Topic-ⓒ: তড়িৎক্ষেত্র, তড়িৎক্ষেত্র প্রাবল্য এবং তড়িৎ বিভব

Electric field, Electric field Intensity and Electric potential

ⓐ তড়িৎক্ষেত্র

ⓑ তড়িৎক্ষেত্র প্রাবল্য
- ⓐ বিন্দু চার্জের জন্য তড়িৎ প্রাবল্যের রাশিমালা
- ⓑ প্রাবল্যের উপরিপাতন নীতি
- ⓒ Math problems

ⓒ তড়িৎ বিভব
- ⓐ সসীম ক্ষেত্রে বিভব
- ⓑ তড়িৎক্ষেত্রে বিভব
- ⓒ বিভব পার্থক্য
- ⓓ বিন্দু চার্জের জন্য তড়িৎ বিভবের রাশিমালা
- ⓔ বিভবের উপরিপাতন নীতি
- ⓕ Math problems

ⓓ চার্জ ~~সমূহের~~ সমান্তরে কৃতকাজ

ⓔ তড়িৎ প্রাবল্য এবং তড়িৎ বিভবের সম্পর্ক
- ⓐ তড়িৎক্ষেত্র ~~পৃষ্ঠ~~ যখন সুষম
- ⓑ তড়িৎক্ষেত্র যখন অসম

ⓕ চার্জ এবং ভরের তুলনা

ⓖ চার্জ ঘনত্ব

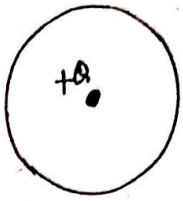
ⓗ একটি line charge এর জন্য এর অক্ষের উপর প্রান্তবিন্দু থেকে নির্দিষ্ট দূরত্বে প্রাবল্য নির্ণয়

ⓘ বৃত্তাকার line charge এর জন্য কেন্দ্রে বিভব ও প্রাবল্য হিসাব

ⓙ অর্ধবৃত্তাকার line charge এর জন্য কেন্দ্রে বিভব ও প্রাবল্য হিসাব।

ⓚ Board questions (ⓒⓐ)

তড়িৎক্ষেত্র: কোনো একটি চার্জিত বস্তু তার চারপাশের যে সকল স্থানে অন্য একটি চার্জকে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ করার ক্ষমতা রাখে তাকে ঐ চার্জের তড়িৎক্ষেত্র বলে।



তড়িৎক্ষেত্র প্রাবল্য: একক ধনাত্মক চার্জকে অসীম থেকে নিয়ে কোনো তড়িৎক্ষেত্রের কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুতে স্থাপন করলে সে যে পরিমাণ বল অনুভব করে তাকে ঐ তড়িৎক্ষেত্রের ঐ নির্দিষ্ট বিন্দুর প্রাবল্য বলে।

মনে করি, +q মানের চার্জের জন্য বল = F

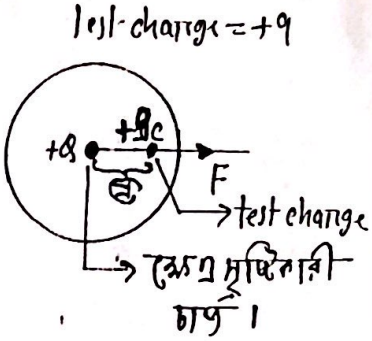
1 " " " " = $\frac{F}{q}$

সংজ্ঞানুসারে তড়িৎক্ষেত্র প্রাবল্য, $E = \frac{F}{q}$

তড়িৎক্ষেত্র প্রাবল্যের একক NC^{-1}।

বিন্দু চার্জের জন্য তড়িৎ প্রাবল্যের রাশিমালা

~~+q~~ +q C চার্জের উপর Q কুলম্ব প্রযুক্ত



বিকর্ষণ বল, $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Qq}{r^2}$

প্রাবল্য, $E = \frac{F}{q}$

$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Qq}{r^2}\cdot\frac{1}{q}$

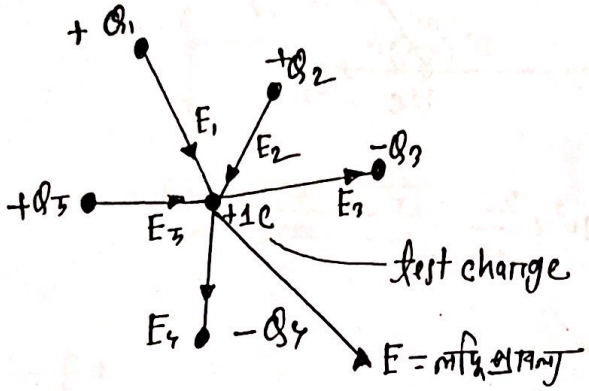
$\Rightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}$

$E \propto Q$ → প্রাবল্য ক্ষেত্র সৃষ্টিকারী চার্জের উপর নির্ভর করে।

$E \propto \frac{1}{r^2}$ → প্রাবল্য test charge ও ক্ষেত্রসৃষ্টিকারী চার্জের মধ্যবর্তী দূরত্বের উপর নির্ভর করে।

প্রাবল্যের উপরিপাতন নীতি :

"কোনো একটি বিন্দু চার্জের উপর যদি দুই বা ততোধিক তড়িৎক্ষেত্র আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল প্রয়োগ করে তবে ঐ চার্জের উপর ঐ বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য হবে ক্ষেত্র সৃষ্টিকারী চার্জগুলো কর্তৃক আলাদা আলাদা প্রাবল্যের ভেক্টর যোগফলের সমান।"



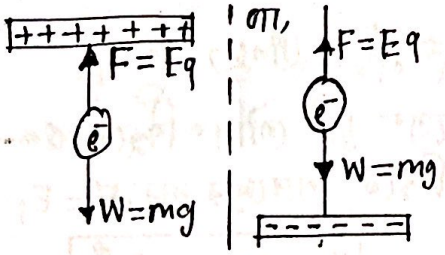
লব্ধিপ্রাবল্য, $\vec{E} = \vec{E_1} + \vec{E_2} + \vec{E_3} + \vec{E_4} + \vec{E_5}$

for n number of field creating charge,

$$\vec{E} = \vec{E_1} + \vec{E_2} + \dots + \vec{E_n}$$

Math problems

(1) কত প্রাবল্যের তড়িৎক্ষেত্রে একটি ইলেকট্রন তার ওজনের সমান বল অনুভব করবে??



$F = W \Rightarrow Eq = mg$

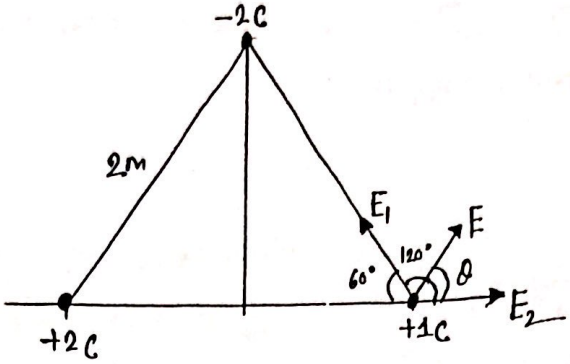
$\Rightarrow E = \frac{mg}{q} = \frac{m_e g}{q_e}$

$= \frac{9.11 \times 10^{-31} \times 9.8}{1.6 \times 10^{-19}}$

$\Rightarrow E = 5.57 \times 10^{-11}\ NC^{-1}$ (Ans.)

② 2m বাহুবিশিষ্ট একটি সমবাহু ত্রিভুজের দুটি কৌণিক বিন্দুতে +2C এবং -2C চার্জ রাখা আছে। ৩য় কৌণিক বিন্দুতে প্রাবল্যের মান ও দিক নির্ণয় করো।

⇒



$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2} = 9\times10^9 \times \frac{2}{2^2}$$

$$= 4.5\times10^9 NC^{-1}$$

$$E_2 = 4.5\times10^{+9} NC^{-1}$$

লব্ধি প্রাবল্য, $E = \sqrt{E_1^2+E_2^2+2E_1E_2\cos120^\circ}$

$$= \sqrt{2(4.5\times10^{+9})^2 - (4.5\times10^{+9})}$$

$$= 4.5\times10^9 NC^{-1} \text{ (Ans.)}$$

$\vec{E_2}$ এর সাথে লব্ধি প্রাবল্যের কোণ, $\theta = \tan^{-1}\frac{E_1\sin120^\circ}{E_2+E_1\cos120^\circ}$

$$= \tan^{-1}\frac{\sin120^\circ}{1+\cos120^\circ}$$

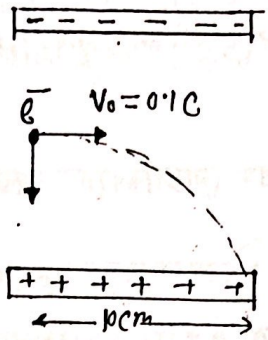
$$= 60^\circ \text{ (Ans.)}$$

Shortcut: a বাহুবিশিষ্ট একটি সমবাহু ত্রিভুজের দুটি কৌণিক বিন্দুতে +Q এবং -Q চার্জ রাখলে ৩য় কৌণিক বিন্দুতে প্রাবল্যের মান, $E = E_1$

প্রাবল্যের দিক $\theta = 60^\circ$

$\boxed{\text{Here, } E_1 = 9\times10^9 \frac{Q}{a^2}}$

Gravity মুক্ত একটি স্থানে 1000 NC^{-1} সুষম তড়িৎক্ষেত্রের মধ্য দিয়ে 0.1 c (c = আলোর বেগ) বেগে একটি ইলেকট্রন ছুড়ে মারলে, ইলেকট্রনটি অনুভূমিক বরাবর 10 cm দূরত্ব অতিক্রম করে। তড়িৎক্ষেত্রের সাথে ইলেকট্রনের বেগ উলম্বভাবে ক্রিয়া করে। ইলেকট্রনটির উলম্ব সরণ কত??



$F = Eq$

$\Rightarrow m_e a = Eq$ [m_e = mass of electron]

$\Rightarrow a = \frac{Eq}{m}$

$x = V_0 t$

$\Rightarrow t = \frac{x}{V_0}$

উলম্ব সরণ, $y = \frac{1}{2} a t^2$

$= \frac{1}{2} \frac{Eq}{m} \left(\frac{x}{V_0}\right)^2$

$= \frac{1}{2} \times \frac{1000 \times 1.6 \times 10^{-19}}{9.11 \times 10^{-31}} \times \left\{\frac{0.1}{(0.1 \times 3 \times 10^8)}\right\}^2$

$\Rightarrow y = 9.7 \times 10^{-4} m$ (Ans.)

(৪) শূন্য মাধ্যমে 1m ব্যবধানে অবস্থিত +6μC এবং -9μC চার্জদ্বয়ের সংযোজক রেখার ঠিক মধ্যবিন্দুতে প্রাবল্য নির্ণয় কর।

(৫) 2m বাহুবিশিষ্ট ABCD বর্গের A, B, C ও D বিন্দুতে যথাক্রমে 4C, -2C, -2C, 4C চার্জ রাখা আছে।

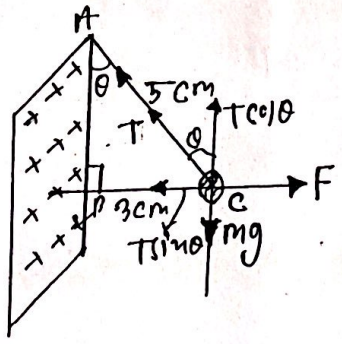
(i) বর্গের কেন্দ্রে প্রাবল্যের মান ও দিক নির্ণয় করো।

(ii) দুটি চার্জের স্থান বিনিময়ে কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য করা সম্ভব কি না??

(৬) +6μC চার্জে চার্জিত একটি 1g ভরের গোলাকককে কত প্রাবল্যের অভিক্ষেত্রে শূন্যে ভাসমান রাখা যাবে??

(৭) 2g ভর ও +2μC চার্জবিশিষ্ট একটি পিতল একটি 5cm সুতা দিয়ে বিনাতক চার্জে চার্জিত একটি দেয়ালের 3cm দূরে অবস্থান করছে। সুতার একপ্রান্ত দেয়ালের শীর্ষবিন্দুতে আটকানো আছে। 3cm দূরের ঐ বিন্দুতে প্রাবল্য কত??

⇒



সুতার টান = T

$AB^2 + BC^2 = AC^2$

$\Rightarrow AB = 4cm$

$\tan\theta = \frac{BC}{AB} = \frac{3}{4}$

$\theta = \tan^{-1}\frac{BC}{AB} = \tan^{-1}\frac{3}{4}$

$= 36.87°$

$T\cos\theta + T\sin\theta = mg$ —(i)

$T\sin\theta = F$

$T\sin\theta = Eq$ —(ii)

$(i \div ii) \Rightarrow \tan\theta = \frac{Eq}{mg}$

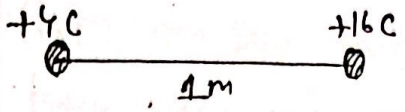
$\Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{Eq}{mg}$

$E = \frac{3mg}{4q}$

$= \frac{3 \times 2\times10^{-3} \times 9.8}{4 \times 2\times10^{-6}}$

$= 7350\ NC^{-1}$

3cm দূরের ঐ বিন্দুতে প্রাবল্য $7350\ NC^{-1}$ (Ans.)



প্রশ্ন:

চার্জদ্বয়ের সংযোজক সরলরেখার —

(i) কোন বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য শূন্য হবে?

(ii) কোন বিন্দুতে প্রাবল্য সমান হবে?

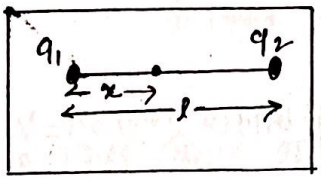
(iii) কোন বিন্দুতে প্রাবল্যের মান সমান হবে??

Shortcut:

লব্ধি প্রাবল্য শূন্য হওয়ার শর্ত:

(i) সমপ্রকৃতির চার্জের ক্ষেত্রে,

ছোট চার্জ হতে ঐ বিন্দুর দূরত্ব, $x = \left(\frac{\sqrt{q_1}}{\sqrt{q_2}+\sqrt{q_1}}\right) l$



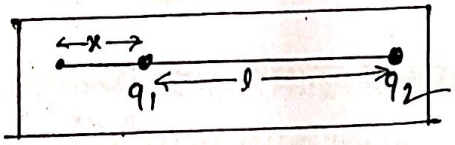
Here, q_1 = ছোট charge

q_2 = বড় charge

l = q_1 ও q_2 এর দূরত্ব

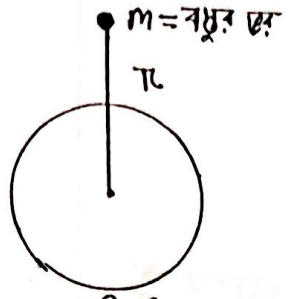
(ii) বিপরীত চার্জের ক্ষেত্রে,

ছোট মানের চার্জ হতে ঐ বিন্দুর দূরত্ব, $x = \frac{\sqrt{q_1}}{\sqrt{q_2}-\sqrt{q_1}} l$



তড়িৎ বিভব এবং তড়িৎ বিভব পার্থক্য
(Electric potential and potential difference)

মহাকর্ষ ক্ষেত্রে বিভব :



বিভব, $V = -\frac{GM}{r}$

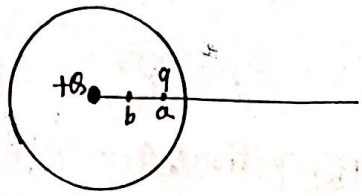
বিভবশক্তি, $E_p = -\frac{GM}{r}m$

when $m = 1kg$, then

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

তড়িৎক্ষেত্রে বিভব :

$F = \frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{Qq}{r^2}$



Extrinsical কর্তৃক q পরিমাণ চার্জকে a থেকে b বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ $= W_{ext}^{a\to b}$

বিভব পার্থক্য : একক ধনাত্মক চার্জকে কোনো তড়িৎক্ষেত্রের এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে স্থানান্তর করতে বাহ্যিক বল দ্বারা কৃতকাজকে ঐ দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য বলে।

q পরিমাণ চার্জ স্থানান্তরে কৃতকাজ $= W_{ext}^{a\to b}$

1 ..... কৃতকাজ, $= \frac{W_{ext}^{a\to b}}{q}$

সংজ্ঞানুসারে, বিভব পার্থক্য, $\Delta V = \frac{W_{ext}^{a\to b}}{q}$

$\Rightarrow \Delta V_{ab} = \frac{W_{ext}}{q}$

$\Rightarrow V_b - V_a = \frac{W_{ext}^{a\to b}}{q}$

বিভব : একক ধনাত্মক চার্জকে অসীম থেকে কোনো তড়িৎক্ষেত্রের কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুতে আনতে বাহ্যিক বল দ্বারা কৃতকাজকে ঐ বিন্দুর বিভব বলে।

অসীম = ক্ষেত্রের বাইরের দূরত্ব। তাই অসীমে বিভব = 0।
অর্থাৎ, $V_\infty = 0$

External কর্তৃক q পরিমাণ চার্জকে অসীম থেকে b বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ $= W_{\infty \to b}^{ext}$

$$V_b - V_\infty = \frac{W_{\infty \to b}^{ext}}{q}$$

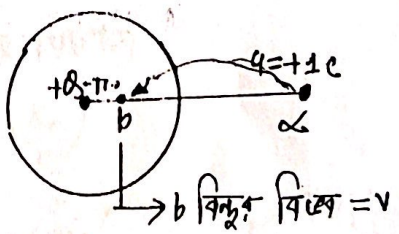
$$\Rightarrow V_b = \frac{W_{\infty \to b}^{ext}}{q}$$

b বিন্দুর বিভব, $V_b = \frac{W_{\infty \to b}^{ext}}{q}$

বিভব স্কেলার রাশি।
বিভবের একক JC^{-1} বা V (ভোল্ট)।

<u>বিন্দু চার্জের জন্য তড়িৎ বিভবের রাশিমালা</u>

একক ধনাত্মক চার্জকে অসীম থেকে মন্থরবেগে (slowly) যেকোনো পথে তড়িৎক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে তড়িৎক্ষেত্রের বিরুদ্ধে বাহ্যিক বল দ্বারা কৃতকাজকে ঐ বিন্দুর বিভব বলে।



$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Qq}{r^2}$$

b বিন্দুর বিভব, $V = \frac{W_{\infty \to b}^{ext}}{q}$

when $q = +1C$, then $V = W_{\infty \to b}^{ext}$

+q পরিমাণ চার্জকে r দূরত্ব থেকে অসীমে নিয়ে যাওয়া হলে,

ক্ষুদ্র কৃতকাজ $dW_{ext}\big|_{r\to\infty} = F_{ext}\, dr \cos 180^\circ$

$= -F_{ext}\, dr$

সুতরাং,

total কৃতকাজ $W\big|_{r\to\infty} = \int dW_{ext}$

$= -\int_r^\infty F_{ext}\, dr$

$= -\int_r^\infty \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}\, dr$

$= -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\left[-\frac{1}{r}\right]_r^\infty$

$= -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\left\{-\frac{1}{\infty} - \left(-\frac{1}{r}\right)\right\}$

$= -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{1}{r}$

সুতরাং,

+q পরিমাণ চার্জকে r দূরত্ব থেকে অসীমে নিয়ে যাওয়া হলে,

total কৃতকাজ, $W\big|_{r\to\infty} = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{1}{r}$

তাহলে, +q পরিমাণ চার্জকে ∞ বা অসীম থেকে r দূরত্ব বা b বিন্দুতে নেওয়া হলে total কৃতকাজ, $W\big|_{\infty\to r} = -\left(-\frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{1}{r}\right)$

$= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{1}{r}$

সুতরাং,

তড়িৎক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর বিভব, $V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{1}{r}$

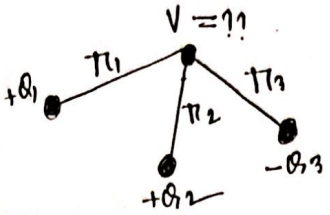
চিহ্নসহ বসবে

Fild creating charge চিহ্নসহ বসবে

Field creating charge হতে P বিন্দুর দূরত্ব

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{Q}{r}$$

বিভবের উপরিপাতন নীতি
(Superposition theory of electric potential)

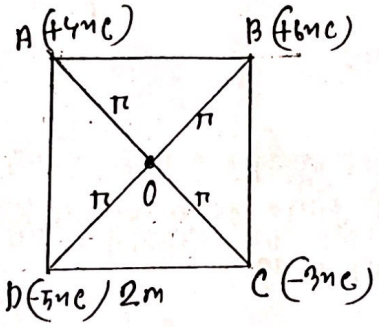


$$V = V_1 + V_2 + V_3$$
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{r} (Q_1 + Q_2 - Q_3)$$

Math problems

① 2m বাহুবিশিষ্ট ABCD বর্গের A, B, C ও D বিন্দুতে যথাক্রমে +4nC, +6nC, −3nC ও −3nC চার্জ রাখা আছে। বর্গের কেন্দ্রে তড়িৎ বিভব কত??

⇒



$\Rightarrow r = \frac{2\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2}m$

কেন্দ্রে বিভব $V_0 = V_{0A} + V_{0B} + V_{0C} + V_{0D}$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{Q_A}{r} + \frac{Q_B}{r} + \frac{Q_C}{r} + \frac{Q_D}{r}\right)$$

$$= 9\times10^9 \cdot \frac{1}{r} (4 + 6 - 3 - 3) \times 10^{-9}$$

$$= \frac{18}{\sqrt{2}}$$

$$= 9\sqrt{2}\ V \text{ (Ans.)}$$

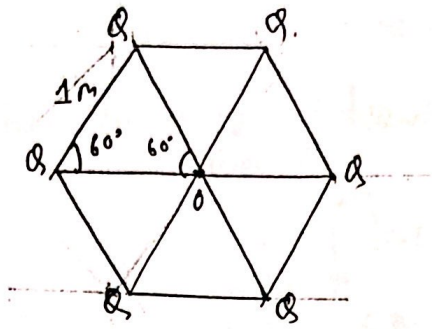
1m ব্যাসার্ধবিশিষ্ট একটি সুষম ষড়ভুজের প্রতিটি কৌণিক বিন্দুতে +2μC মানের চার্জ রাখা আছে। কেন্দ্রে বিভব নির্ণয় কর।

>

$Q = +2\mu C$

$\theta = \frac{360^\circ}{6} = 60^\circ$

$r = 1m$



কেন্দ্রে বিভব, $V_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{r} \cdot 6Q$

$= 9\times10^9 \frac{1}{1} 6\times 2\times10^{-6}$

$= 108\times10^3$

$= 1.08\times10^5 V$

কেন্দ্রে বিভব $= 1.08\times10^5 V$ (Ans)

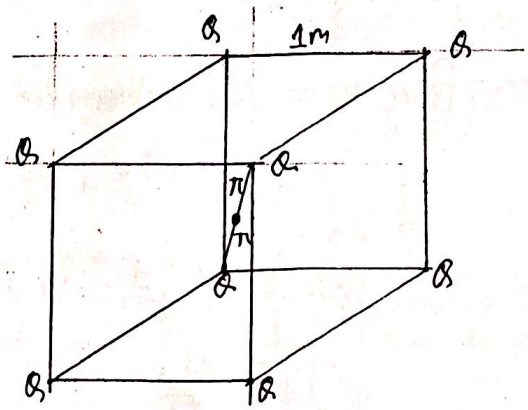
i) 1m ব্যাসার্ধবিশিষ্ট একটি ঘনকের প্রতিটি কৌণিক বিন্দুতে +6μC মানের চার্জ রাখা আছে। ঘনকের কেন্দ্রে তড়িৎ বিভব কত??

ঘনকের কর্ণ = √3 × ব্যাসার্ধের দৈর্ঘ্য

$2r = \sqrt{3}$

$r = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$Q = +6\mu C = 6\times10^{-6} C.$



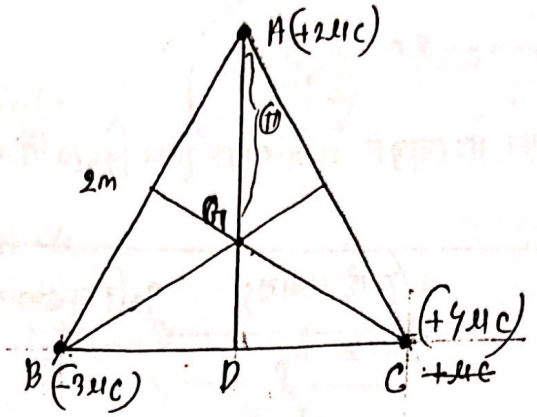
কেন্দ্রে বিভব $V_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{r} 8Q$

$= 9\times10^9 \frac{2}{\sqrt{3}} \times 8\times6\times10^{-6}$

$= 6.235\times10^7 V$ (Ans.)

(৫) 2m বাহুবিশিষ্ট ABC সমবাহু ত্রিভুজের A, B ও C শীর্ষে যথাক্রমে +2μC, −3μC, +4μC চার্জ রাখা আছে। সমগ্রভের ভেদবিন্দুতে বিভব নির্ণয় কর।

⇒



$AD = \sqrt{AB^2 - BD^2}$

$= \sqrt{3}$

$AG : GD = 2:1$

$AG = 2\frac{AD}{(2+1)}$

$= \frac{2\sqrt{3}}{3}$

$AG = \frac{2}{\sqrt{3}}$

সমগ্রভের ভেদবিন্দুতে

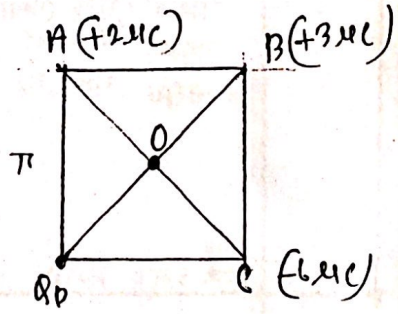
বিভব, $V_0 = 9\times10^9 \cdot \frac{1}{r}(Q_A + Q_B + Q_C)$

$= 9\times10^9 \frac{1}{\frac{2}{\sqrt{3}}}(2+4-3)\times10^{-6}$

$= 27\times10^3 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$

$= 2.33\times10^4$ V (Ans)

(৬) ABCD বর্গের A, B, C ও বিন্দুতে যথাক্রমে +2μC, +3μC, −6μC চার্জ রাখা আছে। D বিন্দুতে কত মানের চার্জ রাখলে বর্গের কেন্দ্রে বিভব শূন্য হবে??



⇒

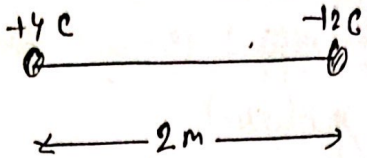
$V_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{1}{r}(+2+3-6+Q_D)$

$\Rightarrow 0 = \cancel{9\times10^9} \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r}(-1+Q_D)$

$\Rightarrow Q_D = 1\ \mu C$

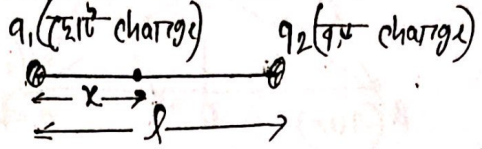
D বিন্দুর চার্জ হতে হবে 1μC. (Ans)

(6)



চার্জদ্বয়ের সংযোজক রেখার কোন বিন্দুতে বিভব শূন্য হবে ??

Shortcut:



(i) ছোটো charge থেকে বিন্দুর দূরত্ব x হলে, বড় charge এর দিকে

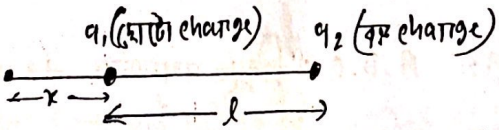
$$x = \frac{l q_1}{q_1 + q_2}$$

চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব

$$x = \frac{l \times \text{ছোটো charge}}{\text{চার্জদ্বয়ের যোগফল}}$$

→ চার্জদ্বয় চিহ্নবিহীন বসাবে

(ii)

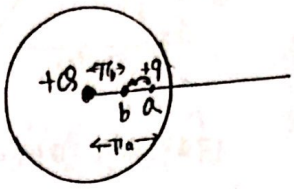


ছোটো charge থেকে বড় charge এর বিপরীত দিকে বিন্দুর দূরত্ব x হলে, $x = \frac{l \times \text{ছোটো charge}}{(\text{বড় charge} - \text{ছোটো charge})}$

(চিহ্নবিহীন বসাবে)

চার্জ স্থানান্তরে কৃতকাজ

+q চার্জকে a বিন্দু থেকে b বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ $= W_{a\to b}^{ext}$



a ও b বিন্দুর বিভবপার্থক্য $= V_b - V_a$

$$\Rightarrow V_b - V_a = \frac{W_{a\to b}^{ext}}{q}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r_b} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r_a} = \frac{W_{a\to b}^{ext}}{q}$$

$$\Rightarrow W_{a\to b}^{ext} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Qq}{1}\left(\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a}\right)$$

$$\Rightarrow W_{a\to b}^{ext} = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a}\right)$$

(*) +q পরিমাণ চার্জকে কোনো তড়িৎ ক্ষেত্রের a বিন্দু থেকে b বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ, $W = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a}\right)$

→ Field creating charge

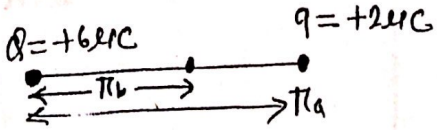
r_b → কোথায় আনলাম

r_a → কোথা থেকে আনলাম

* যখন, $r_a = \infty$,
চার্জ স্থানান্তরে কৃতকাজ, $W = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q.q}{r_b} = Vq$

Math problems

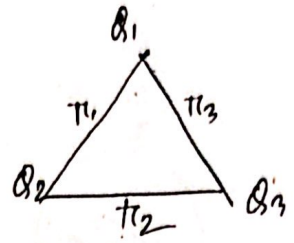
(1) +2μC এবং +6μC চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 10 cm, এদের ব্যবধান 6 cm করতে কৃতকাজ কত হবে??



⇒ $r_a = 10\,cm = 0.1\,m$
$r_b = 6\,cm = 0.06\,m$

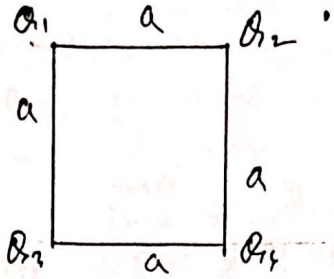
কৃতকাজ, $W = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a}\right) = \frac{(6\times2)\times10^{-6}\times10^{-6}}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{0.06} - \frac{1}{0.1}\right) = 0.72\,J$ (Ans.)

②



তড়িৎক্ষেত্র তৈরিতে মোট বৃত্তপথ —??

③



তড়িৎক্ষেত্র তৈরিতে মোট বৃত্তপথ??

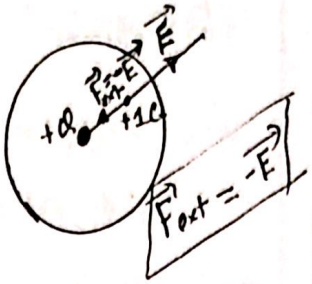
তড়িৎপ্রাবল্য এবং তড়িৎ বিভবের সম্পর্ক

⊞ তড়িৎপ্রাবল্য এবং তড়িৎ বিভবের সম্পর্ক

- Ⓐ Basic আলোচনা
- Ⓑ Case-01 : তড়িৎক্ষেত্র পথান সুষম
  - Ⓐ Basic আলোচনা
  - Ⓑ Math problems
- Ⓒ Case-02 : তড়িৎক্ষেত্র অসম হলে
  - Ⓐ Basic আলোচনা
  - Ⓑ Math problems

Basic আলোচনা :

প্রাবল্য, $E = \frac{F}{q}$



এখন, $q = +1C$ হলে, একক ধনাত্মক চার্জের জন্য —

$\Rightarrow E = F$

$\Rightarrow$ প্রাবল্য = ক্ষেত্র সৃষ্টিকারী চার্জ কর্তৃক $+q = +1C$ এর উপর প্রযুক্ত বল।

$\Rightarrow$ প্রাবল্য = − (external agent দ্বারা $q = +1C$ চার্জের উপর প্রযুক্ত বল)

বিভব = একক ধনাত্মক চার্জ স্থানান্তরে external agent দ্বারা কৃতকাজ।

আমরা জানি,

কৃতকাজ, $W = \vec{F} \cdot \vec{s}$

$= Fs\cos\theta$

$\Rightarrow W = -Fs$ → যখন, θ = (প্রাবল্যের দিক) ^ external agent কর্তৃক প্রযুক্ত বলের দিক

$\theta = 180°$

(*)

কৃতকাজ = প্রযুক্ত বল × সরণ

(External agent দ্বারা $q = +1C$ চার্জ স্থানান্তরে কৃতকাজ) — External agent দ্বারা $q = +1C$ চার্জের উপর প্রযুক্ত বল

$\Rightarrow$ বিভব = −প্রাবল্য × সরণ

$\Rightarrow V = -Er$

$\boxed{\text{বিভব} = -\text{প্রাবল্য} \times \text{সরণ}}$

বিভব পার্থক্য = −প্রাবল্য × সরণের পার্থক্য

$\Delta V = -E \cdot \Delta r$

$\Delta V = -\vec{E} \cdot \Delta \vec{r}$

$$\boxed{\Delta V = -\vec{E} \cdot \Delta \vec{r}}$$

→ math করতে লাগবে

পরিবর্তনশীল বল দ্বারা কৃতকাজের ক্ষেত্রে,

ক্ষুদ্র কৃতকাজ, $dw = F dx$

total কৃতকাজ $W = \int_{x_i}^{x_f} dw$

$= \int_{x_i}^{x_f} F dx$

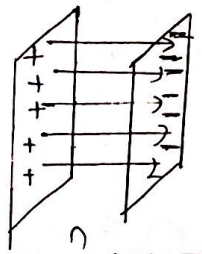
$\Rightarrow W = \int_{x_i}^{x_f} \vec{F} \cdot d\vec{x}$

Case-01: তড়িৎক্ষেত্র যখন সুষম

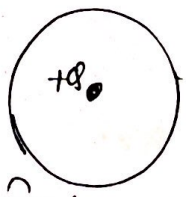
Basic আলোচনা:

সুষম তড়িৎক্ষেত্র: যে তড়িৎক্ষেত্রের প্রতিটা পয়েন্টে তড়িৎপ্রাবল্যের মান সমান বা ধ্রুব থাকে, সেই তড়িৎক্ষেত্র হলো সুষম তড়িৎক্ষেত্র। That means, E = uniform constant

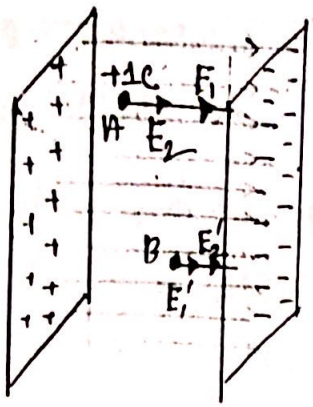
সুষম তড়িৎক্ষেত্র তৈরিতে uniform charge দরকার হয়।



সুষম তড়িৎক্ষেত্র



বিন্দু charge এর জন্য তড়িৎক্ষেত্র যা সুষম তড়িৎক্ষেত্র নয়।



$E_1 = +1C$ চার্জের উৎস positive charge গুলোর বিকর্ষণজনিত প্রাবল্য

$E_2 = +1C$ চার্জের উৎস negative charge গুলোর আকর্ষণজনিত প্রাবল্য

সুতরাং, A বিন্দুতে তড়িৎপ্রাবল্য, $E = E_1 + E_2$

B বিন্দুতে তড়িৎপ্রাবল্য, $E' = E_1' + E_2'$

যেহেতু সুষম তড়িৎক্ষেত্র, তাই —
A বিন্দুর প্রাবল্য = B বিন্দুর প্রাবল্য

$\Rightarrow E = E'$

বিভব পার্থক্য,
$$\Delta V = -\vec{E}\cdot\Delta\vec{r}$$

Math problems

(1) 10NC⁻¹ মানের সুষম তড়িৎক্ষেত্রের Surface দুটোর মধ্যবর্তী দূরত্ব 2m। ঋণাত্মক চার্জবিশিষ্ট surface এর বিভব 20V হলে ধনাত্মক চার্জবিশিষ্ট surface এর উৎসমুখ একটি বিন্দুর বিভব কত??

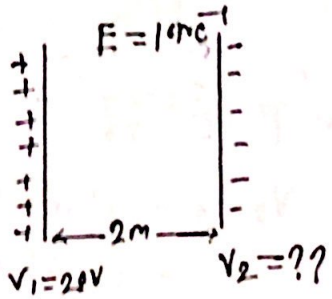
$\Rightarrow$ বিভব পার্থক্য, $\Delta V = -\vec{E}\cdot\Delta\vec{r}$

$\Rightarrow V_2 - V_1 = -E.\Delta r\cos 0°$

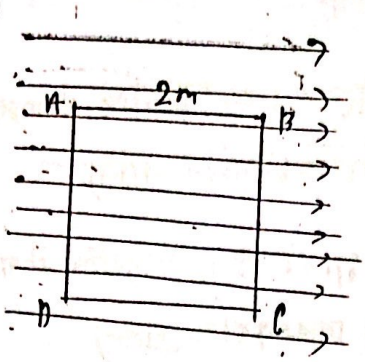
$\Rightarrow V_2 = V_1 - E\Delta r$

$= 20 - 10\times 2$

$\Rightarrow V_2 = 0\,V$ (Ans.)



②



$10\ NC^{-1}$ মানের সুষম তড়িৎক্ষেত্রে 2m বাহুবিশিষ্ট একটি চতুর্ভুজ স্থাপন করা হলো।

(i) $V_D - V_A = ??$

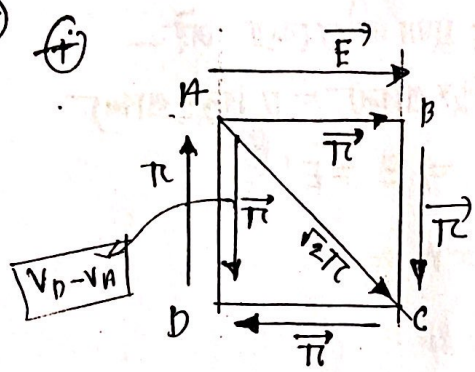
(ii) $V_C - V_B = ??$

(iii) $V_D - V_C = ??$

(iv) $V_D - V_A = ??$

(v) $V_C - V_A = ??$

⇒ (+)



(i) $V_B - V_A = -\vec{E}\cdot\vec{r}$

$= -Er\cos 0°$

$= -10\times 2$

$= -20V$

(ii) $\vec{E}\wedge\vec{r} = 90°$

$V_C - V_B = -\vec{E}\cdot\vec{r}$

$= -Er\cos 90°$

$= 0\ V$

(iii) $\vec{E}\wedge\vec{r} = 180°$

$V_D - V_C = -\vec{E}\cdot\vec{r}$

$= -Er\cos 180°$

$= -10\times 2(-1)$

$= \cancel{40}\ 20V$

(iv) $\vec{E}\cdot\vec{r} = 90°$

$V_D - V_A = -\vec{E}\cdot\vec{r}$

$= -Er\cos 90°$

$= 0\ V$

(v) $\vec{E}\wedge(2\vec{r}) = 45°$

$V_C - V_A = -\vec{E}\cdot(\sqrt{2}\vec{r})$

$= -E\cdot\sqrt{2}\cdot 2\cos 45°$

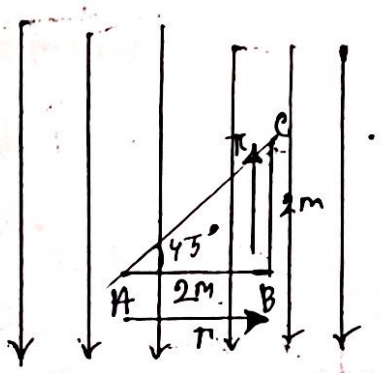
$= -10\times\sqrt{2}\cdot\frac{2}{\sqrt{2}}$

$= -20\ V$ (Ans)

৩) 10 NC মানের একটি সুষম তড়িৎক্ষেত্রে A, B, C তিনটি বিন্দু। A, B এবং B, C এর সংযোগ রেখাদ্বয় পরস্পর লম্ব। তড়িৎক্ষেত্রের দিক AB এর সাথে 90° উৎপন্ন করে। AB = BC = 2m

(i) +2 μC চার্জকে A থেকে B হয়ে C বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ নির্ণয় কর।

(ii) +2 μC চার্জকে সরাসরি A থেকে C বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ নির্ণয় কর।



(i) A থেকে B হয়ে C বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ $= W_{A\to B\to C}$

$$= W_{A\to B} + W_{B\to C}$$

$$= (V_B - V_A)q + (V_C - V_B)q$$

$$= (\Delta V_{BA} + \Delta V_{CB})q$$

$$= (-\vec{E}\cdot\Delta\vec{r} + -\vec{E}\cdot\Delta\vec{r})q$$

$$= (E\,\Delta r\cos 90^\circ + (-E\,\Delta r\cos 180^\circ))q$$

$$= 0 + Erq$$

$$= 10\times 2\times 2\times 10^{-6}$$

$$= 4\times 10^{-5}\ J \text{ (Ans.)}$$

(ii) A থেকে সরাসরি C বিন্দুতে নিতে কৃতকাজ, $W_{A\to C} = (V_C - V_A)q$

$= \Delta V_{CA} \cdot q$

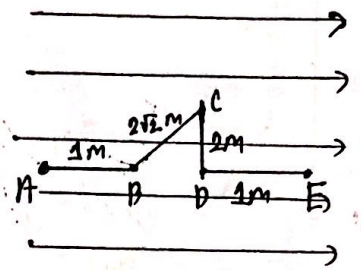
$= -\vec{E}\cdot\vec{r}\cdot q$

$= -(Er\cos 135^\circ)q$

$= -(10 \times 2\sqrt{2}\cos 135^\circ)2\times10^{-6}$

$= 4\times10^{-5}$ J (Ans)

(4)



সুষম তড়িৎক্ষেত্র, E = 10NC⁻¹

(i) $V_A - V_B = ??$

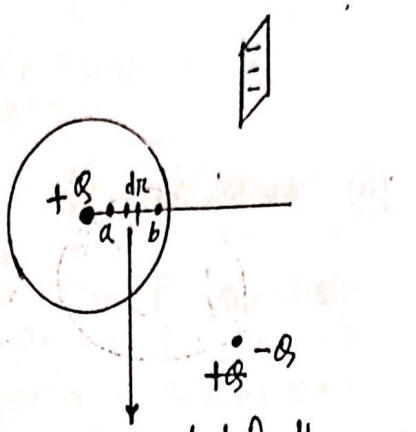
(ii) $V_E = V_E - V_D = ??$

(iii) $V_C - V_D = ?$

(iv) +3μC চার্জকে A থেকে B, C, D হয়ে E বিন্দুতে নিতে কৃতকাজ = ??

(v) +3μC চার্জকে সরাসরি A থেকে E তে নিতে কৃতকাজ ??

Case-02: যখন ক্ষেত্র অসম হলে



E is constant for the primary portion

$dr \to 0$

বিভব পার্থক্য, $dV = -\vec{E}\cdot d\vec{r}$ (for uniform field)

খুব ছোট portion, dr এর জন্য

$$dV = -\vec{E}\cdot d\vec{r}$$

সুতরাং total অংশের জন্য,

$$\Delta V = \int dV$$

$$= \int_{r_a}^{r_b} -\vec{E}\cdot d\vec{r}$$

$$= -\int_{r_a}^{r_b} \vec{E}\cdot d\vec{r}$$

$$\Delta V = -\int_{r_a}^{r_b} \vec{E}\cdot d\vec{r}$$

Math: $E = (2x^2+4x-3)\ NC^{-1}$

(i) (2,0) বিন্দু থেকে (4,0) বিন্দুর বিভব পার্থক্য নির্ণয় কর।

(ii) (2,0) বিন্দু থেকে (4,0) বিন্দুতে +3μC চার্জ স্থানান্তরে কৃতকাজ ???

Soln: (i) বিভব পার্থক্য, $dV = -\int \vec{E}\cdot d\vec{x}$

$d\vec{x} = dx\,\hat{i}$

$E = 2x^2+4x-3$

$\vec{E} = (2x^2+4x-3)\,\hat{i}$

$$= -\int \vec{E}\, d\vec{x}$$

$$= -\int_2^4 (2x^2+4x-3)\,\hat{i}\cdot dx\,\hat{i}$$

$$= -\int_2^4 (2x^2+4x-3)\,dx$$

$$= -\left[2\frac{x^3}{3} + 4\frac{x^2}{2} - 3x\right]_2^4$$

বিভব পার্থক্য, $\Delta V = -\left(\frac{64\times2}{3} + \frac{64}{2} - 12 - \frac{2\times8}{3} - \frac{4\times4}{2} + 6\right)$

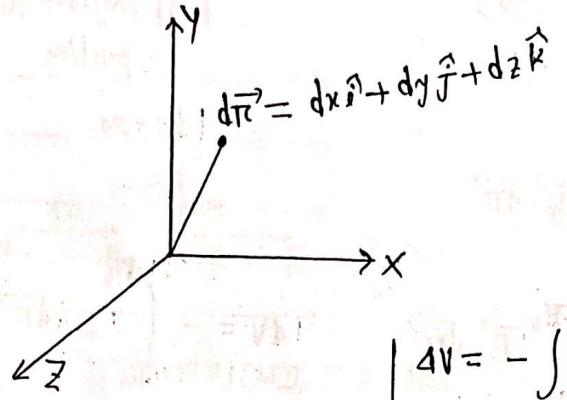
$= -55.33\ V$ (Ans.)

(ii) কৃতকাজ, $W = \Delta V q$

$= -55.33 \times 3\times10^{-6}$

$= -1.6599\times10^{-4}\ J$. (Ans.)

*



$\vec{E} = E_x\hat{i} + E_y\hat{j} + E_z\hat{k}$

$d\vec{r} = dx\hat{i} + dy\hat{j} + dz\hat{k}$

$\Delta V = -\int \vec{E}\cdot d\vec{r}$

$= -\int (E_x\hat{i} + E_y\hat{j} + E_z\hat{k})\cdot(dx\hat{i} + dy\hat{j} + dz\hat{k})$

$= -\int (E_x\,dx + E_y\,dy + E_z\,dz)$

$\Delta V = -\int_{x_i}^{x_f} E_x\,dx - \int_{y_i}^{y_f} E_y\,dy - \int_{z_i}^{z_f} E_z\,dz$

<u>Math:</u> $\vec{E} = (2x\hat{i} + 3y\hat{j} + 4z\hat{k})\ NC^{-1}$

(2, 0, 4) থেকে (4, 0, 3) বিন্দুতে বিভব পার্থক্য??

চার্জ এবং ভরের সম্পর্ক / তুলনা

চার্জ	ভর
① চার্জের প্রকৃতি দুই ধরনের। (+ve), (-ve)	① ভরের প্রকৃতি সর্বদা একই রকম
② ভর ব্যতীত চার্জ অস্তিত্বহীন	② চার্জ ব্যতীত ভর অস্তিত্বশীল
③ বেগের উপর চার্জ নির্ভর করে না	③ বেগের উপর ভর নির্ভর করে। $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$
④ চার্জদ্বয়ের মধ্যকার বলের প্রকৃতি 2 রকম। (i) আকর্ষণ, (ii) বিকর্ষণ	④ ভরের মধ্যকার বল সর্বদা আকর্ষণধর্মী।
⑤ তড়িৎ প্রাবল্য, $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}$	⑤ প্রাবল্য, $E = \frac{GM}{r^2}$
⑥ তড়িৎ বিভব, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r}$	⑥ মহাকর্ষীয় বিভব, $V = -\frac{GM}{r}$

চার্জ ঘনত্ব (Charge density)

Point Charge (বিন্দু আধান)

$+Q$

বিন্দু চার্জের চার্জ ঘনত্ব নেই

Line charge (রৈখিক চার্জ)

+ + + + + Q

← l →

line charge density = একক দৈর্ঘ্যে যতটুকু charge

l দৈর্ঘ্যে charge = Q

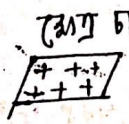
1 " " = $\frac{Q}{l}$

line charge density, $\lambda = \frac{Q}{l}$

unit = cm^{-1}

= coulomb/meter

Surface charge (ক্ষেত্র চার্জ)



Charge = Q

Area = A

চার্জ ঘনত্ব = একক ক্ষেত্রফলে যতটুকু চার্জ

Surface charge density, $\sigma = \frac{Q}{A}$

unit = cm^{-2}

coulomb/meter^2

Volume charge (আয়তন চার্জ)

Charge = Q

volume = V

নিরেট পরিবাহী গোলক

চার্জ ঘনত্ব = একক আয়তনে যতটুকু চার্জ

volume charge density, $\rho = \frac{Q}{V}$

unit = coulomb/meter^3

তলমাত্রিক চার্জ ঘনত্ব : কোনো পরিবাহীর একক ক্ষেত্রফলে যে পরিমাণ চার্জ থাকে, তা-ই হলো চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব বা surface charge density।

$$\text{চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব}, \sigma = \frac{Q}{A}$$

$A \rightarrow$ Area

Math problem

(1) 0.1m এবং 0.2m ব্যাস বিশিষ্ট দুটি পরিবাহী গোলকে 5×10^{-6} C এবং 10×10^{-6} C চার্জ রাখা আছে। গোলকদ্বয়ের চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্বের তুলনা করো।

⇒ পরিবাহী গোলক বলা থাকলে বুঝে নিতে হবে পাতলা পুরুত্বের পরিবাহী গোলক, যার ক্ষেত্রফল consider করব বা But আয়তন consider করবো না।

$r_1 = \frac{0.1}{2} = 0.05m$

$Q_1 = 5\times10^{-6}C$

চার্জ ঘনত্ব $= \sigma_1$

$$\sigma_1 = \frac{Q_1}{A_1}$$

$$\sigma_1 = \frac{5\times10^{-6}}{4\pi r_1^2} = \frac{5\times10^{-6}}{4\pi\, 0.05^2} = 1.6\times10^{-4}\ Cm^{-2}$$

$r_2 = \frac{0.2}{2} = 0.1m$

$Q_2 = 10\times10^{-6}$

চার্জ ঘনত্ব, $\sigma_2 = \frac{Q_2}{A_2}$

$$= \frac{10\times10^{-6}}{4\pi r_2^2} = \frac{10\times10^{-6}}{4\times3.1416\times0.1^2}$$

$$\sigma_2 = 7.95\times10^{-5}$$

$$= 0.8\times10^{-4}\ Cm^{-2}$$

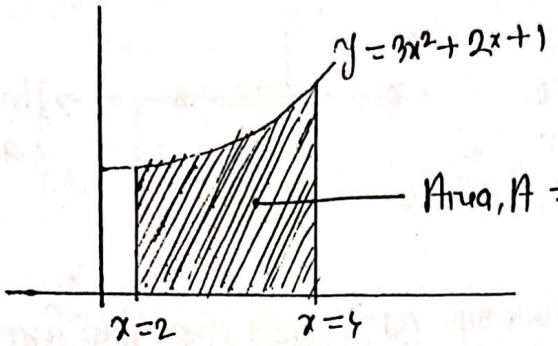
$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{1.6\times10^{-4}}{0.8\times10^{-4}}$$

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = 2$$

$\sigma_1 : \sigma_2 = 2:1$ (Ans)

$3x^2+2x+1$, $x=2$, $x=4$ দ্বারা আবদ্ধ ক্ষেত্রফলে +35 C চার্জ আছে। চার্জের ঘনত্ব কত??

⇒



$Q = +35C$

Area, $A = \int_2^4 y\,dx$

$= \int_2^4 (3x^2+2x+1)\,dx$

$= \left[\frac{3x^3}{3} + \frac{2x^2}{2} + x\right]_2^4$

$\Rightarrow A = 70 m^2$

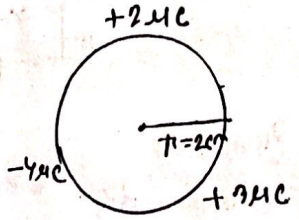
চার্জ ঘনত্ব, $\sigma = \frac{Q}{A}$

$= \frac{35}{70}$

$= 0.5\ Cm^{-2}$ (Ans)

(3) 2cm ব্যাসার্ধবিশিষ্ট সরু সুষম পরিবাহী বৃত্তাকার তারে +2μC, +3μC ও −4μC চার্জ দেওয়া হলো। চার্জ ঘনত্ব কত??

⇒ চার্জ ঘনত্ব, $\lambda = \frac{Q}{l}$



$= \frac{(2+3-4)\times 10^{-6}}{2\pi r}$

$= \frac{10^{-6}}{2\times 3.1416\times 2\times 10^{-2}}$

$= 7.95\times 10^{-6}\ Cm^{-1}$

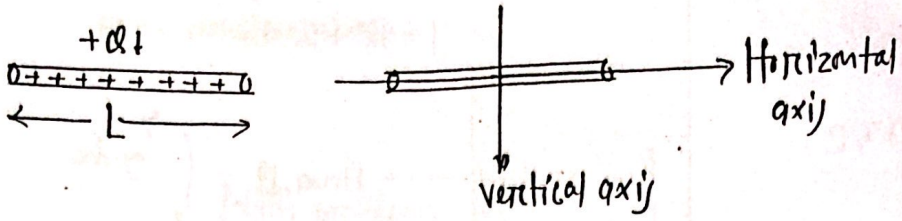
(4) একটি নিরেট পরিবাহী সিলিন্ডারের উচ্চতা 5cm, ব্যাসার্ধ 1cm। এতে মোট +10μC চার্জ আছে। চার্জ ঘনত্ব কত??

$Q = +10\mu C$
$V = \pi r^2 h$

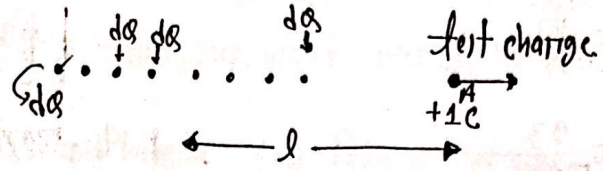
⇒ চার্জ ঘনত্ব, $\rho = \frac{Q}{V} = \frac{10\times 10^{-6}}{3.1416\times (1\times 10^{-2})^2\times 5\times 10^{-2}}$

$\rho = 0.6366\ Cm^{-3}$ (Ans)

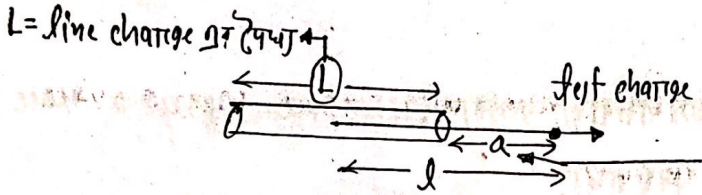
একটি line charge এর প্রান্তবিন্দু হতে এর অক্ষের উপর নির্দিষ্ট দূরত্বে প্রাবল্য নির্ণয়



line charge টাকে অসংখ্য ছোটো ছোটো বিন্দু চার্জ চিন্তা করতে হবে।



dQ ক্ষুদ্র charge এর জন্য A বিন্দুতে ক্ষুদ্র প্রাবল্য, $dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{dQ}{r^2}$



$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{dQ}{l^2}$

a = প্রান্তবিন্দু থেকে test charge এর দূরত্ব

l = line charge এর মধ্যবিন্দু থেকে test charge এর দূরত্ব

ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্য = dl

ক্ষুদ্র charge = dQ

ক্ষুদ্রপ্রাবল্য = $dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{dQ}{l^2}$

চার্জ ঘনত্ব, $\lambda = \frac{Q}{L}$

ক্ষুদ্র অংশের জন্য, $\lambda = \frac{dQ}{dl}$

$\Rightarrow dQ = \lambda\, dl$

$$\boxed{dQ = \lambda\, dl}$$

প্রাবল্য, $E = \int dE$

$$= \int \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{dQ}{l^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{\lambda dl}{l^2} = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\int_a^{L+a}\frac{dl}{l^2}$$

$$= \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\left[-\frac{1}{l}\right]_a^{L+a} = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\left\{\frac{-1}{L+a}+\frac{1}{a}\right\}$$

$$E = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{L+a}\right)$$

*** line charge এর অক্ষের উপর প্রান্তবিন্দু হতে

a দূরত্বে প্রাবল্য, $E = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{L+a}\right)$

λ = চার্জ ঘনত্ব

L = Line charge এর দৈর্ঘ্য

a = প্রান্ত বিন্দু হতে test charge এর দূরত্ব

বিভব নির্ণয়:

ক্ষুদ্র বিভব, $dV = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{dQ}{l}$

$$\Rightarrow V = \int dV = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int\frac{dQ}{l}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int\frac{\lambda dl}{l}$$

$$= \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\int\frac{dl}{l}$$

$$= \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\int_a^{L+a}\frac{dl}{l}$$

$$= \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\left[\ln l\right]_a^{L+a}$$

$$= \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\left\{\ln(L+a)-\ln a\right\}$$

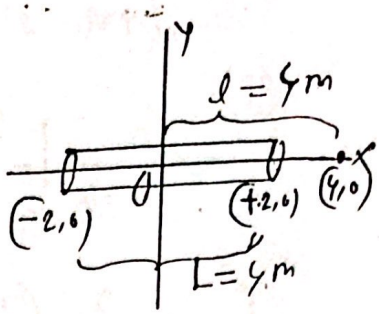
$$V = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\ln\left(\frac{L+a}{a}\right) = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\ln\left(1+\frac{L}{a}\right)$$

*** line charge এর অক্ষের উপর প্রান্তবিন্দু হতে a দূরত্বে কোনো বিন্দুতে বিভব,

$$V = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\ln\left(1+\frac{L}{a}\right)$$

Math problem-01: (−2,0) বিন্দু হতে (+2,0) বিন্দু পর্যন্ত +10C মানের একটি line charge রাখা আছে। (4,0) বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য ও বিভব নির্ণয় কর।

Solution:



তড়িৎ প্রাবল্য, $E = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{L+a}\right)$

$= \frac{\frac{Q}{l}}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{L+a}\right)$

$= (10/4) \times 9\times10^9 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6}\right)$

$= 7.5\times10^9\ NC^{-1}$ (Ans)

তড়িৎ বিভব $V = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \ln\left(1+\frac{L}{a}\right)$

$= \frac{Q}{l}\times 9\times10^9 \times \ln\left(1+\frac{4}{2}\right)$

$= \left(\frac{10}{4}\right)\times 9\times10^9 \times \ln(1+2)$

$= 2.47\times10^{10}\ V$ (Ans)

বৃত্তাকার line charge এর অক্ষ কেন্দ্রে বিভব ও প্রাবল্য হিসাব

বৃত্তাকার line charge এর অক্ষ কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য।

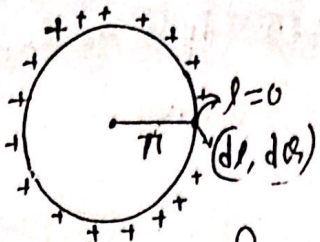
$\vec{E_1} = -\vec{E_2}$

$\vec{E_1} + \vec{E_2} = 0$

$\vec{E_3} = -\vec{E_4}$

$\vec{E_3} + \vec{E_4} = 0$

কেন্দ্রে লব্ধি প্রাবল্য = 0



প্রস্থে সুষমভাবে ছড়িয়ে থাকা মোট চার্জের পরিমাণ $= Q$

line charge এর খুব ক্ষুদ্র একটা অংশ $= dl$

dl ক্ষুদ্র অংশে ক্ষুদ্র charge $= dQ$ (যা $(Q \to 0)$)

dQ ক্ষুদ্র charge জনিত ক্ষুদ্র বিভব $= dV$

$$dV = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{dQ}{r}$$

total বিভব, $V = \int dV = \int \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{dQ}{r}$

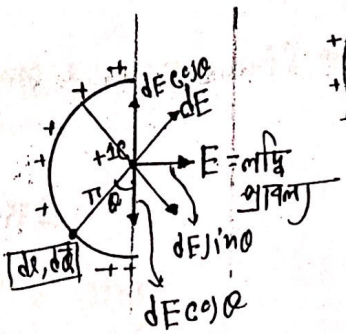
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{1}{r}\int dQ$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{1}{r}[Q]_0^Q$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r}$$

বৃত্তাকার line charge এর জন্য কেন্দ্রে বিভব, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r}$

অর্ধবৃত্তাকার line charge এর জন্য কেন্দ্রে বিভব ও প্রাবল্য নির্ণয়



প্রস্থে ছড়িয়ে থাকা মোট charge $= Q$

রৈখিক ঘনত্ব, $\lambda = \frac{Q}{\text{length}}$

$$= \frac{Q}{\pi r}$$

dQ ক্ষুদ্র অংশে চার্জের পরিমাণ $= dQ$

$$\lambda = \frac{dQ}{dl}$$

$$\Rightarrow dQ = \lambda dl = \lambda \pi r \quad \cancel{\boxed{l = \pi r}}$$

চিত্রে $dE\cos\theta$, cancel out হবে। এরূপ প্রতিটি $dE\cos\theta$, cancel out হবে।

সুতরাং লব্ধিপ্রাবল্য হবে $dE\sin\theta$ সমূহের সমষ্টি।

total বা লব্ধি প্রাবল্য, $E = \int dE\sin\theta$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{dQ}{r^2}\sin\theta$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{1}{r^2}\int dQ\sin\theta$$

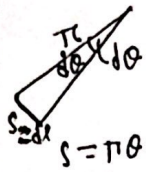
$$= \cancel{\frac{\lambda\pi r}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{1}{r^2}\int_0^{\pi}\sin\theta}$$

$$= \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{\pi}{r^2}\int_0^{\pi}\sin\theta\, d\theta$$

$$= \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{1}{r}\left[-\cos\theta\right]_0^{\pi}$$

$$= \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\left\{-(\cos\pi - \cos 0^\circ)\right\}$$

$$E = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 r}\cdot 2 = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$$



$s = r\theta$

$dl = r\,d\theta$

$dQ = \lambda\, dl$

$= \lambda r\, d\theta$

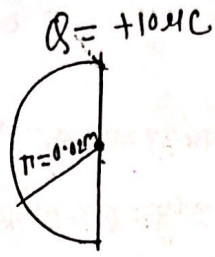
Formula:

⊛ অর্ধবৃত্তাকার line charge এর কেন্দ্রে প্রাবল্য, $E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$

এবং বিভব, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r}$

Math problem: 2cm ব্যাসার্ধবিশিষ্ট একটি অর্ধবৃত্তাকার তারে +10μC চার্জ আছে। এর কেন্দ্রে বিভব ও প্রাবল্য কত হবে??

Solution:



প্রাবল্য, $E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$

$= \frac{\frac{Q}{\pi r}}{2\pi\epsilon_0 r}$

$= \frac{\frac{10\times10^{-6}}{3.1416\times0.02}}{2\times3.1416\times8.854\times10^{-12}\times0.02}$

$= \frac{2Q}{4\pi\epsilon_0 \pi r^2}$

$= 9\times10^9\times2\times10\times10^{-6}\times3.1416\times0.02^2$

$= 22.619\ NC^{-1}$ (Ans)

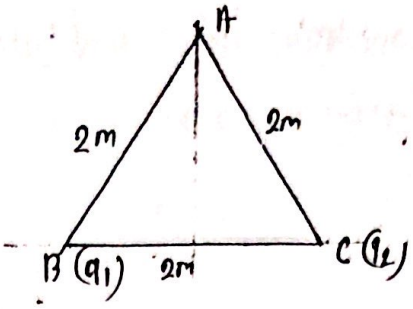
বিভব, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r}$

$= 9\times10^9\times\frac{10\times10^{-6}}{0.02}$

$= 90\times10^3\frac{1}{0.02}$

$= 4.5\times10^6\ V$ (Ans.)

Dhaka Board-2019:



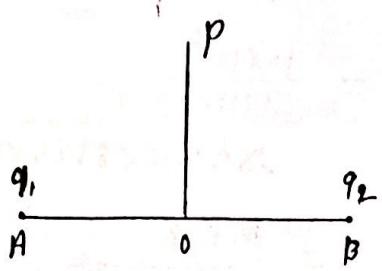
$q_1 = 3\times10^{-9}C$

$q_2 = 3\times10^{-9}C$

ⓒ A বিন্দুতে বিভবের মান কত??

ⓓ A বিন্দুতে 2kg ভরের একটি বস্তু ঝুলিয়ে রাখতে হলে কী বৈদ্যুতিক ব্যবস্থা নিতে হবে?? বিশ্লেষণ কর।

Rajshahi Board-2019:

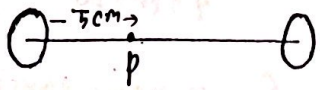


A ও B বিন্দুতে চার্জের পরিমাণ যথাক্রমে $q_1 = -4\times10^{-6}C$ এবং $q_2 = -4\times10^{-6}C$। এখানে, $OP = OA = OB = 10\ cm$ এবং $OP \perp AB$.

ⓒ q_1 ও q_2 চার্জের জন্য O বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য একই হবে কিনা??

ⓓ বর্ণিত চার্জদ্বয়ের জন্য O ও P বিন্দুর প্রাবল্য একই হবে কিনা??

Jashore Board-2019:

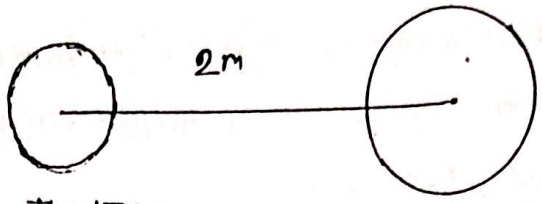


সমান ব্যাসার্ধের দুটি গোলক A ও B শূন্যস্থানে পরস্পর থেকে 15cm দূরে অবস্থিত। A ও B গোলকে চার্জ যথাক্রমে $3\times10^{-12}C$ ও $12\times10^{-12}C$।

ⓒ P বিন্দুতে তড়িৎ বিভব নির্ণয় কর।

ⓓ P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হতে পারে কি?? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

Rajshahi Board-2023:



$r_1 = 15cm$ $\quad$ $r_2 = 25cm$

$Q_1 = -2.25\mu C$ $\quad$ $Q_2 = -6\mu C$

(ক) গোলকের সংযোজক সরলরেখা বরাবর নিরপেক্ষ বিন্দুর অবস্থান বের করো।

(খ) গোলকদ্বয় পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে গোলকদ্বয়ের চার্জের পরিমাণের তুলনামূলক বিশ্লেষণ করো।

Sylhet Board-2022:

দুটি একই রকমের ক্ষুদ্র ধাতব বলে যথাক্রমে $+3\mu C$ এবং $-12\mu C$ আধান আছে। এরা বায়ুতে 3 cm ব্যবধানে থাকলে এদের মধ্যে তড়িৎ আকর্ষণ বল ক্রিয়া করে। পরবর্তীতে বল দুটি পরস্পরের সাথে স্পর্শ করিয়ে পুনরায় 3 cm ব্যবধানে রাখা হলো।

(ক) প্রথম ক্ষেত্রে তড়িৎ আকর্ষণ বলের মান নির্ণয় কর।

(খ) উদ্দীপকের ২য় ক্ষেত্রে তড়িৎ বলের প্রকৃতি পূর্বের সমান না ভিন্ন হবে??

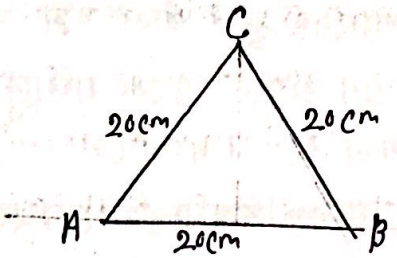
Barisal Board-2022:

একটি গোলকের পরিবাহীতে ৫টি প্রোটনের সমপরিমাণ চার্জ দেয়া আছে। গোলকের ব্যাসার্ধ 0.5 m। মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক 1.005, $\frac{1}{4\pi\epsilon} = 9\times10^{9}\ Nm^{2}C^{-2}$।

ক) গোলকটির কেন্দ্র থেকে 0.8 m দূরের কোনো বিন্দুতে তড়িৎ বিভব নির্ণয় কর।

খ) উদ্দীপকের চার্জিত গোলকের পরিবাহীটিকে যদি সমান ব্যাসার্ধের ৫টি গোলকে বিভক্ত করা হয় যাতে প্রত্যেক গোলকে চার্জ সমভাবে বণ্টিত হয় তাহলে পরিবর্তিত পরিবাহীর পৃষ্ঠের বিভব পূর্বের পরিবাহীর পৃষ্ঠের বিভবের এক পঞ্চমাংশ হবে কি না??

Chittagong Board-2022:



ক) 'C' বিন্দুতে তড়িৎপ্রাবল্যের মান কত??

খ) 'C' বিন্দুর তড়িৎপ্রাবল্যের দিক নির্ণয় কর।

A ও B বিন্দুতে 150C করে চার্জ দেওয়া আছে।

BUET→06-07 20 μC বিশিষ্ট একটি চার্জ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র তৈরি করে। চার্জটি থেকে 10 cm এবং 5 cm দূরত্বে দুটি বিন্দুর অবস্থান। একটি বিন্দু হতে অপর বিন্দুতে ইলেকট্রন নিতে কাজের পরিমাণ বের করো।

BUET→08-09 $3\times10^{-10}C$ আধানযুক্ত একটি গোলাকার তেলের ফোঁটার তলের বিভব 500V, যদি এরকম দুটি ফোঁটা মিলে একটি গোলাকার ফোঁটার সৃষ্টি হয়, তাহলে উক্ত ফোঁটার তলের বিভব কত হবে?? [$\epsilon_0 = 8.85\times10^{-12}C^2/Nm^2$]

BUET-14-15 প্রতিটি 220V এ চার্জিত সমআকারের আটটি গোলাকার ছোট ফোঁটাকে মিলিত করে ১টি বড় ফোঁটায় পরিণত করা হলো। বড় ফোঁটার বিভব কত হবে??