একাদশ অধ্যায়

চল তড়িৎ

গুরুত্বপূর্ণ সৃজনশীল প্রশ্ন ও সমাধান

প্রশ্ন –১ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি বৈদ্যুতিক হিটারে ব্যবহৃত নাইক্রোম তারের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল যথাক্রমে 30 m এবং $2 \times 10^{-7} m^2$। নাইক্রোমের আপেক্ষিক রোধ $100 \times 10^{-8}\ \Omega$ m। নাইক্রোম তারটিকে একই দৈর্ঘ্যের এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট তামার তার দ্বারা প্রতিস্থাপন করা হলো। তামার তারের আপেক্ষিক রোধ $1.7 \times 10^{-8}\ \Omega$ m।

ক. রোধ কাকে বলে?

খ. বৈদ্যুতিক হিটারে নাইক্রোম তার ব্যবহার করা হয় কেন?

গ. ব্যবহৃত তামার তারের রোধ নির্ণয় কর।

ঘ. তামার তার ব্যবহারের যৌক্তিকতা বিশ্লেষণ কর।

▶◀ ১নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. পরিবাহীর যে ধর্মের জন্য এর মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহ বাধাপ্রাপ্ত হয় তাকে রোধ বলে।

খ. নাইক্রোম তারের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয়ে প্রচুর তাপ উৎপন্ন করে বলে বৈদ্যুতিক হিটারে নাইক্রোম তার ব্যবহার করা হয়।

কোনো তারের আপেক্ষিক রোধ ও গলনাঙ্ক উচ্চ হলে এর মধ্যে তড়িৎ প্রবাহের ফলে প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়। নাইক্রোম তারের আপেক্ষিক রোধ এবং গলনাঙ্ক তামার চেয়ে বেশি হওয়ায় এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়। ফলে রান্নাবান্না খুব অল্প সময়েই করা যায়।

গ. দেওয়া আছে,

তামার তারের দৈর্ঘ্য, $L = 30$ m

প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = 2 \times 10^{-7} m^2$

আপেক্ষিক রোধ, $\rho = 1.7 \times 10^{-8}\ \Omega$ m

তামার তারের রোধ, $R = ?$

আমরা জানি, $R = \rho \frac{L}{A}$

$= 1.7\times10^{-8}\ \Omega m \times \frac{30\ m}{2\times10^{-7}m^2}$

$= 2.55\ \Omega$

সুতরাং তামার তারটির রোধ $2.55\ \Omega$।

ঘ. নাইক্রোম তারের চেয়ে তামার তারের পরিবাহিতা বেশি তাই তামার তার ব্যবহার বেশি উপযোগী।

উদ্দীপক থেকে পাই নাইক্রোমের আপেক্ষিক রোধ $100 \times 10^{-8}\ \Omega m$ এবং তামার আপেক্ষিক রোধ $1.7 \times 10^{-8}\ \Omega m$। অর্থাৎ তামার চেয়ে নাইক্রোমের আপেক্ষিক রোধের মান বেশি। যদিও নাইক্রোমের চেয়ে তামা বেশি তড়িৎ সুপরিবাহক কিন্তু বৈদ্যুতিক হিটারে তামার চেয়ে নাইক্রোমের তার ব্যবহার অধিক যুক্তিযুক্ত।

কারণ যেসব পদার্থের আপেক্ষিক রোধের মান বেশি কারণেই নাইক্রোমের তারের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়। তাই বৈদ্যুতিক হিটারে নাইক্রোমের তার ব্যবহার করলে রান্না করা সুবিধাজনক হয় যা তামার তার ব্যবহারের ক্ষেত্রে পাওয়া যায় না। তাই বৈদ্যুতিক হিটারে নাইক্রোমের তারের পরিবর্তে তামার তার ব্যবহার যুক্তিসঙ্গত নয়।

প্রশ্ন –২ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

পড়ার সময় আলভি 220 V – 100 W এর একটি বাতি দৈনিক 3 ঘণ্টা করে অন্যদিকে তার ভাই আলিফ 220 V – 40 W একটি টেবিল ল্যাম্প দৈনিক 4 ঘণ্টা করে ব্যবহার করে। প্রতি ইউনিট বিদ্যুৎ শক্তির মূল্য 3.5 টাকা।

ক. ও'মের সূত্রটি লিখ।

খ. নির্দিষ্ট তাপমাত্রা, উপাদান ও প্রস্থচ্ছেদের পরিবাহকের দৈর্ঘ্য 5 গুণ বড় করলে রোধের কী পরিবর্তন হবে ব্যাখ্যা কর।

গ. আলিফের বাতির প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর।

ঘ. আর্থিক দিক বিবেচনায় আলভি ও আলিফের মধ্যে কে মিতব্যয়ী? গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর।

▶◀ ২নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. তাপমাত্রা স্থির থাকলে কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে যে তড়িৎ প্রবাহ চলে তা ঐ পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক।

খ. নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট উপাদানের পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল স্থির থাকলে পরিবাহীর রোধ এর দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক।

গাণিতিকভাবে,

$$R_1 = \rho \frac{L_1}{A}$$

দৈর্ঘ্য 5 গুণ বাড়ালে

$$R_2 = \rho.\frac{5\,L_1}{A}$$

$$\therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho.\frac{L_1}{A}}{\rho.\frac{5\,L_1}{A}} = \frac{5\,L_1}{A} \times \frac{A}{L_1} = 5$$

$$\therefore R_2 = 5\,R_1$$

অতএব, দৈর্ঘ্য 5 গুণ করলে রোধও 5 গুণ হবে।

গ. আলিফ এর বাতির রেটিং 220 V–40 W অর্থাৎ বাতিটি 220 V বিভব পার্থক্যে 40 W মানের ক্ষমতা সরবরাহ করবে।

এখানে,

বাতির ক্ষমতা, $P = 40$ W

এবং দু'প্রান্তের বিভব পার্থক্য, $V = 220$ V

বাতির প্রবাহমাত্রা, $I = ?$

আমরা জানি, $P = VI$

$$\text{বা, } I = \frac{P}{V} = \frac{40\text{ W}}{220\text{ V}} = 0.18\text{ A}$$

সুতরাং, আলিফের বাতির প্রবাহমাত্রা 0.18 A।

ঘ. আমরা জানি, ব্যয়িত তড়িৎশক্তি, $W = \frac{Pt}{1000}$ kWh

আলভির বাতির ক্ষেত্রে ক্ষমতা, $P = 100$ W

সময়কাল, $t = 3$ h

1 দিনে আলভির ব্যয়িত তড়িৎশক্তি, $W = \frac{100 \times 3}{1000}$ kWh

$= 0.3$ kWh

$= 0.3$ unit

1 দিনে আলভির ব্যয়িত বিদ্যুৎশক্তির মূল্য = 0.3×3.5 টাকা

= 1.05 টাকা

আলিফের বাতির ক্ষেত্রে ক্ষমতা, P = 40 W

সময়কাল, t = 4 h

1 দিনে আলিফের ব্যয়িত

তড়িৎশক্তি, $W = \frac{40 \times 4}{1000}$ kWh

= 0.16 kWh

= 0.16 unit

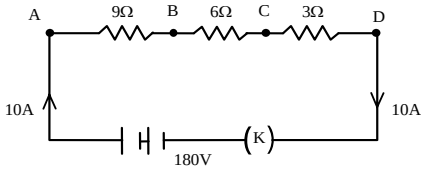
∴ 1 দিনে আলিফের ব্যয়িত বিদ্যুৎশক্তির মূল্য = 0.16 × 3.5 টাকা

= 0.56 টাকা

উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে বলা যায় আলভির চেয়ে আলিফ বেশি মিতব্যয়ী।

সকল বোর্ডের এসএসসি পরীক্ষার সৃজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন –৩ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



[ঢা. বো. '১৫]

ক. তড়িৎ প্রবাহ কাকে বলে? ১

খ. তড়িৎক্ষেত্রের সকল বিন্দুতে তীব্রতা সমান নয় কেন? ২

গ. উল্লিখিত বর্তনীর A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বর্তনীর ভোল্টেজ স্থির রেখে উল্লিখিত বোধগুলোকে সমান্তরালে যুক্ত করলে বর্তনীর প্রবাহমাত্রার কী পরিবর্তন হবে? গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো পরিবাহী যেকোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে একক সময়ে যে পরিমাণ আধান প্রবাহিত হয় তাকে তড়িৎ প্রবাহ বলে।

খ. তড়িৎক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাকে তড়িৎক্ষেত্রের তীব্রতা বলে।

তড়িৎক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে বলরেখার সাথে লম্বভাবে অবস্থিত একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে বলরেখার সংখ্যা তীব্রতার সমানুপাতিক অর্থাৎ তড়িৎক্ষেত্রের যেসব এলাকায় বলরেখাগুলো কাছাকাছি অবস্থিত সেখানে তীব্রতার মান বেশি আর যেসব এলাকায় বলরেখাগুলো দূরে দূরে অবস্থিত সেসব স্থানে তীব্রতার মান কম হয়।

এজন্য তড়িৎক্ষেত্রের সকল বিন্দুতে তীব্রতা সমান নয়।

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত বর্তনীতে,

A ও B বিন্দুর রোধ, $R_{AB} = 9\Omega$

বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ $I = 10A$

A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য, $V_{AB} = ?$

আমরা জানি,

$$V_{AB} = IR_{AB}$$
$$= 10A \times 9\Omega$$
$$= 90V$$

অতএব, A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য 90V

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনী থেকে পাই,

$R_1 = 9\Omega$

$R_2 = 6\Omega$

$R_3 = 3\Omega$

ভোল্টেজ, $V = 180V$

প্রবাহমাত্রা, $I = ?$

বর্তনীতে R_1, R_2, ও R_3 রোধসমূহ শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত আছে,

$\therefore$ তুল্যরোধ, $R_s = R_1 + R_2 + R_3$

$= 9\Omega + 6\Omega + 3\Omega$

$= 18\Omega$

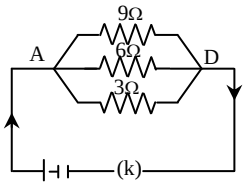
আমরা জানি, $V = IR$

বা, $I = \frac{V}{R_s}$

$$= \frac{180V}{18\Omega}$$

$$\therefore I = 10\ A$$

আবার, বর্তনীর ভোল্টেজ স্থির রেখে উল্লিখিত রোধগুলোকে সমান্তরালে যুক্ত করলে বর্তনীটি হবে।



এখানে, $R_1 = 9\Omega$

$R_2 = 6\Omega$

$R_3 = 3\Omega$

$V = 180V$

$I' = ?$

যেহেতু রোধগুলো সমান্তরালে যুক্ত আছে,

অতএব, তুল্যরোধ, $\frac{1}{Rp} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

$$= \frac{1}{9\Omega} + \frac{1}{6\Omega} + \frac{1}{3\Omega}$$

$$= \frac{2+3+6}{18\Omega}$$

$$= \frac{11}{18\Omega}$$

$$\therefore Rp = \frac{18\Omega}{11}$$

আমরা জানি, $V = I'Rp$

বা, $I' = \frac{V}{Rp}$

$$= \frac{180V}{\frac{18\Omega}{11}}$$

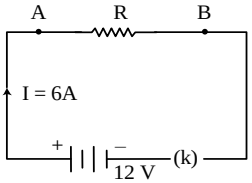
$$= 180\ V \times \frac{11}{18\Omega}$$

$$\therefore I' = 110A$$

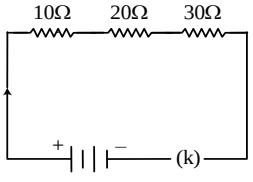
এখানে, $I' > I$

উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে বলা যায় বর্তনীর ভোল্টেজ অপরিবর্তিত রেখে রোধগুলোকে সমান্তরালে যুক্ত করলে পূর্বের চেয়ে (110A – 10A) = 100A প্রবাহমাত্রা বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন –৪ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



চিত্র "ক"



চিত্র "খ"

[রা. বো. '১৫]

ক. তড়িৎ আবেশ কী? ১

খ. তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায় কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. 'ক' চিত্র থেকে রোধের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. 'খ' নং চিত্রের রোধগুলোকে সমান্তরাল সন্নিবেশে যুক্ত করে $R_s > R_p$ সম্পর্কটির যুক্তিকতা চিত্রসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ৪নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. কোনো আহিত বস্তুকে কোনো পরিবাহকের নিকটে রেখে আহিত বস্তুর প্রভাবে পরিবাহকটি আহিত করার পদ্ধতিকে তড়িৎ আবেশ বলে।

খ. কোনো পরিবাহকের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল স্থির থাকলে পরিবাহিতার মান নির্ভর করে পরিবাহকের উপাদান ও তাপমাত্রার উপর। পরিবাহিতা ও রোধ পরস্পর বিপরীত রাশি অর্থাৎ পরিবাহিতা হ্রাস পেলে রোধ বৃদ্ধি পায়। যেহেতু তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে পরিবাহকের পরিবাহিতা হ্রাস পায় সেহেতু রোধ বৃদ্ধি পাবে।
তাছাড়া তাপমাত্রা বাড়ালে পরিবাহকের মুক্ত ইলেকট্রনগুলো উত্তেজিত হয় তাই এদের গতিশক্তি বৃদ্ধি পায় এবং পরিবাহীর মধ্য দিয়ে চলার সময় পরিবাহীর অণুগুলোর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় ফলে প্রবাহ চলার পথে বাধার সৃষ্টি করে এবং রোধ বৃদ্ধি পায়।

গ. উদ্দীপকের 'ক' নং চিত্রে দেওয়া আছে,

তড়িৎ প্রবাহ, $I = 0{\cdot}6A$

বিভব পার্থক্য, $V = 12V$

রোধ, $R = ?$

আমরা জানি, $V = IR$

বা, $R = \frac{V}{I}$

$= \frac{12V}{0{\cdot}6A}$

$\therefore R = 20\Omega$

অতএব, 'ক' চিত্রে রোধের মান 20Ω.

ঘ. উদ্দীপকের 'খ' নং চিত্রে রোধগুলো শ্রেণি সন্নিবেশে যুক্ত আছে।

এখানে, $R_1 = 10\Omega$

$R_2 = 20\Omega$

$R_3 = 30\Omega$

$R_s = ?$

আমরা জানি,

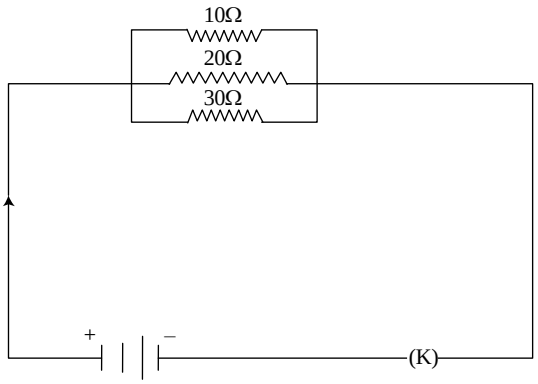
শ্রেণি সন্নিবেশের ক্ষেত্রে, $R_s = R_1 + R_2 + R_3$

$= 10\Omega + 20\Omega + 30\Omega$

$= 60\Omega$

আবার,

রোধগুলো সমান্তরাল সন্নিবেশে যুক্ত হলে বর্তনীটি হবে,



এখানে,

$R_1 = 10\Omega$

$R_2 = 20\Omega$

$R_3 = 30\Omega$

$R_p = ?$

আমরা জানি, সমান্তরাল সন্নিবেশের ক্ষেত্রে,

$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

$$= \frac{1}{10\Omega} + \frac{1}{20\Omega} + \frac{1}{30\Omega}$$

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

$$= \frac{11}{60\Omega}$$

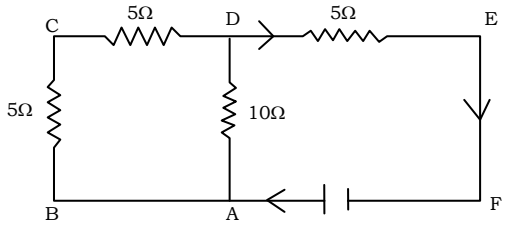
বা, $R_p = \frac{60}{11}\Omega$

$\therefore R_p = 5{\cdot}45\Omega$

উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায়, শ্রেণি সন্নিবেশের ক্ষেত্রে প্রাপ্ত রোধ, সমান্তরাল সন্নিবেশে প্রাপ্ত রোধ অপেক্ষা বেশি।

অতএব, $R_s > R_p$

প্রশ্ন –৫ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ 1·5A এবং কোষের ভোল্টেজ 15V

[দি. বো. '১৫]

ক. জেনারেটর কাকে বলে? ১

খ. একটি ট্রান্সফর্মারের গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা কুণ্ডলীর 5 গুণ হলে প্রবাহমাত্রার কি পরিবর্তন হবে? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. 5 মিনিটে উক্ত কোষটির ব্যয়িত শক্তি নির্ণয় কর। ৩

ঘ. AD ও DE অংশের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য সমান হবে কি? গাণিতিক যুক্তিসহ মতামত দাও। ৪

▶◀ ৫নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. যে তড়িৎযন্ত্রে যান্ত্রিক শক্তিকে তড়িৎশক্তিতে রূপান্তরিত করা হয় তাকে জেনারেটর বলে।

খ. আমরা জানি, আরোহী বা স্টেপআপ ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীর চেয়ে গৌণ কুণ্ডলীতে তারের পাক সংখ্যা বেশি থাকে।

মনে করি, মুখ্য কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ = I_P

গৌণ কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ = I_S

মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা = n_P

$\therefore$ গৌণ কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা, $n_S = 5n_P$

আমরা জানি, গৌণ কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ $\times$ গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা

= মুখ্য কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ $\times$ মুখ্য কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা

বা, $I_S \times n_S = I_P \times n_P$

বা, $I_S \times 5n_P = I_P \times n_{Ps}$

বা, $5I_S = I_P$

$\therefore I_S = \frac{1}{5} I_P$

অতএব, গৌণ কুণ্ডলীর পাকসংখ্যা মুখ্য কুণ্ডলীর 5 গুণ হলে গৌণ কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহিত হবে মুখ্য কুণ্ডলীতে প্রবাহিত তড়িতের $\frac{1}{5}$ গুণ।

গ. উদ্দীপকের বর্তনী থেকে পাই,

বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ, $I = 1{\cdot}5$ A

কোষের ভোল্টেজ, $V = 15$ V

সময়, $t = 5$ মিনিট $= 300$ s

কোষটির ব্যয়িত শক্তি, $W = ?$

আমরা জানি, $W = VIt$

$= 15 \text{ V} \times 1{\cdot}5 \text{ A} \times 300 \text{ s}$

$= 6750$ J

অতএব, কোষটির ব্যয়িত শক্তি 6750 J.

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীতে BC এবং CD এর রোধ শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত আছে।

$\therefore$ তুল্য রোধ, $R_S = 5\Omega + 5\Omega$

$= 10\Omega$

আবার, R_S রোধ DA এর রোধের সাথে সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত আছে।

অতএব AD অংশের তুল্যরোধ,

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_S} + \frac{1}{10}\ \Omega$$

$$= \frac{1}{10\Omega} + \frac{1}{10\Omega}$$

$$= \frac{1+1}{10\Omega}$$

$$= \frac{2}{10\Omega}$$

$$= \frac{1}{5\Omega}$$

$\therefore R_P = 5\Omega$

বর্তনীর তড়িৎপ্রবাহ, $I = 1{\cdot}5$ A

AD অংশের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য, $V_{AD} = ?$

আমরা জানি, $V_{AD} = IR_P$

$= 1{\cdot}5 \text{ A} \times 5\Omega$

$= 7{\cdot}5$ V

আবার, DE অংশের রোধ, $R = 5\Omega$

DE অংশের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য, $V_{DE} = ?$

আমরা জানি, $V_{DE} = IR$

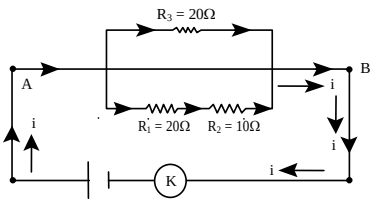
$= 1{\cdot}5 \text{ A} \times 5\Omega$ [$\because I = 1{\cdot}5$A]

$= 7{\cdot}5$ V

এখানে, $V_{AD} = V_{DE}$

অতএব, উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায় যে, AD ও DE অংশের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য সমান হবে।

প্রশ্ন –৬ ▶ নিচের বর্তনীটি লক্ষ্য কর :



[সি. বো. '১৫]

ক. ওহমের সূত্রটি লিখ। ১

খ. তড়িৎ বর্তনীতে সার্কিট ব্রেকারের ভূমিকা কী? ২

গ. বর্তনীটির তুল্যরোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. R_1, R_2 ও R_3 এর সমন্বয়ে কীভাবে বর্তনীর তুল্যরোধ 20Ω পাওয়া যাবে? গাণিতিক যুক্তির মাধ্যমে বিশ্লেষণ কর।

৪

৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তাপমাত্রা স্থির থাকলে কোনো নির্দিষ্ট পরিবাহকের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহমাত্রা ঐ পরিবাহকের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক।

খ. নিরাপত্তামূলক কৌশল হিসেবে সার্কিট ব্রেকার ব্যবহার করা হয়। এটি সাধারণত বাড়ির সম্মুখ দরজার আশপাশে স্থাপন করা হয়। যখন কোনো বর্তনীতে নির্দিষ্ট মানের অধিক তড়িৎ প্রবাহিত হয় তখন সার্কিট ব্রেকার বর্তনীর তড়িৎ সরবরাহ বন্ধ করে দেয়। সার্কিট ব্রেকার বাড়ির কোনো নির্দিষ্ট অংশের তড়িৎ সরবরাহ বিচ্ছিন্ন করে। বর্তনীতে সার্কিট ব্রেকার না থাকলে অতিরিক্ত প্রবাহের জন্য বাড়ির তড়িৎ সরঞ্জাম বিনষ্ট হয়ে যেতে পারে, এমনকি অগ্নিকান্ডও ঘটতে পারে।

গ. উদ্দীপকের বর্তনীতে দেওয়া আছে,

$R_1 = 20\Omega$

$R_2 = 10\Omega$

$R_3 = 20\Omega$

উদ্দীপকের বর্তনীতে R_1 ও R_3 শ্রেণি সংযোগে যুক্ত আছে।

$\therefore$ R_1 ও R_2 এর তুল্যরোধ, $R_s = R_1 + R_2$

$= 20\Omega + 10\Omega$

$= 30\Omega$

R_s ও R_3 সমান্তরাল সংযোগে যুক্ত আছে।

$\therefore$ Rs ও R_3 এর তুল্যরোধ, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_3}$

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

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

$= \frac{5}{60\Omega}$

$\therefore$ $R_p = 12\Omega$

নির্ণেয় তুল্যরোধ 12Ω

ঘ. যদি R_1 ও R_3 এর রোধ দুটি সমান্তরাল সংযোগে থাকে এবং R_2 এর রোধে এদের সাথে শ্রেণি সংযোগে সংযুক্ত থাকে তাহলে তুল্যরোধ 20Ω হবে।

গাণিতিক যুক্তি :

R_1 ও R_3 এর তুল্যরোধ R_p হলে,

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

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

$= \frac{2}{20\Omega} = \frac{1}{10\Omega}$

দেওয়া আছে,
$R_1 = 20\Omega$
$R_2 = 10\Omega$
$R_3 = 20\Omega$

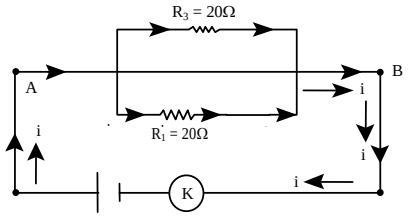
$\therefore R_p = 10\Omega$

আবার, R_p ও R_2 এর তুল্যরোধ R_3 হলে,

আমরা জানি, $Rs = R_p + R_2$

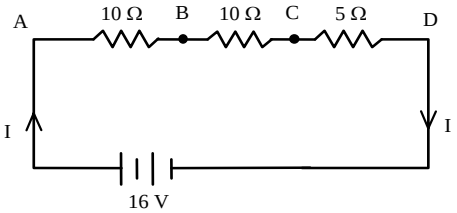
$= 10\Omega + 10\Omega$

$= 20\Omega$



উপরিউক্ত চিত্রানুযায়ী R_1, R_2 ও R_3 তে সংযোগ দিলে তুল্যরোধ 20Ω পাওয়া যায়।

প্রশ্ন –৭ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



[চ. বো. '১৫]

ক. তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র কাকে বলে? ১

খ. বাড়ির বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি নিরাপদ রাখার জন্য কী ব্যবস্থা গ্রহণ করা উচিত? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. C ও D এর বিভব পার্থক্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. রোধগুলোকে কীভাবে সংযুক্ত করলে বর্তনীর প্রবাহমাত্রা 2·5 গুণ হবে? চিত্রসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে যন্ত্রের সাহায্য কোনো বস্তুতে আধানের অস্তিত্ব ও প্রকৃতি নির্ণয় করা যায় তাকে তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র বলে।

খ. বাড়ির বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি নিরাপদ রাখার জন্য যেসব ব্যবস্থা গ্রহণ করা উচিত–

১. সার্কিট ব্রেকার

২. ফিউজ

৩. সুইচের সঠিক সংযোগ

৪. ভূসংযোগ তার ইত্যাদি।

সার্কিক ব্রেকার, ফিউজ, সুইচের সঠিক সংযোগ ও ভূসংযোগ তার অধিক তড়িৎ প্রবাহে বাধা প্রদান করে বাড়ির বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি নিরাপদ রাখতে সাহায্য করে।

গ. উদ্দীপকের বর্তনী থেকে পাই,

10 Ω, 10 Ω ও 5 Ω রোধ তিনটি শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত থাকায় তুল্য রোধ, R_S = 10 Ω + 10 Ω + 5 Ω

= 25 Ω

আবার, বর্তনীর মোট তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{V}{R_s}$

$= \frac{16\ V}{25\ \Omega}$ [∵ V = 16 V]

= 0.64 A

আবার, C ও D বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য,

$V_{CD} = IR_{CD}$

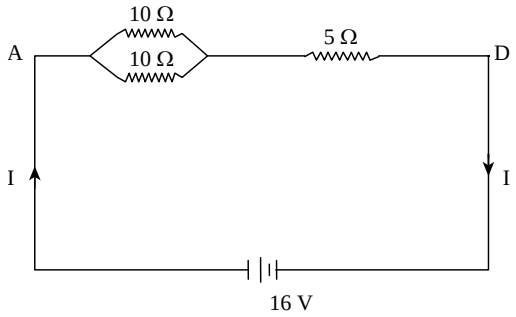
$= 0{\cdot}64 \times 5\ \Omega$ [∵ R_{CD} = 5 Ω]

$= 3{\cdot}2\ V$

অতএব, C ও D এর বিভব পার্থক্য 3·2 V।

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীর রোধগুলোকে নিম্নলিখিতভাবে পুনঃবিন্যস্ত করলে বর্তনীর প্রবাহমাত্রা 2·5 গুণ হবে।

এক্ষেত্রে, 10 Ω ও 10 Ω রোধ দুইটি সমান্তরালে সংযোগ দিয়ে তার সাথে 5 Ω রোধকে শ্রেণিতে সংযোগ দিতে হবে। বর্তনীটি হবে–



এখন, 10 Ω ও 10 Ω এর তুল্য রোধ,

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{10\ \Omega} + \frac{1}{10\ \Omega}$$

$$= \frac{1+1}{10\ \Omega}$$

$$= \frac{2}{10\ \Omega}$$

$\therefore R_P = 5\ \Omega$

আবার, R_P ও 5 Ω এর মধ্যে তুল্য রোধ,

$R_S = RP + 5\ \Omega$

$= 5\Omega + 5\Omega$

$= 10\ \Omega$

$\therefore$ তড়িৎ প্রবাহ, $I' = \frac{V}{R_S} = \frac{16\ V}{10\ \Omega}$

$= 1{\cdot}6\ A$

$= I \times 2{\cdot}5$ [‘গ’ থেকে]

অতএব, উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে বলা যায়, 10 Ω ও 10 Ω রোধ দুইটিকে সমান্তরালে যুক্ত করে 5 Ω কে শ্রেণিতে যুক্ত করলে যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায় তা উদ্দীপকের বর্তনীটির প্রবাহমাত্রার 2·5 গুণ।

প্রশ্ন –৮ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

রাহীদের বাসায় তিনটি বাতি আছে। বাতি তিনটির গায়ে 100 W– 220 V, 60 W– 200 V এবং 40 W - 220 V লেখা আছে। [ব. বো. ’১৫]

ক. তড়িৎ ক্ষমতা কী? ১

খ. একটি বাতির গায়ে 220 V–32 W লেখা আছে; এর অর্থ কী? ২

গ. তিনটি বাতি প্রতিদিন 6 ঘণ্টা করে জ্বালালে 31 দিনের এক মাসে কত ইউনিট বিদ্যুৎ খরচ হবে? ৩

ঘ. দ্বিতীয় বাতিটির ফিলামেন্টের রোধ প্রথম বাতিটির ফিলামেন্টের রোধ অপেক্ষা বেশী, গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ৮নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. কোনো পরিবাহক বা তড়িৎ যন্ত্রের মধ্য দিয়ে এক সেকেন্ড ধরে তড়িৎ প্রবাহের ফলে যে কাজ সম্পন্ন হয় বা যে পরিমাণ তড়িৎ শক্তি অন্য শক্তিতে রূপান্তরিত হয় তাকে তড়িৎ ক্ষমতা বলে।

খ. বাতির গায়ে 220 V– 32 W লেখা থাকলে বোঝা যায়, 220 V বিভব পার্থক্যে বাতিটি সংযুক্ত করলে বাতিটি সবচেয়ে বেশি আলো বিকিরণ করবে এবং প্রতি সেকেন্ডে 32 J হারে বৈদ্যুতিক শক্তি আলো ও তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হবে।

গ. উদ্দীপক অনুসারে,

১ম বাতির ক্ষমতা, P_1 = 100 W

২য় বাতির ক্ষমতা, P_2 = 60 W

৩য় বাতির ক্ষমতা, P_3 = 40 W

31 দিনের এক মাসে বাতিগুলোর ব্যবহৃত মোট ঘন্টা,

$$t = (6 \times 31)\ \text{hr}$$
$$= 186\ \text{hr}$$

১ম বাতির জন্য শক্তি খরচের পরিমাণ,

$$W_1 = P_1 t$$
$$= 100\ \text{W} \times 186\ \text{hr}$$
$$= 18600\ \text{W hr}$$
$$= \frac{18600}{1000}\ \text{KW hr}$$
$$= 18{\cdot}6\ \text{KW hr}$$
$$= 18{\cdot}6\ \text{unit}$$

২য় বাতির জন্য শক্তি খরচের পরিমাণ,

$$W_2 = P_2 t$$

$= 60\ W \times 186\ hr$

$= 11160\ W\ hr$

$= \frac{11160}{1000}\ KW\ hr$

$= 11{\cdot}16\ KW\ hr$

$= 11{\cdot}16\ unit$

৩য় বাতির জন্য শক্তি খরচের পরিমাণ,

$W_3 = P_3t$

$= 40\ W \times 186\ hr$

$= 7440\ W\ hr$

$= \frac{7440}{1000}\ KW\ hr$

$= 7{\cdot}44\ KW\ hr$

$= 7{\cdot}44\ unit$

∴ মোট বিদ্যুৎ খরচ হবে, $W = W_1 + W_2 + W_3$

$= (18{\cdot}6 + 11{\cdot}16 + 7{\cdot}44)\ uni$

$= 37{\cdot}2\ unit$

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে,

দ্বিতীয় বাতির ক্ষেত্রে, বিভব পার্থক্য, $V_2 = 220\ V$

ক্ষমতা, $P_2 = 60\ W$

ফিলামেন্টের রোধ, $R_2 = ?$

আমরা জানি, $P_2 = \frac{V_2^2}{R_2}$

বা, $R_2 = \frac{V_2^2}{P_2}$

$= \frac{(220V)^2}{60\ W}$

$= \frac{220\ V \times 220\ V}{60\ W}$

∴ $R_2 = 806{\cdot}67\ \Omega$

আবার,

প্রথম বাতির ক্ষেত্রে,

বিভব পার্থক্য, $V_1 = 220\ V$

ক্ষমতা, $P_1 = 100\ W$

ফিলামেন্টের রোধ, $R_1 = ?$

আমরা জানি, $P_1 = \frac{V_1^2}{R_1}$

বা, $R_1 = \frac{(220\ V)^2}{100W}$

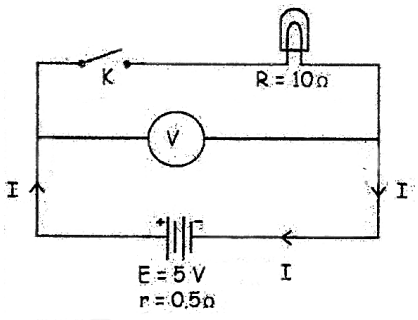
$= \frac{220\ V \times 220\ V}{100\ W}$

$\therefore R_1 = 484\ \Omega$

এখানে, $R_2 > R_1$

অতএব, উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায়, দ্বিতীয় বাতির ফিলামেন্টের রোধ, প্রথম বাতির ফিলামেন্টের রোধ অপেক্ষা বেশি।

প্রশ্ন –৯ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. তড়িৎ বর্তনী কী? ১

খ. সিস্টেম লস বলতে কী বোঝ? ২

গ. চিত্রে প্রদর্শিত কোষটির তড়িচ্চালক বল কীভাবে নির্ণয় করবে ব্যাখ্যা কর। ৩

ঘ. সুইচ বন্ধ এবং খোলা অবস্থায় ভোল্টমিটারের পাঠ সমান হবে কিনা বিশ্লেষণ কর। ৪

[কাজ : পৃষ্ঠা– ১৭৮]

▸◂ ৯নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. তড়িৎ প্রবাহ চলার সম্পূর্ণ পথকে তড়িৎ বর্তনী বলে।

খ. পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ সঞ্চালনের সময় তড়িৎ শক্তির একটি অংশ পরিবাহীর রোধের কারণে তাপে রূপান্তরিত হয়। ফলে শক্তির লস বা ক্ষয় হয়। এই লসই হলো তড়িতের সিস্টেম লস।

গ. কোষের তড়িচ্চালক শক্তি E এবং বর্তনীর মূল তড়িৎপ্রবাহ I হলে,

$$I = \frac{E}{\text{বর্তনীর তুল্যরোধ}} = \frac{E}{R + r}$$

কিন্তু IR = তড়িৎ চলাকালীন সময়ে বাল্বের দু'প্রান্তের বিভবপার্থক্য এবং তড়িৎকোষের দু'প্রান্তের বিভবপার্থক্য = V

$\therefore E = V + Ir$ ..... (i)

$\therefore I = 0$ হলে, $E = V + 0.r = V$

সুতরাং কোষটির তড়িচ্চালক বল নির্ণয়ে চাবি K খুলে দিয়ে বর্তনীর প্রবাহ বন্ধ করে দিতে হবে। এ অবস্থায় ভোল্টমিটারের পাঠই তড়িৎকোষের তড়িচ্চালক বল নির্দেশ করবে।

ঘ. সুইচ বন্ধ রেখে তড়িৎ চলাকালীন অবস্থায় ভোল্টমিটারের পাঠ তথা বাল্বের দু'প্রান্তে বিভব পার্থক্য,

$V = E - Ir$ ['গ' অংশের (i) নং সমীকরণ হতে পাই]

$$V = E - \frac{E}{R + r} r$$

$$= 5\ V - \frac{5\ V}{10\ \Omega + 0.5\ \Omega} \times 0.5\ \Omega$$

$$= 5\ V - 0.238\ V$$

$$= 4.76\ V$$

সুইচ খোলা রাখলে ভোল্টমিটারের পাঠ = কোষের তড়িচ্চালক শক্তি = 5 V

সুতরাং সুইচ বন্ধ এবং খোলা অবস্থায় ভোল্টমিটারের পাঠ সমান হবে না, এই দুই পাঠের পার্থক্য = 5 V – 4.76 V = 0.24 V; বিদ্যুৎ চলাকালীন অবস্থায় এই পরিমাণ ভোল্টেজ হারিয়ে যাবে কোষের অভ্যন্তরীণ রোধের কারণে।

প্রশ্ন –১০ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

মমিন একটি সুইচ, একটি তড়িৎ কোষ, একটি স্থির মানের রোধ এবং একটি অ্যামিটারকে এমনভাবে সংযুক্ত করতে চায় যাতে সবগুলো বর্তনী উপাদানের মধ্য দিয়ে একই তড়িৎ প্রবাহিত হয়। এছাড়া সে একটি ভোল্টমিটার ব্যবহার করে স্থির মানের রোধের দু'প্রান্তের বিভবপার্থক্য মাপতে চায়।

ক. বিভব পার্থক্যের এস আই একক কী? ১

খ. কী কী কারণে তড়িৎ ব্যবহার বিপজ্জনক হতে পারে? ২

গ. মমিনের বর্তনীটি কীরূপ হবে এঁকে দেখাও। ৩

ঘ. পরিমাপক বর্তনী উপাদানগুলোর ভুল সংযোগ দিলে কী ঘটবে বলে মনে কর? তোমার মতামতের পক্ষে যুক্তি দাও। ৪

[কাজ : পৃষ্ঠা–১৭৯]

১০নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বিভব পার্থক্যের এস আই একক ভোল্ট।

খ. তড়িৎ শক্তির ব্যবহার নিম্নবর্ণিত তিনটি কারণে বিপজ্জনক হতে পারে।

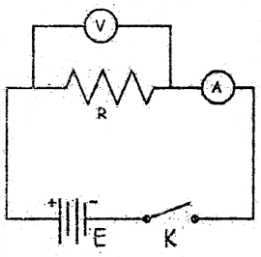
১. অন্তরকের ক্ষতি সাধন;

২. ক্যাবলের অতি উত্তপ্ত হওয়া;

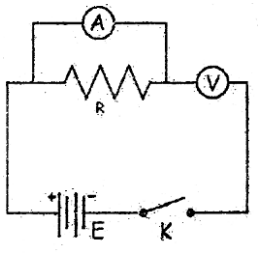
৩. আর্দ্র অবস্থা।

গ. আমরা জানি, সুইচকে K, তড়িৎ কোষকে E, স্থির মানের রোধকে R, অ্যামিটারকে A এবং ভোল্টমিটারকে V দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

সুতরাং মমিনের আঁকা বর্তনীটি নিম্নরূপ :



ঘ. উল্লিখিত বর্তনী উপাদানগুলোর মধ্যে পরিমাপক বর্তনী উপাদানগুলো হলো অ্যামিটার এবং ভোল্টমিটার। অ্যামিটারকে সর্বদা শ্রেণিতে এবং ভোল্টমিটারকে সমান্তরালে সংযুক্ত করতে হয়। সুতরাং অ্যামিটারকে সমান্তরালে এবং ভোল্টমিটারকে শ্রেণিতে সংযুক্ত করলে এগুলোই হবে যন্ত্র দুইটির ভুল সংযোগ। তখন বর্তনীটি হবে :



এ ক্ষেত্রে রোধকের দু'প্রান্তের সাথে অ্যামিটারটি সমান্তরালে সংযুক্ত করায় এবং অ্যামিটারের রোধ অতি নগণ্য হওয়ায় বর্তনীর মূলপ্রবাহ কেবল অ্যামিটারটি দিয়ে অতিক্রম করবে এবং স্থির মানের রোধ R–এর মধ্য দিয়ে কোনো প্রবাহ যাবে না। অর্থাৎ R রোধকটি শর্ট সার্কিটেড হবে। এতে অ্যামিটার ব্যবহারের যে মূল উদ্দেশ্য (R রোধকের মধ্য দিয়ে প্রবাহের মান নির্ণয় করা) তা ব্যাহত হবে।

অপরদিকে ভোল্টমিটারটি শ্রেণিতে সংযুক্ত করায় এর অসীম পরিমাণ রোধের কারণে বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ হয়ে যাবে। ফলে ভোল্টমিটারটি শুধু কোষের তড়িচ্চালক বল পরিমাপ করবে। কিন্তু বর্তনীতে ভোল্টমিটার ব্যবহারের উদ্দেশ্য ছিল রোধের দু'প্রান্তের বিভব পার্থক্য পরিমাপ করা, যা এরূপে সংযোগ দিলে ব্যাহত হবে। সুতরাং বর্তনীতে ভোল্টমিটার এবং অ্যামিটারের ভুল সংযোগ দিলে এদের ব্যবহারের মূল উদ্দেশ্য (বর্তনী উপকরণের মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহের মান এবং দু'প্রান্তের বিভব পার্থক্য পরিমাপ করা) বিঘ্নিত হবে এবং বর্তনী উপাদানসমূহের ক্ষতি হওয়ার সম্ভাবনা রয়েছে।

প্রশ্ন –১১ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

আশিক তাদের বাড়িতে বিভিন্ন বৈদ্যুতিক উপকরণের একটি তালিকা প্রস্তুত করল। তালিকাটি হলো–

উপকরণ	ক্ষমতা	সংখ্যা	দৈনিক ঘণ্টা
বাতি	100 W	3	8
বাতি	60 W	3	7
টেলিভিশন	100 W	1	6
ফ্রিজ	300 W	1	24
কম্পিউটার	200 W	1	5

ক. কত কিলোওয়াট ঘণ্টা সমান কত? ১

খ. স্থির ও পরিবর্তী রোধক কাকে বলে? ২

গ. বৈদ্যুতিক শক্তি পরিমাপের একক কী? এটি কত জুলের সমান। ৩

ঘ. আশিকদের ঘরের জন্য জুলাই মাসের সম্ভাব্য ব্যয়িত শক্তির পরিমাণ কত হবে তা বিশ্লেষণ কর। ৪

[কাজ : পৃষ্ঠা– ১৯১]

১১নং প্রশ্নের উত্তর

ক. এক কিলোওয়াট ঘণ্টা সমান এক ইউনিট।

খ. **স্থির রোধক :** যে সকল রোধকের রোধের মান নির্দিষ্ট তাদেরকে স্থির মানের রোধক বলে।

পরিবর্তী রোধক : যে সকল রোধের মান প্রয়োজন অনুসারে পরিবর্তন করা যায় তাদেরকে পরিবর্তী রোধক বা রিওস্টেট বলা হয়।

গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত শক্তির এককটি হলো কিলোওয়াট ঘণ্টা।

আমরা জানি, 1 কিলোওয়াট ঘণ্টা = 1 কিলোওয়াট × 1 ঘণ্টা

$= 1000\ \text{W} \times 60 \times 60\ \text{s}$

$= 1000\ \text{Js}^{-1} \times 3600\ \text{s}$

$= 3600000\ \text{J}$

$= 3.6 \times 10^6\ \text{J}$

সুতরাং এক কিলোওয়াট ঘণ্টা 3.6×10^6J শক্তির সমান।

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে,

প্রথম প্রকার বাতির ক্ষমতা, $P_1 = 3 \times 100\ \text{W} = 300\ \text{W}$

দ্বিতীয় প্রকার বাতির ক্ষমতা, $P_2 = 3 \times 60\ \text{W} = 180\ \text{W}$

টেলিভিশনের ক্ষমতা, $P_3 = 100\ \text{W}$

ফ্রিজের ক্ষমতা, $P_4 = 300\ \text{W}$

কম্পিউটারের ক্ষমতা, $P_5 = 200\ \text{W}$

জুলাই মাসের দিনসংখ্যা = 31

যন্ত্রগুলোর জুলাই মাসে ব্যবহৃত মোট ঘণ্টা যথাক্রমে,

$t_1 = 8 \times 31 = 248\ \text{hr}$

$t_2 = 7 \times 31 = 217\text{hr}$, $t_3 = 6 \times 31 = 186\text{hr}$,

$t_4 = 24 \times 31 = 744$, $t_5 = 5 \times 31 = 155\text{hr}$

সুতরাং আশিকের ঘরের জন্য জুলাই মাসের সম্ভাব্য ব্যয়িত শক্তির পরিমাণ = $\frac{P_1t_1 + P_2\,t_2 + P_3\,t_3 + P_4\,t_4 + P_5\,t_5}{1000}\ \text{kWh}$

$$= \frac{300 \times 248 + 180 \times 217 + 100 \times 186 + 300 \times 744 + 200 \times 155}{1000} \text{ kWh}$$

$$= \frac{74400 + 39060 + 18600 + 223200 + 31000}{1000} \text{ kWh}$$

$$= \frac{862}{1000} \text{ kWh}$$

$$= 386{\cdot}26 \text{ kWh}$$

প্রশ্ন–১২ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

তামা এবং নাইক্রোমের আপেক্ষিক রোধ যথাক্রমে $1{\cdot}7 \times 10^{-8}$ Ωm এবং 100×10^{-8} Ωm। বৈদ্যুতিক কেটলিতে তামার পরিবর্তে নাইক্রোম ব্যবহার করা হয়। এরূপ একটি নাইক্রোম কেটলির দৈর্ঘ্য 40 cm ও ক্ষেত্রফল $2{\cdot}4 \times 10^2$ cm^2।

ক. 20°C তাপমাত্রায় রুপার আপেক্ষিক রোধ কত? ১

খ. বৈদ্যুতিক বাল্বে কোন ধাতুর ফিলামেন্ট ব্যবহার করা হয় এবং কেন? ২

গ. তথ্যে প্রদত্ত কেটলির রোধ কত? ৩

ঘ. বৈদ্যুতিক কেটলিতে তামার পরিবর্তে নাইক্রোম ব্যবহার করার কারণ গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ১২নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. 20°C তাপমাত্রায় রুপার আপেক্ষিক রোধ $1{\cdot}6 \times 10^{-8}$ Ωm.

খ. সাধারণত বৈদ্যুতিক বাল্বের ফিলামেন্ট টাংস্টেন ধাতু দ্বারা তৈরি হয়।

টাংস্টেনের উচ্চ রোধকত্ব ও গলনাঙ্কের কারণে এটি বৈদ্যুতিক শক্তিকে খুব সহজে আলোকশক্তিতে রূপান্তরিত করতে পারে।

গ. উদ্দীপকে দেওয়া আছে,

কেটলির নাইক্রোম তারের দৈর্ঘ্য, L = 40 cm

$= 0{\cdot}4$ m

ক্ষেত্রফল, A = $2{\cdot}4 \times 10^2$ cm^2

$= 2{\cdot}4 \times 10^2 \times 10^{-4}$ m^2

$= 2{\cdot}4 \times 10^{-2}$ m^2

আপেক্ষিক রোধ, $\rho = 100 \times 10^{-8}$ Ωm

রোধ, $R = ?$

আমরা জানি, $R = \frac{\rho L}{A}$

$$= \frac{100 \times 10^{-8}\ \Omega m \times 0{\cdot}4\ m}{2{\cdot}4 \times 10^{-2}\ m^2}$$

$$= 1{\cdot}67 \times 10^{-5}\ \Omega$$

অতএব, কেটলির রোধ $1{\cdot}67 \times 10^{-5}\Omega$।

ঘ. উদ্দীপকে দেওয়া আছে,

তামার আপেক্ষিক রোধ, $\rho_c = 1{\cdot}7 \times 10^{-8}\ \Omega m$

নাইক্রোমের আপেক্ষিক রোধ, $\rho_N = 100 \times 10^{-8}\ \Omega m$

তামার তার ও নাইক্রোম তারের দৈর্ঘ্য ও ক্ষেত্রফল সমান হলে,

তামার তারের রোধ, $Rc = \frac{\rho_N L}{A}$

নাইক্রোম তারের রোধ, $R_N = \frac{\rho_N L}{A}$

এখন, $\frac{R_c}{R_N} = \frac{\frac{\rho_c L}{A}}{\frac{\rho_N L}{A}}$

বা, $\frac{R_c}{R_N} = \frac{\rho_c L}{A} \times \frac{A}{\rho_N L}$

বা, $\frac{R_c}{R_N} = \frac{\rho_c}{\rho_N}$

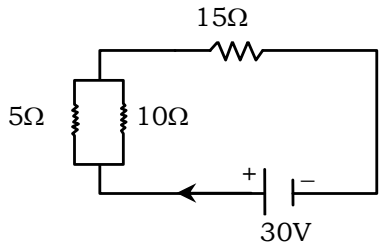
বা, $\frac{R_c}{R_N} = \frac{1.7 \times 10^{-8}\ \Omega m}{100 \times 10^{-8}\ \Omega m}$

বা, $\frac{R_c}{R_N} = 0{\cdot}017 = \frac{1}{58.82}$

$\therefore R_N = 58.82\ R_C \approx 59 R_C$

এখানে, নাইক্রোম তারের রোধ তামার তারের রোধের প্রায় 59 গুণ। ফলে, তড়িৎ প্রবাহের ফলে তামার পরিবর্তে নাইক্রোম তারে বেশি তাপ উৎপন্ন হবে। এজন্যই বৈদ্যুতিক কেটলিতে তামার পরিবর্তে নাইক্রোম তার ব্যবহার করা হয়েছে।

প্রশ্ন –১৩ ▶ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. কোনো পরিবাহকের রোধ কয়টি বিষয়ের উপর নির্ভর করে? ১

খ. তড়িৎ ক্ষেত্রের বলরেখার প্রকৃতি ভিন্ন হয় কেন– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বর্তনীর মোট রোধের পরিমাণ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. 10Ω এবং 15Ω এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িতের তুলনা কর। ৪

১৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক. একটি পরিবাহকের রোধ চারটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে।

খ. তড়িৎ ক্ষেত্রের বলরেখার প্রকৃতি ভিন্ন হয়। কারণ– তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে বলরেখার সাথে অঙ্কিত স্পর্শক ঐ বিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতার দিক নির্দেশ করে। বলরেখার সাথে লম্বভাবে অবস্থিত একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত বলরেখার সংখ্যা তীব্রতার সমানুপাতিক। একটি পৃথক ধনাত্মক আধানের জন্য বলরেখাগুলো পরিবাহীর পৃষ্ঠ থেকে লম্ব বরাবর সুষমভাবে বের হয়।

দুইটি সমান ও বিপরীত জাতীয় আধান দ্বারা সৃষ্ট তড়িৎ ক্ষেত্রের বলরেখাগুলো ধনাত্মক আধান থেকে বের হয়ে ঋণাত্মক আধানে প্রবেশ করে।

সমান মানের দুইটি ধনাত্মক আধান পাশাপাশি স্থাপন করলে এদের সৃষ্ট তড়িৎ ক্ষেত্রের বলরেখাগুলো পরস্পর থেকে দূরে সরে যাবে।

দুই অসমান ধনাত্মক আধানের জন্য সৃষ্ট তড়িৎ ক্ষেত্রের বলরেখাগুলো ক্ষুদ্রতর আধানের নিকটবর্তী হবে।

গ. ধরি, উদ্দীপকের বর্তনীতে,

$R_1 = 5\ \Omega$

$R_2 = 10\ \Omega$

$R_3 = 15\ \Omega$

$E = 30\ V$

R_1 ও R_2 সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত,

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

$$= \frac{1}{5\Omega} + \frac{1}{10\Omega}$$

$$= \frac{2+1}{10\ \Omega}$$

$$= \frac{3}{10\Omega}$$

$$\therefore R_p = \frac{10\Omega}{3}$$

আবার, R_p ও R_3 শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত,

$$\therefore R_s = R_p + R_3$$

$$= \frac{10\Omega}{3} + 15\Omega$$

$$= \frac{10\Omega + 45\ \Omega}{3}$$

$$= \frac{55\Omega}{3} = 18{\cdot}33\Omega$$

অতএব, বর্তনীতে মোট রোধের পরিমাণ $18{\cdot}33\Omega$।

ঘ. 'গ' থেকে পাই, রোধের পরিমাণ $18{\cdot}33\ \Omega = R$ (ধরি)

$$\therefore \text{বর্তনীতে প্রবাহমাত্রা } I = \frac{E}{R} = \frac{30V}{18{\cdot}33\Omega} = 1{\cdot}64\ A$$

R_2 এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ,

$$I_2 = \frac{R_3}{R_1 + R_2} \times I$$

$$= \frac{15\Omega}{5\Omega + 10\Omega} \times 1{\cdot}64A$$

$$= 1{\cdot}64\ A$$

আবার, R_3 এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ,

$$I_3 = \frac{R_1 + R_2}{R_3} \times 1{\cdot}64A$$

$$= \frac{5\Omega + 10\Omega}{15\Omega} \times 1{\cdot}64A$$

$= \frac{15\Omega}{15\Omega} \times 1{\cdot}64A$

$= 1{\cdot}64A$

এখানে, $I_2 = I_3$

অতএব, 10Ω ও 15Ω এর মধ্য দিয়ে একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হবে।

প্রশ্ন –১৪ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

একটি যন্ত্রের তড়িৎ ক্ষমতা 80 W এবং এর রোধ 125 Ω। যন্ত্রটি দৈনিক 7 ঘণ্টা ব্যবহৃত শক্তির দাম প্রতি ইউনিট 5.00 টাকা।

ক. তড়িৎ ক্ষমতা কী? ১

খ. 20°C তাপমাত্রায় রুপার রোধকত্ব $1.6 \times 10^{-8}\,\Omega m$ বলতে কী বুঝায়? ২

গ. যন্ত্রটির বিভব পার্থক্য হিসাব কর। ৩

ঘ. জুলাই মাসে সরবরাহকৃত শক্তির জন্য খরচ কত? বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ১৪নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. কোনো তড়িৎ যন্ত্রের মধ্য দিয়ে একক সময়ে তড়িৎ প্রবাহের ফলে যে কাজ সম্পন্ন হয় বা যে পরিমাণ তড়িৎ শক্তি অন্য শক্তিতে রূপান্তরিত হয় তাকে তড়িৎ ক্ষমতা বলে।

খ. 20°C তাপমাত্রায় রুপার রোধকত্ব $1.6 \times 10^{-8}\,\Omega m$ বলতে বোঝায় 20° C তাপমাত্রায় 1 m দৈর্ঘ্য ও 1 m^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট রুপার তারের রোধ হবে $1.6 \times 10^{-8}\,\Omega$।

গ. উদ্দীপকে দেওয়া আছে,

যন্ত্রটির তড়িৎ ক্ষমতা, P = 80 W

রোধ, R = 125 Ω

বিভব পার্থক্য, V = ?

আমরা জানি, $P = \frac{V^2}{R}$

বা, $V^2 = PR = 80\ W \times 125\ \Omega$

বা, $V^2 = 10000\ V^2$

$\therefore V = 100\ V$

অতএব, যন্ত্রটির বিভব পার্থক্য 100 V।

ঘ. দেওয়া আছে, যন্ত্রটির তড়িৎ ক্ষমতা, P = 80 W

জুলাই মাসে যন্ত্রটি ব্যবহার করার সময়, t = 7 h × 31

শক্তি খরচের পরিমাণ, W = ?

আমরা জানি, W = Pt

= 80 W × 7h × 31

= 17360 Wh

= 17·36 kWh

= 17·36 Unit

আবার, 1 ইউনিটের মূল্য 5.00 টাকা

∴ 17·36 ” ” (5.00 × 17·36) টাকা = 86·8 টাকা।

অতএব, জুলাই মাসে সরবরাহকৃত শক্তির জন্য খরচ 86.8 টাকা।

প্রশ্ন – ১৫ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

তমা ও তন্বীর পড়ার ঘরে যথাক্রমে 220V – 60W এর একটি বাল্ব এবং 220V – 20W এর দুইটি এনার্জি সেভিং বাল্ব আছে। তন্বীর ঘরের বাল্ব দুইটি সিরিজ সংযোগ করা। তারা প্রত্যেকে প্রতিদিন 5 ঘণ্টা বাল্বগুলো ব্যবহার করে।

ক. রোধের বিপরীত রাশি কী? ১

খ. সিস্টেম লস কীভাবে কমানো যায়– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. তন্বীর প্রতিটি বাল্বের রোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. তমা ও তন্বীর মধ্যে কে বেশি বিদ্যুৎ শক্তি ব্যবহার করে? গাণিতিক যুক্তি দাও। ৪

▸◂ ১৫ নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. রোধের বিপরীত রাশি পরিবাহিতা।

খ. বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বিদ্যুৎ শক্তি নিম্ন ভোল্টেজে উৎপাদন করা হয়। পরে এই ভোল্টেজকে স্টেপ–আপ ট্রান্সফর্মার-এর সাহায্যে উচ্চ ভোল্টেজে রূপান্তরিত করা হয়। বিদ্যুৎ সঞ্চালনের জন্য যে সকল পরিবাহী তার ব্যবহার করা

হয় তাদের একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ রোধ থাকে। ফলে এই রোধকে অতিক্রমের জন্য তড়িৎশক্তির একটি অংশ তাপে রূপান্তরিত হয়। অর্থাৎ শক্তির লস বা ক্ষয় হয়। এই লসই হলো তড়িতের সিস্টেম লস। উচ্চ ভোল্টেজে বিদ্যুৎ সঞ্চালনের ফলে বিদ্যুৎ গ্রিড তথা পরিবাহীর রোধের কারণে যে লস হয় তা অনেকাংশে কমে যায়। এর ফলে রোধজনিত লসের পরিমাণও কমে যায়। অর্থাৎ সঞ্চালন লাইনের ভোল্টেজকে বৃদ্ধি করে সিস্টেম লস কমানো যায়।

গ. উদ্দীপকে দেওয়া আছে,

তন্বীর বাল্বের ক্ষমতা, $P = 20W$

বিভব পার্থক্য, $V = 220\ V$

প্রতিটি বাল্বের রোধ $R = ?$

আমরা জানি, $P = VI$

$$= \frac{V^2}{R} \quad [\because I = \frac{V}{R}]$$

বা, $20W = \frac{(220V)^2}{R}$

বা, $R = \frac{(220V)^2}{20W}$

$\therefore R = 2420\Omega$

যেহেতু বাল্ব দুটি সিরিজে সংযুক্ত সেহেতু রোধগুলোও সিরিজে যুক্ত থাকবে।

$\therefore$ তন্বীর প্রতিটি বাল্বের রোধ $= 2420\Omega + 2420\ \Omega$

$= 4840\ \Omega$

ঘ. তমার ক্ষেত্রে,

ব্যয়িত শক্তি, $W_1 = P_1t$

$= 60W \times 5h \quad [\because P_1 = 60W$ এবং $t = 5h]$

$= 300\ Wh$

$= \frac{300}{1000}\ kWh$

$= 0.3\ kWh$

আবার,

তন্বীর ক্ষেত্রে,

ব্যয়িত শক্তি, $W_2 = P_2t$

$= 40W \times 5h\ [\because P_2 = 20W + 20W = 40W$

এবং $t = 5h]$

$= 200Wh$

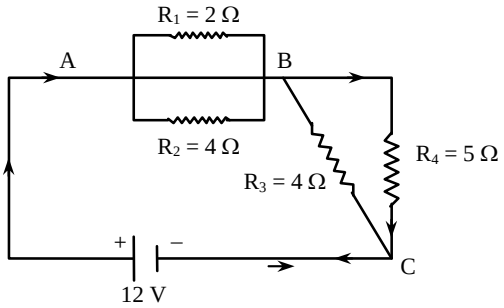
$$= \frac{200}{1000}\ \text{kWh}$$

$$= 0.2\ \text{kWh}$$

এখানে, $W_1 > W_2$

উপরিউক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায় যে, তন্বীর চেয়ে তমা বেশি বিদ্যুৎশক্তি ব্যবহার করে।

প্রশ্ন –১৬ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. আপেক্ষিক রোধ কাকে বলে? ১

খ. পরিবর্তী রোধক কেন ব্যবহার করা হয়? ২

গ. বর্তনীর রোধগুলোর তুল্যরোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বর্তনীটি গৃহ বিদ্যুতায়নের জন্য উপযোগী সংযোগ দিয়ে এর মোট তড়িৎপ্রবাহ নির্ণয় কর। ৪

▶◀ ১৬নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

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

খ. যে রোধকের মান পরিবর্তন করা যায় তাকে পরিবর্তী রোধক বলে।

ও'মের সূত্রানুসারে বিভব পার্থক্য নির্দিষ্ট মানের হলে তড়িৎ প্রবাহের মান রোধের মানের উপর নির্ভর করে। যদি কোনো ক্ষেত্রে তড়িৎ প্রবাহের মানের পরিবর্তন প্রয়োজন হয় সেক্ষেত্রে পরিবর্তী রোধক ব্যবহার করতে হয়।

গ. এখানে, $R_1 = 2\ \Omega$, $R_2 = 4\ \Omega$, $R_3 = 4\ \Omega$, $R_4 = 5\ \Omega$

এখানে, $R_1 \parallel R_2$

$\therefore$ এদের তুল্যরোধ, $\frac{1}{R_{p1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

বা, $\frac{1}{R_{p_1}} = \frac{1}{2\Omega} + \frac{1}{4\Omega}$

$= \frac{2+1}{4\Omega} = \frac{3}{4}\Omega^{-1}$

$\therefore R_{p_1} = \frac{4}{3}\Omega$

আবার, $R_3 \parallel R_4$

$\therefore$ এদের তুল্যরোধ, $\frac{1}{R_{p_2}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$

বা, $\frac{1}{R_{p_2}} = \frac{1}{4\Omega} + \frac{1}{5\Omega} = \frac{5+4}{20\ \Omega}$

$= \frac{9}{20}\Omega^{-1}$

$\therefore R_{p_2} = \frac{20}{9}\Omega$

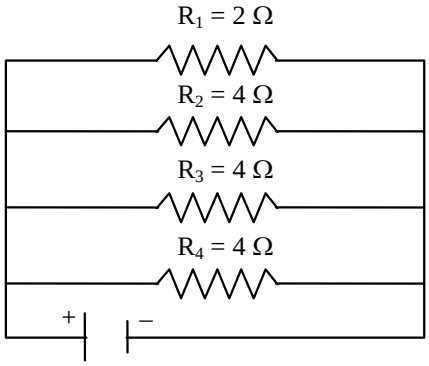
এখন, R_{p_1}ও R_{p_2} শ্রেণিতে সংযুক্ত।

$\therefore$ বর্তনীর তুল্যরোধ, $R = R_{p_1} + R_{p_2} = \left(\frac{4}{3} + \frac{20}{9}\right)\Omega$

$= \frac{12+20}{9}$

$= 3.5\ \Omega$।

ঘ. বর্তনীটি গৃহে বিদ্যুতায়নের জন্য উপযোগী সংযোগ দিলে তা হবে–



এক্ষেত্রে বর্তনীর তুল্যরোধ,

$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$

$= \frac{1}{2\Omega} + \frac{1}{4\Omega} + \frac{1}{4\Omega} + \frac{1}{5\Omega}$

$$= \frac{10 + 5 + 5 + 4}{20\ \Omega}$$

$$= \frac{24}{20\Omega}$$

$$\therefore R_p = 0.8333\ \Omega$$

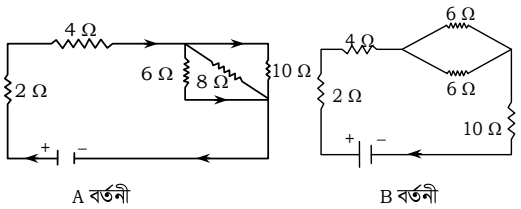
বর্তনীর তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 12$ V

$$\therefore \text{ বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ I হলে, } I = \frac{E}{R_p} = \frac{12\ V}{0.8333\ \Omega}$$

$$= 14.4\ A$$

নির্ণেয় তড়িৎপ্রবাহ 14.4 A।

প্রশ্ন–১৭ ▶ নিচের বর্তনীটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. তড়িৎ কোষ কী করে? ১

খ. তড়িৎ প্রবাহের উপর তাপমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকের A বর্তনীর তুল্যরোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের A ও B বর্তনীর মধ্যে বাড়িতে ব্যবহার কোনটি বেশি সুবিধাজনক গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

▶◀ ১৭নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. তড়িৎ কোষ রাসায়নিক শক্তিকে তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করে।

খ. বতর্নীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য ও তাপমাত্রার উপর তড়িৎ প্রবাহের মান নির্ভর করে।

আমরা জানি, তাপমাত্রা স্থির থাকলে কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে যে তড়িৎপ্রবাহ চলে তা ঐ পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক। কোনো তড়িৎ বর্তনীর তাপমাত্রা বাড়ালে তার রোধ বৃদ্ধি পায় এবং তাপমাত্রা কমালে রোধ কমে যায়।

তড়িৎপ্রবাহ রোধের বিপরীত হওয়ায় তাপমাত্রা বাড়ালে তড়িৎপ্রবাহ কমে এবং তাপমাত্রা কমালে তড়িৎপ্রবাহ বাড়ে।

গ. উদ্দীপকের A বর্তনীতে 6 Ω, 8 Ω এবং 10 Ω সমান্তরালে রয়েছে।

$\therefore$ 6 Ω, 8 Ω এবং 10 Ω এর তুল্যরোধ R_1 হলে,

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{6\Omega} + \frac{1}{8\ \Omega} + \frac{1}{10\ \Omega}$$

বা, $\frac{1}{R_1} = \frac{20 + 15 + 12}{120}\ \Omega^{-1}$

$\therefore\ R_1 = \frac{120}{47}\ \Omega$

আবার, 2 Ω, 4 Ω এবং R_1 Ω শ্রেণিতে যুক্ত আছে।

সুতরাং তুল্যরোধ, $R_2 = \left(2 + 4 + \frac{120}{47}\right)\Omega$

$$= \left(\frac{94 + 188 + 120}{47}\right)\Omega$$

$$= \frac{402}{47}\ \Omega$$

$$= 8{\cdot}55\ \Omega$$

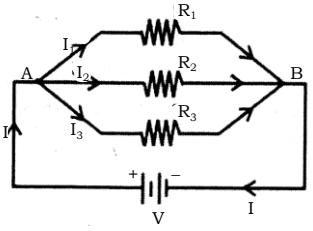
অতএব, উদ্দীপকের A বর্তনীর তুল্যরোধ 8.55Ω।

ঘ. A ও B বর্তনীর মধ্যে বাড়িতে A বর্তনী ব্যবহার বেশি সুবিধাজনক। কারণ– উদ্দীপকের A বর্তনীতে তিনটি রোধ সমান্তরালে এবং B বর্তনীতে দুইটি রোধ সমান্তরালে সংযোগ দেওয়া আছে। সমান্তরাল সংযোগে প্রত্যেকটি সংযোগের মধ্য দিয়ে ভিন্ন ভিন্ন মাত্রার তড়িৎপ্রবাহ চললেও প্রত্যেকটি সংযোগের সাধারণ বিন্দু দুইটির বিভব পার্থক্য একই থাকে। তাই বাড়িতে A বর্তনীটি ব্যবহার করা সুবিধাজনক।

এছাড়া বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির নিরাপদ ব্যবহারের জন্য ভিন্ন ভিন্ন তড়িৎ প্রবাহ ব্যবহার করা হয়, এজন্য সমান্তরাল সংযোগ ব্যবহার করা হয়। সমান্তরাল সংযোগে ভোল্টমিটার ব্যবহার করা হয়। ভোল্টমিটারের রোধ বেশি হয় তাই সমান্তরাল সংযোগের ফলে এটি খুব কম তড়িৎপ্রবাহ গ্রহণ করে। অর্থাৎ বর্তনীর মূল প্রবাহের কোনো পরিবর্তন হয় না বরং যন্ত্রপাতির চাহিদা অনুযায়ী বিদ্যুৎ সরবরাহ করা সম্ভব হয়।

উপরিউক্ত আলোচনা থেকে বলা যায়, বর্তনী A তে সমান্তরাল সংযোগ বেশি থাকায় বাড়িতে A বর্তনী ব্যবহার বেশি সুবিধাজনক।

প্রশ্ন –১৮ ▶ নিচের বর্তনীটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. রোধের সন্নিবেশ কাকে বলে? ১

খ. সমান্তরাল সন্নিবেশ বলতে কী বোঝ? উদ্দীপকের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। ২

গ. 5 Ω, 10 Ω, 15 Ω এবং 25 Ω মানের রোধগুলো আলাদাভাবে শ্রেণিতে এবং সমান্তরাল সন্নিবেশে সংযুক্ত করলে উভয় ক্ষেত্রে তুল্যরোধের মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীর সাহায্যে প্রমাণ কর যে, সমান্তরাল সন্নিবেশে সংযুক্ত প্রত্যেকটি রোধের বিপরীত রাশির সমষ্টি তুল্যরোধের বিপরীত রাশির সমান। ৪

১৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বিভিন্ন প্রয়োজনে একাধিক রোধকে একত্রে ব্যবহার করা হয়। একাধিক রোধকে একত্রে সংযোগ করাকেই রোধের সন্নিবেশ বলে।

খ. কতগুলো রোধ যদি এমনভাবে সংযুক্ত করা হয় যে, সবকটি রোধের একপ্রান্ত একটি সাধারণ বিন্দু A–তে এবং অপর প্রান্তগুলো অন্য একটি সাধারণ বিন্দু B–তে সংযুক্ত থাকে এবং প্রত্যেকটি রোধের দুই প্রান্তে একই বিভব পার্থক্য বজায় থাকে, তবে রোধগুলোর এই সন্নিবেশকে সমান্তরাল সন্নিবেশ বলা হয়।

গ. দেওয়া আছে, ১ম রোধ, $R_1 = 5\ \Omega$

২য় রোধ, $R_2 = 10\ \Omega$

৩য় রোধ, $R_3 = 15\ \Omega$

৪র্থ রোধ, $R_4 = 25\ \Omega$

শ্রেণি সমবায়ে তুল্যরোধ, $R_s = ?$

সমান্তরাল সমবায়ে তুল্যরোধ, $R_p = ?$

আমরা জানি, $R_s = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$

$= 5\ \Omega + 10\ \Omega + 15\ \Omega + 25\ \Omega$

$= 55\ \Omega$

আবার, $\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$

$$= \frac{1}{5\ \Omega} + \frac{1}{10\ \Omega} + \frac{1}{15\ \Omega} + \frac{1}{25\ \Omega}$$

$$= \frac{30 + 15 + 10 + 6}{150\ \Omega}$$

$$= \frac{61}{150\ \Omega}$$

$$\therefore R_p = \frac{150}{61}\ \Omega$$

$$= 2.46\ \Omega$$

অতএব, শ্রেণি সমবায়ে তুল্যরোধ $55\ \Omega$ এবং সমান্তরাল সমবায়ে তুল্যরোধ $2.46\ \Omega$।

ঘ. চিত্রে তিনটি রোধক R_1, R_2 এবং R_3 সমান্তরাল সন্নিবেশে সংযুক্ত করা হয়েছে। এক্ষেত্রে তিনটি রোধের দুই প্রান্তে একই বিভব পার্থক্য V বজায় আছে। রোধের মানের বিভিন্নতার জন্য তাদের প্রত্যেকের মধ্য দিয়ে আলাদা মানের তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে। এক্ষেত্রে বর্তনীর মূল প্রবাহ I, A-সংযোগ বিন্দুতে এসে তিনটি ভাগে বিভক্ত হয় এবং পুনরায় B বিন্দুতে এসে মিলিত হয়।

ধরা যাক R_1, R_2 এবং R_3 রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহের মান যথাক্রমে I_1, I_2 এবং I_3। সুতরাং সমান্তরাল পথগুলোর প্রবাহ I_1, I_2 এবং I_3-এর যোগফল সংযোগ বিন্দু A–এর প্রবাহ I-এর সমান।

অর্থাৎ $I = I_1 + I_2 + I_3$ ..... (i)

এক্ষেত্রে, প্রত্যেকটি রোধের দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য V হওয়ায় ও'মের সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই,

$$I_1 = \frac{V}{R_1},\ I_2 = \frac{V}{R_2} \text{ এবং } I_3 = \frac{V}{R_3}$$

(i) নং সমীকরণে I_1, I_2 এবং I_3–এর মান বসিয়ে পাই,

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$= V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) \quad \text{..... (ii)}$$

এখন R_1, R_2 ও R_3 মানের রোধ তিনটিকে যদি R_p মানের এমন একটি রোধ দ্বারা প্রতিস্থাপন করা হয় যে, এতে বর্তনীতে একই প্রবাহ I চলে এবং রোধগুলোর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V অপরিবর্তিত থাকে, তাহলে R_p-ই হবে ঐ সন্নিবেশের তুল্যরোধ।

$$\therefore I = \frac{V}{R_P} \text{ ..... (iii)}$$

(ii) ও (iii) নং সমীকরণ তুলনা করে পাওয়া যায়,

$$\frac{V}{R_P} = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$

$$\frac{1}{R_P} = (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3})$$

তিনটি রোধের পরিবর্তে যদি n সংখ্যক রোধ সমান্তরাল সন্নিবেশে যুক্ত থাকে, তাহলে তুল্যরোধ R_p–কে নিম্নলিখিত ভাবে প্রকাশ করা যায়।

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + ... + \frac{1}{R_n} \text{ ..... (iv)}$$

অর্থাৎ সমান্তরাল সন্নিবেশে সংযুক্ত প্রত্যেকটি রোধের বিপরীত রাশির সমষ্টি তুল্যরোধের বিপরীত রাশির সমান।

প্রশ্ন –১৯ ▸ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ইমন দক্ষিণ এশিয়ার ছোট একটি দেশে বাস করে। দেশটি ঘনবসতিপূর্ণ হলেও প্রাকৃতিক সম্পদে ভরপুর। তারপরও সেখানে লোডশেডিং মারাত্মক আকার ধারণ করে। তাইতো লোডশেডিংকে সহনীয় করতে দেশটির কর্তৃপক্ষ চক্রাকারে লোডশেডিং করে থাকে। এ অবস্থা থেকে উক্ত দেশকে উত্তরণ করার জন্য কার্যকর পদক্ষেপ গ্রহণ করা উচিত।

ক. অপরিবাহী কাকে বলে? ১

খ. কী কী কারণে তড়িতের ব্যবহার বিপজ্জনক হতে পারে? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. একটি বাল্বের গায়ে 100 W–220 V লেখা আছে। এর ফিলামেন্টের রোধ কত? এর মধ্য দিয়ে কী পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হবে? ৩

ঘ. উল্লিখিত দেশের লোডশেডিং ব্যবস্থা আলোচনা কর। ৪

▸◂ ১৯নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হতে পারে না তাদের অপরিবাহী বলে।

খ. বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি এবং বর্তনীতে যেকোনো ধরনের ত্রুটি বৈদ্যুতিক শক দিতে পারে এবং অগ্নিকান্ড ঘটাতে পারে। শরীরের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে মানুষের মৃত্যুরও ঝুঁকি রয়েছে। নিম্নবর্ণিত তিনটি কারণে তড়িৎশক্তির ব্যবহার বিপজ্জনক হতে পারে।

১. অন্তরকের ক্ষতিসাধন;

২. ক্যাবলের অতি উত্তপ্ত হওয়া;

৩. আর্দ্র অবস্থা।

গ. দেওয়া আছে, বিভব পার্থক্য, $V = 220\ V$

ক্ষমতা, $P = 100\ W$

রোধ, $R = ?$

তড়িৎ প্রবাহ, $I = ?$

আমরা জানি, $P = \frac{V^2}{R}$

$$R = \frac{V^2}{P}$$

$$= \frac{220\ V \times 220\ V}{100\ W}$$

$$= 484\ \Omega$$

আবার, $P = VI$

$$\therefore I = \frac{P}{V}$$

$$= \frac{100\ W}{220\ V}$$

$$= 0.455\ A$$

অতএব, রোধ $484\ \Omega$ এবং তড়িৎ প্রবাহিত হবে $0.455\ A$।

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত দেশটি হলো বাংলাদেশ। নিচে বাংলাদেশের লোডশেডিং ব্যবস্থা আলোচনা করা হলো :

বাংলাদেশের প্রত্যেকটি বিদ্যুৎকেন্দ্র একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ বিদ্যুৎশক্তি উৎপাদন করে। সবগুলো বিদ্যুৎকেন্দ্র থেকে উৎপাদিত বিদ্যুৎ জাতীয় গ্রিডে যোগ হয়। বিভিন্ন এলাকার চাহিদা অনুযায়ী বিদ্যুৎ উপকেন্দ্র জাতীয় গ্রিড থেকে বিদ্যুৎ সংগ্রহ করে। পরবর্তীতে বিদ্যুৎ উপকেন্দ্র গ্রাহক পর্যায়ে এ বিদ্যুৎকে পৌঁছে দেয় বা বিতরণ করে। কোনো নির্দিষ্ট এলাকার বিদ্যুতের চাহিদা উৎপাদন বা সরবরাহের তুলনায় বেশি হলে তখন বিদ্যুৎ উপকেন্দ্রের পক্ষে চাহিদা মেটানো সম্ভব হয়ে ওঠে না। তখন বাধ্য হয়ে উপকেন্দ্র কর্তৃপক্ষ বিতরণ ব্যবস্থার নির্দিষ্ট কিছু এলাকায় কিছু সময়ের জন্য বিদ্যুৎ বিতরণ বন্ধ করে দেয় বা বিদ্যুৎ সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে। একে লোডশেডিং বলে। আবার উপকেন্দ্র যখন প্রয়োজনীয় চাহিদা অনুযায়ী সরবরাহ পায় তখন পুনরায় ঐ এলাকায় বিদ্যুৎ সরবরাহ করে।

যদি লোডশেডিং একনাগাড়ে কয়েক ঘণ্টা স্থায়ী হয় তখন গ্রাহকপর্যায়ে লোডশেডিংকে সহনীয় করতে কর্তৃপক্ষ চক্রাকারে বিভিন্ন এলাকায় লোডশেডিং করে থাকে।

প্রশ্ন –২০ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

নিচের ছকে A, B ও C তিনটি তারের রোধের মান ও আপেক্ষিক রোধ দেওয়া হলো–

বস্তু (তার)	রোধ (Ω)	আপেক্ষিক রোধ (Ω m)
A	10	1.6×10^{-8}
B	15	5.5×10^{-8}
C	20	100×10^{-8}

ক. চলতড়িৎ কী? ১

খ. তড়িৎক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর বিভব 500 V বলতে কী বোঝায়? ২

গ. A তারের ব্যাসার্ধ 0.01 cm হলে এর দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের রোধগুলো শ্রেণি ও সমান্তরাল সমবায়ের ক্ষেত্রে তুল্যরোধের তুলনা কর। ৪

২০নং প্রশ্নের উত্তর

ক. ঋণাত্মক আধান বা ইলেকট্রনের নিরবচ্ছিন্ন প্রবাহকে চলতড়িৎ বলে।

খ. তড়িৎক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর বিভব 500 V বলতে বোঝায় শূন্য বিভবের কোনো স্থান থেকে 1 কুলম্ব ধনাত্মক আধান ঐ বিন্দু পর্যন্ত আনতে 500 J কাজ করতে হবে।

গ. উদ্দীপকে দেওয়া আছে,

A তারের রোধ, $R = 20\ \Omega$

আপেক্ষিক রোধ, $\rho = 1.6 \times 10^{-8}\ \Omega m$

তারের ব্যাসার্ধ, $r = 0.01\ cm = 1 \times 10^{-4}\ m$

তারের ক্ষেত্রফল, $A = \pi r^2 = 3.1416 \times (1 \times 10^{-4}\ m)^2$

$= 3.1416 \times 10^{-8}\ m^2$

তারের দৈর্ঘ্য, $L = ?$

আমরা জানি, $R = \frac{\rho L}{A}$

বা, $L = \frac{RA}{\rho}$

$= \frac{20\ \Omega \times 3.1416 \times 10^{-8}\ m^2}{1.6 \times 10^{-8}\ \Omega m}$

$= 39{\cdot}27\ m$

সুতরাং তারের দৈর্ঘ্য 39·27 m।

ঘ. উদ্দীপক হতে পাই, A তারের রোধ, $R_1 = 10\ \Omega$

B তারের রোধ, $R_2 = 15\ \Omega$

C তারের রোধ, $R_3 = 20\ \Omega$

শ্রেণি সমবায়ে সংযুক্ত থাকলে তুল্যরোধ = R_s

সমান্তরাল সমবায়ে সংযুক্ত থাকলে তুল্যরোধ = R_p

আমরা জানি,

$R_s = R_1 + R_2 + R_3$

$= 10\ \Omega + 15\ \Omega + 20\ \Omega$

$= 45\ \Omega$

আবার, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

$= \frac{1}{10\ \Omega} + \frac{1}{15\Omega} + \frac{1}{20\Omega}$

$= \frac{6 + 4 + 3}{60\ \Omega}$

$= \frac{13}{60\ \Omega}$

$\therefore R_p = 4{\cdot}62\ \Omega$

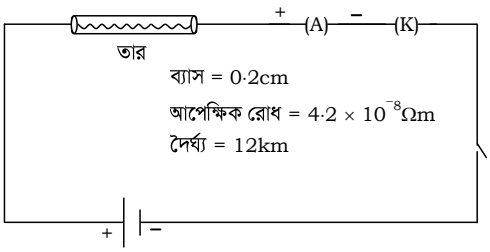
এখন, $\frac{R_s}{R_p} = \frac{45\ \Omega}{4{\cdot}62\ \Omega}$

$= 9{\cdot}74$

$\therefore R_s = 9{\cdot}74 \times R_p$

উপরিউক্ত আলোচনা থেকে বলা যায়, শ্রেণি সমবায়ের ক্ষেত্রে তুল্যরোধ সমান্তরাল সমবায়ের ক্ষেত্রে তুল্যরোধের 9.74 গুণ।

প্রশ্ন –২১ ▶ নিচের বর্তনীটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. রোধ কী? ১

খ. রোধের প্রথম সূত্র ব্যাখ্যা কর। ২

গ. তারটির রোধ নির্ণয় কর। ৩

?

ঘ. রোধের সূত্র থেকে কিভাবে আপেক্ষিক রোধের ধারণা পাওয়া যায় বিশ্লেষণ কর। ৪

▸◂ ২১নং প্রশ্নের উত্তর ▸◂

ক. পরিবাহকের যে ধর্মের জন্য এর মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহ বিঘ্নিত হয় তাকে রোধ বলে।

খ. **রোধের প্রথম সূত্রটি হলো :** তাপমাত্রা স্থির থাকলে পরিবাহকের রোধ এর দৈর্ঘ্য, প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল এবং উপাদানের ওপর নির্ভর করে।

কোনো উপাদানের পরিবাহকের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল অপরিবর্তিত থাকলে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি পরিবাহকের রোধ এর দৈর্ঘ্যের সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

ধরা যাক, কোনো পরিবাহকের দৈর্ঘ্য L, প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A এবং রোধ R হলে, সূত্রানুযায়ী–

$R \propto L$, যখন A ধ্রুবক।

অর্থাৎ, একই উপাদান ও প্রস্থচ্ছেদের লম্বা তারের রোধ বেশি এবং ছোট তারের রোধ কম।

গ. উদ্দীপকে দেওয়া আছে,

আপেক্ষিক রোধ, $\rho = 4.2 \times 10^{-8}\ \Omega m$

তারের ব্যাসার্ধ, $r = \frac{0.2}{2}\ cm = 0.1\ cm = 10^{-3}\ m$

$\therefore$ তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = \pi r^2$

$= 3{\cdot}14 \times (10^{-3}m)^2$

$= 3.14 \times 10^{-6}m^2$

তারের দৈর্ঘ্য, $L = 12\ km = 12 \times 10^3\ m$

তারের রোধ, $R = ?$

আমরা জানি, $R = \rho \frac{L}{A}$

$$= \frac{4{\cdot}2 \times 10^{-8}\Omega m \times 12 \times 10^{3} m}{3{\cdot}14 \times 10^{-6} m^{2}}$$

$$= 160{\cdot}51\ \Omega$$

নির্ণেয় তারটির রোধ $160{\cdot}51\ \Omega$।

ঘ. নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট উপাদানের পরিবাহকের রোধ R শুধু এর দৈর্ঘ্য L ও প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A–এর ওপর নির্ভর করে।

অতএব, রোধের সূত্র থেকে আমরা পাই,

$$R \propto \frac{L}{A}$$

বা, $R = \rho \frac{L}{A}$ ..... (i)

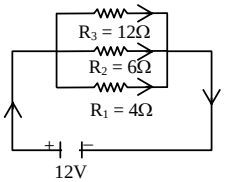
এখানে, ρ একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। একে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পরিবাহকের উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে। (i) নং সমীকরণ হতে লিখতে পারি,

$\rho = \frac{RA}{L}$ ..... (ii)

সুতরাং কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্যের একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের কোনো পরিবাহকের রোধের সংখ্যামান আপেক্ষিক রোধের সংখ্যামানের সমান।

কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 1m দৈর্ঘ্যের ও $1m^2$ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট কোনো পরিবাহকের রোধকে ঐ তাপমাত্রায় ঐ পরিবাহকের আপেক্ষিক রোধ বলে। আপেক্ষিক রোধের একক Ωm।

প্রশ্ন –২২ ▶ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. পরিবাহীতে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয় কখন? ১

খ. রোধক কী? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বর্তনীটির তুল্যরোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. R_1, R_2 এবং R_3 এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহের সমষ্টি বর্তনীর

মূল প্রবাহের সমান কিনা– গাণিতিক
বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও। ৪

২২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যখন পরিবাহীর দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করা হয়, তখন ঐ পরিবাহীতে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়।

খ. নির্দিষ্ট মানের রোধবিশিষ্ট যে পরিবাহী তার কোনো বর্তনীতে ব্যবহার করা হয় তাকে রোধক বলে।

রোধক ব্যবহারের প্রাথমিক উদ্দেশ্য হলো বর্তনীতে প্রবাহিত তড়িতের মান নিয়ন্ত্রণ করা। বর্তনীতে ব্যবহৃত রোধক দুই প্রকার। যথা :

১. স্থির মানের রোধক ও

২. পরিবর্তী রোধক।

গ. উদ্দীপক হতে, $R_1 = 4\Omega$

$R_2 = 6\Omega$

$R_3 = 12\Omega$

তুল্যরোধ, $R_p = ?$

উদ্দীপক চিত্রে R_1, R_2, ও R_3 সমান্তরাল সমবায়ে সংযুক্ত।

$$\therefore \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$= \frac{1}{4\Omega} + \frac{1}{6\Omega} + \frac{1}{12\Omega}$$

$$= \frac{3 + 2 + 1}{12\Omega}$$

$$= \frac{6}{12\Omega}$$

$$\therefore R_p = 2\Omega$$

অতএব, বর্তনীর তুল্যরোধ 2Ω।

ঘ. দেওয়া আছে,

বর্তনীর তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 12$ V

বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_P = 2\Omega$ [‘গ’ থেকে]

বর্তনীর মূল তড়িৎপ্রবাহ, $I = ?$

আমরা জানি, $I = \frac{E}{R_p}$

$$= \frac{12\text{ V}}{2\Omega}$$

$$= 6\text{ A}$$

আবার, R_1 রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ,

$$I_1 = \frac{E}{R_1}$$

$$= \frac{12\ V}{4\Omega} \qquad [\because R_1 = 4\Omega]$$

$$= 3\ A$$

R_2 রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ,

$$I_2 = \frac{E}{R_2}$$

$$= \frac{12\ V}{6\Omega} \qquad [\because R_2 = 6\Omega]$$

$$= 2\ A$$

R_3 রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ,

$$I_3 = \frac{E}{R_3}$$

$$= \frac{12\ V}{12\Omega}$$

$$= 1\ A$$

সুতরাং R_1, R_2, ও R_3 এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের

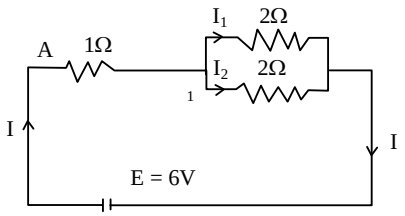
সমষ্টি $I = I_1 + I_2 + I_3$

$= 3\ A + 2\ A + 1\ A$

$= 6\ A$

অতএব, উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যায়, R_1, R_2, ও R_3 এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহের সমষ্টি বর্তনীর মূল প্রবাহের সমান।

প্রশ্ন–২৩ ▶ চিত্রের বর্তনীটি পর্যবেক্ষণ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. তড়িৎ বলরেখা কাকে বলে? ১

খ. একটি তারকে টেনে লম্বা করলে এর রোধ বৃদ্ধি পায় কেন? ২

গ. তুল্যরোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. দেখাও যে, বিভিন্ন রোধে যে বিভব পতন হয় তাদের সমষ্টি, তড়িচ্চালক শক্তির সমান। ৪

২৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো তড়িৎক্ষেত্রে একটি মুক্ত ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে এটি যে পথে পরিভ্রমণ করে তাই তড়িৎ বলরেখা।

খ. আমরা জানি, তারের রোধের দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের ব্যস্তানুপাতিক। একটি তারকে টেনে লম্বা করলে এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায় কিন্তু আয়তন ধ্রুব থাকার কারণে এর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল হ্রাস পায়। এ কারণে তারকে টেনে লম্বা করলে এর রোধ বৃদ্ধি পায়।

গ. উদ্দীপকের বর্তনীতে দেখা যায়, রোধ 2Ω এবং 2Ω সমান্তরাল সংযোগে সংযুক্ত আছে।

$\therefore$ তুল্যরোধ, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{2\ \Omega} + \frac{1}{2\ \Omega}$

বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{1+1}{2}\ \Omega^{-1}$

$\therefore\ R_p = 1\ \Omega$

আবার, $1\ \Omega$ এবং R_p শ্রেণি সংযোগে যুক্ত আছে।

$\therefore$ তুল্যরোধ $R_s = R_p + 1\ \Omega = (1+1)\ \Omega = 2\ \Omega$

নির্ণেয় তুল্যরোধ $2\ \Omega$।

ঘ. উদ্দীপক হতে পাই, তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 6\ V$

তড়িৎ প্রবাহ, $I = ?$

আমরা জানি, $E = IR$

বা, $I = \frac{E}{R}$

$= \frac{6}{2}\ A\ \ [\because\ R = 2\Omega]$

$= 3\ A$

এখন, $1\ \Omega$ রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য,

$V_1 = \frac{I}{R_1} = \frac{3}{1}\ V = 3V$

আবার, 2Ω রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ I_1 হলে,

$I_1 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{V_2}{2}$

$2\ \Omega$ রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ I_1 হলে,

$I_2 = \frac{V_2}{R_3} = \frac{V_2}{2}$

আবার, $I = I_1 + I_2$

বা, $3 = \frac{V_2}{2} + \frac{V_2}{2}$

বা, $3 = \frac{2V_2}{2}$

$\therefore V_2 = 3\ V$

$\therefore$ বিভিন্ন রোধে মোট বিভব পতন = $V_1 + V_2$

$= (3 + 3)\ V$

$= 6\ V$

অতএব, বিভিন্ন রোধে যে বিভব পতন হয়, তাদের সমষ্টি তড়িচ্চালক শক্তির সমান।

প্রশ্ন–২৪ $4\Omega, 5\Omega, 5\Omega, 10\Omega$ বিশিষ্ট চারটি রোধ রয়েছে।

ক. তড়িচ্চালক শক্তি কী? ১

খ. একটি বৈদ্যুতিক বাল্বের গায়ে 220 V – 60 W লেখা আছে– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. রোধগুলো সমান্তরালে যুক্ত করলে তুল্যরোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. তুল্যরোধ 6 Ω হলে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণপূর্বক বর্তনী আঁক। ৪

২৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো তড়িৎ উৎস একক ধনাত্মক আধানকে বর্তনীর এক বিন্দু থেকে উৎসসহ সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে আবার ঐ বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করে, তথা উৎস যে তড়িৎ শক্তি ব্যয় করে তাকে ঐ উৎসের তড়িচ্চালক শক্তি বলে।

খ. বৈদ্যুতিক বাল্বের গায়ে 220 V – 60 W লেখা থাকলে বোঝা যায় 220 V বিভব পার্থক্যে বাল্বটি সংযুক্ত করলে বাল্বটি সবচেয়ে বেশি আলো বিকিরণ করবে এবং প্রতি সেকেন্ডে 60 J হারে বৈদ্যুতিক শক্তি আলো ও তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হবে।

গ. উদ্দীপক হতে, ১ম রোধ, $R_1 = 4\Omega$

২য় রোধ, $R_2 = 5\Omega$

৩য় রোধ, $R_3 = 5\Omega$

৪র্থ রোধ, $R_4 = 10\Omega$

তুল্যরোধ, $R = ?$

রোধগুলো সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করলে তুল্যরোধ

$$\frac{I}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$= \frac{1}{4\Omega} + \frac{1}{5\Omega} + \frac{1}{5\Omega} + \frac{1}{10\Omega}$$

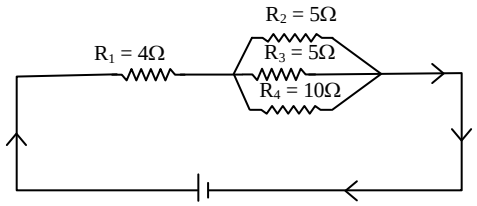
$$= \frac{5 + 4 + 4 + 2}{20\ \Omega}$$

$$= \frac{15}{20\Omega}$$

বা, $R = \frac{20\ \Omega}{15} = 1{\cdot}33\ \Omega$

সুতরাং বর্তনীর তুল্যরোধ হবে $1{\cdot}33\ \Omega$।

ঘ. 5Ω, 5Ω ও $10\ \Omega$ এর রোধ তিনটিকে সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করার পর 4Ω রোধটিকে এদের সাথে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করলে তুল্যরোধ 6Ω হবে। নিচে গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক বর্তনীটি অঙ্কন করা হলো–



বর্তনীতে R_2, R_3 ও R_4 সমান্তরাল সমবায়ে সংযুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_p হলে,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$= \frac{1}{5\Omega} + \frac{1}{5\Omega} + \frac{1}{10\Omega}$$

$$= \frac{2 + 2 + 1}{10\ \Omega}$$

$$= \frac{5}{10\ \Omega}$$

$$\therefore R_p = \frac{10\ \Omega}{5} = 2\ \Omega$$

R_1 ও R_p শ্রেণি সমবায়ে সংযুক্ত। এদের তুল্যরোধ R হলে,

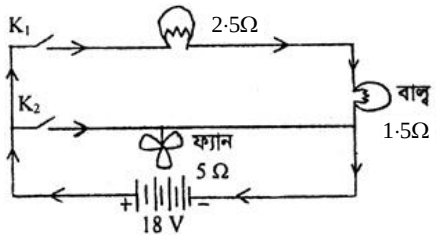
$R = R_1 + R_p$

$= 4\Omega + 2\Omega$

$= 6\ \Omega$

সুতরাং বর্তনীর তুল্যরোধ $6\ \Omega$।

প্রশ্ন–২৫



ক. টেলিভিশনের ক্ষমতা সাধারণত কত? ১

খ. কোনো পরিবাহীর তাপমাত্রা বাড়ালে এটির রোধের কীরূপ পরিবর্তন হবে? ২

গ. উদ্দীপক অনুসারে বর্তনীর মোট তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীটি গৃহস্থালিতে কাজের উপযোগী কিনা–মতামত দাও। ৪

২৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক. টেলিভিশনের ক্ষমতা সাধারণত $60 - 70W$।

খ. পরিবাহীর তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে এর রোধ বৃদ্ধি পায়। আমরা জানি, তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে বস্তুর আন্তঃআণবিক গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। ফলে ঐ বস্তুর মধ্য দিয়ে ইলেকট্রন প্রবাহ তথা তড়িৎ প্রবাহ বাধাগ্রস্ত হয়। এজন্য পরিবাহীর তাপমাত্রা বাড়ালে এটির রোধও বৃদ্ধি পেতে থাকে।

গ. বর্তনীতে বাল্ব দুটি অনুক্রমিক এবং ফ্যান সমান্তরালে সন্নিবেশ করা হয়েছে।

এখানে, প্রথম বাল্বের রোধ, $R_1 = 2{\cdot}5\ \Omega$

দ্বিতীয় বাল্বের রোধ, $R_2 = 1{\cdot}5\ \Omega$

ফ্যানের রোধ, $R_3 = 5\ \Omega$

বর্তনীর তুল্যরোধ, $R = ?$

$$\therefore \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$= \frac{1}{2{\cdot}5\ \Omega + 1{\cdot}5\ \Omega} + \frac{1}{5\ \Omega}$$

$$= \frac{1}{4\ \Omega} + \frac{1}{5\ \Omega} = \frac{5+4}{20}\ \Omega^{-1} = \frac{9}{20}\ \Omega^{-1}$$

$\therefore R = \frac{20}{9}\ \Omega$

দেওয়া আছে, বিভব, $V = 18\ V$

সুতরাং, বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{V}{R} = \frac{18\ V}{\frac{20}{9}\ \Omega} = 8{\cdot}1\ A$

$\therefore$ মোট তড়িৎ প্রবাহ $8{\cdot}1\ A$।

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীটি গৃহস্থালি কাজের উপযোগী কিনা সে সম্পর্কে নিচে আলোচনা করা হলো :

১. বর্তনীতে দুটি বাল্ব অনুক্রমিকভাবে সংযুক্ত। বাল্ব দুটি অনুক্রমিকভাবে সংযুক্ত হওয়ায় একটি বাল্ব জ্বালাতে চাইলে অপর বাল্বটিও জ্বলবে। আবার একটি বন্ধ করতে চাইলে দুটিই বন্ধ হয়ে যাবে।

২. বর্তনীর দুইটি বাল্বের একটির সংযোগ বিচ্ছিন্ন করলে বা ফিউজ হয়ে গেলে অপর বাল্বটিও আর জ্বলবে না।

৩. বাল্ব দুটি শ্রেণিতে যক্ত থাকায় বর্তনীর রোধ বৃদ্ধি পাবে। ফলে বর্তনীর মধ্য দিয়ে কম তড়িৎ প্রবাহিত হবে।

৪. বর্তনীর মধ্য দিয়ে কম তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ায় বাল্ব দুটি তাদের সঠিক ক্ষমতা অনুসারে জ্বলতে পারবে না।

উপরিউক্ত আলোচনা থেকে বলা যায়, উদ্দীপকের বর্তনীটি গৃহস্থালী কাজের উপযোগী নয়।

প্রশ্ন–২৬ $E = 220\ V,\ R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 25\ \Omega$

ক. পরিবাহকত্বের মান কিসের উপর নির্ভরশীল? ১

খ. কোনো পরিবাহীর রোধ কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে? ২

গ. রোধ চারটিকে সমান্তরালে সংযুক্ত করে তুল্যরোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের রোধগুলো কীভাবে সাজালে মূল তড়িৎ প্রবাহ $8{\cdot}8\ A$ হবে– গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

২৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক. পরিবাহকত্বের মান পরিবাহীর উপাদান ও তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল।

খ. কোনো পরিবাহীর রোধ নিচের চারটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে।

১. পরিবাহীর দৈর্ঘ্য,

২. পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল,

৩. পরিবাহীর উপাদান এবং

৪. পরিবাহীর তাপমাত্রা।

গ. উদ্দীপক হতে, $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 25\ \Omega$

তুল্যরোধ, $R_p = ?$

সমান্তরাল সংযোগের ক্ষেত্রে,

আমরা জানি,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$= \frac{1}{25\ \Omega} + \frac{1}{25\ \Omega} + \frac{1}{25\ \Omega} + \frac{1}{25\ \Omega}$$

$$= \frac{1 + 1 + 1 + 1}{25\ \Omega}$$

$$= \frac{4}{25\ \Omega}$$

$$\therefore R_p = \frac{25}{4}\ \Omega = 6{\cdot}25\ \Omega।$$

অতএব, রোধ চারটিকে সমান্তরালে সংযুক্ত করলে তুল্যরোধ হবে $6{\cdot}25\ \Omega$।

ঘ. উদ্দীপকের রোধগুলো যেভাবে সাজালে মূল তড়িৎ প্রবাহ $8{\cdot}8$ A হবে তা নিচে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করা হলো :

উদ্দীপক অনুসারে, তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 220$ V

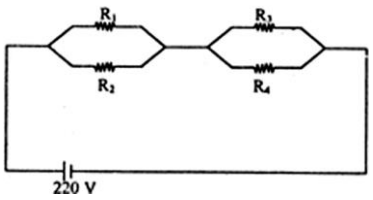
মূল তড়িৎ প্রবাহ, $1 = 8{\cdot}8$ A

তুল্যরোধ, $R = ?$

আমরা জানি, $I = \frac{E}{R}$

বা, $R = \frac{E}{I} = \frac{220\ \text{V}}{8{\cdot}8\ \text{A}} = 25\ \Omega$।

উদ্দীপকের রোধ চারটির মধ্যে প্রথম দুটিকে সমান্তরাল এবং তৃতীয় ও চতুর্থ রোধটিকে সমান্তরালে যুক্ত করে উদ্দীপকের রোধ চারটিকে নিম্নরূপভাবে সাজাতে হবে–



R_1 ও R_2 এর তুল্যরোধ,

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

$$= \frac{1}{25\ \Omega} + \frac{1}{25\ \Omega} = \frac{2}{25\ \Omega}$$

$\therefore R_p = \frac{25\ \Omega}{2} = 12{\cdot}5\ \Omega$

অনুরূপভাবে R_3 ও R_4 এর তুল্যরোধ,

$R_p' = 12{\cdot}5\ \Omega$

R_p এবং R_p' রোধগুলো সিরিজে যুক্ত

$\therefore R = R_p + R_p'$

$= 12{\cdot}5\ \Omega + 12{\cdot}5\ \Omega = 25\ \Omega$

অতএব, উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় R_1 ও R_2 রোধকে সমান্তরালে যুক্ত করে এর সাথে সিরিজে R_3 ও R_4 রোধের সমান্তরাল সমবায় সংযুক্ত করলে মূল তড়িৎ প্রবাহ 25 Ω হবে।

প্রশ্ন –২৭ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

তার	রোধকত্ব (Ωm)
A	100×10^{-8}
B	$1{\cdot}7 \times 10^{-8}$

ক. ড্রাইসেল দিয়ে টর্চ জ্বালালে তড়িৎ শক্তি কিসে রূপান্তরিত হয়। ১

খ. তড়িতের সিস্টেম লস বলতে কী বোঝ? ২

গ. 12 km লম্বা 0·1 cm ব্যাসার্ধবিশিষ্ট A তারের বোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বৈদ্যুতিক হিটারে A ও B এর মধ্যে কোন তারটির ব্যবহার সুবিধাজনক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

▶◀ ২৭নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. ড্রাইসেল দিয়ে টর্চ জ্বালালে তড়িৎ শক্তি আলো ও তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

খ. বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বিদ্যুৎ শক্তি নিম্ন ভোল্টেজে উৎপাদন করা হয়। পরে এই ভোল্টেজকে স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে উচ্চ ভোল্টেজে রূপান্তরিত করা হয়। বিদ্যুৎ সঞ্চালনের জন্য যে সকল পরিবাহী তার ব্যবহার করা হয়

তাদের একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ রোধ থাকে। ফলে এই রোধকে অতিক্রমের জন্য তড়িৎশক্তির একটি অংশ তাপে রূপান্তরিত হয়। অর্থাৎ শক্তির লস বা ক্ষয় হয়। এই লসই হলো তড়িতের সিস্টেম লস।

গ. এখানে,

A তারের রোধকত্ব, $P = 100 \times 10^{-8}\Omega m$

দৈর্ঘ্য, $L = 12\ km = 12000\ m$

ব্যাসার্ধ, $r = 0{\cdot}1cm = 10^2\ m$

$\therefore$ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = \pi r^2 = 3{\cdot}1416 \times (10^{-3})^2 m^2$

$= 3{\cdot}1416 \times 10^{-6} m^2$

রোধ, $R = ?$

আমরা জানি, $R = \rho \frac{L}{A}$

$$= 100 \times 10^{-8} \times \frac{12000}{3{\cdot}1416 \times 10^{-6}}\ \Omega$$

$= 3819{\cdot}71\ \Omega$

অতএব, A তারের রোধ $3819{\cdot}71\ \Omega$

ঘ. বৈদ্যুতিক হিটারে A ও B এর মধ্যে A তারটির ব্যবহার সুবিধাজনক।

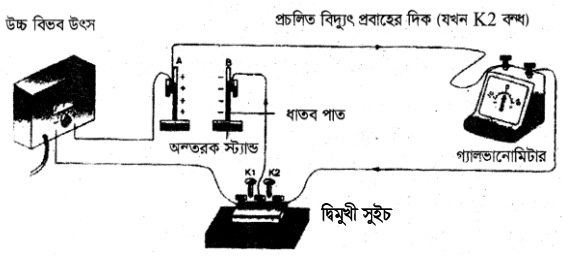
কোনো তারের রোধকত্ব বেশি হলে, সেই তারের রোধ বেশি হয়। বৈদ্যুতিক হিটারে সাধারণত তাপ উৎপন্ন করা হয়। যে বৈদ্যুতিক হিটারে যত বেশি তাপ উৎপন্ন হবে সেই হিটার তত ভালো।

আমরা জানি, তারের রোধ বেশি হলে বিদ্যুৎ প্রবাহে বাধা সৃষ্টি হয় বেশি এবং তা তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

A তারের রোধকত্ব B তারের রোধকত্ব অপেক্ষা বেশি। ফলে A তারে বিদ্যুৎ প্রবাহ বেশি বাধা পাবে এবং বেশি তাপ উৎপন্ন হবে। তাই বৈদ্যুতিক হিটারে যদি B তার ব্যবহার না করে A তার ব্যবহার করা হয়, তবে বেশি তাপ উৎপন্ন হবে, যা সুবিধাজনক।

সুতরাং এটা বলা যায় যে, বৈদ্যুতিক হিটারে A ও B তারের মধ্যে A তারটির ব্যবহার সুবিধাজনক।

প্রশ্ন –২৮ ▶ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



? ক. তড়িৎ প্রবাহ কাকে বলে? ১

খ. অ্যাম্পিয়ার বলতে কী বোঝ? ২

গ. যদি কোনো পরিবাহীর যেকোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে 1 মিনিট সময় ধরে 600 C আধান প্রবাহিত হয় তবে তড়িৎ প্রবাহ কত হবে? ৩

ঘ. উদ্দীপকে উল্লিখিত চিত্রের সাহায্যে গতিশীল আধান কর্তৃক কীভাবে চল তড়িৎ উৎপন্ন হয় ব্যাখ্যা কর। ৪

২৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো পরিবাহীর যেকোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে একক সময়ে যে পরিমাণ আধান প্রবাহিত হয় তাকে তড়িৎ প্রবাহ বলে।

খ. তড়িৎ প্রবাহের একক হলো অ্যাম্পিয়ার।

কোনো বিচ্ছিন্ন আহিত পরিবাহীতে আধান এর পৃষ্ঠে অবস্থান করে এবং চলাচল করতে পারে না। এ ধরনের আধানকে বলা হয় স্থির তড়িৎ আধান। যদি এই আধানের চলাচলের জন্য পরিবহন পথের ব্যবস্থা করা হয় তখন এই আধান পরিবাহীতে আবদ্ধ না থেকে প্রবাহিত হতে শুরু করে। যখন এমনটি ঘটে, তখন আমরা বলি যে, তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়েছে।

একে A দ্বারা সূচিত করা হয়। শূন্য মাধ্যমে কোনো পরিবাহীর যে কোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে 1s–এ 1 C আধান প্রবাহিত হলে যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয় তাকে 1 A বলে।

গ. দেওয়া আছে, সময়, $t = 1$ মিনিট বা 60 s

প্রবাহিত আধান, $Q = 600$ C

তড়িৎ প্রবাহ, $I = ?$

আমরা জানি, $I = \frac{Q}{t}$

$= \frac{600\ C}{60\ s}$

$= 10\ Cs^{-1}$

$= 10$ A

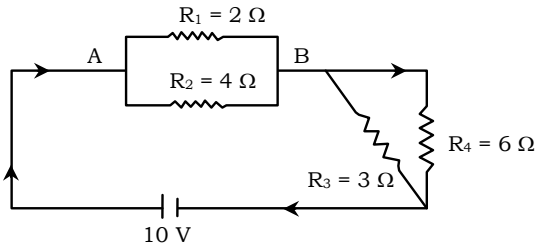
অতএব, তড়িৎ প্রবাহ 10 A।

ঘ. শুরুতেই দুটি প্লাগ চাবি K_1 এবং K_2 উঠিয়ে ফেলা হয় এবং ধাতব পাত A এবং B–কে হাত দ্বারা স্পর্শ করে অনাহিত করা হয়। এবার চাবি K_1 বন্ধ করে দিলে উচ্চ বিভব উৎসটি ধাতব পাত দুটির সাথে সংযুক্ত হবে। এরপর উচ্চ বিভব উৎসের সুইচটি অন করে ধাতব পাত দুটিকে সমপরিমাণ ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক আধানে আহিত করা হয়। এবার চাবি K_1 খুলে ফেলে এবং K_2 চাবি প্লাগে প্রবেশ করালে ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক আধানে আহিত পাত দুটি গ্যালভানোমিটারের সাথে সংযোগের ফলে একটি অবিচ্ছিন্ন পরিবহন পথের সৃষ্টি করবে। এখানে গ্যালভানোমিটার হলো এমন একটি যন্ত্র যা তড়িৎ প্রবাহের অস্তিত্ব নির্ণয় করতে পারে। দেখা যাবে গ্যালভানোমিটারের কাঁটাটি ক্ষণিকের জন্য একদিকে বিক্ষিপ্ত হয়েছে এবং পরক্ষণেই তা পূর্বের অবস্থানে ফিরে এসেছে।

গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ নির্দেশ করে যে, ঋণাত্মক আধানে আহিত পাত B থেকে ইলেকট্রন গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে ধনাত্মক আধানে আহিত পাত A-এ পৌঁছায় এবং এর ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়।

A পাতের ধনাত্মক আধান, B পাত থেকে আগত ঋণাত্মক আধানগ্রস্ত ইলেকট্রন দ্বারা নিষ্ক্রিয় হয়। যার ফলে ধাতব পাত দুটির আধান ক্ষরণের মাধ্যমে ক্ষণস্থায়ী প্রবাহের সৃষ্টি হয়, যা গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ দ্বারা শনাক্ত করা যায়।

প্রশ্ন–২৯ ▶ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



[যশোর জিলা স্কুল]

ক. তড়িৎ বর্তনী কী? ১

খ. কোনো পরিবাহীর রোধ এবং এর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ ভিন্ন হয় কেন ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বর্তনীর রোধগুলোর তুল্যরোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বর্তনীটি বাসাবাড়িতে ব্যবহার উপযোগী করতে রোধগুলোর সংযোগ দিয়ে তাদের তুল্যরোধের রাশিমালা প্রতিপাদন কর। ৪

▶◀ ২৯নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. তড়িৎ প্রবাহ চলার সম্পূর্ণ পথই তড়িৎ বর্তনী।

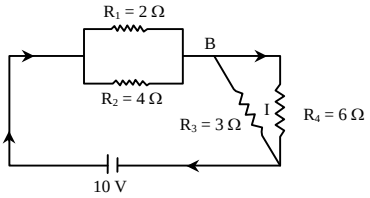
খ. আপেক্ষিক রোধ বস্তুর উপাদানের একটি মৌলিক ধর্ম। এটি বস্তুর আকার, আকৃতি বা আয়তনের উপর নির্ভর করে না। অপরদিকে রোধ বস্তুর আকার, আকৃতি ও আয়তনের উপর নির্ভর করে।

আমরা জানি, কোনো পরিবাহীর রোধ, ঐ পরিবাহীর দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের ব্যস্তানুপাতিক।

অর্থাৎ কোনো পরিবাহীর দৈর্ঘ্য বাড়ালে রোধ বৃদ্ধি এবং দৈর্ঘ্য কমালে রোধ হ্রাস পায়।

তাই কোনো পরিবাহীর রোধ এবং এর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ ভিন্ন হয়।

গ.



বর্তনীতে R_1 এবং R_2 সমান্তরালে সংযুক্ত, তাদের তুল্যরোধ,

$$\frac{1}{R_{p_1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

বা, $\frac{1}{R_{p_1}} = \frac{1}{2\ \Omega} + \frac{1}{4\ \Omega}$

বা, $\frac{1}{R_{p_1}} = \left(\frac{2+1}{4}\right)\Omega^{-1}$

$\therefore\ R_{p_1} = \frac{4}{3}\Omega$

আবার, R_3 এবং R_4 সমান্তরালে সংযুক্ত, তাদের তুল্যরোধ,

$$\frac{1}{R_{p_2}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

বা, $\frac{1}{R_{p_2}} = \frac{1}{3\ \Omega} + \frac{1}{6\Omega}$

বা, $\frac{1}{R_{p_2}} = \left(\frac{2+1}{6}\right)\Omega^{-1}$

$\therefore\ R_{p_2} = \frac{6}{3}\Omega = 2\ \Omega$

আবার, R_{p_1} এবং R_{p_2} শ্রেণিতে সংযুক্ত।

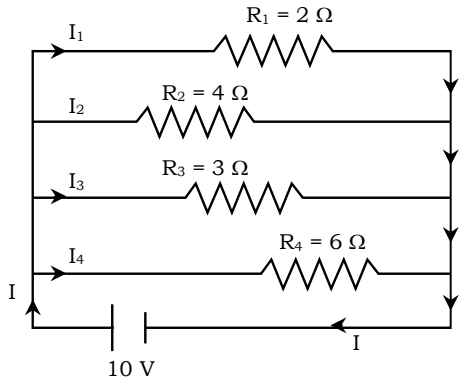
সুতরাং তাদের তুল্যরোধ,

$$R_s = R_{p_1} + R_{p_2}$$

$$= \left(\frac{4}{3} + 2\right)\Omega = \left(\frac{8+6}{3}\right)\Omega = \frac{14}{3}\Omega$$

অতএব, বর্তনীর তুল্যরোধ $\frac{14}{3}\ \Omega$।

ঘ. বর্তনীতে R_1 ও R_2 সমান্তরালে R_3 ও R_4 সমান্তরালে সংযুক্ত আছে। কিন্তু R_1 ও R_2 এর তুল্যরোধ এবং R_3 ও R_4 এর তুল্যরোধ শ্রেণিতে যুক্ত আছে। বর্তনীটি বাসাবাড়িতে ব্যবহার উপযোগী করতে রোধগুলোর সংযোগ সমান্তরালে করতে হবে। ফলে বর্তনীটি হবে :



এখন, সবগুলো রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করা হলে এবং মোট তড়িৎ প্রবাহ I হলে,

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

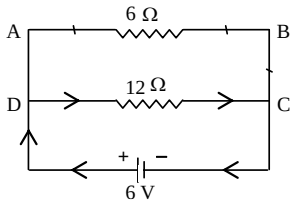
$$\therefore I = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{I}{R_2} + \frac{I}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right) \qquad \left[\because I = \frac{V}{R}\right]$$

বা, $$\frac{V}{R_p} = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)$$

$$\therefore \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

এটিই রোধগুলোর সমান্তরাল সংযোগের তুল্যরোধের রাশিমালা।

প্রশ্ন – ৩০ ▶ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



ক. বৈদ্যুতিক পাখার ক্ষমতা কত? ১

খ. অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের মধ্যে দুইটি পার্থক্য লেখ। ২

গ. CD অংশে কী পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে? ৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্তনীতে কত মানের রোধকে সমান্তরালে যুক্ত করলে প্রবাহমাত্রা 5 গুণ হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মত দাও। ৪

৩০নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বৈদ্যুতিক পাখার ক্ষমতা সাধারণত 65 – 75 W।

খ. অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের মধ্যে দুইটি পার্থক্য নিচে উল্লেখ করা হলো :

অ্যামিটার	ভোল্টমিটার
১. অ্যামিটারের সাহায্যে কোনো বৈদ্যুতিক বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ পরিমাপ করা হয়।	১. ভোল্টমিটারের সাহায্যে কোনো বৈদ্যুতিক বর্তনীর বিভব পার্থক্য পরিমাপ করা হয়।
২. অ্যামিটার বৈদ্যুতিক বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে সংযোগ দিতে হয়।	২. ভোল্টমিটার বৈদ্যুতিক বর্তনীতে যার বিভব নির্ণয় করতে হবে তার সাথে সমান্তরালে সংযোগ দিতে হয়।

গ. দেওয়া আছে, রোধ, $R_1 = 6\Omega$ এবং $R_2 = 12\Omega$

তড়িচ্চালক বল, $E = 6V$

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

$= \frac{1}{6\Omega} + \frac{1}{12\Omega}$

$= \frac{2+1}{12\Omega}$

$= \frac{3}{12}\Omega^{-1}$

$\therefore R_p = 4\Omega$

আবার, বর্তনীর প্রবাহমাত্রা, $I = \frac{E}{R_p}$

$= \frac{6V}{4\Omega}$

$= 1.5\ A$

$\therefore$ CD অংশে প্রবাহমাত্রা, $I' = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) \times I$

$= \left(\frac{6}{6 + 12}\right) \times 1.5\ A$

$= 0{\cdot}5\ A$

অতএব, CD অংশে 0.5 A তড়িৎ প্রবাহিত হবে।

ঘ. 'গ' থেকে পাই, বর্তনীর প্রবাহমাত্রা $I = 1{\cdot}5\ A$

প্রবাহমাত্রা 5 গুণ হলে, $I_1 = (1{\cdot}5 \times 5)\ A = 7{\cdot}5\ A$

তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 6V$

এক্ষেত্রে বর্তনীর তুল্যরোধ প্রয়োজন, $R = \frac{6V}{7{\cdot}5\ A} = 0{\cdot}8\Omega$

ধরি, বর্তনীতে সমান্তরালে x মানের রোধ যুক্ত করতে হবে।

$\therefore \frac{1}{R} = \frac{1}{6\Omega} + \frac{1}{12\Omega} + \frac{1}{x}$

বা, $\frac{1}{0.8\Omega} = \frac{1}{6\Omega} + \frac{1}{12\Omega} + \frac{1}{x}$

বা, $\frac{1}{x} = \frac{1}{0{\cdot}8\Omega} - \frac{1}{6\Omega} - \frac{1}{12\Omega} = (1{\cdot}25 - 0{\cdot}167 - 0{\cdot}0833)\ \Omega^{-1}$

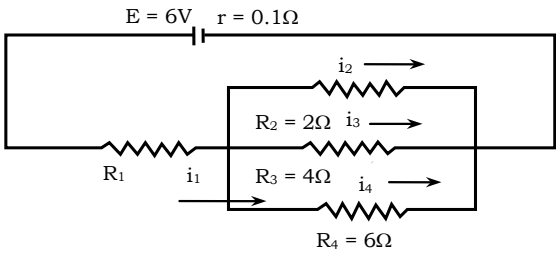
$= 1\Omega^{-1}$

$\therefore x = 1\Omega$

অতএব, বর্তনীতে 1Ω রোধ সমান্তরালে যুক্ত করলে প্রবাহমাত্রা 5 গুণ হবে।

বিভিন্ন স্কুলের নির্বাচিত সৃজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন –৩১ ▶ নিচের বর্তনীটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



[পাবনা ক্যাডেট কলেজ]

ক. সমপ্রবাহ বলতে কী বুঝায়? ১

খ. 220 V – 60 W বলতে কী বুঝায়? ২

গ. উদ্দীপক থেকে i_1 এর মান নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বর্তনীতে মোট বিভব পতন ব্যাটারি কর্তৃক বিভব পতনের সমান– উক্তিটি প্রমাণ কর। ৪

৩১নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তড়িৎ প্রবাহের দিক পরিবর্তন না হওয়াকে সমপ্রবাহ বলে।

খ. কোনো বাল্বের গায়ে 200 V এবং 60 W লেখা থাকলে বোঝা যায়, 220 V বিভব পার্থক্যে বাতিটি সংযুক্ত করলে বাতিটি সবচেয়ে বেশি আলো বিকিরণ করবে এবং প্রতি সেকেন্ডে 60 J হারে বৈদ্যুতিক শক্তি আলো ও তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হবে।

গ. উদ্দীপক বর্তনীতে দেওয়া আছে,

তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 6\ V$

অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 0.1\ \Omega$

$R_1 = 8\ \Omega,\ R_2 = 2\ \Omega,\ R_3 = 4\ \Omega,\ R_4 = 6\ \Omega$

উদ্দীপকের চিত্রে R_2. R_3 ও R_4 সমান্তরালে যুক্ত।

অতএব,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{2\ \Omega} + \frac{1}{4\ \Omega} + \frac{1}{6\ \Omega}$

বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{6 + 3 + 2}{12\Omega}$

বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{11}{12\Omega}$

$\therefore R_p = \frac{12}{11}\ \Omega$

আবার, বর্তনীর মোট তুল্যরোধ R হলে,

$$R = R_1 + R_p$$

$$= 8\ \Omega + \frac{12}{11}\ \Omega$$

$$= \frac{88 + 12}{11}\ \Omega$$

$$= \frac{100}{11}\ \Omega$$

$$= 9.09\ \Omega$$

এখন, $i_1 = \frac{E}{R + r} = \frac{6\ V}{9.09\ \Omega + 0.1\ \Omega}$

$$= \frac{6V}{9{\cdot}19\Omega}$$

$$= 0.653\ A$$

অতএব, i_1 এর মান 0.653 A।

ঘ. এখানে, তড়িৎ প্রবাহ, I = 0.653 A ['গ' থেকে প্রাপ্ত]

রোধ, R = 9.09 Ω ['গ' থেকে প্রাপ্ত]

∴ বর্তনীতে মোট বিভব পতন, V = IR

$= 0.653\ A \times 9.09\ \Omega$

$= 5.936\ V$

আবার, হারানো ভোল্ট, $V' = Ir$

$= 0.653\ A \times 0.1\ \Omega$

$= 0.0653\ V$

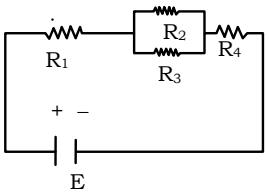
অতএব, বর্তনীতে মোট বিভব পতন = $V + V' = 5.936\ V + 0.065\ V$

$= 6\ V = E$

অর্থাৎ, সম্পূর্ণ বর্তনীতে বিভব পতন ব্যাটারি কর্তৃক বিভব পতনের সমান।

প্রশ্ন–৩২ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

নিচের চিত্রে $R_1 = 50\ \Omega$, $R_2 = 100\ \Omega$, $R_3 = 1500\ \Omega$ এবং $R_4 = 200\ \Omega$ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি 3 V।



[ময়মনসিংহ জিলা স্কুল]

ক. অর্ধপরিবাহী কী? ১

খ. ও'মের সূত্রটি বিবৃত কর ও ব্যাখ্যা কর। ২

গ. R_4 এর তড়িৎ প্রবাহমাত্রা ও এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. যদি R_4 এর সাথে $100\ \Omega$ মানের একটি রোধ সমান্তরালে যুক্ত করা হয় তবে তড়িৎ প্রবাহমাত্রা কত হবে? ৪

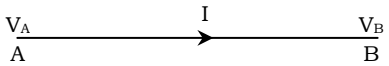
৩২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে সকল পদার্থের তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা সাধারণ তাপমাত্রায় পরিবাহী এবং অপরিবাহী পদার্থের মাঝামাঝি, সে সকল পদার্থকে অর্ধপরিবাহী বলে।

খ. ও'মের সূত্র হলো–

তাপমাত্রা স্থির থাকলে কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে যে তড়িৎ প্রবাহ চলে তা ঐ পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক।

মনে করি, AB একটি পরিবাহী তার। এর দুই প্রান্তের বিভব যথাক্রমে V_A এবং V_B। যদি $V_A > V_B$ হয়, তাহলে পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য হবে $V = V_A - V_B$।



এখন স্থির তাপমাত্রার পরিবাহীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ I হলে, ও'মের সূত্রানুসারে,

$$I \propto V$$

$$\text{বা, } \frac{V}{I} = R = \text{ধ্রুবক।}$$

গ. R_2 ও R_3 সমান্তরালে যুক্ত তাই এর তুল্যরোধ,

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$= \frac{1}{100\ \Omega} + \frac{1}{1500\ \Omega}$$

$$= \frac{15 + 1}{1500\ \Omega} = \frac{16}{1500\Omega}$$

$\therefore R_p = 93{\cdot}75\ \Omega$

এখন, R_1, R_P ও R_4 শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত,

$\therefore$ বর্তনীর তুল্যরোধ,

$$R_s = R_1 + R_p + R_4$$

$= 50\ \Omega + 93{\cdot}75\ \Omega + 200\ \Omega = 343{\cdot}75\ \Omega$

এখানে, তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 3V$

$\therefore$ R_4 এর তড়িৎ প্রবাহমাত্রা I হলে,

$E = IR_s$

বা, $I = \frac{E}{R_s}$

$= \frac{3\ V}{343{\cdot}75\ \Omega}$

$\therefore I = 8.727 \times 10^{-3}A$

R_4 এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V হলে,

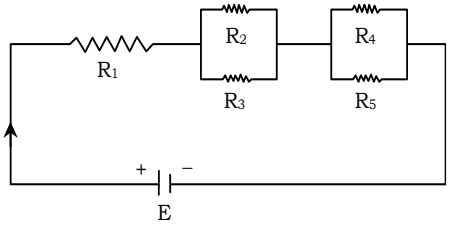
$V = IR_4$

$= 8{\cdot}727 \times 10^{-3}A \times 200\ \Omega$

$= 1{\cdot}75\ V$

$\therefore$ R_4 এর তড়িৎ প্রবাহমাত্রা $8{\cdot}727 \times 10^{-3}$ A এবং দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 1·75 V।

ঘ. R_4 এর সাথে $R_5 = 100\ \Omega$ রোধ সমান্তরাল যুক্ত করলে বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ :



এখানে, R_2 ও R_3 এর তুল্যরোধ, R_p হলে,

$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

$= \frac{1}{100\ \Omega} + \frac{1}{1500\ \Omega} = \frac{15 + 1}{1500\ \Omega} = \frac{16}{1500\Omega}$

$\therefore$ $R_p = 93{\cdot}75\ \Omega$

R_4, R_5 এর তুল্যরোধ R'_p হলে,

$\frac{1}{R'_p} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$

$= \frac{1}{200\ \Omega} + \frac{1}{100\ \Omega} = \frac{1 + 2}{200\ \Omega} = \frac{3}{200\Omega}$

$\therefore$ $R'_p = 66{\cdot}67\ \Omega$

R_1, R_p ও R'_p শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত,

$\therefore$ বর্তনীর মোট তুল্যরোধ,

$R_s = R_1 + R_p + R'_p$

$= 50\ \Omega + 93{\cdot}75\ \Omega + 66{\cdot}67\ \Omega = 210{\cdot}42\ \Omega$

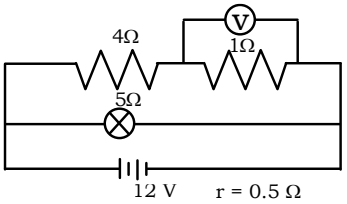
$\therefore$ তড়িৎ প্রবাহমাত্রা I হলে, $E = IR_s$

$$\text{বা, } I = \frac{E}{R_s} = \frac{3V}{210{\cdot}42\ \Omega}$$

$$\therefore I = 0{\cdot}014\ A$$

অতএব, নতুন রোধ যুক্ত করলে তড়িৎ প্রবাহ $0{\cdot}014$ A হবে।

প্রশ্ন –৩৩ ▶ নিচের বর্তনীটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



[রংপুর জিলা স্কুল]

ক. বর্তনী কাকে বলে? ১

খ. তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর বিভব 12 V বলতে কী বোঝ? ২

গ. বৈদ্যুতিক বাতির ক্ষমতা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. ভোল্টমিটারের পাঠ নির্ণয় কর। ৪

▶◀ ৩৩নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. তড়িৎ প্রবাহ চলার সম্পূর্ণ পথকে তড়িৎ বর্তনী বলে।

খ. তড়িৎক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর বিভব 12 V বলতে বোঝায় শূন্য বিভবের কোনো স্থান থেকে 1 কুলম্ব ধনাত্মক আধান ঐ বিন্দু পর্যন্ত আনতে 12 J কাজ করতে হবে।

গ. এখানে, রোধ, $R_1 = 4\ \Omega$, $R_2 = 1\ \Omega$, $R_3 = 5\ \Omega$

অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 0.5\ \Omega$

তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 12$ V

ক্ষমতা, $P = ?$

R_1 ও R_2 এর তুল্যরোধ, $R_s = (4 + 1)\ \Omega = 5\Omega$

∴ বর্তনীর মোট তুল্যরোধ, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_3}$

বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{5\Omega} + \frac{1}{5\Omega} = \frac{2}{5}\,\Omega^{-1}$

$\therefore R_p = \frac{5}{2}\,\Omega$

∴ প্রবাহমাত্রা, $I = \frac{E}{R_p + r} = \frac{12\text{ V}}{\left(\frac{5}{2} + 0.5\right)\Omega} = 4\text{ A}$

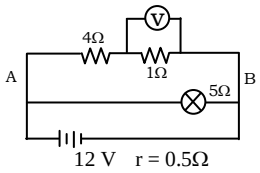
∴ বাতির মধ্য দিয়ে প্রবাহমাত্রা, $I_p = \frac{5\,\Omega}{(5+5)\,\Omega} \times 4\text{ A}$

$= 2\text{ A}$

∴ বাতির ক্ষমতা, $P = I_1^2 R_3 = (2)^2 \times 3 = 12\text{ W}$

ঘ. এখানে, তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 12\text{ V}$

অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 0.5\,\Omega$



∴ A ও B প্রান্তের বিভব পার্থক্য, $V = E - Ir$

$= 12\text{ V} - (4 \times 0{\cdot}5)\text{ V}$

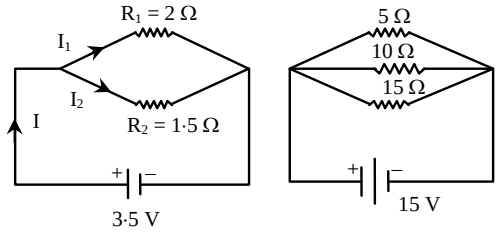
$= 10\text{ V}$

সুতরাং ভোল্টমিটারের পাঠ হবে = $\left(\frac{1\Omega}{1\Omega + 4\Omega}\right) \times 10\text{ V}$

$= 2\text{ V}$

অতএব, ভোল্টমিটারের পাঠ 2 V।

প্রশ্ন–৩৪ ▶ বর্তনীসমূহ লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



[কুমিল্লা জিলা স্কুল]

ক. তড়িৎ বলরেখা কী? ১

খ. আবেশি আধান ও আবিষ্ট আধান বলতে কী বোঝ? ২

গ. চিত্র–১ এ $I = ?$ ৩

ঘ. চিত্র–২ এ বর্তনী কীভাবে পুনর্বিন্যস্ত করলে $I = 2$ A হবে? বর্তনী অঙ্কন কর এবং বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তড়িৎক্ষেত্রে একটি মুক্ত ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে এটি যে পথে পরিভ্রমণ করে তাকে তড়িৎ বলরেখা বলে।

খ. যে আধান কোনো অনাহিত পরিবাহকে আবেশ সৃষ্টি করে তাকে আবেশি আধান বলে।

আবেশি আধানের প্রভাবে কোনো অনাহিত পরিবাহকে যে আধানের সঞ্চার হয়, তাকে আবিষ্ট আধান বলে।

গ. চিত্রে–১ থেকে পাই, $R_1 = 2\Omega$

$R_2 = 1{\cdot}5\ \Omega$

$V = 3{\cdot}5$ V

যেহেতু R_1 ও R_2 সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত,

যেহেতু $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

$= \frac{1}{2\ \Omega} + \frac{1}{1{\cdot}5\Omega}$

$= \frac{1{\cdot}5 + 2}{3\ \Omega}$

$= \frac{3{\cdot}5}{3\ \Omega}$

$\therefore R_p = 0{\cdot}857\ \Omega$

আবার, $I = \frac{V}{R_p}$

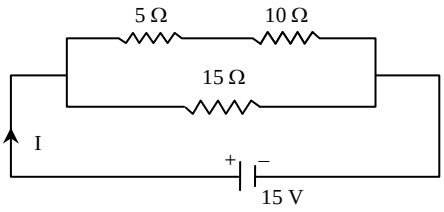
$= \frac{3{\cdot}5\ V}{0{\cdot}857\ \Omega}$

$= 4{\cdot}084$ A

অতএব, চিত্র–১ এ, $I = 4{\cdot}084$ A

ঘ. চিত্র–২ এর বর্তনীটি নিম্নলিখিতভাবে পুনর্বিন্যস্ত করলে $I = 2$A হবে।

এক্ষেত্রে, 5 Ω ও 10 Ω রোধ দুটি শ্রেণিতে সংযোগ দিয়ে তাদের সাথে 15 Ω রোধকে সমান্তরালে সংযোগ দিতে হবে।



এখন, 4Ω ও 10 Ω এর তুল্যরোধ,

$R_s = 5\ \Omega + 10\ \Omega = 15\ \Omega$

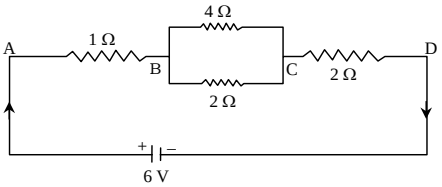
আবার, R_S ও 15 Ω এর তুল্যরোধ,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_s} + \frac{1}{15\ \Omega} = \frac{1}{15\ \Omega} + \frac{1}{15\ \Omega} = \frac{1+1}{15\ \Omega} = \frac{2}{15}\ \Omega^{-1}$$

$$\therefore\ R_p = \frac{15}{2}\ \Omega$$

$$\therefore\ \text{তড়িৎ প্রবাহ, } I = \frac{15\ V}{\frac{15}{2}\ \Omega} = 2\ A$$

প্রশ্ন –৩৫ ▶ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



[সিলেট সরকারি পাইলট উচ্চ বিদ্যালয়]

ক. তুল্যরোধ কী? ১

খ. বর্তনীতে ফিউজ ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. বর্তনীর C ও D বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বর্তনীর চারটি রোধ কীভাবে যুক্ত করলে তুল্যরোধ 4.5 Ω হবে বর্তনী এঁকে ব্যাখ্যা কর। ৪

৩৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক. রোধের কোনো সন্নিবেশে রোধগুলোর পরিবর্তে সমমানের যে একটি মাত্র রোধ ব্যবহার করলে বর্তনীর প্রবাহ ও বিভব পার্থক্যের কোনো পরিবর্তন হয় না উক্ত রোধকে ঐ সন্নিবেশের তুল্যরোধ বলে।

খ. ফিউজ হলো একটি নিরাপত্তামূলক কৌশল। বৈদ্যুতিক বর্তনীতে অধিক তড়িৎপ্রবাহ প্রতিরোধের জন্য ফিউজ অন্তর্ভুক্ত করা হয়। একটি স্বল্প দৈর্ঘ্যের চিকন তার ফিউজ হিসেবে ব্যবহার করা হয়। নির্দিষ্ট মানের তড়িৎপ্রবাহ অপেক্ষা বেশি তড়িৎ প্রবাহিত হলে ফিউজটি উত্তপ্ত হয় এবং গলে যায়। এতে বর্তনী বিচ্ছিন্ন হয় এবং বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি নষ্ট হওয়ার হাত থেকে রক্ষা পায়।

গ. উদ্দীপকের চিত্র হতে পাই,

$4\ \Omega$ ও $2\ \Omega$ রোধ দুটি সমান্তরালে থাকায় তুল্যরোধ,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{4\Omega} + \frac{1}{2\Omega}$$

$$= \frac{1+2}{4}\ \Omega^{-1} = \frac{3}{4}\ \Omega^{-1}$$

$$\therefore\ R_p = \frac{4}{3}\ \Omega = 1.33\ \Omega$$

আবার, বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_s = 1\ \Omega + 1.33\ \Omega + 2\ \Omega$

$$= 4.33\ \Omega$$

এখন, বর্তনীর মোট প্রবাহমাত্রা,

$$I = \frac{V}{R_s}$$

$$= \frac{6\ V}{4.33\ \Omega} = 1.4\ A$$

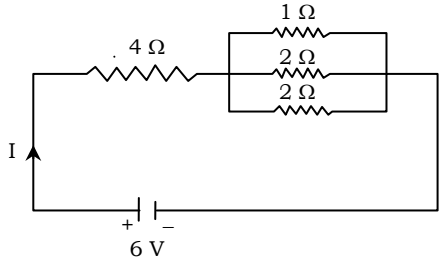
$\therefore$ C ও D বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য,

$$V_{CD} = IR_{CD}$$

$$= 1.4\ A \times 2\ \Omega = 2.8\ V$$

অতএব, C ও D এর মধ্যে বিভব পার্থক্য 2.8 V।

ঘ. বর্তনীর চারটি রোধ নিম্নোক্তভাবে সংযুক্ত করলে তুল্যরোধ হবে $4.5\ \Omega$



বর্তনী হতে পাই,

1 Ω, 2 Ω ও 2 Ω রোধ তিনটি সমান্তরাল সমবায়ে থাকায় এদের তুল্যরোধ,

$$\frac{1}{R_p} = \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\right)\Omega^{-1}$$

$$= \left(\frac{2+1+1}{2}\right)\Omega^{-1} = \frac{4}{2}\Omega^{-1}$$

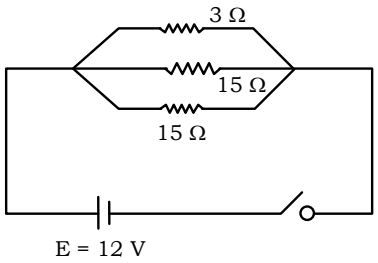
$$\therefore R_p = \frac{2}{4}\Omega = 0.5\ \Omega$$

আবার, R_p, 4 Ω রোধের সাথে শ্রেণিতে আছে তাই বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_s = 4\ \Omega + 0.5\ \Omega$

$$\therefore R_s = 4.5\ \Omega$$

অতএব, বর্তনীর চারটি রোধ উপরিউক্তভাবে সাজালে বর্তনীর তুল্যরোধ হয় 4.5 Ω।

প্রশ্ন –৩৬ ▶ নিচের বর্তনীটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



[জামালপুর জিলা স্কুল]

ক. ও'মের সূত্রটি লেখ। ১

খ. অন্তরকের পরিবাহকত্বের উপর তাপের প্রভাব ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উল্লিখিত সার্কিটের মোট তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. যদি রোধ তিনটিকে শ্রেণিতে যুক্ত করা হয় তবে তড়িৎ প্রবাহের কোনো পরিবর্তন হবে কিনা গাণিতিক যুক্তি দাও। ৪

▶◀ ৩৬নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. ও'মের সূত্রটি হলো– তাপমাত্রা স্থির থাকলে কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে যে তড়িৎ প্রবাহ চলে তা ঐ পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক।

খ. অন্তরক হলো সে সকল পদার্থ যেগুলো স্বাভাবিক তাপমাত্রায় তড়িৎ পরিবহন করে না।
উচ্চতাপ প্রয়োগে অন্তরক পদার্থ অর্ধপরিবাহীর ন্যায় আচরণ করে। অর্থাৎ তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে অন্তরকের পরিবাহকত্ব বৃদ্ধি পায়।

গ. উদ্দীপক হতে,

বর্তনীর ১ম রোধ, R_1 = 3 Ω

বর্তনীর ২য় রোধ, R_2 = 15 Ω

বর্তনীর ৩য় রোধ, R_3 = 15 Ω

তড়িচ্চালক শক্তি, E = 12 V

তড়িৎ প্রবাহ, I = ?

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

$= \frac{1}{3\Omega} + \frac{1}{15\Omega} + \frac{1}{15\ \Omega}$

$= \frac{5 + 1 + 1}{15\ \Omega}$

$= \frac{7}{15\ \Omega}$

$\therefore R_p = 2.14\ \Omega$

আমরা জানি, $I = \frac{E}{R_p}$

$= \frac{12\ V}{2.14\ \Omega}$

$\therefore I = 5.61\ A$

অতএব, সার্কিটের বর্তনীর মোট তড়িৎ প্রবাহ 5.6 A।

ঘ. সার্কিটের রোধ তিনটিকে শ্রেণিতে যুক্ত করা হলে তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন ঘটবে।
নিচে গাণিতিক যুক্তি প্রদান করা হলো–

সার্কিটের ১ম রোধ, $R_1 = 3\ \Omega$

২য় রোধ, $R_2 = 15\ \Omega$

৩য় রোধ, $R_3 = 15\ \Omega$

সার্কিটের রোধ তিনটিকে শ্রেণিতে যুক্ত করা হলে তুল্যরোধ হবে,

$R_s = R_1 + R_2 + R_3$

$= 3\ \Omega + 15\ \Omega + 15\ \Omega = 33\ \Omega$

তড়িৎ প্রবাহ, $I' = ?$

আমরা জানি, $I' = \frac{E}{R_s}$

$= \frac{12\ V}{33\ \Omega}$

$= 0.33\ \Omega$

$= 0.364\ A$

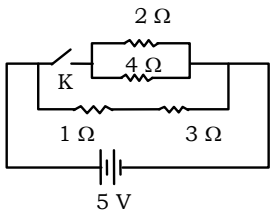
$\therefore$ তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন $= I - I'$

$= 5.61\ A - 0.364\ A$ [$\because I = 5{\cdot}61A$]

$= 5.246\ A$

সুতরাং রোধ তিনটিকে শ্রেণিতে যুক্ত করা হলে তড়িৎ প্রবাহ 5.246 A হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন –৩৭ ▶ নিচের বর্তনীটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



[মতিঝিল মডেল হাইস্কুল অ্যান্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. 1 amp বলতে কী বোঝ? ১

খ. তড়িৎ প্রবাহের প্রকৃত দিক প্রচলিত দিকের বিপরীত– ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চাবি (K) বন্ধ বা সংযুক্ত থাকা অবস্থায় বর্তনীর তুল্যরোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. K বন্ধ ও খোলা থাকা অবস্থায় বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহের কোনো পরিবর্তন হবে কী? ব্যাখ্যা কর। ৪

▶◀ ৩৭নং প্রশ্নের উত্তর ▶◀

ক. শূন্য মাধ্যমে কোনো পরিবাহীর যেকোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে 1 সেকেন্ডে 1 কুলম্ব আধান প্রবাহিত হলে যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয় তাকে 1 amp বলে।

খ. প্রথম যখন চল তড়িৎ আবিষ্কৃত হয়, তখন মনে করা হতো যে ধনাত্মক আধানের প্রবাহের ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয় এবং এই ধনাত্মক আধান উচ্চতর বিভব থেকে নিম্নতর বিভবের দিকে প্রবাহিত হয়। তাই তড়িৎ প্রবাহের প্রচলিত দিক ধরা হয় উচ্চতর বিভব থেকে নিম্নতর বিভবের দিকে অথবা তড়িৎ কোষের ধনাত্মক পাত থেকে ঋণাত্মক পাতের দিকে। কিন্তু আমরা জানি যে, প্রকৃতপক্ষে তড়িৎ প্রবাহ হলো ঋণাত্মক আধান তথা ইলেকট্রনের প্রবাহের জন্য ফলে তড়িৎ প্রবাহের প্রকৃত দিক হলো নিম্নতর বিভব থেকে উচ্চতর বিভবের দিকে অর্থাৎ তড়িৎ কোষের ঋণাত্মক পাত থেকে ধনাত্মক পাতের দিকে। সুতরাং তড়িৎ প্রবাহের প্রকৃত দিক প্রচলিত দিকের বিপরীত।

গ. চাবি K বন্ধ থাকলে বর্তনীর সবগুলো রোধ কার্যকর থাকবে,

ধরি, $R_1 = 2\ \Omega$, $R_2 = 4\ \Omega$, $R_3 = 1\ \Omega$, $R_4 = 3\ \Omega$.

এক্ষেত্রে, R_1 ও R_2 সমান্তরালে সংযুক্ত

$\therefore$ R_1 ও R_2 এর তুল্যরোধ,

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

$$\text{বা, } \frac{1}{R_p} = \frac{1}{2\Omega} + \frac{1}{4\Omega} = \frac{2+1}{4\Omega} = \frac{3}{4}\,\Omega^{-1}$$

$$\therefore R_p = \frac{4}{3}\,\Omega$$

আবার, R_3 ও R_1 শ্রেণিতে সংযুক্ত

সুতরাং, এদের তুল্যরোধ, $R_s = R_3 + R_4$

$$\text{বা, } \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{4}{3}\,\Omega} + \frac{1}{4\,\Omega}$$

$$= \frac{3}{4\Omega} + \frac{1}{4\Omega} = \frac{3+1}{4\Omega} = \frac{4}{4}\,\Omega^{-1}$$

$$\therefore R = 1\ \Omega$$

অতএব, চাবি বন্ধ থাকলে বর্তনীর তুল্যরোধ হবে 1 Ω।

ঘ. চাবি K বন্ধ অবস্থায় বর্তনীর তুল্যরোধ, $R = 1\ \Omega$ [‘গ’ নং থেকে]

তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 5$ V

$\therefore$ K বন্ধ থাকা অবস্থায় বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ I_1 হলে,

$$I_1 = \frac{E}{R} = \frac{5\ \text{V}}{1\Omega} = 5\ \text{A}$$

আবার, K বন্ধ ও খোলা থাকা অবস্থায় বর্তনীর তুল্যরোধ হবে, $R_s = 4\ \Omega$

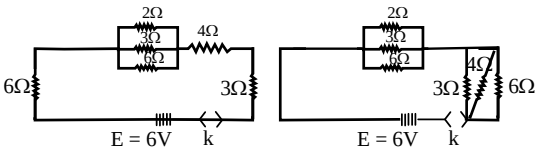
এখন, K খোলা অবস্থায় বর্তনীর প্রবাহমাত্রা I_2 হলে,

$$I_2 = \frac{E}{R_s} = \frac{5\ V}{4\ \Omega} = 1.25\ A$$

এখানে, $I_1 \neq I_2$

অতএব, K বন্ধ ও খোলা থাকা অবস্থায় বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন হবে।

প্রশ্ন–৩৮ ▶ নিচের চিত্রটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



চিত্র : A চিত্র : B

[আদমজী ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল, ঢাকা]

ক. সমান্তরাল সংযোগ কী? ১

খ. কুলম্বের সূত্র ব্যাখ্যা কর। ২

গ. বর্তনী B এর তুল্যরোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. K সংযোগ থাকা অবস্থায় A ও B বর্তনীর কোনটিতে অধিক তড়িৎ প্রবাহিত হবে–গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

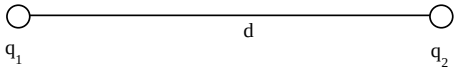
৩৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তড়িৎ উপকরণগুলো যদি এমনভাবে সাজানো থাকে যে প্রত্যেকটির একপ্রান্ত একটি সাধারণ বিন্দুতে এবং অপর প্রান্তগুলো অন্য একটি সাধারণ বিন্দুতে সংযুক্ত থাকে তবে তাকে সমান্তরাল সংযোগ বলে।

খ. কুলম্বের সূত্রটি হলো–

নির্দিষ্ট মাধ্যমে দুটি বিন্দু আধানের মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান আধানদ্বয়ের গুণফলের সমানুপাতিক। মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক এবং এই বল এদের সংযোজক সরলরেখা বরাবর ক্রিয়া করে।

মনে করি, দুটি আধানের পরিমাণ যথাক্রমে q_1 ও q_2 এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্ব d।



আধানদ্বয়ের মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল F হলে, কুলম্বের সূত্রানুসারে, $F \propto \frac{q_1\ q_2}{d_2}$

বা, $F = C\ \frac{q_1\ q_2}{d_2}$

এখানে, C একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক।

গ. B -বর্তনীর ক্ষেত্রে, $R_1 = 2\Omega$

$R_2 = 3\Omega$

$R_3 = 6\Omega$

$R_4 = 3\Omega$

$R_5 = 4\Omega$

$R_6 = 6\Omega$

R_1, R_2 ও R_3 সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত,

$$\therefore \frac{1}{R_{p_1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

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

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

$$= \frac{6}{6\Omega}$$

$$\therefore R_{p_1} = 1\Omega$$

আবার, R_4, R_5 ও R_6 সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত,

$$\frac{1}{R_{p_2}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6}$$

$$= \frac{1}{3\Omega} + \frac{1}{4\Omega} + \frac{1}{6\Omega}$$

$$= \frac{4 + 3 + 2}{12\Omega}$$

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

$$\therefore R_{p_2} = \frac{4}{3}\Omega$$

অতএব, B বর্তনীর তুল্যরোধ $R = R_{p_1} + R_{p_2}$

$$= \left(1 + \frac{4}{3}\right)\Omega = 2{\cdot}33\Omega$$

ঘ. A -বর্তনীর ক্ষেত্রে,

$R_1 = 2\Omega$

$R_2 = 3\Omega$

$R_3 = 6\Omega$

$R_4 = 6\Omega$

$R_5 = 4\Omega$

$R_6 = 3\Omega$

R_1, R_2 ও R_3 সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত,

$$\therefore \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

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

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

$$= \frac{6}{6\Omega}$$

$\therefore R_p = 1\Omega$

আবার, R_p এ সাথে R_4, R_5 ও R_6 শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত,

$R_s = R_p + R_4 + R_5 + R_6$

$= 1\Omega + 6\Omega + 4\Omega + 3\Omega$

$= 14\Omega$

অতএব, A বর্তনীর তুল্যরোধ 14Ω।

K সংযোগ থাকা অবস্থায় A বর্তনীতে প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ,

$$I_A = \frac{E}{R_s + r}$$

$$= \frac{6V}{14\Omega + 0{\cdot}7\Omega}$$

$$= \frac{6V}{14.7\Omega}$$

$\therefore I_A = 0.41$ A

এখানে,
$E = 6V$
$r = 0.7\Omega$
$R_s = 14\Omega$

আবার, 'গ' থেকে পাই, B বর্তনীর তুল্যরোধ $2{\cdot}33\ \Omega$

সুতরাং K সংযোগ থাকা অবস্থায় B বর্তনীতে প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ,

$$I_B = \frac{E}{R_s + r}$$

এখানে,
$E = 6V$
$R_s = 2{\cdot}33\Omega$

$$= \frac{6V}{2{\cdot}33\Omega + 0{\cdot}7\Omega} \quad \left| \; r = 0.7\Omega \right.$$

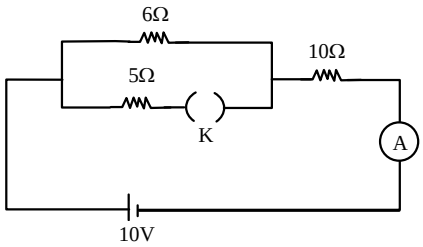
$$= \frac{6V}{3{\cdot}03\Omega}$$

$$\therefore I_B = 1{\cdot}98\ A$$

এখানে, $I_A < I_B$

অতএব, K সংযোগ থাকা অবস্থায় A বর্তনী অপেক্ষা B বর্তনীতে বেশি পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হবে।

প্রশ্ন–৩৯



[ঢাকা রেসিডেনসিয়াল মডেল কলেজ, ঢাকা]

ক. তড়িৎ বিভব কী? ১

খ. ও'মের সূত্রের জন্য I–V লেখচিত্রটির প্রকৃতি ব্যাখ্যা কর। ২

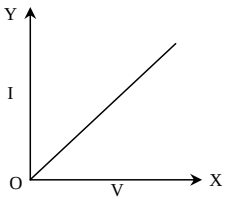
গ. K অন অবস্থায় Ammeter এর পাঠ বের কর। ৩

ঘ. K অন ও অফ অবস্থায় 6 Ω রোধের জন্য বিভব পার্থক্য কেমন হবে– গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

৩৯নং প্রশ্নের উত্তর

ক. অসীম দূরত্ব থেকে প্রতি একক ধনাত্মক আধানকে তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয় তাই ঐ বিন্দুর তড়িৎ বিভব।

খ. তাপমাত্রা স্থির থাকলে কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে যে তড়িৎপ্রবাহ চলে তা ঐ পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক। অর্থাৎ, পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য দ্বিগুণ করা হলে পরিবাহীর মধ্য দিয়ে দ্বিগুণ তড়িৎ প্রবাহিত হবে।



একটি ছক কাগজের X অক্ষ বরাবর পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V এবং Y অক্ষ বরাবর তড়িৎ প্রবাহ I স্থাপন করে লেখচিত্র অঙ্কন করলে এটি একটি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা হবে।

গ. উদ্দীপক হতে,

তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 10\ V$

বর্তনীর ১ম রোধ, $R_1 = 6\ \Omega$

বর্তনীর ২য় রোধ, $R_2 = 5\ \Omega$

বর্তনীর ৩য় রোধ, $R_3 = 10\ \Omega$

Ammeter এর পাঠ, $I = ?$

১ম ও ২য় রোধ সমান্তরাল সমবায়ে সংযুক্ত।

এদের তুল্যরোধ R_p হলে,

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

$$= \frac{1}{6\ \Omega} + \frac{1}{5\ \Omega}$$

$$= \frac{5+6}{30\ \Omega} = \frac{11}{30}\ \Omega^{-1}$$

বা, $R_P = \frac{30}{11}\ \Omega = 2{\cdot}727\ \Omega$

R_p ও R_3 শ্রেণি সমবায়ে সংযুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_s হলে,

$R_s = R_p + R_3 = 2{\cdot}727\ \Omega + 10\ \Omega = 12{\cdot}727\ \Omega$

আমরা জানি, $I = \frac{E}{R} = \frac{10\ V}{12{\cdot}727\ \Omega} = 0{\cdot}786\ A$

সুতরাং, K অন অবস্থায় অ্যামিটারের পাঠ $0{\cdot}786\ A$।

ঘ. **K অন অবস্থায় :**

'গ' নং হতে পাই, $6\ \Omega$ ও $5\ \Omega$ রোধের তুল্যরোধ,

$$R_p = 2{\cdot}727\ \Omega$$

'গ' নং হতে পাই, বর্তনীর তড়িৎপ্রবাহ, $I = 0{\cdot}786\ A$

$\therefore$ $6\ \Omega$ রোধের জন্য বিভব পার্থক্য, $V = IR_p$

$$= 0{\cdot}786\ A \times 2{\cdot}727\ \Omega$$

$$= 2{\cdot}1434\ V$$

K অফ অবস্থায় : রোধ, $R_1 = 6\Omega$ এবং $R_3 = 10\ \Omega$

বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_s = 6\Omega + 10\ \Omega = 16\Omega$

বর্তনীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ I' হলে,

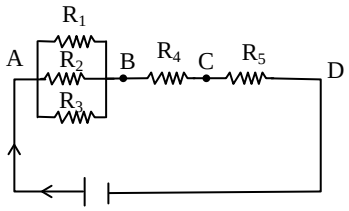
$$I' = \frac{V}{R_s} = \frac{10\ V}{16\ \Omega} = 0{\cdot}625\ A$$

$\therefore$ 6Ω রোধের জন্য বিভব পার্থক্য V' হলে,

$V' = I'R_1 = 0{\cdot}625\ A \times 6\ \Omega = 3{\cdot}75\ V$

অতএব, উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায়, 6Ω রোধের জন্য K অন অবস্থায় বিভব পার্থক্য হবে $2{\cdot}1434\ V$ এবং K অফ অবস্থায় বিভব পার্থক্য হবে $3{\cdot}75\ V$।

প্রশ্ন–৪০



[ফেনী সরকারি পাইলট উচ্চ বিদ্যালয়]

ক. তড়িৎ বর্তনী কাকে বলে? ১

খ. অর্ধপরিবাহীর পরিবাহকত্বের উপর তাপের প্রভাব ব্যাখ্যা কর। ২

গ. যদি $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 6\Omega$ এবং $R_3 = 12\Omega$ হয়, তবে এদের তুল্যরোধ কত? A ও B এর বিভব পার্থক্য কত? যখন তড়িৎ প্রবাহ 10A। ৩

ঘ. R_1, R_2, R_3 রোধের তুল্যরোধ R_p, R_4 এবং R_5 এর তুল্যরোধের রাশিমালা বের কর। ৪

৪০নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তড়িৎ প্রবাহ চলার সম্পূর্ণ পথকে তড়িৎ বর্তনী বলে।

খ. অর্ধপরিবাহী পদার্থের স্বাভাবিক তাপমাত্রায় পরিবাহকত্ব অতি সামান্য থাকে। যেমন : জার্মেনিয়াম, সিলিকন ইত্যাদি।

তাপমাত্রা বাড়ালে বা তাপ দিলে অর্ধপরিবাহী পদার্থের পরিবাহকত্ব উল্লেখযোগ্য হারে বৃদ্ধি পায় এবং রোধ কমে যায়।

গ. উদ্দীপকের চিত্রটি লক্ষ করলে দেখা যায়, R_1, R_2, এবং R_3 সমান্তরাল সমবায়ে আছে।

দেওয়া আছে,

$R_1 = 4\Omega$

$R_2 = 6\Omega$

এবং $R_3 = 12\Omega$

তুল্যরোধ, $R_p = ?$

আমরা জানি, সমান্তরাল সমবায়ে তুল্যরোধ,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{4\Omega} + \frac{1}{6\Omega} + \frac{1}{12\Omega}$

বা, $\frac{1}{R_p} = \frac{I}{12}\,\Omega^{-1} + \frac{1}{2}\,\Omega^{-1}$

$\therefore R_p = 2\ \Omega$

সুতরাং তুল্যরোধ, $R_p = 2\ \Omega$

দেওয়া আছে, তড়িৎ প্রবাহ, $I = 10\ A$

A ও B এর বিভব পার্থক্য, $V = ?$

আবার, আমরা জানি, $V = IR_p = 10\ A \times 2\ \Omega = 20\ V$

অতএব, বিভব পার্থক্য 20 V।

ঘ. মনে করি, A, B, C ও D বিন্দুর বিভব যথাক্রমে V_A, V_B, V_C, এবং V_D।

দেওয়া আছে, প্রতিটি রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহ হচ্ছে I। বর্তনীর বিভিন্ন অংশে ও'মের সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই,

A ও B বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য, $V_A - V_B = IR_p$ .....(i)

B ও C বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য, $V_B - V_C = IR_4$ .....(ii)

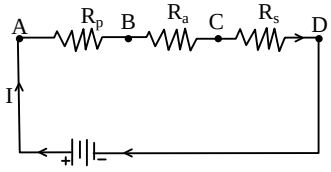
C ও D বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য, $V_c - V_D = IR_5$ .....(iii)

এখানে, R_p হলো R_1, R_2, R_3, রোধের তুল্যরোধ।

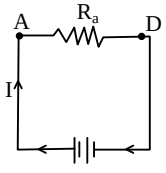
সমীকরণ (i), (ii) ও (iii) নং যোগ করে পাই,

$V_A - V_B + V_B - V_c + V_C - V_D = IR_P + IR_4 + IR_5$

বা, $V_A - V_D = I(R_p + R_4 + R_5)$ .....(iv)



চিত্র–১



চিত্র–২

এখানে, R_p, R_4, R_5 মানের রোধ তিনটিকে R_s মানের একটি রোধ দ্বারা এমনভাবে প্রতিস্থাপন করি যেন, বর্তনীতে একই প্রবাহ I চলে এবং A ও D বিন্দুর বিভব পার্থক্য $(V_A - V_D)$ অপরিবর্তিত থাকে, সুতরাং R_s ই সমবায়ের তুল্যরোধ।

তুল্যরোধের জন্য চিত্র–২ এ ও'মের সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$V_A - V_D = IR_s$ .....(v)

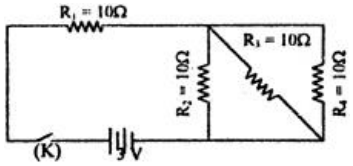
(iv) ও (v) নং সমীকরণ তুলনা করে পাওয়া যায়,

$IR_s = I(R_p + R_4 + R_5)$

$\therefore R_s = R_p + R_4 + R_s$

R_s ই হলো R_p, R_4, R_5 রোধগুলোর তুল্যরোধ। এটিই নির্ণেয় তুল্যরোধের রাশিমালা।

প্রশ্ন–৪১ ▶ নিচের উদ্দীপকটি পড়ে প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



[চট্টগ্রাম ক্যান্টনমেন্ট বোর্ড আন্তঃ বিদ্যালয়]

ক. এক ও'ম রোধ কাকে বলে? ১

খ. পরিবাহীতে বিদ্যুৎ প্রবাহের সময় কীভাবে রোধের উদ্ভব হয়? ২

গ. বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. সবগুলো রোধ কীভাবে সাজালে বর্তনীর ক্ষমতা 0·9 W হবে? চিত্র এঁকে বিশ্লেষণ কর। ৪

৪১নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 1 V হলে তার মধ্য দিয়ে যদি 1 A তড়িৎ প্রবাহ চলে, তবে তার রোধকে এক ও'ম রোধ (1 Ω) বলে।

খ. তড়িৎ প্রবাহ হলো ইলেকট্রনের প্রবাহ।

ইলেকট্রন কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে চলার সময় এর অভ্যন্তরের অণু–পরমাণুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয়। ফলে এদের গতি বাধাগ্রস্ত হয় এবং তড়িৎ প্রবাহে বিঘ্ন ঘটে।

এভাবে পরিবাহীতে বিদ্যুৎ প্রবাহের সময় রোধের সৃষ্টি হয়।

গ. উদ্দীপকের বর্তনীতে দেওয়া আছে,

$R_1 = 10\ \Omega$

$R_2 = 10\ \Omega$

$R_3 = 10\ \Omega$

$R_4 = 10\ \Omega$

$V = 3V$

এখানে, R_2, R_3 ও R_4 রোধগুলো সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত আছে,

$$\therefore \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{R_p} = \frac{1}{10\ \Omega} + \frac{1}{10\ \Omega} + \frac{1}{10\ \Omega}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{R_p} = \frac{1+1+1}{10\ \Omega} = \frac{3}{10}\ \Omega^{-1}$$

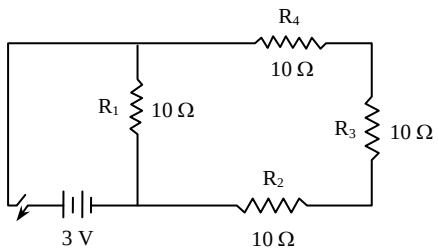
$$\therefore R_p = \frac{10}{3}\ \Omega = 3{\cdot}33\ \Omega$$

আবার, R_p ও R_p রোধ শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত আছে,

$$\therefore R_s = R_1 + R_p$$
$$= 10\ \Omega + 3{\cdot}33\ \Omega$$
$$= 13{\cdot}33\ \Omega$$

$$\therefore \text{বর্তনীর মোট তড়িৎ প্রবাহ, } I = \frac{V}{R_s} = \frac{3V}{13{\cdot}33\ \Omega} = 0{\cdot}225\ A$$

ঘ.



এখানে, $R = (R_1 + R_2) \parallel (R_3 + R_4)$

$$= (10 + 10) \parallel (10 + 10)$$

$$= 20 \parallel 20$$

$$= \frac{20 \times 20}{20 + 20} = \frac{400}{40}$$

$$\therefore R = 10\ \Omega$$

আমরা জানি, ক্ষমতা, $P = \frac{V^2}{R}$

$$\text{বা, } P = \frac{(3\ V)^2}{10\ \Omega}$$

$$= \frac{9}{10} \text{ W}$$

$$= 0{\cdot}9 \text{ W}$$

∴ রোধ চারটি উপরের বর্তনীর সদৃশ সাজালে বর্তনীর ক্ষমতা 0·9 W হবে।

প্রশ্ন–৪২ ▶ জাহাঙ্গীর সাহেব নতুন বাড়ি নির্মাণ করে বৈদ্যুতিক সংযোগ নেওয়ার জন্য 100 W এর 5টি বাল্ব, 60 W এর 3টি বাল্ব, 25 W এর 2টি বাল্ব, 800 Ω এর 4টি পাখা এবং 1000 W এর একটি হিটার ক্রয় করলেন। অতঃপর তিনি বিদ্যুৎ সরবরাহের খুঁটি থেকে 220 V এর বিদ্যুৎ সংযোগ নিয়ে বাল্বগুলো দৈনিক গড়ে 6 ঘণ্টা, পাখাগুলো 4 ঘণ্টা এবং হিটারটি 2 ঘণ্টা ব্যবহার করতে থাকলেন। এক্ষেত্রে তার ব্যবহৃত বৈদ্যুতিক যন্ত্রের প্রতি ইউনিট বিদ্যুতের মূল্য 4·50 টাকা।

[ভোলা সরকারি বালিকা উচ্চ বিদ্যালয়]

ক. তড়িৎ তীব্রতা কাকে বলে? ১

খ. কুলম্বের সূত্রানুসারে বলের প্রকৃতি কীরূপ হবে? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. জাহাঙ্গীর সাহেবের বাসায় ব্যবহৃত হিটারের রোধ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. মিটার রিডিং ছাড়া জাহাঙ্গীর সাহেবের বাসার সেপ্টেম্বর মাসের বিদ্যুতের বিলের হিসাবের সম্ভাব্যতা গাণিতিকভাবে যাচাই কর। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

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

খ. কুলম্বের সূত্র থেকে আমরা জানি, নির্দিষ্ট মাধ্যমে দুটি আহিত বস্তুর মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান তাদের আধানদ্বয়ের গুণফলের সমানুপাতিক, মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক এবং এ বল এদের সংযোজক সরলরেখা বরাবর ক্রিয়া করে। সুতরাং, বলের প্রকৃতি হবে আকর্ষণজনিত বা বিকর্ষণজনিত বল যাই হোক না কেন বলটি ক্রিয়া করবে আধান দুটির সংযোজক সরলরেখা বরাবর।

গ. উদ্দীপক থেকে পাই,

হিটারের ক্ষমতা, $P = 100 \text{ W}$

বিভব পার্থক্য, $V = 220 \text{ V}$

হিটারের রোধ, $R = ?$

আমরা জানি, $P = \frac{V^2}{R}$

বা, $R = \frac{V^2}{P}$

$= \frac{(220\ V)^2}{1000\ W} = 48{\cdot}4\ \Omega$

অতএব, হিটারের রোধ $48{\cdot}4\ \Omega$।

ঘ. বাল্বের ক্ষেত্রে,

মোট ক্ষমতা, $P_b = 100\ W \times 5 + 60\ W \times 3 + 25\ W \times 2$

$= 500\ W + 180\ W + 50\ W$

$= 730\ W$

আমরা জানি, সেপ্টেম্বর মাস = 30 দিন

$\therefore$ মোট সময়, $t_b = (6\ hr \times 30) = 180\ hr$

$\therefore$ ব্যয়িত শক্তি, $W_b = P_b t_b$

$= 730\ W \times 180\ hr$

$= 131400\ Wh = 131{\cdot}4\ kWh$

পাখার ক্ষেত্রে,

পাখার রোধ, $R = 800\ \Omega$

বিভব পার্থক্য, $V = 220\ V$

মোট ক্ষমতা, $P_f = \frac{V^2}{R} \times 4$

$= \frac{(220\ V)^2}{800\ \Omega} \times 4$

$= 242\ W$

মোট সময়, $t_f = (4hr \times 30) = 120\ hr$

$\therefore$ ব্যয়িত শক্তি, $W_f = P_f t_f$

$= 242\ W \times 120\ hr$

$= 29040\ Wh$

$= 29{\cdot}04\ kWh$

হিটারের ক্ষেত্রে,

মোট ক্ষমতা, $P_h = 1000\ W \times 1$

$= 1000\ W$

মোট সময়, $t_h = (2\ hr \times 30) = 60\ hr$

$\therefore$ ব্যয়িত শক্তি, $W_h = P_h t_h$

$= 1000\ W \times 60\ hr$

$= 60000\ Wh$

$= 60\ kWh$

$\therefore$ মোট ব্যয়িত শক্তি, $W = W_b + W_f + W_h$

$= 131{\cdot}4\ kWh + 29{\cdot}04\ kWh + 60\ kWh$

$= 220{\cdot}44\ kWh = 220{\cdot}44\ unit$

যেহেতু, প্রতি ইউনিট বিদ্যুতের মূল্য 4·50 টাকা

$\therefore$ 220·44 ইউনিট বিদ্যুতের মূল্য = (4·50 × 220·44) টাকা

= 991·98 টাকা

$\therefore$ জাহাঙ্গীর সাহেবের বাসার সেপ্টেম্বর মাসের বিদ্যুৎ বিল হবে 991·98 টাকা।