Model Question Physics – 4

Nirmal Saha
Bidhan Nagar High School

<u>বিভাগ - ক</u>

১। **নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির এককথায় বা একটি বাক্যে উত্তর দাও। (বিকল্প প্রশ্নগুলি লক্ষ্যণীয়)**

1 x 10 = 10

(a) ভর অপরিবর্ত্তিত থেকে পৃথিবীর ব্যাসার্ধ হঠাৎ $\frac{1}{n}$ অংশ হলে দিনরাত্রির দৈর্ঘ কত হবে?

(সঠিক উত্তর নির্বাচন কর)

(i) $\frac{24}{n}$ ঘন্টা, (ii) $\frac{24}{n^2}$ ঘন্টা, (iii) $\frac{24}{n^3}$ ঘন্টা, (iv) $\sqrt{\frac{24}{n^2}}$ ঘন্টা

উত্তরঃ আমরা জানি,

$I_1w_1 = I_2w_2$ $\left[w = \frac{2\pi}{T} \ \& \ I = \frac{2MR^2}{5}\right]$

$$\Rightarrow \frac{2}{5}MR^2w_1 = \frac{2}{5}M\left(\frac{R}{n}\right)^2.w_2$$

$$\Rightarrow w_2 = n^2w_1$$

$$\Rightarrow \frac{2\pi}{T_2} = n^2\frac{2\pi}{T_1}$$

$T_2 = \frac{T_1}{n^2}$ এখন, $T_1 = 24$ ঘন্টা ; $T_2 = ?$

$$\therefore T_2 = \frac{24}{n^2} \text{ ঘন্টা}$$

$\therefore$ ভর অপরিবর্তিত থেকে পৃথিবীর ব্যাসার্ধ হঠাৎ $\frac{1}{n}a$ অংশ হলে দিনরাত্রির দৈর্ঘ্য হবে $\frac{24}{n^2}$ ঘন্টা।

অথবা, টর্ক T এর ক্ষেত্রে কোন সম্পর্কটি সঠিক ?

(i) $\vec{T} = \vec{r} \times \vec{F}$ (ii) T = F x r (iii) $\vec{T} = \vec{r}.\vec{F}$ (iv) $\vec{T} = rF\cos\theta$

উত্তরঃ টর্ক T এর ক্ষেত্রে $\vec{T} = \vec{r} \times \vec{F}$ সম্পর্কটি সঠিক।

(b) পৃথিবীর পৃষ্ঠের ওপর যে কোনো বিন্দুতে মহাকর্ষীয় প্রাবল্যের মান হল --

(i) g (ii) g/2 (iii) g/3 (iv) 2g

উত্তরঃ পৃথিবী পৃষ্ঠের উপর যে কোনো বিন্দুতে মহাকর্ষীয় প্রাবল্যের মান হল g ।

অথবা, পৃথিবীপৃষ্ঠে মুক্তিবেগ v_e, যে গ্রহর ভর ও ব্যাসার্ধ উভয়ই পৃথিবীর ভর ও ব্যাসার্ধের 5 গুণ সেই্ গ্রহের মুক্তিবেগ ---

(i) $5v_e$ (ii) $\frac{v_e}{5}$ (iii) $25v_e$ (iv) v_e

উত্তরঃ যেকোনো গ্রহের $g = \frac{GM}{R^2}$

$\therefore$ পৃথিবীর ক্ষেত্রে, $g_e = \frac{GM_e}{R_e^2}$

এবং প্রশ্নে উল্লিখিত গ্রহের ক্ষেত্রে, $g = \frac{G \times 5M_e}{(5R_e)^2} = \frac{1}{5}.\frac{GM_e}{R_e^2} = \frac{g_e}{5}$

$\therefore\ v_e = \sqrt{2g_eR_e}$

& $v_e^{/} = \sqrt{2gR} = \sqrt{2.\frac{g_e}{5}.5R_e} = \sqrt{2g_eR_e} = v_e$

$\therefore$ পৃথিবী পৃষ্ঠে মুক্তিবেগ v_e, যে গ্রহের ভর ও ব্যাসার্ধ উভয়ই পৃথিবীর ভর ও ব্যাসার্ধের 5 গুণ সেই গ্রহের মুক্তিবেগ $-v_e$ ।

(c) তরঙ্গের কোন ধর্ম প্রমাণ করে যে শব্দতরঙ্গ অণুদৈর্ঘ্য ?

উত্তরঃ তরঙ্গের সমবর্তন (polarisation) ধর্ম প্রমান করে যে শব্দ তরঙ্গ অনুদৈর্ঘ্য। অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের সমবর্তন হয় না। যেহেতু শব্দ তরঙ্গের সমবর্তন হয় না তাই ইহা অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ।

(d) 'λ' তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি একবর্ণী আলোক তরঙ্গের মধ্যে গঠনমূলক ব্যতিচারের জন্য প্রয়োজনীয় পথ পার্থক্য হল (i) $n\lambda$ (ii) $(2n+1)\frac{a}{2}$ (iii) $(2n-1)\frac{a}{2}$ (iv) $(2n+1)\frac{a}{4}$

উত্তরঃ λ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের দুটি একবর্ণী আলোকতরঙ্গের মধ্যে গঠনমূলক ব্যতিচারের প্রয়োজনীয় পথপার্থক্য হল $n\lambda$.

অথবা, তরঙ্গমূখ-এর সংজ্ঞা দাও ।

উত্তরঃ কোনো উৎস থেকে আলো ছড়িয়ে পড়ার সময় উৎস থেকে সমদুরবর্তী বিন্দুগুলির পথপার্থক্য ও দশাপার্থক্য একই হয়। এদের সমদশা সম্পন্ন বিন্দু বলে। ঐ সমদশাসম্পন্ন বিন্দুগুলির সঞ্চারপথকে তরঙ্গমুখ (wavefront) বলে।

(e) 'r' ব্যাসার্ধের দুটি আহিত ও অন্তরিত গোলককে প্রত্যেকটিকে q আধানে আহিত করে পরস্পরের

সংস্পর্শে রাখলে, বিকর্ষণ বলের মান হবে (i) শূণ্য, (ii) অসীম, (iii) $\frac{1}{4\pi \in_0}\frac{q^2}{r^0}$ (iv) $\frac{1}{8\pi \in_0}\frac{q^2}{r^2}$

উত্তরঃ $\leftarrow 2r \rightarrow$

2.r r.q

$$\therefore F = \frac{1}{4\pi \in_0}.\frac{q.q}{(2r)^2} = \frac{1}{16\pi \in_0}.\frac{q^2}{r^2}$$

r ব্যাসার্ধের দুটি আহিত ও অন্তরিত গোলককে প্রত্যেকটিকে q আধানে আহিত করে পরস্পরের সংস্পর্শে রাখলে, বিকর্ষণ বলের মান হবে $\frac{1}{16\pi \in_0}.\frac{q^2}{r^2}$.

অথবা, আহিত পরিবাহীর আধান ধরে রাখার জন্য তার আকার কিরূপ হওয়া দরকার ?

উত্তরঃ আহিত পরিবাহীর আধান ধরে রাখার জন্য তার বাইরের তলের ক্ষেত্রফল বেশি হওয়া দরকার। কারন পরিবাহীর আধান তার বাইরের তলে অবস্থান করে।

(f) কুলম্ব / ভোল্ট কোন প্রাকৃতিক রাশির একক ?

উত্তরঃ $c = \frac{q}{v} =$ কুলম্ব / ভোল্ট

$\therefore$ কুলম্ব / ভোল্ট ধারকত্বের একক।

(g) একটি গ্যালভানোমিটারকে অ্যামিমিটারে রূপান্তরিত করতে হলে এর সঙ্গে যোগ করতে হয়

(i) শ্রেণিতে নিম্ন রোধ (ii) শ্রেণিতে উচ্চ রোধ, (iii) সমান্তরাল নিম্ন রোধ .

(iv) সমান্তরাল উচ্চ রোধ।

উত্তরঃ একটি গ্যালভানোমিটারকে অ্যামিমিটারে রূপান্তরিত করতে হলে এর সঙ্গে যোগ করতে হয় সমান্তরাল নিম্নরোধ।

(h) পরিবর্তী প্রবাহের r.m.s. মান ও শীর্ষমানের অনুপাত কত ?

উত্তরঃ পরিবর্তী প্রবাহের r.m.s. মান = শীর্ষমান / $\sqrt{2}$

$\therefore$ r.m.s. মান : শীর্ষমান = 1 : $\sqrt{2}$

$\therefore$ পরিবর্তী প্রবাহের r.m.s. মান ও শীর্ষমানের অনুপাত 1 : $\sqrt{2}$ ।

(i) $(1.101)_2$ এর দশমিক মান নির্ণয় কর।

উত্তরঃ $1.101 = 1 \times 2^0 + (1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3})$

$= 1+\frac{1}{2}+\frac{1}{8} = 1 + 0.5 + 0.125$

$= 1.625.$

$(1.101)_2 = (1.625)_{10}$

অথবা, $(11.375)_{10}$ সংখ্যাটির বাইনারি মান নির্ণয় কর।

উত্তরঃ $(11.375)_{10}$

এখন,

$$\begin{array}{l|ll} 2 & 11 & \\ \hline 2 & 5 & -1 \\ \hline 2 & 2 & -1 \\ \hline & 1 & -0 \end{array} \qquad (11)_{10} = (1011)_2$$

এখন,

$$\begin{array}{ll} .375 \times 2 = 0.750 & -0 \\ 0.750 \times 2 = 1.500 & -1 \\ 0.500 \times 2 = 1.000 & -1 \end{array} \Bigg\downarrow \qquad (.375)_{10} = (.011)_2$$

$\therefore\ (11.375)_{10} = (1011.011)_2$

(j) হাইড্রোজেন পরমাণুর চতুর্থ কক্ষের ইলেকট্রনের শক্তি দ্বিতীয়কক্ষের শক্তির কতগুণ ?

উত্তরঃ আমরা জানি,

$$E_n = \frac{me^4}{8 \in_0^2 n^2 h^2}$$

এখন,

$$E_2 = -\frac{me^4}{8 \in_0^2 (2)^2 h^2} 2$$

এবং $$E_4 = -\frac{me^4}{8 \in_0^2 (4)^2 h^2}$$

$$\frac{E_4}{E_2} = \frac{\frac{me^4}{8 \in_0^2 (4)^2 h^2}}{\frac{me^4}{8 \in_0^2 (2)^2 h^2}} = \frac{1}{4} 2$$

$$\therefore E_4 = \frac{E_2}{4}.$$

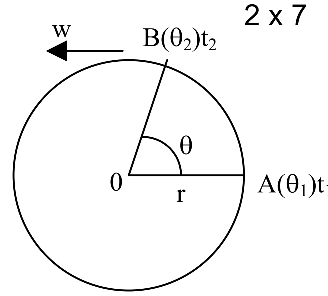
অথবা, λ কম্পাঙ্কের একটি ফোটনের ভরবেগ হল (i) $\frac{h\lambda}{c}$ (ii) $\frac{h\gamma}{C^2}$ (iii) $\frac{hc}{\lambda}$ (iv) h.

উত্তরঃ λ কম্পাঙ্কের একটি ফোটন কণার ভরবেগ হল $\frac{h\lambda}{c}$

<u>বিভাগ - খ</u>

২। **নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও ঃ** 2 x 7

(a) রৈখিক বেগ ও কৌনিক বেগের সম্পর্কটি নির্ণয় করো।



উত্তরঃ চিত্র হইতে বোঝা যায়

কৌণিক বেগ $w = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\theta}{t}$

$t = t_2 - t_1$ সময়ে বস্তুকণা কর্তৃক অতিক্রান্ত দুরত্ব $S = AB$ চাপের দৈর্ঘ্য

এখন, $\theta = \frac{S}{r}$

$\therefore w = \frac{S}{rt}$

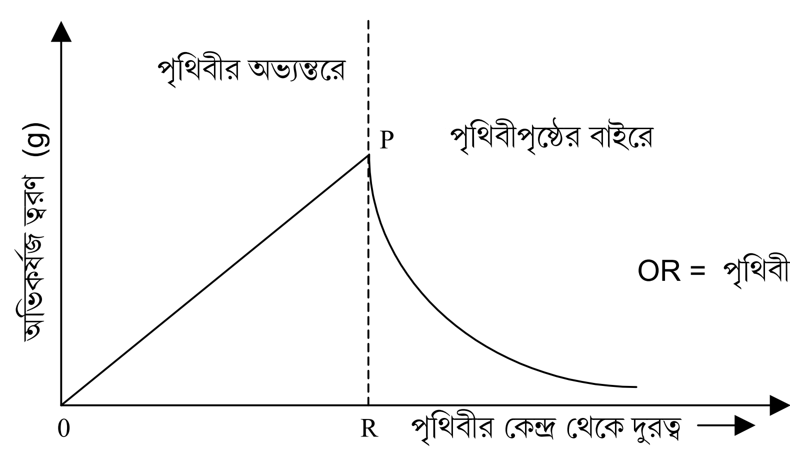
আবার রৈখিক বেগ $v = \frac{S}{t}$

$\therefore w = \frac{v}{r} \therefore v = rw$

$\therefore$ রৈখিক বেগ = কৌণিক বেগ x কক্ষপথের ব্যাসার্ধ।

(b) পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে পৃথিবীপৃষ্ঠের বাহিরে h উচ্চতা পর্যন্ত h এর সাথে g এর পরিবর্তনের লেখচিত্র অঙ্কন কর।

উত্তরঃ



উপরের লেখচিত্রটি পৃথিবীর কেন্দ্র থেকে দুরত্বের সঙ্গে g এর পরিবর্তন দেখানো হয়েছে। ভূ-পৃষ্ঠের অভ্যন্তরে g-এর মান দুরত্বের সাথে সমানুপাতে বাড়ে। পৃথিবী পৃষ্ঠের বাইরে g -এর মান উচ্চতা বাড়ার সাথে সাথে কমতে থাকে। পৃথিবীপৃষ্ঠে g-এর মান সর্বোচ্চ হয়।

(c) কঠিন ও তরলের ক্ষেত্রে একটি আপেক্ষিক তাপ থাকলেও গ্যাসের ক্ষেত্রে কেন দুটি আপেক্ষিক তাপ থাকে ?

উত্তরঃ গ্যাসের চাপ ও আয়তন তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। যখন কোনো নির্দিষ্ট পরিমান গ্যাসকে উত্তপ্ত করা হয় তখন তার তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে আয়তন (v) ও (P) দুইই বৃদ্ধি পায়। নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসকে আয়তন স্থির রেখে তাপ প্রয়োগে তার তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা যায় আবার চাপ স্থির রেখে তাপ প্রয়োগে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা যায়। এই কারনে গ্যাসের দুই প্রকার আপেক্ষিক তাপ। কঠিন ও তরলের ক্ষেত্রে এইরকম না হওয়ার জন্য ইহাদের একপ্রকার আপেক্ষিক তাপ। গ্যাসের দুই-প্রকার আপেক্ষিক তাপ হল --

(i) স্থির আয়তনে আপেক্ষিক তাপ (C_v)

(ii) স্থির চাপে আপেক্ষিক তাপ (C_P)

অথবা, সমোষ্ণ ও রূদ্ধতাপ প্রক্রিয়ার পার্থক্য লেখ ।

উত্তরঃ

সমোষ্ণ	রূদ্ধতাপ
গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি একই থাকে উষ্ণতার পরিবর্তন হয় না।	গ্যাসের আভ্যন্তরীণ শক্তি ও উষ্ণতা একই থাকে না।
মোট শক্তির পরিবর্তন হয়।	মোট শক্তি অপরিবর্তিত থাকে ।
বয়েলের সূত্র $pv = K$ প্রযোজ্য	রূদ্ধতাপ সমীকরণ $pv^r = K$
প্রক্রিয়াটি মন্থর গতি সম্পন্ন ।	প্রক্রিয়াটি দ্রুত গতি সম্পন্ন ।

(d) ভালো বজ্র নিবারকের প্রয়োজনীয় গুণগুলি কি কি ?

উত্তরঃ ভালো বজ্রবহের নিম্নলিখিত গুণ গুলি থাকা দরকার --

(i) দন্ডটি যেন নিরবিচ্ছিন্ন হয় মাটিতে গভীরভাবে পোঁতা থাকে ।

(ii) তড়িৎমোক্ষণের ফলে যে তাপ সৃষ্টি হয় তাতে যেন দন্ডটি গলে না যায়।

(iii) দন্ডের উপরের প্রান্তে সূচিমুখের সংখ্যা বেশি থাকলে ভালো হয়।

(e) মূলবিন্দুর সাপেক্ষে (a, o) ও (o, a) বিন্দুদ্বয়ে যথাক্রমে q ও q আধান আছে। (a,a) বিন্দুতে প্রাবল্যের মান কত ?

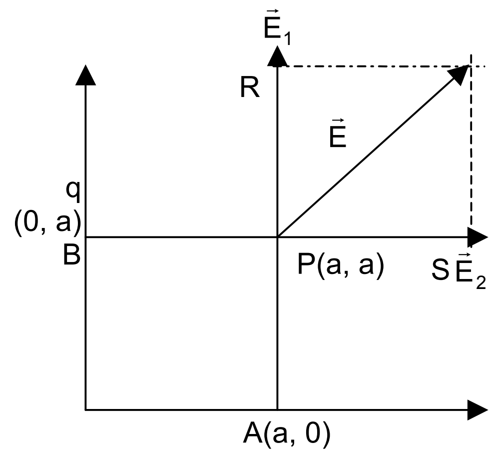
উত্তরঃ A বিন্দুতে অবস্থিত আধানের জন্য P বিন্দুতে প্রাবল্য

$$\vec{E}_1 = \frac{1}{4\pi\in_0}\cdot\frac{q}{a^2}, \text{ PR বরাবর}$$

$$\vec{E}_2 = \frac{1}{4\pi\in_0}\cdot\frac{q}{a^2}, \text{ PS বরাবর}$$

$\therefore$ P বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

$$\therefore E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \frac{1}{4\pi\in_0}\cdot\frac{\sqrt{2}.q}{a^2}.$$

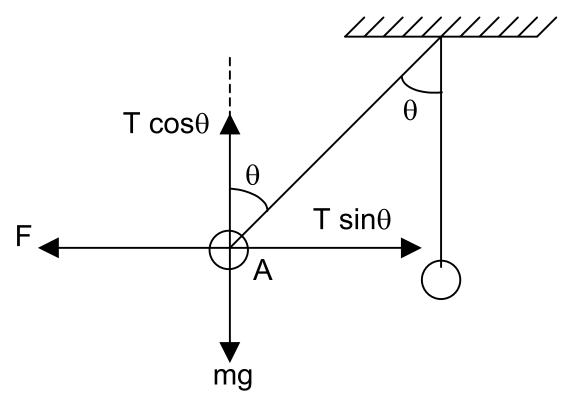


অথবা, m ভরের বস্তুতে q আধান দেওয়া হল। একটি L দৈর্ঘ্যের সুতার সাহায্যে ঝুলিয়ে একে অনুভূমিক তড়িৎ ক্ষেত্র E তে স্থাপন করলে এটি উল্লম্ব রেখার সাথে কত কোণ করবে ?

উত্তরঃ চিত্রে থেকে বোঝা যায়,

$T\cos\theta = mg \quad \ldots(1)$

$T\sin\theta = F \quad \ldots(2)$



উপরোক্ত সমীকরণ দুটি থেকে পাই,

$$\frac{T\sin\theta}{T\cos\theta} = \frac{F}{mg}$$

$$\Rightarrow \tan\theta = \frac{q\times E}{mg}$$

[$\therefore$ বল F = q x E]

$$\therefore \theta = \tan^{-1}\frac{qE}{mg}$$

(f) পরিবাহীর ধারকত্ব কি কি বিষয়ের ওপর নির্ভরশীল ?

উত্তরঃ পরিবাহীর ধারকত্ব নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর নির্ভর করে --

(i) পরিবাহীর আকার বা বিস্তার ঃ- বৃহদায়তন পরিবাহীর ক্ষেত্রে বিভব কম হওয়ায় ধারকত্ব বেশি হয়।

(ii) নিকটবর্তী স্থানে ভূ-সংলগ্ন পরিবাহীর উপস্থিতি ঃ-

কোনো আহিত পরিবাহীর নিকটবর্তী স্থানে অন্য পরিবাহীর উপস্থিতির (ভূ-সংলগ্ন) জন্য বিভব কমে যায় ফলে তার ধারকত্ব বৃদ্ধি পায়।

(iii) পারিপার্শ্বিক মাধ্যমের প্রকৃতি ঃ-

পরিবাহীর নিকটে কোনো পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম থাকলে তার ধারকত্ব বাড়ে।

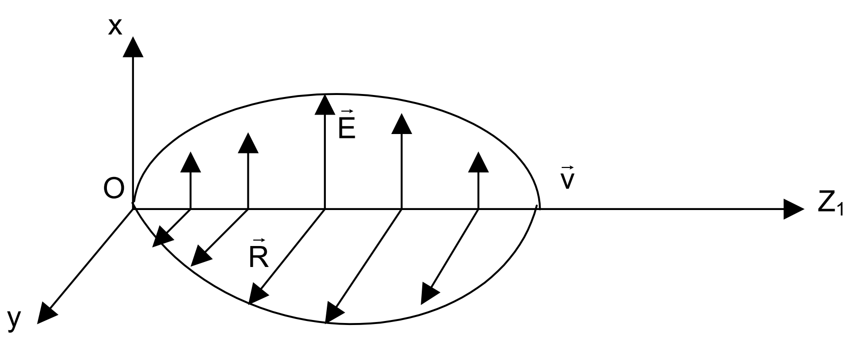
অথবা, ধারকত্বের সাপেক্ষে পরাবৈদ্যতিক ধ্রুবকের সংজ্ঞা দাও ।

উত্তরঃ ধারকের দুই পরিবাহী পাতের মধ্যবর্তী মাধ্যমকে পরাবিদ্যুৎ (dielectric) বলা হয়। কোনো ধারকের পরিবাহী পাত দুটির মধ্যে বায়ুর পরিবর্তে কোনো অন্তরক পদার্থ থাকলে ধারকত্ব যতগুণ বৃদ্ধি পায় তাকে ঐ অন্তরকের অর্থাৎ পরাবিদ্যুতের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক বলা হয়।

$$\therefore \text{ কোনো অন্তরকের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক} = \frac{\text{ঐ অন্তরক মাধ্যম নিয়ে ধারকের ধারকত্ব}}{\text{বায়ু মাধ্যম নিয়ে ধারকের ধারকত্ব}}$$

(g) একটি চিত্রের সাহায্যে তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গের তড়িৎক্ষেত্র, চৌম্বকক্ষেত্র ও বিস্তারের দিক নির্দেশ কর।

উত্তরঃ



চৌম্বকক্ষেত্র $\vec{B}$, y-অক্ষের দিকে

এবং তড়িৎক্ষেত্র $\vec{E}$, x-অক্ষের দিকে কম্পিত হলে তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গের বিস্তারের বেগ ($\vec{v}$) Z_1 অক্ষের অভিমুখে থাকবে।

<u>বিভাগ - গ</u>

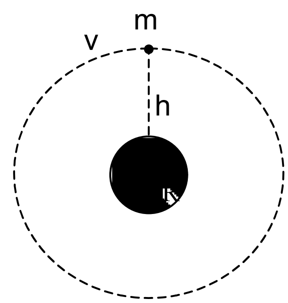
৩। **নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও (বিকল্প প্রশ্নগুলি লক্ষ্য কর)** 4 x 11

(a) পৃথিবীর ভর M ও ব্যাসার্ধ R হলে পৃথিবীপৃষ্ঠ থেকে ... উচ্চতায় বৃত্তাকার পথে প্রদক্ষিণরত কোনো কৃত্রিম উপগ্রহের ক্ষেত্রে দেখাও যে উহার পর্যায়কাল ভরের উপর নির্ভর করেনা। উপগ্রহটি ভূসমলয় উপগ্রহ হলে h এর মান নির্ণয় কর যখন $g = 9.8\ m/s^2$, R = 6400 Km. 2+2

উত্তরঃ পৃথিবীর ভর M এবং উহার ব্যাসার্ধ R এবং h উচ্চতায় একটি কৃত্রিম উপগ্রহ ধরা যাক v বেগে পৃথিবীকে প্রদক্ষিণ করছে। এখন কৃত্রিম উপগ্রহটি ঘোরার জন্য প্রয়োজনীয় অভিকেন্দ্র বল মহাকর্ষ বল থেকে পাই।

ধরি, উপগ্রহটির ভর m

এবং $r = R + h$



$$\therefore \text{ অভিকেন্দ্র বল } = \frac{mv^2}{r}$$

$$\text{এবং মহাকর্ষ বল } = \frac{GMm}{r^2}$$

$$\therefore \frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{GM}{(R+h)}}$$

$$\text{আবার প্রদক্ষিণকাল } T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi(R+h)}{\sqrt{\frac{GM}{R+h}}}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi(R+h)^{3/2}}{\sqrt{GM}}$$

$$= \frac{2\pi(R+h)^{3/2}}{\sqrt{gR^2}} \qquad \ldots(1)$$

এখন যদি h<<R হয়, তাহলে

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$$

সুতরাং প্রদক্ষিণ কাল উহার ভরের উপর নির্ভর করে না।

উপরের 1 নং সমীকরণ থেকে পাই --

$$(R+h)^3 = \frac{9R^2T^2}{4\pi^2} \Rightarrow R+h = \left(\frac{gR^2T^2}{4\pi^2}\right)^{1/3}$$

এখানে T = 24 ঘন্টা = 24 x 60 x 60 sec.

R = 6400 km, g = 9.8 m/S^2

$\therefore$(R + h) = 4.24 x 10^7 m

= 42400 km.

$\therefore$ h = 42400 – 6400 = 36000 km.

$\therefore$ ভূসমলয় উপগ্রহের ক্ষেত্রে h = 36000 km.

অথবা, মহাকর্ষীয় বিভব কাকে বলে ? M ভরের বস্তুকণা থেকে r দুরত্বে বিভব নির্ণয় কর । 1+3

উত্তরঃ একক ভরের কোন বস্তুকে অসীম দূরত্ব থেকে মহাকর্ষ ক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে আনার জন্য কোন বহিঃস্থ এজেন্টকে যে পরিমান কার্য করতে হয়, তাকে ওই বিন্দুর মহাকর্ষীয় বিভব বলা হয়।

M ভরের কোন বস্তুর r দূরত্বে বিভব ঃ

এক্ষেত্রে মহাকর্ষীয় প্রাবল্য $f = \frac{GM}{r^2}$

যেখানে G $\rightarrow$ মহাকর্ষীয় ধ্রুবক।

এখন $f = \frac{GM}{r^2}$ একক ভরের ওপর ক্রিয়াশীল মহাকর্ষীয় বল। একক ভরটির dr সরণ হলে বহিস্থ এজেন্ট দ্বারা কৃতকার্য $= -\vec{f}.\vec{dr} = -(-fdr) = fdr$

যেহেতু $\vec{f}$ এবং $\vec{dr}$ বিপরীত মুখী তাই $\vec{f}.\vec{dr} = -fdr$ বস্তুটির অসীম দূরত্ব থেকে r দূরত্বে আনতে কৃতকার্য করতে হবে

$$= \int_\alpha^r fdr = \int_\alpha^r \frac{GM}{r^2}dr = GM\int_\alpha^r \frac{dr}{r^2} = GM\left[-\frac{1}{r}\right]_\alpha^r$$

$$= -\frac{GM}{r}$$

$\therefore$ M ভরের বস্তু কণার r দূরত্বে বিভব $= -\frac{GM}{r}$

(b) তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রটি বিবৃত কর। 0^oC উষ্ণতার একখন্ড বরফকে উপর থেকে মাটিতে ফেলা হল। এর শক্তির 50% তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে বরফটিকে গলিয়ে দিল। বরফখন্ডটিকে কত উচ্চতা থেকে ফেলা হয়েছিল ? 2 + 2

উত্তরঃ তাপগতি বিদ্যার প্রথম সূত্র ঃ-

তাপগতি বিদ্যার প্রথম সূত্রানুযায়ী, কোন সংস্থাকে তাপ দিলে ওই তাপ দুভাবে কাজ করে -- (i) ওই তাপের কিছু অংশ সংস্থাটির অভ্যন্তরীণ শক্তি বাড়ায় এবং (ii) বাকি অংশের সাহায্যে সংস্থাটি কিছু বাহ্যিক কাজ (external work) সম্পন্ন করে।

অর্থাৎ

প্রদত্ত তাপ = অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি + বাহ্যিক কাজ ।

উল্লিখিত সংস্থাটিতে অবশ্যই পরিপার্শ্ব থেকে তাপীয়ভাবে বিচ্ছিন্ন হতে হবে।

মনেকরি বরফ খন্ডের ভর = m এবং h উষ্ণতা থেকে ফেলা হল ।

$\therefore$ মোট কৃতকার্য = mgh

$\therefore$ বরফ গলনের জন্য তাপ $=\frac{mgh}{J}\times\frac{1}{2}$

যেখানে J হল তাপের যান্ত্রিক তুলাঙ্ক। আবার m বরফ গলনের জন্য প্রয়োজনীয় তাপ = ml [যেখানে L হল লীন তাপ]

$$\therefore \frac{mgh}{J}\times\frac{1}{2}=mL$$

$$\Rightarrow h=\frac{2LJ}{g}=\frac{2\times 80\times(4.2\times 10^7)}{980}$$

= 68.57 কিলোমিটার ।

$\therefore$ বরফখন্ডটিকে 68.57 কিলোমিটার উষ্ণতা থেকে ফেলা হয়েছিল।

অথবা, দেখাও যে রুদ্ধতাপ লেখর নতিমাত্রা সমোষ্ণ লেখর নতিমাত্রা অপেক্ষা γ গুণ বেশি। অক্সিজেনের স্থির আয়তনের আঃ তাপ $0.155\ Cal/g^oc^{-1}$ এর স্থির চাপে আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় করো। অক্সিজেনের আণবিক ওজন 32 সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক $2cal.Mole\ ^oC^{-1}$ । 2 + 2

উত্তরঃ সমোষ্ণ এবং রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় গ্যাসের চাপ P এবং আয়তন v -এর মধ্যে সম্পর্ক দুটি হল যথাক্রমে

$Pv =$ ধ্রুবক …(1)

$Pv^{\gamma} =$ ধ্রুবক …(2)

$$\text{যেখানে } \gamma = \frac{\text{স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ}}{\text{স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ}}$$

1 নং সমীকরণকে অবকলন করে পাই

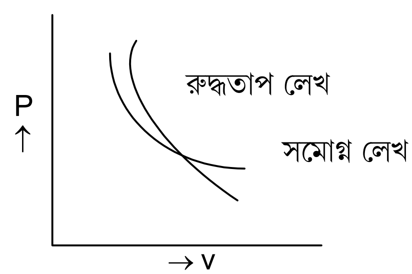
$$pdv + vdp = 0 \Rightarrow \frac{dp}{dv} = -\frac{p}{v}$$ সমোষ্ণ লেখের নীতি।

2 নং কে অবকলন করে পাই --

$$\gamma pv^{\gamma-1}dv + v^{\gamma}dp = 0 \Rightarrow \frac{dp}{dv} = -\frac{\gamma p}{v}$$ = রুদ্ধতাপ লেখের নীতি

অতএব, কোন বিন্দুতে রুদ্ধতাপ লেখের নীতি =

γ x ঐ বিন্দুতে সমোষ্ণ লেখের নীতি।



স্থির আয়তনে অক্সিজেনের মোলার আঃ তাপ --

$C_v = M \times C_v = 32 \times 0.155 = 4.96$ ক্যালোরি / মোল ^oC

$\therefore$ স্থিরচাপে অক্সিজেনের মোলার আপেক্ষিক তাপ,

$C_p = C_v + R = 4.96 + 2 = 6.96$ ক্যালোরি / মোল ^oC

$\therefore$ স্থিরচাপে অক্সিজেনের আপেক্ষিক তাপ

$$C_p = \frac{C_p}{M} = \frac{6.96}{32} = 0.2175$$ ক্যালোরি / গ্রাম ^oC

(c) প্রমাণ করো যে : TK উষ্ণতায় M আণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট গ্যাস অণুগুলির গড় বর্গবেগের বর্গমূলের মান (r.m.s.), $C = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ । হিলিয়ামের ঘনত্ব 0.178 gm/lit হলে

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় হিলিয়াম অণুর গড় বর্গবেগের বর্গমূল কত হবে ? 2 + 2

উত্তরঃ ধরা যাক 1 গ্রাম অণু কোন গ্যাসের চাপ p, আয়তন v, পরম তাপমাত্রা T এবং অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা N

আবার, গতিতত্বানুযায়ী চাপ (p) = $\frac{1}{3}mnc^2$ [m = একটি অণুর ভর

n একক আয়তনে অণুর সংখ্যা = $\frac{N}{v}$]

$\therefore$ $p = \frac{1}{3}m\frac{N}{v}c^2$ [যেখানে $c^2 = c^2rms$]

$\Rightarrow pv = \frac{1}{3}mNC^2$ ...(1)

$\therefore$ আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ অনুযায়ী

$pv = RT$ ...(2) $R \rightarrow$ সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক

এখন 1 ও 2 নং সমীকরণ হতে পাই

$$\frac{1}{3}mNc^2 = RT$$

$$\Rightarrow \frac{1}{3}Mc^2 = RT \quad ...(3)$$ [M = mN = 1 গ্রাম অণু গ্যাসের ভর]

$$\therefore c^2 = \frac{3RT}{M} \Rightarrow c = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$ (প্রমানিত)

আমরা জানি, $C_{rms} = \sqrt{\frac{3P}{D}}$

যেখানে C_{rms} = অণুর গড় বর্গবেগের বর্গমূল

P = চাপ

D = গ্যাসের ঘনত্ব

এখন, P = 76 x 13.6 x 980 ডাইন / বর্গ সেমি

D = 0.178 gm/lit = 0.000178 gm/c.c.

$$\therefore C_{rms} = \sqrt{\frac{3 \times 76 \times 13.6 \times 980}{0.000178}} \text{ cm/sec.}$$

$$= \sqrt{\frac{3038784}{0.000178}}$$

$= 1.306 \times 10^5$ cm/S.

অথবা, উষ্ণতা বৃদ্ধি করলে এবং গ্যাসর ঘনত্ব বাড়ালে কোনো আদর্শগ্যাসের অণুগুলির গড় বর্গবেগের বর্গমূল কীভাবে পরিবর্ত্তিত হবে ? যেকোনো গ্যাসের উষ্ণতা 77^oC থেকে 277^oC করা হলে গ্যাস অণুগুলির গতিশক্তি শতকরা কত বৃদ্ধি পাবে ? 2+2

উত্তরঃ আদর্শ গ্যাসের চাপ P, ঘনত্ব D এবং গ্যাসের অণুর গড় বর্গবেগের বর্গমূল C হলে আমরা জানি

$$C = \sqrt{\frac{3P}{D}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$ (M = গ্যাসের আণবিক ভর)

এখন সমীকরণ থেকে বলা যায়

যেহেতু $C \propto \sqrt{T}$

সেইহেতু উষ্ণতা বৃদ্ধি করলে গ্যাস অণুগুলির rms বেগ বৃদ্ধি পাবে।

এবং যেহেতু $C \propto \frac{1}{\sqrt{D}}$

সেইহেতু গ্যাসের ঘনত্ব বাড়ালে গ্যাস অণুগুলির rms বেগ কমে যাবে।

আমরা জানি গ্যাসের অণুর গড় গতিশক্তি

$$E = \frac{3}{2}KT$$ যেখানে K = বোল্‌জম্যান ধ্রুবক

T = পরম তাপমাত্রা

এখন $E\big|_{T=77^oC} = \frac{3}{2}K(273+77) = \frac{3}{2}K \times 350$

এবং $E\big|_{\sigma=277^oC} = \frac{3}{2}K(273+277) = \frac{3}{2}K \times 550$

$\therefore$ গতিশক্তির বৃদ্ধি $= \frac{3}{2}K(500-350)$

$= \frac{3}{2}K \times 200$

$\therefore$ % বৃদ্ধি $= \dfrac{\frac{3}{2}K \times 200}{\frac{3}{2}K \times 200} \times 100\% = 57.14\%$ (প্রায়)

(d) গ্যাস মাধ্যমে শব্দের গতিবেগ সংক্রান্ত নিউটনের সূত্রটি লেখ। পরীক্ষালব্ধ ফলের সঙ্গে এই সূত্রটি মেলেনা কেন ? সূত্রটিকে কীভাবে সংশোধন করা হয় ? 1+1+2

উত্তরঃ শব্দের গতিবেগ সংক্রান্ত নিউটনের সূত্র ঃ-

নিউটনের সূত্রানুসারে যদি মাধ্যমের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক E হয় এবং মাধ্যমের ঘনত্ব D হয়, তাহলে ঐ মাধ্যমে শব্দের গতিবেগ v হলে লেখা যায়

$$v = \sqrt{\frac{E}{D}}.$$

বিজ্ঞানী নিউটন ধরে নেন যে বাতাসে শব্দ যাওয়ার সময় সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় বিস্তার লাভ করে। এর ওপর ভিত্তি করেই দেখানো যায় মাধ্যমের আয়তন বিকৃতি গুণাঙ্ক (K = E) মাধ্যমের চাপের (P) সমান।

কিন্তু শব্দ যাওয়ার সময় সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় বিস্তার লাভ করে না। তাই পরীক্ষা লব্ধ মানের সঙ্গে এই সূত্রটি মেলে না।

নিউটন সূত্রের সংশোধন ঃ-

বিজ্ঞানী ল্যাপলাস এই সূত্রের সংশোধন করেছিলেন। তিনি বলেন শব্দ গ্যাসের মাধ্যমে যাওয়ার সময় স্তরের ঘনীভবন ও তনুভবন দ্রুত ঘটে। অর্থাৎ শব্দের বিস্তার সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় না হয়ে রুদ্ধতাপ প্রক্রিয়ায় ঘটে। এখন রুদ্ধতাপ সমীকরণ $Pv^{\gamma} =$ ধ্রুবক প্রয়োগ করে দেখানো যায় গ্যাসের আয়তন বিকৃতি গুণাঙ্ক $(K) = \gamma\rho$

যেখানে $\gamma = \frac{C_p}{C_v} =$ রুদ্ধতাপ ধ্রুবক।

$\therefore$ গ্যাস মাধ্যমে শব্দের গতিবেগ সংক্রান্ত সংশোধিত সমীকরণটি হল $v = \sqrt{\frac{\gamma\rho}{D}}$

এটি ল্যাপলাসের সমীকরণ মানে পরিচিত।

(f) দ্বিমেরু ভ্রামক কাকে বলে ? একটি তড়িৎ দ্বিমেরুর লম্ব দ্বিখন্ডকের ওপর কোনো বিন্দুতে প্রাবল্যের রাশিমালা নির্ণয় কর । 1+3

উত্তরঃ দুটি সমপরিমান কিন্তু বিপরীত তড়িৎআধান (+q, –q) পরস্পরের খুব কাছাকাছি থাকলে তাকে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে। এই তড়িৎদ্বিমেরুর শক্তি তড়িৎআধানের মান ও দূরত্বের গুণফল দ্বারা প্রকাশ করা হয়। একে দ্বিমেরু ভ্রামক বলে।

দ্বিমেরু অক্ষ $AB = (=2\ell)$ এর লম্ব সমাদ্বিখন্ডকের ওপর P একটি বিন্দু যখন $OP = r$.

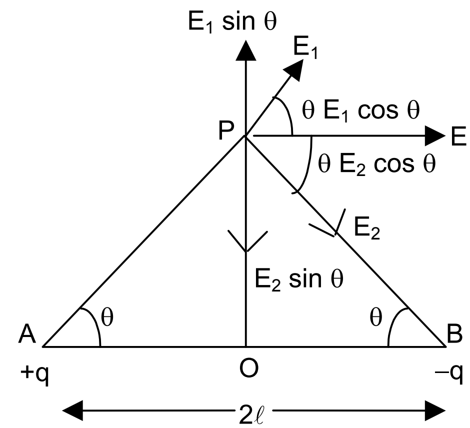
+q আধানের জন্য P বিন্দুতে প্রাবল্য,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi \in_o}\frac{q}{(AP)^2}, \overrightarrow{AP}$$ অভিমুখী

−q আধানের জন্য P বিন্দুতে প্রাবল্য

$$E_2 = \frac{1}{4\pi \in_o}.\frac{q}{(PB)^2}, \overrightarrow{PB}$$ অভিমুখী

এখানে AP = BP বলে $E_1 = E_2$ হবে।



মনে করি $\angle PAB = \angle PBA = \theta$ তাহলে প্রাবল্য E_1 এর অনুভূমিক $E_1 \sin\theta$ উপাংশ এবং উলম্ব উপাংশ $E_1 \cos\theta$ আবার E_2 এর অনুভূমিক উপাংশ $E_2 \cos\theta$ এবং উলম্ব উপাংশ $E_2 \sin\theta$. $E_1 \sin\theta$ ও $E_2 \sin\theta$ একে অপরকে প্রশমিত করবে। অর্থাৎ P বিন্দুতে লব্ধ প্রাবল্য হবে।

$$E = E_1 \cos\theta + E_2 \cos\theta = 2E_1 \cos\theta \; [\because E_1 = E_2]$$

$$= \frac{2}{4\pi \in_o}.\frac{q}{(AP)^2} \times \frac{AO}{AP} \quad [\because \cos = \frac{AO}{AP}]$$

$$\therefore E = \frac{2}{4\pi \in_o}.\frac{q \times \ell}{(AP)^3} = \frac{2q\ell}{4\pi \in_o}.\frac{1}{(r^2+\ell^2)^{3/2}} \quad \left[\because AP = \sqrt{p^2+\ell^2}\right]$$

$$= \frac{M}{4\pi \in_o} \times \frac{1}{\left(r^2+\ell^2\right)^{3/2}}$$

এর অভিমুখ $\overline{AB}$ এর সমান্তরাল।

$$= \frac{M}{4\pi \in_o r^3}$$ (যখন P বিন্দুর অবস্থান দূরবর্তী অর্থাৎ $r >> \ell$)

অথবা, গাউসের উপপাদ্য বিবৃত কর। এই সূত্র প্রয়োগে অসীম দৈর্ঘ্যের ঋজু পরিবাহীর জন্য কোনো বিন্দুতে প্রাবল্য নির্ণয় কর। 1+3

উত্তরঃ <u>C.G.S. এ গাউসের উপপাদ্য</u> ঃ

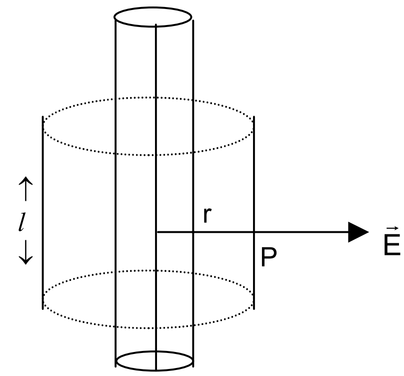
কোনো বদ্ধতলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত অভিলব্ধ তড়িৎআবেশ ওই তলের অভ্যন্তরে অবস্থিত মোট তড়িৎ আধানের 4π গুণ। গাণিতিক রূপে উপপাদ্যটি হল,

$$\int K\vec{E}.\overrightarrow{dS} = 4\pi q$$ এখানে q হল ঐ তল কর্তৃক বেষ্টিত মোট আধানের পরিমান।

SI তে গাউসের উপপাদ্যের রূপ

$$\int \vec{E}.d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_o} r$$

একটি অসীম দৈর্ঘ্যের ঋজু তার নেওয়া হল । তারটি সুষমভাবে আহিত এবং মনে করি ভারটির একক দৈর্ঘ্যের আধান λ esu/cu



তারটির অক্ষ থেকে r দূরত্বে P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় করার জন্য একটি কাল্পনিক গাউসিয়াম তল কল্পনা করা হল যেটি একটি সমাক্ষীয় তার যার ব্যাসার্ধ r ও দৈর্ঘ্য l

এখন এই তলের জন্য গাউসের উপপাদ্যটি,

$$\int_S \vec{E}.\overrightarrow{dS} = \frac{1}{\epsilon_o}.\lambda\ell$$

যেখানে $\lambda\ell$ হল সম্পূর্ণ বদ্ধ আধান।

যেহেতু এক্ষেত্রে তড়িৎবলরেখা ব্যাসার্ধ বরাবার কাজ করে সেহেতু

$$\int \vec{E}.\overrightarrow{dS} = E\int dS = E.2\pi r\ell$$

আবার $\int \vec{E}.\overrightarrow{dS} = \frac{\lambda\ell}{\epsilon_o}$

$$\Rightarrow E.2\pi r\ell = \frac{\lambda\ell}{\epsilon_o}$$

$$\therefore E = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}.\frac{2\lambda}{r}$$

ভেক্টরিয় রূপে,

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}.\frac{2\lambda}{r}\hat{r}$$

(g) তড়িৎ প্রবাহের তাপীয় ফল সংক্রান্ত জুল সূত্র প্রতিষ্ঠা করো। r অভ্যন্তরীণ রোধের একটি ব্যাটারির সঙ্গে পরপর r_1 ও r_2 রোধের দুটি তার যুক্ত করা হল। দুটি তারে একই সময়ে একই তাপ উৎপন্ন হলে প্রমাণ কর, $r = \sqrt{r_1 r_2}$ 2+2

উত্তরঃ তড়িৎ প্রবাহের তাপীয় ফল সংক্রান্ত জুলের সূত্রাবলী হল,

প্রথম সূত্র ঃ- কোনো স্থির রোধের পরিবাহীর মধ্য দিয়ে নির্দিষ্ট সময় ধরে তড়িৎ প্রবাহিত হলে, পরিবাহীতে উৎপন্ন তাপ প্রবাহমাত্রার বর্গের সমানুপাতিক।

অর্থাৎ $H \alpha I^2$ যখন R ও t ধ্রুবক।

দ্বিতীয় সূত্র ঃ- কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে নির্দিষ্ট সময় ধরে স্থির মানের তড়িৎপ্রবাহ গেলে, পরিবাহীতে উৎপন্ন তাপ ও রোধের সমানুপাতিক।

অর্থাৎ $H \alpha R$ যখন I ও t ধ্রুবক।

তৃতীয় সূত্র ঃ- কোনো স্থির রোধের পরিবাহীর মধ্য দিয়ে স্থির মানের তড়িৎপ্রবাহ গেলে, পরিবাহীতে উৎপন্ন তাপ সময়ের সমানুপাত।

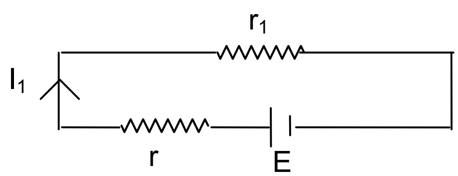
অর্থাৎ, $H \alpha t$ যখন I ও R ধ্রুবক।

এখন তিনটি সূত্র থেকে পাই,

$H \alpha I^2 Rt$ যখন I, R ও t প্রত্যেকেই পরিবর্তনশীল।

$\Rightarrow H = KI^2Rt$ [K = ধ্রুবক]

প্রথম সংযোগের ক্ষেত্রে ঃ-



প্রবাহমাত্রা $I_1 = \dfrac{E}{r + r_1}$

$\therefore$ r_1 রোধে t সময়ে উৎপন্ন তাপ, $H_1 = \dfrac{I_1^2 r_1 t}{J} = \dfrac{E^2 r_1 t}{(r + r_1)^2 J}$

অনুরূপ ভাবে r_2 রোধের ক্ষেত্রে,

$$H_2 = \frac{E^2 r_2 t}{(r + r_2)^2 .J}$$

প্রশ্নানুসারে,

$H_1 = H_2$

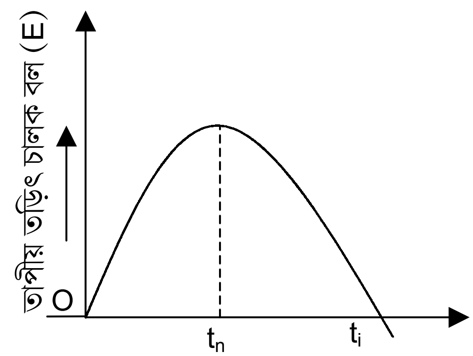
$$\frac{E^2 r_1 t}{(r + r_1)^2 J} = \frac{E^2 r_2 t}{(r + r_1)^2 J}$$

$\Rightarrow r_1(r + r_2)^2 = r_2(r+r_1)^2$

$$\Rightarrow r_1 r^2 + 2r_1 r r_2 + r_1 r_2^2 = r_2 r^2 + 2r r_1 r_2 + r_2 r_1^2$$
$$\Rightarrow r_1 r^2 + r_1 r_2^2 = r_2 r^2 + r_2 r_1^2$$
$$\Rightarrow r^2 (r_1 - r_2) = r_1 r_2 (r_1 - r_2)$$
$$\therefore r = \sqrt{r_1 r_2}$$

অথবা, কোনো তাপযুগ্মের ক্ষেত্রে তাপমাত্রা তড়িচ্চালক বলের মধ্যেকার সম্পর্কটির লেখচিত্র দেখাও। লেখচিত্রে উৎক্রম তাপমাত্রা ও নিরপেক্ষ তাপমাত্রা নির্দেশ কর। পেলটিয়ার ক্রিয়া কাকে বলে ? জুলক্রিয়া প্রত্যাবর্ত্তক কিন্তু পেলটিয়ার ক্রিয়া প্রত্যাবর্ত্তক নয় কেন ? 2+2

উত্তরঃ



উষ্ণ সংযোগস্থলের উষ্ণতা (t)

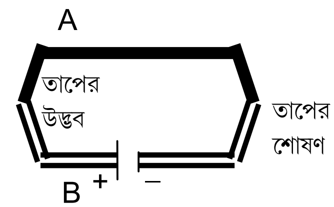
কোনো একটি তাপযুগ্মের শীতল সংযোগস্থলের উষ্ণতা 0°C -এ স্থির রেখে উষ্ণ সংযোগস্থলের উষ্ণতা (t) ক্রমাগত বাড়ালে, t-এর সঙ্গে তাপীয় তড়িৎচালক বল (E) এর পরিবর্তন উপরিউক্ত চিত্রের ন্যায় হয়।

চিত্রে প্রর্দশিত t_n উষ্ণতায় E সর্বোচ্চ মানে পৌঁছায়। এই উষ্ণতাকে নিরপেক্ষ উষ্ণতা (Neutral temperature) বলে।

এরপর উষ্ণতা আরও বাড়লে E-এর মান ক্রমশ কমতে থাকে এবং উষ্ণতার একটি নির্দিষ্ট মানে একসময় তা শূণ্য হয়। এই উষ্ণতাকে উৎক্রম উষ্ণতা (Inversion temperature) বলে যা চিত্রে t_i দ্বারা প্রদর্শিত হয়েছে।

পেলটিয়ার ক্রিয়া ঃ-

দুটি ভিন্ন ধাতুর দন্ড বা তারের প্রান্তগুলিকে যুক্ত করে তৈরী বদ্ধ বর্তনীর বা তাপযুগ্মের মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহ পাঠালে, প্রবাহের অভিমুখ অনুসারে একটি সংযোগস্থলে তাপ উদ্ভূত হয় এবং অপর সংযোগস্থলে তাপ শোষিত হয়। অর্থাৎ সংযোগস্থল দুটির মধ্যে উষ্ণতার পার্থক্য সৃষ্টি হয়। এই ঘটনাকে পেলটিয়ার ক্রিয়া বলা হয়। চিত্রে প্রদর্শিত ... তাপযুগ্ম নিয়ে বর্তনীকে একটি ব্যাটারির সঙ্গে যোগ করা হয়েছে।



জুল ক্রিয়া অপ্রত্যাবর্তন কারণ তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ বিপরীতমুখী করলেও তাপীয় ফল একই থাকে। কিন্তু পেলটিয়ার ক্রিয়া প্রত্যাবর্তক কারণ তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ বিপরীত করলে বর্তনীর সংযোগস্থল দুটির তাপীয়ফল বিপরীত মুখী হয়ে যায়।

(h) তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশ সংক্রান্ত ফ্যারাডের সূত্রগুলি বিবৃত কর। 220 volt D.C. অপেক্ষা 220 volt A.C. বেশি বিপজ্জনক কেন ? 1+3

উত্তরঃ তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশ সংক্রান্ত সূত্রগুলি হল -

(i) কোনো কুন্ডলীর সঙ্গে জড়িত চৌম্বক প্রবাহের পরিবর্তন হলে ঐ কুন্ডলীতে একটি তড়িৎচালক বল আবিষ্ট হয়। চৌম্বক প্রবাহের পরিবর্তন যতক্ষণ হবে আবিষ্ট তড়িৎচালক বলও ততক্ষণ থাকবে।

(ii) কোনো কুন্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎচালক বলের মান ওর সঙ্গে জড়িত চৌম্বক প্রবাহের পরিবর্তনের হারের সমানুপাতিক হয়।

অর্থাৎ আবিষ্ট তড়িৎচালক বল,

$$E \propto \frac{d\phi}{dt}$$ [ϕ চৌম্বক প্রবাহ]

220 volt D.C. থেকে সবসময় স্থির মানের 220 volt ভোল্টজ পাওয়া যায়। তাই 220 volt D.C. থেকে 220 volt ভোল্টেজের জন্য শক্পাওয়া যায়। কিন্তু 220 volt A.C. বলতে বোঝায় যে, পরিবর্তী ভোল্টেজের কার্যকর মান 220 volt এবং শীর্ষমান = 220 $\sqrt{2} \simeq$ 311 volt। তাই

220 volt A.C. ভোল্টেজের শীর্ষমান 311 volt হওয়ায়, এর দ্বারা যে শক্ পাওয়া যায় তা 311 volt D.C. ভোল্টেজের দ্বারা শক্-এর সমতুল্য। এই কারনে 220 volt D.C. অপেক্ষা 220 volt A.C. বেশি বিপজ্জনক।

অথবা, আবিষ্ট তড়িৎ প্রবাহের অভিমুখ সংক্রান্ত লেঞ্জের সূত্রটি বিবৃত কর। দেখাও যে এই সূত্রটি শক্তির সংরক্ষণ সূত্র থেকে পাওয়া যায়। 1 + 3

উত্তরঃ লেঞ্জের সূত্র থেকে তড়িৎচুম্বকীয় আবেশের ফলে আবিষ্ট তড়িৎচালক বলের অভিমুখ এবং আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ জানা যায় ---

কোনো তড়িৎবর্তনীতে আবিষ্ট তড়িৎচালক বলের অভিমুখ এমন হয় যাতে ঐ তড়িৎচালক বল সর্বদা তার নিজের সৃষ্টির কারনকে অর্থাৎ চৌম্বক প্রবাহের পরিবর্তনকে বাধা দেয়।

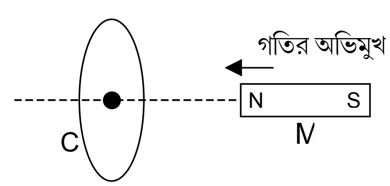
ফ্যারাডের সূত্র থেকে পাওয়া যায়, SI এককে dt সময়ে N– পাক বিশিষ্ট কোনো কুন্ডলীর সংশ্লিষ্ট চৌম্বকপ্রবাহের পরিবর্তন $d\phi$ হলে আবিষ্ট তড়িৎচালক বলের মান

$$|E| = N\frac{d\phi}{dt}$$

ফ্যারাডের সূত্রের সঙ্গে লেঞ্জের সূত্র মিলিত করলে পাওয়া যায়,

$$E = -N\frac{d\phi}{dt}$$

<u>শক্তি সংরক্ষণ সূত্র থেকে লেঞ্জের সূত্রের প্রতিষ্ঠা</u> ঃ- তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশ সম্বন্ধীয় লেঞ্জের সূত্রটি যে শক্তির সংরক্ষণ সূত্র থেকে পাওয়া যায় তা একটি পরীক্ষার মাধ্যমে বলা যেতে পারে। মনে করা যাক



একটি দন্ডচুম্বক M-এর উত্তর মেরুকে একটি বদ্ধ পরিবাহী কুন্ডলী C-র অক্ষ বরাবর কুন্ডলীটির দিকে সরানো হচ্ছে। এর ফলে কুন্ডলীতে তড়িৎচালক বল আবিষ্ট হবে এবং তড়িৎপ্রবাহের সৃষ্টি হবে অর্থাৎ তড়িৎশক্তির সৃষ্টি হবে। শক্তির সংরক্ষণ সূত্রানুসারে, অন্য কোনো শক্তির রূপান্তরের মাধ্যমেই তড়িৎশক্তি পাওয়া যেতে পারে। অর্থাৎ, এর জন্য অবশ্যই কিছু পরিমান ধনাত্মক বাহ্যিক কার্য করতে

হয়। আবার, বলের বিরুদ্ধে কৃতকার্য হল ধনাত্মক, সুতরাং, M চুম্বকটিকে গতিশীল রাখতে অবশ্যই একটি বিপরীতমুখী বলের বিরুদ্ধে কার্য করতে হবে। কুন্ডলীর আবিষ্ট প্রবাহই এই বিরুদ্ধ বলের উৎস। স্পষ্টত, কুন্ডলীতে প্রবাহ বামাবর্তী হলে তবেই কুন্ডলীর সামনের তলে N-মেরু গঠিত হবে এবং দন্ডচুম্বকের সম্মুখ গতিকে বাধা দেবে।

আবার, দন্ডচুম্বকের S -মেরু কুন্ডলীর দিকে গতিশীল হলে প্রবাহ দক্ষিণাবর্তী হবে। এইভাবে শক্তির সংরক্ষণ সূত্র থেকে লেঞ্জের সূত্র পাওয়া যায়।

(i) পরিবর্তী প্রবাহের বৈশিষ্ট্য কি ? কোনো পরিবর্তী প্রবাহমাত্রা $i = I_0 \sin\left(220\pi t - \frac{\pi}{5}\right)$amp. দ্বারা প্রকাশিত হলে উহার কম্পাঙ্ক ও r.m.s. প্রবাহমাত্রা নির্ণয় করো। 2 + 2

উত্তরঃ পরিবর্তী প্রবাহের বৈশিষ্ট্য --

(a) পরিবর্তী প্রবাহমাত্রা সময়ের সঙ্গে পর্যায়ক্রমে অভিমুখ পরিবর্তন করে।

(b) একটি নির্দিষ্ট সময় অন্তর একটি নির্দিষ্ট পরিবর্তন চক্রের মধ্য দিয়ে পরিবর্তী প্রবাহ অতিক্রান্ত হয়।

(c) পরিবর্তী প্রবাহমাত্রার সময়ের সাথে পরিবর্তন sinusoidal হয়।

অর্থাৎ $i = I_o \text{Sin } wt$ —— এইভাবে লেখা যায়।

(d) কোনো পরিবর্তী প্রবাহের কার্যকর মান তার r.m.s. মানের সঙ্গে সমান হয়। পরিবর্তী প্রবাহের শীর্ষমান I_o হলে কার্যকর মান

$$i_{eff} = \frac{I_o}{\sqrt{2}}$$

দেওয়া আছে, $i = I_o \text{Sin } (220\,\pi t - \frac{\pi}{5})$amp.

$\therefore w = 220\pi$ rad/s

$\therefore$ কম্পাঙ্ক, $f = \frac{w}{2\pi} = \frac{220\pi}{2\pi} = 110\text{Hz.}$

r.m.s. প্রবাহমাত্রা $= \frac{I_o}{\sqrt{2}} = 0.707\ I_o$ amp.

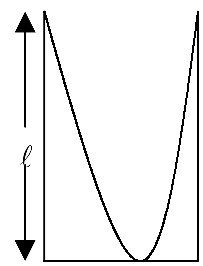
বিভাগ - ঘ

৪। **নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাওঃ**

(a) কোনো দুমুখ খোলা নলের মূলসুরের তীক্ষ্ণতা সমদৈর্ঘ্যের একমুখ খোলা নলের মূলসুরের তীক্ষ্ণতারএক অষ্টীক উর্দ্ধে -- প্রমাণ কর। একমুখ বদ্ধনল অপেক্ষা খোলা নল নিঃসৃত শব্দ বেশি শ্রুতিমধুর হয় কেন ? 4+2

উত্তরঃ একমুখ খোলা নলের ক্ষেত্রে খোলামুখে সুস্পন্দ বিন্দু ও বদ্ধমুখে নিস্পন্দ বিন্দু উৎপন্ন হবে।

এই ধরনের কম্পনের ফলে উৎপন্ন কম্পাঙ্ককে (n_1) মূলসুরের কম্পাঙ্ক বলা হয়।



নলটির দৈর্ঘ্য ℓ এবং উৎপন্ন স্থানুতরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_1 হলে,

$$\ell = \frac{\lambda_1}{4}$$

or, $\lambda = 4\ell$

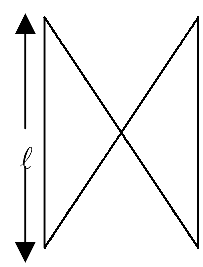
উৎপন্ন শব্দের গতিবেগ v হলে,

$$v = n_1\lambda_1$$

or, $n_1 \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{4\ell}$

এটিই একমুখ খোলা নলে বায়ুস্তম্ভের কম্পনের ফলে উৎপন্ন শব্দের মূলসুরের কম্পাঙ্ক।

দুমুখ খোলা নলের দুদিকের খোলামুখেই সুস্পন্দ বিন্দু ও নলের মধ্যবিন্দুতে নিস্পন্দ বিন্দু উৎপন্ন হবে। এই ধরনের কম্পনের ফলে উৎপন্ন কম্পাঙ্ককে (n_2) মূলসুরের কম্পাঙ্ক বলা হয়।



নলটির দৈর্ঘ্য ℓ (প্রশ্নানুসারে সমদৈর্ঘ্য) এবং উৎপন্ন স্থানুতরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_2 হলে।

$$\ell = \frac{\lambda_2}{2}$$

or, $\lambda_2 = 2\ell$

উৎপন্ন শব্দের গতিবেগ v হলে,

$$v = n_2\lambda_2$$

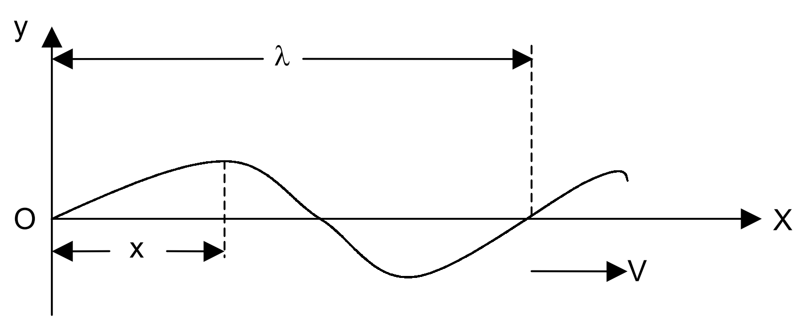
$$\text{or, } n_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{2\ell} = 2n.$$

$\therefore$ দুমুখ খোলা নলের মূলসুরের তীক্ষ্ণতা সমদৈর্ঘ্যের একমুখ খোলা নলের মূলসুরের তীক্ষ্ণতার এক অষ্টক উর্দ্ধে (যেহেতু তীক্ষ্ণতা কম্পাঙ্কের উপর নির্ভরশীল)।

একমুখ বদ্ধ নলে বায়ুস্তম্ভের কম্পনের ফলে উৎপন্ন শব্দের মধ্যে মূলসুর ও তার কেবলমাত্র বিজোড় সমমেলগুলি (odd Harmonics) উপস্থিত থাকে। অপরপক্ষে দুমুখ খোলা নলে বায়ুস্তম্ভের কম্পনের ফলে উৎপন্ন শব্দের মূলসুর এবং তার জোড় ও বিজোড় সমস্ত সমমেলগুলিই উপস্থিত থাকে। অর্থাৎ দুমুখ খোলা নলের ক্ষেত্রে উপসুর বা সমমেলের সংখ্যা অপেক্ষাকৃত বেশি হয়। উপসুরের মধ্যে সমমেলের সংখ্যা বেশি হলে, উৎপন্ন স্বর অধিকতর সমৃদ্ধ ও শ্রুতিমধুর হয়। এখানে দ্বিতীয়ক্ষেত্রে উৎপন্ন শব্দের মধ্যে উপসুর বা প্রকৃতপক্ষে সমমেলের সংখ্যা বেশি থাকায়, দুমুখ খোলা নলে বায়ুস্তম্ভের কম্পনের ফলে উৎপন্ন শব্দ বেশি শ্রুতিমধুর হয়।

অথবা, ধনাত্মক x-অক্ষ বরাবর চলমান একটি জলতরঙ্গের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। একটি চলতরঙ্গের দৈর্ঘ্য 0.7m। তরঙ্গের ওপর দুটি বিন্দুর দশা পার্থক্য 45^{o} হলে বিন্দু দুইটির মধ্যে দূরত্ব কত ?

3 + 3



উত্তরঃ ধরি, কোনো একটি চলতরঙ্গ +ve X–অক্ষ বরাবর V -বেগে গতিশীল। মাধ্যমের কণাগুলি সরল দোলগতি সম্পন্ন করছে বলে, O বিন্দুতে অবস্থিত কোনো কণার গতির সমীকরণ হল

y = a Sin wt

যেখানে, a = কণাটির কম্পনের বিস্তার

y = t -সময়ে পরে সাম্যবস্থান থেকে কণাটির সরণ

এবং w = কণাটির কৌণিক কম্পাঙ্ক।

এখন তরঙ্গটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ হলে। λ দূরত্বে অবস্থিত দুটি কণার দশার পার্থক্য হবে 2π ।

$\therefore$ পথ পার্থক্য হলে দশার পার্থক্য হবে, $\theta = \frac{2\pi x}{\lambda}$

সুতরাং যে কোনো মুহূর্ত t-তে x অবস্থানে কণাটির সরণ y হলে, চলতরঙ্গটির সমীকরণ হবে,

$$y = a \sin (wt - \theta)$$

$$\text{or,} \quad y = a \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right) \qquad [\therefore w = \frac{2\pi}{T}]$$

$$\text{or,} \quad y = a \sin\left(2\pi nt - \frac{2\pi}{\lambda}x\right) \qquad [\therefore n = \frac{1}{T}]$$

$$\text{or,} \quad y = a \sin (wt - Kx) \qquad [\therefore K = \frac{2\pi}{\lambda}]$$

ওপরের প্রত্যেকটিই +ve x-অক্ষ বরাবর গতিশীল চলতরঙ্গের সমীকরণ।

যে কোনো মুহূর্ত t-তে তরঙ্গটির উৎস থেকে যথাক্রমে x_1 এবং x_2 দূরত্বে অবস্থিত দুটি বিন্দুর দশা যথাক্রমে δ_1 এবং δ_2 হলে,

$$\delta_1 = \frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}x_1 \qquad \text{এবং} \qquad \delta_2 = \frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}x_2$$

$\therefore$ ঐ দুটি বিন্দুর দশা পার্থক্য = $\Delta\delta = \delta_1 - \delta_2 = \frac{2\pi}{\lambda}(x_2 - x_1) = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta x$

দেওয়া আছে, λ = 0.7m এবং $\Delta\delta = 45^o = \frac{\pi}{4}$ radium.

$$\therefore \frac{\pi}{4} = \frac{2\pi}{0.7}\Delta x$$

$$\Rightarrow \Delta x = \frac{0.7}{8}m = \frac{0.7 \times 100}{8}cm = \frac{35}{5}cm$$

(b) বায়োসাভার্টের সূত্র লেখ। এই সূত্র প্রয়োগ করে একটি বৃত্তাকার তড়িৎবাহী কুন্ডলীর অক্ষের ওপর কোনো বিন্দুতে চৌম্বক প্রাবল্য নির্ণয় কর। লরেঞ্জ বলের গণিতিক রূপটি লেখ। 2+3+1

উত্তরঃ এই সূত্রানুসারে কোনো তড়িৎবাহী তারে $i\overrightarrow{d\ell}$ তড়িৎপ্রবাহাংশের

দরুন $\vec{r}$ দূরত্বে কোনো বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্র $\overrightarrow{dB}$-এর মান,

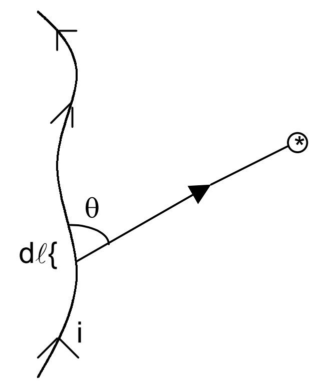
i) তড়িৎপ্রবাহাংশের সঙ্গে সমানুপাতিক।

ii) $d\ell$ থেকে আলোচ্য বিন্দু পর্যন্ত দূরত্ব r-এর

বর্গের ব্যস্তানুপাতিক।

iii) প্রবাহ অভিমুখী $d\ell$ এবং আলোচ্য বিন্দু অভিমুখী $\bar{r}$-এর মধ্যবর্তী কোন θ-র sine-এর সঙ্গে সমানুপাতিক।

অর্থাৎ তড়িৎবাহী তারটির $d\ell$ দৈর্ঘ্যের জন্য P বিন্দুতে চৌম্বকক্ষেত্রের মান,



$$dB \propto \frac{i\, d\ell\, \mathrm{Sin}\theta}{r^2}$$

$$\text{or, } dB = K\frac{i\, d\ell\, \mathrm{Sin}\theta}{r^2}$$

ভেক্টররূপে প্রকাশ করলে

$$\overrightarrow{dB} = K\frac{i\,\overrightarrow{d\ell} \times \hat{r}}{r^2}$$

K একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক, যার মান পরীক্ষাধীন বিন্দুর পারিপার্শ্বিক মাধ্যমের প্রকৃতি এবং একক পদ্ধতির ওপর নির্ভর করে।

শূণ্য মাধ্যমে S.I. পদ্ধতিতে $K = \frac{\mu_o}{4\pi}$ যেখানে μ_o = শূণ্য মাধ্যমে চৌম্বক ভেদ্যতা।