

ব্যবহারিক অংশ

পরীক্ষণ-এক

পরীক্ষণের নাম : $\frac{1}{u}$ বনাম $\frac{1}{v}$ রেখের সাহায্যে অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়।

উদ্দেশ্য-

এই পাঠ ও পরীক্ষণ সমাপ্তির পর আপনি-

- অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের তত্ত্ব বর্ণনা করতে পারবেন;
- $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ সূত্রটির প্রয়োগ দেখাতে পারবেন;
- $\frac{1}{u}$ বনাম $\frac{1}{v}$ রেখ আঁকতে পারবেন;
- $\frac{1}{u}$ বনাম $\frac{1}{v}$ রেখ থেকে অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করতে পারবেন;
- $\frac{1}{u}$ বনাম $\frac{1}{v}$ রেখ রেখের সাহায্যে অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের কাজের ধারা বর্ণনা করতে পারবেন;
- অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের জন্য প্রয়োজনীয় সতর্কতা উল্লেখ করতে পারবেন।

প্রথমে আমরা $\frac{1}{u}$ বনাম $\frac{1}{v}$ রেখের মাধ্যমে অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের তত্ত্ব লিখতে চেষ্টা করব।

তত্ত্ব :

দর্পণের মেরু থেকে প্রধান ফোকাস পর্যন্ত দূরত্বকে ফোকাস দূরত্ব বলে। দর্পণের ক্ষেত্রে আমরা জানি, $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$ -----

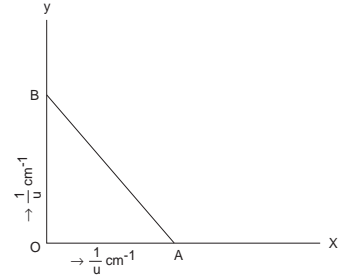
এখানে, f = দর্পণের ফোকাস দূরত্ব

u = লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব

v = বিম্বের দূরত্ব।

অবতল দর্পণের সামনে প্রধান অক্ষের উপর একটি লক্ষ্যবস্তু বক্রতার কেন্দ্র ও প্রধান ফোকাসের মধ্যে রাখলে বক্রতার কেন্দ্রের বাইরে এর সদ, উল্টো বিম্ব গঠিত হয়। এখন একটি কাগজে $\frac{1}{u}$ কে x অক্ষের দিকে এবং আনুষঙ্গিক $\frac{1}{v}$ কে y অক্ষের দিকে নিয়ে রেখচিত্র আঁকলে একটি সরলরেখা পাওয়া যায়, যা x ও y অক্ষকে দুটি বিন্দুতে ছেদ করে এই সরলরেখা x ও y অক্ষদ্বয়কে $\frac{1}{f}$ দূরত্ব ছেদ করে।

কারণ $\frac{1}{v} = 0$ হলে $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ সূত্র থেকে $\frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ চিত্রে $OA = \frac{1}{u}$
 $= \frac{1}{f}$ একইভাবে যখন $\frac{1}{u} = 0$ তখন $\frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ একই চিত্রে $OB = \frac{1}{v} =$
 $\frac{1}{f}$

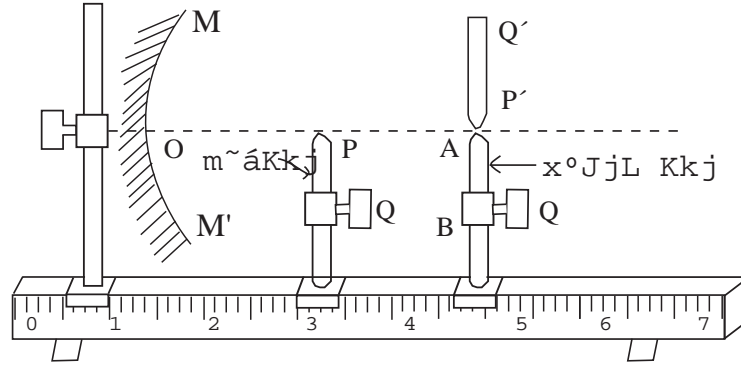


প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি :

আলোক বেঞ্চ, অবতল দর্পণ, পিন ইত্যাদি।

কার্যপ্রণালী :

- ১) একটি আলোক বেধে নিয়ে একটি স্ট্যান্ডের সাহায্যে অবতল দর্পণটিকে আটকিয়ে বেধের উপর এমনভাবে রাখা হয়, যেন এর প্রধান অক্ষ অনুভূমিক থাকে এবং আলোক বেধের সমান্তরালে থাকে।
- ২) আরো দুটি পিন দিয়ে স্ট্যান্ডের সাহায্যে আটকিয়ে বেধের উপর এমনভাবে স্থাপন করা হয় যেন পিনদ্বয়ের শীর্ষ দর্পণের প্রধান অক্ষের উপর থাকে। পিন দুটির বস্তু পিন এবং অপরটি সন্ধানী পিন যার দ্বারা বিশ্বের অবস্থান নির্ণয় করা হয়। [বস্তু পিনের পরিবর্তে মোমবাতি এবং সন্ধানী পিনের জায়গায় পর্দা ব্যবহার করা যেতে পারে]।
- ৩) এখন সন্ধানী পিনটি সরিয়ে লক্ষ্যবস্তুকে বেধের উপর সামনে পিছনে সরিয়ে এমন অবস্থানে আনা হয়, যেন এর বাস্তব ও অবশীর্ষ বিশ্ব পিনের শীর্ষে সৃষ্টি হয়। এই অবস্থায় দৃষ্টি ডানে বা বামে সরালেও এগুলো একত্রে থাকে অর্থাৎ পিন ও বিশ্বের মধ্যে কোন লম্বন থাকে না।
- ৪) লক্ষ্যবস্তুকে এরপর একটু সামনের দিকে এগিয়ে দেয়া হয়, কিন্তু লক্ষ্যবস্তুর বাস্তব ও উল্টো বিশ্ব যাতে দেখা যায় সেদিকে লক্ষ্য রাখতে হবে। এখন সন্ধানী পিনটি নিয়ে লক্ষ্যবস্তুর পিছনে এমনভাবে স্থাপন করা হল যেন বস্তু পিনের বিশ্ব সন্ধানী পিনের মাথার উপর থাকে। এই অবস্থানে এদের মধ্যে যেন কোন লম্বন না থাকে। সন্ধানী পিনের অবস্থানই বিশ্বের অবস্থান।
- ৫) আলোক বেধের স্কেল থেকে দর্পণ, লক্ষ্যবস্তু ও বিশ্বের অবস্থানের পাঠ নেয়া হয় এবং তা থেকে লক্ষ্যবস্তু ও বিশ্বের দূরত্ব যথাক্রমে u ও v নির্ণয় করা হয়।



- ৬) লক্ষ্যবস্তুকে আলোক বেধের ভিন্ন ভিন্ন অবস্থানে রেখে উপরের ৩ থেকে ৫ পর্যন্ত প্রক্রিয়ায় প্রতিক্ষেত্রে u ও v এর মান নির্ণয় করা হয়।
- ৭) একটি ছক কাগজে x অক্ষের দিকে $\frac{1}{u}$ এবং y অক্ষের দিকে আনুষঙ্গিক $\frac{1}{v}$ এর মান একই এককে নিয়ে স্থাপন করে একটি রেখচিত্র অংকন করি। রেখ রেখা থেকে $\frac{1}{u}$ ও $\frac{1}{v}$ এর মান নির্ণয় করে দর্পণের ফোকাস দূরত্ব f হিসাব করা হয়।

ডাটা সংগ্রহ ও ছক

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	আলোক বেধে অবস্থান			দূরত্ব		রেখাচিত্র থেকে				গড়ফোকাস দূরত্ব
	দর্পণের অবস্থান xcm	লক্ষ্যবস্তুর অবস্থান ycm	বিম্বের অবস্থান zcm	লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব u = y- xcm	বিম্বের দূরত্ব v = z- xcm	$\frac{1}{u}$ cm ⁻¹	$\frac{1}{v}$ cm ⁻¹	$\frac{1}{u}$ cm ⁻¹	$\frac{1}{v}$ cm ⁻¹	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										

ফলাফল :

প্রদত্ত অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব, P = ----- m

সতর্কতা :

- ১) দর্পণের মেরু এবং লক্ষ্যবস্তুর শীর্ষ একই সরলরেখায় রাখা হয়।
- ২) বিম্বের অবস্থান নির্ণয়ের সময় লম্বন ত্রুটি পরিহার করা হয়।
- ৩) ছোট উন্মোচ বিশিষ্ট দর্পণের ব্যবহার করা হয়।

মূল্যায়ন :

- ১। $\frac{1}{u}$ বনাম $\frac{1}{v}$ এর রেখাচিত্রটি এঁকে দেখান।
- ২। $\frac{1}{u}$ বনাম $\frac{1}{v}$ রেখাচিত্রটি থেকে কিভাবে ফোকাস দূরত্ব বের করা যায়।
- ৩। অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের সূত্রটি লিখুন।
- ৪। $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ এর u ও v দ্বারা কি বোঝানো হয়?
- ৫। অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের পরীক্ষণের সতর্কতা লিখুন।

পরীক্ষণ-দুই

পরীক্ষণের নাম : রেখচিত্রের সাহায্যে $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ ব্যবহার করে উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ও ক্ষমতা নির্ণয়।

উদ্দেশ্য-

এই পরীক্ষণ সমাপ্তির পর আপনি-

- উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের সমীকরণ লিখতে পারবেন;
- এই লেন্সের ক্ষমতা নির্ণয়ের ফর্মুলা লিখতে পারবেন;
- $\frac{1}{u}$ বনাম $\frac{1}{v}$ রেখচিত্র আঁকতে পারবেন এবং তা থেকে ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করতে পারবেন;
- উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের ছক তৈরি করতে পারবেন;
- এই পরীক্ষণের সতর্কতা উল্লেখ করতে পারবেন।

তত্ত্ব :

লেন্সের আলোক কেন্দ্র থেকে প্রধান ফোকাস পর্যন্ত দূরত্বকে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব বলে। লেন্সের ক্ষেত্রে আমরা জানি,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u} \text{ ----- (১)}$$

এখানে, f = লেন্সের ফোকাস দূরত্ব

u = লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব (+)

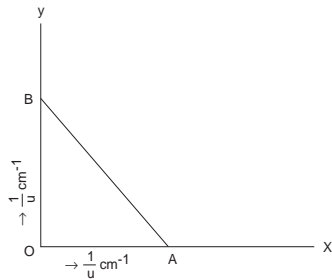
v = বিম্বের দূরত্ব (+)

উত্তল লেন্সের প্রধান ফোকাসের বাইরে লক্ষ্যবস্তু স্থাপন করলে লেন্সের অপর পাশে সদ/বউব ও উল্টো বিম্ব গঠিত হয়। উত্তল লেন্স যখন বাস্তব/সদ বিম্ব গঠন করে, তখন লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব u এবং সদ বিম্বের দূরত্ব v ধনাত্মক হয়।

সুতরাং সমীকরণ থেকে আমরা পাই- $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$ -----

উত্তল লেন্সের প্রধান ফোকাসের বাইরে প্রধান অক্ষের বিভিন্ন অবস্থানে লক্ষ্যবস্তু রাখলে লেন্সের বিপরীত দিকে বিভিন্ন অবস্থানে বাস্তব/সদ ও উল্টো বিম্ব গঠিত হয়। এখন একটি ছক কাগজে $\frac{1}{u}$ কে x অক্ষের দিকে এবং আনুষঙ্গিক $\frac{1}{v}$ কে y অক্ষের দিকে নিয়ে রেখচিত্র আঁকলে একটি সরলরেখা পাওয়া যায় যা x ও y অক্ষকে দুটি বিন্দুতে ছেদ করে।

এই সরলরেখা x ও y অক্ষদ্বয়কে $\frac{1}{f}$ দূরত্বে ছেদ করে। কারণ $\frac{1}{v} = 0$ হলে $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ সূত্র থেকে $\frac{1}{u} = \frac{1}{f}$



চিত্রে- $OA = \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

একইভাবে যখন $\frac{1}{u} = 0$

তখন $\frac{1}{v} = \frac{1}{f}$

একই চিত্রে $OB = \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$

ক্ষমতা $P = \frac{1}{f}$

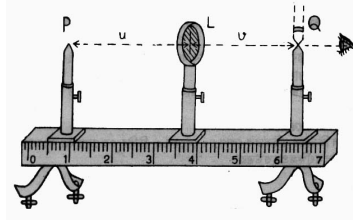
প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি :

আলোক বেষ্ট, উত্তল লেন্স, স্ট্যান্ডসহ দুটি পিন, স্লাইড ক্যালিপার্স।

ব্যবহারিক অংশ

কার্যপ্রণালী :

- ১। একটি আলোক বেধে নিয়ে একটি স্ট্যান্ডের সাহায্যে উত্তল লেন্সটিকে আটকে বেধের উপর এমনভাবে রাখা হয় যেন এর প্রধান অক্ষ অনুভূমিক থাকে এবং আলোক বেধের সমান্তরাল হয়।
- ২। এবার দুটি পিন নিয়ে স্ট্যান্ডের সাহায্যে লেন্সের একদিকে একটি পিন ও বিপরীত দিকে অপর পিনটি বেধের উপর এমনভাবে স্থাপন করা হয় যেন পিনদ্বয়ের শীর্ষ লেন্সের প্রধান অক্ষের উপর থাকে। পিন দুটি একটি লক্ষ্যবস্তু এবং অপরটি বিষ পিন বা সাহায্যকারী পিন যার সাহায্যে বিশ্বের অবস্থান নির্ণয় করা হয়।
- ৩। লেন্সের বামদিকের পিনটিকে লক্ষ্যবস্তু পিন P হিসেবে ধরে লেন্সের ডানদিক থেকে পিনটির একটি বাস্তব উল্টো বিষ দেখা যাবে। এখন P পিনটিকে সামনে পিছনে সরিয়ে এমন অবস্থানে রাখা হয় যেন বিশ্বের আকৃতি লক্ষ্যবস্তুর প্রায় সমান হয়।



- ৪। P পিনটিকে এই অবস্থানে স্থির রেখে প্রতিবিম্ব Q কে সামনে পিছনে সরিয়ে এমন অবস্থানে আনা হয়, যেন P পিনের বিষটি Q পিনের মাথার উপর থাকে। এই অবস্থায় এদের মধ্যে যেন কোন লম্বন না থাকে। Q পিনের অবস্থানই বিশ্বের অবস্থান।
- ৫। আলোক বেধের স্কেল থেকে লেন্স, লক্ষ্যবস্তু ও বিশ্বের অবস্থানের পাঠ নেয়া হয় এবং তা থেকে লক্ষ্যবস্তু ও বিশ্বের দূরত্ব u ও v নির্ণয় করা হয়।
- ৬। লক্ষ্যবস্তুকে আলোক বেধে পাঁচটি ভিন্ন ভিন্ন অবস্থানে রেখে উপরোক্ত প্রক্রিয়ায় প্রতি ক্ষেত্রে u ও v এর মান নির্ণয় করা হয়।
- ৭। একটি ছক কাগজ x অক্ষের দিকে $\frac{1}{u}$ এবং y অক্ষের দিকে আনুষঙ্গিক $\frac{1}{v}$ এর মান একই এককে নিয়ে স্থাপন করে একটি রেখচিত্র অংকন করা হয়। গ্রাফ থেকে $\frac{1}{u}$ ও $\frac{1}{v}$ এর মান নির্ণয় করে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব f হিসাব করা হয়।

ডাটা সংগ্রহ ও ছক

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	আলোক বেধে অবস্থান			দূরত্ব		$\frac{1}{u}$ cm ⁻¹	$\frac{1}{v}$ cm ⁻¹	রেখচিত্র থেকে		ফোকাস দূরত্ব $f = \frac{1}{1/u}$ $= 1/u$ cm	গড়ফোকাস দূরত্ব h. m	ক্ষমতা $p = \frac{1}{f}$ D
	দর্পণের অবস্থান xcm	লক্ষ্যবস্তুর অবস্থান ycm	বিশ্বের অবস্থান zcm	লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব u = y-xcm	বিশ্বের দূরত্ব v=z-xcm			$\frac{1}{u}$ cm ⁻¹	$\frac{1}{v}$ cm ⁻¹			
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												

ফলাফল :

প্রদত্ত উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব f = ----- m

প্রদত্ত উত্তল লেন্সের ক্ষমতা $P = \text{-----} m^{-1}$

সতর্কতা :

- ১। পিন দুটির শীর্ষ এবং লেন্সের প্রধান অক্ষ একই সরলরেখায় রাখা হয়।
- ২। বস্তুর ও বিম্বের মধ্যবর্তী দূরত্ব লেন্সের ফোকাস দূরত্বের কমপক্ষে চারগুণ নেয়া হয়।
- ৩। লম্বন ত্রুটি পরিহার করে পাঠ নেয়া হয়।
- ৪। বিম্ব একটু দূর থেকে দেখতে হয়।

মূল্যায়ন :

- ১। উত্তল লেন্স কাকে বলে?
- ২। এই লেন্স কিভাবে চেনা যায়?
- ৩। এই লেন্সের ক্ষমতা নির্ণয়ের ফর্মুলাটি লিখুন।
- ৪। উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের সমীকরণটি লিখুন।
- ৫। এই পরীক্ষণে কি কি সতর্কতা অবলম্বন করতে হয়।

পরীক্ষণ-তিন

পরীক্ষণের নাম : সহায়ক পদ্ধতিতে অবতল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ও ক্ষমতা নির্ণয়

উদ্দেশ্য-

এই পরীক্ষণ সমাপ্তির পর আপনি-

- সহায়ক পদ্ধতি কি তা বর্ণনা করতে পারবেন;
- এই পদ্ধতিতে ফোকাস দূরত্বের ফর্মুলা লিখতে পারবেন;
- এই পদ্ধতির সতর্কতা লিখতে পারবেন;
- ক্ষমতা নির্ণয়ের ফর্মুলা উল্লেখ করতে পারবেন।

তত্ত্ব :

একটি অবতল লেন্সে সর্বদা অসদ বিষ গঠন করে তাই অবতল লেন্সে সৃষ্ট বিষ পর্দার উপর ফেলা যায় না বলে ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করা বেশ অসুবিধাজনক। এই অসুবিধা দূর করার জন্য একটি সহায়ক উত্তল লেন্স ব্যবহার করা হয়। উত্তল লেন্সের (1) একদিকে আলোকিত লক্ষ্যবস্তু P রেখে অন্যদিকে একটি পর্দা এমনভাবে রাখা হয় যেন পর্দার উপর বস্তুটির একটি সুস্পষ্ট বাস্তব বিষ P' উৎপন্ন হয়।

ধরাযাক, পর্দার এই অবস্থান S। এবার পরীক্ষাধীন অবতল লেন্সটিকে L' পর্দা ও উত্তল লেন্সের মধ্যবর্তী স্থানে উত্তল লেন্সের কাছাকাছি স্থাপন করা হল। এতে S অবস্থানে পর্দায় বিষ অস্পষ্ট হয়ে যায়। এবার পর্দাটিকে সরিয়ে S' অবস্থানে আনলে পুনরায় সুস্পষ্ট বিষ θ পাওয়া যায়।

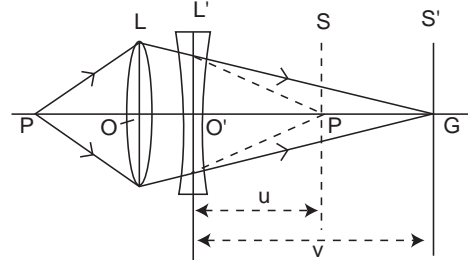
চিত্র থেকে বোঝা যায় যে, উত্তল লেন্স কর্তৃক সৃষ্ট P' বিষ অবতল লেন্সের জন্য অসদ লক্ষ্যবস্তু হিসেবে কাজ করছে।

সুতরাং এখানে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব

$$u = OP'$$

$$\text{বিষের দূরত্ব } v = OQ$$

এক্ষেত্রে u ঋণাত্মক।



$$\text{সুতরাং } \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ থেকে}$$

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{-u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore f = \frac{uv}{v - u} = \frac{uv}{v - u}$$

$$\text{আবার ক্ষমতা } p = \frac{1}{f}$$

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি :

অবতল লেন্স, সহায়ক উত্তল লেন্স, আলোক লেন্স, লক্ষ্যবস্তু (ফ্রেস তার ও বাতি বা শুধু মোমতাতি) পর্দা ইত্যাদি।

কার্যপ্রণালী :

- একটি লক্ষবস্তুর Pকে (পিছন থেকে আলোকিত করা ক্রস তার অথবা একটি মোমবাতি) আলোককে বেধের এক প্রান্তে স্ট্যান্ডের উপর বসানো হয়। বিষ পর্দাকে স্ট্যান্ডের সাহায্যে বেধের অপর প্রান্তে বসানো হয়। পর্দার ও লক্ষবস্তুর মাঝে লক্ষবস্তুর কাছে L উত্তল লেন্স বসানো হয়। লক্ষ্য রাখতে হবে যেন লক্ষবস্তুর লেন্সের প্রধান অক্ষ ও পর্দা একই উচ্চতায় থাকে। এবার পর্দাটিকে সামনে পেছনে সরিয়ে ও অবস্থানে এমনভাবে রাখা হয় যেন পর্দার উপর লক্ষবস্তুর একটি সুস্পষ্ট বাস্তব, উল্টো বিষ P গঠিত হয়। এই বিষ অবতল লেন্সের জন্য অসদ লক্ষবস্তুর হিসেবে কাজ করবে। এ অবস্থায় আলোক বেধে লক্ষবস্তুর, লেন্স এবং পর্দার অবস্থান দেখে নেয়া হয়।
- এবার পরীক্ষাধীন অবতল লেন্স L' কে পর্দা ও উত্তল লেন্সের মাঝে উত্তল লেন্সের কাছাকাছি বসানো হয়। এর পর পর্দার উপর প্রতিবিম্বটি অস্পষ্ট হয়ে যাবে। আলোক বেধে অবতল লেন্সের অবস্থান দেখে নেয়া হয়। এখন লেন্সটিকে স্থির রেখে পর্দাটিকে পেছনে সরিয়ে S' অবস্থানে এমনভাবে বসানো হয় যেন পর্দার উপর পূর্বের মতো সুস্পষ্ট বাস্তব বিষ Q দেখা যায়। আলোক বেধ থেকে পর্দার এই অবস্থানের পাঠ নেয়া হয়। উত্তল লেন্সের অবস্থান পরিবর্তন করে সমগ্র প্রক্রিয়া অন্তত: পাঁচবার পুনরাবৃত্তি করা হয়।
- প্রাপ্ত উপাত্তসমূহ ছকে বসিয়ে প্রয়োজনীয় হিসেবের সাহায্যে অবতল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করা হয়।

ডাটা সংগ্রহ ও ছক :

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	আলোক বেধে অবস্থান					লক্ষবস্তুর দূরত্ব u-L'- S cm ⁻¹	বিষ দূরত্ব v = L'- -S cm ⁻¹	ফোকাস দূরত্ব f = $\frac{u-v}{v-u}$ cm	ফোকাস f m	ক্ষমতা p D
	লক্ষবস্তুর Pcm	উত্তল লেন্স Lcm	পর্দার প্রথম অবস্থান Scm	অবতল লেন্স L'cm	পর্দার দ্বিতীয় অবস্থান S'cm					
1										
2										
3										
4										
5										

হিসাব : $f = -\frac{uv}{vu}$ এবং $P = \frac{1}{f} \text{ m}^{-1}$

ফলাফল :

প্রদত্ত অবতল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব $f = \text{-----m}$

এবং ক্ষমতা $P = \text{----- m}^{-1}$

সতর্কতা :

- উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব অবতল লেন্সের চেয়ে কম নিতে হয়।
- প্রথম অবস্থানে বিষ যথাসম্ভব উজ্জ্বল নিতে হয়।
- বিষের অবস্থান খুব সতর্কতার সাথে নিতে হয়।

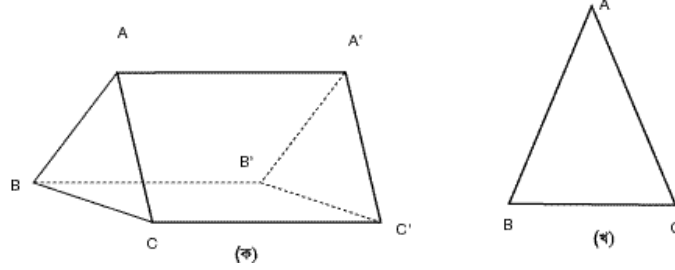
মূল্যায়ন :

- অবতল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ে উত্তল লেন্সের ভূমিকা কি?
- সহায়ক পদ্ধতিতে ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ে ফর্মুলা লিখুন।
- ক্ষমতা নির্ণয়ের ফর্মুলা লিখুন। এখানে ক্ষমতার একক কি?
- সহায়ক পদ্ধতিতে ফোকাস দূরত্ব ও ক্ষমতা নির্ণয়ে কি কি সতর্কতা অবলম্বন করতে হয়।

পরীক্ষণ-চার

যন্ত্রের বর্ণনা :

প্রিজমের বর্ণনা: প্রিজম হচ্ছে একটি স্বচ্ছ পমতল মাধ্যম। এটি পরস্পরস্পর্শী তিনটি সমতল আয়তাকার পৃষ্ঠ দ্বারা সীমাবদ্ধ। তিনটি তলের একটি তল অসমতল হতে পারে। প্রিজমের মোট পাঁচটি তল থাকে। তিনটি তল আয়তাকার এবং দুটি ত্রিভুজাকার (চিত্র: ৪.১)।



চিত্র: ৪.১

প্রিজম সংক্রান্ত কয়েকটি রাশির বর্ণনা :

প্রতিসারক তলঃ প্রিজমের যে দুটি তল দিয়ে আলোক রশ্মির প্রতিসরণ ঘটে তাদেরকে প্রতিসারক তল বলে। ৪.১ (ক) চিত্রে AA'B'B ও AA'C'C প্রিজমের বা প্রিজম কোণ বলে।

প্রতিসারক কোণ : প্রিজমের প্রতিসারকতল দুয়ের অন্তর্গত কোনকে প্রতিসারক কোণ ৪.১ খ চিত্রে $\angle A$ কোনকে প্রিজম বলে।

প্রিজমের প্রতিসারক প্রান্তঃ প্রিজমের প্রতিসারক তল দুটি পরস্পরে যে রেখা বরাবর মিলিত হয় তাকে প্রিজমের প্রতিসারক প্রান্ত বলে।

৪.১ (ক) চিত্রে A'A রেখা প্রিজমের প্রতিসারক প্রান্ত।

প্রিজমের ভূমিঃ প্রিজমের প্রান্তের বিপরীত তলকে প্রিজমের ভূমি বলে ৪.১ চিত্রে BB'CC' তল প্রিজমের ভূমি।

প্রিজমের প্রধান ছেদঃ প্রিজমের প্রতিসারক প্রান্তের উপর যে কোন লম্বতল দিয়া প্রিজমকে ছেদ করলে উক্ত তলের উপর প্রিজমের ছেদাংশকে এর প্রধান ছেদ বলা হয়।

৪.১ (ক) চিত্র ABC প্রিজমের প্রধান ছেদ।

পরীক্ষার নাম : I-D রেখ চিত্রের সাহায্যে প্রিজমের নূন্যতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় ও কাঁচের প্রতিসারক নির্ণয়।

উদ্দেশ্যঃ

এই পাঠ ও পরীক্ষণ সমাপ্তির পর আপনি-

1. I-D রেখাচিত্রের সাহায্যে প্রিজমের নূন্যতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় ও কাঁচের প্রতিসারক নির্ণয় তত্ত্ব জানতে পারবেন।
2. $\mu = \frac{\sin A + Dm}{\sin \frac{A}{2}}$ সূত্রের প্রয়োগ দেখাতে পারবেন।
3. পরীক্ষণে ব্যবহৃত প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতির নাম জানতে পারবেন।
4. I বনাম D রেখ চিত্র আঁকতে পারবেন।
5. I-D রেখ চিত্রের সাহায্যে রেখচিত্রের সর্বনিম্ন বিন্দু হইতে নূন্যতম বিচ্যুতি কোণ নির্ণয় করতে পারবেন।
6. পরীক্ষণে কি কি সতর্কতা অবলম্বন করতে হয় তা জানতে পারবেন।

৭. যন্ত্রের বর্ণনা, তত্ত্ব ও কার্যপ্রণালী হতে পরীক্ষা সংক্রান্ত বিভিন্ন প্রশ্নের উত্তর জানতে পারবেন।

তত্ত্বঃ আপতিত রশ্মি এবং আপাতন বিন্দুতে অংকিত অভিলম্বের মধ্যবর্তী কোনকে আপাতন কোন বলা হয়। একে i দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

আলোক রশ্মি প্রিজমে আপতিত হয়ে প্রতিসরনের পর যখন নির্গত হয় তখন আপতিত রশ্মি ও নির্গত রশ্মি পরস্পর সমান্তরাল হয় না। আপতিত রশ্মিকে সামনের দিকে এবং নির্গত রশ্মিকে যদি পিছনের দিকে বাড়ানো হয়, তবে এদের মধ্যে যে বহিঃস্থ কোন উৎপন্ন হয় তাকে বিচ্যুতি কোন বলে। একে D দ্বারা প্রকাশ করা হয়। বিচ্যুতির সর্বনিম্ন মানকে ন্যূনতম বিচ্যুতি কোন বলে। ন্যূনতম বিচ্যুতির শর্তসমূহ নিম্নরূপঃ

(i) প্রথম প্রতিসারক পৃষ্ঠের আপাতন কোন (i_1) = দ্বিতীয় প্রতিসারক পৃষ্ঠের নির্গমন কোন (i_2)।

(ii) প্রথম পৃষ্ঠের প্রতিসারন কোন (r_1) = ২য় পৃষ্ঠের প্রতিসারন কোন (r_2)

একটি প্রিজমের বিভিন্ন আপাতন কোনে আলোক রশ্মি আপতিত হলে বিভিন্ন বিচ্যুতি কোন পাওয়া যায়। যখন বিচ্যুত কোন ন্যূনতম হয়, তখন প্রতিসৃত কোন (ক) প্রিজম কোনের (A) অর্ধেক এবং আপাতন কোন (i) প্রিজম কোন (A) ও ন্যূনতম

বিচ্যুতি কোন (Dm)- এদের সমষ্টির অর্ধেক হয়। অর্থাৎ $r = \frac{A}{2}$ এবং $i = \frac{A + \delta m}{2}$

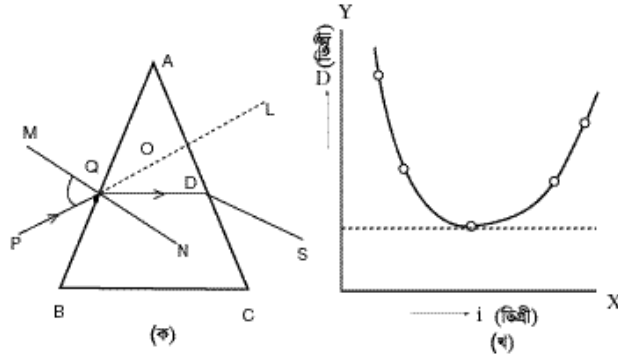
যদি বায়ু সাপেক্ষে প্রিজমের উপাদানের প্রতিসারংক μ হয়, তবে,

$$\mu = \frac{\text{Sini}}{\text{Sinr}} = \frac{\text{Sin} \frac{A+TDm}{2}}{\text{Sin} \frac{A}{2}} \dots\dots\dots (1)$$

যন্ত্রপাতি : কাঁচ প্রিজম, অংকন বোর্ড, সাদা কাগজ, স্কেল, চাঁদা, বোর্ডপিন পেন্সিল ইত্যাদি।

কার্যপদ্ধতি :

- ১। এক পাতা সাদা কাগজ বোর্ড পিনের সাহায্যে অংকন বোর্ডের ওপর এমনভাবে আটকায়ে রাখুন যাতে কাগজটি টানটান অবস্থায় থাকে।
- ২। এরপর প্রিজমকে কাগজের ওপর বিভিন্ন স্থানে (কমপক্ষে ছয় স্থানে) রেখে পেন্সিল দ্বারা প্রতিস্থানে উহার সীমারেখা ABC আঁকুন (চিত্র: ৪.২ক)
- ৩। প্রিজমকে সরিয়ে নিয়ে AB পৃষ্ঠে মধ্যবর্তী θ বিন্দুতে MQN অভিলম্ব অংকন করুন। উক্ত বিন্দুতে অপর একটি সরলরেখা PQ টানুন যেন অভিলম্ব এবং সরল রেখার অন্তর্গত কোন 30° হয়।
- ৪। পুনরায় প্রিজমটিকে সীমারেখায় স্থাপন করে P ও Q বিন্দুতে অপর পার্শ্বে অন্য দুটি আলপিন R ও S কে এমনভাবে বসায় যাতে AC পৃষ্ঠের দিক থেকে তাকালে P, Q, R এবং S বিন্দু চারটি একই সরল রেখায় খাড়াভাবে দেখা যায়। অর্থাৎ শুধুমাত্র S বিন্দুর পিনটিকে দেখা যাবে। PQ আপতিত রশ্মি এবং RS নির্গত রশ্মি নির্দেশ করে।
- ৫। আপতিত রশ্মি PQ কে সামনের দিকে এবং নির্গত রশ্মি SR কে পিছনের দিকে এমনভাবে বাড়ান যাতে এরা একটি বিন্দুতে মিলিত হয়। ধরুন উক্ত বিন্দু O। $\angle LOS$ ই $\angle PQM$ আপাতন কোনের জন্য বিচ্যুতি কোন। চাঁদার সাহায্যে এই কোন পরিমাপ করুন।



চিত্র: ৪.২

- ৬। প্রিজমটি অপর পাঁচটি স্থানের জন্য বিভিন্ন আপাতন কোণ যথা- 35°, 45°, 50° ও 55° এর যথাযথ বিচ্যুতি কোণের মান নির্ণয় করুন।
- ৭। আপাতন কোণকে X-অক্ষে এর বিচ্যুতি কোণকে Y-অক্ষের দিকে বসিয়ে একটি রেখ অঙ্কন করলে এটি একটি পরাবৃত্ত হবে। এই রেখ চিত্রের সর্বনিম্ন বিন্দু থেকে ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ Dm-এর মান নির্ণয় করুন। (চিত্র ৪.২ খ)।
- ৮। চাদার সাহায্যে প্রিজম কোণ A-এর মান পরিমাপ করুন এবং তত্ত্বে উল্লেখিত (i) নং সমীকরণের সাহায্যে প্রিজম উপাদানের প্রতিসারংক v এর মান বের করুন।

পরীক্ষালব্ধ উপাত্ত :

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	আপাতন কোণ ডিগ্রী	বিচ্যুতি কোণ ডিগ্রী	ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ উব ডিগ্রী (রেখচিত্র হতে)	প্রিজম কোণ ই ডিগ্রী	$m = \frac{\sin \frac{A+\delta_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$
1					
2					
3					
4					

$$\text{হিসাবঃ } \mu = \frac{\sin \frac{A+D_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

ফলাফল : প্রিজমের উপাদানের প্রতিসারংক, $\mu = \dots\dots\dots$

সতর্কতা :

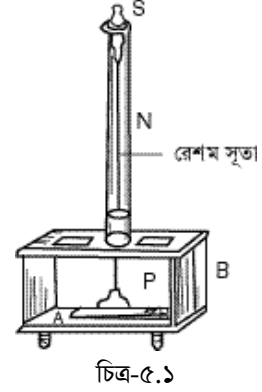
- ১। পেন্সিলের সাহায্যে প্রিজমের চারিদিকে সীমানা আঁকার সময় প্রিজম যেন না পড়ে তা লক্ষ্য রাখতে হবে।
- ২। কোন গুলি সূক্ষ্ণভাবে মাপতে হবে।
- ৩। পরীক্ষা চলাকালে পিন বসাইতে প্রিজম যেন না পড়ে তা লক্ষ্য রাখতে হবে।
- ৪। আপাতন বিন্দুতে অভিলম্ব সঠিকভাবে আঁকতে হবে।
- ৫। I ও ৪ নির্ণয় করতে প্রিজমকে সীমারেখা বরাবর স্থাপন করতে হবে।
- ৬। আপাতন কোণ $\angle i$, 30° হতে 30° এর মধ্যে রাখতে হবে।
- ৭। রেখ চিত্র সূক্ষ পেন্সিল দিয়ে টানতে হবে।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১. প্রিজমের প্রতিসারক পৃষ্ঠ বলতে কি বুঝায়?
২. প্রিজমকে কাগজের উপর কিভাবে স্থাপন করবেন?
৩. প্রিজম কোণ কি?
৪. প্রিজমের প্রধান ছেদ বলতে কি বুঝায়?
৫. বিচ্যুতি কোণ কাকে বলে?
৬. ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ কাকে বলে?
৭. ন্যূনতম বিচ্যুতির শর্ত বলুন।
৮. বিচ্যুতি কোণ কখন ন্যূনতম হয়?
৯. বিচ্যুতি কোণ আলোক বর্ণের সাথে কিভাবে পরিবর্তিত হয়?

যন্ত্রের বর্ণনাঃ কম্পন ম্যাগনেটোমিটারের বর্ণনা

এ যন্ত্রে একটি আয়তাকার কাঠের বাস্কে B-এর মধ্যে একটি দণ্ড চুম্বক ঝুলানোর ব্যবস্থা থাকে (চিত্র: ৫.১)। দোলনকাল লক্ষ্য করা যায়। এদের একটি খোলা যায়। উপরের ঢাকনার ঠিক মাঝখানে একটি সরু চোঙাকৃতি নল N থাকে যার মাথায় একটি খাড়া স্ক্রু S বসানো থাকে। এই স্ক্রুর সাথে একটি ছক থাকে যা হইতে একটি পাকহীন রেশম সূতা P-এর এক প্রান্ত আটকে অপর প্রান্তে একটি অচৌম্বক পদার্থের দোলনা থাকে। এ দোলনার মাঝে দণ্ড চুম্বক আনুভূমিকভাবে স্থাপন করা হলে এটি মুক্তভাবে অনুভূমিক তলে দুলতে পারে। দোলনার নীচে বাস্কের তলদেশে একটি সরল রেখা আঁকা থাকে। যন্ত্রের উপরের তলে দুই আয়তাকার ছিদ্র থাকে যার মধ্য দিয়ে নীচের রেখাটিকে দেখা যায়। বাস্কটির নীচে তিনটি লেভেলিং স্ক্রু থাকে যাদের সাহায্যে যন্ত্রটির লেভেলিং করা যায়। বাস্কটি চৌম্বক মধ্যতল বরাবর রেখে লেভেলিং স্ক্রুর সাহায্যে উহা অনুভূমিক করা হয়।



পরীক্ষণের নামঃ কম্পন ম্যাগনেটোমিটারের সাহায্যে MH নির্ণয়

উদ্দেশ্য

এ পাঠ ও পরীক্ষণ সমাপ্তির পর আপনি-

- ১। কম্পন ম্যাগনেটোমিটারের সাহায্যে MH নির্ণয় তত্ত্ব জানতে পারবেন।
- ২। $MH = 4\pi^2 \frac{1}{T^2}$ সূত্রের প্রয়োগ দেখাতে পারবেন।
- ৩। পরীক্ষণে ব্যবহৃত প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতির নাম জানতে পারবেন।
- ৪। পরীক্ষণে কি কি সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে তা জানতে পারবেন।
- ৫। যন্ত্রের বর্ণনা, তত্ত্ব ও কার্যপ্রণালী হতে পরীক্ষা সংক্রান্ত বিভিন্ন প্রশ্নের উত্তর জানতে পারবেন।

তত্ত্বঃ কোন চুম্বককে একক ক্ষেত্র-প্রাবল্য বিশিষ্ট সূক্ষ্ম চৌম্বক ক্ষেত্রে উহার বলরেখার সহিত লম্বভাবে রাখতে বা স্থাপন করতে যে যান্ত্রিক দণ্ডের মোমেন্টের প্রয়োজন হয়, তাকে এর চৌম্বক মোমেন্ট বলা হয়।

আবার, কোন স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের লব্ধি প্রাবল্যের আনুভূমিক উপাংশকে ঐ স্থানের আনুভূমিক প্রাবল্য বলে। একে M প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

এইবার কম্পন ম্যাগনেটোমিটারের উপর চুম্বকটিকে অনুভূমিকভাবে রাখিয়া চুম্বকটিকে স্থিরাবস্থান হতে অতি অল্প পরিমাণে বিচ্যুত করে দুলিতে দিলে উহা ভূচুম্বকক্ষেত্রের আনুভূমিক প্রাবল্যের প্রভাবে সরল দোলন গতিতে দুলতে থাকবে। এই দোলনকাল স্টপ ওয়াচের সাহায্যে নির্ণয় করা হয়। যদি দোলনকাল T হয়, তবে

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{MH}} \dots\dots\dots (1)$$

এখানে, I = ঘূর্ণন অক্ষের সাপেক্ষে দণ্ড চুম্বকের জড়তার মোমেন্ট'

M = ব্যবহৃত দণ্ড চুম্বকের চৌম্বক মোমেন্ট

H = পর্যবেক্ষণ স্থানে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের আনুভূমিক প্রাবল্য

যদি দণ্ড চুম্বকটি আয়ত ক্ষেত্রিক বস্তু হয় তবে, জড়তার মোমেন্ট,

$$I = \frac{l_2 + b_2}{l_2} \times m$$

এখানে L = দণ্ড চুম্বকের জ্যামিতিক দৈর্ঘ্য

b = দণ্ড চুম্বকের প্রস্থ

m' = দণ্ড চুম্বকের ভর।

এখন সমীকরণ (i) এর উভয় পক্ষকে বর্গ করিয়া পাই,

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{I}{MH}$$

$$\therefore MH = 4\pi^2 \frac{1}{T^2} \dots\dots\dots(1)$$

যন্ত্রপাতিঃ কম্পন ম্যাগনেটোমিটার, পরীক্ষণীয় দণ্ড চুম্বক, নিজি, মিটার স্কেল, স্টপ ওয়াচ ইত্যাদি।

কার্যপ্রণালী:

- (১) প্রথমত: দণ্ড চুম্বকের দৈর্ঘ্য এবং প্রস্থ নির্ণয় করুন। তারপর নিজির সাহায্যে এর ভর পরিমাপ করুন। দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও ভর নির্ণয় করার পর এর সাহায্যে দণ্ড চুম্বকটির জড়তার মোমেন্ট বের করুন।
- (২) পরীক্ষণীয় দণ্ড চুম্বকটিকে কম্পন ম্যাগনেটো মিটারের দোলনার ওপর অনুভূমিকভাবে স্থাপন করুন (চিত্র: ৫.১) যেন এটি স্থির অর্থাৎ চৌম্বক মধ্যতলে অবস্থান করে।
- (৩) অন্য একটি দণ্ড চুম্বকের সাহায্যে পরীক্ষণীয় দণ্ড চুম্বকটিকে এর স্থিরাবস্থান বা মধ্যতল হতে অতি অল্প পরিমাণে বিচ্যুত করে দোলাইয়া দিলে এটি দুলতে থাকবে। স্টপওয়াচের সাহায্যে এ দোলনকাল T নির্ণয় করুন।

উপাত্ত: দোলনকাল নির্ণয়ের ডাটা

পর্যবেক্ষন সংখ্যা	পূর্ণ দোলন সংখ্যা N	সর্বমোট সময় t সেকেন্ড	দোলন কাল, $T = \frac{1}{N}$ সেকেন্ড	গড় দোলনকাল T সেকেন্ড
1				
2				
3				

হিসাবঃ পরীক্ষণীয় দণ্ড চুম্বকের দৈর্ঘ্য, $L = \dots\dots\dots$ সেন্টিমিটার

প্রস্থ, $b = \dots\dots\dots$ সেন্টিমিটার

ভর, $m = \dots\dots\dots$ গ্রাম

$$I = \frac{l_2 + b_2}{l_2} \times m \text{ গ্রাম-সেন্টিমিটার}^2$$

$$T^2 = \dots\dots\dots$$

$$MH = 4\pi^2 \frac{1}{T^2} \text{ ডাইন-সেন্টিমিটার}$$

ফলাফলঃ দণ্ড চুম্বকের $MH = \dots\dots\dots$ ডাইন-সেন্টিমিটার।

সতর্কতাঃ

- ১। পরীক্ষা শুরুর পূর্বে সকল চুম্বক ও চৌম্বক পদার্থ ম্যাগনেটোমিটার হতে দূরে রাখতে হবে।
- ২। চুম্বক দণ্ড স্থিরাবস্থানে অর্থাৎ পৃথিবীর চৌম্বক মধ্যতলে রাখতে হবে।
- ৩। পরীক্ষণীয় চুম্বকের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও ভর সঠিকভাবে পরিমাপ করা।
- ৪। ম্যাগনেটোমিটারের দোলনার উপর দণ্ড চুম্বকটিকে অনুভূমিকভাবে স্থাপন করতে হবে।
- ৫। ম্যাগনেটোমিটারের দোলনার দণ্ড চুম্বকটিকে অনুভূমিকভাবে বসাতে হবে।
- ৬। চুম্বকটিকে স্থিরাবস্থান হতে অল্প বিস্তারে দোলাতে হবে।

প্রশ্নঃ

১. চৌম্বক প্রাবল্য কি?
২. 'H' বলতে কি বুঝান?
৩. চৌম্বক মধ্যতল বলতে কি বুঝান?
৪. চৌম্বক মোমেন্ট কাকে বলে?
৫. কুরি বিন্দু কি?
৬. 'MH' এর গুণফলটির তাৎপর্য কি?
৭. সূক্ষ্ম চৌম্বক ক্ষেত্র বলতে কি বুঝান?
৮. জড়তার ভ্রামক কি?

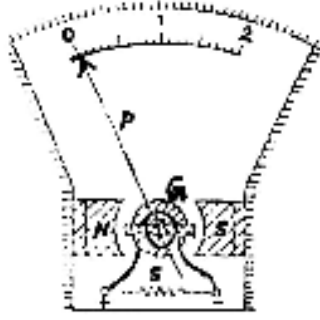
পরীক্ষণ-ছয়

যন্ত্রের বর্ণনা

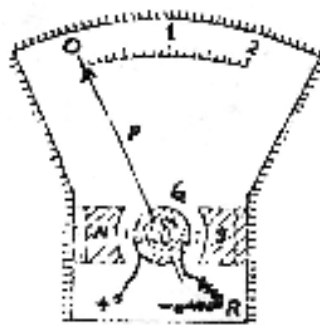
অ্যামিটারঃ এই যন্ত্রের সাহায্যে সরাসরি কোন বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ পরিমাপ করা হয়। গ্যালভানো মিটার G-এর তার কুন্ডলীর সহিত একটি স্বল্প মানের রোধ, S সমান্তরালে যুক্ত করে অ্যামিটার গঠন করা হয় (চিত্র: ৬.১)। এভাবে কুন্ডলী রোধের সাথে স্বল্পমানের রোধ সমান্তরালে যুক্ত করে যন্ত্রটির কার্যকরী রোধ বসানো হয়। কুন্ডলী তলের সমকোনে একটি সূচক P লাগানো থাকে। কুন্ডলী ঘূর্ণনের সঙ্গে সঙ্গে সূচকটি একটি অ্যাম্পিয়ার এককে দাগ কাটা স্কেলের উপর ঘুরতে পারে। কোন আদর্শ যন্ত্রের সাথে তুলনা করে এর স্কেলে দাগ কাটা হয়। (চিত্র: ৬.১)

যন্ত্রের সংযোগ জু দুটির একটিতে (+) চিহ্ন এবং অন্যটিতে (-) চিহ্ন থাকে। দাগ কাটা স্কেলটির শূন্য দাগ একেবারে বাম প্রান্তে থাকে। সূচক কাঁটাটি সাধারণ অবস্থায় শূন্য দাগে মিলে থাকে। যন্ত্রটি সর্বাদিক যে প্রবাহমাত্রা পরিমাপ করতে পারে সে দাগ স্কেলের একেবারে ডান প্রান্তে থাকে।

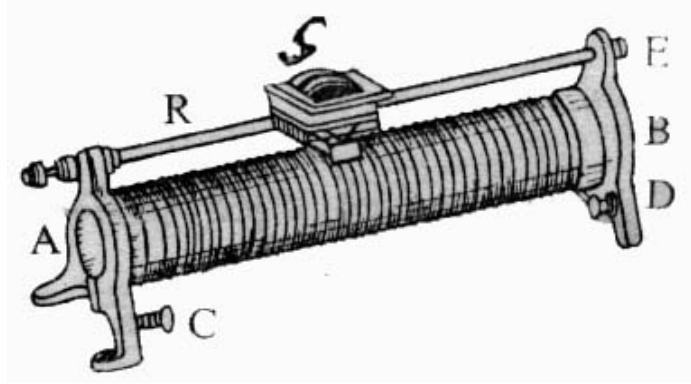
ভোল্ট মিটারঃ এই যন্ত্রের সাহায্যে সরাসরি কোন বর্তনীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য পরিমাপ করা হয়। এযন্ত্রে গ্যালভানোমিটার G-এর সাথে একটি উচ্চমানের রোধ R সিরিজে যুক্ত করে ভোল্টমিটার গঠন করা হয় (চিত্র: ৬.২)। অ্যামিটার যন্ত্রের মত ভোল্টমিটারেও কুন্ডলী তলের সমকোনে একটি সূচক কাটা ρ লাগানো থাকে। (চিত্র: ৬.২) কুন্ডলীর ঘূর্ণনের সাথে সাথে ভোল্ট এককে দাগ আঁকা স্কেল বরাবর সূচক কাটাটি ঘুরতে থাকে। সাধারণ অবস্থায় কাটাটি শূন্য অবস্থানে এবং বিভব পার্থক্য পরিমাপের সময় বিভব পার্থক্য অনুসারে কাটাটি বিক্ষিপ্ত হয়।



চিত্র: ৬.১



চিত্র: ৬.২



চিত্র: ৬.৩

পরিবর্তনশীল রোধ বা রিওস্ট্যাটঃ

এই যন্ত্রের সাহায্যে কোন পরিবাহীর বিদ্যুৎ প্রবাহ প্রয়োজন অনুসারে বাড়ানো বা কমানো যায়। এতে আ: রোধ বিশিষ্ট এক খন্ড লম্বা পরিবাহী তারকে একটি অপরিবাহী চোঙ AB এর ওপর এমনভাবে জড়ানো হয় যেন কুন্ডলীর এক পাকের সাথে অন্য পাক সংস্পর্শে না থাকে (চিত্র: ৬.৩) তারটির দুই মাথা চোঙের দু মাথায় স্থাপিত দুটি জু C ও D এর সাথে আটকানো থাকে। চোঙের উপর এর দৈর্ঘ্য বরাবর একটি ধাতব দন্ড d থাকে। এর এক প্রান্তে একটি জু E এবং মাঝখানে স্লাইডার

(S) থাকে। স্লাইডারকে দন্ড বরাবর সামনে পিছনে সরিয়ে তার কুন্ডলীর বিভিন্ন বিন্দুর সাথে সংযোগ স্থাপন করানো যায় এবং রোধের পরিবর্তন করা যায়।

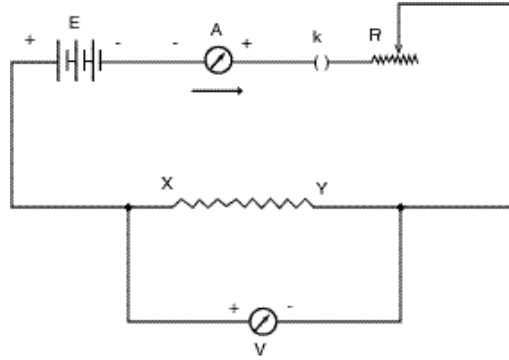
পরীক্ষণের নাম : ওহমের সূত্রের সত্যতা প্রমাণ।

উদ্দেশ্য

এই পাঠ ও পরীক্ষন সমাপ্তির পর আপনি-

- ১। ওহমের সূত্রের সত্যতা প্রমাণের তত্ত্ব জানতে পারবেন।
- ২। বিভিন্ন যন্ত্রের নাম ও গঠন প্রকৃতি ও ব্যবহার জানতে পারবেন।
- ৩। ওহমের সূত্রের প্রয়োগ সম্পর্কে জানতে পারবেন।
- ৪। V বনাব I এর রেখচিত্র আঁকতে পারবেন।
- ৫। পরীক্ষনে কি কি সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে তা জানতে পারবেন।
- ৬। রেখচিত্রের মাধ্যমে প্রবাহের প্রকৃতি কি রকম হবে তা জানতে পারবেন।
- ৭। যন্ত্রের বর্ণনা, তত্ত্ব ও কার্যপ্রণালী হতে পরীক্ষা সংক্রান্ত বিভিন্ন প্রশ্নের উত্তর জানতে পারবেন।

তত্ত্বঃ কোন একটি পরিবাহীর ভৌত অবস্থা তথা দৈর্ঘ্য, তাপমাত্রা, ঘনত্ব ইত্যাদি যদি অপরিবর্তিত থাকে তবে ঐ পরিবাহীর মধ্যদিয়ে যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয় তাহা ঐ পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক। ধরা যাক, কোন পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V এবং পরিবাহীর মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহ, i



চিত্র: ৬.৪

অতএব, ওহমের সূত্রানুসারে,

$$\Rightarrow V = IR$$

এখানে, R একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। একে পরিবাহীর রোধ বলা হয়। ইহার মান পরিবাহীর উপাদান, দৈর্ঘ্য, প্রস্থচ্ছেদ, তাপমাত্রা ইত্যাদির উপর নির্ভর করে।

ইহার একক Ohm।

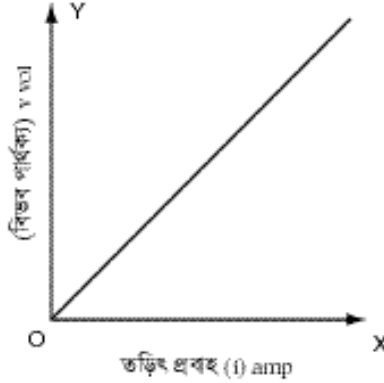
যদি X অক্ষে তড়িৎ প্রবাহ I এবং Y অক্ষে বিভব পার্থক্য V বসানো হয়, তবে যে লেখচিত্র পাওয়া যায় ইহা একটি সরলরেখা হবে।

যন্ত্রপাতিঃ ব্যাটারী (E), অ্যামিটার (A), ভোল্টমিটার (V), পরিবর্তনশীল রোধ, রিওস্ট্যাট (Rh), চাবি (K), ম্যাঙ্গানিজ তার, সংযোগী তার, বালি কাগজ, (শিরিষ কাগজ)।

কার্যপদ্ধতি :

- (১) প্রথমে শিরিষ কাগজ দ্বারা সংযোজী তারসমূহের প্রান্তদ্বয় ভালভাবে ঘষে পরিষ্কার করুন। অতঃপর ব্যাটারি E চাবি, K অ্যামিটার, A পরিবাহী তার XY, পরিবর্তনীয় রোধ, (R_{II}) চিত্রানুযায়ী সিরিজে সংযোগ করুন। ভোল্টমিটার (V) পরিবাহীর দুই প্রান্তের সাথে সমান্তরালে সংযোগ দিন।
- (২) অ্যামিটারের ধনাত্মক (+) বন্ধনীর সাথে ব্যাটারীর ধনাত্মক (+) বন্ধনী এবং পরিবাহীর যে প্রান্ত ব্যাটারীর ধনাত্মক (+) বন্ধনীর সাথে যুক্ত উক্ত প্রান্তের সাথে ভোল্টমিটারের ধনাত্মক (+) বন্ধনী যুক্ত করুন। (চিত্র: ৬.৪)।
- (৩) রিওস্ট্যাট এর দুই প্রান্তের ওপরের ও নীচের বন্ধনীর সাথে সংযুক্ত করুন।
- (৪) এর পর রিওস্ট্যাটের রোধের মান অধিক রাখিয়া চাবির সাহায্যে বর্তনী সম্পূর্ণ বন্ধ করুন। অ্যামিটারের সাহায্যে পরিবাহীর মধ্য দিয়া প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহের মান এবং ভোল্টমিটারের সাহায্যে পরিবাহীর প্রান্তদ্বয়ের বিভব পার্থক্যের পাঠ নিন।
- (৫) রিওস্ট্যাট বা পরিবর্তনশীল রোধের মান ধীরে ধীরে হ্রাস করে অ্যামিটারের ও ভোল্ট মিটারের কয়েকটি পাঠ নিন। প্রতিবার ভোল্টমিটারের পাঠকে অ্যামিটারের পাঠের দ্বারা ভাগ করা হলে $\frac{V}{I}$ এর মান প্রতিবারই খুবই খাছাকাছি পাওয়া যায়। এবং এটি দ্বারা ওহমের সত্যতা প্রমানিত হয়।
- (৬) ছক কাগজের XY-অক্ষ বরাবর তড়িৎ প্রবাহ (I) এর মান এবং Y-অক্ষ বরাবর বিভব পার্থক্য (V) এর মান বসিয়ে রেখচিত্র অংকন করা হলে এটি একটি সরল রেখা হবে। (চিত্র: ৬.৫)

পর্যবেক্ষন ও হিসাব:



চিত্র: ৬.৫

- অ্যামিটারের ক্ষুদ্র ১ ঘর = অ্যাম্পিয়ার
 অ্যামিটারের ক্রটি (যদি থাকে) = অ্যাম্পিয়ার
 ভোল্টমিটারের ক্ষুদ্র একভাগ = ভোল্ট
 ভোল্ট মিটারের ক্রটি (যদি থাকে) = ভোল্ট

ডাটা:-

পর্যবেক্ষণ	ভোল্ট মিটারের পাঠ (বিভব পার্থক্য)		অ্যামিটারের পাঠ (তড়িৎ প্রবাহ)		$\frac{V}{I}$
	সংখ্যা	দৃষ্ট পাঠ (ভোল্ট)	সংশোধিত পাঠ V (ভোল্ট)	দৃষ্ট পাঠ (অ্যাম্পিয়ার)	
1					
2					
3					
4					
5					

ফলাফলঃ যেহেতু বিভব পার্থক্য (V) এবং তড়িৎ প্রবাহ (I) এর অনুপাত ধ্রুব রাশি,

$$\therefore I \propto V$$

অতএব ওহমের সূত্রের সত্যতা প্রমানিত হয়।

আবার যেহেতু I বনাম V এর রেখ চিত্রে সরল রেখা পাওয়া যায়, অতএব রেখ চিত্রের সাহায্যেও ওহমের সূত্রের সত্যতা প্রমানিত হয়।

সতর্কতা :

- সংযোজী তারের প্রান্তগুলো শিরিষ কাগজ দ্বারা ভালভাবে পরিষ্কার করে নিতে হবে।
- পরিবর্তনশীল রোধ বা রিওস্ট্যাটের এক প্রান্তে নীচে ও অন্য প্রান্তে ওপরে সংযোগ দিতে হবে।
- সকল সংযোগ দৃঢ়ভাবে দিতে হবে।
- ব্যাটারী ভোল্টমিটার, অ্যামিটারের সংযোগ করতে ধনাত্মক (+) প্রান্তগুলি লক্ষ্য করে একই দিকে রাখতে হবে।
- অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের পাঠ নিতে সূচকের কাটার দিকে ভালভাবে লক্ষ্য করে সঠিক পাঠ নিতে হবে।
- পরিবাহী যাতে উত্তপ্ত না হয় সে কারণে একটানা তড়িৎ প্রবাহ চালনা না করা।

প্রশ্ন :

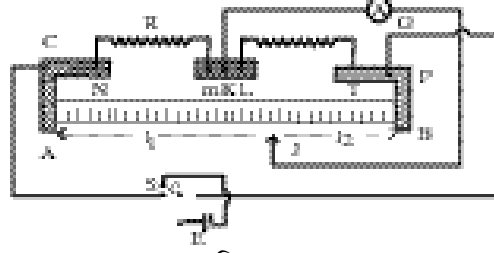
- (১) রোধ কি?
- (২) রোধের একক কি?
- (৩) ওহমের সূত্র বলুন।
- (৪) বিভব পার্থক্য ও তড়িৎ প্রবাহের একক কি?
- (৫) সংযোজী তারের দুই প্রান্ত শিরিষ কাগজ দ্বারা ঘষা হয় কেন?
- (৬) এই পরীক্ষার রিওস্ট্যান্ট ব্যবহার করা হয় কেন?
- (৭) বর্তনীতে অনেক্ষন তড়িৎ প্রবাহ চালনা করা হয় না কেন?

পরীক্ষণ-সাত

যন্ত্রের বর্ণনা : মিটার ব্রীজ (Meter bridge)

পরীক্ষাগারে সাধারণ মাপের রোধ বা কোন পরিবাহীর তারের আপেক্ষিক রোধ মাপার জন্য মিটার ব্রীজ যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। এ ব্রীজের কার্যকারিতা হুইট স্টোন ব্রীজ নীতির উপরে প্রতিষ্ঠিত।

চিত্র-১ এ একটি মিটার ব্রীজ দেখানো হয়েছে।



চিত্র-১.১

AB একটি সুষম ধাতব তার। তারটি একটি এক মিটার স্কেলের পার্শ্বে কাঠের বোর্ডের উপর সোল্ডারিং (Soldering) করে শক্তভাবে আটকানো থাকে। চিত্রে ACN, MKL, TPB. তিনটি মোটা ধাতব পাত রয়েছে। পাতগুলো সাধারণত: তামা বা পিতলের তৈরি হয়। তামা বা পিতলের পাতের রোধ খুবই সামান্য হওয়ায় এ পাতগুলোর রোধ গুণ্য ধরা হয়। N ও M মধ্যবর্তী ফাঁকে একটি রোধ বাস্তবে R থাকে সেখান থেকে প্রয়োজনীয় বিভিন্ন মানের রোধ পাওয়া যায়। L ও T এর মধ্যবর্তী ফাঁকে পরীক্ষণীয় তার যার আপেক্ষিক রোধ অথবা রোধ X নির্ণয় করতে হবে সংযুক্ত করা হয়। প্রয়োজনমত X কে R এর স্থানে এবং R কে X এর স্থানে পরিবর্তন করা হয়ে থাকে। G একটি সুবেদী গ্যালভানোমিটার। গ্যালভানোমিটারের এক প্রান্ত R ও X এর মধ্যবর্তী বিন্দু K এ যুক্ত করা হয়। গ্যালভানোমিটারের অপর প্রান্তে একটি জকি J এর সংগে যুক্ত থাকে। J কে তারের যে কোন বিন্দুর সংস্পর্শে আনা যায়। C ও P বিন্দুর সংগে একটি বিদ্যুৎ কোষ কম্যুটের S এর মাধ্যমে যুক্ত করা হয়। বর্তনীয় উভয় দিকে বিদ্যুৎ প্রবাহ প্রদানের কাজে কম্যুটের ব্যবহার করা হয়। জকি J এর সাহায্যে নির্দিষ্ট মানের R এর জন্য বা গ্যালভানো মিটারের এবং নিঃসন্দন (সাম্য) বিন্দুর জন্য l_1 এবং X রোধের জন্য l_2 দূরত্ব মাপা হয়।

তত্ত্ব : চিত্র-১ l_1 এবং l_2 যদি জানা রোধ R এবং জানা রোধ হয় এবং মিটার ব্রীজ তারের বাম প্রান্ত হতে ভারসাম্য বা নিরপেক্ষ বিন্দুর দূরত্ব হয় তবে হুইটস্টোনের বিজ্ঞানী অনুসারে,

$$\frac{X}{R} = \frac{l_1}{l_2}$$

$$\text{বা, } \frac{X}{R} = \frac{l_1}{100-l_1} \quad [\text{ কারণ } l_2 = 100-l_1]$$

$$\text{বা, } X = \frac{Rl_1}{100-l_1}$$

$$\frac{X}{R} = \frac{l_1}{100-l_1}$$

$$\text{বা, } X = \frac{100-l_1}{l_1} R \text{ ----- (1)}$$

রোধ R এবং X এর অবস্থান পরিবর্তন করে R এর জায়গায় X এবং X এর স্থলে R যুক্ত করলে যদি ব্রীজের তারে বাম প্রান্ত থেকে নিরপেক্ষ বিন্দুর দূরত্ব l_2 হয়, তবে হুইটস্টোন ব্রিজ নীতি অনুসারে,

$$\frac{X}{R} = \frac{l_2}{100-l_2}$$

$$\text{বা, } X = \frac{Rl_2}{(100-l_2)} \text{----- (2)}$$

সমীকরণ (১) এবং (২) থেকে অজানা রোধ X এর মান নির্ণয় করে গড় মান বের করতে হয়।
এবং রোধের সূত্র থেকে আমরা পাই,

$$\text{বা, } X = \rho \cdot \frac{l}{A} \text{----- (3)}$$

এখানে l ও A যথাক্রমে তারের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল। ρ তারের আপেক্ষিক রোধ।
সমীকরণ (3) থেকে আমরা লিখতে পারি,

$$\rho = \frac{XA}{l} = \frac{X\pi r^2}{l} \text{----- (4)}$$

এখানে r তারের ব্যাসার্ধ।

সুতরাং তারের অজানা রোধ X, তারের দৈর্ঘ্য l, প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A নির্ণয় করে সমীকরণ (4) ব্যবহার করে আমরা তারের আপেক্ষিক রোধ নির্ণয় করতে পারি।

২.১ : পরীক্ষনের নাম : মিটার ব্রীজের সাহায্যে তারের আপেক্ষিক রোধ নির্ণয়।

এ পরীক্ষণ শেষে আপনি

১. মিটার ব্রীজের ব্যবহার বলতে পারবেন
২. মিটার ব্রীজ কিভাবে কাজ করে ব্যাখ্যা করতে পারবেন
৩. যে কোন অজানা রোধ নির্ণয় করতে পারবেন
৪. তারটি সুষ্ণম হলে এর প্রতি একক দৈর্ঘ্যের রোধ নির্ণয় করতে পারবেন
৫. অজানা তারের আপেক্ষিক রোধ নির্ণয় করে বিভিন্ন বস্তুর আপেক্ষিক রোধের প্রামাণ্য মাপের সংগে তুলনা করে বস্তুর উপাদান বলতে পারবেন

২.১.১ তত্ত্ব: [পূর্বে আলোচনা করা হয়েছে]

২.১.২ প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি: একটি মিটার ব্রীজ, রোধ বাস্ক, পরীক্ষণীয় তার, গ্যালভানোমিটার, বিদ্যুৎ কোষ, জকি, কম্যুটেটর, জুগজ, মিটার স্কেল, সংযোগী তার, নোটবুক ইত্যাদি।

২.১.৩ কার্যপ্রণালী:

১. চিত্র-১ এর ন্যায় ব্রীজের বামপ্রান্ত থেকে প্রথম ফাঁকে একটি রোধ বাস্ক R এবং দ্বিতীয় ফাঁকে অজানা রোধ X যুক্ত করা হলো। একটি বিদ্যুৎ কোষ E কে কম্যুটেটরের (S) মাধ্যমে C ও P প্রান্তে সংযোজন জুড়ানো যুক্ত করা হলো। কম্যুটেটর S এবং C এর মধ্যবর্তী স্থানে একটি রিওস্ট্যাট বর্তনীতে বিদ্যুৎ প্রবাহ নিয়ন্ত্রনের জন্য যুক্ত করা হয়। একটি গ্যালভানোমিটার G এর এক প্রান্তে R ও X এর মধ্যবিন্দু K -তে যুক্ত করা হলো এবং G এর অপর প্রান্তে জকি J এর সংগে যুক্ত করা হলো।
এভাবে বর্তনী সংযোগ সম্পূর্ণ করা হলো।
২. R রোধ বাস্ক থেকে। বা 2 ওহম রোধ প্রাস তুলে নেয়া হলে এখন জকি J কে মিটার ব্রীজের তারের বাম প্রান্তে স্পর্শ করে গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ লক্ষ্য করতে হবে। আবার জকিকে তারের ডান প্রান্তে স্পর্শ করে গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ পরস্পরের বিপরীত দিকে হল। বুঝতে হবে বর্তনী সংযোগ সঠিক হয়েছে। তা না হলে বর্তনী সংযোগ সংশোধন করতে হবে।
৩. এর পর জকি J কে ব্রীজ তারের যেকোন একপ্রান্ত থেকে সরিয়ে আস্তে আস্তে এমন একটি বিন্দু নির্ণয় করতে হবে যেখানে জকি J স্পর্শ করলে গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ শূন্য হবে। একে নিরপেক্ষ বিন্দু (Null Point) বলে।

৪. যদি নিরপেক্ষ বিন্দু তারের মধ্যবিন্দু থেকে অনেক দূরে হয় অর্থাৎ ০ বা '১০০' এর কাছাকাছি, তবে ১ বাস্তব থেকে রোধের মান পরিবর্তন করে নিরপেক্ষ বিন্দু তারের প্রায় কাছাকাছি অবস্থানে নির্দিষ্ট করতে হবে। এতে ব্রীজের প্রান্তীয় ক্রটি উপেক্ষা করা যায়।
৫. কম্যুটেটরের চাবি দুটি পূর্বের অবস্থান থেকে ফিরিয়ে অন্য ফাঁকা দুই অবস্থানে স্থাপন করতে হবে। এতে বর্তনীতে বিদ্যুৎ প্রবাহের দিক পরিবর্তন হবে। এবার পুণরায় নিরপেক্ষ বিন্দু বের করতে হবে।
৬. এবার X এবং R অবস্থান পরিবর্তন করতে হবে। অর্থাৎ পূর্বে যে ফাঁকা R বাস্তব ছিল সেখানে X এবং যে ফাঁকা X ছিল সেখানে R বাস্তব সংযোগ দিতে হবে। উপরের (৩), (৪) এবং (৫) নং পদ্ধতি অনুসরণ করে নিরপেক্ষ বিন্দু বের করতে হবে।
৭. R বাস্তব থেকে কাছাকাছি মানের অন্য আরও দুটি রোধ প্লাগ পর্যায় ক্রমে তুলে উপরের বর্ণিত পদ্ধতির অনুসরণ করে নিরপেক্ষ বিন্দু বের করতে হবে।
৮. এবার সমীকরণ (১) R ও I_1 এর মান বসিয়ে অজানা রোধ X এর মান নির্ণয় করতে হবে। এভাবে তিনটি ভিন্ন ভিন্ন R-এর মানের জন্য মোট ৬ টি X এর মান বের হবে। প্রাপ্ত X এর মান থেকে গড় X এর মান নির্ণয় করতে হবে।
৯. মিটার ব্রীজ থেকে পরীক্ষণীয় তার খুলে নিয়ে মিটার স্কেলের সাহায্যে নির্ভুলভাবে এর দৈর্ঘ্য নির্ণয় করতে হবে।
১০. জুগজের সাহায্যে তারের যে কোন বিন্দুতে ব্যাস মেপে নিতে হবে। ঐ একই বিন্দুতে পূর্বের অবস্থানের লম্ব বা আড়াআড়ি অবস্থানের আবার ব্যাস মাপতে হবে। এই বিন্দুতে আড়াআড়ি অবস্থানে ব্যাস মাপার কারণ হলে যে তারটি যদি সুষম না হয় তবে একটি মাপের জন্য ভুল মান পাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। কিন্তু আড়াআড়ি নিলে এ ভুল সংশোধিত হবে। এভাবে তারের কমপক্ষে তিনটি অবস্থানে উপরের নিয়মে ব্যাস নির্ণয় করতে হবে। বিভিন্ন অবস্থান থেকে নির্ণিত ব্যাসের গড় মান বের করতে হবে এবং ব্যাসার্ধ নির্ণয় করতে হবে।
১১. সমীকরণ (৪) এ X, l এবং r এর মান বসিয়ে তারের উপাদানের অজানা আপেক্ষিক রোধ ρ নির্ণয় করতে হবে।

ডাটা ও ছক :

পরীক্ষালব্ধ যে ডাটা বা উপাত্ত পাওয়ার সময় তা ছক আকারে উপস্থাপন করতে হয়। আপেক্ষিক রোধ নির্ণয়ের জন্য তত্ত্বীয় ফর্মুলা অনুসারে প্রথমে তারের অজানা রোধ নির্ণয় করতে হয়। তাই অজানা রোধ নির্ণয়ের জন্য একটি ছক করতে হবে। এর পর তারের ব্যাসার্ধ নির্ণয়ের জন্য অনুসরণ করে বিবৎস বের করতে আরও একটি ছক তৈরি করতে হবে। তারের দৈর্ঘ্য মিটার স্কেলের সাহায্যে পরিমাপ করা হয় তাই l এর জন্য ছক না করলেও চলে। অতএব বর্তমান পরীক্ষণীয় বিষয়ের জন্য দুটি ছক নিম্নে দেয়া হল।

ছক-১ : পরীক্ষণীয় তারের রোধ নির্ণয়ের ছক:

পর্যবেক্ষন সংখ্যা	জানা রোধ R এর মান (ওহম)	জন্যরোধের অবস্থান	অজানা রোধের অবস্থান	নিরপেক্ষ বিন্দু (l বা l')			অজানা রোধ X (ওহম)	গড় X ওহম
				সরাসরি	বিপরীত	গড়		
	-----	বাম	ডান	-----	-----	$l_1 = -$	-----	-----
	-----	ডান	বাম	-----	-----	$l_2 = -$	-----	-----

ছক-২ : পরীক্ষণীয় তারের ব্যাসার্ধ নির্ণয়ের ছক:

জুগজের বৃত্তাকার স্কেলে ঘোট ভাগ সংখ্যা = -----

জুগজের পীচ = --- সি.সি. ===== সে.মি।

$$\text{জুগজের ক্ষুদ্রতম পাঠ (Lesast Cuont, L.C.)} = \frac{\text{পীচ}}{\text{বৃত্তাকার স্কেলের ভাগসংখ্যা}}$$

$$= \frac{\text{--- সে.মি}}{\text{----}} = \text{সে.মি.}$$

যন্ত্রের দোষ = \pm ---- সে.মি.

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	স্ক্রুগজের রৈখিক স্কেল পাঠ ও সে.মি	স্ক্রু গজের বৃত্তাকার স্কেল পাঠ V	যন্ত্রের ক্ষুদ্রতম পাঠ C সে.মি	মোট পাঠ =(S+CV) সে.মি	যন্ত্রের দোষ $\pm C$ সে.মি	ব্যাসের মান (S+CV $\pm C$)	ব্যাসের গড় মান D সে.মি	ব্যাসার্ধের মান $r = \frac{D}{2}$ সে.মি
	সোজা	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
১	আড়া আড়ি	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	সোজা	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
২	আড়া আড়ি	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	সোজা	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
৩	আড়া আড়ি	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

ফলাফল:

$$\text{আপেক্ষিক রোধ } \rho = \frac{X\pi r^2}{l}$$

এখন পরীক্ষালব্ধ x , r^2 এবং L এর মান বসিয়ে আপেক্ষিক রোধের মান পাওয়া যাবে।

প্রাপ্ত ফলাফলের ত্রুটি (%) : আপেক্ষিক রোধ নির্ণয় করার পরে বিভিন্ন পদার্থের আপেক্ষিক রোধের প্রামাণ্য মানের সংগে মিলিয়ে পরীক্ষণীয় তারের উপাদান সম্বন্ধে ধারণা করা সম্ভব। পরীক্ষা সম্পন্ন করার সময় পরিমাপে বিভিন্ন ধরণের কিছু কিছু ত্রুটি থাকায় প্রাপ্ত ফলাফলে ও সামান্য ত্রুটি হতে পারে। সেক্ষেত্রে প্রাপ্ত ফলাফলের ত্রুটি শতকরা হিসাবে প্রকাশ করতে হয়।

$$\text{ফলাফলের ত্রুটি (\%)} = \frac{\text{পরীক্ষালব্ধ মান-প্রামাণ্যমান}}{\text{প্রামাণ্যমান}} \times 100$$

$$= \text{---- (\%)}$$

সতর্কতা: যে কোন পরীক্ষা সম্পন্ন করার জন্য অবশ্যই কিছু কিছু সতর্কতা অবলম্বন করা একান্ত প্রয়োজন। প্রয়োজনীয় সতর্কতা অবলম্বন না করলে প্রাপ্ত ফলাফলের অনেক ত্রুটি দেখা দেবে। তাছাড়া পরীক্ষন সম্পাদন করার, সময় যত্নপাতি নষ্ট হতে পারে। আপেক্ষিক রোধ নির্ণয়ের লক্ষ নিম্নলিখিত সতর্কতা অবলম্বন করা প্রয়োজন।

১. বর্তনী সংযোগ চিত্র আগে নোটবুকে অংকন করে সংযোগ দিতে হবে যাতে ভুল সংযোগ করা হয়।
২. বিভিন্ন সংযোগ তার ভালভাবে শিরিজ কাগজ (Emry Paper) দিয়ে ঘষে নিতে হবে যাতে অন্তরক অক্সাইড স্তর সংযোগ অংশে না থাকে।
৩. বিভিন্ন স্ক্রু সংগে তারের সংযোগগুলো অবশ্যই দৃঢ়ভাবে দিতে হবে।
৪. গ্যালভানোমিটারে যাতে সঠিক বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে নষ্ট না হয়ে যায়, সেজন্য গ্যালভানোমিটারের সমান্তরালে একটি অল্প মানের রোধ সংযোগ দেওয়া উচিত একে স্যান্ট বলে। সমান্তরাল সংযোগ গ্যালভানোমিটারের রোধের তুলনায় অল্পমানের রোধ থাকায় বিদ্যুৎ প্রবাহের বেশীর ভাগ স্যান্টের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়, ফলে গ্যালভানোমিটার নষ্ট হওয়ার সম্ভবনা থাকে না।
৫. বর্তনীতে অধিক সময় বিদ্যুৎ প্রবাহ বাধণীয় নয়। এতে তাপীয় ক্রিয়ার ফলে সংযোগ তার গুলোর রোধ এবং গ্যালভানোমিটার তারের রোধ পরিবর্তন হতে পারে। এর ফলে নিরপেক্ষ বিন্দুর অবস্থান পবিবর্তন হবে। তাছাড়া বিদ্যুৎ কোষের তড়িচ্চালক বল ও স্থির থাকবে না।
৬. পরীক্ষণীয় তারের ব্যাসার্ধ সঠিকভাবে নিতে হবে। তারের বিভিন্ন বিন্দুতে এবং প্রত্যেক বিন্দুতে সোজা এবং আড়াআড়ি পাঠ নিতে হবে।

আলোচনা: পরীক্ষালব্ধ ফলাফল প্রামাণ্য মানের সমান হওয়া উচিত, কিন্তু বাস্তবে দেখা যায় সে ফলাফলে ত্রুটি থাকে। কি কি কারণে প্রাপ্ত ফলাফল ত্রুটি পূর্ণ হয়েছে এবং কি সতর্কতা বা পন্থা অবলম্বন করলে পরে ফলাফল আরও নির্ভুল হতে পারতো, এ সমস্ত বিষয়ই আলোচনার অন্তর্ভুক্ত। সুতরাং আপেক্ষিক রোধ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে আলোচনা সমূহ নিম্নরূপ: আলোচনা লেখার সময় বর্তমান অতীত কাল ব্যবহার করা উচিত।

১. তারের প্রান্তীয় ত্রুটি সংশোধন বর্তমান পরীক্ষায় উপেক্ষা করার জন্য নিরপেক্ষ বিন্দু তারের মাঝামাঝি জায়গায় নির্ণয় করা হয়েছে। তবু কিছুটা প্রান্তীয় ত্রুটি পাঠে অন্তর্ভুক্ত হওয়া অস্বাভাবিক নয়। তারের প্রান্তীয় সংশোধন নির্ণয় করে নিরপেক্ষ বিন্দুর পাঠে অন্তর্ভুক্ত করলে ফলাফল আরও ত্রুটি মুক্ত হওয়া সম্ভব ছিল।
২. গ্যালভানোমিটারের সুবেদিতা বেশি হলে নিরপেক্ষ বিন্দুর অবস্থান আরও নিখুঁতভাবে নির্ণয় করা সম্ভব হতো, ফলে ফলাফলে ত্রুটি কম হতো।
৩. জুগজের সাহায্যে ব্যাসার্ধ নির্ণয়ের কিছু ব্যক্তিগত (Personal) এবং যান্ত্রিক (Instrumental) ত্রুটি থাকতে পারে। যেহেতু প্রস্তুতকারকের ক্ষেত্রফল নির্ণয়ে ব্যাসার্ধের বর্গের মান ব্যবহার করা হয়; সুতরাং ব্যাসার্ধ নিয়ে সামান্য ভুল বর্গাকারে বৃদ্ধি পায়। এ ত্রুটি নিরপেক্ষ করা সম্ভব হলে প্রাপ্ত ফলাফল আরও ত্রুটিমুক্ত হওয়া সম্ভব হতো।

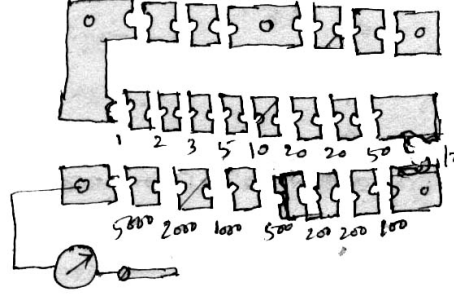
সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী:

১. এ যন্ত্রের নাম মিটার ব্রীজ রাখার কারণ কি?
২. মিটার ব্রীজের কোন নীতি প্রয়োগ করে কাজ করা হয়?
৩. ব্রীজ তারটি একই উপাদান এবং সুস্বম প্রস্তুতকারকের পদার্থে তৈরি করার কারণ কি?
৪. ব্রীজ কখন বেশী সুবেদী (Sensitivity) হয়?
৫. মিটার ব্রীজ দিয়ে কাজ করতে সোজা (straight) ও বিপরীত মুখী (Reverse) বিদ্যুৎ প্রবাহের জন্য পাঠ নিতে হয় কেন?
৬. কমুটেটর কি?
৭. মিটার ব্রীজ পদ্ধতিতে খুব নিম্ন বা উচ্চমানের রোধ নির্ণয় করা যায় না কেন?
৮. কোন পদার্থের আপেক্ষিক রোধ কাকে বলে?
৯. পরীক্ষণীয় তারের দৈর্ঘ্য বা ব্যাসার্ধ কম-বেশী করলে আপেক্ষিক রোধ পরিবর্তন হয় কি?
১০. আপেক্ষিক রোধ এবং রোধের মধ্যে পার্থক্য কি?
১১. আপেক্ষিক রোধ কোন বিষয়ের উপরে নির্ভর করে?
১২. পরীক্ষণীয় তারের ভিতর দিয়ে অনেকক্ষন বিদ্যুৎ চালালে আপেক্ষিক রোধের কোন পরিবর্তন হবে কি?
১৩. রোধ নির্ণয়ের সময় নিরপেক্ষ বিন্দুর অবস্থান ব্রীজ তারের মাঝামাঝি স্থানে নেওয়ার কারণ কি?
১৪. মিটার ব্রীজের প্রাপ্ত সংশোধন কাকে বলে?
১৫. নিরপেক্ষ বিন্দু নির্ণয়ের সময় মিটার ব্রীজ তারে সংগে জকি অনেকক্ষণ চেপে রাখলে কোন অসুবিধা হবে কি? কেন?
১৬. মিটার ব্রীজে মোটা তামা বা পিতলের পাত ব্যবহার করার কারণ কি?

পরীক্ষণ-৮

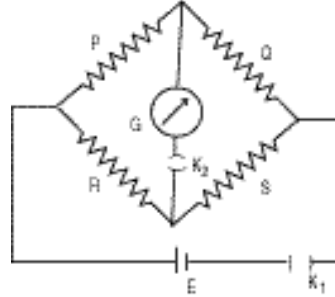
যন্ত্রের বর্ণনা : পোস্ট অফিস বক্স (Post Office box) : পোস্ট অফিস বক্সে হুইটস্টোন ব্রীজ নীতি অবলম্বন করে অজানা রোধ নির্ণয় করা হয়। পোস্ট অফিস বক্সের সাহায্যে উপায়ে অজানা রোধ দুই নির্ণয় করা যায়।

পোস্ট অফিস বক্সে কতকগুলি স্থির মানের রোধকুন্ডলীকে শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করে একটা বড় রোধ বক্সের ন্যায় প্রস্তুত করা হয় (চিত্র-১)।



চিত্র-৮.১

রোধ গুলো তিনটি অংশে এমনভাবে সজ্জিত থাকে যেন হুইটস্টোন ব্রীজের তিনটি বাহু P, Q ও R গঠন করে। P এবং Q বাহুর প্রত্যেকটিতে তিনটি করে রোধ থাকে। এ রোধগুলোর মান 10, 100 এবং 1000। এ দুই বাহুকে বলা হয় অনুপাতে বস্তু। P ও A বাহুর প্রান্তে A ও C বিন্দুতে দুটি বন্ধন জুঁ থাকে। এ জুঁগুলোর সংগে বর্তনীর সংযোগ দেওয়া যায়। বক্সের অন্য সকল রোধ সম্মিলিতভাবে হুইটস্টোন ব্রীজের ৩য় বাহু R হিসাবে পরিগণিত হয়। R বাহুতে 1 ওহম থেকে 5000 পর্যন্ত বিভিন্ন মানের রোধ কুন্ডলী থাকে। সব প্লাগ খুলে নিলে সর্বমোট 11110 ওহম রোধ বর্তনীর এ বাহুতে অন্তর্ভুক্ত হয়। পোস্ট অফিস বক্সের D ও C বিন্দুর মধ্যে একটি অজানা রোধ S যুক্ত করে হুইটস্টোন ব্রীজের চতুর্থ বাহু তৈরি করা হয়। পোস্ট অফিস বক্সের সংগে একটি ব্যাটারী এবং একটি গ্যালভানোমিটার যুক্ত করা হয়। ব্যাটারী বর্তনী ও গ্যালভানোমিটার বর্তনী বন্ধ করায় জন্য একটি টেপা চাবি থাকে। P, Q ও R রোধ সমূহ এবং টেপা চাবি একটি কাঠের বক্সের মধ্যে আবদ্ধ থাকে। পরীক্ষণের সময় বক্সের ঢাকনা খুলে প্রয়োজনীয় সংযোগ দিয়ে হুইটস্টোন বর্তনী সম্পূর্ণ করা হয়।



চিত্র-৮.২

পরীক্ষণের নাম: হুইটস্টোন ব্রীজনীতি অবলম্বনে রোধ নির্ণয় এবং রোধের সিরিজ ও সমান্তরাল সমন্বয়ের সূত্র যাচাই করণ:

উদ্দেশ্য:

এ পরীক্ষণ শেষে আপনি

1. হুইটস্টোন ব্রীজ নীতির প্রয়োগ হাতে কলমে শিখতে পারবেন
2. পোস্ট অফিস বক্সের গঠন ও কার্যপ্রণালী বর্ণনা করতে পারবেন
3. পোস্ট অফিস বক্সের সাহায্যে যে কোন অজানা রোধ দুই দশমিক স্থান পর্যন্ত নির্ণয় করতে পারবেন
4. অজানা রোধ যদি তারের আকারে হয় তবে এর প্রতি একক দৈর্ঘ্যের রোধ বের করতে পারবেন

৫. রোধের সমবায় সূত্র প্রমাণ করতে পারবেন

তত্ত্ব:

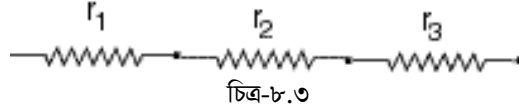
অজানা রোধ নির্ণয়: চিত্র-২ এ হুইটস্টোন ব্রীজ দেখানো হয়েছে। পোষ্ট অফিস বাক্সে P ও Q দুটি অনুপাত বাহু। বাক্সের P ও Q ভিন্ন সকাল রোধ সমন্বয়ে গঠিত হয়েছে তৃতীয় বাহু R হুইটস্টোন ব্রীজের চতুর্থ বাহু হিসেবে একটি অজানা রোধ S সংযুক্ত করা হয়েছে। অনুপাত বাহুতে রোধের বিভিন্ন অনুপাতে ব্যবহার করে বাক্সের R বাহুকে প্রয়োজনীয় রোধ প্লাগ উঠিয়ে যদি গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ শূন্য পাওয়া যায়, তবে হুইটস্টোন ব্রীজ নীতি অনুসারে আমার লিখতে পারি,

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S} \text{ ----- (1)}$$

এখন P, Q এবং R এর মান বসিয়ে আমরা পোষ্ট অফিস বাক্সের সাহায্যে অজানা রোধ S নির্ণয় করতে পারি।

(a) রোধের সিরিজ ও সমান্তরাল সমন্বয়ের সূত্র যাচাই

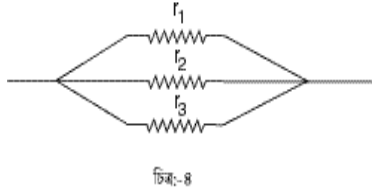
কয়েকটি রোধ r_1, r_2, r_3 ইত্যাদিকে এমনভাবে যুক্ত করা হয় যে প্রথমটি ২য় প্রান্ত, দ্বিতীয়টির ১ম প্রান্ত এবং দ্বিতীয়টির ২য় প্রান্ত তৃতীয়টির ১ম প্রান্ত ইত্যাদি এভাবে পর পর সাজানো হলে আমরা রোধের সিরিজ সমন্বয় চিত্র পাব।



এভাবে সিরিজের সংযুক্ত রোধ গুলির তুল্যরোধ হবে।

$$R = r_1, r_2, r_3 + \text{----- (2)}$$

আবার রোধগুলিকে যদি এমনভাবে সাজানো হয় যে সবগুলি রোধের এক প্রান্ত একত্রিত করে একবিন্দুতে এবং অপর প্রান্ত গুলিকে একত্রিত করে অপর একটি বিন্দুতে যুক্ত করা হয়।



সমান্তরাল সমন্বয়ের জন্য তুল্যরোধ পাওয়া যাবে।

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \text{-----}$$

$$\text{বা, } R = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \text{-----}} \text{ ----- (3)}$$

সমীকরণ (২) এবং (৩) থেকে তুল্য রোধ নির্ণয় করে এবং স্বতন্ত্র রোধগুলিকে সিরিজ এবং সমান্তরাল সংযোগের জন্য মান তত্ত্বীয় ভাবে বের করে তুলনা করে সহজেই সিরিজ ও সমান্তরাল সূত্রের সত্যতা যাচাই করা যায়।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি:

পোস্ট অফিস বাব্ব, অজানা রোধ রিওস্ট্যাট, বিদ্যুৎ কোষ, গ্যালভানোমিটার, সংযোগ তার। বিভিন্ন স্থির মানের রোধ, শিরিষ কাগজ (Sand Per) ইত্যাদি।

কার্যপ্রণালী:

১. অজানা রোধ নির্ণয়ের জন্য চিত্র-১ অনুসারে বর্তনী সংযোগ সম্পন্ন করতে হয়। অজানা রোধ S বাব্বের D ও C প্রান্তে র সংগে, বিদ্যুৎকোষ E, টেপাচারির A/ প্রান্ত ও C প্রান্তের মধ্যে এবং গ্যালভানোমিটার ঐ টেপাচাবি B/ ও D প্রান্তে র সংগে সংযোগ দিতে হয়। টেপাচাবি K₁ টিপলে কোষের সংগে এবং চাবি K₂ টিপলে গ্যালভানোমিটারের সংগে বর্তনী সংযোগ স্থাপিত হয়।
২. এভাবে বর্তনী সংযোগ সম্পূর্ণ করার পরে বাব্বের অনুপাত P ও Q প্রত্যেকটি থেকে 10 ওহম প্লাগ তুলে নিতে হয়। এর ফলে বর্তনীতে P ও Q বাহুতে 10 ওহম রোধ অন্তর্ভুক্ত হয়। এবার বাব্বের সবগুলি রোধ প্লাগ যুক্ত রেখে হুইটস্টোন ব্রিজের তৃতীয় বাহুতে শূন্য রোধ অন্তর্ভুক্ত করা হয়। রিওস্ট্যাট সর্বাধিক রোধে রাখতে হয়। এর পরে প্রথমে চাবি K₁ টিপে ব্যাটারী সংযোগ দেয়া হয় এবং পরে চাবি K₂ টিপে গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ লক্ষ্য করা হয়। এবার R বাহুতে অশীম (Infinity) রোধের প্লাগ উঠিয়ে বর্তনীর R বাহুতে অশীম রোধ যুক্ত করা হয়। উপরের প্রক্রিয়ায় যথাক্রমে চাবি যথাক্রমে চাবি K₁ ও K₂ টিপলে যদি গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ বিপরীত দিকে পাওয়া যায়, তবে বোকা যাবে বর্তনী সংযোগ ঠিক আছে। তা না হলে বুঝতে হবে যে বর্তনী সংযোগ ভুল আছে। তখন হনরায় সঠিকভাবে সংযোগ দিতে হবে।
৩. এবার তৃতীয় বাহুর অশীম প্লাগ বাব্বের বসিয়ে উচ্চমানের রোধ থেকে শুরু করে আস্তে আস্তে মান কমাতে হয় এবং বিক্ষেপ লক্ষ্য করতে হয়। এভাবে ধরা যাক R₁ মানের জন্য বিক্ষেপ যেকোনো (R₁+1) মানের জন্য বিক্ষেপ যদি বিপরীত দিকে হয় অথবা এর যে কোন মানের জন্য বিক্ষেপ যদি শূন্য হয় তবে বুঝতে হবে যে অজানা রোধ R₁ ও (R₁+1) এর মাঝখানে অথবা শূন্য বিক্ষেপ যে রোধের জন্য হয় সেটিই অজানা রোধের মান। এ পর্যবেক্ষণ খারাপ লিপিবদ্ধ করতে হয়।
৪. এবার P ও Q থেকে যথাক্রমে 100 ও 10 ওহম প্লাগ তুলে বর্তনীতে 100 ও 10 ওহম অন্তর্ভুক্ত করা হয়। তৃতীয় বাহু থেকে 10R₁ মানের রোধ উঠিয়ে বিক্ষেপ লক্ষ্য করা হয়। এর পরে ক্রমান্বয়ে 10R₁ এর মান বাড়িয়ে এমন মান দুটি নির্দিষ্ট করা হয় (যেমন R₂ এর একটি অর্থাৎ R₂ এর জন্য বিক্ষেপ যেকোনো অপরটির মান 1 ওহম বৃদ্ধির জন্য অর্থাৎ (R₂+1) বিপরীত দিকে বিক্ষেপ দেয়। সুতরাং অজানা রোধ হবে $\frac{R_2}{10}$ ওহমের বেশি এবং $\frac{R_2+1}{10}$ ওহমের কম। কিন্তু যদি একটি মানের জন্য বিক্ষেপ শূন্য হয় তবে সেটিকে 10 দ্বারা ভাগ করলে হবে অজানা রোধের মান।
৫. এর পরে অনুপাত বাহু P ও Q তে যথাক্রমে 1000 ও 10 ওহম অন্তর্ভুক্ত করা হয়। তৃতীয় বাহু R-এ R₂ এর 10 গুন অর্থাৎ $\frac{R_3}{100}$ রোধ অন্তর্ভুক্ত করে বিক্ষেপ লক্ষ্য করা হয়। এরপরে ধাপে ধাপে মান বৃদ্ধি করে বিক্ষেপ লক্ষ্য করা হয় এবং সে মানের জন্য (রোধ যাক r₃) গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ শূন্য হয় সেটি নির্দিষ্ট করা হয়। এ অবস্থায় অজানা রোধের মান হবে, $\frac{r_3}{100}$ ওহম।

এভাবে পোস্ট অফিস বাব্বের সাহায্যে অজানা রোধের মান নির্ণয় করা হয়।

ডাটা ও ছক:

পোস্ট অফিস বাব্বের বিভিন্ন বাহু থেকে যে রোধ বর্তনীতে সংযুক্ত করা হয় এবং বিক্ষেপের দিক নীচের ছকে লিপিবদ্ধ করতে হয়। একটি উদাহরণ সহকারে সম্ভাব্য মান ছকে দেখানো হয়েছে।

ছক-১ : পরীক্ষণীয় অজানা রোধ নির্ণয়ের ছক

বিভিন্ন বাহুতে রোধের পরিমাণ ওহম এককে			গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপের দিক	মন্তব্য
P	Q	R		
10	10	0 অসীম 200 100 50 20 10 9 8	বামদিকে ডান দিকে " " " " " " " বামদিকে	অজানা রোধের (S) 8 এবং 9 ওহমের মধ্যে রয়েছে।
100	10	80 81 82 83 84	বামদিকে " " " ডানদিকে	অজানা রোধের (S) এর মান $\frac{83}{10} = 8.3$ এবং $\frac{84}{10} = 8.4$ ওহমের মধ্যে রয়েছে।
1000	10	830 831 833 834 835 836 R3=837	বামদিকে " " " " শূন্য	অজানা রোধের (S) এর মান $\frac{837}{100} = 8.37$ ওহমের।

বিশেষ দ্রষ্টব্য: যদি P ও Q এর অনুপাত 1000:10 পদ্ধতি নিরপেক্ষ বিন্দু অর্থাৎ গ্যালভানোমিটারের শূন্য বিক্ষেপ পাওয়া না যায় তবে বামদিক ও ডানদিকের বিক্ষেপের জন্য গ্যালভানোমিটারের সূচক কাটা ডানে এবং বামে কয়ঘর পর্যন্ত বিক্ষেপ দেয় তা লিপিবদ্ধ করতে হবে। মনে করা যাক বামদিকে এবং ডানদিকে যথাক্রমে D_1 এবং D_2 ভাগ সংখ্যা বিক্ষেপ হয়েছে তবে অজানা রোধ ও এর মান নীচের সমীকরণ ব্যবহার করে নির্ণয় করতে হয়।

$$S = \frac{1}{100} \left(R_3 + \frac{D_1}{D_1 + D_2} \right)$$

ফলাফল: P ও Q এর অনুপাত বাহুতে 1000:10 ওহম যুক্ত করে পরীক্ষণীয় তার বা বস্তুর অজানা রোধ --- ওহম পাওয়া গেল।

রোধের সিরিজ ও সমান্তরাল সমন্বয়ের সূত্র যাচাই এর জন্য নিম্ন বর্ণিত পদ্ধতি অনুসরণ করতে হয়।

কার্যপ্রণালী

১. পূর্ব বর্ণিত পদ্ধতি অনুসরণ করে স্থির মানের রোধ r_1, r_2, r_3 পর্যায়ক্রমে সংযোগ দিয়ে পোষ্ট অফিস বাক্সের চতুর্থ বাহুতে সংযোগ দিতে হয়। একই ভাবে অজানা রোধ নির্ণয়ের পদ্ধতি অবলম্বন করে প্রত্যেকটি রোধ আলাদাভাবে নির্ণয় করতে হয়।
২. এবার চিত্র-৩ এর ন্যায় রোধগুলিকে সিরিজ সংযোগ দিতে হয়। রোধগুলির সংযোগের প্রান্ত বিন্দুদ্বয়কে পোষ্ট অফিস বাক্সের C ও D স্কুর সংগে যুক্ত করতে হয় এবং অজানা রোধ নির্ণয়ের পদ্ধতি অনুসরণ করে সংযোগটির তুল্যরোধ নির্ণয় করতে হয়।
৩. এর পরে রোধগুলিকে সংযোগ থেকে বিচ্ছিন্ন করে চিত্র-৪ এর ন্যায় সমান্তরাল সজ্জায় যুক্ত করে সংযোগটির সাধারণ বিন্দুদ্বয়কে পোষ্ট অফিস বাক্সের C ও D স্কুর সংগে সংযোগ দিতে হয় এবং পূর্বে বর্ণিত অজানা রোধ অজানা রোধ নির্ণয়ের পদ্ধতি অবলম্বন করে তুল্যরোধ নির্ণয় করতে হয়।

ডাটা ও ছক: পরীক্ষালব্ধ উপািসমূহ অজানা রোধ নির্ণয়ের ছকের ন্যায় আলাদা স্থির মানের রোধ, সিরিজ ও সমান্তরাল সংযোগের জন্য তুল্য রোধ নির্ণয় করতে হয়।

এর পরে পরীক্ষালব্ধ r_1, r_2, r_3 রোধের মান সমীকরণ (২) এবং (৩) এর বসিয়ে সিরিজ ও সমান্তরাল সংযোগের প্রতিটির জন্য তুল্য রোধের মান হিসাব করে বের করতে হয়। সমীকরণ (২) ও (৩) থেকে প্রাপ্ত যথাক্রমে সিরিজ ও সমান্তরাল সংযোগের জন্য হিসাবকৃত ফলাফল পোস্ট অফিস বাস্কে সিরিজ ও সমান্তরাল সংযোগের জন্য পরীক্ষালব্ধ ফলাফলের সংগে অভিনু হওয়া উচিত। তবে বিভিন্ন ক্রটির কারণে অভিনু নাও হতে পারে। সেক্ষেত্রে প্রাপ্ত ফলাফলের ক্রটির পরিমাণ শতকরা হিসাবে বের করতে হয়।

ফলাফলের শতকরা ক্রটি:

সিরিজ সমন্বয়ে তুল্য রোধের ক্রটি (%)

$$= \frac{\text{হিসাবকৃত তুল্যরোধ-পরীক্ষা লব্ধ তুল্যরোধ}}{\text{হিসাবকৃত তুল্যরোধ}} \times 100$$

সমান্তরাল সমন্বয়ে তুল্য রোধের ক্রটি (%)

$$= \frac{\text{হিসাবকৃত তুল্যরোধ-পরীক্ষা লব্ধ তুল্যরোধ}}{\text{হিসাবকৃত তুল্যরোধ}} \times 100$$

সতর্কতা :

১. পোস্ট অফিস বাস্ক দ্বারা পরীক্ষণে যদি সঞ্চয়ী কোষ ব্যবহার করা হয়। তবে কোষের সংগে সিরিজে একটি রিওস্ট্যাট ব্যবহার করা উচিত। রিওস্ট্যাটের রোধ এমন পরিমাণ হওয়া উচিত যাতে বর্তনীতে অধিক পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়ে বাস্কের রোধ কুণ্ডলী ও গ্যালভানোমিটার নষ্ট করে ফেলে। এ পরীক্ষণে লেকল্যাস সেল ব্যবহার করা বাধনীয়।
২. কাজ শুরুর পূর্বে পোস্ট অফিস বাস্কের প্রতিটি রোধ প্লাগ নিজ নিজ ছিদ্রের মধ্যে ঘুরিয়ে নেওয়া উচিত। এতে প্লাগ ও ছিদ্রের সংযোগ স্থলে অন্তরক অক্সাইড স্তর জমলে তা দূর হয়। ফলে বর্তনীতে অতিরিক্ত রোধ সংযুক্ত হয় না।
৩. গ্যালভানোমিটার কুণ্ডলীতে স্বকীয় আবেশ ক্রিয়া যাতে না ঘটে সেজন্য প্রথমে ব্যাটারী চাবি এবং পরে গ্যালভানোমিটার চাবি টেপা উচিত।
৪. ব্যাটারীর চাবি বেশিক্ষণ টিপে রাখা উচিত নয়। এতে তাপীয় ক্রিয়ার ফলে রোধের পরিবর্তন হতে পারে।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী:

১. পোস্ট অফিস বাস্ক নামকরণের যৌক্তিকতা কি?
২. পোস্ট অফিস বাস্ক কোন্ নীতি অনুসরণ করে কাজ করা হয়?
৩. এ যন্ত্র দ্বারা কত দশমিক স্থান পর্যন্ত রোধ নির্ণয় করা যায়?
৪. P ও Q বাহুতে রোধের 10:10 অনুপাতের চেয়ে 1000:10 অনুপাত সঠিক ফলাফল দেওয়ার কারণ কি?
৫. অধিকক্ষন ব্যাটারী বর্তনী সংযোগ রাখলে কি সমস্যা হয়?
৬. তাপমাত্রা বাড়ানো কুণ্ডলীর রোধের কোন পরিবর্তন হয় কি?
৭. সংযোগকারী তার ঘষে নিতে হয় কেন?
৮. গ্যালভানোমিটারের টেপা চাবি ব্যাটারির টেপা চাবির পূর্বে টিপলে কি অসুবিধা হয়?
৯. রিওস্ট্যাট ব্যবহারের যৌক্তিকতা কি?
১০. গ্যালভানোমিটারে যখন বিক্ষিপ্ত শূন্য হয় তখন গ্যালভানো মিটারের উভয় প্রান্তের বিভব কি রকম থাকে?
১১. গ্যালভানোমিটারে চাবি ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা কি?

পরীক্ষণ-নয়

যন্ত্রের বর্ণনা: পোটেনশিওমিটার

পোটেনশিওমিটার একধরণের যন্ত্র যার সাহায্যে কোন বিদ্যুৎ কোষের বিদ্যুৎচালক বল। দুটি কোষের বিদ্যুৎচালক বলের তুলনা অথবা বৈদ্যুতিক বর্তনীতে যে কোন দু'বিন্দুর মধ্যে বিভব বৈষম্য নির্ণয় করা যায়।

কাঁচের তৈরি বোর্ডের উপরে স্থাপিত একটি পুরা কাঁচ বা অন্য কোন মসৃণ পাতের উপর সুষম প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট জোড় সংখ্যক তার পথ দুরত্বের সমান্তরালভাবে পাশাপাশি সাজানো থাকে। একই পদার্থে নিষ্ক্রীয় সাধারণত: ১০টি তার দিয়ে পোটেনশিওমিটার তৈরি করা হয়। তারগুলোর প্রত্যেকটির দৈর্ঘ্য। মিটার হয় এবং এরা পরস্পরের সাথে মোটা তামা বা পিতলের পাতদ্বারা সিরিজে সংযুক্ত থাকে; ফলে তার গুলো একত্রে একটি তার হিসেবে কাজ করে। তারগুলোর শুরু ও শেষ প্রান্ত কাঁচের বোর্ডের উপরে যথাক্রমে স্ক্রুদ্বারা A ও B এ শক্তভাবে আটকানো থাকে। বোর্ডের উপরে প্রথম বা শেষ তারের কাছাকাছি তারের সমান্তরালে খাঁজ কাটা থাকে। এ খাঁজের মধ্যে একটি ত্রিকোনাকৃতির জকি J -এর দু'টা খাঁজের মধ্যে থাকে তৃতীয় পা খাঁজ যে প্রান্তে থাকে তার বিপরীত প্রান্তে একটা লম্বা তামা বা পিতলের পাত BD এ উপর বসানো থাকে। ত্রিকোনাকৃতির জকি J তারগুলোর সমান্তরালে ডানে এবং বামে সহজেই চলাচল করতে পারে (চিত্র-১)। জকি J এর মধ্যভাগে একটি টেপাচাবি পোটেনশিওমিটারের তারের সাপেক্ষে আড়াআড়িভাবে চলে সামনে পিছনে সরানো যায় এবং চাবিতে চাপ প্রয়োগ করে তারের সংগে প্রয়োজনে সংযোগ স্থাপন করা যায়। তারের দৈর্ঘ্য বরাবর কাঁচের বোর্ডের একদিকে একটি মিটার স্কেল যুক্ত থাকে। জকিকে ডানে বা বামে এর উপরিভাগে অংকিত সূচক চিহ্নটি স্কেলের ব্যাশ দিয়ে চলাচল করে এবং টেপা চাবি যখন তারের সঙ্গে সংযোগ স্থাপন করে ঐ সংযোগ বিন্দুর অবস্থানের দৈর্ঘ্য মিটার স্কেল থেকে সহজেই নির্ণয় করা যায়। টেপাচাবির সংগে বৈদ্যুতিক বর্তনী সংযোগ দেওয়ার জন্য একটি স্ক্রু ও নব থাকে।

চিত্র ৯.১

পরীক্ষণের নাম: পোটেনশিওমিটার ব্যবহার করে দুটি কোষের তড়িচ্চালক শক্তির তুলনা।

উদ্দেশ্য

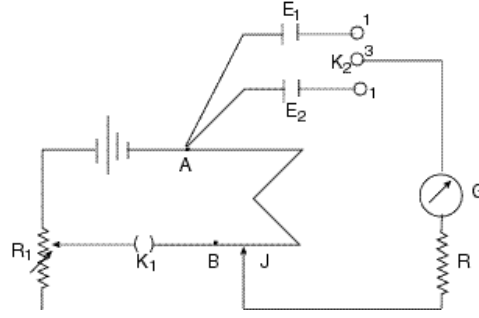
এ পরীক্ষণ শেষে আপনি

১. পোটেনশিও মিটারের গঠন করতে পারবেন
২. পোটেনশিওমিটারের কার্যনীতি ব্যাখ্যা করতে পারবেন
৩. পোটেনশিও মিটার ব্যবহার করে দুটি কোষের তড়িচ্চালক বল তুলনা করা হয়। তাদের যে কোন একটির মান জানা থাকলে অপরটির তড়িচ্চালক বল নির্ণয় করতে পারবেন।
৪. দুটি কোষের মধ্যে একটির তড়িচ্চালক বল জানা থাকলে পোটেনশিওমিটার তারের প্রতি একক দৈর্ঘ্য এর বিভব পতন ρ এর মান নির্ণয় করতে পারবেন।

কার্যপ্রণালী

১. পরীক্ষার জন্য প্রয়োজনীয় বর্তনী সংযোগ চিত্র-২ এর অনুরূপ দিতে হয়। A ও B বিন্দু হচ্ছে পোটেনশিওমিটার তারের দুই প্রান্ত। পোটেনশিওমিটার তারের ভিতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ সৃষ্টি কারী ব্যাটারি E এর ধনাত্মক প্রান্ত A

বিন্দুর সংগে সংযোগ দিতে হয়। ব্যাটারির ঋনাত্মক প্রান্ত একটি রিওস্ট্যাট ও একটি গ্লাস চাবির মধ্যে দিয়ে B বিন্দুর সংগে সংযোগ দিতে হয়।



চিত্র-৯.২

পরীক্ষণীয় কোষদ্বয় E_1 এবং E_2 এর ধনাত্মক প্রান্তদ্বয় A বিন্দুর সংগে এবং ঋনাত্মক প্রান্তদ্বয় দ্বি-পথ চাবি K_2 যথাক্রমে প্রথম ও দ্বিতীয় জুতে সংযোগ দিতে হয়। চাবির তৃতীয় জু গ্যালভানোমিটারের এক প্রান্তে এবং গ্যালভানোমিটারের অপরপ্রান্তে একটি উচ্চরোধ বাব্বের (R) এক প্রান্তের সংগে সংযোগ দিতে হয়। রোধ বাব্বের অপর প্রান্ত ত্রিকোনকৃতির জকি J এর টেপাচাবির সংগে সংযুক্ত করতে হয়।

- প্রথমে রিওস্ট্যাট রোধ শূন্য করে এবং রোধ বাব্বের R এ সর্বোচ্চ রোধ 10,000 বা 5,000 ওহম অন্তর্ভুক্ত করে দ্বি-পথে চাবি K_2 এর 13 জু মধ্যবর্তী ফাঁকে প্লাগ স্থাপন করে বর্তনীতে প্রবাহ চালনা করা হয়। এখন জকি J কে পোটেনশিওমিটারের প্রথম তারে শুরুতে স্পর্শ করিয়ে গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ লক্ষ্য করতে হয়। এরপরে জকি J-কে পোটেনশিওমিটারের শেষ তারের প্রান্তে স্পর্শ করিয়ে বিক্ষেপ লক্ষ্য করা হয়। যদি দেখা যায় যে গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ পরস্পরের বিপরীত।

তত্ত্ব : যদি L সে.মি. দীর্ঘ তারের রোধ R ওহম হয় এবং তারের স্তর দিয়ে I অ্যাম্পিয়ামের কারেন্ট একটি ও হয় তবে তারের দু'প্রান্তে বিভব পাতন,

$$V = iR \text{ ----- (1)}$$

সুতরাং তারের প্রতি একক দৈর্ঘ্য বিভব পতন হবে,

$$\rho = \frac{V}{L} = \frac{iR}{L} \text{ ----- (2)}$$

এখন যে দুটি কোষের তড়িচ্চালক বল তুলনা করা হবে তাদের তড়িচ্চালক বল E_1 এবং E_2 যদি পোটেনশিওমিটার তারের যথাক্রমে l_1 এবং l_2 দৈর্ঘ্যের বিভব বৈষম্যের সমান হয়, তবে আমরা পাই,

$$E_1 = \frac{iRl_1}{L} \text{ ----- (3)}$$

$$\text{এবং } E_2 = \frac{iRl_2}{L} \text{ ----- (4)}$$

এখন সমীকরণ (৩) সমীকরণ (৪) দ্বারা ভাগ করে পাওয়া যাবে,

$$E_1 / E_2 = \frac{l_1}{l_2} \text{ ----- (5)}$$

সুতরাং পোটেনশিওমিটারের সাহায্যে l_1 এবং l_2 এর মান জেনে নির্ণয় করে সমীকরণ

(5) ব্যবহার করে আমরা দুটি কোষের তড়িচ্চালক বল তুলনা করতে পারি।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি

পোটেনশিওমিটার, সঞ্চয়ী কোষ E_1 এবং E_2 (যাদের তড়িচ্চালক বল তুলনা করতে হবে), রিওস্ট্যাট, উচ্চরোধ বাস্ক, গ্যালভানোমিটার, প্লাগ চাবি, দ্বি-পথ চাবি, সংযোগ তার, ইত্যাদি। সুখী হয়েছে তবে, বুঝতে হবে বিদ্যুৎ কোষ E_1 এর বর্তনী সংযোগ সঠিক হয়েছে। অনুরূপভাবে দ্বিতীয় কোষ E_2 এর বর্তনী সংযোগের জন্য দ্বি-পথ চাবি ২ ও ৩ স্ক্রু মধ্যবর্তী ফাঁকে প্লাগ স্থাপন করে E_1 এর সাহায্যে পদ্ধতি অবলম্বন করে গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ লক্ষ্য করতে হয় এবং বিক্ষেপ যদি পরস্পর বিপরীতমুখী হয় তবে বর্তনী সংযোগ ঠিক আছে বোঝা যাবে। উভয় কোষের জন্য বিপরিত মুখী বিক্ষেপ পওয়া না গেলে বর্তনী সংযোগের ত্রুটি সংশোধন করতে হবে।

৩. দ্বি-পথে চাবি K এর ১ম এবং ৩য় ফাঁকে প্লাগ স্থাপন করে পরীক্ষণীয় কোষ E_1 কে গ্যালভানোমিটারের বর্তনীতে অন্তর্ভুক্ত করতে হয়। রিওস্ট্যাটের অবস্থান পরিবর্তন করে রোধ বৃদ্ধি করা হয় যাতে পোটেনশিওমিটারের শেষ তারের মাঝামাঝি স্থানে নিরপেক্ষ বিন্দু পাওয়া যায় এর পর দৈর্ঘ্য l_1 লিপিবদ্ধ করা হয়। অনুরূপভাবে আরো কয়েকবার নিরপেক্ষ বিন্দু নির্ণয় করে গড় পাঠ I_1 বের করতে হয়।
৪. এরপর রিওস্ট্যাটকে পরিবর্তন না করে দ্বিপথ চাবি ২ ও ৩ মধ্যবর্তী প্লাগ স্থাপন করে পরীক্ষণীয় কোষ E_2 গ্যালভানোমিটারের বর্তনীতে সংযোগ দেয়া হয়। জর্কি J কে পোটেনশিওমিটারের তারে স্পর্শ করিয়ে নিরপেক্ষ বিন্দু বের করা হয়। সঠিক মানের জন্য নিরপেক্ষ বিন্দুর মান কয়েকবার নির্ণয় করতে হয় এবং এদের গড় মান I_2 বের করা হয়।
৫. রিওস্ট্যাটের রোধের মান পরিবর্তন করে E_1 কোষের জন্য বিভিন্ন তারে আরও কয়েকটি নিরপেক্ষ বিন্দু নির্ণয় করতে হয়। প্রত্যেক ক্ষেত্রে রিওস্ট্যাটের মান অপরিবর্তনীয় রেখে ৪ নং পদ্ধতি অনুসরণ করে, E_2 কোষকে বর্তনীতে সংযোগ দিয়ে নিরপেক্ষ বিন্দু নির্ণয় করতে হয়।
৬. প্রত্যেক বার সমীকরণ (৫) I_1 এবং I_2 মানের অনুপাত নিয়ে বিদ্যুৎ কোষদ্বয়ের তড়িচ্চালক বলের অনুপাত বের করা যায়। অনুপাতগুলির গড় মান নিলে কোষদ্বয়ের তড়িচ্চালক বলের তুলনা করা হবে।

ডাটা ও ছক: পরীক্ষণ প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত সকল উদাত্ত নিম্নের ছকে লিপিবদ্ধ করতে হয় এবং কোষদ্বয়ের তড়িচ্চালক বলের অনুপাত বের করা হয়।

তড়িৎ কোষদ্বয়ের তড়িচ্চালক বলের অনুপাত নির্ণয়ের ছক

পর্যবেক্ষণ	নিরপেক্ষ বিন্দুর অবস্থান (সে.মি. এককে)				গড়
	বিদ্যুৎ কোষ E_1 এর জন্য		বিদ্যুৎ কোষ E_2 এর জন্য		
সংখ্যা	পাঠ	পাঠ	পাঠ	পাঠ	$\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_1}{I_2}$
	l_1 সে.মি.	গড় I_1 সে.মি.	l_2 সে.মি.	গড় I_2 সে.মি.	
1	(i) -----		(i) -----		-----
	(ii) -----	-----	(ii) -----	-----	
	(iii) -----		(iii) -----		
	-		-		
2	(i) -----		(i) -----		-----
	(ii) -----	-----	(ii) -----	-----	
	(iii) -----		(iii) -----		
	-		-		
3	(i) -----		(i) -----		-----
	(ii) -----	-----	(ii) -----	-----	
	(iii) -----		(iii) -----		
	-		-		

ফলাফল: পরীক্ষনীয় বিদ্যুৎ কোষদ্বয়ের তড়িচ্চালক বলের অনুপাত = ----- ।

সতর্কতা:

১. মূলবর্তনীতে বিদ্যুৎ প্রবাহ সৃষ্টিকারী ব্যাটারীর তড়িৎচালক বলের মান পরীক্ষনীয় কোষদ্বয়ের প্রত্যেকটির তড়িচ্চালক বল অপেক্ষা বেশী মানের হওয়া উচিত। তা না হলে পোটেনশিওমিটার তারের মধ্যে নিরপেক্ষ বিন্দু পাওয়া যাবে না।
২. বর্তনীতে অধিক সময় বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে পোটেনশিওমিটারের তার এবং বিভিন্ন সংযোগ স্থল গরম হয়ে রোধের মানের পরিবর্তন হবে; ফলে নিরপেক্ষ বিন্দুর অবস্থান সঠিক হবে না। তাই উভয় কোষের নিরপেক্ষ বিন্দুর অবস্থানের পাঠ নেওয়ায় পরে প্লাগ চাবি K। খুলে দিয়ে একটু সময় অপেক্ষা করা উচিত।
৩. নিরপেক্ষ বিন্দু নির্ণয়ের সময় জিকি J কে পোটেনশিওমিটার তারের সাথে লম্বভাবে স্থাপন করাতে হবে, নচেৎ স্পর্শ বিন্দুর অবস্থান নির্ণয়ে ত্রুটি দেখা দিবে।
৪. প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্যের সংযোগ তার নেওয়া উচিত এবং অবশ্যই লক্ষ্য রাখতে হবে যাতে সংযোগ তারগুলি পরস্পর লেগে না থাকে।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী

১. পোটেনশিওমিটার কি?
২. কোষের বিদ্যুৎচালক বল কাকে বলে?
৩. পোটেনশিওমিটার পদ্ধতি ব্যবহার না করে ভোল্টমিটারের সাহায্যে বিদ্যুৎচালক বল নির্ণয় করা যায় না কেন?
৪. পোটেনশিওমিটারের প্রান্তে তারগুলোর মধ্যে সংযোগ স্থানান্তরের জন্য ফোটা পাত ব্যবহারের কারণ কি?
৫. বর্তনীতে বিদ্যুৎ প্রবাহ সৃষ্টিকারী ব্যাটারী E এর বিদ্যুৎচালক বলের মান পরীক্ষনীয় কোষদ্বয়ের প্রত্যেকটির বিদ্যুৎচালক বলের চেয়ে বেশী না হলে কি সমস্যা হবে?
৬. বর্তনী সংযোগের পর জিকি J কে পোটেনশিওমিটারের প্রথম ও শেষ তারে স্পর্শ করিয়ে একই দিকে বিক্ষিপ্ত পেলে কি বুঝা যাবে? একই দিকে বিক্ষিপ্তের কারণ কি?
৭. সাধারণত: পোটেনশিওমিটারের শেষ তারের নিরপেক্ষ বিন্দুর অবস্থান নির্ণয় করা হয় কেন?
৮. পোটেনশিওমিটারের তারের প্রতি একক দৈর্ঘ্যের বিভব পতন কাকে বলে?
৯. বিভব পতনের একক কি?
১০. বিদ্যুৎচালক বল ও বিভব পতনের মধ্যে পার্থক্য কি?

পরীক্ষণ-দশ

যন্ত্রের বর্ণনা: পোটেনশিওমিটারের যন্ত্রের যন্ত্রের বর্ণনা: পোটেনশিওমিটারের যন্ত্রের গঠন পরীক্ষণ-৯ এ বর্ণনা করা হয়েছে।

নাম : কোষের আভ্যন্তরীণ রোধ নির্ণয়।

উদ্দেশ্য:

এ পরীক্ষা শেষে আপনি

১. পোটেনশিওমিটারের গঠন বর্ণনা করতে পারবেন
২. পোটেনশিওমিটারের কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা করতে পারবেন
৩. এ যন্ত্র দ্বারা কোষের আভ্যন্তরীণ রোধ (r) নির্ণয়সহ অন্যান্য ব্যবহার সম্বন্ধে বলতে পারবেন

তত্ত্ব: বিদ্যুৎ কোষের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ চলাকালে কোষের আভ্যন্তরীণ মাধ্যম বিদ্যুৎ প্রবাহে বাচার সৃষ্টি করে। একে কোষের আভ্যন্তরীণরোধ দ্বারা সূচিত করা হয়।

কোন একটি কোষকে বর্হিবর্তনীতে সংযোগ দিয়ে R রোধের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ চালালে ধরীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য বর্তনী খোলা অবস্থায় কোষের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য থেকে কম হয়।

মনে করা যাক,

$E_1 =$ বর্তনী খোলা অবস্থায় পরীক্ষণীয় কোষের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য

$I_1 =$ বর্তনী সংযুক্ত অবস্থায় কোষের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য।

এখন যদি একটি পোটেনশিওমিটারের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ চলাকালীন একটি কোষের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের জন্য পোটেনশিওমিটার তারের l_1 দৈর্ঘ্য নিরপেক্ষ বিন্দু পাওয়া যায় এবার বর্হিবর্তনীতে রোধ R- এর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ চলাকালীন কোষের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের জন্য পোটেনশিওমিটার তারের l_2 দৈর্ঘ্যের নিরপেক্ষ বিন্দু পাওয়া যায়, তবে পোটেনশিওমিটারের নীতি অনুসারে আমরা পাই,

$$\frac{l_1}{E_1} = \frac{l_2}{I_1} \text{----- (1)}$$

যদি কোষের আভ্যন্তরীণ রোধ r হয় এবং ঐ কোষ হতে বর্হিবর্তনীতে যুক্ত রোধ R এর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ I চলতে থাকে, তবে,

$$E_1 = RI+rI ; \text{ বা } E_1 = I_1+rI \quad \therefore \quad I = \frac{E_1}{R+r}$$

$$I_1 = E_1-rI \text{----- (2)}$$

$$I = \frac{E_1}{r+R} \text{----- (3)}$$

এর মান সমীকরণ (২) বসিয়ে আমরা পাই,

$$I_1 = E_1 - r \frac{E_1}{r+R} = \frac{E_1(R+r) - E_1r}{r+R} = \frac{E_1R + E_1r - E_1r}{r+R} \\ = \frac{E_1R}{R+r} \text{----- (4)}$$

সমীকরণ (৪) কে সমীকরণ (১) বসিয়ে লেখা যায়,

$$\frac{E_1 R}{r+R} \Big/ E_1 = \frac{l_2}{l_1}$$

$$\frac{R}{r+R} = \frac{l_2}{l_1}$$

বা $Rl_1 = (R+r) l_2 = Rl_2 + r l_2$

বা $rl_2 = (Rl_1 - Rl_2) = R(l_1 - l_2)$

$$r = \left(\frac{l_2 - l_1}{l_1} \right) R \text{ ----- (5)}$$

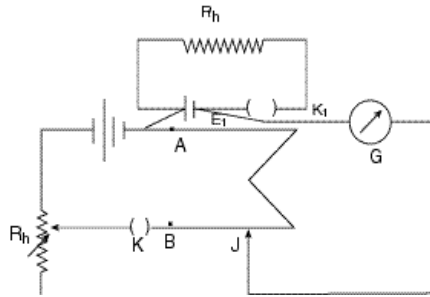
$$r = \frac{l_1 - l_2}{l_2}$$

বর্ধিতবর্তনীতে যুক্ত রোধ R এবং নিরপেক্ষ বিন্দুতে l_1 এবং l_2 এর মান নির্ণয় করে সমীকরণ (5) ব্যবহার করে যে কোন কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ নির্ণয় করা যায়।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি: পোটেনশিও মিটার, সঞ্চয়ী কোষ, রিওস্ট্যাট, গ্যালভানোমিটার, রোধ বাব্ব, চাবি, সংযোগ তার ইত্যাদি।

কার্যপ্রণালী:

- কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ নির্ণয়ের জন্য বর্তনী সংযোগ চিত্র-১০-১ এ দেখানো হয়েছে। পোটেনশিও মিটার তারের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহ সৃষ্টিকারী ব্যাটারী E এর ঋনাত্মক প্রান্ত একটি রিওস্ট্যাটের মধ্যে ও একটি প্লাগ চাবির মধ্য দিয়ে পোটেনশিওমিটারের B প্রান্তের সঙ্গে সংযুক্ত করতে হয়। যে কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ নির্ণয় করতে হবে, তার ধনাত্মক প্রায় A প্রান্তের সঙ্গে এবং ঋনাত্মক প্রান্ত গ্যালভানোমিটার G এর মধ্য দিয়ে জকি J এর যুক্ত করতে হয়। একটি রোধ বাব্ব R -কে একটি প্লাগ চাবি K, এর মধ্যদিয়ে পরীক্ষণীয় কোষের দুইপ্রান্তে সংযুক্ত করতে হয়।



চিত্র-১০.১

- বর্তনী সংযোগের পর প্রথমে প্লাগ চাবি K বন্ধ করে রিওস্ট্যাটে স্বল্প পরিমাণ রোধ অন্তর্ভুক্ত করা হয়। এ অবস্থায় প্লাগ চাবি K খোলা রাখা হয়। এখন জকি J কে পোটেনশিওমিটারের প্রথম ও শেষ তারে স্পর্শ করিয়ে গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ লক্ষ্য করতে হয়। প্রথম তার স্পর্শ করানোর জন্য বিক্ষেপ যেদিকে শেষ তার স্পর্শ করানোর জন্য বিক্ষেপ বিপরীত দিকে হলে বুঝতে হবে যে বর্তনী সংযোগ সঠিক হয়েছে।
- এর পরে রিওস্ট্যাটের রোধের মান পরিবর্তন করে এমন এক অবস্থায় আনা হয় জকি J কে স্পর্শ করিয়ে পোটেনশিওমিটারের ৪র্থ অথবা ৫ম তারে নিরপেক্ষ বিন্দু পাওয়া যায়। রিওস্ট্যাটের মান পরিবর্তন না করে আরও দুটি নিরপেক্ষ বিন্দু নির্ণয় করে গড় মান l_2 বের করা হয়।

৪. এবার প্লাগ চাবি K_1 বন্ধ করে রোধ বাব্ব R হতে 10 বা 15 ওহম রোধ বর্তনীতে অন্তর্ভুক্ত করা হয়। রিওস্ট্যাটের অবস্থান অপরিবর্তিত রেখে জিকি J কে পোটেনশিওমিটার তারে স্পর্শ করিয়ে নিরপেক্ষ বিন্দু নির্ণয় করতে হয়। নিরপেক্ষ বিন্দুতে সঠিক মান পাওয়ার জন্য আরও 2/3 টি পাঠ নিয়ে গড় মান I_2 নির্ণয় করতে হয়।
৫. R -এর মান ধাপে ধাপে 5 ওহম বৃদ্ধি করে (4) এর পদ্ধতি অবলম্বন করে বিভিন্ন R মানের জন্য নিরপেক্ষ বিন্দু নির্ণয় করতে হয়।
৬. রোধ বাব্ব R এর বর্তনীতে অন্তর্ভুক্ত প্রতিটি মানের জন্য সমীকরণ (5) ব্যবহার করে অভ্যন্তরীণ রোধের মান বের করতে হয়। এভাবে প্রাপ্ত বিভিন্ন R এর গড় মানই কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ।

ডাটা ও ছক: পরীক্ষণ প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত সকল পাঠ নিম্নের ছকে লিপিবদ্ধ করতে হয়।

ছক-১ : কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ নির্ণয়ের ছক

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	E_1 কোষের যুক্ত বর্তনী	বর্তনীতে অন্তর্ভুক্ত রোধ R (ওহম)	নিরপেক্ষ বিন্দুর অবস্থানের পাঠ				কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ $r = R(I_2/I_1)$ ওহম	গড় r ওহম
			I_1 সে.মি.	গড় I_1 সে.মি.	I_2 সে.মি.	গড় I_2 সে.মি.		
১	খোলা অর্থাৎ K_1 চাবি বন্ধ করে	α ($I \times L_0$)	i. ii. iii.					
২		15			i. ii. iii.			
৩		20			i. ii. iii.			
4		25			i. ii. iii.			
৫		30			i. ii. iii.			
৬		---			i. ii. iii.			
৭		---			i. ii. iii.			
৮		55			i. ii. iii.			

ফলাফল : পরীক্ষণীয় বিদ্যুৎ কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = \dots\dots\dots$ ওহম

সতর্কতা :

- (১) কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ বিদ্যুৎ প্রবাহের মাত্রার উপর নির্ভর করে। প্রবাহ যত বাড়ে রোধ তত কম হবে। সুতরাং রোধ বাব্বের উত্তোলিত প্রথম ও শেষ রোধের পার্থক্য 40 ওহ্ম নিয়ে r এর গড় মান নির্ণয় করলে ভালো ফলাফল পাওয়া যায়।
- (২) I_1 নির্ণয়ের সময় প্লাগ চাবি K_1 অবশ্যই খোলা রাখতে হয়।
- (৩) I_1 এর মান নির্ণয়ের পরে রিওস্ট্যান্ট অপরিবর্তনীয় রাখতে হবে, নচেৎ ফলাফলে ত্রুটি দেখা দিবে।
- (৪) গ্যালভানোমিটারের ভিতর দিয়ে বেশী পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহ চালালে গ্যালভানোমিটার নষ্ট হতে পারে। তাই প্রয়োজনে রিওস্ট্যান্ট ব্যবহার করা উচিত।
- (৫) প্রত্যেকবার নিরপেক্ষ বিদ্যুৎ নির্ণয়ের পর তাপীয় ক্রিয়া দূর করার জন্য প্লাগ চাবি K খুলে দেওয়া উচিত। তা না হলে তাপীয় ক্রিয়ায় পোটেনশিও মিটার তারের রোধ পরিবর্তিত হয়ে নিরপেক্ষ বিন্দুর অবস্থান নির্ণয়ের ত্রুটি দেখা দিতে পারে।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী:

- ১। কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ কাকে বলে?
- ২। অভ্যন্তরীণ রোধের একক কি?
- ৩। একটি কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ কি ধ্রুব?
- ৪। গ্যালভানোমিটার বর্তনীর সংগে রোধ R_1 এর মান পরিবর্তন করলে নিরপেক্ষ বিন্দুর অবস্থানের পরিবর্তন হবে কি?
- ৫। পরীক্ষা চলাকালীন সময়ে বর্তনীতে অনেকক্ষন বিদ্যুৎ প্রবাহ চালালে অসুবিধা কি? অসুবিধা দূর করার উপায় কি?
- ৬। I_1 এর অবস্থান নির্ণয়ের সময় প্লাগ চাবি K_1 খোলা রাখতে হয় কেন?
- ৭। কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ বিদ্যুৎ প্রবাহের মাত্রার উপর নির্ভর করে কি?

মান বন্টন

তত্ত্বীয়-৭৫

রচনামূলক প্রশ্ন

৩টি প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে

৩*১৫=৪৫

সংক্ষিপ্ত উত্তর প্রশ্ন

৬টি প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে

৬*৫=৩০

ব্যবহারিক-২৫

ব্যবহারিক পরীক্ষা

১৫

ব্যবহারিক খাতা

৫

মৌখিক পরীক্ষা

৫

মোট = ১০০

প্রশ্নপত্র প্রণয়নের নিয়মাবলী : সবগুলি প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে। তত্ত্বীয় রচনামূলক অংশে প্রতিটি প্রশ্নে একাধিক অংশ থাকতে পারে। প্রতিটি প্রশ্নের বিকল্প প্রশ্ন থাকবে। প্রতিটি বিভাগ যথা বিদ্যুত ও চুম্বক, আলোকতত্ত্ব ও আধুনিক পদার্থ বিজ্ঞান থেকে কমপক্ষে ১টি করে প্রশ্ন থাকবে।

ব্যবহারিক পরীক্ষায় প্রশ্নে উল্লেখিত সবগুলি পরীক্ষণের মধ্য থেকে যে কোন ১টি পরীক্ষণ লটারীর মাধ্যমে পরীক্ষার্থীকে দেয়া হবে। তবে সিলেবাসের অন্তর্গত সবগুলি পরীক্ষণই শ্রেণী কক্ষে সম্পন্ন করতে হবে এবং ব্যবহারিক খাতায় সে সব পরীক্ষণ সম্পর্কে যথাযথ প্রতিবেদন থাকতে হবে। মৌখিক পরীক্ষায় সকল পরীক্ষণ থেকেই প্রশ্ন হতে পারে।

[নমুনা প্রশ্ন দ্রষ্টব্য]

নমুনা প্রশ্ন-১

পদার্থ বিজ্ঞান (তত্ত্বীয়)

দ্বিতীয় পত্র

পূর্ণমান - ৭৫

সময় - ৩ ঘণ্টা

[দ্রষ্টব্য : দক্ষিণ পার্শ্বস্থ সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান নির্দেশ করে]

- ১। (ক) একটি বিন্দু চার্জ $+q$ হতে r দূরত্বের কোন বিন্দুতে বৈদ্যুতিক বিভবের রাশিমালা প্রতিপাদন করুন। ৫
- (খ) তড়িৎ আবেশ কি? আবেশ প্রক্রিয়ায় একটি অচার্জিত স্বর্ণপাত বিদ্যুৎ বীক্ষণ যন্ত্রকে কিভাবে ধনচার্জে চার্জিত করা যায় চিত্রসহ বর্ণনা করুন। ২+৪=৬
- (গ) একটি হাইড্রোজেন পরমাণুতে ইলেকট্রন ও প্রোটনের মধ্যে দূরত্ব 7.2×10^{-11} মিটার। এদের মধ্যে ক্রিয়াশীল তড়িৎ বলের মান নির্ণয় করুন। (ইলেকট্রনের চার্জ 1.6×10^{-19} কুলম্ব) ৪
- অথবা
- (ক) হল তড়িৎ ক্ষেত্রের রাশিমালা প্রতিপাদন করুন। ৫
- (খ) বায়োট-স্যাভার্ট এর সূত্র প্রয়োগ করে তড়িৎ বাহী লম্বা সোজা তারের নিকটে কোন বিন্দুতে B এর মান নির্ণয় করুন। ৬
- (গ) ২ কেজি ভরের এক টুকরা ধাতব পাতের উপর এর ভরের ২.৫% সোনার প্রলেপ দিতে ১ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ কত সময় প্রবাহিত করতে হবে? (সোনার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক = ০.০০০৬৩ গ্রাম/কুলম্ব)। ৪
- ২। (ক) পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন ও সংকট কোণের সংজ্ঞা লিখুন। ৪
- (খ) একটি প্রিজমের প্রতিসরাংক কোণ A , আপতন কোণ i_1 , নির্গমন কোণ i_2 হলে দেখান যে, বিচ্যুতি কোণ $\delta = i_1 + i_2 - A$ । ৬
- (গ) একটি প্রিজমের প্রতিসরাংক কোণ 60° ও এর উপাদানের প্রতিসরাংক $\sqrt{2}$ হলে ন্যূনতম বিচ্যুতি নির্ণয় করুন। ৫
- অথবা
- (ক) প্রতিসারক দূরবীক্ষণ যন্ত্র ও প্রতিফলক দূরবীক্ষণ যন্ত্রের মধ্যে পার্থক্য উল্লেখ করুন। ৪
- (খ) আলোর ব্যতিচারের ইয়ং-এর দ্বি-চির পরীক্ষা বর্ণনা করুন। ৬
- (গ) তরঙ্গ দৈর্ঘ্য $\lambda = 5461 \text{ \AA}$ ও একক চিরের বেদ $a = 0.45 \text{ mm}$ হলে একক চিরের জন্য কত কৌণিক অবস্থানে প্রথম সর্বনিম্ন উজ্জ্বলতা দেখা যাবে? ৫
- ৩। (ক) পরীক্ষণের সাহায্যে ফটো ইলেকট্রিক ক্রিয়ার বর্ণনা দিন। ৬
- (খ) তেজস্ক্রিয় ক্ষয়সূত্রটি ব্যাখ্যা করুন এবং অর্ধায়ুর সাথে ক্ষয় ধ্রুবকের সম্পর্ক স্থাপন করুন। ৫
- (গ) বোরের পরমাণু মডেল ব্যবহার করে হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রথম কক্ষে অবস্থিত ইলেকট্রনের শক্তির মান নির্ণয় করুন। ৪
- অথবা
- (ক) একটি ফিল্ড এফেক্ট ট্রানজিস্টর (FET) এর গঠন ও কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা করুন। ৬

- (খ) প্রমাণ করুন যে, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ যেখানে প্রতীকগুলি প্রচলিত অর্থ বহন করে। ৫
- (গ) কোন একটি বস্তু কণার মোট শক্তি এর স্থিতাবস্থার শক্তির দ্বিগুণ। বস্তুর দ্রুতি কত? ৪
- ৪। কার্শফের সূত্রগুলো ব্যাখ্যা করুন। ৫
- অথবা
- ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণের সূত্রগুলো ব্যাখ্যা করুন। ৫
- ৫। সীবেক ক্রিয়া ব্যাখ্যা করুন। ৫
- অথবা
- হিস্টেরিসিস চক্র বুঝিয়ে লিখুন। ৫
- ৬। লেনজের সূত্র শক্তির নিত্যতার সূত্র মেনে চলে ব্যাখ্যা করুন। ৫
- অথবা
- গোলীয় দর্পণের প্রধান ফোকাস ও গৌণ ফোকাস চিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করুন। ৫
- ৭। একটি সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধনের রাশিমালা নির্ণয় করুন। ৫
- অথবা
- হাইগেনের তত্ত্বের সাহায্যে আলোর প্রতিফলনের সূত্র প্রতিপাদন করুন। ৫
- ৮। রঞ্জন রশ্মির বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার উল্লেখ করুন। ৫
- অথবা
- লেজার রশ্মি কাকে বলে? লেজার রশ্মির প্রয়োগ কি কি? ৫
- ৯। তেজস্ক্রিয়তার ক্ষয়সূত্র $N = N_0 e^{-\lambda t}$ প্রতিপাদন করুন। যেখানে প্রতীকগুলি প্রচলিত অর্থ বহন করে। ৫
- অথবা
- দৈর্ঘ্য সংকোচন ও কাল প্রসারণের রাশিমালা প্রতিপাদন করুন। ৫

নমুনা প্রশ্ন-২

পদার্থ বিজ্ঞান (তত্ত্বীয়)

দ্বিতীয় পত্র

পূর্ণমান - ৭৫

সময় - ৩ ঘণ্টা

[দ্রষ্টব্য : দক্ষিণ পার্শ্বস্থ সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান নির্দেশ করে]

- ১। (ক) কোন বিন্দু চার্জের জন্য কোন বৈদ্যুতিক বিভবের রাশিমালা নির্ণয় করুন। ৫
- (খ) রোধ পরিমাপে হুইটস্টোন ব্রীজনীতি প্রতিষ্ঠা করুন। ৫
- (গ) আমার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাক্ষ $13.29 \times 10^{-7} \text{kg e}^{-1}$ বলতে কি বুঝায়? 10Ω রোধ বিশিষ্ট তারের মধ্য দিয়ে ২ মিনিট ধরে 5amp তড়িৎ প্রবাহ পাঠান হল। উৎপন্ন তাপ সম্পূর্ণভাবে 400gm পানির মধ্যে সরবরাহ করা হলে পানির তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি পাবে? ১+৪=৫
- অথবা
- (ক) বায়োট-স্যাভার্ট এর সূত্র প্রয়োগ করে দেখান যে, একটি তড়িৎবাহী লম্বা তারের নিকট কোন বিন্দুতে ফ্লাক্স ঘনত্ব $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$, এখানে প্রতীকগুলি প্রচলিত অর্থ বহন করে। ৫
- (খ) হল ক্রিয়ার সাহায্যে চার্জের প্রকৃতি নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা করুন। ৫
- (গ) হিস্টোরোসিস লস কি? কোন স্থানের ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের অনুভূমিক উপাংশের মান $3\mu T$ এবং বিনতি 60° । ঐ স্থানের ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের উল্লম্ব উপাংশের মান নির্ণয় করুন। ৫
- ২। (ক) আলোর বেগ নির্ণয়ের জন্য ফিজের পদ্ধতি বর্ণনা করুন। ৫
- (খ) উত্তল দর্পণের ক্ষেত্রে $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ সম্পর্কটি প্রতিষ্ঠা করুন। ৫
- (গ) বস্তু ঘন মাধ্যমে থাকলে প্রতিসরাঙ্ক, প্রকৃত গভীরতা এবং আপাত গভীরতার মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করুন। ৫
- অথবা
- (ক) হাইগেনের নীতির সাহায্যে স্নেলের সূত্র প্রমাণ করুন। ৫
- (খ) একটি লেন্সের ক্ষেত্রে প্রমাণ করুন যে, $\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$ ৫
- (গ) একটি যৌগিক অণুবীক্ষণ যন্ত্রের বিবর্ধনের রাশিমালা নির্ণয় করুন। ৫
- ৩। (ক) লেজার (LASER) কি? লেজারের বৈশিষ্ট্য ও ব্যবহার বর্ণনা করুন। ১+২+২=৫
- (খ) আইনস্টাইন আলোক-তড়িৎ ক্রিয়ার সমীকরণ প্রতিপাদন করুন। ৫
- (গ) বোরের মডেল অনুসারে হাইড্রোজেন পরমাণুর কক্ষপথের ব্যাসার্ধের রাশিমালা প্রতিপাদন করুন। ৫
- অথবা
- (ক) একটি p-n-p ট্রানজিস্টারের গঠন ও কার্যনীতি বর্ণনা করুন। ৫

(খ) প্রমাণ করুন যে, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ এখানে প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে। ৫

(গ) কাল দীর্ঘায়ন কি? $t = \frac{t_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ সমীকরণটি প্রতিপাদন করুন। এখানে প্রতীকগুলি প্রচলিত অর্থ বহন করে। ৫

৪। ক) ধারকত্ব কাকে বলে? ধারকত্বের ব্যবহারিক এককের নাম লিখুন। দেখান যে সমান ধারকত্বের দুটি ধারকের সমান্তরাল সংযোজনীতে থাকাকালীন ধারকত্ব শ্রেণীবদ্ধভাবে থাকাকালীন ধারকত্বের ৪ গুণ। ১+১+৩=৫

অথবা

তড়িৎ বিভব কাকে বলে? কোন একটি বর্গক্ষেত্রের তিনটি কৌণিক বিন্দুতে যথাক্রমে $6c$, $8c$ ও $-2c$ চার্জ স্থাপিত। চতুর্থ কৌণিক বিন্দুতে কত চার্জ স্থাপন করলে বর্গক্ষেত্রটির কেন্দ্রে বিভব শূণ্য হবে? ১+৪=৫

৫। বিদ্যুত চুম্বকীয় আবেশ কাকে বলে? ফ্যারাডের বিদ্যুৎ চুম্বকীয় আবেশের সূত্রগুলো বিবৃত ও ব্যাখ্যা করুন। ১+৪=৫

অথবা

ইলেক্ট্রনের তাড়ন বেগের রাশিমালা নির্ণয় করুন। ৫

৬। সমতল অপবর্তন খেটিংয়ের সাহায্যে একবর্ণী আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা করুন। ৫

অথবা

টেলসা কাকে বলে? একটি আরোহী ট্রান্সফর্মার $200v$ সরবরাহ করে $2000v$ পাওয়া যায়। ট্রান্সফর্মারটির মুখ্য কুন্ডলীর পাকসংখ্যা 300 এবং রোধ 0.5Ω হলে গৌণ কুন্ডলীর পাক সংখ্যা ও রোধ নির্ণয় করুন। ১+৪=৫

পদার্থ বিজ্ঞান (ব্যবহারিক)

দ্বিতীয় পত্র

নমুনা প্রশ্ন

সময়- ২ ঘন্টা

পূর্ণমান-২৫

[দ্রষ্টব্য : দক্ষিণ পার্শ্বস্থ সংখ্যা প্রশ্নের পূর্ণমান জ্ঞাপক]

- ১। নিম্নের যে কোন একটি পরীক্ষণ সম্পন্ন করুন। ১৫
- ক) $\frac{1}{u}$ বনাম $\frac{1}{v}$ লেখচিত্রের সাহায্যে অবতল দর্পণের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় করুন।
- খ) লেখচিত্রের সাহায্যে $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ ব্যবহার করে উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ও ক্ষমতা নির্ণয় করুন।
- গ) সহায়ক পদ্ধতিতে অবতল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ও ক্ষমতা নির্ণয় করুন।
- ঘ) I বনাম D লেখচিত্র অংকন করে ন্যূনতম বিচ্যুতি কোণ এবং প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাংক নির্ণয় করুন।
- ঙ) কম্পন ম্যাগটোমিটারের সাহায্যে MH নির্ণয় করুন।
- চ) ওহমের সূত্রের সত্যতা যাচাই করুন।
- ছ) মিটার ব্রীজের সাহায্যে প্রদত্ত তারের উপাদানের আপেক্ষিক রোধ নির্ণয় করুন।
- জ) পোস্ট অফিস বক্সের সাহায্যে রোধের শ্রেণী অথবা সমান্তরাল সমন্বয়ের সূত্র যাচাই করুন।
- ঝ) পটেনশিওমিটার ব্যবহার করে দুটি কোষের তড়িচ্ছালক শক্তির তুলনা করুন।
- ঞ) একটি তড়িৎ কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ নির্ণয় করুন।
- ২। ব্যবহারিক খাতা ৫
- ৩। মৌখিক পরীক্ষা ৫