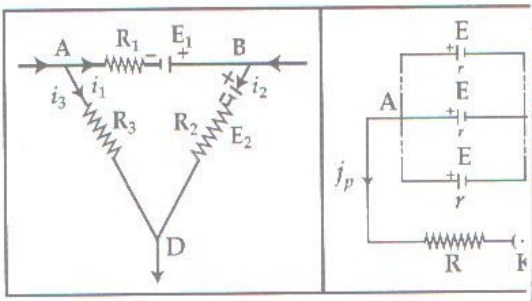
যেসব বাংলা কলেজ নির্ভরযোগ্য নয় → M-13-14

Note: কতিপয় রাশি ও তাদের একক:

রাশি	একক
চৌম্বক প্রাবল্য	ওয়েবস্টেড
চৌম্বক বিভব	আর্গ/একক মেরু/CGS পদ্ধতি
চৌম্বক মোমেন্ট	ডাইন-সেমি/ওয়েবস্টেড, (CGS পদ্ধতিতে চৌম্বক প্রবেশ্যতার একক নেই
লেন্সের ক্ষমতা	ডায়অপ্টার
দীপন ক্ষমতা	ক্যান্ডেলা
আলোক প্রবাহ	লুমেন
দীপন মাত্রা	CGS- সেমিবাতি, FPS- ফুটবাতি, MKS- মিটার বাতি
ঔজ্জ্বল্যের একক	CGS- স্টিলব, FPS- ক্যান্ডেলা/বর্গফুট, MKS- নিট
বৈদ্যুতিক বিভব	SI- ভোল্ট এককে
চার্জের একক	কুলম্ব (MKS পদ্ধতিতে)
ধারকত্বের একক	ফ্যারাড
বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা	অ্যাম্পিয়ার
রোধ	ওহম
আপেক্ষিকরোধ	ওহম-মিটার
পরিবাহীতা	সিমেন্স
X-ray	রনজেন

৩

চল তড়িৎ
CURRENT ELECTRICITY



সূচনা
Introduction

এ অধ্যায়ে আমরা তড়িৎ আধান গতিশীল হওয়ার দরুন উদ্ভূত ঘটনাবাল সম্পর্কে আলোচনা করব। বস্তুত চলমান তড়িতাধানই তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে। এই সকল ঘটনার অধ্যয়ন ও প্রয়োগ আমাদের জীবনযাত্রায় প্রভূত পরিবর্তন এনেছে। বিভিন্ন সামগ্রী উৎপাদনের ক্ষেত্রে বিদ্যুতের ব্যবহার অফুরন্ত। আমাদের চারপাশে দৈনন্দিন কাজে আমরা যা দেখি যেমন— বৈদ্যুতিক পাখা, লাইট, রেফ্রিজারেটর সবই বিদ্যুৎ দ্বারা চালিত হয়। সংক্ষেপে বলা যায় আমরা বৈদ্যুতিক যুগে বাস করছি। এ অধ্যায়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ সংক্রান্ত নানাবিধ নীতি, পরিমাপ এবং বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে সৃষ্ট ক্রিয়া সম্পর্কে জানতে সক্ষম হব।

এ অধ্যায় পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা—

- রোধের উপর তাপমাত্রার প্রভাব, তড়িৎ প্রবাহের তাপীয় ক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- **ব্যবহারিক :** তাপের যান্ত্রিক সমতা নির্ণয় করতে পারবে।
- কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ, তড়িচ্চালক বলের গাণিতিক সম্পর্ক বিশ্লেষণ করতে পারবে।
- বর্তনীতে কোষের শ্রেণি ও সমান্তরাল সমবায় ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- কির্শফের সূত্র ব্যবহার করে বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ ও বিভব পার্থক্য নির্ণয় করতে পারবে।
- বর্তনীতে শান্টের ব্যবহার করতে পারবে।
- **ব্যবহারিক :** পটেনশিওমিটারের সাহায্যে তড়িচ্চালক বলের তুলনা, মিটার ব্রীজের সাহায্যে আপেক্ষিক রোধ নির্ণয় এবং পোস্ট অফিস বক্স ব্যবহার করে রোধ নির্ণয় করতে পারবে।

৩·১ রোধের ওপর তাপমাত্রার প্রভাব
Effect of Temperature on resistance

তোমরা হিটারের কয়েলের দিকে লক্ষ করলে দেখবে বিদ্যুৎ প্রবাহের সাথে সাথে তা গরম হয়ে লাল টকটকে হয়ে যায়। এর কারণ কি কখনো ভেবেছ ? পরিবাহীর রোধের কারণে এটি গরম হয়। কোনো একটি পরিবাহীর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে পরিবাহী কর্তৃক তা বাধা পায়। বাধা প্রদানের এই ধর্মকে ঐ পরিবাহীর রোধ বলে। সুতরাং বলা যায়—**"যে ধর্মের জন্য পরিবাহী এর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ চলাচলে বাধা প্রদান করে তাকে ওই পরিবাহীর রোধ বলে।"** তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে সাধারণত পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায় এবং তাপমাত্রা হ্রাস পেলে পরিবাহীর রোধ হ্রাস পায়। তবে কার্বনের ক্ষেত্রে এর ব্যতিক্রম দেখা যায়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে কার্বনের রোধ হ্রাস পায়। তবে মনে রাখতে হবে পরিবাহিতে রোধ তাপমাত্রার সমানুপাতিক হয়। রোধের উষ্ণতা সহগ তাপমাত্রার সাথে রোধের সম্পর্ক স্থাপন করে।

পরিবাহীর রোধ তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। তাপমাত্রার পরিবর্তনের সাথে রোধের পরিবর্তন রোধের তাপমাত্রা গুণাঙ্ক বা উষ্ণতা গুণাঙ্ক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এখন আমরা দেখব এই তাপ উৎপন্নের কারণ কী ? তড়িৎ প্রবাহের ফলে তড়িৎ বর্তনীতে যে তাপের উদ্ভব হয় তার কারণ ইলেকট্রন মতবাদের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়।

বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে পরিবাহী গরম হওয়ার কারণ

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

পরিবাহীর রোধ উহার তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। সাধারণত পরিবাহীর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে রোধ বৃদ্ধি পায় এবং তাপমাত্রা কমলে রোধ কমে যায়।

মনে করি 0°C তাপমাত্রায় কোনো পরিবাহীর রোধ R_0 এবং t°C তাপমাত্রায় এর রোধের মান R_t হয়, তাহলে

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.1)$$

এখানে α = ধ্রুবক, একে রোধের তাপমাত্রা গুণাঙ্ক বা সহগ বলে। $\alpha = \dfrac{R_t - R_0}{R_0 t}$

$R_0 = 1, t = 1°$ হলে $\alpha = R_t - R_0$

প্রতি ডিগ্রী সেলসিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য একক রোধসম্পন্ন কোনো পরিবাহীর রোধের যে পরিবর্তন হয় তাকে উক্ত পরিবাহীর রোধের তাপমাত্রা গুণাঙ্ক বা উষ্ণতা গুণাঙ্ক বলে।

তাপমাত্রা গুণাঙ্কের একক $(°C)^{-1}$ বা (K^{-1})।

"অ্যালুমিনিয়ামের রোধের তাপমাত্রা গুণাঙ্ক $3·9 \times 10^{-3}$ $(°C)^{-1}$" বলতে বুঝায় যে 1Ω রোধবিশিষ্ট কোনো অ্যালুমিনিয়াম পরিবাহীর তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি পেলে এর রোধ $3·9 \times 10^{-3}$ Ω বৃদ্ধি পাবে।

নিজে কর : একটি পদার্থের নাম বল যার রোধ উষ্ণতার পরিবর্তনে খুব সামান্য পরিবর্তিত হয়, আবার উষ্ণতার বৃদ্ধিতে রোধ হ্রাস পায়।

ম্যাঙ্গানিন নামক সংকর ধাতুর রোধ উষ্ণতার পরিবর্তনে খুব সামান্য পরিবর্তিত হয়। যে সকল পদার্থের রোধের উষ্ণতা সহগ α ঋণাত্মক, উষ্ণতা বৃদ্ধিতে সেসকল পদার্থের রোধ হ্রাস পায়। যেমন— কার্বন, থার্মিস্টর ইত্যাদি।

সম্প্রতি অর্ধপরিবাহীর রোধ পরিবর্তনের দ্বারা তাপমাত্রা পরিবর্তন পরিমাপের উপায় উদ্ভাবিত হয়েছে। একে বলে থার্মিস্টর। এর সাহায্যে খুব অল্প তাপমাত্রা পরিবর্তন (প্রায় 0·005°C) মাপা যায়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়। কিন্তু অর্ধপরিবাহীর রোধ হ্রাস পায়। অর্ধপরিবাহীর বেলায়, $\alpha = -6 \times 10^{-2}\ °C^{-1}$।

গাণিতিক উদাহরণ

১। 25°C তাপমাত্রায় টাংস্টেন তারের রোধ 65Ω। 200°C তাপমাত্রায় এর রোধ কত হবে ? (টাংস্টেনের রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক, $\alpha = 4·5 \times 10^{-3}\ °C^{-1}$)। [কু. বো. ২০১০; য. বো. ২০১১]

মনে করি, 200°C তাপমাত্রায় তারের রোধ $= R_t$

আমরা জানি,

$$R_t = R_0[1 + \alpha t]$$

অতএব, $R_{25} = R_0(1 + 4·5 \times 10^{-3} \times 25) \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$

এবং $R_{200} = R_0(1 + 4·5 \times 10^{-3} \times 200) \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$

সমীকরণ (1) ও (2) হতে পাই,

এখানে,
$T_1 = 25°C$
$T_2 = 200°C$
$R_{25} = 65\Omega$
$\alpha = 4·5 \times 10^{-3}\ °C^{-1}$
$R_{200} = ?$

$$\frac{R_{200}}{R_{25}} = \frac{R_0(1 + 4·5 \times 10^{-3} \times 200)}{R_0(1 + 4·5 \times 10^{-3} \times 25)}$$

$$= \frac{1·9}{1·1125}$$

$$\therefore \quad R_{200} = \frac{1·9}{1·1125} \times R_{25}$$

$$= \frac{1·9}{1·1125} \times 65 = 111\ \Omega$$

২। গলন্ত বরফের মধ্যে রাখা একটি তারের কুণ্ডলীর রোধ হুইটস্টোন ব্রিজের সাহায্যে মেপে 5Ω পাওয়া গেল। কুণ্ডলীকে 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে এবং এর সঙ্গে একটি 100Ω রোধ সমান্তরালে যুক্ত করলে ব্রিজের নিস্পন্দ অবস্থা অপরিবর্তিত থাকে। কুণ্ডলী তারের রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

100°C তাপমাত্রায় কুণ্ডলীর রোধ R হলে, ঐ R রোধ এবং 100Ω রোধের সমান্তরাল সমবায়ের তুল্য রোধ 5Ω হয়।

অর্থাৎ, $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R} + \frac{1}{100} = \frac{R+100}{R \times 100}$

বা, $R_p = \frac{R \times 100}{R+100} = 5$

বা, $95R = 500$

বা, $R = \frac{500}{95} = \frac{100}{19}\ \Omega$

কুণ্ডলী তারের রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক α হলে, আমরা জানি,

$R = R_0(1+\alpha t)$

বা, $\alpha = \frac{\frac{R}{R_0} - 1}{t} = \frac{\frac{100}{19 \times 5} - 1}{100} = \frac{5}{9500}$

$= 5{\cdot}26 \times 10^{-4}/°C$

এখানে,

$R_0 = 5\ \Omega$

$t = 100°\ C$

৩·২ জুলের তাপীয় ক্রিয়ার সূত্র
Joule's laws for the generation of heat

1841 খ্রিস্টাব্দে বিখ্যাত ইংরেজ বিজ্ঞানী **জে. পি. জুল** পরিবাহীর ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ ও এর ফলে উৎপন্ন তাপের পরীক্ষালব্ধ ফলাফল হতে **তিনটি সূত্র** বিবৃত করেন। জুলের নামানুসারে এদেরকে তাপ উৎপাদনের ক্ষেত্রে **জুলের সূত্র** বলা হয়। সূত্রগুলো নিম্নে বিবৃত হলো :

(১) বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার সূত্র :

বিদ্যুৎবাহী পরিবাহীর রোধ R ও বিদ্যুৎ প্রবাহকাল t অপরিবর্তিত থাকলে পরিবাহীতে বিদ্যুৎ প্রবাহের দরুন উদ্ভূত তাপ বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার বর্গের সমানুপাতিক।

অর্থাৎ $H \propto i^2$, যদি R এবং t স্থির থাকে ।

এই সূত্রের অর্থ—পরিবাহীতে প্রবাহমাত্রা দ্বিগুণ করলে উদ্ভূত তাপ প্রাথমিক তাপের চারগুণ হবে। প্রবাহমাত্রা অর্ধেক করলে উদ্ভূত তাপ প্রাথমিক তাপের এক-চতুর্থাংশ হবে ।

কোনো পরিবাহীর ভেতর দিয়ে একই সময়ে $i_1, i_2, i_3, \ldots\ldots$ বিদ্যুৎ চালনা করলে পরিবাহীতে যদি উৎপন্ন তাপ যথাক্রমে $H_1, H_2, H_3 \ldots\ldots$ হয়, তবে এ সূত্র অনুসারে

$$\frac{H_1}{i_1^2} = \frac{H_2}{i_2^2} = \frac{H_3}{i_3^2} = \ldots\ldots = \text{ধ্রুবক} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.2)$$

(২) রোধের সূত্র :

বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা এবং বিদ্যুৎ প্রবাহকাল অপরিবর্তিত থাকলে পরিবাহীতে বিদ্যুৎ প্রবাহের দরুন উদ্ভূত তাপ পরিবাহীর রোধের সমানুপাতিক।

অর্থাৎ $H \propto R$, যদি i এবং t স্থির থাকে ।

এই সূত্রের অর্থ—পরিবাহীর রোধ দ্বিগুণ বা অর্ধেক হলে উদ্ভূত 'তাপ' যথাক্রমে প্রাথমিক তাপের দ্বিগুণ বা অর্ধেক হবে

কাজেই বিদ্যুৎ প্রবাহের জন্য শ্রেণিতে যুক্ত $R_1, R_2, R_3, \ldots\ldots$ রোধে t সময়ে উদ্ভূত তাপ যথাক্রমে H_1, H_2, H_3, হলে, $\frac{H_1}{R_1} = \frac{H_2}{R_2} = \frac{H_3}{R_3} = \ldots\ldots = \text{ধ্রুবক}$ ... ... (3.3)

(৩) সময়ের সূত্র :

বিদ্যুৎবাহী পরিবাহীর রোধ এবং বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা অপরিবর্তিত থাকলে পরিবাহীতে বিদ্যুৎ প্রবাহের দরুন উদ্ভূত তাপ বিদ্যুৎ প্রবাহকালের সমানুপাতিক।

অর্থাৎ $H \propto t$, যদি i এবং R স্থির থাকে।

এই সূত্রের অর্থ—বিদ্যুৎ প্রবাহকাল দ্বিগুণ বা চারগুণ বৃদ্ধি করলে উদ্ভূত তাপের পরিমাণ বৃদ্ধি পেয়ে যথাক্রমে তাপের দ্বিগুণ বা চারগুণ হবে ।

কাজেই একই বিদ্যুৎ প্রবাহে একটি রোধে $t_1, t_2, t_3, \ldots\ldots$ সেকেণ্ডে যথাক্রমে $H_1, H_2, H_3, \ldots\ldots$ পরিমাণ তাপ উৎপন্ন হলে, $\frac{H_1}{t_1} = \frac{H_2}{t_2} = \frac{H_3}{t_3} \ldots\ldots = \text{ধ্রুবক}$ ... ... (3.4)

সূত্র তিনটি একত্রিত করলে আমরা পাই,

$$H \propto i^2Rt$$
$$= Ki^2Rt \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.5)$$

এখানে K হলো সমানুপাতিক ধ্রুবক। সমীকরণ (3.5)-এর বিভিন্ন রাশির এককের উপর K-এর মান নির্ভর করে। H-কে calorie-তে, i-কে ampere-এ, R-কে ohm-এ এবং t-কে sec-এ প্রকাশ করলে $K = 0{\cdot}24$, অর্থাৎ $K = \frac{1}{J}$ এখানে J = তাপের যান্ত্রিক সমতুল বা তুল্যাংক। **একক তাপ উৎপন্ন করতে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় বা একক তাপ দ্বারা যে পরিমাণ কাজ করা যায়, তাকে তাপের যান্ত্রিক সমতুল বলে।**

হিসাব কর : দুটি বৈদ্যুতিক হীটারের কুণ্ডলী একই উপাদান দিয়ে তৈরি। এদেরকে সমান্তরাল সমবায়ে মেইন্‌সের সাথে যুক্ত করা হলো। একটি কুণ্ডলী তারের দৈর্ঘ্য ও ব্যাস অপর কুণ্ডলীর তারের তুলনায় দ্বিগুণ। কোনটিতে বেশি তাপ উৎপন্ন হবে ?

মনে করি A ও B কুণ্ডলী দুটি মেইন্‌সের সাথে সমান্তরালে যুক্ত। A কুণ্ডলীর তারের দৈর্ঘ্য ও ব্যাস B কুণ্ডলীর তারের তুলনায় দ্বিগুণ। তারের রোধ $R = \rho\frac{l}{A}$, $A = \frac{\pi d^2}{4}$; $R = \frac{4\rho l}{\pi d^2}$; এখন A তারের দৈর্ঘ্য ($l$) ও ব্যাস ($d$) দ্বিগুণ বলে এই সমীকরণ অনুযায়ী A তারের রোধ B তারের রোধের অর্ধেক। তার দুটি সমান্তরাল সমবায়ে থাকায়, কম রোধের তারে অর্থাৎ A তারে বেশি প্রবাহ চলবে এবং বেশি তাপ উৎপন্ন হবে।

বিদ্যুৎ শক্তি ও ক্ষমতা
Electrical Energy and Power

বিদ্যুৎ শক্তি : কোনো বৈদ্যুতিক যন্ত্র বা উৎসের কাজ করার সামর্থ্যকে এর বিদ্যুৎ শক্তি বলে।

ব্যাখ্যা : মনে করি একটি বৈদ্যুতিক উৎস হতে কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে t সময়ে Q পরিমাণ চার্জ প্রবাহিত হয়। যদি পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V হয়, তবে সম্পাদিত কাজ অর্থাৎ ব্যয়িত বিদ্যুৎ শক্তি,

$$W = VQ = Vit \quad (\because Q = it)$$

বা, $W = iR \times it = i^2Rt \quad (\because V = iR)$

$$= \frac{V^2}{R}t \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (i)$$

একক : কাজ ও শক্তিকে একই এককে প্রকাশ করা হয়। এদের ব্যবহারিক একক জুল।

1 জুল : 1 ভোল্ট বিভব পার্থক্যের ভেতর দিয়ে 1 কুলম্ব চার্জ প্রবাহিত হলে সম্পাদিত কাজ বা ব্যয়িত শক্তি = 1 জুল।

ক্ষমতা : কোনো উৎস বা যন্ত্রের কাজ করার হারকে ক্ষমতা বলে এবং একক সময়ের কাজ দ্বারা সম্পাদিত কাজ পরিমাপ করা হয়।

ব্যাখ্যা : মনে করি t সময়ে কোনো উৎস বা যন্ত্র W পরিমাণ কাজ সম্পাদন করে।

অতএব, ক্ষমতা, $P = \frac{\text{কাজ}}{\text{সময়}} = \frac{W}{t}$ একক।

কাজের অনুরূপ ক্ষমতার বিভিন্ন সমীকরণ রয়েছে যা নিম্নে বর্ণনা করা হলো :

$P = \frac{W}{t} = \frac{Vit}{t} = Vi$ একক ... ... (ii)

আবার $P = \frac{W}{t} = \frac{i^2Rt}{t} = i^2R$ একক ... ... (iii)

এবং $P = \frac{W}{t} = \frac{V^2}{R}\frac{t}{t} = \frac{V^2}{R}$ একক ... ... (iv)

উপরোক্ত সমীকরণসমূহের যেকোনো একটি প্রয়োজনমতো ক্ষমতার সমীকরণ হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

একক : বৈদ্যুতিক ক্ষমতার একক ওয়াট (Watt)।

$\therefore \quad P = Vi$ ওয়াট $= i^2R$ ওয়াট $= \frac{V^2}{R}$ ওয়াট ... ... (v)

$P = \frac{W}{t} = \frac{\text{জুল}}{\text{সেকেন্ড}}$ = জুল/সেকেন্ড = ওয়াট

সুতরাং, 1 সেকেন্ডে 1 জুল কাজ করার ক্ষমতাকে 1 ওয়াট বলে। আবার, $P = Vi$ = ভোল্ট × অ্যাম্পিয়ার

$\therefore$ ওয়াট = ভোল্ট × অ্যাম্পিয়ার

কাজেই 1 ভোল্ট বিভব পার্থক্যে কোনো একটি বৈদ্যুতিক যন্ত্র 1 অ্যাম্পিয়ার মাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহ সরবরাহ করলে এর ক্ষমতা 1 ওয়াট।

ওয়াট-ঘণ্টা (Watt-hour) : 1 ওয়াট ক্ষমতাসম্পন্ন একটি যন্ত্র 1 ঘণ্টা কাজ করলে যে শক্তি ব্যয় হয় তাকে 1 ওয়াট-ঘণ্টা বলে।

কিলোওয়াট-ঘণ্টা (Kilowatt-hour) : 1 কিলোওয়াট ক্ষমতাসম্পন্ন একটি যন্ত্র 1 ঘণ্টা কাজ করলে যে শক্তি ব্যয় হয়, তাকে 1 কিলোওয়াট-ঘণ্টা বলে।

সারা বিশ্বের বিদ্যুৎ সরবরাহ কোম্পানি এই একক ব্যবহার করে বিদ্যুৎ কেনা-বেচা করে, তাই একে বোর্ড অব ট্রেড (B. O. T) বা সংক্ষেপে Unit বলে। অর্থাৎ B. O. T Unit = 1 KWh = 1 Unit.

ভূমিকম্প পরিমাপক যন্ত্র : সিসমোমিটার
কম্পাঙ্ক নির্ণায়ক যন্ত্র : সনোমিটার
বিকিরণ পরিমাপক যন্ত্র : রেডোমিটার
দ্রুতি নির্ণায়ক যন্ত্র : স্পিডোমিটার
বেগ পরিমাপক যন্ত্র : ভেলোটোমিটার
তড়িৎ প্রবাহ পরিমাপক যন্ত্র : অ্যামিটার
বিভব পার্থক্য নির্ণয়ের যন্ত্র : ভোল্টমিটার

গাণিতিক উদাহরণ

১। একটি বৈদ্যুতিক বাতির রোধ 400Ω। একে 200V সরবরাহ লাইনের সাথে যুক্ত করা হলো ইউনিটের মূল্য 3·00 টাকা হয়, তাহলে বাতিটি 12 ঘণ্টা ব্যবহৃত হলে কত খরচ পড়বে?

[বি. বো. ২০১০; য. বো. ২০০৮]

এখানে,
$V = 200$ V
$R = 400\ \Omega$
$T = 12$ hrs

আমরা জানি,

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

$\therefore \quad P = \frac{(200)^2}{400} = 100$ Watt

ব্যয়িত শক্তি, $N = \frac{P \times T}{1000} = \frac{100 \times 12}{1000} = 1{\cdot}2$ KWh

$\therefore$ ব্যয় $= 1{\cdot}2 \times 3{\cdot}0 = 3{\cdot}60$ টাকা

২। 1 hr-এ একটি 250 Watt-এর টিভি সেট বা 10 min-এ 1200 Watt এর একটি ইস্ত্রি কোনটি ব্যবহার করবে?

[সি. বো. ২০০৮; চ. বো. ২০০৭; ব. বো. ২০০৩; য. বো. ২০০৪]

আমরা জানি,

ব্যয়িত শক্তি, $N = \frac{P \times T}{1000}$ KWh

এখন, টি. ভি. সেট কর্তৃক ব্যয়িত শক্তি, $N_1 = \frac{250 \times 1}{1000} = 0{\cdot}25$ KWh

এবং ইস্ত্রি কর্তৃক ব্যয়িত শক্তি, $N_2 = \frac{1200 \times 10}{1000 \times 60} = 0{\cdot}2$ KWh

এখানে, $N_1 > N_2$

$\therefore$ টি. ভি. সেট বেশি শক্তি ব্যয় করবে।

৩·৩ ব্যবহারিক
Experimental

পরীক্ষণের নাম :	তাপের যান্ত্রিক সমতা J নির্ণয়
পিরিয়ড : ২	**To determine the mechanical equivalent of heat, J**

তাপের যান্ত্রিক সমতা নির্ণয়ের জন্য দুটি বৈদ্যুতিক পদ্ধতি আছে—(১) জুলের পদ্ধতি এবং (২) ক্যালেন্ডার ও গ্রিফিথ-এর পদ্ধতি। এখানে জুলের পদ্ধতি আলোচিত হলো।

মূলনীতি বা তত্ত্ব : আমরা জানি V ভোল্ট বিভব পার্থক্যে কোনো একটি পরিবাহীর মধ্য দিয়ে i অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ t সময় ধরে প্রবাহিত হলে কাজের পরিমাণ, $W = Vit$ J ... ... (3.6)

এই কাজ তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে H ক্যালরি তাপ উৎপন্ন করলে আমরা পাই,

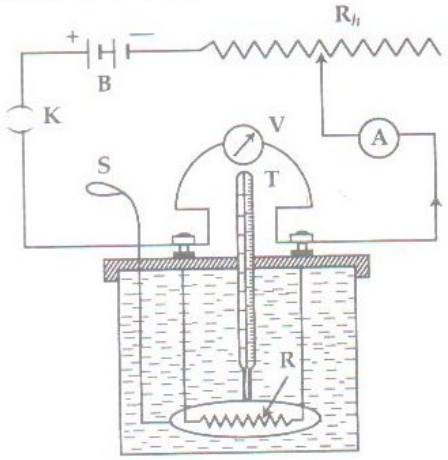
$W = JH$ ... ... (3.7)

সমীকরণ (3.6) এবং (3.7) হতে পাই,

$JH = Vit$

বা, $J = \frac{Vit}{H}$ J cal^{-1} ... ... (3.8)

কার্যপদ্ধতি : নাড়ানীসহ পরিষ্কার-পরিচ্ছন্ন শুষ্ক একটি জুলের ক্যালরিমিটার লই এবং শূন্য অবস্থায় এর ওজন বের করি। এখন ক্যালরিমিটারের মধ্যে খানিকটা তরল পদার্থ (পানি বা তার্পিন তেল) লই এবং পুনরায় ওজনের পার্থক্য হতে তরল পদার্থের ভর নির্ণয় করি। অতঃপর একটি থার্মোমিটার T-এর সাহায্যে ক্যালরিমিটার এবং তরলের প্রাথমিক তাপমাত্রা নির্ণয় করি ।



চিত্র ৩·১

এখন R ও'ম রোধবিশিষ্ট একটি কুণ্ডলীকে ক্যালরিমিটারে রক্ষিত তরলের মধ্যে আংশিকভাবে ডুবিয়ে এর দুই প্রান্তকে দুটি বন্ধনী স্ক্রুর সাহায্যে একটি ব্যাটারী B, পরিবর্তনশীল রোধ R_h, অ্যামিটার A এবং প্লাগ চাবি K-এর সাথে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করি। কুণ্ডলীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য নির্ণয়ের জন্য একটি ভোল্টমিটার V-কে কুণ্ডলীর সাথে সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করি [চিত্র ৩·১]।

চাবিটি বন্ধ করি ও একটি নির্দিষ্ট সময়ের জন্য (প্রায় 15 মিনিট) বর্তনীর মধ্য দিয়ে একটি স্থির মাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহিত করি। বিদ্যুৎ প্রবাহকালে ভোল্টমিটার এবং অ্যামিটারের পাঠ লই। বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে উৎপন্ন তাপ ক্যালরিমিটার এবং তরল পদার্থ শোষণ করবে এবং এদের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে। সমগ্র তরলে সুষম তাপ বিস্তারের জন্য নাড়ানী দ্বারা ক্যালরিমিটারের তরল ভালোভাবে নাড়ি এবং থার্মোমিটারের সাহায্যে ক্যালরিমিটার ও তরলের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা নির্ণয় করি ।

ছক

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	ক্যালরি-মিটারের ভর, M (g)	তরলের ভর, m (g)	ক্যালরি-মিটারের আ. তাপ, s (cal g^{-1} C^{-1})	তরলের আ. তাপ, S (cal g^{-1} C^{-1})	ক্যালরি-মিটারের ও তরলের প্রাথমিক তাপমাত্রা, θ_1 (°C)	ক্যালরি-মিটারের ও তরলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা, θ_2 (°C)	প্রবাহ মাত্রা, i (amp)	ভোল্ট-মিটারের পাঠ V (Volt)

হিসাব (Calculation) :

ধরি, ক্যালরিমিটারের ভর = M g

তরলের ভর = m g

ক্যালরিমিটারের আপেক্ষিক তাপ = s cal g^{-1} °C^{-1}

তরলের আপেক্ষিক তাপ = S cal g^{-1} °C^{-1}

ক্যালরিমিটার এবং তরলের প্রাথমিক তাপমাত্রা = θ_1°C

বিদ্যুৎ প্রবাহ মাত্রা = i A

কুণ্ডলীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য = V volt

বিদ্যুৎ প্রবাহ কাল = t সেকেন্ড

ক্যালরিমিটার এবং তরলের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা = θ_2°C

গণনা : ক্যালরিমিটার এবং তরল কর্তৃক গৃহীত তাপ,

$H = (Ms + mS)(\theta_2 - \theta_1)$ cal ও বিদ্যুৎ প্রবাহে কৃত কাজ, $W = Vit$ J

$\therefore \quad J = \frac{W}{H} = \frac{Vit}{(Ms + mS)(\theta_2 - \theta_1)}$ J cal^{-1}

$\therefore$ এখন V, i, t, M, m, s, S, θ_1 এবং θ_2-এর মান জেনে J-এর মান পাওয়া যায়।

সতর্কতা :

১। সকল সংযোগ দৃঢ়ভাবে দিতে হবে।
২। সংযোগ তারের প্রান্ত এবং সংযোগ স্ক্রু শিরিষ কাগজ দিয়ে ভালো করে ঘষে নিতে হবে।
৩। কুণ্ডলী যেন সব সময় তরলের মধ্যে ডুবে থাকে সেদিকে লক্ষ রাখতে হবে।
৪। থার্মোমিটারের বাল্‌ব যেন কোনোক্রমেই রোধ কুণ্ডলীকে স্পর্শ না করে সেদিকে লক্ষ রাখতে হবে।

গাণিতিক উদাহরণ

১। 50 Ω রোধের ভেতর দিয়ে 2A প্রবাহ 100 sec চালনা করলে 0°C তাপমাত্রার কতটুকু পানির তাপমাত্রা 100°C-এ পৌঁছাবে ?

আমরা পাই,

$H = i^2Rt$

$= (2)^2 \times 50 \times 100 = 20000$ J

এখানে,

$i = 2A$

$R = 50\ \Omega$

$t = 100$ sec

আবার, পানি কর্তৃক গৃহীত তাপ,

$H = mS\theta$

$= m \times 4200 \times 100$ J

$= 420000\ m$ J

$S = 4200$ J kg^{-1} K^{-1}

$\theta = 100°C$

$m =$ পানির ভর

$\therefore\ 420000\ m = 20000$

$\therefore\ m = \frac{20000}{420000} = 0{\cdot}0476$ kg

২। 100 Ω রোধের একটি নিমজ্জক উত্তাপককে 2·50 kg পানিতে ডুবিয়ে 5 A প্রবাহ চালনা করলে কত সময় পর পানির তাপমাত্রা 24°C বৃদ্ধি পাবে ?

মনে করি, উৎপন্ন তাপ= H

আমরা পাই, $H = i^2Rt$ ... ... (1)

আবার, $H = mSd\theta$ ... ... (2)

সমীকরণ (1) ও (2) থেকে পাই,

$i^2Rt = mSd\theta$

$\therefore\ t = \frac{mSd\theta}{i^2R}$

$= \frac{2{\cdot}5 \times 4200 \times 24}{(5)^2 \times 100}$

$= 100{\cdot}8$ s $= 1$ min $40{\cdot}8$ s

এখানে,

$m = 2{\cdot}50$ kg

$S = 4200$ Jkg^{-1} K^{-1}

$d\theta = 24° C = 24$ K

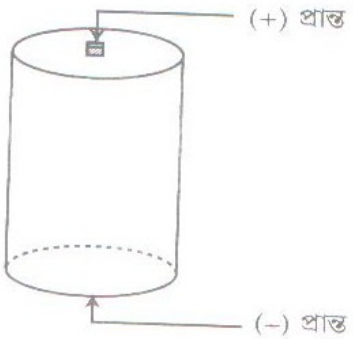
$i = 5A$

$R = 100\ \Omega$

$t = ?$

৫.৪ কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ ও তড়িচ্চালক বল
Internal resistance of a cell and Electromotive force

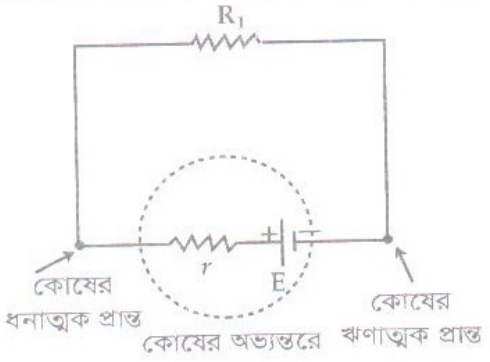
আমাদের দৈনন্দিন ব্যবহার্য জিনিসপত্র যেমন রেডিও, টেলিভিশন, ফ্রিজ, ক্যাসেট প্লেয়ার, টর্চলাইট ইত্যাদি চালাতে পরিচালনার জন্য বিদ্যুৎ শক্তির প্রয়োজন হয়। বিদ্যুৎ শক্তির বিভিন্ন উৎস রয়েছে, যেমন বিদ্যুৎ কোষ বা ব্যাটারী, জেনারেটর ইত্যাদি। একটি টর্চলাইটের কথা বিবেচনা করা যাক। এর ভেতর দুটি বা তিনটি শুষ্ক কোষ (একাধিক কোষের সিরিজ সংযোগকে ব্যাটারী বলে), একটি ছোট্ট বাল্ব এবং বাল্বের সঙ্গে সংযোগকারী তামার পাত রয়েছে। এখানে শক্তির উৎস হলো ব্যাটারী। ব্যাটারী হতে বিদ্যুৎ শক্তি বাল্বে গমন করে এবং ফিলামেন্ট উত্তপ্ত হয়ে আলো বিকিরণ করে।



চিত্র ৩·২

এখন কোষ বা ব্যাটারীর মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়ার মাধ্যমে সৃষ্ট আধান এর অভ্যন্তরে এক প্রান্ত হতে অন্য প্রান্তে প্রবাহিত হয়। এর ফলে কোষের এক প্রান্ত ধনাত্মক এবং অন্য প্রান্ত ঋণাত্মক আধান সমৃদ্ধ হয় [চিত্র ৩·২]।

কোষের ভেতর তড়িৎ প্রবাহের দিক কোষের ঋণাত্মক পাত থেকে ধনাত্মক পাতের দিকে। এই পাতদ্বয়ের মধ্যকার বিভিন্ন উপাদান তড়িৎ প্রবাহকে বাধা প্রদান করে। এই **বাধাকেই কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ বলে।** প্রত্যেক তড়িৎ কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ থাকে। একে 'r' দ্বারা প্রকাশ করা হয়।



চিত্র ৩·৩(ক)

কোষের দুই প্রান্তে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আধানের উপস্থিতির জন্য এদের মধ্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হয়। **বহিঃবর্তনীর সংযোগ বিচ্ছিন্ন অবস্থায় কোষের দুই প্রান্তের সর্বোচ্চ বিভব পার্থক্যকে তড়িচ্চালক বল বলা হয়।**

কোষটি বহিঃবর্তনীর রোধ R_1-এর সঙ্গে সংযুক্ত করলে [চিত্র ৩·৩(ক)] R_1-এর ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ চলবে। সংযোগ বিচ্ছিন্ন না করলে বা কোষ নষ্ট না হলে বর্তনীতে এ প্রবাহ চলতে থাকবে অর্থাৎ কোষ হচ্ছে চালক শক্তি যা বিদ্যুৎ প্রবাহ বজায় রাখে।

সুতরাং তড়িচ্চালক বলের সংজ্ঞা এভাবেও দেওয়া যায়— **যে চালিকা শক্তি বর্তনীতে বিদ্যুৎ প্রবাহ বজায় রাখে তাকে তড়িচ্চালক বল বলে।** অন্যভাবে বলা যায় **একক চার্জকে কোষ সমেত কোনো বর্তনীর এক বিন্দু থেকে সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে আবার ঐ বিন্দুতে নিতে যে কাজ সম্পন্ন করতে হয় তাকে ঐ কোষের তড়িচ্চালক বল বলে।** একে ε বা E দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

তড়িচ্চালক বলের একক (unit of emf) : তড়িচ্চালক বলের একক হলো জুল/কুলম্ব (JC^{-1}), বা ভোল্ট (volt, V)। তবে ভোল্টই সর্বাধিক ব্যবহৃত একক। সুতরাং তড়িচ্চালক বল ও বিভব পার্থক্যের একক একই। ভোল্টের নিম্নোক্ত সংজ্ঞা দেয়া যায়—

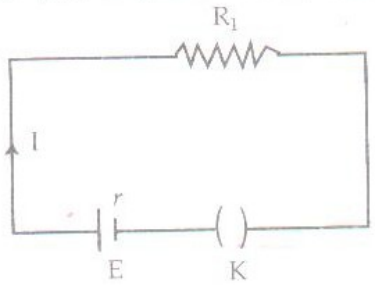
তড়িৎ বর্তনীর কোনো এক বিন্দু হতে 1 কুলম্ব চার্জকে তড়িৎ কোষসহ সম্পূর্ণ বর্তনী একবার ঘুরিয়ে পুনরায় বিন্দুতে আনতে যত জুল কাজ সম্পন্ন করা হয় কোষের তড়িচ্চালক বল হবে তত ভোল্ট।

সাধারণত টর্চে ব্যবহৃত প্রতিটি কোষের $E = 1{\cdot}5V$, অর্থাৎ কোষের অভ্যন্তরে রাসায়নিক ক্রিয়া কোষের ধনাত্মক প্রান্তের বিভব ঋণাত্মক প্রান্তের তুলনায় 1·5V (বা 1·5 JC^{-1}) বেশি রাখে। অন্যভাবে বলা যায়, 1 কুলম্ব চার্জকে কোষ সমেত কোনো বর্তনীর এক বিন্দু হতে সম্পূর্ণ বর্তনী একবার ঘুরিয়ে ঐ বিন্দুতে আনতে 1·5 J কাজ সম্পন্ন হয়।

বাস্তবে কোষের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য E-এর চেয়ে কম হয়। এর কারণ নিচের অনুচ্ছেদে আলোচনা করা হলো।

কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ এবং তড়িচ্চালক বলের মধ্যে গাণিতিক সম্পর্ক
Relation between Internal resistance and Electromotive Force of a cell

প্রত্যেক বিদ্যুৎ শক্তির উৎস, যেমন কোষ বা জেনারেটরের অভ্যন্তরীণ রোধ রয়েছে। কোষের অভ্যন্তরে বিদ্যুৎ প্রবাহ যে পরিমাণ বাধা পায় তাই কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ। যে সমস্ত পদার্থ দিয়ে উৎস তৈরি তা থেকে এ রোধ সৃষ্টি হয়। যেমন কোষের ক্ষেত্রে এর মধ্যে ব্যবহৃত সক্রিয় রাসায়নিক বস্তুর প্রকৃতি, কোষের পাতদ্বয়ের মাঝে দূরত্ব, এবং পাতদ্বয়ের আকার, কোষের অভ্যন্তরের তাপমাত্রা ইত্যাদির উপর অভ্যন্তরীণ রোধ r-এর মান নির্ভর করে। আবার জেনারেটরের ভেতরে ব্যবহৃত তার, বিভিন্ন যন্ত্রাংশ ইত্যাদির রোধ এর অভ্যন্তরীণ রোধ। বহিঃবর্তনীর রোধের সঙ্গে অভ্যন্তরীণ রোধ শ্রেণি-সমবায়ে সংযুক্ত হয় [চিত্র ৩·৩(খ)]। সুতরাং বর্তনীর মোট রোধ হবে



চিত্র ৩·৩(খ)

$R = R_1 + r$, এখানে R_1 হলো বহিঃবর্তনীর রোধ।

সাধারণত r-এর মান খুবই কম হয়। বর্তনীর প্রবাহমাত্রা I হলে, আমরা পাই,

$$I = \frac{E}{R_1 + r}, \text{ এখানে } E \text{ কোষের তড়িচ্চালক বল।}$$

বা, $E = IR_1 + Ir$

$= V + Ir$ ... ... (3.9

V এবং Ir যথাক্রমে বহিঃবর্তনীর রোধের দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য এবং কোষের অভ্যন্তরে r-এর জন্য বিভব পতন। V-কে বলা হয় প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য বা ভোল্টেজ (Terminal potential difference or voltage)।

অর্থাৎ বর্তনীতে প্রবাহ চলাকালীন কোষের প্রান্তদ্বয়ের মধ্যে বিভব পার্থক্যই V।

সমীকরণ (3.9) হতে এটা স্পষ্ট যে, $V < E$।

প্রান্তীয় ভোল্টেজ তড়িচ্চালক শক্তির চেয়ে কম হওয়ার কারণ হলো যে কোষের অভ্যন্তরীণ রোধের ভেতর দিয়ে প্রবাহ চালনা করার জন্য কিছু পরিমাণ তড়িচ্চালক বল প্রয়োজন হয়। এর ফলে কোষের ভেতর বিভব পতন[১] ঘটে। সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে কোষের দুই প্রান্তের মধ্যে Ir পরিমাণ বিভব পার্থক্য কমে যায়; অর্থাৎ Ir পরিমাণ ভোল্ট বহিঃবর্তনীতে কোনো কাজে আসে না, বরং নষ্ট হয়। **এজন্য Ir-কে নষ্ট ভোল্ট (Lost volt) বলা হয়।** নষ্ট ভোল্ট, $Ir = E - V$

সমীকরণ (3.9) অনুসারে বহিঃবর্তনী রোধ R_1 ক্ষুদ্র মানের হলে প্রান্তীয় বিভব তড়িচ্চালক শক্তির তুলনায় অনেক ছোট হয়। আবার R_1 যখন খুব বড় মানের হয় তখন প্রান্তীয় বিভব তড়িচ্চালক শক্তির প্রায় সমান হয়।

সমীকরণ (3.9)-এ $I = 0$ হলে,

$E = V$ হবে।

অর্থাৎ, **যখন বহিঃবর্তনীতে কোনো প্রবাহ থাকে না, অর্থাৎ বর্তনী খোলা অবস্থায় থাকে, তখন কোষের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য ঐ কোষের তড়িচ্চালক শক্তির সমান হয়।**

কাজ : বর্তনীতে অভ্যন্তরীণ রোধের কাজ কী ? বিদ্যুৎ প্রবাহ চলার ক্ষেত্রে অভ্যন্তরীণ রোধের ভূমিকা কী ?

বিদ্যুৎ প্রবাহ (i) এবং তড়িচ্চালক বলের মধ্যে সম্পর্ক হলো $i = \frac{E}{R + r}$। এই সমীকরণ থেকে বোঝা যায় যে, বহিঃবর্তনীর রোধ R নির্দিষ্ট হলে তড়িৎ প্রবাহ i কেবলমাত্র কোষের তড়িচ্চালক বল E-এর উপর নির্ভর করে না। এর অভ্যন্তরীণ রোধ r এর উপরও নির্ভরশীল হয়। কাজেই কোনো কোষ হতে উচ্চ মাত্রায় তড়িৎ প্রবাহ পেতে হলে এর অভ্যন্তরীণ রোধ স্বল্প হওয়া প্রয়োজন। কোনো কোষের দুই প্রান্ত নগণ্য রোধবিশিষ্ট ($R = 0$) তামার মোটা পাত দ্বারা যুক্ত করলে উহা সর্বাধিক তড়িৎ প্রবাহ প্রদান করে।

সম্প্রসারিত কর্মকাণ্ড : কোনো তড়িৎ কোষের প্রান্তীয় বিভব তার তড়িচ্চালক বলের সমান হয় কী?

কোষের তড়িচ্চালক বল, $E = V + ir$, এখানে V = প্রান্তীয় বিভব এবং r = অভ্যন্তরীণ রোধ। প্রান্তীয় বিভব, $V = E - ir$। সুতরাং দুটি শর্তে $V = E$ হতে পারে।

(i) $r = 0$ অর্থাৎ কোষটির অভ্যন্তরীণ রোধ শূন্য হলে—যা বাস্তবে সম্ভব নয়।

(ii) $i = 0$ অর্থাৎ কোষটির মধ্য দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহ না গেলে। মুক্ত বা খোলা বর্তনীতে এ ঘটনা ঘটে।

হিসাব কর : একটি কোষের তড়িচ্চালক বল 2 volt কিন্তু উহার সাথে 10 ohm একটি রোধক যুক্ত করলে কোষের পাত দুটির বিভব পার্থক্য দাঁড়ায় 1·6 volt; কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ এবং নষ্ট ভোল্ট নির্ণয় কর।

মনে করি 10 ohm রোধে প্রবাহমাত্রা I। কাজেই $I = \frac{1{\cdot}6}{10} = 0{\cdot}16\text{A}$

এখন আমরা জানি, $r = \frac{E - V}{I}$, এখানে $E = 2\text{V}$, $V = 1{\cdot}6\text{ V}$ এবং $I = 0{\cdot}16\text{A}$

অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = \frac{2 - 1{\cdot}6}{0{\cdot}16} = \frac{0{\cdot}4}{0{\cdot}16} = 2{\cdot}5\text{ ohm}$

এবং নষ্ট ভোল্ট, $Ir = 0{\cdot}16 \times 2{\cdot}5\text{ volt} = 0{\cdot}4\text{ volt}$

গাণিতিক উদাহরণ

(১) একটি কোষের তড়িচ্চালক শক্তি 2V। এতে যখন 5A তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তখন এর বিভব পার্থক্য 1·8 V হয়। কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ কত ? [চ. বো. ২০১১; য. বো. ২০০২]

মনে করি, অভ্যন্তরীণ রোধ = r

আমরা জানি, $R = \frac{V}{i}$

$\therefore \quad R = \frac{1{\cdot}8}{5} = 0{\cdot}36\ \Omega$

এখানে,

$E = 2\text{V}$

$i = 5\text{A}$

$V = 1{\cdot}8\text{ V}$

$r = ?$

[১] একটি পরিবাহী বা রোধের এক প্রান্ত হতে অপর প্রান্তে বিদ্যুৎ বাহিত হলে ঐ পরিবাহী বা রোধের ভেতর বিভব পতন হয়েছে বলা হয়। বিভব পতন এবং বিভব পার্থক্য একই।

আবার, $i = \frac{E}{R + r}$

$\therefore \quad 5 = \frac{2}{0{\cdot}36 + r}$

বা, $0{\cdot}36 + r = \frac{2}{5}$

বা, $0{\cdot}36 + r = 0{\cdot}40$

$\therefore \quad r = 0{\cdot}40 - 0{\cdot}36$

$= 0{\cdot}04\ \Omega$

২। 4 Ω ও 6Ω এর দুটি রোধককে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করে সমবায়টিকে 2·2V তড়িচ্চালক শক্তি ও 1Ω অভ্যন্তরীণ রোধের একটি কোষের সাথে যুক্ত করে বর্তনী পূর্ণ করা হলো। প্রতিটি রোধের প্রান্তীয় বিভব নির্ণয় কর।

[চ. বো. ২০০৭, ২০০৩; ব. বো. ২০০৬; সি. বো. ২০০৭]

মনে করি শ্রেণি সমবায়ে তুল্য রোধ R_s

ও প্রবাহমাত্রা $= i$

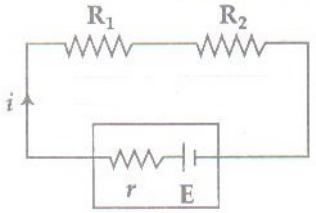
আমরা জানি,

$R_s = R_1 + R_2 = 4 + 6 = 10\Omega$

আবার $i = \frac{E}{R_s + r} = \frac{2{\cdot}2}{10 + 1} = \frac{2{\cdot}2}{11} = 0{\cdot}2A$

$\therefore \quad V_1 = iR_1 = 0{\cdot}2 \times 4 = 0{\cdot}8V$

এবং $V_2 = iR_2 = 0{\cdot}2 \times 6 = 1{\cdot}2V$



চিত্র ৩·৪

এখানে,

$R_1 = 4\Omega$

$R_2 = 6\Omega$

$E = 2{\cdot}2V$

$r = 1\ \Omega$

$V_1 = ?$

$V_2 = ?$

৩। একটি তড়িৎ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি 2V এবং অভ্যন্তরীণ রোধ 0·25 Ω। 5 Ω এবং 15 Ω রোধের দুটি তার সমান্তরালভাবে সাজিয়ে কোষটির সাথে যুক্ত করলে প্রত্যেক তারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর।

[রা. বো. ২০১১; য. বো. ২০১০]

প্রশ্নানুসারে বর্তনীটি দেখানো হলো [চিত্র ৩·৫]।

মনে করি, মোট প্রবাহমাত্রা $= i$

আমরা পাই, $i = \frac{E}{R + r}$ ... ... (1)

এখানে, $E = 2V$, $r = 0{\cdot}25\ \Omega$ এবং R_1 ও R_2 রোধদ্বয়ের তুল্য রোধ R হলে,

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

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

$= \frac{3 + 1}{15} = \frac{4}{15}$

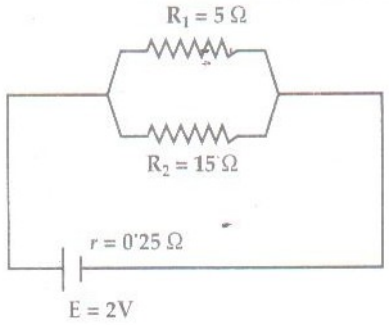
$\therefore \quad R = \frac{15}{4}\ \Omega$

সমীকরণ (1) হতে পাই,

$i = \frac{2}{0{\cdot}25 + \frac{15}{4}} = \frac{2}{\frac{1{\cdot}00 + 15}{4}}$

$= \frac{2}{\frac{16}{4}} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2} = 0{\cdot}5\ A$

$\therefore \quad i = 0{\cdot}5\ A$



চিত্র ৩·৫

ধরি, কোষের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য = V

$\therefore V = i \times R = 0{\cdot}5 \times \frac{15}{4}$

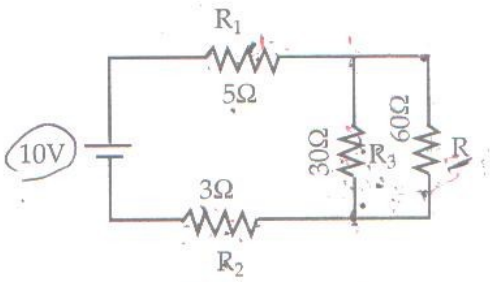
$= 1{\cdot}875$ V

সুতরাং $R_1 = 5\ \Omega$ রোধবিশিষ্ট তারের মধ্য দিয়ে প্রবাহ, $i_1 = \frac{1{\cdot}875}{5} = 0{\cdot}375$ A

এবং $R_2 = 15\ \Omega$ রোধবিশিষ্ট তারের মধ্য দিয়ে প্রবাহ, $i_2 = \frac{1{\cdot}875}{15} = 0{\cdot}125$ A

কর্ম অনুশীলন : নিচের বর্তনীগুলি দেখ এবং এগুলোর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত বিদ্যুৎ ও বিভব পার্থক্য ও রোধ নির্ণয়ের অনুশীলনীগুলো কর।

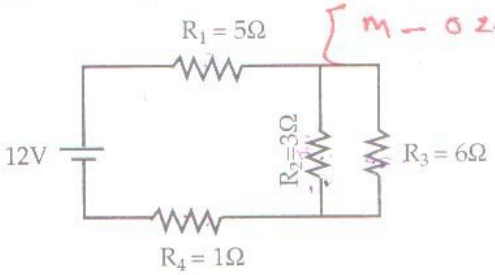
I.



R_3 রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহের মান কত ? [উ. 0·24A]

[ঢা.বি. ভর্তি পরীক্ষা, ২০১১-১২]

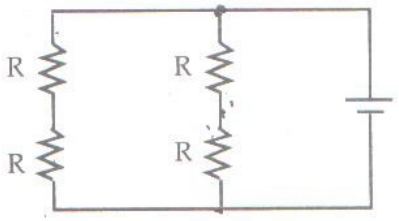
II.



R_3 রোধের মধ্যে বিভব পার্থক্য কত ?

[ঢা. বি. ভর্তি পরীক্ষা, ২০১০-১১] [উ. 3V]

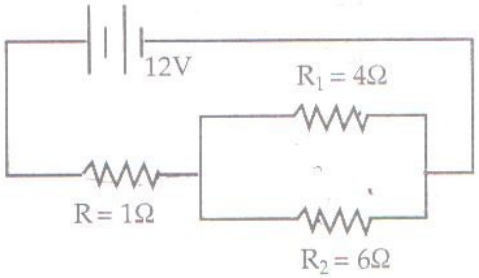
III.



বর্তনীর সমতুল্য রোধ কোনটি ?

[ঢা.বি. ভর্তি পরীক্ষা, ২০১০-১১] [উ. R]

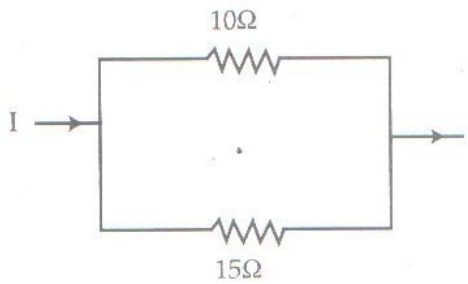
IV.



R_1, R_2 রোধের ভেতর দিয়ে প্রবাহের মান কত ?

[ঢা. বি. ভর্তি পরীক্ষা, ২০০৮-০৯] [উ. 18A]

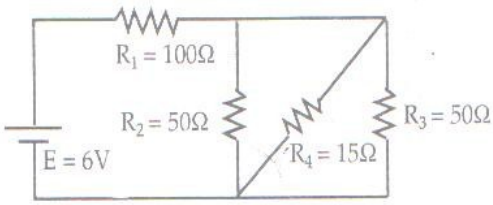
V.



10 রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত বিদ্যুৎ কত হবে?

[ঢা.বি. ভর্তি পরীক্ষা, ২০০৭-০৮] [উ. 0·6I]

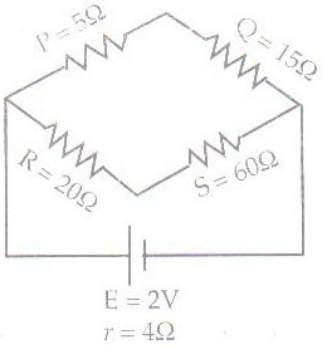
VI.



প্রতিটি রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত বিদ্যুৎ কত?

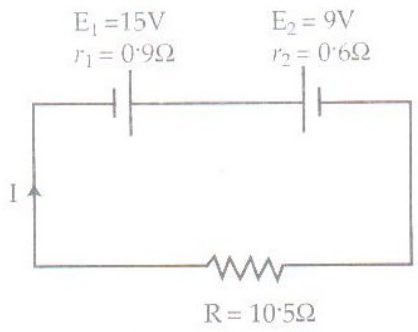
[উ. I_1=0·05A, I_2=I_3=0·1875A, I_4=0·015A]

VII.



বর্তনীর মোট প্রবাহ কত? [উ. 0·1A]

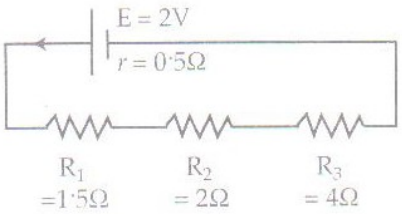
VIII.



বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় কর।

[উ. কোষদ্বয় পরস্পর বিপরীতভাবে যুক্ত
$\therefore E_1 > E_2$ ফলে I এর অভিমুখ দক্ষিণাবর্তী বর্তনী
মোট তড়িচ্চালক বল $= E_1 - E_2 = 15 - 9 = 6V$
মোট রোধ $r_1 + r_2 + R = 0·9 + 0·6 + 10·5 = 12\Omega$
$\therefore I = \frac{6}{12} = 0·5\ A$]

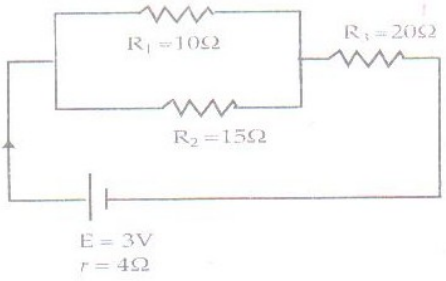
IX.



মধ্যবর্তী রোধকের প্রান্তদ্বয়ের বিভব পার্থক্য কত?

[উ. 0·5V]

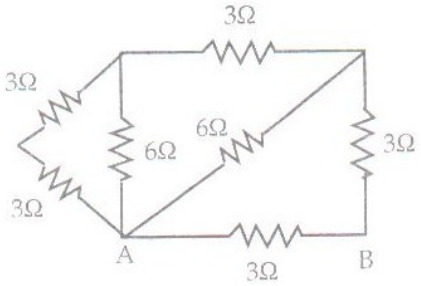
X.



R_3 এর মধ্যে দিয়ে প্রবাহিত বিদ্যুৎ এবং এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য কত ?

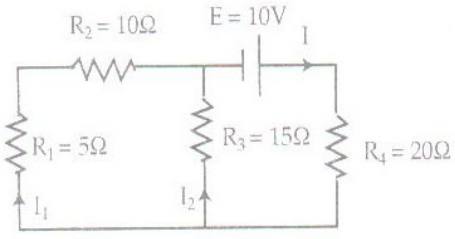
[উ. I = 0·1A, V = 2V]

XI.



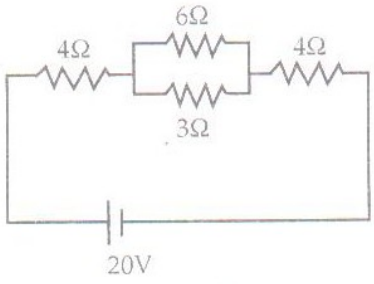
A ও B এর মধ্যে কার্যকর রোধ কত? [উ. 9Ω]

XII.



কির্শফের পদ্ধতিতে I_1 ও I_2 এর সঠিক মান নির্ণয় কর। [উ. $I_1 = 0·5$ Amp, $I_2 = 0·82$ Amp]

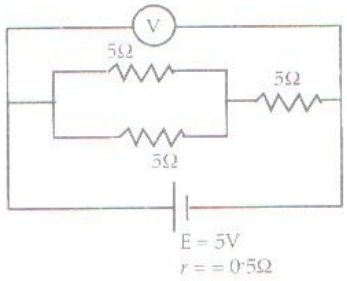
XIII.



বর্তনীতে প্রবাহিত কারেন্টের মান কত ?

[ঢা.বি. ভর্তি পরীক্ষা, ২০০৬-০৭] [উ. 20A]

XIV. (ক) বর্তনীর মূল প্রবাহ I = ?
(খ) দ্বিগুণ অভ্যন্তরীণ রোধের তড়িৎকোষ ব্যবহার করলে ভোল্টমিটারের কিরূপ পরিবর্তন হবে?



উত্তর : (ক) এখানে মোট রোধ $R = 7{\cdot}5\Omega$

$\therefore I = \frac{5}{7{\cdot}5 + 0{\cdot}5} = 0{\cdot}625A.$

(খ) একই তড়িচ্চালক শক্তি এবং দ্বিগুণ অভ্যন্তরীণ রোধের তড়িৎকোষ ব্যবহার করলে কোষের অভ্যন্তরে অধিকতর মানের বিভব পতন ঘটবে। এতে বহিঃবর্তনীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য এবং ভোল্টমিটারের পাঠ কমে যায়। পূর্বের ক্ষেত্রে ভোল্টমিটারের পাঠ $= IR = 0{\cdot}625A \times 7{\cdot}5\Omega = 4{\cdot}69V$

কোষের অভ্যন্তরে বিভব পতন $= Ir = 0{\cdot}625A \times 0{\cdot}5\Omega = 0{\cdot}31V$

বর্তনীর মূল প্রবাহমাত্রা, $I = \frac{E}{R+r} = \frac{5}{7{\cdot}5 + 1} = 0{\cdot}588\ A$

ভোল্টমিটারের পাঠ, $IR = 0{\cdot}588 \times 7{\cdot}5 = 4{\cdot}41V$

কোষের অভ্যন্তরে বিভব পতন, $Ir = 0{\cdot}588 \times 1 = 0{\cdot}588\ V$

যেহেতু $4{\cdot}69V > 4{\cdot}41V$ এবং $0{\cdot}31V < 0{\cdot}5V$.

সুতরাং দ্বিগুণ অভ্যন্তরীণ রোধের কোষ ব্যবহার করলে প্রবাহমাত্রা সামান্য কমে গেলেও কোষের অভ্যন্তরীণ বিভব পতন বৃদ্ধি পাবে এবং বহিঃবর্তনীর দু প্রান্তের বিভব পার্থক্য কমে যাওয়ায় ভোল্টমিটারের পাঠ কমে যাবে।

৩·৫ বিদ্যুৎ কোষের সমবায়
Combination of cells

কোনো কোনো ক্ষেত্রে বর্তনীতে বিদ্যুৎ প্রবাহ মাত্রা বা বিভব বৈষম্য পরিবর্তনের জন্য কতকগুলো বৈদ্যুতিক কোষকে একত্রে যুক্ত করা হয়। একে বৈদ্যুতিক কোষের সমবায় বলে এবং এরূপ দলবদ্ধ বিদ্যুৎ কোষগুলোকে একত্রে ব্যাটারী বলে। বিদ্যুৎ কোষের সমবায় তিন প্রকার; যথা—

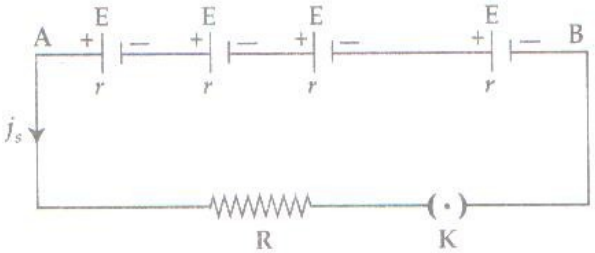
(ক) শ্রেণি বা সিরিজ সমবায় (Series combination)
(খ) সমান্তরাল সমবায় (Parallel combination) ও
(গ) মিশ্র সমবায় (Mixed combination)।

নিচে আমরা প্রথম দুটি সমবায় আলোচনা করব।

শ্রেণি সমবায়
Series combination

যদি কতকগুলো বিদ্যুৎ কোষকে এমনভাবে যুক্ত করা হয় যাতে প্রথমটির ঋণ পাতের সাথে দ্বিতীয়টির ধন পাত, দ্বিতীয়টির ঋণ পাতের সাথে তৃতীয়টির ধন পাত পর পর এভাবে যুক্ত থাকে তবে বিদ্যুৎ কোষগুলোর এই সমবায়কে শ্রেণি সমবায় বলে।

ধরা যাক R মানের একটি রোধের দুই প্রান্তের সাথে nটি বিদ্যুৎ কোষ শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত আছে [চিত্র ৩·৬]। প্রত্যেক বিদ্যুৎ কোষের বিদ্যুচ্চালক শক্তি E এবং অভ্যন্তরীণ রোধ r। কোষগুলোর মিলিত বিদ্যুচ্চালক শক্তি বা ব্যাটারীর বিদ্যুচ্চালক শক্তি অথবা বর্তনীর বিভব বৈষম্য nE এবং সমতুল্য অভ্যন্তরীণ রোধ nr। কেননা রোধগুলো শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত। কোষগুলোর অভ্যন্তরীণ রোধ আবার R-এর সাথে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত। কাজেই বর্তনীর মোট রোধ $= nr + R$।



চিত্র ৩·৬

ও'মের সূত্র অনুসারে বর্তনীর বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা,

$$i_s = \frac{\text{মোট বিদ্যুচ্চালক শক্তি}}{\text{মোট রোধ}} = \frac{nE}{nr + R} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.10)$$

(১) যদি nr-এর তুলনায় R অনেক বড় হয় অর্থাৎ $nr << R$, তবে nr অগ্রাহ্য করা যায়। এই অবস্থায় $i_s = \frac{nE}{R} = n \times$ একটি কোষের সৃষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা $> \frac{nE}{nr+R}$।

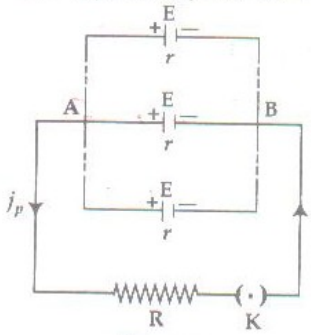
সুতরাং উচ্চ বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা সৃষ্টির জন্য কোষগুলোকে এমনভাবে যুক্ত করতে হবে যাতে nr-এর তুলনায় R অনেক বড় হয়।

(২) যদি nr-এর তুলনায় R অনেক ছোট হয় তবে R উপেক্ষা করে পাওয়া যায়, $i_s = \frac{nE}{nr} = \frac{E}{r} =$ একটি কোষে সৃষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা।

এ অবস্থায় ব্যাটারীর কার্য ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় না।

সমান্তরাল সমবায়
Parallel combination

যদি কতকগুলো বিদ্যুৎ কোষের ধন পাতগুলো এক বিন্দুতে এবং ঋণ পাতগুলো অপর এক বিন্দুতে যুক্ত থাকে তবে বিদ্যুৎ কোষগুলোর এই সমবায়কে সমান্তরাল সমবায় বলে।



চিত্র ৩·৭

ধরা যাক R মানের একটি রোধের সাথে n সংখ্যক বিদ্যুৎ কোষ সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত আছে। প্রত্যেক বিদ্যুৎ কোষের বিদ্যুচ্চালক শক্তি E এবং অভ্যন্তরীণ রোধ r। যেহেতু কোষগুলোর ধন পাতগুলো এক বিন্দু A-তে এবং ঋণ পাতগুলো অপর এক বিন্দু B-তে যুক্ত [চিত্র ৩·৭], কাজেই সমবায়ের বা ব্যাটারীর বিদ্যুচ্চালক শক্তি যে কোনো একটি বিদ্যুৎ কোষের বিদ্যুচ্চালক শক্তির সমান হবে। আবার যেহেতু কোষগুলো সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত আছে, অতএব তাদের অভ্যন্তরীণ রোধগুলোও সমান্তরাল সমবায়ে থাকবে। সুতরাং সমবায়ের বা ব্যাটারীর অভ্যন্তরীণ রোধ R_p হলে,

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \ldots\ldots n \text{ পদ} = \frac{n}{r}$$

$$\therefore \quad R_p = \frac{r}{n}$$

সুতরাং বর্তনীর মোট রোধ $= R + R_p = R + \frac{r}{n}$। বর্তনী দিয়ে i_p মাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে ও'মের সূত্রানুসারে,

$$i_p = \frac{\text{মোট বিদ্যুচ্চালক শক্তি}}{\text{মোট রোধ}}$$

$$= \frac{E}{R + \frac{r}{n}} = \frac{nE}{nR + r} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.11)$$

যদি (১) r-এর তুলনায় nR অনেক বড় হয় তবে r অগ্রাহ্য করে পাওয়া যায়, $i_p = \frac{nE}{nR} = \frac{E}{R} =$ একটি কোষের সৃষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা।

এ অবস্থায় ব্যাটারীর কার্য ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় না।

(২) r-এর তুলনায় nR অনেক ছোট হয় তবে, $i_p = \frac{nE}{r} = n \times$ একটি কোষের সৃষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা।

এ অবস্থায় ব্যাটারীর কার্যক্ষমতা যথেষ্ট বৃদ্ধি পায়।

কর্ম অনুশীলন : কি শর্তে কোষের শ্রেণি ও সমান্তরাল সমবায়ে প্রবাহমাত্রা বৃদ্ধি পায় ?

I. (a) যখন $R >> nr$ তখন $I = \frac{nE}{R}$ অর্থাৎ বর্তনীতে যে প্রবাহমাত্রা হবে উহা একটি কোষপ্রদত্ত প্রবাহমাত্রার n গুণ। $\frac{E}{R}$ হলো একটি কোষের প্রবাহমত্রা।

(b) যখন $nr >> R$, তখন $I = \frac{nE}{nr} = \frac{E}{r}$, অর্থাৎ বর্তনীতে যে প্রবাহমাত্রা হবে উহা একটি কোষ প্রদত্ত প্রবাহমাত্রার সমান।

(c) কাজেই যখন বহিবর্তনীর রোধ ব্যাটারীর মোট অভ্যন্তরীণ রোধ অপেক্ষা খুব বেশি তখন শ্রেণি সমবায়ের ফলে প্রবাহমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

II. (a) যখন $nR >> r$, তখন $I = \frac{nE}{nR} = \frac{E}{R}$, অর্থাৎ বর্তনীতে যে প্রবাহামাত্রা হবে উহা একটি কোষ প্রদত্ত প্রবাহমাত্রার সমান।

(b) যখন $r >> nR$, তখন $I = \frac{nE}{r}$, অর্থাৎ বর্তনীতে যে প্রবাহমাত্রা হবে উহা একটি কোষ প্রদত্ত প্রবাহমাত্রার n গুণ।

কাজেই যখন ব্যাটারীর অভ্যন্তরীণ রোধ বহিঃবর্তনীর রোধ অপেক্ষা খুব বেশি হয় তখন সমান্তরাল সমবায়ের ফলে প্রবাহমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

সম্প্রসারিত কর্মকাণ্ড : সমান সংখ্যক অভিন্ন কোষ শ্রেণি সমবায়ে এবং সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করা হলো। কী শর্তে বর্তনীর সঙ্গে যুক্ত একটি রোধের মধ্যে প্রবাহের মান উভয় ক্ষেত্রে সমান হবে ?

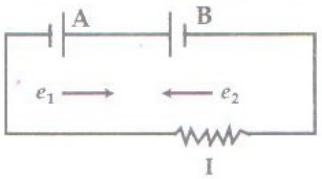
ধর প্রত্যেকটি তড়িচ্চালক বল E ও r অভ্যন্তরীণ রোধযুক্ত n-সংখ্যক কোষ নেওয়া হলো। কোষগুলি শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত হলে,

বহিঃরোধক R এর মধ্যে প্রবাহ $i_1 = \frac{nE}{R+nr}$ এবং কোষগুলি সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করলে R এর মধ্যে প্রবাহ $i_2 = \frac{nE}{nR+r}$।

প্রদত্ত শর্তানুযায়ী $i_1 = i_2$ হবে যখন $R = r$ হয়।

কর্ম অনুশীলন : কোন অবস্থাতে কোষের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য কোষের তড়িচ্চালক বল অপেক্ষা বেশি হয় ?

সাধারণভাবে কোষের তড়িচ্চালক বল কোষের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য অপেক্ষা বেশি হয়। কোষের তড়িচ্চালক বল = প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য + কোষের অভ্যন্তরীণ বিভব পতন; কিন্তু দুটি ভিন্ন তড়িচ্চালক বলের কোষ যদি বিরুদ্ধ সমবায়ে (in opposition) যুক্ত করা হয় তবে তড়িচ্চালক বলের কোষটি অপর কোষকে চার্জ করবে অর্থাৎ কম তড়িচ্চালক বলের কোষটি নিজ হতে বর্তনীতে যে অভিমুখে তড়িতাধান পাঠাত, বেশি তড়িচ্চালক বলের কোষটি অপরটির ভেতর দিয়ে বিপরীতমুখী তড়িতাধান পাঠানোর ফলে কম তড়িচ্চালক বলের কোষের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য তার তড়িচ্চালক অপেক্ষা বেশি হবে। ৩·৮ চিত্রানুযায়ী e_1 তড়িচ্চালক বলযুক্ত একটি কোষকে e_2 তড়িচ্চালক বলের কোষের সঙ্গে বিরুদ্ধ সমবায়ে যুক্ত করা হয়েছে ($e_2 > e_1$)। এক্ষেত্রে B কোষ A কোষকে চার্জ করবে। A কোষের প্রান্তীয় বিভব পতন e_1 অপেক্ষা বেশি হবে।



চিত্র ৩·৮

বর্ধিত কাজ : শক্তিশালী প্রবাহ পাওয়ার জন্য একই মানের কোষের শ্রেণি সমবায়ের ক্ষেত্রে অভ্যন্তরীণ রোধ বহিস্থ রোধ অপেক্ষা কম কেন ?

মনে করি, E তড়িচ্চালক বল এবং r অভ্যন্তরীণ রোধের n সংখ্যক তড়িৎ কোষকে শ্রেণিতে যুক্ত করে R মানের বহিস্থ রোধের সাথে যুক্ত করলে তড়িৎ প্রবাহের মান $I = \frac{nE}{R+nr}$. $R >> r$ এবং $R >> nr$ হলে, $I = \frac{nE}{R} = n\frac{E}{R}$। কিন্তু $\frac{E}{R}$ হলো একটি কোষের ক্ষেত্রে তড়িৎ প্রবাহ, কারণ $r = 0$। সুতরাং এক্ষেত্রে n সংখ্যক কোষ ব্যবহার করায় n গুণ তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায়। সুতরাং শক্তিশালী প্রবাহ পাওয়ার জন্য একই মানের কোষের শ্রেণি সমবায়ের ক্ষেত্রে অভ্যন্তরীণ রোধ বহিস্থ রোধ অপেক্ষা কম।

গাণিতিক উদাহরণ

১। প্রতিটি 2 V এবং অভ্যন্তরীণ রোধ 1·5 Ω-এর তিনটি বিদ্যুৎ কোষ নেয়া হলো । শ্রেণি সমবায়ে সাজিয়ে এদের প্রান্তগুলোকে 150 Ω রোধের পরিবাহী দ্বারা যুক্ত করলে কত মাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহিত হবে ?

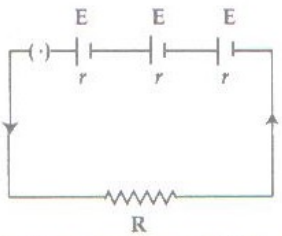
মনে করি বিদ্যুৎ প্রবাহ মাত্রা $= i$

$\therefore$ আমরা পাই, $i = \frac{nE}{R+nr}$ ... ... (i)

$\therefore$ সমীকরণ (i) হতে পাই,

$$i = \frac{3\times 2}{150 + 3\times 1{\cdot}5} = \frac{6}{150+4{\cdot}5} = \frac{6}{154{\cdot}5} = 0{\cdot}0388\ \text{A}$$

এখানে,
$n = 3$
$E = 2\ \text{V}$
$R = 150\ \Omega$
$r = 1{\cdot}5\ \Omega$



২। 1·5V তড়িচ্চলক বলবিশিষ্ট 9টি কোষকে সমান্তরালে সাজিয়ে 1Ω রোধের সাথে যুক্ত করা হলে বর্তনীতে 1·35A প্রবাহ চলে। প্রতিটি কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ কত ?

আমরা জানি, কোষের সমান্তরাল সমবায়ের ক্ষেত্রে,

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

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

$$\therefore\ r = \frac{nE}{I} - nR = \frac{9\times 1{\cdot}5}{1{\cdot}35} - 9\times 1 = 10 - 9 = 1\Omega$$

$\therefore\ r = 1\Omega$

এখানে,
$E = 1{\cdot}5\ \text{V}$
$n = 9$
$R = 1\ \Omega$
$I = 1{\cdot}35\ \text{A}$
$r = ?$

৩। 1·5 V তড়িচ্চালক বলযুক্ত দুটি একই ধরনের তড়িৎ কোষকে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করা হলো। এ সমবায়কে একটি রোধ ও একটি গ্যালভানোমিটারের সাথে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করলে বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহের মাত্রা 1 হয়। কোষ দুটিকে সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করলে বর্তনীর প্রবাহমাত্রা 0·6A হয়। কোষ দুটির অভ্যন্তরীণ রোধ নির্ণয় কর।

কোষ দুটি শ্রেণি সমবায়ে থাকলে,
তড়িচ্চালক বল = 1·5 + 1·5 = 3V
অভ্যন্তরীণ রোধ = $r + r = 2r$
সুতরাং, প্রবাহমাত্রা, $I_1 = \frac{V}{R + 2r}$
বা, $1 = \frac{3}{R + 2r}$
বা, $R + 2r = 3$
বা, $R = 3 - 2r$ ... ... (i)

ধরা যাক,
কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ = r
বহির্বর্তনীর রোধ ও গ্যালভানোমিটারের মিলিত রোধ = R
প্রবাহমাত্রা, $I_1 = 1A$
প্রবাহমাত্রা, $I_2 = 0·6A$

কোষ দুটি সমান্তরালে থাকলে, তড়িচ্চালক বল = 1·5V
অভ্যন্তরীণ রোধ $= \frac{r \times r}{r + r} = \frac{r^2}{2r} = \frac{r}{2}$
সুতরাং, প্রবাহমাত্রা, $I_2 = \frac{V}{R + \frac{r}{2}}$
বা, $0·6 = \frac{1·5}{R + \frac{r}{2}}$
বা, $R + \frac{r}{2} = \frac{1·5}{0·6} = \frac{5}{2}$
$\therefore R = \frac{5}{2} - \frac{r}{2}$ ... ... (ii)

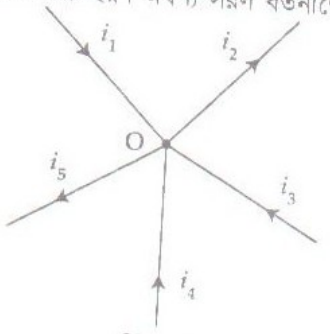
সমীকরণ (i) ও (ii) থেকে পাই,
$3 - 2r = \frac{5}{2} - \frac{r}{2}$
বা, $6 - 4r = 5 - r$
বা, $3r = 1$
বা, $r = \frac{1}{3}\Omega$

৩·৬ কির্শফের সূত্র
Kirchhoff's Laws

সূত্রের ধারণা
Concept about the laws

ও'মের সূত্রের সাহায্যে সরল বর্তনীর বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা ও রোধ নির্ণয় করা যায়। কিন্তু জটিল বর্তনীর ক্ষেত্রে ও'মের সূত্র যথেষ্ট নয়। এ কারণে জটিল বর্তনীর রোধ ও বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা ইত্যাদি নির্ণয়ের জন্য কির্শফের দুটি সূত্র প্রয়োগ করা হয়। অবশ্য সরল বর্তনীতেও সূত্র দুটি প্রয়োগ করা যায়। কির্শফের সূত্র দুটি নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যায়।

প্রথম সূত্র : বিদ্যুৎ বর্তনীর কোনো সংযোগ বিন্দুতে মিলিত প্রবাহ-মাত্রাগুলোর বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য হয়।



চিত্র ৩·৯

ব্যাখ্যা : ধরা যাক একটি বর্তনীর O বিন্দুতে i_1, i_2, i_3, i_4 ও i_5 মাত্রার 5টি বিভিন্নমুখী বিদ্যুৎ প্রবাহ মিলিত হয়েছে [চিত্র ৩·৯]। সাধারণ নিয়ম অনুসারে সংযোগ বিন্দুমুখী বিদ্যুৎ প্রবাহ মাত্রাগুলো ধন রাশি এবং সংযোগ বিন্দু হতে বাইরের দিকে প্রবাহিত বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রাগুলো ঋণ রাশি ধরা হয়। সুতরাং O বিন্দুতে মিলিত বিদ্যুৎ প্রবাহগুলোর উপর কির্শফের প্রথম সূত্র প্রয়োগ করে পাওয়া যায়,

$i_1 + i_3 + i_4 - i_2 - i_5 = 0$
বা, $i_1 + i_3 + i_4 + (-i_2) + (-i_5) = 0$
... ... (3.12)

আমরা জানি, প্রবাহমাত্রা হলো চার্জের প্রবাহ। এখন সংযোগ বিন্দুতে প্রবাহগুলোর যোগফল শূন্য না হওয়ার অর্থ দাঁড়ায় ঐ বিন্দুতে চার্জের সৃষ্টি বা ধ্বংস হওয়া যা চার্জের নিত্যতা সূত্রের সম্পূর্ণ পরিপন্থী। সুতরাং, বর্তনীর কোথাও চার্জ সঞ্চিত হতে পারে না। সঙ্কেতের সাহায্যে সূত্রটিকে এরূপভাবে প্রকাশ করা যায়, $\Sigma i = 0$।

দ্বিতীয় সূত্র : কোনো বন্ধ বর্তনীর অন্তর্গত মোট বিদ্যুচ্চালক শক্তি (e. m. f.) ঐ বর্তনীর বিভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং তাদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত সংশ্লিষ্ট বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলসমূহের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

অথবা, **পরিবাহী বর্তনীর মধ্যে যে কোনো বন্ধ বর্তনীর বিভিন্ন অংশের রোধ এবং এদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলের বীজগাণিতিক যোগফল ঐ বন্ধ বর্তনীর মোট বিদ্যুচ্চালক শক্তির সমান হয়।**

অর্থাৎ $\Sigma iR = \Sigma E$

ব্যাখ্যা : একটি বন্ধ বর্তনীর কোনো অংশে বি কারণে রোধ ও বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার গুণফলের হিসা হিসাবে বর্তনীতে কোনো বিদ্যুৎ কোষ যদি দক্ষিণা শক্তি ধন রাশি এবং যদি বামাবর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহ পাঠ হবে। ৩·১০ নং চিত্রে ABDA একটি বন্ধ বর্তনী AB, BD ও DA অংশের রোধ যথাক্রমে R_1, R_2 ও R বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা যথাক্রমে i_1 ও i_2 দক্ষিণাবর্তী এব প্রবাহমাত্রা i_3 বামাবর্তী। এ ছাড়া E_1 বিদ্যুচ্চালক শক্তি বিদ্যুৎ কোষ দক্ষিণাবর্তী এবং E_2 বিদ্যুচ্চালক শক্তি বিদ্যুৎ কোষ বামাবর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহ পাঠাবার দক্ষিণাবর্তী বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রাকে ধন রাশি এ প্রবাহমাত্রাকে ঋণ রাশি ধরে এ বর্তনীতে কির্শফে করে লেখা যায়,

$$i_1R_1 + i_2R_2 - i_3R_3 = E_1 - E_2$$

বা, $i_1R_1 + i_2R_2 + (-i_3R_3) = E_1 + (-E_2)$

সমীকরণটিকে সঙ্কেত দ্বারা নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যায়, $\Sigma ir = \Sigma E$ ... (3.13)

বর্তনীতে বিদ্যুচ্চালক শক্তির উৎস না থাকলে, $\Sigma ir = 0$.

[বি. দ্র. দক্ষিণাবর্তী প্রবাহের ক্ষেত্রে রোধ ও প্রবাহমাত্রার গুণফল ঋণরাশি ধরলে বামাবর্তী প্রবাহের ক্ষেত্রে গুণফল ধনরাশি ধরতে হবে। এ ক্ষেত্রে বিদ্যুচ্চালক শক্তিকে এভাবে চিহ্নিত করতে হবে।]

হুইটস্টোন ব্রীজনীতির ব্যবহার:

সাধারণ মানের কোন অজ্ঞাত রোধ ($1 \rightarrow 1000\,\Omega$) নির্ণয়ে হুইটস্টোন ব্রীজনীতি ব্যবহার করা হয়।

মিটার ব্রীজ, পোষ্ট অফিস বক্স, হুইটস্টোন ব্রীজ নীতির ব্যবহারিক প্রয়োগ।

মিটার ব্রীজের সাহায্যে কোন পরিবাহীর রোধ নির্ণয় করা যায় এবং পরিবাহীর উপাদানের আপেক্ষিক রোধও নির্ণয় করা যায়। ইহার সাহায্যে উচ্চ ও নিম্নমানের রোধ নির্ণয় করা যায় না।

পোষ্ট অফিস বক্স এর সাহায্যে নিম্ন ও উচ্চ মানের ($11,100\,\Omega$) উভয় প্রকার রোধ নির্ণয় করা যায়।

পোষ্ট অফিসে টেলিগ্রাফের তার ও কেবল এর রোধ নির্ণয়ের কাজে এ যন্ত্র ব্যবহার করা হতো বলে এর নাম পোষ্ট অফিস বক্স দেয়া হয়েছে।

পোষ্ট অফিস বক্সের সাহায্যে অজ্ঞাত রোধের মান দুই দশমিক পর্যন্ত সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায়।

চিত্র ৩·১০

কির্শফের সূত্রের বিভিন্ন প্রয়োগ রয়েছে। এখানে আমরা হুইটস্টোন ব্রীজে কির্শফের সূত্রের প্রয়োগ আলোচনা করব।

হিসাব কর : 2V তড়িচ্চালক শক্তি এবং 1Ω অভ্যন্তরীণ রোধের একটি কোষ সমান্তরাল সমবায়ে 5Ω এবং 15Ω রোধবিশিষ্ট দুটি রোধকের সাথে সংযুক্ত। কির্শফের সূত্র প্রয়োগ করে কোষ দ্বারা প্রেরিত প্রবাহমাত্রা এবং প্রত্যেক রোধের মধ্যে প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর।

তড়িৎ বর্তনীতে কির্শফের সূত্রের ব্যবহার (বিদ্যুৎ প্রবাহ ও বিভব পার্থক্য নির্ণয়)

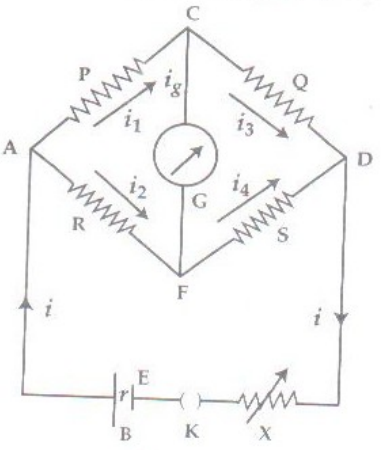
Application of Kirchhoff's Laws in Electric Circuit (Determination of Current and Potential difference)

(i) হুইটস্টোন ব্রীজে কির্শফের সূত্রের ব্যবহার

Use of Kirchhoff's Laws in Wheatstone Bridge

চারটি রোধ শ্রেণিবদ্ধভাবে সজ্জিত করে একটি আবদ্ধ লুপ তৈরি করলে যে চারটি সংযোগস্থল তৈরি হয়, তার যে কোনো দুটি বিপরীত সংযোগস্থলের মাঝে একটি বিদ্যুৎ কোষ এবং অপর দুটি সংযোগস্থলের মাঝে গ্যালভানোমিটার সংযোগে যে বর্তনী তৈরি হয় তাকে হুইটস্টোন ব্রীজ বলে।

ধরা যাক, চ রটি রোধ P, Q, R ও S চতুর্ভুজ দ্বারা গঠিত একটি ACDF-এর ন্যায় যুক্ত করে সংযোগ বিন্দু A ও D বিন্দুকে একটি ব্যাটারী বা বিদ্যুৎ উৎস B, একটি প্লাগ চাবি K ও একটি পরিবর্তনশীল রোধ X দ্বারা এবং সংযোগ বিন্দু C ও F-কে একটি গ্যালভানোমিটার G দ্বারা যুক্ত করে **হুইটস্টোন ব্রীজ** তৈরি করা হলো [চিত্র ৩·১১]।



চিত্র ৩·১১

এ অবস্থায় মূল বিদ্যুৎ প্রবাহ A বিন্দুতে পৌঁছার পর বিভিন্ন রোধের ভেতর দিয়ে গিয়ে D বিন্দুতে পুনরায় মিলিত হবে। গ্যালভানোমিটারে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হবে কি হবে না তা নির্ভর করবে C ও F বিন্দুর বিভবের উপর। যদি রোধগুলোর জন্য C ও F বিন্দুর বিভব সমান না হয় তবে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হবে এবং গ্যালভানোমিটার কম-বেশি বিক্ষিপ্ত হবে। এ অবস্থাকে অসম অবস্থা (Unbalanced condition) বলা হয়। কিন্তু C ও F বিন্দুদ্বয়ের বিভব সমান হলে গ্যালভানোমিটারে কোনো বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় না এবং গ্যালভানোমিটারে কোনো বিক্ষেপও হয় না। এ অবস্থাকে **সাম্যাবস্থা** (Balanced condition) বা **নিস্পন্দ অবস্থা** (Null condition) বলা হয়। বর্তনীর বিভিন্ন রোধের মানগুলো নিয়ন্ত্রিত করে সাম্যাবস্থা তৈরি করা হয়।

কির্শফের সূত্রের সাহায্যে তড়িৎ প্রবাহ ও বিভব পার্থক্য নির্ণয় এবং হুইটস্টোন ব্রীজ নীতি প্রতিষ্ঠা

ধরা যাক গ্যালভানোমিটারের রোধ G এবং রোধ P, R, Q, S ও G-এর ভেতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা যথাক্রমে i_1, i_2, i_3, i_4 ও i_g।

এখন কির্শফের প্রথম সূত্রটি C ও F বিন্দুতে প্রয়োগ করে যথাক্রমে পাওয়া যায়,

$i_1 - i_3 - i_g = 0$ অর্থাৎ $i_1 = i_3 + i_g$ ... ... (3.14)

এবং $i_2 + i_g - i_4 = 0$ অর্থাৎ $i_4 = i_2 + i_g$ ... ... (3.15)

আবার কির্শফের দ্বিতীয় সূত্রটি বদ্ধ বর্তনী ACFA ও CDFC-এ প্রয়োগ করে যথাক্রমে পাওয়া যায়,

$i_1P + i_gG - i_2R = 0$ ... ... (3.16)

এবং $i_3Q - i_4S - i_gG = 0$ ... ... (3.17)

কিন্তু ব্রীজের সাম্যাবস্থায়, $i_g = 0$

কাজেই এ অবস্থায় সমীকরণ (3.14) ও (3.15) অনুসারে, $i_1 = i_3$ এবং $i_4 = i_2$

সমীকরণ (3.16) ও (3.17) অনুসারে, $i_1P = i_2R$

এবং $i_3Q = i_4S$ ... ... (3.18)

এখন সমীকরণ (3.18)-কে (3.19) দ্বারা ভাগ করে পাওয়া যায়, ... (3.19)

$$\frac{i_1P}{i_3Q} = \frac{i_2R}{i_4S}$$; কিন্তু $i_1 = i_3$ ও $i_4 = i_2$

$$\therefore \quad \frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$$ ... ... (3.20)

সমীকরণ (3.20) অনুসারে হুইটস্টোন ব্রীজের সাম্যাবস্থায় চারটি রোধের যে কোনো তিনটি জানা থাকলে, চতুর্থ রোধটি নির্ণয় করা যাবে। একে রোধ পরিমাপের **হুইটস্টোন ব্রীজের নীতি** বলে।

সাম্যাবস্থায়—

(i) গ্যালভানোমিটারের দুই প্রান্তের বিভব বৈষম্য শূন্য হবে অর্থাৎ গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে কোনো বিদ্যুৎ প্রবাহিত হবে না। এমতাবস্থায়

$$(V_A - V_D) = (P + Q)i_1 = (R + S)i_2$$

(ii) একইক্রমে গ্যালভানোমিটারের উভয় প্রান্তের দুই পার্শ্বে যুক্ত রোধ দুটির অনুপাত সমান হবে।

অর্থাৎ $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$.

বি. দ্র. ৩·১১ নং চিত্রে AC, CD, AF ও FD বাহুকে যথাক্রমে হুইটস্টোন ব্রীজের প্রথম, দ্বিতীয়, তৃতীয় ও চতুর্থ বাহু বলে।

নিজে কর : গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ শূন্য হওয়ার শর্ত কী ?

(ii) বিদ্যুৎ কোষের শ্রেণি সমবায়ের ক্ষেত্রে কির্শফের সূত্রের ব্যবহার

Application of Kirchhoff's Laws in case of series combination of cells

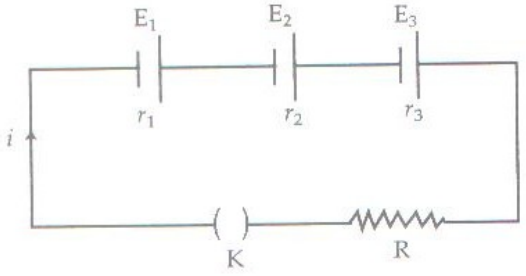
বিদ্যুৎ প্রবাহ নির্ণয় : মনে করি তিনটি বিদ্যুৎ কোষ আছে। এদের বিদ্যুচ্চালক বল যথাক্রমে E_1, E_2, E_3 এবং অভ্যন্তরীণ রোধ যথাক্রমে r_1, r_2, r_3 [চিত্র ৩·১২]। এদেরকে R রোধের একটি পরিবাহীর সাহায্যে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করা হয়েছে। মনে করি বর্তনীতে প্রবাহমাত্রা $= i$.

উক্ত বর্তনীতে কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$E_1 + E_2 + E_3 = ir_1 + ir_2 + ir_3 + iR$$

বা, $$i(r_1 + r_2 + r_3 + R) = E_1 + E_2 + E_3$$

$$\therefore \quad i = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{R + r_1 + r_2 + r_3} \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.21)$$



চিত্র ৩·১২

যদি n সংখ্যক কোষ অনুরূপে যুক্ত করা হয় তাহলে

$$i = \frac{E_1 + E_2 + E_3 \ldots\ldots\ldots + E_n}{R + r_1 + r_2 + r_3 \ldots\ldots\ldots + r_n}$$

প্রতিটি কোষের বিদ্যুচ্চলক বল E এবং অভ্যন্তরীণ রোধ r হলে

$$i = \frac{nE}{R + nr} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.22)$$

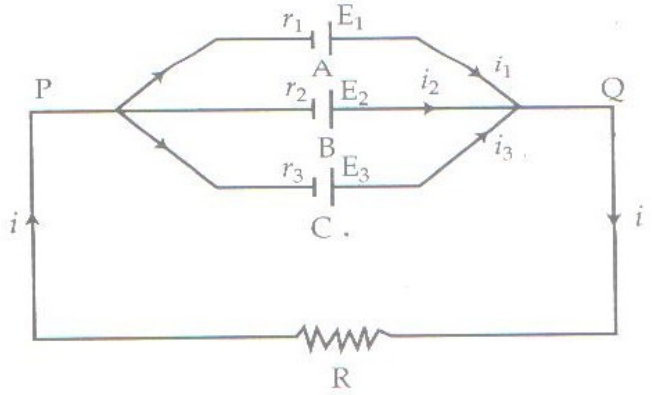
বিভব পার্থক্য নির্ণয় : মূল প্রবাহ i রোধক R এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হবার জন্য R এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য

$$V = iR = \frac{nER}{R + nr}$$

(iii) বিদ্যুৎ কোষের সমান্তরাল সমবায়ে কির্শফের সূত্রের প্রয়োগ

Application of Kirchhoff's Laws in case of parallel combination of cells

মনে করি A, B এবং C তিনটি বিদ্যুৎ কোষ। এদের বিদ্যুচ্চালক বল যথাক্রমে E_1, E_2, E_3 এবং অভ্যন্তরীণ রোধ যথাক্রমে r_1, r_2, r_3। এদেরকে সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করে [চিত্র ৩·১৩] প্রান্তদ্বয়কে R রোধের একটি পরিবাহীর সাহায্যে সমান্তরালভাবে যুক্ত করা আছে। E_1, E_2, E_3 কোষ হতে প্রবাহিত প্রবাহমাত্রা যথাক্রমে i_1, i_2, i_3।



চিত্র ৩·১৩

এখন P অথবা Q বিন্দুতে কির্শফের ১ম সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$i_1 + i_2 + i_3 = i \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.23)$$

কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে,

বর্তনী PAQRP হতে পাই, $i_1r_1 + iR = E_1$ ... ... (3.24)

বর্তনী PBQRP হতে পাই, $i_2r_2 + iR = E_2$ ... ... (3.25)

বর্তনী PCQRP হতে পাই, $i_3r_3 + iR = E_3$ ... ... (3.26)

সমীকরণ (3.24), (3.25) ও (3.26) কে যথাক্রমে r_1, r_2, r_3 দ্বারা ভাগ করে ভাগফলগুলিকে যোগ করে পাই,

$$(i_1 + i_2 + i_3) + i\left(\frac{R}{r_1} + \frac{R}{r_2} + \frac{R}{r_3}\right) = \frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} + \frac{E_3}{r_3}$$

বা, $$i + i\left(\frac{R}{r_1} + \frac{R}{r_2} + \frac{R}{r_3}\right) = \frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} + \frac{E_3}{r_3}$$

বা, $$i\left\{1 + R\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}\right)\right\} = \frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} + \frac{E_3}{r_3}$$

$$\therefore \quad i = \frac{\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} + \frac{E_3}{r_3}}{1 + R\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}\right)} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (3.27)$$

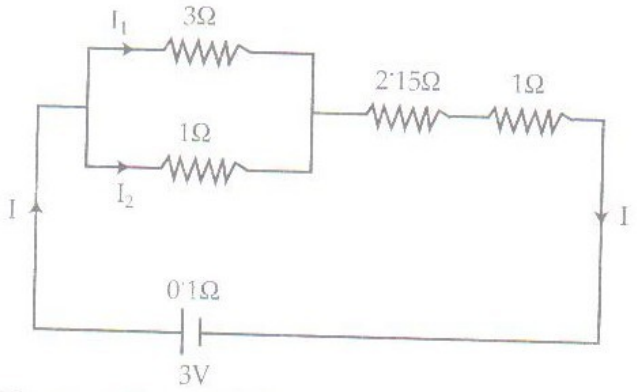
এখন R, $r_1 + r_2 + r_3$ এবং $E_1 + E_2 + E_3$ এর মান বসিয়ে i নির্ণয় করা যায়। প্রতিটি বিদ্যুৎ কোষের তড়িচ্চালক বল E ও অভ্যন্তরীণ রোধ r হলে

$$i = \frac{\frac{nE}{r}}{1 + \frac{nR}{r}} = \left(\frac{nE}{nR + r}\right) \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (3.28)$$

বিভব পার্থক্য : R এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য, $V = iR = \left(\frac{nE}{nR + r}\right) \times R$

গাণিতিক উদাহরণ

১। 3Ω ও 1Ω রোধের সমান্তরাল সমবায়ের সাথে 2·15Ω ও 1Ω রোধের শ্রেণি সমবায় ও একটি ব্যাটারী যুক্ত করা হলো। ব্যাটারীর অভ্যন্তরীণ রোধ 0·1Ω ও তড়িচ্চালক বল 3V। বর্তনী অঙ্কন কর এবং রোধগুলোর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের মান নির্ণয় কর।



উপরের চিত্রে বর্তনীটি আঁকা হয়েছে। সমান্তরাল সমবায়ের জন্য তুল্য রোধ,

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{3} + \frac{1}{1} = \frac{3+1}{3\times 1}$$

বা, $$R_P = \frac{3\times 1}{3+1} = 0{\cdot}75\Omega$$

এই তুল্য রোধ অন্য সব রোধগুলোর সঙ্গে শ্রেণি সমবায়ে রয়েছে। সুতরাং, বর্তনীর মূল প্রবাহমাত্রা হলো,

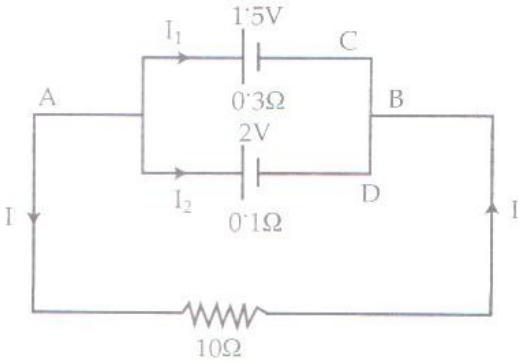
$$I = \frac{V}{R} = \frac{3}{0{\cdot}75 + 2{\cdot}15 + 1 + 0{\cdot}1} = \frac{3}{4} = 0{\cdot}75\ A$$

এই মূল প্রবাহই 2·15Ω এবং 1Ω রোধ দুটির মধ্য দিয়ে যায়। এখন সমান্তরালে যুক্ত 3Ω রোধে প্রবাহ,

$I_1 = I \times \frac{1}{3+1} = 0{\cdot}75 \times \frac{1}{4} = 0{\cdot}187\ A$

এবং 1Ω রোধে প্রবাহ, $I_2 = I - I_1 = 0{\cdot}75 - 0{\cdot}187 = 0{\cdot}563\ A$

২। দুটি তড়িৎকোষের তড়িচ্চালক বল যথাক্রমে 1·5 volt ও 2 volt এবং এদের আন্তঃরোধ যথাক্রমে 0·3 ohm ও 0·1 ohm। এদের সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করা হলো। কোষের সমবায়কে একটি 10 ohm বহিঃরোধের সাথে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করা হলো। এই রোধটির মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের মান নির্ণয় কর।



কির্শফের ১ম সূত্র A বিন্দুতে প্রয়োগ করে পাই,

$I_1 + I_2 - I = 0$

বা, $I_2 = I - I_1$ ... ... (i)

ACBDA লুপের জন্য কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$-I_1 \times 0{\cdot}3 + I_2 \times 0{\cdot}1 = -1{\cdot}5 + 2$

বা, $-I_1 \times 0{\cdot}3 + (I - I_1) \times 0{\cdot}1 = 0{\cdot}5$

বা, $0{\cdot}1\,I - 0{\cdot}4\,I_1 = 0{\cdot}5$ ... ... (ii)

ADBFA লুপের জন্য পাই,

$-I_2 \times 0{\cdot}1 - I \times 10 = -2$

বা, $(I - I_1) \times 0{\cdot}1 + 10\,I = 2$

বা, $10{\cdot}1\,I - 0{\cdot}1\,I_1 = 2$ ... ... (iii)

সমীকরণ (iii)-কে 4 দ্বারা গুণ করে সমীকরণ (ii) হতে বিয়োগ করে পাই,

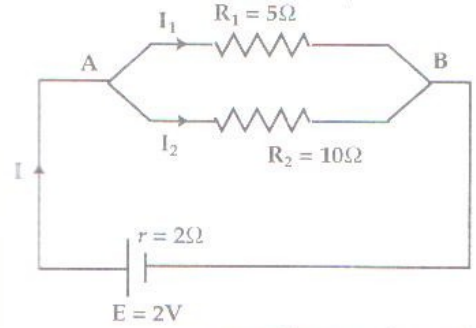
$40{\cdot}4\,I - 0{\cdot}1I = 7{\cdot}5$

বা, $40{\cdot}3\,I = 7{\cdot}5$

বা, $I = \frac{7{\cdot}5}{40{\cdot}3} = 0{\cdot}186A$

৩। 2V তড়িচ্চালক শক্তি এবং 2Ω অভ্যন্তরীণ রোধের একটি কোষ সমান্তরাল সমবায়ে 5Ω এবং 10Ω রোধবিশিষ্ট দুটি রোধকের সাথে সংযুক্ত। কির্শফের সূত্র প্রয়োগ করে কোষ দ্বারা প্রেরিত প্রবাহমাত্রা এবং প্রত্যেক রোধকের মধ্যে প্রবাহমাত্রা বের কর।

A বিন্দুতে কির্শফের প্রথম সূত্র প্রয়োগ করে পাই, $I = I_1 + I_2$ ... ... (i)



EAR_1BE বন্ধ লুপে কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$I \times 2 + I_1 \times 5 = 2$

বা, $2(I_1 + I_2) + 5I_1 = 2$

বা, $7I_1 + 2I_2 = 2$ ... ... (ii)

AR_1BR_2A বন্ধ লুপে কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$I_1 \times 5 - I_2 \times 10 = 0$

$\therefore \quad I_1 = 2I_2$ ... ... (iii)

I_1 এর মান (ii) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$7 \times 2I_2 + 2I_2 = 2$

বা, $16I_2 = 2 \quad \therefore I_2 = \frac{1}{8} = 0{\cdot}125A$ এবং $I_1 = 2I_2 = 2 \times 0{\cdot}125 = 0{\cdot}25A$

কোষ দ্বারা প্রেরিত প্রবাহ $I = I_1 + I_2 = 0{\cdot}375A$

$I_1 = 0{\cdot}25A$, $I_2 = 0{\cdot}125A$, $I = 0{\cdot}375A$ (উত্তর)

৩·৭ শান্টের ব্যবহার

Application of Shunt

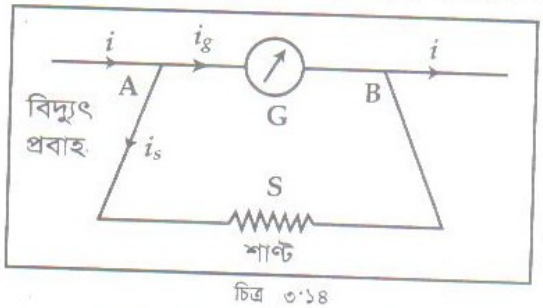
সকল তড়িৎ যন্ত্রের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের একটি ঊর্ধ্বসীমা থাকে। ওই ঊর্ধ্বসীমার চেয়ে বেশি তড়িৎ প্রবাহ যন্ত্রের ভেতর দিয়ে প্রবাহিত হলে সেটি ক্ষতিগ্রস্ত হতে পারে। ল্যাবরেটরীতে আমরা এমন কিছু বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি ব্যবহার করে থাকি যা অত্যন্ত সুবেদী (sensitive) এবং যার মধ্য দিয়ে অতিরিক্ত বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে তা সাথে সাথে নষ্ট হয়ে যায়। এই সকল যন্ত্রপাতি হলো গ্যালভানোমিটার, ভোল্টমিটার ইত্যাদি। এই সকল যন্ত্রপাতি তড়িৎ বর্তনীতে ব্যবহৃত হয়। এ সকল যন্ত্রপাতি রক্ষার জন্য শান্ট ব্যবহার করা হয়। কিভাবে শান্ট ব্যবহার করতে হয় তা লক্ষ কর।

বৈদ্যুতিক বর্তনীতে গ্যালভানোমিটারের মতো সূক্ষ্ম ও সুবেদী যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। উক্ত যন্ত্র উচ্চ মানের বিদ্যুৎ প্রবাহজনিত তাপে যাতে নষ্ট বা ক্ষতিগ্রস্ত না হয় তজ্জন্য যন্ত্রের সাথে সমান্তরালে একটি অল্প মানের রোধ ব্যবহার করে

যন্ত্রটিকে ক্ষতির হাত হতে রক্ষা করা হয়। এই রোধকে **শান্ট** বলে। অর্থাৎ গ্যালভানোমিটার বা সূক্ষ্ম ও সুবেদী বৈদ্যুতিক যন্ত্রের মধ্য দিয়ে যাতে উচ্চমাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহিত না হতে পারে তার জন্য যন্ত্রের সাথে সমান্তরালে স্বল্প মানের যে রোধ যুক্ত করা হয় তাকে শান্ট বলে।

গ্যালভানোমিটারে শান্টের ব্যবহার
Applications of a Shunt in a galvanometer

মনে করি G রোধের একটি গ্যালভানোমিটারের দুই প্রান্ত A ও B-এর সাথে নিম্ন মানের একটি রোধ S সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত আছে [চিত্র ৩·১৪]। এই S-ই শান্ট। ধরি বর্তনীর মূল বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা $= i$। এই বিদ্যুৎ প্রবাহ A বিন্দুতে পৌঁছে দুই ভাগে বিভক্ত হবে। মূল বিদ্যুৎ প্রবাহের সামান্য অংশ গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাবে। আর অধিক পরিমাণে বিদ্যুৎ প্রবাহ শান্ট-এর মধ্য দিয়ে যাবে। ফলে বিদ্যুৎ প্রবাহজনিত সৃষ্ট তাপে গ্যালভানোমিটার নষ্ট হবে না। নিম্নলিখিত উপায়ে শান্টের মান নির্ণয় করা যায়।



চিত্র ৩·১৪

বিদ্যুৎ প্রবাহ দুটি B বিন্দুতে মিলিত হয়ে পুনরায় মূল বিদ্যুৎ প্রবাহ গঠন করবে। মনে করি গ্যালভানোমিটার এবং শান্ট-এর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা যথাক্রমে i_g এবং i_s।

এখন A এবং B বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য $(V_A - V_B)$ হলে ও'মের সূত্র হতে পাই,

$$i_g = \frac{V_A - V_B}{G} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.29)$$

এবং $$i_s = \frac{V_A - V_B}{S} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.30)$$

সমীকরণ (3.30)-কে সমীকরণ (3.29) দ্বারা ভাগ করে পাওয়া যায়,

$$\frac{i_s}{i_g} = \frac{G}{S} \text{ বা, } i_s = i_g \times \frac{G}{S} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.31)$$

কিন্তু, $i_s + i_g = i$

এখন এই সমীকরণে i_s-এর মান বসিয়ে পাওয়া যায়, $i_g\left(\frac{G+S}{S}\right) = i$

$$\therefore \boxed{i_g = \frac{S \times i}{(G+S)}} = \text{মূল বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা} \times \frac{\text{শান্ট রোধ}}{\text{মোট রোধ}} \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.32)$$

বা, $i = i_g \times \left(\frac{G+S}{S}\right)$; $\frac{G+S}{S}$-কে শান্টের ক্ষমতা-গুণক বলে ।

আবার i_g-এর মান সমীকরণ (3.31)-এ বসিয়ে পাওয়া যায়, $i_s = \frac{S \times i}{(G+S)} \times \frac{G}{S}$

বা, $$S = \frac{i_g \times G}{(i - i_g)}$$

$$\therefore \boxed{i_s = \frac{G \times i}{(G+S)}} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad [3.33(a)]$$

এবং $$S = \frac{i_g \times G}{(i - i_g)} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad [3.33(b)]$$

যদি গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে মূল প্রবাহের $\frac{1}{n}$ অংশ পাঠাতে হয়, তা হলে, $\frac{i_g}{i} = \frac{1}{n} = \frac{S}{G+S}$

$$\therefore S = \frac{G}{(n-1)} \text{ এবং } i_s = \frac{n-1}{n} \times i \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.34)$$

কাজেই n বৃদ্ধি করে : (১) গ্যালভানোমিটারে বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা হ্রাস করা যায় এবং একে অতি বিদ্যুৎ প্রবাহজনিত ক্ষতির হাত হতে রক্ষা করা যায়। (২) উচ্চ বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা পরিমাপে একে ব্যবহার করা যায় ।

নিজে কর : শান্টের রোধ শূন্য এবং অসীম হলে গ্যালভানোমিটারে প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণ কীরূপ হবে ?

শান্টের রোধ শূন্য হলে সকল বিদ্যুৎ প্রবাহ শান্টের মধ্যে দিয়ে যাবে আবার শান্টের রোধ অসীম হলে সকল প্রবাহ গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে যাবে।

নিজে কর : শান্ট কী এবং কি কাজে ব্যবহৃত হয় ?

শান্ট হলো নিম্ন মানের রোধ যা গ্যালভানোমিটার বা গ্যালভানোমিটারের মতো সুবেদী যন্ত্রপাতিতে সমান্তরালে যুক্ত করা হয়। অত্যধিক বিদ্যুৎ প্রবাহের হাত থেকে রক্ষা পাওয়ার জন্য গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরালে শান্ট যুক্ত করা হয়। যখন বর্তনীতে বেশি বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় তখন কম রোধবিশিষ্ট শান্টের মধ্য দিয়ে বেশি বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় এবং গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে কম বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। ফলে গ্যালভানোমিটার নষ্ট হয় না।

গাণিতিক উদাহরণ

১) একটি গ্যালভানোমিটারের রোধ 100 ও'ম। এর সাথে কত শান্ট যুক্ত করলে মূল তড়িৎ প্রবাহ মাত্রার 99% শান্টের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হবে ?

আমরা জানি, $i_s = \frac{i \times G}{S+G}$

বা, $\frac{i_s}{i} = \frac{G}{S+G}$

বা, $\frac{99}{100} = \frac{100}{S+100}$

বা, $99S + 9900 = 10000$

বা, $99S = 10000 - 9900$

বা, $99S = 100$

বা, $S = \frac{100}{99} = 1{\cdot}01\Omega$

এখানে,

$G = 100\Omega$

$\frac{i_s}{i} = \frac{99}{100}$

$S = ?$

২। 100Ω রোধের একটি গ্যালভানোমিটার সর্বোচ্চ 10mA তড়িৎ নিরাপদে গ্রহণ করতে পারে। কী ব্যবস্থা গ্রহণ করলে এর দ্বারা 10A প্রবাহ মাপা যাবে ?

[দি. বো. ২০১১; ঢা. বো. ২০০৭; কু. বো. ২০০৭, ২০০৪; ব. বো. ২০০২]

মনে করি, এ জন্য প্রয়োজনীয় শান্টের মান = S

আমরা জানি, $i_g = \frac{S}{S+G} \times i$

বা, $\frac{i_g}{i} = \frac{S}{S+G}$ $\therefore \frac{10 \times 10^{-3}}{10} = \frac{S}{S+100}$

বা, $1 \times 10^{-3} = \frac{S}{S+100}$

বা, $S \times 10^{-3} + 100 \times 10^{-3} = S$

বা, $S - S \times 10^{-3} = 100 \times 10^{-3}$

বা, $0{\cdot}999S = 100 \times 10^{-3}$

বা, $S = \frac{100 \times 10^{-3}}{0{\cdot}999} = \frac{100 \times 10^{-3}}{999 \times 10^{-3}} = \frac{100}{999}$

$\therefore S = 0{\cdot}1\Omega$

$\therefore$ $0{\cdot}1\Omega$ রোধের শান্টকে গ্যালভানোমিটারের সাথে সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে।

এখানে,

$G = 100\Omega$

$i_g = 10\text{ mA} = 10 \times 10^{-3}\text{ A}$

$i = 10\text{A}$

৩·৮ ব্যবহারিক
Experimental

পরীক্ষণের নাম :	**পোটেনশিওমিটার** **Potentiometer**
পিরিয়ড : ২	**পোটেনশিওমিটারের সাহায্যে দুটি কোষের তড়িচ্চালক বলের তুলনা কর।** **Compare the electromotive forces of two electric cells by a Potentiometer.**

মূলতত্ত্ব (Theory) : বিযুক্ত অবস্থায় কোনো বিদ্যুৎ কোষের দুটি মেরুর বিভব পার্থক্যকে ঐ বিদ্যুৎ কোষের তড়িচ্চালক বল বলে। বিদ্যুচ্চালক বলকে E দ্বারা সূচিত করা হয়।

ধরি, দুটি বিদ্যুৎ কোষের বিদ্যুচ্চালক বল যথাক্রমে E_1 এবং E_2। মনে করি I প্রাথমিক বর্তনীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত প্রবাহমাত্রা। E_1 এবং E_2 বিদ্যুচ্চালক বলযুক্ত বিদ্যুৎ কোষের ক্ষেত্রে পোটেনশিওমিটারটি যন্ত্রের ধন প্রান্ত হতে

- ◆ হুইটস্টোন ব্রীজে

❑ **পটেনশিওমিটার:**

বিভব পাতন পদ্ধতিতে এ যন্ত্রের সাহায্যে বিভব বৈষম্য ও বিদ্যুৎচালক শ
সূক্ষ্মভাবে নির্ণয় করা যায়।

নিষ্ক্রিয় ।
ρ হলে, ◆ একই প্রকার ও সুষম প্রস্থচ্ছেদের 10 টি ম্যাংগানিজ বা কন্সট্যান্টানের তার
তামার পাতার সাহায্যে শ্রেণীতে যুক্ত থাকে। ... (3.35)

◆ প্রত্যেকটি তারের দৈর্ঘ্য 1 মিটার। ... (3.36)

◆ তারের তাপমাত্রা গুণাংক খুব কম।

◆ এর সাহায্যে বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা এবং রোধও নির্ণয় করা যায়।

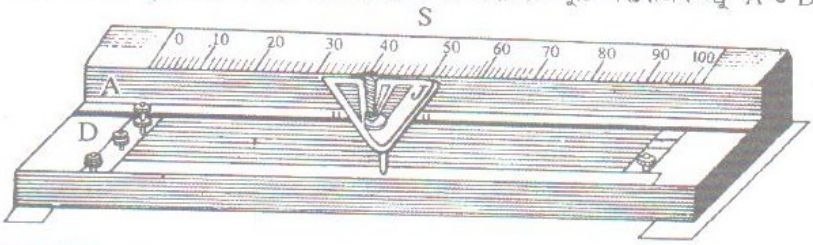
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1\rho I}{l_2\rho I} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1}{l_2} \quad \ldots \quad (3.37)$$

উপরোক্ত সমীকরণে l_1 এবং l_2-এর মান বসিয়ে E_1 এবং E_2-এর অনুপাত নির্ণয় করা যায়।

যন্ত্রের বর্ণনা :

বিভব পতন পদ্ধতিতে যে যন্ত্রের সাহায্যে ছোট মানের বিভব বৈষম্য ও বিদ্যুচ্চালক শক্তি সূক্ষ্মভাবে নির্ণয় করা যায় তাকে পোটেনশিওমিটার বলে। এর সাহায্যে বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা এবং রোধও নির্ণয় করা যায়।

এ যন্ত্রে একটি কাঠের পাটাতনের উপর পরস্পর সমান্তরাল একই প্রকার ও সুষম প্রস্থচ্ছেদের 10টি ম্যাঙ্গানিন বা কন্সট্যান্টানের তার মোটা তামার পাতের মাধ্যমে পরস্পরের সাথে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত আছে [চিত্র ৩·১৫]। এখানে প্রত্যেকটি তারের দৈর্ঘ্য 1 মিটার এবং তারের **রোধের তাপমাত্রা গুণাঙ্ক** (Temperature coefficient of resistance) খুব কম। প্রথম ও শেষ তারের মুক্ত প্রান্ত কাঠের পাটাতনের উপর অবস্থিত দুটি সংযোজক স্ক্রু A ও D-এর সাথে যুক্ত।



৩·১৫

ল S থাকে। এই স্কেলের সাহায্যে তারের এক প্রান্ত হতে । পাটাতনের উপর পিতলের তৈরি তিন পা-বিশিষ্ট একটি র্ঘ্য বরাবর ডানে ও বামে চলাচল করতে পারে। জকিটির ন সরিয়ে চাবি টিপে কোনো তারের যে কোনো বিন্দুর সাথে

ষ, (৩) একটি সঞ্চয়ী কোষ, (৪) গ্যালভানোমিটার, (৫) একটি রিওস্ট্যাট বা পরিবর্তনশীল রোধ (R_h), (৯) সংযোজন তার,

ব্যবহার:

মিটার ব্রীজ: ১. রোধ নির্নয়ে ২. আ: রোধ নির্ণয়ে

পোস্ট অফিসবক্স: নিম্ন ও উচ্চমানের রোধ নির্ণয়

পটেনশিও মিটার:
১. অভ্যন্তরীন রোধ নির্ণয়
২. তড়িচ্চালক শক্তির তুলনা
৩. কোষের তড়িচ্চালক শক্তি নির্ণয়
৪. ছোট মানের বিভব পার্থক্য নির্ণয়
৫. প্রবাহ নির্ণয়
৬. রোধ নির্ণয়

হুইটষ্টোনব্রীজ নীতি:

১. মিটার ব্রীজ ২. পোস্ট অফিস বক্স ৩. পটেনশিওমিটার

কার্যপদ্ধতি (Procedure) :

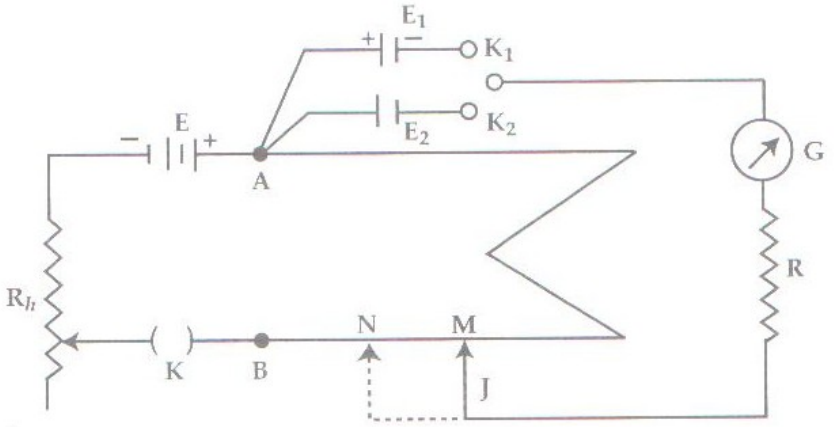
(১) প্রথমে শিরিস কাগজ দ্বারা সংযোজক তারগুলোর প্রান্ত, পোটেনশিওমিটার, গ্যালভানোমিটার, রোধ বাক্স, রিওস্ট্যাট, চাবি ইত্যাদি সকল সংযোগ প্রান্ত ভালোভাবে ঘষে নিতে হয়। পোটেনশিওমিটারের দুই প্রান্ত A ও B-তে বিভিন্ন সংযোগ দিতে হয়।

(২) চিত্র-৩·১৬ অনুযায়ী বর্তনী সংযোগ দিতে হয়। পরীক্ষণীয় কোষ E_1 ও E_2 এর ধনাত্মক প্রান্ত এবং সঞ্চয়ী কোষ E-এর ধনাত্মক প্রান্ত পোটেনশিওমিটার A প্রান্তের সঙ্গে সংযুক্ত করতে হয়। E_1 ও E_2-এর ঋণাত্মক প্রান্ত দ্বিমুখী চাবির দু'প্রান্তের সঙ্গে যুক্ত করতে হয়। দ্বি-পথ চাবির সাধারণ (common) প্রান্তের সঙ্গে গ্যালভানোমিটার G, উচ্চরোধ বাক্স R এবং জকি J শ্রেণিতে সংযোগ দিতে হয়। সঞ্চয়ী কোষ E-এর ঋণাত্মক প্রান্ত রিওস্ট্যাট R_h ও চাবি K-এর মধ্য দিয়ে পোটেনশিওমিটারের B প্রান্তে সংযোগ দিতে হয়।

(৩) উপরের ২নং ধারা অনুযায়ী বর্তনী সংযোগ সমাপ্ত করার পর রোধ বাক্স R হতে প্রায় 2000Ω মানের রোধ বর্তনীতে প্রয়োগ করে এবং রিওস্ট্যাট R_h-এর মান বেশি নিয়ে চাবি K বন্ধ করে জকি K-কে একবার পোটেনশিওমিটার A প্রান্তের কাছে, আবার B প্রান্তের কাছে স্পর্শ করতে হয়। দুই প্রান্তে স্পর্শের ফলে গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ যদি বিপরীতমুখী হয়, তবে বুঝতে হবে বর্তনীর সংযোগ সঠিক হয়েছে।

(৪) এবার পর্যায়ক্রমে চাবি K_1 ও K_2 বন্ধ করে যথাক্রমে কোষ E_1 ও E_2 গ্যালভানোমিটার বর্তনীতে অন্তর্ভুক্ত করতে হয়। কার্যধারা (৩)-এর ন্যায় গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ উভয় দিকে হয় কিনা দেখে নিতে হয়। মনে রাখতে

হবে, সঞ্চয়ী কোষের বিভব পার্থক্য পরীক্ষণীয় কোষগুলোর প্রত্যেকটির বিভব পার্থক্য অপেক্ষা বেশি মানের হতে হবে। নচেৎ গ্যালভানোমিটার উভয় দিকে বিক্ষেপ দেখাবে না।



চিত্র ৩·১৬

(৫) এখন দ্বিপথ চাবি K_1 বন্ধ করে E_1 কোষটিকে গ্যালভানোমিটার বর্তনীতে অন্তর্ভুক্ত করা হয় এবং জকিটিকে পোটেনশিওমিটার তারের বিভিন্ন বিন্দুতে স্পর্শ করে গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ যে বিন্দুতে শূন্য দেখায় তা নির্ধারণ করতে হয়। একে নিস্পন্দ বিন্দু বলে। এবার R_h-এর রোধ সর্বনিম্ন করে চূড়ান্ত নিস্পন্দ বিন্দু নির্ণয় করতে হয়। ধরা যাক, A প্রান্ত হতে এই নিস্পন্দ বিন্দু M-এর দূরত্ব l_1 সে.মি.।

(৬) এখন দ্বিপথ চাবি K_1 খুলে দিয়ে K_2 বন্ধ করে E_2 কোষটিকে বর্তনীতে অন্তর্ভুক্ত করা হয় এবং কার্যধারা (৫) অনুসরণ করে নিস্পন্দ বিন্দু নির্ণয় করতে হয়। ধরা যাক, এই নিস্পন্দ বিন্দু N-এর দূরত্ব l_2 সে.মি.।

(৭) রোধ বাক্স হতে ভিন্ন ভিন্ন মানের রোধ নিয়ে (৫) ও (৬) কার্যধারা অনুসরণ করে কমপক্ষে তিনবার l_1 এবং l_2-এর মান নির্ণয় করা হয়। প্রতিটি পর্যবেক্ষণে E_1 এবং E_2-এর অনুপাত নির্ণয় করা হয় এবং পরিশেষে তাদের গড় মান বের করা হয়।

পর্যবেক্ষণ এবং সন্নিবেশন (Observation and Manipulation) :

দুটি কোষের তড়িচ্চালক শক্তির তুলনার ছক :

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	পরিবর্তনশীল রোধ ও 'Ω	নিষ্ক্রিয় বিন্দুর অবস্থান				$\frac{E_1}{E_2}=\frac{l_1}{l_2}$	গড় $\frac{E_1}{E_2}$
		E_1 কোষের জন্য l_1 m	গড় l_1 m	E_2 কোষের জন্য l_2 m	গড় l_2 m		
1	R_1 = ---	....	.....	....	....	....	
2	R_2 = ---	....	.....	....			
3	R_3 = ---	....	.....	....			

হিসাব বা গণনা (Calculation) :

(১) $\frac{E_1}{E_2}=\frac{l_1}{l_2}=\frac{\square}{\square}$

(২) $\frac{E_1}{E_2}=\frac{l_1}{l_2}=\frac{\square}{\square}$

(৩) $\frac{E_1}{E_2}=\frac{l_1}{l_2}=\frac{\square}{\square}$

∴ গড়, $\frac{E_1}{E_2}=\frac{\square}{\square}$

ফলাফল (Result) : অতএব নির্ণেয় দুটি তড়িৎ কোষের তড়িৎ চালক বলের অনুপাত $E_1 : E_2 =$ ☐ : ☐

সতর্কতা (Precautions) :

(১) সকল সংযোজন দৃঢ়ভাবে করা উচিত।

(২) সংযোজন সঠিক আছে কি না দেখে নেয়া উচিত।

(৩) গ্যালভানোমিটার বর্তনীতে উচ্চমানের রোধ প্রয়োগ করা উচিত।

(৪) সঞ্চয়ী কোষের বিদ্যুচ্চালক বল পরীক্ষণীয় কোষের যে কোনোটির বিদ্যুচ্চালক বল অপেক্ষা বড় নেয়া উচিত।

(৫) গ্যালভানোমিটারের সূচক সম্পূর্ণ স্থির হলে তারের দৈর্ঘ্য পরিমাপ করা উচিত।

(৬) সংযোগ বেশিক্ষণ দিয়ে রাখা উচিত না। তাতে রোধের মান পরিবর্তিত হয়।

কাজ : পোটেনশিওমিটার পরীক্ষায় ব্যবহৃত গ্যালভানোমিটারের সঙ্গে শ্রেণিতে যুক্ত রোধ R প্রথমে উচ্চ মানের রেখে নিস্পন্দ বিন্দু নির্ণয় করা হয় এবং তারপর R = 0 করে নিস্পন্দ বিন্দু নির্ণয় করা হয় কেন ?

যখন গ্যালভেনোমিটারেরর সঙ্গে শ্রেণিতে যুক্ত রোধ উচ্চ মানের হয় তখন গ্যালভানোমিটার অসংবেদী হয়। কিন্তু যখন R= 0 হয় তখন গ্যালভানোমিটার বর্তনীর রোধ এত কম হয় যে, সামান্য বিভব পার্থক্যের দরুন গ্যালভানোমিটার দিয়ে অধিক মানের তড়িৎ প্রবাহ ঘটে। অর্থাৎ গ্যালভানোমিটারটি যথেষ্ট সুবেদী হয় এবং পাঠে ত্রুটি নিম্নতম হয়।

হিসাব : একটি পোটেনশিওমিটার দ্বারা দুটি বিদ্যুৎ কোষের বিদ্যুচ্চালক শক্তি পরীক্ষাকালে প্রথম ও দ্বিতীয় কোষের জন্য সাম্যবিন্দু যথাক্রমে 5m ও 4m হলো। দ্বিতীয় কোষের তড়িচ্চালক শক্তি 1·2V হলে প্রথম কোষের তড়িচ্চালক শক্তি কত?

পরীক্ষণের নাম :	**মিটার ব্রীজ**
পিরিয়ড : ২	**Metre bridge**
	মিটার ব্রীজ ব্যবহার করে কোনো তারের আপেক্ষিক রোধ নির্ণয় ।
	To determine the specific resistance (resistivity) of a wire by metre bridge

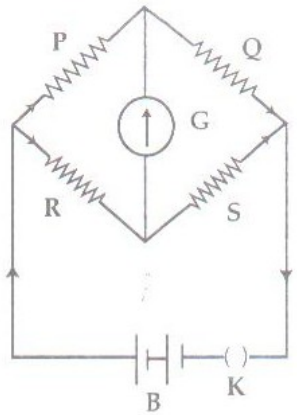
মূলতত্ত্ব (Theory) : একক দৈর্ঘ্য ও একক ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট কোনো পরিবাহী বিদ্যুৎ প্রবাহে যে পরিমাণ রোধ বা বাধা প্রধান করে তাকে ঐ পরিবাহীর আপেক্ষিক রোধ বলে। একে ρ দ্বারা সূচিত করা হয়।

যদি কোনো তারের দৈর্ঘ্য L, প্রস্থচ্ছেদ A এবং মোট রোধ Q হয়, তবে তার আপেক্ষিক রোধ

$$\rho = \frac{QA}{L}$$

তারটি চোঙাকৃতি বা বৃত্তাকার হলে তার প্রস্থচ্ছেদ, $A = \pi r^2$

এখানে r = তারের ব্যাসার্ধ।



চিত্র ৩·১৭

$$\therefore \text{ আপেক্ষিক রোধ, } \rho = \frac{Q\pi r^2}{L} \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.38)$$

যদি R-কে ও'ম এককে এবং L ও r-কে মিটারে প্রকাশ করা হয়, তবে ρ-এর একক হবে ও'ম-মি (Ω-m)।

সমীকরণ (3.38)-এ তারের মোট রোধ Q মিটার ব্রীজের সাহায্যে নিম্নোক্ত তত্ত্ব অনুসারে নির্ণয় করা যায়।

মিটার ব্রীজের দুটি ফাঁকের বামটিতে জানা রোধ P এবং ডানটিতে একটি অজানা রোধ Q স্থাপন করে [চিত্র ৩·১৭] বর্তনীটি সম্পূর্ণ করার পর যদি ব্রীজের তারের বাম প্রান্ত হতে নিষ্ক্রিয় বিন্দুর দূরত্ব l হয় এবং যদি σ তারের একক দৈর্ঘ্যের রোধ হয়, তবে হুইটস্টোন ব্রীজ নীতি প্রয়োগ করে পাওয়া যায়—

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S} = \frac{\text{ব্রীজের তারের } l \text{ দৈর্ঘ্যের রোধ}}{\text{ব্রীজের তারের } (100 - l) \text{ দৈর্ঘ্যের রোধ}}$$

বা, $$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S} = \frac{l\sigma}{(100-l)\sigma} = \frac{l}{100-l}$$

বা, $$Q = \frac{P \times (100-l)}{l} \text{ ও'ম} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.39)$$

আবার রোধগুলোর স্থান পরিবর্তন করে অর্থাৎ জানা রোধ P ডান ফাঁকে এবং অজানা রোধ Q বাম ফাঁকে স্থাপন করে আমরা পাই,

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

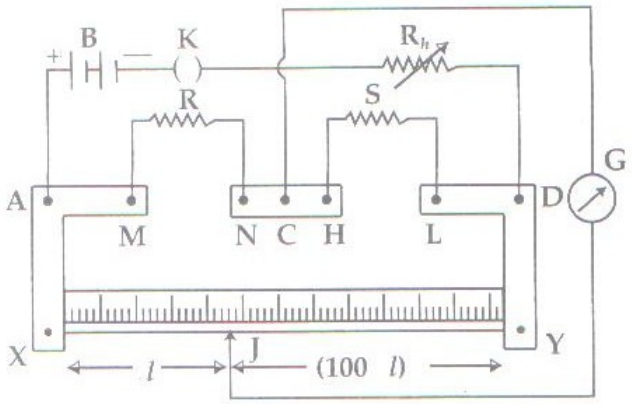
বা, $$Q=\frac{P\times l}{(100-l)} \text{ ওহম} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.40)$$

সমীকরণ (3.39) ও (3.40)-এর গড় মান থেকে অজানা রোধ Q বের করা যায়।

তারের ব্যাসার্ধ r, দৈর্ঘ্য L পরিমাপ করে এবং মিটার ব্রীজের সাহায্যে তারের অজানা রোধ নির্ণয় করে সমীকরণ (3.40)-এ বসিয়ে তারের আপেক্ষিক রোধ বের করা যায়।

যন্ত্রের বর্ণনা :

এই যন্ত্র একটি কাঠের লম্বা পাটাতনের উপর তিনটি পিতল বা তামার পাত XAM, NCH ও LDY থাকে [চিত্র ৩·১৮]। এ পাতগুলোর রোধ নগণ্য এবং পাতের A, M, N, C, H, L ও D বিন্দুতে একটি করে সংযোজক স্ক্রু আছে। XAM ও LDY পাত দুটির মাঝে একটি মিটার স্কেল বসানো আছে। এ স্কেলের দৈর্ঘ্য বরাবর এক মিটার দীর্ঘ একটি সুষম প্রস্থচ্ছেদের তার টান করে X ও Y বিন্দুর সাথে আটকানো আছে। এক মিটার দীর্ঘ তার রোধক হিসেবে ব্যবহৃত হয় বলে একে **মিটার ব্রীজ** বলা হয়।



চিত্র ৩·১৮

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি (Necessary Instruments) : (১) একটি মিটার ব্রীজ; (২) বিদ্যুৎ কোষ; (৩) গ্যালভানোমিটার; (৪) রোধ বাক্স; (৫) কমুটেটর বা চাবি; (৬) জকি; (৭) সংযোজনী তার; (৮) স্ক্রু-গজ; (৯) মিটার স্কেল; (১০) পরীক্ষণীয় তার ইত্যাদি।

কার্যপদ্ধতি (Procedure) :

(১) খসড়া খাতায় বর্তনী অঙ্কন করা হয়।

(২) বর্তনী চিত্র অনুযায়ী সংযোজন করা হয়।

(৩) অজানা রোধ Q ব্রীজের ডান ফাঁকে এবং জানা রোধ P ব্রীজের বাম ফাঁকে সংযুক্ত করা হয়। গ্যালভানোমিটার ব্রীজের মধ্যবিন্দু এবং রোধ বাক্সের মধ্য দিয়ে জকির (J) বা টেপা চাবির সঙ্গে সংযুক্ত করা হয়।

(৪) বর্তনী সংযোগ সম্পূর্ণ করার পর ব্রীজের এক তারের এক প্রান্তে জকি স্পর্শ করে গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ লক্ষ করা হয়। পুনরায় জকিকে ব্রীজ তারের অপর প্রান্তে স্পর্শ করে বিক্ষেপ লক্ষ করা হয়। এই দুই বিক্ষেপ বিপরীতমুখী হলে বর্তনী সংযোগ ঠিক হয়েছে ধরা হয়।

(৫) রোধ বাক্স P থেকে একটি জানা রোধ P_1 বর্তনীতে প্রয়োগ করা হয়। জকিটিকে চেপে ধরে ধীরে ধীরে ডানে বামে সরিয়ে ব্রীজের তারে এমন একটি অবস্থান নির্ণয় করা হয় যেখানে গ্যালভানোমিটারে কোনো বিক্ষেপ পরিলক্ষিত হয় না। এটিই নিষ্ক্রিয় বিন্দু (Null Point)। মিটার ব্রীজ সংলগ্ন মিটার স্কেলের সাহায্যে বাম প্রান্ত হতে নিষ্ক্রিয় বিন্দু পর্যন্ত তারের দৈর্ঘ্য l_1 নির্ণয় করা হয়। এই মানগুলো সমীকরণ (3.39)-এ বসিয়ে হিসাব করে Q_1-এর মান নির্ণয় করা হয়।

(৬) এবার P এবং Q-এর অবস্থান পরিবর্তন করা হয়। P_1-এর মান স্থির রেখে উপরোক্ত প্রক্রিয়া অবলম্বন করে নিষ্ক্রিয় বিন্দু নির্ণয় করা হয় এবং ঐ বিন্দু পর্যন্ত তারের দৈর্ঘ্য l_2 পরিমাপ করা হয়। এই মানগুলো সমীকরণ (3.39)-এ বসিয়ে হিসাব করে Q_1'-এর মান নির্ণয় করা হয়।

(৭) P ও Q এর অবস্থান পরিবর্তন করে পূর্বের অবস্থানে নেয়া হয়। P বাক্স হতে অন্য মানের একটি রোধ নেয়া হয় এবং উপরের (৫) ও (৬) নিয়ম অনুসরণ করে অজ্ঞাত Q_2 ও Q_2' বের করা হয়।

(৮) পদ্ধতি (৭) অনুসরণ করে P রোধ বাক্স থেকে P_3 রোধ উঠিয়ে পূর্বের নিয়মে Q_3 ও Q_3' রোধ বের করা হয়।

(৯) এবার Q_1, Q_1', Q_2, Q_2' এবং Q_3 ও Q_3' এর গড় নিয়ে পরীক্ষণীয় তারের অজানা রোধ Q ohm বের করা হয়।

(১০) মিটার ব্রীজ হতে পরীক্ষণীয় তারটিকে খুলে নিয়ে মিটার স্কেলের সাহায্যে এর গড় দৈর্ঘ্য নির্ণয় করা হয়।

(১১) স্ক্রু-গজের সাহায্যে পরীক্ষণীয় তারটির গড় ব্যাস, তথা ব্যাসার্ধ নির্ণয় করা হয় এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল হিসাব করে বের করা হয়।

(১২) পরীক্ষালব্ধ প্রাপ্ত Q, L এবং r-এর মান সমীকরণ (3.38)-এ বসিয়ে তারের আপেক্ষিক রোধ হিসাব করা বের করা হয়।

পর্যবেক্ষণ এবং সন্নিবেশন (Observation and Manipulation) :

স্ক্রু-গজের পিচ = ... মি.মি. (mm)

স্ক্রু-গজের বৃত্তাকার স্কেলের মোট ভাগ সংখ্যা = ...

স্ক্রু-গজের লঘিষ্ঠ ধ্রুবক $= \frac{\text{পিচ}}{\text{বৃত্তাকর স্কেলের মোট ভাগ সংখ্যা}}$ = মি.মি. (mm)

(ক) রোধ P বাম ফাঁকে

পরীক্ষণীয় তারের রোধ নির্ণয়ের ছক :

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	জানা রোধ = P ও'ম	নিষ্ক্রিয় বিন্দুর দূরত্ব $= l$ m	অজানা রোধ $Q = \frac{P \times (100 - l)}{l}$ ও'ম	গড় রোধ Q ও'ম
1 2 3				

(খ) রোধ P ডান ফাঁকে

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	জানা রোধ = P ও'ম	নিষ্ক্রিয় বিন্দুর দূরত্ব $= l$ m	অজানা রোধ $Q = \frac{P \times l}{(100 - l)}$ ও'ম	গড় রোধ Q ও'ম
1 2 3				

পরীক্ষণীয় তারের ব্যাসার্ধ নির্ণয়ের ছক :

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	মূল স্কেল পাঠ = M মি.মি.	বৃত্তাকার স্কেল পাঠ = V	লঘিষ্ক স্থিরাঙ্ক = K মি.মি.	খণ্ড অংশ $F = V \times K$ মি.মি.	মোট পাঠ $d' = (M+F)$ মি.মি.	গড় পাঠ মি. মি.	যান্ত্রিক ত্রুটি $\pm e$ মি.মি.	সংশোধিত ব্যাস $d = d' \pm e$ মি.মি.	ব্যাসার্ধ $= r = d/2$ মি.মি.	ব্যাসার্ধ = r সে.মি.
1 2 3										

পরীক্ষণীয় তারের আপেক্ষিক রোধ নির্ণয়ের ছক :

তারের দৈর্ঘ্য = L সে.মি.	তারের মোট রোধ = Q ও'ম	তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $A = \pi r^2$ বর্গ সে.মি.	আপেক্ষিক রোধ $\rho = \frac{Q\pi r^2}{L}$ ও'ম-সে.মি.

হিসাব বা গণনা (Calculation) :

$\rho = \frac{Q\pi r^2}{L}$ = --- ও'ম সেমি. (ohm-cm) = ... ও'ম মি. (ohm-m).

ফলাফল (Result) : ρ = ----- ohm-m (ত্রুটির হার নির্ণয় করতে হবে)

সতর্কতা (Precautions) :

(১) সকল সংযোজন দৃঢ়ভাবে করা উচিত।
(২) সংযোজনকারী তারের প্রান্তগুলো শিরিস কাগজ দ্বারা ঘষা উচিত।
(৩) বিশেষ সতর্কতার সাথে নিষ্ক্রিয় বিন্দুর অবস্থান নির্ণয় করা উচিত।
(৪) অজ্ঞাত রোধের নির্ভুল মান পেতে হলে মিটার ব্রিজের প্রান্তীয় সংশোধন একান্তই প্রয়োজন।
(৫) তারের ব্যাসার্ধ সঠিকভাবে নির্ণয় করা উচিত।
(৬) ρ-এর মান সঠিকভাবে নির্ণয় করতে হবে।

অনুসন্ধানমূলক কাজ : হুইটস্টোন ব্রীজে ভিন্ন রোধের গ্যালভানোমিটার ব্যবহার করলে নিস্পন্দ অবস্থার পরিবর্তন হয় কী ?

নিস্পন্দ অবস্থার $\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}$ শর্তটি গ্যালভানোমিটারের রোধের ওপর নির্ভর করে না। তাই ভিন্ন রোধের গ্যালভানোমিটার ব্যবহার করলে নিস্পন্দ অবস্থার পরিবর্তন হয় না। তবে ব্রীজটির সুবেদিতা গ্যালভানোমিটারের রোধের ওপর নির্ভর করে।

পরীক্ষণের নাম :

পিরিয়ড : ২

পোস্ট অফিস বক্স

Post Office Box

পোস্ট অফিস বক্স ব্যবহার করে অজানা রোধ নির্ণয়

To determine the unknown resistance by a Post Office Box

মূলতত্ত্ব : পোস্ট অফিস বক্সে রোধগুলির মান উপযুক্তভাবে সংযোজন করে গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহকে শূন্য করা যায়। B ও D বিন্দুদ্বয়ের বিভব সমান হলে অর্থাৎ গ্যালভানোমিটারের দুই প্রান্তে কোনো বিভব পার্থক্য না থাকলে এরূপ ঘটে। এ অবস্থায় গ্যালভানোমিটারের কোনো বিক্ষেপ হয় না এবং ব্রীজটি ভারসাম্য অবস্থায় থাকে। এখন হুইটস্টোন ব্রীজের ভারসাম্য নীতি অনুযায়ী

$$\frac{P}{Q}=\frac{R}{S} \quad \therefore \quad S=R\times\frac{Q}{P}$$

$P = 10$ ও'ম এবং $Q = 10$ ও'ম হলে

$$\therefore \quad S=\frac{10\times R}{10}=R \text{ ও'ম}$$

পুনঃ, $P = 100$ ও'ম এবং $Q = 10$ ও'ম প্রদান করে পরীক্ষা সম্পাদন করলে দেখা যাবে

$$\frac{100}{10}=\frac{R}{S}$$

$$\therefore S=\frac{10R}{100}=\frac{1}{10}R \text{ ও'ম}$$

অনুরূপভাবে $P = 1000$ ও'ম এবং $Q = 10$ ও'ম ধরে পরীক্ষা সম্পাদন করলে আমরা পাই

$$\frac{1000}{10}=\frac{R}{S}$$

$$\therefore S=\frac{1}{100}\times R \text{ ও'ম} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.41)$$

এই যন্ত্রের সাহায্যে অজ্ঞাত রোধের মান দশমিকের পরও দুই সংখ্যা পর্যন্ত সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায়। এখানে R = তৃতীয় বাহুর রোধ।

যন্ত্রের বর্ণনা : ফিটার ব্রীজও

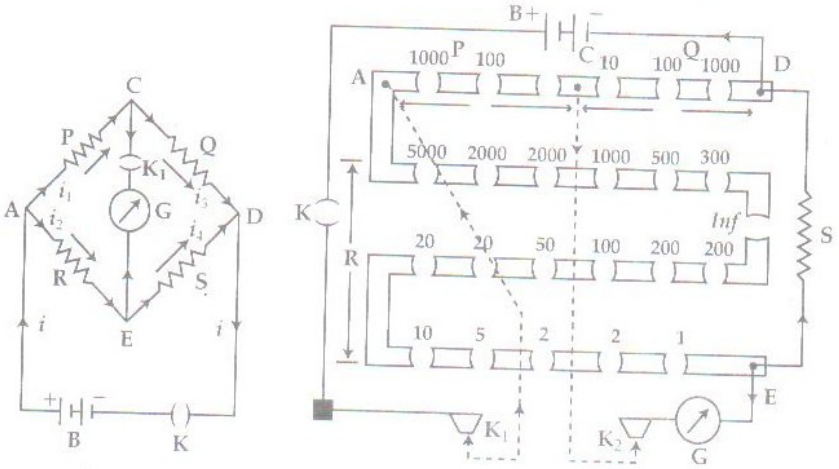
পোস্ট অফিস বক্স (সংক্ষেপে পিওবক্স) হুইটস্টোন ব্রীজেরই ঘনসংবদ্ধ রূপ। পোস্ট অফিসে টেলিগ্রাফের তার ও কেবল (cable)-এর রোধ নির্ণয়ের কাজে এই যন্ত্রটি প্রথমত ব্যবহৃত হতো বলে একে পোস্ট অফিস বক্স বলা হয়।

সাধারণত এ যন্ত্রের সাহায্যে নিম্ন ও উচ্চ উভয় মানের রোধ নির্ণয় করা যায়। ইহা কতগুলি নির্দিষ্ট মানের রোধ কুণ্ডলী দ্বারা গঠিত। কুণ্ডলীগুলি পরপর যুক্ত থেকে হুইটস্টোন ব্রীজের তিনটি বাহু গঠন করে। নির্ণেয় অজ্ঞাত রোধ S হলো ব্রীজের চতুর্থ বাহু। রোধ বাক্সের ন্যায় এখানেও কুণ্ডলীগুলি একটি বাক্সের মধ্যে থাকে। বাক্সের পাটাতনের উপর সংবদ্ধ দুটি নিরেট পিতলের ব্লকের সাথে প্রতিটি কুণ্ডলীর দুই প্রান্তে যুক্ত করা হয়। পিতলের ব্লকগুলি পাশাপাশি তিনটি

সারিতে সাজানো থাকে। পরপর দুটি ব্লকের মধ্যে শঙ্কু আকৃতির ফাকা জায়গা থাকে। প্রতিটি ফাকা জায়গায় প্লাগ তুললে রোধ সংযুক্ত হয়।

৩·১৯ নং চিত্রে একটি পোস্ট অফিস বক্সের নক্সা দেখান হয়েছে। এ যন্ত্রে বিভিন্ন মানের তিন প্রস্থ প্লাগযুক্ত রোধ কুণ্ডলী AC, CD এবং AE দ্বারা একটি হুইটস্টোন ব্রীজের তিনটি বাহু যথাক্রমে P, Q ও R গঠিত হয়। P এবং Q বাহু দুটিকে **অনুপাত বাহু** (Ratio arm) বলা হয়। এ দুটির প্রত্যেকটিতে 10, 100 এবং 1000 ও'মের তিনটি রোধ কুণ্ডলী শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত থাকে।

তৃতীয় বাহু R-এ সাধারণত 1 হতে 5000 ও'ম পর্যন্ত কতকগুলো রোধ কুণ্ডলী শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত আছে। যে কোনো একটি কুণ্ডলীর প্লাগ তুলে নিলে ঐ রোধ বর্তনীতে অন্তর্ভুক্ত হয়ে পড়ে। D ও E বিন্দুর মধ্যে একটি অজ্ঞাত রোধ S যুক্ত করে হুইটস্টোন ব্রীজের চতুর্থ বাহু গঠন করা হয়। একটি টেপা চাবি K_1-এর মাধ্যমে A ও D বিন্দুর মধ্যে ব্যাটারী B এবং আর একটি টেপা চাবি K_2-এর মাধ্যমে C ও E বিন্দুর মধ্যে একটি গ্যালভানোমিটার G জুড়ে দেয়া হয়। A ও চাবি K_1-এর নিচের অংশ এবং C ও চাবি K_2-এর নিচের অংশ অভ্যন্তরীণভাবে যুক্ত। কাজেই K_1 চাবির সাহায্যে মূল বিন্দুতে প্রবাহ এবং K_2 চাবির সাহায্যে গ্যালভানোমিটারে বিদ্যুৎ প্রবাহ চালু বা বন্ধ করা যায়।



চিত্র ৩·১৯

কার্যপদ্ধতি (Procedure) : (i) শিরিস কাগজ দিয়ে সংযোজনী তার এবং সংযোগস্থল ভালোভাবে ঘষে নিয়ে চিত্র ৩·১৯ অনুযায়ী সকল সংযোজন দৃঢ়ভাবে করা হয়।

(ii) P ও Q বাহুর প্রতিটিতে 10 ohm রোধের প্লাগ উঠানো হয়। তৃতীয় বাহু R-এর রোধ শূন্য রেখে প্রথমে ব্যাটারী বর্তনীর চাবি K_1 কে চাপ দিয়ে পরে গ্যালভানোমিটার বর্তনীর চাবি K_2 চাপা হয় ও গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ লক্ষ করা হয়। এবার তৃতীয় বাহু R হতে ∞ (অসীম) চিহ্নিত প্লাগটি তুলে পুনরায় উপরোক্ত পর্যবেক্ষণ করা হয়। যদি এক্ষেত্রে গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ প্রথমের বিপরীতমুখী হয়, তবে সিদ্ধান্ত নেওয়া যায় যে, বর্তনী সংযোগ সঠিক আছে।

(iii) উচ্চ মান হতে শুরু করে তৃতীয় বাহুর রোধ ক্রমশ কমিয়ে প্রতি ক্ষেত্রে গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ দেখা হয়। কোনো ক্ষেত্রে গ্যালভানোমিটার নিস্পন্দ থাকলে P = Q = 10 ohm বলে অজানা রোধ S = R, তৃতীয় বাহুর সমান হবে। কিন্তু যদি বিক্ষেপ শূন্য না করা যায় তবে পাশাপাশি দুটি রোধ প্রদান করলে গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ বিপরীতমুখী হবে। এক্ষেত্রে এই দুটি রোধের মধ্যেই হবে অজানা রোধ S-এর মান।

(iv) এখন P বাহুতে 10 ohm-এর পরিবর্তে 100 ohm রোধ দেওয়া হলো। দ্বিতীয় বাহুর রোধ Q-কে পূর্বের মতোই 10 ohm রাখা হয়। কাজেই $\frac{Q}{P}$ অনুপাতটি হবে $\frac{1}{10}$। ফলে প্রমিত অবস্থায় R = 10 S হবে। এবার পূর্বের ন্যায় তৃতীয় বাহু R থেকে এমন রোধের প্লাগ তুলতে হবে যাতে গ্যালভানোমিটার-এর বিক্ষেপ শূন্য হয়। এক্ষেত্রে অজানা রোধ $S = \frac{R}{10}$।

(v) একইভাবে P বাহুতে 1000 ohm রোধের জন্য এর Q বাহুতে 10 ohm রোধের জন্য পরীক্ষণটি করা যেতে পারে।

অজানা রোধ নির্ণয়ের ছক

P বাহুতে রোধ ও'ম	Q বাহুতে রোধ ও'ম	তৃতীয় বাহুতে রোধ ও'ম	গ্যালভানোমিটার কাটার বিক্ষেপের দিক	অনুমিতি	অজানা রোধ ও'ম
10	10	অসীম	ডান	রোধ 4 এবং 5 ও'মের মধ্যে অবস্থিত	
"	"	0	বাম		
"	"	4	বাম		
"	"	5	ডান		
100	10	40	বাম	রোধ 4·4 এবং 4·5 ও'মের মধ্যে অবস্থিত	4·42
"	"	50	ডান		
"	"	44	বাম		
"	"	45	ডান		
1000	10	440	বাম	∴ রোধ $R_1 = \frac{1}{100}\left\{442 + \frac{3}{5}\right\}$ $= 4·423$	4·423
"	"	450	ডান		
"	"	442	3 দাগ বাম		
"	"	443	5 দাগ ডান		

সতর্কতা : (১) তড়িৎ চুম্বকীয় আবেশ ক্রিয়া এড়াবার জন্য প্রথমে ব্যাটারী বর্তনীর চাবি ও পরে গ্যালভানোমিটারের চাবি চাপতে হয়।

(২) গ্যালভানোমিটারের সাথে সর্বদা শান্ট ব্যবহার করতে হয়।

(৩) কোষের তড়িচ্চালক বল যাতে খুব বেশি না হয় সেদিকে লক্ষ রাখা হয়।

(৪) সাধারণত এই পরীক্ষায় লেকল্যান্স কোষ ব্যবহার করাই ভালো।

(৫) গ্যালভানোমিটারের নাল বিন্দু সঠিকভাবে প্রতি ক্ষেত্রে নির্ণয় করতে হয়।

অনুসন্ধানমূলক কাজ I : পোস্ট অফিস বক্স, মিটার ব্রীজ ও পটেনশিওমিটার পরীক্ষায় সর্বদাই গ্যালভানোমিটার ব্যবহার করা হয় কেন ?

II. পটেনশিওমিটার দ্বারা পরিমাপ করার জন্য সাধারণত গ্যালভেনোমিটারের সাথে একটি উচ্চ মানের রোধ শ্রেণিতে যুক্ত থাকে। নিস্পন্দ বিন্দুর কাছাকাছি আসলে ঐ রোধের মান শূন্য করা হয় কেন ?

III. মিটার ব্রীজের প্রান্তীয় রোধ বলতে কী বুঝ ? কেন এর উৎপত্তি হয় ? কীভাবে নির্ণয় করা যায় ? মিটার ব্রীজের নাম মিটার ব্রীজ হলো কীভাবে?

IV. পোস্ট অফিস বক্স দ্বারা তুমি কি একটি অজানা রোধের মান সরাসরি নির্ণয় করতে পার ? পোস্ট অফিস বক্স দ্বারা পরিমাপের সময় প্রথমে ব্যাটারী বর্তনীর চাবি টিপে পরে গ্যালভানোমিটার বর্তনীর চাবি টিপতে হয় কেন ?

হাতে কলমে করে দেখ : পোস্ট অফিস বক্সে নির্ণেয় অজ্ঞাত রোধকে দীর্ঘ সরু তার দিয়ে যুক্ত করলে রোধের সঠিক মান পাওয়া যায় না কেন ?

সংযোগী তারসহ অজ্ঞাত রোধ পোস্ট অফিস বক্সের একটি রোধ বাহু হিসেবে কাজ করে। পরীক্ষণীয় রোধ সংযোগী তারের রোধসহ অজ্ঞাত রোধের মান নির্দেশ করে। সংযোগী তার দীর্ঘ এবং সরু হলে এর রোধ উপেক্ষা করা যায় না, ফলে নির্ণীত মানকে অজ্ঞাত রোধের মান হিসেবে নিলে ভুল বেশি হয়।

অজ্ঞাত রোধের সঠিক মান পেতে হলে সংযোগী তারের রোধ নগণ্য হতে হবে এবং সেজন্য সংযোগী তারের দৈর্ঘ্য স্বল্পমানের এবং তারটি বেশ মোটা নিতে হবে।

কাজ : অ্যামিটারকে বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করতে হয় কেন ?

অ্যামিটারের সাথে স্বল্প মানের রোধ অর্থাৎ শান্ট সমান্তরালে যুক্ত থাকে। ফলে এর তুল্য রোধ খুব কম হয়। অতিরিক্ত প্রবাহ শান্টের মধ্য দিয়ে যায় ফলে যন্ত্র ঠিক থাকে। এছাড়া অ্যামিটারকে যখন শ্রেণি বর্তনীতে যুক্ত করা হয় তখন এর কার্যকরী রোধ কম হয় এবং মূল প্রবাহের কোনো পরিবর্তন হয় না। এজন্য অ্যামিটারকে শ্রেণিতে যুক্ত করা হয়।

গাণিতিক উদাহরণ

১। একটি পোটেনশিওমিটার তারে বিদ্যুৎ প্রবাহ নিয়ন্ত্রিত করে একটি বিদ্যুৎ কোষের জন্য নিস্পন্দ বিন্দু 6 cm দূরে পাওয়া গেল। কোষটির সঙ্গে সমান্তরালে 3Ω এর একটি সান্ট যোগ করলে 4 cm দূরে নিস্পন্দ বিন্দু পাওয়া যায়। কোষটির অভ্যন্তরীণ রোধ নির্ণয় কর।

আমরা জানি,

অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = \left(\frac{l_1}{l_2} - 1\right) \times S$

$\therefore \quad r = \left(\frac{6}{4} - 1\right) \times 3 = \left(\frac{6-4}{4}\right) \times 3$

$= \frac{2}{4} \times 3 = 1{\cdot}5\ \Omega$

এখানে,
$l_1 = 6$ cm
$l_2 = 4$ cm
$S = 3\Omega$
$r = ?$

২। একটি মিটার ব্রীজের দুই শূন্য স্থানের একটিতে 8Ω এবং অন্যটিতে 10Ω রোধ সংযুক্ত করা হলো। ভারসাম্য বিন্দু কোথায় অবস্থিত হবে?

আমরা জানি,

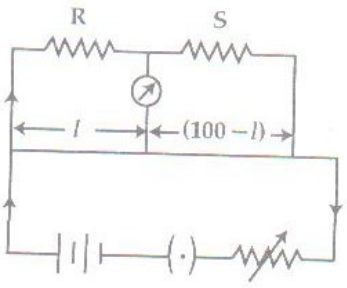
$\frac{R}{S} = \frac{l}{(100 - l)}$

$\therefore \quad \frac{8}{10} = \frac{l}{100 - l}$

বা, $800 - 8l = 10l$

বা, $10l + 8l = 800$

বা, $18l = 800$



এখানে,
$R = 8\ \Omega$
$S = 10\ \Omega$

$\therefore \quad l = \frac{800}{18} = 44{\cdot}44$ cm

বাম প্রান্ত হতে 44·44 cm দূরে ভারসাম্য বিন্দু পাওয়া যাবে।

৩। একটি পোস্ট অফিস বক্সের ৪র্থ বাহু S-এ 1m দৈর্ঘ্য 31×10^{-6} m² প্রস্থচ্ছেদ ক্ষেত্রফলের একটি তার যুক্ত করা হলো। এখন Q বাহুতে 10Ω, P বাহুতে 1000Ω এবং R বাহুতে 2025Ω রোধের প্লাগ উঠালে গ্যালভানোমিটার শূন্য বিক্ষেপ দেয়। তারের আপেক্ষিক রোধ নির্ণয় কর।

মনে করি আপেক্ষিক রোধ = P

আমরা জানি,

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

বা, $S = \frac{Q}{P} \times R$

$\therefore \quad S = \frac{10}{1000} \times 2025 = 20{\cdot}25\Omega$

এখন, $S = \rho \frac{L}{A}$

বা, $\rho = \frac{SA}{L} = \frac{2025 \times 1 \times 10^{-6}}{1} = 20{\cdot}25 \times 10^{-6}$ omh-m

এখানে,
$L = 1$m
$A = 1 \times 10^{-6}$ m²
$Q = 10\Omega$
$P = 1000\Omega$
$R = 2025\Omega$
$S = ?$

প্রয়োজনীয় গাণিতিক সূত্রাবলি

$$\alpha = \frac{R_t - R_0}{R_0 t} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

$$H = 0{\cdot}24\ I^2Rt \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (3)$$

$$W = VQ = Vit = i^2Rt = \frac{V^2}{R}t \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (4)$$

$$P = \frac{V^2}{R} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (5)$$

$$W = JH \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (6)$$

$$J = \frac{W}{H} = \frac{Vit}{H} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (7)$$

$$H = i^2Rt = mS\theta \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (8)$$

$$V = iR \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (9)$$

$$E = V + Ir \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10)$$

$$r = \frac{E - V}{I} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (11)$$

$$\rho = \frac{RA}{L} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (12)$$

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots\ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (13)$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (14)$$

$$I = \frac{E}{R + r} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (15)$$

$$I_1 = \frac{R_2 \times I}{R_1 + R_2} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (16)$$

$$I_2 = \frac{R_1 \times I}{R_1 + R_2} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (17)$$

$$I = \frac{nE}{R + nr} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (18)$$

$$I = \frac{nE}{nR + r} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (19)$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0 \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (20)$$

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (21)$$

$$i_g = \frac{S \times i}{G + S} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (22)$$

$$i_s = \frac{i \times G}{S + G} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (23)$$

$$\frac{Q}{P} = \frac{l}{(100 - l)} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (24)$$

উচ্চতর দক্ষতাসম্পন্ন নমুনা গাণিতিক উদাহরণ

১। তমা টিভিতে কারেন্ট ফিসের উপর একটি টেলি ফ্লিম দেখছিল। সে জানতে পারল কারেন্ট ফিসের দেহে জৈব তড়িৎ কোষ আছে। ফলে এরা তড়িৎ উৎপন্ন করতে পারে। এই কোষগুলিকে ইলেকট্রোপ্লাক বলে। মাছের দৈর্ঘ্য বরাবর ইলেকট্রোপ্লাকগুলো 140টি সারিতে বিভক্ত এবং প্রতিটি সারিতে 5000 ইলেকট্রোপ্লাক আছে। প্রতিটি ইলেকট্রোপ্লাকের তড়িচ্চালক বল 0·15V এবং অভ্যন্তরীণ রোধ 0·25Ω। সম্মিলিত ইলেকট্রোপ্লাকগুলোর এক প্রান্ত মাথার কাছে এবং অপর প্রান্ত লেজের কাছে থাকে। এর চারপাশের পানি বহি সংযোগ হিসেবে কাজ করে।

(ক) এক সারির ইলেকট্রোপ্লাকগুলোর তড়িচ্চালক বল ও অভ্যন্তরীণ রোধ নির্ণয় কর।

(খ) চারপাশের পানির রোধ 800Ω হলে এর মধ্যে দিয়ে কী পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ চলে নির্ণয় কর।

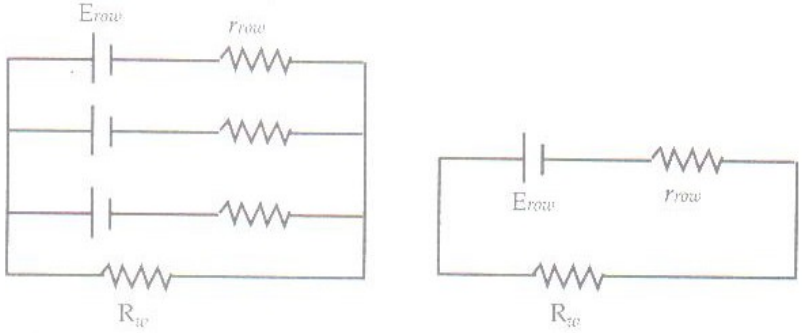
(ক) প্রতি সারিতে মোট তড়িচ্চালক বল,

$E_{row} = E \times 5000 = 0{\cdot}15V \times 5000 = 750V$

প্রতিটি সারিতে মোট অভ্যন্তরীণ রোধ

$r_{row} = r \times 5000 = 0{\cdot}25 \times 5000 = 1250\ \Omega$

(খ) আমরা জানি সমান্তরাল সমবায়ে তড়িচ্চালক শক্তির কোনো পরিবর্তন হয় না। কিন্তু অভ্যন্তরীণ রোধগুলি সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত হওয়ার জন্য তুল্য রোধ r_p হলে



$$\frac{1}{r_p} = \frac{1}{r_{row1}} = \frac{1}{r_{row2}} + \frac{1}{r_{row3}} + \ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$= \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{r_{row}} = \frac{1}{r_{row}} \times 140$$

$$\therefore \quad r_p = \frac{r_{row}}{140} = \frac{1250}{140} = 8{\cdot}93\Omega$$

$$\therefore \quad i = \frac{E_{row}}{R_w + r_p} = \frac{750}{800 + 8{\cdot}93} \text{ Amp} = 0{\cdot}927 \text{ Amp}$$

২। ঢাকা কলেজের জনৈক ছাত্র রফিক পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবে পটেনশিওমিটারের সাহায্যে কোষের তড়িচ্চালক শক্তি পরিমাপের জন্য বর্তনীর সাথে 12Ω রোধের একটি পরিবর্তনশীল রোধ লাগিয়ে দেখল, বর্তনীর প্রবাহ আগের চেয়ে 5 : 3 অনুপাতে কমে গেল।

(ক) উদ্দীপকে বর্ণিত বর্তনীটির আগের রোধ কত ছিল ?

(খ) রফিককে বলা হয় প্রাথমিক প্রবাহের অর্ধেক প্রবাহ বর্তনীতে চালনা করতে নচেৎ বর্তনীটি পুড়ে যেতে পারে। রফিক কী ব্যবস্থা গ্রহণ করলে বর্তনীটি পুড়বে না ? যুক্তি সহকারে লিখ।

(ক) ধরি 12Ω রোধ যুক্ত করার পূর্বের ও পরের প্রবাহমাত্রা যথাক্রমে I_1 ও I_2।

∴ বর্ণনানুযায়ী, $\frac{I_1}{I_2} = \frac{5}{3}$

কোষের তড়িচ্চালক শক্তি E হলে

$$E = I_1 R_1$$

$$\therefore \quad I_1 = \frac{E}{R_1} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \text{(i)}$$

(R_1 যোগ করার পূর্বের রোধ)

অনুরূপভাবে, $I_2 = \frac{E}{R_1 + R_2}$ ... ... (ii)

($R_1 + R_2$ যোগ করার পরের রোধ)

(i) ও (ii) হতে $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$

বা, $\frac{5}{3} = \frac{R_1 + 12}{R_1}$

বা, $5R_1 = 3R_1 + 36$

বা, $2R_1 = 36$

∴ $R_1 = 18\Omega$

(খ) এক্ষেত্রে বর্তনীর প্রবাহ I_3 হলে, $I_3 = \frac{I_1}{2}$

$$\therefore \quad \frac{I_1}{I_3} = 2 \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \text{(iii)}$$

বর্তনীর প্রবাহ অর্ধেক হ্রাস করতে হলে, নতুন রোধ যুক্ত করতে হবে। ধরি নতুন রোধ = R_3

∴ বর্তনীর মোট রোধ = $R_1 + R_2 + R_3$

তড়িচ্চালক শক্তি হলে $I_3 = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3}$ ... ... (iv)

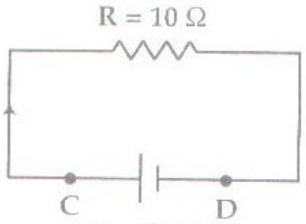
(i) ও (iv) হতে $\frac{I_1}{I_3} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1}$

$\therefore \quad 2 = \frac{18 + 12 + R_3}{18}$

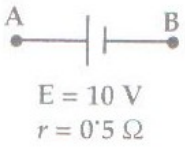
$\therefore \quad R_3 = 6\Omega$

রফিককে উদ্দীপকে বর্ণিত বর্তনীকে পুড়ে যাওয়ার হাত থেকে রক্ষা করতে 6Ω মানের রোধ যুক্ত করতে হবে।

৩।



চিত্র ১



চিত্র ২

(ক) কির্শফের সূত্রের সাহায্যে ১ম বর্তনীতে মূল প্রবাহ নির্ণয় কর।

(খ) CD বিন্দুতে AB কোষটিকে সমান্তরালভাবে সংযুক্ত করলে পূর্বাপেক্ষা বহিস্থ রোধ R-এ উৎপাদিত তাপশক্তির হার বাড়বে না কমবে—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। [সি. বো. ২০১৫]

(ক) কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$Ir + IR = E$

$I(r + R) = E$

$I = \frac{E}{r + R} = \frac{10\ V}{10\ \Omega + 0{\cdot}5\ \Omega} = 0{\cdot}9524\ A$

এখানে,

$E = 10\ V$

$r = 0{\cdot}5\ \Omega$

$R = 10\ \Omega$

(খ) উদ্দীপকে বর্ণিত অবস্থায় R-এ উৎপাদিত তাপশক্তির হার,

$P = I^2R = (0{\cdot}9524)^2 \times 10\ \Omega = 9{\cdot}0707\ watt$

CD বিন্দুতে AB কোষটিকে সমান্তরালে যুক্ত করলে বর্তনীর মূল প্রবাহ হবে,

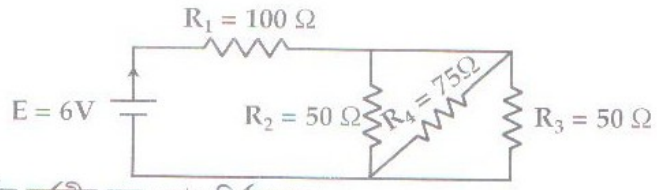
$I' = \frac{E}{R + \frac{r}{2}} = \frac{10\ V}{10\ \Omega + \frac{0{\cdot}5\ \Omega}{2}} = 0{\cdot}9756\ A$

এক্ষেত্রে বহিস্থ রোধ R-এ উৎপাদিত তাপশক্তির হার,

$P' = I'^2R = (0{\cdot}9756A)^2 \times 10\ \Omega = 9{\cdot}518\ watt$

$P' > P$; সুতরাং CD বিন্দুতে AB কোষটিকে সমান্তরালভাবে সংযুক্ত করলে পূর্বাপেক্ষা বহিস্থ রোধ R-এ উৎপাদিত তাপশক্তির হার বাড়বে।

৪।



(ক) উদ্দীপকে বর্ণিত বর্তনীর তুল্য রোধ নির্ণয় কর।

(খ) উদ্দীপকে বর্ণিত রোধ 4টি একটি হুইটস্টোন ব্রীজের চারটি বাহুর রোধ হলে এবং R_3 রোধকে কীরূপ সংযোগ পরিবর্তনের জন্য ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় থাকবে ?

(ক) R_2, R_3, R_4 রোধ তিনটি সমান্তরালে যুক্ত; কাজেই তুল্য রোধ,

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

$$= \frac{1}{50} + \frac{1}{50} + \frac{1}{75} = \frac{3+3+2}{150} = \frac{8}{150}$$

$$\therefore \quad R_p = \frac{150}{8}\ \Omega$$

এই R_p আবার R_1 এর সাথে শ্রেণিতে যুক্ত; কাজেই তুল্য রোধ,

$$R_s = R_p + R_1$$

$$\therefore \quad R_s = \frac{150}{8} + 100 = 118{\cdot}75\ \Omega$$

(খ) $R_1 = P = 100\ \Omega$; $R_2 = Q = 50\ \Omega$; $R_3 = R = 50\ \Omega$; $R_4 = S = 75\ \Omega$

হুইটস্টোন ব্রীজের ভারসাম্য নীতি অনুযায়ী,

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

এখন $\frac{P}{Q} = \frac{100}{50} = 2$

এবং $\frac{R}{S} = \frac{50}{75} = \frac{2}{3}$

$\therefore \quad \frac{P}{Q} \neq \frac{R}{S}$, ব্রীজটি ভারসাম্যে নাই

এখন ধরি R মানের রোধটির সাথে R_1 মানের রোধ যুক্ত করলে ব্রীজটি ভারসাম্য অর্জন করবে।

ধরি, R ও R_1 এর তুল্য রোধ R_2

$$\therefore \quad \frac{P}{Q} = \frac{R_2}{S}$$

বা, $\quad R_2 = \frac{P}{Q} \times S = \frac{100}{50} \times 75 = 150\ \Omega$

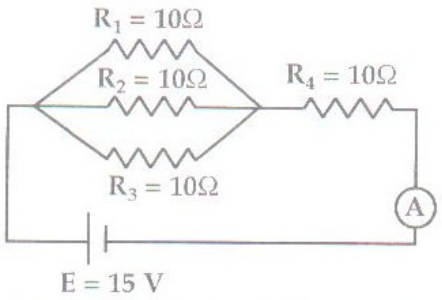
$\therefore \quad R_2 > R \quad \therefore$ R_1 কে R এর সাথে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করতে হবে।

$$R_2 = R_1 + R$$

$$\therefore \quad R_1 = R_2 - R = 150 - 50 = 100\ \Omega$$

যেহেতু $R_3 = R = 50\ \Omega$ মানের রোধের সাথে $100\ \Omega$ মানের রোধ শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করলে হুইটস্টোন ব্রীজটি ভারসাম্য লাভ করবে।

৫।



[চিত্রে উল্লেখিত অ্যামিটার দ্বারা সর্বোচ্চ 1A তড়িৎ প্রবাহ মাপা যায়।]

(ক) R_4 এবং R_1 এর মধ্য দিয়ে কী পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হবে ?

(খ) উদ্দীপকে 15V এবং এর পরিবর্তে 100V ব্যাটারি ব্যবহার করলে তড়িৎ প্রবাহ মাপার জন্য উক্ত অ্যামিটার ব্যবহার করা যাবে কী ? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

(ক) R_1, R_2, R_3 সমান্তরালে যুক্ত থাকায় এদের তুল্য রোধ R_p হলে,

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

$$= \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{3}{10}$$

এখানে,

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10\ \Omega$

ব্যাটারির তড়িচ্চালক বল, $E = 15\ V$

$\therefore \quad R_p = \frac{10}{3} = 3{\cdot}33\ \Omega \quad \therefore$ বর্তনীর মোট তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R} = \frac{15}{13{\cdot}33} = 0{\cdot}374\ A$

তুল্য রোধ, $R = R_p + R_4 = 3{\cdot}33 + 10 = 13{\cdot}3\ \Omega$

(খ) উদ্দীপকে 15 volt এর পরিবর্তে 100 V ব্যাটারি ব্যবহার করলে মূল তড়িৎ প্রবাহের মান হবে,

$$I = \frac{100\ V}{13{\cdot}33\ \Omega} = 7{\cdot}50\ amp$$

কিন্তু অ্যামিটার দ্বারা 1 amp তড়িৎ প্রবাহ মাপা যায়। সুতরাং ঐ অ্যামিটার সরাসরি ব্যবহার করা যাবে না। তাই অ্যামিটারের সাথে সমান্তরালে স্বল্প মানের রোধ বা শান্ট ব্যবহার করতে হবে।

অ্যামিটারের প্রবাহ, $I_g = 1A$

বা, $I_g = \frac{S \times I}{G + S}$

বা, $\frac{I}{I_g} = \frac{G + S}{S}$

বা, $\frac{7{\cdot}50}{1} = \frac{S + G}{S} = 1 + \frac{G}{S}$

বা, $7{\cdot}50 = 1 + \frac{G}{S}$

বা, $\frac{G}{S} = 6{\cdot}50$

$\therefore \quad S = \frac{G}{6{\cdot}50}$

$\therefore$ 100 V এর ব্যাটারী ব্যবহার করলে অ্যামিটারের কুণ্ডলীর রোধের সাথে 6·50 ভাগের 1 ভাগ মানসম্পন্ন শান্ট ব্যবহার করতে হবে।

সার-সংক্ষেপ

রোধ : পরিবাহী যে ধর্মের জন্য তার মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ চলাচলে বাধা প্রদান করে তাকে তার রোধ বলে।

রোধের তাপমাত্রা গুণাঙ্ক : প্রতি ডিগ্রী সেলিসিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য একক রোধসম্পন্ন কোনো পরিবাহীর রোধের যে পরিবর্তন হয় তাকে উক্ত পরিবাহীর রোধের তাপমাত্রা গুণাঙ্ক বলে।

জুলের সূত্র : তাপ উৎপাদনের ক্ষেত্রে জুলের নিম্নলিখিত তিনটি সূত্র আছে :

(১) পরিবাহীর রোধ ও বিদ্যুৎ প্রবাহকাল অপরিবর্তিত থাকলে পরিবাহীতে বিদ্যুৎ প্রবাহের দরুন উদ্ভূত তাপ বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার বর্গের সমানুপাতিক।

(২) বিদ্যুৎ প্রবাহ মাত্রা ও বিদ্যুৎ প্রবাহকাল অপরিবর্তিত থাকলে, পরিবাহীতে বিদ্যুৎ প্রবাহের জন্য উদ্ভূত তাপ পরিবাহীর রোধের সমানুপাতিক।

(৩) বিদ্যুৎবাহী পরিবাহীর রোধ এবং বিদ্যুৎ প্রবাহ মাত্রা অপরিবর্তিত থাকলে উদ্ভূত তাপ বিদ্যুৎ প্রবাহকালের সমানুপাতিক।

তাপের যান্ত্রিক সমতা বা তুল্যাঙ্ক : একক পরিমাণ তাপ উৎপন্ন করতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করতে হয় তাকে তাপের যান্ত্রিক সমতা বা তুল্যাঙ্ক বলে।

তড়িচ্চালক বল : কোনো বিদ্যুৎ কোষে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে তার দুই মেরুর মধ্যে যে বিভব পার্থক্য উৎপন্ন হয় তাকে তার বিদ্যুচ্চালক শক্তি বলে।

কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ : একটি বর্তনীতে বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করলে কোষের ঋণাত্মক (Negative) প্রান্ত হতে ধনাত্মক (Positive) প্রান্তে ইলেকট্রন যাওয়ার সময় যে বাধা প্রাপ্ত হয় তাকে অভ্যন্তরীণ রোধ বলে।

নষ্ট ভোল্ট : কোষের অভ্যন্তরীণ রোধের ভেতর দিয়ে প্রবাহ চালনা করার জন্য কিছু ভোল্ট নষ্ট হয় যা বহিঃবর্তনীতে কোনো কাজে আসে না; একে নষ্ট ভোল্ট বলে।

কোষের শ্রেণি সমবায় : যদি কতকগুলো বিদ্যুৎ কোষকে এমনভাবে যুক্ত করা হয় যাতে প্রথমটির ঋণপাতের সাথে দ্বিতীয়টির ধনপাত, দ্বিতীয়টির ঋণপাতের সাথে তৃতীয়টি ধনপাত ইত্যাদি পর পর যুক্ত থাকে তবে বিদ্যুৎ কোষগুলোর এ সমবায়কে শ্রেণি সমবায় বলে।

কোষের সমান্তরাল সমবায় : যদি কতকগুলো বিদ্যুৎ কোষের ধন পাতগুলো এক বিন্দুতে এবং ঋণ পাতগুলো অপর বিন্দুতে যুক্ত থাকে তবে বিদ্যুৎ কোষগুলোর এই সমবায়কে সমান্তরাল সমবায় বলে।

কির্শফের প্রথম সূত্র : বর্তনীর কোনো সংযোগ বিন্দুতে মিলিত প্রবাহজনিত মাত্রার বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য হয়।

কির্শফের দ্বিতীয় সূত্র : কোনো বন্ধ বর্তনীর অন্তর্গত মোট বিদ্যুচ্চালক শক্তি ঐ বর্তনীর বিভিন্ন শাখাগুলোর রোধ এবং সংশ্লিষ্ট প্রবাহ মাত্রার গুণফলসমূহের বীজগাণিতিক যোগফলের সমান।

হুইটস্টোন ব্রীজের নীতি : হুইটস্টোন ব্রীজের চারটি বাহুর মধ্যস্থ রোধ P, Q, R ও S হলে ব্রীজের সাম্যাবস্থায় এদের মধ্যে সম্পর্ক হলো $\frac{P}{Q}=\frac{R}{S}$, একে রোধ পরিমাপের হুইটস্টোন ব্রীজের নীতি বলে।

হুইটস্টোন ব্রীজ : চারটি রোধ শ্রেণিবদ্ধভাবে সজ্জিত করে একটি আবদ্ধ লুপ তৈরি করলে যে চারটি সংযোগস্থল তৈরি হয়, তার যেকোনো দুটি বিপরীত সংযোগস্থলের মাঝে একটি বিদ্যুৎ কোষ এবং অপর দুটি সংযোগস্থলের মাঝে গ্যালভানোমিটার সংযোগে যে বর্তনী তৈরি হয়, তাকে হুইটস্টোন ব্রীজ বলে।

পোটেনশিওমিটার : বিভব পতন পদ্ধতিতে যে যন্ত্রের সাহয্যে ছোট মানের বিভব বৈষম্য ও বিদ্যুচ্চালক শক্তি পরিমাপ করা যায় তাকে পোটেনশিওমিটার বলে।

মিটার ব্রীজ : যে যন্ত্রে এক মিটার লম্বা সুষম প্রস্থচ্ছেদের রোধ সম্পন্ন একটি তারকে কাজে লাগিয়ে হুইটস্টোন ব্রিজের নীতি ব্যবহার করে কোনো অজানা রোধ নির্ণয় করা হয় তাকে মিটার ব্রীজ বলে।

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

বহুনির্বাচনি প্রশ্নের উত্তরের জন্য প্রয়োজনীয় বিষয়াবলির সার-সংক্ষেপ

১। তাপমাত্রা, উপাদান ও দৈর্ঘ্য স্থির থাকলে পরিবাহী তারের রোধ এর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের ব্যস্তানুপাতিক।

২। একটি তারের দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ করলে এবং প্রস্থচ্ছেদ-এর ক্ষেত্রফল অর্ধেক করলে এর রোধ চারগুণ হবে।

৩। আপেক্ষিক রোধ নির্ভর করে পরিবাহীর উপাদানের ওপর এবং তাপমাত্রার ওপর।

৪। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে পরিবাহীর পরিবাহকত্ব কমে যায়।

৫। আয়তনের ওপর পরিবাহীর রোধ নির্ভর করে না।

৬। হুইটস্টোন ব্রীজ নীতির ওপর নির্ভর করে পোস্ট অফিস বক্স ও মিটার ব্রীজ তৈরি করা হয়।

৭। পটেনশিওমিটারের সাহায্যে কোষের তড়িৎচালক শক্তি ও অভ্যন্তরীণ রোধ নির্ণয় করা হয়।

৮। হুইটস্টোন ব্রীজে সাম্যাবস্থা বিঘ্নিত হবার কারণ—(ক) যখন পরিবর্তিত রোধের গ্যালভানোমিটার ব্যবহার করা হয়। (খ) যখন তড়িৎ কোষের তড়িচ্চালক বলের মান পরিবর্তিত হয়। (গ) যখন গ্যালভানোমিটার ও তড়িৎ কোষের অবস্থানের বিনিময় হয়।

৯। $\frac{S\times G}{S}$ রাশিটি শান্টের ক্ষমতা গুণক নামে পরিচিত।

১০। একটি তারের রোধ $r\ \Omega$, তারটিকে টেনে দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ করা হলে তার রোধ হবে $4r\ \Omega$।

১১। টিন ও সীসার মিশ্রণে ফিউজ তৈরি করা হয়।

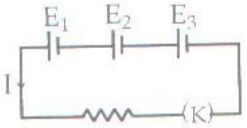
১২। ও'মের সূত্রের স্বাধীন চলক হচ্ছে বিভব পার্থক্য।

১৩। ও'মের সূত্রানুসারে I—V লেখচিত্রটি মূল বিন্দুগামী সরলরেখা হবে না জার্মেনিয়ামের ক্ষেত্রে।

১৪। বিভব পার্থক্য অপরিবর্তিত রেখে রোধ দ্বিগুণ করলে তড়িৎ প্রবাহ অর্ধেক হবে।

১৫। দুটি তড়িৎবাহী সমান্তরাল পরিবাহীর মধ্যে ক্রিয়াশীল বলের ক্ষেত্রে—(ক) প্রবাহ দুটি সমমুখী হলে পরিবাহী দুটি পরস্পরকে আকর্ষণ করে। (খ) প্রবাহ বিপরীতমুখী হলে পরিবাহীদ্বয় পরস্পরকে বিকর্ষণ করে।

১৬। একটি তারকে দুই ভাগে ভাগ করা হলে—(১) উপাদান একই থাকে (২) আপেক্ষিক রোধ একই থাকে।

১৭। 

এই বর্তনীর ক্ষেত্রে ব্যাটারীর তুল্য তড়িচ্চালক শক্তি 3E এবং মূল তড়িৎ প্রবাহের মান $I = \frac{3E}{R + 3r}$.

১৮। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে পরিবাহকত্ব হ্রাস পায়।

১৯। রোধাঙ্ক নির্ভর করে পদার্থের প্রকৃতির ওপর।

২০। পরিবাহীর রোধ ও প্রবাহকাল অপরিবর্তিত থাকা অবস্থায় প্রবাহমাত্রা এক তৃতীয়াংশ করলে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ হবে $\frac{1}{9}$ গুণ।

২১। চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য বাড়ানো যায়—(১) তড়িৎ প্রবাহ বাড়িয়ে (২) সলিনয়েডের প্যাচ সংখ্যা বাড়িয়ে।

২২। অ্যালুমিনিয়ামের উষ্ণতা সহগ $3{\cdot}9 \times 10^{-3}\,(°C)^{-1}$।

২৩। চার্জ প্রবাহের হার পরিমাপের একক অ্যাম্পিয়ার।

২৪। সিলিকন পদার্থের রোধের উষ্ণতা সহগের মান ঋণাত্মক।

২৫। নির্দিষ্ট সময় ধরে নির্দিষ্ট পরিবাহকে তড়িৎ প্রবাহিত করলে সৃষ্ট তাপের পরিমাণ হবে প্রবাহিত তড়িতের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক।

২৬। বৃত্তাকার প্রস্থচ্ছেদের কোনো পরিবাহীর ব্যাসার্ধ অর্ধেক করা হলে রোধ হবে চারগুণ।

২৭। কার্শফের লুপ উপপাদ্যটি হলো—শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি।

২৮। রোধ তড়িৎ প্রবাহের উপর নির্ভর করে না।

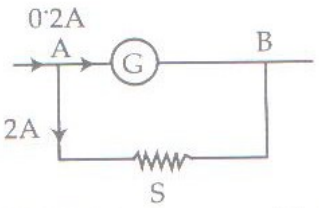
২৯। কিলোওয়াট ঘণ্টা (kWh) শক্তির একক।

অনুশীলনী

(ক) বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

১। একটি ধাতব রোধের উষ্ণতা 10°C থেকে 110°C পর্যন্ত বৃদ্ধি পেলে এর রোধ 10% বাড়ে। ধাতুটির রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক—

ক $0{\cdot}02°C^{-1}$
খ $0.01°C^{-1}$
গ $0{\cdot}002°C^{-1}$
ঘ $0{\cdot}001°C^{-1}$

২।


I-এর মান কত ? [রা. বো. ২০১৫]

ক 2·2 A
খ 0·2 A
গ 2 A
ঘ 1·8 A

৩। কোনো পরিবাহীর তাপমাত্রা কমে গেলে রোধ—

ক বাড়ে
খ কমে
গ শূন্য হয়
ঘ অপরিবর্তিত থাকে

৪। Rohm রোধবিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে i amp বিদ্যুৎ t সময় ধরে প্রবাহিত হলে উৎপন্ন তাপ হবে—

ক $0{\cdot}24\ i^2Rt$ Joule
খ Vi Joule
গ i^2R Joule
ঘ $\frac{V}{R}t$ Joule

৫। কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে ব্যয়িত বিদ্যুৎশক্তির রাশিমালা কোনটি ?

ক $H = V^2Rt$
খ $H = i^2Rt$
গ $H = R^2Vt$
ঘ $H = VRt$

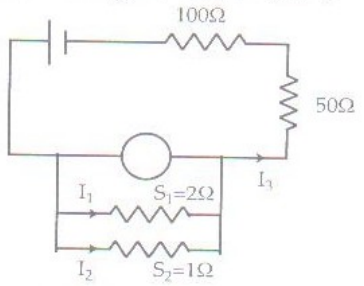
৬। জুলের তাপীয় সূত্রগুলো হলো—
(i) $H \propto i$, যখন R এবং t অপরিবর্তিত থাকে
(ii) $H \propto R$, যখন i এবং t অপরিবর্তিত থাকে
(iii) $H \propto t$, যখন i এবং R অপরিবর্তিত থাকে
নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii
খ i ও iii
গ ii ও iii
ঘ i, ii ও iii

৭। বহির্বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহের প্রচলিত অভিমুখ হলো—
ⓚ নিম্ন বিভব হতে উচ্চ বিভবের দিকে
ⓛ উচ্চ বিভব হতে নিম্ন বিভবের দিকে
ⓜ ঋণাত্মক আধান থেকে ধনাত্মক আধানের দিকে
ⓝ উচ্চ আধান থেকে নিম্ন আধানের দিকে

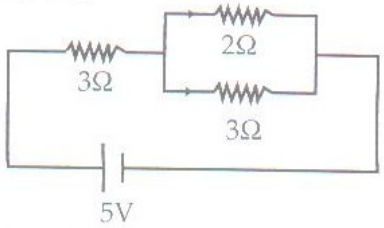
৮। একটি বাল্বের গায়ে 100W–220V লেখা আছে। এর অর্থ—
(i) বাল্বটির রোধ 220Ω
(ii) বাল্বটিতে প্রতি সেকেন্ডে 100J বিদ্যুৎ শক্তি তাপ ও আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়
(iii) বাল্বটিতে 0·455A বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়
নিচের কোনটি সঠিক?
ⓚ i
ⓛ i ও ii
ⓜ ii ও iii
ⓝ i, ii ও iii

৯। বর্তনীর চিত্র অনুযায়ী কোনটি সঠিক ?



ⓚ $I_1 > I_2 > I_3$
ⓛ $I_2 > I_3 > I_1$
ⓜ $I_3 > I_2 > I_1$
ⓝ $I_3 > I_1 > I_2$

১০। সংযুক্ত বর্তনীর কোষটির তড়িচ্চালক শক্তি 5V এবং অভ্যন্তরীণ রোধ 0·8Ω। 2Ω রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহ কত?



ⓚ 0·2A
ⓛ 0·3A
ⓜ 0·4A
ⓝ 0·6A

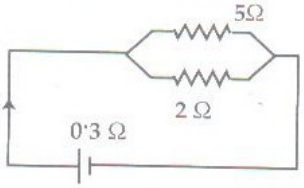
১১। E তড়িচ্চালক বলের একটি কোষ থেকে বহির্বর্তনীতে V বিভব পার্থক্য পাওয়া যায়। কোষটির অভ্যন্তরীণ রোধ শূন্য হলে—
ⓚ $V = E$
ⓛ $V < E$
ⓜ $V > E$
ⓝ $V = 0$

১২। একটি এনার্জি বাল্বের গায়ে 220V — 20W লেখা আছে। বাল্বটির ভেতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ—
ⓚ $\frac{3}{10}$ A
ⓛ $\frac{1}{5}$ A
ⓜ $\frac{1}{11}$ A
ⓝ $\frac{5}{11}$ A

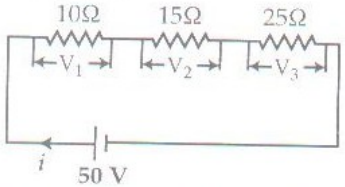
১৩। 200 Ω রোধের একটি বাল্বের ভেতর দিয়ে 0·5A তড়িৎ প্রবাহিত হলে এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য কত?
ⓚ 200 V
ⓛ 100 V
ⓜ 50 V
ⓝ 20 V

১৪। আপেক্ষিক রোধ নির্ভর করে—
(i) পরিবাহীর উপাদানের উপর
(ii) পরিবাহীর দৈর্ঘ্যের উপর
(iii) তাপমাত্রার উপর
নিচের কোনটি সঠিক ?
ⓚ i
ⓛ i ও iii
ⓜ ii ও iii
ⓝ i, ii ও iii

১৫। সংযুক্ত বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহের মান কত?
ⓚ 2A
ⓛ 1A
ⓜ 4A
ⓝ 5A



১৬। নিচের কোন বিষয়ের ওপর রোধ নির্ভর করে না?
ⓚ পরিবাহকের দৈর্ঘ্য
ⓛ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল
ⓜ উপাদান
ⓝ তড়িৎ প্রবাহ



সংযুক্ত বর্তনী থেকে ১৭ ও ১৮ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

১৭। বর্তনীর মধ্যে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহের মান কত?
ⓚ 1 A
ⓛ 2 A
ⓜ 0·5 A
ⓝ 2·5 A

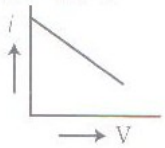
১৮। V_1, V_2 ও V_3 এর মান কত ?
ক 10V, 15V, 25V
খ 5V, 7.5V, 12.5V
গ 1V, 1.5V, 2.5V
ঘ 5V, 7.5V, 25V

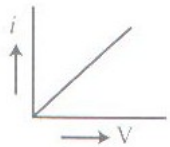
১৯। কোষের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য—
ক তড়িচ্চালক শক্তির চেয়ে কম হয়
খ তড়িচ্চালাক শক্তির চেয়ে বেশি হয়
গ তড়িচ্চালক শক্তির সমান হয়
ঘ নষ্ট ভোল্টের সমান হয়

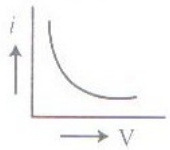
২০। নষ্ট ভোল্ট (I_r)-এর মান—
ক $I_r = E - V$
খ $I_r = E + V$
গ $I_r = V - E$
ঘ $I_r = \frac{E}{V}$

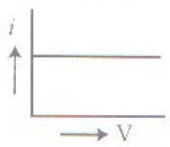
২১। মিটার ব্রীজ নিচের কোনটির ভিত্তিতে কাজ করে? [কু. বো. ২০১৫]
ক অ্যাম্পিয়ারের সূত্র
খ হুইটস্টোন ব্রীজ নীতি
গ ফার্মাটের নীতি
ঘ কির্শফের সূত্র

২২। স্থির মানের রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের পরিবর্তনের সাথে তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তনের লেখচিত্র কোনটি ? বা, নিচের কোন চিত্রটি ও'মের সূত্র সমর্থন করে ?

ক 

খ 

গ 

ঘ 

২৩। সমান রোধবিশিষ্ট দুইটি তামার তারের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে 1m ও 9m। তার দুইটির ব্যাসার্ধের অনুপাত হবে—
ক 3 : 1
খ 1 : 3
গ 9 : 1
ঘ 1 : 9

২৪। L দৈর্ঘ্য এবং R রোধবিশিষ্ট একটি পটেনশিওমিটারের তারের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহের মাত্রা I হলে, বিভবের পরিবর্তনের হার হবে—
ক $\frac{IR}{L}$
খ IRL
গ $\frac{RL}{I}$
ঘ $\frac{IL}{R}$

২৫। 3Ω রোধের একটি তারকে সমবাহু ত্রিভুজের আকারে বাঁকানো হলো। এর একটি বাহুর প্রান্তদ্বয়ের মধ্যবর্তী রোধের মান হবে—
ক $\frac{2}{3}\Omega$
খ $\frac{3}{2}\Omega$
গ $1\ \Omega$
ঘ $\frac{7}{2}\Omega$

২৬। কোনো লোড 100V-এর বিদ্যুৎ সঞ্চালন লাইনে লাগালে তা 200 Watt শক্তি গ্রহণ করে। উক্ত লোডটি 200V এর বিদ্যুৎ সঞ্চালন লাইনে লাগালে কত শক্তি গ্রহণ করবে—
ক 100 W
খ 200 W
গ 400 W
ঘ 800 W

২৭। একটি 40W ও একটি 60W বাতিকে শ্রেণি সমবায়ে সাজানো হলে কোন বাতিটি বেশি উজ্জ্বল আলো দিবে ?
ক 40W বাতি
খ 60W বাতি
গ দুইটির ঔজ্জ্বল্য সমান
ঘ সাপ্লাইয়ের ভোল্টেজের উপর নির্ভর করবে

২৮। 1·5 V তড়িচ্চালক বল ও 2Ω অভ্যন্তরীণ রোধের দুটি কোষকে সমান্তরালে রেখে বহির্বর্তনীর 2Ω রোধের সঙ্গে যুক্ত করা হলো। বহির্বর্তনীতে প্রবাহ কত ?
ক $\frac{1}{3}$ A
খ $\frac{1}{4}$ A
গ $\frac{1}{2}$ A
ঘ 1 A

২৯। কোনো পরিবাহকের রোধ—
(i) তাপমাত্রা বাড়লে বৃদ্ধি পায়
(ii) দৈর্ঘ্য বাড়লে বৃদ্ধি পায়
(iii) প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বাড়লে বৃদ্ধি পায়
নিচের কোনটি সঠিক ?
ক i ও ii
খ i ও iii
গ ii ও iii
ঘ i, ii ও iii

৩০। একটি সুষম পরিবাহী তারের রোধ R। তারটিকে টেনে দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ করা হলে, তারটির রোধ—
(i) 2R
(ii) 4R
(iii) 300% বৃদ্ধি পাবে
নিচের কোনটি সঠিক ?
ক i ও ii
খ i ও iii
গ ii ও iii
ঘ i, ii ও iii

৩১। কির্শফের সূত্র হলো—
(i) $\sum ir = \epsilon$
(ii) $\sum ir = 0$
(iii) $\sum i = 0$
নিচের কোনটি সঠিক ?
ক i ও ii
খ i ও iii
গ ii ও iii
ঘ i, ii ও iii

৩২। প্রবাহের দিক একই দিকে থাকলে কির্শফের প্রবাহের সূত্র কোনটি ?
ক $i_1 + i_2 + i_3 + i_4 = 0$
খ $i_1 - i_2 + i_3 + i_4 = 0$
গ $i_1 + i_2 - i_3 + i_4 = 0$
ঘ $i_1 + i_2 + i_3 - i_4 = 0$

৩৩। n সংখ্যক কোষের শ্রেণি সমবায় সূত্র হলো—
ক $i_s = \frac{E}{r + nR}$
খ $i_s = \frac{nE}{nr + R}$
গ $i_s = \frac{nE}{r + nR}$
ঘ $i_s = \frac{nE}{r + R}$

৩৪। গ্যালভানোমিটারের প্রবাহ শূন্য হয় যখন—
ক $S = 0\Omega$
খ $S = \infty\ \Omega$
গ $S = 1\Omega$
ঘ $S = 2\Omega$

৩৫। একটি হুইটস্টোন ব্রীজের ১ম, ২য় ও ৩য় বাহুতে যথাক্রমে 4, 10 ও 16 ওহমের রোধ স্থাপন করে ৪র্থ বাহুতে কত রোধ স্থাপন করলে ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় আসবে?
ক 30 Ω
খ 50 Ω
গ 40 Ω
ঘ 60 Ω

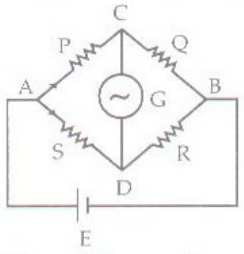
৩৬। একটি মিটার ব্রীজের বাম ফাঁকে 8Ω এবং ডান ফাঁকে 10Ω সংযুক্ত করা হলো। বাম প্রান্ত হতে কত দূরে সাম্য বিন্দু পাওয়া যাবে ?
ক 22·22 cm
খ 44·44 cm
গ 11·11 cm
ঘ 66·66 cm

৩৭। 100Ω রোধের একটি গ্যালভানোমিটার 1 mA বিদ্যুৎ প্রবাহ নিরাপদে গ্রহণ করতে পারে। 1A বিদ্যুৎ প্রবাহ পরিমাপের জন্য কত রোধের শান্ট ব্যবহার করা দরকার ?
ক 1 Ω
খ 0·5 Ω
গ 0·1 Ω
ঘ 2 Ω

৩৮। তড়িৎ বর্তনীতে গ্যালভানোমিটারের সাথে সান্ট যোগ করা হয় কেন ?
ক গ্যালভানোমিটারের বিভব পার্থক্য বাড়ানোর জন্য
খ গ্যালভানোমিটারের বিভব পার্থক্য কমানোর জন্য
গ গ্যালভানোমিটারের প্রবাহমাত্রা বাড়ানোর জন্য
ঘ গ্যালভানোমিটারের প্রবাহমাত্রা কমানোর জন্য

৩৯। তড়িৎ বর্তনী সংক্রান্ত কির্শফের সূত্রগুলির মধ্যে—
(i) প্রথম সূত্রটি তড়িৎ আধান সংরক্ষণ নির্দেশ করে
(ii) প্রথম সূত্রটি তড়িৎ শক্তির সংরক্ষণ নির্দেশ করে
(iii) দ্বিতীয় সূত্রটি তড়িৎ শক্তির সংরক্ষণ নির্দেশ করে
নিচের কোনটি সঠিক ?
ক i ও ii
খ i ও iii
গ ii ও iii
ঘ i, ii ও iii

৪০। কোন ক্ষেত্রে হুইটস্টোন ব্রীজের নিস্পন্দ অবস্থাটি পরিবর্তিত হবে ?
ক বিভিন্ন বাহুর রোধগুলি পরিবর্তিত করা হলে
খ ব্যাটারি ও গ্যালভানোমিটারের অবস্থান অদল বদল করা হলে
গ অন্য তড়িচ্চালক বলের ব্যাটারি নিলে
ঘ অন্য রোধের গ্যালভানোমিটার নিলে



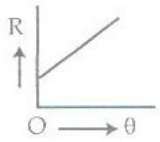
উপরের চিত্রে প্রদর্শিত বর্তনী থেকে নিচের ৪১ ও ৪২নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

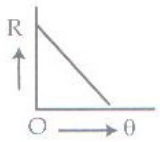
৪১। E = 3V, P = 4Ω, Q = R = 6Ω এবং S = 9Ω। P রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ কত ?
ক 0·20 A
খ 0·30 A
গ 0·40 A
ঘ 0·50 A

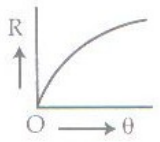
৪২। এবার P ও Q কে যথাক্রমে 6Ω ও 9Ω রোধ দ্বারা পরিবর্তিত করা হলে P রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ হবে—

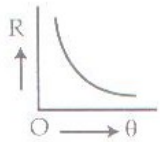
ⓚ 0·20 A
ⓛ 0·30 A
ⓜ 0·40 A
ⓝ 0·50 A

৪৩। তাপমাত্রার সাথে রোধের পরিবর্তন নিচের কোন লেখচিত্রের সাহায্যে প্রকাশ করা যায় ?

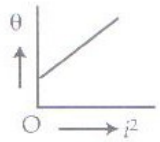
ⓚ 

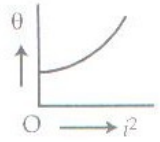
ⓛ 

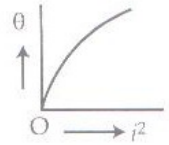
ⓜ 

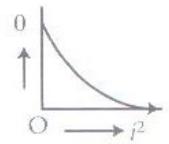
ⓝ 

৪৪। পানিতে i প্রবাহ t সময় ধরে চালনা করলে পানির তাপমাত্রা θ হয়। নিচের কোন লেখচিত্র ইহা প্রকাশ করে ?

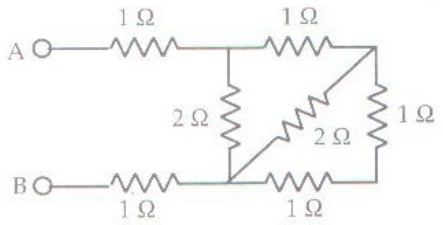
ⓚ 

ⓛ 

ⓜ 

ⓝ 

৪৫। নিচের বর্তনীর A ও B প্রান্তদ্বয়ের মধ্যবর্তী তুল্য রোধ কত ? [দি. বো. ২০১৫]



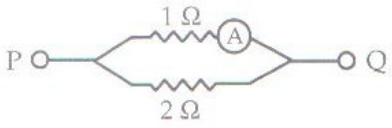
ⓚ 3 Ω
ⓛ 3·5 Ω
ⓜ 4·5 Ω
ⓝ 6 Ω

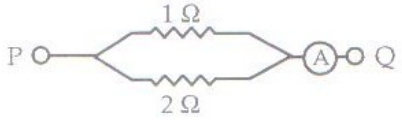
৪৬। কোনো পরিবাহীতে প্রবাহমাত্রা তিনগুণ করা হলে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ কত গুণ হবে ? [সি. বো. ২০১৫]

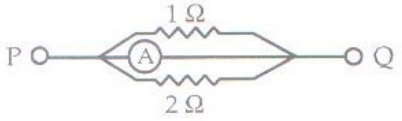
ⓚ $\frac{1}{9}$
ⓛ $\frac{1}{3}$
ⓜ 3
ⓝ 9 গুণ

৪৭। নিচের প্রতিটি বর্তনীর P ও Q এর মধ্যবর্তী বিভব পার্থক্য সমান এবং প্রতিটি অ্যামিটারের রোধ 2Ω। কোন বর্তনীর অ্যামিটারের পাঠ সবচেয়ে বেশি হয় ? [চ. বো. ২০১৫]

ⓚ

ⓛ 

ⓜ 

ⓝ 

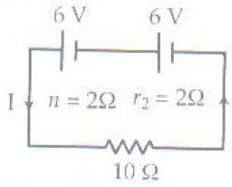
৪৮। যখন বহিস্থ বর্তনীতে কোনো তড়িৎ প্রবাহ থাকে না তখন তড়িৎ কোষের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V এবং ঐ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি E এর কোন সম্পর্কটি সঠিক ?

ⓚ $E = V$
ⓛ $E \propto L$
ⓜ $E > V$
ⓝ $E < V$

৪৯। নিস্পন্দ বিন্দু তারের ঠিক মধ্যস্থলে পেতে হলে 3Ω রোধের সাথে আর কত রোধ সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করতে হবে ? [কু. বো. ২০১৫]

ক 2 Ω
খ 4 Ω
গ 6 Ω
ঘ 8 Ω

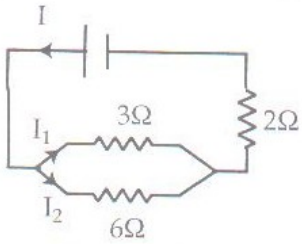
৫০।



বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ কত ? [কু. বো. ২০১৫]

ক 0·14 A
খ 0·42 A
গ 0·57 A
ঘ 1 A

৫১। বর্তনীর তুল্য রোধ এবং প্রবাহমাত্রার কোন সম্পর্কটি সঠিক ? [চ. বো. ২০১৫]



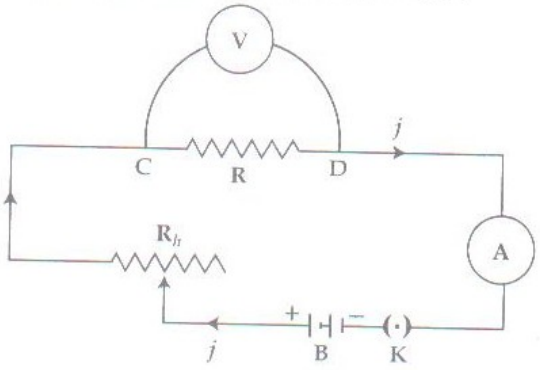
ক 2·18 Ω, $I > I_2 > I_1$
খ 4 Ω, $I > I_1 > I_2$
গ 4·5 Ω, $I_2 > I_1 > I$
ঘ 11 Ω, $I > I_2 > I$

উত্তর :

১। ঘ	২। ক	৩। খ	৪। ক	৫। খ	৬। গ	৭। খ	৮। গ	৯। গ	১০। ঘ
১১। ক	১২। গ	১৩। খ	১৪। ক	১৫। খ	১৬। ঘ	১৭। গ	১৮। খ	১৯। ক	২০। ক
২১। খ	২২। খ	২৩। খ	২৪। ঘ	২৫। ক	২৬। গ	২৭। খ	২৮। গ	২৯। খ	৩০। গ
৩১। খ	৩২। ক	৩৩। খ	৩৪। ক	৩৫। গ	৩৬। খ	৩৭। গ	৩৮। ঘ	৩৯। খ	৪০। ক
৪১। খ	৪২। ক	৪৩। ক	৪৪। ক	৪৫। ক	৪৬। ঘ	৪৭। ঘ	৪৮। ক	৪৯। গ	৫০। ঘ
৫১। খ									

(খ) সৃজনশীল প্রশ্ন

১। পাশের চিত্রে বর্তনীর রোধ R এর দুই প্রান্ত C ও D-এর সাথে সমান্তরালে একটি ভোল্টমিটার V সংযুক্ত করা হয়েছে। বর্তনীতে বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা i পরিমাপের জন্য একটি অ্যামিটার A সংযুক্ত করা হয়েছে। পরিবর্তনশীল রোধ R_h এর পরিবর্তনে i ও সাথে সাথে বিভব পার্থক্য V পরিবর্তিত হবে।



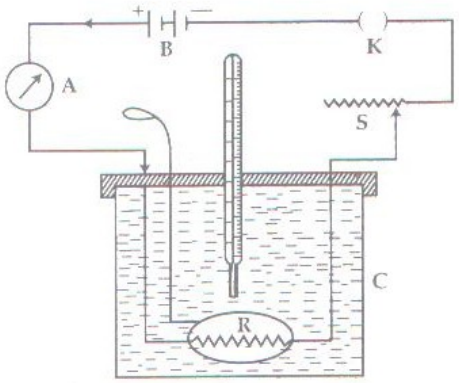
(ক) ও'মের সূত্রটি লিখ।

(খ) তুল্য রোধ বলতে কী বোঝায় ?

(গ) উদ্দীপকের চিত্রের R_h এর নির্দিষ্ট মানের জন্য বর্তনীর বিদ্যুৎ প্রবাহ 5A হলে এবং R এর দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য 200V হলে কোষটির অভ্যন্তরীণ রোধ কত হয়ে ?

(ঘ) R রোধের সাথে 50 Ω রোধের অন্য একটি রোধককে সমান্তরালে যুক্ত করায় এবং কোষের অভ্যন্তরীণ রোধের কিরূপ পরিবর্তন করলে অ্যামিটারের পাঠের কোনো পরিবর্তন হবে না—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

২। পাশের চিত্রে একটি জুলের ক্যালরিমিটার দেখানো হয়েছে। এর মধ্যে জানা আপেক্ষিক তাপের একটি তরল পদার্থ নেয়া হয়েছে যার মধ্যে R রোধের একটি কুণ্ডলী ডুবানো হয়েছে। কুণ্ডলীর দুই প্রান্তে একটি ব্যাটারি, চাবি, অ্যামিটার ও পরিবর্তনশীল রোধ শ্রেণিতে সংযুক্ত করা হয়েছে।



(ক) তাপ উৎপাদনের ক্ষেত্রে জুলের সূত্র লিখ।

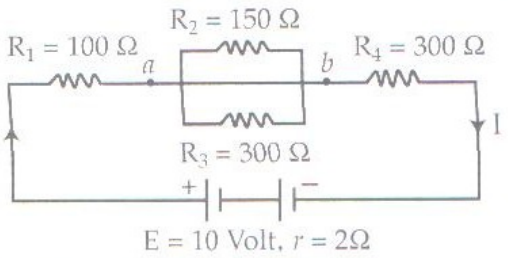
(খ) জুলের রোধের সূত্রটি বিবৃত কর এবং গাণিতিক সম্পর্কটি লিখ।

(গ) উদ্দীপকের কুণ্ডলীর রোধ 100Ω। পানির ভর 2·50kg এবং বিদ্যুৎ প্রবাহ 5A চালনা করলে কত সময় পর পানির তাপমাত্রা 24°C বৃদ্ধি পাবে?

(Hints : $ms\Delta\theta = I^2Rt$

(ঘ) উদ্দীপকের জুলের ক্যালরিমিটারের রোধের মান কিরূপ পরিবর্তন করলে অর্ধেক সময়ে পানির তাপমাত্রা 24°C বৃদ্ধি করা সম্ভব হবে ? —গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৩। মেধাবী ছাত্রী সুজনা নিচের বর্তনীটি অঙ্কন করে প্রথমে মূল প্রবাহ হিসাব করে। পরবর্তীতে সে 100Ω মানের একটি রোধ R_1 এর সাথে প্রথমে সমান্তরালে এবং পরে শ্রেণিতে যুক্ত করে উভয় ক্ষেত্রে মূল প্রবাহ হিসাব করে দেখল, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে প্রবাহমাত্রার পরিমাণ হ্রাস পায়। [কু. বো. ২০১৫]



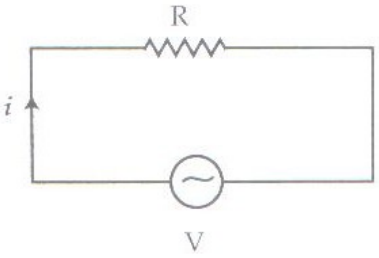
(ক) তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে ?

(খ) তাপমাত্রার বিবেচনায় পরিবাহী এবং অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পার্থক্য কী ?

(গ) ১ম ক্ষেত্রে 100Ω রোধ লাগানোর পূর্বে a বিন্দু এবং b বিন্দুর মধ্যকার বিভব পার্থক্য কত ?

(ঘ) 100Ω রোধ লাগানোর পরে সুজনার পর্যবেক্ষণের সত্যতা যাচাই কর।

৪। নিচের চিত্রে R রোধের একটি বৈদ্যুতিক হিটার সরবরাহ লাইনের সঙ্গে যুক্ত করা হলো। সরবরাহ লাইনের ভোল্টেজ 220 V এবং হিটারের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ = i। হিটারটি 2 লিটার পানির তাপমাত্রা 25°C থেকে 100°C এ উন্নীত করতে সক্ষম।



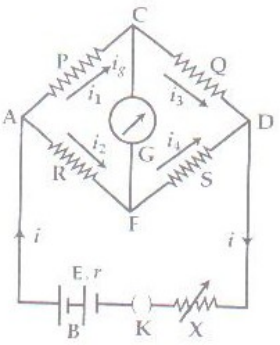
(ক) বিদ্যুৎ শক্তি কী?

(খ) একটি বৈদ্যুতিক বাতির গায়ে 220V ও 80W লেখা আছে। এর অর্থ কী?

(গ) উদ্দীপকের হিটারটি 220 Volt সরবরাহ লাইন থেকে 0·2A প্রবাহ গ্রহণ করে। হিটারটি 60 ঘণ্টা ব্যবহার করলে কী পরিমাণ শক্তি ব্যয় হবে?

(ঘ) সময় সাশ্রয়ের জন্য হিটারের রোধ পরিবর্তন করে 0·1 mm ব্যাস, 0·5 m দৈর্ঘ্য এবং 50 ohm রোধের 500 W ক্ষমতার একটি তার কুণ্ডলী ব্যবহার করলে সময় সাশ্রয় হবে কিনা—গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

৫। নিচের চিত্রে একটি হুইটস্টোন ব্রীজ দেখানো হয়েছে। ব্রীজের চার বাহুর রোধ $P = 8\Omega$, $Q = 12\Omega$, $R = 16\Omega$ এবং $S = 20\Omega$।



(ক) মিটার ব্রীজ কী ?

(খ) ব্রীজের সাম্যাবস্থা বা নিস্পন্দ অবস্থা বলতে কী বোঝায় ?

(গ) উদ্দীপকের চিত্রে প্রাপ্ত তথ্য ব্যবহার করে ব্রীজের চতুর্থ বাহুর সাথে কত রোধ কীভাবে যুক্ত করলে ব্রীজটি সাম্যাবস্থায় থাকবে নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্দীপকে ব্যবহৃত P, Q, R রোধ এবং চতুর্থ বাহুর সাম্যাবস্থার রোধ S কে সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করলে যে তুল্য রোধ পাওয়া যায় তার চেয়ে উক্ত রোধগুলোর সর্বনিম্ন মানও বড়। গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে দেখাও।

(গ) সাধারণ প্রশ্ন

১। রোধের উপর তাপমাত্রার প্রভাব আলোচনা কর।

২। রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক বলতে কী বোঝ ?

৩। তামার রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক $42·5 \times 10^{-4}\ ^{\circ}C^{-1}$-এর অর্থ কী ?

৪। তাপের যান্ত্রিক সমতুলের সংজ্ঞা দাও। জুলের তাপীয় ক্রিয়া সংক্রান্ত সূত্রগুলো বিবৃত কর।

৫। তড়িৎ শক্তি ও তড়িৎ ক্ষমতার সংজ্ঞা লিখ। এদের একক উল্লেখ কর।

৬। তড়িৎ শক্তির BOT unit এর সংজ্ঞা দাও।

৭। BOT unit কে জুলে প্রকাশ কর।

৮। কোনো বৈদ্যুতিক যন্ত্রের গায়ে 220V — 1000 W লেখা আছে। এর থেকে কী জানা যায় ?

৯। তড়িৎ শক্তি ও তড়িৎ ক্ষমতার সংজ্ঞা দাও। এদের একক লিখ।

১০। তড়িৎ শক্তির ক্ষেত্রে Khr কী ?

১১। বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে পরিবাহী গরম হয় কেন ? উৎপন্ন তাপের পরিমাণ নির্ণয় কর।

১২। অভ্যন্তরীণ রোধ কী ? অভ্যন্তরীণ রোধ এবং তড়িচ্চালক বলের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর।

১৩। কোনো তড়িৎ কোষের নষ্ট ভোল্ট বলতে কী বোঝ ? কোষের অভ্যন্তরীণ রোধের সঙ্গে এর সম্পর্ক কী ?

১৪। গ্যালভানোমিটারের সঙ্গে সান্ট যুক্ত করার প্রয়োজনীয়তা কী ?

১৫। কয়েকটি সদৃশ কোষকে (i) শ্রেণি সমবায়ে এবং (ii) সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করলে বহিঃবর্তনীতে প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর।

১৬। কির্শফের সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।

১৭। তড়িৎ বর্তনী সম্পর্কীয় কির্শফের সূত্র দুটি বিবৃত কর।

১৮। কির্শফের প্রবাহমাত্রার সূত্রটি হলো তড়িৎ আধান সংরক্ষণ সূত্রেরই ব্যবহারিক রূপ—আলোচনা কর।

১৯। কির্শফের ভোল্টেজ সূত্রটি হলো শক্তির সংরক্ষণ সূত্রেরই ব্যবহারিক রূপ—আলোচনা কর।

২০। শান্ট কী ? মূল প্রবাহের সাথে শান্টের প্রবাহের সম্পর্ক স্থাপন কর।

২১। হুইটস্টোন ব্রীজ নীতিটি বর্ণনা কর।

২২। হুইটস্টোন ব্রীজের ব্যাটারী ও গ্যালভানোমিটারের অবস্থান অদলবদল করলে ব্রীজের নিষ্পন্ন অবস্থার কীরূপ পরিবর্তন হয় ?

২৩। হুইটস্টোন ব্রীজের সুবেদিতা বলতে কী বোঝায় ?

২৪। একটি অজ্ঞাত রোধ নির্ণয়ের হুইটস্টোন ব্রীজনীতি চিত্র সহকারে ব্যাখ্যা কর।

২৫। পোটেনশিওমিটারের সাহায্যে কীভাবে কোনো কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ নির্ণয় করবে ?

২৬। পোটেনশিওমিটার কী ? কোন ক্ষেত্রে কোষের শ্রেণি সমবায় আর কোন ক্ষেত্রে কোষের সমান্তরাল সমবায় উপযোগী ?

২৭। মিটার ব্রীজের প্রান্ত ত্রুটি কী ? মিটার ব্রীজের তারটি সুষম এবং একই পদার্থের হওয়া উচিত কেন ?

২৮। মিটারে ব্রীজোর প্রান্তিক ত্রুটি কী ? কীভাবে এই ত্রুটি সংশোধন করা হয় ?

২৯। পোস্ট অফিস বক্স, মিটার ব্রীজ ও পোটেনশিওমিটার পরীক্ষায় সর্বদাই গ্যালভানোমিটার ব্যবহার করতে হয় কেন ?

(ঘ) ক্রিয়াকর্ম

কোনো সংহত বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহের ফলে মূলত তিনটি ক্রিয়া সংঘটিত হয় যথা— তাপীয় ক্রিয়া, চুম্বকীয় ক্রিয়া, রাসায়নিক ক্রিয়া। এই তিনটি ক্রিয়া প্রদর্শনের জন্য একটি প্রজেক্ট তৈরি করে শ্রেণিতে উপস্থাপন কর।

(ঙ) কাজ (গাণিতিক সমস্যা)

১। 20°C তাপমাত্রায় একটি তারের রোধ 32Ω। 100°C তাপমাত্রায় তারটি উত্তপ্ত করলে রোধের পরিবর্তন হয় 0·22Ω। তারটির তাপমাত্রা গুণাঙ্ক বের কর। [উত্তর : $8·6 \times 10^{-5}$ °C^{-1}]

২। 20°C তাপমাত্রায় একটি তামার তারের রোধ 3Ω এবং 100°C তাপমাত্রায় রোধ 3·94Ω। তামার রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক কত ? [উত্তর : 0·000425 °C^{-1}]

৩। 30°C তাপমাত্রায় একটি তামার তারের রোধ 4Ω হলে 100°C তাপমাত্রায় রোধ কত হবে ? দেওয়া আছে তামার রোধের উষ্ণতা গুণাঙ্ক = $42·5 \times 10^{-4}$ °C^{-1}. [উত্তর : 4·51 Ω]

৪। একই পদার্থের তৈরি এবং একই দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট দুটি তার A ও B-এর দুই প্রান্তে একই বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করা হলে এদের মধ্যে উৎপন্ন তাপের অনুপাত কত ? [উত্তর : 1 : 2]

৫। 100 ওয়াট এর একটি নিমজ্জক 7 মিনিটে 2 লিটার পানির তাপমাত্রা 32°C থেকে 37°C পর্যন্ত বৃদ্ধি করে। তাপের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্কের মান নির্ণয় কর। [সি. বো. ২০০৫; চ. বো. ২০০৪] [উত্তর : 4·2 J cal^{-1}]

৬। 0°C তাপমাত্রার 1 kg পানিকে তার স্ফুটনাঙ্ক 60Ω রোধের মধ্য দিয়ে 1 min-এ কী পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহিত করতে হবে ? [উত্তর : 10·80 A]

৭। 10A বিদ্যুৎ প্রবাহে কোনো একটি ইস্ত্রি হতে প্রতি সেকেন্ডে 5000 J তাপ উৎপন্ন হয়। ইস্ত্রিটির রোধ নির্ণয় কর। [উত্তর : 50Ω]

৮। 6Ω রোধের একটি তারের মধ্য দিয়ে 2·5A বিদ্যুৎ প্রবাহ 6 min ধরে চালনা করলে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ নির্ণয় কর। (J = 4·2 J cal^{-1}) [উত্তর : 3214·29 cal]

৯। একটি বৈদ্যুতিক বাল্বের গায়ে লেখা আছে 220 volt — 100 watt। বাল্বটির রোধ কত ? বাল্বটিকে 200 V সরবরাহ লাইনে যুক্ত করলে এর ক্ষমতা কত হবে ? [রা. বো. ২০১০] [উত্তর : 484Ω, 82·6 Watt]

১০। কোনো একটি বাড়িতে 100W এর 10টি, 60W-এর 5টি বাতি এবং 3 KW-এর একটি হিটার আছে। বাতিগুলো প্রতিদিন 6 ঘণ্টা জ্বলে এবং হিটারটি দৈনিক 2 ঘণ্টা চলে। জানুয়ারি মাসে ঐ বাড়িতে কত ইউনিট বিদ্যুৎ ব্যয় হবে ? [সি. বো. ২০০২] [উত্তর : 427·8 kWh]

১১। 500 W ও 100 V-এ ব্যবহারযোগ্য একটি বৈদ্যুতিক বাতিকে 200 V সরবরাহের বর্তনীতে যুক্ত করা হলো। শ্রেণি সমবায়ে কত রোধ যুক্ত করতে হবে যাতে বাতির ক্ষমতা 500 W-ই থাকে ? [উত্তর : 60 Ω]

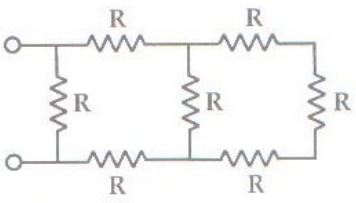
১২। একটি বৈদ্যুতিক ইস্ত্রিতে 220V–100W লেখা আছে। ইস্ত্রিটি 200V লাইনে যুক্ত হয়ে 2 ঘণ্টা চললে কত ইউনিট বিদ্যুৎ শক্তি খরচ হবে ? [বুয়েট ভর্তি পরীক্ষা, ২০০৯–১০] [উ. 0·165 kWh]

১৩। 2·2 kV বিভব পার্থক্যে 10Ω রোধের লাইনের মাধ্যমে 2·2 kW ক্ষমতা সঞ্চালিত হচ্ছে। লাইনে তাপক্ষয়ের হার কত ? [Hints : $I = \frac{P}{V}$, $P' = I^2R = 10$ W] [উত্তর : 10W]

১৪। 2Ω ও 6Ω মানের দুটি রোধকে শ্রেণি সমবায়ে রেখে একটি 12V তড়িচ্চালক বলের উৎসের সঙ্গে যোগ করলে প্রতিটি রোধে কত ক্ষমতা ব্যয় হয় ? [উত্তর : 4·5W, 13·5W]

১৫। একটি তড়িৎ কোষের তড়িচ্চালক বল 1·5 V ও অভ্যন্তরীণ রোধ 2Ω। এই কোষের সঙ্গে 1Ω, 2Ω ও 10Ω-এর রোধ শ্রেণি সমবায়ে রাখা আছে। রোধগুলির প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য ও নষ্ট ভোল্ট নির্ণয় কর। [উত্তর : 0·1V, 0·2V, 1V, 0·2V]

১৬।



বর্তনীর তুল্য রোধ কত ? [এস.ইউ.এস.টি. ভর্তি পরীক্ষা, ২০০৯–১০] [উ. $\frac{11}{16}$R]

১৭। 10V তড়িচ্চালক বল ও 1Ω অভ্যন্তরীণ রোধবিশিষ্ট একটি কোষকে 3Ω, 5Ω ও 8Ω সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত তিনটি রোধকের সঙ্গে শ্রেণি সমবায়ে যোগ করলে তিনটি রোধের ভেতর দিয়ে প্রবাহমাত্রা কত হবে ? [উত্তর : 2·01A, 1·21A, 0·754A]

১৮। 15টি কোষের প্রতিটির তড়িচ্চালক বল 2V এবং অভ্যন্তরীণ রোধ 0·1 Ω। কোষগুলিকে 3টি সারিতে সমান্তরাল সমবায়ে রাখা হলো যাতে প্রতি সারিতে 5টি করে কোষ শ্রেণি সমবায়ে থাকে। সমগ্র কোষ সমবায়ের তড়িচ্চালক বল ও অভ্যন্তরীণ রোধ কত ? [উত্তর : 10V, 0·167 Ω]

১৯। একটি ব্যাটারির অভ্যন্তরীণ রোধ 1Ω। একটি ভোল্টমিটারের সাহায্যে এই ব্যাটারির তড়িচ্চালক বল পরিমাপ করলে 1% ত্রুটি হয়। ভোল্টামিটারের রোধ কত ? [উত্তর : 99 Ω]

[Hints : ভোল্টমিটারের পাঠ $V \times 99\% = 99$ V, $\frac{V}{E} = 99 \therefore \frac{V}{E} = \frac{IR}{I(R+r)} \Rightarrow R = 99r = 99\Omega$]

২০। একটি বাড়ির মেইন মিটারে 6A — 200V লেখা আছে। 60W-এর কয়টি বাতি ঐ বাড়িতে নিরাপত্তার সাথে ব্যবহার করা যাবে ? [ঢা. বো. ২০০১] [উত্তর : 20টি]

২১। 50 ohm রোধ বিশিষ্ট একটি তারকে টেনে তিনগুণ লম্বা করা হলো। লম্বাকৃত তারটির রোধ নির্ণয় কর। [বুয়েট ভর্তি পরীক্ষা, ২০০৮–০৯] [উ. 45Ω]

২২। 6V-এর একটি ব্যাটারীর অভ্যন্তরীণ রোধ 0·25Ω। অন্য একটি 0·5Ω অভ্যন্তরীণ রোধ বিশিষ্ট 3V ব্যাটারীর সাথে সমান্তরালে সংযোগ করলে উক্ত সমবায়যুক্ত প্রান্তদ্বয়ের বিভব পার্থক্য নির্ণয় কর। [উ. 5V]

[Hints : $E_1 - E_2 = Ir_1 + Ir_2$, $I = 4$V আবার, $V = E_1 - Ir_2 = 5$] [বুয়েট ভর্তি পরীক্ষা, ২০০৯–১০]

২৩। দুটি তারের প্রতিটির রোধ 20Ω। এদেরকে সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করা হলো। পরে একে 6V বিদ্যুচ্চালক শক্তি এবং 5Ω অভ্যন্তরীণ রোধের একটি বিদ্যুৎ কোষের দুই প্রান্তের সাথে যুক্ত করা হলো। কোষের প্রান্তীয় বিভব পার্থক্য এবং প্রতিটি তারে বিদ্যুৎ প্রবাহের মান নির্ণয় কর। [উত্তর : 4V, 0·2A]

২৪। 3Ω, 4Ω এবং 5Ω রোধের তিনটি রোধক একটি কোষের প্রান্তদ্বয়ের সাথে সমান্তরালভাবে যুক্ত আছে। কোষের তড়িচ্চালক শক্তি 1·5 V এবং অভ্যন্তরীণ রোধ 0·5Ω হলে প্রত্যেক রোধকের মধ্য দিয়ে প্রবাহ মাত্রা নির্ণয় কর। [উত্তর : $i_1 = 0{\cdot}363$ A, $i_2 = 0{\cdot}265$ A, $i_3 = 0{\cdot}214$ A]

২৫। একটি ব্যাটারির বিদ্যুচ্চালক শক্তি 12V এবং অন্তঃরোধ 6Ω। একে 8V বিদ্যুচ্চালক শক্তি ও 6Ω অন্তঃরোধ বিশিষ্ট অপর একটি ব্যাটারির সাথে সমান্তরালে যুক্ত করা হয়। পরে সংযোজনটিকে 12Ω রোধের একটি তার দ্বারা যুক্ত করা হলো। বর্তনীর প্রতিটি অংশে প্রবাহমাত্রা বের কর। [উত্তর : $i_1 = \frac{2}{3}$ A, $i_2 = 0$]

২৬। একটি বিদ্যুৎ কোষের বিদ্যুচ্চালক শক্তি 1·5 V যখন বিদ্যুৎ কোষটি 1 A বিদ্যুৎ প্রবাহ সরবরাহ করে তখন এর প্রান্ত দুটির বিভব পার্থক্য 1·2 V নেমে আসে। কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ নির্ণয় কর। [উত্তর : 0·3 Ω]

২৭। একটি বিদ্যুৎ কোষের বিদ্যুচ্চালক শক্তি 1·08 V এবং অভ্যন্তরীণ রোধ 0·2 Ω। এর প্রান্তদ্বয় 5·2 ও ৭ম রোধের একটি তার দ্বারা যুক্ত করা হলো। কোষের বিদ্যুৎ প্রবাহের মান নির্ণয় কর। [উত্তর : 0·2 A]

২৮। একটি বিদ্যুৎ কোষের বিদ্যুচ্চালক শক্তি 1·55 V এবং অভ্যন্তরীণ রোধ 0·5 Ω। এর সাথে কত ওহ্‌ম রোধের একটি তার যুক্ত করলে 0·1 A বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা পাওয়া যাবে ? কোষের হারানো বিভব কত হবে?

[উত্তর : 15 Ω, 0·05 V]

২৯। খোলা বর্তনীতে একটি বিদ্যুৎ কোষের বিদ্যুচ্চালক শক্তি 1·6 V এবং অভ্যন্তরীণ রোধ 2 Ω। কোষের দু'প্রান্তের সাথে 4 Ω ও 10 Ω রোধের দুটি রোধ সিরিজে যুক্ত করলে উভয় রোধের দু'প্রান্তের বিভব পার্থক্য নির্ণয় কর।

[উত্তর : 0·4 V এবং 1 V]

৩০। 2 Volts তড়িচ্চালক বল এবং 0·5Ω অভ্যন্তরীণ রোধের একটি কোষের দুই প্রান্ত সমান্তরাল সমবায়ে সজ্জিত 20Ω এবং 30Ω রোধের দুটি তারের সাথে যুক্ত আছে । প্রত্যেক তারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহমাত্রার মান বের কর। [উত্তর : 0·096A, 0·064A]

৩১। একটি হুইটস্টোন ব্রীজের চারটি বাহুতে যথাক্রমে 2Ω, 4Ω, 3Ω এবং 9Ω রোধ যুক্ত আছে। চতুর্থ বাহুতে কত মানের একটি রোধ কীভাবে যুক্ত করলে ব্রীজটি ভারসাম্য লাভ করবে ?

[উত্তর : 18 Ω এর রোধ সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করতে হবে]

৩২। একটি মিটার ব্রীজ বর্তনীতে বাম ও ডান ফাঁকের রোধ যথাক্রমে 3Ω ও 2Ω। কোনো প্রান্তিক ত্রুটি না থাকলে মিটার তারটির কত দৈর্ঘ্যে নিষ্পন্দ বিন্দু পাওয়া যাবে ? [উত্তর : 60 cm]

৩৩। একটি মিটার ব্রীজের দুই শূন্য স্থানের একটিতে 8Ω এবং অন্যটিতে 10Ω রোধ যুক্ত করা হলো। ভারসাম্য বিন্দু কোথায় হবে ? [উত্তর : বাম প্রান্ত হতে 44·44 cm দূরে]

৩৪। একটি পোস্ট অফিস বক্সের অনুপাত বাহু দুটিতে 1000 Ω এবং 10 Ω রোধ যুক্ত আছে। তৃতীয় বাহুতে 511 Ω রোধ স্থাপন করায় গ্যালভানোমিটারে শূন্য বিক্ষেপ পাওয়া গেল। চতুর্থ বাহুতে অজানা রোধ নির্ণয় কর।

[উত্তর : 5·11 Ω]