

**প্রশ্ন ১** একজন ছাত্র পড়াশুনার জন্য একটি বাতিসহ টেবিল ল্যাম্প কিনল। বাতিটির গায়ে লেখা ছিল 120W-60V। সে তাদের বাসায় 220V-DC লাইনে বাতিটি ব্যবহার করতে চাইলো। তুমি ছাত্রটিকে বাতিটির নিরাপত্তার সহিত পূর্ণ উজ্জ্বলতার জন্য বাতির সঙ্গে একটি রোধ সংযোজন করার পরামর্শ দিলে।

[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]

- ক. এক ইলেকট্রন ভোল্ট কাকে বলে? ১  
খ. কোনো সমবিভব তলে চার্জ স্থানান্তরের কৃতকাজ শূন্য- ব্যাখ্যা কর। ২  
গ. উদ্দীপকের বাতিটি 5 ঘন্টা জ্বালানো হলে কত ইউনিট বৈদ্যুতিক শক্তি খরচ হবে? ৩  
ঘ. তোমার পরামর্শটির যথার্থতা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

## ১ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** তড়িৎক্ষেত্রের 1V বিভবপার্থক্যের দুটি অবস্থানের মধ্যে একটি ইলেকট্রনকে স্থানান্তরিত করতে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তাকে এক ইলেকট্রন ভোল্ট বলে।

**খ** সমবিভব তলের সকল বিন্দুতে তড়িৎ বিভব একই। মনে করি, এরূপ একটি তলের এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে  $q$  মানের একটি আধান স্থানান্তরিত করতে হবে। বিন্দুদ্বয়ের বিভব যথাক্রমে  $V_1$  ও  $V_2$  হলে সমবিভব তলের সংজ্ঞানুসারে,  $V_1 = V_2$ ; তাহলে উক্ত আধান স্থানান্তরিত কৃতকাজ,  $W = q\Delta V = q(V_1 - V_2) = q \cdot 0 = 0$ ; অর্থাৎ সমবিভব তলের সকল বিন্দুতে তড়িৎ বিভব একই হওয়ায় এরূপ তলে চার্জ স্থানান্তরিত কৃতকাজ শূন্য।

**গ** দেওয়া আছে,

বাতিটির ক্ষমতা,  $P = 120W$

বাতি জ্বালানোর সময়কাল,  $t = 5hr$

বের করতে হবে, ব্যয়িত বৈদ্যুতিক শক্তি,  $W = ?$

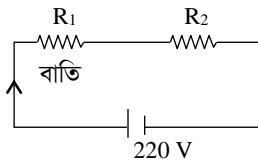
$$\text{আমরা জানি, } W = \frac{Pt}{1000} = \frac{120 \times 5}{1000} \text{ kWhr} = 0.6 \text{ kWhr} = 0.6 \text{ unit}$$

∴ ব্যয়িত বিদ্যুৎ শক্তির পরিমাণ = 0.6 unit (Ans.)

**ঘ** মনে করি, উক্ত বাত্বের সাথে  $R_2$  মানের রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করতে হবে।

বাতিটির সর্বোচ্চ ক্ষমতা,  $P = 120W$  এবং সর্বোচ্চ ক্ষমতার জন্য প্রান্ত্রীয় বিভবপার্থক্য,  $V = 60V$

$$\therefore \text{বাতিটির রোধ, } R_1 = \frac{V^2}{P} = \frac{(60V)^2}{120W} = 30\Omega$$



ওপরোক্ত চিত্রে  $R_2$  রোধের প্রান্ত্রীয় বিভবপার্থক্য =  $220V - 60V = 160V$  বাতিটির মধ্য দিয়ে তথা সমগ্র বর্তনীর মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত তড়িৎ প্রবাহ,

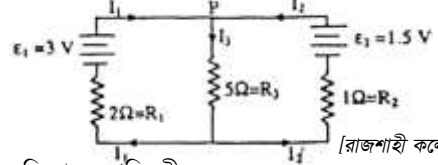
$$I = \frac{P}{V} = \frac{120W}{60V} = 2A$$

$$\therefore R_2 = \frac{V^2}{P} = \frac{(160V)^2}{80W} = 320\Omega$$

সুতরাং, উদ্দীপকের বাতিটির সাথে  $80\Omega$  মানের একটি রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করে শ্রেণি সমবায়টিকে 220V DC তড়িচ্চালক শক্তির সাথে যুক্ত

করলে বাতিটি সর্বোচ্চ উজ্জ্বলতায় জ্বলবে। কারণ এক্ষেত্রে বাতিটির প্রান্ত্রীয় বিভব পার্থক্য হবে,  $V = IR$   
 $= 2A \times 30\Omega = 60V$ , যা বাতিটির ভোল্টেজ রেটিং এর সমান।

## প্রশ্ন ২



[রাজশাহী কলেজ, রাজশাহী]

- ক. তড়িচ্চালক শক্তি কী? ১  
খ. আপেক্ষিক রোধ পরিবাহী উপাদানের উপর নির্ভর করে ব্যাখ্যা কর। ২  
গ.  $I_1$  এর মান নির্ণয় কর। ৩  
ঘ. উদ্দীপকের তথ্য ব্যবহার করে দুটি তড়িৎ কোষ সম্বলিত লুপে কার্শফের লুপ উপপাদ্যটি (২য় সূত্র) প্রমাণ কর। ৪

## ২ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** তড়িৎ উৎস (যেমন ডায়নামো, তড়িৎ কোষ বা ব্যাটারী) যে বর্তনীতে সংযুক্ত আছে, সে বর্তনীর কোনো এক বিন্দু হতে শুরু করে তড়িৎ উৎস সহ সমগ্র বর্তনীতে 1C আধানকে ঘুরিয়ে আবার ঐ বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয়, তাকে উক্ত তড়িৎ উৎসের তড়িচ্চালক শক্তি বলে।

**খ** একই তাপমাত্রায় একই দৈর্ঘ্য এবং একই প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট ভিন্ন ভিন্ন পদার্থের তৈরি খন্ডের রোধ বিভিন্ন হয়। তাহলে দেখা যাচ্ছে যে, কোনো বস্তুর রোধ এর তাপমাত্রা, দৈর্ঘ্য এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল ছাড়াও আরো একটি বিষয়ের ওপর নির্ভর করে, যেটি হলো ঐ বস্তুর উপাদান। তাই যেকোনো পদার্থের তৈরি 1m দৈর্ঘ্যের এবং 1m<sup>2</sup> প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের কোনো খন্ডের রোধ হলো ঐ পদার্থের আপেক্ষিক রোধ, যা নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কেবল ঐ পদার্থ বা উপাদানের ওপর নির্ভর করে।

**গ** উদ্দীপকের বর্তনীর বামপাশের লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে,

$$3V - I_1(2\Omega) - I_3(5\Omega) = 0 \dots\dots\dots(1)$$

এবং ডান পাশের লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগে,

$$1.5V - I_2(1\Omega) - I_3(5\Omega) = 0 \dots\dots\dots(ii)$$

P জংশনে কার্শফের ১ম সূত্র প্রয়োগ করে পাই,  $I_3 = I_1 + I_2$

$$\therefore (i) \text{ হতে পাই, } 3 - 2I_1 - 5(I_1 + I_2) = 0$$

$$\text{বা, } -7I_1 - 5I_2 = -3 \dots\dots\dots(iii)$$

$$\text{এবং (ii) হতে পাই, } 1.5 - I_2 - 5(I_1 + I_2) = 0$$

$$\text{বা, } -5I_1 - 6I_2 = -1.5 \dots\dots\dots(iv)$$

(iii) ও (iv) সমাধান করে পাই,

$$I_1 = 0.6176A, I_2 = -0.265A$$

∴  $I_1$  এর মান 0.6176A (Ans.)

**ঘ** 'গ' এ প্রাপ্ত  $I_1$  এবং  $I_2$  এর মান এখানে ব্যবহার করবো।

কার্শফের লুপ উপপাদ্যটি হলো- কোনো বদ্ধ তড়িৎ বর্তনী পরিক্রমণকালে যে সব বিভব পরিবর্তনের সম্মুখীন হতে হয় তাদের বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য।

বর্তনীর বামলুপে,

$$E_1 - I_1R_1 - I_3R_3$$

$$= E_1 - I_1R_1 - (I_1 + I_2)R_3$$

$$= 3V - 0.6176A \times 2\Omega - (0.6176A - 0.265A) 5\Omega$$

$$= 3V - 1.2352V - 1.763V$$

$$= 1.8 \times 10^{-3} \text{ V} \approx 0 \text{ V}$$

∴ বামলুপে কার্শফের লুপ উপপাদ্যটি প্রমাণিত হলো।

বর্তনীর ডানলুপে,

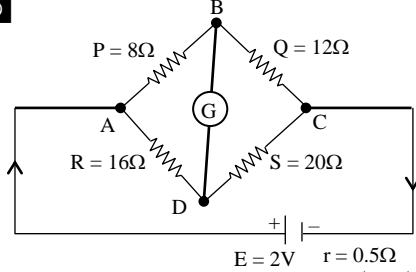
$$E_2 - I_2 R_2 - I_3 R_3 = E_2 - I_2 R_2 - (I_1 + I_2) R_3$$

$$= 1.5 \text{ V} - (-0.265 \text{ A}) 1 \Omega - (0.6176 \text{ A} - 0.265 \text{ A}) 5 \Omega$$

$$= 1.5 \text{ V} + 0.265 \text{ V} - 1.763 \text{ V} = 2 \times 10^{-3} \text{ V} \approx 0 \text{ V}$$

∴ উদ্দীপকের বর্তনীর ডানলুপেও কার্শফের লুপ উপপাদ্যটি প্রমাণিত হলো।

**প্রশ্ন ৩**



[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]

- ক. চৌম্বক ভ্রামক কী? ১
- খ. হল বিভব সৃষ্টির কারণ ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. সাম্যাবস্থার ক্ষেত্রে মূল প্রবাহমাত্রা I এর মান নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় আছে কি না? না থাকলে S এর সাথে কী ব্যবস্থা গ্রহণ করলে ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় আসবে? ব্যাখ্যা কর। ৪

### ৩ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো বিদ্যুৎবাহী কুন্ডলীর বিদ্যুৎপ্রবাহ এবং কুন্ডলীর ক্ষেত্রফল ভেক্টরের গুণফলকে ঐ কুন্ডলীর চৌম্বক ভ্রামক বলে।

**খ** কোনো পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের মধ্যদিয়ে যখন আধান বাহকগুলো গমন করে, তখন এদের গতিবেগের লম্বদিকে কোনো চৌম্বক ক্ষেত্র ক্রিয়াশীল থাকলে এদের ওপর একটি চৌম্বক বল কাজ করে, যার দিক ফ্লেমিং এর বামহস্ত নিয়ম অনুসরণ করে পাওয়া যায়। এ চৌম্বক বলের দরুন আধানবাহক গুলো তাদের গতিপথের প্রস্থচ্ছেদের একপাশে চেপে সরে আসে। এতে পরিবাহীর তৃতীয় মাত্রা বরাবর আধানবাহকের তথা আধানের ঘনত্বের তারতম্যের কারণে একটি বিভব পার্থক্যের সৃষ্টি হয় যা হল বিভব নামে পরিচিত। এভাবেই হল বিভব সৃষ্টি হয়।

**গ** P, Q, R, S রোধসমূহের বিভিন্ন সেট মানের জন্য হুইটস্টোন ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় থাকতে পারে।

সাম্যাবস্থার জন্য  $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$  হতে হবে।

যেমন S এর মান 24 Ω হলে,

$$\frac{P}{Q} = \frac{8\Omega}{12\Omega} = \frac{2}{3} \text{ এবং } \frac{R}{S} = \frac{16\Omega}{24\Omega} = \frac{2}{3}$$

অর্থাৎ, S = 24Ω হলে ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় থাকতো। সেক্ষেত্রে মূল প্রবাহমাত্রা I নির্ণয় কর।

ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় থাকলে গ্যালভানোমিটারের (G) মধ্যদিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হবে না, সেক্ষেত্রে P, Q রোধদ্বয় শ্রেণিতে থাকবে এবং R, S রোধদ্বয় শ্রেণিতে থাকবে।

তখন, P, Q -এর তুল্য রোধ,  $R_{S1} = 8\Omega + 12\Omega = 20\Omega$

এবং R, S -এর তুল্য রোধ,  $R_{S2} = R + S = 16\Omega + 24\Omega = 40\Omega$

$R_{S1}$  এবং  $R_{S2}$  সমান্তরালে থাকায় এদের তুল্যরোধ  $R_P$  হলে,

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_{S1}} + \frac{1}{R_{S2}} = \frac{1}{20\Omega} + \frac{1}{40\Omega} = \frac{2+1}{40\Omega} = \frac{3}{40\Omega}$$

$$\therefore R_P = \frac{40\Omega}{3}$$

দেওয়া আছে, কোষের তড়িচ্চালক বল, E = 2V এবং

অভ্যন্তরীণ রোধ r = 0.5 Ω

∴ S = 24Ω মানের জন্য ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় থাকলে, এমতাবস্থায়

$$\text{বর্তনীর মূল প্রবাহমাত্রা, } I = \frac{E}{R_P + r} = \frac{2V}{\frac{40}{3}\Omega + 0.5\Omega} = 0.1446 \text{ A (Ans.)}$$

**ঘ** উদ্দীপকে প্রদত্ত বর্তনী অনুসারে,

P = 8Ω, Q = 12Ω, R = 16Ω, S = 20Ω.

$$\therefore \frac{P}{Q} = \frac{8\Omega}{12\Omega} = \frac{2}{3}; \text{ কিন্তু } \frac{R}{S} = \frac{16\Omega}{20\Omega} = \frac{4}{5}$$

লক্ষ্য করি,  $\frac{2}{3} \neq \frac{4}{5}$  বা,  $\frac{P}{Q} \neq \frac{R}{S}$

হুইটস্টোন ব্রিজের সাম্যাবস্থার শর্ত মেনে না চলায় স্পষ্টতঃ যে, ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় নেই।

এখন সাম্যাবস্থার শর্তানুযায়ী,  $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$

$$\text{বা, } S = \frac{Q \times R}{P} = \frac{12 \times 16}{8}$$

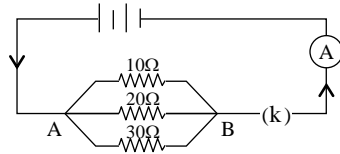
$$\therefore S = 24\Omega$$

অর্থাৎ, S এর মান 20Ω না হয়ে 24Ω হলে ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় থাকতো।

যেহেতু, 24Ω > 20Ω

সুতরাং, ব্রিজটিকে সাম্যাবস্থায় আনার জন্য S- এর সাথে (24Ω - 20Ω) বা, 4Ω মানের রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করতে হবে।

**প্রশ্ন ৪**



উপরের বর্তনীতে দুটি অভিন্ন কোষের প্রতিটির তড়িচ্চালক বল 1.5 V এবং অভ্যন্তরীণ রোধ 1Ω শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত। [এম.সি. কলেজ, সিলেট]

- ক. চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব কী? ১
- খ. চৌম্বকক্ষেত্রের মান 3T বলতে কী বুঝ? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উদ্দীপকের A ও B বিন্দু দুটির মধ্যে তুল্য রোধ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. “উদ্দীপকে দেখানো বর্তনীতে অ্যামিটার রিডিং এর মান কোষ দুটির সমান্তরাল সমবায়ে মানের চেয়ে বেশি”— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উক্তিটির যথার্থতা যাচাই কর। ৪

### ৪ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো চৌম্বক ক্ষেত্রে কোনো বিন্দুর চারদিকে একক ক্ষেত্রফলের মধ্যদিয়ে লম্বভাবে যে পরিমাণ চৌম্বক ফ্লাক্স অতিক্রম করে, তাকে উক্ত বিন্দুর চৌম্বক ফ্লাক্স ঘনত্ব বলে।

**খ** কোনো স্থানে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান 3T বলতে বুঝায়, সংশ্লিষ্ট স্থানের মধ্যদিয়ে 1C মানের একটি আধান চৌম্বক ক্ষেত্রের (B) দিকের সাথে লম্বভাবে একক বেগে অতিক্রম করতে থাকলে তা 3N মানের চৌম্বক বল অনুভব করবে।

**গ** উদ্দীপকের A ও B বিন্দু দুইটির মধ্যে সমান্তরালে যুক্ত রোধগুলো হলো,  $R_1 = 10\Omega$ ,  $R_2 = 20\Omega$ ,  $R_3 = 30\Omega$

বের করতে হবে, সমান্তরাল সমবায়ের তুল্যরোধ,  $R_P = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10\Omega} + \frac{1}{20\Omega} + \frac{1}{30\Omega}$$

$$= \frac{6+3+2}{60\Omega} = \frac{11}{60\Omega}$$

$$\therefore R_P = \frac{60\Omega}{11} = 5.45\Omega \text{ (Ans.)}$$

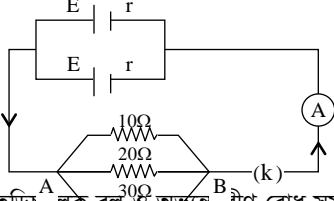
**ঘ** উদ্দীপকের ব্যাটারিটির (তড়িৎ কোষদ্বয়ের শ্রেণি সমবায়)

তড়িচ্চালক বল,  $E' = 2E = 2 \times 1.5\Omega = 3V$  এবং অভ্যন্তরীণ রোধ,  $r' = 2r = 2 \times 1\Omega = 2\Omega$

$$\therefore \text{উদ্দীপকের বর্তনীতে অ্যামিটারের পাঠ, } I = \frac{E}{R_P + r'}$$

$$= \frac{3V}{5.45\Omega + 2\Omega} = 0.4 A$$

কোষ দুটিকে সমান্তরালে যুক্ত করলে বর্তনীটি দেখতে নিরূপ হবে।



কোষদ্বয়ের তড়িচ্চালক বল সমান হওয়ায় কোষের

সমান্তরাল সমবায়ের তুল্য তড়িচ্চালক বল E এবং তুল্য রোধ  $\frac{r}{2}$

∴ এই সমবায়ের অ্যামিটারের পাঠ = বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহ, I'

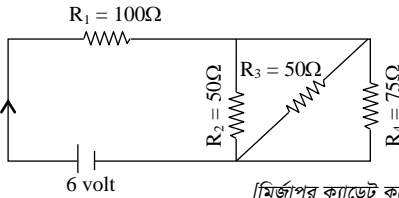
$$= \frac{E}{R_p + \frac{r}{2}} = \frac{1.5 V}{5.45\Omega + \frac{1\Omega}{2}} = 0.2521 A$$

লক্ষ্য করি,  $0.4 A > 0.2521 A$

বা,  $I > I'$

সুতরাং, উদ্দীপকে দেখানো বর্তনীতে অ্যামিটারের রিডিং এর মান কোষ দুটির সমান্তরাল সমবায়ের মানের চেয়ে বেশি। গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উক্তিটির যথার্থতা পাওয়া গেল।

**প্রশ্ন ▶ ৫**



[মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ, টাংগাইল]

ক. তড়িৎ বিভব কাকে বলে?

খ. তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়- ব্যাখ্যা কর।

গ.  $R_1$  রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় কর।

ঘ. দেখাও যে,  $R_1$  রোধের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহের মানের সমান মানের তড়িৎপ্রবাহ  $R_2$ ,  $R_3$  ও  $R_4$  রোধের সমবায়ের তুল্য রোধের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহের সমান। গাণিতিকভাবে বিষয়টি বিশ্লেষণ কর।

#### ৫ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** অসীম থেকে একটি একক ধনাত্মক আধান তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পাদিত হয় তাকে উক্ত বিন্দুর তড়িৎ বিভব বলে।

**খ** তাপমাত্রা বাড়লে পরিবাহকের রোধ বাড়ে। পরিবাহকের মধ্যে মুক্ত ইলেকট্রনের প্রবাহের ফলে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি হয়। মুক্ত ইলেকট্রন প্রবাহের সময় পরিবাহকের অণু-পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয়। যার কারণে পরিবাহকে রোধের উদ্ভব হয়। তাপমাত্রা বাড়লে অতিরিক্ত শক্তি পাওয়ায় পরিবাহকের অণু পরমাণুগুলোর কম্পন বেড়ে যায়। ফলে মুক্ত ইলেকট্রন গুলোর সাথে এদের সংঘর্ষ বৃদ্ধি পায় এবং প্রবাহ চলার পথে বেশি বাধার সৃষ্টি হয়। একারণে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে পরিবাহকের রোধ বৃদ্ধি পায়।

**গ** দেওয়া আছে,

$$\begin{aligned} R_1 &= 100\Omega \\ R_2 &= R_3 = 50\Omega \\ R_4 &= 75\Omega \end{aligned}$$

তড়িচ্চালক শক্তি,  $E = 6V$

বের করতে হবে,  $I_1 = ?$

$R_2$ ,  $R_3$  ও  $R_4$  রোধ তিনটি সমান্তরালে যুক্ত থাকায়, তাদের তুল্যরোধ  $R_p$  হলে,

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_p} &= \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \\ &= \frac{1}{50} + \frac{1}{50} + \frac{1}{75} \\ &= \frac{3+3+2}{150} = \frac{8}{150} \\ \therefore R_p &= \frac{150}{8} = 18.75\Omega \end{aligned}$$

আবার,

$$\begin{aligned} R_s &= R_1 + R_p \\ &= (100 + 18.75)\Omega \\ &= 118.75\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{এখন } I_1 &= \frac{E}{R_s} \\ &= \frac{6 V}{118.75 \Omega} \\ &= 0.05 A \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

**ঘ** ধরি,  $R_2$ ,  $R_3$  ও  $R_4$  এর বিভব পার্থক্য  $V$ .

‘গ’ অংশ হতে পাই,

$$\begin{aligned} I_1 &= 0.05 A \\ R_p &= 18.75 \Omega \\ \therefore V &= I_1 R_p = 0.05 \times 18.75 = 0.9375 V \end{aligned}$$

$$\therefore I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{0.9375}{50} = 0.01875 A$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{0.9375}{50} = 0.01875 A$$

$$I_4 = \frac{V}{R_4} = \frac{0.9375}{75} = 0.0125 A$$

$$\begin{aligned} \therefore R_2, R_3 \text{ ও } R_4 \text{ রোধের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত মোট তড়িৎ প্রবাহ, } I &= I_2 + I_3 + I_4 \\ &= (0.01875 + 0.01875 + 0.0125) A \\ &= 0.05 A \end{aligned}$$

$$\therefore I_1 = I$$

অতএব,  $R_1$  রোধের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ  $R_2$ ,  $R_3$  ও  $R_4$  রোধের সমান্তরাল সমবায়ের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহের সমান।

**প্রশ্ন ▶ ৬**  $102 \Omega$  রোধের গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরালে  $2 \Omega$  রোধ যুক্ত আছে। মূল প্রবাহ  $1 A$ ।

[ভিকার্সনিসা নূন কলেজ, ঢাকা]

ক. ওহমের সূত্র বিবৃত কর।

খ. কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ বেড়ে গেলে তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর।

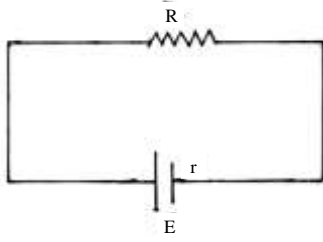
গ. অনুচ্ছেদে উল্লেখিত তথ্যের ভিত্তিতে  $2 \Omega$  রোধের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎের মান বের কর।

ঘ. অনুচ্ছেদে উল্লেখিত সজ্জায় কী ব্যবস্থা অবলম্বন করলে  $10 A$  তড়িৎ প্রবাহ মাপা যাবে- গাণিতিকভাবে দেখাও।

#### ৬ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** ওহমের সূত্রটি হলো— নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো পরিবাহকের মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত তড়িৎপ্রবাহ এর দু'প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক।

**খ** আমরা জানি, কোনো কোষের তড়িচ্চালক বল  $E$ , অভ্যন্তরীণ রোধ  $r$  এবং বহিঃস্থ বর্তনীর তুল্যরোধ  $R$  হলে,



বর্তনীর মূল তড়িৎপ্রবাহ,  $I = \frac{E}{R+r}$

ওপরোক্ত সমীকরণ হতে স্পষ্টতঃ যে, E ও R ধ্রুব থাকা অবস্থায় r বেড়ে গেলে I হ্রাস পায়।

**গ** দেওয়া আছে, গ্যালভানোমিটারের রোধ,  $G = 102 \Omega$

সমাল্পন্যে যুক্ত রোধের মান,  $S = 2 \Omega$

মূল প্রবাহ,  $I = 1A$

বের করতে হবে,  $S = 2 \Omega$  এর মধ্যদিয়ে প্রবাহের মান,  $I_s = ?$

$$\text{এক্ষেত্রে, } I_s = \frac{G}{G+S} I$$

$$= \frac{102 \Omega}{102 \Omega + 2 \Omega} \times 1A = 0.98077 A \text{ (Ans.)}$$

**ঘ** অনুচ্ছেদে উল্লেখিত সজ্জায় আরো একটি স্বল্পমানের রোধ সমাল্পন্যে যুক্ত করলে  $10A$  তড়িৎ প্রবাহ মাপা যাবে।

মনে করি, এই স্বল্পমানের রোধটির মান,  $R = x \Omega$

তাহলে,  $G = 102 \Omega$ ,  $S = 2 \Omega$  এবং  $R = x \Omega$  রোধ তিনটির সমাল্পন্যে যুক্ত সমবায়ের তুল্যরোধ,  $R_p$  হলে,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{102\Omega} + \frac{1}{2\Omega} + \frac{1}{x\Omega} = \frac{x + 51x + 102}{102x\Omega} = \frac{52x + 102}{102x\Omega}$$

$$\therefore R_p = \frac{102x}{52x + 102} \Omega = \frac{51x}{26x + 51} \Omega$$

এ সমবায়ের মধ্যদিয়ে সর্বমোট  $I = 10A$  তড়িৎ প্রবাহিত হলে, এর প্রান্তদ্বয় বিভব পার্থক্য,  $V = IR_p$

$$= 10A \times \frac{51x}{26x + 51} \Omega = \frac{510x}{26x + 51} \text{ volt}$$

$G = 102\Omega$  এবং  $S = 2\Omega$  এর তুল্যরোধ  $R_{p'}$  হলে,

$$\frac{1}{R_{p'}} = \frac{1}{G} + \frac{1}{S} = \frac{1}{102\Omega} + \frac{1}{2\Omega} = \frac{1 + 51}{102\Omega} = \frac{52}{102\Omega}$$

$$\therefore R_{p'} = \frac{102\Omega}{52} = \frac{51}{26} \Omega$$

$R_{p'}$  এর মধ্যদিয়ে  $I' = 1A$  তড়িৎ প্রবাহিত হবে বিধায়,  $I' = \frac{V}{R_{p'}}$

$$\text{বা, } 1A = \frac{\frac{510x}{26x + 51} \text{ volt}}{\frac{51}{26} \Omega} = \frac{510x}{26x + 51} \times \frac{26}{51} A$$

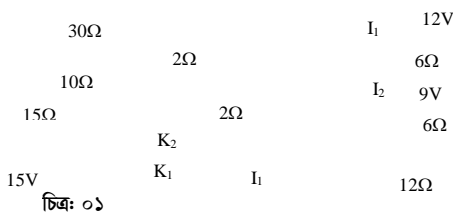
$$\text{বা, } 1 = \frac{260x}{26x + 51} \text{ বা, } 26x + 51 = 260x$$

$$\text{বা, } 260x - 26x = 51 \text{ বা, } 234x = 51$$

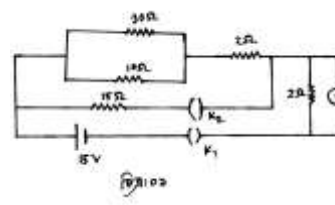
$$\therefore x = \frac{51}{234} = \frac{17}{78} = 0.218$$

সুতরাং, উদ্দীপকের অনুচ্ছেদে উল্লেখিত সজ্জার সাথে সমাল্পন্যে  $0.218\Omega$  মানের রোধ যুক্ত করলে  $10A$  তড়িৎপ্রবাহ মাপা যাবে। এ ক্ষেত্রে পূর্বোক্ত সজ্জার মধ্যদিয়ে  $1A$  তড়িৎ প্রবাহিত হবে।

**প্রশ্ন ৭**



চিত্র: ০১



চিত্র: ০২

[রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ, ঢাকা]

ক. সার্ট কী?

১

খ. ভোল্টমিটারকে সমাল্পন্যে যুক্ত করা হয় কেন?

২

গ. চিত্র ০১ এ দুইটি চাবি বন্ধ থাকলে ভোল্টমিটারের পাঠ কত?

৩

ঘ. চিত্র: ০২ এ  $I_1$  ও  $I_2$  এর মান বের কর।

৪

#### ৭ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো তড়িৎ উপকরণের মধ্যদিয়ে যাতে মাত্রাতিরিক্ত তড়িৎপ্রবাহ যেতে না পারে সে উদ্দেশ্যে এর সাথে সমাল্পন্যে যে নিম্নমানের রোধ সংযুক্ত করা হয় তাকে সার্ট বলে।

**খ** ভোল্টমিটারের রোধ অতি উচ্চ (তাত্ত্বিকভাবে অসীম)। তাই পরীক্ষণীয় তড়িৎ উপকরণের সাথে ভোল্টমিটারকে শ্রেণিতে সংযুক্ত করলে তড়িৎপ্রবাহ উল্লেখযোগ্যভাবে কমে যাবে এবং এতে উপকরণের দু'প্রান্তের বিভব পার্থক্য (ভোল্টমিটার দিয়ে যে রাশি পরিমাপ করতে হবে) পরিবর্তিত হয়ে যাবে। এ কারণে ভোল্টমিটারকে শ্রেণিতে যুক্ত না করে ঐ তড়িৎ উপকরণের দু'প্রান্তে সমাল্পন্যে যুক্ত করা হয়।

**গ** চিত্র ০১-এ দুইটি চাবি বন্ধ থাকলে সবগুলো রোধের মধ্যদিয়ে তড়িৎপ্রবাহ যাবে।

ধরি,  $R_1 = 30\Omega$ ,  $R_2 = 10\Omega$ ,  $R_3 = 15\Omega$ ,  $R_4 = R_5 = 2\Omega$

এবং  $E = 15V$

এবং  $R_1$  ও  $R_2$  সমাল্পন্যে যুক্ত থাকায় এদের তুল্যরোধ  $R_{p1}$  হলে,

$$\frac{1}{R_{p1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{30\Omega} + \frac{1}{10\Omega} = \frac{1+3}{30\Omega} = \frac{4}{30\Omega}$$

$$\therefore R_{p1} = \frac{30\Omega}{4} = 7.5\Omega$$

$R_{p1}$  এর সাথে  $R_4$  শ্রেণিতে যুক্ত বিধায় এদের তুল্যরোধ  $R_{s1} = R_{p1} + R_4 = 7.5\Omega + 2\Omega = 9.5\Omega$

$R_{s1}$  এবং  $R_3$  সমাল্পন্যে যুক্ত থাকায় এদের তুল্যরোধ,  $R_{p2}$  হলে,

$$\frac{1}{R_{p2}} = \frac{1}{R_{s1}} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{9.5\Omega} + \frac{1}{15\Omega} = 0.172 \Omega^{-1}$$

$$\therefore R_{p2} = (0.172 \Omega^{-1})^{-1} = 5.82 \Omega$$

$R_{p2}$  এর সাথে  $R_5$  শ্রেণিতে যুক্ত বিধায় বর্তনীর সর্বমোট তুল্য রোধ,

$$R_{eq} = R_{p2} + R_5 = 5.82 \Omega + 2\Omega = 7.82 \Omega$$

$$\text{বর্তনীর মূল তড়িৎপ্রবাহ, } I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{15V}{7.82 \Omega} = 1.92 A$$

$$\therefore \text{ভোল্টমিটারের পাঠ, } V = IR_5 = 1.92A \times 2\Omega = 3.84 V \text{ (Ans.)}$$

**ঘ** চিত্র ২- এ উপরের লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$+12V - (6\Omega) I_1 A + (6\Omega) I_2 A - 9V = 0$$

$$\text{বা, } 6\Omega (I_2 - I_1)A = 9V - 12V = -3V$$

$$\text{বা, } I_2 - I_1 = -\frac{3}{6} = -0.5 \dots (i)$$

$12\Omega$  এর মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ =  $(I_1 + I_2)A$  (কার্শফের ১ম সূত্রানুসারে)

নিচের লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$-12\Omega (I_1 + I_2)A + 9V - 6\Omega (I_2 A) = 0$$

$$\text{বা, } -12(I_1 + I_2) + 9 - 6I_2 = 0$$

$$\text{বা, } -4(I_1 + I_2) + 3 - 2I_2 = 0$$

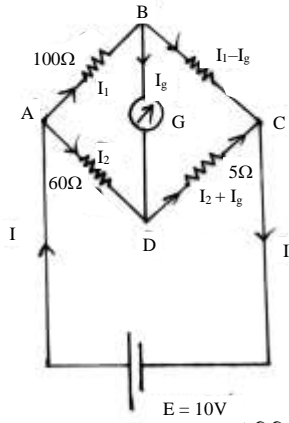
$$\text{বা, } -4I_1 - 4I_2 + 3 - 2I_2 = 0$$

$$\text{বা, } -4I_1 - 6I_2 = -3$$

$$\text{বা, } 6I_2 + 4I_1 = 3 \dots (ii)$$

(i) ও (ii) সমাধান করে পাই,  $I_2 = 0.1$ ,  $I_1 = 0.6A$

**প্রশ্ন ▶ চ** রায়হানকে তার শিক্ষক  $100\Omega$ ,  $10\Omega$ ,  $60\Omega$  এবং  $5\Omega$  রোধ দিয়ে একটি হুইটস্টোন ব্রিজ এর বর্তনী বানাতে বললে সে নিচের চিত্রের মত বর্তনী তৈরি করল।



[মতিঝিল আইডিয়াল কলেজ, ঢাকা]

- ক. রোধের উষ্ণতা গুণাংক কাকে বলে? ১  
খ. “দুটি বলরেখা কখনো পরস্পরকে ছেদ করে না”- ব্যাখ্যা কর। ২  
গ. রায়হান  $I_g = 0$  করার জন্য প্রথম বাহুর রোধের মানের কত পরিবর্তন কীভাবে করেছিল? ৩  
ঘ. গ্যালভানোমিটারের রোধ  $15\Omega$  হলে রায়হান গ্যালভানোমিটারের প্রবাহ নির্ণয় করতে পারবে কিনা— গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

#### ৮ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক**  $0^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় কোনো পদার্থের  $1\Omega$  রোধের একটি খুঁট নেয়ার পর উক্ত খুঁটের তাপমাত্রা  $1\text{K}$  বৃদ্ধি করলে এর রোধ যে পরিমাণে বৃদ্ধি বাহাস পায় তাকে ঐ পদার্থের রোধের উষ্ণতা গুণাংক বলে।

**খ** তড়িৎ বলরেখাগুলো পরস্পরকে বিকর্ষণ করে এবং দৈর্ঘ্য বরাবর সংকুচিত হতে চায়। দুটি বলরেখা যদি পরস্পরকে কোনো বিন্দুতে ছেদ করে তাহলে ছেদবিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতার দুটি দিক থাকবে যা অসম্ভব। একারণে এটা সুস্পষ্ট যে, দুটি বলরেখা কখনো পরস্পরকে ছেদ করে না।

**গ** দেওয়া আছে,

দ্বিতীয় বাহুর রোধ,  $Q = 10\Omega$

তৃতীয় বাহুর রোধ,  $R = 60\Omega$

চতুর্থ বাহুর রোধ,  $S = 5\Omega$

বের করতে হবে,  $I_g = 0$  বা সাম্যাবস্থার জন্য প্রথম বাহুর রোধ,  $P = ?$

আমরা জানি, হুইটস্টোন ব্রিজে সাম্যাবস্থার ক্ষেত্রে,  $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$  ধের পূর্বোক্ত মান)

$\therefore I_g = 0$  করার জন্য প্রথম বাহুর রোধের মান বাড়াতে হবে  $= 120\Omega - 100\Omega = 20\Omega$

অর্থাৎ, ১ম বাহুর  $100\Omega$  রোধের সাথে  $20\Omega$  মানের রোধ শ্রেণিতে যুক্ত করেছিল।

**ঘ** গ্যালভানোমিটারের রোধ  $G = 15\Omega$  হলে,

ABCD লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগে পাই,

$$-100I_1 - 10(I_1 - I_g) + 5(I_2 + I_g) + 60I_2 = 0$$

$$\text{বা, } -100I_1 - 10I_1 + 10I_g + 5I_2 + 5I_g + 60I_2 = 0$$

$$\text{বা, } 15I_g - 110I_1 + 65I_2 = 0$$

$$\text{বা, } I_g = 7.33I_1 - 4.33I_2 \dots\dots\dots(i)$$

ABDA লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগে পাই,

$$-100I_1 - 15I_g + 60I_2 = 0$$

$$\text{বা, } -20I_1 - 3I_g + 12I_2 = 0$$

$$\text{বা, } -20I_1 - 3(7.33I_1 - 4.33I_2) + 12I_2 = 0$$

$$\text{বা, } -20I_1 - 22I_1 + 13I_2 + 12I_2 = 0$$

$$\text{বা, } -42I_1 + 25I_2 = 0 \dots\dots\dots(ii)$$

ADCEA লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগে পাই,

$$-60I_2 - 5(I_2 + I_g) + E = 0$$

$$\text{বা, } -60I_2 - 5I_2 - 5I_g + 10 = 0$$

$$\text{বা, } -60I_2 - 5I_2 - 5(7.33I_1 - 4.33I_2) + 10 = 0$$

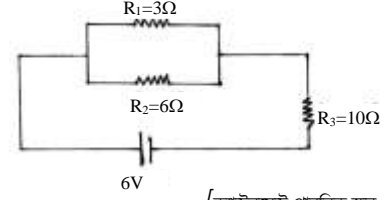
$$\text{বা, } -60I_2 - 5I_2 - 36.65I_1 + 21.65I_2 + 10 = 0$$

$$\text{বা, } -36.65I_1 - 43.35I_2 = -10 \dots\dots\dots(iii)$$

(ii) ও (iii) নং সমাধানে পাই,  $I_1 = 0.09134\text{A}$ ,  $I_2 = 0.1535\text{A}$

$$\therefore \text{গ্যালভানোমিটারের প্রবাহ, } I_g = 7.33I_1 - 4.33I_2 \\ = 7.33 \times 0.09134\text{A} - 4.33 \times 0.1535\text{A} \\ = 4.8672 \times 10^{-3}\text{A}$$

#### প্রশ্ন ▶ ৯



[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, রংপুর]

- ক. সার্ট কাকে বলে? ১  
খ. তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়— ব্যাখ্যা কর। ২  
গ. বর্তনীর তুল্য রোধ নির্ণয় কর। ৩  
ঘ.  $R_3$  এর সাথে কত রোধ কীভাবে যুক্ত করলে এর ভিতর দিয়ে  $R_1$  এর সমানপ্রবাহ পাওয়া যাবে গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

#### ৯ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো গ্যালভানোমিটারকে নির্দিষ্ট পাল-র অ্যামিটারে পরিণত করার উদ্দেশ্যে এর কুন্ডলীর সমান্তরালে যে স্বল্পমানের রোধ সংযুক্ত করা হয়, তাকে সার্ট বলে।

**খ** তড়িৎ প্রবাহের ফলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো এবং হোল হতে হোলে লাক্ষের মাধ্যমে চলাচলকারী ইলেকট্রনগুলো যখন পরিবাহী বা অর্ধপরিবাহী পদার্থের প্রস্থচ্ছেদের মধ্যদিয়ে গমন করে তখন এরা পদার্থের অণু-পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয়, এতে ঐ অণু-পরমাণুগুলোর গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। যেহেতু পদার্থের অণু-পরমাণুগুলোর গড় গতিশক্তি তাপমাত্রা রূপে প্রকাশ পায়, তাই তড়িৎ প্রবাহের ফলে বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়। অর্থাৎ পদার্থটি পূর্বের তুলনায় বেশি গরম (বেশি তাপমাত্রা) মনে হয়।

**গ** দেওয়া আছে,

বর্তনীর রোধসমূহ  $R_1 = 3\Omega$ ,  $R_2 = 6\Omega$ ,  $R_3 = 10\Omega$

বের করতে হবে, বর্তনীর তুল্য রোধ,  $R_{eq} = ?$

$R_1$  ও  $R_2$  সমান্তরালে যুক্ত থাকায় এদের তুল্য রোধ  $R_P$  হলে,

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{3\Omega} + \frac{1}{6\Omega} = \frac{2+1}{6\Omega} = \frac{3}{6\Omega}$$

$$\therefore R_P = \frac{6\Omega}{3} = 2\Omega$$

$R_P$  এর সাথে  $R_3$  শ্রেণিতে যুক্ত থাকায় বর্তনীর সর্বমোট তুল্য রোধ,  $R_{eq} = R_P + R_3 = 2\Omega + 10\Omega = 12\Omega$  (Ans.)

**ঘ** বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহ,  $I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{6\text{V}}{12\Omega} = 0.5\text{A}$

$R_1$  এর মধ্য দিয়ে প্রবাহ,  $I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0.5\text{A} \times \frac{6\Omega}{3\Omega + 6\Omega} = \frac{1}{3}\text{A}$

$R_3$  এর মধ্য দিয়ে  $0.5\text{A}$  প্রবাহের বদলে  $0.33\text{A}$  প্রবাহ যেতে হলে,

$R_3$  এর সমান্তরালে একটি রোধ যুক্ত করতে হবে। মনে করি, এই রোধের মান  $R$

$$\therefore 0.33A = \frac{R}{R_3 + R} \times 0.5A$$

$$\text{বা, } \frac{R_3 + R}{R} = \frac{0.5A}{1/3A} = 1.5$$

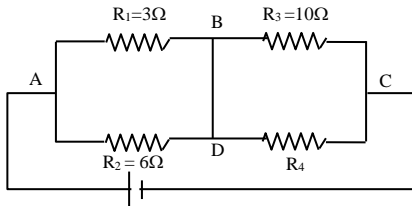
$$\text{বা, } 1 + \frac{R_3}{R} = 1.5 \text{ বা, } \frac{R_3}{R} = 0.5$$

$$\therefore R = \frac{R_3}{0.5} = \frac{10\Omega}{0.5} = 20\Omega$$

সুতরাং  $R_3$  এর সাথে  $20\Omega$  মানের রোধ সমান্তরালে যুক্ত করলে এর ভিতর দিয়ে  $R_1$  এর সমান প্রবাহ পাওয়া যাবে।

**বিকল্প:**  $R_3$  এর সাথে শ্রেণিতে কোনো রোধ যুক্ত করলে,  $R_1$  এবং  $R_3$  এর মধ্যদিয়ে প্রবাহ সমান হবে না, কারণ  $R_3$  এর মধ্যদিয়ে মূল প্রবাহ যাবে এবং  $R_1$  এর মধ্যদিয়ে আংশিক প্রবাহ যাবে।

সুতরাং  $R_3$  এর সাথে (ধরি,  $R_4$ ) রোধ সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে। সেক্ষেত্রে বর্তনী নিরূপণ হবে:



$R_1$  ও  $R_3$  এর মধ্যদিয়ে একই মানের প্রবাহ অতিক্রম করলে BD অংশে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হবে না।

সেক্ষেত্রে  $R_1, R_2, R_3, R_4$  রোধগুলো মিলে হুইটস্টোন ব্রিজ তৈরি হবে।

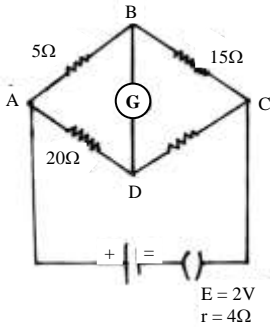
$$\therefore \frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

$$\therefore R_4 = \frac{R_2}{R_1} R_3$$

$$= \frac{6\Omega}{3\Omega} \times 10\Omega = 20\Omega$$

সুতরাং  $R_3$  এর সাথে  $20\Omega$  রোধ সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে।

**প্রশ্ন ১০** চিত্রটি লক্ষ কর।



[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, মোমেনশাহী]

ক. প্রতিসরাঙ্ক কাকে বলে?

১

খ. আলোর ব্যতিচারে সুসংগত আলোক উৎস ব্যবহার করা হয় কেন?

২

গ. অজানা রোধের মান কত?

৩

ঘ. রোধগুলোর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর এবং প্রবাহমাত্রা এরকম হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর।

৪

**১০ নং প্রশ্নের উত্তর**

**ক** এক জোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম ও একটি নির্দিষ্ট বর্ণের আলোর তির্যক আপতনের ক্ষেত্রে, আপতন কোণের সাইন এবং প্রতিসরণ কোণের

সাইনের অনুপাত সর্বদা ধ্রুব। এ ধ্রুবককে প্রথম মাধ্যমের সাপেক্ষে দ্বিতীয় মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বলে।

**খ** দুটি আলোক উৎসকে সুসংগত তখনই বলা যায় যদি তাদের কম্পাঙ্ক সমান হয় এবং তাদের মধ্যবর্তী দশা পার্থক্য শূন্য বা ধ্রুবক থাকে। ব্যতিচারের ক্ষেত্রে সুসংগত উৎস ব্যবহার করা হয় কারণ ব্যতিচার সজ্জা কেবল তখনই স্পষ্ট হয় যখন দুটি সুসংগত উৎসের উপরিপাতন ঘটে। উৎস দুটির মধ্যবর্তী দশা পার্থক্য পরিবর্তনশীল হলে ব্যতিচার সজ্জা অস্পষ্ট হয় বা একেবারেই দৃশ্যমান হয় না।

**গ** দেওয়া আছে,

তড়িচ্চালক বল,  $E = 2V$

অভ্যন্তরীণ রোধ,  $r = 4\Omega$

প্রথম বাহুর রোধ,  $P = 5\Omega$

দ্বিতীয় বাহুর রোধ,  $Q = 15\Omega$

তৃতীয় বাহুর রোধ,  $R = 20\Omega$

অজানা রোধ,  $S = ?$

সাম্যাবস্থায়, আমরা জানি,  $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$

$$\text{বা, } S = R \times \frac{Q}{P}$$

$$= 20 \times \frac{15}{5}$$

$$\therefore S = 60\Omega$$

Ans:  $60\Omega$

**ঘ** দেওয়া আছে,

তড়িচ্চালক বল,  $E = 2V$

অভ্যন্তরীণ রোধ,  $r = 4\Omega$

আমরা জানি,

$$\text{বর্তনীর মোট প্রবাহ, } i = \frac{E}{R + r}$$

গ্যালভানোমিটারের মধ্যদিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত না হওয়ায় ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় থাকবে।

এক্ষেত্রে,

ABC বাহুতে  $5\Omega$  ও  $15\Omega$  রোধ ও ADC বাহুতে  $20\Omega$  ও  $60\Omega$  রোধ সমান্তরালে আছে। সুতরাং বর্তনীর তুল্য রোধ,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{5 + 15} + \frac{1}{20 + 60}$$

$$\therefore R = 16\Omega$$

$$\text{অতএব, } i = \frac{2}{16 + 4}$$

$$\therefore i = 0.1A$$

A ও C এর মধ্যবর্তী বিভব পার্থক্য,

$$V_{AC} = iR$$

$$= (0.1 \times 16)V$$

$$= 1.6V$$

সুতরাং, ABC বাহুতে প্রবাহ,  $i_{ABC} = \frac{V_{AC}}{5 + 15}$

$$\therefore i_{ABC} = \frac{1.6}{20} = 0.08A$$

$$\text{একইভাবে, } i_{ADC} = \frac{1.6}{80} = 0.02A$$

যেহেতু ABC বাহুতে তুলনামূলকভাবে ADC অপেক্ষা রোধ কম তাই ঐ বাহুতে প্রবাহমাত্রাও বেশি।

**প্রশ্ন ১১**

$$R_1 = 1.5\Omega$$

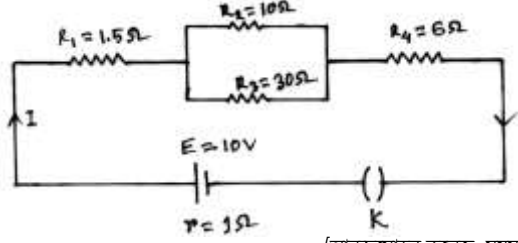
$$R_2 = 10\Omega$$

$$R_4 = 6\Omega$$

$$R_3 = 30\Omega$$

1

$$E = 10V$$



[আনন্দমোহন কলেজ, ময়মনসিংহ]

- ক. চার্জ কী? ১  
খ. হাইড্রোজেন পরমাণুতে একটি তড়িৎ দ্বি-মেরু বিদ্যমান- ব্যাখ্যা কর। ২  
গ. উদ্দীপকে I এর মান নির্ণয় কর। ৩  
ঘ. রোধ R<sub>1</sub> ও R<sub>4</sub> এর প্রতিটির সমান্তরালে একই রোধ ও ক্ষমতার একটি করে বাস্তব যুক্ত করলে কোন বাস্তবটি বেশী আলো দেবে? বর্তনীচিত্র অংকন করে তোমার উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দাও। ৪

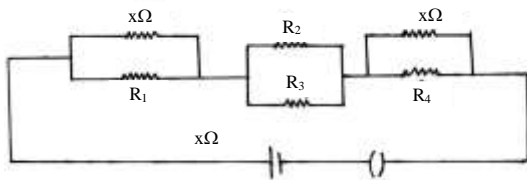
### ১১ নং প্রশ্নের উত্তর

- ক. পরমাণু গঠনকারী কণাসমূহের মৌলিক ও বৈশিষ্ট্যমূলক ধর্মকে চার্জ বলে।  
খ. আমরা জানি, দুটি সমপরিমাণ কিন্তু বিপরীতধর্মী চার্জ পরস্পরের খুব সন্নিকটে থাকলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে। হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে একটিমাত্র প্রোটন বিদ্যমান। নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে একটিমাত্র ইলেকট্রন ঘূর্ণায়মান। ইলেকট্রন ও প্রোটনের চার্জ বিপরীতধর্মী। তবে পরিমাণে সমান। তাই বলা হয়, হাইড্রোজেন পরমাণুতে একটি তড়িৎ-দ্বিমেরু বিদ্যমান।

- গ. দেওয়া আছে,  
বর্তনীর বহিঃস্থ রোধসমূহ R<sub>1</sub> = 1.5Ω, R<sub>2</sub> = 10Ω, R<sub>3</sub> = 30Ω, R<sub>4</sub> = 6Ω  
কোষের তড়িচ্চালক বল, E = 10V  
এবং অভ্যন্তরীণ রোধ, r = 1Ω  
বের করতে হবে, মূল তড়িৎ প্রবাহ, I = ?

$$\therefore \text{বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহ, } I = \frac{E}{R + r} = \frac{10V}{15 + 1\Omega} = 0.625 \text{ A}$$

- ঘ. মনে করি, রোধ R<sub>1</sub> ও R<sub>4</sub> এর প্রতিটির সমান্তরালে একই রোধ (xΩ) এবং একই ক্ষমতার (P watt) একটি করে রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হলো। সেক্ষেত্রে R<sub>1</sub> ও R<sub>4</sub> এর প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য পরিবর্তিত হয়ে যাবে। তখন বর্তনীটি দেখতে হবে নিরূপণ:



- ধরি,  $x\Omega \gg 6\Omega$   
(কারণ, সাধারণত যে কোনো বাস্তব রোধ 10Ω, 20Ω বা এ জাতীয় মান থেকে অনেক বেশি হয়; যেমন 220V বিভব পার্থক্যে 100 watt বাস্তব রোধ 484Ω।)  
তাহলে সমান্তরালে যুক্ত xΩ ও R<sub>1</sub> এর তুল্যরোধ R<sub>1</sub> (= 1.5Ω) থেকে সামান্য কম।  
আবার, সমান্তরালে যুক্ত xΩ ও R<sub>4</sub> এর তুল্যরোধ R<sub>4</sub> (= 6Ω) থেকে সামান্য কম।  
এ সমান্তরাল সমবায়দ্বয়ের প্রতিটির মধ্যদিয়ে একই মানের তড়িৎ প্রবাহিত হবে বিধায়, R<sub>4</sub> এর প্রান্তীয় বিভবপার্থক্য > R<sub>1</sub> এর প্রান্তীয় বিভবপার্থক্য।

- অর্থাৎ, R<sub>4</sub> এর সমান্তরালে যুক্ত বাস্তব প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য > R<sub>1</sub> এর সমান্তরালে যুক্ত বাস্তব প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য  
 $\therefore$  ক্ষমতা,  $P = \frac{V^2}{R}$  সূত্রানুসারে R<sub>4</sub> এর সমান্তরালে যুক্ত বাস্তব ক্ষমতা বেশি হবে, তাই এটি বেশি উজ্জ্বল ভাবে জ্বলবে।

- প্রশ্ন ১২ একটি মিটার ব্রিজের বাম ফাঁকে 10 Ω রোধ ও ডান ফাঁকে একটি অজ্ঞাত রোধ যুক্ত করলে বাম ফাঁক হতে 40cm দূরে নিষ্ক্রিয় বিন্দু পাওয়া যায়। যে কোনো ফাঁকের রোধের মান পরিবর্তন করলে নিষ্ক্রিয় বিন্দুর অবস্থান পরিবর্তিত হয়। [বি.এন. কলেজ, ঢাকা]

- ক. আপেক্ষিক রোধ কাকে বলে? ১  
খ. মিটার ব্রিজের সাম্যবস্থায় গ্যালভানোমিটারের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহিত হয় না কেন? ২  
গ. ডানফাঁকের অজানা রোধের মান কত? ৩  
ঘ. ডানফাঁকের রোধের সাথে কত রোধ কীভাবে যুক্ত করলে মিটার ব্রিজের তারের মাঝখানে নিস্পন্দ বিন্দু উৎপন্ন হয়? ৪

### ১২ নং প্রশ্নের উত্তর

- ক. নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে তার উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে।

- খ. মিটার ব্রিজের সাম্যবস্থায় গ্যালভানোমিটারের দুই প্রান্তের বিভব সমান হয়ে যায়। ফলে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হয় না।

- গ. এখানে,  
মিটার ব্রিজের বামফাঁকের রোধ, P = 10 Ω  
বামফাঁক হতে নিষ্ক্রিয় বিন্দুর দূরত্ব, l = 40 cm  
মিটার ব্রিজের ডানফাঁকের রোধ, Q = ?

আমরা জানি,

$$\frac{P}{Q} = \frac{l}{100 - l}$$

বা,  $\frac{10}{Q} = \frac{40}{100 - 40}$

বা,  $Q = \frac{10 \times 60}{40}$

$\therefore Q = 15 \Omega$  (Ans.)

- ঘ. এখানে,  
মিটার ব্রিজের বামফাঁকের রোধ, P = 10 Ω  
মিটার ব্রিজের ডানফাঁকের রোধ, Q = 15 Ω

- মনে করি,  
মিটার ব্রিজের ডানফাঁকের রোধ Q' হলে নিস্পন্দ বিন্দুর অবস্থান মাঝখানে হয়।

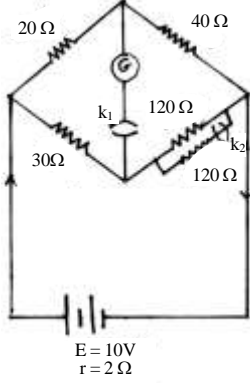
অর্থাৎ,  $l = \frac{100}{2} \text{ cm} = 50 \text{ cm}$  হয়।

- আমরা জানি,  
 $\therefore Q' = 10 \Omega$   
এক্ষেত্রে রোধ কম হতে হয়। অর্থাৎ, সমান্তরালে রোধ যুক্ত করতে হবে।  
ধরি, Q রোধের সাথে R রোধ সমান্তরালে যুক্ত করলে তুল্যরোধ Q' হয়।  
 $\therefore \frac{1}{Q'} = \frac{1}{Q} + \frac{1}{R}$   
বা,  $\frac{1}{10} = \frac{1}{15} + \frac{1}{R}$   
বা,  $\frac{1}{R} = \frac{1}{10} - \frac{1}{15}$

∴  $R = 30\Omega$

সুতরাং, ডানফাঁকের রোধের সাথে  $30\Omega$  রোধ সমান্তরালে যুক্ত করলে মিটার ব্রীজের তারের মাঝখানে নিম্পন্দ বিন্দু উৎপন্ন হয়।

### প্রশ্ন ১৩



[সেন্ট্রাল উইমেল কলেজ, ঢাকা]

- সান্ট কাকে বলে? ১
- তড়িৎ প্রবাহের বর্তনীতে তাপের উদ্ভব হয়— ব্যাখ্যা কর। ২
- চাবি  $K_1$  এবং  $K_2$  খুলে দিলে বর্তনীর মূল প্রবাহ কত হবে? ৩
- $K_1$  ও  $K_2$  বন্ধ করা হলে গ্যালভানোমিটারের মধ্যদিয়ে তড়িৎপ্রবাহ চলবে কি না তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

### ১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** অধিক পরিমাণ প্রবাহ গিয়ে যাতে গ্যালভানোমিটারকে নষ্ট করতে না পারে তার জন্য গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরাল সমবায়ে যে অল্পমানের রোধ সংযুক্ত করা হয় তাকে সান্ট বলে।

**খ** কোনো পরিবাহকের দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য থাকলে এর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। পরিবাহকের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে ব্যয়িত তড়িৎ শক্তির কিছু অংশ পরিবাহকের রোধ অতিক্রম করার কাজে ব্যয়িত হয়। এই ব্যয়িত শক্তি পরিবাহকে তাপ শক্তিরূপে প্রকাশ পায় এবং এর ফলে পরিবাহক উত্তপ্ত হয়। এই প্রক্রিয়াকে তড়িৎ প্রবাহের তাপীয় ক্রিয়া বলা হয়।

**গ**  $K_1$  ও  $K_2$  চাবি খুলে দিলে,  $120\Omega$  মানের একটি রোধে তড়িৎ প্রবাহিত হবে না।

$20\Omega$  ও  $40\Omega$  রোধদ্বয়ের তুল্যরোধ,  $R_{S1} = (20\Omega + 40\Omega) = 60\Omega$   
এবং  $30\Omega$  ও  $120\Omega$  রোধদ্বয়ের তুল্যরোধ,  $R_{S2} = (30\Omega + 120\Omega) = 150\Omega$

∴ বর্তনীর সর্বমোট তুল্যরোধ,  $\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_{S1}} + \frac{1}{R_{S2}}$

$$\begin{aligned} \text{বা, } R_P &= \left( \frac{1}{R_{S1}} + \frac{1}{R_{S2}} \right)^{-1} \\ &= \left( \frac{1}{60\Omega} + \frac{1}{150\Omega} \right)^{-1} \\ &= 42.86\Omega \end{aligned}$$

এখানে,

তড়িৎ চালক শক্তি,  $E = 10V$

কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ,  $r = 2\Omega$

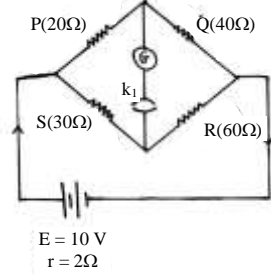
আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \text{বর্তনীর মূল প্রবাহ, } I &= \frac{E}{R + r} \\ &= \frac{10V}{42.86\Omega + 2\Omega} \\ &= 0.223\text{ A (Ans.)} \end{aligned}$$

**ঘ**  $K_1$  ও  $K_2$  চাবি বন্ধ করা হলে,  $120\Omega$  মানের উভয় রোধ দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হবে।

$$120\Omega \text{ ও } 120\Omega \text{ রোধদ্বয়ের তুল্যরোধ } \frac{1}{R} = \frac{1}{120\Omega} + \frac{1}{120\Omega}$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } R &= \left( \frac{1}{120\Omega} + \frac{1}{120\Omega} \right)^{-1} \\ &= 60\Omega \end{aligned}$$



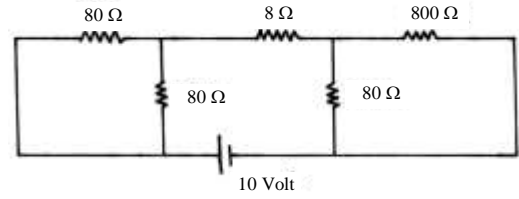
$$\text{এখানে, } P \text{ ও } Q \text{ এর অনুপাত } = \frac{P}{Q} = \frac{20\Omega}{40\Omega} = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$\text{এবং } S \text{ ও } R \text{ এর অনুপাত } = \frac{S}{R} = \frac{30\Omega}{60\Omega} = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$\text{যেহেতু } \frac{P}{Q} = \frac{S}{R}$$

সেহেতু এটি ভারসাম্য অবস্থায় আছে, তাই গ্যালভানোমিটার দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হবে না।

### প্রশ্ন ১৪



[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]

- লরেঞ্জ বল কী? ১
- ভূ-পৃষ্ঠের উত্তর ও দক্ষিণ মেরুতে বিনতি কোণ  $90^\circ$ — ব্যাখ্যা কর। ২
- উদ্দীপকের বর্তনীর তুল্য রোধ কত? ৩
- উদ্দীপকের বর্তনীর  $800\Omega$  রোধের মধ্য দিয়ে কী পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয়? ৪

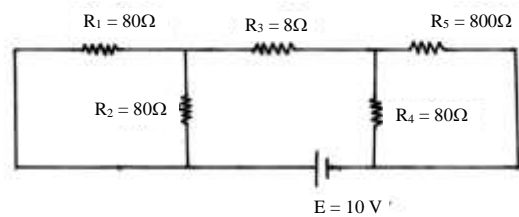
### ১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো স্থানে তড়িৎক্ষেত্র ও চৌম্বক ক্ষেত্র যুগপৎ বিদ্যমান থাকলে সেখানে একটি গতিশীল চার্জ যে লব্ধি বল অনুভব করে তাকে লরেঞ্জ বল বলে।

**খ** কোনো স্থানে ভূ-চৌম্বকক্ষেত্র অনুভূমিকের সাথে কোণ উৎপন্ন করে অর্থাৎ চৌম্বক মধ্যতলে মুক্তভাবে স্থাপিত চৌম্বক শলাকা অনুভূমিক তল থেকে যে কোণে নত অবস্থায় থাকে তাকে ঐ স্থানের বিনতি বলে।

ভূ-পৃষ্ঠের উত্তর ও দক্ষিণ মেরুতে বিনতি  $90^\circ$  বলতে বোঝায় যে, উত্তর ও দক্ষিণ মেরুতে মুক্তভাবে ঝুলন্ত একটি চুম্বক শলাকা ভূ-চুম্বকের চৌম্বকক্ষেত্র অনুভূমিক তলের সাথে  $90^\circ$  কোণ উৎপন্ন করে। অর্থাৎ চুম্বক শলাকাটি উল-ম্ন রেখার অবস্থান করে।

**গ** এখানে,



প্রদত্ত রোধগুলো  $R_1 = 80\Omega$

$R_2 = 80\Omega$

$R_3 = 8\Omega$



$R_4 = 80\Omega$   
 $R_5 = 800\Omega$   
 $R_1$  ও  $R_2$  সমান্তরাল সংযোগের তুল্যরোধ  $R_P$  হলে,

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{R_P} = \frac{1}{80} + \frac{1}{80}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{R_P} = \frac{2}{80}$$

$$\therefore R_P = 40\Omega$$

$R_4$  ও  $R_5$  সমান্তরাল সংযোগের তুল্যরোধ  $R_{P'}$  হলে,

$$\frac{1}{R_{P'}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{R_{P'}} = \frac{1}{80} + \frac{1}{800}$$

$$\text{বা, } R_{P'} = 72.73\Omega$$

$R_P$ ,  $R_{P'}$  ও  $R_3$  শ্রেণি সংযোগের তুল্য রোধ  $R_5$  হলে

$$R_5 = R_P + R_{P'} + R_3$$

$$\text{বা, } R_5 = (40 + 72.73 + 8)\Omega = 120.73\Omega$$

সুতরাং, বর্তনীর তুল্যরোধ  $120.73\Omega$ .

ঘ গ নং হতে,

$$\text{বর্তনীর তুল্যরোধ } R = 120.73\Omega$$

$$R_4 = 80\Omega$$

$$R_5 = 800\Omega$$

$$\text{বা, } I = \frac{10}{120.73} \text{ A}$$

$$\text{আবার, } V = IR_P$$

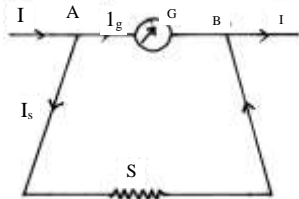
$$\text{বা, } V = \frac{10}{120.73} \times 72.73$$

$$\therefore V = 6.02 \text{ V}$$

$$\therefore 800\Omega \text{ রোধের মধ্যদিয়ে তড়িৎপ্রবাহ} = \frac{V}{800} = \frac{6.02}{800}$$

$$= 7.53 \times 10^{-3} \text{ A (Ans.)}$$

প্রশ্ন ▶ ১৫



উপরের চিত্রে G-রোধের একটি গ্যালভানোমিটারের দুই প্রান্ত A ও B এর সাথে একটি স্বল্প মানের রোধ S সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত আছে।

[আর্মড পুলিশ ব্যাটালিয়ন পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, বগুড়া]

- ভূ-চুম্বকত্ব কী? ১
- হিস্টেরেসিস বলতে কী বুঝ? ২
- উদ্দীপকের চিত্রের গ্যালভানোমিটারের রোধ  $100\Omega$ । এর সাথে কত সান্ট যুক্ত করলে মূল তড়িৎ প্রবাহমাত্রার 90% সান্টের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত হবে? ৩
- উদ্দীপকের সান্টযুক্ত গ্যালভানোমিটারের মূল প্রবাহের সাথে গ্যালভানোমিটার প্রবাহ ও সান্ট প্রবাহের মধ্যে সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা সম্ভব কি— না তা গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পৃথিবীর কোরে বা মজ্জায় আয়নিত পদার্থসমূহের ঘূর্ণনের কারণে এটি একটি চুম্বকরূপে আচরণ করে। এ বিষয়টিকেই ভূচুম্বকত্ব বলে।

খ চৌম্বক পদার্থের কোনো খণ্ডে বাহ্যিক চৌম্বক ক্ষেত্র ( $\vec{H}$ ) প্রয়োগ করলে বিচুম্বকায়নের বেলায় চুম্বকন মাত্রা  $\vec{I}$  এর মান চুম্বকায়নের

বেলায়  $\vec{I}$  এর মানের চেয়ে বেশি। অর্থাৎ পদার্থটি বিচুম্বকায়িত হতে শৈথিল্য দেখায়। চৌম্বক পদার্থের এ ধর্মকে হিস্টেরেসিস বলে।

গ এখানে,

$$\text{গ্যালভানোমিটারের রোধ, } G = 100\Omega$$

$$\text{মূল প্রবাহ} = I \text{ (ধরি)}$$

$$\text{সান্টের মধ্য দিয়ে কারেন্ট,}$$

$$I_s = I \text{ এর } 90\% = 0.9I$$

$$\text{সান্টের রোধ, } S = ?$$

$$\text{বা, } 0.9S + 90 = 100$$

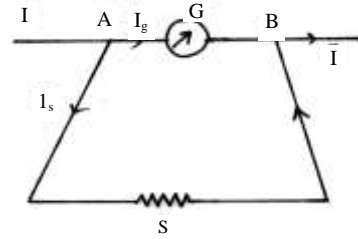
$$\text{বা, } 0.9S = 10$$

$$\text{বা, } S = \frac{10}{0.9}$$

$$= 11.11\Omega$$

অর্থাৎ,  $11.11\Omega$  রোধের সান্ট যুক্ত করলে মূল তড়িৎপ্রবাহ মাত্রার 90% সান্টের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত হবে। (Ans.)

ঘ



উদ্দীপকের সান্টযুক্ত গ্যালভানোমিটারের মূল প্রবাহের সাথে গ্যালভানোমিটার প্রবাহ ও সান্ট প্রবাহের মধ্যে সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা করা সম্ভব। নিচে এ সম্পর্ক দেখানো হল— এখানে, গ্যালভানোমিটারের রোধ G। এর সাথে A ও B বিন্দুতে সমান্তরালে সমবায়ে সান্ট S যুক্ত আছে। মূল প্রবাহ ও বর্তনীর A বিন্দুতে  $I_s$  ও  $I_g$  শাখায় বিভক্ত হয়ে যথাক্রমে সান্ট ও গ্যালভানোমিটারের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত হচ্ছে।

$$\text{অর্থাৎ, } I = I_s + I_g$$

A ও B বিন্দুর বিভব যথাক্রমে  $V_A$  ও  $V_B$  হলে ওহমের সূত্র প্রয়োগ করে।

$$\text{গ্যালভানোমিটার এর ক্ষেত্রে, } V_A - V_B = I_g G$$

$$\text{সান্টের ক্ষেত্রে, } V_A - V_B = I_s S$$

$$\text{প্রশ্নমতে, } I_s S = I_g G$$

$$\text{বা, } \frac{I_s}{I_g} = \frac{G}{S}$$

উভয় পক্ষে 1 যোগ করে,

$$\frac{I_s + I_g}{I_g} = \frac{G + S}{S}$$

$$\text{বা, } \frac{I}{I_g} = \frac{S + G}{S}$$

$$\therefore I_g = \frac{S}{S + G} I$$

$$\text{অনুরূপভাবে, সান্টের প্রবাহ, } I_s = \frac{G}{S + G} \times S$$

যা গ্যালভানোমিটারের প্রবাহ ও সান্টের প্রবাহের সাথে মূল প্রবাহের সম্পর্ক প্রকাশ করে।

প্রশ্ন ▶ ১৬ একটি মিটারব্রীজ তারের দৈর্ঘ্য 1m। এর বাম ফাঁকে 12Ω মানের একটি প্রমাণ রোধ এবং ডান ফাঁকে একটি অজ্ঞাত রোধ যুক্ত করলে বাম প্রান্ত থেকে 37.5cm দূরে নিস্পন্দ বিন্দু পাওয়া গেল।

[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, বীর উত্তম শহীদ মাহবুব সেনানিবাস, পার্বতীপুর, দিনাজপুর]

ক. লুপ উপপাদ্যটি লিখ। ১

খ. অ্যামিটার ও গ্যালভানোমিটারের মতো যন্ত্রগুলিতে সান্ট যুক্ত করা হয় কেন? ২

- গ. উদ্দীপক হতে প্রাপ্ত মান ব্যবহার করে অজ্ঞাত রোধটি নির্ণয় কর। ৩  
 ঘ. যদি মিটারব্রীজ তারের দৈর্ঘ্য যদি 1m না হয়ে 50cm হতো তাহলে কী অজ্ঞাত রোধটি পরিমাপ করা সম্ভব হবে? যদি সম্ভব হয়, তাহলে কী পদ্ধতি অবলম্বন করলে 50cm মিটার ব্রীজ তারের সাহায্যে অজ্ঞাত রোধটি নির্ণয় করা যাবে? গাণিতিক ব্যাখ্যা কর। ৪

#### ১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** লুপ উপপাদ্য: “কোনো আবদ্ধ বর্তনীর বিভিন্ন অংশের রোধ এবং তাদের আনুষঙ্গিক প্রবাহের গুণফলের বীজগাণিতিক সমষ্টি ঐ বর্তনীর অস্ফুর্ভুক্ত মোট তড়িচ্চালক শক্তির সমান।”

**খ** অ্যামিটারের পাল-১ বৃদ্ধির জন্য এর সাথে অল্পমাত্রার রোধ সান্ট হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

আবার, বেশি মাত্রার প্রবাহ গ্যালভানোমিটারের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত হয়ে যাতে যন্ত্রটি নষ্ট করতে না পারে এজন্য এর সাথে সমান্তরালে অল্প মাত্রার একটি রোধ বা সান্ট যুক্ত করা হয়।

**গ** এখানে,

মিটার ব্রীজের তারের দৈর্ঘ্য = 1 m = 100 cm

বাম ফাঁকের রোধ,  $P = 12 \Omega$

বাম প্রান্তে হতে নিস্পন্দ বিন্দুর দূরত্ব,  $l = 37.5$  cm

ডান ফাঁকের অজ্ঞাত রোধ,  $Q = ?$

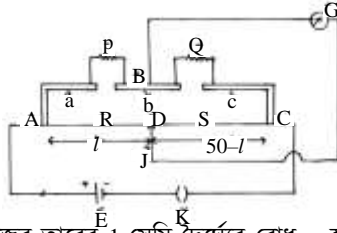
আমরা জানি,

$$\frac{P}{Q} = \frac{l}{100 - l}$$

$$\therefore Q = 20 \Omega \text{ (Ans.)}$$

**ঘ** মিটার ব্রীজের তারের দৈর্ঘ্য 1m না হয়ে 50 cm হলেও ডান ফাঁকের অজ্ঞাত রোধ নির্ণয় করা যায়। এক্ষেত্রে 50 cm দৈর্ঘ্যের তারের মধ্যবর্তী কোনো বিন্দুতে নিস্পন্দ বিন্দু নির্ণয় করা হয়।

পদ্ধতিটি নিম্নরূপ:



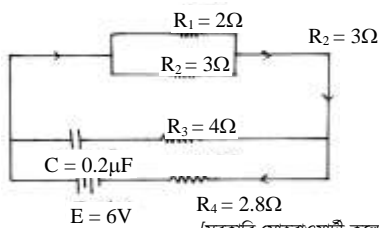
যদি মিটার ব্রীজের তারের 1 সেমি দৈর্ঘ্যের রোধ  $\sigma$  হয় এবং নিস্পন্দ বিন্দু অর্থাৎ তারের যে বিন্দুতে গ্যালভানোমিটারের তারের উন্মুক্ত স্পর্শ করলে শূন্য বিক্ষেপ পাওয়া যায় তার বাম ও ডান দিকে তারটির দৈর্ঘ্য যথাক্রমে  $l$  সেমি ও  $(50 - l)$  সেমি হলে  $R = l\sigma$  এবং  $S = (50 - l)\sigma$  হয়। হুইটস্টোন ব্রীজের নীতি থেকে আমরা পাই,

$$\frac{P}{Q} = \frac{l\sigma}{(50 - l)\sigma}$$

$$\text{বা, } Q = \frac{l}{50 - l} P$$

উপরোক্ত সমীকরণ হতে অজ্ঞাত রোধ  $Q$  নির্ণয় করা যায়।

#### প্রশ্ন ১৭



ক. আধান ঘনত্ব কাকে বলে?

খ. কুলম্বের সূত্র হতে গসের সূত্র প্রতিপাদন কর। ২

গ. চিত্রের বর্তনীর তুল্য রোধ কত? ৩

ঘ. চিত্রের  $2\Omega$  রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৪

#### ১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

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

**খ** কুলম্বের সূত্র থেকে আমরা জানি, দুটি চার্জের মধ্যকার আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল চার্জদ্বয়ের গুণফলের সমানুপাতিক এবং উহাদের মধ্যকার দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক। অর্থাৎ,  $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$

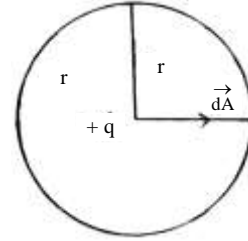
$$\text{বা, } F = q_0 \times \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

$$\text{আবার আমরা জানি, } F = q_0 E \therefore q_0 E = q_0 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

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

$$\text{বা, } E \times 4\pi r^2 = \frac{q}{\epsilon_0}$$

কিন্তু  $\oint dA = 4\pi r^2$  যেখানে  $A$  দ্বারা ক্ষেত্রফল এবং  $r$  দ্বারা গোলায় তলের ব্যাসার্ধ বুঝানো হয় (নিচের চিত্র দ্রষ্টব্য)।



$$\therefore E \oint dA = \frac{q}{\epsilon_0}; \text{ বিবেচ্য তলের সর্বত্র } E \text{ সুসম মানের}$$

$$\text{হওয়ায়, } \oint E dA = E \oint dA = \frac{q}{\epsilon_0}$$

এখানে,  $\vec{E}$  এবং  $d\vec{A}$  উভয়ের দিক ব্যাসার্ধ বরাবর বহির্মুখী হবে।

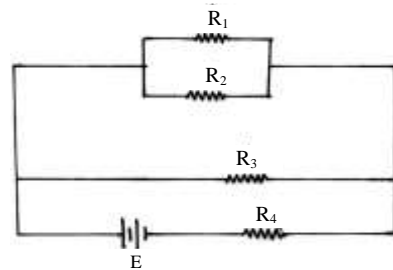
$$\therefore \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0}; \text{ ইহাই গসের সূত্র।}$$

**গ** দেওয়া আছে, বর্তনীর রোধসমূহ  $R_1 = 2\Omega$ ,  $R_2 = 3\Omega$ ,  $R_3 = 4\Omega$ ,  $R_4 = 2.8\Omega$

বের করতে হবে, তুল্যরোধ,  $R_{eq} = ?$

প্রথমাবস্থায়, ধারকের বিভব এবং চার্জ শূন্য মানের হবে।

তখন সমতুল্য বর্তনী হবে নিম্নরূপ:



এক্ষেত্রে  $R_1$ ,  $R_2$  ও  $R_3$  সমান্তরালে যুক্ত থাকায় এদের তুল্য রোধ

$$R_P \text{ হলে, } \frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{2\Omega} + \frac{1}{3\Omega} + \frac{1}{4\Omega}$$

$$= \frac{6 + 4 + 3}{12\Omega} = \frac{13}{12\Omega}$$

$$\therefore R_P = \frac{12}{13} \Omega$$

$R_P$  এর সাথে  $R_4$  শ্রেণিতে যুক্ত থাকায় সুইচ অন করার মুহূর্তে ( $t = 0$ ) বর্তনীর সর্বমোট তুল্যরোধ  $R_{eq} = R_P + R_4 = \frac{12}{13} \Omega + 2.8 \Omega = 3.72 \Omega$  কিন্তু ধারকটি পুরোপুরি চার্জ হয়ে গেলে এর প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য হবে 6 volt, যখন  $R_3$  এর মধ্যদিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হবে না। তখন সমতুল্য বর্তনী হবে নিরূপ:

$$\therefore R_P' = \frac{6}{5} \Omega = 1.2 \Omega$$

$R_P'$  এর সাথে  $R_4$  শ্রেণিতে যুক্ত থাকায় এক্ষেত্রে বর্তনীর সর্বমোট তুল্যরোধ,

$$R_{eq}' = R_P' + R_4 = 1.2 \Omega + 2.8 \Omega = 4 \Omega$$

লক্ষ্য করি,  $3.72 \Omega < 4 \Omega$

সুতরাং, সুইচ অন করার মুহূর্তে প্রদত্ত বর্তনীর তুল্যরোধ হবে  $3.72 \Omega$  এবং এই তুল্যরোধের মান বাড়তে বাড়তে হবে এক সময় সর্বোচ্চ  $4 \Omega$  মানে উপনীত হবে। এক্ষেত্রে ধারকটি পুরোপুরি চার্জ হতে বেশকিছু সময় লাগবে।

**ঘ** সুইচ অন করার মুহূর্তে ( $t = 0$ ) বর্তনীর মূল প্রবাহ,

$$I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{6V}{3.72 \Omega} = 1.613A$$

তখন  $R_1 = 2 \Omega$  এর প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য,  $V = R_1, R_2, R_3$  রোধত্রয়ের সমান্তরাল সন্নিবেশের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য  $= E - IR_4$

$$= 6V - 1.613A \times 2.8 \Omega$$

$$= 1.4836 \text{ volt}$$

$$\therefore t = 0 \text{ মুহূর্তে } 2 \Omega \text{ রোধের মধ্যদিয়ে প্রবাহ} = \frac{V}{R_1} = \frac{1.4836}{2}$$

$$= 0.7418 A$$

আবার, ধারকটি পুরোপুরি চার্জিত হবার পর বর্তনীর মূল তড়িৎপ্রবাহ,

$$I' = \frac{E}{R_{eq}'} = \frac{6V}{4 \Omega} = 1.5 A$$

এক্ষেত্রে  $2 \Omega$  রোধটির প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য,  $V' = R_1$  ও  $R_2$

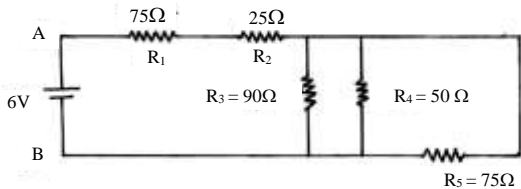
$$\begin{aligned} \text{রোধত্রয়ের সমান্তরাল সন্নিবেশের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য} &= E - I'R_4 \\ &= 6V - 1.5A \times 2.8 \Omega \\ &= 1.8 \text{ volt} \end{aligned}$$

$\therefore$  ধারকটি পুরোপুরি চার্জিত হবার পর  $2 \Omega$  রোধের মধ্যদিয়ে তড়িৎ

$$\text{প্রবাহ} = \frac{V'}{R_1} = \frac{1.8 \text{ Volt}}{2} = 0.9 A$$

সুতরাং গাণিতিক বিশ্লেষণে এটা স্পষ্টতঃ যে, চিত্রের  $2 \Omega$  রোধের মধ্যদিয়ে শুরুতে  $0.7418 A$  মানের তড়িৎ প্রবাহিত হলেও ক্রমশ তা বাড়তে থাকবে এবং এক পর্যায়ে তা  $0.9A$  মানে উপনীত হবে, যখন ধারকটি পুরোপুরি চার্জিত।

#### প্রশ্ন ১৮



[সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল]

- ক. গাউসের সূত্র বিবৃত কর। ১
- খ. হাইড্রোজেন পরমাণু একটি তড়িৎ দ্বিমেরু— ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. বর্তনীর তুল্য রোধ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ.  $R_1$  ও  $R_5$  রোধত্রয়ের মধ্যে কি প্রবাহমাত্রা একই থাকবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

#### ১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** গাউসের সূত্র: “কোনো তড়িৎক্ষেত্রে কোনো বদ্ধ কল্পিত তলের তড়িৎ ফ্লাক্সের  $\epsilon_0$  গুণ হবে ঐ তল দ্বারা আবদ্ধ মোট তড়িতাধানের সমান।”

**খ** একজোড়া সমান ও বিপরীত বিন্দু আধান স্পন্দ দূরত্বে থাকলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

হাইড্রোজেন পরমাণুতে নিউক্লিয়াসে অবস্থিত একটি ধনাত্মক প্রোটনের সমান ও বিপরীতধর্মী আধানবিশিষ্ট ঋণাত্মক ইলেকট্রন স্পন্দ দূরত্বে নিউক্লিয়াসের বাইরে অবস্থান করে। এজন্য হাইড্রোজেন পরমাণু একটি তড়িৎ দ্বিমেরু।

**গ** এখানে,

$$R_1 = 75 \Omega$$

$R_3, R_4$  ও  $R_5$  শ্রেণি সংযোগের তুল্যরোধ  $R_P$  হলে,

$$\begin{aligned} R_P \text{ ও } R_2 \text{ শ্রেণি সংযোগের তুল্যরোধ } R_E &= R_P + R_2 \\ &= (22.5 + 100) \Omega \\ &= 122.5 \Omega \end{aligned}$$

সুতরাং, বর্তনীর তুল্যরোধ  $R_E = 122.5 \Omega$

**ঘ** এখানে,

$$R_1 = 75 \Omega$$

$$R_2 = 25 \Omega$$

$$R_3 = 90 \Omega$$

$$R_4 = 50 \Omega$$

$$R_5 = 75 \Omega$$

$$E = 6V$$

বর্তনীর তুল্যরোধ,  $R_E = 122.5 \Omega$  [গ হতে]

$R_3, R_4$  ও  $R_5$  এর তুল্যরোধ,  $R_P = 22.5$  [গ হতে]

$$\text{বর্তনীর মূল প্রবাহমাত্রা, } I = \frac{E}{R_E} = \frac{6}{122.5} = 0.04897^\circ$$

$R_1$  এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত প্রবাহমাত্রা  $I_1 = 0.04897A$

$$\begin{aligned} R_P \text{ এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য } V &= IR_P \\ &= 0.04897 \times 22.5 \\ &= 1.101825 V \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_5 \text{ এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত প্রবাহমাত্রা } I_5 &= \frac{V}{R_5} \\ &= \frac{1.101825}{75} \\ &= 0.014691 A \neq I_1 \end{aligned}$$

সুতরাং,  $R_1$  ও  $R_5$  রোধত্রয়ের মধ্য দিয়ে প্রবাহমাত্রা একই থাকবে না।

#### প্রশ্ন ১৯

- ক. এক ইলেকট্রন  $B$  ট  $R_1=10 \Omega$   $A$   $B$  খালী সরকারি কলেজ।  $R_2=50 \Omega$   $R_3=100 \Omega$  ১
- খ. বে  $O$   $A$  স্তরে যেকোনমানে চার্জ থাকতে পারেনা- ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. খ চিত্রের প্রত্যেক রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎের মান কত? ৩
- ঘ. ক এবং খ চিত্রের  $A$  এবং  $B$  বিন্দুতে বিভবের পার্থক্য নির্ণয় কর। ৪

#### ১৯ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** একটি বিন্দু থেকে  $1V$  বিভব পার্থক্যের অন্য একটি বিন্দুতে একটি ইলেকট্রনকে সরাতে যে কাজ হয় তাই এক ইলেকট্রন ভোল্ট।

**খ** পরীক্ষা করে দেখা গেছে যে, কোন বস্তুতে চার্জের পরিমাণ ইলেকট্রনের চার্জের ( $e$ ) পূর্ণ সংখ্যক গুণিতক।

অর্থাৎ কোন বস্তুর চার্জের পরিমাণ  $q = ne$ , [ $n = 1, 2, 3$ ]

সুতরাং, কোন বস্তুর চার্জের মান যে কোন হতে পারে না; তা অবশ্যই ইলেকট্রনের চার্জের পূর্ণ সংখ্যক গুণিতক হবে।

**গ** এখানে,

$$\text{প্রদত্ত রোধগুলো, } R_1 = 10 \Omega$$

$$R_2 = 50 \Omega$$

$$R_3 = 100 \Omega$$

$$\text{বিভব পার্থক্য } V = 250V$$

প্রত্যেক রোধের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ  $I = ?$

$R_1, R_2$  ও  $R_3$  শ্রেণি সংযোগের তুল্যরোধ  $R_S$  হলে,

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3$$

বা,  $R_s = 10 + 50 + 100$

$\therefore R_s = 160 \Omega$

আমরা জানি,  $V = IR_s$

$$\text{বা, } I = \frac{V}{R_s}$$

$$\text{বা, } I = \frac{250}{160}$$

$$\text{বা, } I = 1.563 \text{ A}$$

সুতরাং, প্রত্যেক রোধের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহের মান 1.563 A.

**ঘ** মনেকরি,

গোলকের পৃষ্ঠের মোট আধান =  $q_c$

এবং A ও B বিন্দুর বিভব যথাক্রমে  $V_A$  ও  $V_B$ .

$$OA = 0.8 \text{ m}$$

$$OB = 2.5 \text{ m}$$

$$OC = 1 \text{ m}$$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \text{A বিন্দুর বিভবের জন্য, } V_A &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r} \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{OC} \end{aligned}$$

[ $\therefore$  A বিন্দু গোলকের ভিতরে]

$$\text{B বিন্দুর বিভবের জন্য } V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{OB}$$

$$\text{বা, } V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{2.5}$$

$$\text{বা, } V_B = V_A \times \frac{1}{2.5}$$

$$\therefore V_A = 2.5 V_B$$

সুতরাং, A বিন্দুর বিভব B বিন্দুর বিভবের 2.5 গুণ।

**প্রশ্ন ২০** বর্তনীটি লক্ষ্য কর।

$$R_1 = 100 \Omega$$

[কারমাইকেল কলেজ, রংপুর]

ক. চার্জের কোয়ান্টায়ন কী?

খ. “একটি ধারকে সম্বলিত  $R_2=50 \Omega$  তির  $R_4=75 \Omega$  মাধ  $R_3=50 \Omega$  র্গর সমানুপাতিক”- ব্যাখ্যা ক.  $\Omega$

গ. A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য নির্ণয় কর।

ঘ.  $R_3$  কে খুলে ফেললে  $R_2$  এবং  $R_4$  প্রবাহ পূর্বের তুলনায় কম পাওয়া যাবে- উদ্দীপকের আলোকে যাচাই কর।

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** চার্জের একটি নির্দিষ্ট ন্যূনতম মান আছে- যা অপেক্ষা কম মানের চার্জ পাওয়া সম্ভব নয় এবং এটি যে কোন চার্জের অখণ্ড গুণিতক। একে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে।

**খ** আমরা জানি, কোন ধারকে আহিত করার সময় এর পাতে Q পরিমাণ আধান দেওয়ার ফলে পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য V হলে, ধারকে সম্বলিত শক্তির পরিমাণ,

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

আমরা, ধারকের ধারকত্ব,  $C = \frac{Q}{V}$

$$\text{বা, } V = \frac{Q}{C}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{সম্বলিত শক্তি, } U &= \frac{1}{2} Q \times \frac{Q}{C} \\ &= \frac{Q^2}{2C} \end{aligned}$$

যেহেতু ধারকের ধারকত্ব প্রসংবক,

$$\therefore U \propto Q^2$$

অতএব ধারকে সম্বলিত শক্তি তার আধানের বর্গের সমানুপাতিক।

**গ** দেওয়া আছে,

কোষের তড়িচ্চালক বল,  $E = 6 \text{ V}$

বর্তনীর রোধসমূহ,  $R_1 = 100 \Omega$ ,  $R_2 = 50 \Omega$ ,  $R_3 = 50 \Omega$ ,  $R_4 = 75 \Omega$

বের করতে হবে, A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য,  $V = ?$

$R_2$ ,  $R_3$  ও  $R_4$  সমান্তরালে যুক্ত থাকায় এদের তুল্যরোধ  $R_p$  হলে,

$\therefore$  A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য,  $V = IR_p$

$$= 0.05053 \text{ A} \times 18.75 \Omega$$

$$= 0.9474 \text{ V}$$

**ঘ**  $R_3$  খুলে ফেললে সমান্তরাল সন্নিবেশে কেবল দুটি রোধ থাকবে  $R_2 = 50 \Omega$  এবং  $R_4 = 75 \Omega$

এদের তুল্যরোধ  $R'_p$  হলে  $\frac{1}{R'_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{50 \Omega} + \frac{1}{75 \Omega} = \frac{3+2}{150 \Omega}$

$$\therefore R'_p = \frac{150 \Omega}{5} = 30 \Omega$$

এবং সমগ্র বর্তনীর তুল্যরোধ হবে,  $R'_{eq} = R_1 + R'_p = 100 \Omega + 30 \Omega = 130 \Omega$

বর্তনীর মূল্য তড়িৎপ্রবাহের মান হবে,  $I' = \frac{E'}{R'_{eq}} = \frac{6 \text{ V}}{130 \Omega} = 0.0462 \text{ A}$

A ও B বিন্দুর মধ্যকার বিভব পার্থক্য হবে,  $V' = I'R'_p = 0.0462 \text{ A} \times 30 \Omega = 1.386 \text{ V}$

$$R_4 \text{ এর মধ্যদিয়ে প্রবাহমাত্রা হবে } I_{R_4} = \frac{V}{R_4} = \frac{0.9474 \text{ V}}{75 \Omega} = 0.01263 \text{ A}$$

লক্ষ্য করি,  $0.02772 \text{ A} > 0.01895 \text{ A}$  এবং  $0.0185 \text{ A} > 0.01263 \text{ A}$

অর্থাৎ  $I'_{R_2} > I_{R_2}$  এবং  $I'_{R_4} > I_{R_4}$

সুতরাং  $R_3$ -কে খুলে ফেললে  $R_2$  এবং  $R_4$  প্রবাহ পূর্বের তুলনায় কম পাওয়া যাবে- উক্তিটির সত্যতা নেই।

**প্রশ্ন ২১** একটি মিটার ব্রীজের বাম ফাঁকে  $10 \Omega$  রোধ ও ডান ফাঁকে একটি অজ্ঞাত রোধ যুক্ত করলে বাম ফাঁক হতে  $40 \text{ cm}$  দূরে নিশ্চিহ্ন বিন্দু পাওয়া যায়। যেকোনো ফাঁকের মান পরিবর্তন করলে নিশ্চিহ্ন বিন্দুর অবস্থান পরিবর্তিত হয়।

[বি এন কলেজ, ঢাকা]

ক. আপেক্ষিক রোধ কাকে বলে।

খ. মিটার ব্রীজের সাম্যাবস্থায় গ্যালভানোমিটারের মধ্যে অংশ তড়িৎ প্রবাহিত হয় না কেন?

গ. ডান ফাঁকের অজানা রোধের মান কত?

ঘ. ডান ফাঁকের রোধের সাথে কত রোধ কিভাবে যুক্ত করলে মিটার ব্রীজের তারের মাঝখানে নিস্পন্দ বিন্দু উৎপন্ন হয়।

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে ঐ পরিবাহীর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে।

**খ** মিটার ব্রীজের সাম্যাবস্থায় গ্যালভানোমিটারের মধ্যে অংশ তড়িৎ প্রবাহিত হয় না কেননা গ্যালভানোমিটারের দুই প্রান্তের বিভব সমান হয়। মিটার ব্রীজে রোধগুলো সমান অনুপাতে যুক্ত থাকে যার ফলে মিটার ব্রীজের দুই প্রান্তের বিভব সমান হয়ে যায় বলে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয় না।

**গ**

$$\text{আমরা জানি, } \frac{R}{S} = \frac{\ell}{100-\ell}$$

$$\therefore S = 15 \Omega \text{ Ans.}$$

এখানে,

বাম ফাঁকে রোধ,  $R = 10 \Omega$

ডান ফাঁকে রোধ,  $S = ?$

নিশ্চিহ্ন বিন্দুর দূরত্ব R

হতে,  $\ell = 40 \text{ cm}$

**ঘ**

আমরা জানি,

এখানে,

বাম ফাঁকে রোধ  $R = 10 \Omega$

$$\frac{R}{S'} = \frac{\ell}{100-\ell}$$

$$\Rightarrow \frac{R \times (100-\ell)}{\ell} = S'$$

$$\therefore S' = 10\Omega$$

কিন্তু ডান ফাঁকে রোধ আছে  $S = 15\Omega$

$\therefore$  যুক্ত রোধকে সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে।

এখন,  $\frac{1}{10} = \frac{1}{15} + \frac{1}{S_2}$  [ধরি, যুক্ত রোধ =  $S_2$ ]

$$\Rightarrow \frac{1}{S_2} = \frac{1}{10} - \frac{1}{15}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{S_2} = \frac{3-2}{30}$$

$$\Rightarrow S_2 = 30\Omega$$

$\therefore$  ডান ফাঁকের রোধের সাথে  $30\Omega$  রোধ সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে।

**Ans.**

**প্রশ্ন ২২** একটি ফুটবল মাঠের গোল পোস্টের উচ্চতা 2.5m। একজন ফুটবলার গোল পোস্টকে নিশানা করে  $6^\circ$  কোণে অনুভূমিকের সাথে তীর্যকভাবে 5522 বেগে ফুটবলকে কিক করল।

[আল-আমিন একাডেমী স্কুল এন্ড কলেজ, চাঁদপুর]

- ক. কেন্দ্রমুখী তুরণ কাকে বলে? ১
- খ. বাঁকা পথে দ্রুতগামী গাড়ি উল্টে যায় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. উদ্দীপকে বর্ণিত ফুটবলটির সর্বোচ্চ উচ্চতা কত? ৩
- ঘ. যদি ফুটবল কিকের স্থান থেকে গোলপোস্টের দূরত্ব 25m হয় তবে এক্ষেত্রে গোল হওয়া সম্ভব কিনা যাচাই কর। ৪

#### ২২ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** সময় ব্যবধান শূন্যের কাছাকাছি হলে বৃত্তাকার পথে চলমান কোনো বস্তুর সময়ের সাথে বৃত্তের ব্যাসার্ধ বরাবর কেন্দ্রের দিকে বেগের পরিবর্তনের হারকে কেন্দ্রমুখী তুরণ বলে।

**খ** কেন্দ্রমুখী বলের অভাবে বাঁকা পথে দ্রুতগামী গাড়ি উল্টে যায়। কোনো গাড়ি যখন বাঁক নেয় তখন এ বাঁকা পথে ঘুরার জন্য একটা কেন্দ্রমুখী বলের প্রয়োজন হয়। এ কেন্দ্রমুখী বল না পাওয়া গেলে গাড়ি জড়তার কারণে বাঁকাপথের স্পর্শক বরাবর চলে যাবে। ফলে দ্রুতগামী গাড়ি উল্টে যায়।

- গ** দেওয়া আছে, নিষ্ক্ষেপণ বেগ,  $v_0 = 20 \text{ ms}^{-1}$   
 নিষ্ক্ষেপণ কোণ,  $\theta_0 = 60^\circ$   
 অভিকর্ষজ তুরণ,  $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$   
 সর্বোচ্চ উচ্চতা,  $H_m = ?$

$$\text{বা, } H_m = \frac{(20 \sin 60^\circ)^2}{2 \times 9.8}$$

$$\therefore H_m = 15.306 \text{m (Ans.)}$$

- ঘ** দেওয়া আছে, নিষ্ক্ষেপণ বেগ,  $v_0 = 20 \text{ ms}^{-1}$   
 নিষ্ক্ষেপণ কোণ,  $\theta_0 = 60^\circ$   
 অভিকর্ষজ তুরণ,  $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$   
 অনুভূমিক দূরত্ব,  $x = 25 \text{m}$   
 গোলপোস্টের উচ্চতা,  $h = 2.5 \text{m}$   
 উলম্ব সরণ,  $y = ?$

$$\text{আমরা জানি, } y = x \tan \theta_0 - \frac{gx^2}{2(v_0 \cos \theta_0)^2}$$

$$= 25 \tan 60^\circ - \frac{9.8(25)^2}{2(20 \cos 60^\circ)^2}$$

$$= 43.3 - 30.625$$

$$= 12.675 \text{m}$$

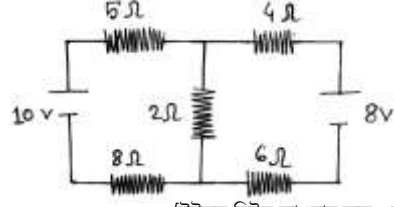
যেহেতু  $y > h$ , সেহেতু এক্ষেত্রে গোল হওয়া সম্ভব নয়।

**প্রশ্ন ২৩**

$$5\Omega \quad 4\Omega$$

$$10V \quad 2\Omega \quad 8V$$

$$8\Omega \quad 6\Omega$$



[উইলস লিটল ফ্লাওয়ার স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

- ক. আপেক্ষিক রোধ বলতে কী বোঝ? ১
- খ. গ্যালভানোমিটারের সমান্তরালে স্বল্প মানের রোধ ব্যবহার করা হয় কেন? ২
- গ. উদ্দীপকে উল্লেখিত বর্তনীতে ওহমের সূত্র প্রয়োগ করা যাবে কী? যুক্তিসহকারে ব্যাখ্যা কর। ৩
- ঘ. কার্শফের সূত্র প্রয়োগ করে বর্তনীর প্রতিটি রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের মান নির্ণয় কর। ৪

#### ২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

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

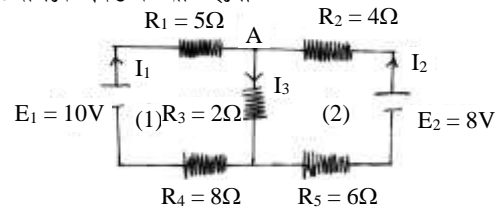
**খ** গ্যালভানোমিটারের কয়েল অল্প পরিমাণ তড়িৎ পরিবহন করতে পারে। এ কয়েলের মধ্য দিয়ে বেশি মানের তড়িৎ প্রবাহিত হলে তা পুড়ে যায়। তাই গ্যালভানোমিটারকে অ্যামিটারে রূপান্তর করার সময় গ্যালভানোমিটারের কয়েলের সমান্তরালে একটি অতি স্বল্প মানের রোধ সংযুক্ত করা হয়। যাতে বেশিরভাগ প্রবাহ এই স্বল্পমানের রোধের মধ্য দিয়ে চলে যায় এবং গ্যালভানোমিটারের কয়েলের মধ্য দিয়ে স্বল্পমানের প্রবাহ অতিক্রম করে।

**গ** ওহমের সূত্রটি হলো— নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত তড়িৎ প্রবাহ এর দু'প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক। এ সূত্রের গাণিতিক রূপ হলো :  $V = IR$  বা,  $I = \frac{V}{R}$   
 কোষ যুক্ত বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয়ের উদ্দেশ্যে ওহমের সূত্রের যে সংস্করণ (version) ব্যবহার করা হয় তা হলো,  $I = \frac{E}{R+r}$

তুল্য তড়িচ্চালক শক্তি বর্তনীর মোট তুল্যরোধ; তবে এক্ষেত্রে বর্তনীতে একাধিক কোষ বা তড়িৎ উৎস থাকলে সেগুলো সমবায়ে থাকতে হবে, যেমন : সমান্তরাল, শ্রেণি বা মিশ্র সমবায়ে।  
 উদ্দীপকের বর্তনীর তড়িৎ কোষদ্বয় কোনো প্রকার সমবায়ে যুক্ত নয়।

তাই ওহমের সূত্র  $I = \frac{E}{R+r}$  ভাঙ্গনটি ব্যবহার করে এক্ষেত্রে মূল তড়িৎপ্রবাহ নির্ণয় করা যাবে না। এটি একটি জটিল বর্তনী। এ বর্তনীতে কার্শফের সূত্র প্রয়োগ করতে হবে। তবে প্রদত্ত বর্তনীটির প্রতিটি রোধের জন্য আলাদাভাবে ওহমের সূত্র প্রযোজ্য হবে, কারণ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় প্রতিটি রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহ এর দু'প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক।

**ঘ** উদ্দীপকে প্রদত্ত বর্তনীটি হলো :



বর্তনীর A জংশনে কার্শফের ১ম সূত্র প্রয়োগ করে পাই,  $I_3 = I_1 + I_2$  ..... (i)

(i) নং লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$E_1 - I_1 R_1 - I_3 R_3 - I_1 R_4 = 0$$

$$\text{বা, } 10 - 5I_1 - 2(I_1 + I_2) - 8I_1 = 0$$

$$\text{বা, } 15I_1 + 2I_2 = 10 \text{ ..... (ii)}$$

(ii) নং লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে,

$$E_2 - I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_2 R_5 = 0$$

$$\text{বা, } 8 - 4I_2 - 2(I_1 + I_2) - 6I_2 = 0$$

$$2I_1 + 12I_2 = 8 \dots \dots \dots (ii)$$

(i) ও (ii) থেকে পাই,

$$2\Omega \text{ এর মধ্য দিয়ে যাবে } = \frac{25}{44} + \frac{13}{22} = 1.16 \text{ A}$$

**প্রশ্ন ▶ ২৪** 100W ক্ষমতার একটি ওয়াটার হিটার 7 মিনিটে 1 লিটার পানির তাপমাত্রা 40°C থেকে 50°C পরিণত করতে পারে। এর ভিতরের রোধ পরিবর্তন করলে একই পরিমাণ পানির তাপমাত্রা 2 মিনিটে 40°C হতে 100°C পরিণত করতে পারে।

[উইলস লিটল ফ্লাওয়ার স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

- ক. এনট্রপি কি? ১  
খ. ল্যাপলাসের সূত্রটি ব্যাখ্যা কর। ২  
গ. উদ্ভীপকের আলোকে J এর মান নির্ণয় কর। ৩  
ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও যে, পরিবর্তিত রোধটি 100Ω হলে এর মধ্য দিয়ে 20A তড়িৎ প্রবাহ সম্ভব নয়। ৪

#### ২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** রস্কতাপীয় প্রক্রিয়ায় যে তাপগতীয় চলরাশি স্থির থাকে তাকে এনট্রপি বলে।

**খ** ল্যাপলাসের সূত্র বা বিয়ো-স্যাভারের সূত্রটি হলো : কোনো পরিবাহীর ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্যের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে এর চারপাশে যে চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয় তার কোনো বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান পরিবাহীর দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক, তড়িৎ প্রবাহের সমানুপাতিক, প্রবাহের দিক এবং পরিবাহীর ঐ অংশের মধ্যবিন্দু ও বিবেচিত বিন্দুর সংযোগ সরলরেখার মধ্যবর্তী কোণের সাইনের সমানুপাতিক এবং দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক।

**গ** দেওয়া আছে,

হিটারের ক্ষমতা,  $P = 100 \text{ W}$

সময়কাল  $t = 7 \text{ min} = 7 \times 60 \text{ sec} = 420 \text{ sec}$

পানির ভর,  $m = 1 \text{ L}$  পানির ভর = 1kg

পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি  $\Delta\theta = 50^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C} = 10^\circ\text{C}$

জানা আছে, পানির আপেক্ষিক তাপ,  $S = 1 \text{ cal gm}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$   
 $= 1000 \text{ cal kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

বের করতে হবে, তাপের যান্ত্রিক তুল্যাংক,  $J = ?$

পানি কর্তৃক গৃহীত তাপ,  $H = mS\Delta\theta$

$$= 1 \text{ kg} \times 1000 \text{ cal kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \times 10^\circ\text{C}$$

$$= 10000 \text{ cal}$$

এবং হিটার কর্তৃক কৃতকাজ,  $W = Pt = 100 \text{ W} \times 420 \text{ sec} = 42000 \text{ J}$

আমরা জানি,  $W = JH$

$$\therefore J = \frac{W}{H} = \frac{42000 \text{ J}}{10000 \text{ cal}} = 4.2 \text{ J cal}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

**ঘ** পরিবর্তিত রোধের ক্ষেত্রে,

রোধের মান,  $R = 100\Omega$

সময় কাল,  $t = 2 \text{ min} = 2 \times 60 \text{ sec} = 120 \text{ sec}$

পানির ভর,  $m = 1 \text{ kg}$

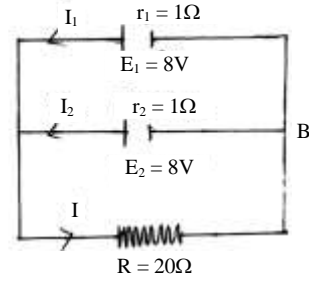
কিন্তু  $W = I^2 R t$  বা,  $I^2 = \frac{W}{Rt}$

$$\therefore I = \sqrt{\frac{W}{Rt}} = \sqrt{\frac{2.52 \times 10^5 \text{ J}}{100\Omega \times 120 \text{ sec}}} = 4.58 \text{ A} \approx 20 \text{ A}$$

সুতরাং পরিবর্তিত রোধটি 100Ω হলে এর মধ্যদিয়ে 20A তড়িৎ প্রবাহ সম্ভব নয়।

**প্রশ্ন ▶ ২৫** অধ্যাপক জেড. ইসলাম শ্রেণিকক্ষে শিক্ষার্থীদের উদ্দেশ্যে দুটি তড়িৎ কোষ ও একটি রোধকের সমন্বয়ে পাশের বর্তনীর ন্যায় একটি বর্তনী অঙ্কন করলেন। তিনি শিক্ষার্থীদের বললেন একই

বর্তনীতে ওহমের সূত্র প্রয়োগ করে যে প্রবাহমাত্রা পাওয়া যায় কার্শফের সূত্র প্রয়োগ করে প্রবাহমাত্রা নির্ণয় করলে প্রবাহমাত্রার মানের কোনো পরিবর্তন হয় না।



[দিনিয়া কলেজ, ঢাকা]

- ক. টেসলার সংজ্ঞা দাও। ১  
খ. পারদের ত্রৈধ বিন্দু 234.3156K বলতে কী বোঝায়? ২  
গ. ওহমের সূত্র প্রয়োগ করে মূল প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর। ৩  
ঘ. অধ্যাপক মহোদয়ের উক্তিটির যথার্থতা মূল্যায়ন করা সম্ভব কি? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

#### ২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** যদি কোনো চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখের সাথে সমকোণে 1 কুলম্ব চার্জ  $1 \text{ ms}^{-1}$  বেগে গতিশীল হয় এবং 1 N বল অনুভব করে, তবে ঐ চৌম্বক ক্ষেত্রের মানকে 1 টেসলা বলে।

**খ** পারদের ত্রৈধ বিন্দু 234.3156K বলতে বোঝায়  $1.65 \times 10^{-4} \text{ Pa}$  চাপে ও 234.315K তাপমাত্রায় পারদের তিনটি দশা তথা কঠিন, তরল ও বায়বীয় অবস্থা সাম্যাবস্থায় বিরাজ করে।

**গ** দেওয়া আছে,

বিভব,  $E_1 = 8 \text{ V}$

$E_2 = 8 \text{ V}$

অভ্যন্তরীণ রোধ,  $r_1 = 1\Omega$

$r_2 = 1\Omega$

বর্তনীর রোধ,  $R = 20\Omega$

প্রবাহমাত্রা,  $I_p = ?$

আমরা জানি,

কোষের সমান্তরাল সমবায়ের ক্ষেত্রে,

$$I_p = \frac{E}{R + \frac{r}{n}} \quad [E = E_1 = E_2 = 8, n = 2]$$

$$= \frac{8}{20 + \frac{1}{2}}$$

$$\therefore I_p = 0.39 \text{ A. (Ans.)}$$

**ঘ**

ABEF লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করি,

$$-8 + I_2 r_2 + 2I = 0$$

$$-8 + I_2 \times 10 + 20I = 0$$

$$-8 + I_2 + 20I = 0$$

$$\text{বা, } I_2 + 20I = 8 \dots \dots \dots (ii)$$

A বিন্দুতে কার্শফের প্রথম সূত্র প্রয়োগ করি,

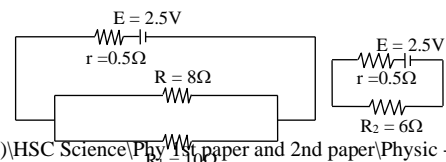
$$I_1 + I_2 - I = 0 \dots \dots \dots (iii)$$

(i), (ii) ও (iii) নং সমীকরণ সমাধান করে পাই,

$$I = 0.39 \text{ A}$$

অতএব, অধ্যাপক মহোদয়ের উক্তি যথার্থ।

**প্রশ্ন ▶ ২৬**



বর্তনী-০১

বর্তনী-০২

[গাজীপুর আইডিয়াল কলেজ, গাজীপুর]

- ক. স্বকীয় আবেশ গুণাঙ্ক কাকে বলে? ১  
খ. কোন স্থানের বিনতি 30°N বলতে কী বুঝায়? ২  
গ. R এবং R<sub>1</sub> এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত বিদ্যুৎ প্রবাহের মান নির্ণয় কর। ৩  
ঘ. 30 মিনিটে 1kg পানিকে কোন বর্তনী বেশি গরম করতে পারবে- গাণিতিক যুক্তিসহ মতামত দাও। ৪

## ২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো একটি কুন্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহমাত্রা প্রতি সেকেন্ডে এক একক পরিবর্তিত হলে ঐ কুন্ডলীতে যে আবিষ্ট তড়িচ্চালক শক্তি উৎপন্ন হয় তাকে ঐ কুন্ডলীর স্বকীয় আবেশ গুণাঙ্ক বলে।

খ কোনো স্থানের বিনতি 30°N বলতে বুঝায় উক্ত স্থানে একটি দণ্ড চুম্বককে মুক্তভাবে তার ভারকেন্দ্র হতে ঝুলালে দণ্ড চুম্বকটির উত্তর মেরু অনুভূমিকের নিচের দিকে ঝুলে স্থির হয়ে থাকবে এবং চুম্বকের চুম্বক অক্ষ অনুভূমিক তলের সাথে 30° কোণ উৎপন্ন করবে।

দেওয়া আছে,

$$E = 2.5 \text{ V}$$

$$r = 0.5 \Omega$$

$$R = 8 \Omega$$

$$R_1 = 10 \Omega$$

আমরা জানি,

$$\text{বর্তনীর মূল প্রবাহ, } I = \frac{E}{R' + r}$$

$$= \frac{2.5}{4.44 + 0.5}$$

$$\therefore I = 0.51 \text{ A.}$$

R রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ,  $I_1 = \frac{R_1}{R + R_1} \cdot I$

$$= \frac{10}{10 + 8} \times 0.51$$

$$\therefore I_1 = 0.28 \text{ A (Ans.)}$$

R<sub>1</sub> রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ,  $I_2 = \frac{R}{R + R_1} \cdot I$

$$= \frac{8}{10 + 8} \times 0.51$$

$$= 0.23 \text{ A (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

প্রথম বর্তনীতে,

$$E = 2.5 \text{ V}$$

$$r = 0.5 \Omega$$

$$R = 8 \Omega$$

$$R_1 = 10 \Omega$$

$$I = 0.51 \text{ A (গ হতে প্রাপ্ত)}$$

দ্বিতীয় বর্তনীতে,

$$E = 2.5 \text{ V}$$

$$r = 0.5 \Omega$$

$$R_2 = 6 \Omega$$

পানির ভর,  $m = 1 \text{ kg}$ পানির আ:তাপ,  $S = 4200 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ সময়,  $t = 30 \text{ min} = 1800 \text{ s}$ 

এখন,

প্রথম বর্তনীতে তুল্য রোধ,  $R' = 4.44 \Omega$  (গ হতে)প্রথম বর্তনীতে তাপজনিত ক্ষমতা,  $P = I^2 R'$ 

$$\text{বা, } P = 0.51^2 \times 4.44$$

$$= 1.155 \text{ W}$$

এখন, 30 মিনিটে 1kg পানিকে উত্তপ্ত করতে প্রয়োজনীয় শক্তি,  $Q =$  তাপজনিত ক্ষমতা  $\times$  সময়

প্রথম বর্তনী কর্তৃক নিঃসৃত তাপ,  $Q_1 = P \times t$ 

$$= 1.155 \times 1800$$

$$\therefore Q_1 = 2079 \text{ J.}$$

আবার,  $Q = \text{ভর} \times \text{আপেক্ষিক তাপ} \times \text{তাপমাত্রার পার্থক্য}$ 

$$\text{বা, } Q_1 = ms\Delta\theta_1$$

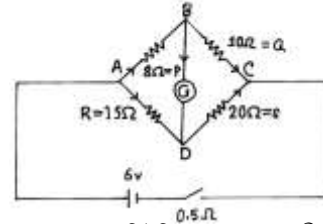
$$\text{বা, } 2079 = 1 \times 4200 \times \Delta\theta_1$$

$$\therefore \Delta\theta_1 = 0.5 \text{ K}$$

$$\text{বা, } \Delta\theta_2 = 0.37 \text{ K}$$

অতএব, দেখা যাচ্ছে প্রথম বর্তনী 30 মিনিটে 1kg পানিকে বেশি গরম করতে পারবে।

## প্রশ্ন ২৭



[সফিউদ্দিন সরকার একাডেমী এন্ড কলেজ, গাজীপুর]

- ক. আকৃতি গুণাঙ্ক কী? ১  
খ. কম্পটন ক্রিয়াতে তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পরিমাণ বৃদ্ধি পায় কেন? ২  
গ. গ্যালভানো মিটার উপেক্ষা করে বর্তনীর মূল প্রবাহ নির্ণয় কর। ৩  
ঘ. ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় আছে কী না? না থাকলে S এর সাথে কত মানের রোধ কীভাবে যুক্ত রকলে ব্রিজটি সাম্য অবস্থায় আসবে। ৪

## ২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দিক পরিবর্তী তড়িচ্চালক শক্তি বা প্রবাহের গড় বর্গের বর্গমূল মান ও গড়মানের অনুপাতকে আকৃতি গুণাঙ্ক বলে।

খ কম্পটন ক্রিয়ার সময় ফোটন ইলেকট্রনের সাথে সংঘর্ষের সময় ফোটনটি ইলেকট্রনকে কিছু পরিমাণ শক্তি প্রদান করে। ফলে বিক্ষিপ্ত ফোটনের শক্তি আপতিত ফোটনের শক্তি অপেক্ষা কম হয়। আর শক্তি কমে যাওয়ায় বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য আপতিত ফোটনের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি হয়, অর্থাৎ তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়।

গ এখানে,  $P = 8 \Omega$ 

$$Q = 10 \Omega$$

$$R = 15 \Omega$$

$$S = 20 \Omega$$

অভ্যন্তরীণ রোধ,  $r = 0.5 \Omega$ কোষের বিভব,  $E = 6 \text{ V}$ বর্তনীর প্রবাহ,  $I = ?$ 

গ্যালভানোমিটারটিকে উপেক্ষা করে,

 $P$  ও  $Q$  শ্রেণি সংযোগের তুল্যরোধ,

$$R_s = P + Q = 8 + 10 = 18 \Omega$$

$R$  ও  $S$  শ্রেণি সংযোগের তুল্যরোধ,  $R_s' = R + S = (15 + 20) \Omega$

$$= 35 \Omega$$

 $R_s$  ও  $R_s'$  সমান্তরাল সংযোগের তুল্যরোধ  $R_p$  হলে,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_s'}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{R_p} = \frac{1}{18} + \frac{1}{35}$$

$$\therefore R_p = 11.89 \Omega$$

আমরা জানি,

$$I = \frac{E}{R_p + r}$$

$$\text{বা, } I = \frac{6}{11.89 + 0.5}$$

$$\therefore I = 0.4843 \text{ A (Ans.)}$$

ঘ এখানে,  $P = 8\Omega$

$$Q = 10\Omega$$

$$R = 15\Omega$$

$$S = 20\Omega$$

$$\frac{P}{Q} = \frac{8}{10} = 0.8$$

$$\frac{R}{S} = \frac{15}{20} = 0.75$$

$$\therefore \frac{P}{Q} \neq \frac{R}{S},$$

সুতরাং, ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় নেই।

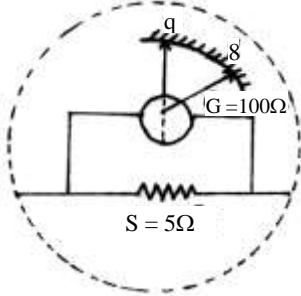
মনে করি,  $S$  এর স্থলে  $S'$  রোধ হলে ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় থাকে।

$$\text{বা, } \frac{1}{S''} = \frac{1}{18.75} - \frac{1}{20}$$

$$S'' = 300\Omega$$

সুতরাং,  $S$  এর সাথে  $300\Omega$  রোধ সমান্তরালে যুক্ত করলে ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় থাকবে।

প্রশ্ন ▶ ২৮



চিত্র : একটি অ্যামিটার যার সীমা (0–10 A)

বি. দ্র: অ্যামিটারটিকে বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করলে এটি 8 A পাঠ দেয়। [পাবনা ক্যাডেট কলেজ]

ক. কার্শফের ১ম সূত্রটি বিবৃত কর। ১

খ. অ্যামিটারকে কেন বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করা হয়? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে অনুসারে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লেখিত অ্যামিটার দ্বারা 100 A তড়িৎ প্রবাহ মাপতে হলে কি ব্যবস্থা নিতে হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

#### ২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ বর্তনীর কোনো সংযোগ বিন্দুতে মিলিত প্রবাহগুলোর বীজগাণিতিক সমষ্টি শূন্য হয়।

খ বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ পরিমাপ করার জন্য অ্যামিটারকে বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করা হয়। শ্রেণি সমবায়ে বর্তনীতে যুক্ত সকল যন্ত্রের মধ্য দিয়ে একই মানের তড়িৎপ্রবাহ প্রবাহিত হয়। এ কারণে বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ সঠিকভাবে পরিমাপের জন্য বর্তনীতে অ্যামিটারকে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করতে হয়।

গ দেওয়া আছে,

$$\text{মূল প্রবাহ, } I = 8\text{A}$$

$$\text{গ্যালভানোমিটারের রোধ, } G = 100\Omega$$

$$\text{সান্টের রোধ, } S = 5\Omega$$

$$\text{গ্যালভানোমিটারের প্রবাহ, } I_g = ?$$

আমরা জানি,

$$I_g = \frac{SI}{G + S}$$

$$\text{বা, } I_g = \frac{5 \times 8}{100 + 5}$$

$$\therefore I_g = 0.3809 \text{ A (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

$$\text{অ্যামিটার তথা গ্যালভানোমিটারের রোধ, } G = 100\Omega$$

$$\text{অ্যামিটারের সর্বোচ্চ পরিমাপ যোগ্য প্রবাহ, } I = 10 \text{ A}$$

$$\text{অ্যামিটারের সর্বোচ্চ মাপা দরকার যে প্রবাহ, } I' = 100 \text{ A}$$

$$\text{প্রযুক্ত সান্ট, } S' = ?$$

অ্যামিটারের পাল-১ বৃদ্ধি  $n$  হলে,

$$n = \frac{I'}{I} = \frac{100}{10} = 10$$

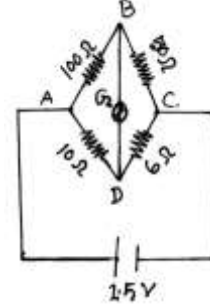
$$\text{আমরা জানি, } S' = \frac{G}{n - 1}$$

$$\Rightarrow S' = \frac{100}{10 - 1}$$

$$\therefore S' = 11.11\Omega$$

অতএব, উদ্দীপকে উল্লেখিত অ্যামিটার দ্বারা 100 A তড়িৎ প্রবাহ মাপতে হলে বর্তনীর সাথে  $11.11\Omega$  সান্ট সমান্তরালে সমবায়ে যুক্ত করতে হবে।

প্রশ্ন ▶ ২৯



[চট্টগ্রাম কলেজ]

ক. অভ্যন্তরীণ রোধ কি? ১

খ. সাধারণতঃ তাপমাত্রা বাড়ালে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায় কেন— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. BC বাহুতে কি পরিমাণ রোধ যুক্ত করলে ব্রিজটি সাম্যাবস্থায় থাকবে? ৩

ঘ. গ্যালভানোমিটার ও ব্যাটারি পরস্পর স্থান পরিবর্তনে হুইটস্টোন ব্রিজ নীতির পরিবর্তন হবে কি? তোমার উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দাও। ৪

#### ২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তড়িৎ উৎস যখন বহিঃস্থ বর্তনীতে তড়িৎ প্রেরণ করে তখন তড়িৎ উৎসের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহকালে যে বাধার সম্মুখীন হয় তাকে অভ্যন্তরীণ রোধ বলে।

খ পরিবাহীতে সাধারণ তাপমাত্রাতেই প্রচুর মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। তাই তাপমাত্রা বাড়ালে পরিবাহীতে মুক্ত ইলেকট্রনের সংখ্যা খুব একটা বৃদ্ধি পায় না। তবে তাপমাত্রা বাড়লে পরিবাহীর অণু-পরমাণুসমূহের কম্পন শক্তি যথেষ্ট বৃদ্ধি পায়। তাই তখন বর্ধিত তাপমাত্রায় পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে অতিক্রমকারী মুক্ত ইলেকট্রনসমূহ পূর্বের চেয়ে বেশি বাধার সম্মুখীন হয়। এ কারণেই সাধারণতঃ তাপমাত্রা বাড়লে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়।

গ দেওয়া আছে,

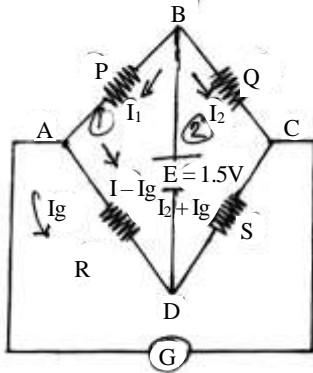
$$\text{হুইটস্টোন ব্রিজের, } P = 100\Omega, Q = 50\Omega, R = 10\Omega, S = 6\Omega$$



BC বাহুর রোধের (Q) পরিবর্তন ঘটাতে হবে যাতে ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় আসে। তাহলে,  $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$

সুতরাং BC বাহুতে  $(60\Omega - 50\Omega)$  বা  $10\Omega$  রোধ শ্রেণিতে সংযুক্ত করতে হবে।

ঘ মনে করি, গ্যালভানোমিটার ও তড়িৎ কোষ পরস্পর স্থান বিনিময় করা হলো। তাহলে বর্তনীটি দেখতে নিরূপ হবে।



(i) নং লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$-PI_1 - R(I_1 - I_g) + E = 0 \dots\dots\dots (i)$$

(2) নং লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$-QI_2 - (I_2 + I_g)S + E = 0 \dots\dots\dots (ii)$$

ব্রীজের সাম্যাবস্থার ক্ষেত্রে  $I_g = 0$ ; সেক্ষেত্রে (i) ও (ii)নং সমীকরণ হতে পাই,  $E = (P + R)I_1$

$$\text{এবং, } E = (Q + S)I_2$$

$$\text{অর্থাৎ, } I_1 = \frac{E}{P + R}, I_2 = \frac{E}{Q + S}$$

$$\therefore A \text{ বিন্দুর বিভব, } V_A = E - I_1P = E - \frac{E}{P + R}P$$

$$= \frac{EP + ER - EP}{P + R} = \frac{E}{P + R}R$$

$$\text{এবং } C \text{ বিন্দুর বিভব, } V_C = E - I_2Q = E - \frac{E}{Q + S}Q$$

$$= \frac{EQ + ES - EQ}{Q + S} = \frac{E}{Q + S}S$$

$I_g = 0$  হতে হলে  $V_A = V_C$  হতে হবে; অর্থাৎ  $\frac{ER}{P + R} = \frac{ES}{Q + S}$  হতে হবে

$$\text{বা, } \frac{P + R}{R} = \frac{Q + S}{S}$$

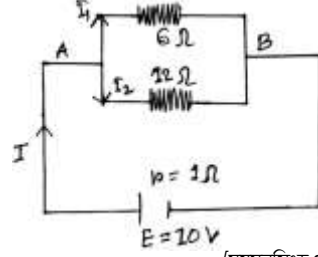
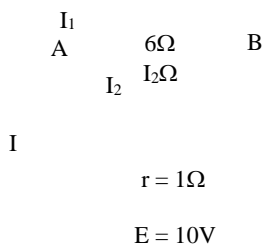
$$\text{বা, } \frac{P}{R} + 1 = \frac{Q}{S} + 1$$

$$\text{বা, } \frac{P}{R} = \frac{Q}{S}$$

$$\text{বা, } \frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$$

ইহা উদ্দীপকে প্রদত্ত হুইটস্টোন ব্রীজের সাম্যাবস্থার শর্ত। সুতরাং উদ্দীপকের বর্তনীর গ্যালভানোমিটার ও তড়িৎ কোষের পরস্পর স্থান বিনিময়ে হুইটস্টোন ব্রীজ নীতির পরিবর্তন হবে না।

প্রশ্ন ৩০



[ময়মনসিংহ গার্লস ক্যাডেট কলেজ]

- ক. তড়িৎ ফ্লাক্সের একক কী? ১
- খ. গাউসের সূত্রটি লিখ এবং এর সমীকরণ বর্ণনা কর। ২
- গ. উদ্দীপকের জন্য  $I_1$  এবং  $I_2$  এর মান নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উপরোক্ত বর্তনীর মধ্য দিয়ে মূল তড়িৎ প্রবাহ যাতে 5A হয় সেজন্য বর্তনীতে কী ধরনের পরিবর্তন ঘটাবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

### ৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ ফ্লাক্সের একক ওয়েবার (Wb)।

খ গাউসের সূত্রটি হলো- “কোনো কল্পিত বদ্ধ তলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্সের  $\epsilon_0$  গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের সমান।” এ কল্পিত তলের মধ্যে কোনো চার্জ আবদ্ধ থাকতে পারে নাও থাকতে পারে। এ কল্পিত তলকে গাউসীয় তল বলে। সুতরাং কোনো গাউসীয় তল দ্বারা  $q$  চার্জ আবদ্ধ থাকলে গাউসের সূত্রানুসারে-

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

$$\text{বা, } \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

ইহাই গাউসের সূত্রের সমীকরণ।

গ উদ্দীপকে বর্তনীর জন্য কোষের তড়িচ্চালক বল,  $E = 10V$  এবং অভ্যন্তরীণ রোধ,  $r = 1\Omega$

বহিঃস্থ রোধদ্বয় হলো  $R_1 = 6\Omega$ ,  $R_2 = 12\Omega$

বের করতে হবে,  $R_1$  এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ,  $I_1 = ?$

এবং  $R_2$  এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ,  $I_2 = ?$

বহিঃস্থ রোধদ্বয় সমান্তরালে যুক্ত থাকায় এদের তুল্যরোধ  $R_p$  হলে,

$\therefore$  বহিঃস্থ রোধের তথ্য  $R_1$  ও  $R_2$  এর প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য,

$$V = E - Ir = 10V - 2A \times 1\Omega = 8V$$

$$\therefore R_1 \text{ এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ, } I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{8V}{6\Omega} = 1.33 \text{ A}$$

$$\text{এবং } R_2 \text{ এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ, } I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{8V}{12\Omega} = 0.667 \text{ A}$$

$$I_1 = 1.33 \text{ A, } I_2 = 0.667 \text{ A Ans.}$$

ঘ বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহ,  $I = 5A$  হলে বর্তনীর তুল্য রোধ,

$$R_{eq} = \frac{E}{I} = \frac{10V}{5A} = 2\Omega$$

$\therefore$  কোষের বহিঃস্থ বর্তনীর রোধ,  $R = R_{eq} - r = 2\Omega - 1\Omega = 1\Omega$

লক্ষ্য করি,  $1\Omega < 6\Omega(R_1) < 12\Omega(R_2)$

$\therefore R_1$  ও  $R_2$  এর সাথে সমান্তরালে একটি ক্ষুদ্রমানের রোধ ( $R_3$ )

সংযুক্ত করতে হবে, সেক্ষেত্রে  $R_1$ ,  $R_2$  ও  $R_3$ -এর সমান্তরাল

সন্নিবেশের তুল্যরোধ  $R_p = 1\Omega$  হবে

$$\text{আমরা জানি, } \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$= \frac{9}{12\Omega} = \frac{3}{4\Omega}$$

$$\therefore R_3 = \frac{4}{3}\Omega = 1.333\Omega$$

সুতরাং উদ্দীপকের  $6\Omega$  ও  $12\Omega$  রোধদ্বয়ের সাথে সমান্তরালে  $1.333\Omega$  মানের রোধ যুক্ত করলে বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহ 5A হবে।

**প্রশ্ন ৩১** 1000W ক্ষমতার একটি নিমজ্জক হিটার 7 মিনিটে 10 লিটার পানির তাপমাত্রা 3°C থেকে 0°C এ উন্নীত করতে পারে। এর ভেতরের রোধ পরিবর্তন করে একটি অজানা রোধ ব্যবহার করায় একই পরিমাণ পানির তাপমাত্রা 2 min এ 40°C থেকে 100°C এ উন্নীত হয়।

[চট্টগ্রাম কলেজিয়েট স্কুল]

- ক. কার্শফের ১ম টি লেখ। ১  
খ. মহাকর্ষ বল ও কুলম্ব বলের মধ্যে কোন বৈসাদৃশ্য আছে কি এবং কেন? ব্যাখ্যা কর। ২  
গ. উদ্দীপকের আলোকে J এর মান নির্ণয় কর। ৩  
ঘ. গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও যে, পরিবর্তিত রোধটির মান 10Ω হলে উত্তাপকটির মধ্য দিয়ে 20 A তড়িৎ প্রবাহ সম্ভব নয়। ৪

### ৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কার্শফের ২য় সূত্রটি হলো— কোনো বদ্ধ বর্তনীর অসম্পূর্ণত মোট তড়িচ্চালক শক্তি ঐ বর্তনীর বিভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং তাদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

**খ** মহাকর্ষ বল ও কুলম্ব বলের মধ্যে বৈসাদৃশ্য নিরূপণ :

মহাকর্ষ বল	কুলম্ব বল
i. মহাকর্ষ বলের মান মাধ্যমের ওপর নির্ভর করে না।	i. কুলম্ব বলের মান মাধ্যমের ওপর নির্ভর করে।
ii. মহাকর্ষ বল কেবল আকর্ষণমূলক হতে পারে।	ii. কুলম্ব বল আকর্ষণমূলক বা বিকর্ষণমূলক যেকোনো প্রকার হতে পারে।

**গ** দেওয়া আছে,

হিটারের ক্ষমতা,  $P = 1000W$

সময় কাল,  $t = 7 \text{ min} = 7 \times 60 \text{ sec} = 420 \text{ sec}$

পানির ভর,  $m = 10L = 10 \text{ kg}$

পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি,  $\Delta\theta = 40^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C} = 10^\circ\text{C} = 10K$

জানা আছে, পানির আপেক্ষিক তাপ,  $S = 1000 \text{ cal kg}^{-1}\text{K}^{-1}$

বের করতে হবে, তাপের যান্ত্রিক তুল্যাংক,  $J = ?$

হিটার কর্তৃক কৃতকাজ,  $W = Pt = 1000W \times 420 \text{ sec} = 4.2 \times 10^5 J$   
এবং রূপান্তরিত তাপশক্তি,  $H = mS\Delta\theta = 10 \text{ kg} \times 1000 \text{ cal kg}^{-1}\text{K}^{-1} \times 10K$

$$= 10^5 \text{ cal}$$

আমরা জানি,  $W = JH$

$$\therefore J = \frac{W}{H} = \frac{4.2 \times 10^5 J}{10^5 \text{ cal}} = 4.2 \text{ J/cal (Ans.)}$$

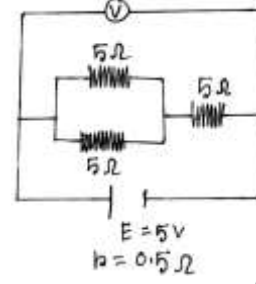
**ঘ** একই পরিমাণ ( $m = 10 \text{ kg}$ ) পানির তাপমাত্রা 40°C থেকে 100°C এ উন্নীত করতে প্রয়োজনীয় তাপশক্তির পরিমাণ,  $H = mS\Delta\theta = 10 \text{ kg} \times 1000 \text{ cal kg}^{-1}\text{K}^{-1} \times (100 - 40)K$   
 $= 6 \times 10^5 \text{ cal}$

বৈদ্যুতিক শক্তি পুরোপুরি তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হলে উক্ত বৈদ্যুতিক শক্তির মান,  $W = JH = 4.2 \text{ J/cal} \times 6 \times 10^5 \text{ cal} = 2.52 \times 10^6 J$   
এক্ষেত্রে, সময় কাল,  $t = 2 \text{ min} = 2 \times 60 \text{ sec} = 120 \text{ sec}$

$$\therefore I = \sqrt{2100A^2} = 45.8 A \neq 20 A$$

সুতরাং পরিবর্তিত (নতুন) রোধটির মান 10Ω হলে উত্তাপকটির মধ্য দিয়ে 20A তড়িৎপ্রবাহ সম্ভব নয়।

**প্রশ্ন ৩২**



[বিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ]

- ক. রোধের তাপমাত্রা গুণাঙ্ক কাকে বলে? ১  
খ. গ্যালভানোমিটার দিয়ে কত তড়িৎ প্রবাহিত হবে যদি শান্টের রোধ শূন্য ও অসীম হয়? ২  
গ. বর্তনীর তুল্য তড়িৎ প্রবাহ কত? ৩  
ঘ. কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ দ্বিগুণ করা হলে ভোল্টমিটারের পাঠে কি পরিবর্তন আসবে? ৪

### ৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য 0°C তাপমাত্রার একক রোধ সম্পন্ন কোনো পরিবাহীর রোধের যে বৃদ্ধি হয় তাকে উক্ত পরিবাহীর উপাদানের তাপমাত্রা গুণাঙ্ক বলে।

**খ** আমরা জানি, গ্যালভানোমিটারের রোধ G, শান্টের রোধ S, গ্যালভানোমিটারের তড়িৎ প্রবাহ  $I_g$  এবং মূল তড়িৎ প্রবাহ I হলে,

$$I_g = \frac{S}{G + S} I$$

এখন,  $S = 0$  হলে,  $I_g = 0$  হবে।

আবার,  $S = \infty$  হলে,  $I_g = \frac{\infty}{\infty}$  (অসংগায়িত)

**গ** বর্তনীতে আমরা দেখতে পাই, দুটি 5Ω রোধ সমান্তরাল সমবায়ে আছে, অপর 5Ω রোধের সাথে শ্রেণি সমবায়ে আছে।

$$\text{সুতরাং, তুল্য রোধ, } R = \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{5}\right)^{-1} + 5$$

$$\therefore R = 7.5\Omega$$

$$\text{বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহ, } I = \frac{E}{R + r}$$

$$= \frac{5}{7.5 + 0.5}$$

$$\therefore I = 0.625 \text{ A (Ans.)}$$

**ঘ** দেওয়া আছে,

তড়িচ্চালক শক্তি,  $E = 5V$

অভ্যন্তরীণ রোধ,  $r = 1\Omega$

তুল্যরোধ,  $R = 7.5\Omega$  (গ হতে প্রাপ্ত)

$$\therefore V = 4.6875 V$$

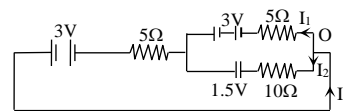
অভ্যন্তরীণ রোধ দ্বিগুণ করার পর, ভোল্টমিটারের পাঠ,  $V' = I'R$

$$= 0.59 \times 7.5$$

$$= 4.425V$$

$$\therefore \text{পাঠের পার্থক্য, } \Delta V = (4.6875 - 4.425)V = 0.2625 V.$$

**প্রশ্ন ৩৩** দ্বাদশ বিজ্ঞানের ছাত্র তার শিক্ষক জনাব ইলিয়াস আলীর পরামর্শ অনুযায়ী নিচের মিশ্র সমবায়ের বর্তনী নিচের চিত্র এঁকে দেখাল।



[রাজশাহী সরকারী সিটি কলেজ]

ক. তড়িৎ প্রবাহ কাকে বলে? ১

- খ. বিভব পার্থক্য 2V বলতে কি বুঝে? ২  
 গ. বর্তনীর I এর মান কত? ৩  
 ঘ. বর্তনীর O সংযোগ বিন্দুতে কার্শফের সূত্র মেনে চলে কিনা-  
 গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

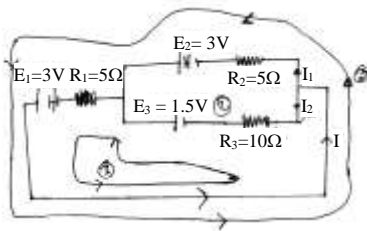
### ৩৩ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো তড়িৎ পরিবাহীর যেকোন প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে লম্বভাবে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ আধান প্রবাহিত হয়, তাকে তড়িৎ প্রবাহ বলে।

**খ** কোনো তড়িৎ বর্তনী বা তড়িৎ ক্ষেত্রের এক বিন্দু হতে অপর বিন্দুতে এক কুলম্ব আধান স্থানান্তরিত করতে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় তাকে এ দু'বিন্দুর বিভব পার্থক্য বলে।

সুতরাং, কোনো তড়িৎবর্তনী বা তড়িৎক্ষেত্রের দু'বিন্দুর বিভব পার্থক্য 1V বলতে বুঝায়, এদের একটি বিন্দু হতে অপর বিন্দুতে 1C আধান স্থানান্তরিত 1 জুল কাজ সম্পন্ন হয়।

**গ** উদ্দীপকের বর্তনীটি হলো :



- (2) নং লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগে,  
 $-5 \times I_1 + 3V - 1.5V + 10 \times I_2 = 0$   
 বা,  $-5I_1 + 10I_2 = -1.5$  ..... (i) [একক উহ্য]  
 (1) নং লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে,  
 $-IR_1 + E_1 - I_2R_3 + E_3 = 0$   
 বা,  $5I_1 + 15I_2 = 4.5$  ..... (ii)  
 (i) ও (ii) সমাধান করে পাই,  $I_1 = 0.54A$ ,  $I_2 = 0.12A$   
 $\therefore I$  এর মান  $= I_1 + I_2 = 0.54A + 0.12A = 0.66A$  (Ans.)

**ঘ** বর্তনীর O সংযোগ বিন্দুতে কার্শফের ১ম সূত্র প্রযোজ্য হয় কিনা যাচাই করি। অস্ফীর্ণ (incoming) প্রবাহ সমূহকে ধনাত্মক এবং বহিঃগামী (outgoing) প্রবাহসমূহকে ঋণাত্মক বিবেচনা করি। তাহলে, O সংযোগ বিন্দু বা নোডে, প্রবাহসমূহের বীজগাণিতিক সমষ্টি

$\sum I = -I + I_1 + I_2 = -0.66A + 0.54A + 0.12A = 0$   
 যা জটিল বর্তনীতে তড়িচ্চালক শক্তি, বিভবপার্থক্য ও তড়িৎপ্রবাহ সম্পর্কিত কার্শফের প্রথম সূত্র 'কোনো বৈদ্যুতিক বর্তনীর যেকোনো জংশনে তড়িৎ প্রবাহমাত্রা সমূহের বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য, এ সূত্রকে সমর্থন করে।

সুতরাং, উদ্দীপকে প্রদত্ত বর্তনীর O সংযোগ বিন্দুতে কার্শফের ১ম সূত্র মেনে চলে।

**প্রশ্ন ৩৪** সাকিব পদার্থবিজ্ঞানের ল্যাবরেটরিতে বসে বিদ্যুৎ প্রবাহ সৃষ্টি করার জন্য প্রতিটি 2V এবং অভ্যন্তরীণ রোধ 1.5Ω এর তিনটি বিদ্যুৎ কোষ নিয়ে শ্রেণি সমবায়ে সাজিয়ে এদের প্রান্তগুলোকে 150Ω রোধের পরিবাহী দ্বারা যুক্ত করে একটি সার্কিট তৈরি করে দেখল বিদ্যুৎ প্রবাহিত হচ্ছে।

[সরকারি বরিশাল কলেজ, বরিশাল]

- ক. কোষের সমবায়ে কত প্রকার? ১  
 খ. তড়িচ্চালক বল ও বিভব পার্থক্যের মধ্যে পার্থক্য কি? ২  
 গ. R রোধের মধ্যদিয়ে কত মাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহিত হবে? ৩  
 ঘ. উদ্দীপকের তড়িৎ কোষগুলোকে সমান্তরালভাবে সংযুক্ত করলে তড়িৎ প্রবাহ পূর্বের চেয়ে বাড়বে না কমবে-  
 গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

### ৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোষের সমবায়ে তিন প্রকার : শ্রেণি সমবায়ে, সমান্তরাল সমবায়ে এবং মিশ্র সমবায়ে।

**খ** বর্তনীর কোনো এক বিন্দু হতে 1 কুলম্ব চার্জকে কোষ সমেত সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে আবার ঐ বিন্দুতে আনা হলে যে কাজ সম্পন্ন হয় তাকে কোষের তড়িচ্চালক বল বলে। অপর দিকে, তড়িৎ ক্ষেত্র বা তড়িৎ বর্তনীর এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে 1 কুলম্ব স্থানান্তরিত করতে যে কাজ সম্পন্ন হয় তাকে এ বিন্দুদ্বয়ের বিভব পার্থক্য বলে।

তাত্ত্বিকভাবে, একটি তড়িৎকোষ বা তড়িৎ উৎসের কার্যকর তড়িচ্চালক শক্তি ধ্রুবমানের হয়। কিন্তু বহিঃবর্তনীর রোধ বা প্রবাহের পরিবর্তনের সাথে তড়িৎ উৎসের বিভব পার্থক্যের পরিবর্তন ঘটে।

**গ** দেওয়া আছে, প্রতিটি তড়িৎ কোষের তড়িচ্চালক বল,  $E = 2V$

এবং অভ্যন্তরীণ রোধ,  $r = 1.5\Omega$

কোষের সংখ্যা,  $n = 3$

বহিঃস্থ রোধ,  $R = 150\Omega$

বের করতে হবে, বহিঃস্থ রোধ R-এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ,  $I = ?$

আমরা জানি, কোষের শ্রেণি সমবায়ের ক্ষেত্রে,  $I = \frac{nE}{R + nr}$

$$= \frac{3 \times 2V}{150\Omega + 3 \times 1.5\Omega} = 0.038835 A \text{ (Ans.)}$$

**ঘ** উদ্দীপক মতে,

প্রতিটি কোষের তড়িচ্চালক বল,  $E = 2V$

এবং অভ্যন্তরীণ রোধ,  $r = 1.5\Omega$

কোষের সংখ্যা,  $n = 3$

বহিঃস্থ রোধের মান,  $R = 150\Omega$

কোষগুলোকে সমান্তরালে যুক্ত করলে বহিঃস্থ রোধের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহ,

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}} = \frac{nE}{nR + r} = \frac{3 \times 2V}{3 \times 150\Omega + 1.5\Omega} = 0.0133 A$$

লক্ষ্য করি,  $0.0133 A < 0.038835 A$

অর্থাৎ কোষগুলোর সমান্তরাল সমবায়ে বহিঃস্থ রোধের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত তড়িৎ প্রবাহ  $<$  কোষগুলোর শ্রেণি সমবায়ে বহিঃস্থ রোধের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত তড়িৎ প্রবাহ।

সুতরাং, উদ্দীপকের তড়িৎ কোষগুলোকে সমান্তরালভাবে সংযুক্ত করলে তড়িৎ প্রবাহ পূর্বের চেয়ে কমবে।

**প্রশ্ন ৩৫** 30°C তাপমাত্রায় ৪ মানের একটি অ্যালুমিনিয়ামের তারকে একটি মিটারব্রীজের ডান ফাঁকে লাগানো হয়েছে। বাম ফাঁকে 4Ω এর একটি স্থির মানের রোধের সাথে একটি অজ্ঞাত রোধ সিরিজে যুক্ত আছে। [অ্যালুমিনিয়ামের উষ্ণতা সহগ  $3.8 \times 10^{-3}k^{-1}$ ]

[বাংলাদেশের নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম]

- ক. সার্কিট কি? ১  
 খ. ট্রান্সফরমারে আর্মেচার হিসেবে কাচা লোহা ব্যবহার করার কারণ কি? ব্যাখ্যা কর। ২  
 গ. বাম ফাঁকে সিরিজে যুক্ত রোধ কত হলে 40 cm. দূরে নিস্পন্দ বিন্দু পাওয়া যাবে। ৩  
 ঘ. উদ্দীপকের অন্যকিছু পরিবর্তন না করে অ্যালুমিনিয়াম তারটির তাপমাত্রা 75°C করা হলে নিস্পন্দ বিন্দুর কোন পরিবর্তন হবে কিনা বিশ্লেষণ কর। ৪

### ৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** গ্যালভানোমিটার বা সূক্ষ্ম সুবেদী বৈদ্যুতিক যন্ত্রের মধ্যদিয়ে যাতে উচ্চ মাত্রার তড়িৎ প্রবাহিত হতে না পারে এজন্য এসব যন্ত্রের সাথে সমান্তরালে স্বল্পমানের যে রোধ ব্যবহৃত হয় তাকে সান্ট বলে।

**খ** কাঁচ লোহা ইম্পাত অপেক্ষা সহজে বিচুম্বকীয়ত হয়। ফলে  $I - B_0$  লুপ বা হিসটেরেসিস লুপের ক্ষেত্রফল ইম্পাত অপেক্ষা কাঁচা লোহার ক্ষেত্রে কম হয়। এতে শক্তির অপচয় কম হয়। এজন্য ট্রান্সফরমারে আর্মেচার-হিসেবে ইম্পাতের বদলে কাঁচা লোহা ব্যবহার করা হয়।

**গ** দেওয়া আছে,

মিটার ব্রিজের ডান ফাঁকের রোধ,  $Q = 8\Omega$

বামপ্রান্তে হতে নিস্পন্দ বিন্দুর দূরত্ব,  $l = 40 \text{ cm}$

বাম ফাঁকে সিরিজে যুক্ত রোধদ্বয়ের একটির মান  $P_1 = 4\Omega$

বের করতে হবে, অপরটির মান,  $P_2 = ?$

$$\therefore P_2 = P - P_1 = \frac{16}{3}\Omega - 4\Omega = \frac{16 - 12}{3}\Omega = \frac{4}{3}\Omega \text{ (Ans.)}$$

**ঘ** উদ্দীপকের অন্য কিছু পরিবর্তন না করে অ্যালুমিনিয়াম তারটির তাপমাত্রা  $75^\circ\text{C}$  হলে নিস্পন্দ বিন্দুর পরিবর্তন হবে কারণ তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে অ্যালুমিনিয়াম তারের রোধ ( $Q$ ) পরিবর্তিত হওয়ায় এবং  $p$  (বাম ফাঁকের তুল্য রোধ)-এর পরিবর্তন না ঘটায়  $P/Q$  অনুপাতের তথা

$\frac{1}{100 - l}$  অনুপাতের পরিবর্তন ঘটবে।

উদ্দীপক মতে, অ্যালুমিনিয়ামের রোধের উষ্ণতা সহগ,  $\alpha = 3.8 \times 10^{-3}\text{K}^{-1}$  এখানে, তাপমাত্রার পরিবর্তন,  $\Delta\theta = 75^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C} = 45^\circ\text{C} = 45\text{K}$

রোধের আদি মান,  $Q = 8\Omega$

ডান ফাঁকের রোধের পরিবর্তিত মান,  $Q' = Q(1 + \alpha\Delta\theta)$

$$= 8\Omega(1 + 3.8 \times 10^{-3}\text{K}^{-1} \times 45) = 9.368\Omega$$

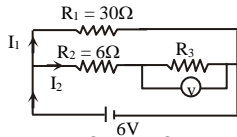
এক্ষেত্রে, মিটার ব্রিজের বামপ্রান্ত থেকে নিস্পন্দ বিন্দুর দূরত্ব  $l'$  হলে,

$$\frac{P}{Q'} = \frac{l'}{100 - l'}$$

$$\text{বা, } \frac{100 - l'}{l'} = \frac{Q'}{P} = \frac{9.368\Omega}{\frac{16}{3}\Omega} = 1.76$$

সুতরাং, নিস্পন্দ বিন্দুর দূরত্বের পরিবর্তন  $= l - l' = 40 \text{ cm} - 36.23 \text{ cm} = 3.77 \text{ cm}$

**প্রশ্ন ৩৬**



তড়িৎ উৎস থেকে  $0.8 \text{ A}$  তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে। উৎসটির অন্তর্জঙ্ঘরোধ উপেক্ষাযোগ্য।

[খুলনা পাবলিক কলেজ]

ক. ওহমের সূত্রটি বিবৃত কর।

১

খ. সমান্তরাল সমবায়ে তুল্যরোধের মান প্রতিটি রোধের মানের চেয়ে কম হয় কেন?

২

গ. বিদ্যুৎ প্রবাহ  $I_1$  ও  $I_2$  নির্ণয় কর।

৩

ঘ. চিত্রের ভোল্টমিটার ( $V$ ) এর পাঠ উৎস বিভবের সমান হবে কি বিশ্লেষণ কর।

৪

**৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর**

**ক** ওহমের সূত্রটি হলো— নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো পরিবাহকের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎপ্রবাহ এর দু'প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক।

**খ** সমান্তরাল সমবায়ে তুল্যরোধের মান প্রতিটি রোধের মানের চেয়ে কম, এর কারণ হলো রোধগুলোর সমান্তরাল সন্নিবেশে তড়িৎপ্রবাহ অতিক্রম করার জন্য বিভিন্ন বিকল্প পথ রয়েছে, তাই রোধগুলোর আনুপাতিক মানের ওপর নির্ভর করে বিভিন্ন পথে বিভিন্ন মানের তড়িৎপ্রেরণ করে। কিন্তু একটি মাত্র রোধের (সেটি ক্ষুদ্রতম মানের রোধটির হলেও) ক্ষেত্রে এরূপ বেছে নেয়ার কোনো সুযোগ থাকে না।

**গ** দেওয়া আছে,

কোষের তড়িচ্চালক বল,  $E = 6\text{V}$

রোধসমূহ,  $R_1 = 30\Omega$ ,  $R_2 = 6\Omega$

বর্তনীর মূল তড়িৎপ্রবাহ,  $I = 0.8 \text{ A}$

বের করতে হবে, শাখা প্রবাহসমূহ,  $I_1 = ?$   $I_2 = ?$

$$\therefore I_2 = I - I_1 = 0.8 \text{ A} - 0.2 \text{ A} = 0.6 \text{ A}$$

$$I_1 = 0.2 \text{ A}, I_2 = 0.6 \text{ A} \text{ Ans.}$$

**ঘ** কার্শফের ২য় সূত্রের প্রয়োগ অনুসারে,

চিত্রের ভোল্টমিটার এর পাঠ,

$V = E - R_2$  এর মধ্য দিয়ে বিভবপতন

$$= E - R_2 I_2 = 6\text{V} - 0.6 \text{ A} \times 6\Omega$$

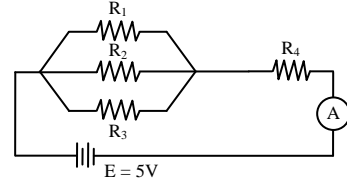
$$= 6\text{V} - 3.6\text{V} = 2.4 \text{ V}$$

যেহেতু,  $2.4\text{V} \neq 6\text{V}$

অর্থাৎ,  $V \neq E$

সুতরাং, উদ্দীপকের চিত্রের ভোল্টমিটার ( $V$ ) এর পাঠ উৎস বিভবের সমান হবে না।

**প্রশ্ন ৩৭**



$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 3\Omega$ , এবং অ্যামিটার দ্বারা সর্বোচ্চ  $2 \text{ A}$  প্রবাহ মাপা যায়।

[বাংলাদেশ নৌবাহিনী স্কুল এন্ড কলেজ, খুলনা]

ক. তড়িৎ দ্বিমের কাকে বলে?

১

খ. গাউসের সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

২

গ. উদ্দীপকের  $R_1$  এর মধ্য দিয়ে কী পরিমাণ প্রবাহ যাবে নির্ণয় কর।

৩

ঘ. উদ্দীপকের ব্যবহৃত এর পরিবর্তে  $50\text{V}$  ব্যাটারি ব্যবহার করলে তড়িৎ প্রবাহ মাপার জন্য উদ্দীপকের অ্যামিটারটি উপযুক্ত না হলে কী ব্যবস্থা কিভাবে গ্রহণ করতে হবে— ব্যাখ্যা কর।

৪

**৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর**

**ক** দুইটি সমপরিমাণ কিন্তু বিপরীতধর্মী বিন্দু চার্জ পরস্পরের খুব কাছাকাছি স্থাপন করলে, চার্জ দুইটিকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমের বলে।

**খ** গাউসের সূত্রটি হলো : কোনো মাধ্যমে একটি বদ্ধ তলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্স ঐ তলের অভ্যন্তরে অবস্থিত মোট চার্জের  $\frac{1}{\epsilon_0}$  গুণ। যেখানে,  $\epsilon_0$  হলো শূন্য মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা।

কোনো একটি বদ্ধ তল  $S$  এর উপর একটি ক্ষুদ্র ক্ষেত্র  $dS$  এবং ঐ ক্ষুদ্র ক্ষেত্রের সর্বত্র তড়িৎ ক্ষেত্র প্রাবল্য  $E$  হলে, যদি তলটি দ্বারা বেষ্টিত মোট আধানের পরিমাণ  $q$  হয়, তবে গাণিতিকভাবে গাউসের সূত্রানুসারে আমরা পাই,

$$\oint E \cdot dS = \frac{q}{\epsilon_0}$$

এখানে, বদ্ধ তল কে গাউসিয়ান তল বলে।

গ এখানে,

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 3\Omega$$

$$\text{তড়িৎ চালক বল, } E = 5V$$

$R_1, R_2$  ও  $R_3$  রোধগুলো সমান্তরালে আছে এবং এদের তুল্যরোধ  $R_p$  হলে,

$$\begin{aligned} R_p &= \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} \right)^{-1} \\ &= \left( \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)^{-1} \\ &= 1\Omega \end{aligned}$$

অতএব,  $R_1$  এর মধ্য দিয়ে  $0.417 A$  বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়।

ঘ উদ্দীপকের বর্তনীর তুল্য রোধ,  $R = R_p + R_4$

$$= 1 + 3$$

$$= 4\Omega$$

∴ উদ্দীপকে  $5V$  এর পরিবর্তে  $50V$  ব্যাটারি ব্যবহার করলে মূল তড়িৎপ্রবাহের মান হবে,

$$I = \frac{50V}{4\Omega} = 12.5 A$$

কিন্তু অ্যামিটার দ্বারা সর্বোচ্চ  $2 A$  তড়িৎ প্রবাহ মাপা যায়। সুতরাং সরাসরি ঐ অ্যামিটার ব্যবহার করা যাবে না। অ্যামিটারটির সাহায্যে  $12.5 A$  প্রবাহ মাপতে হলে অ্যামিটারটির পাল-এ হতে  $20A$ । এক্ষেত্রে অ্যামিটারের সাথে সমান্তরালে স্বল্পরোধের সান্ট (S) ব্যবহার করতে হবে। অ্যামিটারের প্রবাহ,  $I_g = 2 A$

আমরা জানি,

$$I_g = \frac{S}{S+G} I$$

$$\therefore S = \frac{G}{9}$$

সুতরাং,  $50V$  এর ব্যাটারি ব্যবহার করতে হলে অ্যামিটারের কুন্ডলীর রোধের (G) 9 ভাগের 1 ভাগ মানসম্পন্ন সান্ট ব্যবহার করতে হবে।

**প্রশ্ন ৩৮** একই উপাদানের দুটি তামার তারের প্রথমটির রোধ দ্বিতীয়টির 2 গুণ। এদের দৈর্ঘ্যের অনুপাত 4 : 9

[ঈশ্বরদী সরকারি কলেজ, পাবনা]

- আপেক্ষিক রোধ কাকে বলে? ১
- একটি ধারকের ধারকত্ব  $10^{-12}F$  বলতে কী বোঝ? ২
- তার দুটির ব্যাসের অনুপাত বের কর। ৩
- যদি এদেরকে একই বিভব পার্থক্যের লাইনে যুক্ত করা হয় তবে এদের দ্বারা উৎপাদিত তাপের অনুপাত বের কর। ৪

#### ৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্যের ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের কোনো পরিবাহকের রোধকে ঐ তাপমাত্রায় ঐ পরিবাহকের উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে।

**খ** কোনো ধারকের ধারকত্ব  $10^{-12}F$  বলতে বুঝায়, ঐ ধারকের দুই পাতের মধ্যে বিভব পার্থক্য  $1V$  বজায় রাখতে  $10^{-12}C$  আধানের প্রয়োজন।

গ ধরি,

$$২য় রোধ, R_2 = R$$

$$\therefore ১ম রোধ, R_1 = 2R$$

$$১ম তারের দৈর্ঘ্য, L_1 = 4L$$

$$২য় তারের দৈর্ঘ্য, L_2 = 9L$$

$$১ম তারের ব্যাস = d_1$$

$$২য় তারের ব্যাস = d_2$$

আমরা জানি,

(i) ÷ (ii) নং সমীকরণ হতে পাই;

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{4\rho L_1}{\pi d_1^2} \times \frac{\pi d_2^2}{4\rho L_2}$$

$$\text{বা, } \frac{2R}{R} = \frac{4L \times d_2^2}{d_1^2 \times 9L}$$

$$\text{বা, } 2 = \frac{4d_2^2}{9d_1^2}$$

$$\text{বা, } 18d_1^2 = 4d_2^2$$

$$\text{বা, } 18d_1^2 = 4d_2^2$$

$$\text{বা, } \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2 = \frac{4}{18}$$

$$\text{বা, } \frac{d_1}{d_2} = \frac{2}{4.24}$$

$$\therefore d_1 : d_2 = 2 : 4.24 \text{ (Ans.)}$$

ঘ ধরি,

$$২য় তারের রোধ, R_2 = R$$

$$\therefore ১ম তারের রোধ, R_1 = 2R$$

১ম তারে উৎপন্ন তাপ  $H_1$  ও ২য় তারে উৎপন্ন তাপ  $H_2$  হলে,

$$H_1 = \frac{V^2 t}{R_1} \dots\dots\dots (i)$$

$$\text{এবং } H_2 = \frac{V^2 t}{R_2} \dots\dots\dots (ii)$$

(i) ÷ (ii) নং সমীকরণ হতে পাই

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{V^2 t}{R_1} \times \frac{R_2}{V^2 t}$$

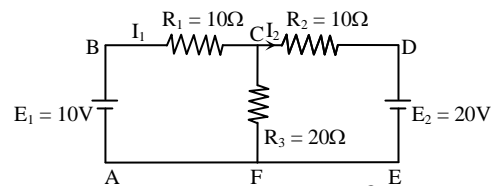
$$\text{বা, } \frac{H_1}{H_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$\text{বা, } \frac{H_1}{H_2} = \frac{R}{2R}$$

$$\therefore H_1 : H_2 = 1 : 2$$

অর্থাৎ এদের উৎপাদিত তাপের অনুপাত হবে 1:2.

**প্রশ্ন ৩৯**



[ঈশ্বরদী সরকারি কলেজ, পাবনা]

- হল ক্রিয়া কী? ১
- ধারকে চার্জ সঞ্চিৎ করা হয় না বরং শক্তি সঞ্চিৎ করা হয়— ব্যাখ্যা কর। ২
- উদ্দীপক হতে  $I_1$  ও  $I_2$  এর মান বের কর। ৩
- উদ্দীপকের ABCFA এবং EDCFE লুপে কার্শকের সূত্র শক্তির সংরক্ষণীলতা সূত্র মেনে চলে— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

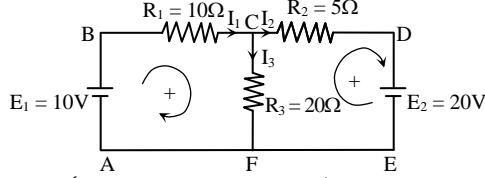
#### ৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** কোনো তড়িৎবাহী পরিবাহককে চৌম্বকক্ষেত্রে স্থাপন করলে তড়িৎ প্রবাহ ও চৌম্বকক্ষেত্র উভয়ের সাথে লম্ব বরাবর একটি বিভব পার্থক্যের সৃষ্টি হয়। এই ঘটনাকে হল ক্রিয়া বলে।

**খ** যখন কোনো ধারকের এক প্রান্ত দিয়ে কিছু পরিমাণ চার্জ প্রবেশ করে ঠিক তখনই সমপরিমাণ চার্জ অপর প্রান্ত দিয়ে বের হয়ে যায়। এ কারণে ধারকে কোনো চার্জ জমা থাকে না। ধারকে যা জমা থাকে

তা হলো শক্তি। আর এই শক্তি হলো বিভব শক্তি। চার্জ সমূহের মধ্যে বিকর্ষণ থাকায় এরা পরস্পর হতে দূরে সরে যেতে চাইবে, এটাই স্বাভাবিক। এই স্বাভাবিক অবস্থা থেকে পরিবর্তন করে সমধর্মী বেশ কিছু চার্জকে যখন ধারকের পাতে সঞ্চিত করা হয় তখন বিভব শক্তি সঞ্চিত হয়। সুতরাং, ধারকে চার্জ সঞ্চিত করা হয় না বরং শক্তি সঞ্চিত করা হয়।

**গ**



C বিন্দুতে কার্শফের ১ম সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

$$\text{বা, } I_3 = I_1 - I_2 \text{ ----- (i)}$$

$$\text{বা, } 30I_1 - 20I_2 = 10 \text{ ----- (ii)}$$

আবার,

EDCFE লুপে কার্শফের ২য় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$-I_2R_2 + R_3I_3 = E_2$$

$$\text{বা, } -5I_2 + 20I_3 = 20$$

$$\text{বা, } -5I_2 + 20(I_1 - I_2) = 20 \quad [\because I_3 = I_1 - I_2]$$

$$\text{বা, } -5I_2 + 20I_1 - 20I_2 = 20$$

$$\text{বা, } 20I_1 - 25I_2 = 20 \text{ ----- (iii)}$$

সমীকরণদ্বয় সমাধান করে পাই,

$$\therefore I_1 = -0.43 \text{ A ও } I_2 = -1.145 \text{ A (Ans.)}$$

**ঘ** 'গ' অংশ হতে পাই;

$$I_3 = I_1 - I_2 \text{ ----- (i)}$$

$$\text{এবং } I_1 = -0.43 \text{ A, } I_2 = -1.145 \text{ A}$$

$$\therefore I_3 = -0.43 - (-1.145)$$

$$= 0.715 \text{ A}$$

ABCFA লুপে বিভব পতন,

$$v = E_1 - v_1 - v_3$$

$$= E_1 - R_1I_1 - R_3I_3$$

$$= 10 - 10 \times (-0.43) - 20 \times 0.715$$

$$= 0 \text{ volt}$$

$$= 0 \text{ volt.}$$

অতএব, প্রতিটি লুপে তড়িৎ কোষ যে পরিমাণ বিদ্যুৎ শক্তি সরবরাহ করে তা সংশ্লিষ্ট রোধদ্বয়ে ব্যয়িত হয়। অতএব উদ্দীপকে উল্লিখিত লুপে কার্শফের সূত্র শক্তির সংরক্ষণশীলতা মেনে চলে।

**প্রশ্ন ৮০** বুলবুল অভ্যন্তরীণ রোধের 1.5V এর তিনটি কোষকে একবার শ্রেণিতে এবং আরেকবার সমান্তরাল সজ্জায় সাজালো। উভয় সজ্জাতে সে একটি 4Ω রোধক যুক্ত করল। একটি অ্যামিটার দিয়ে প্রবাহ মাত্রা মেপে সে একবার কম প্রবাহ এবং আরেকবার বেশি প্রবাহ পেল।

[অধ্যাপক আব্দুল মজিদ কলেজ]

ক. কার্শফের ১ম সূত্রটি কি?

১

খ. 220V এ. সি. লাইনে কাজ করার সময় সতর্কতা অবলম্বন প্রয়োজন কেন?

২

গ. কোষগুলোর শ্রেণি সজ্জায় 4Ω রোধকের মধ্যে প্রবাহ কত হবে?

৩

ঘ. কোষগুলোর শ্রেণি সমবায়ে 4Ω-এ যে প্রবাহ পাওয়া যায় তা কোষগুলোর সমান্তরাল সজ্জায় পেতে তুমি কি ব্যবস্থা নিবে? ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** তড়িৎ বর্তনীর কোনো সংযোগবিন্দুতে মিলিত প্রবাহগুলোর বীজগাণিতিক সমষ্টি শূন্য হয়।

**খ** কোনো ব্যক্তি যদি 220V এ.সি শক পান তাহলে তিনি সর্বাধিক শক পাবেন  $= \sqrt{2} \times 220V = 311V$ , যা 220V শক এর চেয়ে বেশি। তাই এ.সি লাইনে কাজ করার সময় সতর্কতা অবলম্বন প্রয়োজন।

**গ** দেওয়া আছে,

অভ্যন্তরীণ রোধ,  $r = 0.12\Omega$

প্রতিটি কোষের তড়িচ্চালক শক্তি,  $E = 1.5 \text{ V}$

কোষের সংখ্যা,  $n = 3$

বাইরের রোধ,  $R = 4\Omega$

বের করতে হবে, তড়িৎ প্রবাহ,  $I_s = ?$

$$\text{আমরা জানি, } I_s = \frac{nE}{R + nr}$$

$$= \frac{3 \times 1.5}{4 + 3 \times 0.12}$$

$$= 1.032 \text{ A (Ans.)}$$

**ঘ** 'গ' অংশ হতে পাই, শ্রেণি সমবায়ে প্রবাহ,

$$I_s = 1.032 \text{ A}$$

দেওয়া আছে,

অভ্যন্তরীণ রোধ,  $r = 0.12\Omega$

প্রতিটি কোষের তড়িচ্চালক শক্তি,  $E = 1.5 \text{ V}$

কোষের সংখ্যা,  $n = 3$

বাইরের রোধ,  $R = 4\Omega$

তড়িৎ প্রবাহ,  $I_p = ?$

আমরা জানি,

$$I_p = \frac{nE}{nR + r}$$

$$= \frac{3 \times 1.5}{3 \times 4 + 0.12}$$

$$= 0.371 \text{ A}$$

যেহেতু  $I_p < I_s$  সেহেতু সমান্তরাল সজ্জায়  $I_s$  এর সমান প্রবাহ পেতে হলে বাইরের রোধ কমাতে হবে। মনে করি, সমান্তরাল সজ্জায় শ্রেণি সমবায়ে প্রাপ্ত প্রবাহ 1.032 A পেতে বাইরের রোধ  $R_1$  করতে হবে।

$$\therefore 1.032 = \frac{nE}{nR_1 + r}$$

$$\therefore R_1 = 1.413\Omega$$

$\therefore$  সমান্তরাল সময়ে শ্রেণি সমবায়ে প্রাপ্ত প্রবাহ পেতে হলে 4Ω রোধের সাথে  $R_2$  মানের একটি রোধ সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করতে হবে।

$$\therefore \frac{1}{R_1} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_2}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R}$$

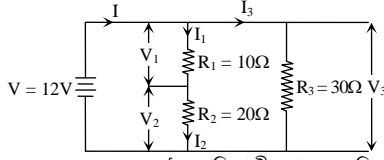
$$\text{বা, } \frac{1}{R_2} = \frac{1}{1.413} - \frac{1}{4}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{R_2} = 0.4577$$

$$\therefore R_2 = 2.185\Omega$$

অতএব, কোষগুলোর শ্রেণি সমবায়ে 4Ω-এ যে প্রবাহ পাওয়া যায় তা কোষগুলোর সমান্তরাল সজ্জায় পেতে আমি 4Ω রোধের সাথে সমান্তরাল সমবায়ে 2.185Ω রোধ যুক্ত করব।

**প্রশ্ন ৮১** মিয়া খান ও আলী চৌধুরী নামক দুজন স্কুদে বিজ্ঞানী একটি ব্যাটারী ও তিনটি রোধ নিয়ে নিম্নের চিত্র অনুযায়ী বর্তনী গঠন করলো। তারা মাল্টিমিটার ব্যবহার করে প্রবাহ ও বিভবের মান নির্ণয় করলো।



[সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম]

- ক. গাউসের সূত্রটি বিবৃত কর। ১  
খ. ভোল্টমিটারের পাল-এ কিভাবে বৃদ্ধি করা যায়? ২  
গ.  $R_1$  ও  $R_3$  এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় কর। ৩  
ঘ. উদ্দীপক হতে উপাত্ত সংগ্রহ করে কার্শফের ১ম ও ২য় সূত্রের সত্যতা যাচাই কর। ৪

### ৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোন তড়িৎ ক্ষেত্রে কোন বদ্ধ কল্পিত তলের (গাউসীয় তল) তড়িৎ ফ্লাক্সের  $\epsilon_0$  গুণ হবে ঐ তল দ্বারা আবদ্ধ মোট তড়িৎ আধানের সমান।

অর্থাৎ,  $\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = q$

খ. ভোল্টমিটারের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য  $V$ , প্রবাহ  $I$  ও ভোল্টমিটারের রোধ  $R$  হলে

$$V = IR$$

$I$  প্রবাহ হলে  $V \propto R$

অর্থাৎ, ভোল্টমিটারের রোধ বাড়িয়ে এর পাল-এ বৃদ্ধি করা যায়। এজন্য ভোল্টমিটারের রোধের সাথে শ্রেণী সমবায় রোধ যুক্ত করে এর রোধ বাড়িয়ে পাল-এ বৃদ্ধি করা হয়।

ভোল্ট মিটারের পাল-এ  $n$  গুণ বৃদ্ধির জন্য রোধ প্রয়োজন হয়  $(n-1)$  গুণ।

গ. এখানে,

$$R_1 = 10\Omega$$

$$R_2 = 20\Omega$$

$$R_3 = 30\Omega$$

বাটারীর অভ্যন্তরীণ রোধ না থাকায়,  $V_1 + V_2 = E = 12V$

$$\text{ও } V_3 = E = 12V$$

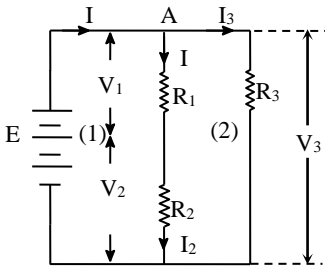
বিভব বিভাজনের সূত্রানুসারে,  $V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} E$

$$\begin{aligned} &= \frac{10\Omega}{(10+20)\Omega} \times 12 \\ &= \frac{4}{3} = 1.33V \\ &= \frac{12}{30} = 0.4A \end{aligned}$$

$$\text{আবার, } I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{12}{30} = 0.4A$$

$\therefore R_1, R_2$  ও  $R_3$  এর মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহ  $0.4A$ . (Ans.)

ঘ. কার্শফ-এর প্রথম এবং দ্বিতীয় সূত্র সঠিক হলে, এ সূত্রদ্বয় ব্যবহার করে  $V_1 = 4V$ ,  $V_2 = 8V$ ,  $V_3 = 12V$ ,  $I_1 = 0.4A$ ,  $I_2 = 0.4A$ ,  $I_3 = 0.4A$  পাওয়া যাবে। [গ নং হতে]



A জাংশনে কার্শফের প্রথম সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$-I + I_2 + I_3 = 0$$

$$\therefore I = I_2 + I_3 \dots (i)$$

(ii) ও (iii) নং হতে,  $I_3 R_3 = E = 12V$

$$\therefore I_3 = \frac{12V}{R_3} = \frac{12V}{30\Omega} = 0.4A$$

$$\therefore I_1 = I_2 = 0.4A$$

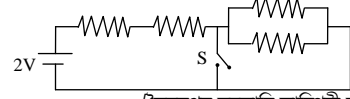
$$V_1 = I_1 R_1 = 0.4A \times 10\Omega = 4V$$

$$V_2 = I_2 R_2 = 0.4A \times 20\Omega = 8V$$

$$V_3 = I_3 R_3 = 0.4A \times 30\Omega = 12V$$

সুতরাং কার্শফের ১ম এবং ২য় সূত্র ব্যবহার করে 'গ' অংশের ন্যায়  $V_1, V_2, V_3, I_1, I_2, I_3$  রাশিসমূহের একই মান পাওয়া যায়। সুতরাং বর্তনী সংক্রান্ত কার্শফের প্রথম এবং দ্বিতীয় সূত্র সঠিক।

প্রশ্ন ৪২ চিত্রে প্রদর্শিত বর্তনীর প্রতিটি রোধের মান  $2\Omega$  নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



[সৈয়দপুর সরকারি কারিগরী কলেজ, নীলফামারী]

- ক. কার্শফের দ্বিতীয় সূত্রটি বিবৃত কর। ১  
খ. পরিবাহীতে রোধ তৈরি হয় কেন? ২  
গ. উদ্দীপকের বর্তনীতে বিদ্যমান সুইচ (s) খোলা (off) থাকা অবস্থায় বর্তনীতে প্রবাহিত মোট কারেন্টের মান বের কর। ৩  
ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীতে বিদ্যমান সুইচ (s) বন্ধ (on) থাকা অবস্থায় বর্তনীতে কিরূপ পরিবর্তন ঘটবে- ব্যাখ্যা কর এবং তখন বর্তনীতে প্রবাহিত মোট কারেন্টের মান বের কর। ৪

### ৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

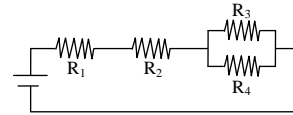
ক. কার্শফের দ্বিতীয় সূত্রটি হলো- কোনো বদ্ধ তড়িৎ বর্তনী পরিক্রমণকালে যেসব বিভব পরিবর্তনের সম্মুখীন হতে হয় তাদের বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য।

খ. পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো (চার্জ বাহক) যখন গমন করে তখন এরা পদার্থের অণু-পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় বলে ইলেকট্রনের গতি বাধাপ্রাপ্ত হয়। এ বাধাকেই রোধ বলে। তাপমাত্রা বাড়লে অণু-পরমাণুর কম্পনশক্তি বৃদ্ধি পায়, ফলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো গতিকালে পূর্বের তুলনায় বেশি বাধার সম্মুখীন হয়। এ কারণে তাপমাত্রা বাড়লে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়।

গ. দেওয়া আছে,

$$\text{কোষের তড়িচ্চালক বল, } E = 2V$$

এবং প্রতিটি রোধের মান  $2\Omega$



রোধগুলোকে পাশের চিত্রের প্রদর্শিত উপায়ে দাগাংকিত করি।  $R_3$  ও  $R_4$  সমান্তরালে যুক্ত থাকায় এদের তুল্যরোধ  $R_p$  হলে,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{2\Omega} + \frac{1}{2\Omega} = \frac{1+1}{2\Omega} = \frac{2}{2\Omega}$$

$$\therefore R_p = \frac{2\Omega}{2} = 1\Omega$$

আবার,  $R_1, R_2, R_p$  শ্রেণিতে যুক্ত থাকায় উপরোক্ত বর্তনীর মোট তুল্যরোধ,  $R_s = R_1 + R_2 + R_p = 2\Omega + 2\Omega + 1\Omega = 5\Omega$

সুতরাং, উদ্দীপকের বর্তনীতে বিদ্যমান সুইচ (s) খোলা (off) থাকা

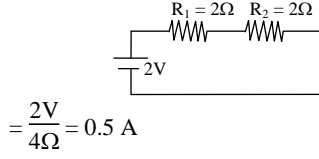
$$\begin{aligned} \text{অবস্থায় বর্তনীতে প্রবাহিত মোট কারেন্টের মান, } I &= \frac{E}{R_s} = \frac{2V}{5\Omega} \\ &= 0.4A \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীতে বিদ্যমান সুইচ বন্ধ থাকা অবস্থায় সমতুল্য বর্তনী নিরূপণ :

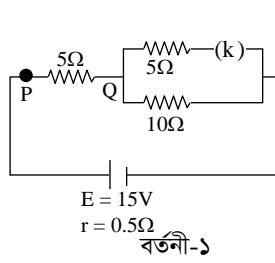
কারণ, রোধবিহীন পথ পেলে (সুইচের মধ্য দিয়ে) রোধযুক্ত পথে তড়িৎ প্রবাহিত হবে না।

এক্ষেত্রে তুল্যরোধ,  $R_{eq} = R_s' = R_1 + R_2 = 2\Omega + 2\Omega = 4\Omega$

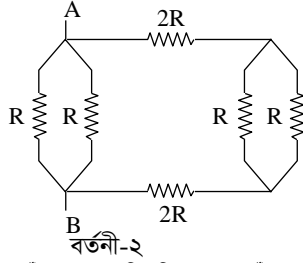
এমতাবস্থায় বর্তনীতে প্রবাহিত মোট কারেন্টের মান,  $I = \frac{E}{R_s'}$



### প্রশ্ন 8.3



বর্তনী-১



বর্তনী-২

- ক. বিভব কাকে বলে? ১  
খ. রুদ্ধতাপ প্রসারণে কোন সিস্টেমের তাপমাত্রা হ্রাস পায় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২  
গ. বর্তনী - ২ এর AB বাহুর তুল্য রোধ নির্ণয় কর। ৩  
ঘ. বর্তনী - ১ এর চাবি (k) সংযুক্ত এবং খোলা অবস্থায় কখন PQ বাহুর তাপ উৎপাদনের হার বেশী হবে- গাণিতিক বিশ্লেষণ সহ তোমার মতামত দাও। ৪

### ৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোন তড়িৎবাহী পরিবাহীকে চৌম্বক ক্ষেত্রে স্থাপন করলে তড়িৎ প্রবাহ ও চৌম্বকক্ষেত্র উভয়ের সাথে লম্ব বরাবর যে বিভব পার্থক্যের সৃষ্টি হয় তথা ভোল্টেজ উৎপন্ন হয় তাকে হল বিভব বলে।

খ. তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র হতে আমরা জানি,

$$dQ = dU + dW$$

এখানে,  $dQ$  = সিস্টেমে প্রদত্ত তাপশক্তির পরিমাণ

$dU$  = অন্ডুল শক্তির পরিবর্তন

$dW$  = সিস্টেমের উপর বাহ্যিক কৃতকাজ।

রুদ্ধতাপীয় প্রসারণের ক্ষেত্রে  $dQ = 0$  হয়। এক্ষেত্রে,

$$0 = dU + dW$$

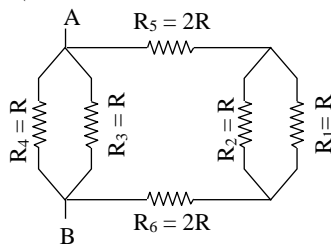
$$\text{বা, } dU = -dW$$

রুদ্ধতাপীয় প্রসারণের ক্ষেত্রে গ্যাসের প্রসারণ জনিত কাজ সম্পন্ন করার জন্য যে শক্তির প্রয়োজন হয় তা গ্যাসের অণুগুলোর অন্ডুলনিত শক্তি হতে গৃহীত হয়। এজন্য রুদ্ধতাপীয় প্রসারণের ক্ষেত্রে গ্যাসের অন্ডুলনিত শক্তি হ্রাস পায়।

আবার, রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে কৃতকাজ,  $W = nC_v (T_i - T_f)$ .

এখানে,  $T_i > T_f$  বলে রুদ্ধতাপীয় প্রসারণে তাপমাত্রা হ্রাস পায়।

### গ. প্রদত্ত বর্তনী-২



$R_1$  ও  $R_2$  এর তুল্যরোধ  $R_P$  হলে,

$$\text{বা, } \frac{1}{R_P} = \frac{2}{R}$$

$$\text{বা, } R_P = \frac{R}{2}$$

$R_P$ ,  $R_5$  ও  $R_6$  শ্রেণি সংযোগের তুল্যরোধ  $R_S$  হলে,

$$R_S = R_P + R_5 + R_6$$

$$\text{বা, } R_S = \frac{R}{2} + 2R + 2R$$

$$\text{বা, } R_S = \frac{9R}{2}$$

$R_3$  ও  $R_4$  সমান্তরাল সংযোগের তুল্যরোধ  $R'_P$  হলে

$$\frac{1}{R'_P} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{R'_P} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R}$$

$$\text{বা, } R'_P = \frac{R}{2}$$

$R'_P$  ও  $R_5$  সমান্তরাল সংযোগের তুল্যরোধ  $R''_P$  হলে,

$$\frac{1}{R''_P} = \frac{1}{R'_P} + \frac{1}{R_5}$$

$$\text{বা, } R''_P = \frac{9}{20} R$$

সুতরাং, বর্তনী-২ এ A ও B বিন্দুর মধ্যবর্তী তুল্যরোধ  $\frac{9}{20} R$ .

ঘ. বর্তনী-১ এ প্রদত্ত রোধ

$$R_1 = 5\Omega$$

$$R_2 = 5\Omega$$

$$R_3 = 10\Omega$$

$$\therefore R_P = 3.33\Omega$$

$R_1$  ও  $R_P$  শ্রেণি সংযোগের তুল্যরোধ  $R_S = R_1 + R_P$

$$= (5 + 3.33)\Omega$$

$$= 8.33\Omega$$

$\therefore$  চাবি সংযুক্ত অবস্থায় বর্তনীর তুল্যরোধ  $R_{Eq} = 8.33\Omega$

ধরি, চাবি সংযুক্ত ও খোলা অবস্থায় বর্তনীর প্রবাহমাত্রা যথাক্রমে I ও I' এবং PQ বাহুর তাপ উৎপাদনের হার যথাক্রমে H ও H'

আমরা জানি,

$$I = \frac{E}{R_{Eq} + r} = \frac{15}{8.33 + 0.5} = 1.699 \text{ A}$$

$$I' = \frac{E}{R'_{Eq} + r} = \frac{15}{15 + 0.5} = 0.968 \text{ A}$$

আবার,

$$H = I^2 R_1 = (1.699)^2 \times 5 = 14.43 \text{ Js}^{-1}$$

$$H' = I'^2 R_1 = (0.968)^2 \times 5 = 4.69 \text{ Js}^{-1}$$

$$\therefore H > H'$$

সুতরাং, চাবি সংযুক্ত অবস্থায় PQ বাহুর তাপ উৎপাদনের হার বেশী হবে।

প্রশ্ন 8.8 একটি হুইটস্টোন ব্রিজের চার বাহুর যথাক্রমে  $100\Omega$ ,  $300\Omega$  ও  $60\Omega$  রোধ যুক্ত করা হলো 3V তড়িৎ চালক শক্তির একটি তড়িৎ কোষ ব্রিজটির সাথে যুক্ত করে বর্তনী তৈরী করা হলো এবং দেখা গেল ব্রিজটি সাম্যবস্থায় নেই। [বি এ এফ শাহীন কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. নিরাপত্তা ফিউজ কী? ১

খ. আমার আপেক্ষিক রোধ  $1.78 \times 10^{-8}\Omega\text{-m}$  বলতে কী বুঝে? ২



গ. চতুর্থ বাহুতে কত রোধ কীভাবে যুক্ত করলে ব্রীজটি সাম্যবস্থায় আসবে। ৩

ঘ. সাম্যবস্থায় ব্রীজটিতে প্রবাহিত তড়িৎের মান নির্ণয় কর। ৪

#### ৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** অতিরিক্ত বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে দৃষ্টিনা এড়ানোর জন্য বাড়িতে বৈদ্যুতিক লাইনে বা যে কোনো তড়িৎ বর্তনীতে যে সরু তার ব্যবহার করা হয়, তাকে নিরাপত্তা ফিউজ বলে।

**খ** আমার আপেক্ষিক রোধ  $1.78 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$  বলতে বুঝায় নির্দিষ্ট তাপমাত্রায়  $1\text{m}$  বাহু বিশিষ্ট  $1\text{m}^2$  প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট আমার তারের রোধ হবে  $1.78 \times 10^{-8} \Omega$

**গ** দেওয়া আছে,

১ম বাহুর রোধ,  $P = 100 \Omega$

২য় বাহুর রোধ,  $Q = 300 \Omega$

৩য় বাহুর রোধ,  $R = 60 \Omega$

৪র্থ বাহুর রোধ,  $S = ?$

অমরাজানি,

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$$

$$\text{বা, } S = \frac{R \times Q}{P}$$

$$\text{বা, } S = \frac{60 \times 300}{100}$$

$$\therefore S = 180 \Omega$$

অতএব, ৪র্থ বাহুতে  $180 \Omega$  রোধ তৃতীয় বাহুর রোধের সাথে শ্রেণিতে যুক্ত করলে ব্রীজটি সাম্যবস্থায় আসবে।

**ঘ** দেওয়া আছে,

১ম বাহুর রোধ,  $P = 100 \Omega$

২য় বাহুর রোধ,  $Q = 300 \Omega$

৩য় বাহুর রোধ,  $R = 60 \Omega$

তড়িৎ চালক শক্তি,  $E = 3\text{V}$

‘গ’ অংশ হতে পাই, ৪র্থ বাহুর রোধ  $S = 180 \Omega$

হুইটস্টোন ব্রীজের ১ম ও ২য় রোধ শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত থাকায় তুল্য রোধ,  $R_{S1} = P + Q$

$$= (100 + 300) \Omega$$

$$= 400 \Omega$$

আবার, ৩য় ও ৪র্থ রোধ শ্রেণি সমবায়ের যুক্ত থাকায়

$$R_{S2} = R + S = (60 + 180) \Omega$$

$$= 240 \Omega$$

$R_{S1}$  ও  $R_{S2}$  সমান্তরালে যুক্ত থাকায়,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{S1}} + \frac{1}{R_{S2}}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{R} = \frac{1}{400} + \frac{1}{240}$$

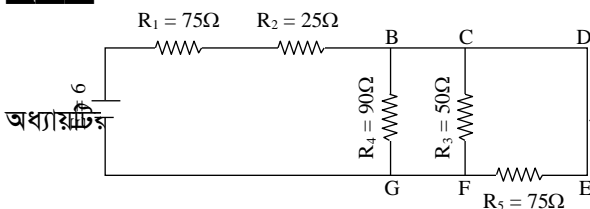
$$\therefore R = 150 \Omega$$

$$\text{আমরা জানি, } I = \frac{E}{R}$$

$$\text{বা, } I = \frac{3}{150}$$

$$\therefore I = 0.02 \text{ A (Ans.)}$$

#### প্রশ্ন ৪৫



[বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ]

ক. গাউসের সূত্র বিবৃত কর। ১

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

গ. উদ্দীপক অনুসারে C ও E বিন্দুর মধ্যবর্তী তুল্য রোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ.  $R_1$  ও  $R_5$  এর মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ একই হবে কিনা? উদ্দীপক অনুসারে যাচাই কর। ৪

#### ৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর

**ক** গাউসের সূত্রটি হলো— কোনো কল্পিত বদ্ধ তলের মধ্যদিয়ে অতিক্রান্ত মোট তড়িৎ ফ্লাক্সের  $\epsilon_0$  গুণ ঐ তল দ্বারা সীমাবদ্ধ চার্জের সমান।

**খ** তড়িৎ বিভব এমন একটি ভৌত রাশি যার পরম মানের চেয়ে আপেক্ষিক মান জানা বেশি গুরুত্বপূর্ণ। এ উদ্দেশ্যে একটি প্রসঙ্গ বস্তু প্রয়োজন হয়। পৃথিবী হলো সেই প্রসঙ্গ বস্তু। পৃথিবীকে প্রসঙ্গ বস্তু হিসেবে বেছে নেবার কারণ হলো— পৃথিবী হলো ঋক্ষক আধানের একটি বিশাল ভান্ডার। এখান থেকে বেশ কিছু আধান নিলে বা দিলে এর বিভবের কোনো পরিবর্তন হয় না। তাই পৃথিবীর বিভবকে শূন্য ধরে এর সাপেক্ষে অন্যান্য বস্তুসমূহের বিভব নির্ণয় করা হয়।

**গ** উদ্দীপকের চিত্র হতে পাই,

তড়িৎ বর্তনীটির C ও E বিন্দু শর্ট করা। অর্থাৎ C হতে কোনো চার্জ-রোধবিহীনভাবে E বিন্দুতে যেতে পারবে সেটি হলো CDE পথে। তাই C হতে E বিন্দুতে যেতে হলে চার্জসমূহ অন্য কোনো পথে না গিয়ে সকল চার্জ CDE রোধবিহীন পথে যাবে। একারণে C ও E বিন্দুর মধ্যবর্তী তুল্যরোধ  $= 0 \Omega$

**ঘ** দেওয়া আছে,

কোষের তড়িচ্চালক বল,  $E = 6\text{V}$

রোধসমূহের মান  $R_1 = 75 \Omega$ ,  $R_2 = 25 \Omega$ ,  $R_3 = 90 \Omega$ ,  $R_4 = 50 \Omega$  এবং  $R_5 = 75 \Omega$

$R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$  সমান্তরালে থাকায় এদের তুল্যরোধ  $R_P$  হলে,

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{90 \Omega} + \frac{1}{50 \Omega} + \frac{1}{75 \Omega} = \frac{2}{45 \Omega}$$

$$\therefore R_P = \frac{45}{2} \Omega = 22.5 \Omega$$

$R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_P$  শ্রেণিতে যুক্ত থাকায় বর্তনীর সর্বমোট তুল্যরোধ,  $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_P = 75 \Omega + 25 \Omega + 22.5 \Omega = 122.5 \Omega$

$$\therefore \text{বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহ, } I = \frac{E}{R_{eq}} = \frac{6\text{V}}{122.5 \Omega} = 0.049\text{A}$$

$$\therefore R_1 \text{ এর মধ্যদিয়ে তড়িৎপ্রবাহ } I_{R1} = 0.049 \text{ A}$$

$$E \text{ ও } F \text{ এর মধ্যকার বিভবপার্থক্য, } V = I R_P = 0.049 \text{ A} \times 22.5 \Omega = 1.1025 \text{ Volt}$$

$$\therefore R_5 \text{ এর মধ্যদিয়ে তড়িৎপ্রবাহ, } I = \frac{V}{R_5} = \frac{1.1025 \text{ Volt}}{75 \Omega} = 0.0147\text{A}$$

যেহেতু,  $0.049 \text{ A} \neq 0.0147\text{A}$

বা,  $I_{R1} \neq I_{R5}$

সুতরাং,  $R_1$  ও  $R_5$  এর মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ একই হবে না।

(নির্বাচনি পরীক্ষার প্রশ্ন বিশেষ-ষণে প্রাপ্ত)

► ক নং প্রশ্ন (জ্ঞানমূলক)

প্রশ্ন-১. তাপ উৎপাদন সম্পর্কিত জুলের ১ম সূত্রটি লিখ।

উত্তর: প্রথম সূত্র বা প্রবাহের সূত্র:- পরিবাহীর রোধ (R) প্রবাহকাল (t) অপরিবর্তিত থাকলে তড়িৎ প্রবাহের ফলে উৎপন্ন তাপ তড়িৎপ্রবাহের (i) বর্গের সমানুপাতিক।

প্রশ্ন-২. ১ ক্যালরি কাকে বলে?

উত্তর: এক গ্রাম বিশুদ্ধ পানির তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ তাপের দরকার হয় তাকে ১ ক্যালরি বলে।

প্রশ্ন-৩. স্-ইন্ডিং রোধ কী?

উত্তর: বিভব বিভাজকে R<sub>1</sub> ও R<sub>2</sub> এর পরিবর্তে এমন রোধ যুক্ত করা যায় যার মান পরিবর্তন করে V<sub>1</sub> এর মান শূন্য থেকে V<sub>2</sub> পর্যন্ত পাওয়া সম্ভব। একে স্-ইন্ডিং রোধ বলে।

প্রশ্ন-৪. আপেক্ষিক রোধের একক কী?

উত্তর: আপেক্ষিক রোধের একক Ω-m।

প্রশ্ন-৫. এক অ্যাম্পিয়ার কাকে বলে?

উত্তর: পরিবাহীর কোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্যদিয়ে অভিলম্বভাবে ১ সেকেন্ডে ১ কুলম্ব চার্জ প্রবাহিত হলে ঐ পরিবাহীতে যে প্রবাহমাত্রার সৃষ্টি হয় তাকে এক অ্যাম্পিয়ার বলে।

প্রশ্ন-৬. বিভব বিভাজক কী?

উত্তর: বিভব বিভাজক এমন একটি ব্যবস্থা যা দ্বারা কোনো বিভব পার্থক্যকে নির্দিষ্ট অনুপাতে বিভক্ত করা যায়।

প্রশ্ন-৭. তাপ পরিবাহত্বের একক কী?

উত্তর: তাপ পরিবাহত্বের একক সিমেন্স/মিটার (Sm<sup>-1</sup>)।

প্রশ্ন-৮. সরল বর্তনী কাকে বলে?

উত্তর: যে তড়িৎ বর্তনীর সকল অংশে একই মাত্রার তড়িৎ প্রবাহিত হয় তাকে সরল বর্তনী বলে।

প্রশ্ন-৯. ১ কিলোওয়াট-ঘন্টা কাকে বলে?

উত্তর: ১ কিলোওয়াট ক্ষমতা সম্পন্ন একটি যন্ত্র ১ ঘন্টা কাজ করলে যে শক্তি ব্যয় হয় তাকে কিলোওয়াট ঘন্টা বলে।

► খ নং প্রশ্ন (অনুধাবনমূলক)

প্রশ্ন-১. গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ শূন্য হওয়ার শর্ত কী?

উত্তর: গ্যালভানোমিটার দ্বারা কোনো বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহের অস্তিত্ব নির্ণয় করা যায়। এর জন্যে একে বর্তনীতে যুক্ত করা হয়। যদি গ্যালভানোমিটারে দুই বিন্দুর বিভব সমান হয় তখন গ্যালভানোমিটারের মধ্যে দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হয় না ফলে গ্যালভানোমিটারের কাটারও কোনো বিক্ষেপ ঘটে না তখন গ্যালভানোমিটারের কাটার বিক্ষেপ শূন্য হয়।

প্রশ্ন-২. নিরাপত্তা ফিউজ ব্যবহার করা হয় কেন?

উত্তর: তড়িৎ বর্তনীতে সাধারণত তামা, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুর তারই বেশি ব্যবহৃত হয়। এদের একটি নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক আছে। ফলে শর্ট- সার্কিট বা অন্যান্য কারণে বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধি পেলে তারের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় এবং এটি তার গলনাঙ্কে পৌঁছে গিয়ে ভয়ঙ্কর বিপদ ঘটতে পারে। তবে এটিই প্রকৃত বিপদ নয়। এক্ষেত্রে গৃহ বা কলকারখানার যন্ত্রপাতি নষ্ট হয়ে যায়, এমনকি অগ্নিকাণ্ডের মতো দুর্ঘটনাও ঘটে থাকে। তাই এই বিপদ প্রতিরোধ করার জন্য নিরাপত্তা ফিউজ ব্যবহার করা হয়।

প্রশ্ন-৩. কোষের সমান্তরাল সমবায়ের প্রতিটি কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ নগণ্য হলে কী ঘটবে ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: কোষের সমান্তরাল সমবায়ের ক্ষেত্রে আমরা জানি,  $I = \frac{nE}{nR + r}$ ।

এখন,

এখানে  $nR \gg r$  হলে (i)নং সমীকরণ হতে পাওয়া যায়,  $I = \frac{nE}{nR} = \frac{E}{R}$ । এ

থেকে বলা যায় যে, একটি তড়িৎ কোষ ব্যবহারে যে তড়িৎ প্রবাহমাত্রা পাওয়া যায়, n সংখ্যক তড়িৎ কোষ সমান্তরালে ব্যবহারে একই তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যাবে যদি প্রতিটি কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ অতি নগণ্য হয়।

প্রশ্ন-৪. জুলের তাপীয় ক্রিয়ার প্রথম সূত্র ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: জুলের তাপীয় ক্রিয়ার প্রথম সূত্র হলো—

বিদ্যুৎবাহী পরিবাহীর রোধ R ও বিদ্যুৎ প্রবাহ কাল t অপরিবর্তিত থাকলে পরিবাহীতে বিদ্যুৎ প্রবাহের দরুন উদ্ভূত তাপ বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার বর্গের সমানুপাতিক।

অর্থাৎ  $H \propto i^2$ , যদি R এবং t স্থির থাকে।

কোনো পরিবাহীর ভেতর দিয়ে একই সময়ে  $i_1, i_2, i_3, \dots$  বিদ্যুৎ চালনা করলে পরিবাহীতে যদি উৎপন্ন তাপ যথাক্রমে  $H_1, H_2, H_3, \dots$  হয়, তবে এ সূত্রানুসারে

$$\frac{H_1}{i_1^2} = \frac{H_2}{i_2^2} = \frac{H_3}{i_3^2} = \dots = \text{ধ্রুবক} \quad (3.2)$$

প্রশ্ন-৫. জুলের তাপীয় ক্রিয়ার দ্বিতীয় সূত্র ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: জুলের তাপীয় ক্রিয়ার দ্বিতীয় সূত্রটি হল:

বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা এবং বিদ্যুৎ প্রবাহ কাল অপরিবর্তিত থাকলে পরিবাহীতে বিদ্যুৎ প্রবাহের দরুন উদ্ভূত তাপ পরিবাহীর রোধের সমানুপাতিক।

অর্থাৎ  $H \propto R$ , যদি i এবং t স্থির থাকে।

বিদ্যুৎ প্রবাহের জন্য শ্রেণিতে যুক্ত  $R_1, R_2, R_3, \dots$  রোধে t সময়ে

$$\text{উদ্ভূত তাপ যথাক্রমে } H_1, H_2, H_3, \dots \text{ হলে } \frac{H_1}{R_1} = \frac{H_2}{R_2} = \frac{H_3}{R_3} = \dots = \text{ধ্রুবক}$$

প্রশ্ন-৬. জুলের তাপীয় ক্রিয়ার সময়ের সূত্র ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: জুলের তাপীয় ক্রিয়ার সময়ের সূত্র হলো

বিদ্যুৎবাহী পরিবাহীর রোধ এবং বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা অপরিবর্তিত থাকলে পরিবাহীতে বিদ্যুৎ প্রবাহের দরুন উদ্ভূত তাপ বিদ্যুৎ প্রবাহের কালের সমানুপাতিক।

অর্থাৎ  $H \propto t$ , যদি i এবং R স্থির থাকে।

একই বিদ্যুৎ প্রবাহে একটি রোধে  $t_1, t_2, t_3, \dots$  সেকেন্ডে যথাক্রমে

$$H_1, H_2, H_3, \dots \text{ পরিমাণ তাপ উৎপন্ন হলে, } \frac{H_1}{t_1} = \frac{H_2}{t_2} = \frac{H_3}{t_3} = \dots = \text{ধ্রুবক}$$

...

প্রশ্ন-৭. পোস্ট অফিস বক্সে নির্ণেয় অজ্ঞাত রোধকে দীর্ঘ সরু তার দিয়ে যুক্ত করলে রোধের সঠিক মান পাওয়া যায় না কেন?

উত্তর: সংযোগী তারসহ অজ্ঞাত রোধ পোস্ট অফিস বক্সের একটি রোধ বাহু হিসেবে কাজ করে। পরীক্ষণীয় রোধ সংযোগী তারের রোধসহ অজ্ঞাত রোধের মান নির্দেশ করে। সংযোগী তার দীর্ঘ এবং সরু হলে এর রোধ উপেক্ষীয় হয় না, ফলে নির্ণীতমানকে অজ্ঞাত রোধের মান হিসেবে নিলে ভুল বেশি হয়।

অজ্ঞাত রোধের সঠিক মান পেতে হলে সংযোগী তারের রোধ তুলনায় নগণ্য হতে হবে এবং সেজন্য সংযোগী তারের দৈর্ঘ্য স্বল্পমানের এবং তারটি বেশ মোটা নিতে হবে।

প্রশ্ন-৮. কোন অবস্থাতে কোষের প্রান্ত্রীয় বিভব পার্থক্য কোষের তড়িচ্চালক বল অপেক্ষা বেশি হয়?

উত্তর: সাধারণভাবে কোষের তড়িচ্চালক বল কোষের প্রান্ত্রীয় বিভব পার্থক্য অপেক্ষা বেশি হয়। কোষের তড়িচ্চালক বল = প্রান্ত্রীয় বিভব

পার্থক্য + কোষের অভ্যন্তরীণ বিভব পতন কিন্তু দুটি ভিন্ন তড়িচ্চালক বলের কোষ যদি বিরুদ্ধে সমবায়ে যুক্ত করা হয় তবে তড়িচ্চালক বলের কোষটি অপর কোষকে চার্জ করবে অর্থাৎ কম তড়িচ্চালক বলের কোষটি নিজ হতে বর্তনীতে যে অভিমুখে তড়িতাধান পাঠাত, বেশি তড়িচ্চালক বলের কোষটি অপরটির ভেতর দিয়ে বিপরীতমুখী তড়িতাধান পাঠানোর ফলে কম তড়িচ্চালক বলের কোষের প্রান্ত্রীয় বিভব পার্থক্য উহার তড়িচ্চালক অপেক্ষা বেশি হবে।

#### প্রশ্ন-৯. কিলোওয়াট ঘন্টা বলতে কী বোঝ?

উত্তর: এক কিলোওয়াট ক্ষমতা সম্পন্ন কোনো যন্ত্র এক ঘন্টা ধরে যে বৈদ্যুতিক শক্তি ব্যয় করে তাকে কিলোওয়াট ঘন্টা (kWh) বলে।

অর্থাৎ সম্পাদিত কাজ বা ব্যয়িত শক্তি (W) = ক্ষমতা (P) × সময় (t)

$$\therefore 1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \times 1 \text{ h} = 1000 \text{ Js}^{-1} \times 3600 \text{ s} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

$$[\because 1 \text{ Ws} = 1 \text{ J}]$$

সারা বিশ্বের বিদ্যুৎ সরবরাহ কোম্পানি এই একক ব্যবহার করে বিদ্যুৎ কেনা-বেচা করে বলে এই একককে Board of Trade Unit (B.O.T Unit) বা সংক্ষেপে শুধু Unit বলে।

#### প্রশ্ন-১০. অ্যামিটারের পাল-এ কীভাবে বৃদ্ধি করা হয়?

উত্তর: যে যন্ত্রের সাহায্যে বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ সরাসরি অ্যাম্পিয়ার এককে পরিমাপ করা যায় তাকে অ্যামিটার বলে। একটি অ্যামিটার সর্বাধিক যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ পরিমাপ করতে পারে তাকে তার পাল-এ বলে।

অ্যামিটারের সাথে সান্ট যুক্ত করে একটি অল্প পাল-এর অ্যামিটারকে সহজেই বেশি পাল-এর অ্যামিটারে পরিণত করা যায়। কোনো অ্যামিটার সর্বোচ্চ যে তড়িৎ প্রবাহ মাপতে পারে তার n গুণ প্রবাহ ঐ অ্যামিটার দিয়ে পরিমাপ করা যায়।

#### প্রশ্ন-১১. সান্টে রোধ শূন্য এবং অসীম হলে গ্যালভানোমিটারে প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণ কীরূপ হবে?

উত্তর: সান্টের রোধ শূন্য হলে সকল বিদ্যুৎ প্রবাহ সান্টের মধ্যে দিয়ে যাবে আবার সান্টের রোধ অসীম হলে সকল প্রবাহ গ্যালভানোমিটারের মধ্যে দিয়ে যাবে।