**একাদশ অধ্যায়**

**বৈদ্যুতিক পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স ও তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক ( Heating effect on resistance on electric conductor)**

সকল কাজেই তাপমাত্রার পরিবর্তনের প্রভাব অনেক বেশী। কোন পরিবাহীর রোধ তার তাপমাত্রার উপর অনেকটা নির্ভরশীল। তাপমাত্রার তারতম্যের কারণে রেজিস্ট্যান্সও বাড়ে বা কমে। এতে পরিবাহির দৈর্ঘ্যেরও পরিবর্তন ঘটে। প্রবাহিত কারেন্টের তারতম্য দেখা দেয়।

]

**১১.১ বিদ্যুৎ পরিবাহির রোধের সাথে তাপমাত্রার সম্পর্ক বা রেজিস্ট্যান্সের উপর তাপমাত্রার প্রভাব**

পরিবাহীর রোধ তার তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। তাপমাত্রার তারতম্যের কারণে রেজিস্ট্যান্স বাড়ে বা কমে। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি পায় এবং তাপমাত্রা হ্রাস পেলে পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স হ্রাস পায়। যেমন, তামার ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধিপায় এবং তাপমাত্রা হ্রাস পেলে রেজিস্ট্যান্সও কমে যায়। কিছু কিছু পদার্থের ক্ষেত্রে এর ব্যতিক্রম ঘটে। যেমন কার্বন। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে কার্বনের রেজিস্ট্যান্স কমে।

**বিশুদ্ধ ধাতব পদার্থের উপর তাপমাত্রার প্রভাব**

বিশুদ্ধ ধাতব পদার্থের তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে সমানুপাতিক হারে রেজিস্ট্যান্স বাড়ে।

**অপরিবাহী পদার্থের উপর তাপমাত্রার প্রভাব**

অপরিবাহী পদার্থের তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে রেজিস্ট্যান্স কমে যায়।

**শংকর ধাতুর উপর তাপমাত্রার প্রভাব:** শংকর ধাতুর তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি পাবে, তবে তা সমানুপাতিক হারে ঘটবে না।

**তাপমাত্রা বনাম রোধের লেখচিত্র**

চিত্রে তামার তাপমাত্রা বনাম রোধের গ্রাফ দেখানো হয়েছে, যা মোটামুটি সরল রেখা। আনুভূমিক অক্ষে তাপমাত্রা এবং উলম্ব অক্ষে রোধ ধরা হয়েছে।



চিত্র ১১.১: তাপমাত্রা বনাম রোধের গ্রাফ (তামার ধাতুর জন্য)

00C তাপমাত্রায় তামার রোধ R0। এখন তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে :0C করা হলে রোধ বৃদ্ধি পেয়ে R: হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে রোধ বৃদ্ধি CD সরলরেখা দ্বারা উর্ধ্বমুখী দেখানো হয়েছে। এখন যদি তাপমাত্রা আসেত্ম আসেত্ম কমানো হয়, তাহলে CD সরলরেখা উলম্ব অক্ষের বাম দিকে ধীরে ধীরে নেমে যাবে এবং এক পর্যায়ে তাত্ত্বিকভাবে (:heori:ically) তাপমাত্রা অক্ষের 234.50C-এ, A বিন্দুতে রেখাটি ছেদ করবে। অর্থাৎ 234.50C তাপমাত্রায় তামার রোধ শূন্য হবে।

কিন্তু বাসত্মবে 234.50C তাপমাত্রার আগেই B বিন্দুতে রেখাটি শূন্যের দিকে না এসে কিছুটা অন্য দিকে সরে যায়। অর্থাৎ তাপমাত্রা যতই কমানো হোক না কেন তামার রোধ কষনও শূন্য মানে যাবে না।

**১১.২ টেম্পারেচার কোয়েফিসিয়েন্ট (তাপমাত্রা সহগ)** **এর সংজ্ঞা**

**তাপমাত্রা সহগ বা টেম্পারেচার কোয়েফিসিয়েন্ট:**  কোন পদার্থের আদি রোধ প্রতি ডিগ্রী সেলসিয়াস তাপমাত্রা পরিবর্তনে প্রতি একক ওহমে যতটুকু বৃদ্ধি পায় বা হ্রাস পায় তাকে উক্ত পদার্থের রোধের তাপমাত্রা গুণাংক বা তাপমাত্রা-সহগ বা **টেম্পারেচার কোয়েফিসিয়েন্ট**  বলে।

অন্যভাবে, 00C থেকে 10C উষ্ণতা পরিবর্তনের ফলে কোন পদার্থের রোধ যতটুকু পরিবর্তিত হয় তাকে ঐ পদার্থের রোধের তাপমাত্রার সহগ বা উষ্ণতা গুণাংক বলে। একে গ্রীক অক্ষর  দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

গাণিতিকভাবে R: = R0 (1+0)

উদাহরণ: 

A

B

চিত্র ১১.২: দু’প্রামেত্ম বিভব পার্থক্য সহ একটি তামার তার।

মনে করি, AB একটি তামার তার। যে কোন তাপমাত্রায় এর রোধ 1 , এর তাপমাত্রা 10 C বৃদ্ধি করা হলে রোধ বৃদ্ধি পেয়ে 1.00393 হলো। বৃদ্ধিপ্রাপ্ত রোধ = 1.00393 – 1 = 0.00393 = 3.93  10-3.

সুতরাং তামার রোধের তাপমাত্রা গুণাংক, cu = 3.93  10-3 /0C.

রোধের তাপমাত্রা গুণাংকের একক হলো প্রতি ডিগ্রী সেলসিয়াস ( /0C)

তাপমাত্রা সহগ দুই প্রকার। যথা ু ক. পজিটিভ তাপমাত্রা সহগ, খ. নেগেটিভ তাপমাত্রা সহগ।

**পজিটিভ তাপমাত্রা-সহগ**

কোন একক রেজিস্ট্যান্সের ধাতুকে 10C পর্যমত্ম তাপিত করলে বা 10C পর্যমত্ম তাপ কমাইয়ে দিলে যতটুকু পরিমাণ রেজিস্ট্যান্স বাড়ে বা কমে তাকে পজিটিভ তাপমাত্রা সহগ বলে। রূপা, সোনা, তামা ইত্যাদি ধাতু এবং ব্রোঞ্জ, পিতল ইত্যাদি শংকর ধাতুর ক্ষেত্রে পজিটিভ তাপমাত্রা-সহগ হয়ে থাকে।

**নেগেটিভ তাপমাত্রা সহগ**

একক রেজিস্ট্যান্সের কোন অধাতু বা অমত্মরকের তাপমাত্রা 10C পর্যমত্ম বৃদ্ধি করলে বা হ্রাস করলে যতটুকু রেজিস্ট্যান্স বাড়ে বা কমে তাকে নেগেটিভ তাপমাত্রা-সহগ বলে।

যেমন**,** রাবার, কাগজ ও মাইকা ইত্যাদি পদার্থের ক্ষেত্রে নেগেটিভ তাপমাত্রা সহগ হয়।

**১১.৩ তাপমাত্রা হ্রাস-বৃদ্ধির সাথে রেজিস্ট্যান্সের সম্পর্ক**

মনে করি, 00C তাপমাত্রায় কোন পরিবাহীর রোধ R0 এবং t0C তাপমাত্রায় ঐ পরিবাহীর রোধ Rt।

সুতরাং, পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি R = Rt  R0 এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি = (t  0)। এই রোধবৃদ্ধির পরিমাণ নির্ভর করে ক. তাপমাত্রা বৃদ্ধির আগের রোধের উপর ও খ. তাপমাত্রা বৃদ্ধির উপর এবং গ. পরিবাহী পদার্থের উপাদানের গুণাগুণের উপর।

কাজেই আমরা লিখতে পারি,

(Rt  R0)  R0t

বা, Rt  R0 = R0t

( একটি সমানুপাতিক ধ্রবক, একে পরিবাহীর রোধের তাপমাত্রা গুণাংক বলে।)

বা, Rt = R0 + R0t

Rt = R0 (1 + t); সমীকরণটি তাপমাত্রা হ্রাস-বৃদ্ধির সাথে রেজিস্ট্যান্সের সম্পর্ক নির্দেশ করে।

সুতরাং, পজিটিভ তাপমাত্রা-সহগ এর ÿÿত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পরিবাহির রোধ বাড়ে আর নেগেটিভ তাপমাত্রা সহগ এর ÿÿত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পরিবাহির রোধ হ্রাস পায় বা কমে। ইহাই তাপমাত্রা হ্রাস-বৃদ্ধির সাথে রেজিস্ট্যান্সের সম্পর্ক।

**রোধের উপর তাপমাত্রার সর্ম্পকিত সমস্যার সমাধান**

সমস্যা-১

একটি পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 1.5 বর্গ সেন্টিমিটার এবং স্পেসিফিক রেজিস্ট্যান্স 00C এ প্রতি ঘন সেমি. এর 7.6 মাইক্রোওহম। যদি উক্ত পরিবাহীর তাপমাত্রা গুণাঙ্ক প্রতি ডিগ্রীতে 0.005 হয় তাহলে 500C তাপমাত্রা প্রতি কিলোমিটারে রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।

সমাধান

দেওয়া আছে, ক্ষেত্রফল, A = 1.5 বর্গসেমি.

00C তাপমাত্রায় 0 = 7.6  সেমি.

= 7.6  106 সেমি.

0= 0.005 /0C

: = 500C

50 = 0 (1 + 0

= 7.6  106 (1 + 0.005  50)-সেমি.

= 9.5  106-সেমি.

দৈর্ঘ্য, L = 1 কি.মি.

= 1000  100 সেমি.

= 1  105 সেমি.

R = ?

আমরা জানি, = 0.63

**উত্তর:** রেজিস্ট্যান্স 0.63 ওহম।

**সমস্যা-২**

**একটি পস্নাটিনাম কয়েলের রেজিস্ট্যান্স 400C তাপমাত্রায় 3.124 ওহম এবং 1000C তাপমাত্রায় 3.741 ওহম। তাহলে 00C তাপমাত্রায় কয়েলের রেজিস্ট্যান্স এবং 00C তাপমাত্রায় রোধের তাপমাত্রা গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।**

**সমাধান**

দেওয়া আছে, R40 = 3.124

t40 = 400C

R100 = 3.741

t100 = 1000C

R0 =?

0 =?

আমরা জানি,

R100 = R0 (1 + 0t100) ... ... (i)

R40 = R0 (1 + 0t40) ... ... (ii)

সমীকরণ (i) ও (ii) মান বসিয়ে পাই,

(i) হতে পাই, 3.741 = R0 (1 + 1000) ... (iii)

(ii) হতে পাই, 3.124 = R0 (1 + 400) ... (iv)

আবার, (iii) নং সমীকরণকে (iv) নং সমীকরণ দিয়ে ভাগ করে পাই,

1.1975 

বা, 1.1975 + 47.90 = 1 + 1000

বা, 0.1975 = 52.10

 0 = 

= 0.00379/0C

আমরা সমীকরণ (iii) হতে পাই, R0 = 



= 2.7128

**উত্তর:** রেজিস্ট্যান্স 2.7128 ওহম; গুণাংক 0.00379/0C

সমস্যা-৩

একটি পস্নাটিনাম তারের রোধ 450C এ 3.5 এবং 750C এ 3.85। 00C তাপমাত্রা সহগ কত?

গমাধান

দেওয়া আছে, R45 = 3.5, R75 = 3.85, 0 =?

আমরা জানি,

t45 = 450C, t75 = 750C

R75 = R0 (1+0t75)

বা, 3.85 = R0 (1 + 750) ... (i)

R45 = R0 (1 + 0t45)

বা, 3.5 = R0 (1 + 450) ... (ii)

এখন, সমীকরণ (i) কে (ii) নং দিয়ে ভাগ করে পাই,

* 1. = 

বা, 1.1 + 49.50 = 1 + 750

বা, 0.1 = 25.50

 0 = 

= 0.00392 = 0.0039/0C

উত্তর: তাপমাত্রা সহগ 0.0039/0C

**সমস্যা-৪**

**0C তাপমাত্রায় উপরিউক্ত তারটির রোধ মান কত?**

**সমাধান**

উপরিউক্ত ৩নং সমস্যার সমাধানে বর্ণিত সমীকরণ (i) হতে আমরা পাই,



বা, 

উত্তর: রোধ মান 2.97 ওহম।

**সমস্যা-৫**

**500C তাপমাত্রায় উপরিউক্ত তারটির তাপমাত্রা সহগ কত?**

**সমাধান**

৩নং সমস্যার সমাধান থেকে 00C তাপমাত্রা সহগ পাই,

0 = 3.92  103

আমরা জানি, 



= 0.0033/0C

উত্তর: তাপমাত্রার সহগ 0.0033/0C

**সমস্যা-৬**

**480C তাপমাত্রায় একটি তারের রোধ 35 এবং 600C তাপমাত্রায় এর রোধ 38 হলে 1000C তাপমাত্রায় উক্ত তারের রোধ মান কত?**

**সমাধান**

দেওয়া আছে, R48 =35, R60 = 38, R100 =?

R60 = R0 (1 + 600)

বা, 38 = R0 (1 + 600) ... (i)

এবং R48 = R0 (1 + 480)

বা, 35 = R0 (1 + 480) ... (ii)

এখন (i) নং সমীকরণকে (ii) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করে পাই,

38 = R0 (1 + 60  0.011)

বা, 

= 22.89

R100 = R0 (1 + 1000)

= 22.89 (1 + 100  0.011)

= 48.07

উত্তর: তারের রোধ মান 48.07

সমস্যা-৭

250C তাপমাত্রায় একটি তামার তারের রোধ 40। কত তাপমাত্রায় তারটির রোধ 75 হবে? (যখন 0 = 0.004)।

সমাধান

দেওয়া আছে, R25 = 40, R: = 75, 0 = 0.004/0C, t = ?

আমরা জানি, R: = R0 (1 + 0t) ... (i)

 R25 = R0 (1 + 250)

বা, R0 = 



= 36.36

এখন সমীকরণ (i) কে সমাধান করে বসিয়ে পাই,

1 + 0t = 

বা, 

বা, 



= 265.670C

উত্তর: তাপমাত্রা 265.670C

[Note: R0 এর মান দুই দশমিক স্থান পর্যমসংখ্যা নিলে তাপমাত্রা 265.620C হবে।]

**অনুশীলনী-১১**

**অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন**

১. তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে কোন পদার্থের রেজিস্ট্যান্স কমে?

২. তাপমাত্রা কমলে কোন পদার্থের রেজিস্ট্যান্স কমে?

৩. তামার আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স প্রতি ডিগ্রী সেলসিয়াস এ কত?

৪. কত ডিগ্রী সেলসিয়াস তাপামাত্রায় তামার রেজিস্ট্যান্স শূন্যের কাছাকাছি?

**গংক্ষিপ্ত প্রশ্ন**

১. তাপমাত্রার হ্রাস-বৃদ্বির ফলে রেজিস্ট্যান্সের উপর কি প্রভাব পড়ে?

২. বিশুদ্ধ ধাতব পদার্থের উপর তাপমাত্রার কি প্রভাব পড়ে?

৩. অপরিবাহী পদার্থের উপর তাপমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যা কর।

৪. শংকর ধাতুর উপর তাপমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যা কর।

৫. তাপমাত্রা-সহগ বলতে কি বোঝায়?

৬. পজিটিভ ও নেগেটিভ তাপমাত্রা সহগ বলতে কি বোঝায়?

**রচনামূলক প্রশ্ন**

১. রোধের পজিটিভ ও নেগেটিভ গুণাংক বলতে কি বোঝায়?

২. প্রমাণ কর যে, Rt = R0(1 + 0t), অক্ষরগুলি প্রচলিত অর্থ বহন করে।

৩. পরিবাহীর রোধের উপর তাপমাত্রার প্রভাব বর্ণনা কর।

৪. লেখচিত্রের সাহায্যে তাপমাত্রা ও রোধের মধ্যে সম্পর্ক উলেস্নখ কর।

৫. নিমণলিখিত পদার্থগুলির উপর তাপমাত্রার প্রভাব বর্ণনা কর-

ক. বিশুদ্ধ ধাতু; খ. শংকর ধাতু ও গ. অপরিবাহী পদার্থ।

সমস্যাবলী:

সমস্যা-১

একটি তামার তারের আপেক্ষিক রোধ 00C উষ্ণতায় 0.7  106-cm এবং রোধের তাপমাত্রা গুণাংক 4  103। যদি 300C উষ্ণতায় এর রোধ 50 হয় তাহলে তারটির দৈর্ঘ্য কত? (ব্যাস = 0.6mm)

উত্তর: তারটির দৈর্ঘ্য 1.8 কিলোমিটার।

সমস্যা-২

একটি পস্নাটিনাম তারের আপেক্ষিক রোধ 00C এ 8.95  106-cm এবং তাপমাত্রা সহগ 32  104, তারটির ব্যাস 0.0274 cm এবং 500C উষ্ণতায় রোধমান 7 হলে এর দৈর্ঘ্য কত?

উত্তর**:** দৈর্ঘ্য 400.29 সেমি.।

সমস্যা-৩

টাংসটেন তারের জন্য গড় উষ্ণতার গুণাংক 200C উষ্ণতায় 3.1  103 একটি বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেন্টের রোধ 200C উষ্ণতায় 9.7। প্রজ্জ্বলিত অবস্থায় এর রোধ 121 হলে প্রজ্জ্বলিত ফিলামেন্টের উষ্ণতা কত? উত্তর: প্রজ্জ্বলিত ফিলামেন্টের উষ্ণতা 3721.190C.

সমস্যা-৪

একটি ইনকেনাডিসেন্ট বাতির টাংস্ট্যান ফিলামেন্ট এর রেজিস্ট্যান্স কক্ষ তাপমাত্রায়(200C) 9.8 ।

বাতিটি যখন জ্বলতে থাকে, তখন উহার রেজিস্ট্যান্স 132 এ দাড়ায়। উত্তপ্ত ফিলামেন্টের তাপমাত্রা নির্ণয় কর। ( ট্যাংস্ট্যানের জন্য 20 = 0.0045) উত্তর: 2790.970C

সমস্যা-৫

কোন পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স 10 হতে 11 এ বৃদ্ধি করা হলো, যখন তাপমাত্রা 00C হতে 200C এ উন্নিত করা হয়। 00C তাপমাত্রায় উক্ত পরিবাহীর তাপমাত্রা সহগ কত? উত্তর: 0.005