতি; $\left[\frac{F}{A} = \frac{Y\ell}{L}\right]$

গুরুত্বপূর্ণ জ্ঞানমূলক প্রশ্নসমূহ

১। স্থিতিস্থাপক সীমা বলতে কী বোঝো?

উত্তরঃ সর্বাপেক্ষা বেশি যে বল প্রয়োগ করে অপসারণ করলে বস্তুটি সম্পূর্ণরূপে পূর্বাবস্থায় ফিরে যায়, বলের সেই মানকে স্থিতিস্থাপক সীমা বলে।

২। স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি কী?

উত্তরঃ স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যেও কোনো বস্তুতে বা তারে অনেকক্ষণ যাবৎ পীড়নের হ্রাস-বৃদ্ধি করলে বস্তুর স্থিতিস্থাপক ধর্মের অবনতি ঘটে। তখন অসহ ভার অপেক্ষা কম ভারে তারটি বা বস্তুটি ছিঁড়ে যেতে পারে। বস্তু বা তারের এ অবস্থা হলো স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি।

৩। অসহ পীড়ন কী?

উত্তরঃ কোনো বস্তুর একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলে উদ্ভূত অসহ ভারকে বা অসহ ওজনকে অসহ পীড়ন বলে।

৪। স্থিতিস্থাপক সীমা কাকে বলে?

উত্তরঃ সর্বাপেক্ষা বেশি যে বল প্রয়োগ করে অপসারণ করলে বস্তুটি সম্পূর্ণরূপে 'পূর্বাবস্থায় ফিরে যায় বলের সেই মানকে স্থিতিস্থাপক সীমা বলে।

৫। স্থিতিস্থাপকতা কী?

উত্তরঃ বল প্রয়োগে কোনো বস্তুর দৈর্ঘ্য, আকার বা আয়তনের পরিবর্তন ঘটানো হলে বল অপসারণ করা মাত্রই বস্তুটির পূর্বাবস্থায় ফিরে আসার ধর্মকে স্থিতিস্থাপকতা বলে।

৬। স্প্রিং ধ্রুবক কী?

উত্তরঃ কোনো স্প্রিংকে এর সাম্যাবস্থা হতে একক দৈর্ঘ্য পরিমাণ প্রসারিত বা সংকুচিত করতে যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হয়, তাকে স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

৭। স্থিতিস্থাপকতার হুকের সূত্রটি লিখ?

উত্তরঃ স্থিতিস্থাপকের হুকের সূত্রটি হলো- স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পীড়ন এর বিকৃতির সমানুপাতিক।

৮। পয়সনের অনুপাত কী?

উত্তরঃ স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাতকে পয়সনের অনুপাত বলে।

৯। সংনম্যতা কী?

উত্তরঃ কোন বস্তুর উপর চারদিক থেকে সমান চাপ প্রয়োগ করলে বস্তুটির আয়তন কমে যায়। বস্তুর এ ধর্মকে সংনম্যতা বলে। এটি আয়তন গুণাঙ্কের বিপরীত রাশি।

১০। হুক এর সূত্র বিবৃত করো।

উত্তরঃ স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পীড়ন এর বিকৃতির সমানুপাতিক।

গুরুত্বপূর্ণ অনুধাবনমূলক প্রশ্নসমূহ

১। পয়সনের অনুপাত ঋণাত্মক হওয়া সম্ভব কি-না - ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বস্তুর পার্শ্ব বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাত একটি ধ্রুব রাশি। এই ধ্রুব রাশিকে বস্তুর উপাদানের পয়সনের অনুপাত বলে। পয়সনের অনুপাত,

$$\sigma = -\frac{\text{পার্শ্ব বিকৃতি}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}} = -\frac{\frac{\Delta r}{r}}{\frac{\Delta L}{L}}$$

$$= -\frac{\mathrm{L}\Delta \mathrm{r}}{\mathrm{r}\Delta \mathrm{L}}$$

এখন, আমরা জানি, যেকোনো বল প্রয়োগে কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করলে ব্যাস হ্রাস পায় এবং ব্যাস বৃদ্ধি করলে দৈর্ঘ্য হ্রাস পায়। অর্থাৎ ΔL ধনাত্মক হলে Δr ঋণাত্মক হয়। আবার ΔL ঋণাত্মক হলে Δr ধনাত্মক হয় অর্থাৎ, বাস্তব ক্ষেত্রে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পাক বা ব্যাস বৃদ্ধি পাক পয়সনের অনুপাত সব সময় ধনাত্মক হয়।

অর্থাৎ σ এর মান ঋণাত্মক হওয় সম্ভব না। তাই σ এর বাস্তব মানের সীমা $0 < \sigma < \frac{1}{2}$

২। তাপমাত্রা বাড়ালে স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্কের মান কমে কেন? ব্যাখ্যা করো।

উত্তরঃ কঠিন পদার্থের অণুসমূহের মধ্যকার আকর্ষণ বলের দরুন স্থিতিস্থাপকতার উদ্ভব হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে অণুগুলোর মাঝের দূরত্ব অনেক বেড়ে যায়। দূরত্ব অনেকখানি বেড়ে গেলে এদের মধ্যকার আকর্ষণ বল অনেক কমে যায়। অর্থাৎ তাপমাত্রা বেড়ে গেলে অণুগুলোর মধ্যকার আকর্ষণ-বিকর্ষণ সাম্যাবস্থা বিঘ্নিত হয়। তদুপরি, তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে অণুগুলোর মধ্যকার গড় দূরত্ব 'বেড়ে যাওয়ায় এদের মধ্যকার আকর্ষণ বল স্বভাবতই কমে যায়। সর্বদিক বিবেচনায় ইহা স্পষ্টত যে, তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে কঠিন পদার্থের স্থিতিস্থাপকতা কমে যায়। ফলে তুলনামূলক কম, মানের বল প্রয়োগেই বস্তুর বিকৃতি বেশি ঘটে। এমনকি অসহ ভারের তুলনায় অনেক কম বল প্রয়োগেই বস্তুটি ভেঙ্গে যেতে পারে।

৩। সীসার ইয়ং এর গুণাঙ্ক $1.6 \times 10^{10}\ \mathrm{Nm^{-2}}$ বলতে কী বুঝো?

উত্তরঃ সীসার ইয়ং গুণাঙ্ক $1.6 \times 10^{10}\ \mathrm{Nm^{-2}}$ বলতে বুঝায় যে, $1\mathrm{m^2}$ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট কোনো সীসার তারের স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে দৈর্ঘ্য বরাবর 1.6×102^{10} N বল প্রয়োগ করা হলে তারটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি আদি দৈর্ঘ্যের সমান হয়।

৪। কোনো তারের অসহ পীড়ন $3.5 \times 10^{8}\ \mathrm{Nm^{-2}}$ বলতে কী বোঝো?

উত্তরঃ অসহ পীড়ন $3.5 \times 10^{8}\ \mathrm{Nm^{-2}}$ বলতে বুঝায়, সংশ্লিষ্ট বস্তুর প্রস্থচ্ছেদের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে $(1\ \mathrm{m^2})$ লম্বভাবে ন্যূনতম 3.5×10^{8} N মানের বল প্রয়োগে বস্তুটি স্থায়ীভাবে ভেঙ্গে যাওয়ার বা স্থায়ী বিকৃতির উপক্রম হয়।

৫। সাম্যাবস্থার তুলনায় আন্তঃআণবিক দূরত্ব বেশি হলে অণুগুলো আকর্ষণ না বিকর্ষণ বল 'লাভ করে-ব্যাখ্যা দাও।

উত্তরঃ অণু-পরমাণু সমূহের মধ্যে মূলত একটি তাড়িত আকর্ষণ বল ক্রিয়া করে। এ আকর্ষণ বলের প্রভাবে অণুগুলো পরস্পরের কাছে আসতে থাকে, কিন্তু খুব কাছাকাছি এলে এদের মধ্যে একটি বিকর্ষণ বলও কাজ করে। পরমাণুর ইলেকট্রন কক্ষপথের মধ্যে উপরিপাতনের ফলে এ বিকর্ষণ বলের উদ্ভব হয়। এ ছাড়াও তাপমাত্রার কারণে অণুগুলোতে একটি কম্পন সৃষ্টি হয়। এ থেকেও একটি বিকর্ষণ বল সৃষ্টি হয়। দুটি অণুর মধ্যে ক্রিয়াশীল নীটবল বা আকর্ষণ ও বিকর্ষণ বলের মিলিত ফলকে আন্তঃআণবিক বল বলে এবং দুটি অণুর মধ্যবর্তী দূরত্বকে আন্তঃআণবিক দূরত্ব বলে। আন্তঃআণবিক দূরত্বের একটি নির্দিষ্ট মান = ro এর জন্য আন্তঃআণবিক আকর্ষণ ও বিকর্ষণ বলের মান সমান হয় অর্থাৎ নিট আন্তঃআণবিক বল শূন্য হয়। এ দূরত্বেই অণুদ্বয় সাম্যাবস্থা। প্রাপ্ত হয়। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সাম্যবস্থার তুলনায় আন্তঃআণবিক দূরত্ব বৃদ্ধি পেলে আন্তঃআণবিক বল আকর্ষণধর্মী হয়। অর্থাৎ উক্ত বলই প্রত্যয়নী বল সৃষ্টি করে।

৬। স্থিতিস্থাপক সীমা ব্যাখ্যা করো।

উত্তরঃ সর্বাপেক্ষা, বেশি যে বল প্রয়োগ করে অপসারণ করলে বস্তুটি সম্পূর্ণরূপে পূর্বাবস্থায় ফিরে যায়, বলের সেই মানকে স্থিতিস্থাপক সীমা বলে।

স্থিতিস্থাপক সীমা অতিক্রম করলে স্থিতিস্থাপক ধর্ম অনেকাংশ হ্রাস পায়। তখন বাহ্যিক বল প্রয়োগ বস্তুর বিকৃতি ঘটালে বস্তুটি সম্পূর্ণরূপে পূর্বের অবস্থায় ফিরে যায় না এবং বস্তুর স্থায়ী বিকৃতি ঘটে।

৭। পারদের আয়তন গুণাঙ্ক $2.4 \times 10^{10}\ \mathrm{Nm^{-2}}$ বলতে কী বোঝায়?

উত্তরঃ পারদের আয়তন গুণাঙ্ক $2.4 \times 10^{10}\ \mathrm{Nm^{-2}}$ বলতে বুঝায়, বাহ্যিক বল প্রয়োগে কিছু পরিমাণ পারদের আয়তন পরিবর্তন করা হলে উদ্ভুত আয়তন পীড়ন এবং আয়তন বিকৃতির অনুপাত হবে $2.4 \times 10^{10}\ \mathrm{Nm^{-2}}$

৮। একটি বস্তুর ইয়াংস মডুলাস $Y = 2 \times 10^{11}\ \mathrm{Nm^{-2}}$ দ্বারা তুমি কী বুঝ?

উত্তরঃ স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের বস্তুর জন্য একক পরিমাণ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করতে হয় তাকে ঐ বস্তুর ইয়াংস মডুলাস বলে। একটি বস্তুর ইয়ং এর গুণাঙ্ক $2 \times 10^{11}\ \mathrm{Nm^{-2}}$ বলতে বুঝায়, $1\ \mathrm{m}$ দৈর্ঘ্য এবং $1\ \mathrm{m^2}$ প্রস্থচ্ছেদের কোনো বস্তুর তারের দৈর্ঘ্য বরাবর $2 \times 10^{11}\ \mathrm{N}$ বল প্রয়োগ করা হলে এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি আদি দৈর্ঘ্যের সমান হবে।

৯। পদার্থের স্থিতিস্থাপকতার কারণ ব্যাখ্যা করো।

উত্তরঃ পদার্থের অণুসমূহ পরস্পর দূর্বল আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল দ্বারা যুক্ত থাকে। বল প্রয়োগ করে কোনো একটি পদার্থকে প্রসারিত করতে চাইলে আন্তঃআণবিক স্থানের পরিসর বেড়ে যায় এবং নিউটনের তৃতীয় গতিসুত্র অনুসারে কিংবা জড়তার দরুণ অণুগুলো তাদের পূর্বাস্থায় ফিরে আসার চেষ্টা করে। আবার যদি বল প্রয়োগে সংকুচিত করার চেষ্টা করা হয় তবে আন্তঃআণবিক স্থানের পরিসর কমে যায় এবং পদার্থ সংকুচিত হয়। সেক্ষেত্রে অণুগুলো পরস্পরকে বিকর্ষণ করে আদি স্থানে ফিরে যাবার চেষ্টা করে। এভাবে পদার্থের স্থিতিস্থাপকতার সৃষ্টি হয়।

১০। অসহ পীড়ন ব্যাখ্যা করো।

উত্তরঃ স্থিতিস্থাপক সীমা পর্যন্ত কোন একটি বস্তু পূর্ণ স্থিতিস্থাপক থাকে। প্রযুক্ত বল ঐ সীমা অতিক্রম করলে বস্তু পূর্ণ স্থিতিস্থাপক থাকে না, বল অপসারিত হলে কিছু বিকৃতি থেকে যায়। প্রযুক্ত বলের মান - ক্রমশ বৃদ্ধি করলে বস্তুটির এমন এক অবস্থায় আসবে যখন ভার সহ্য করতে না পেরে ভেঙ্গে বা ছিঁড়ে যায়; একে অসহ ভার বলে। কোনো বস্তুর একক ক্ষেত্রফলের উপর প্রযুক্ত অসহ ভারকে অসহ পীড়ন বলে।

অর্থাৎ, অসহ পীড়ন = $\frac{\text{অসহ ভার}}{\text{ক্ষেত্রফল}}$

১১। বাতাসের আয়তন গুণাঙ্ক $20\ Nm^{-2}$ বলতে কী বুঝ?

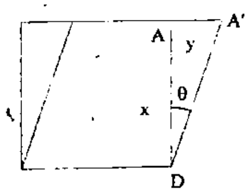
উত্তরঃ বাতাসের আয়তন গুণাঙ্ক $20\ Nm^{-2}$ বলতে বুঝায়, বাতাসের একক আয়তন বিকৃতি ঘটাতে বাতাসের উপর $20\ Nm^{-2}$ পীড়ন প্রয়োগ করতে হবে। অর্থাৎ একক আয়তন বিকৃতির জন্য বাতাসের পৃষ্ঠের একক ক্ষেত্রফলে লম্বভাবে 20 N বল প্রয়োগ করতে হবে।

১২। দীর্ঘদিন ব্যবহারের পর ঝুলন্ত সেতু বা ব্রীজকে ঝুঁকিপূর্ণ ঘোষণা করা হয় কেন তা পদার্থের স্থিতিস্থাপক ধর্মের আলোকে ব্যাখ্যা করো।

উত্তরঃ দীর্ঘদিন ব্যবহারের ফলে ঝুলন্ত সেতু বা ব্রীজে স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি তৈরী হয়। স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে তারের উপর ক্রমাগত পীড়ন হ্রাস-বৃদ্ধি বা অনেকক্ষণ ধরে প্রয়োগ করলে এর স্থিতিস্থাপকতা হ্রাস পায় ফলে বল অপসারণের সাথে সাথে তা পূর্বের অবস্থা ফিরে পায় না; একে স্থিতিস্থাপক ক্লান্তি বলে। এক্ষেত্রে অসহ ভার অপেক্ষা কম ভার এমনকি স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যেই তারটি ছিঁড়ে যেতে পারে। তাই দীর্ঘদিন ব্যবহারের পর ঝুলন্ত সেতু বা ব্রীজকে ঝুঁকিপূর্ণ ঘোষণা করা হয়।

১৩। ব্যবর্তন বিকৃতি- ব্যাখ্যা করো।

উত্তরঃ বল প্রয়োগে কোনো বস্তুর আকারের পরিবর্তন হলে একক দূরত্বে দুটি তলের আপেক্ষিক সরণকে আকার বা ব্যবর্তন বিকৃতি বলে।



ধরি, ব্লকটির মধ্যবর্তী তলের দূরত্ব, AD = x তলদ্বয়ের মধ্যে আপেক্ষিক সরণ, AA' = y

∴ ব্যবর্তন বিকৃতি = $\frac{x}{y}$

১৪। পানির আয়তন গুণাংক $2 \times 10^{10}\ Nm^{-2}$ এর অর্থ কী?

উত্তরঃ পানির আয়তন গুণাঙ্ক $2 \times 10^{11} Nm^{-2}$ বলতে বুঝায়, বাহ্যিক বল প্রয়োগে কিছু পরিমাণ পানির আয়তন পরিবর্তন করা হলে উদ্ভুত আয়তন পীড়ন এবং আয়তন বিকৃতির অনুপাত হবে $2 \times 10^{11} Nm^{-2}$।

১৫। সম দৈর্ঘ্যের একটি মোটা ও একটি চিকন তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক সমান হবে কি না ব্যাখ্যা করো।

উত্তরঃ ইয়ং এর গুণাঙ্ক সকল কঠিন পদার্থের একটি মৌলিক বৈশিষ্ট্য। এটি পদার্থের আন্তঃআণবিক বলের জন্য তৈরি হয়। যদি পদার্থের ব্যাসার্ধ পরিবর্তিত হয় তাহলে পদার্থের আন্তঃআণবিক বলের কোনো পরিবর্তন হয় না, যার ফলে ইয়ং এর গুণাঙ্কের ও কোনো পরিবর্তন হয় না। তাই সমান দৈর্ঘ্যের মোটা ও একটি চিকন তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক সমান হবে। তবে যদি তারের উপাদানে ভিন্ন হয়, তখন ইয়ং এর গুণাক ভিন্ন হবে।

অধ্যায় ০৮ – পর্যাবৃত্তিক গতি

গুরুত্বপূর্ণ সূত্রাবলী

- প্রত্যয়নী বল, $F = -Kx$; $K =$ বল ধ্রুবক, $x =$ সরণ
- সরল ছন্দিত স্পন্দনের বা তরঙ্গের গতির ক্ষেত্রে-

(i) কণার যে কোন মহূর্তে গতির সমীকরণ: $x = A\sin(\omega t + \delta)$ তরঙ্গস্থিত কণার ক্ষেত্রে, তরঙ্গ x -axis বরাবর অগ্রসর হলে কণার সরণ y -axis বরাবর, $y = A\sin(\omega t + \delta)$ বা তরঙ্গ y -axis বরাবর অগ্রসর হলে কণার সরণ x -axis বরাবর, $x = A\sin(\omega t + \delta)$

$A =$ বিস্তার, $\omega =$ কৌণিক বেগ, $\delta =$ আদিদশা (এটি একটি কোণ), $t =$ সময়, y বা $x =$ কণার সরণ] $(\omega t + \delta)$ অবশ্যই রেডিয়ান এককে।

(ii) কৌণিক বেগ বা কম্পাংক, $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$; [k= ধ্রুবক/বল ধ্রুবক, m = কণার ভর]

(iii) দোলন কাল, $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$; [উল্লম্ব/ অনুভূমিক যে কোনো স্প্রিং এর জন্য]

(iv) কম্পাংক, $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$

(v) উল্লম্ব বেগ (কণার বেগ), $v = \frac{dx}{dt} = \omega A\cos(\omega t + \delta) = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$

(vi) উল্লম্ব ত্বরণ (কণার ত্বরণ), $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 A\sin(\omega t + \delta) = -\omega^2 x$

(vii) গতিশক্তি, $E_K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}K(A^2 - x^2) = \frac{1}{2}m\omega^2(A^2 - x^2) = \frac{1}{2}KA^2\cos^2(\omega t + \delta) = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\cos^2(\omega t + \delta)$

(viii) বিভব/স্থিতি শক্তি, $E_P = U = \frac{1}{2}Kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2x^2 = \frac{1}{2}KA^2\sin^2(\omega t + \delta) = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2(\omega t + \delta)$

(ix) মোট শক্তি, $E = K_E + P_E = \frac{1}{2}KA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2$

(x) কণার সর্বোচ্চ বেগ, $v_{max} = \omega A = A\sqrt{\frac{K}{m}}$

(xi) কণার সর্বোচ্চ ত্বরণ, $a = -\omega^2 A$

- শুধুমাত্র উলম্ব স্প্রিং এর দোলন কাল $T = 2\pi\sqrt{\frac{e}{g}}$ [g = অভিকর্ষজ ত্বরণ; e = elongation (দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি)]
- স্প্রিং এর বল ধ্রুবক, $K = \frac{mg}{e}$
- $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$
- $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$
- একটি সেকেন্ড দোলক দিনে x sec ধীরে বা দ্রুত চললে পরিবর্তিত দোলনকাল, $T = \frac{2\times86400}{86400\pm x}$

গুরুত্বপূর্ণ জ্ঞানমূলক প্রশ্নসমূহ

০১। পর্যাবৃত্ত গতি কী?

উত্তরঃ কোন গতিশীল বস্তুকণার গতি যদি এমন হয় যে এটি তার গতিপথে কোন নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে তাহলে সেই গতিকে পর্যায়বৃত্ত গতি বলে।

০২। সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি কী?

উত্তরঃ কোন দোলনরত কণার ত্বরণ সামাবস্থান থেকে এর দূরত্বের সমানুপাতিক ও সব সময় সাম্যাবস্থানের অভিমুখী হলে ওই কণার গতিকে সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি বলে।

০৩। বিস্তার কী?

উত্তরঃ সরল দোলন গতিশীল কোন কণা এর সাম্যাবস্থান বা মধ্যাবস্থান থেকে যেকোনো একদিকে যে সর্বোচ্চ দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে তার বিস্তার বলে।

০৪। স্পন্দকের দশা কাকে বলে?

উত্তরঃ সরল ছন্দিত স্পন্দনরত কোন বস্তু বা কণার যেকোনো মুহূর্তের গতির অবস্থাকে (সরণ , বেগ, ত্বরণ, গতির অভিমূখ) ইত্যাদি বোঝায়।

০৫। স্প্রিং ধ্রুবকের সংজ্ঞা দাও?

উত্তরঃ কোন স্প্রিং এর সাম্যাবস্থান হতে একক দৈর্ঘ্য বা সংকুচিত প্রসারিত করতে যে পরিমান বল প্রয়োগ করতে হয়, তাকে ঐ স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক বলে।

০৬। স্থানিক/ কালিক পর্যায়বৃত্তি কী?

উত্তরঃ কোন বস্তুর গতি যদি এমনভাবে পুনরাবৃত্তি হয় যে নির্দিষ্ট সময় পর পর কোন নির্দিষ্ট বিন্দুকে একই দিক থেকে অতিক্রম করে তবে তাকে স্থানিক পর্যায়বৃত্তি বলে।

০৭। কৌণিক কম্পাঙ্ক কাকে বলে?

উত্তরঃ সরল ছন্দিত স্পন্দন সম্পন্ন কোন কণা একক সময়ে যে কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে কৌণিক কম্পাঙ্ক বলে।

০৮। সেকেন্ড দোলক কাকে বলে?

উত্তরঃ যে দোলকের অর্ধদোলনকাল ১ সেকেন্ড অর্থাৎ দোলনকাল ২ সেকেন্ড তাকে সেকেন্ড দোলক বলে।

০৯। কালিক পর্যায়বৃত্তি কি?

উত্তরঃ কোন রাশির মান যদি এমন হয় যে নির্দিষ্ট সময় পরপর সেটি একই মানপ্রাপ্ত হয় তবে তাকে কালিক পর্যায়বৃত্তি বলে।

১০। সরল দোলক কাকে বলে?

উত্তরঃ কোনো ভারী বস্তুকণাকে ওজনহীন ও অনমনীয় সুতার সাহায্যে কোনো দৃঢ় অবলম্বন থেকে ঝুলিয়ে দিলে যদি এটি অল্প বিস্তারে ($\leq 4^{\circ}$) মুক্তভাবে দুলতে থাকে তাহলে সুতাসহ বস্তুটিকে সরল দোলক বলে।

১১। পূর্ণস্পন্দন কাকে বলে?

উত্তরঃ সরল দোলন গতির ক্ষেত্রে একটি সম্পূর্ণ অগ্র-পশ্চাৎ গতিকে পূর্ণ স্পন্দন বা দোলন গতি বলে।

১২। স্পন্দন গতি কী?

উত্তরঃ পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন কোন বস্তু যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোন নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় একই পথে তার বিপরীত দিকে চলে তবে এর গতিকে স্পন্দন গতি বলে।

গুরুত্বপূর্ণ অনুধাবনমূলক প্রশ্নসমূহ

০১। দোলনরত একটি সরল দোলক সাম্যাবস্থায় এসে থেমে যায় কেন? – ব্যাখ্যা কর

উত্তরঃ দোলনরত একটি সরল দোলক সাম্যাবস্থায় এসে থেমে যায় না গতি জড়তার জন্য

স্পন্দন গতির ক্ষেত্রে, একটি নির্দিষ্ট বিন্দু থাকে যেখানে কোনো বল ক্রিয়া করে না, যাকে সাম্যাবস্থান বা মধ্যাবস্থান বলা হয়। এই বিন্দু থেকে বস্তুটি বিচ্যুত হলে, প্রত্যয়নী বল বস্তুটিকে পুনরায় সাম্যাবস্থানে ফিরিয়ে আনার চেষ্টা করে। তবে গতির জড়ুতার কারণে বস্তুটি সাম্যাবস্থানে না থেমে বিপরীত দিকে চলে যায়। পরে একই প্রত্যয়নী বল পুনরায় ক্রিয়া করে বস্তুটি আবার সাম্যাবস্থানের দিকে ধাবিত হয়। এই প্রক্রিয়ায় বস্তুটি সাম্যাবস্থানের দুই পাশে দোল খায় এবং ত্বরণ সর্বদা সাম্যাবস্থান অভিমুখী হয়। এভাবে গতি জড়তার প্রভাবে সাম্যাবস্থানে কোন বল ক্রিয়া না করার পরেও দোলক থেমে যায় না।

০২। একটি সরল দোলক ঘড়ির দোলনকাল 2.5 s হলে এটি সঠিক সময় দিবে কি? – ব্যাখ্যা কর

উত্তরঃ দোলকঘড়ির দোলনকাল 2.5 s হলে তা একটি অর্ধদোলনে সময় নেয় $\frac{2.5}{2}$ বা 1.25 s । ফলে, সেকেন্ড দোলকের ন্যায় এই দোলকের এটি অর্ধদোলনকে এক সেকেন্ড ধরে সময় বিবেচনা করলে হিসাবকৃত সময় সঠিক হবে না।

কিন্তু এ দোলকের একটি অর্ধদোলনকে 1.25 s-ই ধরে সময় হিসাব করলে সঠিক সময় পাওয়া যাবে।

০৩। বল ধ্রুবক 2500 Nm – এর তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ একটি স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবক 2500 N/m বলতে বুঝায় যে, সাম্যাবস্থান থেকে স্প্রিংটির মুক্ত প্রান্তের 1 m সরণ ঘটানো হলে স্প্রিং এর অভ্যন্তরে 2500 N প্রত্যয়নী বল উদ্ভুত হয়। অর্থাৎ ঐ অবস্থা বজায় রাখতে হলে বাইরে থেকে 2500 N বল স্প্রিং এর সরণের দিকে বা সাম্যাস্থানের বিপরীতে প্রয়োগ করতে হবে।

০৪। খেলনা গাড়িতে স্প্রিং লাগিয়ে ছেড়ে দিলে গাড়িটি সামনের দিকে অগ্রসর হয় কেন? ব্যাখ্যা কর ।

উত্তরঃ খেলনা গাড়িতে স্প্রিং লাগিয়ে ছেড়ে দিলে গাড়িটি সামনের দিকে অগ্রসর হয় স্প্রিং এ জমা স্থিতিশক্তির কারণে।

স্প্রিংযুক্ত খেলনা গাড়িকে যখন পেছন দিকে টানা হয় তখন স্প্রিং এর বিপরীতে বল প্রয়োগ করে কাজ করা হয়। এই কাজ স্থিতিশক্তি রুপে স্প্রিং এ সঞ্চিত থাকে। গাড়িটিকে যখন ছেড়ে দেওয়া হয়, তখন এই স্থিতিশক্তি গতিশক্তিরে রুপান্তরিত হইয়ে গাড়িটিকে সামনের দিকে এগিয়ে নিয়ে যায়।

০৫। গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে কেন? – ব্যাখ্যা কর ।

উত্তরঃ গ্রীষ্মকালে দোলক ঘড়ির কার্যকর দৈর্ঘ্য বেড়ে যায় বলে, দোলনকাল বৃদ্ধি পায় এবং দোলনকাল বৃদ্ধির কারণেই গ্রীষ্মকালে দোলন ঘড়ি ধীরে চলে।

সরল দোলকের দোলনকালের সমীকরণ, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ অনুসারে দোলনকাল কার্যকরী দৈর্ঘ্যের বর্গমূলের সমানুপাতিক । কার্যকরী দৈর্ঘ্য L এর মান বৃদ্ধি পেলে T এর মান বৃদ্ধি পাবে। দোলনকাল বেড়ে যায় বলে দোলক ঘড়ি ধীরে চলে।

০৬। স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য ছোট করলে স্প্রিং ধ্রুবক এর কী ঘটে?

উত্তরঃ স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য ছোট করলে স্প্রিং ধ্রুবক এর মান বেড়ে যায়। k বল ধ্রুবক বিশিষ্ট একটি স্প্রিংকে n সংখ্যক সমান টুকরা করলে প্রতিটি টুকরার বল ধ্রুবক হয় nk। এখন টুকরো গুলোকে শ্রেণিতে সংযুক্ত করলে ও মুক্তপ্রান্তে m ভর ঝুলিয়ে দিলে মনে করি, প্রতিটি অংশের প্রসারণ হয় x_1। অতএব প্রতিটি অংশের জন্য বল সমীকরণ: $F = k_1x_1$। আবার সমস্ত সিস্টেমটির প্রসারণ $x = nx_1$। সুতরাং সম্পূর্ণ স্প্রিংটির বলের সমীকরণ: $F = kx$

$Kx = k_1\ x_1$ বা, $k_1 = \frac{x}{x_1}k = nk$

অতএব, স্প্রিংকে যতভাগে ভাগ করা হবে, বল ধ্রুবক ততগুণ হবে।

০৭। দোলকের গতি মাত্রই সরল ছন্দিত গতি নয় – ব্যাখ্যা কর ।

উত্তরঃ কোনো গতিশীল বস্তু কণার গতি যদি এমন হয় যে, এটি তার্ গতিপথে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নিদিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তাকে পর্যাবৃত্ত গতি বলে। আবার, কোনো দোলনরত কণার ত্বরণ সাম্যাবস্থান থেকে এর সরণের সমানুপাতিক ও সব সময় সাম্যাবস্থান অভিমুখী হলে ওই কণার গতিকে সরল ছন্দিত গতি বলে। অর্থাৎ সরল ছন্দিত স্পন্দন গতির মধ্যে পর্যাবৃত্ত গতির সব বৈশিষ্ট্য থাকলেও সব পর্যাবৃত্ত গতির মধ্যে সরল ছন্দিত গতির বৈশিষ্ট্য ($a \propto x$ বা, $F \propto -x$) থাকে না।

এজন্য সকল সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি পর্যাবৃত্ত গতি কিন্তু সকল পর্যাবৃত্ত গতি সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি নয়।

০৮। শীতকালে দোলক ঘড়ি দ্রুত চলে - ব্যাখ্যা কর

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

০৯। স্প্রিং এর শ্রেণি সমবায়ে স্প্রিং ধ্রুবকের পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর ?

উত্তরঃ স্প্রিং এর শ্রেণি সমবায়ে সমতুল্য স্প্রিং ধ্রুবক এর মান প্রত্যেকটি আলাদা আলাদা স্প্রিং ধ্রুবকের চেয়ে কম হয়। কারণ $k_1, k_2, \ldots\ldots k_n$ স্প্রিং শ্রেণিতে সংযুক্ত করলে এবং এদের সমতুল্য স্প্রিং ধ্রুবক $\mathrm{k_s}$ হলে, $\frac{1}{\mathrm{k_s}} = \frac{1}{\mathrm{k_1}} + \frac{1}{\mathrm{k_2}} + \cdots \ldots\ldots\ldots + \frac{1}{\mathrm{k_n}}$

তাই বলা যায়, স্প্রিং এর শ্রেণি সমন্বয়ে স্প্রিং ধ্রুবকের মান প্রত্যেকটি আলাদা স্প্রিং এর স্প্রিং ধ্রুবকের চেয়ে কম হবে।

১০। একটি সেকেন্ড দোলককে পৃথিবীর কেন্দ্রে নিয়ে গেলে এর দোলনকালের কিরূপ পরিবর্তন হবে?

উত্তরঃ সেকেন্ড দোলককে পৃথিবীর কেন্দ্রে নিয়ে গেলে এর পর্যায়কাল অসীম হবে অর্থাৎ

দোলকটি দুলবে না।

সরল দোলকের পর্যায়কালের সূত্র হতে আমরা পাই, $\mathrm{T} = 2\pi\sqrt{\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{g}}}$।

$\therefore \mathrm{T} \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$

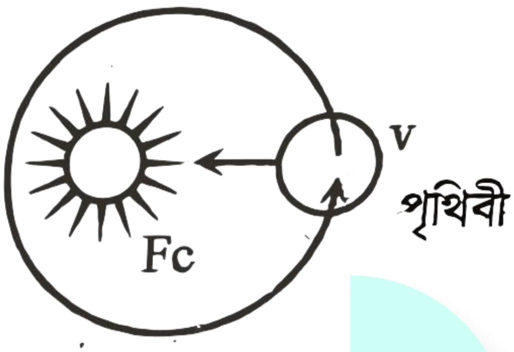
অর্থাৎ কার্যকরী দৈর্ঘ্য স্থির থাকলে পর্যায়কাল অভিকর্ষজ ত্বরণের বর্গমূলের ব্যস্তাণুপাতিক। পৃথিবীর কেন্দ্রে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান 0। ফলে, $\frac{1}{\sqrt{g}}$ এর মান অসীম। একারণে পৃথিবীর কেন্দ্রে দোলকের পর্যায়কাল হবে অসীম। আর অসীম পর্যায়কালের অর্থ হলো দোলকটি স্থির থাকবে।

১১। সুষম বৃত্তাকার গতি কি সরল ছন্দিত গতি?

উত্তরঃ সুষম বৃত্তাকার গতি সম্পন্ন কোনো বস্তুকণার গতির যেকোনো তাৎক্ষণিক অবস্থান হতে বৃত্তের যেকোনো ব্যাসের ওপর লম্ব টানা হলে ঐ লম্বের পাদবিন্দুর গতি সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি। এক্ষেত্রে বৃত্তাকার গতি এবং সরল ছন্দিত গতি উভয় গতিকেই $\mathrm{x} = \mathrm{A}\sin(\omega\mathrm{t} + \delta\ )$ সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায়। সুষম বৃত্তীয় গতির কৌণিক বেগ (ω) প্রকৃতপক্ষে সরলছন্দিত স্পন্দনরত কণার কৌণিক কম্পাংক বা দশা পরিবর্তনের হার নির্দেশ করে।

১২। কক্ষপথে পৃথিবীর গতি সরলদোলন গতি কি? – ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ কক্ষপথে পৃথিবীর গতি সরল দোলন গতি নয়।



সরল দোলন গতির সংজ্ঞা অনুসারে, কোনো বস্তুর গতি সরলদোলন গতি তখনই হবে যখন বল সরণের সমানুপাতিক ও বিপরীতমুখী হবে। কক্ষপথে পৃথিবী যখন আবর্তনশীল, তখন তার সরণ ঘটে, উপবৃত্তাকার পথে কিন্তু তার উপর কার্যকর একমাত্র বল থাকে কেন্দ্রমুখী বল F_C মোটেও সরণের বিপরীতমুখী নয়। চিত্রে v এর দিক যেদিকে দেখাচ্ছে, ঠিক সেদিকেই পৃথিবীর সরণ হচ্ছে। কিন্তু, এজন্য সরণের বিপরীতমূখী কোন বল পাওয়া যাচ্ছে না। তাই কক্ষপথে পৃথিবীর গতি সরলদোলন গতি নয়।

১৩। পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে সেকেন্ড দোলকের দৈর্ঘ্য কি বিভিন্ন হতে পারে? – ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ সেকেন্ড দোলকের দোলনকাল 2s, অর্থাৎ একটি নির্দিষ্ট মান। সরল দোলকের সূত্র হতে আমরা পাই, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ বা, $L = (\frac{T}{2\pi})^2 g$

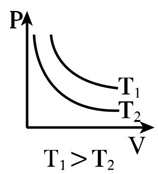
সুতরাং, $L \propto g$

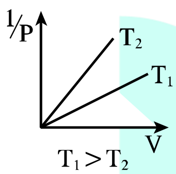
অতএব, নির্দিষ্ট দোলনকালের জন্য দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য অভিকর্ষজ ত্বরণ এর সমাণুপাতিক। যেহেতু পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ বিভিন্ন তাই সেকেন্ড দোলকের নির্দিষ্ট পর্যায়কাল 2s বজায় রাখার জন্য দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য পরিবর্তন করতে হবে। সুতরাং পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে সেকেন্ড দোলকের দৈর্ঘ্য বিভিন্ন হতে পারে।

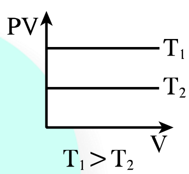
অধ্যায় ১০ – আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব

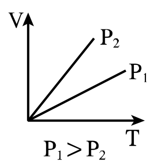
গুরুত্বপূর্ণ সূত্রাবলী

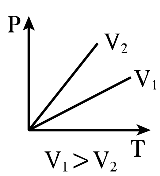
➢ ভিন্ন ভিন্ন টাইপের গ্রাফঃ

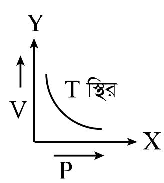
- 

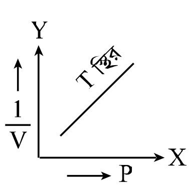


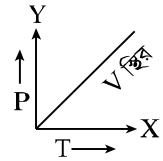


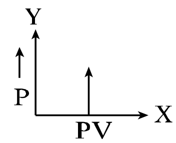
- 

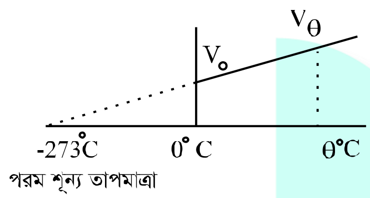
- 

- 

- 

- 

- 

- 

- $P_1V_1 = P_2V_2$; বয়েলের সূত্র (T ধ্রুবক); লেখচিত্রে সমোষ্ণ রেখা
- $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$; চার্লসের সূত্র (P ধ্রুবক)
- $V_t = V_0(1 + \gamma_\rho t); \gamma_p$ = স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক = $\frac{1}{273}\,°C^{-1}$
- $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ [V ধ্রুবক] ; $P_t = P_o(1 + \gamma_v t); \gamma_v$ = স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপ প্রসারণ গুণাঙ্ক = $\frac{1}{273}\,°C^{-1}$
- (a) $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ (b) $\frac{P_1}{\rho_1 T_1} = \frac{P_2}{\rho_2 T_2}$
- $PV = nRT$, n = মোল সংখ্যা, $n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$, m = গ্যাসের ভর, M = গ্যাসের মোলার ভর,

N = গ্যাসের অণু সংখ্যা, N_A = অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা $= 6.023 \times 10^{23}$

$PV = \frac{m}{M}RT$

- $P = \frac{1}{3}mn\bar{c}^2$; [n = একক আয়তনে অণুর সংখ্যা]
- $P = \frac{1}{3}\rho\bar{c}^2$
- $PV = \frac{1}{3}mN\overline{c^2} = \frac{1}{3} \times$ ভর $\times \overline{c^2}$, m = গ্যাসের অণুর ভর, N = গ্যাসের অণুর সংখ্যা।

- $c_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}} = \sqrt{\frac{3KT}{m}} = \sqrt{\frac{3PV}{M}}$
- এক পারমাণবিক আদর্শ গ্যাসের মোট গতিশক্তি, $E_k = \frac{3}{2}nRT = \frac{1}{2}Mn\overline{c^2}, n =$ মোল সংখ্যা, M = গ্যাসের আণবিক ভর ।
- এক পারমাণবিক আদর্শ গ্যাসের প্রতিটি অণুর গড় গতিশক্তি, $E_k = \frac{3}{2}KT = \frac{1}{2}m\overline{c^2}$, $m =$ অণুর ভর; এটি প্রতিটি অণুর নিজস্ব গতিশক্তি প্রকাশ করে।
- ম্যাক্সওয়েলের সূত্রানুসারে গড় মুক্তপথ, $\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}n\pi\sigma^2}$

  $\sigma =$ অণুর কার্যকর ব্যাস, $n =$একক আয়তনে অণুর সংখ্যা ।
- প্রতি সেকেন্ড এ ধাক্কা= $\frac{\bar{c}}{\lambda}$

গুরুত্বপূর্ণ জ্ঞানমূলক প্রশ্নসমূহ

০১। আদর্শ গ্যাস কী?

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

০২। বাস্তব গ্যাস কী?

উত্তরঃ যে সকল গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েল, চার্লস এবং অ্যাভোগ্যাড্রো সূত্র মেনে চলে না, তাদেরকে বাস্তব গ্যাস বলে।

০৩। প্রমাণ চাপ কাকে বলে?

উত্তরঃ 45° অক্ষাংশে 273K তাপমাত্রায় উলম্বভাবে অবস্থিত 760mm উচ্চতাবিশিষ্ট শুষ্ক ও বিশুদ্ধ পারদ স্তম্ভ যে চাপ দেয় তাকে প্রমাণ চাপ বলে।

০৪। বয়েলের সূত্রটি কী?

উত্তরঃ তাপমাত্রা স্থির থাকলে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন তার চাপের ব্যস্তানুপাতিক।

০৫। সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক কী?

উত্তরঃ এক মোল আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা এক কেলভিন বাড়াতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করতে হয় তাকে সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক বলে।

০৬। স্বাধীনতার মাত্রা কী?

উত্তরঃ একটি বস্তুর গতিশীল অবস্থা বা অবস্থান সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য যত সংখ্যক স্বাধীন চলরাশির প্রয়োজন হয় তাকে স্বাধীনতার মাত্রা বলে।

০৭। মূল গড় বর্গবেগ কাকে বলে?

উত্তরঃ কোনো গ্যাসের সকল অণুর বেগের বর্গের গড়মানের বর্গমূলকে মূল গড় বর্গবেগ বলে।

০৮। গড়মুক্তপথ কাকে বলে?

উত্তরঃ কোনো অণুর পরপর দুটি সংঘর্ষের মধ্যবর্তী দূরত্বগুলোর গড় নিলে যে দূরত্ব পাওয়া যায় তাকেই গড়মুক্ত পথ বলে।

০৯। সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ কাকে বলে ?

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

১০। আপেক্ষিক আর্দ্রতা কাকে বলে?

উত্তরঃ কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয়বাষ্পের ভর এবং সেই তাপমাত্রায় সেই আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয়বাষ্পের ভরের অনুপাত হলো ঐ স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে।

১১। পরম আর্দ্রতা কী?

উত্তরঃ কোনো সময় কোনো স্থানের একক আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয়বাষ্প থাকে তাকে ঐ স্থানের বায়ুর পরম আর্দ্রতা বলে।

১২। শিশিরাঙ্ক কাকে বলে?

উত্তরঃ যে তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু এর মধ্যে অবস্থিত জলীয়বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় সেই তাপমাত্রাকে শিশিরাঙ্ক বলে।

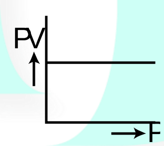
১৩। শক্তির সমবিভাজন নীতি কী?

উত্তরঃ তাপীয় সাম্যাবস্থায় আছে এমন তাপ গতীয় সিস্টেমের মোট শক্তি বিভিন্ন স্বাধীনতার মাত্রার ভেতর সমভাবে বণ্টিত হয় এবং প্রত্যেক স্বাধীনতার মাত্রা পিছু শক্তির পরিমাণ সমান হয়।

গুরুত্বপূর্ণ অনুধাবনমূলক প্রশ্নসমূহ

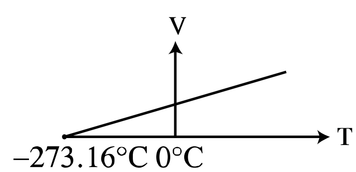
০১। স্থির তাপমাত্রায় একটি আদর্শ গ্যাসের PV বনাম P গ্রাফের প্রকৃতি কিরুপ? – ব্যাখা করো।

উত্তরঃ স্থির তাপমাত্রায় PV-P গ্রাফটি x অক্ষের সমান্তরাল হবে।অর্থাৎ, P এর মান যাই হোক না কেন তাপমাত্রা স্থির থাকলে PV এর মান সর্বদা একই থাকবে।



০২। পরম শূন্য তাপমাত্রার নিচে কোনো গ্যাস থাকতে পারে কি? – ব্যাখা করো।

উত্তরঃ পরমশূন্য তাপমাত্রার নিচে কোন তাপমাত্রা থাকা সম্ভব না। পরমশূন্য তাপমাত্রায় পদার্থের অণু পরমাণুসমূহের কম্পন থেমে যায়। এ লেখচিত্রে graph এ $-273°C$ তথা 0 K তাপমাত্রায় বস্তুর আয়তন শূন্য। যা কখনো সম্ভব না। এজন্য পরমশূন্য তাপমাত্রার নিচে তাপমাত্রা সম্ভব না। অণু পরমাণুসমূহের কম্পনের ফলেই তাপমাত্রার উপলব্ধি করা যায়।



০৩। দেখাও যে , গ্যাসের গতিতত্ত্ব বয়েলের সূত্রকে সমর্থন করে।

উত্তরঃ গ্যাসের গতিতত্ত্ব বয়েলের সূত্রকে সমর্থন করে। গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে প্রাপ্ত গ্যাসের আদর্শ গতীয় সমীকরণ, $PV = \frac{1}{3}\, mNc^2$

এখন, $PV = \frac{1}{3}\, mNc^2 = \frac{2}{3} N \times \frac{1}{2}\, mc^2 = \frac{2}{3}\, E_T \ldots\ldots\ldots (i)$

এখানে, $\frac{1}{2}\, mc^2$ অণুসমূহের গড় গতিশক্তি।

তাই অণুসমূহের মোট শক্তি $\frac{1}{2}\, mNc^2 = E_T$ আর মোট গতিশক্তি কেলভিন তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

$$\text{তাহলে, } E_T \propto T$$

$$\text{বা, } E_T = KT \; [K \text{ হলো ধ্রুবক}]$$

এখন তা (i) নং এ বসিয়ে পাই, $PV = \left(\frac{2}{3}\right) \times KT$ অথবা $PV = KT$ । তাহলে,

$V = k'\left(\frac{T}{P}\right)$ বা, $V \propto \frac{1}{P}$ (স্থির তাপমাত্রায়) যা বয়েলের সূত্রের গাণিতিকরূপ।

সুতরাং গতিতত্ত্ব হতে বয়েলের সূত্র প্রতিপাদন করা যায়। অর্থাৎ, গ্যাসের গতিতত্ত্ব বয়েলের সূত্র মেনে চলে।

০৪। নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ঘনত্ব তার পরম তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল – ব্যাখা করো।

উত্তরঃ গ্যাসের ঘনত্ব তাপমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক। কারণ তাপমাত্রা বাড়লে আয়তন বাড়ে, কিন্তু ভর স্থির থাকায় ঘনত্ব কমে যায়। তাই তাপমাত্রা বাড়ালে গ্যাসের ঘনত্ব কমে যায়, আর তাপমাত্রা কমালে ঘনত্ব বেড়ে যায়।

০৫। গ্যাসের ঘনত্ব বেশি হলে কি গড়মুক্ত পথ বেশি হয় কি? ব্যাখা করো।

উত্তরঃ গড় মুক্তপথ, $\lambda = \frac{m}{\pi\sigma^2\rho} \Rightarrow \lambda \propto \frac{1}{\rho}$।

তাই গ্যাসের ঘনত্ব বেশি হলে গড় মুক্তপথ বেশি হবে না, বরং কম হবে।

০৬। পরম আর্দ্রতা বৃদ্ধির সাথে সাথে গ্যাসীয় অণুর গড়বেগ ও বৃদ্ধি পায় – ব্যাখা করো।

উত্তরঃ জলীয়বাষ্পের ঘনত্ব বায়ুর ঘনত্ব অপেক্ষা কম। তাই বায়ুর পরম আর্দ্রতা বৃদ্ধি পেলে অর্থাৎ, বায়ুতে জলীয়বাষ্পের পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে বায়ুর ঘনত্ব হ্রাস পায়।

আমরা জানি, গ্যাস অণুর গড় বর্গবেগ, $\bar{c}^2 = \frac{3P}{\rho}$

সমীকরণ থেকে দেখা যায়, চাপ স্থির থাকলে $\bar{c}^2 \propto \frac{1}{\rho}$

অর্থাৎ, গ্যাস অণুর গড় বর্গবেগ ঘনত্বের ব্যস্তানুপাতিক। এজন্য বায়ুর পরম আর্দ্রতা বৃদ্ধিতে গ্যাস অণুর গড় বর্গবেগ বৃদ্ধি পায়।

০৭। বোল্টজম্যান ধ্রুবক, $k = 1.38 \times 10^{-23} \frac{J}{K}$ বলতে কী বোঝায় – ব্যাখা করো।

উত্তরঃ $K = \frac{R}{N_A} = \frac{PV}{T \times N_A}$। আদর্শ তাপমাত্রা ও চাপে ১টি গ্যাস অণুর তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে যে কাজ সম্পাদিত হয় তাকে বোল্টজম্যান ধ্রুবক বলে।

$K = 1.38 \times 10^{-23}\ JK^{-1}$ বলতে বোঝায় আদর্শ তাপমাত্রা ও চাপে ১টি গ্যাস অণুর তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে $1.38 \times 10^{-23} J$ কাজ সম্পাদিত হয়।

০৮। একটি হাইড্রোজেন গ্যাসবেলুন ভূমি থেকে নির্দিষ্ট উচ্চতায় উঠার পর ফেটে যায় কেন?

উত্তরঃ আমরা জানি, $P \propto \frac{1}{V}$; ভূমি থেকে উপরে যেতে থাকলে বেলুন এর উপর পারিপার্শ্বিক চাপ কমতে থাকে, ফলে নির্দিষ্ট উচ্চতায় বেলুন এর উপর চাপ কমে গেলে এর আয়তন ও বেড়ে যায় ও একটি নির্দিষ্ট আয়তন অতিক্রম করলে তা ফেটে যায়।

০৯। কোনো স্থানের শিশিরাঙ্ক $18^0\ C$ বলতে কী বোঝায় ?

উত্তরঃ শিশিরাঙ্ক 19.4°C বলতে বোঝায়, 19.4°C তাপমাত্রায় ঐ স্থানের বায়ু তার মধ্যস্থ জলীয়বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়। অথবা, 19.4°C তাপমাত্রায় ঐ স্থানে শিশির জমতে বা অদৃশ্য হতে শুরু করে।

১৩। কোনো স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 65% বলতে কী বোঝ?

উত্তরঃ "কোনো স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 60%" এর দ্বারা বুঝায় যে-

(i) বায়ুর তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয়বাষ্প প্রয়োজন, তার 60% জলীয়বাষ্প বায়ুতে আছে।

(ii) ঐ তাপমাত্রায় বায়ুতে উপস্থিত জলীয়বাষ্পের চাপ একই তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প চাপের 100 ভাগের 60 ভাগ।

(iii) শিশিরাঙ্কে জলীয়বাষ্পচাপ, বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প চাপের 100 ভাগের 60 ভাগ।

১৪। "আদর্শ গ্যাস একটি কল্পনামাত্র"–ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ "আদর্শ গ্যাস একটি কল্পনামাত্র"-উক্তিটি যথার্থ। গতিতত্ত্ব থেকে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ প্রতিপাদনের সময় গ্যাস অণুগুলিকে শুধু বিন্দুভর কল্পনা করা হয়। অর্থাৎ, অণুগুলোর আয়তন বিবেচনা করা হয়নি। এছাড়া অণুগুলোর মধ্যকার আকর্ষণ বল বিবেচনা করা হয়নি। কিন্তু বাস্তবে গ্যাস অণুর নির্দিষ্ট আয়তন আছে, আকর্ষণ বল সম্পূর্ণ উপেক্ষণীয় নয়। তাই আদর্শ গ্যাস একটি কল্পনামাত্র।

১৫। গ্রীষ্মকালে বাতাসে জলীয়বাষ্পের পরিমাণ অধিক হলেও শিশির পড়ে না কেন? ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ গ্রীষ্মকালে তাপমাত্রা বেশি থাকে, ফলে ঐ তাপমাত্রা শিশিরাঙ্কের চেয়ে বেশি হয়। ফলে শিশির পড়ে না। গ্রীষ্মকালে বায়ুতে অধিক পরিমাণ জলীয়বাষ্প থাকে। কিন্তু তাপমাত্রাও উচ্চ থাকে এবং বিদ্যমান জলীয়বাষ্প চাপ ঐ তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প চাপের তুলনায় কম হয়, তথা শিশিরাঙ্ক

বায়ুর তাপমাত্রার চেয়ে কম হয়। ফলে বায়ুমণ্ডল জলীয়বাষ্প দ্বারা অসম্পৃক্ত থাকে এবং জলীয়বাষ্প ঘনীভূত হয়ে শিশির পড়ে না।

১৬। এক মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে গ্যাস ধ্রুবককে সর্বজনীন বলা হয় কেন?

উত্তরঃ $1\ \mathrm{mol}$ গ্যাসের তাপমাত্রা $1\ \mathrm{K}$ বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তাকে মোলার গ্যাস ধ্রুবক বলা হয়। এই গ্যাস ধ্রুবকের মান $8.314\ \mathrm{Jmol^{-1}K^{-1}}$।এক মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে এই গ্যাস ধ্রুবককে সর্বজনীন বলা হয় কারণ যেকোনো গ্যাসেরই $1\ \mathrm{mol}$ পরিমাণের তাপমাত্রা $1\ \mathrm{K}$ বৃদ্ধি করতে সমপরিমাণ কাজ করতে হয়। তাই এই গ্যাস ধ্রুবককে সর্বজনীন বলা হয়।

১৭। শীতকাল অপেক্ষা বর্ষাকালে কাপড় দেরীতে শুকায়- ব্যাখ্যা কর।

উত্তরঃ বর্ষার দিনে বায়ুমণ্ডল জলীয়বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত থাকে। ফলে বাতাস অধিক পরিমাণে জলীয়বাষ্প ধারণ করতে পারে না। শীতকালের বাতাস শুকনা থাকে। শুকনা বাতাস জলীয়বাষ্পহীন। এই বাতাস ভিজা কাপড় থেকে দ্রুত জলীয়বাষ্প শোষণ করে নিয়ে সম্পৃক্ত হতে চায়। ফলে শীতের দিনে ভিজা কাপড় তাড়াতাড়ি শুকায়।