ইউনিট-১২
চলতড়িৎ
CURRENT ELECTRICITY

ভূমিকা (Introduction)

আমরা স্থির তড়িৎ অধ্যায়ে জেনেছি, স্থির তড়িৎ বস্তুতে আবদ্ধ থাকে। ফলে এর শক্তি থাকলেও কোনো কাজ সম্পন্ন করতে পারে না। পরিবাহী দিয়ে চলমান তড়িৎ দ্বারা কাজ সম্পাদিত হয়। চলমান তড়িৎকে আমরা চলতড়িৎ বলি। তাই চলতড়িৎ দিয়ে আমরা কাজ করে থাকি। আধুনিক সভ্যতার মূল চাবিকাঠি হলো চলতড়িৎ। বিজ্ঞানের এই চরম উৎকর্ষতার যুগে চলতড়িৎ ব্যবহার ছাড়া আমরা জীবনযাত্রা কল্পনা করতে পারি না। চলতড়িৎ আমাদের বাতি জ্বালায়, পাখা ঘোরায়, কল কারখানার চাকা ঘোরায়, তাছাড়া টেলিফোন, রেডিও, টেলিভিশন, মোবাইল, ফ্রিজ, হিটার, ওভেন, কম্পিউটার, এসি ইত্যাদি প্রায় সকল যন্ত্র চালানোর জন্য আমাদের চলতড়িতের প্রয়োজন। এমনকি প্লেন, গাড়ী, বাস, কৃত্রিম উপগ্রহ, রকেট ইত্যাদি পরিচালনা ও নিয়ন্ত্রণের জন্য চলতড়িৎ প্রয়োজন। অন্য ভাবে বলতে গেলে কোথায় চলতড়িতের ব্যবহার নাই তা খুঁজে বের করা এখন কষ্টকর। মানুষের জীবনে সুখ-স্বচ্ছন্দে ভরে দিতে বিরাট ভূমিকা পালন করে চলেছে চলতড়িৎ। এ অধ্যায়ে আমরা চলতড়িৎ সম্পর্কে জানবো। চলতড়িৎ কিভাবে সৃষ্টি এবং সঞ্চালিত করা হয়, বিভিন্ন প্রকার বর্তনী ব্যবহার করে চলতড়িৎকে নিয়ন্ত্রন করে কাজের উপোযোগী করা যায়। কিভাবে বাসা বাড়িতে উপযোগী তড়িৎ বর্তনী তৈরী করে বাতি জ্বালানো, ফ্যান ঘোরানো, টিভি-ফ্রিজ ইত্যাদি চালানো যায়।

পাঠ ১ ঃ তড়িৎ প্রবাহ (Electricity)

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি -

১.তড়িৎ প্রবাহ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. তড়িৎ প্রবাহের দিক ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৩. স্থির তড়িৎ থেকে চল তড়িৎ সৃষ্টি বর্ণনা করতে পারবেন।
৪. পরিবাহী, অপরিবাহী ও অর্ধপরিবাহী ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

১২.১.১ তড়িৎ প্রবাহ (Electricity)

আমরা পূর্বের অধ্যায়ে দেখেছি যে যখন বস্তুতে ইলেকট্রনের বাড়তি বা ঘাটতি নাই অর্থাৎ যখন বস্তুটি আহিত নয় তখন তার বিভব শূন্য। কোনো বস্তু আধান দ্বারা আহিত হলে বা কোনো বস্তুতে আধান প্রদান করলে তার বিভব বৃদ্ধি পায়।

আমরা আরো দেখেছি যে, দুটি বস্তুতে সমান পরিমান আধান প্রদান করলেও উভয়ের বিভব সমান নাও হতে পারে। আধানের পরিমান ছাড়াও বস্তুর আকৃতি, অন্য বস্তুর উপস্থিতি ইত্যাদির উপর বিভব নির্ভর করে। যাহোক, যদি দুটি বস্তু ভিন্ন বিভবে থাকে এবং বস্তুদুটিকে কোনো পরিবাহী দিয়ে যুক্ত করা হয় তাহলে কি ঘটবে?

আমরা আপাতত দুটি ধরণের সিদ্ধান্ত নিতে পারি,

(১) হয় বেশী আধানের বস্তু থেকে কম আধানের বস্তুতে আধান প্রবাহিত হবে।

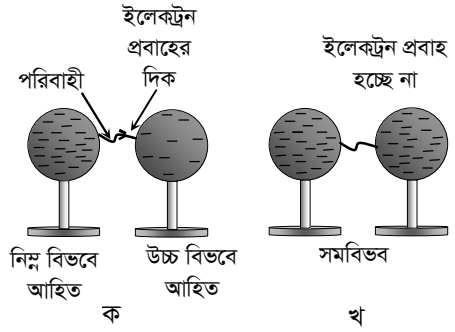
(২) নতুবা উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে আধান প্রবাহিত হবে।

আমরা জানি যে, পানি, অধিক উচ্চতা থেকে নিম্ন উচ্চতার দিকে প্রবাহিত হয়, পানির পরিমাণের উপর নির্ভর করে না। যেমন পাহাড়ের বরফ গলা পানি নদী দিয়ে প্রবাহিত হয়ে সমুদ্রের পানিতে পড়ে। সমুদ্রে এত পানি থাকা সত্ত্বেও নদী দিয়ে পাহাড়ে উঠেনা। একই ভাবে তাপ, উচ্চ তাপমাত্রা থেকে নিম্ন তাপমাত্রার দিকে প্রবাহিত হয়, তাপের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না। ঠিক তেমনি আধান, উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে প্রবাহিত হয়, আধানের পরিমাণের উপর নির্ভর

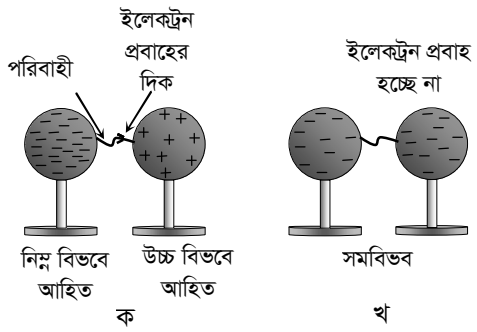
করে না। একেই আমরা চলতড়িৎ বলি। প্রতি সেকেন্ডে যে কোনো প্রস্থচ্ছেদের পরিবাহীর মধ্য দিয়ে যে পরিমাণ আধান প্রবাহ হয় তাকে তড়িৎ প্রবাহ বলে। তড়িৎ প্রবাহকে I দিয়ে প্রকাশ করা হয়। যদি যে কোনো প্রস্থচ্ছেদের পরিবাহীর মধ্য দিয়ে t সেকেন্ডে Q পরিমাণ আধান প্রবাহিত হয় তবে তড়িৎ প্রবাহ,

$$I = \frac{Q}{t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (১২.১)$$

তড়িৎ প্রবাহের একক $\frac{\text{কুলম্ব}}{\text{সেকেন্ড}}$ = অ্যাম্পিয়ার। একে A দিয়ে প্রকাশ করা হয়।



চিত্র ১২.১



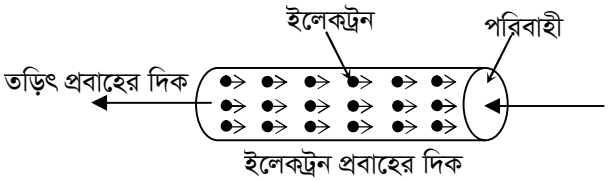
চিত্র ১২.২

১২.১.২ তড়িৎ প্রবাহের দিক (Direction of the Current)

আমরা জানি যে, কোনো নির্দিষ্ট বস্তুতে যত আধান দেয়া হবে তার বিভব তত বৃদ্ধি পাবে। সুতরাং একই আকারের দুটি বস্তুতে একই জাতীয় (ধনাত্মক অথবা ঋণাত্মক) সমমানের আধান প্রদান করলে বস্তু দুটিতে সমান বিভব সৃষ্টি হবে। কিন্তু ভিন্ন মানের আধান প্রদান করলে বস্তু দুটিতে ভিন্ন মানের বিভব সৃষ্টি হবে। এই অবস্থায় বস্তু দুটিকে কোনো পরিবাহী দিয়ে যুক্ত করলে উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে আধান প্রবাহিত হতে থাকবে (চিত্র ১২.১ ক)। যতক্ষণ বিভব পার্থক্য থাকবে ততক্ষণ আধান প্রবাহিত হবে। বস্তু দুটির বিভব সমান হলে আধান প্রবাহ বন্ধ হয়ে যাবে (চিত্র ১২.১ খ)। যদি একটি বস্তুকে ধনাত্মক আধানে এবং অপরটিকে ঋণাত্মক আধানে আহিত করে বস্তু দুটিকে কোনো পরিবাহী দিয়ে যুক্ত করলে ঋণাত্মক আধানে আহিত বস্তু থেকে ইলেকট্রন ধনাত্মক আধানে আহিত বস্তুর দিকে প্রবাহিত হয়ে পরস্পরকে প্রশমিত করার চেষ্টা করবে (চিত্র ১২.২ ক)। চিত্র ১২.২ ক-তে ধনাত্মক আধানের চেয়ে ঋণাত্মক আধানের পরিমাণ বেশী থাকায় পরস্পরকে প্রসমিত করার পর অতিরিক্ত ইলেকট্রনগুলো বস্তু দুটিতে সমভাবে বন্টিত হয়ে যাবে (চিত্র ১২.২ খ)।

আমরা পৃথিবীর বিভবকে শূন্য ধরে নিই। ফলে কোনো বস্তু যদি ঋণ আধানগ্রস্ত হয় অর্থাৎ ইলেকট্রনের আধিক্য ঘটে তবে তার বিভব পৃথিবীর সাপেক্ষে ঋণাত্মক। আবার কোনো বস্তু যদি ধন আধানগ্রস্ত হয় অর্থাৎ ইলেকট্রনের ঘাটতি ঘটে তবে তার বিভব পৃথিবীর সাপেক্ষে ধনাত্মক। আমরা পূর্বের ইউনিট থেকে জেনেছি যে, কোনো বস্তু আহিত হবার কারণ হলো হয় বস্তুতে ইলেকট্রনের বৃদ্ধি ঘটেছে নতুবা ঘাটতি ঘটেছে। এখানে প্রোটনের কোনো আদান প্রদান হয়না। অপর দিকে প্রথা অনুসারে আমরা ধনাত্মক মানকে উচ্চ এবং ঋণাত্মক মানকে নিম্ন ধরে থাকি। তাহলে, একটি ঋণ আধানগ্রস্ত বস্তু এবং অপরটি ধন আধানগ্রস্ত বস্তুকে পরিবাহী দিয়ে যুক্ত করলে ঋণ আধানগ্রস্ত বস্তু থেকে ইলেকট্রন ধন আধানগ্রস্ত বস্তুতে সঞ্চালিত হবে যতক্ষণ না বস্তু দুটির বিভব সমান হচ্ছে। অর্থাৎ ইলেকট্রন নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে সঞ্চালিত হচ্ছে। ইলেকট্রন আবিস্কার হবার প্রায় ২০০ বছর পূর্বে চলতড়িৎ আবিস্কার হয়েছে। তখন থেকেই বিজ্ঞানীদের ধারণা ছিল যে তড়িৎ উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে সঞ্চালিত হয়। সেই ধারণার ভিত্তি থেকেই চলতড়িতের সকল তত্ত্ব ব্যাখ্যা করা হয়। তাই তড়িৎ প্রবাহের প্রচলিত দিক ধরা হয় উচ্চতর বিভব থেকে নিম্নতর বিভবের দিকে। যখন তড়িৎ কোষের দুই পাতকে পরিবাহী তার দ্বারা সংযুক্ত করা হয় তখন তড়িৎ প্রবাহের প্রচলিত দিক ধনাত্মক পাত থেকে ঋণাত্মক পাতের দিকে ধরা হয়। কিন্তু যেহেতু তড়িৎ প্রবাহিত হয় ঋণাত্মক আধান অর্থাৎ ইলেকট্রনের প্রবাহের জন্য কাজেই তড়িৎ প্রবাহের প্রকৃত দিক বা ইলেকট্রন প্রবাহের দিক হবে নিম্নতর বিভব থেকে উচ্চতর বিভবের দিকে। অর্থাৎ তড়িৎ কোষের ক্ষেত্রে

ঋণাত্মক পাত থেকে ধণাত্মক পাতের দিকে। ফলে তড়িৎ প্রবাহের প্রকৃত দিক প্রচলিত দিকের বিপরীত। ১২.৩ চিত্রে পরিবাহকে ইলেকট্রন প্রবাহের দিক ও তড়িৎ প্রবাহের দিক দেখানো হলো।



চিত্র ১২.৩

আমরা জানলাম যে, যতক্ষণ পরিবাহীর দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য বজায় থাকবে ততক্ষণ পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হবে। পরিবাহীর দুই প্রান্তে বিভব সমান অর্থাৎ বিভব পার্থক্য শূন্য হলে তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ হয়ে যাবে। যদি কোনো প্রক্রিয়ায় পরিবাহীর দুই প্রান্তে বিভব অপরিবর্তিত রাখা যায় তাহলে আমরা নিরবচ্ছিন্ন তড়িৎ প্রবাহ পেতে পারি। পরিবাহীর দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য বজায় রাখার জন্য অনবরত শক্তি যোগান দেয়া প্রয়োজন। এই শক্তি যোগান দেয় তড়িৎ কোষ, ব্যাটারী, জেনারেটর ইত্যাদি। তড়িৎ কোষে রাসায়নিক শক্তি, জেনারেটরে যান্ত্রিক শক্তি এই বিভব পার্থক্য বজায় রাখে।

১২.১.৩ পরিবাহী, অপরিবাহী ও অর্ধপরিবাহী (Conductor, Bad conductor or Insulator and Semiconductor)

আমরা পূর্বের আলোচনায় পরিবাহী শব্দটি ব্যবহার করেছি। এর সাথে সম্পর্কিত পদার্থের আরো দুটি অপরিবাহী ও অর্ধপরিবাহী শব্দ আছে। যদিও আমরা এই শব্দগুলোর সাথে পরিচিত তবুও এরা প্রকৃতপক্ষে কি অর্থ বহন করে তা আমরা জানবো।

১। **পরিবাহী ঃ** যেসব পদার্থের মধ্য দিয়ে আধান সহজে প্রবাহিত হতে পারে সে সব পদার্থকে পরিবাহী বলে, যেমন-রুপা, তামা, লোহা ইত্যাদি। মূলতঃ সকল ধাতব পদার্থই পরিবাহী। পরিবাহী পদার্থে আধান প্রদান করলে আধানগুলো কোনো জায়গায় আবদ্ধ না থেকে সমস্ত পরিবাহীতে ছড়িয়ে পরে। তাই দুটি আহিত বস্তুকে কোনো পরিবাহী দিয়ে যুক্ত করলে সহজেই আধান এক বস্তু থেকে অপর বস্তুতে সঞ্চালিত হয়ে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে। পরিবাহী তড়িৎ প্রবাহে বাধা দান করে না বললেই চলে। পরিবাহী পদার্থকে তাপ প্রয়োগ করলে তড়িৎ প্রবাহে বাধা দান করার ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়।

২। **অপরিবাহী ঃ** যেসব পদার্থের মধ্য দিয়ে আধান প্রবাহিত হতে পারে না সে সব পদার্থকে অপরিবাহী বলে, যেমন-কাচ, কাঠ, প্লাস্টিক ইত্যাদি। মূলতঃ প্রায় সকল অধাতব পদার্থই অপরিবাহী। অপরিবাহী পদার্থে আধান প্রদান করলে আধান কোথাও সঞ্চালিত না হয়ে অপরিবাহী পদার্থের যে স্থানে আধান প্রদান করা হয় সে স্থানেই আবদ্ধ থাকে। তাই দুটি আহিত বস্তুকে কোনো অপরিবাহী দিয়ে যুক্ত করলে আধান এক বস্তু থেকে অপর বস্তুতে সঞ্চালিত হয় না, ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে না। অপরিবাহী তড়িৎ প্রবাহে বাধা দান করে।

৩। **অর্ধপরিবাহী ঃ** কিছু কিছু পদার্থ আছে যেমন- জার্মেনিয়াম, সিলিকন, যাদের তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা পরিবাহী এবং অপরিবাহী পদার্থের মাঝামাঝি অর্থাৎ যার মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ করতে পারে কিন্তু তা পরিবাহীর চেয়ে অনেক কম, কিন্তু অপরিবাহীর চেয়ে বেশী এদেরকে অর্ধপরিবাহী বলে। পরিবাহী এবং অর্ধ পরিবাহীর মধ্যে একটি গুরুত্বপূর্ণ পার্থক্য হলো, পরিবাহীর তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে তড়িৎ প্রবাহের ক্ষমতা হ্রাস পায়, কিন্তু অর্ধপরিবাহীর তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে তড়িৎ প্রবাহের ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। এর অর্থ হলো তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে পরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায় আর অর্ধপরিবাহীর রোধ হ্রাস পায়।

সার-সংক্ষেপঃ

তড়িৎ প্রবাহ ঃ প্রতি সেকেন্ডে যে কোনো প্রস্থচ্ছেদের পরিবাহীর মধ্য দিয়ে যে পরিমাণ আধান প্রবাহ হয় তাকে তড়িৎ প্রবাহ বলে।

পরিবাহী ঃ যেসব পদার্থের মধ্য দিয়ে আধান সহজে প্রবাহিত হতে পারে সে সব পদার্থকে পরিবাহী বলে। পরিবাহী পদার্থকে তাপ প্রয়োগ করলে তড়িৎ প্রবাহে বাধা দান করার ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়।

অপরিবাহী ঃ যেসব পদার্থের মধ্য দিয়ে আধান প্রবাহিত হতে পারে না সে সব পদার্থকে অপরিবাহী বলে।

অর্ধপরিবাহী ঃ যে পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ পরিবাহীর চেয়ে অনেক কম কিন্তু অপরিবাহীর চেয়ে বেশী এদেরকে অর্ধপরিবাহী বলে। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে অর্ধপরিবাহীর রোধ হ্রাস পায়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১২.১

সঠিক উত্তরের পাশে (√) চিহ্ন দিন।

১. দুটি আহিত বস্তুকে পরিবাহী দিয়ে যুক্ত করলে-

i. ইলেকট্রন নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে প্রবাহিত হয়।
ii. ইলেকট্রন ধন আধানে আহিত বস্তু থেকে ঋণ আধানে আহিত বস্তুর দিকে প্রবাহিত হয়।
iii. তড়িৎ প্রবাহ উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে প্রবাহিত হয়।

নীচের কোনটি সঠিক?

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

২. কোনটি সঠিক?

ক. পরিবাহীতে তড়িৎ প্রবাহ হয় না।
খ. পরিবাহীতে তাপ দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধি পায়।
গ. অপরিবাহী তড়িৎ প্রবাহে বাধা দান করে না।
ঘ. তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধপরিবাহীর রোধ হ্রাস পায়।

৩. দুটি চার্জিত সংযুক্ত বস্তুর মধ্যে চার্জ প্রবাহিত হতে থাকে যতক্ষণ না তাদের-

ক. চার্জ সমান হয় খ. বিভব সমান হয়
গ. ধারকত্ব সমান হয় ঘ. সঞ্চিত শক্তি সমান হয়

পাঠ ২ ঃ তড়িৎ বর্তনী (Electric Circuit)

উদ্দেশ্য

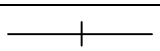
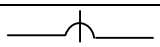
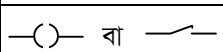
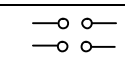
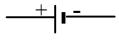
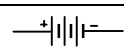
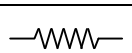
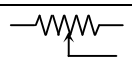
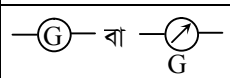
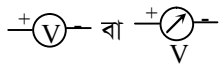
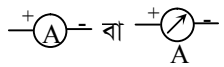
এই পাঠের শেষে আপনি -

১.তড়িৎ বর্তনী প্রবাহ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. তড়িৎ বর্তনীতে ব্যবহৃত তড়িৎযন্ত্র ও উপকরণসমূহের প্রতীক অঙ্কন করতে পারবেন।
৩. তড়িৎ বর্তনীতে তড়িৎ যন্ত্র ও উপকরণসমূহের শ্রেণি ও সমান্তরাল সংযোগ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

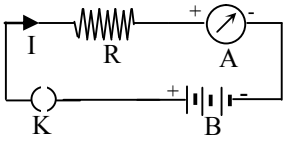
১২.২.১ তড়িৎ বর্তনী (Electric Circuit)

আমরা সবাই জানি, মোবাইলকে চার্জ দেয়ার সময় কিংবা টিভি, ফ্রিজ, রেডিও, ফ্যান ইত্যাদি চালাতে হলে বিদ্যুৎ লাইনের সাথে তার (পরিবাহী) দিয়ে যুক্ত করতে হয়। এই তার দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয়ে যন্ত্রগুলোকে চালনা করে। মূল বিষয় হলো, তামার তার দিয়ে সংযোগ করে তড়িৎ প্রবাহের একটি পথ করে দিই। তড়িৎ প্রবাহ চলার সম্পূর্ণ পথকে তড়িৎ বর্তনী বলে। যখন কোষ বা ব্যটারীর দুই প্রান্তে এক বা একাধিক রোধ, তড়িৎ যন্ত্র বা উপকরণের সাথে যুক্ত করা হয় তখন একটি তড়িৎ বর্তনী তৈরি হয়।

১২.২.২ তড়িৎ বর্তনীর বিভিন্ন উপকরণের প্রতীক (Symbols of different elemants used in eletric circuit) ঃ
তড়িৎ বর্তনীর চিত্র অংকন করার জন্য বিভিন্ন উপকরণের যে প্রতীক ব্যবহার করা হয় তার চিত্র নীচে দেয়া হলো।

নাম	প্রতীক	যে জন্য ব্যবহার করা হয়
পরিবাহী/পরিবাহী তার		বিভিন্ন উপকরণ যুক্ত করার জন্য
সংযুক্ত পরিবাহী তার		পরিবাহী তারে সংযোগ আছে বোঝানোর জন্য
সংযোগহীন পরিবাহী তার		পরিবাহী তারে সংযোগ নাই বোঝানোর জন্য
চাবি বা সুইচ		তড়িৎ প্রবাহ চালু বা বন্ধ করার জন্য
কম্যুটেটর		তড়িৎ প্রবাহের দিক পরিবর্তনের জন্য
কোষ		তড়িচ্চালক শক্তির উৎস পাবার জন্য
ব্যাটারী		বেশী তড়িচ্চালক শক্তি পাবার জন্য একাধিক কোষের সমবায়
রোধ		তড়িৎ প্রবাহে বাধা দেবার জন্য
পরিবর্তনশীল রোধ		বর্তনীতে প্রয়োজনীয় রোধ পরিবর্তন এবং কখনো কখনো তড়িৎ প্রবাহ নিয়ন্ত্রন করার জন্য
রিওয়েস্টেট		তড়িৎ প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করা এবং বিভব বিভাজনের জন্য
গ্যালভানোমিটার		বর্তনীর কোনো শাখায় তড়িৎ প্রবাহের অস্তিত্ব নিরূপণের জন্য বর্তনীতে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করতে হয়
ভোল্টমিটার		বর্তনীর কোনো শাখার রোধ বা তড়িৎ যন্ত্রের দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য পরিমাপের জন্য। যার বিভব পার্থক্য মাপতে হবে তার সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করতে হয়। এর ধনাত্মক প্রান্ত ব্যাটারীর ধন প্রান্তের দিকে এবং এর ঋণাত্মক প্রান্ত ব্যাটারীর ঋণ প্রান্তের দিকে যুক্ত করতে হয়। (ভোল্টমিটার উচ্চ রোধ বিশিষ্ট হয়।)
অ্যামমিটার		বর্তনীর কোনো শাখার রোধ বা তড়িৎ যন্ত্রের ভিতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ পরিমাপের জন্য যার তড়িৎ প্রবাহ মাপতে হবে তার সাথে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করতে হয়। এর ধনাত্মক প্রান্ত ব্যাটারীর ধন প্রান্তের দিকে এবং এর ঋণাত্মক প্রান্ত ব্যাটারীর ঋণ প্রান্তের দিকে যুক্ত করতে হয়। (অ্যামমিটার নিম্ন রোধ বিশিষ্ট হয়।)
ফিউজ		ফিউজ একটি সরু ও নিম্ন গলনাংকের তার। তারটি সরবরাহ লাইনের শ্রেণি সন্নিবেশে লাগানো হয়। বর্তনীতে প্রয়োজনের অতিরিক্ত তড়িৎ প্রবাহ হলে তারটি উত্তপ্ত হয়ে গলে গিয়ে বর্তনী বিচ্ছিন্ন করে দেয়।

১২.৪ চিত্রে একটি তড়িৎ বর্তনী দেখানো হলো।
বর্তনীটিতে চাবি K কে বন্ধ করলেই ব্যাটারী B এর ধনাত্মক প্রান্ত থেকে তড়িৎ প্রবাহ চাবি অতিক্রম করে রোধ R ও অ্যামমিটার A এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে ব্যাটারী B এর ঋণাত্মক প্রান্তে আসবে। অ্যামমিটার A এর ধন প্রান্ত ব্যাটারীর ধনাত্মক প্রান্তের দিকে এবং ঋণ প্রান্ত ব্যাটারীর ঋণাত্মক প্রান্তের দিকে যুক্ত আছে।



চিত্র ১২.৪

১২.২.৩ বর্তনী সংযোগ (Circuit Connection)

আমরা জেনেছি যে, বর্তনীতে তড়িৎ উৎসের দুই প্রান্তের সাথে এক বা একাধিক উপকরণ সংযোগ করে বর্তনী তৈরি করা হয়। বর্তনীর উপকরণগুলোকে পরস্পরের সাথে প্রধানতঃ দুই ভাবে যুক্ত করা যায়। এই সংযোগগুলো হলো

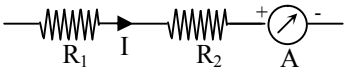
১. শ্রেণি সংযোগ (Series connection) এবং

২. সমান্তরাল সংযোগ (Parallel connection)।

১. শ্রেণি সংযোগ ঃ যদি রোধ ও অন্যান্য উপকরণগুলোকে (যেমনঃ চাবি, গ্যালভানোমিটার, অ্যামমিটার ইত্যাদি) পরস্পরের সাথে এমন পরিবাহী দিয়ে যুক্ত করা হয় যেন একটির পর একটি পর্যায়ক্রমে যুক্ত থাকে অর্থাৎ প্রথমটির শেষ প্রান্তের সাথে দ্বিতীয়টির প্রথম প্রান্ত, দ্বিতীয়টির শেষ প্রান্তের সাথে তৃতীয়টির প্রথম প্রান্ত এই ভাবে ক্রমান্বয়ে সংযুক্ত থাকে তবে এই সংযোগকে শ্রেণি সংযোগ বলে। যেহেতু শ্রেণি সংযোগে যুক্ত সকল উপকরণগুলোর একটি মাত্র তড়িৎ প্রবাহের পথ তৈরী করে সেহেতু সকল উপকরণগুলোর মধ্য দিয়ে সমান পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ হয়। কিন্তু উপকরণগুলো প্রত্যেকের দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য ভিন্ন হতে পারে।

নীচে দুটি রোধ ও একটি অ্যামমিটারের শ্রেণি সংযোগ দেখানো হলো (চিত্র ১২.৫ক)।

চিত্রে লক্ষ্য করুন R_1 রোধের ডান প্রান্তের সাথে R_2 রোধের বাম প্রান্ত যুক্ত আছে এবং R_2 রোধের ডান প্রান্তের সাথে A অ্যামমিটারের বাম প্রান্ত যুক্ত। যেহেতু তড়িৎ প্রবাহের পথ একটি, তাই সকল উপকরণের মধ্য দিয়ে একই I পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ হচ্ছে। R_1 ও R_2 এর মান ভিন্ন হলে প্রত্যেকের দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য ভিন্ন হবে।



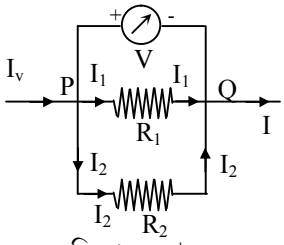
চিত্র ১২.৫ক

২. সমান্তরাল সংযোগ ঃ যদি রোধ ও অন্যান্য উপকরণগুলোকে (যেমনঃ গ্যালভানোমিটার, ভোল্টমিটার ইত্যাদি) পরস্পরের সাথে এমন ভাবে যুক্ত করা হয় যেন প্রত্যেকটির এক প্রান্তগুলো একটি সাধারণ বিন্দুতে এবং অপর প্রান্তগুলো অপর একটি সাধারণ বিন্দুতে যুক্ত থাকে তবে এই প্রকার সংযোগকে সমান্তরাল সংযোগ বলে।

যেহেতু সমান্তরাল সংযোগে যুক্ত সকল উপকরণগুলো দুই প্রান্ত দুটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে যুক্ত হয় সেহেতু সকল উপকরণগুলোর দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য সমান থাকবে। ভিন্ন ভিন্ন উপকরণের মধ্য দিয়ে ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ হবে।

১২.৫খ চিত্রে দুটি রোধ ও একটি ভোল্টমিটারের সমান্তরাল সংযোগ দেখানো হলো।

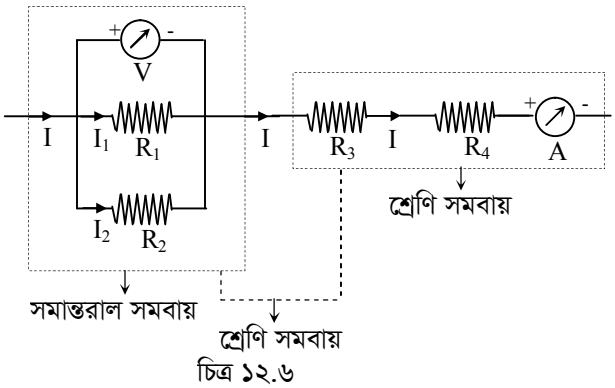
চিত্রে লক্ষ্য করুন ভোল্টমিটার, R_1 ও R_2 রোধের বাম প্রান্ত একত্রে P বিন্দুতে এবং ডান প্রান্ত একত্রে Q বিন্দুতে যুক্ত আছে। যেহেতু রোধ দুটি সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত সেহেতু এদের দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য সমান। এই সমবায়ে P সংযোগ বিন্দুতে I তড়িৎ প্রবাহ এসে R_1 ও R_2 রোধের মধ্য দিয়ে যথাক্রমে I_1 ও I_2 অংশে বিভক্ত হয়েছে এবং Q সংযোগ বিন্দুতে এসে আবার I তড়িৎ প্রবাহ হয়েছে।



চিত্র ১২.৫খ

এছাড়াও আরো একটি সংযোগ আছে। যদি কোনো বর্তনীতে ভিন্ন ভিন্ন উপকরণের কিছু অংশ শ্রেণি সমবায়ে এবং কিছু অংশ সমান্তরাল সমবায়ে সংযুক্ত থাকে তাকে মিশ্র সংযোগ বলে।

১২.৬ চিত্রে একটি মিশ্র সংযোগের চিত্র দেখানো হলো।



চিত্র ১২.৬

সার-সংক্ষেপঃ

তড়িৎ বর্তনী ঃ তড়িৎ প্রবাহ চলার সম্পূর্ণ পথকে তড়িৎ বর্তনী বলে।
যখন কোষ বা ব্যটারীর দুই প্রান্তে এক বা একাধিক রোধ, তড়িৎ যন্ত্র বা উপকরণের সাথে যুক্ত করা হয় তখন একটি তড়িৎ বর্তনী তৈরি হয়।
বর্তনী সংযোগ ঃ বর্তনী সংযোগ দুই প্রকার, যথা- ১. শ্রেণি সংযোগ ও ২. সমান্তরাল সংযোগ।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১২.২

সঠিক উত্তরের পাশে (√) চিহ্ন দিন।
১. নীচে কোনটি রিওয়েস্টেটের প্রতীক?
ক. খ. গ. ঘ.
২. একটি তড়িৎ বর্তনীতে-
i. ভোল্টমিটারের ধনাত্মক প্রান্ত ব্যাটারীর ধন প্রান্তের দিকে এবং এর ঋণাাত্মক প্রান্ত ব্যাটারীর ঋণ প্রান্তের দিকে যুক্ত করতে হয়।
ii. বর্তনীর কোনো শাখার রোধের ভিতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ পরিমাপের জন্য যার তড়িৎ প্রবাহ মাপতে হবে তার সাথে অ্যামমিটার শ্রেণি সংযোগে যুক্ত করতে হয়।
iii. তড়িৎ প্রবাহ চালু বা বন্ধ করার জন্য চাবি ব্যবহার করা হয়।
নীচের কোনটি সঠিক?
ক. i ও ii খ. ii ও iii গ. i ও iii. ঘ. i, ii ও iii

পাঠ ৩ ঃ ও'মের সূত্র (Ohm's Law)

উদ্দেশ্য

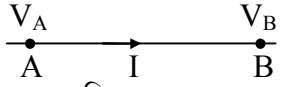
এই পাঠের শেষে আপনি -

১. ও'মের সূত্র বর্ণনা করতে পারবেন।
২. তড়িচ্চালক শক্তি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৩. সরল বর্তনীতে ও'মের সূত্র প্রয়োগ করে তড়িৎ প্রবাহের রাশিমালা নির্ণয় করতে পারবেন।
৪. তড়িচ্চালক শক্তি এবং বিভব পার্থক্যের সম্পর্ক ও পার্থক্য বর্ণনা করতে পারবেন।

১২.৩.১ ও'মের সূত্র (Ohm's Law)

আমরা এই ইউনিটের প্রথম পাঠে জানলাম যে, দুটি ভিন্ন বিভবে আহিত বস্তুকে কোনো পরিবাহী দিয়ে যুক্ত করলে উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। অর্থাৎ বিভব পার্থক্য থাকলে পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ হয়। পরিবাহীর আকৃতি, উপাদান ও তাপমাত্রার উপর তড়িৎ প্রবাহের পরিমাণ নির্ভর করে। নির্দিষ্ট পরিবাহীর তাপমাত্রা স্থির থাকলে এর মধ্য দিয়ে যে তড়িৎ প্রবাহ হয় তা শুধু এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের উপর নির্ভরশীল। অর্থাৎ বিভব পার্থক্য যত বেশী থাকে তড়িৎ প্রবাহ তত বেশী হয়। পরিবাহীর মধ্য দিয়ে কি পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ হবে সে সম্পর্কে জর্জ ও'ম (১৭৮৬-১৮৫৪) একটি সূত্র প্রদান করেন। একে ও'মের সূত্র বলে।

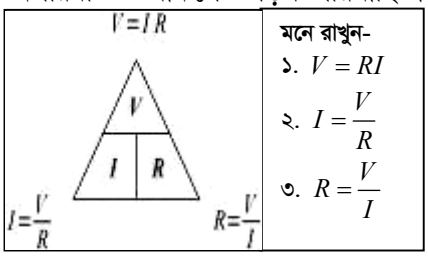
ও'মের সূত্র ঃ স্থির তাপমাত্রায় যে কোনো নির্দিষ্ট পরিবাহীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক।



চিত্র ১২.৭

ব্যাখ্যা ঃ মনে করি, AB একটি পরিবাহী (চিত্র ১২.৭)। এর A ও B প্রান্তে বিভব যথাক্রমে V_A ও V_B। ধরি $V_A > V_B$। তাহলে তড়িৎ প্রবাহ A থেকে B প্রান্তের দিকে প্রবাহিত হবে। দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য $V = V_A - V_B$। স্থির তাপমাত্রায় এই পরিবাহীর ভিতর দিয়ে I পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ হলে ও'মের সূত্রানুসারে, $I \propto V$

বা, $I = GV$ এখানে G একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। একে পরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতা (conductance) বলে। পরিবাহিতার একক সিমেন্স। পরিবাহীর তাপমাত্রা ও অন্যান্য ভৌত অবস্থা অপরিবর্তিত থাকলে তড়িৎ পরিবাহিতা অপরিবর্তিত থাকে।



সুতরাং $V = \frac{1}{G} I$

বা, $V = RI$ ... ... (১২.২)

এখানে, $R = \frac{1}{G}$ = পরিবাহীর রোধ। পরিবাহীর যে ধর্মের জন্য তড়িৎ প্রবাহে বাধা দেয় তাকে রোধ বলে। পরিবাহীর তাপমাত্রা ও অন্যান্য ভৌত অবস্থা অপরিবর্তিত থাকলে রোধ অপরিবর্তিত থাকে। এর একক ও'ম। একে গ্রীক অক্ষর Ω দিয়ে প্রকাশ করা হয়। কোনো পরিবাহীর দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য 1V হলে যদি পরিবাহীর মধ্য দিয়ে 1A তড়িৎ প্রবাহ হয় তবে পরিবাহীর রোধ (১২.২) সমীকরণ থেকে বের করা যায়।

এখানে, $V = 1\text{V}$ এবং $I = 1\text{A}$। হলে, $V = RI$ সমীকরণে

মান বসালে, $1 = R \times 1$ বা, $R = 1\Omega$

সুতরাং, পরিবাহীর দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য 1V হলে যদি এর মধ্য দিয়ে 1A তড়িৎ প্রবাহ হয় তবে পরিবাহীর রোধ 1Ω।

গাণিতিক উদাহরণ ১২.১। একটি 4Ω রোধের পরিবাহিতা কত?

দেয়া আছে,
রোধ, $R = 4\Omega$
পরিবাহিতা, $G = ?$

সমাধান ঃ আমরা জানি, $R = \frac{1}{G}$ বা, $G = \frac{1}{R}$

মান বসালে, $G = \frac{1}{4} = 0.25$ সিমেন্স।

উত্তরঃ 0.25 সিমেন্স।

গাণিতিক উদাহরণ ১২.২ ঃ একটি পরিবাহী তারের পরিবাহিতা 0.5 সিমেন্স হলে পরিবাহীর রোধ কত?

দেয়া আছে,
পরিবাহিতা, $G = 0.5$ সিমেন্স
রোধ, $R = ?$

সমাধান ঃ আমরা জানি, $R = \frac{1}{G}$

মান বসালে, $R = \frac{1}{0.5} = 2\Omega$

উত্তরঃ 2Ω

১২.৩.২ তড়িচ্চালক শক্তি (Electromotive Force)

আমরা জেনেছি, বিভব পার্থক্য থাকলেই শুধু মাত্র তড়িৎ প্রবাহ হয়, তাই আমরা যদি তড়িৎ প্রবাহ অবিচ্ছিন্ন রাখতে চাই তাহলে সর্বদা বিভব পার্থক্য বজায় রাখতে হবে। দুটো গোলককে ভিন্ন আধানে আহিত করে পরিবাহী দিয়ে যুক্ত করলে তড়িৎ প্রবাহ শুরু হবার সাথে সাথে বিভবের পার্থক্য কমতে থাকবে এবং দ্রুত দুটি বিভব সমান হয়ে যাবে। সুতরাং অবিচ্ছিন্ন তড়িৎ প্রবাহ পেতে হলে এমন একটি উৎস দরকার যা এমন একটি বিভব পার্থক্য তৈরি করে দেবে যেন তড়িৎ প্রবাহ হলেও তার পার্থক্য কমে না যায়।

আমরা তড়িৎ উৎস হিসাবে তড়িৎ কোষ ব্যবহার করি। তড়িৎ কোষ রাসায়নিক শক্তিকে তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তর করে। উৎস হিসাবে আমরা জেনারেটর ব্যবহার করি। জেনারেটর চৌম্বক ক্ষেত্রের উপস্থিতিতে যান্ত্রিক শক্তিকে তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তর করে। কোনো বর্তনীতে তড়িৎ কোষ যুক্ত করলে কোষের বিভব পার্থক্যের জন্য কোষের উচ্চ বিভব প্রান্ত থেকে আধান বর্তনীতে প্রবাহিত হয়ে নিম্ন বিভব প্রান্তের দিকে যায় এবং কোষ তার রাসায়নিক শক্তি খরচ করে নিম্ন বিভব প্রান্ত থেকে আধানকে উচ্চ বিভব প্রান্তে পাঠিয়ে বিভব পার্থক্য বজায় রাখে। সুতরাং বর্তনীতে অবিছিন্ন তড়িৎ প্রবাহের জন্য একটা কোষের অনবরত আধানকে কম বিভব থেকে বেশি বিভবে প্রেরণের জন্য শক্তির প্রয়োজন হয়।

কোষ বা উৎসকে এক কুলম্ব পরিমাণ আধানকে তার নিম্ন বিভব প্রান্ত থেকে উচ্চ বিভব প্রান্তে আনতে যে পরিমান কাজ সম্পন্ন করতে হয় সেটাই হচ্ছে কোষ বা উৎসের তড়িচ্চালক শক্তির পরিমাণ। একে E দিয়ে প্রকাশ করা হয়। এর একক ভোল্ট (V)। যদি কোনো কোষ বা উৎসের ভিতরে Q পরিমাণ আধান কম বিভব প্রান্ত থেকে বেশি বিভব প্রান্তে আনতে W পরিমাণ কাজ করতে হয় তাহলে,

এই কোষ বা উৎসের তড়িচ্চালক শক্তি, $E = \frac{W}{Q}$ ... ... (১২.৩)

যেহেতু কাজের একক জুল (J) এবং আধানের একক কুলম্ব (C), সেহেতু তড়িচ্চালক শক্তির একক JC^{-1} অর্থাৎ ভোল্ট (V)।

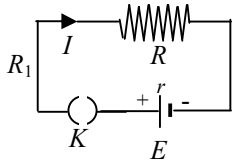
আমরা দেখলাম বর্তনীর মধ্য দিয়ে যে পরিমাণ আধান প্রবাহিত হয়, বিভব পার্থক্য বজায় রাখার জন্য কোষ বা উৎসকে সেই পরিমাণ আধান নিম্ন বিভব প্রান্ত থেকে উচ্চ বিভব প্রান্তে পাঠাতে হয়। সুতরাং আমরা তড়িচ্চালক শক্তির নিম্নরূপ সংজ্ঞা দিতে পারি।

এক কুলম্ব আধানকে কোষ বা উৎস সমেত কোনো বর্তনীর এক বিন্দু থেকে সম্পূর্ণ ঘুরিয়ে আবার ঐ বিন্দুতে আনতে যে পরিমান কাজ সম্পন্ন করতে হয় তাকে ঐ কোষ বা উৎসের চালক শক্তি বলে।

একটি কোষের চালক শক্তি 1.5J বলতে বুঝায় যে, 1C আধানকে কোষ সমেত কোনো বর্তনীর এক বিন্দু থেকে সম্পূর্ণ ঘুরিয়ে আবার ঐ বিন্দুতে আনতে 1.5J পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করতে হয়।

কোনো বর্তনীতে কোষের তড়িচ্চালক শক্তি কোষসহ বর্তনীর বিভিন্ন অংশে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি করে। এই বিভব পার্থক্যকে বিভব পতন বলে। বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ চলা কালে কোষসহ বর্তনীর বিভিন্ন অংশে বিভব পতনের সমষ্টি হলো কোষের তড়িচ্চালক শক্তি।

তড়িৎ কোষের সাহায্যে কোন বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ করলে বর্তনীতে কোষের ধন পাত থেকে ঋণ পাতে এবং কোষের অভ্যন্তরে ঋণ পাত থেকে ধন পাতে তড়িৎ প্রবাহ হয়। পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী রাসায়নিক পদার্থ তড়িৎ প্রবাহে যে বাধার সৃষ্টি করে তাকে কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ বলে।



চিত্র ১২.৮

r অভ্যন্তরীণ রোধ ও E তড়িচ্চালক শক্তির একটি কোষের সাথে একটি চাবি K ও একটি রোধ R শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করা হলো। চাবি বন্ধ করলে, ধরা যাক, বর্তনীতে I পরিমান তড়িৎ প্রবাহ হচ্ছে। ফলে ও'মের সূত্রানুসারে রোধের দুই প্রান্তে বিভব পতন $V = RI$ এবং কোষের অভ্যন্তরীণ রোধের বিভব পতন rI ।

তাহলে, $E = RI + rI$ ... ... (১২.৪)

বা, $E = I(R+r)$

$\therefore I = \frac{E}{R+r}$ ... ... (১২.৫)

আবার, $E = V + rI$ ... ... (১২.৬)

এখানে rI হলো কোষের অভ্যন্তরীণ রোধের মধ্যে বিভব পতন। একে হারানো বিভব বা সুপ্ত বিভব বলে। যেহেতু R রোধটি কোষের দুই প্রান্তে যুক্ত, সেহেতু তড়িৎ প্রবাহ চলাকালীন কোষের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য এবং R রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V সমান। সুতরাং V বা RI হলো প্রাপ্ত বিভব।

বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ না হলে (১২.৬) নং সমীকরণে $I = 0$ বসালে, $E = V$। সুতরাং খোলা বর্তণীতে কোষের দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্যই হলো ঐ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি। সুতরাং খোলা বর্তনীতে অর্থাৎ বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ না হলে কোষের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যই কোষের তড়িচ্চালক শক্তি।

গাণিতিক উদাহরণ ১২.৩। একটি কোষের তড়িচ্চালক শক্তি 1.5V। এর সাথে 10Ω রোধ যুক্ত করলে রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 1.4V পাওয়া যায়। কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ কত?

সমাধান ঃ

দেয়া আছে,
কোষের তাড়িচ্চালক শক্তি, $E = 1.5\,\text{V}$
রোধ, $R = 10\Omega$
বিভব পার্থক্য, $\text{V} = 1.4\,\text{V}$
$r = ?$

আমরা জানি, $V = RI$

বা, $I = \frac{V}{R} = \frac{1.4}{10} = 0.14\text{A}$

আবার আমরা জানি, $E = V + rI$

বা, $r = \frac{E - V}{I}$

মান বসালে, $r = \frac{1.5 - 1.4}{0.14} = \frac{0.1}{0.14} = 0.7\Omega$

উত্তর : 0.7Ω

গাণিতিক উদাহরণ ১২.৪। 1Ω অভ্যন্তরীণ রোধ ও 1.5V তড়িচ্চালক শক্তি একটি কোষের সাথে 9Ω রোধ যুক্ত করলে তড়িৎ প্রবাহ কত হবে?

সমাধান ঃ

দেয়া আছে,
তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 1.5\,\text{V}$
রোধ, $R = 9\Omega$
তড়িৎ প্রবাহ, $r = 1\Omega$
$I = ?$

আমরা জানি, $E = RI + rI$

বা, $E = I(R + r)$

বা, $I = \frac{E}{R + r}$

মান বসালে, $I = \frac{1.5}{9 + 1} = 0.15\text{A}$

উত্তরঃ 0.15 A

সার-সংক্ষেপঃ

ও'মের সূত্র ঃ স্থির তাপমাত্রায় যে কোন নির্দিষ্ট পরিবাহীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক।

তড়িচ্চালক শক্তি ঃ কোষ বা উৎসকে এক কুলম্ব পরিমান আধানকে তার নিম্ন বিভব প্রান্ত থেকে উচ্চ বিভব প্রান্তে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করতে হয় তাকে কোষ বা উৎসের তড়িচ্চালক শক্তি বলে। একে E দিয়ে প্রকাশ করা হয়। এর একক ভোল্ট (V)। খোলা বর্তনীতে কোষের দুই প্রান্তের মধ্যবর্তী বিভব পার্থক্যই কোষের তড়িচ্চালক শক্তি।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১২.৩

সঠিক উত্তরের পাশে টিক ($\surd$) চিহ্ন দিন।

১. কোষের তড়িচ্চালক শক্তি হলো-

i. বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ চলা কালে কোষসহ বর্তনী বিভিন্ন অংশে বিভব পতনের সমষ্টি।

ii. এক কুলম্ব আধানকে কোষ সমেত কোনো বর্তনীর এক বিন্দু থেকে সম্পূর্ণ ঘুরিয়ে আবার ঐ বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করতে হয়।

iii. বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ না হলে কোষের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য।

নীচের কোনটি সঠিক?

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

● নীচের অংশটি পড়ে ২ ও ৩ নং প্রশ্নের উত্তর দিন।

একটি কোষের তড়িচ্চালক শক্তি 1.5V, অভ্যন্তরীণ রোধ 0.2Ω। এর সাথে 9.8Ω মানের রোধ যুক্ত করে একটি বর্তনী তৈরি করা হলো।

২. বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ হবে-

ক. 7.5A খ. 1.5A গ. 0.153A ঘ. 0.15A

৩. 9.8Ω রোধ দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য হবে-

ক. 1.5V খ. 1.47V গ. 1.44V ঘ. 0.03V

পাঠ ৪ ঃ রোধ ও আপেক্ষিক রোধ (Resistance and Specific Resistance)

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি -

১. রোধ ও পরিবাহিতা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

২. স্থির রোধ ও পরিবর্তশীল রোধ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

৩. রোধের নির্ভরশীলতা নির্ণয় করতে পারবেন।

৪. আপেক্ষিক রোধক ও পরিবাহকত্ব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

১২.৪.১ রোধ ও পরিবাহিতা (Resistance and Conductance)

পূর্বের পাঠে আমরা ও'মের সূত্র থেকে জেনেছি, স্থির তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিবাহীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক। অর্থাৎ কোনো পরিবাহীর স্থির তাপমাত্রায় দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V থাকা অবস্থায় এর ভিতর দিয়ে I পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ হলে ও'মের সূত্রানুসারে,

$$I \propto V$$

$$\text{বা, } I = GV$$

এখানে G একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। একে পরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতা (conductance) বলে।

অতএব, $G = \frac{I}{V}$ ..... (১২.৭)

পরিবাহীতায় একক সিমেন্স (Siemens)। একে সংক্ষেপে S দিয়ে প্রকাশ করা হয়। একই বিভব পার্থক্যে যে পরিবাহীর ভিতর দিয়ে যত বেশী তড়িৎ প্রবাহিত হবে সে পরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতা তত বেশী। আবার একই বিভব পার্থক্যে যে পরিবাহীর ভিতর দিয়ে যত কম তড়িৎ প্রবাহিত হবে সে পরিবাহীর রোধ তত বেশী। প্রকৃতপক্ষে কোনো পরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতা তার রোধের মানের বিপরীত সংখ্যা।

অর্থাৎ, $G = \frac{1}{R}$ ..... (১২.৮)

উদাহরণ স্বরূপ, কোনো পরিবাহীর রোধ 5Ω হলে এর তড়িৎ পরিবাহিতা $G = \frac{1}{5\Omega} = 0.2\text{S}$ ।

উপাদান, তাপমাত্রা এবং আকার আকৃতির উপর পরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতা নির্ভর করে। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে সকল পরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতা হ্রাস পায়। সকল ধাতুই উত্তম পরিবাহী কিন্তু একই আকার আকৃতির সকল ধাতুর তড়িৎ পরিবাহিতা সমান নয়। যেমন, রূপার তড়িৎ পরিবাহিতা সবচেয়ে বেশী। অপরদিকে জার্মেনিয়াম, সিলিকন ইত্যাদির তড়িৎ পরিবাহিতা সাধারণ তাপমাত্রায় খুবই কম। তবে ব্যতিক্রম হলো, তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে এদের তড়িৎ পরিবাহিতা দ্রুত বৃদ্ধি পায়। এজন্য এদেরকে অর্ধপরিবাহী বলে। অর্ধপরিবাহী পদার্থ আবিস্কার হবার পর থেকেই আধুনিক সভ্যতার আমূল পরিবর্তন হয়েছে। বর্তমান বিশ্বের যোগাযোগ ব্যবস্থা, বিনোদন, শিক্ষা, চিকিৎসা, অর্থনীতি ইত্যাদিকে নিয়ন্ত্রণ করে যে বৈজ্ঞানিক প্রযুক্তি তার মূল উপাদান হলো অর্ধপরিবাহী পদার্থ। আধুনিক সভ্যতা অর্ধপরিবাহী পদার্থ ছাড়া অচল।

১২.৪.২ রোধ, স্থির রোধ ও পরিবর্তশীল রোধ ঃ

আমরা জেনেছি, ইলেকট্রন প্রবাহই তড়িৎ প্রবাহের কারণ। ইলেকট্রন নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে প্রবাহিত হয়। পরিবাহীর মধ্যদিয়ে ইলেকট্রন প্রবাহের সময় পরিবাহীর মধ্যস্থ অণু-পরমাণুর সাথে সংঘর্ষ হয়। এই সংঘর্ষের ফলে ইলেকট্রনের গতি বাধা প্রাপ্ত হয় এবং বেগ হ্রাস পায়। ইলেকট্রনের বেগ হ্রাস পাওয়ার ফলে তড়িৎ প্রবাহ বাধাগ্রস্থ হয়। পরিবাহীর যে ধর্মের কারণে এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ বাধাগ্রস্থ হয় তাকে রোধ বলে।

আমরা ও'মের সূত্র থেকে পেয়েছি, স্থির তাপমাত্রায়, $V = RI$

অতএব, $R = \frac{V}{I}$, সমীকরণ অনুসারে এর একক, VA^{-1}। ও'মের নাম অনুসারে একে ও'ম বলে। ও'ম এককে গ্রীক অক্ষর Ω দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

অতএব, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো পরিবাহীর রোধ 50Ω বলতে বুঝায়, ঐ তাপমাত্রায় এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 50V স্থির থাকতে হলে এর মধ্য দিয়ে 1A তড়িৎ প্রবাহ হতে থাকবে।

ব্যহারিক ক্ষেত্রে উচ্চ রোধ প্রকাশের জন্য আরো দুটি একক ব্যবহার করা হয়।

একটি হলো কিলোও'ম $(k\Omega)$, $1k\Omega = 10^3\ \Omega$

এবং অপরটি হলো মেগাও'ম $(M\Omega)$, $1M\Omega = 10^6\Omega$

বর্তনীতে দুই প্রকার রোধ ব্যবহার করা হয়। যথা-

১. স্থির রোধ

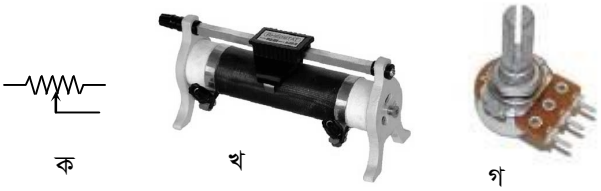
২. পরিবর্তনশীল রোধ

১. স্থির রোধ ঃ যে সকল রোধের মান নির্দিষ্ট অর্থাৎ মানের পরিবর্তন করা যায় না তাদেরকে স্থির রোধ বলে। ১২.৯ ক চিত্রে স্থির রোধের প্রতিক এবং ১২.৯ খ চিত্রে বর্তনীতে ব্যবহৃত রোধ দেখানো হলো।

ক খ

চিত্র ১২.৯

২. পরিবর্তনশীল রোধ ঃ যে সকল রোধের মান প্রয়োজন অনুসারে পরিবর্তন করা যায় তাদেরকে পরিবর্তনশীল রোধ বলে। বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ পরিবর্তন এবং বিভব পরিবর্তনের জন্য পরিবতনশীল রোধের প্রয়োজন পড়ে। ১২.১০ ক এবং ১২.১১ ক চিত্রে পরিবর্তনশীল রোধের প্রতীক দেখানো হয়েছে। ১২.১০ এর ক, খ ও গ চিত্রের সবগুলোই বিভব পরিবর্তনের জন্য ব্যবহার করা হয়। ১২.১০ খ চিত্রের যন্ত্রটি পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত হয়। একে রিওস্ট্যাট (Rheostat) বলে। ১২.১০ গ চিত্রের যন্ত্রটি তড়িৎ বর্তনী ও ইলেক্ট্রনিক বর্তনীতে ব্যবহার করা হয়। সাধারণতঃ রেডিও, ক্যাসেট, অ্যামপ্লিফায়ার ইত্যাদিতে শব্দ নিয়ন্ত্রণের জন্য লাগানো থাকে। ফ্যানের রেগুলেটরে ফ্যানের পাখাকে জোরে বা আস্তে ঘোরানোর জন্য ব্যবহার করা হয়। যেহেতু এগুলোকে ঘন ঘন পরিবর্তনের প্রয়োজন পড়ে তাই এটি বাইরের দিকে লাগানো হয়।



ক খ গ

চিত্র ১২.১০

১২.১১ এর ক, খ ও ঘ চিত্রের সবগুলো যন্ত্রই তড়িৎ প্রবাহ পরিবর্তনের জন্য ব্যবহার করা হয়। ১২.১১ খ চিত্রের যন্ত্রটি পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত হয়। একে রোধ বাক্স (Resistance Box) বলে। রোধ বাক্সের চাবি তুলে তুলে প্রয়োজনীয় তড়িৎ প্রবাহ নিয়ন্ত্রন করা হয়। ১২.১১ ঘ চিত্রে রোধ বাক্সের ভিতর তার প্যাঁচিয়ে কিভাবে রোধ তৈরি করা হয় তা দেখানো হয়েছে। ১২.১১ গ চিত্রের যন্ত্রটি তড়িৎ বর্তনী ও ইলেক্ট্রনিক বর্তনীতে ব্যবহার করা হয়। একে প্রিসেট (Preset) বলে। বর্তনীতে প্রয়োজনীয় তড়িৎ প্রবাহ পাবার জন্য প্রিসেট ঘুরিয়ে রোধের মান

ক খ গ ঘ

চিত্র ১২.১১

পরিবর্তন করে নিয়ন্ত্রণ করা হয়। যেহেতু তড়িৎ প্রবাহ ঘন ঘন পরিবর্তনের প্রয়োজন হয় না সেই জন্য এটিকে ভিতর দিকে লাগানো থাকে। তাই এটিকে বাহির থেকে দেখা যায় না।

১২.৪.৩ রোধের নির্ভরশীলতা ঃ

কোনো পরিবাহীর রোধ এর তাপমাত্রা, উপাদান, দৈর্ঘ্য এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে। স্থির তাপমাত্রায় ও একই উপাদানে কোনো পরিবাহীর রোধ এর দৈর্ঘ্য এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে। সুতরাং তাপমাত্রা ও উপাদান অপরিবর্তিত থাকলে কোনো পরিবাহীর রোধের দুটি সূত্র প্রযোজ্য।

১) দৈর্ঘ্যের সূত্র ঃ- তাপমাত্রা এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল অপরিবর্তিত থাকলে পরিবাহীর রোধ এর দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক। পরিবাহীর রোধ R এবং দৈর্ঘ্য l হলে সূত্রানুসারে $R \propto l,$ যখন এর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল অপরিবর্তিত থাকে।

অর্থাৎ, স্থির তাপমাত্রায়, একই পদার্থের এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের পরিবাহীর দৈর্ঘ্য যত বড় হবে রোধ তত বৃদ্ধি পাবে। যদি স্থির তাপমাত্রায়, একই পদার্থের এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের 1m দৈর্ঘ্যে পরিবাহীর রোধ 10 Ω হয় তবে 10 m দৈর্ঘ্যে পরিবাহীর রোধ 100 Ω হবে।

২) প্রস্থচ্ছেদের সূত্র ঃ- অন্যান্য ভৌত অবস্থা, তাপমাত্রা এবং দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকলে পরিবাহীর রোধ-এর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের ব্যস্তানুপাতিক।

পরিবাহীর রোধ R এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A হলে সূত্রানুসারে $R \propto \frac{1}{A}$, যখন এর দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকে।

অর্থাৎ, স্থির তাপমাত্রায়, একই পদার্থের এবং নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল যত বড় হবে রোধ তত হ্রাস পাবে। যদি স্থির তাপমাত্রায়, একই পদার্থের এবং নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের $1m^2$ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের পরিবাহীর রোধ 10 Ω হয় তবে $2m^2$ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের পরিবাহীর রোধ 5 Ω হবে।

১২.৪.৪ আপেক্ষিক রোধ ও পরিবাহকত্ব (Resistivity and Conductivity)

আপেক্ষিক রোধ ঃ

রোধের দৈর্ঘ্যের সূত্র থেকে পাই, $R \propto l$ এবং প্রস্থচ্ছেদের সূত্র থেকে পাই, $R \propto \frac{1}{A}$

এখন l ও A উভয়ই পরিবর্তিত হলে সূত্র দুটি সমন্বয় করে লেখা যায়, $R \propto \frac{l}{A}$

বা, $R = \rho \frac{l}{A}$ ..... (১২.৯)

এখানে ρ একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। একে আপেক্ষিক রোধ বলে। আপেক্ষিক রোধ পরিবাহীর উপাদানের উপর নির্ভর করে। তাপমাত্রা পরিবর্তনে আপেক্ষিক রোধ পরিবর্তিত হয়।

যখন l = 1m এবং $A = 1m^2$ তখন $R = \rho$। একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল এবং একক দৈর্ঘ্যের কোনো পরিবাহীর বিপরীত দুই পৃষ্ঠের রোধকে ঐ পরিবাহীর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে।

১২.৯ নং সমীকরণ থেকে লেখা যায়,

$\rho = \frac{RA}{l}$ ..... (১২.১০)

১২.৯ নং সমীকরণে ডান পাশের রাশিগুলোর একক বসালে,

$\rho = \frac{R\Omega \times Am^2}{lm} = \frac{RA}{l}\Omega m$

সুতরাং আপেক্ষিক রোধের একক Ωm ।

পরিবাহী পদার্থের আপেক্ষিক রোধের সীমা $10^{-8}\Omega m$ থেকে $10^{-6}\Omega m$ এর মধ্যে। অপরিবাহীর পদার্থের আপেক্ষিক রোধ $10^{6}\Omega m$ এর উর্ধ্বে। এবং অর্ধপরিবাহীর পদার্থের আপেক্ষিক রোধ $10^{-4}\Omega m$ থেকে $10^{6}\Omega m$ এর মধ্যে।

কয়েকটি পদার্থের আপক্ষিক রোধ
(20°C তাপমাত্রায়)

পদার্থ	আপেক্ষিক রোধ (Ωm)
রূপা	1.63×10^{-8}
তামা	1.78×10^{-8}
অ্যালুমিনিয়াম	3.2×10^{-8}
টাংস্টেন	5.4×10^{-8}
পিতল	6.6×10^{-8}
লোহা	10×10^{-8}
নিকেল	11×10^{-8}
নাইক্রোম	110×10^{-8}

পরিবাহকত্ব :

আপেক্ষিক রোধের বিপরীত রাশিকে পরিবাহকত্ব বলে। পূর্বের আলোচনায় দেখলাম যে, স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট পদার্থের একক দৈর্ঘ্যের এবং একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের রোধকে আপেক্ষিক রোধ বলে। তেমনি, স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট পদার্থের একক দৈর্ঘ্যের এবং একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের পরিবাহিতাকে পরিবাহকত্ব বলে।

পরিবাহকত্বকে σ (সিগমা) দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

সুতরাং, $\sigma = \frac{1}{\rho}$ ..... (১২.১১)

বা, $\sigma = \frac{1}{\frac{RA}{l}}$ (১২.১০ নং সমীকরণ থেকে)

বা, $\sigma = \frac{l}{RA}$ ..... (১২.১২)

১২.৮ নং সমীকরণ থেকে লেখা যায়,

$\sigma = \frac{Gl}{A}$ ..... (১২.১৩)

১২.১৩ নং সমীকরণে ডান পাশের রাশিগুলোর একক বসালে,

$\sigma = \frac{G\mathrm{S} \times l\mathrm{m}}{A\mathrm{m}^2} = \frac{Gl}{A}\mathrm{Sm}^{-1}$

সুতরাং পরিবাহকত্বের একক Sm^{-1} ।

গাণিতিক উদাহরণ ১২.৫ :

$10^{-4}\,\mathrm{m}$ ব্যাসার্ধের এবং $10\mathrm{m}$ দৈর্ঘ্যের একটি তামার তারের রোধ 5.6 Ω। তামার আপেক্ষিক রোধ কত?

দেয়া আছে,
ব্যাসার্ধ, $r = 10^{-4}\,\mathrm{m}$
দৈর্ঘ্য, $l = 10\,\mathrm{m}$
রোধ, $R = 5.6\ \Omega$
আপেক্ষিক রোধ, $\rho = ?$

সমাধান ঃ আমরা জানি, $R = \rho\frac{l}{A}$

বা, $\rho = R\frac{A}{l} = R\frac{\pi r^2}{l}$

মান বসালে, $\rho = 5.6\Omega \times \frac{3.14 \times \left(10^{-4}\,\mathrm{m}\right)^2}{10\,\mathrm{m}}$

বা, $\rho = 5.6 \times 3.14 \times 10^{-9}\,\Omega\mathrm{m}$

বা, $\rho = 17.584 \times 10^{-9}\,\Omega\mathrm{m}$

বা, $\rho = 1.7584 \times 10^{-8}\,\Omega\mathrm{m}$

উত্তরঃ $1.7584 \times 10^{-8}\,\Omega\mathrm{m}$

সার-সংক্ষেপঃ

রোধ ঃ পদার্থের যে ধর্মের কারণে এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহে বাধা প্রদান করে তাকে রোধ বলে। একই বিভব পার্থক্যে যে পরিবাহীর ভিতর দিয়ে যত কম তড়িৎ প্রবাহিত হবে সে পরিবাহীর রোধ তত বেশী।

আপেক্ষিক রোধ ঃ স্থির তাপমাত্রায় একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল এবং একক দৈর্ঘ্যের কোনো পরিবাহীর বিপরীত দুই পৃষ্ঠের রোধকে ঐ পরিবাহীর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে।

পরিবাহকত্ব ঃ স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট পদার্থের একক দৈর্ঘ্যের এবং একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের পরিবাহিতাকে পরিবাহকত্ব বলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১২.৪

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১. আপেক্ষিক রোধের সাথে পরিবাহকত্বের সম্পর্ক কিরূপ?

ক. সমানুপাতিক　　খ. ব্যাস্তানুপাতিক

গ. বর্গের সমানুপাতিক　　ঘ. বর্গের ব্যাস্তানুপাতিক

২। কোনো পদার্থ পরিবাহী হিসাবে ব্যবহারের উপযোগী হবে যদি-

i. আপেক্ষিক রোধ কম হয়

ii. পরিবাহীত্ব বেশী হয়

iii. ঘনত্ব বেশী হয়

নীচের কোনটি সঠিক?

ক. i ও ii　　খ. ii ও iii

গ. i ও iii.　　ঘ. i, ii ও iii

পাঠ ৫ ঃ রোধের সন্নিবেশ ও তুল্যরোধ (Combination of Resistances and Equivalent Resistance)

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি -

১. রোধের সন্নিবেশ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

২. তুল্যরোধ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

৩. রোধের শ্রেণি সন্নিবেশ বর্ণনা করতে পারবেন এবং তুল্যরোধ নির্ণয় করতে পারবেন।

৪. রোধের সমান্তরাল সন্নিবেশ বর্ণনা করতে পারবেন এবং তুল্যরোধ নির্ণয় করতে পারবেন।

১২.৫.১ রোধের সন্নিবেশ ও তুল্যরোধ (Combination of Resistances and Equivalent Resistance)

বর্তনীতে অনেক সময় বর্তনীর দুই বিন্দুতে একাধিক রোধ বিভিন্ন ভাবে সংযুক্ত করার প্রয়োজন হয়। কোনো বর্তনীতে একাধিক রোধ একত্রে সংযুক্ত করাকে রোধের সন্নিবেশ বলে।

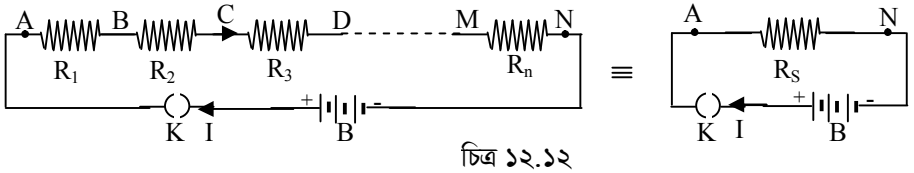
কোনো বর্তনীর দুই বিন্দুতে একাধিক রোধ যুক্ত থাকলে এদের পরিবর্তে যদি এমন একটি রোধ পাওয়া যায় যাকে ঐ দুই বিন্দুতে স্থাপন করলে ঐ বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ এবং ঐ দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য অপরিবর্তিত থাকে তবে ঐ রোধকে উক্ত রোধগুলোর তুল্যরোধ বলে।

বর্তনীর প্রয়োজনে রোধের দুই প্রকার সন্নিবেশ ব্যবহার করা হয়। যথা-

১. শ্রেণি সন্নিবেশ (Series Combination) এবং ২. সমান্তরাল সন্নিবেশ (Parallel Combination)।

১২.৫.২ রোধের সন্নিবেশ (Combination of Resistances)

১. রোধের শ্রেণি সন্নিবেশ ঃ- কতগুলো রোধ যদি এমন ভাবে যুক্ত থাকে যেন একটি রোধের দ্বিতীয় প্রান্তের সাথে অপর রোধের প্রথম প্রান্ত যুক্ত থাকে এবং সকল রোধের মধ্যদিয়ে একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ হয় তাহলে এই সন্নিবেশকে রোধের শ্রেণি সন্নিবেশ বলে।



চিত্র ১২.১২

১২.১২ চিত্রে, রোধের শ্রেণি সন্নিবেশ দেখানো হয়েছে। A এবং N বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে n সংখ্যক রোধ $R_1, R_2, R_3 \ldots\ldots R_n$ কে চিত্রানুসারে পরস্পরের সাথে একটি বাম প্রান্ত অপরটির ডান প্রান্ত পরিবাহী দিয়ে সংযুক্ত। শ্রেণি সন্নিবেশ সংযুক্ত থাকায় তড়িৎ প্রবাহের একটি মাত্র পথ রয়েছে ফলে প্রত্যেক রোধের মধ্যদিয়ে একই পরিমাণ I তড়িৎ প্রবাহ হচ্ছে। ১২.১২ চিত্রের ডান দিকে শ্রেণি সন্নিবেশের তুল্য রোধ এবং তুল্য বর্তনী দেখানো হলো।

তুল্য রোধ নির্ণয় ঃ

মনে করি, A এবং N বিন্দু দ্বয়ের মধ্যে n সংখ্যক রোধ $R_1, R_2, R_3 \ldots\ldots R_n$ কে চিত্রানুসারে শ্রেণি সন্নিবেশে যুক্ত করে একটি ব্যাটারী B এবং একটি চাবি K যুক্ত করায় এদের মধ্য দিয়ে I পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ হচ্ছে (চিত্র ১২.১২)। আরো মনে করি বর্তনীর $A, B, C \ldots\ldots$ ও N বিন্দুর বিভব যথাক্রমে $V_A, V_B, V_C, \ldots\ldots$ ও V_N। যেহেতু I মানের তড়িৎ প্রবাহ A বিন্দু হতে N বিন্দুর দিকে প্রবাহিত হচ্ছে সেহেতু, $V_A > V_B > V_C > \ldots\ldots > V_N$

এখন ওঁমের সূত্রানুসারে লেখা যায়,

$V_A - V_B = R_1 I$

$V_B - V_C = R_2 I$

$V_C - V_D = R_3 I$

$V_M - V_N = R_n I$

উপরের সমীকরণগুলো যোগ করলে,

$$V_A - V_N = R_1 I + R_2 I + R_3 I + \ldots\ldots\ldots\ldots + R_n I$$

$$\frac{V_A - V_N}{I} = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots + R_n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (১২.১৪)$$

এখন $R_1, R_2, R_3 \ldots\ldots R_n$ মানের n সংখ্যক রোধকে যদি R_s মানের এমন একটি রোধ দ্বারা প্রতিস্থাপন করা হয় যেন এতে একই তড়িৎ প্রবাহ I এবং A এবং N বিন্দু দ্বয়ের মধ্যে বিভব পার্থক্য $V_A - V_N$ হয় তবে, R_s রোধই হবে এই সমবায়ের তুল্য রোধ।

শর্তানুসারে, $\frac{V_A - V_N}{I} = R_S$

তাহলে, ১২.১৪ নং সমীকরণ থেকে লেখা যায়,

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots + R_n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (১২.১৫)$$

১২.১৫ নং সমীকরণের R_s হলো n সংখ্যক রোধের শ্রেণি সন্নিবেশের তুল্য রোধ।

সুতরাং, শ্রেণি সন্নিবেশে তুল্য রোধের মান শ্রেণি সন্নিবেশে সজ্জিত রোধসমূহের সমষ্টির সমান। আবার ১২.১৫ নং সমীকরণ থেকে লেখা যায়, $R_s > R_n$ এখানে $n = 1, 2, 3, 4, \ldots\ldots$। অর্থাৎ শ্রেণি সন্নিবেশে তুল্য রোধের মান শ্রেণি সন্নিবেশে সজ্জিত যে কোনো রোধের মানের চেয়ে বড়।

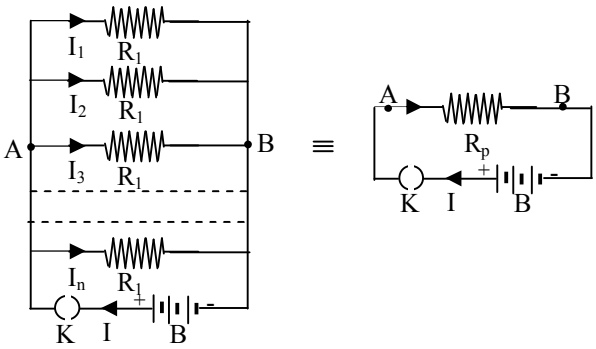
ধরা যাক, $10\ \Omega$ মানের দুটি রোধকে শ্রেণি সন্নিবেশে যুক্ত আছে। তাহলে এদের তুল্য রোধের মান হবে,

$$R_S = R_1 + R_2 = 10\Omega + 10\Omega = 20\Omega$$

২. রোধের সমান্তরাল সন্নিবেশ ঃ- কতগুলো রোধ যদি এমন ভাবে যুক্ত থাকে যেন সবগুলো রোধের এক প্রান্তগুলো এক বিন্দুতে এবং অপর প্রান্তগুলো অপর এক বিন্দুতে একত্রে যুক্ত থাকে তাহলে এই সন্নিবেশকে রোধের সমান্তরাল সন্নিবেশ বলে। সমান্তরাল সন্নিবেশে প্রতিটি রোধ ভিন্ন ভিন্ন তড়িৎ প্রবাহের পথ তৈরি করায় প্রতিটি রোধের মধ্য দিয়ে ভিন্ন ভিন্ন তড়িৎ প্রবাহ চলবে।

১২.১৩ চিত্রে, রোধের সমান্তরাল সন্নিবেশ দেখানো হয়েছে। A এবং B বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে n সংখ্যক রোধ $R_1, R_2, R_3 \ldots\ldots R_n$ কে চিত্রানুসারে প্রতিটির বাম প্রান্ত A বিন্দুর সাথে প্রতিটির ডান প্রান্ত B বিন্দু সাথে পরিবাহী দিয়ে সংযুক্ত করা হয়েছে। সমান্তরাল সন্নিবেশে প্রতিটি রোধ ভিন্ন ভিন্ন তড়িৎ প্রবাহের পথ তৈরি করায় মূল I প্রবাহ বিভাজিত হয়ে রোধগুলির মধ্য দিয়ে যথাক্রমে $I_1, I_2, I_3, \ldots\ldots\ldots, I_n$ তড়িৎ প্রবাহ চলছে।

চিত্রের ডান দিকে সমান্তরাল সন্নিবেশের তুল্য রোধ এবং তুল্য বর্তনী দেখানো হলো।



চিত্র ১২.১৩

মনে করি, A এবং B বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে n সংখ্যক রোধ $R_1, R_2, R_3 \ldots\ldots R_n$ কে ১২.১৩ চিত্রানুসারে সমান্তরাল সন্নিবেশে যুক্ত করা হয়েছে। যেহেতু A বিন্দু হতে B বিন্দুর দিকে I মানের তড়িৎ প্রবাহ হচ্ছে সেহেতু, $V_A > V_B$। রোধগুলো সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত বলে সকল রোধের দুই প্রান্তে বিভব যথাক্রমে V_A এবং V_B, একই থাকবে। এর ফলে মনে করি, $R_1, R_2, R_3 \ldots\ldots R_n$ রোধগুলোর মধ্য দিয়ে যথাক্রমে $I_1, I_2, I_3 \ldots\ldots\ldots I_n$ পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হলো।

তাহলে, $I = I_1 + I_1 + I_1 + \ldots\ldots + I_n$ ... ... (১২.১৬)

আবার, ও'মের সূত্রানুসারে,

$$I_1 = \frac{V_A - V_B}{R_1},$$

$$I_2 = \frac{V_A - V_B}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V_A - V_B}{R_3}$$

$$I_n = \frac{V_A - V_B}{R_n}$$

উপরের সমীকরণগুলো যোগ করলে,

$$I_1 + I_2 + I_3 + \ldots\ldots + I_n = \frac{V_A - V_B}{R_1} + \frac{V_A - V_B}{R_2} + \frac{V_A - V_B}{R_3} + \ldots\ldots\ldots + \frac{V_A - V_B}{R_n}$$

বা, $I_1 + I_2 + I_3 + \ldots\ldots + I_n = (V_A - V_B)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots\ldots\ldots + \frac{1}{R_n}\right)$

১২.১৬ নং সমীকরণ থেকে লেখা যায়,

$$I = (V_A - V_B)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots\ldots\ldots + \frac{1}{R_n}\right)$$

বা, $\frac{I}{V_A - V_B} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + ... + \frac{1}{R_n}$ ..... (১২.১৭)

এখন R_1, R_2, R_3..... R_n মানের n সংখ্যক রোধকে যদি R_P মানের এমন একটি রোধ দ্বারা প্রতিস্থাপন করা হয় যেন এতে একই তড়িৎ প্রবাহ I এবং A এবং B বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে বিভব পার্থক্য $V_A - V_B$ হয় তবে, R_P রোধই হবে এই সমবায়ের তুল্য রোধ।

শর্তানুসারে, $\frac{V_A - V_B}{I} = R_P$

বা, $\frac{I}{V_A - V_B} = \frac{1}{R_P}$

তাহলে, ১২.১৭ নং সমীকরণ থেকে লেখা যায়,

$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + ... + \frac{1}{R_n}$ ..... (১২.১৮)

১২.১৮ নং সমীকরণের R_P হলো n সংখ্যক রোধের সমান্তরাল সন্নিবেশের তুল্য রোধ।

সুতরাং, সমান্তরাল সমবায়ে তুল্য রোধের মানের বিপরীত সংখ্যা সমান্তরাল সন্নিবেশে সজ্জিত প্রত্যেকটি রোধের বিপরীত সংখ্যার সমষ্টির সমান।

আবার ১২.১৮ নং সমীকরণ থেকে লেখা যায়,

$\frac{1}{R_P} > \frac{1}{R_n}$ এখানে $n = 1, 2, 3, 4, ...$ ।

বা, $R_n > R_P$

অর্থাৎ সমান্তরাল সন্নিবেশে তুল্য রোধের মান সমান্তরাল সন্নিবেশে সজ্জিত যে কোনো রোধের মানের চেয়ে ছোট।

ধরা যাক, $10\,\Omega$ মানের দুটি রোধকে সমান্তরাল সন্নিবেশে যুক্ত আছে। তাহলে এদের তুল্য রোধের মান হবে,

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

বা, $\frac{1}{R_P} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{2}{20}$

বা, $\frac{1}{R_P} = \frac{2}{20} = \frac{1}{5}$

$\therefore\ R_P = 5\Omega$

উ: 5Ω

গাণিতিক উদাহরণ ১২.৬। $20\,\Omega$ ও $20\,\Omega$ -এর দুটি রোধকে সমান্তরাল সন্নিবেশে যুক্ত করে এর সাথে $10\,\Omega$ -এর আর একটি রোধ এর সাথে শ্রেণি সন্নিবেশে যুক্ত করলে তুল্য রোধ কত হবে?

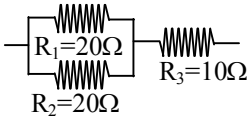
সমাধান ঃ R_1 ও R_2 রোধ দুটি সমান্তরাল সন্নিবেশে যুক্ত। এর সাথে R_3 রোধটি শ্রেণি সন্নিবেশে যুক্ত করা হয়েছে।

দেয়া আছে,
$R_1 = R_2 = 20\Omega$,
$R_3 = 10\Omega$
$R = ?$

R_1 ও R_2 রোধ দুটির জন্য $\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{20} + \frac{1}{20} = \frac{2}{20} = \frac{1}{10}$

বা, $R_P = 10\Omega$

R_P রোধের সাথে R_3 রোধটি শ্রেণি সন্নিবেশে যুক্ত।



অতএব, $R = R_P + R_3 = 10 + 10 = 20\Omega$

উত্তর: 20Ω

সার-সংক্ষেপঃ

রোধের সন্নিবেশ ঃ কোনো বর্তনীতে একাধিক রোধ একত্রে সংযুক্ত করাকে রোধের সন্নিবেশ বলে।

রোধের শ্রেণি সন্নিবেশ ঃ- কতগুলো রোধ যদি এমন ভাবে যুক্ত থাকে যেন একটি রোধের দ্বিতীয় প্রান্তের সাথে অপর রোধের প্রথম প্রান্ত যুক্ত থাকে তাহলে এই সন্নিবেশকে রোধের শ্রেণি সন্নিবেশ বলে। শ্রেণি সন্নিবেশে প্রত্যেক রোধের মধ্যদিয়ে একই পরিমাণ প্রবাহ প্রবাহিত হয়।

রোধের সমান্তরাল সন্নিবেশ ঃ- কতগুলো রোধ যদি এমন ভাবে যুক্ত থাকে যেন সবগুলো রোধের এক প্রান্তগুলো এক বিন্দুতে এবং অপর প্রান্তগুলো অপর এক বিন্দুতে একত্রে যুক্ত থাকে তাহলে এই সন্নিবেশকে রোধের সমান্তরাল সন্নিবেশ বলে। সমান্তরাল সন্নিবেশে মূল প্রবাহ প্রত্যেক রোধের মধ্যে ভাগ হয়ে যায়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১২.৫

অভিন্ন তথ্য ভিত্তিক প্রশ্ন

- নীচের অংশটি পড়ে ১ ও ২ নং প্রশ্নের উত্তর দিন।

আপনাকে একটি 3V ব্যাটারী, একটি চাবি ও 10Ω, 20Ω ও 30Ω রোধ দিয়ে বর্তনী করতে বলা হলো।

১. রোধ তিনটি বর্তনীতে শ্রেণি সন্নিবেশে যুক্ত করলে তড়িৎ প্রবাহ কত হবে?

ক. 0.05A খ. 0.1A গ. 0.15A ঘ. 0.5A

২. প্রথম ও দ্বিতীয় রোধ দুটিকে শ্রেণি সন্নিবেশে যুক্ত তৃতীয়টি সমান্তরাল সন্নিবেশে যুক্ত করলে তুল্য রোধ হবে-

ক. 60Ω খ. 16Ω গ. 15Ω ঘ. 5.4Ω

পাঠ ৬ ঃ তড়িৎ ক্ষমতা ও তড়িৎ শক্তি (Electrical Power and Electrical Energy)

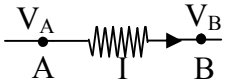
উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি -

১. কোনো তড়িৎ যন্ত্রের ক্ষমতা হিসাব করতে পারবেন।
২. কোনো বর্তনীর ব্যয়িত তড়িৎ শক্তি হিসাব করতে পারবেন।
৩. তড়িতের সিস্টেম লস্ ও লোড শেডিং ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
৪. তড়িৎ শক্তি অপচয় রোধ সংরক্ষণে সচেতনতা সৃষ্টির জন্য পোষ্টার অংকন করতে পারবেন।

১২.৬.১ তড়িৎ ক্ষমতা (Electrical Power)

আমরা দেখেছি, তড়িৎ প্রবাহ উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে প্রবাহিত হয়।



চিত্র ১২.১৪

আমরা আরো দেখেছি, বিভব, $V = \frac{W}{Q}$

বা $W = QV$ ... ... (১২.১৯)

অর্থাৎ, কোনো পরিবাহীর দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য V হলে পরিবাহীর মধ্য দিয়ে Q পরিমাণ আধান প্রবাহিত করতে W পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করে।

একটি পরিবাহীর A ও B প্রান্তে বিভব যথাক্রমে V_A ও V_B যেন $V_A > V_B$ (চিত্র ১২.১৪)। সুতরাং পরিবাহীর মধ্য দিয়ে A প্রান্ত থেকে B প্রান্তের দিকে তড়িৎ প্রবাহ হবে। ধরা যাক, t সময়ে এর মধ্য দিয়ে Q পরিমাণ আধান প্রবাহিত হচ্ছে। A ও B বিন্দু দুটির মধ্যে বিভব পার্থক্য $V = V_A - V_B$ হলে t সময়ের এর মধ্য দিয়ে Q পরিমাণ আধান প্রবাহিত করতে

সম্পাদিত কাজ $W = QV$

আমরা আরো জানি, কাজ করার হারকে ক্ষমতা বলে। সুতরাং এক সেকেন্ড তড়িৎ প্রবাহের ফলে যেটুকু কাজ সম্পন্ন হবে তাকে তড়িৎ ক্ষমতা বলে।

তাহলে, তড়িৎ ক্ষমতা, $P = \frac{W}{t} = \frac{QV}{t}$

বা, $P = \frac{It \times V}{t} = VI$ [যেহেতু, $Q = It$]

বা, $P = IR \times I = I^2R$ [যেহেতু, $V = IR$]

বা, $P = \left(\frac{V}{R}\right)^2 R = \frac{V^2}{R}$ [যেহেতু, $I = \frac{V}{R}$]

অতএব, $P = \frac{QV}{t} = VI = I^2R = \frac{V^2}{R}$ ..... (১২.২০)

বৈদ্যুতিক ক্ষমতার একক ওয়াট। একে W দিয়ে প্রকাশ করা হয়। এক সেকেন্ডে এক জুল কাজ করার ক্ষমতা হলো এক ওয়াট।

$\therefore 1\text{W} = \frac{1\text{J}}{1\text{s}} = 1\text{Js}^{-1}$

১২.২০ নং সমীকরণ থেকে বলা যায়,

কোনো পরিবাহীর বা তড়িৎ যন্ত্রের দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য 1V থাকা অবস্থায় এর মধ্য দিয়ে 1A তড়িৎ প্রবাহ হলে ঐ পরিবাহীর বা তড়িৎ যন্ত্রের ক্ষমতা এক ওয়াট। অর্থাৎ যদি, V=1V এবং I=1A হয় তবে, P = 1W হবে।

বা, কোনো পরিবাহীর বা তড়িৎ যন্ত্রের রোধ 1Ω হলে এবং এর মধ্য দিয়ে 1A তড়িৎ প্রবাহ হলে ঐ পরিবাহীর বা তড়িৎ যন্ত্রের ক্ষমতা এক ওয়াট। অর্থাৎ যদি, R=1Ω এবং I=1A হয় তবে, P = 1W হবে।

বা, কোনো পরিবাহীর বা তড়িৎ যন্ত্রের দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য 1V এবং রোধ 1Ω হলে ঐ পরিবাহীর বা তড়িৎ যন্ত্রের ক্ষমতা এক ওয়াট। অর্থাৎ যদি, V=1V এবং R=1Ω হয় তবে, P = 1W হবে। বৈদ্যুতিক ক্ষমতাকে আরো দুটি বড় এককে প্রকাশ করা হয়, যথা ঃ কিলোওয়াট (kW) ও মেগাওয়াট (MW)

$1\text{kW} = 10^3\text{W}$ এবং $1\text{MW} = 10^6\text{W}$

গাণিতিক উদাহরণ ১২.১১ ঃ একটি সাধারণ বৈদ্যুতিক ইস্ত্রির গায়ে লেখা থাকে $220\text{V} - 750\text{W}$। এর অর্থ হলো $220V$ বিভব পার্থক্যে ইস্ত্রিটি সর্বাধিক শক্তি ব্যয় করতে সক্ষম এবং প্রতি সেকেন্ডে $750\,\text{J}$ হারে তড়িৎ শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তর করবে।

এছাড়াও প্রদত্ত তথ্য থেকে ইস্ত্রিটির মধ্য দিয়ে কি পরিমান তড়িৎ প্রবাহ হবে এবং এর রোধ কত তা নির্ণয় করা যায়।

দেয়া আছে,
বিভব পার্থক্য, $V = 220\text{V}$
ক্ষমতা, $P = 750\text{W}$
তড়িৎ প্রবাহ, $I = ?$
রোধ, $R = ?$

সমাধান ঃ আমরা জানি, $P = VI$, বা, $I = \frac{P}{V}$

মান বসালে, $I = \frac{750\text{W}}{220\text{V}} = 3.4\text{A}$

আবার, $P = \frac{V^2}{R}$ বা, $R = \frac{V^2}{P}$

মান বসালে, $R = \frac{(220\,\text{V})^2}{750\,\text{W}} = 64.5\Omega$

উত্তর: ইস্ত্রিটির মধ্য দিয়ে $3.4\,\text{A}$ তড়িৎ প্রবাহিত হবে এবং ইস্ত্রিটির রোধ 64.5Ω।

১২.৬.২ তড়িৎ শক্তি (Electrical Energy)

কোনো পরিবাহীর বা তড়িৎ যন্ত্রের দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য V হলে পরিবাহী বা তড়িৎ যন্ত্রের মধ্য দিয়ে Q পরিমাণ আধান প্রবাহিত করতে W পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করতে হয়।

অতএব, পরিবাহীর বা তড়িৎ যন্ত্রের ব্যয়িত তড়িৎ শক্তি,

$W = Pt = QV$ [যেহেতু, $P = \frac{QV}{t}$]

বা, $W = It \times V = VIt$ [যেহেতু, $Q = It$]

বা, $W = IR \times It = I^2Rt$ [যেহেতু, $V = IR$]

বা, $W = \left(\frac{V}{R}\right)^2 Rt = \frac{V^2}{R}t$ [যেহেতু, $I = \frac{V}{R}$]

অতএব, $W = Pt = QV = VIt = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t$ ..... (১২.২১)

$W = Pt$ সমীকরণ থেকে বলা যায়,

$P = 1\text{W}$ ক্ষমতা সম্পন্ন কোনো পরিবাহীতে বা তড়িৎ যন্ত্রে এক সেকেন্ড ধরে তড়িৎ প্রবাহ করলে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করে তাকে 1Ws বলে। বৈদ্যুতিক যন্ত্রের তড়িৎ শক্তির একক ওয়াট-সেকেন্ডে প্রকাশ করা হয়। অর্থাৎ $1\text{J} = 1\text{Ws}$

আবার, 1W ক্ষমতা সম্পন্ন কোনো পরিবাহীর বা তড়িৎ যন্ত্র এক ঘন্টা ধরে তড়িৎ প্রবাহ করলে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করে তাকে ওয়াট-ঘন্টা (Wh) বলে।

তাহলে, $1\text{Wh} = 1\text{W} \times 1\text{h}$

বা, $1\text{Wh} = 1\text{W} \times 60 \times 60\text{s}$

বা, $1\text{Wh} = 3600\,\text{Ws}$

বা, $1\text{Wh} = 3600\text{J}$

আমরা বাড়িতে ফ্যান, বাতি, টিভি, ফ্রিজ ইত্যাদি চালানোর জন্য যে তড়িৎ ব্যবহার করি তা তড়িৎ সরবরাহ প্রতিষ্ঠান থেকে সরবরাহ লাইনের মাধ্যমে আমরা পেয়ে থাকি। সারা বিশ্বে তড়িৎ সরবরাহ প্রতিষ্ঠান বাড়ি, অফিস, কলকারখানা, দোকান ইত্যাদিতে তড়িৎ সরবরাহ করে থাকে। আমরা তড়িৎ শক্তি ব্যয় করার বিনিময়ে মূল্য পরিশোধ করি। তড়িৎ সরবরাহ প্রতিষ্ঠান কিলোওয়াট ঘন্টা (Kilowatt Hour বা kWh) এককে শক্তির পরিমাপ করে। সারা বিশ্বে তড়িৎ সরবরাহ প্রতিষ্ঠান এ একক ব্যবহার করে। এজন্য এ এককে বোর্ড অব ট্রেড ইউনিট (B.O.T বা B.T.U) বলে। সংক্ষেপে একে শুধু উইনিট (unit) বলে। আমরা এক কিলোওয়াট ঘন্টা হিসাবে বিল পরিশোধ করি। আমাদের তড়িৎ লাইনের সাথে যে মিটার লাগানো আছে তা মোট কত কত কিলোওয়াট ঘন্টা বা unit শক্তি খরচ করা হয়েছে তা নির্দেশ করে। প্রতি unit-এর জন্য দাম নির্ধারণ করে তড়িৎ সরবরাহ প্রতিষ্ঠান বিল তৈরি করে।

তাহলে, ব্যায়িত তড়িৎ শক্তি বিল(খরচ) = ব্যয়িত তড়িৎ শক্তির মোট ইউনিট ×প্রতি ইউনিটের দাম।

যেহেতু তড়িৎ যন্ত্রের ব্যয়িত তড়িৎ শক্তির বিল kWh বা B.O.T এককে প্রকাশ করা হয় সেহেতু ক্ষমতার একক ওয়াটকে কিলোওয়াটে এবং সময়ের এককে ঘন্টায় প্রকাশ করলে,

ব্যয়িত শক্তি,

$W = Pt\ \text{Wh} = \frac{Pt}{1000}\text{kWh} = \frac{Pt}{1000}\text{B.O.T}$

বা, $W = QV\ \text{Wh} = VIt\text{Wh} = \frac{VIt}{1000}\text{kWh} = \frac{VIt}{1000}\text{B.O.T}$ [যেহেতু, $Q = It$]

বা, $W = I^2Rt\text{Wh} = \frac{I^2Rt}{1000}\text{kWh} = \frac{I^2Rt}{1000}\text{B.O.T}$ [যেহেতু, $V = IR$]

বা, $W = \frac{V^2}{R}t\text{Wh} = \frac{V^2t}{1000R}\text{kWh} = \frac{V^2Rt}{1000R}\text{B.O.T}$ [যেহেতু, $I = \frac{V}{R}$]

বা, $W = Pt = QV = VIt = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t$ [যেহেতু, $I = \frac{V}{R}$]

গাণিতিক উদাহরণ ১২.১২ ঃ জুন মাসে একটি বাড়ীতে গড়ে প্রতিদিন 100W এর তিনটি বাতি 5 ঘন্টা, 60W এর দুটি ফ্যান 10 ঘন্টা এবং 150W এর একটি টিভি 8 ঘন্টা চলে। ঐ বাড়ীতে জুন মাসের শেষে কত ইউনিট তড়িৎ শক্তি খরচ হবে?

সমাধানঃ

100W এর তিনটি বাতি গড়ে প্রতিদিন 5 ঘন্টার জন্য তড়িৎ শক্তি খরচ $= 100\times3\times5\text{Wh} = 1500\text{Wh}$

60W এর দুটি ফ্যান গড়ে প্রতিদিন 10 ঘন্টার জন্য তড়িৎ শক্তি খরচ $= 60\times2\times10\text{Wh} = 1200\text{Wh}$

150W এর একটি টিভি গড়ে প্রতিদিন 8 ঘন্টার জন্য তড়িৎ শক্তি খরচ $= 150\times1\times8\text{Wh} = 1200\text{Wh}$

সুতরাং, প্রতিদিন গড়ে তড়িৎ শক্তি খরচ $= 1500\text{Wh} + 1200\text{Wh} + 1200\text{Wh} = 3900\text{Wh}$

আবার, $3900\text{ Wh} = \frac{3900}{1000}\text{kWh} = 3.9\text{ kWh}$ ।

জুন মাস 30 দিনে হয়। তাহলে জুন মাস তড়িৎ শক্তি খরচ $= 3.9\text{kWh}\times30 = 117\text{kWh} = 117\text{B.O.T}$

উত্তরঃ 117 B.O.T.

১২.৬.৩ তড়িতের সিস্টেম লস ও লোড শেডিং (System loss and Load Sheding)

তড়িতের সিস্টেম লস (System loss)

আপনারা নিশ্চয় দেখেছেন যে, রাস্তার ধার দিয়ে, উচু পিলারের উপর দিয়ে মোটা মোটা তিনটি তার টানা থাকে। একে সঞ্চালন লাইন বলে। এই পিলারের গায়ে ধাতব পাতের উপর লাল রং করে সাদা রং দিয়ে কংকালে মাথা এঁকে তাতে লেখা থাকে "বিপদজ্জনক 11000 V"। এর অর্থ হলো এই তারে যে বিভবের জন্য তড়িৎ প্রবাহ হচ্ছে তা পরস্পরের সাপেক্ষে বিভব 11000 V। এই তারের মাধ্যমে তড়িৎ উৎপাদন কেন্দ্র থেকে বিভিন্ন স্থানে অবস্থিত তড়িৎ সাবস্টেশনে তড়িৎ সঞ্চালন করা হয়। এরপর সাবস্টেশন থেকে বিভিন্ন গ্রাহক পর্যায়ে তড়িৎ শক্তি বিতরণ করা হয়। তড়িৎ উৎপাদন কেন্দ্রের উৎপাদিত বিভব যান্ত্রিক কারণে নিম্ন বিভবে তড়িৎ উৎপাদন করা হয় এবং স্টেপ আপ ট্রান্সফরমারের সাহায্যে বিভব বৃদ্ধি করা হয় এবং গ্রাহক পর্যায়ে বিতরণ করা তড়িৎ শক্তিও নিম্ন বিভবে থাকে, তাই স্টেপ ডাউন ট্রান্সফরমারের সাহায্যে বিভব হ্রাস করা হয় (ট্রান্সফরমার বিষয়ে পরের ইউনিটে আলোচনা করা হবে)। তাহলে প্রশ্ন উঠতে পারে যেহেতু উৎপাদন এবং গ্রাহক পর্যায়ে ব্যবহার করা তড়িতের বিভব কম, তাহলে সঞ্চালন লাইনের জন্য এত বেশী বিভব করা হয় কেন? এর কারণ জানার জন্য আমাদের কয়েকটা বিষয় জানতে হবে প্রথমতঃ পরিবাহী যতই সুপরিবাহী হোক না কেন রোধ মুক্ত পরিবাহী পাওয়া সম্ভব নয়। (মনে রাখুন রোধমুক্ত পরিবাহীর জন্য ও'ম-এর সূত্র প্রযোজ্য হয় না), তাই পরিবাহীর কিছু না কিছু রোধ থাকেই। দ্বিতীয়তঃ উৎসের (তড়িৎ উৎপাদন কেন্দ্র) উৎপাদিত তড়িৎ ক্ষমতা অপরিবর্তিত থাকলে বিভব কমালে তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধি পাবে $(P = VI)$। তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধি পেলে I^2Rt সূত্রানুসারে শক্তির অপচয় ঘটবে। এই শক্তিটি তাপ শক্তিতে রূপান্তর হয়। যেহেতু সূত্রে তড়িৎ প্রবাহে দ্বিতীয় ঘাত আছে, তাই তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধি পেলে প্রচুর পরিমাণ শক্তির অপচয় ঘটে। সঞ্চালন তারের রোধের কারণে যে তড়িৎ শক্তির অপচয় হয় তাকে সিস্টেম লস বলে। তড়িৎ প্রবাহ যত কমানো যায় সিস্টেম লস তত কম হয়। তার যত লম্বা হবে তারের রোধ তত বেশী হবে $(R \propto l)$। তাই শত শত কিলোমিটার লম্বা তড়িৎ সঞ্চালন লাইনে সিস্টেম লস কমানের জন্য যথা সম্ভব তড়িৎ প্রবাহ কমিয়ে বিভব বৃদ্ধি করা হয়।

লোড শেডিং (Load Sheding)

আপনারা শুনে থাকবেন যে, ওমুক স্থানে 5 MW, 10 MW বা 20 MW বিদ্যুৎ কেন্দ্র স্থাপন করা হলো। কিম্বা 100 MW সম্পন্ন পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র স্থাপন করা হবে। এর অর্থ হলো ঐ বিদ্যুৎ কেন্দ্র সর্বাধিক উল্লিখিত তড়িৎ শক্তি উৎপাদন করতে সক্ষম। সকল বিদ্যুৎ কেন্দ্র থেকে উৎপাদিত তড়িৎ জাতীয় গ্রিডে (সঞ্চালন লাইনে) যোগ হয়। বিভিন্ন সাবস্টেশনগুলো তার চাহিদা অনুযায়ী জাতীয় গ্রিড থেকে তড়িৎ সংগ্রহ করে। আমাদের দেশে সর্বমোট যে সর্বোচ্চ পরিমাণ তড়িৎ শক্তি উৎপাদন করতে সক্ষম তা দিয়ে আমাদের দেশের বর্তমান মোট চাহিদা মেটানো হয়তো সম্ভব। কিন্তু সকল তড়িৎ উৎপাদন কেন্দ্র কর্মদক্ষতা শতকরা একশত ভাগ হয় না। তাছাড়া বিভিন্ন যান্ত্রিক সমস্যার কারণে কোনো কোনো সময় কোনো কোনো তড়িৎ উৎপাদন কেন্দ্রে তড়িৎ শক্তি উৎপাদন বন্ধ থাকে। তখন প্রয়োজনের তুলনায় উৎপাদন কম হয়। সে সময় কোনো কোনো সাবস্টেশনে গ্রাহকের চাহিদার তুলনায় কম তড়িৎ শক্তি থাকায়, কিছু সময়ের জন্য বাধ্য হয়ে কিছু কিছু এলাকায় তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ রাখে। একে লোড শেডিং বলে। অধিকক্ষণ তড়িৎ প্রয়োজনের তুলনায় উৎপাদন কম হলে চক্রাকারে বিভিন্ন এলাকায় লোডশেডিং করা হয়। ফলে প্রত্যেক অঞ্চলে অল্প সময়ের জন্য লোডশেডিং হয় এবং লোডশেডিং সহনীয় পর্যায়ে থাকে।

সার-সংক্ষেপঃ

তড়িৎ ক্ষমতা ঃ এক সেকেন্ড তড়িৎ প্রবাহের ফলে যেটুকু কাজ সম্পন্ন হবে তাকে তড়িৎ ক্ষমতা বলে।

1Ws ঃ 1W ক্ষমতা সম্পন্ন কোনো পরিবাহীতে বা তড়িৎ যন্ত্রে এক সেকেন্ড ধরে তড়িৎ প্রবাহ করলে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করে তাকে 1Ws বলে।

ওয়াট-ঘন্টা ঃ 1W ক্ষমতা সম্পন্ন কোনো পরিবাহীর বা তড়িৎ যন্ত্র এক ঘন্টা ধরে তড়িৎ প্রবাহ করলে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করে তাকে ওয়াট-ঘন্টা (Wh) বলে।

B.O.T বা B.T.U ঃ তড়িৎ সরবরাহ প্রতিষ্ঠান কিলোওয়াট ঘন্টা (Kilowatt Hour বা kWh) এককে শক্তির পরিমাপ করে। সারা বিশ্বে তড়িৎ সরবরাহ প্রতিষ্ঠান এ একক ব্যবহার করে। এজন্য এ এককে বোর্ড অব ট্রেড ইউনিট (B.O.T বা B.T.U) বলে। সংক্ষেপে একে শুধু ইউনিট (unit) বলে।

সিস্টেম লস ঃ সঞ্চালন তারে রোধের কারণে যে তড়িৎ শক্তির অপচয় হয় তাকে সিস্টেম লস বলে।

লোড শেডিং ঃ যখন প্রয়োজনের তুলনায় উৎপাদন কম হয়, সে সময় কোনো কোনো সাবস্টেশনে গ্রাহকের চাহিদার তুলনায় কম তড়িৎ শক্তি থাকায়, কিছু সময়ের জন্য বাধ্য হয়ে কিছু কিছু এলাকায় তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ রাখে। একে লোড শেডিং বলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১২.৬ :

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১. 10V ব্যাটারীর সাথে একটি 1kΩ রোধ যুক্ত করলে রোধটি প্রতি সেকেন্ডে কতশক্তি ব্যয় করবে?

ক. 0.01W খ. 0.1W গ. 1W ঘ. 10W

২. 10V ব্যাটারীর সাথে একটি রোধ যুক্ত করলে রোধটি মধ্য দিয়ে 1mA তড়িৎ প্রবাহ হয়। রোধটির মান কত ?

ক. 0.01W খ. 0.1W গ. 1W ঘ. 10W

পাঠ ৭ ঃ তড়িতের নিরাপদ ও কার্যকর ব্যবহার (Safe and Effective Use of Electricity)

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি -

১. তড়িৎ ব্যবহারের বিপজ্জনক দিকগুলো ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

২. তড়িতের নিরাপদ ও কার্যকর ব্যবহার বর্ণনা করতে পারবেন।

১২.৭.১ তড়িতের নিরাপদ ও কার্যকর ব্যবহার (Safe and Effective Use of Electricity)

বর্তমান সভ্যতায় তড়িৎ ছাড়া এক মুহূর্তও চলে না। আমরা রাতে বাতি জ্বালাই, গরমে ফ্যান চালাই, বিনোদনের জন্য টেলিভিশন চালাই। তাছাড়া কম্পিউটার, ফ্রিজ, বৈদ্যুতিক ইস্ত্রি, মোবাইল চার্জার ইত্যাদি সকল কিছু চালানোর জন্য তড়িৎ প্রয়োজন। অফিস-আদালত, স্কুল, কলেজ, বিশ্ববিদ্যালয়, ক্ষেত-খামার, কারখানা, হাসপাতাল ইত্যাদি সকল ক্ষেত্রেই তড়িতের বিপুল ব্যবহার। আসলে আমরা কোথায় তড়িতের ব্যবহার করি না এটাই বলা কঠিন।

তড়িৎ সরবরাহ প্রতিষ্ঠান সরবরাহ লাইনের মাধ্যমে 220 V (AC) হিসেবে সরবরাহ করে। এখানে AC বলতে (Alternating Current) পরিবর্তী প্রবাহ বোঝানো হয়। আমাদের সরবরাহ লাইনে 220 V থাকার কারণে অসতর্কতাবশতঃ এই লাইনের সাথে কোনো ভাবে শরীরের সংস্পর্শ হলে তড়িৎ শক্ লাগতে পারে। এমনকি সেই শকে মৃত্যু পর্যন্ত ঘটতে পারে। তাই সকল বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির বহিরাবরণ কোনো অপরিবাহী পদার্থ দিয়ে এমনভাবে আচ্ছাদিত করা হয় যেন কেউ সরাসরি এর সংস্পর্শে চলে না আসে।

শুকনো অবস্থায় মানুষের চামড়ার রোধ প্রায় $50{,}000\ \Omega$ এবং ভেজা অবস্থায় প্রায় $10{,}000\ \Omega$। হৃৎপিন্ডের ভেতর দিয়ে সরাসরি 10 mA তড়িৎ প্রবাহ হলেই মানুষ মারা যেতে পারে।

ও'মের সূত্র অনুসারে, $I = \frac{V}{R}$

শুকনো অবস্থায় $I = \frac{220\text{V}}{50000\Omega} = 0.0044\text{A} = 4.4\text{mA}$

ভেজা অবস্থায় $I = \frac{220\text{V}}{10000\Omega} = 0.022\text{A} = 22\text{mA}$

তাহলে, আমরা বলতে পারি আমাদের দেশের 220V শরীরের ভেতর দিয়ে মানুষকে মেরে ফেলার মতো বিদ্যুৎ প্রবাহ করতে পারে। যখন কেউ ভেজা মাটিতে ভেজা পা নিয়ে দাঁড়ানো অবস্থায় তড়িৎস্পৃষ্ট হয় সেটি হয় সবচেয়ে বিপজ্জনক। আমরা যে বিদ্যুৎ ব্যবহার করি সেটি যথেষ্ট বিপজ্জনক হতে পারে, কিন্তু সাধারণ সতর্কতার সাথে নিরাপদে তড়িৎ ব্যবহার করা যায়। সারা পৃথিবীতে কোটি কোটি মানুষ প্রতি মুহূর্তে নিরাপদে বিদ্যুৎ ব্যবহার করছে। তড়িতের নিরাপদ ব্যবহার করার জন্য নিচের কয়েকটি বিষয় জানা দরকার।

১। তড়িৎ অপরিবাহী পদার্থের আস্তরণ

তড়িতবাহী তার সর্বদা তড়িৎ অপরিবাহী পদার্থের একটা আস্তরণ দিয়ে ঢাকা থাকে। যদি কোনো কারণে শর্ট সার্কিট হয় অর্থাৎ সরাসরি কোনো রোধ ছাড়াই ধনাত্মক প্রান্ত ও ঋণাত্মক প্রান্ত পরস্পরকে স্পর্শ করে, তাহলে ও'মের সূত্র অনুযায়ী অনেক বেশি তড়িৎ প্রবাহ হয়ে পরিবাহী গরম হয়ে যায়। ফলে তারের উপর তড়িৎ অপরিবাহী পদার্থের আস্তরণ গরম হয়ে পুড়ে যায় এবং আগুন ধরে যায়। যেহেতু তড়িতবাহী তার প্রতিটি ঘরের সাথে যুক্ত সেহেতু সতর্কতা অবলম্বন না করলে বড় কোনো দুর্ঘটনা ঘটতে পারে। তাই সব সময়েই সতর্ক থাকতে হয় যেন বৈদ্যুতিক তারের ওপর অপরিবাহী আস্তরণটা অবিকৃত এবং অক্ষত থাকে। তাছাড়া তড়িতবাহী তার কেনার সময় খেয়াল রাখা উচিৎ যে তড়িতবাহী তারে অপরিবাহী পদার্থের আস্তরণটি যেন উচ্চ তাপসহ হয়। তাহলে বিপদের আশংকা অনেক কমে যায়।

২। ভালো সংযোগ

আমরা দেখেছি যে তড়িৎ যন্ত্রে ক্ষমতা যত বেশী সে যন্ত্রের ভিতর দিয়ে তত বেশী তড়িৎ প্রবাহ হয়। সুতরাং ভালো করে তড়িৎ সংযোগ না করলে সংযোগ স্থানে তাপ উৎপন্ন হয় এবং তড়িতবাহী তারের আস্তরণটি পুড়ে গিয়ে তারটি বিপদজ্জনক

হয়ে যাবে। অনেক সময় দেখা যায় যে, সকেটে প্লাগ ঢুকানোর সময় তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ হয় এবং পুরপুর শব্দ হয়। এটা খুব বিপজ্জনক। কখনোই সকেটের সুইচ বন্ধ (off) না করে কোনো সকেটে প্লাগ ঢুকানো উচিৎ নয়। কখনই মোবাইল চার্জ করা অবস্থায় ব্যবহার করা উচিৎ নয়।

৩। আর্দ্রতা

আর্দ্রতা, তড়িৎ জনিত দুর্ঘটনার প্রধান একটি কারণ। পানি তড়িৎ পরিবাহী, কাজেই কোনো তড়িৎ বর্তনীতে পানি ঢুকে গেলে কিংবা জলীয়বাষ্প থাকলে সেখানে শর্ট সার্কিট হয়ে বিপজ্জনক হতে পারে। বর্তনী শুষ্ক আছে কিনা তা নিশ্চিত না হয়ে সুইচ চালু (on) করা উচিৎ নয়। সুতরাং হেয়ার ড্রায়ার বা ইস্ত্রির (যা হাত দিয়ে ধরে ব্যবহার করা হয়) মতো জিনিস ভিজা হাতে বা পানির কাছাকাছি ব্যবহার করা খুব বিপজ্জনক।

৪। সার্কিট ব্রেকার ও ফিউজ

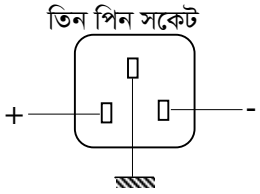
যান্ত্রিক কারণে কোনো তড়িৎ যন্ত্রের মধ্য দিয়ে হঠাৎ তড়িৎ প্রবাহ বেড়ে গেলে যন্ত্রটি গরম হয়ে আগুন ধরে যেতে পারে। বাড়িতে, হাসপাতালে, বিদ্যালয়ে, ছোট বড় শিল্প কারখানায় এই কারণেই তড়িৎ প্রবাহে দুর্ঘটনা হয়। হঠাৎ করে মাত্রার অতিরিক্ত তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করার জন্য সরবরাহ লাইনে সার্কিট ব্রেকার কিংবা ফিউজ ব্যবহার করা হয়।

সার্কিট ব্রেকার এমনভাবে তৈরি করা হয় যে এর ভেতর থেকে নিরাপদ সীমার বেশি তড়িৎ প্রবাহিত হলেই বর্তনীকে বিচ্ছিন্ন করে দেয়। ফিউজ সে তুলনায় খুবই সরল একটা পদ্ধতি, একটি যন্ত্রে যে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় সেটি যন্ত্রে ঢোকানোর আগে সরু ও নিম্ন গলনাংকের একটা তারের ভেতর দিয়ে নেয়া হয়। কোনো কারণে নির্ধারিত মানের অধিক তড়িৎ প্রবাহ হলে ফিউজের সরু তার উত্তপ্ত হয়ে পুড়ে তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করে দেয়।

৫। সঠিক সংযোগ

বিদ্যুৎ সরবরাহে সাধারণত দুটি তার থাকে যার একটিতে উচ্চ বিভব অন্যটিতে শূন্য বিভব বা বিভবহীন। আমরা সাধারণত উচ্চ বিভবকে (+) এবং নিম্ন বিভবকে (-) চিহ্ন দিয়ে চিহ্নিত করে থাকি। নিম্ন বিভব তারটি নিরাপদ, কিন্তু উচ্চ বিভব তারটি বিপজ্জনক। বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে প্রবাহিত হয়। ফলে উচ্চ বিভব থেকে তড়িৎ প্রবাহ তড়িৎ যন্ত্রের ভিতর প্রবাহিত হয়ে নিম্ন বিভব প্রান্তে ফিরে আসে। তাই উচ্চ বিভবের তারটিকে সতর্কভাবে ব্যবহার করতে হয়। কোনো তড়িৎ যন্ত্রে তড়িৎ সংযোগ দেবার আগে উচ্চ বিভবের তারটির একটা সুইচ দিয়ে তড়িৎ সংযোগ দেয়া হয়। উচ্চ বিভবের সাথে সুইচ (চাবি) লাগানো হলে, যখন সুইচ চালু (on) করা হয় কেবল তখনই যন্ত্রটিতে উচ্চ বিভবের সাথে যুক্ত হয় এবং তড়িৎ প্রবাহ শুরু হয়। যখন সুইচ বন্ধ (off) থাকে তখন যন্ত্রের ভিতর কোথাও উচ্চ বিভব থাকে না ফলে যন্ত্রটিকে নিরাপদে নাড়াচাড়া করা যায়।

৬। গ্রাউন্ড বা ভূ-সংযোগ



চিত্র ১২.১৫

হাত দিয়ে ধরে ব্যবহার করা বা যে সব তড়িৎ যন্ত্রকে সব সময় স্পর্শ করে ব্যবহার করা হয় যেমন কম্পিউটার, ফ্রিজ, হেয়ার ড্রায়ার, ইস্ত্রি, ইলেকট্রিক রেজার, ওভেন, কল কারখানার বড় বড় দামী তড়িৎ যন্ত্র ইত্যাদিতে দুইটি তারের অতিরিক্ত আরও একটি তার যুক্ত থাকে। এই তারটি যন্ত্রগুলোর দেহের (Body) সাথে যুক্ত থাকে। তারের অপর প্রান্ত দৃঢ় ভাবে ভূমির সাথে যুক্ত। এই তারকে ভূ-সংযোগ তার বা গ্রাউন্ডেড তার বলে। যদি কোনো কারণে যন্ত্রপাতি তড়িতাহিত হয়ে যায় তাহলে এই তার বেয়ে তড়িৎ প্রবাহ সরাসরি ভূমিতে চলে যায়। কাজেই যন্ত্রটিকে স্পর্শ করে বা ধরে কাজ করলেও ইলেকট্রিক শক খাওয়ার আশংকা থাকে না। অপর দিকে যদি সংযোগ ত্রুটি বা যান্ত্রিক ত্রুটির কারণে সমগ্র যন্ত্রটির দেহ উচ্চ বিভবের সাথে সংযোগ হয়ে যায় তাহলে ভূ-সংযোগের কারণে উচ্চ তড়িৎ প্রবাহ ভূমিতে প্রবাহিত হয়ে যায় এবং এর ফলে ফিউজ তার গলে গিয়ে তড়িৎ প্রবাহ বিচ্ছিন্ন করে দেয়। সেজন্য যন্ত্রটি বিপদমুক্ত হয়ে যায়। ১২.১৫ নং চিত্রে তিন পিন সকেটের সংযোগ দেখানো হলো।

৭। নিজের নিরাপত্তা

বর্তমানে আমাদের দেশে প্রায় সকলের বাড়িতেই সরবরাহ লাইনের সাহায্যে তড়িতের ব্যবস্থা আছে। তড়িৎ ব্যবহার করার ফলে বাড়িতে প্রায় কোনো না কোনো ছোটখাটো ত্রুটি লেগেই থাকে। যেমন, ফিউজ কেটে যাওয়া, বাল্ব কেটে যাওয়া, সুইচ নষ্ট হওয়া, সকেট কাজ না করা, ফ্যানের রেগুলেটর কাজ না করা, ঘরে প্রয়োজনে একটি অতিরিক্ত বাল্ব লাগানো ইত্যাদি সমস্যা লেগেই থাকে। এসব ছোটখাটো কাজের জন্য সাধারণতঃ মিস্ত্রি আসতে চায় না বা সময় মত আসেনা।

সেজন্য আমরা এই সব কাজগুলো নিজেরাই সারিয়ে নেবার চেষ্টা করি। সরবরাহ লাইনে কাজ করার আগে আমাদের নিজের নিরাপত্তার জন্য কতকগুলি বিষয় জানা প্রয়োজন। নিরাপত্তার মূল বিষয় হলো কাজ করতে গিয়ে যেন তড়িৎস্পৃষ্ট না হই। অর্থাৎ নিজে যেন তড়িৎ সংস্পর্শে না আসি। আমাদের জানা আছে অপরিবাহী পদার্থের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ হয় না। আমাদের হাতের কাছেই পাওয়া যায় এমন অপরিবাহী পদার্থ হলো শুকনো কাঠ এবং রবার। আমরা যদি শুষ্ক শরীরে শুকনো কাঠের উপর দাঁড়িয়ে বা শুকনো রবারের জুতা পরে কাজ করি তবে নিজ দেহের মধ্য দিয়ে মাটিতে তড়িৎ প্রবাহ হবে না। যদি হাতে রবারের হাত মোজা পরে নিই তবে পরিবাহী তার থেকে দেহে তড়িৎ প্রবাহ হবে না। সরবরাহ লাইনে কাজ করার সময় আমরা সাধারণতঃ যে যন্ত্রগুলো ব্যবহার করি তা হলো স্ক্রু-ড্রাইভার, প্লায়ার্স এবং টেস্টার। এগুলোর প্রত্যেকটির ধরার স্থানে অপরিবাহী পদার্থের হাতল লাগানো থাকে। এটা খেয়াল রাখা উচিৎ যে, কাজ করার সময় হাতল ধরে কাজ করতে হবে। কোনো অবস্থায় যেন হাত ধাতব অংশে স্পর্শ না করে। আরো মনে রাখা উচিৎ যে, সরবরাহ লাইনে কাজ করার আগে যদি মেইন-সুইচ বন্ধ করে দিই তবে মেইন-সুইচের পরের অংশে তড়িৎস্পৃষ্ট হবার আশঙ্কা থাকে না। বর্তমানে প্রত্যেক বাড়িতে যেন কোনো ঘরের তড়িৎ বিভ্রাটের জন্য অন্য ঘরে তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ না হয় সে জন্য প্রতিটি ঘরে ফিউজ লাগানো থাকে। সুতরাং যে ঘরে কাজ করতে হবে সে ঘরে যদি ফিউজ থাকে তবে প্রথমেই সেটা খুলে রাখতে হবে।

বিশেষভাবে মনে রাখা উচিৎ যে,

ক. ফ্যান, বাতি, ফ্রিজ ইত্যাদি সকল তড়িৎ যন্ত্র সরবরাহ লাইনের সাথে সমান্তরাল সন্নিবেশে যুক্ত করতে হয় এবং প্রত্যেকের সাথে একটি করে চাবি বা সুইচ শ্রেণি সন্নিবেশে লাগাতে হবে।

খ. যা কিছুই সরবরাহ লাইনের সাথে যুক্ত করি না কেন তা অবশ্যই ফিউজ বা কাট আউট-এর পরে যুক্ত করতে হবে।

গ. প্রত্যেক ঘরের জন্য আলাদা আলাদা ফিউজ লাগানো উচিৎ।

ঘ. প্রত্যেক দামী (টিভি, ফ্রিজ, ওভেন, কম্পিউটার ইত্যাদি) যন্ত্রকে সরবরাহ লাইনে যুক্ত করার পূর্বে প্রত্যেকটির সাথে একটি করে অতিরিক্ত ফিউজ লাগানো উচিৎ।

সার-সংক্ষেপঃ

তড়িতবাহী তারকে সর্বদা তড়িৎ অপরিবাহী পদার্থের একটা আস্তরণ দিয়ে ঢাকা থাকা উচিৎ।
সুতরাং ভালো করে তড়িৎবাহী তারকে জোড়া দেয়ার সময় সংযোগটি সুদৃঢ় করা উচিৎ।
তড়িৎ চালিত অথচ যা হাত দিয়ে ধরে ব্যবহার করার মতো জিনিস ভিজা হাতে বা পানির কাছাকাছি ব্যবহার করা খুব বিপজ্জনক।
হঠাৎ করে মাত্রার অতিরিক্ত তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করার জন্য সরবরাহ লাইনে সার্কিট ব্রেকার কিংবা ফিউজ ব্যবহার উচিৎ।
সর্বদা উচ্চ বিভবের তারের সাথে সুইচ (চাবি) লাগানো উচিৎ।
হাত দিয়ে ধরে ব্যবহার করা হয় সে সব তড়িৎ যন্ত্রের বডিকে সব সময় একটি তার দিয়ে ভূ সংযোগ করে রাখা উচিৎ।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১২.৭ :

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১. বর্তনীতে কেন ফিউজ ব্যবহার করা হয়?

ক. নিরাপত্তার জন্য।
খ. তড়িৎ প্রবাহ নিয়ন্ত্রণের জন্য।
গ. রোধ বৃদ্ধির জন্য।
ঘ. প্রয়োজনে বর্তনীর সংযোগ বিচ্ছিন্ন করার জন্য।

২. সরবরাহ লাইনে কাজ করার সময় শুকনো কাঠের উপর দাঁড়িয়ে কাজ করলে

i. তড়িৎ শক্ লাগে না
ii. ভূমি থেকে দেহ বিচ্ছিন্ন হয়ে থাকে
iii. দেহের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয়ে ভূমিতে যায় না

নীচের কোনটি সঠিক?

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

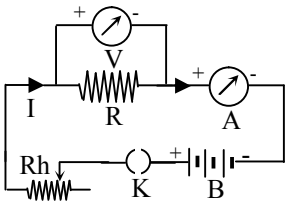
পাঠ ৮ ঃ ব্যবহারিক-১৫ ঃ তড়িৎ বর্তনী তৈরি এবং তড়িৎ প্রবাহ ও বিভব পার্থক্য নির্ণয়

উদ্দেশ্য

এই পাঠের শেষে আপনি -

১. একটি ব্যাটারী, চাবি, স্থিরমানের রোধ, পরিবর্তশীল রোধ, অ্যামমিটার ও ভোল্টমিটার ব্যবহার করে তড়িৎ বর্তনী তৈরি করতে পারবেন।
২. বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ ও স্থিরমানের রোধের দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য পরিমাপ করতে পারবেন।

১২.৮.১ ও'ম-এর সূত্রের পরীক্ষামূলক প্রমাণঃ (অ্যামমিটার-ভোল্টমিটার পদ্ধতি) ঃ



চিত্র ১২.১৬

ও'ম-এর সূত্র ঃ স্থির তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিবাহীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক।

কোনো পরিবাহীর রোধ R, এর দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য V। যদি রোধের মধ্য দিয়ে I পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ হয় তবে ও'মের সূত্রানুসারে, $V = RI$ বা, $R = \frac{V}{I}$

এখন R রোধের ভিতর দিয়ে জানা মানের তড়িৎ প্রবাহ করে তার দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য নির্ণয় করে এদের অনুপাত ধ্রুব হলে ও'ম-এর সূত্র প্রমাণিত হবে।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ঃ একটি রোধ, একটি রিওয়েস্টেট, একটি অ্যামমিটার, একটি ভোল্টমিটার, একটি চাবি, একটি ব্যাটারী ও কিছু সংযোগ তার।

সংযোগ ঃ পরীক্ষণীয় রোধ, রিওয়েস্টেট, অ্যামমিটার ও চাবিকে পরস্পরের সাথে সংযোগ তার দিয়ে শ্রেণী সন্নিবেশে যুক্ত করে ব্যাটারীর দুই প্রান্তে যুক্ত করতে হয় (চিত্র ১২.১৬)। এর পর ভোল্টমিটারকে পরীক্ষণীয় রোধের সমান্তরালে সংযোগ অ্যামমিটার করতে হবে। সংযোগের সময় খেয়াল রাখতে হবে যেন অ্যামমিটার ও ভোল্টমিটারের ধনাত্মক প্রান্ত এক দিকে থাকে এবং সেগুলো ব্যাটারীর ধনাত্মক প্রান্তের দিকে থাকে। চাবি চালু করার পূর্বে রিওয়েস্টেটকে এমন ভাবে রাখতে হবে যেন এর রোধ সর্বোচ্চ থাকে।

পরীক্ষণ ঃ চাবি (K) চালু (on) করে বর্তনীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ শুরু হবে। এবার রিওয়েস্টেটের পরিবর্তনশীল প্রান্তকে ধীরে ধীরে কম রোধের দিকে নিয়ে আসতে হবে। এই অবস্থায় অ্যামমিটার ও ভোল্টমিটারের পাঠ ক্রমশ বৃদ্ধি পেতে থাকবে। সুবিধা মত অবস্থায় রেখে অ্যামমিটারের পাঠ (I_1) ও ভোল্টমিটারের পাঠ (V_1) লিপিবদ্ধ করতে হবে। একই ভাবে কয়েকবার রিওয়েস্টেটের রোধ পরিবর্তন করে করে অ্যামমিটার ও ভোল্টমিটারের পাঠ লিপি বদ্ধ করতে হবে।

প্রতিবার পাঠ নেয়ার পূর্বে চাবি খুলে (off) কিছুক্ষণ অপেক্ষা করতে হবে। কারণ বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহের ফলে রোধ গরম হয়। ফলে রোধের মান পরিবর্তিত হয়।

ছক ঃ

পাঠ সংখ্যা	ভোল্টমিটারের পাঠ (V)	অ্যামমিটারের পাঠ (I)	$\frac{V}{I}$	মন্তব্য
১				$\frac{V}{I}$ এর অনুপাত প্রায় সমান। তাই এটি ধ্রুবক।
২				
৩				
৫				

ফলাফল ঃ $\frac{V}{I}$ এর অনুপাত সমান। তাই এটি ধ্রুবক। ও'ম-এর সূত্র অনুসারে $\frac{V}{I} = R$ একটি ধ্রুব রাশি। অতএব ও'ম-এর সূত্র প্রমাণিত হলো।

সতর্কতা ঃ ১। সংযোগ করার আগে পরিবাহী তারগুলো শিরিষ কাগজ দিয়ে ঘষে পরিস্কার করে নিতে হবে।
২। বর্তনী অনুসারে সঠিক ভাবে সংযোগ দিতে হবে।
৩। ভোল্টমিটার ও অ্যামমিটারের ধনপ্রান্ত ও ঋণপ্রান্ত দেখে সংযোগ দিতে হবে।
৪। প্রথমে চাবি বন্ধ করার আগে রিওয়েস্টেটকে সর্বোচ্চ রোধ অবস্থায় রাখতে হবে।
৫। প্রতিবার পাঠ নেয়ার পর কিছুক্ষণ তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ রাখতে হবে।
৬। রিওয়েস্টেটকে এমন ভাবে সমন্বয় করতে হবে যেন অ্যামমিটার ও ভোল্টমিটারের কাঁটা স্কেলের কোনো দাগের উপর থাকে।

চূড়ান্ত মূল্যায়ন-১২

বহু নির্বাচনি প্রশ্ন ঃ

১. তড়িৎ প্রবাহের প্রচলিত দিক কোনটি?
ক. ইলেকট্রন প্রবাহের দিক খ. ইলেকট্রন প্রবাহের বিপরীত দিক
গ. প্রোটন প্রবাহের দিক ঘ. প্রোটন প্রবাহের বিপরীত দিক

২. কোনটি আধান ও তড়িৎ প্রবাহের সম্পর্ক **নয়**?
ক. $I = \frac{Q}{t}$ খ. $Q = It$ গ. $I = Qt$ ঘ. $t = \frac{Q}{I}$

৩. দুটি চার্জিত সংযুক্ত বস্তুর মধ্যে চার্জ প্রবাহিত হতে থাকে যতক্ষণ না তাদের-
ক. চার্জ সমান হয় খ. বিভব সমান হয় গ. ধারকত্ব সমান হয় ঘ. সঞ্চিত শক্তি সমান হয়

৪. তড়িৎ পরিবাহীতার উপর নির্ভর করে পদার্থকে তিনটি ভাগে ভাগ করা হয় যথা ঃ পরিবাহী, অর্ধপরিবাহী ও কুপরিবাহী। পরিবাহীর ধর্ম হলো-
i. অর্ধপরিবাহী ও কুপরিবাহীর তুলনায় এর রোধ খুব কম।
ii. দৈর্ঘ্য ও প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলে উপর এর রোধ নির্ভর করে।
iii. তাপমাত্রা যত বৃদ্ধি পায় এর রোধ তত হ্রাস পায়।
নীচের কোনটি সঠিক?
ক. i ও ii খ. ii ও iii. গ. i ও iii ঘ. i, ii ও iii

৫. এস, আই পদ্ধতিতে পরিবাহকত্ব এর একক হচ্ছে-
ক. সিমেন্স/মিটার খ. সিমেন্স-মিটার গ. ওহম/মিটার ঘ. ওহম-মিটার

৬. সিমেন্স কিসের একক?

ক. রোধ খ. আপেক্ষিক রোধ গ. পরিবাহিতা ঘ. ধারকত্ব

৭. আপেক্ষিক রোধ নির্ভর করে পরিবাহীর-

i. উপাদানের উপর

ii. তাপমাত্রার উপর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের উপর

iii. পরিবাহকের দৈর্ঘ্যের উপর

নীচের কোনটি সঠিক?

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

৮. বোর্ড অব ট্রেড ইউনিট বলা হয় কোনটিকে?

ক. ওয়াট-সেকেন্ড খ. ওয়াট-ঘন্টা গ. কিলোওয়াট-সেকেন্ড ঘ. কিলোওয়াট-ঘন্টা

৯. নীচের কোন সংকেত দিয়ে কোষ বোঝানো হয়েছে?

ক. খ. গ. ঘ.

● নীচের অংশটি পড়ে ১০ ও ১১ নং প্রশ্নের উত্তর দিন।

একটি কোষের তড়িচ্চালক শক্তি 1.2V, অভ্যন্তরীণ রোধ 0.1Ω। এর সাথে 4.9Ω মানের রোধ যুক্ত করে একটি বর্তনী তৈরি করা হলো।

১০. বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ হবে-

ক. 4.17A খ. 4.08A গ. 0.245A ঘ. 0.24A

১১. 4.9Ω রোধ দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য হবে-

ক. 1.2V খ. 1.18V গ. 0.118V ঘ. 0.024V

১২. কোনো ধাতব পদার্থের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে এর রোধ

ক. বৃদ্ধি পায় খ. হ্রাস পায় গ. অপরিবর্তিত থাকে ঘ. উপাদানের উপর নির্ভর করে।

১৩. একটি মোটর গাড়ির ব্যাটারীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 12V হলে 2.5C আধানকে ব্যাটারীর ঋণাত্মক প্রান্ত থেকে ধনাত্মক প্রান্তে স্থানান্তরের জন্য কত কাজ সম্পন্ন হবে?

ক. 4.8J খ. 12J গ. 25J ঘ. 30J

১৪. $1000W$ -এর একটি হিটার 1 ঘন্টা চললে কত ইউনিট বিদ্যুৎ খরচ হয়?

ক. 1 ইউনিট খ. 2 ইউনিট গ. 4 ইউনিট ঘ. 1000 ইউনিট

১৫. 2Ω অন্তঃরোধের একটি ব্যাটারীর প্রান্তদ্বয় 8Ω রোধের সাথে যুক্ত করলে $0.3A$ প্রবাহ চলে। কোষের তড়িচ্চালক শক্তি কত?

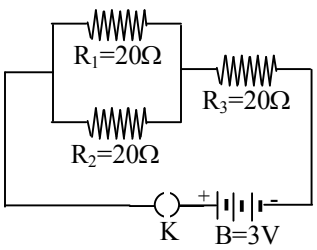
ক. 2Volt খ. 3Volt গ. 4Volt ঘ. 5Volt

১৬. দুটি সমান রোধের ক্ষেত্রে সিরিজ সংযোগের তুল্য রোধ, সমান্তরাল সংযোগের তুল্য রোধের কতগুণ-

ক. 1/2 গুণ খ. 2 গুণ গ. 1/4 গুণ ঘ. 4 গুণ

সৃজনশীল প্রশ্ন ঃ

১. নীচের চিত্রটি লক্ষ্য করুন এবং নীচের প্রশ্নগুলির উত্তর দিন।



ক. আপেক্ষিক রোধ কাকে বলে?

খ. বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহের দিক দেখান।

গ. বর্তনীতে মোট তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় করুন।

ঘ. R_2 রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ এবং R_3 রোধের বিভব পার্থক্য পরিমাপের জন্য কোন কোন যন্ত্র কিভাবে সংযোগ করা হবে, বর্তনীটি খাতায় অংকন করে এর কারণ আলোচনা করুন।

২. রহিম বাজার থেকে তার টর্চের জন্য একটি বাল্ব কিনে আনলো। বাল্ব লেখা আছে 2.5V-0.6W। বাল্বটি টর্চে লাগিয়ে সুইচ দিতেই কেটে গেল। তার টর্চে 1.5V এর দুটি ব্যাটারী লাগানো আছে।

ক. ওয়াট কি?

খ. 2.5V-0.6W লেখা দিয়ে কি বোঝানো হয়েছে ব্যাখ্যা করুন।

গ. বাল্বটিতে কত রোধ সংযুক্ত আছে নির্ণয় করুন।

ঘ. বাল্বটি কেটে যাবার কারণ গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ করুন।

বহু নির্বাচনি প্রশ্নের উত্তরমালা

পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১২.১	১। ক)	২। (গ)	৩। (খ)
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১২.২	১। (খ)	২। (ঘ)	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১২.৩	১। (ঘ)	২। (ঘ)	৩। (খ)
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১২.৪	১। (খ)	২। (গ)	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১২.৫	১। (ক)	২। (গ)	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১২.৬	১। (খ)	২। (ক)	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন ১২.৭	১। (ক)	২। (ঘ)	

চূড়ান্ত মূল্যায়ন ১২

সাধারণ বহুনির্বাচনী প্রশ্নের উত্তর:

১খ	২গ	৩খ	৪ক	৫ক	৬গ	৭ঘ	৮ঘ
৯খ	১০ঘ	১১খ	১২ক	১৩ঘ	১৪ক	১৫খ	১৬ঘ