# পদার্থ ২য় পত্র ॥ অধ্যায়-২ ॥ স্থির তড়িৎ



* সমধর্মী চার্জ পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। বিপরীতধর্মী চার্জ পরস্পরকে আকর্ষণ করে।

* রেশম দ্বারা কাচ ঘষলে কাচ (+), রেশম (-)

* চার্জ বিচ্ছিন্ন প্রকৃতির। চার্জের কোয়ান্টায়ন অনুযায়ী, $q = \pm ne$ ; $e = 1.6\times10^{-19}C$ ; $n = 1, 2, 3, \ldots$ ইত্যাদি

* কুলম্বের সূত্র : $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{d^2} = C\frac{q_1 q_2}{d^2}$

$C \rightarrow$ কুলম্বের ধ্রুবক $= 9\times10^{9}\ Nm^2C^{-2}$

শূন্য মাধ্যমে প্রবেশ্যতা $= 8.854\times10^{-12}\ N^{-1}m^{-2}C^2$

অন্য মাধ্যমে, $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 K}\frac{q_1 q_2}{d^2}$ ; $K$ → ডাইইলেকট্রিক constant ;

$= \frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{q_1 q_2}{d^2}$ ; $\epsilon = \epsilon_0 K$

| মাধ্যম | K |
|---|---|
| শূন্য | → 1 |
| বায়ু | → 1.005 |
| পলিথিন | → 2.3 |
| অভ্র | → 7 |
| পানি | → 80 |
| কাচ | → 5.1 |

এছাড়াও, $K = \frac{F_0}{F} = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} = \frac{C_K}{C_0}$

$C_K$ ← ভিন্ন মাধ্যমে ধারকত্ব ; $C_0$ ← শূন্য মাধ্যমে ধারকত্ব

* তড়িৎ প্রাবল্য, $E = \frac{F}{q_0}\ NC^{-1}$ ; $q_0$ ← (যার উপর প্রাবল্য)

$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}$ ; $q$ ← (যে চার্জের জন্য প্রাবল্য)

অন্য মাধ্যমের ক্ষেত্রে শুধুমাত্র $\epsilon_0$ এর পরিবর্তে $\epsilon_0 K$ হবে। বা, $\epsilon$ হবে।

তড়িৎ প্রাবল্য ভেক্টর রাশি। এর দিক

(i) ধনাত্মক চার্জের প্রাবল্য বহির্মুখী। $+q \longrightarrow +1 \longrightarrow \vec{E}$

(ii) ঋণাত্মক " অন্তর্মুখী। $-q \longleftarrow \vec{E} \longleftarrow +1$

(iii) একই চার্জ হলে পরস্পর বিপরীতমুখী। $+q_1 \quad \vec{E_2} \longleftarrow +1 \longrightarrow \vec{E_1} \quad +q_2$

এছাড়া প্রতিক্ষেত্রে ভেক্টরের দিক অনুযায়ী Solution করতে হবে।

Trick : তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হয় সাংখ্যিক মান দ্বারা দুর্বল চার্জের কাছে, সবল চার্জের দূরে।

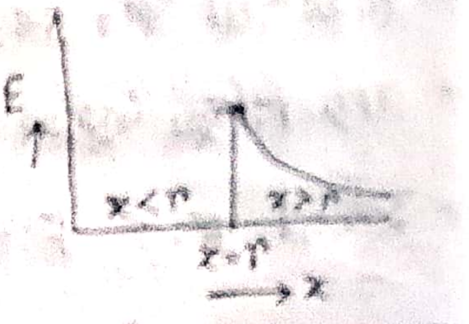
* তড়িৎক্ষেত্রে ঝুলন্তভাবে ঝুলন্ত চার্জ : স্থির থেমে থাকবে যদি $mg = qE$ হয়
নিচে যাবে যদি $mg > qE$ হয়
উপরে যাবে যদি $mg < qE$ হয়

* সুষম চার্জিত গোলকের বিভিন্ন বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য :

(i) গোলকের অভ্যন্তরে $E = 0$

(ii) গোলকের পৃষ্ঠে থাকলে, $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}$ — ব্যাসার্ধ

(iii) পৃষ্ঠ হতে $x$ m দূরে বাইরে, $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{(r+x)^2}$




* তড়িৎ বিভব বা বৈদ্যুতিক চাপ : $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r}$

একাধিক চার্জের জন্যে কোনো বিন্দুতে বিভব, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} + \cdots\right)$

বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে তড়িৎ বিভব শূন্য হলে যেকোনো কোণে চার্জ,

$$q_4 = -(\underbrace{q_1 + q_2 + q_3}_{\text{স্ব-স্ব চিহ্ন সহ}})$$

* চার্জের প্রবাহ বা তড়িৎ প্রবাহের দিক উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে। কিন্তু $e^-$ এর দিক নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে।

* বিভব পার্থক্য থাকলে কৃত কাজ : $W = qV = q(V_A - V_B)$

** সমবিভব তলে কৃতকাজ শূন্য

* সমবিভব তলে বলরেখাগুলো অভিলম্ব বরাবর নির্গত হয়।

* বিভব পার্থক্য ও তড়িৎ প্রাবল্যের মধ্যে সম্পর্ক : $V = Ed$
$\Rightarrow V_A - V_B = Ed$ — A হতে B চার্জের দূরত্ব

* বিভব ও প্রাবল্যের ক্যালকুলাস সম্পর্ক : $E = -\frac{dV}{dr}$

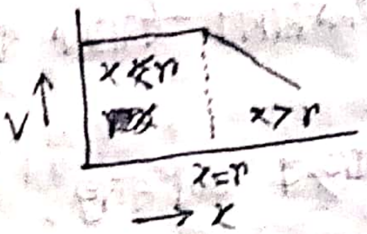
* $1\,eV = 1.6\times10^{-19}\,J$ ; $1\,amu = 931\,MeV$

* চার্জিত গোলকের বিভিন্ন বিন্দুতে তড়িৎ বিভব নির্ণয় :

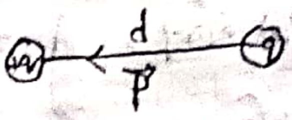
(i) গোলকের অভ্যন্তরে, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{q}{r}$ (পৃষ্ঠের বিভবের সমান)

(ii) গোলকের পৃষ্ঠে, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{q}{r}$

(iii) x m দূরে পৃষ্ঠ হতে বাইরে, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{q}{(r+x)}$




* তড়িৎ দ্বিমেরুর ভ্রামক, $p = qd$

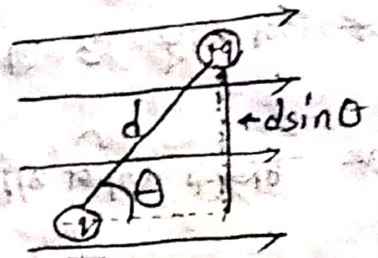



একেত্রের ভেক্টর মানে ব্যাখ্যাত হবে।

* সুষম তড়িৎক্ষেত্রে স্থাপিত কোনো তড়িৎ দ্বিমেরুর ভ্রামকের উপর ক্রিয়াশীল টর্কের মান : $\tau = qdE\sin\theta = pE\sin\theta = Fd\sin\theta$

সর্বোচ্চ ক্ষেত্রে, $\tau = qdE = \vec{p}\vec{E} = Fd$ [যখন, $\theta = 90^\circ$]

$\theta = 0^\circ$ বা $180^\circ$ হলে, $\tau = 0$



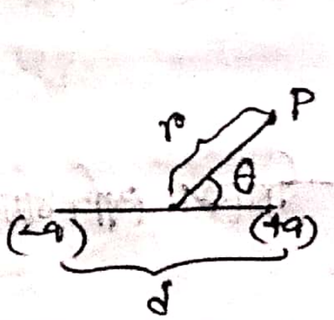

* তড়িৎ দ্বিমেরুকে তড়িৎক্ষেত্রে $\theta_0$ থেকে $\theta$ কোণে ঘুরাতে কৃতকাজ বা বিভবশক্তি বা দ্বিমেরুর স্থিতিশক্তি, $W = pE(\cos\theta_0 - \cos\theta)$ ← $W = \int_{\theta_0}^{\theta}\tau\,d\theta$

$\theta_0 = 0^\circ$, $\theta = 90^\circ$ হলে, $W = pE$

$\theta_0 = 0^\circ$, $\theta = 180^\circ$ হলে, $W = 2pE$

* তড়িৎ দ্বিমেরুর জন্য কোনো বিন্দুতে বিভবের সমীকরণ :

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{qd\cos\theta}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{p\cos\theta}{r^2}$$




(i) লম্ব দ্বিখণ্ডকের উপর, $\theta = 90^\circ$। $V = 0$

(ii) ধনাত্মক অক্ষরেখা বরাবর, $\theta = 0^\circ$। $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{qd}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{p}{r^2}$ ⟶ (+q) ও (−q) এর মধ্যবিন্দু হতে ;

(iii) ঋণাত্মক " " , $\theta = 180^\circ$। $V = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{p}{r^2}$

* তড়িৎ দ্বিমেরুর বিভিন্ন বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য : $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{p\sqrt{1+3\cos^2\theta}}{r^3}$

(i) লম্ব দ্বিখণ্ডকের উপর, $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{p}{r^3}$

(ii) অক্ষ বরাবর, ধনাত্মক বা ঋণাত্মক চার্জের দিকে: $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2p}{r^3}$

* চার্জের তল ঘনত্ব, $\sigma = \frac{q}{A}\ Cm^{-2}$

রৈখিক ঘনত্ব, $\lambda = \frac{q}{L}\ Cm^{-1}$

আয়তনিক ঘনত্ব, $\rho = \frac{q}{V}\ Cm^{-3}$

* গোলকের ক্ষেত্রে, $\sigma = \frac{q}{4\pi r^2}$ ; $\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{q_1}{q_2} \times \frac{r_2^2}{r_1^2}$

* তল ঘনত্ব ও তড়িৎ প্রাবল্যের মধ্যে সম্পর্ক : $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0 K}$

* চার্জকে তড়িৎ শক্তি রূপে সঞ্চিত রাখে ধারক।

ধারকত্ব, $C = \frac{\epsilon_0 A}{d} = \frac{\epsilon_0 KA}{d}$ একক F (ফ্যারাড)

সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব (শূন্য মাধ্যম) (অন্য মাধ্যম)

* পরিবাহীর ধারকত্ব, $C = \frac{q}{V}\ CV^{-1}$ বা F

* গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon_0 \cdot r$

$\frac{C_1}{C_2} = \frac{r_1}{r_2}$

* ধারকের শ্রেণি সমবায় : $C_s = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)^{-1}$ (চার্জ একই থাকে কিন্তু ধারকত্ব অনুযায়ী বিভব ভিন্ন হয়ে যায়)

সমান্তরাল সমবায় : $C_p = C_1 + C_2 + C_3$ (বিভব একই থাকে কিন্তু ধারকের মান অনুযায়ী চার্জ ভিন্ন হয়ে যায়)

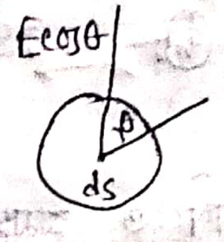
* 

$C_0 = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ ; $C_1 = \frac{\epsilon_0 A}{d/2}$, $C_2 = \frac{\epsilon_0 A}{d/2}$ ; $C_1 = \frac{\epsilon_0 A/2}{d}$, $C_2 = \frac{\epsilon_0 A/2}{d}$

$C_s = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)^{-1}$ ; $C_p = C_1 + C_2$

* ধারকে সঞ্চিত শক্তি, $\underset{\text{বিভবশক্তি}}{\underset{\uparrow}{U}} = W = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} Q V$

* তড়িৎ ফ্লাক্স, $\phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{s}$ ; $\phi = E\,ds\cos\theta$



* গাউসের সূত্র : $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{q}{\epsilon_0}$ বা, $\phi = \frac{q}{\epsilon_0}$

* চার্জিত সমতল পরিবাহীর তলের সন্নিকটে, $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ [অপরিবাহী চার্জিত তল]

দুটি চার্জিত সমান্তরাল পাতের মাঝখানে, $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ [পরিবাহী চার্জিত তল]

* ধারকের বা তড়িৎক্ষেত্রের একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি, $U' = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$

$$\frac{U_1'}{U_2'} = \frac{\epsilon_{01}}{\epsilon_{02}} \times \frac{E_1^2}{E_2^2}$$

* অসীম দৈর্ঘ্যের চার্জিত রেখা হতে r দূরত্বে তড়িৎ প্রাবল্য

$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\lambda}{r}$ ← চার্জের রৈখিক ঘনত্ব

অসীম দৈর্ঘ্যের সিলিন্ডারের ক্ষেত্রেও একই,

## Shortcut :

দুটি আধানের সংযোগ রেখার ঠিক মাঝখানে তড়িৎ প্রাবল্যের মান

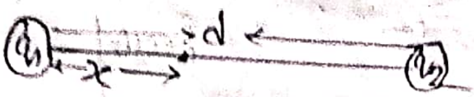
$q_1(+)$ বা $q_1(-)$

$q_2(-)$ বা $q_2(+)$ $\quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1+q_2}{(\frac{d}{2})^2}$

দুটি আধানের সংযোগ সরলরেখার কোথায় তড়িৎ প্রাবল্য সমান বা শূন্য হবে

শর্ত: (i) চার্জ দুটির প্রকৃতি একই হতে হবে।

(ii) $q_2 > q_1$ হতে হবে।



$$\therefore x = \frac{d}{1+\sqrt{\frac{q_2}{q_1}}}$$

শ্রেণি ও সমান্তরাল সমবায়ে তুল্য ধারকত্বের তুলনা: $\frac{C_p}{C_s} = (\text{ধারকের সংখ্যা})^2$

দুটি ধারককে শ্রেণি ও সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করলে প্রাপ্ত তুল্য ধারকত্ব দেওয়া আছে। ধারক দুটির ধারকত্ব নির্ণয় করতে হবে।

$x^2 -$ বড় বা সমান্তরালে তুল্য ধারকত্ব $\times x +$ ছোট × বড় শ্রেণিতে × সমান্তরালে তুল্য ধারকত্ব $= 0$

$\Rightarrow x^2 - C_p x + (C_p \times C_s) = 0$ | সমাধানে প্রাপ্ত $x$ এর দুটি মানই নির্ণেয় দুটি ধারক।

$n$ সংখ্যক একই মানের (p) ধারককে শ্রেণিতে যুক্ত করতে $C_s = \frac{p}{n}$