

প্রশ্ন ▶ ১ $6\mu\text{C}$ এবং $-15\mu\text{C}$ দুটি চার্জ বায়ু মাধ্যমে কোন স্থানে পরস্পর থেকে 0.05m দূরত্বে অবস্থিত। [রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]

- ক. তড়িৎ দ্বিমের্ষ কাকে বলে? ১
খ. আধানের কোয়ান্টায়ন ব্যাখ্যা কর। ২
গ. চার্জদ্বয়ের সংযোজক রেখার মধ্যস্থলে তড়িৎ বিভব কত? ৩
ঘ. চার্জদ্বয়কে পরস্পর স্পর্শ করে পুনরায় একই অবস্থানে রাখা হলে স্পর্শের পূর্বে ও পরে এদের মধ্যকার বলের প্রকৃতি আলোচনা কর। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমান মানের চার্জ কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমের্ষ বলে।

খ আধানের যে কোনো মান হতে পারেনা- এ বিষয়টিকে আধানের কোয়ান্টায়ন বলে। দুটি অনাহিত বস্তুর মধ্যে ইলেকট্রন আদান প্রদানের ফলে উভয়ই সমান মানের কিন্তু বিপরীতধর্মী চার্জে চার্জিত হয়। কয়টি ইলেকট্রন স্থানান্তর করলো 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 দেওয়া আছে,

$$\text{চার্জদ্বয় } q_1 = 6\mu\text{C} = 6 \times 10^{-6}\text{C}$$

$$\text{এবং } q_2 = -15\mu\text{C} = -15 \times 10^{-6}\text{C}$$

$$\text{চার্জদ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব, } d = 0.05\text{m}$$

জানা আছে,

$$\text{বায়ু মাধ্যমের জন্য কুলম্বের ধ্রুবক, } \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$$

চার্জদ্বয়ের সংযোজক রেখার মধ্যস্থলে অর্থাৎ প্রতিটি চার্জ হতে

$$r = \frac{d}{2} = \frac{0.05\text{m}}{2} = 0.025\text{m} \text{ দূরের বিন্দুতে } q_1 \text{ চার্জের দরশন}$$

$$\text{তড়িৎ বিভব, } V_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r}$$

$$\text{এবং } q_2 \text{ চার্জের দরশন তড়িৎ বিভব} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{r}$$

$$\therefore \text{নির্ণেয় তড়িৎ বিভব, } V = V_1 + V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{r}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{1}{r} (q_1 + q_2)$$

$$= 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{1}{0.025\text{m}} \times (6 - 15) \times 10^{-6}\text{C}$$

$$= -3.24 \times 10^6 \text{ J}^{-1}\text{C}^{-1} = -3.24 \times 10^6 \text{ Volt (Ans.)}$$

ঘ চার্জদ্বয় স্পর্শ করানোর পূর্বে এদের মধ্যকার তড়িৎ বল বা কুলম্বীয়

$$\text{বল, } F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{6 \times 10^{-6}\text{C} \times (-15 \times 10^{-6}\text{C})}{(0.05\text{m})^2}$$

$$= -324 \text{ N; (-) চিহ্ন দ্বারা আকর্ষণমূলক বল বুঝায়।}$$

চার্জদ্বয়কে পরস্পর স্পর্শ করিয়ে পুনরায় একই অবস্থানে রাখা হলে এদের মান সমান হবে, তখন চার্জদ্বয়ের প্রত্যেকের মান,

$$q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{6\mu\text{C} - 15\mu\text{C}}{2} = -4.5\mu\text{C}$$

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

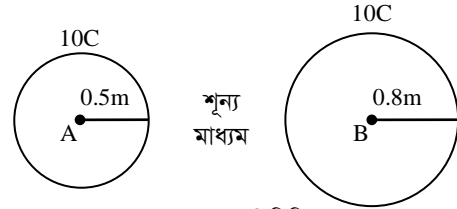
$$\therefore \text{স্পর্শের পর চার্জদ্বয়ের মধ্যকার বলের মান, } F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1' q_2'}{d^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{(-4.5 \times 10^{-6}\text{C})^2}{(0.05\text{m})^2} = +72.9\text{N}$$

(+) চিহ্ন দ্বারা বিকর্ষণমূলক বল বুঝায়।

সুতরাং স্পর্শ করানোর পূর্বের তুলনায় পরে বলের মান অনেকখানি কমে গেলেও স্পর্শ করানোর পূর্বে বল ছিলো আকর্ষণমূলক এবং স্পর্শ করানোর পর বল হলো বিকর্ষণমূলক।

প্রশ্ন ▶ ২



[মতিঝিল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

- ক. তড়িৎ প্রাবল্য কাকে বলে? ১
খ. “গোলকীয় পরিবাহীর পৃষ্ঠ সমবিভব তল”- ব্যাখ্যা কর। ২
গ. A গোলকের পৃষ্ঠ থেকে 0.3m দূরে বিভব নির্ণয় কর। ৩
ঘ. গোলক দুটিকে পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে তড়িৎ প্রবাহিত হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উত্তর দাও। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একটি একক মানের ধনাত্মক আধান রাখলে এটি যে বল অনুভব করে, তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য বলে।

খ চার্জিত গোলকের সব চার্জ এর পৃষ্ঠে অবস্থান করে। অসীম হতে এরূপ গোলকের পৃষ্ঠের যে কোনো বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান আনতে সমান মানের কাজ করতে হয়। অর্থাৎ চার্জিত গোলকের পৃষ্ঠতলের সকল বিন্দুর বিভব সমান। উক্ত বিভব হলো $= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R}$; এখানে q হলো গোলকে প্রদত্ত চার্জ এবং R হলো গোলকের ব্যাসার্ধ। একারণে চার্জিত গোলকের পৃষ্ঠের যেকোনো এক বিন্দু হতে অপর যেকোনো বিন্দুতে কিছু পরিমাণ চার্জ স্থানান্তরিত কৃতকাজ শূন্য। সুতরাং, গোলকীয় পরিবাহীর পৃষ্ঠ সমবিভব তল।

গ দেওয়া আছে,

$$\text{A গোলকের পৃষ্ঠে প্রদত্ত চার্জ, } q = 10\text{C}$$

$$\text{এবং A গোলকের ব্যাসার্ধ, } R = 0.5\text{m}$$

$$\text{জানা আছে, শূন্যস্থানে কুলম্বের ধ্রুবক, } \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$$

বের করতে হবে, A গোলকের পৃষ্ঠ হতে 0.3m

দূরে বিভব, $V = ?$

$$\text{গোলকের কেন্দ্র হতে উক্ত অবস্থানের দূরত্ব } d = R + 0.3\text{m}$$

$$= 0.5\text{m} + 0.3\text{m} = 0.8\text{m}$$

$$\therefore \text{নির্ণেয় বিভব, } V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{d} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{10\text{C}}{0.8\text{m}}$$

$$= 1.125 \times 10^{11} \text{ Volt (Ans.)}$$

ঘ A গোলকের পৃষ্ঠে বিভব, $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R}$

$$= 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{10\text{C}}{0.5\text{m}}$$

$$= 1.8 \times 10^{11} \text{ Volt.}$$

উদ্দীপকের B গোলকে প্রদত্ত চার্জ, $q' = 10C$

এবং B গোলকের ব্যাসার্ধ, $R' = 0.8m$

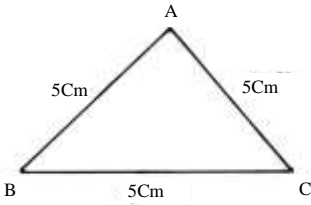
$$\therefore B \text{ গোলকের পৃষ্ঠে বিভব, } V' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q'}{R'} \\ = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{10C}{0.8m} \\ = 1.125 \times 10^{11} \text{ Volt}$$

যেহেতু, $1.8 \times 10^{11} \text{ Volt} \neq 1.125 \times 10^{11} \text{ Volt}$

বা, $V \neq V'$

অর্থাৎ গোলকের পৃষ্ঠের বিভব সমান নয়। তাই গোলক দুটিকে পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে তড়িৎ প্রবাহিত হবে। তড়িৎ প্রবাহের দিক হবে উচ্চ বিভব (A গোলকের পৃষ্ঠ) হতে নিম্নতর বিভব (B গোলকের পৃষ্ঠ)-এর দিকে।

প্রশ্ন ▶ ৩



চিত্রে একটি সমবাহু ত্রিভুজের B ও C বিন্দুতে $10C$ এর ২টি চার্জ স্থাপন করা হয়েছে। অতঃপর A বিন্দুতে এর জন্য তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় করা হলো।

[রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ, ঢাকা]

- ক. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া কী? ১
- খ. সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায় কী? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. A বিন্দুতে প্রাবল্যের মান বের কর। ৩
- ঘ. A বিন্দুতে প্রাবল্যের দিকের গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেম পরিবেশের সাথে কোনো তাপের লেনদেন করতে পারে না, তাকে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

খ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় (T) যখন একটি সিস্টেম dQ পরিমাণ তাপ গ্রহণ করে, তখন এর এন্ট্রপি $\frac{dQ}{T}$ পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

এখানে, $\frac{dQ}{T}$ এর মান অশূন্য। এর মানে হলো, সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের এন্ট্রপি বৃদ্ধি পায়।

গ দেওয়া আছে,

B ও C বিন্দুতে স্থাপিত চার্জের মান, $q_1 = q_2 = 10C$

এবং $AB = BC = CA = 5cm = 0.05m$

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

বের করতে হবে, A বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্যের মান, $E = ?$

B বিন্দুতে চার্জের দরশন A বিন্দুতে প্রাবল্যের মান, $E_1 = C$ বিন্দুতে

$$\text{চার্জের দরশন A বিন্দুতে প্রাবল্যের মান, } E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{10C}{(0.05)^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{10C}{(0.05m)^2} = 3.6 \times 10^{13} \text{ NC}^{-1}$$

\vec{E}_1 ও \vec{E}_2 এর মধ্যকার কোণ, $\theta = 60^\circ$

$$\therefore \text{লব্ধি তড়িৎ প্রাবল্য, } E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos\theta}$$

$$= \sqrt{.6^2 + 3.6^2 + 2 \times 3.6^2 \times \cos 60^\circ} \times 10^{13} \text{ NC}^{-1}$$

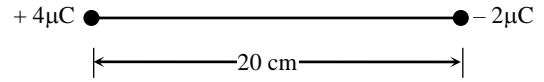
$$= 6.2354 \times 10^{13} \text{ NC}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ A বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য \vec{E}_1 এর দিকের সাথে θ কোণ উৎপন্ন করলে,

$$\tan\theta = \frac{|\vec{E}_2| \sin \alpha}{|\vec{E}_1| + |\vec{E}_2| \cos \alpha} \\ = \frac{3.6 \times 10^{13} \text{ NC}^{-1} \times \sin 60^\circ}{3.6 \times 10^{13} \text{ NC}^{-1} + 3.6 \times 10^{13} \text{ NC}^{-1} \times \cos 60^\circ} \\ = \frac{\sin 60^\circ}{1 + \cos 60^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{1 + \frac{1}{2}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{3}{2}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \\ \therefore \theta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 30^\circ = \frac{60^\circ}{2}$$

সুতরাং A বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্যের দিক \vec{E}_1 ও \vec{E}_2 এর মধ্যকার কোণকে দ্বিখণ্ডিত করে। অর্থাৎ A হতে BC -এর ওপর লম্ব টানলে ঐ লম্বের বিপরীত দিক বরাবর A বিন্দুতে প্রাবল্য ক্রিয়া করবে।

প্রশ্ন ▶ ৪



[ঢাকা সিটি কলেজ, ঢাকা]

- ক. তড়িৎ প্রাবল্য কী? ১
- খ. সমমুখী দুটি সমান্তরাল প্রবাহ পরস্পরকে আকর্ষণ করে কেন— ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উদ্দীপকে মধ্যবিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকে আধানদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 10 cm কমাতে কি পরিমাণ কাজ করতে হবে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একক মানের একটি ধনাত্মক আধান রাখলে তা যে বল অনুভব করে তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য বলে।

খ আমরা জানি, কোন তড়িৎবাহী পরিবাহক তার আশেপাশে চৌম্বকক্ষেত্র সৃষ্টি করে। সুতরাং এর কাছাকাছি অন্য কোন তড়িৎবাহী পরিবাহক থাকলে সেটি চৌম্বকক্ষেত্রের জন্য একটি বল অনুভব করবে। অনুরূপভাবে ২য় তড়িৎবাহী পরিবাহক ও একটি চৌম্বকক্ষেত্র সৃষ্টি করবে এবং এর দরশন ১ম পরিবাহক বল অনুভব করবে।

সমমুখী দুটি সমান্তরাল প্রবাহের দরশন এদের মাঝে যে চৌম্বকক্ষেত্র আবিষ্ট হয় তা পরস্পরকে আকর্ষণ করে যা ফ্লেমিং এর ডান হস্ত সূত্র থেকে দেখা যায়। কারণেই দুটি সমমুখী প্রবাহ পরস্পরকে আকর্ষণ করে।

গ দেওয়া আছে,

চার্জদ্বয়ের মান $q_1 = +4\mu C = 4 \times 10^{-6}C$ এবং

$q_2 = -2\mu C = -2 \times 10^{-6}C$

চার্জদ্বয়ের দূরত্ব $d = 20cm = 0.2m$

জানা আছে, উদ্দীপকের মধ্যবিন্দুতে তড়িৎপ্রাবল্য, $E = ?$

$q_1 = +4 \times 10^{-6}C$ চার্জের দরশন উক্ত মধ্যবিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r^2} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{4 \times 10^{-6}C}{(0.1m)^2}$$

Error!

$$= 3.6 \times 10^6 \text{ NC}^{-1}$$

এবং $q_2 = -2 \times 10^{-6}C$ চার্জের দরশন উক্ত মধ্য বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য,

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{r^2} = 9 \times 10^{-6} \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{-2 \times 10^{-6} \text{ C}}{(0.1 \text{ m})^2}$$

$$= -1.8 \times 10^6 \text{ NC}^{-1}$$

∴ নির্ণেয় প্রাবল্য, $E = E_1 - E_2$ [∴ \vec{E}_1 ও \vec{E}_2 সমমুখী]
 $= 3.6 \times 10^6 \text{ NC}^{-1} - (-1.8 \times 10^6 \text{ NC}^{-1}) = 5.4 \times 10^6 \text{ NC}^{-1}$ (Ans.)

ঘা উদ্দীপকে বর্ণিত অবস্থায় আধানদ্বয়ের মধ্যকার

$$\text{বিভবশক্তি, } E_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{d}$$

$$= 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{4 \times 10^{-6} \text{ C} \times (-2 \times 10^{-6} \text{ C})}{0.2 \text{ m}} = -0.36 \text{ J}$$

এদের মধ্যকার দূরত্ব 10cm কমাতে অর্থাৎ নতুন দূরত্ব $d' = 20 \text{ cm} - 10 \text{ cm}$

10 cm করা হলে চার্জদ্বয়ের মধ্যকার বিভবশক্তি, E_p'

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{d'} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{4 \times 10^{-6} \text{ C} \times (-2 \times 10^{-6} \text{ C})}{0.1 \text{ m}}$$

$$= -0.72 \text{ J}$$

∴ এদেরকে 10cm দূরত্বে আনতে কাজ করতে হবে $= E_p - E_p'$

$$= -0.36 \text{ J} - (-0.72 \text{ J}) = 0.36 \text{ J}$$

প্রশ্ন▶৫ +5C এবং -2C দুইটি আহিত গোলাকার পরিবাহী। এদের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 10mm এবং 15mm. বস্তু দুইটির পৃষ্ঠদ্বয়ের মধ্যবর্তী সংযোজক সরল রেখার দৈর্ঘ্য 20cm। এমতাবস্থায় তাদেরকে 5 পরাবৈদ্যুতিক প্রস্রবক বিশিষ্ট মাধ্যমে স্থাপন করা হল।

[সামসুল হক খান স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

- ক. আধানের নিত্যতা কী? ১
- খ. পৃথিবীর বিভব শূন্য ধরা হয় কেন? ২
- গ. ১ম ও ২য় বস্তুর আধান ঘনত্বের অনুপাত কত হবে? ৩
- ঘ. উদ্দীপকের বস্তু দুইটিকে একত্রিত করে পুনরায় পূর্বের অবস্থানে রাখলে তাদের সংযোজক সরলরেখার মধ্যবিন্দুতে প্রাবল্যের পরিবর্তন হবে কি? বিশ্লেষণ কর। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. আধান কখনো ধ্বংস করা যায় না বা সৃষ্টি করা যায় না। আধান কেবল এক বস্তু হতে অপর এক বস্তুতে স্থানান্তর করা যায়। এ বিষয়টিকে আধানের নিত্যতা বলে।

খ. তড়িৎ বিভব এমন একটি ভৌত রাশি যার পরম মান জানার চেয়ে আপেক্ষিক মান জানা বেশি গুরুত্বপূর্ণ। কারণ দুটি বস্তুর তড়িৎ বিভবে পার্থক্য থাকলেই এদের মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ সম্ভব। তড়িৎ বিভবের আপেক্ষিক মান জানতে হলে একটি প্রসঙ্গ বস্তু বা প্রসঙ্গ চার্জ ঘনত্বের দরকার। পৃথিবী বা ভূমিকে সেই প্রসঙ্গ বস্তু ধরা হয়। কারণ পৃথিবী হলো মুক্ত আধানের (ইলেকট্রন) এক বিশাল ভান্ডার। এখান থেকে বেশ কিছু চার্জ নিয়ে গেলে বা এতে বেশ কিছু চার্জ দিলে এর মুক্ত ইলেকট্রন ঘনত্ব তথা তড়িৎ বিভবের দৃশ্যত কোনো পরিবর্তন ঘটে না। তাই পৃথিবীর বিভবকে শূন্য ধরে এর সাপেক্ষে অন্যান্য বস্তুসমূহের বিভব নির্ণয় করা হয়।

গ. দেওয়া আছে,

বস্তুদ্বয়ের পৃষ্ঠে আধানের পরিমাণ যথাক্রমে $q_1 = +5\text{C}$, $q_2 = -2\text{C}$

বস্তুদ্বয়ের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে $r_1 = 10\text{mm} = 10 \times 10^{-3}\text{m} = 10^{-2}\text{m}$

এবং $r_2 = 15\text{mm} = 15 \times 10^{-3}\text{m} = 1.5 \times 10^{-2}\text{m}$

বের করতে হবে, আধান ঘনত্বের অনুপাত, σ_1 ও $\sigma_2 = ?$

চার্জিত গোলকের পৃষ্ঠে সমস্ফুট চার্জ অবস্থান করায় ১ম গোলকের চার্জের

তল ঘনত্ব, $\sigma_1 = \frac{q_1}{4\pi r_1^2}$ এবং ২য় গোলকের চার্জের তল ঘনত্ব, $\sigma_2 = \frac{q_2}{4\pi r_2^2}$

$$\therefore \sigma_1 : \sigma_2 = \frac{q_1}{4\pi r_1^2} : \frac{q_2}{4\pi r_2^2} = \frac{q_1}{r_1^2} : \frac{q_2}{r_2^2}$$

$$= \frac{+5\text{C}}{(10^{-2}\text{m})^2} : \frac{-2\text{C}}{(1.5 \times 10^{-2}\text{m})^2} = +50000 \text{ Cm}^{-2} : -8889 \text{ Cm}^{-2}$$

$$= +5.625 : -1 \text{ (Ans.)}$$

ঘ. বস্তুদ্বয়ের কেন্দ্রের দূরত্ব, $d = 20 \text{ cm} + 10 \text{ mm} + 15 \text{ mm}$

$$= 0.2\text{m} + 25 \times 10^{-3}\text{m} = 0.225 \text{ m}$$

যেকোনো বস্তুর কেন্দ্র হতে মধ্যবিন্দুর দূরত্ব, $r = d/2 = 0.225\text{m}/2 = 0.1125 \text{ m}$

উদ্দীপকে বর্ণিত অবস্থায়, উক্ত মধ্য বিন্দুতে, $q_1 = +5\text{C}$ চার্জের দরশন

$$\text{প্রাবল্যের মান, } E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 k} \frac{q_1}{r^2}$$

$$= \frac{9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}}{5} \times \frac{+5\text{C}}{(0.1125\text{m})^2} = 7.11 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1}$$

এবং $q_2 = -2\text{C}$ চার্জের দরশন প্রাবল্যের মান, $E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 k} \frac{q_2}{r^2}$

$$= \frac{9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}}{5} \times \frac{-2\text{C}}{(0.1125\text{m})^2} = -2.844 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1}$$

এক্ষেত্রে \vec{E}_1 ও \vec{E}_2 সমমুখী হওয়ায়, লব্ধি প্রাবল্যের মান,

$$E = |\vec{E}_1| + |\vec{E}_2| = 7.11 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1} + 2.844 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1}$$

$$= 9.954 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1}$$

বস্তুদ্বয়কে একত্রিত করা হলে বা স্পর্শ করানো হলে এদের চার্জের পরিমাণ ও প্রকৃতি সমান হবে। তখন এদের প্রত্যেকের চার্জ হবে,

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{(+5\text{C}) + (-2\text{C})}{2} = +1.5 \text{ C}$$

স্পর্শ করানোর পর, ১ম বস্তুর চার্জের দরশন উক্ত মধ্যবিন্দুতে প্রাবল্যের মান,

$$E'_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 k} \frac{q}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}}{5} \times \frac{+1.5\text{C}}{(0.1125\text{m})^2}$$

$$= 2.133 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1}$$

২য় বস্তুর চার্জের দরশন উক্ত মধ্যবিন্দুতে প্রাবল্যের মান, $E'_2 = 2.133 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1}$

উভয় বস্তুতে চার্জের প্রকৃতি ও পরিমাণ সমান এবার

∴ উক্ত মধ্যবিন্দুতে উভয় পাশ হতে সমমানের বিকর্ষণ বল প্রযুক্ত হওয়ায় লব্ধি প্রাবল্য, $E' = E'_1 - E'_2 = (2.133 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1}) - (2.133 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1})$
 $= 0 \text{ NC}^{-1}$

লক্ষ্য করি, পূর্বে লব্ধি প্রাবল্য ছিল $= 9.954 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1}$ (অশূন্য)

কিন্তু এবার লব্ধি প্রাবল্য শূন্য।

সুতরাং, উদ্দীপকের বস্তু দুইটিকে একত্রিত করে পুনরায় পূর্বের অবস্থানে রাখলে তাদের সংযোজক সরলরেখার মধ্যবিন্দুতে প্রাবল্যের পরিবর্তন হবে।

প্রশ্ন▶৬ সুদীর্ঘের নিকট ধাতুর দুই জোড়া পাতলা পাত আছে। একজোড়া পাতের ক্ষেত্রফল অপর জোড়ার অর্ধেক। সে দুটি পাতের মধ্যে বায়ু রেখে প্রত্যেক জোড়া পাত দিয়ে একটি করে সমান্তরাল পাত ধারক তৈরি করতে চায়। সুদীর্ঘায়ন বলল, পাতগুলো যেভাবে বসানো হউক না কেন ধারক দুটি ধারকত্ব কখনোই সমান হবে না। প্রথম ধারকের প্রত্যেক পাতের ক্ষেত্রফল 8 cm^2 ।

[মোহাম্মদপুর প্রিপারেটরি স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. গাউসের সূত্র বিবৃত কর।

- খ. গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায় কেন? ২
 গ. প্রথম ধারকে 40C চার্জ দেয়া হল। পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থানে তড়িৎ প্রাবল্য কত হবে? নির্ণয় কর। ৩
 ঘ. সুদীপ্ত ধারকের পাতগুলি কীভাবে স্থাপন করলে প্রমাণ করতে পারবে যে, সুদীপ্তায়নের উক্তি সঠিক নয়- গাণিতিক ব্যাখ্যা দিয়ে বুঝিয়ে দাও। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গাউসের সূত্রটি হলো- কোনো কল্পিত বদ্ধ তলের মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎফ্লাক্সের ϵ_0 গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের সমান।

খ গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon r$; নির্দিষ্ট মাধ্যমের জন্য ϵ প্রবন্ধ হওয়ায় $C \propto r$, অর্থাৎ গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব এর ব্যাসার্ধের সমানুপাতে বৃদ্ধি পায়।

এর কারণ হলো- পরিবাহী গোলকের চার্জ এর পৃষ্ঠে অবস্থান করে, তাই পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল বাড়লে এর চার্জ ধারণক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। গোলকের পৃষ্ঠ তলের ক্ষেত্রফল, $A = 4\pi r^2$, এখানে r হলো গোলকের ব্যাসার্ধ। সুতরাং পরিবাহী গোলকের ব্যাসার্ধ বাড়লে এর পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল বাড়ে এবং একই সাথে এর চার্জ ধারণক্ষমতাও বাড়ে।

গ দেওয়া আছে,

প্রথম সমান্তরাল পাত ধারকের প্রতিটি পাতের ক্ষেত্রফল, $A = 8\text{cm}^2 = 8 \times 10^{-4}\text{m}^2$

এবং প্রতিটি পাত্রে চার্জের মান, $Q = 40\text{C}$

জানা আছে, বায়ুর 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, $E = ?$

পাতদ্বয়ের যেকোনোটিতে চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব,

$$\sigma = \frac{Q}{A} = \frac{40\text{C}}{8 \times 10^{-4}\text{m}^2} = 5 \times 10^4\text{Cm}^{-2}$$

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

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

ঘ উদ্দীপকমতে,

প্রথম ধারকের যেকোনো পাতের ক্ষেত্রফল অপর ধারকের যেকোনো পাতের ক্ষেত্রফলের অর্ধেক।

মনে করি, ধারকদ্বয়ের ক্ষেত্রে সংশ্লিষ্ট পাতদ্বয়ের দূরত্ব যথাক্রমে d_1 ও d_2 ।

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

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

ধারকদ্বয়ের ধারকত্ব সমান হতে হলে অর্থাৎ, $C_1 = C_2$ হতে হলে,

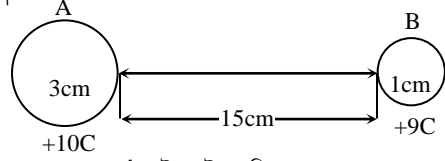
$$\frac{\epsilon_0 A_1}{d_1} = \frac{\epsilon_0 A_2}{d_2}$$

$$\text{বা, } \frac{d_1}{d_2} = \frac{\epsilon_0 A_1}{\epsilon_0 A_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{A_2/2}{A_2} = \frac{1}{2}$$

$$\text{বা, } d_1 : d_2 = 1 : 2$$

সুতরাং, দ্বিতীয় ধারকের পাতদ্বয়ের দূরত্ব, প্রথম ধারকের পাতদ্বয়ের দূরত্বের দ্বিগুণ হলে এদের ধারকত্ব সমান হবে। সেক্ষেত্রে সুদীপ্তায়নের উক্তি ভুল প্রমাণিত হবে।

প্রশ্ন ৭ নিচের চিত্রে বিভিন্ন আকৃতির দু'টি গোলক যাদের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 3 সে.মি. ও 1 সে.মি. এবং চার্জ 10C ও 9C মধ্যবর্তী দূরত্ব 15 cm।



[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, জাহানাবাদ, খুলনা]

ক. স্বকীয় আবেশ কাকে বলে? ১

খ. ভোল্টেজ ডিভাইডার কিভাবে ভোল্টেজকে বিভক্ত করে ব্যাখ্যা কর। ২

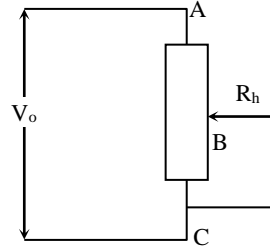
গ. উদ্দীপকে বর্ণিত গোলকদ্বয়ের সংযোগ রেখার মধ্যবিন্দুর লব্ধি প্রাবল্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের গোলকদ্বয়কে একটি পরিবাহী তার দ্বারা সংযোগ দিলে চার্জ কোন দিকে প্রবাহিত হবে বলে তুমি মনে কর? গাণিতিক যুক্তি দাও। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো কুন্ডলীর মধ্যদিয়ে তড়িৎপ্রবাহের পরিবর্তন ঘটলে ঐ পরিবর্তনের বিরুদ্ধে কুন্ডলীতে একটি তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়। এ ঘটনাকে স্বকীয় আবেশ বলে।

খ একটি রিওস্ট্যাট (পরিবর্তনশীল রোধক) ব্যবহার করে এ ধরনের ডিভাইডার তৈরি করা হয়। চিত্রে R_h একটি রিওস্ট্যাট। A ও C বিন্দুর মধ্যে রোধ নির্দিষ্ট। A ও C এর মধ্যে বিভব পতন বা বিভব পার্থক্য = V_0 । B বিন্দুর অবস্থান পরিবর্তনশীল। একারণে A ও B বিন্দুদ্বয়ের মধ্যকার রোধ তথা বিভব পার্থক্য পরিবর্তনশীল।



অনুরূপভাবে, B ও C বিন্দুদ্বয়ের মধ্যকার রোধ তথা বিভব পার্থক্য পরিবর্তনশীল। এভাবেই ভোল্টেজ ডিভাইডার ভোল্টেজকে বিভক্ত করে।

গ দেওয়া আছে,

গোলকদ্বয়ে প্রদত্ত চার্জ, $q_1 = +10\text{C}$, $q_2 = +9\text{C}$

গোলকদ্বয়ের কেন্দ্রের দূরত্ব, $d = 3\text{cm} + 15\text{cm} + 1\text{cm} = 19\text{cm} = 0.19\text{m}$

জানা আছে, কুলম্বের প্রবন্ধ, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9\text{Nm}^2\text{C}^{-2}$

বের করতে হবে, গোলকদ্বয়ের সংযোজক রেখার মধ্যবিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য, $E = ?$

কোনো গোলকের কেন্দ্র হতে উক্ত মধ্যবিন্দুর দূরত্ব, $r = \frac{d}{2} = \frac{0.19\text{m}}{2} = 0.095\text{m}$

∴ 1ম গোলকের চার্জের দরুন উক্ত বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান,

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

$$= 9 \times 10^9\text{Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{10\text{C}}{(0.095\text{m})^2} = 9.97 \times 10^{12}\text{NC}^{-1}$$

এবং ২য় গোলকের চার্জের দরুন উক্ত বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান,

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{9C}{(0.095\text{m})^2}$$

$$= 8.975 \times 10^{12} \text{ NC}^{-1}$$

E_1 ও E_2 এর দিক পরস্পর বিপরীত হওয়ায় নির্ণেয় লব্ধি প্রাবল্য,

$$E = E_1 - E_2 (\because E_1 > E_2) = 9.97 \times 10^{12} \text{ NC}^{-1} - 8.975 \times 10^{12} \text{ NC}^{-1}$$

$$= 0.995 \times 10^{12} \text{ NC}^{-1}$$

$E_1 > E_2$ হওয়ার লব্ধি প্রাবল্যের দিক হবে E_1 বরাবর অর্থাৎ AB এর দিকে।

ঘ ১ম গোলকের ধারকত্ব, $C_1 = 4\pi\epsilon_0 r_1$

$$= \frac{1}{9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}} \times 0.03\text{m} = 3.33 \times 10^{-12} \text{ F}$$

এবং চার্জ, $q_1 = +10\text{C}$

$$\therefore \text{১ম গোলকের বিভব, } V_1 = \frac{q_1}{C_1} = \frac{10\text{C}}{3.33 \times 10^{-12}\text{F}} = 3 \times 10^{12} \text{ Volt}$$

$$\text{২য় গোলকের ধারকত্ব, } C_2 = 4\pi\epsilon_0 r_2 = \frac{1}{9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}} \times 0.01\text{m}$$

$$= 1.11 \times 10^{-12} \text{ F}$$

এবং চার্জ, $q_2 = +9\text{C}$

$$\therefore \text{২য় গোলকের বিভব, } V_2 = \frac{q_2}{C_2} = \frac{9\text{C}}{1.11 \times 10^{-12}\text{F}} = 8.1 \times 10^{12} \text{ Volt}$$

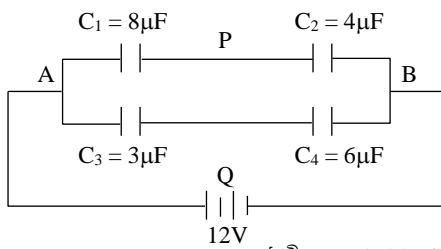
গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যাচ্ছে,

$$8.1 \times 10^{12} \text{ Volt} > 3 \times 10^{12} \text{ Volt}$$

বা, $V_2 > V_1$

সুতরাং, উদ্দীপকের গোলকদ্বয়কে একটি পরিবাহী তার দ্বারা সংযোগ দিয়ে উচ্চ বিভবের (V_2) গোলক (B) হতে নিম্ন বিভবের (V_1) গোলক (A) তে প্রবাহিত হবে।

প্রশ্ন ৮ C_1, C_2, C_3 এবং C_4 চারটি ধারককে 12V ব্যাটারির সাথে চিত্রানুযায়ী সংযুক্ত করা হল:



[শহীদ লে: আনোয়ার গার্লস কলেজ, ঢাকা]

- ক. গাউসের সূত্রটি বিবৃত কর। ১
- খ. কোন মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক ৫ বলতে কী বুঝে? ২
- গ. A ও B বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. P এবং Q বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে বিভব পার্থক্য কত হবে? ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গাউসের সূত্রটি হলো: কোনো কল্পিত বদ্ধ তলের মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্সের ϵ_0 গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের সমান।

খ কোনো মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক ৫ বলতে বুঝায় দুটি বিন্দুর চার্জের মধ্যে নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্যস্থানে ক্রিয়াশীল বল ও ঐ দুটি চার্জের মধ্যে একই দূরত্বে উক্ত মাধ্যমে ক্রিয়াশীল বলের অনুপাত ৫।

গ A ও B বিন্দুর মাঝে সংযুক্ত ধারক সমূহ হলো—

$$C_1 = 8\mu\text{F}, C_2 = 4\mu\text{F}, C_3 = 3\mu\text{F}, C_4 = 6\mu\text{F}$$

বের করতে হবে, A ও B বিন্দুদ্বয়ের মাঝে তুল্য ধারকত্ব, $C_{eq} = ?$

C_1 ও C_2 ধারকদ্বয় শ্রেণিতে যুক্ত থাকায় এদের তুল্য ধারকত্ব

$$C_{s1} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{8 \times 4}{8 + 4} = 2.67\mu\text{F}$$

পুনরায়, C_3 ও C_4 ধারকদ্বয় শ্রেণিতে যুক্ত থাকায় এদের তুল্য ধারকত্ব,

$$C_{s2} = \frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\mu\text{F}$$

C_{s1} ও C_{s2} শ্রেণি সমবায়দ্বয় নিজেরা পরস্পর সমান্তরালে যুক্ত থাকায় এদের তুল্যরোধ তথা বর্তনীর সর্বমোট তুল্যরোধ,

$$C_p = C_{s1} + C_{s2} = 2.67\mu\text{F} + 2\mu\text{F} = 4.67\mu\text{F} \text{ (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

ব্যাটারির তড়িচ্চালক বল, $E = 12\text{V}$

$\therefore C_{s1}$ ও C_{s2} উভয়ের প্রান্তীয় বিভবপার্থক্য 12V

$\therefore C_{s1}$ শ্রেণি সমবায়ের প্রতিটি ধারকের প্রতিটি পে-টে সঞ্চিতচার্জ,

$$Q_1 = C_{s1} V = 2.67 \times 10^{-6} \text{ F} \times 12 \text{ Volt} = 32.04 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$\therefore C_1 \text{ এর প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য, } V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{32.04 \times 10^{-6} \text{ C}}{8 \times 10^{-6} \text{ F}}$$

$$= 4.005 \text{ Volt}$$

$$\therefore P \text{ বিন্দুর বিভব, } V_p = E - V_1 = 12\text{V} - 4.005 \text{ Volt} \approx 8 \text{ Volt}$$

আবার, C_{s2} শ্রেণি সমবায়ের প্রতিটি ধারকের প্রতিটি পে-টে সঞ্চিতচার্জ, $Q_2 = C_{s2} V = 2 \times 10^{-6} \text{ F} \times 12 \text{ Volt} = 24 \times 10^{-6} \text{ C}$

$$\therefore C_3 \text{ এর প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য, } V_3 = \frac{Q_2}{C_3} = \frac{24 \times 10^{-6} \text{ C}}{3 \times 10^{-6} \text{ F}} = 8 \text{ Volt}$$

$$\therefore Q \text{ বিন্দুর বিভব, } V_Q = E - V_3 = 12 \text{ V} - 8 \text{ Volt} = 4 \text{ Volt}$$

\therefore উদ্দীপকের বর্তনীর P এবং Q বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে বিভব পার্থক্য,

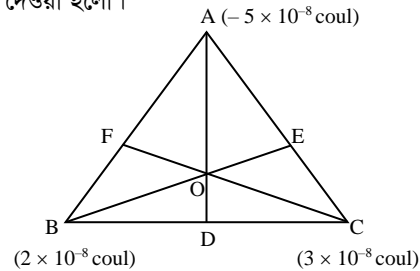
$$V = V_p - V_Q$$

$$= V_p - V_Q \quad [\because V_p > V_Q]$$

$$= 8 \text{ Volt} - 4 \text{ Volt}$$

$$= 4 \text{ Volt}$$

প্রশ্ন ৯ 10 cm দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট একটি সমবাহু ত্রিভুজের তিন কোণায় চার্জ দেওয়া হলো।



[রাজশাহী কলেজ, রাজশাহী]

- ক. তড়িৎ প্রাবল্য কী? ১
- খ. পৃথিবীর বিভব শূন্য— ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. A বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. ত্রিভুজের শীর্ষবিন্দুতে চার্জগুলোর অবস্থান একই ক্রমে পারস্পরিক পরিবর্তন করলে কেন্দ্রের বিভবের কিরূপ পরিবর্তন হবে গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একটি একক মানের ধনাত্মক আধান রাখলে এটি যে বল অনুভব করে তাকে উক্ত বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য বলে।

খ তড়িৎ বিভব এমন একটি রাশি যার পরম মানের তুলনায় আপেক্ষিক মান জানা বেশি জরুরী। এজন্য একটি প্রসঙ্গ বস্তুর প্রয়োজন হয়। পৃথিবীকেই সেই প্রসঙ্গ বস্তু হিসেবে ধরে নেয়া হয়। কারণ পৃথিবীর বিভব কখনো পরিবর্তিত হয় না। পৃথিবী হলো মুক্ত আধানের একটি বিশাল ভান্ডার। এখান হতে বেশ কিছু চার্জ নিয়ে গেলে বা এটিতে বেশকিছু চার্জ দিলে এর বিভবের কোনো পরিবর্তন ঘটেনা। তাই পৃথিবীর বিভবকে প্রসঙ্গ বিভব বা শূন্য বিভব ধরা হয়।

গ দেওয়া আছে, A, B ও C বিন্দুতে আধান গুলোর মান যথাক্রমে $q_1 = -5 \times 10^{-8}$, $q_2 = 2 \times 10^{-8}$ এবং $q_3 = 3 \times 10^{-8}$ সমবাহু ত্রিভুজটির বাহুর দৈর্ঘ্য, $a = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$ বের করতে হবে, A বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান, $E = ?$

$$B \text{ বিন্দুতে চার্জের দরুন A বিন্দুতে প্রাবল্যের মান, } E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{a^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{2 \times 10^{-8}}{(0.1\text{m})^2} \text{C} = 18000 \text{ NC}^{-1}$$

$$\text{এবং C বিন্দুতে চার্জের দরুন A বিন্দুতে প্রাবল্যের মান, } E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\frac{q_3}{a^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{3 \times 10^{-8}}{(0.1\text{m})^2} = 27000 \text{ NC}^{-1}$$

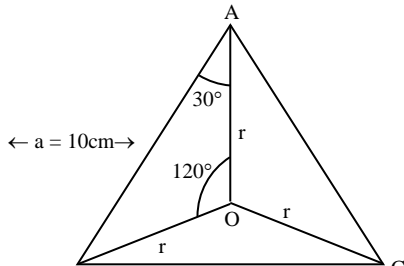
\vec{E}_1 ও \vec{E}_2 এর মধ্যকার কোণ $\theta = 60^\circ$ হওয়ায় A বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য,

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos\theta}$$

$$= \sqrt{18000^2 + 27000^2 + 2 \times 18000 \times 27000 \times \cos 60^\circ}$$

$$= 39230 \text{ NC}^{-1} \text{ (Ans)}$$

ঘ ত্রিভুজের সাইন সূত্র হতে পাই,



$$\frac{a}{\sin 120^\circ} = \frac{r}{\sin 30^\circ}$$

$$\therefore r = \frac{a \sin 30^\circ}{\sin 120^\circ} = \frac{a \frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{10 \text{ cm}}{\sqrt{3}} = 5.773 \text{ cm}$$

ত্রিভুজটি সমবাহু হওয়ায় এর ভরকেন্দ্র, লম্বকেন্দ্র, অক্ষকেন্দ্র এবং পরিকেন্দ্র সবগুলোই একই বিন্দুতে (O)।

O হতে কৌণিক বিন্দুগুলোর দূরত্ব সমান O পরিকেন্দ্র হওয়ায় এবং এদূরত্বের মান, $r = 5.773 \text{ cm} = 0.05773 \text{ m}$

তাই ত্রিভুজের শীর্ষবিন্দুতে চার্জগুলোর অবস্থান একই ক্রমে পারস্পরিক পরিবর্তন করলেও কেন্দ্রের বিভবের কোনোরূপ পরিবর্তন হবে না (বিভব একটি স্কেলার রাশি)।

উক্ত বিভবের মান, $V = V_1 + V_2 + V_3$

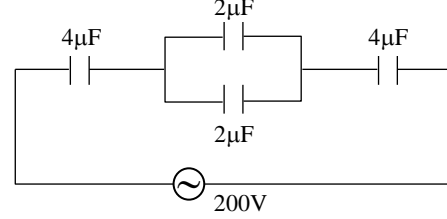
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_3}{r}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{r} (q_1 + q_2 + q_3)$$

$$= 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{1}{0.05773 \text{ m}} (-5 \times 10^{-8} \text{ C} + 2 \times 10^{-8} \text{ C} + 3 \times 10^{-8} \text{ C})$$

$$= 0 \text{ V}$$

প্রশ্ন ১০



[হাজীগঞ্জ মডেল ইউনিভারসিটি কলেজ, চাঁদপুর]

ক. এন্ট্রপি কি? ১

খ. একটি নক্ষত্র কিভাবে নিউট্রন নক্ষত্রে পরিণত হয় ব্যাখ্যা কর। ২

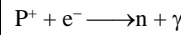
গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত ধারক গুলোর তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. কি ব্যবস্থা গ্রহণ করলে উদ্দীপকে উল্লেখিত ধারকগুলো হতে 7500 J বিভব শক্তি পাওয়া যাবে। বিশেষ-ষণ পূর্বক মতামত দাও। ৪

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় বস্তুর যে তাপীয় ধর্ম স্থির থাকে, তাকে এন্ট্রপি বলে।

খ সুপারনোভা বিস্ফোরনের পর মূল অংশের ভর যদি $1.4 M_\odot$ বেশি এবং $3M_\odot$ এর কম হয় তবে মহাকর্ষজনিত কেন্দ্রমুখী আকর্ষণ বলের জন্য মূল অংশ এতটা সংকোচিত হয় যে ইলেক্ট্রন ও প্রোটন নিউক্লিয়ার নিউট্রন গঠন করে।



এভাবে নিউট্রন গ্যাস উৎপন্ন হয়। সংকোচনের ফলে মূল অংশের ঘনত্ব যখন 10^{19} kg/m^3 মানে পৌঁছায় তখন নিউট্রন ডিজেনারেসি অবস্থার সৃষ্টি হয় এবং নিউট্রন কঠিন পদার্থের দেয়ালের মতো আচরণ করে। এই অবস্থায় নিউট্রন সংকোচন প্রক্রিয়াকে বাধা প্রদান করে। অর্থাৎ নিউট্রন গ্যাস বহির্মুখী চাপ সৃষ্টি করে এবং এই চাপের দ্বারা মহাকর্ষীয় সংকোচনকে প্রতিহত করে সুস্থিত অবস্থায় আসে। একেই নিউট্রন তারকা বলে।

গ প্রদত্ত বর্তনীতে $2\mu\text{F}$ মানের ধারক দুটি সমান্তরালে আছে।

দুটি সমান্তরালে আছে।

সুতরাং, $C_1 = (2 + 2) \mu\text{F}$

বা, $C_1 = 4\mu\text{F}$

আবার, $4\mu\text{F}$ মানের ধারক দুটি এবং C_1 শ্রেণি সন্নিবেশে যুক্ত।

সুতরাং, তুল্য ধারকত্ব,

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{C} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4}$$

$$\therefore C = \frac{4}{3} \mu\text{F} \text{ (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

বিভব শক্তি, $E_p = 7500 \text{ J}$

বিভব, $V = 200 \text{ V}$

এখন, বিভব শক্তি, $E_p = \frac{1}{2} CV^2$

$$\begin{aligned} \text{বা, } C &= \frac{2 E_p}{V^2} \\ &= \frac{2 \times 7500}{200^2} \\ &= 0.375 \text{ F} \\ &= 375000 \mu\text{F} \end{aligned}$$

সুতরাং, বর্তনীতে মোট 375000 μF মানের ধারকত্ব লাগবে। কিন্তু আছে $\frac{4}{3} \mu\text{F}$ ধারকত্ব।

সুতরাং, বর্তনীতে প্রয়োজনীয় ধারকত্ব,

$$\Delta C = (375000 - \frac{4}{3}) \mu\text{F}$$

$$\begin{aligned} &= 374998.67 \mu\text{F} \\ &= 0.37499 \text{ F} \end{aligned}$$

অতএব, বর্তনীতে প্রদত্ত ধারকগুলোর সাথে 0.37499 F মানের ধারক সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে।

প্রশ্ন ১১ কোনো একটি স্থানে $2 \times 10^{-4} \text{ cm}$ ব্যবধানে একটি ইলেকট্রন ও একটি প্রোটন স্থাপন করা হলো। এছাড়া 4 cm বাহুবিশিষ্ট একটি বর্গের তিনটি কৌণিক বিন্দুতে $8 \times 10^{-9} \text{ C}$, $-12 \times 10^{-9} \text{ C}$ এবং $16 \times 10^{-9} \text{ C}$ চার্জ স্থাপন করা হলো।

[জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট]

- ক. সরল বর্তনী কী? ১
- খ. দিক পরিবর্তী তড়িৎ প্রবাহের ক্ষেত্রে, আকৃতি গুণকের মান নির্ণয় করো। ২
- গ. কণাদ্বয়ের মধ্যবর্তী কুলম্ব বল নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. উদ্দীপকের বর্গের কেন্দ্রে শূন্য বিভব পেতে হলে কী ব্যবস্থা নিতে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে বর্তনীতে একটি মাত্র তড়িৎ উৎস এবং একটিমাত্র রোধ বিদ্যমান, ফলে সেখানে তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার একটিমাত্র পথ রয়েছে, তাকে সরল বর্তনী বলে।

খ একটি দিক পরিবর্তী বা এসি তড়িৎ প্রবাহের শীর্ষমান i_0 হলে এর মূলগড় বর্গবেগ $= \frac{i_0}{\sqrt{2}}$ এবং এর অর্ধচক্রের গড় মান $= 0.637 i_0$

$$\therefore \text{আকৃতি গুণক} = \frac{g f j \text{ Mo } e M E G e M}{\text{Mo } g v b} = \frac{\frac{i_0}{\sqrt{2}}}{0.637 i_0} = 1.11$$

গ দেওয়া আছে, কণাদ্বয় হলো একটি ইলেকট্রন ও একটি প্রোটন এদের চার্জ যথাক্রমে $q_1 = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ এবং $q_2 = +1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

কণাদ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব, $d = 2 \times 10^{-4} \text{ cm} = 2 \times 10^{-6} \text{ m}$

জানা আছে, কুলম্বের ধ্রুবক, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$

বের করতে হবে, কণাদ্বয়ের মধ্যবর্তী কুলম্ব বল, $F = ?$

$$\begin{aligned} \text{আমরা জানি, } F &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{d^2} \\ &= 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{(-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) \times (+1.6 \times 10^{-19} \text{ C})}{(2 \times 10^{-6} \text{ m})^2} \\ &= -5.76 \times 10^{-17} \text{ N (Ans.)} \end{aligned}$$

(-) চিহ্ন দ্বারা আকর্ষণ বল বুঝায়।

ঘ উদ্দীপকমতে, বর্গক্ষেত্রটির বাহুর দৈর্ঘ্য, $a = 4 \text{ cm} = 0.04 \text{ m}$ এর তিন কৌণিক বিন্দুতে যথাক্রমে $q_1 = 8 \times 10^{-6} \text{ C}$, $q_2 = -12 \times 10^{-9} \text{ C}$ এবং $q_3 = 16 \times 10^{-9} \text{ C}$ চার্জ স্থাপন করা হলো।

মনেকরি, বর্গের কেন্দ্রে শূন্য বিভব পেতে হলে চতুর্থ কৌণিক বিন্দুতে q_4 চার্জ স্থাপন করতে হলে।

সেক্ষেত্রে বর্গের কেন্দ্রে লব্ধি বিভব, $V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_3}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_4}{r}$$

[r = প্রতিটি কৌণিক বিন্দু হতে বর্গের কেন্দ্রের দূরত্ব]

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r} (q_1 + q_2 + q_3 + q_4)$$

$$\text{শর্তমতে, } V = 0 \text{ বা, } \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r} (q_1 + q_2 + q_3 + q_4) = 0$$

$$\text{বা, } q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 0$$

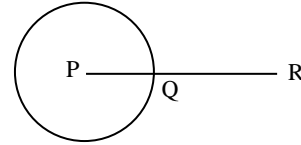
$$\text{বা, } q_4 = -(q_1 + q_2 + q_3)$$

$$= -(8 \times 10^{-9} \text{ C} - 12 \times 10^{-9} \text{ C} + 16 \times 10^{-9} \text{ C})$$

$$= -12 \times 10^{-9} \text{ C}$$

সুতরাং, উদ্দীপকের বর্গের কেন্দ্রে শূন্য বিভব পেতে হলে এর চতুর্থ কোণায় $-12 \times 10^{-9} \text{ C}$ আধান স্থাপন করতে হবে।

প্রশ্ন ১২ চিত্রে একটি গোলাকার পরিবাহক দেখানো হয়েছে। পরিবাহকে 30C আধান প্রদান করা হয়েছে। চিত্রে P, Q, R তিনটি বিন্দু এভাবে অবস্থান করছে যেন, $PQ = QR = 15 \text{ cm}$.



[ডা: আব্দুর রাজ্জাক মিউনিসিপ্যাল কলেজ, যশোর]

- ক. কার্শফের দ্বিতীয় সূত্রটি লিখ। ১
- খ. আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি ও তড়িচ্চালক শক্তি একই নয় কেন? ২
- গ. উদ্দীপকে বর্ণিত পরিবাহকের ধারকত্ব নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকে বর্ণিত তিনটি বিন্দুতে বিভব নির্ণয় করে বিভবগুলো একই বা ভিন্ন হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর। ৪

১২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্শফের দ্বিতীয় সূত্র: “কোন আবদ্ধ তড়িৎ বর্তনীর বিভিন্ন অংশগুলোর রোধ এবং তাদের আনুষঙ্গিক প্রবাহের গুণফলের বীজগাণিতিক সমষ্টি ঐ বর্তনীর অসমুদ্রুজ মোট তড়িচ্চালক শক্তি সমান।

খ কোন চুম্বক বা তড়িৎবাহী বর্তনী এবং বদ্ধ বর্তনী বা কুণ্ডলীর মধ্যে আপেক্ষিক গতির ফলে বদ্ধ বর্তনীর বা কুণ্ডলীতে যে তড়িচ্চালক শক্তির উদ্ভব হয় তাকে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি বলে।

আবার, 1C আধানকে বর্তনীর একবিন্দু হতে কোষ সমেত সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে আবার ঐ বিন্দুতে আনতে যে কাজ সম্পন্ন হয় তাকে তড়িচ্চালক শক্তি বলে। অপরপক্ষে, তড়িচ্চালক শক্তির প্রভাবেই আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তির উদ্ভব হয়।

এজন্য তড়িচ্চালক শক্তি ও আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি এক নয়।

গ এখানে,

গোলাকার পরিবাহকের ব্যাসার্ধ, $r = PQ = 15 \text{ cm} = 0.15 \text{ m}$

শূন্যস্থানের ভেদনযোগ্যতা, $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1} \text{ m}^{-2}$

পরিবাহকের ধারকত্ব $C = ?$

আমরা জানি,

$$C = 4\pi\epsilon_0 r$$

$$\text{বা, } C = 4 \times 3.14 \times 8.854 \times 10^{-12} \times 0.15$$

$$\therefore C = 1.67 \times 10^{-11} \text{ F (Ans.)}$$

ঘা এখানে,

চার্জের পরিমাণ, $q = 30C$

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

$$PQ = QR = 15 \text{ cm} = 0.15 \text{ m}$$

$$\therefore PR = 2PQ = (2 \times 0.15)\text{m} = 0.30\text{m}$$

$$R \text{ বিন্দুর আধান } V_R = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{PR} = 9 \times 10^9 \times \frac{30}{0.3} = 9 \times 10^{11} \text{ V}$$

$$Q \text{ বিন্দুর আধান } V_Q = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{PQ} = 9 \times 10^9 \times \frac{30}{0.15} = 1.8 \times 10^{12} \text{ V}$$

আমরা জানি, গোলকের অভ্যন্তরে সর্বত্র বিভব এর পৃষ্ঠের বিভবের সমান।

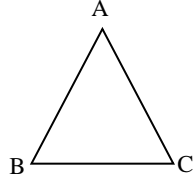
এজন্য গোলকের অভ্যন্তরে P বিন্দুর বিভব $V_P =$ পৃষ্ঠের বিভব

$$\text{বা, } V_P = V_Q$$

$$\therefore V_P = 1.8 \times 10^{12} \text{ V}$$

এজন্য, P ও Q বিন্দুর বিভব দ্বয় একই কিন্তু R বিন্দু গোলকের বাইরে হওয়ায় R বিন্দুর বিভব ভিন্ন।

প্রশ্ন ১৩ চিত্রে ABC সমবাহু ত্রিভুজের প্রত্যেক বাহুর দৈর্ঘ্য 10cm এবং A ও C বিন্দুতে 100C চার্জ আছে।



[বরগুনা সরকারি কলেজ, বরগুনা]

ক. কৃষ্ণগহ্বর কি?

১

খ. সূর্যের নিউট্রন তারকা হওয়ার সম্ভাবনা আছে কি? ব্যাখ্যা কর।

গ. উদ্দীপকের A ও C বিন্দুর চার্জদ্বয়ের জন্য B বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য নির্ণয় কর।

৩

ঘ. উদ্দীপকের C বিন্দুতে চার্জ A বিন্দুর বিপরীত হলে B বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্যের মান ও দিক বিশ্লেষণ কর।

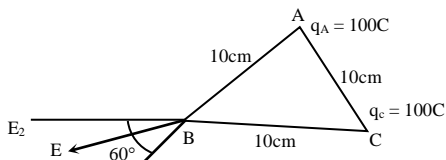
৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি তারকায় যদি যথেষ্ট ভর ও ঘনত্ব থাকে তাহলে তার মহাকর্ষীয় ক্ষেত্র এত শক্তিশালী হবে যে, আলো সেখান থেকে নির্গত হতে পারবে না। সেই তারকার পৃষ্ঠ হতে নির্গত আলো বেশি দূরে যাওয়ার আগেই তারকাটির মহাকর্ষীয় আকর্ষণ তাকে পেছনে টেনে নিয়ে আসবে। ঐ সব তারকা থেকে আলো আসতে পারে না বলে আমরা এদের দেখতে পাই না। তবে এদের মহাকর্ষ আকর্ষণ আমাদের বোধগম্য হবে, এই সমস্‌ড বস্তুপিস্তিকে কৃষ্ণবিবর বা কৃষ্ণগহ্বর বলে।

খ অনেক বেশি ভরের নক্ষত্রের শেষ পরিণতি নিউট্রন নক্ষত্র। একটি নক্ষত্রের নিউক্লিয়াস জ্বালানী যখন নিঃশেষিত হয় তখন একটি অতি নবতারা (Supernova) বিস্ফোরণ হয়। বিস্ফোরণের ফলে নক্ষত্রের বাইরের আবরণটি খসে পড়ে এবং অতি নবতারার অবশিষ্টাংশ থাকে। অবশিষ্ট যে ভর থাকে তা যদি সৌর ভর এর বেশি হয় তাহলে তা নিউট্রন তারকা এবং পরে কৃষ্ণবিবরে পরিণত হবে। কিন্তু সূর্যের ভর 1.4 সৌর ভরের কম হওয়ায় তা শ্বেত বামনে পরিণত হয়। তাই বলা যায় সূর্যের নিউট্রন তারকা হবার সম্ভাবনা নেই।

গ



এখানে $q_A = 100C = q_C$

$$AB = BC = CA = 10\text{cm} = 0.1\text{m}$$

$$q_A \text{ চার্জের জন্য B বিন্দুতে প্রাবল্য } E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_A}{AB^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{100}{(0.1)^2} \text{ NC}^{-1}$$

$$= 9 \times 10^{13} \text{ NC}^{-1}$$

আবার, q_C চার্জের জন্য B বিন্দুতে প্রাবল্য $E_2 = 9 \times 10^{13} \text{ NC}^{-1}$

E_1 , AB বরাবর এবং E_2 , CB বরাবর ক্রিয়াশীল।

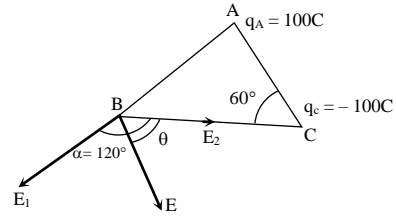
E_1 ও E_2 এর মধ্যবর্তী কোণ, $\theta = 60^\circ$

$$\text{লব্ধি প্রাবল্য } E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos \theta}$$

$$\text{বা, } E = \sqrt{(9 \times 10^{13})^2 + (9 \times 10^{13})^2 + 2 \times 9 \times 10^{13} \times 9 \times 10^{13} \cos 60^\circ}$$

$$\therefore E = 1.56 \times 10^{14} \text{ NC}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ



চিত্রানুসারে, $\theta = 120^\circ$

লব্ধি E, E_2 এর সাথে θ কোণ উৎপন্ন করলে,

$$\tan \theta = \frac{E_1 \sin \theta}{E_2 + E_1 \cos \theta}$$

$$\text{বা, } \tan \theta = \frac{\left| \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{100}{(0.1)^2} \right| \sin 120^\circ}{\left| \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{-100}{(0.1)^2} \right| + \left| \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{100}{(0.1)^2} \right| \cos 120^\circ}$$

$$\tan \theta = \frac{\frac{100}{0.1} \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{100}{0.1} \left(1 - \frac{1}{2} \right)}$$

$$\text{বা, } \tan \theta = \sqrt{3}$$

$$\therefore \theta = 60^\circ$$

কিন্তু $\triangle ABC$ সমবাহু হওয়ায়,

$$\angle ACB = 60^\circ$$

$$\therefore AC \parallel BE$$

সুতরাং, B বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্যের দিক হবে AC এর সমান্তরাল।

প্রশ্ন ১৪ পদার্থ বিজ্ঞান বিষয়ের গবেষক আলী হাসান একটি 1m বাহু বিশিষ্ট বর্গক্ষেত্রের চারকোণায় আধান স্থাপন করে তড়িৎ বিভব নির্ণয়ের পরীক্ষা সম্পন্ন করছিলেন। এজন্য সে বর্গক্ষেত্রের প্রত্যেক কোণায় $Q = 4 \times 10^{-9} \text{ C}$ মানের সমান আধান স্থাপন করেন।

[দিনাজপুর সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. টেসলা কি?

১

খ. পৃথিবীর তড়িৎ বিভব শূন্য- ব্যাখ্যা কর।

২

গ. বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে বিভব বের কর।

৩

ঘ. বর্গক্ষেত্রের তিন কোণায় উক্ত চার্জ অপরিবর্তিত রেখে চতুর্থ কোণায় কত চার্জ স্থাপন করলে বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে বিভব শূন্য হবে।

8

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

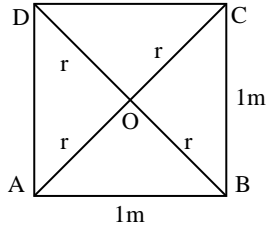
ক. চৌম্বক ক্ষেত্রের একক হলো টেসলা।

খ. পৃথিবী একটি তড়িৎ পরিবাহী। কোনো আহিত বস্তুকে পৃথিবীর সাথে যুক্ত করলে বস্তুটি নিস্ফলিত হয়। ধনাত্মক ভাবে আহিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করলে পৃথিবী থেকে ইলেকট্রন এসে বস্তুকে নিস্ফলিত করে। আর ঋণাত্মকভাবে আহিত বস্তুকে পৃথিবীর সাথে যুক্ত করলে বস্তু থেকে ইলেকট্রন ভূমিতে প্রবাহিত হয়। ফলে বস্তুটি নিস্ফলিত হয়। পৃথিবী এত বিরাট যে, এতে আধান যোগ-বিয়োগ করলে এর বিভবের পরিবর্তন হয় না। পৃথিবী বিভিন্ন বস্তু থেকে আধান গ্রহণ করে আবার সাথে সাথে অন্য বস্তুকে আধান সরবরাহও করে, ফলে পৃথিবীকে আধানহীন মনে হয়। এ কারণে পৃথিবীর বিভব শূন্য।

গ. মনেকরি, ABCD বর্গক্ষেত্রের

A, B, C ও D বিন্দুতে $Q = 4 \times 10^{-9} \text{C}$

মানের আধান স্থাপন করা হয়েছে বর্গক্ষেত্রের কর্ণ AC ও BD পরস্পর O বিন্দুতে ছেদ করেছে।



অতএব O বিন্দুই হবে ABCD বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্র। যেহেতু বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রদ্বয় পরস্পরকে সমকোণে সমদ্বিখন্ডিত করে, সেহেতু

$OA = OB = OC = OD = r$ (ধরি)

ABC সমকোণী ত্রিভুজ হতে পাই,

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

$$\text{বা, } (2r)^2 = 1^2 + 1^2$$

$$\text{বা, } 4r^2 = 2$$

$$\text{বা, } r^2 = \frac{2}{4}$$

$$\text{বা, } r = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\therefore r = 0.707 \text{ m}$$

আমরা জানি,

$$V = 9 \times 10^9 \left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} + \frac{q_3}{r_3} + \frac{q_4}{r_4} \right)$$

$$\text{বা, } V = 9 \times 10^9 \left(\frac{Q}{r} + \frac{Q}{r} + \frac{Q}{r} + \frac{Q}{r} \right)$$

$$\text{বা, } V = 9 \times 10^9 \times \frac{4Q}{r}$$

$$\text{বা, } V = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 4 \times 10^{-9}}{0.707}$$

$$\therefore V = 203.678 \text{ V (Ans.)}$$

ঘ. মনেকরি, চতুর্থ বাহুতে q_4 চার্জ স্থাপন করলে কেন্দ্রে বিভব শূন্য পাওয়া যাবে।

উদ্দীপক অনুসারে,

$$q_1 = q_2 = q_3 = Q = 4 \times 10^{-9} \text{ C}$$

‘গ’ অংশ হতে পাই, $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r$

$$V = 9 \times 10^9 \left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} + \frac{q_3}{r_3} + \frac{q_4}{r_4} \right)$$

$$\text{বা, } 0 = 9 \times 10^9 \left(\frac{Q}{r} + \frac{Q}{r} + \frac{Q}{r} + \frac{q_4}{r} \right)$$

$$\text{বা, } 0 = 9 \times 10^9 \times \frac{3Q + q_4}{r}$$

$$\text{বা, } 9 \times 10^9 (3Q + q_4) = 0$$

$$\text{বা, } 3Q + q_4 = 0$$

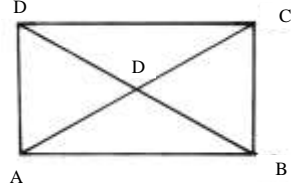
$$\text{বা, } q_4 = -3Q$$

$$\text{বা, } q_4 = -3 \times 4 \times 10^{-9}$$

$$\therefore q_4 = -12 \times 10^{-9} \text{ C}$$

\therefore বর্গক্ষেত্রের তিন কোণায় উক্ত চার্জ অপরিবর্তিত রেখে চতুর্থ কোণায় $-12 \times 10^{-9} \text{ C}$ চার্জ স্থাপন করলে কেন্দ্রে বিভব শূন্য পাওয়া যাবে।

প্রশ্ন ১৫



ABCD বর্গের A, B, C ও D বিন্দুতে যথাক্রমে $+2C$, $+3C$, $-4C$, ও $-5C$ চার্জ স্থাপিত আছে। প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য 0.4m.

[ইঞ্জিনিয়ারিং ইউনিভারসিটি স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. তড়িৎ বিভব কাকে বলে?

১

খ. সমান্তরাল পাত ধারকের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থানে ডাই ইলেকট্রিক স্থাপন করার প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা কর।

২

গ. C বিন্দুতে বিভব নির্ণয় কর।

৩

ঘ. বর্গের কেন্দ্রে তড়িৎ প্রাবল্যের মান ও দিক নির্ণয় কর।

৪

১৫ 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 ধর্মক আধানকে আনতে কৃতকাজকে তড়িৎ বিভব বলে।

খ. দুটি বিন্দু চার্জের মধ্যবর্তী স্থান শূন্য বা বায়ু মাধ্যম ভিন্ন অন্য কোন অপরিবাহী বা অস্ফুরক মাধ্যম হলে বিন্দু চার্জ দুটিকে পরস্পর হতে বিচ্ছিন্ন রাখে। এরূপ মাধ্যমকে তড়িৎ বিভাজক বা ডাই ইলেকট্রিক মাধ্যম বলে। সমান্তরাল পাত ধারকের মাঝে ডাই ইলেকট্রিক স্থাপন করা হয় কারণ এতে সচল ইলেকট্রন থাকে না। ডাই ইলেকট্রিকে কিছু আধান দিলে উক্ত আধান ডাই ইলেকট্রিকের যে অঞ্চলে দেয়া হয় সেখানেই জমা হয়ে থাকে। তাই ডাই-ইলেকট্রিক ব্যবহৃত হয়।

গ. এখানে,

$$A \text{ বিন্দুর চার্জ} = +2C$$

$$B \text{ বিন্দুর চার্জ} = +3C$$

$$C \text{ বিন্দুর চার্জ} = -4C$$

$$D \text{ বিন্দুর চার্জ} = -5C$$

A থেকে C বিন্দুর দূরত্ব

$$r_A = \sqrt{(0.4\text{m})^2 + (0.4\text{m})^2}$$

$$= 0.57 \text{ m}$$

B ও D থেকে C বিন্দুর (r_B/r_D) দূরত্ব $= 0.4\text{m}$

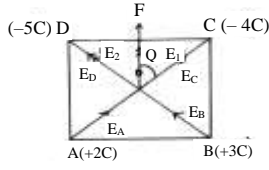
$$\therefore C \text{ বিন্দুর বিভব} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_A}{r_A} + \frac{q_B}{r_B} + \frac{q_D}{r_D} \right)$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{+2C}{0.57\text{m}} + \frac{+3C}{0.4\text{m}} + \frac{-5C}{0.4\text{m}} \right)$$

$$= 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times (-1.49 \text{ Cm}^{-1})$$

$$= -1.34 \times 10^{10} \text{ Volts. (Ans.)}$$

ঘ



এখানে,

A, B, C, D বিন্দু হতে

$$O \text{ বিন্দুর দূরত্ব } d = \frac{0.4}{\sqrt{2}} \text{ m}$$

$$= 0.28 \text{ m}$$

A বিন্দুতে +2C চার্জের জন্য O বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য,

$$E_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{2C}{d^2}$$

C বিন্দুতে -4C চার্জের জন্য O বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য,

$$E_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{4C}{d^2}$$

∴ A ও C বিন্দুতে চার্জের জন্য O বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য,

$$E_1 = E_A + E_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{2C}{d^2} + \frac{4C}{d^2} \right)$$

অনুরূপভাবে, B ও C বিন্দুতে চার্জের জন্য O বিন্দুতে লব্ধি, $E_2 = E_B$

$$+ E_D = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{3C}{d^2} + \frac{5C}{d^2} \right)$$

∴ লব্ধি প্রাবল্য $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$

$$= \sqrt{\left\{ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{6C}{d^2} \right) \right\}^2 + \left\{ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{8C}{d^2} \right) \right\}^2}$$

$$= \sqrt{\left(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{6C}{0.28^2} \right)^2 + \left(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{8C}{0.28^2} \right)^2}$$

$$= 3.21 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1}$$

লব্ধি প্রাবল্য E, E₁ এর সাথে θ কোণ উৎপন্ন করলে,

$$\tan\theta = \frac{E_2 \sin\alpha}{E_1 + E_2 \cos\alpha}$$

$$= \frac{E_2}{E_1} \quad [\text{যেহেতু } \alpha = 90^\circ]$$

$$\text{বা, } \theta = \tan^{-1} \frac{E_2}{E_1}$$

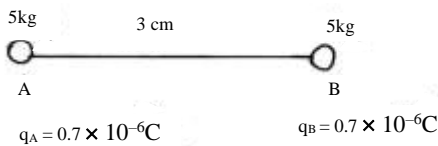
$$= \tan^{-1} \frac{9.184 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1}}{6.89 \times 10^{11} \text{ NC}^{-1}}$$

$$= \tan^{-1} (1.332)$$

$$= 53.12^\circ$$

প্রাবল্যের লব্ধি, E₁ এর সাথে 53.12° কোণ উৎপন্ন করে।

প্রশ্ন ১৬



[সাভার ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, ঢাকা]

ক. তড়িৎ দ্বিমের কী?

১

খ. অপরিবাহী পদার্থকে দ্বিতাড়িতিক মাধ্যম বলা হয় কেন?

২

গ. A ও B গোলকদ্বয়ের মধ্যবর্তী কুলম্ব বলের পরিমাণ কত?

৩

ঘ. দূরত্ব অপরিবর্তিত রেখে B গোলকটিকে A এর উপর উলম্ব বরাবর শূন্যে স্থাপন করলে সেটি সাম্যাবস্থায় থাকবে কিনা যাচাই কর।

৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. একজোড়া সমান ও বিপরীত বিন্দু আধান অল্প দূরত্বে অবস্থিত থাকলে তাকে তড়িৎ দ্বিমের বলা।

খ. অপরিবাহী পদার্থের মধ্য দিয়ে কোন আধান চলাচল করতে পারে না। এজন্য অপরিবাহী পদার্থকে দ্বিতাড়িতিক মাধ্যম বলা হয়। এরূপ দ্বিতাড়িতিক মাধ্যম হচ্ছে কাচ ও রাবার, অ্যাম্বার ইত্যাদি।

গ. এখানে,

A গোলকের আধান, $q_A = 0.7 \times 10^{-6} \text{ C}$ B গোলকের আধান, $q_B = 7 \times 10^{-6} \text{ C}$ কুলম্বের ধ্রুবক $C = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$ A ও B গোলকের মধ্যবর্তী কুলম্ব বল $F = ?$ A ও B গোলকের মধ্যবর্তী দূরত্ব $d = 3 \text{ cm} = 3 \times 10^{-2} \text{ m}$

আমরা জানি,

$$F = C \cdot \frac{q_A q_B}{d^2}$$

$$\text{বা, } F = 9 \times 10^9 \times \frac{0.7 \times 10^{-6} \times 7 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-2})^2}$$

$$\therefore F = 49 \text{ N (Ans.)}$$

ঘ. এখানে,

A গোলকের ভর, $m_A = 5 \text{ kg}$ B গোলকের ভর, $m_B = 5 \text{ kg}$ A ও B গোলকের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}$ মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, $G' = 6.673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$ গোলকদ্বয়ের মধ্যবর্তী কুলম্ব বল (বিকর্ষণ), $F = 49 \text{ N}$ [গ হতে]গোলকদ্বয়ের মধ্যবর্তী মহাকর্ষ বল $= F'$ (ধরি)

আমরা জানি,

$$F' = \frac{G' m_A m_B}{d^2}$$

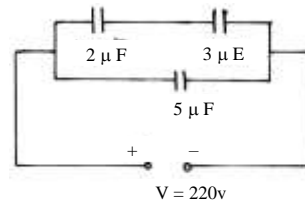
$$\text{বা, } F' = \frac{6.673 \times 10^{-11} \times 5 \times 5}{(0.03)^2}$$

$$\therefore F' = 1.854 \times 10^{-6} \text{ N}$$

যেহেতু, $F \neq F'$

সুতরাং, দূরত্ব অপরিবর্তিত রেখে B গোলকটিকে A এর উপর উলম্ব বরাবর শূন্যে স্থাপন করলে সেটি সাম্যাবস্থায় থাকবে না।

প্রশ্ন ১৭ একটি বর্তনী চিত্র নিচে দেখানো হলো:-



[সেন্ট্রাল উইমেন্স কলেজ, ঢাকা]

ক. চার্জ কাকে বলে?

১

খ. সমান্তরাল পাত ধারকের পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থান ডাই-ইলেকট্রিক পদার্থ স্থাপন করার প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা কর।

২

গ. উদ্দীপকের প্রদর্শিত বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব বের কর।

৩

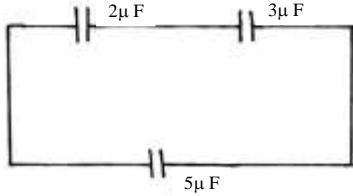
ঘ. উদ্দীপকে প্রদর্শিত ধারক তিনটিটিকে কীভাবে যুক্ত করলে বেশি শক্তি সঞ্চিত থাকবে বলে ভুমি মনে কর? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। 8

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. পদার্থ সৃষ্টিকারী মৌলিক কণার বৈশিষ্ট্যমূলক ও মৌলিক ধর্মকে চার্জ বা আধান বলে।

খ. দুটি বিন্দু চার্জের মধ্যবর্তী স্থান শূন্য বা বায়ু মাধ্যম ভিন্ন অন্য কোন অপরিবাহী বা অস্ফ্রক মাধ্যম হলে বিন্দু চার্জ দুটিকে পরস্পর হতে বিচ্ছিন্ন রাখে। এরূপ মাধ্যমকে তড়িৎ বিভাজক বা ডাই ইলেকট্রিক মাধ্যম বলে। সমান্তরাল পাত ধারকের মাঝে ডাই ইলেকট্রিক স্থাপন করা হয় কারণ এতে সচল ইলেকট্রন থাকে না। ডাই ইলেকট্রিককে কিছু আধান দিলে উক্ত আধান ডাই ইলেকট্রিকের যে অঞ্চলে দেয়া হয় সেখানেই থাকে। তাই সমান্তরাল পাত ধারকের মাঝে ডাই ইলেকট্রিক পদার্থ স্থাপন করা হয়।

গ. $2\mu\text{F}$ ও $3\mu\text{F}$ ধারকদ্বয় শ্রেণি সমবায়ে আছে। এবং এদের তুল্য ধারকত্ব C_s হলে,



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

$$C_s = \left(\frac{1}{2\mu\text{F}} + \frac{1}{3\mu\text{F}} \right)^{-1}$$

$$= 1.2\mu\text{F}$$

$$\therefore \text{বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব} = (1.2\mu\text{F} + 5\mu\text{F})$$

$$= 6.2\mu\text{F} \text{ (Ans.)}$$

ঘ. আমরা জানি,

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

অর্থাৎ, বর্তনীর তুল্য ধারকত্ব যত বেশি হবে তত বেশি শক্তি সঞ্চিত থাকবে।

তুল্য ধারকত্ব সবচেয়ে বেশি হবে যদি ধারকগুলো সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত থাকে। তখন,

$$\text{তুল্য ধারকত্ব, } C_p = 2\mu\text{F} + 3\mu\text{F} + 5\mu\text{F}$$

$$= 10\mu\text{F}$$

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

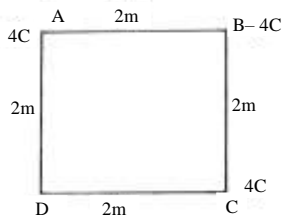
$$\text{বিভব, } V = 220\text{V}$$

$$\therefore \text{সঞ্চিত শক্তি } U = \frac{1}{2} \times (10 \times 10^{-6}\text{F}) \times (220\text{V})^2$$

$$= 0.242\text{J}$$

এটাই সর্বোচ্চ সঞ্চিত শক্তি যা ধারকগুলো সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করলে পাওয়া যাবে।

প্রশ্ন ১৮



চিত্রে 2m বাহু বিশিষ্ট একটি বর্গক্ষেত্রে যথাক্রমে $4C$, $-4C$ ও $4C$ চার্জ আছে।

[সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল]

ক. বিন্দু চার্জ কাকে বলে? 1

খ. অস্থায়ী চুম্বক তৈরীতে কাঁচা লোহা ব্যবহার করা হয় কেন? 2

গ. D বিন্দুতে বিভবের পরিমাণ নির্ণয় কর। 3

ঘ. বর্গক্ষেত্রটির কেন্দ্রে প্রাবল্যের মান ও দিক সম্পর্কে মতামত দাও। 8

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. একটি আহিত বস্তু যখন খুব ছোট হয় অর্থাৎ বস্তুটি যদি খুব ছোট বিন্দুর ন্যায় হয় তখন সেই বস্তুর আধানকে বিন্দু আধান বলে।

খ. কাঁচা লোহার ডোমেইনগুলোকে বহিঃ চৌম্বকক্ষেত্রের প্রভাবে সহজে বিন্যস্ত করে চুম্বকে পরিণত করা যায় কিন্তু চৌম্বকক্ষেত্রের অপসারণে এরা আবার বিক্ষিপ্ত অবস্থায় ফিরে এলে এর চৌম্বকত্ব নষ্ট হয়ে যায়। এজন্য অস্থায়ী চুম্বক তৈরীতে কাঁচা লোহা ব্যবহার করা হয়,

গ. এখানে,

$$A \text{ বিন্দুতে আধান } q_A = 4C$$

$$B \text{ বিন্দুতে আধান } q_B = -4C$$

$$C \text{ বিন্দুতে আধান } q_C = 4C$$

$$AB = BC = CD = DA = 2\text{m}$$

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

$$D \text{ বিন্দুতে বিভব } V_D = ?$$

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

$$\text{আমরা জানি, } V_D = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_A}{AD} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_B}{BD} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_C}{CD}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left\{ \frac{4}{2} + \frac{(-4)}{2\sqrt{2}} + \frac{4}{2} \right\}$$

$$= 9 \times 10^9 \times 2.586$$

$$= 2.33 \times 10^{10}\text{V (Ans.)}$$

ঘ. এখানে,

$$q_A = 4C$$

$$q_B = -4C$$

$$q_C = 4C$$

$$AB = BC = CD = DA = 2\text{m}$$

কেন্দ্র থেকে যে কোন কৌণিক বিন্দুর দূরত্ব, $r = \frac{AB\sqrt{2}}{2}$

$$\text{বা, } r = \frac{2\sqrt{2}}{2}\text{m}$$

$$\therefore r = \sqrt{2}\text{m}$$

$$q_A \text{ চার্জের জন্য কেন্দ্রে } \vec{AC} \text{ বরাবর প্রাবল্য, } E_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_A}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{4}{(\sqrt{2})^2}$$

$$= 18 \times 10^9 \text{ NC}^{-1}$$

$$q_C \text{ চার্জের জন্য কেন্দ্রে } \vec{CA} \text{ বরাবর প্রাবল্য, } E_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_C}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{4}{(\sqrt{2})^2}$$

$$= 18 \times 10^9 \text{ NC}^{-1}$$

$$q_B \text{ চার্জের জন্য কেন্দ্রে } \vec{DB} \text{ বরাবর প্রাবল্য, } E_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_B}{r^2}$$

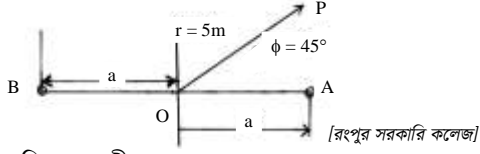
$$= 9 \times 10^9 \times \frac{-4}{(\sqrt{2})^2}$$

$$= 18 \times 10^9 \text{ NC}^{-1}$$

E_A ও E_C সমান ও বিপরীতমুখী হওয়ায় তারা পরস্পরকে নিষ্ক্রিয় করে।

সুতরাং, কেন্দ্রে প্রাবল্য $18 \times 10^9 \text{ NC}^{-1}$ এবং তা \vec{DB} বরাবর।

প্রশ্ন ১৯



- ক. পোস্ট অফিস বক্স কী? ১
খ. জুলের তাপীয় ক্রিয়ায় $H \propto R$; তাহলে জুলের ক্যালরিমিটারে একটি নির্দিষ্ট বৈদ্যুতিক উৎসের ক্ষেত্রে রোধ বৃদ্ধি করলে কি ক্যালরিমিটারের তরলের তাপমাত্রাও বৃদ্ধি পাবে? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. A ও B বিন্দুতে $10\mu\text{C}$ চার্জ পরস্পর হতে 1m দূরত্বে অবস্থান করলে P বিন্দুতে বিভবের রাশিমালা নির্ণয় কর। ৩
ঘ. P বিন্দুতে 2C চার্জ স্থাপন করতে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ হিসাব কর। ৪

১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে রোধ বাক্সের রোধগুলোকে হুইটস্টোন ব্রিজের তিনটি বাহু হিসেবে বিবেচনা করে এর সাহায্যে হুইটস্টোন ব্রিজের নীতি ব্যবহার করে কোনো অজানা রোধ নির্ণয় করা যায়, তাকে পোস্ট অফিস বক্স বলে।

খ জুলের তাপীয় ক্রিয়ায় $H \propto R$; সুত্রানুসারে ভিন্ন ভিন্ন রোধের পরিবাহীর ভেতর দিয়ে একই পরিমাণ প্রবাহ একই সময় ধরে চালালে, রোধ দ্বিগুণ হলে উদ্ভূত তাপ দ্বিগুণ হবে, রোধ তিনগুণ হলে উদ্ভূত তাপও তিনগুণ হবে। তাহলে জুলের ক্যালরিমিটারে একটি নির্দিষ্ট বৈদ্যুতিক উৎসের ক্ষেত্রে রোধ বৃদ্ধি করলে ক্যালরি মিটারের তরলের তাপমাত্রাও বৃদ্ধি পাবে।

গ উদ্দীপক অনুসারে,

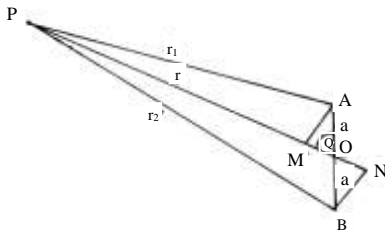
A বিন্দুতে চার্জ, $q = 10\mu\text{C} = 10 \times 10^{-6}\text{C}$

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

OA = OB = a = 0.5m

OP = r = 5m

A ও B বিন্দু থেকে OP সংযোগ রেখার উপর যথাক্রমে AM ও BN লম্ব রেখা টানি।



চিত্র হতে পাই,

$$\angle AOM = \angle BON = \phi = 45^\circ$$

$$\therefore OM = ON = a \cos \phi$$

$$AP = r_1 = MP = OP - OM = r - a \cos \phi$$

$$BP = r_2 = NP = OP + ON = r + a \cos \phi$$

সুতরাং, P বিন্দুর বিভব,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{r_1} + \frac{q}{r_2} \right)$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{r - a \cos \phi} + \frac{q}{r + a \cos \phi} \right)$$

$$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{r + a \cos \phi + r - a \cos \phi}{(r - a \cos \phi)(r + a \cos \phi)} \right]$$

$$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2r}{r^2 - a^2 \cos^2 \phi}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{2qr}{r^2 - a^2 \cos^2 \phi}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10 \times 10^{-6} \times 5}{5^2 - (0.5)^2 \cos^2 45^\circ}$$

$$= 3.618 \times 10^4 \text{V (Ans.)}$$

ঘ 'গ' অংশ হতে পাই,

P বিন্দুতে বিভব, $V = 3.618 \times 10^4 \text{V}$

P বিন্দুতে আধান, $q_0 = 2\text{C}$

সম্পাদিত কাজ, $W = ?$

আমরা জানি,

$$V = \frac{W}{q_0}$$

$$\text{বা, } W = V \times q_0$$

$$\text{বা, } W = 3.618 \times 10^4 \times 2$$

$$\therefore W = 7.236 \times 10^4 \text{J}$$

$$\therefore \text{সম্পাদিত কাজের পরিমাণ হবে } 7.236 \times 10^4 \text{J}$$

প্রশ্ন ২০ কয়েকজন ছাত্র ব্যবহারিক ক্লাসে একটি পরীক্ষা করছে। পরীক্ষাটিতে তারা সরল কুপরিবাহী তার দ্বারা দুটি তামার রডকে ঝুলিয়ে পরস্পর হতে 2m দূরত্বে স্থাপন করে। তারপর রড দুটিতে $2.5 \times 10^{-5}\text{C}$ চার্জ দ্বারা চার্জিত করল। এতে তারা দেখল যে, রড দুটি পরস্পরকে বিকর্ষণ করে দূরে ছিটকে যাচ্ছে। [নোয়াখালী সরকারি কলেজ]

ক. তড়িৎ চৌম্বকীয় বল কী? ১

খ. পৃথিবীর বিভব শূন্য ধরা হয় কেন— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. ছাত্রদের ব্যবহৃত রডদ্বয়ের মধ্যকার বলের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. যদি রড দুটিকে 100 তড়িৎ মাধ্যমাক্ষের অন্য কোন মাধ্যমে রাখা হয়, তবে রডদ্বয়ের মধ্যবর্তী ক্রিয়াশীল বলের মধ্যে কোন পরিবর্তন হবে কী? তোমার মতামত বিশ্লেষণ কর। ৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি গতিশীল আধানের মধ্যবর্তী বলকে তড়িৎ চৌম্বকীয় বল বলে।

খ পৃথিবী তড়িৎ পরিবাহী। কোনো চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে তা নিস্ফলিত হয়। ধনাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে পৃথিবী থেকে ইলেকট্রন এসে বস্তুটিকে নিস্ফলিত করে। আর ঋণাত্মক চার্জিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করা হলে বস্তু থেকে ইলেকট্রন পৃথিবীতে চলে যায় ফলে বস্তুটি নিস্ফলিত 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 নিস্ফলিত হয়। তাই পৃথিবীর বিভব শূন্য এবং ভূ-সংযুক্ত পরিবাহীর বিভবও শূন্য।

গ এখানে,

রড দুটিতে আধানের পরিমাণ $q_1 = q_2 = 2.5 \times 10^{-5}\text{C}$

রডদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব $d = 2\text{m}$

রডদ্বয়ের মধ্যকার বল $F = ?$

$$\text{আমরা জানি, } F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

$$\text{বা, } F = 9 \times 10^9 \times \frac{2.5 \times 10^{-5} \times 2.5 \times 10^{-5}}{2^2}$$

$$\therefore F = 1.4063 \text{ N (Ans.)}$$

ঘ গ হতে প্রাপ্ত, রড দ্বয়ের মধ্যবর্তী ক্রিয়াশীল বল $F = 1.4063N$

রডদ্বয়ের আধানের পরিমাণ, $q_1 = q_2 = 2.5 \times 10^{-5}C$

মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 2m$

দ্বিতীয় মাধ্যমের তড়িৎ মাধ্যমাক্ষ, $K = 100$

দ্বিতীয় মাধ্যমে রড দ্বয়ের মধ্যবর্তী বল $= F' N$ (ধরি)

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

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } F' = \frac{9 \times 10^9}{100} \times \frac{2.5 \times 10^{-5} \times 2.5 \times 10^{-5}}{2^2}$$

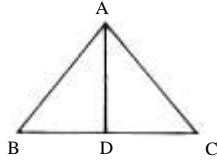
$$\text{বা, } F' = \frac{1.4063}{100}$$

$$\text{বা, } F' = \frac{F}{100}$$

$$\therefore F = 0.01F$$

সুতরাং, রড দুটিকে 100 তড়িৎ মাধ্যমাক্ষের কোন মাধ্যমে রাখলে ক্রিয়াশীল বল পূর্বের ক্রিয়াশীল বলের 0.01 গুণ হয়।

প্রশ্ন ২১ ABC একটি সমবাহু ত্রিভুজের তিন শীর্ষ বিন্দুতে $2C$ মানের তিনটি তড়িৎ আধান রাখা আছে। ত্রিভুজের প্রত্যেক বাহুর দৈর্ঘ্য $1m$ । BC বাহুর মধ্যবিন্দু D। A বিন্দুর চার্জে $1 kW$ হারে শক্তি সরবরাহ করে একে অপর দুটি আধানযুক্ত বিন্দুর মধ্যবিন্দু বিন্দুতে আনতে সময় লাগে 5 সেকেন্ড।



[ঝালকাঠি সরকারি কলেজ]

- ক. কোনো মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা কাকে বলে? ১
- খ. আধানের নিত্যতা কী? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. A ও D বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. C বিন্দুর আধান $2C$ এর পরিবর্তে $1C$ স্থাপন করলে C বিন্দুটি স্থির থাকবে কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। [এ ক্ষেত্রে তলের স্থিতি ঘর্ষণ গুণাংক শূন্য, C বিন্দুর ভর $1g$ এবং $g = 9.8ms^{-2}$] ৪

২১ 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 আধানকে সৃষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না। কোনো প্রক্রিয়ায় আধানকে স্থানান্তরিত করা যায় কিন্তু কোনো নতুন আধান সৃষ্টি করা যায় না, ধ্বংসও করা যায় না। যেমন— কাচদণ্ডকে যদি রেশমি কাপড় দ্বারা ঘর্ষণ করা হয় তখন কাচদণ্ড ঋণাত্মক চার্জে চার্জিত হয় অর্থাৎ কাচদণ্ডে ইলেকট্রনের ঘাটতি ঘটে। রেশমি কাপড় ঋণাত্মক চার্জে চার্জিত হয়, অর্থাৎ রেশমি কাপড়ে ইলেকট্রনের অধিক্য ঘটে। পরীক্ষা করে দেখা গেছে, কাচদণ্ড থেকে যে পরিমাণ ঋণাত্মক চার্জ স্থানান্তরিত হয় রেশমি কাপড়ে ঠিক সেই পরিমাণ ঋণাত্মক চার্জের আবির্ভাব হয়।

অর্থাৎ ঘর্ষণের ফলে আধানের সৃষ্টি হয় না। আধান শুধুমাত্র এক বস্তু থেকে অন্য বস্তুতে স্থানান্তরিত হয়। এটিই আধানের নিত্যতা।

গ দেওয়া আছে,

স্থানান্তরিত আধানের মান, $q = 2C$

প্রযুক্ত শক্তি, $P = 1 kW = 1000Js^{-1}$

সময়কাল, $t = 5 sec$

বের করতে হবে, বিভব পার্থক্য, $V = ?$

আমরা জানি, $W = qV$ এবং $W = Pt$

$$\therefore qV = Pt$$

$$\therefore V = \frac{Pt}{q} = \frac{1000Js^{-1} \times 5sec}{2C}$$

$$= \frac{5000J}{2C}$$

$$= 2500JC^{-1}$$

$$= 2500Volt (Ans.)$$

ঘ মনে করি, ABC ত্রিভুজটি উল্লম্বভাবে রক্ষিত।

এখানে, A বিন্দুতে রক্ষিত আধান, $q_1 = +2C$

B বিন্দুতে রক্ষিত আধান, $q_2 = +2C$

এবং C বিন্দুতে রক্ষিত আধান, $q_3 = +1C$

$$q_3 \text{ এর উপর } q_1 \text{ কর্তৃক প্রযুক্ত তড়িৎ বিকর্ষণ বল, } F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_3}{AC^2}$$

$$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{2C \times 1C}{(1m)^2}$$

$$= 1.8 \times 10^{10}N, AC \text{ বরাবর}$$

$$q_3 \text{ এর উপর } q_2 \text{ কর্তৃক প্রযুক্ত তড়িৎ বিকর্ষণ বল, } F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2 q_3}{BC^2}$$

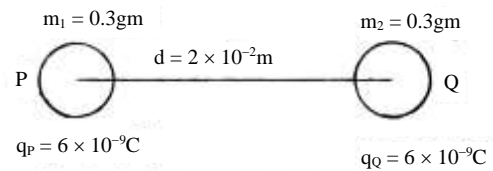
$$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{2C \times 1C}{(1m)^2} = 1.8 \times 10^{10}N, BC \text{ বরাবর}$$

F_1 এবং F_2 এর লব্ধি C হতে AB এর উপর অংকিত লম্বের বিপরীতে ক্রিয়া করবে। অপরদিকে C বিন্দুতে স্থাপিত $1C$ মানের এবং $1gm$ ভরের চার্জিত বস্তুটির ওজন উল্লম্ব নিচের দিকে ক্রিয়া করবে।

$$\text{ওজনের মান, } W = mg = 1gm \times 9.8ms^{-2} = 0.001kg \times 9.8ms^{-2} = 0.0098N$$

তড়িৎ বিকর্ষণ বলের লব্ধি এবং ওজন পরস্পর অসমান মানের এবং এদের দিকও পরস্পর বিপরীত নয়। সুতরাং C বিন্দুর আধান $2C$ এর পরিবর্তে $1C$ স্থাপন করলে C বিন্দুটি স্থির থাকবে না।

প্রশ্ন ২২



[মোহাম্মদপুর প্রিপারেটরি স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

- ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কী? ১
- খ. অপরিবাহী পদার্থের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয় না কেন? ২
- গ. শোলা গোলকদ্বয়ের মধ্যবর্তী কুলম্ব বলের পরিমাণ কত হবে? ৩

ঘ. দূরত্ব একই রেখে Q গোলকটিকে P এর উল-ম্ম বরাবর শূন্য স্থাপন করলে সেটি সাম্যবস্থায় থাকবে কিনা যাচাই কর। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ তড়িৎ প্রবাহিত হতে হলে আধান বাহক থাকতে হবে, যেমন, মুক্ত ইলেকট্রন বা হোল। অপরিবাহী পদার্থের মধ্যে মুক্ত ইলেকট্রন বা হোল থাকে না। তাই অপরিবাহী পদার্থের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয় না।

গ দেওয়া আছে,

গোলকদ্বয়ের চার্জের মান, $q_P = q_Q = 6 \times 10^{-9} \text{C}$

এদের মধ্যকার দূরত্ব, $d = 2 \times 10^{-2} \text{m}$

জানা আছে, কুলম্বের ধ্রুবক, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2}$

বের করতে হবে, গোলকদ্বয়ের মধ্যবর্তী কুলম্বীয় বল, $F = ?$

আমরা জানি, $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_P q_Q}{d^2}$

$$= 9 \times 10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{(6 \times 10^{-9} \text{C})^2}{(2 \times 10^{-2} \text{m})^2}$$

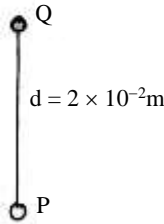
$$= 810 \times 10^{-6} \text{N (Ans.)}$$

ঘ গোলকদ্বয়ের ভর, $m_1 = m_2 = 0.3 \text{ gm} = 0.3 \times 10^{-3} \text{kg}$

গোলকদ্বয়ের মধ্যকার মহাকর্ষীয় বল, $F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$

$$= 6.673 \times 10^{-11} \text{Nm}^2\text{kg}^{-2} \times \frac{(0.3 \times 10^{-3} \text{kg})^2}{(2 \times 10^{-2} \text{m})^2}$$

$$= 1.5 \times 10^{-14} \text{N}$$



গোলকদ্বয়ের মধ্যকার মহাকর্ষীয় বল হলো আকর্ষণ মূলক এবং এদের চার্জ সমপ্রকৃতির হওয়ায় কুলম্বীয় বল হলো বিকর্ষণমূলক। তাই মহাশূন্যে (অর্থাৎ তৃতীয় কোনো অভিকর্ষ ক্ষেত্রের বাইরে) এদেরকে এভাবে স্থাপন করা হলে মহাকর্ষীয় বল ও কুলম্বীয় বল অসমান হওয়ায় $(1.5 \times 10^{-14} \text{N} \neq 810 \times 10^{-6} \text{N})$ এরা সাম্যাবস্থায় থাকবে না।

আর যদি ভূপৃষ্ঠে এদেরকে এভাবে স্থাপন করা হয় তাহলে কী ঘটবে, সেটা এখন বিশ্লেষণ করি।

Q গোলকের ওজন, $W = mg = 0.3 \times 10^{-3} \text{kg} \times 9.8 \text{ms}^{-2} = 2.94 \times 10^{-3} \text{N}$.

\therefore এমতাবস্থায় Q গোলকের ওপর নিচের দিকে ক্রিয়ারত মোট বল = Q গোলকের ওজন + Q গোলকের ওপর P গোলকের মহাকর্ষীয় টান

$$= 2.94 \times 10^{-3} \text{N} + 1.5 \times 10^{-14} \text{N} \approx 2.94 \times 10^{-3} \text{N}$$

(কারণ $2.94 \times 10^{-3} \text{N} \gg 1.5 \times 10^{-14} \text{N}$)

এবং Q গোলকের ওপর উল্লম্ব উপরের দিকে ক্রিয়ারত বল

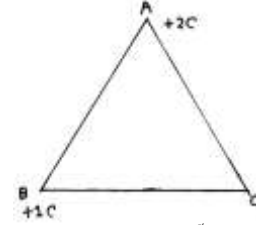
$$= 810 \times 10^{-6} \text{N}$$

যেহেতু $2.94 \times 10^{-3} \text{N} \neq 810 \times 10^{-6} \text{N}$

অর্থাৎ, Q গোলকের ওপর নিচের দিকে বল \neq উপরের দিকে বল সুতরাং, পৃথিবী পৃষ্ঠের ওপর বা নিকট P ও Q গোলকদ্বয়কে বর্ণিত অবস্থায় রাখা হলেও Q গোলকটি সাম্যাবস্থায় থাকবে না।

প্রশ্ন ২৩ নিম্নের চিত্রে ABC একটি সমবাহু ত্রিভুজ। যার প্রত্যেক বাহুর দৈর্ঘ্য 2m।

$$A \quad +2C$$



[উত্তরা হাই স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে? ১

খ. তাপমাত্রা বাড়লে তামার তারের পরিবাহিতা কমে কেন? ২

গ. AB বাহুর কোন বিন্দুতে চার্জ দুটির প্রাবল্যদ্বয়ের মান সমান হবে তা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে A ও B বিন্দুর চার্জের জন্য C বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্যের মান ও দিক গাণিতিকভাবে বের কর। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুইটি সমপরিমাণ কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দু চার্জ পরস্পরের খুব কাছাকাছি থাকলে একটি তড়িৎ দ্বিমেরু গঠিত হয়।

খ তড়িৎ পরিবাহীতে বহু সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। পরিবাহকের দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো আন্দোলিত হয়ে আণবিক স্থানের মধ্যে দিয়ে চলার সময় অণু পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয়। ফলে পরিবাহীতে রোধের সৃষ্টি হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে অতিরিক্ত শক্তি পাওয়ায় পরিবাহকের অণু পরমাণুগুলোর কম্পন বেড়ে যায়। ফলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলোর সাথে এদের সংঘর্ষ বৃদ্ধি পায়। সাথে সাথে রোধও বাড়তে থাকে।

আবার, পরিবাহিতা, $G = \frac{1}{R}$ সমীকরণ অনুসারে রোধ বাড়লে পরিবাহিতা কমে যাবে।

গ দেওয়া আছে,

প্রত্যেক বাহুর দৈর্ঘ্য, $a = 2 \text{m}$

A বিন্দুতে চার্জের পরিমাণ, $q_A = +2C$

B বিন্দুতে চার্জের পরিমাণ, $q_B = +1C$

ধরি, A বিন্দু হতে x m দূরে চার্জ দুটির প্রাবল্যদ্বয়ের মান সমান।

সুতরাং,

$$k \frac{q_A}{x^2} = k \frac{q_B}{(2-x)^2}$$

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

$$\text{বা, } 8 - 8x + 2x^2 = x^2$$

$$\text{বা, } x^2 - 8x + 8 = 0$$

$$\text{বা, } x = \frac{8 \pm \sqrt{64 - 32}}{2}$$

$$= 1.17, -6.83 \text{ m}$$

এক্ষেত্রে 6.83m ঋনাত্মক হওয়ায় এটি গ্রহণযোগ্য নয়, তাই নির্ণেয় সমাধান, $x = 1.17 \text{m}$ ।

A বিন্দু হতে 1.17 m দূরে চার্জ দুটির প্রাবল্যদ্বয়ের মান সমান। (Ans.)

ঘ দেওয়া আছে,

প্রতি বাহুর দৈর্ঘ্য, $a = 2 \text{m}$

A বিন্দুতে চার্জের পরিমাণ, $q_A = 2C$

B বিন্দুতে চার্জের পরিমাণ, $q_B = 1C$

এখন,

A বিন্দুর চার্জের দরুন C বিন্দুতে সৃষ্ট প্রাবল্য,

$$F_A = k \frac{q_A}{2^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{2}{4}$$

$$\therefore E_A = 4.5 \times 10^9 \text{ N/C}$$

B বিন্দুর চার্জের দরুন C বিন্দুতে সৃষ্ট প্রাবল্য,

$$E_B = k \frac{q_B}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{1}{4}$$

$$= 2.25 \times 10^9 \text{ N/C}$$

$$\therefore \text{লব্ধি প্রাবল্য, } E = \sqrt{E_A^2 + E_B^2 + 2E_A E_B \cos \theta}$$

$$= \{(4.5 \times 10^9)^2 + (2.25 \times 10^9)^2 + 2 \times 4.5 \times 10^9 \times$$

$$2.25 \times 10^9 \times \cos 60^\circ\}^{\frac{1}{2}}$$

$$= 5.95 \times 10^9 \text{ N/C}$$

ধরি, লব্ধি প্রাবল্য E , E_B এর দিকের সাথে θ কোণ তৈরি করে।

$$\text{অতএব } \tan \theta = \frac{E_A \sin 60^\circ}{E_B + E_A \cos 60^\circ}$$

$$\text{বা, } \tan \theta = \frac{4.5 \times 10^9 \times \sin 60^\circ}{2.25 \times 10^9 + 4.5 \times 10^9 \cos 60^\circ}$$

$$\therefore \theta = 40.89^\circ \text{ (Ans.)}$$

প্রশ্ন ▶ ২৪ বিজ্ঞানের ছাত্র অলক একটি ইলেকট্রন ও প্রোটনের মধ্যে কুলম্ব বল নির্ণয় করলো। অপর দিকে অলকের বন্ধু ঝালক ইলেকট্রন ও প্রোটনের মধ্যে মহাকর্ষ বল নির্ণয় করে দাবি করলো কুলম্ব বলের চেয়ে মহাকর্ষ বলের মান বেশি হবে। [ইলেকট্রন ও প্রোটনের মধ্যবর্তী দূরত্ব $4 \times 10^{-15} \text{ m}$; প্রোটনের ভর $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ এবং $G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$]

[দিনিয়া কলেজ, ঢাকা]

ক. অর্ধজীবন কাকে বলে?

১

খ. ইয়ং-এর দ্বি-চির পরীক্ষায় ব্যবহৃত দুটি চিরের একটি বন্ধ করে দিলে পর্দায় ডোরার কীরূপ পরিবর্তন দেখা যাবে?

২

গ. উদ্ভীপকের তথ্য থেকে মহাকর্ষ বলের মান নির্ণয় কর।

৩

ঘ. অলকের বন্ধু ঝালকের দাবি সঠিক ছিলো কি-না? গাণিতিক যুক্তি দাও।

৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের প্রারম্ভিক বা উপস্থিত অক্ষত পরমাণুগুলোর অর্ধেক পরিমাণ ক্ষয় হতে যে সময় লাগে তাকে ঐ পদার্থের অর্ধায়ু বা অর্ধজীবন বলে।

খ ইয়ং-এর দ্বিচির পরীক্ষায় ব্যবহৃত দুটি চিরের একটি বন্ধ করে দিলে তখন ব্যতিচারের বদলে অপবর্তন সৃষ্টি হবে। এটি হবে একক চিরের দরুন অপর্তন। ব্যতিচারের ক্ষেত্রে যদিও উজ্জ্বল ও অন্ধকার ডোরাগুলোর প্রস্থ সমান ছিল, কিন্তু অপবর্তনে উজ্জ্বল ও অন্ধকার ডোরাগুলোর প্রস্থ সমান হবে না। কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরাটি সবচেয়ে পুরু হবে।

গ দেওয়া আছে,

$$\text{দূরত্ব, } d = 4 \times 10^{-15} \text{ m}$$

$$\text{প্রোটনের ভর, } m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{ইলেকট্রনের ভর, } m_e = 9.31 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{মহাকর্ষীয় ধ্রুবক, } G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$$

আমরা জানি,

$$\text{মহাকর্ষীয় বল, } F_G = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

$$= 6.673 \times 10^{-11} \times \frac{1.67 \times 10^{-27} \times 9.31 \times 10^{-31}}{(4 \times 10^{-15})^2}$$

$$\therefore F_G = 6.48 \times 10^{-39} \text{ N (Ans.)}$$

ঘ আমরা জানি,

$$\text{প্রোটনের চার্জ, } q_p = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{ইলেকট্রনের চার্জ, } q_e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

দেওয়া আছে,

$$\text{দূরত্ব, } d = 4 \times 10^{-15} \text{ m}$$

সুতরাং বিপরীত ধর্মী চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী আকর্ষণধর্মী

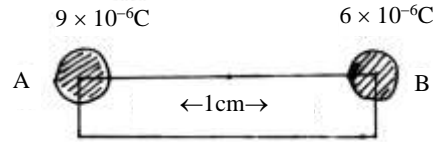
$$\text{কুলম্ব বল, } F_c = 9 \times 10^9 \frac{q_p q_e}{d^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{(1.6 \times 10^{-19}) \times (1.6 \times 10^{-19})}{(4 \times 10^{-15})^2}$$

$$= 14.4 \text{ N} \gg 6.48 \times 10^{-39} \text{ N (} = F_G \text{)}$$

অতএব, ঝালকের দাবি সঠিক নয়।

প্রশ্ন ▶ ২৫



[ডা. মাহবুবুর রহমান মোল্লা কলেজ, ঢাকা]

ক. তড়িৎ দ্বিমের কী?

১

খ. সমবিভব তলে তড়িৎ প্রবাহিত হতে পারে না কেন?

২

গ. চার্জ দুটির সংযোগ রেখার মধ্যবিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় কর।

৩

ঘ. B বিন্দুর আধানকে মধ্যবিন্দুতে আনতে কত কাজ করতে হবে বলে তুমি মনে কর? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

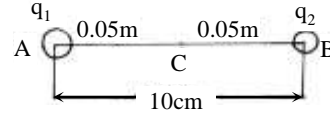
ক এক জোড়া সমান ও বিপরীতধর্মী বিন্দু আধান পরস্পর হতে অল্প দূরত্বে অবস্থিত থাকলে তাদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমের বলে।

খ কোনো তল যদি এরূপ হয় যে, তার সর্বত্র বিভব সমান তবে ঐ তলকে সমবিভব তল বলে।

যেহেতু একটি সমবিভব তলের যে কোনো দুইটি বিন্দুর বিভব সমান, ফলে ঐ তলের যে কোনো দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য শূন্য। অর্থাৎ কোনো আধানকে সমবিভব তলের যে কোনো এক বিন্দু হতে অন্য বিন্দুতে নিতে কোনো কাজের প্রয়োজন হয় না।

আবার কোনো তলে এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার পূর্বশর্ত হচ্ছে বিভব পার্থক্য এবং উচ্চ বিভব বিন্দু থেকে নিম্ন বিভবের বিন্দুতে তড়িৎ প্রবাহিত হয় উভয়ের বিভব পার্থক্য শূন্য করার উদ্দেশ্যে। কিন্তু সমবিভব তলে বিভব পার্থক্য শূন্যই থাকে তাই এতে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হয় না।

গ



এখন,

q_1 চার্জের জন্য C বিন্দুতে

প্রাবল্য E_1 হলে,

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

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{9 \times 10^{-6}}{(0.05)^2}$$

$$= 32.4 \times 10^6 \text{ NC}^{-1}$$

এখানে,

A বিন্দুতে চার্জ, $q_1 = 9 \times 10^{-6} \text{ C}$

B বিন্দুতে চার্জ, $q_2 = 6 \times 10^{-6} \text{ C}$

A ও B বিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$

\therefore উভয় চার্জ হতে এদের সংযোগ

রেখার মধ্যবিন্দু C এর দূরত্ব, $r = \frac{d}{2}$

$$= \frac{0.1 \text{ m}}{2}$$

$$= 0.05 \text{ m}$$

এবং $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2}$
 q_2 চার্জের জন্য C বিন্দুতে প্রাবল্য E_2 হলে,

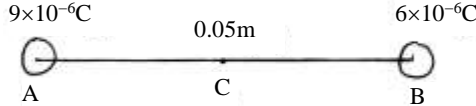
$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-6}}{(0.05)^2}$$

$$= 21.6 \times 10^6 \text{NC}^{-1}$$

যেহেতু চার্জদ্বয় সমধর্মী, ফলে C বিন্দুতে লব্ধি প্রাবল্য,
 $E = E_1 - E_2 = 32.4 \times 10^6 \text{NC}^{-1} - 21.6 \times 10^6 \text{NC}^{-1} = 10.8 \times 10^6 \text{NC}^{-1}$; যার দিক q_1 হতে q_2 চার্জের দিকে।

ঘ



এখানে, A বিন্দুর চার্জ, $q_1 = 9 \times 10^{-6}\text{C}$

এবং B বিন্দুর চার্জ, $q_2 = 6 \times 10^{-6}\text{C}$

A হতে B বিন্দুর দূরত্ব, $d = 0.1 \text{m}$

A ও B উভয় বিন্দু হতে এদের সংযোগ রেখার মধ্যবিন্দুর দূরত্ব, $r = 0.05 \text{m}$

এখন, A বিন্দুতে অবস্থিত q_1 চার্জের দরুন তড়িৎক্ষেত্রে B বিন্দুতে বিভব,

$$V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{d} = 9 \times 10^9 \times \frac{9 \times 10^{-6}}{0.1}$$

$$= 8.1 \times 10^5 \text{V}$$

এবং C বিন্দুতে বিভব,

$$V_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r} = 9 \times 10^9 \times \frac{9 \times 10^{-6}}{0.05}$$

$$= 1.62 \times 10^6 \text{V}$$

∴ B বিন্দুর আধানকে C বিন্দুতে আনতে কৃতকাজ

$$V_{BC} = q_2(V_C - V_B)$$

$$= 6 \times 10^{-6}\text{C}(1.62 \times 10^6 - 8.1 \times 10^5)\text{V}$$

$$= 4.86 \text{J}$$

অর্থাৎ, B বিন্দুর আধানকে মধ্য বিন্দুতে আনতে বাহ্যিক বল দ্বারা 4.86J কাজ করতে হবে।

প্রশ্ন ২৬ বৈদ্যুতিক পাখায় 3 μF এবং 1HP ক্ষমতার পানির পাম্পে 10.5 μF মানের একটি ধারক দরকার। 0.05mm পুরুত্ব এবং 3.5 পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবকের কাগজ ব্যবহার করে পাখার জন্য একটি ধারক তৈরী করা হলো। একজন মিস্ত্রী জানালেন 5টি পাখার ধারক ব্যবহার করে পানির পাম্পটি চালানো যাবে। [কামব্রিয়ান কলেজ, ঢাকা]

ক. তড়িচ্চালক বল কাকে বলে?

১

খ. চার্জিত পরিবাহী গোলকের ভিতরে কোনো বলরেখা থাকে না কেন?

২

গ. বৈদ্যুতিক পাখায় ব্যবহৃত ধারকের প্রতিটি পাতের ক্ষেত্রফল নির্ণয় কর।

৩

ঘ. মিস্ত্রির কথার যথার্থতা বিশ্লেষণ কর।

৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক কুলম্ব আধানকে বর্তনীর কোনো বিন্দু হতে তড়িৎ উৎসসহ সমগ্র বর্তনী ঘুরিয়ে পুনরায় ঐ বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ করতে হয়, তাকে ঐ তড়িৎ উৎসের তড়িচ্চালক বল বলে।

খ কোনো পরিবাহী গোলকে কিছু পরিমাণ চার্জ দেয়া হলে সমধর্মী চার্জগুলোর মধ্যে বিকর্ষণের দরুন এরা পরস্পর হতে যথাসম্ভব দূরে সরে যায় এবং গোলকের পৃষ্ঠে অবস্থান করে। চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরে কোনো চার্জ না থাকায় অভ্যন্তরের সকল বিন্দুর বিভব

সমান হয়, এ বিভবের মান $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$, অর্থাৎ, পৃষ্ঠের বিভবের সমান।

চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরে যেকোনো দুটি বিন্দুর মধ্যবর্তী অঞ্চলে তড়িৎ প্রাবল্য E এবং বিন্দুদ্বয়ের দূরত্ব d হলে এই দুই বিন্দুর মধ্যকার বিভব পার্থক্য $= V_1 - V_2 = E \times d$; কিন্তু $V_1 = V_2$ হওয়ায় $E \times d = V_1 - V_2 = 0$, সুতরাং $E = \frac{0}{d} = 0$; অর্থাৎ চার্জিত গোলকের অভ্যন্তরে

কোনো চার্জ না থাকায় অভ্যন্তরের সকল বিন্দুতে বিভব সমান, এ কারণেই চার্জিত পরিবাহী গোলকের ভিতরে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হয় এবং কোনো বলরেখা থাকে না।

গ দেওয়া আছে,

বৈদ্যুতিক পাখায় ব্যবহৃত প্রতিটি ধারকের ধারকত্ব, $C = 3\mu\text{F} = 3 \times 10^{-6}\text{F}$

পাতদ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব, $d = 0.05 \text{mm} = 0.05 \times 10^{-3}\text{m}$

পাতদ্বয়ের মাঝের মাধ্যমের (কাগজ) পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক, $k = 3.5$ বের করতে হবে, ধারকের প্রতিটি পাতের ক্ষেত্রফল, $A = ?$

$$\text{আমরা জানি, } C = \frac{\epsilon A}{d} = \frac{\epsilon_0 k A}{d}$$

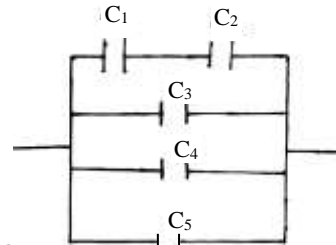
$$\therefore A = \frac{Cd}{\epsilon_0 k} = \frac{3 \times 10^{-6}\text{F} \times 0.05 \times 10^{-3}\text{m}}{8.854 \times 10^{-12}\text{Nm}^2\text{C}^{-2} \times 3.5}$$

$$= 4.84\text{m}^2 \text{ (Ans.)}$$

ঘ পাম্পের জন্য প্রয়োজনীয় ধারকের ধারকত্ব, $C = 10.5\mu\text{F}$

এখন আমরা গাণিতিক বিশ্লেষণ করে দেখবো, 3μF মানের 5টি ধারকের যেকোনো একটি নির্দিষ্ট সমবায়ের তুল্যধারকত্ব 10.5μF হয় কিনা।

ধারকের নিম্নোক্ত সমবায়টি পর্যবেক্ষণ করি।



এখানে, $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_5 = 3\mu\text{F}$

C_1 ও C_2 শ্রেণিতে যুক্ত থাকায় এদের তুল্য ধারকত্ব C_s হলে,

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{3\mu\text{F}} + \frac{1}{3\mu\text{F}} = \frac{1+1}{3\mu\text{F}} = \frac{2}{3\mu\text{F}}$$

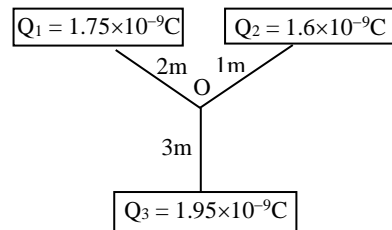
$$\therefore C_s = \frac{3\mu\text{F}}{2} = 1.5 \mu\text{F}$$

C_s , C_3 , C_4 , C_5 সমান্তরালে যুক্ত থাকায় চিত্রের সমবায়ের তুল্য ধারকত্ব,

$$C_p = C_s + C_3 + C_4 + C_5 = 1.5\mu\text{F} + 3\mu\text{F} + 3\mu\text{F} + 3\mu\text{F} = 10.5\mu\text{F}$$

যা পাম্পের ধারকের ধারকত্ব। সুতরাং, 5টি পাখার ধারক ব্যবহার করে পানির পাম্পটি চালানো সম্ভব। অর্থাৎ, মিস্ত্রীর কথা যথার্থ।

প্রশ্ন ২৭



[বিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ]

- ক. তড়িৎ ক্ষেত্র প্রাবল্যের সংজ্ঞা দাও। ১
খ. চার্জের প্রবাহ বিভবের ওপর নির্ভর করে, চার্জের পরিমাণের ওপর নয়- ব্যাখ্যা দাও। ২
গ. O বিন্দুতে তড়িৎ বিভব নির্ণয় কর। ৩
ঘ. যদি $Q_1 = -3.7 \times 10^{-9}C$, O বিন্দুতে বিভব শূন্য হবে- গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একক আধান বা চার্জের উপর ক্রিয়াশীল বলকে তড়িৎ ক্ষেত্র প্রাবল্য বলা হয়।

খ. উচ্চ বিভবের পরিবাহক থেকে নিম্ন বিভবের পরিবাহকে চার্জের স্থানান্তর ঘটে, কারণ উচ্চ বিভবের পরিবাহকে ধনাত্মক চার্জের ঘনত্ব বেশি, অথবা ঋণাত্মক চার্জের ঘনত্ব কম। তাই চার্জের প্রবাহ বিভবের ওপর নির্ভর করে। চার্জের পরিমাণের ওপর নয়।

গ. দেওয়া আছে,

$$\begin{aligned} Q_1 &= 1.75 \times 10^{-9}C \\ Q_2 &= 1.6 \times 10^{-9}C \\ Q_3 &= 1.95 \times 10^{-9}C \\ Q_1 \text{ হতে O বিন্দুর দূরত্ব, } d_1 &= 2m \\ Q_2 \text{ হতে O বিন্দুর দূরত্ব, } d_2 &= 1m \\ Q_3 \text{ হতে O বিন্দুর দূরত্ব, } d_3 &= 3m \end{aligned}$$

আমরা জানি,

$$\text{বিভব, } V = k \frac{Q}{d}$$

$$\begin{aligned} Q_1 \text{ চার্জের জন্য বিভব, } V_1 &= k \frac{Q_1}{d_1} \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{1.75 \times 10^{-9}}{2} \\ \therefore V_1 &= 7.875 V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_2 \text{ চার্জের জন্য বিভব, } V_2 &= k \frac{Q_2}{d_2} \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{1.76 \times 10^{-9}}{2} \\ \therefore V_2 &= 14.4 V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_3 \text{ চার্জের জন্য বিভব, } V_3 &= k \frac{Q_3}{d_3} \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{1.95 \times 10^{-9}}{3} \\ \therefore V_3 &= 5.85 V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{মোট বিভব, } V &= V_1 + V_2 + V_3 \\ &= (7.875 + 14.4 + 5.85)V \\ &= 28.125 V \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ. দেওয়া আছে,

$$\begin{aligned} Q_1 &= -3.7 \times 10^{-9}C \\ Q_2 &= 1.6 \times 10^{-9}C \\ Q_3 &= 1.95 \times 10^{-9}C \\ Q_1 \text{ চার্জ হতে O বিন্দুর দূরত্ব, } d_1 &= 2m \\ Q_2 \text{ চার্জ হতে O বিন্দুর দূরত্ব, } d_2 &= 1m \\ Q_3 \text{ চার্জ হতে O বিন্দুর দূরত্ব, } d_3 &= 3m \end{aligned}$$

আমরা জানি,

$$\text{বিভব, } V = k \frac{Q}{d}$$

$$\begin{aligned} Q_1 \text{ চার্জের জন্য বিভব, } V_1 &= k \frac{Q_1}{d_1} \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{-3.7 \times 10^{-9}}{2} \\ \therefore V_1 &= -16.65 V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_2 \text{ চার্জের জন্য বিভব, } V_2 &= k \frac{Q_2}{d_2} \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{1.6 \times 10^{-9}}{1} \\ \therefore V_2 &= 14.4 V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_3 \text{ চার্জের জন্য বিভব, } V_3 &= k \frac{Q_3}{d_3} \\ &= 9 \times 10^9 \times \frac{1.95 \times 10^{-9}}{3} \\ \therefore V_3 &= 5.85 V \end{aligned}$$

$$\text{মোট বিভব, } V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\begin{aligned} &= -16.65 + 14.4 + 5.85 \\ &= 3.6 V \neq 0V \end{aligned}$$

সুতরাং, O বিন্দুতে বিভব শূন্য নয়।

প্রশ্ন ২৮ জনাব করিম সমভাবে চার্জিত একই পরিবাহী পদার্থের 10^6 টি চার্জিত বিন্দু আধানকে একত্রিত করলেন। যাদের প্রত্যেকটির ব্যাসার্ধ 1mm এবং চার্জের পরিমাণ $+4.8 \times 10^{-16} \text{coul}$ ।

[রাজশাহী সরকারি সিটি কলেজ, রাজশাহী]

- ক. পরিবাহী পদার্থ কাকে বলে? ১
খ. চার্জ বলতে কী বুঝ? ২
গ. প্রত্যেক বিন্দু চার্জিত বস্তুর পৃষ্ঠের বিভব কত? ৩
ঘ. একত্রিত বস্তুর পৃষ্ঠের বিভব ও প্রত্যেক বিন্দু চার্জিত বস্তুর পৃষ্ঠের বিভব এর একটি তুলনামূলক আলোচনা কর। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে সকল পদার্থের মধ্যদিয়ে বিদ্যুৎ বা তাপ সহজে পরিবাহিত হতে পারে তাকে ঐ সংশ্লিষ্ট শক্তির জন্য পরিবাহী পদার্থ বলে।

খ. চার্জ হলো পরমাণু গঠনকারী কণাসমূহের (ইলেকট্রন, প্রোটন, পজিট্রন) মৌলিক ও বৈশিষ্ট্যমূলক ধর্ম। ইলেকট্রনের চার্জকে একক ঋণাত্মক এবং প্রোটন ও পজিট্রনের চার্জকে একক ধনাত্মক চার্জ হিসেবে বিবেচনা করা হয়।

স্বাভাবিক অবস্থায় একটি পদার্থের টুকরায় ইলেকট্রন ও প্রোটন সংখ্যা সমান থাকে বিধায় এটি মোটের ওপর চার্জ নিরপেক্ষ থাকে। তবে অন্য কোনো বস্তুর সাথে ঘর্ষণ বা অন্য কোনো ভৌত প্রক্রিয়ায় টুকরাটি কিছু সংখ্যক ইলেকট্রন হারালে বা বাইরে থেকে কিছু সংখ্যক ইলেকট্রন লাভ করলে তখন টুকরাটিতে প্রোটন সংখ্যা এবং ইলেকট্রন সংখ্যা সমান হয় না বিধায় টুকরাটি মোটের ওপর চার্জ নিরপেক্ষ হয় না।

গ. দেওয়া আছে,

$$\begin{aligned} \text{প্রতিটি ফোঁটায় চার্জের পরিমাণ, } q &= +4.8 \times 10^{-16}C \\ \text{এবং ব্যাসার্ধ, } r &= 1mm = 10^{-3}m \end{aligned}$$

$$\text{জানা আছে, কুলম্বের ধ্রুবক, } C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2}$$

বের করতে হবে, প্রতিটি ফোঁটার বিভব, $V = ?$

$$\begin{aligned} \text{আমরা জানি, } V &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} = 9 \times 10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{4.8 \times 10^{-16}C}{10^{-3}m} \\ &= 4.32 \times 10^{-3} \text{ volt (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ. উদ্দীপকমতে, ক্ষুদ্র ফোঁটার সংখ্যা, $N = 10^6$

$$\begin{aligned} \text{বৃহৎ ফোঁটার চার্জের পরিমাণ } Q &= 10^6 q \\ &= 10^6 \times 4.8 \times 10^{-16}C = 4.8 \times 10^{-10}C \end{aligned}$$

$$\text{বৃহৎ ফোঁটার ব্যাসার্ধ } R \text{ হলে, } \frac{4}{3} \pi R^3 = N \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$\text{বা, } R = r \sqrt[3]{N} = 10^{-3}m \times \sqrt[3]{10^6} = 10^{-1}m = 0.1m$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{বৃহৎ ফোঁটার পৃষ্ঠের বিভব, } V' &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R} \\ &= 9 \times 10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{4.8 \times 10^{-10}C}{0.1m} \end{aligned}$$

$$= 43.2 \text{ volt}$$

সুতরাং, একত্রিত বস্তুর পৃষ্ঠের বিভব ও প্রত্যেকটি বিন্দু চার্জিত বস্তুর

$$\text{পৃষ্ঠের বিভবের অনুপাত} = \frac{V'}{V} = \frac{43.2 \text{ volt}}{4.32 \times 10^{-3} \text{ volt}}$$

$$= 10000 = 10^4$$

$$\text{লক্ষ্য করি, } 10^4 = 10^6 \times \frac{2}{3} = (10^6)^{\frac{2}{3}} = N^{\frac{2}{3}}$$

= (ক্ষুদ্র ফোটোর সংখ্যা)

প্রশ্ন ▶ ২৯ দুটি সমান্তরাল ধাতব পাতের মধ্যবর্তী দূরত্ব 10 cm. এদের মধ্যকার বিভব পার্থক্য 20 volt. 6 mg. ভরের একটি ক্ষুদ্র বলকে উপর হতে একটি তারের মাধ্যমে ঝুলানো হয়েছে। বলটিতে $10\mu\text{C}$ এর চার্জ রয়েছে। [বাংলাদেশ নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক কাকে বলে? ১

খ. একটি ধন্বক আধান +Q একটি বিন্দুতে রাখা আছে। ঐ বিন্দুকে কেন্দ্র করে r ব্যাসার্ধের বৃত্ত পথে একটি ধন্বক আধান ঘুরিয়ে আনলে কৃত কাজ হবে শূন্য- ব্যাখ্যা কর। ২

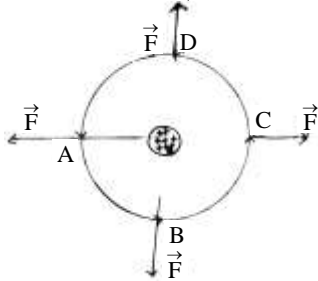
গ. যখন বলটিতে $10\mu\text{C}$ চার্জ থাকে তখন তারে কত টান ক্রিয়া করে? ৩

ঘ. যদি বলটিতে $+10\mu\text{C}$ এর চার্জ থাকে তখন সাম্যাবস্থা হতে 30° কোণে সরানো হলো তখন সূতার টানে কোনরূপ পরিবর্তন হবে কিনা বিশ্লেষণ কর। ৪

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিন্দু চার্জের মধ্যে নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্যস্থানে ক্রিয়াশীল বল ও ঐ দুই চার্জের মধ্যে একই দূরত্বে অন্য কোনো মাধ্যমে ক্রিয়াশীল বলের অনুপাতকে দ্বিতীয় মাধ্যমের পরা বৈদ্যুতিক ধ্রুবক বলে।

খ ধরি, একটি ধন্বক আধান +Q একটি বিন্দুতে রাখা আছে। ঐ বিন্দুকে কেন্দ্র করে r ব্যাসার্ধের বৃত্তপথে একটি ধন্বক আধানকে ঘুরিয়ে আনলে কৃতকাজ শূন্য হবে, কারণ প্রতিটি অবস্থানে যেমন, A, B, C, D, ইত্যাদি) তড়িৎ বলের (\vec{F}) দিক হবে বৃত্তের কেন্দ্র হতে ব্যাসার্ধ বরাবর বাইরের দিকে এবং চার্জটির ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র সরণগুলো (Δs) ঘটবে বৃত্তের স্পর্শক বরাবর। অর্থাৎ প্রতিটি মুহূর্তে বল ও সরণের মধ্যকার কোণ, $\theta = 90^\circ$ ফলে প্রতিটি মুহূর্তে ঐ তড়িৎবল কর্তৃক কৃতকাজ হবে, $\Delta W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{s} = F \Delta s \cos 90^\circ = 0$. এভাবে সম্পূর্ণ বৃত্তপথ ঘুরিয়ে আনলেও উক্ত তড়িৎবল দ্বারা কৃতকাজ হবে 0.



গ দেওয়া আছে,

সমান্তরাল পাতদ্বয়ের পাতদ্বয়ের মাঝে দূরত্ব, $d = 10$ cm

$$= 0.1 \text{ m}$$

এবং বিভব পার্থক্য, $V = 20 \text{ volt}$

$$\therefore \text{পাতদ্বয়ের মাঝে তড়িৎ প্রাবল্য, } E = \frac{V}{d} = \frac{20 \text{ volt}}{0.1 \text{ m}}$$

$$= 200 \text{ Vm}^{-1} = 200 \text{ NC}^{-1}$$

চার্জের মান, $q = 10\mu\text{C} = 10 \times 10^{-6}\text{C}$

\therefore চার্জের ওপর ক্রিয়াশীল তড়িৎ বল,

$$F = qE = 10 \times 10^{-6}\text{C} \times 200 \text{ NC}^{-1} = 2 \times 10^{-3}\text{N}$$

চার্জিত বলটির ওজন, $W = mg = 6\text{mg} \times 9.8\text{ms}^{-2} = 6 \times 10^{-6}\text{kg} \times 9.8\text{ms}^{-2} = 5.88 \times 10^{-5}\text{N}$

লক্ষ্য করি, $2 \times 10^{-3}\text{N} \gg 5.88 \times 10^{-5}\text{N}$

সুতরাং তড়িৎ বলের দিক উপরের দিকে হলে চার্জিত বলটি কখনোই সাম্যাবস্থায় থাকতো না। এর মানে হলো, তড়িৎবলের দিক উল-ম্ন নিচ বরাবর।

$$\text{তাহলে সূতার টান, } T = W + F = 5.88 \times 10^{-5}\text{N} + 2 \times 10^{-3}\text{N} = 2.0588 \times 10^{-3}\text{N (Ans.)}$$

ঘ মনে করি, চার্জিত বলটিকে

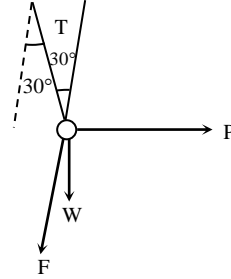
অনুভূমিক বরাবর P মানের বল প্রয়োগ করে সাম্যাবস্থান থেকে 30° কোণে সরানো হলো। P এর লম্ব দিকে অর্থাৎ উল-ম্ন নিচের দিকে বল সমূহকে বিশ্লেষণ করে পাই,

$$W + F + T \cos(180^\circ - 30^\circ) = 0$$

$$\text{বা, } W + F - T \frac{\sqrt{3}}{2} = 0$$

$$\text{বা, } T \frac{\sqrt{3}}{2} = W + F$$

$$\therefore T = \frac{2}{\sqrt{3}} (W + F) = \frac{2}{\sqrt{3}} (2.0588 \times 10^{-3}\text{N}) = 2.3773 \times 10^{-3}\text{N}$$



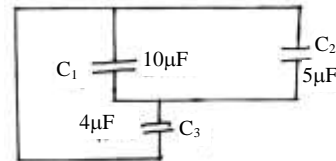
লক্ষ্য করি, পূর্বে সূতার টান ছিলো $2.0588 \times 10^{-3}\text{N}$

এখানে, $2.3773 \times 10^{-3}\text{N} \neq 2.0588 \times 10^{-3}\text{N}$

এবং $2.3773 \times 10^{-3}\text{N} > 2.0588 \times 10^{-3}\text{N}$

সুতরাং, বলটিতে যদি $+10\mu\text{C}$ এর চার্জ থাকে তখন সাম্যাবস্থান হতে 30° কোণে সরানো হলে সূতার টান বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ▶ ৩০ একাধিক ধারককে একত্রে ব্যবহার করাকে ধারকের সমবায় বলে। সংযুক্ত ধারকগুলো একত্রে একটি ধারকের ন্যায় ক্রিয়া করে। ধারকের সমবায় দুই প্রকার : শ্রেণি সমবায় (Series combination) এবং সমান্তরাল সমবায় (Parallel Combination)। কোনো দু'টি ধারককে সমান্তরাল ও শ্রেণিতে যুক্ত করলে এদের তুল্য ধারকত্ব যথাক্রমে $9\mu\text{F}$ ও $2\mu\text{F}$ হয়। [মতলব ডিগ্রী কলেজ, চাঁদপুর]



ক. সাস্ট কী? ১

খ. কার্শফের সূত্র দু'টি বিবৃত কর। ২

গ. উদ্দীপকের ধারকসমূহের চিত্রের সমবায়ের জন্য তুল্য ধারকত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের উল্ল-খিত সমান্তরাল ও শ্রেণিতে তুল্য ধারকত্বের মান থেকে ধারক দুটির ধারকত্ব নির্ণয় কর। 8

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন রোধ বা বৈদ্যুতিক উপকরণের মধ্য দিয়ে যাতে অতিরিক্ত তড়িৎ প্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে সমান্তরালে যে স্বল্পমানের রোধ যুক্ত করা হয় তাকে সান্ট বলে।

খ কার্শফের সূত্র :

প্রথম সূত্র : তড়িৎ বর্তনীর কোন সংযোগ বিন্দুতে মিলিত প্রবাহগুলোর বীজগাণিতিক সমষ্টি শূন্য হয়।

দ্বিতীয় সূত্র : কোন আবদ্ধ তড়িৎ বর্তনীর বিভিন্ন অংশ গুলোর রোধ এবং তাদের আনুষঙ্গিক প্রবাহের গুণফলের বীজগাণিতিক সমষ্টি ঐ বর্তনীর অস্ফুর্ভূক্ত মোট তড়িচ্চালক শক্তির সমান।

গ এখানে, C_1 ও C_2 ধারকদ্বয়ের তুল্য ধারকত্ব C_p হলে,

$$\begin{aligned} C_p &= C_1 + C_2 \\ &= 10 \mu F + 5 \mu F \\ &= 15 \mu F \end{aligned}$$

এখন, C_3 ও C_p ধারকদ্বয়ের তুল্য ধারকত্ব C_s হলে,

$$\begin{aligned} \frac{1}{C_s} &= \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_p} \\ C_s &= \left(\frac{1}{4 \mu F} + \frac{1}{15 \mu F} \right)^{-1} \\ &= 3.16 \mu F \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ মনেকরি,

ধারকদ্বয়ের ধারকত্ব যথাক্রমে C_1 ও C_2

তাহলে,

$$C_p = C_1 + C_2 = 9 \mu F \text{ [সমান্তরাল সমবায়]}$$

$$\therefore C_1 + C_2 = 9 \mu F \text{ (i)}$$

$$\text{বা, } C_1 = 9 \mu F - C_2 \text{ (ii)}$$

আবার,

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$\text{বা, } C_s = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)^{-1} = 2 \mu F \text{ [শ্রেণি সমবায়]}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{2 \mu F}$$

$$\text{বা, } \frac{C_2 + C_1}{C_1 C_2} = \frac{1}{2 \mu F}$$

$$\text{বা, } \frac{9 \mu F}{C_1 C_2} = \frac{1}{2 \mu F} \text{ [(i)নং সমীকরণ থেকে]}$$

$$\text{বা, } C_1 C_2 = 18 \mu F$$

$$\text{বা, } C_1 = \frac{18 \mu F}{C_2}$$

$$\text{বা, } 9 \mu F - C_2 = \frac{18 \mu F}{C_2}$$

$$\text{বা, } C_2^2 - 9 C_2 + 18 = 0$$

$$\text{বা, } C_2^2 - 6 C_2 - 3 C_2 + 18 = 0$$

$$\text{বা, } (C_2 - 6) C_2 - 3(C_2 - 6) = 0$$

$$\text{বা, } (C_2 - 6)(C_2 - 3) = 0$$

$$\therefore C_2 = 6 \mu F \text{ অথবা, } C_2 = 3 \mu F$$

তাহলে, C_1 এর মান $3 \mu F$ অথবা, $6 \mu F$

\therefore ধারকদ্বয় $6 \mu F$ ও $3 \mu F$ (Ans.)

প্রশ্ন ৩১

$$\begin{array}{ccc} -100C & 4m & 100C \end{array}$$

[পুলিশ লাইল স্কুল এন্ড কলেজ, রংপুর]

ক. আপেক্ষিক রোধ কাকে বলে? ১

খ. অ্যালুমিনিয়ামের রোধের তাপমাত্রা গুণাংক $3.9 \times 10^{-1} (^{\circ}C)^{-1}$ বলতে কী বোঝ? ২

গ. কোথায় প্রাবল্যদ্বয়ের মান সমান হবে? ৩

ঘ. দূরত্বকে ABCD বর্গক্ষেত্রের পরিসীমার পরিবর্তন করে $-100C$ চার্জকে A ও C কোণায় এবং $+100C$ চার্জকে B ও D কোণায় স্থাপন করলে কেন্দ্রে বিভব ও প্রাবল্য শূন্য হবে কিনা- মতামত দাও। ৪

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য এবং একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট তারের রোধকে তার আপেক্ষিক রোধ বলে।

খ অ্যালুমিনিয়ামের রোধের তাপমাত্রা গুণাংক $3.9 \times 10^{-1} (^{\circ}C)^{-1}$ বলতে বুঝায়, $0^{\circ}C$ তাপমাত্রায় বিদ্যমান অ্যালুমিনিয়ামের 1Ω রোধের একটি খন্ডের তাপমাত্রা $1^{\circ}C$ বৃদ্ধি করলে এর রোধ $3.9 \times 10^{-1}\Omega$ পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে।

গ দেওয়া আছে, চার্জদ্বয়ের মান $q_1 = 100C$, $q_2 = 100C$

এদের মধ্যকার দূরত্ব, $d = 4m$

মনে করি, q_1 চার্জ হতে x দূরত্বে প্রাবল্যদ্বয়ের মান সমান হবে,

$$\text{উক্ত বিন্দুতে } q_1 \text{ চার্জের দরশন তড়িৎ প্রবাল্য, } E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{x^2}$$

$$\text{এবং } q_2 \text{ চার্জের দরশন তড়িৎ প্রবাল্য } E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{(d-x)^2}$$

$$\text{শর্তমতে, } |E_1| = |E_2| \text{ বা, } \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1|}{x^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_2|}{(d-x)^2}$$

$$\text{বা, } \frac{100C}{x^2} = \frac{100C}{(d-x)^2} \text{ বা, } \left(\frac{d-x}{x} \right)^2 = 1 \text{ বা, } \frac{d-x}{x} = 1$$

$$\text{বা, } d-x=x \therefore x = \frac{d}{2} = \frac{4m}{2} = 2m$$

সুতরাং, প্রতিটি চার্জ হতে $2m$ দূরের বিন্দুতে প্রাবল্যদ্বয়ের মান সমান হবে। (Ans.)

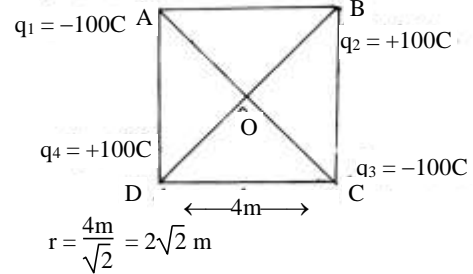
ঘ দেওয়া আছে,

চার্জগুলোর মান

$$q_1 = q_3 = -100C \text{ এবং}$$

$$q_2 = q_4 = +100C$$

প্রতিটি শীর্ষবিন্দু হতে কেন্দ্রের দূরত্ব,



\therefore কেন্দ্রে (O) বিন্দুতে মোট বিভব, $V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_3}{r} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_4}{r}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r} (q_1 + q_2 + q_3 + q_4)$$

$$= \frac{9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{C}^{-2}}{2\sqrt{2}m} (-100C + 100C - 100C + 100C) = 0$$

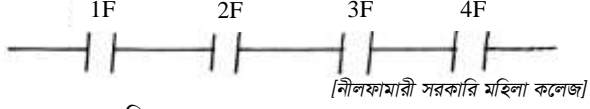
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

সূত্রানুসারে কেন্দ্রে (O) বিন্দুতে q_1 ও q_3 চার্জের দরুন প্রাবল্যদ্বয় মানে সমান এবং দিকে বিপরীত হবে। এ প্রাবল্যদ্বয় (E_1 ও E_3) তাই পরস্পরকে নাকচ করবে।

অনুরূপে, E_2 ও E_4 প্রাবল্যদ্বয় পরস্পরকে নাকচ করবে। তাই কেন্দ্রে লব্ধি প্রাবল্য শূন্য হবে।

সুতরাং, বর্গের কেন্দ্রে বিভব ও প্রাবল্য শূন্য হবে।

প্রশ্ন ৩২



- ক. ধারকত্ব কি? ১
- খ. সমান্তরাল ধারকের ধারকত্ব কি কি উপায়ে বৃদ্ধি করা যায়? ২
- গ. উদ্দীপকের বর্তনীতে 3V বিভবের ব্যাটারি সংযুক্ত করলে কি পরিমাণ শক্তি সঞ্চিত হবে। ৩
- ঘ. ধারকগুলোকে পরিবর্তন না করে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ বৃদ্ধি করা সম্ভব- ব্যাখ্যা কর। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্বের রাশিমালা থেকে আমরা দেখতে পাই, $C = \frac{\epsilon A}{d}$

এর থেকে দেখা যায় যে, সমান্তরাল ধারকের ধারকত্ব এর ক্ষেত্রফল A-এর সমানুপাতিক, মধ্যবর্তী মাধ্যমের ভেদন যোগ্যতা ϵ এর সমানুপাতিক এবং পাত দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব d এর ব্যস্তানুপাতিক।

∴ সমান্তরাল পাত ধারকের ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি ও পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব হ্রাস করে সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব বৃদ্ধি করা যায়।

গ দেওয়া আছে,

$$1ম ধারকত্ব, C_1 = 1F$$

$$2য় ধারকত্ব, C_2 = 2F$$

$$3য় ধারকত্ব, C_3 = 3F$$

$$৪র্থ ধারকত্ব, C_4 = 4F$$

$$বিভব, V = 3V$$

$$সঞ্চিত শক্তি, U = ?$$

শ্রেণী সমবায়ে তুল্য ধারকত্ব C_s হলে,

আমরা জানি,

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{C_s} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{C_s} = \frac{12 + 6 + 4 + 3}{12}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{C_s} = \frac{25}{12}$$

$$\therefore C_s = 0.48F$$

আবার,

$$U = \frac{1}{2} C_s V^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.48 \times 3^2$$

$$= 2.16 J \text{ (Ans.)}$$

ঘ ধারকগুলো পরিবর্তন না করে তাদেরকে সমান্তরাল সমবায়ে সাজালে সঞ্চিত শক্তি বৃদ্ধি করা সম্ভব।

‘গ’ অংশ হতে পাই,

শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত ধারকে

সঞ্চিত শক্তি, $U = 2.16 J$

সমান্তরাল সমবায়ে তুল্য ধারকত্ব C_p হলে,

আমরা জানি,

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

$$= 1 + 2 + 3 + 4$$

$$= 10F$$

$$\therefore \text{সঞ্চিত শক্তি, } U_1 = \frac{1}{2} C_p V^2$$

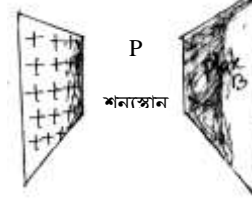
$$= \frac{1}{2} \times 10 \times 3^2$$

$$= 45J$$

$$\text{স্পষ্টতই } U_1 > U$$

∴ ধারকগুলো পরিবর্তন না করে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ বৃদ্ধি করা সম্ভব।

প্রশ্ন ৩৩



চিত্রে পে-ট 'A' এর চার্জ ঘনত্ব $2 \times 10^{-9} \text{ cm}^{-2}$ যেখানে পে-ট 'B' চার্জশূন্য।

[বরিশাল ক্যাডেট কলেজ]

ক. গাউসের সূত্রটি বিবৃত কর। ১

খ. কিভাবে গাউসের সূত্র থেকে কুলম্বের সূত্র পাবে? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের P বিন্দুতে তড়িৎক্ষেত্রের তীব্রতা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. যদি B পাতটিকে সমান চার্জ ঘনত্বের ধনাত্মক চার্জে চার্জিত করা হয় তবে উদ্দীপকের P বিন্দুতে তড়িৎ ক্ষেত্রের তীব্রতার কি পরিবর্তন ঘটবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো মাধ্যমে একটি বদ্ধ তলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্স ওই তলের অভ্যন্তর অবস্থিত মোট চার্জের $\frac{1}{\epsilon}$ গুণ, যেখানে ϵ হলো উক্ত মাধ্যমের তড়িৎ ভেদনযোগ্যতা।

খ গাউসের সূত্র থেকে পাই,

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

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 এখানে,

$$A \text{ পাতের চার্জ ঘনত্ব, } \sigma_A = 2 \times 10^{-9} \text{ cm}^{-2}$$

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

তড়িৎ ক্ষেত্রের তীব্রতা, $E_A = ?$

আমরা জানি,

$$E_A = \frac{\sigma_A}{2\epsilon_0} = \frac{2 \times 10^{-9} \text{Cm}^{-2}}{2 \times 8.854 \times 10^{-12} \text{C}^2 \text{N}^{-1} \text{m}^{-2}} = 112.94 \text{NC}^{-1}$$

∴ P বিন্দুতে তড়িৎ ক্ষেত্রের তীব্রতা 112.94 NC⁻¹ এবং এর দিকে পাত A থেকে পাত B এর দিকে।

■ ঘ 'গ'নং হতে পাই A পাতের জন্য P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য $E_A = 112.94 \text{NC}^{-1}$ এবং এর দিক হলো A পাত থেকে B পাতের দিকে।

আবার,

B পাতের জন্য P বিন্দুতে উৎপন্ন তড়িৎ প্রাবল্য,

$$E_B = \frac{\sigma_B}{2\epsilon_0}$$

$$= \frac{2 \times 10^{-9} \text{Cm}^{-2}}{2 \times 8.854 \times 10^{-12} \text{C}^2 \text{N}^{-1} \text{m}^{-2}} = 112.94 \text{NC}^{-1}$$

E_B এর দিক হল B পাত থেকে A পাতের দিকে।

∴ লব্ধি প্রাবল্য, $E = E_A \sim E_B$

যেহেতু E_A ও E_B এর মান সমান কিন্তু দিক বিপরীত দিকে, সেহেতু P বিন্দুতে লব্ধি তড়িৎ প্রাবল্যের মান শূন্য।

অতএব, যদি B পাতটিকে যদি সমান চার্জ ঘনত্বের ধন্বক চার্জে চার্জিত করা হয় তবে উদ্দীপকের P বিন্দুতে তড়িৎ ক্ষেত্রের তীব্রতার মান শূন্য হয়ে যাবে।

অধ্যায়টির গুরুত্বপূর্ণ জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্রশ্নোত্তর

(নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্ন বিশেষ-ষণে প্রাপ্ত)

SURE
12

► ক নং প্রশ্ন (জ্ঞানমূলক)

প্রশ্ন-১. সুসম তড়িৎ ক্ষেত্র কাকে বলে?

উত্তর: যে তড়িৎক্ষেত্রের সকল বিন্দুতে প্রাবল্যের মান সমান ও অভিমুখ একই হয় তাকে সুসম তড়িৎক্ষেত্র বলে।

প্রশ্ন-২. কখন একটি আহিত পরিবাহীর বিভব শূন্য হয়?

উত্তর: কোনো আহিত পরিবাহকে ভূপৃষ্ঠের সাথে সংযুক্ত করলে তার বিভব শূন্য হয়।

প্রশ্ন-৩. তড়িৎক্ষেত্র প্রাবল্য কী রাশি?

উত্তর: তড়িৎক্ষেত্র প্রাবল্য একটি ভেক্টর রাশি।

প্রশ্ন-৪. পরাবৈদ্যুতিক দ্রব কাকে বলে?

উত্তর: কোনো একটি অস্ফীকৃত মাধ্যমে তড়িৎ বল বা ধারকের ধারকত্ব এবং বায়ু বা শূন্য মাধ্যমে যথাক্রমে তড়িৎ বলের বা ধারকত্বের অনুপাতকে পরাবৈদ্যুতিক দ্রব কাকে বলে।

প্রশ্ন-৫. ইলেক্টোস্কোপ কী?

উত্তর: যে যন্ত্রের সাহায্যে আধানের অস্তিত্ব ও প্রকৃতি নির্ণয় করা যায় তাকে ইলেক্টোস্কোপ বলে।

প্রশ্ন-৬. গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব কোন রাশির উপর নির্ভরশীল?

উত্তর: গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব এর ব্যাসার্ধে উপর নির্ভরশীল।

প্রশ্ন-৭. চার্জের তল ঘনত্ব কাকে বলে?

উত্তর: পরিবাহকের পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুকে ঘিরে প্রতি একক ক্ষেত্রফলের উপর চার্জের পরিমাণকে ঐ বিন্দুর চার্জের তল ঘনত্ব বলে।

প্রশ্ন-৮. ধারক কাকে বলে?

উত্তর: ধারক হচ্ছে এমন একটি ব্যবস্থা যে ব্যবস্থার সাহায্যে চার্জ সংরক্ষণ করে রাখা যায়।

প্রশ্ন-৯. তড়িৎ ফ্লাক্স কাকে বলে?

উত্তর: কোনো তল বা ক্ষেত্রের মধ্যে দিয়ে উল-স্বভাবে অতিক্রান্ত বলরেখার সংখ্যাকে তড়িৎ ফ্লাক্স বলে।

► খ নং প্রশ্ন (অনুধাবনমূলক)

প্রশ্ন-১. কুলম্বের সূত্র, দুটি চার্জের মধ্যকার আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান কী কী বিষয়ের ওপর নির্ভর করে?

উত্তর: আমরা জানি একটি চার্জ অপর একটি চার্জকে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ করে। দুটি চার্জের মধ্যকার এ আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান তিনটি শর্তের উপর নির্ভর করে; যথা—

- চার্জ দুটির পরিমাণ
- চার্জ দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব এবং

iii. চার্জ দুটির মধ্যবর্তী মাধ্যম।

প্রশ্ন-২. তড়িৎ ক্ষেত্র কী ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: কোনো একটি চার্জিত বস্তু চারদিকে যে অঞ্চল ব্যাপী তার প্রভাব বিস্তার করে সেই অঞ্চলকে এ চার্জিত বস্তু তড়িৎ ক্ষেত্র বলে।

এস.আই পদ্ধতিতে বলের একক নিউটন এবং চার্জের একক কুলম্ব। অতএব, তড়িৎ ক্ষেত্রের একক হবে নিউটন/কুলম্ব (N/C)। এ ছাড়া আরো একটি একক আছে। সেটি হলো ভোল্ট/মিটার (V/m)।

প্রশ্ন-৩. কোনো চার্জকে সম বিভব তলের এক বিন্দু হতে অন্য বিন্দুতে নিতে কাজ শূন্য হয় কেন— ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: সমবিভব তলের যে কোনো দুটি বিন্দুর বিভব সমান। সুতরাং ঐ বিন্দু দুটির বিভব পার্থক্য শূন্য। বিভব পার্থক্যের সংজ্ঞানুযায়ী এক বিন্দু হতে অন্য বিন্দুতে একটি একক ধন চার্জকে সরালে কৃতকাজ উক্ত বিন্দুদ্বয়ের বিভব পার্থক্যের সমান। সুতরাং একটি সমবিভব তলের একবিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে একটি একক ধন্বক চার্জ সরালে বিভব পার্থক্য শূন্য হওয়ায় কৃতকাজের পরিমাণ শূন্য হবে।

প্রশ্ন-৪. সমবিভব তলের বৈশিষ্ট্য উল-খ করো।

উত্তর: সমবিভব তলের বৈশিষ্ট্য:

- তড়িতাহিত পরিবাহীর তল সর্বদা সমবিভব তল। এই তলের উপর তড়িৎ আধানগুলি স্থির থাকে।
- তড়িৎ বল রেখা সমবিভব তলকে সমকোণে ছেদ করে।
- সমবিভব তলের উপর কোনো তড়িতাধানকে এক বিন্দু হতে অপর বিন্দুতে স্থানান্তরিত করতে কোনো কাজ হয় না।

প্রশ্ন-৫. তড়িৎ দ্বিমেরক কী ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: দুটি সমশক্তির চৌম্বক মেরক খুব কাছাকাছি স্থাপন করলে চৌম্বক দ্বিমেরক গঠিত হয়। তেমনি সমপরিমাণের দুটি বিপরীতধর্মী তড়িৎ চার্জ খুব কাছাকাছি স্থাপন করা হলে তড়িৎ দ্বিমেরক গঠিত হয়। তড়িৎ দ্বিমেরকের লব্ধ দ্বি-খক রেখার যে কোনো বিন্দুতে বিভব শূন্য হওয়ায় এই রেখা বরাবর ধন্বক চার্জকে সরাতে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ শূন্য হয়। দুইটি সমপরিমাণ কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দু চার্জ পরস্পরের খুব কাছাকাছি থাকলে একটি তড়িৎ দ্বিমেরক গঠিত হয়।

প্রশ্ন-৬. ডাই ইলেকট্রিক মাধ্যম কী ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: দুটি বিন্দু চার্জের মধ্যবর্তী স্থান শূন্য বা বায়ু মাধ্যম ভিন্ন অন্য কোনো অপরিবাহী বা অস্ফীকৃত মাধ্যম হলে বিন্দু চার্জ দুটিকে পরস্পর হতে বিচ্ছিন্ন রাখে। এরূপ মাধ্যমকে তড়িৎ বিভাজক বা ডাই ইলেকট্রিক মাধ্যম বলে।

ডাই ইলেকট্রিক বা পরাবৈদ্যুতিক পদার্থের উদাহরণ হলো: কাঁচ, এরোনাইট, রাবার, তৈল, মোম ইত্যাদি। পরিবাহীর সঙ্গে পরাবিদ্যুৎ এর মূল পার্থক্য হলো পরিবাহীর মতো পরাবিদ্যুৎ এর মধ্যে সচল মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না।

প্রশ্ন-৭. কোনো মাধ্যমের পরা বৈদ্যুতিক ধ্রুবক 2.5 বলতে কী বোঝ?

উত্তর: “কোনো মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক 2.5”-এর অর্থ এই যে, শূন্য বা বায়ু মাধ্যমে অবস্থিত দুটি বিন্দু চার্জের মধ্যকার বল এবং একই দূরত্বে ঐ মাধ্যমে অবস্থিত ঐ বিন্দু চার্জ দুটির মধ্যকার পারস্পরিক বল অপেক্ষা 2.5 গুণ বেশি। অর্থাৎ শূন্য বা বায়ু মাধ্যমে এবং ঐ মাধ্যমে সমদূরত্বে অবস্থিত দুটি বিন্দু চার্জের মধ্যকার পারস্পরিক বলের অনুপাত 2.5।

প্রশ্ন-৮. কোনো ধারকের ধারকত্ব 2F বলতে বুঝায়?

উত্তর: কোনো ধারকের ধারকত্ব 2F বলতে বুঝায়— পাতদ্বয়ের মধ্যে 1 ভোল্ট বিভব পার্থক্য সৃষ্টি করতে অস্ফুট পরিবহীতে 2 কুলম্ব চার্জ প্রদান করতে হবে।

প্রশ্ন-৯. ধারকের ব্যবহার লেখ?

উত্তর: ধারকের ব্যবহার হল:

- টেলিগ্রাফ, টেলিফোন এবং বেতার গ্রাহক যন্ত্রে টিউনিং এর কাজে ধারক ব্যবহৃত হয়।
- বৈদ্যুতিক পাখাকে জোরে ঘুরাবার জন্য ধারক ব্যবহৃত হয়।
- বিবর্ধক যন্ত্রে কাপলিং কাজে ধারক ব্যবহার করা হয়।

iv. বৈদ্যুতিক বর্তনীতে চার্জিং এবং ডিসচার্জিং এর কাজে ব্যবহৃত হয়।

v. বৈদ্যুতিক বর্তনীতে ডিসি ব-কিং হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন-১০. কুলম্বের সূত্রের সীমাবদ্ধতা উল্লেখ কর।

উত্তর: আবেশের ধারণা থেকে দেখা যায় যে, তড়িৎক্ষেত্রের অভিমুখের সঙ্গে অভিলম্বভাবে অবস্থিত এমন ক্ষেত্রফল দিয়ে অতিক্রান্ত বল নলের সংখ্যা $= \epsilon E$, যেখানে $E =$ তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রাবল্য, $\epsilon =$ মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা। যে তলের উপর মোট আবেশ হিসাব করা হয় গ্যাসের উপপাদ্যের সাহায্যে সেই তলে কুলম্বের সূত্রের সাহায্যে মোট আবেশ নির্ণয় করা যায় না। আবার বিন্দু চার্জ ছাড়া অন্য কোনো চার্জিত বস্তু দুয়ের মধ্যে প্রযুক্ত বলের মানও কুলম্বের সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা যায় না।

প্রশ্ন-১১. গাউসের সূত্র ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: গাউসের সূত্র (Gauss's Law): কোনো বদ্ধ তলের উপর স্থির তড়িৎ ক্ষেত্রের মোট অভিলম্ব আবেশ বা ফ্লাক্স ঐ তল দ্বারা বেষ্টিত মোট চার্জের $\frac{1}{\epsilon_0}$ গুণ।

ব্যাখ্যা: মনে কর, $+q$ পরিমাণ চার্জ একটি বদ্ধ তল দ্বারা বেষ্টিত। যদি স্থির তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রাবল্য E হয় তবে সূত্রানুসারে,

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