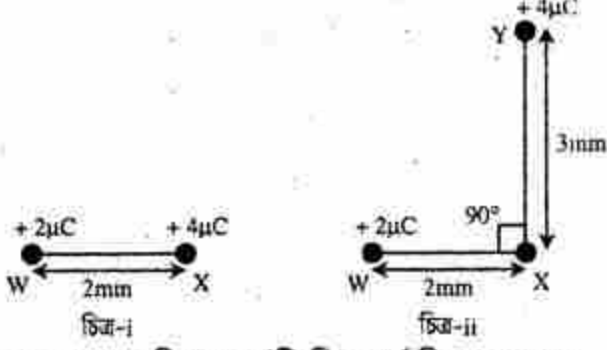


এইস এস সি পদার্থবিজ্ঞান

অধ্যায়-২: স্থির তড়িৎ

প্রশ্ন ১



চিত্র (i) এ W এবং X বিন্দুতে দু'টি বিন্দুচার্জ স্থির রয়েছে।

[সি. বো. ২০১৭]

- ধারকত্ব কী?
- কোনো বর্তনীতে কোষের অভ্যন্তরীণ রোধের ভূমিকা কী?
- $+2\mu\text{C}$ চার্জটির উপর ক্রিয়াশীল বল নির্ণয় করো।
- W বিন্দুতে $+2\mu\text{C}$ চার্জটিকে স্থির রেখে $+4\mu\text{C}$ চার্জটিকে Y বিন্দুতে সরানো হল (চিত্র-ii)। চিত্র (i) অবস্থানে এবং চিত্র (ii) অবস্থানে $+4\mu\text{C}$ চার্জটির তড়িৎ বিভবের কোনো পরিবর্তন হবে কি? বিশ্লেষণ কর।

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পরিবাহীর বিভব একক পরিমাণ বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ চার্জের প্রয়োজন হয় তাই ঐ পরিবাহীর চার্জ ধারকত্ব বা সংকেপে ধারকত্ব।

খ প্রত্যেক তড়িৎ উৎসের অভ্যন্তরে কিছু রোধ সর্বদা তড়িৎ প্রবাহকে বাধা দেয়। একে উৎসের অভ্যন্তরীণ রোধ বলে। এ রোধের কারণে বর্তনীর বহিঃস্থ রোধে প্রাপ্ত বিভব উৎসের তড়িচ্চালক শক্তি অপেক্ষা কম হয়। এজন্য বহিঃস্থ বর্তনীতে প্রাপ্ত শক্তি উৎস কর্তৃক ব্যয়িত শক্তির সমান হয় না।

গ দেওয়া আছে,

W বিন্দুতে চার্জ, $q_1 = +2\mu\text{C} = +2 \times 10^{-6}\text{C}$

X বিন্দুতে চার্জ, $q_2 = +4\mu\text{C} = +4 \times 10^{-6}\text{C}$

মধ্যবর্তী দূরত্ব, $r = 2\text{mm} = 2 \times 10^{-3}\text{m}$

বের করতে হবে, $q_1 = +2\mu\text{C}$ চার্জটির উপর ক্রিয়াশীল বল, $F = ?$
আমরা জানি,

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-3})^2}$$

$$= 18000 \text{ N (Ans.)}$$

ঘ চিত্র (i) অনুসারে,

W বিন্দু থেকে X বিন্দুর দূরত্ব, $r = 2\text{mm} = 2 \times 10^{-3}\text{m}$

W বিন্দুতে আধান, $q = +2\mu\text{C}$
 $= +2 \times 10^{-6}\text{C}$

$\therefore +2\mu\text{C}$ চার্জের দরুন X বিন্দুতে তড়িৎ বিভব,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{r}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-3}}$$

$$= 9 \times 10^6 \text{ V}$$

চিত্র (ii) অনুসারে,

W বিন্দু থেকে Y বিন্দুর দূরত্ব, $r' = \sqrt{WX^2 + XY^2}$
 $= \sqrt{2^2 + 3^2} \text{ mm}$
 $= \sqrt{13} \text{ mm}$
 $= \sqrt{13} \times 10^{-3} \text{ m}$

$\therefore Y$ বিন্দুতে $+2\mu\text{C}$ চার্জের দরুন তড়িৎ বিভব,

$$V' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{r'}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{\sqrt{13} \times 10^{-3}}$$

$$= 4.99 \times 10^6 \text{ V}$$

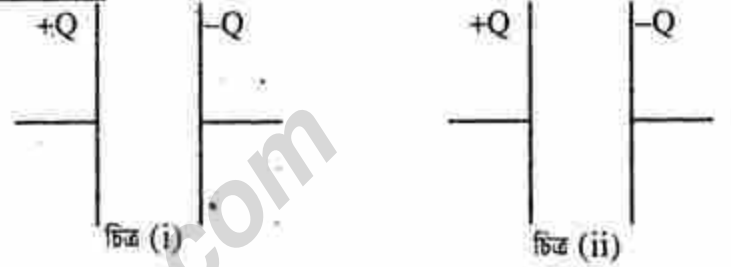
\therefore তড়িৎ বিভবের পরিবর্তন, $\Delta V = V - V'$

$$= 9 \times 10^6 - 4.99 \times 10^6$$

$$= 4.01 \times 10^6 \text{ V}$$

সুতরাং, W বিন্দুতে চিত্র (i) অবস্থানে এবং চিত্র (ii) অবস্থানের $+4\mu\text{C}$ চার্জের জন্য তড়িৎ বিভবের পরিবর্তন হবে। এক্ষেত্রে, চিত্র (ii) অবস্থানের জন্য তড়িৎ বিভব, চিত্র (i) অবস্থানের জন্য তড়িৎ বিভব অপেক্ষা কম হবে।

প্রশ্ন ২ চিত্রে দুটি সমান্তরাল পাত ধারক দেখানো হলো:



পাতের ক্ষেত্রফল $= 4 \text{ cm}^2$

পাতের ক্ষেত্রফল $= 2 \text{ cm}^2$

উভয় ক্ষেত্রে $Q = 2 \text{ C}$ এবং $K = 1$

[সি. বো. ২০১৬]

- বিন্দু চার্জ কী?
- "চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য" ব্যাখ্যা কর।
- চিত্র (i) এর পাতদ্বয়ের বিভব 2 V হলে ধারকে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ নির্ণয় কর।
- (i) ও (ii) চিত্রের ধারকের পাতগুলোকে কীভাবে স্থাপন করলে উভয় ধারকের ধারকত্বের মান সমান হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি চার্জিত বস্তুর আকার যদি তাদের মধ্যবর্তী দূরত্বের তুলনায় খুব ছোট হয় তবে তাদেরকে বিন্দু চার্জ বলা হয়।

খ কোনো চার্জিত পরিবাহী গোলকের অভ্যন্তরে কোনো চার্জ থাকে না, সমস্ত চার্জ অবস্থান করে এর পৃষ্ঠে। তাই তড়িৎ বলরেখা পৃষ্ঠ থেকে নির্গত হয় অথবা অসীম থেকে পৃষ্ঠে এসে শেষ হয়, তাই বলা যায় চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর অভ্যন্তরে কোনো বল রেখা থাকে না। এজন্য গাউসের সূত্রানুযায়ী চার্জিত পরিবাহী গোলকের কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়।

গ আমরা জানি, ধারকে সঞ্চিত শক্তি,

এখানে,

$$U = \frac{1}{2} QV$$

$$= \frac{1}{2} \times 2 \text{ C} \times 2 \text{ V}$$

$$= 2 \text{ J}$$

চার্জের পরিমাণ, $Q = 2 \text{ C}$

পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য, $V = 2 \text{ V}$

সঞ্চিত শক্তি, $U = ?$

অতএব, চিত্র (i) এর ধারকের সঞ্চিত শক্তি 2 J . (Ans)

ঘ এখানে, চিত্র (i) এর ধারকের—

পাতের ক্ষেত্রফল, $A_1 = 4 \text{ cm}^2$

ধরি, পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব $= d_1$

এবং চিত্র (ii) এর ধারকের—

পাতের ক্ষেত্রফল, $A_2 = 2 \text{ cm}^2$

ধরি, পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব $= d_2$

সূত্রানুসারে, প্রথম ধারকের ধারকত্ব, $C_1 = \frac{A_1 \epsilon_0 K}{d_1}$

এবং দ্বিতীয় ধারকের ধারকত্ব, $C_2 = \frac{A_2 \epsilon_0 K}{d_2}$

শর্তানুসারে, উভয় ধারকের ধারকত্ব সমান হতে হবে

$$\therefore \frac{A_1 \epsilon_0 K}{d_1} = \frac{A_2 \epsilon_0 K}{d_2}$$

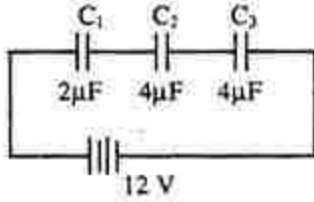
$$\text{বা, } \frac{d_1}{d_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{4 \text{ cm}^2}{2 \text{ cm}^2} = 2$$

$$\text{বা, } d_1 = 2d_2$$

গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায়, ১ম ধারকের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব ২য় ধারকের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্বের দ্বিগুণ করা হলে, উক্ত ধারকদ্বয়ের ধারকত্বের মান সমান হবে।

সূত্রানুসারে চিত্র (i) ও (ii) এর ধারক দুটির পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্বের অনুপাত ২ : ১ হলে উভয় ধারকের ধারকত্ব সমান হবে।

প্রশ্ন ৩ নিচের একটি তড়িৎ বর্তনী দেখানো হল:



- ক. ধারক কী? ১
খ. ৩.৬৭ ফ্যারাড বলতে কী বোঝায়? ২
গ. সমবায়টিতে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. সর্বোচ্চ সঞ্চিত শক্তি পেতে উদ্দীপকের সমবায়টির কী রকমের পরিবর্তন প্রয়োজন— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কাছাকাছি স্থাপিত দুটি পরিবাহীর মধ্যবর্তী স্থানে অন্তরক পদার্থ রেখে তড়িৎ আধানরূপে শক্তি সঞ্চিত করে রাখার যান্ত্রিক কৌশলকে ধারক বলে।

খ ৩.৬৭ ফ্যারাড বলতে বোঝায়—

- i. কোনো পরিবাহীর বিভব এক ভোল্ট বাড়তে ৩.৬৭ কুলম্ব আধানের প্রয়োজন হয়।
ii. কোন পরিবাহীর বিভব ১V বৃদ্ধি করতে সম্পাদিত কাজ তথা পরিবাহীতে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ $\frac{3.67}{2} \text{ J}$ বা ১.৮৩৫J।

গ দেওয়া আছে,

$$১ম ধারকের ধারকত্ব, C_1 = 2\mu F$$

$$২য় ধারকের ধারকত্ব, C_2 = 4\mu F$$

$$৩য় ধারকের ধারকত্ব, C_3 = 4\mu F$$

বিভব, $V = 12V$

প্রদত্ত বর্তনীতে ধারকগুলি শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত। এই সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব C_s হলে,

$$\begin{aligned} \frac{1}{C_s} &= \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \\ &= \frac{1}{2\mu F} + \frac{1}{4\mu F} + \frac{1}{4\mu F} \\ &= \frac{2+1+1}{4\mu F} = \frac{4}{4\mu F} \end{aligned}$$

$$\therefore C_s = 1\mu F = 1 \times 10^{-6} F$$

\therefore সমবায়টিতে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ U হলে,

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{2} C_s V^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 10^{-6} F \times (12V)^2 \\ &= 72 \times 10^{-6} J \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ দেওয়া আছে,

$$১ম ধারকের ধারকত্ব, C_1 = 2\mu F$$

$$২য় ধারকের ধারকত্ব, C_2 = 4\mu F$$

$$৩য় ধারকের ধারকত্ব, C_3 = 4\mu F$$

আমরা জানি, ধারকের সঞ্চিত শক্তির রাশিমালা, $U = \frac{1}{2} CV^2$ সূত্রানু

দেখা যাচ্ছে, C এর মান বা তুল্য ধারকত্বের মান সর্বোচ্চ হলে সঞ্চিত শক্তির মান সর্বোচ্চ হবে। আমরা আরও জানি, ধারকের সমান্তরাল সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব সবচেয়ে বেশি হয়।

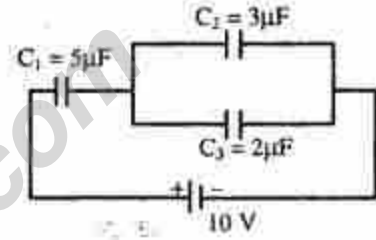
অতএব, সর্বোচ্চ সঞ্চিত শক্তি পেতে হলে ধারকগুলিকে সমান্তরাল সমবায়ের যুক্ত করতে হবে।

$$\begin{aligned} \text{সমান্তরাল সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব, } C_p &= C_1 + C_2 + C_3 \\ &= (2 + 4 + 4) \mu F \\ &= 10\mu F = 10 \times 10^{-6} F \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{সমান্তরাল সমবায়ের সঞ্চিত শক্তি, } U_p &= \frac{1}{2} C_p V^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-6} F \times (12V)^2 \\ &= 720 \times 10^{-6} J \end{aligned}$$

এটিই সর্বোচ্চ সঞ্চিত শক্তি।

প্রশ্ন ৪ নিচের বর্তনীটি লক্ষ কর:



- ক. তড়িৎ প্রাবল্য কী? ১
খ. কোনো চৌম্বকক্ষেত্রের মান ১০T বলতে কী বোঝায়? ২
গ. C_2 ধারকে চার্জের পরিমাণ কত নির্ণয় কর। ৩
ঘ. বর্তনীর C_2 ও C_3 কে শ্রেণিতে যুক্ত করলে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ বাড়বে কিনা যাচাই কর। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য বলে।

খ কোনো চৌম্বকক্ষেত্রের মান ১০T বলতে বুঝায়:

- i. উক্ত চৌম্বকক্ষেত্রের সাথে লম্ব বরাবর স্থাপিত কোনো তলের প্রতি $1m^2$ ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে $10Wb$ চৌম্বক ফ্লাক্স আগত বা নির্গত হবে।
ii. উক্ত চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখের সাথে সমকোণে $1C$ চার্জ $1ms^{-1}$ বেগে গতিশীল হলে তা $10N$ বল অনুভব করবে।

গ এখানে,

$$C_1 = 5\mu F = 5 \times 10^{-6} F$$

$$C_2 = 3\mu F = 3 \times 10^{-6} F$$

$$C_3 = 2\mu F = 2 \times 10^{-6} F$$

$$\text{বিভব পার্থক্য, } V = 10V$$

$$C_2 \text{ ধারকে চার্জের পরিমাণ, } Q_2 = ?$$

C_2 ও C_3 ধারকের সমান্তরাল সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব C_p হলে,

$$C_p = C_2 + C_3 = 3 \times 10^{-6} + 2 \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-6} F$$

এখন, C_1 ও C_p শ্রেণী সমবায়ের যুক্ত।

C_1 ও C_p এর শ্রেণি সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব C_s হলে,

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_p}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{C_s} = \frac{1}{5 \times 10^{-6}} + \frac{1}{5 \times 10^{-6}}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{C_s} = \frac{2}{5 \times 10^{-6}}$$

$$\therefore C_s = 2.5 \times 10^{-6} F$$

আমরা জানি, $Q = CV$

তাহলে, সমগ্র বর্তনীর জন্য,

$$Q = C_s V$$

$$\text{বা, } Q = 2.5 \times 10^{-6} \times 10 \text{ C}$$

$$\therefore Q = 2.5 \times 10^{-5} \text{ C}$$

সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত C_2 ও C_3 এই দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V' হলে,

$$Q = C_p V'$$

$$\therefore V' = \frac{Q}{C_p} = \frac{2.5 \times 10^{-5}}{5 \times 10^{-6}} = 5 \text{ V}$$

এখন, $Q_2 = C_2 V' = 3 \times 10^{-6} \times 5 \text{ C} = 1.5 \times 10^{-5} \text{ C (Ans.)}$

ঘ এখানে,

$$C_1 = 5 \mu\text{F} = 5 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$C_2 = 3 \mu\text{F} = 3 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$C_3 = 2 \mu\text{F} = 2 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$\text{বিভব পার্থক্য, } V = 10 \text{ V}$$

'গ' হতে প্রাপ্ত বর্তনীটির তুল্য ধারকত্ব, $C_s = 2.5 \times 10^{-6} \text{ F}$

$$\therefore 1\text{ম ক্ষেত্রে, বর্তনীতে সঞ্চিত শক্তি, } W_1 = \frac{1}{2} C_s V^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 2.5 \times 10^{-6} \times (10)^2$$

$$= 1.25 \times 10^{-4} \text{ J}$$

বর্তনীর C_2 ও C_3 কে শ্রেণীতে যুক্ত করলে তুল্য ধারকত্ব C' হলে,

$$\frac{1}{C'_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{C'_s} = \frac{1}{5 \times 10^{-6}} + \frac{1}{3 \times 10^{-6}} + \frac{1}{2 \times 10^{-6}}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{C'_s} = \frac{31}{30 \times 10^{-6}}$$

$$\text{বা, } C'_s = \frac{30 \times 10^{-6}}{31}$$

$$\therefore C'_s = 0.9677 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$\therefore 2\text{য় ক্ষেত্রে বর্তনীতে সঞ্চিত শক্তি, } W_2 = \frac{1}{2} C'_s V^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.9677 \times 10^{-6} \times (10)^2$$

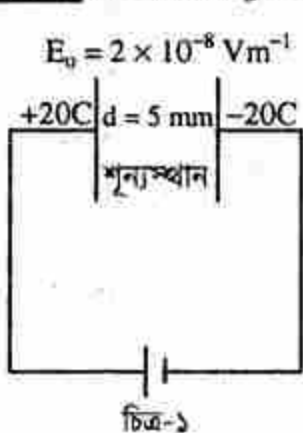
$$= 4.8387 \times 10^{-5} \text{ J}$$

এখানে, $4.8387 \times 10^{-5} \text{ J} < 1.25 \times 10^{-4} \text{ J}$

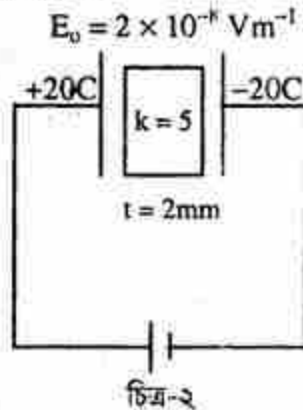
অর্থাৎ, ২য় ক্ষেত্রে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ কম হবে।

সুতরাং বর্তনীর C_2 ও C_3 কে শ্রেণীতে যুক্ত করলে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ বাড়বে না, বরং কমবে।

প্রশ্ন ৫ নিচের চিত্রে দুটি ধারক দেওয়া আছে :



চিত্র-১



চিত্র-২

ক. p-টাইপ অর্ধপরিবাহী কী?

১

খ. ডায়াচৌম্বক পদার্থে চৌম্বক মোমেন্ট থাকে না কেন?

২

গ. চিত্র-১ এ ধারকত্ব কত?

৩

ঘ. চিত্র-২ এ ($k = 5$) পরাবৈদ্যুতিক পদার্থ স্থাপন করা হলে ধারকটির ধারকত্বের কীরূপ পরিবর্তন হবে গাণিতিক যুক্তির সাহায্যে দেখাও।

৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বিশুদ্ধ সিলিকন বা জার্মেনিয়াম কেলাসের ভেতর ত্রিযোজী পদার্থ যেমন অ্যালুমিনিয়াম বা গ্যালিয়ামের পরমাণু সুনিয়ন্ত্রিত ভাবে মেশালে যে অর্ধপরিবাহী পদার্থ উৎপন্ন হয় তাকে p-টাইপ অর্ধপরিবাহী বলে।

খ. ডায়াচৌম্বক পদার্থের প্রতিটি পরমাণু বা অণুতে ঘড়ি সমাবর্তী দিকে যে কয়টি ইলেকট্রন ঘূর্ণনরত থাকে, ঘড়ি-বিসমাবর্তী দিকে সমসংখ্যক ইলেকট্রন ঘূর্ণনরত থাকে। এতে নেট চৌম্বক মোমেন্ট শূন্য হয় বলেই ডায়াচৌম্বক পদার্থে চৌম্বক মোমেন্ট থাকে না।

গ. দেওয়া আছে, তড়িৎক্ষেত্র, $E_0 = 2 \times 10^{-8} \text{ Vm}^{-1}$

প্রতিটি পাতে চার্জ, $Q = 20 \text{ C}$

পাতদ্বয়ের দূরত্ব, $d = 5 \text{ mm} = 5 \times 10^{-3} \text{ m}$

বের করতে হবে, ধারকত্ব, $C_0 = ?$

আমরা জানি, $Q = C_0 V_0 = C_0 E_0 d$ $\left[\because E = \frac{V}{d} \right]$

$$\therefore C_0 = \frac{Q}{E_0 d} = \frac{20 \text{ C}}{2 \times 10^{-8} \text{ Vm}^{-1} \times 5 \times 10^{-3} \text{ m}} = 2 \times 10^{11} \text{ F (Ans.)}$$

ঘ. এক্ষেত্রে ধনাত্মক পাত থেকে ঋণাত্মক পাতে গমনের সময় বলরেখাসমূহ $t = 2 \text{ mm}$ পথ $K = 5$ পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যমের মধ্যদিয়ে যায়।

মনে করি, পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম স্থাপন করার পূর্বে ধারকত্ব, বিভব ও তড়িৎ ক্ষেত্র ছিল, C_0 , V_0 ও E_0 ।

$K = 5$ এর মধ্যে তড়িৎক্ষেত্র হবে $E = \frac{E_0}{K}$

$$\therefore V = E_0(d - t) + Et$$

$$\text{বা, } V = E_0(d - t) + \frac{E_0}{K} t$$

$$= E_0 d - \left[t - \frac{t}{K} \right] E_0$$

$$= E_0 d - \left(1 - \frac{1}{K} \right) t E_0$$

$$= E_0 d \left\{ 1 - \left(1 - \frac{1}{K} \right) \frac{t}{d} \right\}$$

$$= V_0 \left\{ 1 - \left(1 - \frac{1}{K} \right) \frac{t}{d} \right\}$$

$$\therefore \text{বর্তমান ধারকত্ব, } C = \frac{Q}{V}$$

$$\text{বা, } C = \frac{Q}{V_0 \left\{ 1 - \left(1 - \frac{1}{K} \right) \frac{t}{d} \right\}}$$

$$\text{বা, } C = C_0 \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{5} \right) \frac{t}{d}}$$

$$\text{বা, } C = \frac{25}{17} C_0 = 1.47 C_0$$

অতএব, এক্ষেত্রে ধারকত্ব পূর্বের 1.47 গুন হবে।

প্রশ্ন ৬ একটি সমান্তরাল পাত ধারকের প্রত্যেকটি পাতের ক্ষেত্রফল 1.65 m^2 । পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 2 cm এবং এটি বায়ু দ্বারা পূর্ণ। পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য 60 V । ($\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$)

দি. বো. ২০১৭/

ক. তড়িৎ ধারকত্ব কী?

১

খ. চার্জের কোয়ান্টায়ন ব্যাখ্যা করো।

২

গ. উদ্দীপক অনুসারে ধারকটির ধারকত্ব নির্ণয় করো।

৩

ঘ. ধারকটির মধ্যবর্তী স্থানে 2.8 ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের একটি বস্তু দ্বারা পূর্ণ করলে সঞ্চিত শক্তির কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা দাও।

৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো পরিবাহী বা ধারকের বিভব একক পরিমাণ বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ চার্জের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ পরিবাহী বা ধারকের তড়িৎ ধারকত্ব বলে।

খ. চার্জেরও একটি নির্দিষ্ট ন্যূনতম মান আছে— যা অপেক্ষা কম মানের চার্জ পাওয়া সম্ভব নয় এবং যেকোনো চার্জিত বস্তুতে মোট চার্জের পরিমাণ ঐ ন্যূনতম চার্জের অখণ্ড গুণিতক একে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে। চার্জ এক স্থান থেকে আর এক স্থানে গমনের ক্ষেত্রেও ঐ ন্যূনতম মানের অখণ্ড গুণিতক হিসেবেই গমন করে, ঐ ন্যূনতম চার্জকে e দ্বারা প্রকাশ করা হলে কোনো বস্তুতে মোট চার্জের পরিমাণ $+10e$ বা $-7e$ হতে পারে কিন্তু $+5.32e$ হতে পারে না।

গ. দেওয়া আছে,

ধারকের প্রত্যেক পাতের ক্ষেত্রফল, $A = 1.65\text{m}^2$
পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 2\text{cm} = 0.02\text{m}$
শূন্যস্থানের ভেদনযোগ্যতা, $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\text{C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$
ধারকত্ব, $C = ?$

আমরা জানি,

বায়ু বা শূন্য মাধ্যমে সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব,

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$= \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 1 \times 1.65}{0.02} = 7.3 \times 10^{-10}\text{F (Ans)}$$

ঘ. দেওয়া আছে, ধারকের পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য, $V = 60\text{V}$

পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থান বায়ুপূর্ণ অবস্থায়

ধারকের ধারকত্ব, $C = 7.3 \times 10^{-10}\text{F}$; [(গ) হতে প্রাপ্ত]

ধারকের সঞ্চিত শক্তি $U = ?$

আমরা জানি,

$$\text{ধারকের সঞ্চিত শক্তি, } U = \frac{1}{2} CV^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 7.3 \times 10^{-10} \times (60)^2\text{J}$$

$$= 1.314 \times 10^{-6}\text{J}$$

ধারকটির মধ্যবর্তী স্থানে $K = 2.8$ ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের মাধ্যম দ্বারা পূর্ণ করা হয়, তবে ধারকটিতে সঞ্চিত শক্তি,

$$U' = \frac{1}{2} C' V^2$$

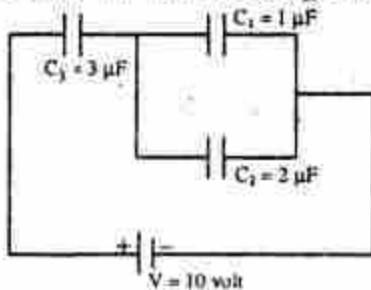
$$= \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 KA}{d} V^2 = \frac{1}{2} C K V^2$$

$$= U \times K = 1.314 \times 10^{-6}\text{J} \times 2.8$$

∴ ধারকটির মধ্যবর্তী স্থানে 2.8 ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের একটি বস্তু দ্বারা পূর্ণ করলে সঞ্চিত শক্তি হতে পূর্বের সঞ্চিত শক্তির 2.8 গুণ হবে। অর্থাৎ পরিবর্তিত শক্তি হবে

$$U' = 3.6792 \times 10^{-6}\text{J}$$

প্রঃ ৭ নিচের বর্তনীটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



[[দি. বো. ২০১৬/

ক. পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক কী?

খ. তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর বিভব 15V বলতে কি বুঝায়?

গ. বর্তনীটির তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় কর।

ঘ. বর্তনীটির সকল ধারককে সমান্তরালে সংযোগ করলে প্রাপ্ত সঞ্চিত শক্তি, প্রদত্ত বর্তনীর সঞ্চিত শক্তি অপেক্ষা বেশি না কম হবে— গাণিতিক যুক্তি দ্বারা দেখাও।

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. দুটি নির্দিষ্ট বিন্দু চার্জ একই নির্দিষ্ট দূরত্বে থাকলে শূন্য বা বায়ু মাধ্যমে তাদের মধ্যে ক্রিয়াশীল বল এবং একই দূরত্বে অন্য কোনো মাধ্যমে তাদের মধ্যে ক্রিয়াশীল বলের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক বলে।

খ. তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর বিভব 15V বলতে বুঝায়, অসীম থেকে প্রতি কুলম্ব ধনাত্মক আধানকে তড়িৎক্ষেত্রের ঐ বিন্দুতে আনতে 15J কাজ সম্পন্ন হয়।

গ. এখানে,

$$C_1 = 1\mu\text{F}$$

$$C_2 = 2\mu\text{F}$$

$$C_3 = 3\mu\text{F}$$

উদীপকের চিত্রে, C_1 এবং C_2 ধারকদ্বয় সমান্তরালে থাকায় এদের তুল্যধারকত্ব C_p হলে,

$$C_p = C_1 + C_2$$

$$= 1\mu\text{F} + 2\mu\text{F} = 3\mu\text{F}$$

আবার,

C_3 ধারক, C_p এর সাথে শ্রেণীতে থাকায় এদের তুল্য ধারকত্ব C_s হলে,

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_p}$$

$$= \frac{1}{3\mu\text{F}} + \frac{1}{3\mu\text{F}} = \frac{2}{3\mu\text{F}}$$

$$\therefore C_s = 1.5\mu\text{F}$$

∴ বর্তনীটির তুল্য ধারকত্ব $1.5\mu\text{F}$ (Ans.)

ঘ. এখানে,

$$\text{প্রদত্ত বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব, } C = 1.5\mu\text{F}$$

$$= 1.5 \times 10^{-6}\text{F}$$

$$\text{বর্তনীর বিভব, } V = 10\text{V}$$

$$\therefore \text{প্রদত্ত বর্তনীর সঞ্চিত শক্তি, } U = \frac{1}{2} CV^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.5 \times 10^{-6}\text{F} \times (10\text{V})^2$$

$$= 7.5 \times 10^{-5}\text{J}$$

আবার, C_1 , C_2 এবং C_3 ধারকগুলোকে সমান্তরালে সংযোগ করলে এদের তুল্য ধারকত্ব C' হলে,

$$C' = C_1 + C_2 + C_3$$

$$= 1\mu\text{F} + 2\mu\text{F} + 3\mu\text{F}$$

$$= 6\mu\text{F}$$

$$= 6 \times 10^{-6}\text{F}$$

∴ ধারকগুলোকে সমান্তরালে যুক্ত করলে বর্তনীর সঞ্চিত শক্তি,

$$U' = \frac{1}{2} C' V^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-6}\text{F} \times (10\text{V})^2$$

$$= 3 \times 10^{-4}\text{J}$$

যেহেতু, $U' > U$

অতএব, বর্তনীটির সকল ধারককে সমান্তরালে সংযোগ করলে প্রাপ্ত সঞ্চিত শক্তি, প্রদত্ত বর্তনীর সঞ্চিত শক্তি অপেক্ষা বেশি হবে।

প্রঃ ৮ নূহর নিকট ধাতুর দুই জোড়া পাতলা পাত আছে। এক জোড়া পাতের ক্ষেত্রফল অপর জোড়ার অর্ধেক। সে দুটি পাতের মধ্যে বায়ু রেখে প্রত্যেক জোড়া পাত দিয়ে একটি করে সমান্তরাল পাত ধারক তৈরি করতে চায়। নূর বলল, পাতগুলো যেভাবেই বসানো হোক না কেন ধারক দুটির ধারকত্ব কখনোই সমান হবে না। প্রথম ধারকের প্রত্যেক পাতের ক্ষেত্রফল 8cm^2 ।

[[দি. বো. ২০১৫/

ক. গাউসের সূত্র বিবৃত কর।

খ. গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায় কেন?

- গ. প্রথম ধারকে 40C চার্জ দেয়া হল। পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থানে তড়িৎ প্রাবল্য কত হবে? নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. নূন্য ধারকের পাতগুলি কীভাবে স্থাপন করলে প্রমাণ করতে পারবে যে, নূরের উত্তি সঠিক নয় — গাণিতিক ব্যাখ্যা দিয়ে বুঝিয়ে দাও। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোন তড়িৎ ক্ষেত্রে অবস্থিত কোন বস্তু কল্পিত তলের মধ্য দিয়ে গমনকারী তড়িৎ ফ্লাক্স ঐ তল দ্বারা বেষ্টিত মোট আধানের $\frac{1}{\epsilon_0}$ গুণের সমান হবে।

খ. গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon_0 r$
অর্থাৎ $C \propto r$, ধারকত্ব ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক।

চার্জ গোলকের বাইরের পৃষ্ঠে অবস্থান করে। ব্যাসার্ধ বেশি হলে, গোলকের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল বেশি হয়। তাই গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায়।

গ. দেওয়া আছে,

প্রথম ধারকের প্রতি পাতে চার্জ, $q = 40 \text{ C}$

প্রতি পাতের ক্ষেত্রফল, $A = 8 \text{ cm}^2 = 8 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

বায়ু মাধ্যমের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা, $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$
বের করতে হবে, পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থানে তড়িৎ প্রাবল্য, $E = ?$

আমরা জানি, $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

$$\sigma = \text{চার্জের তল ঘনত্ব} = \frac{q}{A} = \frac{40 \text{ C}}{8 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 5 \times 10^4 \text{ C m}^{-2}$$

$$\therefore E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{5 \times 10^4 \text{ C m}^{-2}}{8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}} = 5.647 \times 10^{15} \text{ NC}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ. প্রথম ও দ্বিতীয় ধারকের ক্ষেত্রফল যথাক্রমে A_1 ও A_2 হলে,

$$A_2 = \frac{A_1}{2}$$

প্রথম ধারকের ধারকত্ব, $C_1 = \frac{\epsilon_0 A_1}{d_1}$

$C_1 = C_2$ হতে হলে,

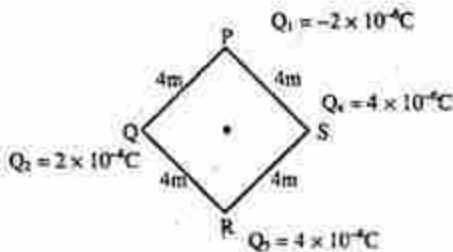
$$\frac{\epsilon_0 A_1}{d_1} = \frac{\epsilon_0 A_2}{d_2}$$

$$\text{বা, } \frac{d_2}{d_1} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{\frac{1}{2} A_1}{A_1} = \frac{1}{2}$$

$$\text{বা, } d_2 = \frac{d_1}{2}$$

সুতরাং যে ধারকের ক্ষেত্রফল কম, সে ধারকের ক্ষেত্রে পাতদ্বয়ের দূরত্ব অপর ধারকের তুলনায় অর্ধেক হতে হবে। তাহলেই ধারকদ্বয়ের ধারকত্ব সমান হবে। সেক্ষেত্রে নূরের উত্তি সঠিক হবে না।

প্রশ্ন ৯



চিত্রে প্রদর্শিত উল্লম্বতলে রক্ষিত বর্গাকার ক্ষেত্রের চার কৌণিক বিন্দুতে চারটি চার্জ স্থাপন করা হলো। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে $2 \times 10^{-6} \text{ C}$ মানের চার্জযুক্ত $2.5 \times 10^{-4} \text{ kg}$ ভরের একটি বস্তু শূন্যে স্থাপন করা হয়। ($g = 10 \text{ ms}^{-2}$)

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক কাকে বলে? ১

খ. গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব বনাম ব্যাসার্ধ লেখচিত্রের ঢাল কী নির্দেশ করে? ব্যাখ্যা করো। ২

গ. বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে নতুন চার্জটি বসানোর পূর্বে বিভবের মান নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে কৌণিক বিন্দুগুলোর চার্জসমূহ পুনর্বিন্যস্ত করে কেন্দ্রের চার্জিত বস্তুটিকে ভাসমান রাখা সম্ভব-গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তড়িৎ দ্বিমেরুর যেকোনো একটি চার্জ এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের গুণফলকে তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক বলে।

খ. কোনো গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ r এবং ধারকত্ব C হলে, $C = 4\pi\epsilon_0 r$ ধারকত্ব বনাম ব্যাসার্ধ লেখচিত্রের ঢাল হয় $4\pi\epsilon_0$ যা নির্দিষ্ট মাধ্যমের জন্য একটি ধ্রুবক।

গ. বর্গক্ষেত্রের কর্ণের দৈর্ঘ্য, $PR = SQ = \sqrt{2} \times 4 \text{ m} = 5.656 \text{ m}$

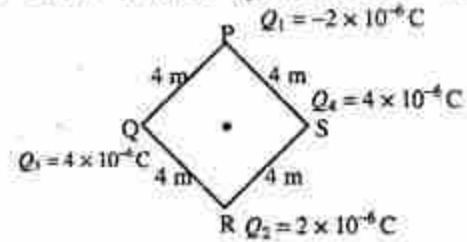
যে কোনো কৌণিক বিন্দু হতে কেন্দ্রের দূরত্ব, $r = 2.828 \text{ m}$

কেন্দ্রে বিভব, $V = ?$

জানা আছে,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{Q_1}{r} + \frac{Q_2}{r} + \frac{Q_3}{r} + \frac{Q_4}{r} \right) = 9 \times 10^9 \times \frac{1}{2.828} (-2 + 2 + 4 + 4) \times 10^{-6} = 25.46 \text{ kV (Ans.)}$$

ঘ. বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে $2 \times 10^{-6} \text{ C}$ চার্জযুক্ত $2.5 \times 10^{-4} \text{ kg}$ ভরের একটি স্থাপন করে বস্তুটি স্থির রাখতে হলে বর্গক্ষেত্রের কৌণিক বিন্দুগুলোতে অবস্থিত চার্জগুলোকে এমনভাবে সাজাতে হবে যেন কেন্দ্রে স্থাপিত চার্জটির উপর ক্রিয়াশীল বলগুলোর লব্ধি শূন্য হয়। বস্তুটির ওজন নিচের দিকে ক্রিয়া করবে। আমরা চার্জগুলোকে নিম্নোক্ত ভাবে সাজাতে পারি।



এক্ষেত্রে Q ও S বিন্দুতে স্থাপিত চার্জদ্বয় কর্তৃক কেন্দ্রে স্থাপিত চার্জের উপর ক্রিয়াশীল বল সমান কিন্তু বিপরীত হওয়ায় পরস্পরকে নাকজ করবে। আবার P ও R বিন্দুতে স্থাপিত চার্জদ্বয়ের প্রত্যেকটি কর্তৃক কেন্দ্রের চার্জের উপর ক্রিয়াশীল বলের মান

$$F_1 = F_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \text{ C} \times 2 \times 10^{-6} \text{ C}}{(2.828 \text{ m})^2} = 4.5 \times 10^{-3} \text{ N}$$

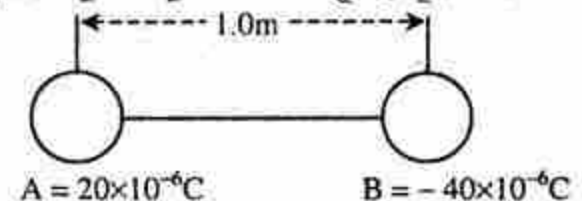
উভয় বলই উপরের দিকে ক্রিয়া করবে। সুতরাং উপরের দিকে লব্ধি তাড়িত বল, $F = 2 \times 4.5 \times 10^{-3} \text{ N} = 9 \times 10^{-3} \text{ N}$

এখন বস্তুটির ওজন যদি তাড়িত বলের সমান হয় তবে বস্তুটি স্থির থাকবে। বস্তুটির ওজন,

$$F = mg = 2.5 \times 10^{-4} \times 10 = 2.5 \times 10^{-3} \text{ N}$$

এখানে, নিম্নমুখী বল বা বস্তুর ওজন অপেক্ষা উর্ধ্বমুখী তাড়িত বল বড়। সুতরাং এটি নিচের দিকে পড়বে না। উপরের দিকে গতিশীল হবে।

প্রশ্ন ১০ চিত্রে দুটি বিন্দু চার্জ নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্য মাধ্যমে আছে।



- ক. ডোপিং কী? ১
খ. পৃথিবীর বিভব শূন্য—ব্যাখ্যা কর। ২
গ. চার্জ দুটির মধ্যে ক্রিয়াশীল কুলম্ব বলের মান নির্ণয় কর। ৩
ঘ. চার্জদ্বয়ের সংযোজক রেখার উপর কোনো বিন্দুতে বৈদ্যুতিক প্রাবল্য শূন্য হওয়া সম্ভব কিনা তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবাহীতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে বিশুদ্ধ অর্ধ-পরিবাহীতে সামান্য পরিমাণ সুবিধাজনক নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থ সুনিয়ন্ত্রিতভাবে ডোজাল হিসেবে মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপায়ন বলে।

খ পৃথিবী তড়িৎ পরিবাহী। কোনো চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে তা নিস্তড়িত হয়। ধনাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে পৃথিবী থেকে ইলেকট্রন এসে বস্তুটিকে নিস্তড়িত করে। আর ঋণাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে বস্তু থেকে ইলেকট্রন পৃথিবীতে চলে যায় ফলে বস্তুটি নিস্তড়িত হয়। পৃথিবী এত বড় যে, এতে ইলেকট্রন দিলে বা এ থেকে ইলেকট্রন চলে গেলে এর বিভবের কোনো পরিবর্তন হয় না। পৃথিবী প্রতিনিয়ত বিভিন্ন বস্তু থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করছে এবং বিভিন্ন বস্তুতে ইলেকট্রন প্রদানও করছে। যেকোনো চার্জিত বস্তুকেই ভূ-সংযুক্ত করা হোক না কেন, তা নিস্তড়িত হয়। তাই পৃথিবীর বিভব শূন্য এবং ভূ-সংযুক্ত পরিবাহীর বিভবও শূন্য।

গ দেওয়া আছে,

A বিন্দুর চার্জ, $q_1 = 20 \times 10^{-6} \text{C}$

B বিন্দুর চার্জ, $q_2 = -40 \times 10^{-6} \text{C}$ A ও B এর মধ্যবর্তী দূরত্ব, $r = 1 \text{m}$

A ও B এর মধ্যবর্তী ক্রিয়াশীল বল, $F = ?$

আমরা জানি,

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2} \times \frac{20 \times 10^{-6} \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2} \times (-40 \times 10^{-6} \text{ C})}{(1\text{m})^2}$$

$$= -7.2 \text{ N (Ans.)}$$

যেহেতু চার্জদ্বয় বিপরীত ধর্মী তাই এরা পরস্পরকে আকর্ষণ করবে। সুতরাং চার্জদ্বয়ের মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বল 7.2 N।

ঘ আমরা জানি, দুটি চার্জের মান অসমান বিপরীত ধর্মী হলে সাম্য বিন্দুর (যে বিন্দুতে প্রাবল্য শূন্য) অবস্থান হবে চার্জদ্বয়ের সংযোজক রেখা বরাবর বাইরে যে চার্জের মান ছোট সেটির পাশে।

এখানে, A বিন্দুতে চার্জ, $q_1 = 20 \times 10^{-6} \text{C}$

B বিন্দুতে চার্জ, $q_2 = -40 \times 10^{-6} \text{C}$ চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $r = 1 \text{m}$

ধরা যাক, A থেকে x দূরত্বে C বিন্দুতে প্রাবল্যের মান শূন্য



q_1 এর জন্য C বিন্দুতে প্রাবল্য,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1}{x^2}$$

এর দিক CD বরাবর। Q_2 এর জন্য C বিন্দুতে প্রাবল্য,

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_2}{(r+x)^2}$$

এর দিক CA বরাবর। E_1 ও E_2 এর দিক বিপরীত। সুতরাং এদের মান সমান হলে প্রাবল্য শূন্য হবে। সুতরাং

$$E_1 = E_2$$

$$\text{বা, } \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1}{x^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_2}{(r+x)^2}$$

$$\text{বা, } \frac{20 \times 10^{-6} \text{ C}}{x^2} = \frac{40 \times 10^{-6} \text{ C}}{(1 \text{ m} + x)^2}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{x} = \frac{\sqrt{2}}{1 \text{ m} + x}$$

$$\text{বা, } 1 \text{ m} + x = \sqrt{2}x$$

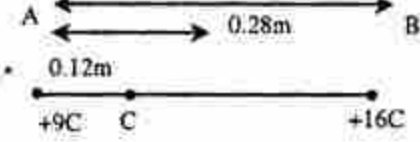
$$\text{বা, } x(\sqrt{2} - 1) = 1 \text{ m}$$

$$\text{বা, } x = \frac{1}{\sqrt{2} - 1} \text{ m} = \frac{\sqrt{2} + 1}{(\sqrt{2} - 1)(\sqrt{2} + 1)} \text{ m}$$

$$\therefore x = (\sqrt{2} + 1) \text{ m} = (1.41 + 1) \text{ m} = 2.41 \text{ m}$$

q_1 এর বামদিকে 2.41 m দূরত্বে প্রাবল্যের মান শূন্য হবে।

প্রশ্ন ১১ দুটি ক্ষুদ্র গোলক A ও B তে যথাক্রমে +9C এবং +16C চার্জ প্রদান করা হলো। গোলক দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.28m।



(সি. বো. ২০১৭)

ক. পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম কী? ১

খ. কোনো ধারকের গায়ে $0.06 \mu\text{F} - 210\text{V}$ লেখা আছে। কথাটির অর্থ কী? ২

গ. A এর উপর B এর বল কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের C বিন্দুতে 1C চার্জ রাখলে চার্জটি কোনো বল অনুভব করবে কি?— গাণিতিক যুক্তি দিয়ে মতামত দাও। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বাহ্যিক তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রভাবে যে সকল মাধ্যমের প্রতিটি পরমাণু এক একটি তড়িৎ দ্বিমেরুতে পরিণত হয় তাকে বলা হয় পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম।

খ কোনো ধারকের গায়ে $0.06 \mu\text{F} - 210 \text{V}$ লেখার অর্থ-ধারকটির 1V বিভব বৃদ্ধি করতে $0.06 \mu\text{C}$ চার্জ প্রয়োজন এবং ধারকটিতে সর্বোচ্চ 210V ডিসি ভোল্টেজ প্রয়োগ করা যায়।

গ দেওয়া আছে,

A বিন্দুতে স্থাপিত চার্জ, $q_1 = +9\text{C}$

B বিন্দুতে স্থাপিত চার্জ, $q_2 = +16\text{C}$ মধ্যবর্তী দূরত্ব, $r = 0.28\text{m}$

জানা আছে, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$

বের করতে হবে, A এর উপর B এর বল, $F = ?$

আমরা জানি,

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2} \times \frac{9 \text{ C} \times 16 \text{ C}}{(0.28 \text{ m})^2}$$

$$= 1.65 \times 10^{13} \text{ N (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

A বিন্দুতে স্থাপিত চার্জ, $q_1 = +9 \text{C}$ B বিন্দুতে স্থাপিত চার্জ, $q_2 = +16 \text{C}$

A হতে C বিন্দুর দূরত্ব, $r_1 = 0.12 \text{m}$

B হতে C বিন্দুর দূরত্ব, $r_2 = 0.28 - 0.12 = 0.16 \text{m}$

জানা আছে, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2}$

A বিন্দুতে স্থাপিত +9 C চার্জের জন্য C বিন্দুতে 1 C চার্জের উপর বল,

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1 \times 1 \text{ C}}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2} \times \frac{9 \text{ C} \times 1 \text{ C}}{(0.12 \text{ m})^2}$$

$$= 5.625 \times 10^{12} \text{ N}$$

এর দিক হবে CB এর দিকে। আবার, B বিন্দুতে স্থাপিত +16 C চার্জের জন্য C বিন্দুতে 1 C চার্জের উপর বল,

$$F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_2 \times 1 \text{ C}}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2.\text{C}^{-2} \times \frac{16 \text{ C} \times 1 \text{ C}}{(0.16 \text{ m})^2}$$

$$= 5.625 \times 10^{12} \text{ N}$$

এর দিক হবে CA এর দিকে। অর্থাৎ C বিন্দুতে স্থাপিত 1 C চার্জের উপর ক্রিয়াশীল বলদ্বয়ের দিক পরস্পর বিপরীত।

সুতরাং C বিন্দুতে স্থাপিত 1 C চার্জের উপর নিট বল,

$$F = F_1 - F_2 \\ = 5.625 \times 10^{12} \text{ N} - 5.625 \times 10^{12} \text{ N} = 0$$

অতএব, 1C চার্জটি কোন বল অনুভব করবে না।

প্রশ্ন ১২ ABC একটি সমবাহু ত্রিভুজ যার প্রতি বাহুর দৈর্ঘ্য 3 মিটার। প্রথমে A বিন্দুতে 250 কুলম্ব চার্জ রাখা হলো। পরবর্তীতে B বিন্দুতে -250 কুলম্ব চার্জ রাখা হলো।

(সি. বো. ২০১৪)

- কোনো চক্র কী? ১
- বৃন্দতাপীয় সংকোচনে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় কেন? ২
- প্রথম ক্ষেত্রে C বিন্দুতে বিভব কত হবে? ৩
- B বিন্দুতে চার্জ রাখার পূর্বে ও পরে C বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের কীরূপ পরিবর্তন হবে তার গাণিতিক প্রমাণ দাও। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ফরাসী বিজ্ঞানী সাদি কার্নো সকল দোষ-ত্রুটি মুক্ত একটি ইঞ্জিনের পরিকল্পনা করেন। এ ইঞ্জিনে চার ঘাত বিশিষ্ট যে চক্রের মাধ্যমে কার্য সম্পাদন হয় তাকে কার্নো চক্র বলে।

খ যেকোনো তাপগতীয় প্রক্রিয়ায়, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$
বৃন্দতাপীয় প্রক্রিয়ায় $\Delta Q = 0$, সুতরাং তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রানুসারে,
 $0 = \Delta U + W$

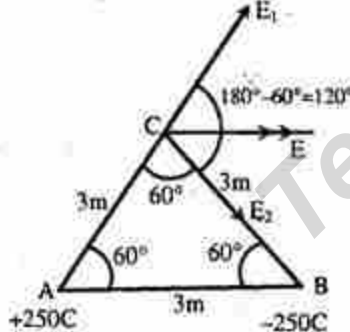
$$\therefore \Delta U = -W$$

সংকোচনের ক্ষেত্রে সিস্টেমের উপর কাজ করা হয়। সিস্টেমের উপর কাজ করা হলে W ঋণাত্মক হয়। সুতরাং বৃন্দতাপীয় সংকোচনে অর্থাৎ শক্তির পরিবর্তন ΔU ধনাত্মক হয়। একারণেই বৃন্দতাপীয় সংকোচনে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

গ প্রথম ক্ষেত্রে ΔABC এর কেবল A বিন্দুতে $q_1 = 250C$ চার্জ বিদ্যমান।

$$\therefore C \text{ বিন্দুতে বিভব, } V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{AC} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{250C}{3\text{m}} \\ = 7.5 \times 10^{11} \text{ volt (Ans.)}$$

ঘ B বিন্দুতে চার্জ রাখার পূর্বে C বিন্দুতে প্রাবল্য,



$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{AC^2} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{250C}{(3\text{m})^2} = 2.5 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1}$$

B বিন্দুতে চার্জ রাখার পর এ চার্জের দরুন C বিন্দুতে প্রাবল্য,

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{BC^2} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{-250C}{(3\text{m})^2} = -2.5 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1}$$

(-) চিহ্ন দ্বারা আকর্ষণধর্মী প্রাবল্য বোঝায়।

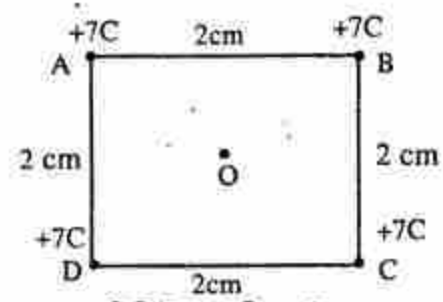
চিত্র হতে স্পষ্টতঃ যে, E_1 ও E_2 এর মধ্যকার কোণ,
 $\theta = 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ$

\therefore B বিন্দুতে চার্জ রাখার পর C বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য,

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2|E_1||E_2|\cos 120^\circ} \\ = 2.5 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1} \sqrt{1 + 1 + 2 \times \left(-\frac{1}{2}\right)} \\ = 2.5 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1}$$

সুতরাং B বিন্দুতে চার্জ রাখার পর C বিন্দুতে প্রাবল্যের মানের পরিবর্তন হবে না, তবে প্রাবল্যের দিকের পরিবর্তন হবে। পূর্বে প্রাবল্য ছিল AC বরাবর, পরে প্রাবল্য হবে AB এর সমান্তরালে (E_1 ও E_2 এর এর মান সমান হওয়ায়)

প্রশ্ন ১৩



কেন্দ্র O এবং 2cm বাহুবিশিষ্ট একটি বর্গক্ষেত্র ABCD। বর্গক্ষেত্রটির প্রত্যেক বিন্দু A, B, C ও D তে +7C চার্জ আছে।

(ঘ. বো. ২০১৭)

- ক. তড়িৎ দ্বি-মেরু কাকে বলে? ১
- খ. দশ ইলেকট্রন ভোল্ট বলতে কী বোঝায়? ২
- গ. উদ্দীপকের O বিন্দুতে প্রাবল্য নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের ABCD বর্গক্ষেত্রটির কেন্দ্রে বিভব শূন্য পাওয়ার জন্য B বিন্দুতে চার্জের কী পরিবর্তন দরকার-বিশ্লেষণ কর। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি সমান কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দুচার্জ অতি অল্প দূরত্বে অবস্থিত হলে তাকে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ 10V বিভব পার্থক্যের কোন ক্ষেত্রে একটি ইলেকট্রন যে শক্তি লাভ করে তাই 10 eV। অথবা, 10eV বিভব পার্থক্য বিশিষ্ট দুইটি বিন্দুর একটি থেকে অন্যটিতে একটি ইলেকট্রনকে সরাতে যে শক্তি প্রয়োজন তাই 10 eV।

গ দেওয়া আছে,

A, B, C, D বিন্দুতে স্থাপিত চার্জের মান, $q = +7C$

$$A, B, C, D \text{ থেকে } O \text{ বিন্দুর দূরত্ব} = \frac{2\sqrt{2}}{2} \text{ cm}$$

$$= \sqrt{2} \times 10^{-2} \text{ cm}$$

A বিন্দুর জন্য O বিন্দুতে প্রাবল্যের মান,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{7}{(\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} \text{ N.C}^{-1} \\ = 3.15 \times 10^{14} \text{ N.C}^{-1}$$

অনুরূপভাবে B বিন্দুর জন্য $E_2 = 3.15 \times 10^{14} \text{ NC}^{-1}$

C বিন্দুর জন্য $E_3 = 3.15 \times 10^{14} \text{ NC}^{-1}$

D বিন্দুর জন্য $E_4 = 3.15 \times 10^{14} \text{ NC}^{-1}$

E_1 ও E_3 এর মান সমান কিন্তু দিক বিপরীত তাই এর পরস্পরকে প্রশমিত করবে আবার E_2 ও E_4 এর মান সমান কিন্তু দিক বিপরীত তাই এরও পরস্পরকে প্রশমিত করবে। সুতরাং, A, B, C ও D বিন্দুর চার্জের জন্য O বিন্দুতে প্রাবল্য 0 N.C^{-1} (Ans.)

ঘ উদ্দীপক থেকে পাই,

A, B, C, D বিন্দুতে স্থাপিত চার্জ, $q = +7C$

A, B, C, D থেকে O বিন্দুর দূরত্ব, $r = \sqrt{2} \times 10^{-2} \text{ m}$

মনে করি, B বিন্দুতে স্থাপিত চার্জ, Q হলে কেন্দ্রে বিভব শূন্য হয়। শর্তমতে,

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{r} + \frac{Q}{r} + \frac{q}{r} + \frac{q}{r} \right) = 0$$

$$\text{বা, } (q + Q + q + q) = 0$$

$$\text{বা, } Q = -3q = -3 \times 7C$$

$$= -21C$$

\therefore B বিন্দুতে চার্জের পরিবর্তন $= (-21 - 7)C = -28C$

অর্থাৎ B বিন্দুতে অতিরিক্ত -28 C মানের চার্জ স্থাপন করলে কেন্দ্রে বিভব শূন্য হবে।

প্রশ্ন ১৪ পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবরেটরীতে একজন ছাত্র 0.2m ও 0.3m ব্যাসার্ধের দুটি গোলককে চার্জিত করে, গোলক দুটির বিভব যথাক্রমে 5V ও 10V-এ উন্নীত করে পরস্পর হতে 1m দূরত্বে স্থাপন করল।

(ঘ. বো. ২০১৬)

- ক. তড়িচ্চালক শক্তির সংজ্ঞা দাও। ১
খ. পরিবাহীর ভিতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের ফলে তাপ উৎপন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপকের প্রথম গোলকের চার্জের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. গোলকদ্বয়ের সংযোগ সরলরেখার কোণায় প্রাবল্যের মান শূন্য হবে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রতি একক আধানকে কোষ সমেত কোন বর্তনীর এক বিন্দু থেকে সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে আবার ঐ বিন্দুতে আনতে যে কাজ সম্পন্ন হয় অর্থাৎ কোষ যে তড়িৎ শক্তি সরবরাহ করে তাকে ঐ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি বলে।

খ তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্যদিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চারিত হয় এবং পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

গ এখানে,

প্রথম গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_1 = 0.2 \text{ m}$

প্রথম গোলকের বিভব, $V_1 = 5 \text{ V}$

গোলকটির চার্জ, $q_1 = ?$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$$

আমরা জানি, গোলকের বিভব

$$V_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r_1}$$

$$\text{বা, } q_1 = \frac{V_1 r_1}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0}} = \frac{(5 \text{ V}) \times (0.2 \text{ m})}{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2})}$$

$$= 1.11 \times 10^{-10} \text{ C (Ans.)}$$

ঘ এখানে,

দ্বিতীয় গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_2 = 0.3 \text{ m}$

দ্বিতীয় গোলকের বিভব, $V_2 = 10 \text{ V}$

গোলকটির চার্জ, $q_2 = ?$

আমরা জানি,

$$V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{r_2}$$

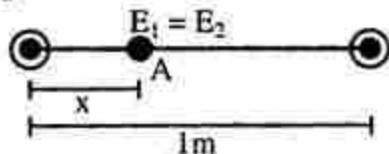
$$\text{বা, } q_2 = \frac{V_2 r_2}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0}} = \frac{(10 \text{ V}) \times (0.3 \text{ m})}{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2})}$$

$$= 3.33 \times 10^{-10} \text{ C}$$

ধরি,

প্রথম গোলক হতে x দূরত্বে A বিন্দুতে প্রাবল্য শূন্য হবে।

অর্থাৎ, $E_1 = E_2$ হবে।



$$\text{এখানে, } E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{x^2}$$

$$\text{বা, } E_1 = (9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}) \times \frac{1.11 \times 10^{-10} \text{ C}}{x^2}$$

$$\text{আবার, } E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{(1-x)^2}$$

$$\text{বা, } E_2 = (9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}) \times \frac{(3.33 \times 10^{-10} \text{ C})}{(1-x)^2}$$

এখন, $E_1 = E_2$

$$\text{বা, } \frac{1.11 \times 10^{-10} \text{ C}}{x^2} = \frac{(3.33 \times 10^{-10} \text{ C})}{(1-x)^2}$$

$$\text{বা, } \frac{(1-x)^2}{x^2} = \frac{3.33 \times 10^{-10} \text{ C}}{1.11 \times 10^{-10} \text{ C}}$$

$$\text{বা, } \left(\frac{1-x}{x}\right)^2 = 3$$

$$\text{বা, } \frac{1-x}{x} = \sqrt{3}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{x} - 1 = \sqrt{3}$$

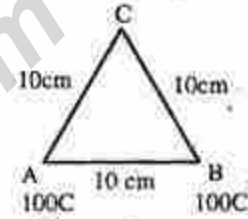
$$\text{বা, } \frac{1}{x} = \sqrt{3} + 1$$

$$\text{বা, } x = \frac{1}{\sqrt{3} + 1}$$

$$= 0.37 \text{ m}$$

অর্থাৎ, প্রথম গোলকটি থেকে 0.37 m দূরত্বে প্রাবল্য শূন্য হবে।

প্রশ্ন ১৫



ওপরের চিত্রে A ও B উভয় বিন্দুতেই 100°C চার্জ দেয়া আছে।

(য. বো. ২০১৪)

- ক. অতি পরিবাহিতা কী? ১
খ. রোধের উচ্চতা সহগ বলতে কী বুঝ? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. 'C' বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্যের মান নির্ণয় কর। ৩
ঘ. 'C' বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্যের দিক কোন দিকে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অত্যধিক নিম্ন তাপমাত্রায় কিছু কিছু ধাতুর মধ্য দিয়ে অল্প বিভব পার্থক্য প্রয়োগেই প্রচণ্ড মানের তড়িৎ প্রবাহিত হতে পারে। এ ধর্মকে অতি পরিবাহিতা বলে।

খ 0°C তাপমাত্রায় থাকা 1Ω রোধবিশিষ্ট কোনো একটি পরিবাহীর রোধ 1°C বৃদ্ধি করলে এর রোধ যে পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, তাকে রোধের উচ্চতা সহগ বলে।

যেমন, কোনো একটি ধাতুর রোধের উচ্চতা সহগ 0.005 (°C) বলতে বুঝায়, 0°C তাপমাত্রায় ঐ ধাতুর তৈরি 1Ω রোধের একটি খণ্ড নিয়ে এর তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি করলে খণ্ডটির রোধ 0.005Ω পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে।

গ A বিন্দুর চার্জের জন্য C বিন্দুতে প্রাবল্যের মান,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r^2} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{100 \text{ C}}{(0.1 \text{ m})^2} = 9 \times 10^{13} \text{ N}$$

B বিন্দুতেও 100C চার্জ থাকায় এ চার্জের দ্বারা C বিন্দুতে প্রাবল্যের মান, $E_2 = 9 \times 10^{13} \text{ N}$

E_1 ও E_2 এর মধ্যকার কোণ 60° হওয়ায় C বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্যের

$$\text{মান, } E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos 60^\circ}$$

$$= 9 \times 10^{13} \text{ N} \sqrt{1 + 1 + 2 \times \frac{1}{2}} = 15.59 \times 10^{13} \text{ N (Ans.)}$$

ঘ. C বিন্দুতে লম্বি প্রাবল্য E_1 এর দিকের সাথে θ কোণ উৎপন্ন করলে,

$$\tan \theta = \frac{|E_1| \sin 60^\circ}{|E_1| + |E_2| \cos 60^\circ}$$

$$= \frac{(9 \times 10^{13} \text{ N}) \sin 60^\circ}{(9 \times 10^{13} \text{ N}) + (9 \times 10^{13} \text{ N}) \cos 60^\circ}$$

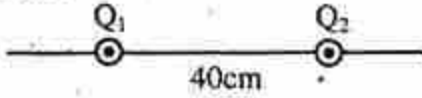
$$= \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.5773$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1}(0.5773) = 30^\circ$$

$$60^\circ - 30^\circ = 30^\circ$$

সুতরাং লম্বি প্রাবল্য, E_1 ও E_2 উভয়ের সাথে সমান কোণ উৎপন্ন করে।
তাই C বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের দিক হবে C হতে AB এর ওপর লম্বের
বিপরীত দিকে।

প্রমাণ ১৬ উদ্দীপকে $Q_1 = -4.5 \text{ nC}$ এবং $Q_2 = +9.1 \text{ nC}$, চার্জদ্বয়ের
মধ্যবর্তী দূরত্ব 40cm।



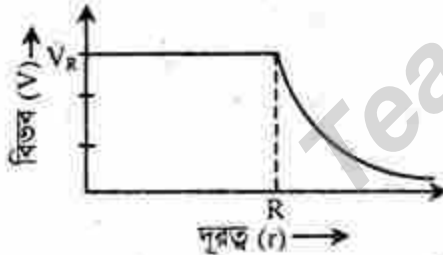
বি. বো. ২০১৭/

- তরঙ্গের সমবর্তন কাকে বলে? ১
- কোনো চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর কেন্দ্র থেকে দূরত্ব বনাম
বিভব লেখচিত্র আঁক ও ব্যাখ্যা কর। ২
- চার্জদ্বয়ের মধ্যবিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য কত হবে? ৩
- চার্জদ্বয়ের সংযোগ রেখার কোন বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য
হবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. আলো কোনো মাধ্যমের মধ্য দিয়ে গমনের পর আলোক তরঙ্গের
কম্পন একটি নির্দিষ্ট দিকে বা তলে সীমাবদ্ধ থাকার ঘটনাকে আলোর
সমবর্তন বলে।

খ. নিচে কোনো চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর কেন্দ্র থেকে দূরত্ব বনাম
বিভব-এর লেখচিত্র দেওয়া হলো—



আমরা জানি, R ব্যাসার্ধের চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর অভ্যন্তরে
যেকোনো বিন্দুতে বিভব গোলকের পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুর বিভবের (V_R)
সমান। অর্থাৎ গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুতে বিভব,

$$V = V_R = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R} \quad [\text{শূন্য মাধ্যম}]$$

এখানে, q = গোলক পৃষ্ঠের চার্জ

V_R = গোলক পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুতে বিভব

R = গোলকের ব্যাসার্ধ

ϵ_0 = শূন্য মাধ্যমে তড়িৎ ভেদন যোগ্যতা

আবার, গোলকের বাইরে কোনো বিন্দুতে বিভব,

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

এখানে, r = কেন্দ্র হতে ঐ বিন্দুর দূরত্ব

$$\text{অর্থাৎ } V \propto \frac{1}{r}$$

সুতরাং কেন্দ্র হতে পৃষ্ঠ পর্যন্ত একটি চার্জিত গোলকের যেকোনো বিন্দুর
বিভব সমান বা ধ্রুব কিন্তু পৃষ্ঠ হতে বাইরে দূরত্ব বৃদ্ধির সাথে সাথে
বিভব কমে থাকে অর্থাৎ বিভব দূরত্বের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

গ. দেওয়া আছে,

$$Q_1 = -4.5 \text{ nC} = -4.5 \times 10^{-9}$$

$$Q_2 = 9.1 \text{ nC} = 9.1 \times 10^{-9} \text{ C}$$

মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}$

\therefore উভয় চার্জ হতে মধ্য বিন্দুর দূরত্ব, $r = \frac{d}{2} = 0.2 \text{ m}$

চার্জদ্বয়ের মধ্যবিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য, $E = ?$

Q_1 চার্জের দরুন মধ্য বিন্দুতে প্রাবল্য,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{(4.5 \times 10^{-9})}{(0.2)^2}$$

$$= 1.0125 \times 10^3 \text{ N.C}^{-1}; E_1 \text{ এর দিক হবে } Q_1 \text{ এর দিকে।}$$

Q_2 চার্জের দরুন মধ্য বিন্দুতে প্রাবল্য,

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{9.1 \times 10^{-9}}{(0.2)^2}$$

$$= 2.0475 \times 10^3 \text{ N.C}^{-1}; E_2 \text{ এর দিকও হবে } Q_1 \text{ এর দিকে।}$$

\therefore লম্বি প্রাবল্য, $E = E_1 + E_2$

$$= (1.0125 + 2.0475) \times 10^3 \text{ N.C}^{-1}$$

$$= 3.06 \times 10^3 \text{ NC}^{-1}; E \text{ এর দিক হবে } Q_1 \text{ এর দিকে।}$$

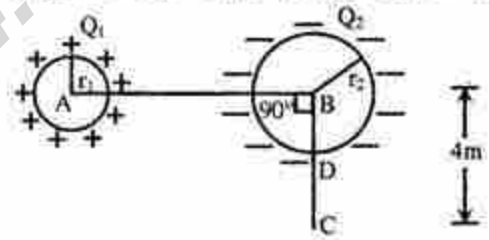
(Ans.)

ঘ. ১০(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: Q_1 চার্জ থেকে 0.95 m দূরে বামপাশে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হবে।

প্রমাণ ১৭ নিচের চিত্রে A ও B কেন্দ্রবিশিষ্ট দুটি গোলক বায়ু মাধ্যমে
স্থাপন করা হয়েছে; যেখানে

$Q_1 = 2 \times 10^{-9} \text{ C}$, $Q_2 = 3 \times 10^{-9} \text{ C}$, $r_1 = 1 \text{ m}$, $r_2 = 2 \text{ m}$ এবং $AB = 4\sqrt{3} \text{ m}$



বি. বো. ২০১৬/

- তড়িৎ-চৌম্বক আবেশ সংক্রান্ত ফ্যারাডের ২য় সূত্রটি ব্যাখ্যা
কর। ১
- স্থায়ী চুম্বক তৈরিতে কাঁচা লোহা ব্যবহার করা হয় না—ব্যাখ্যা
কর। ২
- উদ্দীপকে BD এর মধ্যবিন্দুতে মোট তড়িৎ বিভব নির্ণয় কর। ৩
- C বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে উহা
কোনদিকে গতিশীল হবে?—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বন্ধ কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল কুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত
চৌম্বক ফ্লাক্সের পরিবর্তনের হারের সমানুপাতিক।

খ. স্থায়ী চুম্বক তৈরিতে পদার্থের দুটি বৈশিষ্ট্য বিবেচনা করা হয়:
চৌম্বক গ্রাহিতা ও চৌম্বক ধারণক্ষমতা। যেসকল পদার্থের চৌম্বক
গ্রাহিতার মান উচ্চ, সাধারণত তাদের ধারণ ক্ষমতা কম হয়। যেমন:
একটি কাঁচা লোহার দণ্ডের উপর অন্তরিত তামার তার পেঁচিয়ে তারের
দু'প্রান্তের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে দণ্ডটি শক্তিশালী
তড়িচ্চুম্বকে পরিণত হয়। আবার, তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করে দিলে সাথে
সাথে দণ্ডটির চুম্বকত্ব লোপ পায়। কিন্তু স্থায়ী চুম্বক তৈরিতে এমন
পদার্থ দরকার যার ধারণ ক্ষমতা খুবই উচ্চ। তাই স্থায়ী চুম্বক তৈরিতে
কাঁচা লোহার দণ্ড ব্যবহার করা হয় না।

গ. উদ্দীপক হতে পাই,

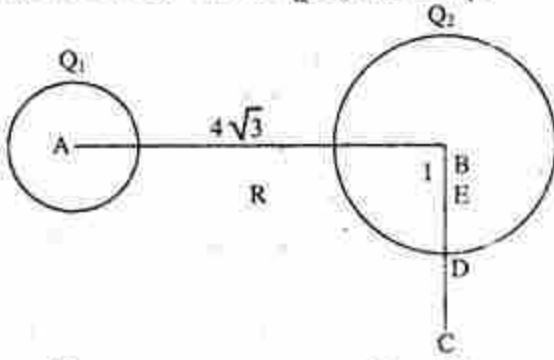
A গোলকের পৃষ্ঠে আধান, $Q_1 = 2 \times 10^{-9} \text{ C}$

B গোলকের পৃষ্ঠে আধান, $Q_2 = 3 \times 10^{-9} \text{ C}$

A গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_1 = 1 \text{ m}$

B গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_2 = 2 \text{ m}$

A ও B গোলকের কেন্দ্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $AB = 4\sqrt{3}$



যেহেতু স্থির তড়িৎক্ষেত্রে গোলকের সকল বিন্দুর বিভব সমান। সেহেতু গোলকের কেন্দ্রের বিভবই মূলত অভ্যন্তরীণ যেকোন বিন্দুর বিভব।

Q_1 এর জন্য B বিন্দুতে বিভব, $V_{AB} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1}{AB}$

$$\text{বা, } V_{AB} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-9}}{4\sqrt{3}} \\ = 2.6 \text{ volts}$$

আবার, Q_2 এর জন্য B বিন্দুর বিভব, $V_{BB} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_2}{r_2}$

$$\text{বা, } V_{BB} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-9}}{2} \\ \therefore V_{BB} = 13.5 \text{ volts}$$

\therefore B বিন্দুর বিভব V_B হলে, $V_B = V_{AB} + V_{BB} \\ = (2.6 + 13.5) \text{ volts} = 16.1 \text{ volts}$

গোলকের অভ্যন্তরে সকল বিন্দুর বিভব সমান।

অতএব, E বিন্দুর বিভব, $V_E = B$ বিন্দুর বিভব, $V_B = 16.1 \text{ Volts (Ans.)}$

খ B গোলকের চার্জের জন্য C বিন্দুতে প্রাবল্য,

$$E_{BC} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_2}{(BC)^2} \\ = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-9}}{(4)^2} \text{ NC}^{-1} \\ = 1.6875 \text{ NC}^{-1}; BC \text{ বরাবর}$$

A গোলকের চার্জের জন্য C বিন্দুতে প্রাবল্য,

$$E_{AC} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1}{(AC)^2} \\ = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-9}}{(4\sqrt{3})^2 + 4^2} \\ = 0.28125 \text{ NC}^{-1}; AC \text{ বরাবর}$$

$$\angle ACB = \tan^{-1} \left(\frac{4\sqrt{3}}{4} \right) = 60^\circ$$

$\therefore E_{BC}$ ও E_{AC} এর মধ্যবর্তী কোণ, $\theta = 60^\circ$

\therefore নেট প্রাবল্য, $E_c = \sqrt{E_{AC}^2 + E_{BC}^2 + 2E_{AC}E_{BC}\cos\theta}$

$$\text{বা, } E_c = \sqrt{(0.28125)^2 + (1.6875)^2 + 2 \times 0.28125 \times 1.6875 \times \cos 60^\circ} \\ = 1.84 \text{ NC}^{-1}$$

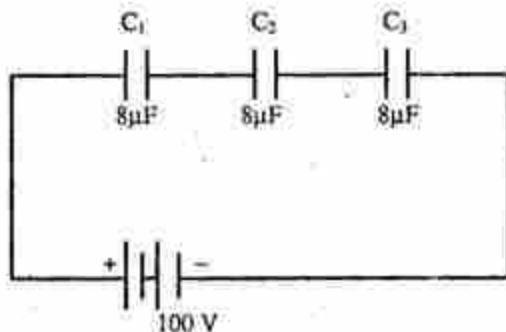
BC এর সাথে লম্বি প্রাবল্যের অন্তর্ভুক্ত কোণ ϕ হলে

$$\tan\phi = \frac{E_{AC} \sin\theta}{E_{BC} + E_{AC} \cos\theta} = \frac{0.28125 \times \sin 60^\circ}{1.6875 + 0.28125 \cos 60^\circ}$$

বা, $\phi = 7.6^\circ$

অতএব, C বিন্দুতে লম্বি প্রাবল্যের দিক হবে C বিন্দুতে বর্ধিত BC রেখার সাথে 7.6° কোণ করে ডানদিকে।

প্রশ্ন ১৮



[৪. বো. ২০১৪]

ক. তড়িৎ দ্রিমের কী?

১

খ. ধারকত্ব কোন কোন বিষয়ের ওপর নির্ভর করে ব্যাখ্যা কর।

২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত ধারক সমবায়ের জন্য প্রতিটি ধারকে সঞ্চিত চার্জের পরিমাণ নির্ণয় কর।

৩

ঘ. সর্বাধিক শক্তি সঞ্চারের জন্য ওপরের সমবায়টি কি যথার্থ? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর।

৪

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্রিমের বলে।

খ ধারকত্ব তিনটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে যথা:

i. পারিবাহীর পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল

ii. চারপার্শ্বস্থ মাধ্যমের ভেদন যোগ্যতা

iii. অন্য পারিবাহীর উপস্থিতি

গ দেওয়া আছে, ধারক তিনটির ধারকত্ব,

$$C_1 = C_2 = C_3 = 8\mu\text{F} = 8 \times 10^{-6}\text{F}$$

ব্যাটারীর তড়িচ্চালক বল, $E = 100\text{V}$

বের করতে হবে, প্রতিটি ধারকে সঞ্চিত চার্জ, $Q = ?$

$$\text{তুল্য ধারকত্ব C হলে, } \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{8\mu\text{F}} + \frac{1}{8\mu\text{F}} + \frac{1}{8\mu\text{F}} \\ = \frac{3}{8\mu\text{F}}$$

$$\therefore C = \frac{8\mu\text{F}}{3} = 2.67\mu\text{F}$$

$$\therefore Q = CV = 2.67 \times 10^{-6}\text{F} \times 100\text{V}$$

$$= 267 \times 10^{-6}\text{C}$$

$$= 267\mu\text{C (Ans.)}$$

ঘ অধিক শক্তি সঞ্চারের জন্য ওপরোক্ত সমবায়টি যথার্থ নয়। কেননা আমরা জানি যে, সমান্তরাল সমবায় তুল্য ধারকত্ব শ্রেণি সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব অপেক্ষা বৃহত্তর। সুতরাং সমান্তরাল সমবায় অধিক শক্তি সঞ্চিত হবে। নিম্নে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তা ব্যাখ্যা করা হলো।

ধারকদ্বয় সমান্তরাল সমবায় সঞ্চিত করলে:

সমান্তরাল সমবায় তুল্য ধারকত্ব C_p হলে,

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3 = (4 + 8 + 10)\mu\text{F} = 22\mu\text{F} = 22 \times 10^{-6}\text{F}$$

সমান্তরাল সমবায় সঞ্চিত শক্তি,

$$W_p = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 22 \times 10^{-6} \times 100^2 \text{ J} = 0.11 \text{ J}$$

ধারকত্রয় শ্রেণি সমবায় যুক্ত করলে তুল্য ধারকত্ব,

$$C_s = \frac{40}{19} \mu\text{F} = 2.11 \times 10^{-6}\text{F}$$

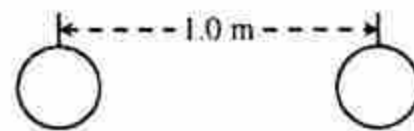
এবং সঞ্চিত শক্তি, $W_s = 0.010526 \text{ J} < 0.11 \text{ J}$

তাহলে $W_p > W_s$ অর্থাৎ সমান্তরাল সমবায় সঞ্চিত শক্তি শ্রেণি সমবায় সঞ্চিত শক্তি অপেক্ষা বেশি হবে।

\therefore অধিক শক্তি সঞ্চারের জন্য উদ্দীপকের বর্ণিত সমবায়টি যথার্থ নয়।

অধিক শক্তি সঞ্চার করতে হলে ধারকত্রয়কে সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে।

প্রশ্ন ১৯



$$A = 20 \times 10^{-6}\text{C}$$

$$B = -40 \times 10^{-6}\text{C}$$

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:

[মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ]

ক. ডোপিং কী?

১

খ. পৃথিবীর বিভব শূন্য— ব্যাখ্যা করো।

২

গ. দুইটির চার্জের মধ্যে কার্যকর কুলম্ব বল নির্ণয় করো।

৩

ঘ. চার্জ দুটির সংযোজক রেখার কোনো বিন্দুতে তড়িৎ বিভব শূন্য হবে কী?— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্থোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে খুব সামান্য পরিমাণ পঞ্চাযোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ. পৃথিবী তড়িৎ পরিবাহী। কোনো চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে তা নিস্তড়িত হয়। ধনাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে পৃথিবী থেকে ইলেকট্রন এসে বস্তুটিকে নিস্তড়িত করে। আর ঋণাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে বস্তু থেকে ইলেকট্রন পৃথিবীতে চলে যায় ফলে বস্তুটি নিস্তড়িত হয়। পৃথিবী এত বিশাল যে, এতে ইলেকট্রন দিলে বা এ থেকে ইলেকট্রন চলে গেলে এর বিভবের কোনো পরিবর্তন হয় না। পৃথিবী প্রতিনিয়ত বিভিন্ন বস্তু থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করছে এবং বিভিন্ন বস্তুতে ইলেকট্রন প্রদানও করছে। যেকোনো চার্জিত বস্তুকেই ভূ-সংযুক্ত করা হোক না কেন, তা নিস্তড়িত হয়। তাই পৃথিবীর বিভব শূন্য ধরা হয়।

গ. ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ. ধরি, A চার্জ হতে x দূরত্বে C বিন্দুতে সাম্যবিন্দুর অবস্থান।

∴ C বিন্দুতে A চার্জের জন্য বিভব, V_A হলে,

$$V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A}{r_A}$$

এখানে,
A চার্জ হতে C বিন্দুর দূরত্ব, $r_A = x$
A চার্জ, $q_A = 20 \times 10^{-6}$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A}{x}$$

C বিন্দুতে B চার্জের জন্য বিভব, V_B হলে,

$$V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_B}{r_B}$$

এখানে,
B চার্জ হতে C বিন্দুর দূরত্ব, $r_B = 1 \pm x$
B চার্জ, $q_B = -40 \times 10^{-6}$ C

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_B}{1 \pm x}$$

∴ মোট বিভব, $V = V_A + V_B = 0$

$$\text{বা, } \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A}{x} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_B}{1 \pm x} = 0$$

$$\text{বা, } \frac{q_A}{x} + \frac{q_B}{1 \pm x} = 0$$

$$\text{বা, } \frac{20 \times 10^{-6}}{x} + \frac{-40 \times 10^{-6}}{1 \pm x} = 0$$

$$\text{বা, } \frac{1 \pm x}{x} = \frac{40}{20}$$

$$\text{বা, } \frac{1 \pm x}{x} = 2$$

$$\text{বা, } 2x = 1 \pm x$$

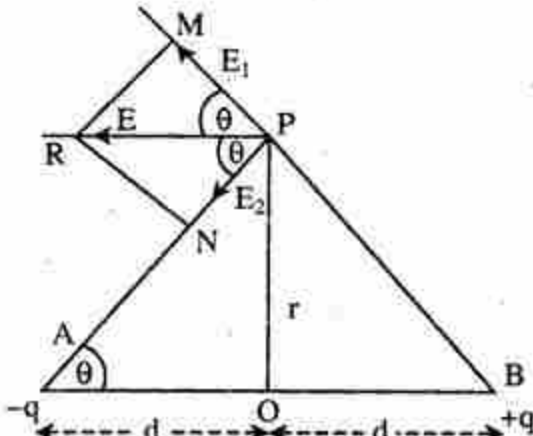
$$\text{বা, } 2x + x = 1 \text{ or } 2x - x = 1$$

$$\text{বা, } 3x = 1, \quad \text{বা, } x = 1\text{m}$$

$$\therefore x = \frac{1}{3}\text{m} = 33.33\text{cm}$$

অতএব, A ও B এর মধ্যে A বিন্দুতে অবস্থিত চার্জটি থেকে 33.33m দূরে এবং A থেকে বাইরে 1m দূরত্বে তড়িৎ বিভব শূন্য হবে।

প্রশ্ন ২০



একটি সমবাহু ত্রিভুজের প্রতিটি কোণায় 5C মানের চার্জ স্থাপিত আছে এবং এর প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য 6m.

(রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ)

ক. ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুবক কী?

খ. একটি দ্বিমেরু লম্বদ্বিখন্ডকের উপরস্থ কোনো বিন্দুতে তড়িৎ বিভবের রাশিমালা ব্যাখ্যা করো।

গ. উপরোক্ত চিত্রের সাহায্যে তড়িৎ ক্ষেত্র প্রাবল্য E নির্ণয় করো।

ঘ. 'B' বিন্দুর তুলনায় O বিন্দুতে তড়িৎ বিভবের মান ক্ষুদ্রতর'-গাণিতিক যুক্তির সাহায্যে এ উক্তির যথার্থতা যাচাই করো।

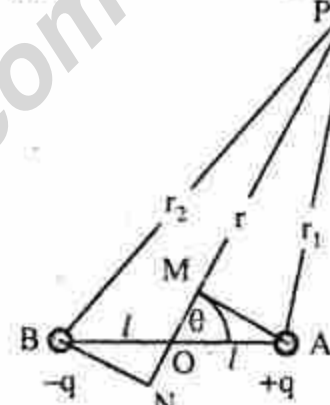
২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে কোন দুটি আধানের মধ্যে নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্যস্থানে ক্রিয়াশীল বল এবং ঐ দুই আধানের মধ্যে একই দূরত্বে অন্য কোন মাধ্যমে ক্রিয়াশীল বলের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুবক বলে।

খ. ধরি A ও B বিন্দুতে যথাক্রমে +q ও -q দুটি বিন্দু চার্জ তড়িৎ দ্বিমেরু সৃষ্টি করেছে। এদের মধ্যবর্তী দূরত্ব AB = 2l। AB এর মধ্য বিন্দু O। সুতরাং AO = BO = l। O থেকে r দূরত্বে P একটি বিন্দু। OP এর উপর AM ও BN লম্ব অংকন করি। ধরি, $\angle AOM = \angle BON = \theta$ । সুতরাং, OM = ON = l cos θ । A এবং B হতে P বিন্দুর দূরত্ব যথাক্রমে $r_1 = AP = MP = r - l \cos \theta$ এবং $r_2 = BP = NP = r + l \cos \theta$ । সুতরাং P বিন্দুর বিভব,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{r_1} - \frac{q}{r_2} \right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{r - l \cos \theta} - \frac{q}{r + l \cos \theta} \right)$$

$$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{r + l \cos \theta - r + l \cos \theta}{r^2 - l^2 \cos^2 \theta} \right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q \times 2l \cos \theta}{r^2 - l^2 \cos^2 \theta} \right)$$



যেহেতু $l \ll r$ সেহেতু $l^2 \cos^2 \theta$ কে উপেক্ষা করা যায় এবং দ্বিমেরু ভ্রামক, $p = q \times 2l$ ।

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

এটা তড়িৎ দ্বিমেরুর জন্য কোনো বিন্দুতে বিভবের রাশিমালা। P বিন্দু AB অক্ষের উপর অবস্থিত হলে $\theta = 0$ সেক্ষেত্রে

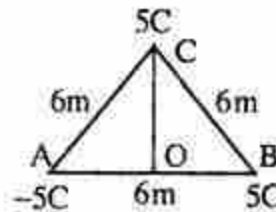
$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{p}{r^2}$$

এবং P বিন্দু AB এর লম্ব দ্বিখন্ডকের উপর অবস্থিত হলে $\theta = 90^\circ$ সেক্ষেত্রে $V = 0$ ।

গ. ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $1.25 \times 10^{10} \text{NC}^{-1}$, যা AB এর সমান্তরালে PM রেখা বরাবর ক্রিয়াশীল।

ঘ.



B বিন্দুতে বিভব V_B হলে,

$$V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_C}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A}{r}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r} (q_C + q_A)$$

$$= \frac{9 \times 10^9}{6} \times (5 - 5)$$

$$= 0 \text{ V}$$

ΔABC সমবাহু বলে, $OA = OB = 3m$

$$\begin{aligned} \text{এবং } OC &= \sqrt{BC^2 - OB^2} \\ &= \sqrt{6^2 - 3^2} \\ &= 5.2m \end{aligned}$$

O বিন্দুতে q_A, q_B, q_C চার্জের জন্য সৃষ্টি বিভব, V_D হলে,

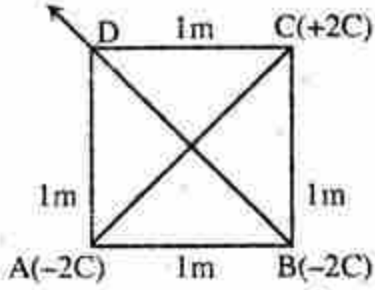
$$\begin{aligned} V_0 &= \frac{q_A}{4\pi\epsilon_0 r_{OA}} + \frac{q_B}{4\pi\epsilon_0 r_{OB}} + \frac{q_C}{4\pi\epsilon_0 r_{OC}} \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{(-5)}{3} + 9 \times 10^9 \times \frac{5}{3} + 9 \times 10^9 \times \frac{5}{5.2} \\ &= 8.65 \times 10^9 V \end{aligned}$$

$$\therefore V_O > V_B$$

অর্থাৎ, O বিন্দুতে বিভব B বিন্দুর বিভব অপেক্ষা বেশি।

অতএব, B বিন্দুর তুলনায় O বিন্দুতে বিভবের মান ক্ষুদ্রতর উক্তিটি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ২১



[ফেনী গার্লস ক্যাডেট কলেজ, ফেনী]

- ক. শান্টি কাকে বলে? ১
- খ. সমান দৈর্ঘ্য এবং ব্যাসের একটি তামার এবং স্টীলের তার যদি কোন কোষের সাথে আলাদাভাবে লাগানো হয় তাহলে প্রবাহিত তড়িৎের মান সমান হবে কি? ২
- গ. D বিন্দুতে বিভব বের করো? ৩
- ঘ. D বিন্দুতে তড়িত তীব্রতা BD বরাবর ক্রিয়া করে। গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাকে শান্টি বলে।

খ রোধের সূত্র হতে আমরা জানি,

$$\text{রোধ, } R = \frac{\rho L}{A} \text{ এখানে, } L = \text{দৈর্ঘ্য; } A = \text{প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল}$$

ρ = আপেক্ষিক রোধ

তামা এবং ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য এবং ব্যাস একই হলেও তারদ্বয়ের আপেক্ষিক রোধ একই না হওয়ায় বর্তনীতে রোধের মান ভিন্ন হবে।

যেহেতু, $I = \frac{V}{R}$, ফলে রোধ একই না বলে তড়িৎ প্রবাহও একই হবে না।

গ এখানে,

A বিন্দুতে আধান, $q_A = -2C$

B বিন্দুতে আধান, $q_B = -2C$

C বিন্দুতে আধান, $q_C = 2C$

বর্গের প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য 1 m

ABC সমকোণী ত্রিভুজ থেকে পাই,

$$AD^2 + AB^2 = BD^2$$

$$1^2 + 1^2 = BD^2$$

$$\therefore BD = \sqrt{2}$$

এখন D বিন্দুতে মোট বিভব V হলে,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_A}{AD} + \frac{q_B}{BD} + \frac{q_C}{CD} \right)$$

$$\text{বা, } V = 9 \times 10^9 \times \left(\frac{-2}{1} + \frac{-2}{\sqrt{2}} + \frac{2}{1} \right)$$

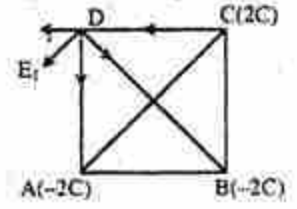
$$\therefore V = -1.27 \times 10^{10} V$$

অর্থাৎ D বিন্দুতে বিভবের মান $1.27 \times 10^{10} V$ (Ans.)

ঘ 'গ' হতে পাই,

$$BD = \sqrt{2} m$$

$$AD = CD = 1m$$



q_C এর জন্য D বিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতা বা প্রাবল্য CD বরাবর বাইরের দিকে।

$$\begin{aligned} \therefore E_{CD} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_C}{CD^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2}{1^2} \\ &= 1.8 \times 10^{10} NC^{-1} \end{aligned}$$

q_B এর জন্য D বিন্দুতে প্রাবল্য DB বরাবর B বিন্দুর দিকে,

$$\begin{aligned} E_{DB} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_B}{BD^2} \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{-2}{(\sqrt{2})^2} \\ &= -9 \times 10^9 NC^{-1} \\ &= 9 \times 10^9 NC^{-1}, \text{ আকর্ষণ বল} \end{aligned}$$

অনুরূপভাবে, q_A এর জন্য D বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য DA বরাবর।

$$E_{DA} = 9 \times 10^9 \times \frac{-2}{1} = -1.8 \times 10^{10} NC^{-1}$$

$$\therefore E_{DA} = 1.8 \times 10^{10} NC^{-1} \text{ [আকর্ষণ বল]}$$

E_{CD} ও E_{DA} এর লব্ধি তড়িৎ প্রাবল্য,

$$\begin{aligned} E_1 &= \sqrt{E_{CD}^2 + E_{DA}^2} \\ &= \sqrt{(1.8 \times 10^{10})^2 + (1.8 \times 10^{10})^2} \\ &= 2.55 \times 10^{10} NC^{-1} \end{aligned}$$

E_{CD} ও E_{DA} এর মান সমান বলে এদের লব্ধি, E_1

E_{CD} ও E_{DA} এর মধ্যবর্তী কোণের সমস্থিতিত্বক বরাবর কাজ করবে।

ফলে, E_1 , AD এর সাথে $\frac{90^\circ}{2} = 45^\circ$ কোণ উৎপন্ন করবে।

এখন, E_1 ও E_{DB} এর মধ্যবর্তী কোণ $45^\circ + 45^\circ = 90^\circ$

$\therefore E_1$ ও E_{DB} এর লব্ধি E_2 হলে

$$\begin{aligned} E_2 &= \sqrt{E_1^2 + E_{DB}^2} \\ &= \sqrt{(2.55 \times 10^{10})^2 + (9 \times 10^9)^2} \\ &= 2.7 \times 10^{10} NC^{-1} \end{aligned}$$

এবং এটি E_{DB} এর সাথে θ কোণ উৎপন্ন করলে,

$$\tan \theta = \frac{E_1 \sin 90^\circ}{E_{DB} + E_1 \cos 90^\circ} = \frac{E_1}{E_{DB}}$$

$$\text{বা, } \theta = \tan^{-1} \left(\frac{E_1}{E_{DB}} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{2.55 \times 10^{10}}{9 \times 10^9} \right)$$

$$= \tan^{-1} (2.833)$$

$$\therefore \theta = 70.56^\circ$$

অর্থাৎ, D বিন্দুতে লব্ধি তড়িৎ প্রাবল্য BD এর সাথে 70.56° কোণ উৎপন্ন করে।

অতএব, D বিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতা BD বরাবর ক্রিয়া করে না, ফলে D বিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতা BD বরাবর ক্রিয়া করে উক্তিটি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ২২ জনাব জিহান ল্যাবে কাজ করছিল। তিনি তিনটি সমান মানের ক্যাপাসিটরকে সমান্তরালে সংযুক্ত করলেন। তিনি বর্তনীর উৎস হিসাবে 30V ব্যবহার করলেন। সেই সময়ে তার শিক্ষক জনাব পিট একটি প্রশ্ন করলেন, যদি সংযোগের মোট চার্জ 90C হয়। তাহলে প্রত্যেক ক্যাপাসিটরের ধারকত্ব কত? [ফৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ]

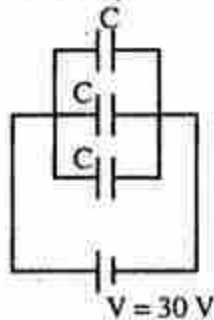
- ক. ধারকের ধারকত্ব বলতে কি বোঝ? ১
খ. আধানের কোয়ান্টায়ন ব্যাখ্যা করো? ২
গ. কিভাবে জনাব জিহান, জনাব পিটকে উত্তর দিতে পারে? বের করো। ৩
ঘ. যখন ক্যাপাসিটরগুলো শ্রেণি সংযোগে থাকবে তখন মোট চার্জের কি পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে বের করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো পরিবাহকের বিভব প্রতি একক বাড়াতে যে পরিমাণ আধানের প্রয়োজন হয়, তাকে ঐ পরিবাহকের ধারকত্ব বলে।

খ. আধানের যে কোনো মান হতে পারে না- এ বিষয়টিকে আধানের কোয়ান্টায়ন বলে। দুটি অনাহিত বস্তুর মধ্যে ইলেকট্রন আদান প্রদানের ফলে উভয়ই সমান মানের কিন্তু বিপরীতধর্মী চার্জে চার্জিত হয়। কয়টি ইলেকট্রন স্থানান্তর করলে তার ওপর আধানের মান নির্ভর করে। একারণে আধানের মান সর্বদা ইলেকট্রনের আধানের ($e = -1.6 \times 10^{-19} \text{C}$) সরল গুণিতক হয়, ভগ্নাংশ হতে পারেনা। যেমন, $2.4 \times 10^{-19} \text{C}$ মানের কোনো আধান থাকতে পারেনা, কারণ এটি e এর ভগ্নাংশ (1.5) গুণিতক।

গ. উদ্দীপক অনুযায়ী বর্তনীটি নিম্নরূপ-



∴ তুল্য ধারকত্ব, $C_p = C + C + C = 3C$
আমরা জানি, $Q = C_p V$
∴ উপরোক্ত বর্তনীর জন্য, $Q = 3CV$
যেহেতু জনাব পিট মোট চার্জ = 90 C এর জন্য ধারকত্ব বের করতে বললেন,
∴ $90 = 3C \times 30$
∴ $C = 1F$
অর্থাৎ, 1F মানের তিনটি ধারক সমান্তরালে যুক্ত করলে এবং তার দুইপাশে 30V বিভব ব্যবহার করলে মোট 90C চার্জ জমা হয়।
অতএব, জনাব জিহান জনাব পিটকে উপরোক্ত পদ্ধতিতে হিসেব করে বলতে পারেন যে, প্রতি ক্যাপাসিটরের ধারকত্ব 1F.

ঘ. যখন ক্যাপাসিটরগুলো শ্রেণি সংযোগে থাকবে তখন তুল্য ধারকত্ব C_s হলে,

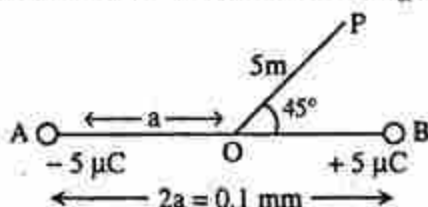
$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \frac{1}{C} = \frac{3}{C} = \frac{3}{1}$$

$$\therefore C_s = \frac{1}{3} = 0.33 F$$

∴ মোট চার্জ, $Q = C_s V$
 $= 0.33 \times 30$
 $= 10 C$

অতএব, ক্যাপাসিটরগুলো শ্রেণি সংযোগে থাকলে মোট চার্জ আগের মোট চার্জের $\frac{10}{90} = \frac{1}{9}$ গুন অর্থাৎ 9 ভাগের 1 ভাগ হয়ে যাবে।

প্রশ্ন ২৩ যন্ত্র সহকারে ছবিটি পর্যবেক্ষন করে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



[যদিগাল ক্যাডেট কলেজ]

- ক. তড়িৎ চাপ কি? ১
খ. একটি চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে তড়িৎ তীব্রতা শূন্য কেন? সংক্ষেপে ব্যাখ্যা করো। ২
গ. P বিন্দুতে তড়িৎ শক্তি বের করো। ৩
ঘ. P বিন্দুতে 2C চার্জ রাখলে কত কাজ সংঘটিত হবে। গাণিতিক পর্যবেক্ষণসহ উত্তর দাও। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. অসীম থেকে একক ধনাত্মক আধানকে পরিবাহকের খুব নিকটে আনতে তড়িৎ বল দ্বারা বা তড়িৎ বলের বিরুদ্ধে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয়, তাকে তড়িৎ চাপ বলে।

খ. চার্জিত গোলকের সকল চার্জ এর পৃষ্ঠে অবস্থান করে এবং বলরেখাগুলো পৃষ্ঠদেশ থেকে বাইরে বের হয় অথবা পৃষ্ঠদেশে এসে শেষ হয়। গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বলরেখা প্রবেশ করে না বিধায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়। গাউসের সূত্রানুযায়ী দেখা যায় যে, গোলকের কেন্দ্র থেকে r ব্যাসার্ধের $[0 \leq r < \text{গোলকের ব্যাসার্ধ}]$ যে কোনো গোলায়

$$\text{তলে মোট ফ্লাক্স, } \phi = \oint E \cdot d\vec{s} = \frac{q}{\epsilon_0} = 0$$

∴ $E = 0$, তাই চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরের গাউসীয় তল কোনো চার্জ ধারণ না করায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়।

গ. এখানে, দ্বিমেরুর চার্জ, $q = 5 \mu C$
 $= 5 \times 10^{-6} C$

চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $2a = 0.1 \text{ mm}$

$$\therefore a = 0.05 \text{ mm}$$

$$= 5 \times 10^{-5} \text{ m}$$

কেন্দ্র ও ব্যাসার্ধ ভেক্টরের অভ্যন্তরীণ কোণ,

$$\theta = 45^\circ$$

ব্যাসার্ধ ভেক্টরের মান, $r = 5 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \therefore P \text{ বিন্দুতে তড়িৎ বিভব, } V &= \frac{P \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 r^2} \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2aq \cos \theta}{r^2} \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 5 \times 10^{-5} \times 5 \times 10^{-6} \times \cos 45^\circ}{5^2} \\ &= 0.127 \text{ volts.} \end{aligned}$$

ঘ. এখানে,
P বিন্দুর বিভব, $V = 0.127 \text{ volts}$

P বিন্দুতে আধান, $Q = 2C$

$$\begin{aligned} \therefore \text{সম্পাদিত কাজ, } W &= QV \\ &= 2 \times 0.127 \text{ J} \\ &= 0.254 \text{ J} \end{aligned}$$

অতএব, P বিন্দুতে 2C চার্জ স্থাপন করতে 0.254 J কাজে সম্পাদন করতে হবে।

প্রশ্ন ২৪ শূন্য মাধ্যমে অবস্থিত দুটি সমকেন্দ্রিক পাতলা চার্জিত খোলকের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 10cm ও 15cm। ভেতরের খোলকে চার্জের পরিমাণ 40.6 nC এবং বাইরের খোলকে 19.3nC।

[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]

- ক. বিচ্যুতি কাকে বলে? ১
খ. কোনো চৌম্বক ক্ষেত্রের মান 10T বলতে কী বুঝ? ২
গ. খোলকদ্বয়ের কেন্দ্রে বিভবের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩
ঘ. খোলকদ্বয়ের কেন্দ্র থেকে 10cm ও 22 cm দূরে দুটি বিন্দুতে তড়িৎক্ষেত্রের তীব্রতার তুলনা কর। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো স্থানে মুক্তভাবে স্থাপিত চুম্বক শলাকা ভৌগোলিক উত্তর-দক্ষিণ থেকে যে কোণে বিচ্যুত হয় অর্থাৎ উত্তর-দক্ষিণ মধ্যতল ও চৌম্বক মধ্যতলের অন্তর্ভুক্ত কোণকে ঐ স্থানের বিচ্যুতি বলে।

খ. কোনো চৌম্বকক্ষেত্রের মান 10T বলতে বুঝায়:

- উক্ত চৌম্বকক্ষেত্রের সাথে লম্ব বরাবর স্থাপিত কোনো তলের প্রতি 1m^2 ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে 10Wb চৌম্বক ফ্লাক্স অতিক্রান্ত হবে।
- উক্ত চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখের সাথে সমকোণে 1C চার্জ 1ms^{-1} বেগে গতিশীল হলে তা 10N বল অনুভব করবে।

গ. কোনো খোলকের অভ্যন্তরে বিভব অপরিবর্তিত থাকে এবং এর মান পৃষ্ঠে বিভবের মানের সমান।

খোলকস্থলের কেন্দ্রে তড়িৎ বিভব হবে খোলকস্থলের চার্জের জন্য সৃষ্ট তড়িৎ বিভবের যোগফলের সমান।

বহির্খোলকের চার্জের জন্য কেন্দ্রে বিভবের মান V_0 হলে,

$$V_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0}{R_0}$$

এখানে,
বহির্খোলকের চার্জ, $q_0 = 19.3\text{ nC}$
 $= 19.3 \times 10^{-9}\text{ C}$
বহির্খোলকের ব্যাসার্ধ, $R_0 = 15\text{ cm}$
 $= 15 \times 10^{-2}\text{ m}$

অন্তর্খোলকের চার্জের জন্য কেন্দ্রে বিভবের মান V_i হলে,

$$V_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i}{R_i}$$

এখানে,
অন্তর্খোলকের চার্জ, $q_i = 40.6\text{ nC}$
 $= 40.6 \times 10^{-9}\text{ C}$
অন্তর্খোলকের ব্যাসার্ধ, $R_i = 10\text{ cm}$
 $= 10 \times 10^{-2}\text{ m}$

$$\therefore \text{কেন্দ্রে তড়িৎ বিভবের মান, } V = V_i + V_0 = 3654 + 1158 = 4812\text{ V (Ans.)}$$

ঘ. গাউসের সূত্র, $q = \epsilon \int \vec{E} \cdot d\vec{s}$ হতে আবদ্ধ ক্ষেত্রে, $q = 0$ হলে, $E = 0$ খোলকের অভ্যন্তরে, $q = 0$ বলে খোলক তথা ফাঁপা গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ প্রাবল্যের মান শূন্য।

তাই খোলকস্থলের কেন্দ্রে হতে 10 cm দূরের বিন্দুটি অন্তর্খোলকের পৃষ্ঠে এবং বহির্খোলকের অভ্যন্তরে অবস্থিত বলে বহির্খোলকের চার্জের দ্রুণ সৃষ্ট তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য।

কিন্তু অন্তর্খোলকের পৃষ্ঠে অবস্থিত হওয়ায় উক্ত বিন্দুতে অন্তর্খোলকের চার্জের জন্য সৃষ্ট তড়িৎ প্রাবল্যের মান E_1 হলে,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i}{r_1^2}$$

এখানে,
অন্তর্খোলকের চার্জ, $q_i = 40.6\text{ nC}$
 $= 40.6 \times 10^{-9}\text{ C}$
কেন্দ্রে হতে দূরত্ব, $r_1 = 10\text{ cm}$
 $= 10 \times 10^{-2}\text{ m}$

খোলকস্থলের কেন্দ্রে হতে 22 cm দূরের বিন্দুটি খোলক দুইটির বাইরে অবস্থিত বলে ঐ বিন্দুতে প্রাবল্য খোলকস্থলের চার্জের জন্য সৃষ্ট তড়িৎ প্রাবল্যের লম্বি হবে। যেহেতু দুই খোলকেই ধনাত্মক চার্জ রয়েছে তাই প্রাবল্যের দিক একই এবং লম্বি হবে প্রাবল্যস্থলের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

অন্তর্খোলকের চার্জের জন্য সৃষ্ট তড়িৎ প্রাবল্য E_{21} হলে,

$$E_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i}{r_{21}^2}$$

এখানে,
অন্তর্খোলকের চার্জ, $q_i = 40.6\text{ nC}$
 $= 40.6 \times 10^{-9}\text{ C}$
কেন্দ্রে হতে বিন্দুর দূরত্ব, $r_{21} = 22\text{ cm}$
 $= 0.22\text{ m}$

আবার, বহির্খোলকের চার্জের জন্য সৃষ্ট তড়িৎ প্রাবল্য E_{20} হলে,

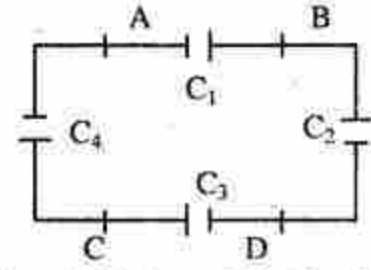
$$E_{20} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0}{r_{20}^2}$$

এখানে,
বহির্খোলকের চার্জ, $q_0 = 19.3\text{ nC}$
 $= 19.3 \times 10^{-9}\text{ C}$
কেন্দ্রে হতে বিন্দুর দূরত্ব, $r_{20} = 0.22\text{ m}$

\therefore খোলকস্থলের কেন্দ্রে হতে 22 cm দূরের বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য,

$$E_2 = E_{21} + E_{20} = 7549.6 + 3588.84 = 11.14 \times 10^3\text{ NC}^{-1}$$

প্রশ্ন ২৫



চিত্র $C_1 = 2\mu\text{F}$, $C_2 = 2\mu\text{F}$, $C_3 = 4\mu\text{F}$, $C_4 = 8\mu\text{F}$ প্রতিটি ধারকের পাতের ক্ষেত্রফল 2.5 cm^2 । এ পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 5 cm , 150 V বিভব পার্থক্যের তড়িৎ উৎস এর প্রথমে A ও B বিন্দুর মাঝে এবং পরবর্তীতে A ও D বিন্দুর মধ্যে সংযুক্ত করা হয়। [নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]

ক. গাউসের সূত্র বিবৃত কর।

খ. একটি সুস্থম তড়িৎক্ষেত্রে স্থাপিত প্রোটন ও ইলেকট্রন সমত্বরণ প্রাপ্ত হবে কী? ব্যাখ্যা কর।

গ. C_1 ধারকের পাত দুটির মধ্যবর্তী মাধ্যমের তড়িৎ মাধ্যমাংক কত?

ঘ. তড়িৎ উৎস সংযুক্ত করার পর কোন ক্ষেত্রে (AB অথবা AD) বেশি শক্তি সঞ্চিত হবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোন তড়িৎ ক্ষেত্রে অবস্থিত কোন বস্তু কল্পিত তলের মধ্য দিয়ে অতিক্রমকারী তড়িৎ ফ্লাক্স ঐ তল দ্বারা বেষ্টিত মোট আধানের ϵ_0 গুণের সমান হবে।

খ. একটি সুস্থম তড়িৎ ক্ষেত্রে, E তে একটি প্রোটন ও একটি ইলেকট্রন সমান কিন্তু বিপরীতমুখী বল অনুভব করবে এবং বলের মান $|F| = |eE|$ কিন্তু প্রোটনের ত্বরণ a_p ও ইলেকট্রনের ত্বরণ, a_e হলে,

$$a_p = \frac{|F|}{m_p} = \frac{|eE|}{m_p} \text{ এবং } a_e = \frac{|eE|}{m_e}$$

$m_p > m_e$ বলে, $a_p < a_e$ হবে।

অর্থাৎ সুস্থম তড়িৎ ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের ত্বরণ প্রোটন অপেক্ষা বেশি হবে।

গ. C_1 ধারকের পাত দুটির মধ্যবর্তী মাধ্যমের তড়িৎ মাধ্যমাংক ϵ হলে,

$$C_1 = \frac{\epsilon A}{d}$$

বা, $\epsilon = \frac{C_1 d}{A}$

$$= \frac{2 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-2}}{2.5 \times 10^{-4}}$$

$$= 4 \times 10^{-4}\text{ C}^2\text{m}^2\text{N}^{-1}\text{ (Ans.)}$$

এখানে,

ধারকত্বের মান, $C_1 = 2\mu\text{F}$

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

পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব

$$d = 5\text{ cm}$$

$$= 5 \times 10^{-2}\text{ m}$$

পাতের ক্ষেত্রফল, A

$$= 2.5\text{ cm}^2 = 2.5 \times 10^{-4}\text{ m}^2$$

ঘ. 150 V এর তড়িৎ উৎস A ও B বিন্দুতে সংযুক্ত করলে C_2 , C_3 ও C_4 ধারকত্রয় শ্রেণিতে এবং এদের তুল্য ধারক C এর সাথে সমান্তরালে থাকে।

শ্রেণিতে যুক্ত C_2 , C_3 ও C_4 এর তুল্য ধারকত্ব, C_{s1} হলে,

$$\frac{1}{C_{s1}} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}$$

$$= \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8}$$

$$= \frac{7}{8}$$

$$\therefore C_{s1} = \frac{8}{7}\mu\text{F}$$

আবার, সমান্তরালে যুক্ত C_{s1} ও C_1 এর তুল্য ধারকত্ব C_{p1} হলে,

$$C_{p1} = C_{s1} + C_1$$

$$= \frac{8}{7} + 2$$

$$= 3.143\mu\text{F}$$

এক্ষেত্রে সঞ্চিত শক্তি E_{AB} হলে,

$$E_{AB} = \frac{1}{2} C_{p1} V^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 3.143 \times 10^{-6} \times (150)^2$$

$$= 0.0354 \text{ J}$$

আবার, তড়িৎ উৎসটিকে A ও D বিন্দুর মধ্যে সংযুক্ত করলে C_1 ও C_2 ধারকদ্বয় এবং C_3 ও C_4 ধারকদ্বয় শ্রেণিতে এবং এদের তুল্য ধারকদ্বয় সমান্তরালে যুক্ত।

শ্রেণিতে যুক্ত C_1 ও C_2 এর তুল্য ধারকত্ব C_{s2} হলে,

$$\frac{1}{C_{s2}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{C_{s2}} = 1$$

$$\therefore C_{s2} = 1 \mu\text{F}$$

আবার, শ্রেণিতে যুক্ত C_3 ও C_4 এর তুল্য ধারকত্ব C_{s3} হলে,

$$\frac{1}{C_{s3}} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{4} + \frac{1}{8}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{C_{s3}} = \frac{3}{8}$$

$$\therefore C_{s3} = 2.67 \mu\text{F}$$

\therefore সমান্তরালে থাকা C_{s2} ও C_{s3} এর তুল্য ধারকত্ব C_{p2} হলে,

$$C_{p2} = C_{s2} + C_{s3}$$

$$= 1 + 2.67$$

$$= 3.67 \mu\text{F}$$

এক্ষেত্রে সঞ্চিত শক্তি E_{AD} হলে,

$$E_{AD} = \frac{1}{2} C_{p2} V^2$$

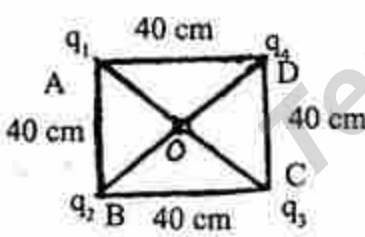
$$= \frac{1}{2} \times 3.67 \times 10^{-6} \times (150)^2$$

$$= 0.041 \text{ J}$$

$$\therefore E_{AD} > E_{AB}$$

অর্থাৎ, তড়িৎ উৎসকে A ও D বিন্দুর মধ্যে সংযুক্ত করলে অধিক শক্তি সঞ্চিত হবে।

প্রশ্ন ২৬



$$q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = 3 \mu\text{C}$$

(সিআইটি উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা)

- ক. বিন্দু চার্জ কী? ১
- খ. বিভব পার্থক্য ও কাজের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর। ২
- গ. বর্গক্ষেত্রটির কেন্দ্রে O বিন্দুতে বিভব নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. q_1 আয়নের উপর কুলম্ব বলের মান কত হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি চার্জিত বস্তুর আকার যদি তাদের মধ্যবর্তী দূরত্বের তুলনায় খুব ছোট হয় তবে তাদেরকে বিন্দু চার্জ বলা হয়।

$$\text{খ } A \xrightarrow{V_A} d \xrightarrow{V_B} B$$

কোনো তড়িৎ ক্ষেত্রের মধ্যে A ও B দুটি বিন্দুর বিভব যথাক্রমে V_A ও V_B হলে,

B বিন্দু হতে A বিন্দুতে প্রতি একক ধনাত্মক আধান সরাতে কৃতকাজ = $V_A - V_B$.

\therefore q একক ধনাত্মক আধানকে B বিন্দু হতে A বিন্দুতে সরাতে কৃতকাজ = $q(V_A - V_B)$.

আবার, q একক আধানকে A বিন্দু হতে B বিন্দুতে সরাতে কৃতকাজ = $q(V_B - V_A)$.

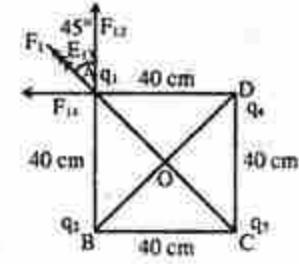
\therefore কাজ = আধান \times বিভব পার্থক্য।

এটিই নির্ণেয় সম্পর্ক।

গ ৯ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : $3.8 \times 10^5 \text{ V}$

ঘ



$$\text{চিত্রে } AC = \sqrt{AD^2 + CD^2}$$

$$= \sqrt{40^2 + 40^2}$$

$$= 56.57 \text{ cm}$$

$$= 0.5657 \text{ m}$$

q_1 ও q_2 এর মধ্যবর্তী কুলম্ব বল F_{12} হলে,

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{(3 \times 10^{-6})^2}{(0.4)^2}$$

$$= 0.51 \text{ N, B থেকে A এর দিকে।}$$

$$\text{একইভাবে } q_1 \text{ ও } q_4 \text{ এর মধ্যবর্তী কুলম্ব বল, } F_{14} \text{ হলে } F_{14} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_4}{r_{14}^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{(3 \times 10^{-6})^2}{(0.4)^2}$$

$$= 0.51 \text{ N, D হতে A এর দিকে।}$$

\therefore q_1 এর উপর ক্রিয়ারত F_{12} ও F_{14} বলের মান 0.51 N ও F_{12} ও F_{14} এর মধ্যবর্তী কোণ 90° .

F_{14} ও F_{12} বলের লব্ধি F_{124} হলে,

$$F_{124} = \sqrt{F_{12}^2 + F_{14}^2 + 2F_{12}F_{14} \cos 90^\circ}$$

$$= \sqrt{0.51^2 + 0.51^2 + 2 \times 0.51^2 \times 0}$$

$$= 0.72 \text{ N}$$

এবং লব্ধি AD এর সাথে θ কোণ উৎপন্ন করলে $\theta = \frac{90^\circ}{2} + 90^\circ =$

$$135^\circ \text{ [যেহেতু, } F_{12} = F_{14}]$$

অর্থাৎ লব্ধি CA বরাবর।

$$\text{আবার, } q_1 \text{ ও } q_3 \text{ এর মধ্যবর্তী কুলম্ব বল } F_{13} \text{ হলে, } F_{13} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{(3 \times 10^{-6})^2}{(0.5657)^2}$$

$$= 0.253 \text{ N}$$

C হতে A এরদিকে যা BC এর সাথে 45° কোণ উৎপন্ন করে।

$\therefore F_{124}$ ও F_{13} এর দিক একই।

\therefore q_1 এর উপর ক্রিয়ারত লব্ধি বল F_1 হলে,

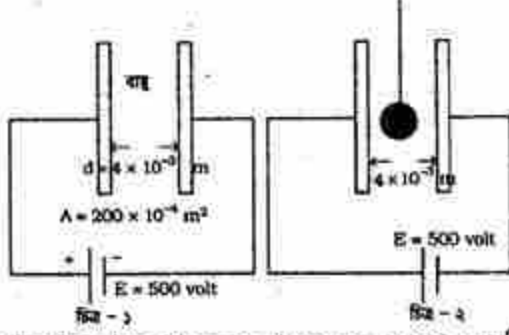
$$F_1 = F_{124} + F_{13}$$

$$= 0.72 + 0.253$$

$$= 0.973 \text{ N}$$

লব্ধি কুলম্বিয় বল CA বরাবর ক্রিয়া করে।

প্রশ্ন ২৭ নিচের চিত্রটি লক্ষ্য কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



চিত্র-২ এ সমান্তরাল পাত ধারকের পাতদ্বয়ের মাঝে একটি ক্ষুদ্র চার্জিত বস্তু উপরের পাত হতে তারের সাহায্যে ঝুলানো আছে। বস্তুটির ভর $60 \times 10^{-4} \text{ kg}$ এবং চার্জ $20 \mu\text{C}$ ।

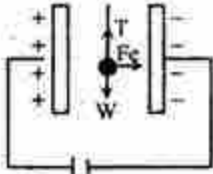
- ক. কুরী বিন্দু কী? ১
খ. ঢাকার বিনতি 31°N বলতে কী বোঝায়? ২
গ. উদ্দীপকের ২নং চিত্রের তারের উপর টান নির্ণয় কর। ৩
ঘ. চিত্র-১ এর ধারকটির মধ্যবর্তী স্থানে ২.৬ ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের একটি বস্তু দ্বারা পূর্ণ করলে একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তির পরিবর্তন হবে কিনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে থাকলে যে তাপমাত্রায় কোনো ফেরো-চৌম্বক পদার্থ প্যারাচৌম্বক পদার্থে পরিণত হয় তাকে ঐ ফেরোচৌম্বক পদার্থের কুরীবিন্দু বলে।

খ. ঢাকার বিনতি 31°N বলতে বুঝায়, ঐ স্থানে ভারকেন্দ্র থেকে মুক্তভাবে ঝুলানো একটি চুম্বক শলাকার অক্ষ স্থির অবস্থায় অনুভূমিক তলের সাথে 31° কোণ করে আনত থাকবে এবং শলাকাটির উত্তর মেবু নিচের দিকে ঝুঁকে থাকবে।

গ.



পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থানে তড়িৎ প্রাবল্য E হলে

$$E = \frac{V}{d}$$

$$= \frac{500}{4 \times 10^{-3}}$$

$$= 1.25 \times 10^5 \text{ NC}^{-1}$$

ক্ষুদ্র চার্জিত বস্তুটির উপর ক্রিয়ারত কুলম্ব বল, F_e হলে,

$$F_e = qE$$

$$= 20 \times 10^{-6} \times 1.25 \times 10^5$$

$$= 2.5 \text{ N.}$$

কুলম্ব বল, F_e ভূমির সমান্তরালে বাম পাত হতে ডান পাতের দিকে ক্রিয়াশীল।

আবার, বস্তুর ওজন, W হলে,

$$W = mg$$

$$= 60 \times 10^{-4} \times 9.8$$

$$= 0.0588 \text{ N.}$$

ওজন, W খাড়া নিচের দিকে ক্রিয়াশীল।

∴ তারের উপর টান T হলে,

$$T = \sqrt{F_e^2 + W^2 + 2F_e W \cos 90^\circ}$$

$$= \sqrt{2.5^2 + 0.0588^2}$$

$$= 2.5 \text{ N (Ans.)}$$

ঘ. ধারকটির মধ্যবর্তী স্থান বায়ু ও ২.৬ ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের বস্তু দ্বারা যথাক্রমে পূর্ণ হলে প্রতিক্ষেত্রে ধারকে একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি যথাক্রমে U_1 ও U_2 হলে,

$$U_1 = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

$$\text{এবং } U_2 = \frac{1}{2} \epsilon E^2$$

$$\therefore \frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{1}{2} \epsilon E^2}{\frac{1}{2} \epsilon_0 E^2}$$

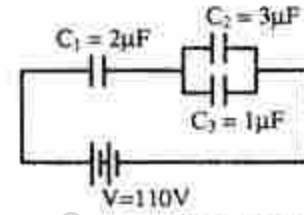
$$= \frac{2.6 \epsilon_0}{\epsilon_0}$$

$$= 2.6$$

$$\therefore U_2 = 2.6 U_1$$

অর্থাৎ, বায়ুর পরিবর্তে ধারকের মধ্যবর্তী স্থান ২.৬ ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের বস্তু দ্বারা পূর্ণ করলে একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি পূর্বের চাইতে ২.৬ গুণ বেড়ে যাবে।

প্রশ্ন ২৮



ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা,

- ক. বিন্দু চার্জের জন্য কুলম্বের সূত্র বিবৃত করো? ১
খ. যদি কোন ডাই ইলেকট্রিক মাধ্যমকে ধারকের দুইটা পাতের মধ্যে প্রবেশ করানো হয় তখন কী ঘটতে পারে? ২
গ. ধারকের তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় করো উক্ত বর্তনী থেকে। ৩
ঘ. উক্ত বর্তনীতে Q_1 , Q_2 , Q_3 চার্জগুলোর মান নির্ণয় করো যারা যথাক্রমে C_1 , C_2 এবং C_3 ধারকে সঞ্চিত হয়। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. নির্দিষ্ট মাধ্যমে দুটি বিন্দু চার্জের মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান চার্জদ্বয়ের পরিমাণ এর গুণফলের সমানুপাতিক, এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক এবং এ আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল তাদের মধ্যবর্তী সংযোগ রেখা বরাবর কাজ করে।

খ. আমরা জানি, কোন ধারকের ধারকত্ব, $C = \frac{\epsilon A}{d} = \frac{\epsilon_0 K A}{d}$, যেখানে,

K = ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবক। ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান শূন্য মাধ্যমে ১, অন্যমাধ্যমে, $K > 1$ । তাই যদি একটি সমান্তরাল পাত ধারকের দুটি পাতের মধ্যবর্তী স্থানে ডাই ইলেকট্রিক মাধ্যম থাকে তখন তার ঐ ধারকের ধারকত্ব শূন্য মাধ্যমে ধারকত্ব অপেক্ষা বৃদ্ধি পাবে।

যেহেতু, $Q = CV$ তাই ধারকত্ব বৃদ্ধি পাওয়ায় ধারকের পাতদ্বয়ের একই বিভব পার্থক্যে পূর্বের তুলনায় অধিক চার্জ জমা হবে।

গ. ৭ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : $1.33 \mu\text{F}$

ঘ. C_2 ও C_3 তুল্য ধারকত্ব, $C_{23} = C_2 + C_3$

$$= (3 + 1) \mu\text{F}$$

$$= 4 \mu\text{F}$$

$$\therefore C_1 \text{ এর দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য, } V_1 = \frac{C_{23}}{C_1 + C_{23}} \cdot V$$

$$= \frac{4}{2 + 4} \times 110$$

$$= 73.33 \text{ V}$$

$$\therefore C_2 \text{ এবং } C_3 \text{ এর দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য, } V_2 = V - V_1$$

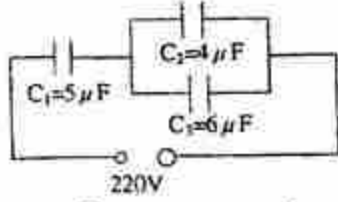
$$= 110 - 73.33$$

$$= 36.67 \text{ V}$$

$$\therefore Q_1 = C_1 V_1 = 2 \times 10^{-6} \times 73.33 = 1.47 \times 10^{-4} \text{ C. (Ans.)}$$

$$Q_2 = C_2 V_2 = 3 \times 10^{-6} \times 36.67 = 1.1 \times 10^{-4} \text{ C. (Ans.)}$$

$$Q_3 = C_3 V_2 = 1 \times 10^{-6} \times 36.67 = 0.367 \times 10^{-4} \text{ C. (Ans.)}$$



বর্তনী চিত্রটি ব্যবহার করে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:

[ঢাকা রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ, ঢাকা]

- তড়িৎ দ্বি-মেরু কী? ১
- গাউসের সূত্র হতে কীভাবে কুলম্বের সূত্র পাওয়া যায় ব্যাখ্যা কর। ২
- বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় কর। ৩
- কোন ধারকে সঞ্চিত শক্তি বেশি হবে- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ গাউসের সূত্র থেকে পাই,

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = E \oint dA = \frac{q}{\epsilon_0}$$

যেহেতু গোলায় পৃষ্ঠের সকল বিন্দুতে E ধ্রুবক।

$$\therefore EA = \frac{q}{\epsilon_0}$$

কিন্তু গোলকের পৃষ্ঠ তলের ক্ষেত্রফল, $A = 4\pi r^2$

$$\therefore E = \frac{q}{A\epsilon_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

কোন বিন্দু চার্জ q' এবং q চার্জ হতে এর দূরত্ব r হলে, এদের মধ্যবর্তী ক্রিয়াশীল বল,

$$F = q'E$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2}$$

এটিই কুলম্বের সূত্র।

গ বর্তনীতে C_2 ও C_3 সমান্তরালে যুক্ত বলে এদের তুল্য ধারকত্ব C_p হলে,

$$C_p = C_1 + C_2$$

$$= 4 + 6$$

$$= 10\mu F$$

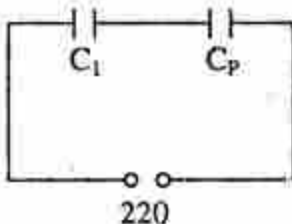
এখানে,
ধারকত্ব, $C_2 = 4\mu F$
ধারকত্ব, $C_3 = 6\mu F$

আবার তুল্য ধারক C_p এর সাথে শ্রেণিতে যুক্ত C_1 এর তুল্য ধারকত্ব C_{eq} হলে,

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_p} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} = \frac{3}{10}$$

$$\therefore C_{eq} = \frac{10}{3} = 3.33\mu F \text{ (Ans.)}$$

ঘ



'গ' হতে পাই C_2 ও C_3 এর তুল্যধারকত্ব, $C_p = 10\mu F$.

$\therefore C_1$ এর বিভব V_1 হলে,

$$V_1 = \frac{C_p}{C_1 + C_p} \times V$$

$$= \frac{10}{5 + 10} \times 220$$

$$= 146.67 \text{ V}$$

C_p এর বিভব V_p হলে,

$$V_p = \frac{C_1}{C_1 + C_p} \times 220$$

$$= \frac{5}{5 + 10} \times 220$$

$$= 73.33 \text{ V}$$

$\therefore C_1$ ধারকে সঞ্চিত শক্তি, $E_1 = \frac{1}{2} C_1 V_1^2$

$$= \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-6} \times (146.67)^2$$

$$= 0.0538 \text{ J}$$

যেহেতু সমান্তরালে যুক্ত C_2 ও C_3 এর তুল্য ধারকের বিভব 73.33V, তাই C_2 ও C_3 উভয়ের বিভব 73.33V হবে।

$\therefore C_2$ ধারকে সঞ্চিত শক্তি, $E_2 = \frac{1}{2} C_2 V_p^2$

$$= \frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-6} \times (73.33)^2$$

$$= 0.0108 \text{ J}$$

$\therefore C_3$ ধারকে সঞ্চিত শক্তি, $E_3 = \frac{1}{2} C_3 V_p^2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-6} \times (73.33)^2$

$$= 0.0161 \text{ J}$$

$\therefore E_1 > E_3 > E_2$

অতএব, C_1 ধারকে সঞ্চিত শক্তি সর্বাধিক।

প্রশ্ন ৩০ 0.2m^2 ক্ষেত্রফলের দুটি পাতকে পরস্পর হতে 2m দূরে বায়ু মাধ্যমে স্থাপন করে একটি সমান্তরাল পাত ধারক তৈরি করা হলো। এটিকে 400V বিভব পার্থক্যের মধ্যে যুক্ত করে চার্জিত করা হলো। এরপর পাত দুটির মাঝে 2cm বেধের একই ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট আরেকটি ধাতব পাতকে প্রবেশ করানো হলো।

[ঢাকা কলেজ, ঢাকা]

ক গ্যাসের সূত্রটি লিখ। ১

খ কোন ধারকের গায়ে $0.06\mu F - 210\text{V}$ লেখা আছে। এর অর্থ কী? ২

গ তৃতীয় পাত স্থাপন করার পূর্বে উদ্দীপকের ধারকটির ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ তৃতীয় পাত স্থাপন করার পরেও ধারকটির সঞ্চিত শক্তির কোনো পরিবর্তন না হওয়ার কারণ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন তড়িৎ ক্ষেত্রে অবস্থিত কোন বন্দ্য কল্পিত তলের তড়িৎ ফ্লাক্স ঐ তল দ্বারা বেষ্টিত মোট আধানের ϵ_0 গুণের সমান হবে। ৫

খ কোন ধারকের গায়ে $0.06\mu F - 210\text{V}$ লেখার অর্থ হলো উক্ত ধারকের ধারকত্ব $0.06 \times 10^{-6} \text{ F}$ এবং ধারকটি সর্বোচ্চ 210 V বিভব পার্থক্যে সঠিকভাবে কাজ করবে।

কোনো ধারকের ধারকত্ব $0.06\mu F$ বলতে বোঝায় উক্ত ধারকের দুই পাতের বিভব পার্থক্য 1V বাড়তে $0.06\mu C$ আধানের প্রয়োজন হবে।

গ সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব,

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$= \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 0.2}{2}$$

$$= 8.854 \times 10^{-13} \text{ F (Ans.)}$$

দেওয়া আছে,
ক্ষেত্রফল, $A = 0.2 \text{ m}^2$
দূরত্ব, $d = 2\text{m}$

ঘ আমরা জানি, কোন ধারকের ধারকত্ব, $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$.

যখন, A = পাতদ্বয়ের তলের ক্ষেত্রফল

d = পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব

এখন, পাতদ্বয়ের মধ্যে একটি ধাতব পাত ঢুকালে দুটি ধারক শ্রেণিতে যুক্ত আছে বলে ধরা যায়।

এবং তাদের প্রত্যেকের ধারকত্ব, $C_1 = \frac{\epsilon_0 A}{d}$

$$= 2 \cdot \frac{\epsilon_0 A}{d} = 2C$$

∴ শ্রেণিতে থাকা দুটি ধারকের তুল্য ধারকত্ব,

$$C' = \frac{1}{\frac{1}{2C} + \frac{1}{2C}}$$

$$= C$$

অর্থাৎ, পাত দুটির মাঝে একটি ধাতব পাত ঢুকালেও মোট ধারকত্ব পরিবর্তন হয় না। এজন্য, ধারকের মোট সঞ্চিত শক্তিও ($U = \frac{1}{2} CV^2$) পরিবর্তিত হয় না।

প্রশ্ন ৩১ $4\mu C$ মানের দুটি সমান ও বিপরীত জাতীয় ক্ষুদ্র আধান 6cm ব্যবধানে A ও B বিন্দুতে অবস্থিত। আধানদ্বয়ের সংযোগ সরলরেখা AB এর লম্ব সমদ্বিখন্ডকের উপর 4cm দূরে C বিন্দুতে $1\mu C$ আধান স্থাপন করা হলো।

[হানি ক্রস কলেজ, ঢাকা]



- বিন্দু চার্জ কাকে বলে? ১
- গাউসীয় তলে এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে চার্জ স্থানান্তর করলে কাজ শূন্য হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
- উদ্দীপকের C বিন্দুতে ক্রিয়াশীল বল নির্ণয় করো। ৩
- উদ্দীপকের C বিন্দুতে $1\mu C$ আধান যদি না থাকে তবে উক্ত বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান ও দিক নির্ণয় করো। ৪

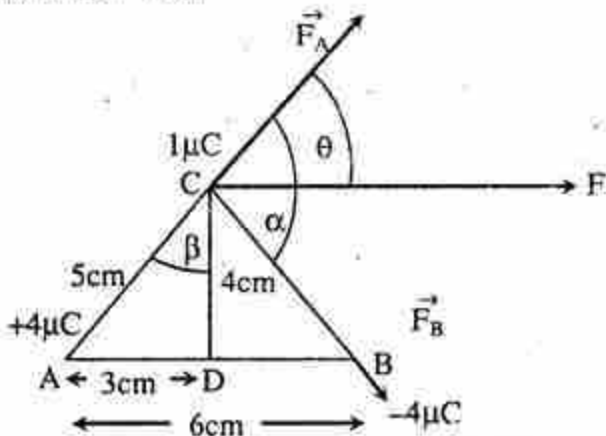
৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি চার্জিত বস্তুর আকার যদি তাদের মধ্যবর্তী দূরত্বের তুলনায় খুব ছোট হয় তবে তাদেরকে বিন্দু চার্জ বলা হয়।

খ গাউসীয় তলের যেকোনো দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য সমান। অর্থাৎ গাউসিও তল হলো সমবিভব তল।

আমরা জানি, সমবিভব তলে এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে চার্জ স্থানান্তর করলে কাজ শূন্য হয়। তাই গাউসীয় তলে চার্জের স্থানান্তরে কাজ শূন্য হবে।

গ C বিন্দুতে চার্জের উপর A বিন্দুর চার্জ দ্বারা ক্রিয়ায়ত বল AC বরাবর বাইরের দিকে ও B বিন্দুর চার্জ দ্বারা ক্রিয়ায়ত বল CB বরাবর বাইরের দিকে ক্রিয়া করে।



পীথাগোরাসের উপপাদ্য অনুসারে $AC:BC = \sqrt{3^2 + 4^2} \text{ cm}$
 $= 5\text{ cm}$
 $= 0.05\text{ m}$

$$\therefore \beta = \tan^{-1} \left(\frac{3}{4} \right)$$

$$\therefore \angle C = 2 \tan^{-1} \left(\frac{3}{4} \right) = 73.74^\circ$$

$$\therefore \alpha = 180^\circ - 73.74^\circ = 106.26^\circ$$

A এর প্রভাবে C এর উপর তড়িৎ বল,

$$F_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{4 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{(0.05)^2} \text{ N}$$

$$= 14.4 \text{ N}$$

B এর প্রভাবে C এর উপর তড়িৎ বল,

$$F_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{4 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{(0.05)^2} \text{ N} = 14.4 \text{ N}$$

$$\therefore \text{লব্ধি বল, } F = \sqrt{F_A^2 + F_B^2 + 2F_A F_B \cos \alpha}$$

$$= 14.4 \sqrt{1 + 1 + 2 \cos \alpha}$$

$$= 14.4 \sqrt{2 + 2 \cos \alpha}$$

$$= 14.4 \sqrt{2(1 + \cos \alpha)}$$

$$= 14.4 \sqrt{2 \times 2 \cos^2 \frac{\alpha}{2}}$$

$$= 14.4 \times 2 \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$= 28.8 \cos \left(\frac{106.26}{2} \right)$$

$$\therefore F = 17.28 \text{ N (Ans.)}$$

ঘ 'গ' নং থেকে পাই,

C বিন্দুতে $q = 1\mu C = 1 \times 10^{-6} \text{ C}$ আধান স্থাপন করায় তড়িৎ বল, $F = 23.04 \text{ N}$

∴ প্রাবল্য, E হলে,

$$E = \frac{F}{q}$$

$$= \frac{17.28}{10^{-6}} \text{ NC}^{-1}$$

$$= 1.728 \times 10^7 \text{ NC}^{-1}$$

'গ' তে প্রাপ্ত F_A ও F_B বলের লব্ধি F_A এর সাথে θ কোণ উৎপন্ন করলে,

$$\tan \theta = \frac{F_B \sin \alpha}{F_A + F_B \cos \alpha}$$

$$\text{বা, } \tan \theta = \frac{14.4 \cos 106.26^\circ}{14.4 (1 + \sin 106.26^\circ)}$$

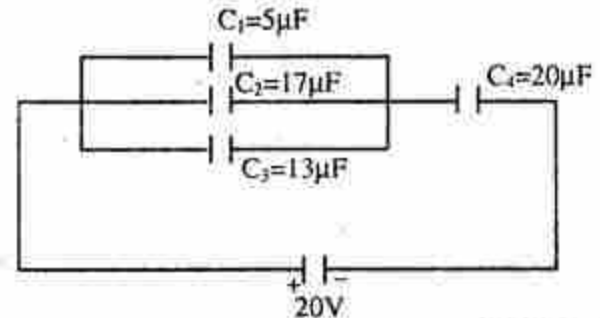
$$\therefore \theta = 53.13^\circ$$

$$\text{আবার, } \tan \angle A = \frac{4}{3}$$

$$\therefore \angle A = 53.13^\circ = \theta$$

অতএব, C বিন্দুতে প্রাবল্যের মান $1.728 \times 10^7 \text{ NC}^{-1}$ এবং এর দিক AB রেখার সমান্তরাল।

প্রশ্ন ৩২ গাজীপুরে অবস্থিত আন্তর্জাতিক খ্যাতি সম্পন্ন IUT বিশ্ববিদ্যালয়ের ছাত্র পিনাকের ছাত্রাবাসের বৈদ্যুতিক পাখার ধারকটি হঠাৎ নষ্ট হয়ে যায়। তাই সে কতগুলো ধারককে চিত্রানুযায়ী সাজিয়ে সংযোগ প্রদান করল। কিন্তু পাখার জন্য প্রয়োজনীয় ধারকের সঞ্চিত শক্তি $2.4 \times 10^{-3} \text{ J}$ হওয়ায় পাখাটি ভালোভাবে চলল না। তাই সে C_1 ধারকটিকে বিচ্ছিন্ন করে ফেলল।



[মাইলস্টোন কলেজ, ঢাকা]

- তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১
- চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরে প্রাবল্য শূন্য কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
- চিত্রের তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় কর। ৩
- পিনাক সফলভাবে পাখা চালু করতে পেরেছিল কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ. চার্জিত গোলকের সকল চার্জ এর পৃষ্ঠে অবস্থান করে এবং বলরেখাগুলো পৃষ্ঠদেশ থেকে বাইরে বের হয় অথবা পৃষ্ঠদেশে এসে শেষ হয়। গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বলরেখা প্রবেশ করে না বিধায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়। গাউসের সূত্রানুযায়ী দেখা যায় যে, গোলকের কেন্দ্র থেকে r ব্যাসার্ধের $[0 \leq r < \text{গোলকের ব্যাসার্ধ}]$ যে কোনো গোলায়

$$\text{তলে মোট দ্বন্দ্ব, } \phi = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = \frac{q}{\epsilon_0} = 0$$

$\therefore \mathbf{E} = 0$, তাই চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরের গাউসীয় তল কোনো চার্জ ধারণ না করায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়।

গ.

ধারক C_1 , C_2 এবং C_3 সমান্তরালে রয়েছে। এদের তুল্য ধারকত্ব C_p হলে
 $C_p = C_1 + C_2 + C_3$
 $= (5 + 17 + 13)$
 $= 35 \mu\text{F}$

এখন, C_p এবং C_4 সিরিজে রয়েছে।

$$\therefore \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_4}$$

$$= \frac{1}{35} + \frac{1}{20}$$

$$\therefore C_{eq} = 12.73 \mu\text{F (Ans.)}$$

ঘ. C_1 ধারকটি বর্তনীতে থাকা অবস্থায় পাখাটি চলল না।

এখন C_1 ধারকটি বর্তনী থেকে খুলে ফেলার জন্য ধারকগুলোর সম্মিলিত শক্তি যদি $2.4 \times 10^{-3} \text{J}$ হয় তাহলে পাখাটি চলবে।

এখন, C_2 ও C_3 ধারকদ্বয় সমান্তরালে রয়েছে।

$$\therefore C_p = C_2 + C_3$$

$$= (17 + 13)$$

$$= 30 \mu\text{F}$$

আবার, C_p ও C_4 সিরিজে রয়েছে।

$$\therefore \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_4}$$

$$= \frac{1}{30} + \frac{1}{20}$$

$$\therefore C_{eq} = 12 \mu\text{F}$$

তুল্য ধারকের মোট সম্মিলিত শক্তি

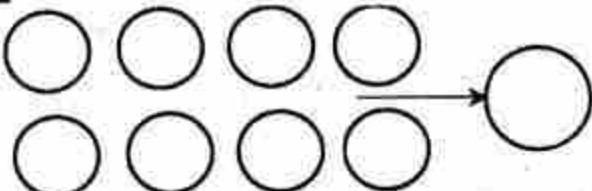
$$W_{eq} = \frac{1}{2} C_{eq} V^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 12 \times 10^{-6} \times (20)^2$$

$$= 2.4 \times 10^{-3} \text{J}$$

অর্থাৎ পিনাক সফলভাবে পাখা চালু করতে পেরেছিল।

প্রশ্ন ৩৩



প্রতিটি ছোট ফোঁটার সম পরিমাণ আধান আছে এবং ছোট ফোঁটার ব্যাসার্ধ 10^{-3}m ।

(মতিঝিল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা)

ক. আধান ঘনত্ব কাকে বলে?

১

খ. কোন বস্তুতে চার্জের পরিমাণ $3 \times 10^{-19} \text{C}$ হতে পারে না-
 ব্যাখ্যা কর।

২

গ. বড় ফোঁটার ধারকত্ব কত?

৩

ঘ. বড় ফোঁটার বিভব ও ধারকত্ব ছোট ফোঁটার চেয়ে একই
 অনুপাতে বৃদ্ধি পাবে কি?

৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বস্তুর সমতল বা বক্রতলে চার্জ থাকলে কোনো বিন্দুর চারদিকে একক ক্ষেত্রফলে যে পরিমাণ আধান থাকে তাকে আধান ঘনত্ব বলে।

খ. কোনো বস্তুতে চার্জের পরিমাণ $3 \times 10^{-19} \text{C}$ হওয়া সম্ভব নয়।

একটি ইলেক্ট্রন বা প্রোটনের চার্জই হলো প্রকৃতিতে ন্যূনতম মানের চার্জ। একটি ইলেক্ট্রনের চার্জকে $(-e)$ এবং প্রোটনের চার্জকে $(+e)$ দ্বারা চিহ্নিত করা হয় এর মান $e = 1.60218 \times 10^{-19} \text{C}$ ।

পরীক্ষার সাহায্যে দেখা যায় যে, প্রকৃতিতে কোনো বস্তুর মোট চার্জ একটি নির্দিষ্ট ন্যূনতম মানের পূর্ণ সংখ্যার গুণিতক। ইলেক্ট্রনের চার্জই হলো এই নির্দিষ্ট ন্যূনতম মান। সকল চার্জিত বস্তুর মধ্যে বিদ্যমান চার্জই এ ক্ষুদ্রতম চার্জের গুণিতক মাত্র; অর্থাৎ ইলেক্ট্রনের চার্জের গুণিতক হবে। একে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে। কোনো বস্তুতে যেকোনো মানের চার্জ থাকতে পারে না। ইলেক্ট্রনের চার্জ e হলে কোনো বস্তুর মোট চার্জ $q = ne$; $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

অর্থাৎ কোনো বস্তুতে, $+10e$ বা $-7e$ হতে পারে কিন্তু $+5.32$ হতে পারে না। এখানে, $3 \times 10^{-19} \text{C} = 1.8e$, যা সম্ভব নয়।

গ.

বড় ফোঁটার ব্যাসার্ধ R হলে,

$$\frac{4}{3} \pi R^3 = N \times \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$\text{বা, } R = \sqrt[3]{N} r$$

$$= 2 \times r$$

$$= 2 \times 10^{-3} \text{m}$$

ছোট ফোঁটার ব্যাসার্ধ, $r = 10^{-3} \text{m}$

ছোট ফোঁটার সংখ্যা, $N = 8$

বড় ফোঁটার ধারকত্ব, $C = ?$

$$\therefore \text{বড় ফোঁটার ধারকত্ব, } C = 4\pi\epsilon_0 R$$

$$= 4\pi \times 8.854 \times 10^{-12} \times 2 \times 10^{-3}$$

$$= 2.23 \times 10^{-13} \text{F (Ans.)}$$

ঘ. ধরি, ছোট ফোঁটার ধারকত্ব, C_s এবং বড় ফোঁটার ধারকত্ব, C_L 'গ' হতে পাই ছোট ফোঁটার ব্যাসার্ধ, r হলে বড় ফোঁটার ব্যাসার্ধ, $R = 2r$ এখন, তাদের ধারকত্বের অনুপাত,

$$\frac{C_L}{C_s} = \frac{4\pi\epsilon_0 R}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{R}{r}$$

$$\text{বা, } \frac{C_L}{C_s} = \frac{2r}{r} = 2$$

$$\text{বা, } C_L = 2C_s$$

$$C_L : C_s = 2 : 1$$

আবার, বড় ফোঁটার বিভব V_L এবং ছোট ফোঁটার বিভব V_s হলে,

$$\frac{V_L}{V_s} = \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon_0 R}}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0 r}}$$

এখানে, $Q =$ বড় ফোঁটার চার্জ

$q =$ প্রতিটি ছোট ফোঁটার চার্জ

$$\therefore \frac{V_L}{V_s} = \frac{Q/R}{q/r}$$

$$= \frac{8q}{2r} \times \frac{r}{q} = 4$$

$$\therefore V_L : V_s = 4 : 1$$

অতএব, বড় ফোঁটার বিভব ও ধারকত্ব ছোট ফোঁটার চেয়ে একই অনুপাতে বৃদ্ধি পাবে না।

প্রশ্ন ৩৪ পদার্থবিজ্ঞান বিষয়ের একজন প্রভাষক জামাল। তিনি একটি 1m বাহু বিশিষ্ট বর্গক্ষেত্রের চার কৌণিক বিন্দুতে আধান স্থাপন করে তড়িৎ বিভবের পরীক্ষা করছিলেন। সে বর্গক্ষেত্রের প্রত্যেক কৌণিক বিন্দুতে $Q = 4 \times 10^{-9} \text{C}$ সমমানের আধান স্থাপন করেন।

(আব্দুল কাদির মোম্বা সিটি কলেজ, নরসিংদী)

- সাবিট কী? ১
- সাধারণত তাপমাত্রা বাড়ালে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
- বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে বিভব নির্ণয় কর। ৩
- বর্গক্ষেত্রের তিন কৌণিক বিন্দুতে উক্ত চার্জ অপরিবর্তিত রেখে চতুর্থ কৌণিক বিন্দুতে কত চার্জ স্থাপন করলে বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে বিভব শূন্য হবে- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে স্বল্পমানের যে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়, তাকে সাবিট বলে।

খ তড়িৎ প্রবাহের সময় তড়িৎ বলের প্রভাবে এর ভিতরের মুক্ত ইলেকট্রনগুলোর বেগ বৃদ্ধি পায় আবার পরিবাহীর পরমাণুর সাথে ধাক্কাজনিত বাধার ফলে বেগ হ্রাস পায়। এ বাধাই পরিবাহীর রোধ। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অণুগুলোর কম্পন বৃদ্ধি পায়, ফলে এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংঘর্ষ সংখ্যা বৃদ্ধি পায়, তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পরিবাহীর রোধ ও বৃদ্ধি পায়।

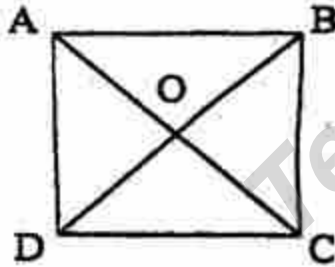
গ ৯(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 203.65 V

ঘ ১৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $-12 \times 10^{-9} \text{C}$

প্রশ্ন ৩৫ A, B ও C বিন্দুতে $+16 \times 10^{-11} \text{C}$, $-6 \times 10^{-11} \text{C}$ ও $+4 \times 10^{-11} \text{C}$ চার্জ আছে। $AB = BC = CD = DA = 9 \text{cm}$ ।



(গাজীপুর ক্যান্টনমেন্ট কলেজ)

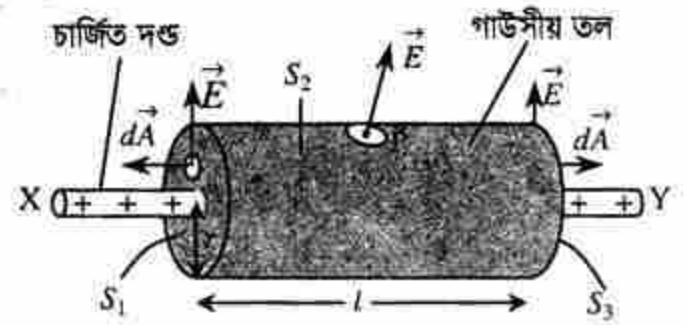
- তুল্য ধারক কাকে বলে? ১
- গাউসের সূত্র প্রয়োগে চার্জিত সরু দণ্ড থেকে r দূরত্বে প্রাবল্যের মান দেখাও। ২
- D বিন্দুতে বিভব নির্ণয় কর। ৩
- D বিন্দু থেকে $+2 \times 10^{-10} \text{C}$ চার্জকে 'O' তে নিতে যদি কাজ করতে হয় তাহলে তার মান দেখাও। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ধারকের সমবায়ের পরিবর্তে যে একটি মাত্র ধারক ব্যবহার করলে সমবায়ের বিভব পার্থক্য ও আধানের কোনো পরিবর্তন হয় না তার ধারকত্বকে সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব বলে।

খ ধরা যাক, অসীম দৈর্ঘ্যের একটি চার্জিত সরু পরিবাহী দণ্ড XY। দণ্ডের একক দৈর্ঘ্যে চার্জের পরিমাণ λ । এর নিকটে r দূরত্বে P বিন্দুতে প্রাবল্য নির্ণয় করতে হবে। দণ্ডটিকে অক্ষ ধরে l দৈর্ঘ্য এবং r ব্যাসার্ধের একটি সিলিন্ডার (গাউসীয় তল) কল্পনা করি। গাউসের সূত্রানুসারে-

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q$$



সিলিন্ডরের তলকে তিনটি অংশে ভাগ করতে পারি। একটি বক্রপৃষ্ঠ তল S_2 , এবং দুটি বৃত্তাকার তল S_1 ও S_3 । সুতরাং

$$\epsilon_0 \int_{S_1} \vec{E} \cdot d\vec{A} + \epsilon_0 \int_{S_2} \vec{E} \cdot d\vec{A} + \epsilon_0 \int_{S_3} \vec{E} \cdot d\vec{A} = q$$

বা, $\epsilon_0 \int_{S_2} \vec{E} \cdot d\vec{A} = q$ [যেহেতু S_1 ও S_3 তলে \vec{E} ও $d\vec{A}$ পরস্পর লম্ব]

$$\text{সেহেতু } \vec{E} \cdot d\vec{A} = 0]$$

সিলিন্ডারের বক্রতলে P বিন্দু অবস্থিত। এ তলের সব বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান E সমান এবং ঐ তলের ওপর লম্বভাবে ক্রিয়া করে।

সুতরাং

$$\epsilon_0 \int_{S_2} E dA = q \text{ বা, } \epsilon_0 E \int_{S_2} dA = q$$

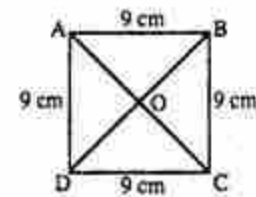
কিন্তু $\int_{S_2} dA = 2\pi r l$ = সিলিন্ডারের বক্রতলের ক্ষেত্রফল এবং $q = l \lambda$ ।

সুতরাং

$$\epsilon_0 E \times 2\pi r l = l \lambda$$

$$\therefore E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\lambda}{r}$$

গ



চিত্রে,

$$\begin{aligned} BD &= \sqrt{BC^2 + CD^2} \\ &= \sqrt{9^2 + 9^2} \\ &= 12.73 \text{ cm} \end{aligned}$$

D বিন্দুতে বিভব V_D হলে,

এখানে,

A বিন্দুতে চার্জ, $q_A = 16 \times 10^{-11} \text{C}$

B বিন্দুতে চার্জ, $q_B = -6 \times 10^{-11} \text{C}$

C বিন্দুতে চার্জ, $q_C = 4 \times 10^{-11} \text{C}$

A হতে D বিন্দুর দূরত্ব, $r_A = 9 \text{ cm}$

$$= 0.09 \text{ m}$$

B হতে D বিন্দুর দূরত্ব, $r_B = 12.73 \text{ cm}$

$$= 0.1273 \text{ m}$$

C হতে D বিন্দুর দূরত্ব, $r_C = 9 \text{ cm}$

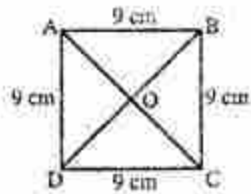
$$= 0.09 \text{ m}$$

$$V_D = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A}{r_A} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_B}{r_B} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_C}{r_C}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_A}{r_A} + \frac{q_B}{r_B} + \frac{q_C}{r_C} \right)$$

$$= 9 \times 10^9 \left(\frac{16 \times 10^{-11}}{0.09} + \frac{-6 \times 10^{-11}}{0.1273} + \frac{4 \times 10^{-11}}{0.09} \right)$$

$$= 15.76 \text{ V (Ans.)}$$



চিত্রে, $OA = OB = OC = OD = \frac{BD}{2} = \frac{12.73}{2}$

[‘গ’ থেকে প্রাপ্ত $BD = 12.73$ cm]

$$= 6.365 \text{ cm}$$

$$= 0.06365 \text{ m}$$

∴ O বিন্দুতে বিভব, V_o হলে,

$$V_o = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_A}{r_{OA}} + \frac{q_B}{r_{OB}} + \frac{q_C}{r_{OC}} \right)$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{1}{r_{OA}} (q_A + q_B + q_C)$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{1}{0.06365} (16 \times 10^{-11} - 6 \times 10^{-11} + 4 \times 10^{-11})$$

$$= 19.8 \text{ V.}$$

‘গ’ থেকে পাই, D বিন্দুর বিভব, $V_D = 15.76 \text{ V}$.

যেহেতু O বিন্দুর বিভব, V_o ; D বিন্দুর বিভব, V_D অপেক্ষা বেশি, তাই ধনাত্মক আধান $+2 \times 10^{-10} \text{ C}$ কে D হতে O তে নিতে কাজ করতে হবে।

এখন, $2 \times 10^{-10} \text{ C}$ চার্জকে D হতে O বিন্দুতে নিতে কৃতকাজ, W

$$\text{হলে, } W = q(V_o - V_D)$$

$$= 2 \times 10^{-10} (19.8 - 15.76)$$

$$= 8.08 \times 10^{-10} \text{ J}$$

প্রশ্ন ৩৬ পদার্থ বিজ্ঞান ল্যাবরেটরীতে একজন ছাত্র 0.2 m ও 30.3 m ব্যাসার্ধের দুটি গোলকে চার্জিত করে, গোলক দুটির বিভব যথাক্রমে 5 V এবং 10 V এ উন্নীত করে পরস্পর হতে 1 m দূরত্বে স্থাপন করল।

[সরকারি হরগঙ্গা কলেজ, মুন্সিগঞ্জ]

ক. পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবকের সংজ্ঞা দাও। ১

খ. কুলম্বের সূত্র হতে এক কুলম্ব আধানের সংজ্ঞা দাও। ২

গ. উদ্দীপকের প্রথম গোলকের চার্জের পরিমাণ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. গোলকদ্বয়ের সংযোজক সরলরেখার প্রথম গোলকটি থেকে 0.37 m দূরত্বে তড়িৎ প্রাবল্যের মান শূন্য হবে—গাণিতিকভাবে উক্তিটির সত্যতা যাচাই করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে কোন দুটি আধানের মধ্যে নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্যস্থানে ক্রিয়াশীল বল এবং ঐ দুই আধানের মধ্যে একই দূরত্বে অন্য কোন মাধ্যমে ক্রিয়াশীল বলের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক বলে।

$$\text{খ কুলম্বের সূত্রানুসারে } F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

এখন, $q_1 = q_2 = 1$, $d = 1 \text{ m}$ এবং

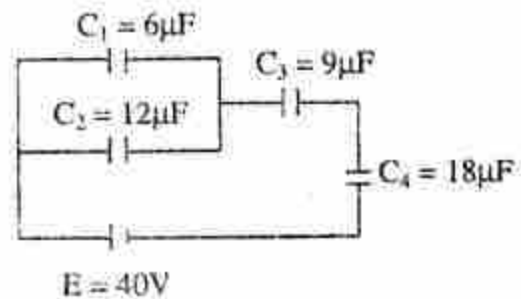
$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{1^2}{1^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \text{ N}$$

সুতরাং সমান আধান বিশিষ্ট দুটি বিন্দু চার্জ 1 m দূরত্বে অবস্থান করে যদি পরস্পরের উপর $9 \times 10^9 \text{ N}$ বল প্রয়োগ করে তবে উক্ত কণাদ্বয়ের আধানের পরিমাণকে এক কুলম্ব চার্জ বা আধান বলে।

গ ১৪(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

ঘ ১৪(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।



$$E = 40 \text{ V}$$

[নটর ডেম কলেজ, মরমনসিংহ]

ক. ভর ত্রুটি কী? ১

খ. ইউরেনিয়ামের ফিশনে প্রায় 90 রকমের ভিন্ন ভিন্ন নিউক্লিয়াস সৃষ্টি হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকের বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীর C_1 ও C_2 ধারকত্বের ধারকের চার্জ কত হবে তা বের কর। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াস গঠনকারী উপাদানসমূহের ভরের সমষ্টি অপেক্ষা নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা কম হয়। ভরের এ পার্থক্যকে ভরত্রুটি বলে।

খ ধীরগতির নিউট্রন দ্বারা ইউরেনিয়ামের (${}_{92}\text{U}^{235}$) এর ফিশন ঘটানো হলে, প্রথমে একটি যৌগিক নিউক্লিয়াস [${}_{92}\text{U}^{236}$] উৎপন্ন হয় যার স্থায়ীত্ব 10^{-12} s । পরে এই যৌগিক অস্থায়ী নিউক্লিয়াস ভেঙে দুটি নিউক্লিয়াস (প্রায় সমান ভরের) যথাক্রমে X ও Y গঠিত হয়। তবে এই X ও Y এর অনেকগুলো সমন্বয় বা combination হতে পারে। এ কারণেই ইউরেনিয়ামের ফিশনে প্রায় 90 রকমের ভিন্ন ভিন্ন নিউক্লিয়াস উৎপন্ন হতে পারে।

গ বর্তনীতে C_1 ও C_2 সমান্তরালে যুক্ত। এদের তুল্য ধারকত্ব C' হলে, $C' = C_1 + C_2 = (6 + 12) \mu\text{F} = 18 \mu\text{F}$

এখন, C' , C_3 ও C_4 শ্রেণিতে যুক্ত।

$$\begin{aligned} \therefore \text{মোট তুল্য ধারকত্ব, } C_{eq} &= \left(\frac{1}{18} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} \right)^{-1} \\ &= \left(\frac{1+2+1}{18} \right)^{-1} \\ &= \frac{18}{4} = 4.5 \mu\text{F (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ (গ) হতে পাই, $C_{eq} = 4.5 \mu\text{F}$

$$= 4.5 \times 10^{-6} \text{ F}$$

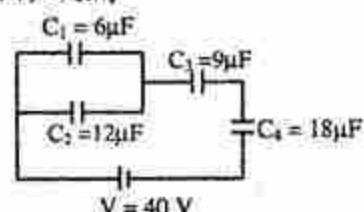
$$\begin{aligned} \therefore \text{বর্তনীর চার্জ } Q &= C_{eq} \times E \\ &= 4.5 \times 10^{-6} \times 40 \\ &= 180 \times 10^{-6} \text{ C} \end{aligned}$$

এই Q পরিমাণ সমান চার্জ C_3 ও C_4 এ জমা হবে কিন্তু C_1 ও C_2 ধারকে দুটি অংশে বিভক্ত হবে। C_1 ও C_2 এর ক্ষেত্রে, $V = \text{স্থির}$ তাই $Q \propto C$

$$\begin{aligned} \therefore C_1 \text{ ধারকের চার্জ } Q_1 &= \frac{C_1}{C_1 + C_2} \times Q \\ &= \frac{6}{6 + 12} \times 180 \times 10^{-6} \\ &= 60 \times 10^{-6} \text{ C (Ans.)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{এবং } C_2 \text{ ধারকে সঞ্চিত চার্জ, } Q_2 &= Q - Q_1 \\ &= (180 - 60) \times 10^{-6} \\ &= 120 \times 10^{-6} \text{ C} \end{aligned}$$

প্রশ্ন ৩৮ চিত্রটি লক্ষ্য করো:



$$V = 40 \text{ V}$$

[রাজশাহী সরকারি মহিলা কলেজ]

- ক. গাউসীয় তল কী? ১
খ. পৃথিবীর বিভব শূন্য ধরা হয় কেন? ২
গ. বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. C_1 ও C_2 ধারকের কোনটিতে সঞ্চিত চার্জের পরিমাণ বেশি হবে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গাউসের সূত্রানুসারে, কোনো কন্ডাক্তর বন্ধ তলের মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্স ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের ϵ_0 গুণের সমান। এ কন্ডাক্তর বন্ধ তলকে গাউসীয় তল বলে।

খ পৃথিবী তড়িৎ পরিবাহী। কোনো চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে তা নিস্শক্তি হয়। ধনাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে পৃথিবী থেকে ইলেকট্রন এসে বস্তুটিকে নিস্শক্তি করে। আর ঋণাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে বস্তু থেকে ইলেকট্রন পৃথিবীতে চলে যায় ফলে বস্তুটি নিস্শক্তি হয়। পৃথিবী এত বড় যে, এতে ইলেকট্রন দিলে বা এ থেকে ইলেকট্রন চলে গেলে এর বিভবের কোনো পরিবর্তন হয় না। পৃথিবী প্রতিনিয়ত বিভিন্ন বস্তু থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করছে এবং বিভিন্ন বস্তুতে ইলেকট্রন প্রদানও করছে। যেকোনো চার্জিত বস্তুকেই ভূ-সংযুক্ত করা হোক না কেন, তা নিস্শক্তি হয়। তদুপরি বিভব পার্থক্য মাপার জন্য কোনো পরিবাহীকে প্রসঙ্গ বস্তু হিসেবে বিবেচনা করা প্রয়োজন। তাই পৃথিবীর বিভব শূন্য এবং ভূ-সংযুক্ত পরিবাহীর বিভবও শূন্য।

গ বর্তনীতে C_1 , C_2 সমান্তরালে এবং এদের তুল্য ধারকের সাথে C_3 ও C_4 শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত।

সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত C_1 ও C_2 এর তুল্য ধারকত্ব, C_p হলে,

$$C_p = C_1 + C_2 \\ = 6 + 12 \\ = 18 \mu F.$$

এখানে,

C_1 এর ধারকত্ব = $6 \mu F$

C_2 এর ধারকত্ব = $12 \mu F$

আবার, শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত C_p , C_3 ও C_4 এর তুল্য ধারকত্ব C_s হলে

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} \\ = \frac{1}{18} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} \\ = \frac{1+2+1}{18} \\ = \frac{4}{18} = \frac{2}{9}$$

এখানে,

C_1 ও C_2 এর তুল্য ধারকত্ব, $C_p = 18 \mu F$

C_3 এর ধারকত্ব = $9 \mu F$

C_4 এর ধারকত্ব = $18 \mu F$

$$\therefore C_s = \frac{2}{9} = 4.5 \mu F, (\text{Ans.})$$

ঘ C_1 ও C_2 এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য একই।

এখন, C_1 ও C_2 ধারকের দুই প্রান্তে আবিষ্ট চার্জ যথাক্রমে Q_1 ও Q_2 হলে,

$$V_1 = V_2$$

$$\text{বা, } \frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_2}{C_2}$$

$$\text{বা, } \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2}$$

$$\text{বা, } Q_2 = 2Q_1$$

$$\therefore Q_2 > Q_1$$

অর্থাৎ, C_2 ধারকে C_1 ধারক অপেক্ষা বেশি চার্জ সঞ্চিত হবে।

প্রশ্ন ৩৯ পদার্থবিজ্ঞান বিভাগের দুজন ছাত্র একটি গবেষণায় একটি চার্জিত গোলকের ধাতব পরিবাহী ব্যবহার করে যার চার্জের পরিমাণ 20 C এবং ব্যাসার্ধ ছিল 12 cm।

(রাজস্বাস্থী সরকারি মহিলা কলেজ)

ক. সান্ট কাকে বলে? ১

খ. ফাঁপা চার্জিত গোলকের দূরত্ব বনাম বিভব লেখচিত্র অঙ্কন করো। ২

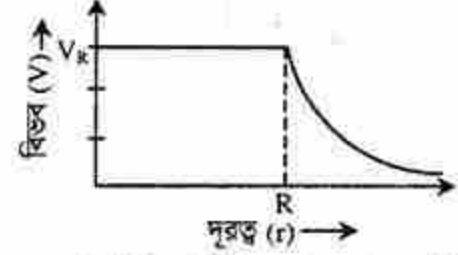
গ. উদ্দীপকে বর্ণিত গোলকটির ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত গোলকটির পৃষ্ঠে ও কেন্দ্রে তড়িৎ বিভব কেমন হবে? যথাযথ বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক অধিক পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহের দ্বারা যাতে গ্যালভানোমিটার নষ্ট হতে না পারে সেজন্য গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরাল সমবায়ে যে স্বল্পমানের রোধ সংযুক্ত করা হয় তা হল সান্ট।

খ নিচে কোনো চার্জিত ফাঁপা গোলাকার পরিবাহীর কেন্দ্র থেকে দূরত্ব বনাম বিভব-এর লেখচিত্র দেওয়া হলো—



আমরা জানি, R ব্যাসার্ধের চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর অভ্যন্তরে যেকোনো বিন্দুতে বিভব গোলকের পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুর বিভবের (V_R) সমান। অর্থাৎ গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুতে বিভব,

$$V = V_R = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R} \quad [\text{শূন্য মাধ্যম}]$$

এখানে, q = গোলক পৃষ্ঠের চার্জ

V_R = গোলক পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুতে বিভব

R = গোলকের ব্যাসার্ধ

ϵ_0 = শূন্য মাধ্যমে তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা

আবার, গোলকের বাইরে কোনো বিন্দুতে বিভব,

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

এখানে, r = কেন্দ্র হতে ঐ বিন্দুর দূরত্ব

অর্থাৎ $V \propto \frac{1}{r}$

সুতরাং কেন্দ্র হতে পৃষ্ঠ পর্যন্ত একটি চার্জিত গোলকের যেকোনো বিন্দুর বিভব সমান বা ধ্রুব, কিন্তু পৃষ্ঠ হতে বাইরে দূরত্ব বৃদ্ধির সাথে সাথে বিভব কমেতে থাকে অর্থাৎ বিভব দূরত্বের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

গ উদ্দীপকে বর্ণিত গোলকটির ধারকত্ব C হলে,

$$C = 4\pi\epsilon_0 R \\ = 4 \times 3.14 \times 8.854 \times 10^{-12} \times 0.12 \\ = 1.33 \times 10^{-11} \text{ F (Ans.)}$$

এখানে,

গোলকটির ব্যাসার্ধ, R = 12 cm
= 0.12 m

ঘ গোলকটির পৃষ্ঠে তড়িৎ বিভব V_s হলে,

$$V_s = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R} \\ = 9 \times 10^9 \times \frac{20}{0.12} \\ = 1.5 \times 10^{12} \text{ V.}$$

যখন কোনো ধাতব পরিবাহী দ্বারা তৈরি গোলকে আহিত করা হয়, তখন সাম্যাবস্থায় সকল চার্জ উক্ত গোলকের পৃষ্ঠে অবস্থান করে।

গাউসের সূত্র, $q = \epsilon_0 \int \vec{E} \cdot d\vec{s}$ হতে পাই, যেহেতু, গোলকের অভ্যন্তরে

কোনো চার্জ নেই তাই, $q = 0$

$$\therefore E = 0$$

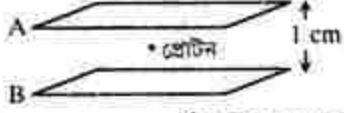
অর্থাৎ, গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য। আবার, $E = -\frac{dV}{dx}$

অর্থাৎ, তড়িৎ প্রাবল্য হলো দূরত্বের সাপেক্ষে তড়িৎ বিভবের পরিবর্তনের হারের সমান। তাই তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হওয়ার অর্থ হলো উক্ত স্থানে তড়িৎ বিভব ধ্রুব থাকে। এ কারণে চার্জিত ধাতব পরিবাহী দ্বারা তৈরি গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ বিভব ধ্রুব থাকে ও তা পৃষ্ঠের তড়িৎ বিভবের মানের সমান।

অর্থাৎ, কেন্দ্রে কিংবা গোলকের অভ্যন্তরে বিভব V_c হলে,

$$V_c = V_s = 1.5 \times 10^{12} \text{ V.}$$

প্রশ্ন ৮০ A ও B পাতদ্বয় সমান কিন্তু বিপরীত চার্জে চার্জিত। পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1cm এবং এদের মাঝে একটি প্রোটন স্থির অবস্থায় আছে। প্রোটনের ভর 1.672×10^{-27} kg এবং চার্জ 1.6×10^{-19} C। ঐ স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণ 10 ms^{-2} ।



(মকবুলার রহমান সরকারি কলেজ, পঞ্চগড়)

- তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১
- কুলম্বের সূত্রের সীমাবদ্ধতা কী? এটি যে সূত্রের দ্বারা দূর করা যায় তা লিখ। ২
- পাতদ্বয়ের মাঝে তড়িৎ প্রাবল্য কত— নির্ণয় করো। ৩
- পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য কত এবং কোনটি উচ্চ বিভবের যুক্তিসহ মতামত দাও। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ কুলম্বের সূত্রের সীমাবদ্ধতা—

- কুলম্বের সূত্র শুধু স্থির চার্জের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। গতিশীল চার্জের জন্য এই সূত্র প্রয়োগ করা যাবে না।
 - আবশ্য চার্জের ক্ষেত্রে কুলম্বের সূত্র প্রযোজ্য নয়।
- ১ম সীমাবদ্ধতাকে লরেঞ্জ বল দ্বারা এবং ২য় সীমাবদ্ধতাকে গাউসের সূত্র দ্বারা দূর করা যায়।

গ যেহেতু প্রোটনটি পাতদ্বয়ের মাঝে স্থির আছে তাহলে এটির উপর ক্রিয়ারত উর্ধ্বমুখী তড়িৎ বল এটির ওজনের সমান।

পাতদ্বয়ের মাঝে তড়িৎ প্রাবল্য E ও ক্রিয়ারত তড়িৎ বল, F হলে,

$$F = qE$$

$$\text{বা, } mg = qE$$

$$\text{বা, } E = \frac{mg}{q} = \frac{1.672 \times 10^{-27} \times 10}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.045 \times 10^{-7} \text{ NC}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

এখানে,

$$\text{প্রোটনের ভর, } m = 1.672 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{প্রোটনের চার্জ, } q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{অভিকর্ষজ ত্বরণ, } g = 10 \text{ ms}^{-2}$$

ঘ 'গ' থেকে পাই, পাতদ্বয়ের মধ্যে ক্রিয়ারত তড়িৎ প্রাবল্য, $E = 1.045 \times 10^{-7} \text{ NC}^{-1}$ । এবং এর দিক উর্ধ্বমুখী।

যেহেতু তড়িৎ প্রাবল্যের দিক উর্ধ্বমুখী, তাই নিচের পাতের বিভব উপরের পাতের চাইতে বেশি।

এখন, পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য V হলে,

$$V = Ed$$

$$= 1.045 \times 10^{-7} \times 10^{-2} = 1.045 \times 10^{-9} \text{ V}$$

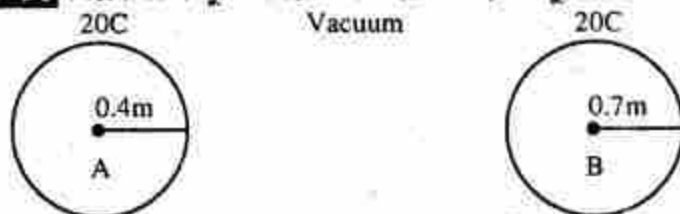
এখনে,

$$\text{তড়িৎ প্রাবল্য, } E = 1.045 \times 10^{-7} \text{ NC}^{-1}$$

$$\text{পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, } d = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$$

∴ পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য $1.045 \times 10^{-9} \text{ V}$ এবং নিচের পাতটি উচ্চ বিভবের।

প্রশ্ন ৮১ নিচের চিত্র দুটি পর্যবেক্ষণ করো এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও:



(ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর)

- টেলসা কাকে বলে? ১
- তড়িৎ প্রবাহের ফলে পরিবাহীতে তাপ উৎপন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
- A গোলকের পৃষ্ঠ হতে 0.3m দূরে তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় করো। ৩
- গোলক দুটিতে পরিবাহী দ্বারা যুক্ত করলে তড়িৎ প্রবাহিত হবে কী? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উত্তর দাও। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে চৌম্বক ক্ষেত্রে 1 কুলম্ব আধান চৌম্বক ক্ষেত্রের দিকের সাথে সমকোণে 1 ms^{-1} বেগে গতিশীল হলে 1N বল লাভ করে সেই চৌম্বকক্ষেত্রের মানকে 1 টেসলা বলে।

খ তড়িৎ পরিবাহকে বেশ কিছু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্তঃআণবিক স্থানের মধ্যদিয়ে পরিবাহকের নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে চলতে থাকে, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এই ইলেকট্রনগুলো চলার সময় পরিবাহকের পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনের গতিশক্তি পরমাণুতে সঞ্চারিত হয় এবং পরমাণুর গতিশক্তি আরো বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত গতিশক্তি তাপে রূপান্তরিত হয়। এজন্য তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়।

গ গাউসের সূত্র, $q = \epsilon_0 \oint E \cdot d\vec{s}$ হতে,

q পরিমাণ চার্জ বিশিষ্ট বিন্দুচার্জ কিংবা কোনো ফাঁপা ধাতব গোলকের পৃষ্ঠে সমবন্টিত দুই ক্ষেত্রেই চার্জ হতে নির্দিষ্ট দূরত্বে তড়িৎ প্রাবল্যের মান সমান হবে। একারণে ফাঁপা ধাতব গোলকের পৃষ্ঠের চার্জকে গোলকের কেন্দ্রে বিন্দু চার্জ হিসেবে কল্পনা করা যায়।

A গোলকের পৃষ্ঠ হতে 0.3m দূরের বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য E হলে,

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \quad \text{এখানে,}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{20}{(0.7)^2} \quad \text{গোলকের চার্জ, } q = +20 \text{ C}$$

$$= 3.67 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1} \text{ (Ans.)} \quad \text{গোলকের কেন্দ্র হতে বিন্দুটির দূরত্ব, } r = 0.3 + 0.4 = 0.7 \text{ m}$$

ঘ উদ্ভীপক অনুসারে,

A গোলকের ব্যাসার্ধ, $R_1 = 0.4 \text{ m}$

B গোলকের ব্যাসার্ধ, $R_2 = 0.7 \text{ m}$

এবং উভয় গোলকে পৃষ্ঠে চার্জের পরিমাণ, $q = 20 \text{ C}$

$$\therefore \text{A গোলকের পৃষ্ঠে বিভব, } V_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{q}{R_1}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{20}{0.4}$$

$$= 4.5 \times 10^{11} \text{ V}$$

$$\text{এবং B গোলকের পৃষ্ঠে বিভব, } V_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{q}{R_2}$$

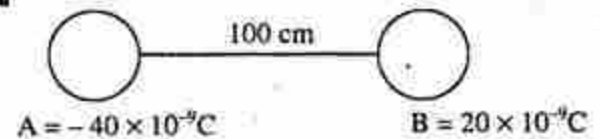
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{20}{0.7}$$

$$= 2.57 \times 10^{11} \text{ V}$$

অতএব, A গোলক পৃষ্ঠের বিভব V_1 এবং B গোলক পৃষ্ঠের বিভব V_2 সমান নয় এবং $V_1 > V_2$

অর্থাৎ, গোলক দুটিকে পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে তড়িৎ প্রবাহ হবে। তড়িৎ প্রবাহের দিক হবে উচ্চ বিভব (A গোলকের পৃষ্ঠ) হতে নিম্ন বিভব (B গোলকের পৃষ্ঠ)-এর দিকে।

প্রশ্ন ৮২



(ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, কুমিল্লা)

- ধারকত্ব কাকে বলে? ১
- চার্জের কোয়ান্টায়ন বলতে কী বুঝায়? ২
- চার্জ দুইটির মধ্যে ক্রিয়াশীল কুলম্ব বল নির্ণয় করো। ৩
- চার্জদ্বয়ের সংযোগ রেখার উপর কোনো বিন্দুতে বৈদ্যুতিক প্রাবল্য শূন্য হওয়া সম্ভব কিনা? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

ক কোনো পরিবাহকের বিভব প্রতি একক বাড়তে যে পরিমাণ আধানের প্রয়োজন হয়, তাকে ঐ পরিবাহকের ধারকত্ব বলে।

খ আধানের যে কোনো মান হতে পারে না- এ বিষয়টিকে আধানের কোয়ান্টায়ন বলে। দুটি অনাহিত বস্তুর মধ্যে ইলেকট্রন আদান প্রদানের ফলে উভয়ই সমান মানের কিন্তু বিপরীতধর্মী চার্জে চার্জিত হয়। কয়টি ইলেকট্রন স্থানান্তর করলে তার ওপর আধানের মান নির্ভর করে। একারণে আধানের মান সর্বদা ইলেকট্রনের আধানের ($e = -1.6 \times 10^{-19} \text{C}$) সরল গুণিতক হয়, ভগ্নাংশ হতে পারেনা। যেমন, $2.4 \times 10^{-19} \text{C}$ মানের কোনো আধান থাকতে পারেনা, কারণ এটি e এর ভগ্নাংশের (1.5) গুণিতক।

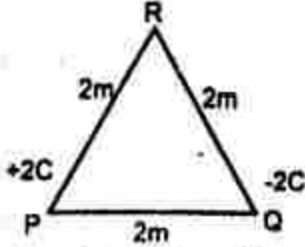
গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $7.2 \times 10^{-6} \text{N}$

ঘ ১০(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : B বিন্দু থেকে ডানপাশে 2.414m দূরত্বে চার্জদ্বয়ের সংযোগ রেখার উপর প্রাবল্য শূন্য হবে।

প্রশ্ন ৪৩



উপরের চিত্রের ত্রিভুজের দুই কৌণিক বিন্দুতে যথাক্রমে 2 কুলম্ব ধনাত্মক চার্জ এবং 2 কুলম্ব ঋণাত্মক চার্জ স্থাপিত আছে।

[কুমিল্লা সরকারি মহিলা কলেজ]

- তড়িৎ মাধ্যমাঙ্ক কী?
- রোধের উপর তাপমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যা কর।
- P বিন্দুস্থ চার্জের জন্য Q বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান কত?
- ত্রিভুজটির তৃতীয় কৌণিক বিন্দু R-এ প্রাবল্যের মান এবং দিক নির্ণয় কর।

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মাধ্যমের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা ও শূন্য মাধ্যমের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতার অনুপাতকে উক্ত মাধ্যমের তড়িৎ মাধ্যমাঙ্ক বলা হয়।

খ তড়িৎ প্রবাহের সময় তড়িৎ বলের প্রভাবে এর ভিতরের মুক্ত ইলেকট্রনগুলোর বেগ বৃদ্ধি পায় আবার পরিবাহীর পরমাণুর সাথে ধাক্কাজনিত বাধার ফলে বেগ হ্রাস পায়। এ বাধাই পরিবাহীর রোধ। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অণুগুলোর কম্পন বৃদ্ধি পায়, ফলে এর মধ্যদিয়ে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংঘর্ষ সংখ্যা বৃদ্ধি পায়, তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়।

গ P বিন্দুস্থ চার্জের জন্য Q বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য E হলে,

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

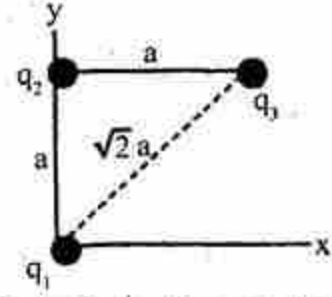
P বিন্দুস্থ চার্জ, $q_p = 2\text{C}$
P বিন্দু হতে Q বিন্দুর দূরত্ব, $r = 2\text{m}$

$$= 9 \times 10^9 \frac{2}{(2)^2}$$

$$= 4.5 \times 10^9 \text{ NC}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ ১৫ (গ) ও (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : $4.5 \times 10^9 \text{ N}$, PQ রেখার সমান্তরালে বাম থেকে ডান দিকে।



উপরের চিত্রে একটি সমদ্বিবাহু ত্রিভুজের তিনটি কৌণিক বিন্দুতে যথাক্রমে q_1 , q_2 ও q_3 আধান রাখা আছে। $q_1 = q_3 = 5 \mu\text{C}$, $q_2 = -2 \mu\text{C}$, এবং $a = 0.10\text{m}$, যা চিত্রে প্রদর্শিত।

[নওয়াব ফজলুর রহমান সরকারি কলেজ, লাকসাম, কুমিল্লা]

- তড়িৎ প্রাবল্য কাকে বলে?
- গাউসের সূত্র হতে কীভাবে কুলম্বের সূত্রে আসা যায়?
- q_3 আধানের উপর লব্ধি বলের মান ও দিক কত?
- q_3 আধানের ক্রিয়ারত বলসমূহের যথাযথ ভেক্টর চিত্র অংকন কর এবং লব্ধি বলকে একক ভেক্টরের মাধ্যমে প্রকাশ কর।

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য বলে।

খ গাউসের সূত্রটি $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0}$

একটি গোলাকার তল বিবেচনা করি যার কেন্দ্রে q চার্জ রাখা আছে এবং ব্যাসার্ধ r

তাহলে $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = E(4\pi r^2)$

[\vec{A} ভেক্টরের দিক পৃষ্ঠের অভিলম্ব বরাবর; \vec{E} ভেক্টরের দিক একই; সুতরাং $\theta = 0^\circ$]

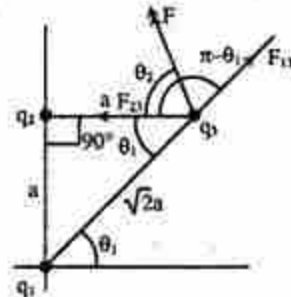
$$\therefore E = \frac{q}{\epsilon_0 4\pi r^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

গোলকের পৃষ্ঠে q' পরিমাণ বিন্দু চার্জ রাখার হলে এর ওপর ক্রিয়াশীল বল,

$$F = q'E = \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

ইহাই কুলম্বের সূত্র। এভাবেই গাউসের সূত্র হতে কুলম্বের সূত্র পাওয়া যায়।

গ



চিত্রে, $\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{a}{a} \right) = 45^\circ$

q_1 , q_3 কে বিকর্ষণ করে এবং q_2 , q_3 ও কে আকর্ষণ করে।

q_1 ও q_3 এর মধ্যবর্তী বিকর্ষণ বল F_{13} হলে,

$$F_{13} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_3}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{(0.141)^2}$$

$$= 11.25 \text{ N}$$

এখানে,

চার্জ, $q_1 = 5 \mu\text{C} = 5 \times 10^{-6} \text{C}$
চার্জ, $q_3 = 5 \mu\text{C} = 5 \times 10^{-6} \text{C}$
 q_1 ও q_3 এর দূরত্ব, $r = \sqrt{2}a$
 $= \sqrt{2} \times 0.1$
 $= 0.141 \text{ m}$

আবার, q_2 ও q_3 এর মধ্যবর্তী আকর্ষণ বল F_{23} হলে,

$$F_{23} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2 q_3}{r^2}$$

এখানে,
চার্জ, $q_2 = -2\mu C = -2 \times 10^{-6} C$
চার্জ, $q_3 = 5\mu C = 5 \times 10^{-6} C$
 q_2 ও q_3 এর দূরত্ব, $r = a = 0.1 m$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{(-2 \times 10^{-6}) \times 5 \times 10^{-6}}{(0.1)^2}$$

$$= -9 N$$

আকর্ষণ বলের দিক নির্দেশনার জন্য বলের মান ঋণাত্মক

$\therefore F_{23}$ এর মান 9N.

এখন, F_{13} ও F_{23} এর মধ্যবর্তী কোণ, $180^\circ - 45^\circ$
 $= 135^\circ$

$\therefore q_3$ এর উপর লব্ধি বলের মান F_3 হলে,

$$F_3^2 = F_{13}^2 + F_{23}^2 + 2F_{13}F_{23} \cos(135^\circ)$$

বা, $F_3 = \sqrt{F_{13}^2 + F_{23}^2 + 2F_{13}F_{23} \cos 135^\circ}$

$$= \sqrt{11.25^2 + 9^2 + 2 \times 11.25 \times 9 \times \left(-\frac{1}{\sqrt{2}}\right)}$$

$$= 8.02 N.$$

লব্ধি বল, F_{23} এর সাথে θ_2 কোণ উৎপন্ন করলে,

$$\tan \theta_2 = \frac{F_{13} \sin 135^\circ}{F_{23} + F_{13} \cos 135^\circ}$$

$$= \frac{11.25 \times \frac{1}{\sqrt{2}}}{9 + 11.25 \times \left(-\frac{1}{\sqrt{2}}\right)}$$

$$= 7.612$$

$\therefore \theta_2 = \tan^{-1}(7.612) = 82.52^\circ$

$\therefore q_3$ এর উপর ক্রিয়ারত লব্ধি বলের মান 8.02 N ও এটি x-অক্ষের সাথে $180^\circ - 82.52^\circ$ বা 97.48° কোণ উৎপন্ন করে। (Ans.)

ঘ 'গ' থেকে পাই,

q_1 ও q_3 এর মধ্যবর্তী বলের মান, $|F_{13}| = 11.25 N$ ও তা x-অক্ষের সাথে $\theta_{13} = 45^\circ$ কোণ উৎপন্ন করে

$$\therefore \vec{F}_{13} = |F_{13}| \cos \theta_{13} \hat{i} + |F_{13}| \sin \theta_{13} \hat{j}$$

$$= 11.25 \cos(45^\circ) \hat{i} + 11.25 \sin(45^\circ) \hat{j}$$

$$= 7.96 \hat{i} + 7.96 \hat{j} N.$$

আবার, q_2 ও q_3 এর মধ্যবর্তী বলের মান, $|F_{23}| = 9 N$ এবং তা x-অক্ষের সাথে 180° কোণ উৎপন্ন করে।

$$\therefore \vec{F}_{23} = |F_{23}| \cos(180^\circ) \hat{i} + |F_{23}| \sin(180^\circ) \hat{j}$$

$$= -9 \hat{i} N.$$

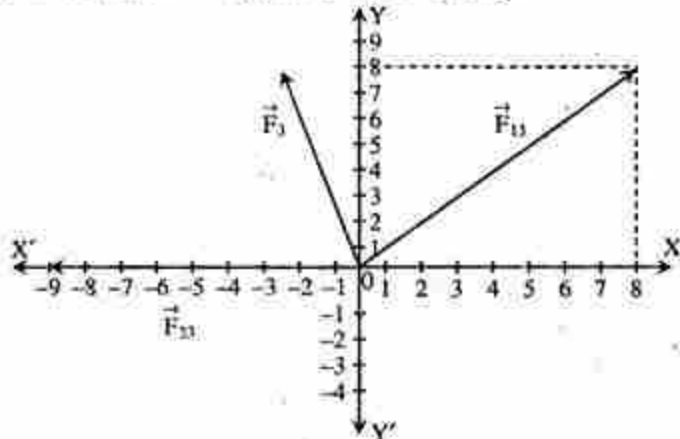
একইভাবে, লব্ধি বলের মান, $|F_3| = 8.02 N$ ও তা x-অক্ষের সাথে 97.48° কোণ উৎপন্ন করে,

$$\therefore \vec{F}_3 = |F_3| \cos(97.48^\circ) \hat{i} + |F_3| \sin(97.48^\circ) \hat{j}$$

$$= 8.02 \cos(97.48^\circ) \hat{i} + 8.02 \sin(97.48^\circ) \hat{j}$$

$$= -1.044 \hat{i} + 7.96 \hat{j} N$$

q_3 এর উপর ক্রিয়ারত বলগুলোর ভেক্টর চিত্র নিম্নরূপ—



আবার, লব্ধি বলের দিকে একক ভেক্টর $= \frac{\vec{F}_3}{|\vec{F}_3|}$

$$= \frac{-1.044 \hat{i} + 7.96 \hat{j}}{8.02}$$

$$= -0.13 \hat{i} + 0.993 \hat{j} N$$

প্রশ্ন 8৫ 100 cm ব্যাসের একটি ধাতব গোলকে 20C চার্জ দেয়া আছে। গোলকের কেন্দ্র O থেকে 0.40m এবং 0.80m দূরে যথাক্রমে দুটি বিন্দু A এবং D বিবেচনা কর।

[কুমিল্লা সরকারি মহিলা কলেজ]

- চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব কী? ১
- কোন কোন বিষয়ের উপর দুটি চার্জের মধ্যবর্তী ক্রিয়াশীল বলের মান নির্ভর করে? ২
- A বিন্দুতে তড়িৎ বিভব নির্ণয় কর। ৩
- O, A এবং D বিন্দুতে তড়িৎ বিভবের যথার্থতা মূল্যায়ন কর। ৪

৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরিবাহীর তলে কোনো বিন্দুর চতুর্দিকে ক্ষুদ্র ক্ষেত্রফলে অবস্থিত চার্জের পরিমাণ এবং ঐ ক্ষুদ্র ক্ষেত্রফলের অনুপাতকে চার্জের তল ঘনত্ব বলে।

খ আমরা জানি একটি চার্জ অপর একটি চার্জকে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ করে। দুটি চার্জের মধ্যকার এ আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান তিনটি বিষয়ের ওপর নির্ভর করে; যথা—

- চার্জ দুটির পরিমাণ
- চার্জ দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব এবং
- চার্জ দুটির মধ্যবর্তী মাধ্যম।

গ কোনো ধাতব গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুর বিভব উক্ত গোলকের পৃষ্ঠে বিভবের সমান।

100 cm বা 1m ব্যাস তথা 0.5 m ব্যাসার্ধের কোনো ধাতব গোলকের অভ্যন্তরে গোলকের কেন্দ্র হতে 0.4m দূরে কোনো বিন্দুর বিভব V হলে,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R}$$

এখানে,
গোলকের চার্জ, $q = 20C$
গোলকের ব্যাসার্ধ, $R = 0.5 m$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{20}{0.5}$$

$$= 3.6 \times 10^{11} V (Ans.)$$

ঘ কোনো ধাতব গোলকে চার্জ দিলে উক্ত গোলকের পৃষ্ঠে সকল চার্জ অবস্থান করে।

গাউসের সূত্র, $q = \epsilon_0 \int \vec{E} \cdot d\vec{s}$ হতে পাই কোনো ক্ষেত্র দ্বারা আবদ্ধ স্থানে $q = 0$ হলে, $E = 0$ হবে।

এ কারণে গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হয়।

ফলে গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ বিভব ধ্রুব থাকে এবং তা পৃষ্ঠে বিভবের মানের সমান।

'গ' হতে পাই গোলকের পৃষ্ঠে বিভব, $V = 3.6 \times 10^{11} V$ ফলে কেন্দ্র, O এবং কেন্দ্র হতে 0.4m দূরে A বিন্দুতে বিভব $3.6 \times 10^{11} V$

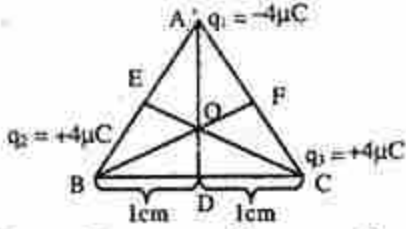
আবার, গাউসের সূত্র হতে পাই, গোলকের বাইরের কোনো বিন্দুর জন্য আধান গোলকের পৃষ্ঠে থাকুক কিংবা কেন্দ্রে পুঞ্জীভূত অবস্থায়, তড়িৎ প্রাবল্য একই থাকে। ফলে তড়িৎ প্রাবল্য কেন্দ্র হতে দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতে এবং বিভব দূরত্বের ব্যস্তানুপাতে হ্রাস পায়।

গোলকের বাইরের D বিন্দুর জন্য তাই বিভব V_D হলে,

$$V_D = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{20}{0.8}$$

$$= 2.25 \times 10^{11} V$$



2cm বাহু বিশিষ্ট একটি সমবাহু ত্রিভুজের তিন কৌণিক বিন্দুতে যথাক্রমে: $-4\mu\text{C}$, $4\mu\text{C}$, $4\mu\text{C}$ আধান আছে।

(বাংলাদেশ নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম)

- ক. গাউসের সূত্রটি লিখ। ১
- খ. কুলম্বের সূত্র হতে গাউসের সূত্রে উপনীত হওয়া সম্ভব-
ব্যাখ্যা দাও। ২
- গ. O বিন্দুতে বিভব কত? ৩
- ঘ. O বিন্দুতে উদ্দীপকের আলোকে তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় করা
সম্ভব কিনা বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো তড়িৎ ক্ষেত্রে অবস্থিত কোনো বস্তু কল্পিত তলের তড়িৎ ফ্লাক্স ঐ তল দ্বারা বেষ্টিত মোট আধানের ϵ_0 গুণের সমান হবে।

খ. কুলম্বের সূত্র থেকে আমরা জানি, দুটি চার্জের মধ্যকার আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল চার্জদ্বয়ের গুণফলের সমানুপাতিক এবং উহাদের মধ্যকার দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক। অর্থাৎ, $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$

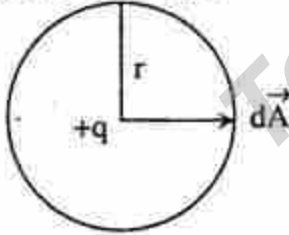
$$\text{বা, } F = q_0 \times \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

$$\text{আবার আমরা জানি, } F = q_0 E \therefore q_0 E = q_0 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

$$\therefore E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$\text{বা, } E \times 4\pi r^2 = \frac{q}{\epsilon_0}$$

কিন্তু $dA = 4\pi r^2$ যেখানে A দ্বারা ক্ষেত্রফল এবং r দ্বারা গোলায় তলের ব্যাসার্ধ বুঝানো হয় (নিচের চিত্র দ্রষ্টব্য)।



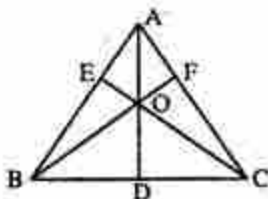
$$\therefore E dA = \frac{q}{\epsilon_0}; \text{ বিবেচ্য তলের সর্বত্র E সুসম মানের}$$

$$\text{হওয়ায়, } \oint E dA = E \oint dA = \frac{q}{\epsilon_0}$$

এখানে, \vec{E} এবং $d\vec{A}$ উভয়ের দিক ব্যাসার্ধ বরাবর বহির্মুখী হবে।

$$\therefore \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0}; \text{ ইহাই গাউসের সূত্র।}$$

গ.



চিত্রে AD, BC এর উপর মধ্যমা তাই, $\frac{OA}{OD} = \frac{2}{1}$

$$\begin{aligned} \text{আবার, } AD &= \sqrt{AC^2 - CD^2} \\ &= \sqrt{2^2 - 1^2} \\ &= \sqrt{3} \end{aligned}$$

$$\therefore OA = OC = OB$$

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

$$= \frac{2}{3} \times \sqrt{3} = \frac{2}{\sqrt{3}} \text{ cm}$$

এখন, O বিন্দুতে বিভব V_0 হলে,

$$\begin{aligned} V_0 &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \left(\frac{q_A}{r_A} + \frac{q_B}{r_B} + \frac{q_C}{r_C} \right) \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{1}{r_A} (q_A + q_B + q_C) \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{\sqrt{3} \times 10^2}{2} (-4 + 4 + 4) \times 10^{-6} \\ &= 3.12 \times 10^6 \text{ V (Ans.)} \end{aligned}$$

এখানে,

A বিন্দুতে চার্জ, $q_A = -4\mu\text{C}$

B বিন্দুতে চার্জ, $q_B = 4\mu\text{C}$

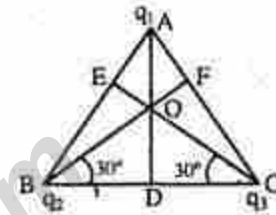
C বিন্দুতে চার্জ, $q_C = 4\mu\text{C}$

A, B, ও C বিন্দু হতে O বিন্দুর

দূরত্ব, $r_A = r_B = r_C = \frac{2}{\sqrt{3}} \text{ cm}$

$$= \frac{2}{\sqrt{3}} \times 10^{-2} \text{ m}$$

ঘ. 'গ' হতে পাই,



$$OA = OC = OD = \frac{2}{\sqrt{3}} \times 10^{-2} \text{ m}$$

O বিন্দুতে B ও C বিন্দুতে অবস্থিত q_2 ও q_3 ধনাত্মক চার্জের জন্য সৃষ্ট প্রাবল্য E_2 ও E_3 হলে

$$\begin{aligned} E_2 = E_3 &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{r^2}, \text{ যেহেতু } q_2 = q_3 = 4\mu\text{C} \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{\left(\frac{2}{\sqrt{3}} \times 10^{-2} \right)^2} \\ &= 2.7 \times 10^8 \text{ NC}^{-1} \end{aligned}$$

E_2 ও E_3 এর দিক যথাক্রমে OF ও OE এর দিকে।

চিত্রে, $\angle EOF = 120^\circ$ এবং $\angle AOF = 60^\circ$

সুতরাং E_2 ও E_3 এর মান সমান বলে এদের লব্ধি $\angle EOF$ এর সমদ্বিখণ্ডক OA বরাবর কাজ করে।

$$\begin{aligned} \text{এবং লব্ধির মান, } E_{23} &= \sqrt{E_2^2 + E_3^2 + 2E_2 E_3 \cos 120^\circ} \\ &= 2.7 \times 10^8 \text{ NC}^{-1} \end{aligned}$$

আবার, O বিন্দুতে A বিন্দু অবস্থিত। $q_1 = -4\mu\text{C}$ ঋণাত্মক চার্জের জন্য সৃষ্ট তড়িৎ প্রাবল্য E_1 ; OA বরাবর কাজ করে।

$$\begin{aligned} \therefore E_1 &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r^2} \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{-4 \times 10^{-6}}{\left(\frac{2}{\sqrt{3}} \times 10^{-2} \right)^2} \\ &= -2.7 \times 10^8 \text{ NC}^{-1} \end{aligned}$$

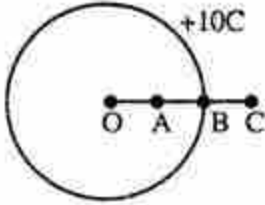
এখানে ঋণ চিহ্ন বলের দিক নির্দেশ করে, যা q_1 চার্জের দিকে OA বরাবর।

\therefore O বিন্দুতে ক্রিয়ারত E_1 ও E_{23} তড়িৎ প্রাবল্যের দিক একই।

\therefore O বিন্দুতে লব্ধি তড়িৎ প্রাবল্য E হলে,

$$\begin{aligned} E &= E_1 + E_{23} \\ &= 2.7 \times 10^8 + 2.7 \times 10^8 \\ &= 5.4 \times 10^8 \text{ NC}^{-1} \end{aligned}$$

অর্থাৎ, O বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় করা সম্ভবপর এবং নির্ণীত মান $5.4 \times 10^8 \text{ NC}^{-1}$ ।



একটি ফাঁপা বৃত্ত, যার ব্যাসার্ধ 1m। B বিন্দু হতে 5m দূরে 2C আধান স্থাপন করা হলো।

[সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম]

- ক. ভেদন যোগ্যতা কাকে বলে? ১
খ. হারানো ভোল্ট বলতে কী বুঝ? ২
গ. 2C আধানের জন্য কুলম্ব বল কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের A, B ও C বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের তুলনা করো। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. শূন্য মাধ্যমে নির্দিষ্ট দূরত্বে অবস্থিত নির্দিষ্ট মানের দুটি আধানের মধ্যকার তড়িৎ বলের মান এবং অপর কোনো মাধ্যমে একই দূরত্বে রাখা একই আধানদ্বয়ের মধ্যকার তড়িৎ বলের মানের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের আপেক্ষিক ভেদনযোগ্যতা বলে।

খ. কোষের ভিতর তড়িত প্রবাহ চালনা করলে তড়িচ্চালক শক্তির কিছু অংশ, কোষের অভ্যন্তরীণ রোধের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করতে ব্যয় হয় তাকে হারানো ভোল্ট বা নষ্ট ভোল্ট বলে।

গ. যেহেতু চার্জ ধাতব গোলকের পৃষ্ঠে সমভাবে বন্টিত হয়। তাই চার্জকে কেন্দ্রে আছে বলে কল্পনা করা যায়।

∴ 2C চার্জের দূরত্ব,
 $d = OA = 5 + 1 = 6m$

তড়িৎ বল, $F = C \frac{Qq}{d^2}$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 2}{6^2}$$

$$= 5 \times 10^9 \text{ N. (Ans.)}$$

দেওয়া আছে,
গোলকের ব্যাসার্ধ, $r = 1m$
গোলকের চার্জ, $Q = +10C$
C বিন্দুতে চার্জ, $q = +2C$

ঘ. A বিন্দুটি ফাঁপা গোলকের অভ্যন্তরে অবস্থিত, গাউসের সূত্র হতে,
 $q = \epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{s}$

যেহেতু, গোলকের অভ্যন্তরে কোনো চার্জ নেই, তাই $q = 0$
A বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য $E_A = 0 \text{ NC}^{-1}$ হবে।

B বিন্দুতে প্রাবল্য, $E_B = C \frac{Q}{R^2}$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{10}{5^2}$$

$$= 3.6 \times 10^9 \text{ N/C}$$

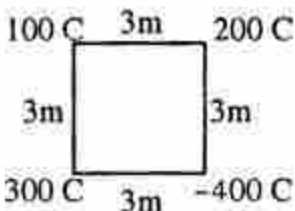
C বিন্দুতে প্রাবল্য, $E_C = C \frac{Q}{d^2}$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{10}{6^2}$$

$$= 2.5 \times 10^9 \text{ N/C}$$

অতএব, B বিন্দুতে প্রাবল্য সবচেয়ে বেশি, C বিন্দুতে অপেক্ষাকৃত কম ও A বিন্দুতে প্রাবল্য শূন্য হয়।

প্রশ্ন ৮৮



[খাগড়াছড়ি সরকারি কলেজ, খাগড়াছড়ি]

- ক. তড়িৎ প্রাবল্য কাকে বলে? ১
খ. "যে কোনো পরিবাহীর ধারকত্ব এর ক্ষেত্রফলের সমানুপাতিক" উক্তিটির বিশ্লেষণ করো। ২

গ. উদ্দীপকের বস্তুকে ফাঁপা বর্গাকার বিবেচনা করলে এর তলমাত্রিক ঘনত্ব কত হবে? ৩

ঘ. প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য 25% বৃদ্ধি করলে কেন্দ্রে বিভব এর কিরূপ পরিবর্তন ঘটবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য বলে।

খ. "যে কোন পরিবাহীর ধারকত্ব এর ক্ষেত্রফলের সমানুপাতিক" উক্তিটি সঠিক নয়। কেবলমাত্র সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব $\left(\frac{k\epsilon_0 A}{d}\right)$ এর ক্ষেত্রফলের সমানুপাতিক। কিন্তু গোলাকার ধারকের ধারকত্ব $(4\pi\epsilon_0 r)$ এর ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক কিন্তু ক্ষেত্রফল $(4\pi r^2)$ এর সমানুপাতিক নয়। কেননা ধারকত্বের মান নির্ভর করে আধান ও বিভবের মানের

$\left(C = \frac{q}{V}\right)$ উপর। সমান্তরাল বা গোলাকার পাত ধারকের চার্জের পরিমাণ এদের ক্ষেত্রফলের সাথে সরাসরি জড়িত। সমান্তরাল পাত ধারকের বিভব ক্ষেত্রফলের সাথে সম্পর্কিত নয় বিধায় চার্জ ও বিভবের অনুপাত সরাসরি ক্ষেত্রফলের সাথে যুক্ত। কিন্তু গোলকের ধারকের বিভব এর ব্যাসার্ধের সাথে সম্পর্কিত হওয়ায় চার্জ ও বিভবের অনুপাত ব্যাসার্ধের একটি ঘাতের সাথে সম্পর্কিত। তাই সকল পরিবাহীর ধারকত্ব এর ক্ষেত্রফলের সমানুপাতিক নয়।

গ. ফাঁপা বর্গাকার ফ্রেমের চার কৌণিক বিন্দুতে চার্জগুলো বিদ্যমান। এর তলে কোন চার্জ নেই। তাই তলমাত্রিক ঘনত্ব শূন্য।

ঘ. চার্জগুলো হলো :

$$q_1 = 100 \text{ C}$$

$$q_2 = 200 \text{ C}$$

$$q_3 = 300 \text{ C}$$

$$q_4 = -400 \text{ C}$$

বাহুর দৈর্ঘ্য, $a = 3m$

অতএব, প্রতিটি কৌণিক বিন্দু থেকে কেন্দ্রের দূরত্ব, $r = \frac{a\sqrt{2}}{2} = \frac{3}{\sqrt{2}} m$

$$\therefore \text{কেন্দ্রে বিভব, } V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r} \sum_{i=1}^4 q_i$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r} (100 + 200 + 300 - 400)$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{1}{3} \times 200$$

$$= 8.48 \times 10^{11} \text{ volts.}$$

বাহুর দৈর্ঘ্য 25% বাড়ালে, $a' = a + \frac{25}{100} a$

$$= \frac{5}{4} a$$

$$\therefore r' = \frac{a'}{\sqrt{2}} = \frac{5}{4\sqrt{2}} a$$

$$\therefore \text{কেন্দ্রে বিভব, } V' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r'} \sum_{i=1}^4 q_i$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{1}{\frac{5}{4\sqrt{2}}} \times 200 \text{ volts.}$$

$$= 6.79 \times 10^{11}$$

$$\therefore \text{বিভবের শতকরা হ্রাস} = \frac{(8.48 - 6.79) \times 10^{11}}{8.48 \times 10^{11}} \times 100\%$$

$$= 20\%$$

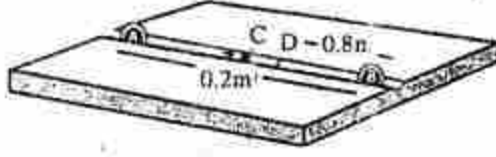
অতএব, কেন্দ্রে বিভব 20% হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ৪৯ নওশীনের তৈরি প্রজেক্টটিতে A, B ও C নামক তিনটি চার্জিত গোলককে একটি ঘর্ষণহীন খাঁজে রাখা হয়। A গোলকের কাছে C গোলককে ছেড়ে দিলে এটি B গোলকের দিকে যেতে থাকে এবং D বিন্দুতে এসে থেমে যায়। সে তার বন্ধুদের বলল, "তোমরা যদি C কে B গোলকের কাছে ছেড়ে দাও, তবে সে ক্ষেত্রেও এটি উল্টা দিকে গতিপ্রাপ্ত হয়ে D তে এসে থেমে যাবে।"

$$q_A = 4.0 \times 10^{-3} \text{ C}$$

$$q_B = 6.4 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_C = 1.6 \times 10^{-9} \text{ C}$$



[রাজসামাটি সরকারি কলেজ, সিনেটা]

- ক. ইলেকট্রন ভোল্ট কী? ১
- খ. কোন বিন্দুর বিভব V বলতে কী বোঝায়? ২
- গ. A গোলক কর্তৃক সৃষ্ট ক্ষেত্রের জন্য D বিন্দুতে বিভব নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. নওশীনের বক্তব্যের পক্ষে যুক্তি দাও। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ইলেকট্রন ভোল্ট শক্তির একক। 1V বিভব পার্থক্য সম্পন্ন দুটি বিন্দুর মধ্যে একটি ইলেকট্রনকে উচ্চতর বিভব সম্পন্ন বিন্দুটি থেকে নিম্নতর বিভবসম্পন্ন বিন্দুটিতে সরাতে যে পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন, তাই এক ইলেকট্রন ভোল্ট।

খ তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর বিভব V বলতে বুঝায়, অসীম থেকে প্রতি কুলম্ব ধনাত্মক আধানকে তড়িৎক্ষেত্রের ঐ বিন্দুতে আনতে V J কাজ সম্পন্ন হয়।

গ A গোলক কর্তৃক সৃষ্ট D বিন্দুতে বিভব V_{DA} হলে,

$$V_{DA} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A}{r_{DA}}$$

$$= 3 \times 10^8 \text{ V (Ans.)}$$

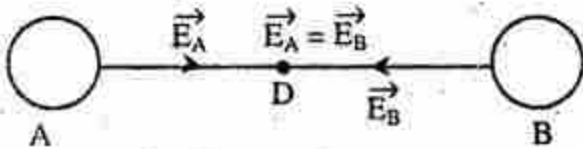
এখানে,

$$A \text{ গোলক হতে } D \text{ বিন্দুর দূরত্ব,}$$

$$r_{DA} = 0.2 - 0.08$$

$$= 0.12 \text{ m}$$

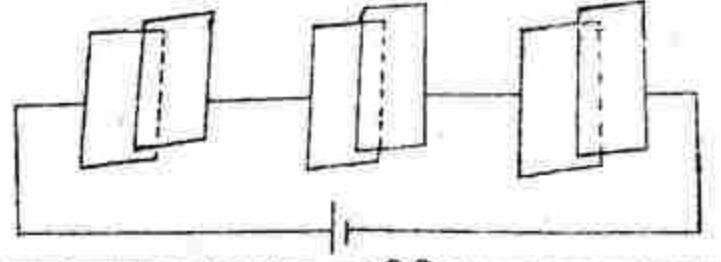
ঘ উদ্দীপকের A ও B গোলক উভয়েই ধনাত্মক চার্জযুক্ত। ফলে এদের উভয়ের তড়িৎ প্রাবল্য বহির্মুখী। তাই এদের মধ্যবর্তী এমন একটি স্থান থাকবে যেখানে লম্বি তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য। ফলে কোন ধনাত্মক চার্জকে A ও B গোলকের মাঝে যেখানেই রাখা হোক না কেন সেটি উক্ত স্থানের দিকে সরে যাবে এবং অবশেষে উক্ত প্রাবল্যবিহীন বিন্দুতে অবস্থান নিবে।



চিত্রে D বিন্দুতে লম্বি প্রাবল্য শূন্য হয়। যতই D বিন্দু হতে A গোলকের কাছে যাওয়া হবে, A গোলকের প্রাবল্য বাড়বে ও B গোলকের প্রাবল্য কমবে। ফলে যে কোনো ধনাত্মক চার্জ D বিন্দুর দিকে লম্বি বল অনুভব করবে। একইভাবে D বিন্দু হতে যতই B গোলকের দিকে যাওয়া হবে B গোলকের প্রাবল্য বাড়বে ও A গোলকের কমবে। ফলে যে কোন ধনাত্মক চার্জ D বিন্দুর দিকে একটি লম্বি বল অনুভব করবে।

একারণে কোন ধনাত্মক চার্জ, যেমন C গোলককে A গোলকের কাছে ছেড়ে দিলে তা D বিন্দুতে এসে পৌঁছাবে, আবার B গোলকের কাছে ছেড়ে দিলেও তা D বিন্দুতে এসে পৌঁছাবে।

প্রশ্ন ৫০



উদ্দীপকের সমান্তরাল পাত ধারকের প্রতিটি পাতের ক্ষেত্রফল 0.04 m^2 । পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 2 mm এবং বায়ুদ্বারা পূর্ণ।

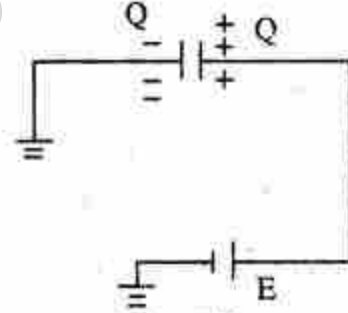
[সিনেটা সরকারি কলেজ, সিনেটা]

- ক. চার্জের কোয়ান্টায়ন কী? ১
- খ. সমান্তরাল পাত ধারকের ১টি পাতকে অন্তরিত এবং অপরটিকে ভূ-সংযুক্ত করা হয় কেন? ২
- গ. উদ্দীপকের ধারক সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের সমান্তরাল পাত ধারকের প্রতিটির মধ্যবর্তী স্থানে 2.5 ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের একটি বস্তু দ্বারা পূর্ণ করলে সমবায়টিতে সঞ্চিত শক্তির কিরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর চার্জের যেকোনো মান হওয়া সম্ভব নয়, এটি কেবলমাত্র $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ এর পূর্ণ গুণিতক হওয়া সম্ভব। এ বিষয়টিকে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে।

খ



সমান্তরাল পাত ধারকের একটি অন্তরিত করে একে বিদ্যুৎ উৎসের ধনাত্মক পাতের সাথে সংযুক্ত করা হয়। ফলে তা ধনাত্মক আধান দ্বারা আহিত হয়। কিন্তু এটি অন্তরিত বলে অন্য কোনো বস্তুর সাথে সংস্পর্শে আসতে পারবে না, ফলে এ চার্জ স্থির থাকবে। অন্য পাতটি ভূমির সাথে সংযুক্ত থাকায় ধনাত্মক চার্জে চার্জিত অন্তরিত পাতের ধনাত্মক চার্জের আকর্ষণে ভূমি হতে সমপরিমাণ চার্জ উক্ত পাতে আসে এবং উক্ত পাত ঋণ চার্জে আহিত হয়। ফলে ধারকের উভয়পাত চার্জিত হয় এবং এভাবে চার্জ ধরে রাখে।

গ উদ্দীপকের ধারকগুলোর বায়ুমাধ্যমে প্রতিটির ধারকত্ব সমান এবং তা C হলে,

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$= \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 0.04}{2 \times 10^{-3}}$$

$$= 1.7708 \times 10^{-10} \text{ F}$$

$$\text{পাতের ক্ষেত্রফল, } A = 0.04 \text{ m}^2$$

$$\text{পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, } d = 2 \text{ mm}$$

$$= 2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

ধারক সমবায়ে ধারক তিনটি শ্রেণিতে যুক্ত। এদের তুল্যধারকত্ব C_{eq} হলে,

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \frac{1}{C} = \frac{3}{C}$$

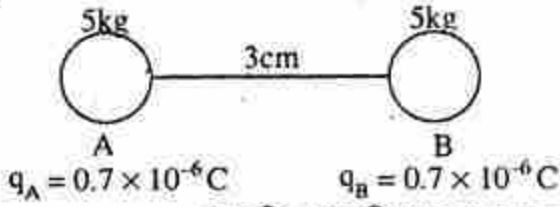
$$\therefore C_{eq} = \frac{C}{3} = \frac{1.7708 \times 10^{-10}}{3}$$

$$= 5.9 \times 10^{-11} \text{ F}$$

$$= 59 \text{ pF. (Ans.)}$$

ঘ ৬(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 2.5 গুণ হবে।



(এম.সি. একাডেমি (মডেল স্কুল ও কলেজ), সিলেট)

- ক. তড়িৎ বিভব কাকে বলে? ১
- খ. গাউসের সূত্রটি বর্ণনা কর। ২
- গ. A ও B গোলকদ্বয়ের মধ্যবর্তী কুলম্ব বলের পরিমাণ কত? ৩
- ঘ. দূরত্ব অপরিবর্তিত রেখে B গোলকটিকে A এর উপর উল্লম্ব বরাবর শূন্যে স্থাপন করলে সেটি সাম্যাবস্থায় থাকবে কিনা যাচাই কর। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ বিভব হচ্ছে আহিত পরিবাহকের বৈদ্যুতিক অবস্থা যা নির্ধারণ করে অন্য আহিত পরিবাহকের সাথে একে তড়িৎগতভাবে সংযুক্ত করলে পরিবাহক আধান দেবে না নেবে। অথবা, তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে অসীম থেকে প্রতি একক ধনাত্মক আধানকে আনতে কৃতকাজকে উক্ত বিন্দুর তড়িৎ বিভব বলে।

খ কোনো মাধ্যমে একটি বস্তু তলের মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্স ঐ তলের অভ্যন্তরে অবস্থিত মোট চার্জের $\frac{1}{\epsilon}$ গুণ। এটিই হলো গাউসের সূত্র। এখানে ϵ হলো উক্ত মাধ্যমের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা।

কোনো একটি বস্তুতল S এর ওপর একটি ক্ষুদ্র ক্ষেত্র dS এবং এই ক্ষুদ্র ক্ষেত্রের সর্বত্র তড়িৎক্ষেত্র প্রাবল্য E হলে, যদি তলটি দ্বারা বেষ্টিত মোট আধানের পরিমাণ q হয়, তবে গাণিতিকভাবে গাউসের সূত্রানুসারে আমরা পাই, $\oint E \cdot dS = \frac{q}{\epsilon}$

এখানে বস্তুতল S কে গাউসিয়ান তল বলে।

গ ১০ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: 4.9N

ঘ এখানে,

A গোলকের ভর, $m_A = 5 \text{ kg}$

B গোলকের ভর, $m_B = 5 \text{ kg}$

A ও B গোলকের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

গোলকদ্বয়ের মধ্যবর্তী কুলম্ব বল (বিকর্ষণ), $F = 4.9 \text{ N}$ [গ হতে]

B গোলকের ওজন = F' (ধরি)

$\therefore F' = m_B g$

$= (5 \times 9.8) \text{ N}$

$= 49 \text{ N}$

যেহেতু, $F \neq F'$ এবং $F' > F$

সুতরাং, দূরত্ব অপরিবর্তিত রেখে B গোলকটিকে A এর উপর উল্লম্ব বরাবর শূন্যে স্থাপন করলে সেটি সাম্যাবস্থায় থাকবে না এবং B গোলকটি নিচে পড়ে যাবে।

প্রশ্ন ▶ ৫২



(বিদ্যাধার কলেজ, সিলেট)

- ক. চার্জের কোয়ান্টায়ন কাকে বলে? ১
- খ. চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য— ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. A ও B গোলকের চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্বের তুলনা কর। ৩

ঘ. গোলক দুটিকে একটি পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে কোন দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হবে? বিশ্লেষণ কর। ৪

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তুর চার্জের যেকোনো মান হওয়া সম্ভব নয়, এটি কেবল $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ এর পূর্ণ গুণিতক হওয়া সম্ভব। এ বিষয়টিকে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে।

খ চার্জিত গোলকের সকল চার্জ এর পৃষ্ঠে অবস্থান করে এবং বলরেখাগুলো পৃষ্ঠদেশ থেকে বাইরে বের হয় অথবা পৃষ্ঠদেশে এসে শেষ হয়। গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বলরেখা প্রবেশ করে না বিধায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়। গাউসের সূত্রানুযায়ী দেখা যায় যে, গোলকের কেন্দ্রে থেকে r ব্যাসার্ধের $[0 \leq r < \text{গোলকের ব্যাসার্ধ}]$ যে কোনো গোলায়

তলে মোট ফ্লাক্স, $\Phi = \oint E \cdot ds = \frac{q}{\epsilon_0} = 0$

$\therefore E = 0$, তাই চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরের গাউসীয় তল কোনো চার্জ ধারণ না করায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়।

গ A গোলকের তলমাত্রিক ঘনত্ব σ_A হলে,

$$\begin{aligned} \sigma_A &= \frac{q}{A_A} \\ &= \frac{q}{4\pi r_A^2} \\ &= \frac{10}{4\pi \times (0.5)^2} \\ &= 3.18 \text{ Cm}^{-2} \end{aligned}$$

এখানে,
A গোলকের চার্জ, $q = +10 \text{C}$
A গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_A = 0.5 \text{ m}$

B গোলকের চার্জের গোলকের তলমাত্রিক ঘনত্ব σ_B হলে,

$$\begin{aligned} \sigma_B &= \frac{q_B}{A_B} \\ &= \frac{q_B}{4\pi r_B^2} \\ &= \frac{10}{4\pi \times (0.8)^2} \\ &= 1.24 \text{ Cm}^{-2} \end{aligned}$$

এখানে,
B গোলকের চার্জ, $q_B = +10 \text{C}$
গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_B = 0.8 \text{ m}$

\therefore A গোলকের চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব B গোলক অপেক্ষা বেশি এবং তা $\frac{3.18}{1.24} = 2.57$ গুণ। (Ans.)

ঘ দুটি চার্জিত বস্তুকে কোনো পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে চার্জের প্রবাহের দিক বস্তুদ্বয়ের তড়িৎ বিভবের উপর নির্ভর করে। ধনাত্মক চার্জ অধিক বিভবের বস্তু হতে নিম্ন বিভবের বস্তুতে এবং ঋণাত্মক চার্জ কম বিভবের বস্তু হতে উচ্চ বিভবের বস্তুতে গমন করে।

অর্থাৎ, তড়িৎ প্রবাহের দিক উচ্চ বিভবের বস্তু হতে নিম্ন বিভবের দিকে।

এখন, A গোলকের পৃষ্ঠে বিভব V_A হলে,

$$\begin{aligned} V_A &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A}{r_A} \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{10}{(0.5)} \\ &= 1.8 \times 10^{11} \end{aligned}$$

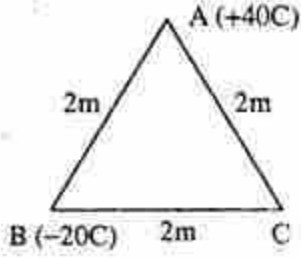
এখানে,
A গোলকের চার্জ, $q_A = +10 \text{C}$
A গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_A = 0.5 \text{ m}$

আবার, B গোলকের পৃষ্ঠে বিভব V_B হলে,

$$\begin{aligned} V_B &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_B}{r_B} \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{10}{0.8} \\ &= 1.125 \times 10^{11} \text{V} \end{aligned}$$

এখানে,
B গোলকের চার্জ, $q_B = +10 \text{C}$
B গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_B = 0.8 \text{ m}$

যেহেতু A গোলকের বিভব B গোলকের বিভবের চেয়ে বেশি। তাই এদেরকে কোনো পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে A গোলক হতে B গোলকের দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হবে।



[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]

- ক. তড়িৎ প্রাবল্য কাকে বলে? ১
খ. গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়ালে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. চিত্রে C বিন্দুতে তড়িৎ বিভবের মান নির্ণয় করো। ৩
ঘ. চিত্রে C বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান নির্ণয় সম্ভব কিনা - গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য বলে।

খ. গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon_0 r$
অর্থাৎ $C \propto r$, ধারকত্ব ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক।
চার্জ গোলকের বাইরের পৃষ্ঠে অবস্থান করে। ব্যাসার্ধ বেশি হলে, গোলকের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল বেশি হয়। তাই গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায়।

গ. ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

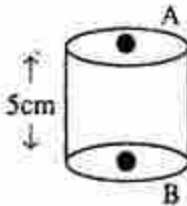
উত্তর: $9 \times 10^{10} \text{ V}$.

ঘ. ১৫(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর: $1.006 \times 10^{11} \text{ N/C}$

CB এর সাথে 34.7° কোণে।

প্রশ্ন ৫৪ মি. এক্স একজন পদার্থবিজ্ঞানের ভাল শিক্ষক। তিনি 0.1cm ব্যাসার্ধের ২৭টি সমান আকারের পারদ ফোটা নিলেন যার প্রত্যেকটিতে $1\mu\text{C}$ আধান আছে। তিনি পারদ গুলিকে একত্রিত করে একটি বড় ফোটায় পরিণত করলেন। তারপর তিনি এটিকে একটি সিলিন্ডারের মধ্যে ছেড়ে দিলেন, যার তলদেশে B অবস্থানে একটি চার্জিত শোলার বল ছিল। তিনি পারদ বলটিকে A অবস্থানে ভাসমান থাকতে দেখলেন।



[বি এ এফ শাহীন কলেজ, যশোর]

- ক. আধানের তল মাত্রিক ঘনত্ব কাকে বলে? ১
খ. চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরে প্রাবল্য শূন্য হয় কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. পারদের বড় ফোটাটির ধারকত্ব নির্ণয় করো। ৩
ঘ. শোলার বলে কত চার্জ আছে তা গাণিতিক বিশ্লেষণ সহ মতামত দাও। ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. পরিবাহীর তলে কোনো বিন্দুর চতুর্দিকে ক্ষুদ্র ক্ষেত্রফলে অবস্থিত চার্জের পরিমাণ এবং ঐ ক্ষুদ্র ক্ষেত্রফলের অনুপাতকে চার্জের তল ঘনত্ব বলে।

খ. কোনো চার্জিত পরিবাহী গোলকের অভ্যন্তরে কোনো চার্জ থাকে না, সমস্ত চার্জ অবস্থান করে এর পৃষ্ঠে।

গাউসের সূত্র হতে, $q = \epsilon_0 \oint E \cdot d\vec{s}$. গোলকের অভ্যন্তরে চার্জের পরিমাণ শূন্য বলে, $q = 0$

ফলে, $\epsilon_0 \oint E \cdot d\vec{s} = 0$ বা, $E = 0$.

এজন্য চার্জিত পরিবাহী গোলকের কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়।

গ. দেওয়া আছে,

ক্ষুদ্র ফোটার ব্যাসার্ধ, $r = 0.1 \text{ cm} = 0.001 \text{ m}$

ফোটার সংখ্যা, $N = 27$

বড় ফোটার ব্যাসার্ধ R হলে $\frac{4}{3}\pi R^3 = 27 \times \frac{4}{3}\pi r^3$

$R = r \times \sqrt[3]{27} = 3r = 3 \times 0.001 \text{ m} = 0.003 \text{ m}$

\therefore বড় ফোটার ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon_0 R$

$$= \frac{1}{9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}} \times 0.003 \text{ m} = \frac{3 \times 10^{-3}}{9 \times 10^9} \text{ F}$$

$$= 0.33 \times 10^{-12} \text{ F} = 330 \times 10^{-15} \text{ F}$$

$$= 330 \text{ fF (ফেমটো ফ্যারাডে) (Ans.)}$$

ঘ. কুলম্বীয় বিকর্ষণ বলের দরুন পারদ বলটি A অবস্থানে ভাসতে থাকে।

পারদের বলে চার্জ, $q_1 = 27 \times 1\mu\text{C} = 27 \times 10^{-6} \text{ C}$

চার্জ দ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব, $r = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$

জানা আছে, কুলম্বের ধ্রুবক, $C' = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$

বের করতে হবে, শোলার বলে চার্জ, $q_2 = ?$

পারদ ফোটার ওজন, $W = mg = V\rho g = \frac{4}{3}\pi R^3\rho g$

$$= 1.333 \times 3.1416 \times (0.003 \text{ m})^3 \times 13600 \text{ kgm}^{-3} \times 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

$$= 0.0151 \text{ N}$$

$$\text{এক্ষেত্রে } W = C \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$\therefore q_2 = \frac{Wr^2}{Cq_1} = \frac{0.0151 \times (0.05)^2}{9 \times 10^9 \times 27 \times 10^{-6}}$$

$$= 1.553 \times 10^{-10} \text{ C}$$

$$= 155.3 \times 10^{-12} \text{ C}$$

$$= 155.3 \text{ pC}$$

সুতরাং গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা গেল যে, শোলার বলে 155.3 pC পরিমাণ চার্জ আছে।

প্রশ্ন ৫৫ 10^{-3} m ব্যাসার্ধের ৪টি পানির গোলকের প্রত্যেকটিতে সমান ও সমজাতীয় আধান আছে। গোলকগুলো একত্রিত করে একটি বড় গোলকে পরিণত করা হলো। [সরকারি সৈয়দ হাভেম আলী কলেজ, বরিশাল]

- ক. নষ্ট ভোল্ট কাকে বলে? ১
খ. চার্জিত গোলাকার পরিবাহীর কেন্দ্রে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য-ব্যাখ্যা কর। ২
গ. বড় গোলকের ধারকত্ব বের কর। ৩
ঘ. বড় গোলকের বিভব ও ধারকত্ব ছোট গোলকের সাপেক্ষে একই অনুপাতে বৃদ্ধি পাবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোষের ভিতর তড়িত প্রবাহ চালনা করলে তড়িচ্চালক শক্তির কিছু অংশ কোষের অভ্যন্তরীণ রোধের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করতে ব্যয় হয় তাকে হারানো ভোল্ট বা নষ্ট ভোল্ট বলে।

খ চার্জিত গোলকের সকল চার্জ এর পৃষ্ঠে অবস্থান করে এবং বলরেখাগুলো পৃষ্ঠদেশ থেকে বাইরে বের হয় অথবা পৃষ্ঠদেশে এসে শেষ হয়। গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বলরেখা প্রবেশ করে না বিধায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়। গাউসের সূত্রানুযায়ী দেখা যায় যে, গোলকের কেন্দ্র থেকে r ব্যাসার্ধের $(0 \leq r < \text{গোলকের ব্যাসার্ধ})$ যে কোনো গোলায়

$$\text{তলে মোট ফ্লাক্স, } \phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{q}{\epsilon_0} = 0$$

$\therefore E = 0$, তাই চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরের গাউসীয় তল কোনো চার্জ ধারণ না করায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়।

গ

শর্তানুসারে,

একটি বড় গোলকের আয়তন ৪টি

ছোট গোলকের আয়তন

$$\therefore \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \pi r^3 \times 8$$

$$\text{বা, } R^3 = 8r^3$$

$$\text{বা, } R = 2r$$

বড় গোলকের ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon_0 R$

$$= 4 \times 3.1416 \times 8.854 \times 10^{-12} \times 2 \times 10^{-3}$$

$$= 2.23 \times 10^{-13} \text{ F (Ans.)}$$

ঘ ছোট গোলকের ব্যাসার্ধ r হলে,

ছোট গোলকের ধারকত্ব, $C_r = 4\pi\epsilon_0 r$

বড় গোলকের ব্যাসার্ধ R হলে,

বড় গোলকের ধারকত্ব, $C_R = 4\pi\epsilon_0 R$

এখন, 'গ' হতে আমরা পাই,

$$R = 2r$$

$$\text{সুতরাং, } C_R = 4\pi\epsilon_0 (2r)$$

$$C_R = 2C_r$$

অর্থাৎ বড় গোলকের ধারকত্ব ছোট গোলকের ধারকত্বের সাথে সমানুপাতিক হারে বাড়বে।

$$\text{ছোট গোলকের বিভব, } V = \frac{q}{C_r}$$

$$\text{বড় গোলকের বিভব, } V = \frac{Q}{C_R}$$

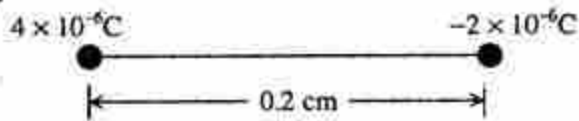
$$= \frac{8Q}{2C}$$

$$\therefore V = 4V$$

অতএব, বড় গোলকের বিভব ছোট গোলকের বিভবের সাথে সমানুপাতিক হারে বাড়বে।

কিন্তু বিভবের ক্ষেত্রে এই বৃদ্ধির অণুপাত ধারকত্বের বৃদ্ধির অনুপাতের দ্বিগুণ হবে।

প্রশ্ন ৫৬



[কালকাটি সরকারি কলেজ, কালকাটি]

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১

খ. গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ ও ধারকত্বের মধ্যে সম্পর্ক কী? ২

—ব্যাখ্যা করো।

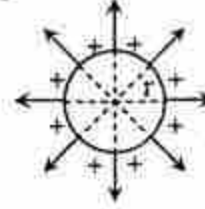
গ. উদ্দীপকের মধ্যবিন্দুতে প্রাবল্য কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকে চার্জদ্বয়ের দূরত্ব 0.1cm কমাতে কি কাজ করতে হবে? ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ



কোন পরিবাহীর চার্জ এর পৃষ্ঠে সুসমভাবে বিন্যস্ত থাকে। তাই পৃষ্ঠের সকল চার্জ-এর কেন্দ্রে পুঞ্জীভূত আছে করনা করলেও এর ক্ষেত্রের (Field) কোন পরিবর্তন হয় না। পৃষ্ঠে অর্থাৎ কেন্দ্র হতে r দূরত্বে

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

$$\text{ধারকত্ব, } C = \frac{q}{V} = \frac{q}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q}{r}} = 4\pi\epsilon_0 r$$

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

অর্থাৎ $C \propto r$, ধারকত্ব ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক।

চার্জ গোলকের বাইরের পৃষ্ঠে অবস্থান করে। ব্যাসার্ধ বেশি হলে, গোলকের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল বেশি হয়। তাই গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায়।

গ দেওয়া আছে,

চার্জদ্বয়ের মান, $q_1 = +4\mu\text{C} = 4 \times 10^{-6} \text{ C}$ এবং

$q_2 = -2\mu\text{C} = -2 \times 10^{-6} \text{ C}$

চার্জদ্বয়ের দূরত্ব, $d = 20\text{cm} = 0.2\text{m}$

জানা আছে, উদ্দীপকের মধ্যবিন্দুতে তড়িৎপ্রাবল্য, $E = ?$

$q_1 = +4 \times 10^{-6} \text{ C}$ চার্জের দরুন উক্ত মধ্যবিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{(0.1)^2}$$

$$\left[\text{প্রাথমিক অবস্থান হতে মধ্যবিন্দুর দূরত্ব, } r = \frac{d}{2} = \frac{0.2\text{m}}{2} = 0.1\text{m} \right]$$

$= 3.6 \times 10^6 \text{ NC}^{-1}$, এর দিক উক্ত বিন্দু থেকে ডান দিকে বরাবর

এবং $q_2 = -2 \times 10^{-6} \text{ C}$ চার্জের দরুন উক্ত মধ্য বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য,

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{(0.1)^2}$$

$= 1.8 \times 10^6 \text{ NC}^{-1}$ এর দিক উক্ত বিন্দু থেকে ডান দিকে বরাবর

\therefore নির্ণেয় প্রাবল্য, $E = E_1 + E_2$ [$\because E_1$ ও E_2 সমমুখী]

$$= 3.6 \times 10^6 + (1.8 \times 10^6) = 5.4 \times 10^6 \text{ NC}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকে বর্ণিত অবস্থায় আধানদ্বয়ের মধ্যকার

$$\text{বিভবশক্তি, } E_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{d}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times (-2 \times 10^{-6})}{0.2} = -0.36 \text{ J}$$

এদের মধ্যকার দূরত্ব 10cm কমাতে অর্থাৎ নতুন দূরত্ব $d' = 20 \text{ cm} - 10 \text{ cm}$

10 cm করা হলে চার্জদ্বয়ের মধ্যকার বিভবশক্তি, E_p'

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{d'} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times (-2 \times 10^{-6})}{0.1}$$

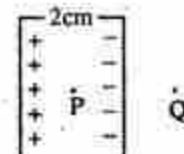
$$= -0.72 \text{ J}$$

\therefore এদেরকে 10cm দূরত্বে আনতে কাজ করতে হবে $= E_p - E_p'$

$$= -0.36 \text{ J} - (-0.72 \text{ J}) = 0.36 \text{ J}$$

প্রশ্ন ৫৭ উদ্দীপকের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নের উত্তর দাও।

প্রতিটি পাতের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল $1.5 \times 10^6 \text{ mm}^2$ এবং দুই পাতের প্রদত্ত বিভব পার্থক্য 60V.



[আদিল মোহন কলেজ, ময়মনসিংহ]

- ক. পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক কাকে বলে? ১
খ. একটি ধারকের গায়ে $2.5\mu\text{F}$ এবং $(220-250)\text{V}$ লেখা এর অর্থ কী? ২
গ. প্রত্যেক পাতের চার্জ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপক অনুসারে P ও Q বিন্দুতে প্রাবল্যের মান ও দিক কিরূপ হবে? বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে কোন দুটি আধানের মধ্যে নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্যস্থানে ক্রিয়াশীল বল এবং ঐ দুই আধানের মধ্যে একই দূরত্বে অন্য কোন মাধ্যমে ক্রিয়াশীল বলের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক বলে।

খ. কোনো ধারকের গায়ে $2.5\mu\text{F}$ এবং $(220-250)\text{V}$ লেখার অর্থ ধারকটির 1V বিভব বৃদ্ধি করতে $2.5\mu\text{C}$ চার্জ প্রয়োজন এবং ধারকটিতে সর্বোচ্চ $(220-250)\text{V}$ ডিসি ভোল্টেজ প্রয়োগ করা যায়।

গ. দেওয়া আছে,

$$\text{প্রত্যেক পাতের ক্ষেত্রফল, } A = 1.5 \times 10^6 \text{ mm}^2 \\ = 1.5 \times 10^6 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 1.5 \text{ m}^2$$

$$\text{পাতদ্বয়ের দূরত্ব, } d = 2\text{cm} = 0.02\text{m}$$

$$\text{পাতদ্বয়ের মধ্যকার বিভবপার্থক্য, } V = 60\text{V}$$

$$\text{বের করতে হবে, প্রত্যেক পাতের চার্জ, } Q = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } Q = CV = \frac{\epsilon_0 A}{d} V = \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 1.5}{0.02} \times 60 \\ = 3.9843 \times 10^{-8} \text{C (Ans.)}$$

ঘ. যেহেতু পাতদ্বয়ের ক্ষেত্রফলের তুলনায় এদের মধ্যকার দূরত্ব নগণ্য,

$$\text{সুতরাং পাতদ্বয়ের মাঝে যেকোনো অবস্থানে প্রাবল্যের মান, } E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

এবং দিক হবে ধনাত্মক পাত হতে ঋণাত্মক পাতের দিকে। প্রাবল্যের

$$\text{উক্ত মান, } E = \frac{Q}{\epsilon_0 A} = \frac{3.9843 \times 10^{-8}}{8.854 \times 10^{-12} \times 1.5 \text{ m}^2} \\ = 3000 \text{ NC}^{-1}$$

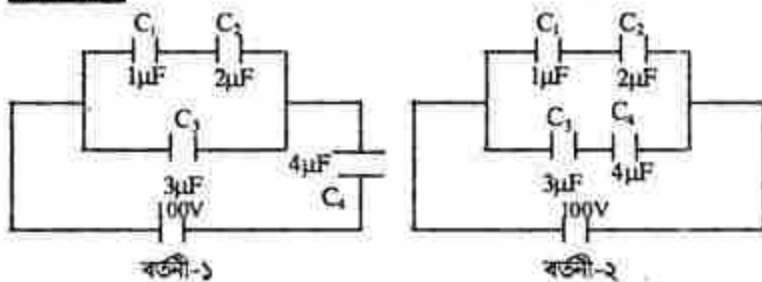
\therefore P বিন্দুতে প্রাবল্যের মান 3000 NC^{-1} বা 3000 Vm^{-1} এবং দিক হবে ধনাত্মক হতে ঋণাত্মক পাতের দিকে।

পাতদ্বয়ে সমান ও বিপরীত চার্জ থাকায় পাতদ্বয়ের বাইরের কোনো ক্ষেত্র দ্বারা আবদ্ধ চার্জ, $q = +Q - Q = 0$

$$\text{গাউসের সূত্র, } \phi = \frac{q}{\epsilon_0} = \int \vec{E} \cdot d\vec{s} \text{ হতে, } q = 0 \text{ হলে, } Q = 0 \text{ ও } E = 0$$

Q বিন্দুটি বাইরে অবস্থান করায় (পাতদ্বয়ের মাঝে নয়) Q বিন্দুর অবস্থানে কোনো বলরেখা নেই এবং Q বিন্দুতে প্রাবল্যের মান শূন্য।

প্রশ্ন ৫৮



[ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ]

- ক. তড়িৎ স্থিতির কাকে বলে? ১
খ. গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব বনাম ব্যাসার্ধ লেখচিত্রের ঢাল কী নির্দেশ করে-ব্যাখ্যা করো। ২
গ. বর্তনী-১ এর তুল্য ধারকত্ব কত? ৩
ঘ. অধিক শক্তি সঞ্চয়ের জন্য কোন বর্তনীটি উপযোগী গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ স্থিতির বলে।

খ. কোনো গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ r এবং ধারকত্ব C হলে, $C = 4\pi\epsilon_0 r$
ধারকত্ব বনাম ব্যাসার্ধ লেখচিত্রের ঢাল হয় $4\pi\epsilon_0$ যা একটি ধ্রুবক এবং মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবকের 4π গুণ।

গ. দেওয়া আছে, বর্তনী-১ এর ধারক সমূহ $C_1 = 1\mu\text{F}$,

$$C_2 = 2\mu\text{F}, C_3 = 3\mu\text{F}, C_4 = 4\mu\text{F}$$

C_1 ও C_2 শ্রেণিতে যুক্ত আছে বিধায় এদের তুল্য ধারকত্ব C_s হলে

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$$

$$\therefore C_s = \frac{2}{3} \mu\text{F}$$

C_s ও C_3 সমান্তরালে যুক্ত আছে বিধায় এদের তুল্য ধারকত্ব,

$$C_p = C_s + C_3 = \frac{2}{3} \mu\text{F} + 3\mu\text{F} = \frac{11}{3} \mu\text{F}$$

C_p ও C_4 শ্রেণিতে যুক্ত থাকায় বর্তনীর সর্বমোট ধারকত্ব C_{eq} হলে,

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_4} = \frac{3}{11} + \frac{1}{4} = \frac{12+11}{44} = \frac{23}{44}$$

$$\therefore C_{eq} = \frac{44}{23} \mu\text{F (Ans.)}$$

ঘ. যেহেতু উভয় বর্তনীর প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য একই (100V)

তাই $E = \frac{1}{2} CV^2$ সূত্রানুসারে যে বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব বেশি মানের সেটি অধিক শক্তি সঞ্চয় করতে পারবে।

$$\text{বর্তনী-১ এর তুল্য ধারকত্ব, } C_{eq} = \frac{44}{23} \mu\text{F} = 1.913 \mu\text{F ('গ' হতে পাই)}$$

এবার বর্তনী-২ এর তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় করি।

$$\text{এখানে, } C_1 = 1\mu\text{F}, C_2 = 2\mu\text{F}, C_3 = 3\mu\text{F}, C_4 = 4\mu\text{F}$$

$$C_1 \text{ ও } C_2 \text{ শ্রেণিতে থাকায় এদের তুল্যরোধ, } C_{s1} = \frac{2}{3} \mu\text{F (গ অংশে নির্ণীত)}$$

C_3 ও C_4 শ্রেণিতে থাকায় এদের তুল্যরোধ C_{s2} হলে,

$$\frac{1}{C_{s2}} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{3\mu\text{F}} + \frac{1}{4\mu\text{F}} = \frac{4+3}{12\mu\text{F}} = \frac{7}{12\mu\text{F}}$$

$$\therefore C_{s2} = \frac{12}{7} \mu\text{F}$$

C_{s1} ও C_{s2} সমান্তরালে যুক্ত থাকায় এদের তুল্যরোধ তথা সামগ্রি বর্তনীর

$$\text{তুল্যরোধ, } C_{eq} = C_{s1} + C_{s2} = \frac{2}{3} \mu\text{F} + \frac{12}{7} \mu\text{F}$$

$$= \frac{34+36}{51} \mu\text{F} = \frac{70}{51} \mu\text{F} = 1.37 \mu\text{F}$$

লক্ষ করি, $1.913 \mu\text{F} > 1.37 \mu\text{F}$

$$\text{বা, } C_{eq} > C'_{eq}$$

সুতরাং অধিক শক্তি সঞ্চয়ের জন্য বর্তনী-১ বেশি উপযোগী।

প্রশ্ন ৫৯ একটি সুস্থম তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রাবল্য $\vec{E} = (3\hat{i} + 2\hat{j} + 6\hat{k}) \text{ NC}^{-1}$ ক্ষেত্রটি YZ তলের সাথে 50m^2 অঞ্চলে এর প্রভাব প্রদর্শন করে। ক্ষেত্রের মধ্যের আধান 10cm ব্যাসার্ধ ও $2\mu\text{F}$ ধারকত্বের একটি গোলকের পরিধিতে স্থাপন করা হলো।

[বরিশাল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, বরিশাল]

- ক. সুস্থম তড়িৎ ক্ষেত্র কাকে বলে? ১
খ. সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে? ২
গ. YZ তলের মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত তড়িৎ ফ্লাক্স কত? ৩
ঘ. গোলকে কোন শক্তি সঞ্চিত থাকবে কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে তড়িৎক্ষেত্রের সকল বিন্দুতে প্রাবল্যের মান সমান ও অভিমুখ একই হয় তাকে সুষম তড়িৎক্ষেত্র বলে।

খ. সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্বের রাশিমালা থেকে আমরা দেখতে পাই,

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

এর থেকে দেখা যায় যে, ধারকের ধারকত্ব এর ক্ষেত্রফল A এর সমানুপাতিক, মধ্যবর্তী মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা ϵ এর সমানুপাতিক এবং পাত দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব d এর ব্যস্তানুপাতিক। এই তিনটি বিষয়ের উপর সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব নির্ভর করে।

গ. এখানে,

$$\text{তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রাবল্য, } \vec{E} = (3\hat{i} + 2\hat{j} + 6\hat{k}) \text{ NC}^{-1}$$

$$\text{YZ তলের ক্ষেত্রফল, } A = 50 \text{ m}^2$$

$$\text{তড়িৎ ফ্লাক্স, } \phi = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } \phi = \int \vec{E} \cdot d\vec{s} = \vec{E} \cdot \vec{S}$$

$$\text{বা, } \phi = (3\hat{i} + 2\hat{j} + 6\hat{k}) \cdot (50\hat{i})$$

$$\therefore \phi = 150 \text{ Nm}^2\text{C}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ. এখানে,

$$\text{তড়িত প্রাবল্য, } \vec{E} = (3\hat{i} + 2\hat{j} + 6\hat{k}) \text{ NC}^{-1}$$

$$\therefore |\vec{E}| = \sqrt{3^2 + 2^2 + 6^2} = 7 \text{ NC}^{-1}$$

$$\text{তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রবেশ্যতা, } \epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2\text{m}^2\text{N}^{-1}$$

মনে করি, একক আয়তনে সঞ্চিত শক্তি, K

$$\text{আমরা জানি, } K = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

$$\text{বা, } K = \frac{1}{2} \times 8.854 \times 10^{-12} \times 7^2$$

$$\therefore K = 2.17 \times 10^{-10} \text{ Jm}^{-3}$$

$$\therefore \text{গোলকে মোট সঞ্চিত শক্তি, } E = KV = K \times \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$= 2.17 \times 10^{-10} \times \frac{4}{3} \pi \times (0.1)^3$$

$$= 9.1 \times 10^{-23} \text{ J}$$

সুতরাং গোলকে শক্তি সঞ্চিত হবে এবং সঞ্চিত শক্তির মান $9.1 \times 10^{-23} \text{ J}$

প্রশ্ন ৬০ 200V/m নিম্নমুখী তড়িৎক্ষেত্রে 4g ভরের একটি বল সুতা দিয়ে ঝুলিয়ে দেয়া আছে। বলটি $-2\mu\text{C}$ চার্জে চার্জিত।

(এম.সি. কলেজ, সিলেট)

ক. তড়িৎ স্থিতির সংজ্ঞা লিখো। ১

খ. গোলাকার ধারকের শূন্য মাধ্যমে ধারকত্ব সেন্টিমিটারের প্রকাশিত ব্যাসার্ধের সমান— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত সূতার টান নির্ণয় করো ($g = 10 \text{ ms}^{-2}$) ৩

ঘ. যদি বলটি ধনাত্মক চার্জে চার্জিত হত এবং সূতার সর্বোচ্চ টানসহন ক্ষমতা 0.04N হয়, তবে এ অবস্থায় কী ঘটবে নির্ণয় করো। ৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ স্থিতি বলে।

খ. গোলাকার ধারকের শূন্য মাধ্যমে ধারকত্ব, C হলে,

$$C = 4\pi\epsilon_0 r$$

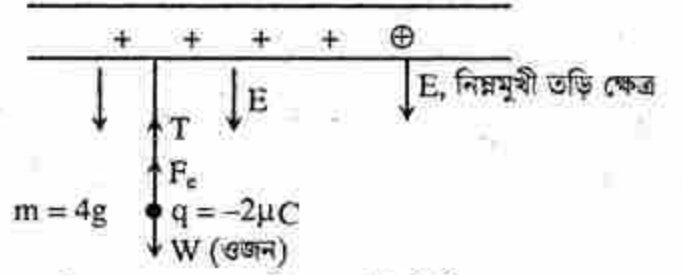
$$\text{CGS এককে } \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi} \text{ এবং এর কোনো একক নেই।}$$

$$\therefore C = 4\pi \times \frac{1}{4\pi} r$$

$$\text{বা, } C = r$$

\therefore CGS এককে শূন্য মাধ্যমে ধারকত্ব গোলকের সেন্টিমিটারে প্রকাশিত ব্যাসার্ধের সমান।

গ



বলটিতে চার্জ ঋণাত্মক বলে তড়িৎ বল উর্ধ্বমুখী এবং এর মান, $F_e = |q|E$

যেহেতু বলটি স্থির তাহলে এর উপর নিট বল শূন্য অর্থাৎ $\Sigma F = 0$

\therefore তারে টান, T হলে,

$$W - T - F_e = 0$$

[নিচের দিককে ধনাত্মক ধরে]

$$\text{বা, } T = W - F_e$$

$$= mg - |q|E$$

$$= 4 \times 10^{-3} \times 10 - 2 \times 10^{-6} \times 200$$

$$= 0.0396 \text{ N (Ans.)}$$

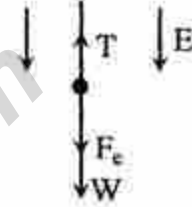
এখানে,

$$\text{বস্তুর ভর, } m = 4g$$

$$= 4 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$\text{তড়িৎ ক্ষেত্র, } E = 200 \text{ V/m}$$

ঘ. বলটি ধনাত্মক চার্জে চার্জিত হলে বলটির ওপর তড়িৎ বল নিম্নমুখী হত।



এক্ষেত্রে তড়িৎ বল, $F_e = qE$

এবং তারের ওপর মোট টান, $T = W + F_e$

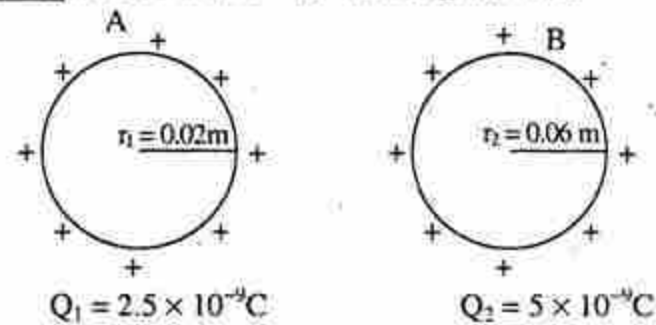
$$= mg + qE$$

$$= 4 \times 10^{-3} \times 10 + 2 \times 10^{-6} \times 200$$

$$= 0.0404 \text{ N}$$

কিন্তু এটি উক্ত তারের সর্বোচ্চ টানসহন ক্ষমতা 0.04 N অপেক্ষা বেশি। ফলে তারটি ছিঁড়ে যাবে।

প্রশ্ন ৬১ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর দাও :



(জয়পুরহাট সরকারি মহিলা কলেজ)

ক. কোন প্রক্রিয়াকে সম এন্ট্রপি বলে? ১

খ. বৃদ্ধতাপীয় রেখা ও সমোষ্ণ রেখার মধ্যে কোনটি বেশি খাড়া — ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত গোলকদ্বয়ের তলমাত্রিক ঘনত্বের তুলনা কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত গোলকদ্বয়কে পরস্পর সংস্পর্শে আনা হলে কোন গোলক, কী পরিমাণ চার্জ দিবে না নিবে— গাণিতিক যৌক্তিকতাসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তাপের আদান-প্রদান হয় না বলে বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়াকে সম-এন্ট্রপি প্রক্রিয়া বলে।

খ. বৃদ্ধতাপীয় রেখা ও সমোষ্ণ রেখার মধ্যে বৃদ্ধতাপীয় রেখাটি বেশি খাড়া।

আমরা জানি, একটি রেখা কত খাড়া সেটি বোঝা যায় রেখাটির ঢাল তথা অনুভূমিক অক্ষের সাথে উৎপন্ন কোণ দ্বারা। যে রেখা যত বেশি

খাড়া তার ঢাল তত বেশি। PV লেখচিত্রের কোনো বিন্দুতে ঢাল পরিমাপ করা হয় ঐ বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক X অক্ষের সাথে যে কোণ উৎপন্ন করে তার ট্যানজেন্ট অর্থাৎ $\frac{dP}{dV}$ দ্বারা।

সমোষ্ণ প্রক্রিয়ার সমীকরণ, $PV = RT$.

বা, $PdV + VdP = 0$

বা, $\left(\frac{dP}{dV}\right)_{iso} = -\frac{P}{V}$ [\because তাপমাত্রা, $T = \text{ধ্রুব}$]

আবার, বৃদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ার সমীকরণ, $PV^\gamma = \text{constant}$

বা, $P^\gamma V^{\gamma-1} dV + V^\gamma dP = 0$

বা, $V^\gamma dP = P^\gamma V^{\gamma-1} dV$

বা, $\left(\frac{dP}{dV}\right)_{adia} = \gamma \left(\frac{-P}{V}\right)$

\therefore বৃদ্ধতাপীয় রেখার ঢাল = $\gamma \times$ সমোষ্ণ রেখার ঢাল

বৃদ্ধতাপীয় রেখার $\frac{dP}{dV}$ এর মান সমোষ্ণ রেখার চেয়ে বেশি তাই

বৃদ্ধতাপীয় রেখা সমোষ্ণ রেখার চেয়ে γ গুণ বেশি খাড়া।

গ দেওয়া আছে,

A গোলক পৃষ্ঠে আধানের পরিমাণ, $Q_1 = 2.5 \times 10^{-9} \text{C}$

A গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_1 = 0.02 \text{m}$

A গোলক পৃষ্ঠে আধানের পরিমাণ, $Q_2 = 5 \times 10^{-9} \text{C}$

B গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_2 = 0.06 \text{m}$

ধরি, A ও B গোলকের তলমাত্রিক ঘনত্ব যথাক্রমে σ_1 ও σ_2

বের করতে হবে, গোলকদ্বয়ের তলমাত্রিক ঘনত্বের অনুপাত, $\sigma_1 : \sigma_2 = ?$

আমরা জানি, $\sigma_1 = \frac{Q_1}{4\pi r_1^2}$

এবং $\sigma_2 = \frac{Q_2}{4\pi r_2^2}$

$\therefore \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{Q_1}{Q_2} \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$

বা, $\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{2.5 \times 10^{-9}}{5 \times 10^{-9}} \times \left(\frac{0.06}{0.02}\right)^2 = 4.5$

$\therefore \sigma_1 = 4.5 \sigma_2$

\therefore A গোলকের তলমাত্রিক ঘনত্ব B গোলকের 4.5 গুণ। (Ans.)

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,

A গোলক পৃষ্ঠে আধান, $Q_1 = 2.5 \times 10^{-9} \text{C}$

B গোলক পৃষ্ঠে আধান, $Q_2 = 5 \times 10^{-9} \text{C}$

A গোলক ব্যাসার্ধ $r_1 = 0.02 \text{m}$

B গোলকের ব্যাসার্ধ, $r_2 = 0.06 \text{m}$

A ও B গোলকের পৃষ্ঠে বিভব যথাক্রমে V_A ও V_B হলে,

$V_A = 9 \times 10^9 \times \frac{Q_1}{r_1} = 9 \times 10^9 \times \frac{2.5 \times 10^{-9}}{0.02} = 1125 \text{V}$

এবং $V_B = 9 \times 10^9 \times \frac{Q_2}{r_2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-9}}{0.06} = 750 \text{V}$

দেখা যাচ্ছে, A গোলকের পৃষ্ঠের বিভব B গোলকের পৃষ্ঠের বিভব অপেক্ষা বেশি। সুতরাং, A ও B গোলকদ্বয়কে পরস্পরের সংস্পর্শে আনা হলে A গোলকটি চার্জ দিবে এবং B গোলকটি চার্জ নিবে। এখন ধরি, এই আদান-প্রদানকৃত চার্জের পরিমাণ q এবং এই q পরিমাণ চার্জ আদান-প্রদান করে A ও B উভয় গোলকের বিভব সমান (V) হয়।

$\therefore V = 9 \times 10^9 \frac{Q_1 - q}{r_1} = 9 \times 10^9 \frac{Q_2 + q}{r_2}$

বা, $\frac{Q_1 - q}{r_1} = \frac{Q_2 + q}{r_2}$

বা, $\frac{2.5 \times 10^{-9} - q}{0.02} = \frac{5 \times 10^{-9} + q}{0.06}$

বা, $2.5 \times 10^{-9} - q = \frac{5 \times 10^{-9} - q}{3}$

বা, $7.5 \times 10^{-9} - 3q = 5 \times 10^{-9} - q$

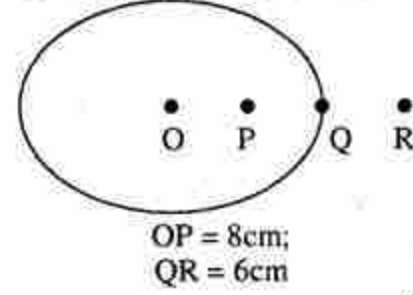
বা, $2q = 2.5 \times 10^{-9}$

বা, $q = \frac{2.5 \times 10^{-9}}{2}$

$\therefore q = 1.25 \times 10^{-9} \text{C}$

সুতরাং A ও B গোলকদ্বয়কে পরস্পরের সংস্পর্শে আনা হলে, A গোলকটি $1.25 \times 10^{-9} \text{C}$ চার্জ দিবে অপরদিকে B গোলকটি উক্ত চার্জ গ্রহণ করবে।

প্রশ্ন ৬২ চিত্রে O কেন্দ্র ও 12 cm ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট $12 \mu\text{C}$ চার্জ সুষমভাবে চার্জিত একটি গোলাকার পরিবাহী বিবেচনা করা হলো। শূন্য মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা $8.85 \times 10^{-12} \text{C}^2 \text{N}^{-1} \text{m}^{-2}$



[নরসিংদী মডেল কলেজ]

ক. বর্ণালী কি?

১

খ. তড়িৎ প্রাবল্যের অভিমুখে ধনাত্মক চার্জের সরণে বিভব হ্রাস পায়— ব্যাখ্যা কর।

২

গ. গোলকের পৃষ্ঠকে গাউসীয় তল বিবেচনা করে মোট তড়িৎ ফ্লাক্স নির্ণয় কর।

৩

ঘ. P, Q, R বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় করে এর পরিবর্তন লেখচিত্রের মাধ্যমে দেখাও।

৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মাধ্যমে প্রতিসরণের ফলে যৌগিক আলোর বিচ্ছুরণের জন্য মূল রঙের যে পটভি পাওয়া যায় তাকে বর্ণালী বলে।

খ তড়িৎ বলরেখা ধনাত্মক চার্জ থেকে বের হয় এবং ঋণাত্মক চার্জে গিয়ে শেষ হয়। অর্থাৎ তড়িৎ বলরেখার অভিমুখ উচ্চতর বিভব থেকে নিম্নতর বিভবের দিকে। তাই তড়িৎক্ষেত্রে কোনো ধনাত্মক চার্জ স্থাপন করলে তা ক্ষেত্রের প্রভাবে উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে গমন করে। আর তাই চার্জের বিভব হ্রাস পায়। গাণিতিকভাবে দেখানো যায়

যে, $+q$ চার্জের তড়িৎক্ষেত্রের \vec{r} দূরত্বে প্রাবল্য :

$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \vec{r}$, \vec{r} বহির্মুখী এবং তা প্রাবল্যের অভিমুখ নির্দেশ করে। প্রাবল্যের অভিমুখে একক ধনাত্মক চার্জকে r_1 থেকে r_2 দূরত্বে ($r_2 > r_1$) সরাতে কৃতকাজ বা বিভব পার্থক্য $V_2 - V_1 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_2} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_1}$

$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right)$: যেহেতু $r_2 > r_1$

$\therefore V_2 - V_1 < 0$; তাই তড়িৎ প্রাবল্যের অভিমুখে ধনাত্মক চার্জের সরণে বিভব হ্রাস পায়।

গ গাউসের সূত্রানুযায়ী,

$\phi = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_0}$

$\therefore \phi = \frac{q}{\epsilon_0}$

$= \frac{12 \times 10^{-6}}{8.854 \times 10^{-12}}$

$= 1355319.63 \text{ NC}^{-1} \text{m}^2$ (Ans.)

এখানে,

গোলকের ব্যাসার্ধ, $r = 12 \text{ cm}$
 $= 0.12 \text{ m}$

চার্জ, $q = 12 \mu\text{C}$
 $= 12 \times 10^{-6} \text{C}$

য। এখানে, P বিন্দুর দূরত্ব, $r_P = 8\text{cm}$
 $= 0.08\text{m}$
 Q বিন্দুর দূরত্ব, $r_Q = 12\text{cm}$
 $= 0.12\text{m}$
 R বিন্দুর দূরত্ব, $r_R = r_Q + QR$
 $= (12 + 6)\text{cm}$
 $= 0.18\text{m}$

P, Q, R বিন্দুতে গাউসের সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$\phi_{E_0} = \int \vec{E}_P \cdot d\vec{S}_P = \frac{0}{\epsilon_0} = 0 \therefore E_P = 0$$

[\therefore গোলকের অভ্যন্তরে কোন চার্জ থাকে না; থাকে শুধু পৃষ্ঠে]

$$\phi_{E_0} = \int \vec{E}_Q \cdot d\vec{S}_Q = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$\text{বা, } E_Q = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_Q^2}$$

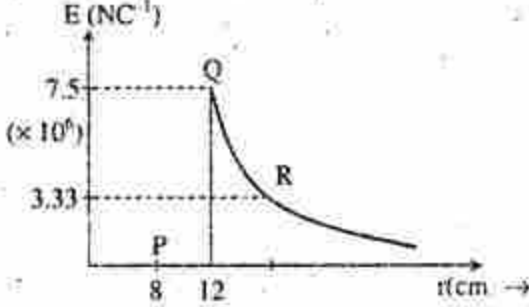
$$= 7.5 \times 10^6 \text{ NC}^{-1}$$

$$\phi_{E_0} = \int \vec{E}_R \cdot d\vec{S}_R = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$\text{বা, } E_R = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r_R^2}$$

$$= 3.33 \times 10^6 \text{ NC}^{-1}$$

মানগুলোকে লেখচিত্রে স্থাপন করে পাই,



প্রশ্ন ৬৩ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

10^{-2}m^2 ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট একটি সমান্তরাল পাত ধারক সম্পূর্ণ চার্জিত অবস্থায় 6 volt বিভব পার্থক্য সৃষ্টি করে। পাতদ্বয়ের মধ্যে 6.28 মাধ্যমাংকের মাইকা প্রবেশ করালে ধারকটি বায়ু মাধ্যমে 0.5m ব্যাসার্ধের একটি গোলকীয় ধারকের ন্যায় আচরণ করে।

[মহীপুর হাজী মহম্মদ সরকারি কলেজ]

ক. $\frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$ সমীকরণটি দ্বারা কি পরিমাপ করা হয়। ১

খ. সুসম তড়িৎক্ষেত্রে তড়িৎ প্রাবল্যের দিক পৃষ্ঠের সাথে লম্ব বরাবর ব্যাখ্যা কর। ২

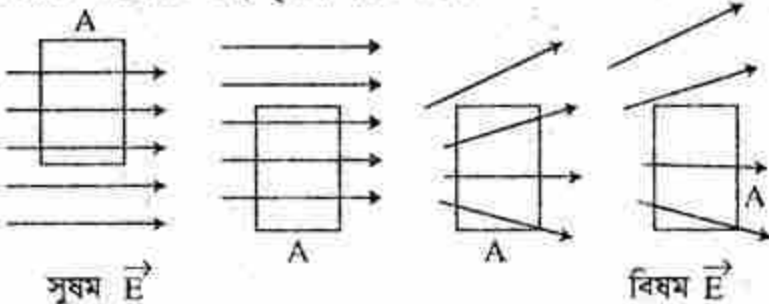
গ. মাইকা প্লেটের পুরুত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের সমান্তরাল পাত ধারকে মাইকা প্লেট দেওয়ায় তড়িৎ ক্ষেত্র কমেছে -এই উক্তিটি যাচাই কর। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. q_1 চার্জ দ্বারা সৃষ্ট তড়িৎক্ষেত্রের r_2 দূরত্বের কোনো বিন্দু হতে r_1 দূরত্বের কোনো বিন্দুতে q_2 ধনাত্মক আধানকে আনতে কৃতকাজ তথা ঐ দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য।

খ. সুসম তড়িৎক্ষেত্রে যে কোনো স্থানে একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত তড়িৎ বলরেখার সংখ্যা সমান। এ কারণে উক্ত ক্ষেত্রের সকল বলরেখা সমান্তরাল এবং পৃষ্ঠের সাথে লম্ব।



পৃষ্ঠের সাথে লম্ব না হলে বিভিন্ন স্থানে একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে গমনকারী তড়িৎ বলরেখার সংখ্যা সমান হবে না (২য় চিত্রের ন্যায়) ফলে তা সুসম তড়িৎক্ষেত্র হবে না।

গ। 0.5m ব্যাসার্ধের গোলকের ধারকত্ব C হলে,

$$C = 4\pi\epsilon_0 r$$

$$= \frac{1}{9 \times 10^9} \times 0.5$$

$$= 5.56 \times 10^{-11} \text{ F}$$

এখন, মাইকার পুরুত্ব d হলে,

$$C = \frac{\epsilon_m A}{d}$$

$$\text{বা, } d = \frac{K\epsilon_0 A}{C}$$

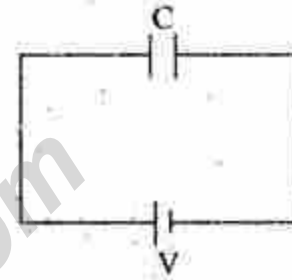
এখানে,
 পাতের ক্ষেত্রফল, $A = 10^{-2}\text{m}^2$
 মাইকার তড়িৎ মাধ্যমাংক, $K = 6.28$

$$= \frac{6.28 \times 8.854 \times 10^{-12} \times 10^{-2}}{5.56 \times 10^{-11}}$$

$$= 0.01 \text{ m}$$

$$= 1 \text{ cm (Ans.)}$$

ঘ.



কোনো ধারকের মাধ্যম পরিবর্তন করে K তড়িৎ মাধ্যমাংকের মাধ্যম দিলে উক্ত ধারকের ধারকত্ব বৃদ্ধি পাবে।

$$\text{বায়ু মাধ্যমের ক্ষেত্রে } C_1 = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$\text{মাইকা প্লেটের ক্ষেত্রে, } C_2 = \frac{K\epsilon_0 A}{d} = KC_1$$

এ অবস্থায় নির্দিষ্ট বিভব পার্থক্যে এদের যুক্ত করলে C_2 তে সঞ্চিত চার্জ Q_2 ও C_1 এ সঞ্চিত চার্জ Q_1 হলে,

$$Q_2 = C_2 V = KC_1 V$$

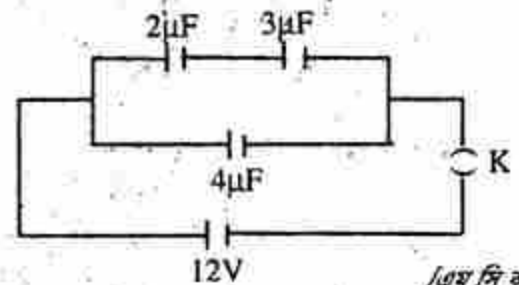
$$\text{ও } Q_1 = C_1 V$$

$$\therefore Q_2 = KQ_1$$

অর্থাৎ, বায়ুর পরিবর্তে মাইকা প্লেট দিলে ধারকত্ব বেড়ে যাওয়ায় চার্জ বেড়ে যাবে, কিন্তু বিভব পার্থক্য V একই থাকায় তড়িৎ প্রাবল্য, $E = \frac{V}{d}$ ও একই থাকবে।

অর্থাৎ তড়িৎ প্রাবল্য হ্রাস পাবে না। উদ্দীপকের সমান্তরাল পাত ধারকে মাইকা প্লেট দেওয়ায় তড়িৎক্ষেত্র কমেছে উক্তিটি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ৬৪



[এম সি কলেজ, সিলেট]

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১

খ. পৃথিবীর বিভব শূন্য ধরা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকে প্রদর্শিত ধারক সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব ফ্যারাডে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. 'উদ্দীপকে প্রদর্শিত ধারক সমবায়ে সম্ভাব্য সর্বোচ্চ কিংবা সর্বনিম্ন চার্জ সঞ্চিত হবে না' - গাণিতিক বিশ্লেষণসহ দেখাও। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

ক। পৃথিবী তড়িৎ পরিবাহী। কোনো চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে তা নিস্তড়িত হয়। ধনাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে পৃথিবী থেকে ইলেকট্রন এসে বস্তুটিকে নিস্তড়িত করে। আর ঋণাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে বস্তু থেকে ইলেকট্রন পৃথিবীতে চলে যায় ফলে বস্তুটি নিস্তড়িত হয়। পৃথিবী এত বড় যে, এতে ইলেকট্রন দিলে বা এ থেকে ইলেকট্রন চলে গেলে এর বিভবের কোনো পরিবর্তন হয় না। পৃথিবী প্রতিনিয়ত বিভিন্ন বস্তু থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করেছে এবং বিভিন্ন বস্তুতে ইলেকট্রন প্রদানও করেছে। যেকোনো চার্জিত বস্তুকেই ভূ-সংযুক্ত করা হোক না কেন, তা নিস্তড়িত হয়। তাই পৃথিবীর বিভব শূন্য এবং ভূ-সংযুক্ত পরিবাহীর বিভবও শূন্য।

গ। শ্রেণিতে যুক্ত $2\mu F$ ও $3\mu F$ ধারকত্বের ধারক সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব C_s হলে,

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3}$$

$$= \frac{5}{6}$$

$$\therefore C_s = \frac{6}{5} \mu F$$

এ তুল্য ধারক $4\mu F$ ধারকত্বের ধারকের সাথে সমান্তরালে আছে। সমান্তরালে যুক্ত $\frac{6}{5} \mu F$ ও $4\mu F$ ধারকত্বের ধারক সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব C_p হলে,

$$C_p = \frac{6}{5} + 4$$

$$= 5.2 \mu F \text{ (Ans.)}$$

ঘ। 'গ' থেকে পাই, ধারক সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব, $C_{eq} = 5.2 \mu F$

$$\therefore \text{বর্তনীতে সঞ্চিত চার্জ, } Q_{eq} = C_{eq} V$$

$$= 5.2 \times 10^{-6} \times 12$$

$$= 6.24 \times 10^{-5} \text{ C}$$

যখন ধারক সমবায়ের ধারকসমূহ সমান্তরালে যুক্ত থাকে, তখন তুল্য ধারকত্ব সর্বোচ্চ এবং চার্জও সর্বোচ্চ হয়।

$2\mu F$, $3\mu F$ ও $4\mu F$ ধারকত্বের ধারকগুলোকে সমান্তরালে যুক্ত করলে তুল্য ধারকত্ব, $C_{cep} = 2 + 3 + 4 = 9\mu F$

$$\text{এ সময় সঞ্চিত চার্জ, } Q_{cep} = C_{cep} V$$

$$= 9 \times 10^{-6} \times 12$$

$$= 1.08 \times 10^{-4} \text{ C}$$

আবার, ধারকগুলোকে শ্রেণিতে যুক্ত করলে তুল্য ধারকত্ব সর্বনিম্ন ও সঞ্চিত চার্জও সর্বনিম্ন হয়।

শ্রেণিতে যুক্ত অবস্থায় 2 , 3 , $4\mu F$ ধারকত্বের ধারকগুলোর তুল্য ধারকত্ব, C_{eqs} হলে,

$$\frac{1}{C_{eqs}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4}$$

$$= \frac{6+4+3}{12}$$

$$= \frac{13}{12}$$

$$\therefore C_{eqs} = \frac{12}{13} = 0.923 \mu F$$

$$\text{এ সময় সঞ্চিত চার্জ } Q_{eqs} = C_{eqs} V$$

$$= 0.923 \times 10^{-6} \times 12$$

$$= 1.11 \times 10^{-5} \text{ C}$$

$$\therefore C_{eqs} < C_{eq} < C_{cep}$$

অর্থাৎ উদ্দীপকে ধারক সমবায়ের সঞ্চিত চার্জ সম্ভাব্য সর্বোচ্চ বা সর্বনিম্ন চার্জের সমান হবে না।

প্রশ্ন ৬৫। রবিন একটি গবেষণায় একটি চার্জিত ধাতব গোলক পরিবাহী ব্যবহার করে যার চার্জের পরিমাণ 20C ও ব্যাসার্ধ 12cm ।

[নিরপেক্ষ সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. তড়িৎ বিভব কী?

১

খ. "চার্জিত গোলকের কেন্দ্রে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য" ব্যাখ্যা কর।

২

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত গোলকটির ধারকত্ব নির্ণয় কর।

৩

ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত গোলকটির পৃষ্ঠে ও কেন্দ্রে তড়িৎ বিভব কেমন হবে? যথাযথ বিশ্লেষণ কর।

৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। তড়িৎ বিভব হচ্ছে আহিত পরিবাহকের বৈদ্যুতিক অবস্থা যা অন্য আহিত পরিবাহকের সাথে তড়িৎগতভাবে সংযুক্ত করলে পরিবাহক আধান দেবে না নেবে। অথবা, তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে অসীম থেকে প্রতি একক ধনাত্মক আধানকে আনতে কৃতকাজকে তড়িৎ বিভব বলে।

খ। চার্জিত গোলকের সর্কল চার্জ এর পৃষ্ঠে অবস্থান করে এবং বলরেখাগুলো পৃষ্ঠদেশ থেকে বাইরে বের হয় অথবা পৃষ্ঠদেশে এসে শেষ হয়। গোলকের অভ্যন্তরে কোনো বলরেখা প্রবেশ করে না বিধায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়। গাউসের সূত্রানুযায়ী দেখা যায় যে, গোলকের কেন্দ্রে থেকে r ব্যাসার্ধের $[0 \leq r < \text{গোলকের ব্যাসার্ধ}]$ যে কোনো গোলায় তলে মোট ফ্লাক্স, $\phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{q}{\epsilon_0} = 0$

$\therefore \vec{E} = 0$, তাই চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরের গাউসীয় তল কোনো চার্জ ধারণ না করায় এর কেন্দ্রে প্রাবল্য শূন্য হয়।

গ। দেওয়া আছে,

গোলকের চার্জ, $Q = 20\text{C}$

ব্যাসার্ধ, $r = 12\text{cm} = 12 \times 10^{-2}\text{m}$

ধারকত্ব, $C = ?$

আমরা জানি, $C = 4\pi\epsilon_0 r$

$$= (4 \times 3.14 \times 8.854 \times 10^{-12} \times 12 \times 10^{-2})\text{F}$$

$$= 1.33 \times 10^{-10}\text{F (Ans.)}$$

ঘ। দেওয়া আছে,

গোলকের চার্জ, $Q = 20\text{C}$

ব্যাসার্ধ, $r = 12\text{cm}$

$$= 12 \times 10^{-2}\text{m}$$

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

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{20}{12 \times 10^{-2}} \text{ V}$$

$$= 1.5 \times 10^{12} \text{ V}$$

যখন কোনো ধাতব পরিবাহী দ্বারা তৈরি গোলককে আহিত করা হয়, তখন সাম্যাবস্থায় সকল চার্জ উক্ত গোলকের পৃষ্ঠে অবস্থান করে।

গাউসের সূত্র, $q = \epsilon_0 \int \vec{E} \cdot d\vec{s}$ হতে পাই, যেহেতু, গোলকের অভ্যন্তরে কোনো চার্জ নেই তাই, $q = 0$

$$\therefore \vec{E} = 0$$

অর্থাৎ, গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য। আবার, $E = -\frac{dV}{dx}$

অর্থাৎ, তড়িৎ প্রাবল্য হলো দূরত্বের সাপেক্ষে তড়িৎ বিভবের পরিবর্তনের হারের সমান। তাই তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হওয়ার অর্থ হলো উক্ত স্থানে তড়িৎ বিভব ধ্রুব থাকে। এ কারণে চার্জিত ধাতব পরিবাহী দ্বারা তৈরি গোলকের অভ্যন্তরে তড়িৎ বিভব ধ্রুব থাকে ও তা পৃষ্ঠের তড়িৎ বিভবের মানের সমান।

$$\text{অতএব, গোলকের কেন্দ্রে বিভব} = \text{পৃষ্ঠে বিভব}$$

$$= 1.5 \times 10^{12} \text{ V}$$

পদার্থবিজ্ঞান

দ্বিতীয় অধ্যায় : স্থির তড়িৎ

৪১. কুলম্বের সূত্রের সমানুপাতিক ধ্রুবকের মান কত?

- ক) $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$
 খ) $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$
 গ) $8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$
 ঘ) $2 \times 10^{-7} \text{ Nm}^{-1}$

৪২. শূন্য মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা— [রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]

- ক) $8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$
 খ) $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$
 গ) $8.854 \times 10^{-12} \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$
 ঘ) $8.854 \times 10^{-10} \text{ C}^2 \text{ m}^2 \text{ N}^{-1}$

৪৩. নিচের কোনটি ϵ_0 এর একক?

- ক) $\text{CN}^{-1} \text{ m}^{-2}$ খ) $\text{C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$
 গ) $\text{C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ঘ) $\text{C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^2$

৪৪. কুলম্বের সূত্রের ভেক্টর রূপ কোনটি?

- ক) $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$ খ) $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{r}$
 গ) $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$ ঘ) $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{r}$

৪৫. বায়ুর আপেক্ষিক ভেদনযোগ্যতা কত? [সরকারি সিটি কলেজ, চট্টগ্রাম]

- ক) 1 খ) 1.5
 গ) 1.0005 ঘ) 1.69

৪৬. বায়ুতে 4C ও 5C দুটি চার্জের মধ্যে দূরত্ব অসীম হলে এদের মধ্যে ক্রিয়াশীল বল কত? [প্রয়োগ]

- ক) 0 খ) $9 \times 10^9 \text{ N}$
 গ) $9 \times 10^{-9} \text{ N}$ ঘ) $180 \times 10^{-9} \text{ N}$

৪৭. দুটি পাতলা চার্জিত শিটের মধ্যবর্তী স্থানে তড়িৎ প্রাবল্যের রাশিমালা— [সিরাজগঞ্জ সরকারি কলেজ, সিরাজগঞ্জ]

- ক) $2 \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ খ) $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
 গ) $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ ঘ) 0

৪৮. বায়ুতে $5 \times 10^{-4} \text{ C}$ এবং $8 \times 10^{-4} \text{ C}$ দুটি চার্জের মধ্যে দূরত্ব 2m হলে এদের একে অপরের ওপর কত বল প্রয়োগ করবে? [প্রয়োগ]

- ক) 300 N খ) 600 N
 গ) 900 N ঘ) 1200 N

৪৯. তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাকে কী বলে? [জ্ঞান]

- ক) তড়িৎ প্রভাব খ) তড়িৎ প্রাবল্য
 গ) তড়িৎ বল ঘ) তড়িৎ বিভব

৫০. একটি দ্বিপোলের জন্য তড়িৎ প্রাবল্য কীভাবে পরিবর্তিত হয়?

- ক) r^{-1} খ) r^{-2}
 গ) r^{-3} ঘ) r^{-4}

৫১. $2.58 \times 10^{-10} \text{ C}$ মানের আধানের ওপর 1.35N বল প্রয়োগকারী তড়িৎক্ষেত্রের মান কত? [প্রয়োগ]

- ক) $5.13 \times 10^9 \text{ NC}^{-1}$ খ) $5.23 \times 10^9 \text{ NC}^{-1}$
 গ) $5.33 \times 10^9 \text{ NC}^{-1}$ ঘ) $5.43 \times 10^9 \text{ NC}^{-1}$

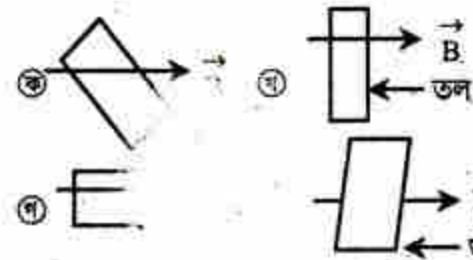
৫২. পরস্পর হতে 1.5m দূরে অবস্থিত $3 \times 10^{-6} \text{ C}$ ও $4 \times 10^{-6} \text{ C}$ একটি বিন্দু চার্জের সংযোগ রেখার ঠিক মধ্যবিন্দুর প্রাবল্য কত? [প্রয়োগ]

- ক) $1.12 \times 10^3 \text{ NC}^{-1}$ খ) $11.2 \times 10^3 \text{ NC}^{-1}$
 গ) $16 \times 10^3 \text{ NC}^{-1}$ ঘ) $112 \times 10^3 \text{ NC}^{-1}$

৫৩. $2\sqrt{2} \text{ m}$ বায়ুবিশিষ্ট একটি বর্গক্ষেত্রের চার কোণায় $2 \times 10^{-9} \text{ C}$ চার্জ আছে উহার কেন্দ্রে বিভব কত? [অমৃত লাল দে মহাবিদ্যালয়, বরিশাল]

- ক) 33V খ) 34V
 গ) 35V ঘ) 36V

৫৪. কোন ক্ষেত্রে ফ্লাক্স সর্বাধিক? [উচ্চতর দক্ষতা]



৫৫. সম্ভবত্ব তলে কোনো দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য— [আব্দুল কানির মোদ্রা সিটি কলেজ, নরসিঙ্গী] [জ্ঞান]

- ক) শূন্য খ) অসীম
 গ) এক ভোল্ট ঘ) দুই ভোল্ট

৫৬. তড়িৎ দ্বি-মেরুর ভ্রামকের একক কী? [ঢাকা কলেজ, ঢাকা] (জান)

- ক) Am ঘ) Cm
গ) Cm⁻¹ ঙ) Am⁻¹

৫৭. পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 6500km। এর ধারকত্ব কত? [অমৃত লাল দে মহাবিদ্যালয়, বরিশাল] (জান)

- ক) 614μF ঘ) 640μF
গ) 722μF ঙ) 711F

৫৮. একটি পরিবাহকের ধারকত্ব 40F। এতে কত আধান প্রদান করলে এর বিভব 8V হবে? (প্রয়োগ)

- ক) 300C ঘ) 320C
গ) 340C ঙ) 360C

৫৯. একটি সমান্তরাল পাত ধারকের পাতদ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব নিচের কোনটি হলে বলরেখাগুলো বেশি ও সমান্তরাল হবে? (প্রয়োগ)

- ক) 100 cm ঘ) 5 cm
গ) 1 cm ঙ) 0.5 cm

৬০. একটি সমান্তরাল পাত ধারকের পাতদ্বয়ের বৃত্তাকার আকৃতির পাতদ্বয়ের ব্যাসার্ধ দ্বিগুণ করা হলে ধারকত্ব পূর্বের তুলনায় কত গুণ হবে? (প্রয়োগ)

- ক) $\frac{1}{2}$ ঘ) 2
গ) 4 ঙ) 8

৬১. 5μF, 10μF এবং 15μF এর তিনটি ধারক শ্রেণি সমবায়ে সংযুক্ত রয়েছে। এদের তুল্য ধারকত্ব কত? (প্রয়োগ)

- ক) 2.73μF ঘ) 3.73μF
গ) 7.32μF ঙ) 30μF

৬২. কোন ক্ষেত্রে কুলম্বের সূত্র প্রযোজ্য? (জান)

- ক) গতিশীল চার্জের ক্ষেত্রে
ঘ) স্থির চার্জের ক্ষেত্রে
গ) সব ধরনের চার্জের ক্ষেত্রে
ঙ) বিকৃত আহিত বস্তুর ক্ষেত্রে

৬৩. তড়িৎ দ্বিমেরু ভ্রামক — (উচ্চতর দক্ষতা)

- i. দুটি আধানের যে কোনো একটি আধানের পরিমাণ এবং উভাদের মধ্যবর্তী দূরত্বের গুণফলের সমান
ii. এর অভিমুখ ঋণ চার্জ হতে ধন চার্জের দিকে

iii. এর অভিমুখ ধন চার্জ হতে ঋণ চার্জের দিকে

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) i ও iii
গ) ii ও iii ঙ) i, ii ও iii

৬৪. তড়িৎ দ্বিমেরু লঘু দ্বিধ্রুতক রেখার — (উচ্চতর দক্ষতা)

- i. যে কোনো বিন্দুতে বিভব শূন্য
ii. বরাবর ধনাত্মক চার্জকে সরাসরে কোনো কাজ করতে হয় না
iii. বরাবর ঋণাত্মক চার্জকে সরাসরে সম্পাদিত কাজ $P = q \times 2\ell$

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) i ও iii
গ) ii ও iii ঙ) i, ii ও iii

৬৫. নিম্নলিখিত কাচদণ্ডকে নিম্নলিখিত রেশমি কাপড় দ্বারা ঘর্ষণ করা হলে — (অনুধাবন)

- i. কাচদণ্ড ধনাত্মক চার্জে চার্জিত হয়
ii. রেশমি কাপড়ে ইলেকট্রনের আধিক্য ঘটে
iii. রেশমি কাপড়ে ধনাত্মক চার্জ উৎপন্ন হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) i ও iii
গ) ii ও iii ঙ) i, ii ও iii

৬৬. কোনো পরিবাহকের ধারকত্ব 5F বলতে বুঝায়

- এ পরিবাহকের — (উচ্চতর দক্ষতা)
i. বিভব 1V বাড়তে 5C চার্জের প্রয়োজন
ii. চার্জের পরিমাণ 1C বাড়লে এর বিভব 5V বাড়বে
iii. মুক্ত ইলেকট্রন সংখ্যা 3.12×10^{19} পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে এর বিভব 1V পরিমাণ কমবে

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) i ও iii
গ) ii ও iii ঙ) i, ii ও iii

৬৭. সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব নির্ভর করে — (অনুধাবন)

- i. পাতের ক্ষেত্রফলের ওপর
ii. পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী মাধ্যমের ঘনত্বের ওপর
iii. পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্বের ওপর

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) i ও iii
গ) ii ও iii ঙ) i, ii ও iii

৬৮. সমান্তরাল পাত ধারকের ক্ষেত্রে— [সরকারি আশেক মাহমুদ কলেজ, জামালপুর] (উচ্চতর দক্ষতা)

- বিত্তব পার্থক্য স্থির থাকে
- চার্জ পরিবর্তিত হয়
- ধারকত্ব স্থির থাকে

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii

- (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৬৯. একটি চার্জিত ধারকের শক্তি নির্ভর করে— [ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর] (অনুধাবন)

- ধারকের ধারকত্বের ওপর
- ধারকে সঞ্চিত চার্জের ওপর
- ধারকের দুই পাতের বিভব পার্থক্যের ওপর

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii

- (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৭০. $6\mu\text{F}$ এবং $12\mu\text{F}$ ধারকত্বের দুটি ধারক শ্রেণিবিন্যাসে সংযুক্ত করা হলো। এদের দুপ্রান্ত 100V এর একটি ব্যাটারির সাথে যুক্ত করলে— (প্রয়োগ)

- সঞ্চিত মোট শক্তির পরিমাণ হবে 0.04J
- সমবায়টি $400\mu\text{C}$ চার্জ গ্রহণ করবে
- তুল্য ধারকত্ব হবে $4\mu\text{F}$

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii

- (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৭১. পরিবর্তনশীল ধারকে— (অনুধাবন)

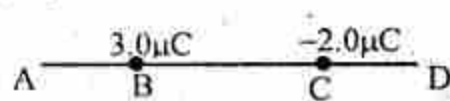
- এর ধারকত্ব প্রয়োজনমত হ্রাস-বৃদ্ধি করা যায়
- এর বিভব 20 kV পর্যন্ত হতে পারে
- কতকগুলো পরস্পর সংযুক্ত অর্ধবৃত্তাকার সমান্তরাল পাত স্থির অবস্থায় থাকে

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii

- (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

AD রেখার B ও C বিন্দুতে $3.0\mu\text{C}$ ও $-2.0\mu\text{C}$ মানের ২টি চার্জ আছে। যদি BC এর মধ্যবর্তী দূরত্ব 10 cm হয়, তবে উদ্দীপকের আলোকে ৭২ ও ৭৩ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



৭২. BC রেখার ঠিক মধ্যবিন্দুতে তড়িৎ বিভব কত ভোল্ট হবে? [সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া] (প্রয়োগ)

- (ক) $1.8 \times 10^1\text{V}$ (খ) $1.8 \times 10^2\text{V}$

- (গ) $1.8 \times 10^3\text{V}$ (ঘ) $9.0 \times 10^5\text{V}$

৭৩. যে বিন্দুতে তড়িৎক্ষেত্রের প্রাবল্য শূন্য পাওয়া যাবে, সেটি কোথায় অবস্থিত? [সরকারি আজিজুল হক কলেজ, বগুড়া] (উচ্চতর দক্ষতা)

- (ক) A ও B এর মাঝে (খ) B ও C এর মাঝে

- (গ) C ও D এর মাঝে (ঘ) কোনটিই নয়

নিচের উদ্দীপকটি পড়ো এবং ৭৪ ও ৭৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

একটি গোলাকার ধাতব পরিবাহীর ব্যাসার্ধ 12 cm । এটিকে প্রথমে বায়ুতে এবং পরে অপর একটি মাধ্যমে রাখা হলো।

৭৪. বায়ুতে পরিবাহীটির ধারকত্ব কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 11.34 pF (খ) 12.34 pF

- (গ) 13.34 pF (ঘ) 14.34 pF

৭৫. ২য় মাধ্যমের তড়িৎ মাধ্যমাক 1.2 হলে এখানে ঐ গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 13.6 pF (খ) 14.8 pF

- (গ) 16 pF (ঘ) 17.2 pF

উদ্দীপকটি পড়ো এবং ৭৬-৭৮ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :
নাদিম বাজার থেকে $15\mu\text{F}$ এর একটি ক্যাপাসিটর কিনলো। এটিতে সে চার্জ প্রদান করে এর বিভব 6V -এ উন্নীত করলো।

৭৬. উক্ত চার্জিতকরণে ক্যাপাসিটরটি কত স্থিতিশক্তি ধারণ করলো? (প্রয়োগ)

- (ক) $90\mu\text{J}$ (খ) $180\mu\text{J}$

- (গ) $270\mu\text{J}$ (ঘ) $360\mu\text{J}$

৭৭. ক্যাপাসিটরটিতে এবার অতিরিক্ত $210\mu\text{J}$ শক্তি প্রদান করলে এর বিভবের মান কত হবে? (প্রয়োগ)

- (ক) 2V (খ) 4V

- (গ) 6V (ঘ) 8V

৭৮. ক্যাপাসিটরটি (উচ্চতর দক্ষতা)

- তে $90\mu\text{C}$ চার্জ প্রদান করেছেন
- $270\mu\text{J}$ স্থিতি শক্তি ধারণ করলে
- তে $220\mu\text{J}$ শক্তি প্রদান করলে এর বিভব 8V হবে

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii

- (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii