ইউনিট-১১
স্থিরতড়িৎ
STATICAL ELECTRICITY

ভূমিকা (Introduction)

আধুনিক সভ্যতার মূল ভিত্তি তড়িৎ। তড়িৎ এক প্রকার শক্তি। তড়িৎ শক্তিকে অন্য শক্তিতে রূপান্তর করা যায় এবং এর সাহায্যে কাজ সম্পাদন করা যায়। এ ইউনিটে স্থির তড়িৎ সম্পর্কে আলোচনা করবো। খ্রিস্ট পূর্ব ৬০০ অব্দে গ্রীক দার্শনিক থেলস (Thales) প্রথম লক্ষ্য করেন যে, অ্যাম্বারকে [বেল্টিক সমুদ্র তীরে প্রাপ্ত এক জাতীয় হলুদ বর্ণের শক্ত আঠালো পদার্থ (A yellow resinous substance found on the shores of Baltic sea)] পশমী কাপড় দিয়ে ঘষলে এর মধ্যে বিশেষ ধরনের বৈশিষ্টের উদ্ভব হয় যার ফলে অ্যাম্বার ছোট ছোট কাগজের টুকরা, হালকা পালক, ধুলিকণা ইত্যাদিকে তার দিকে আকর্ষণ করে। থেলসের পর বহু বছর এ বিষয়ের উপর কোনো গুরুত্ব দেয়া হয়নি। ১৬০০ খ্রিস্টাব্দে ডা: গিলবার্ট (Dr. Gilbert) এ নিয়ে বিস্তারিত পরীক্ষা-নিরিক্ষা করেন। তিনি দেখেন যে, এই বৈশিষ্টটি শুধু অ্যম্বারের নয় রবার, কাচ, এবেনাইট, প্লাস্টিক, গন্ধক, গালা, চীনামাটি ইত্যাদি অনেক বস্তুতেই বিদ্যমান। অর্থাৎ প্রায় সকল বস্তুই ক্ষুদ্র হালকা শুকনো বস্তুকে আকর্ষণের ক্ষমতা লাভ করে যখন একে আর অন্য একটি বস্তু দিয়ে ঘর্ষণ করা হয়। এমনকি আপনি যদি আপনার শুষ্ক চুলকে চিরুনি দিয়ে আচড়িয়ে চিরুনিটিকে কোনো ক্ষুদ্র হালকা শুকনো বস্তুর কাছে আনেন তবে দেখবেন চিরুনিটি তাকে আকর্ষণ করছে (এই পরীক্ষাটি বর্ষাকালে, বৃষ্টির দিনে, কুয়াশার মধ্যে বা ভিজা চুলে করবেন না। কারণ জলীয়বাষ্প তড়িতগ্রস্থ বস্তুর সংস্পর্শে এলে বস্তুকে নিস্তড়িত করে দেয়)। আসলে ঘর্ষণের ফলে অ্যাম্বার, রবার, কাচ, এবোনাইট, প্লাস্টিক, গন্ধক ইত্যাদিতে তড়িতের (Electricity) উদ্ভব হয়। গ্রীক ভাষায় অ্যাম্বারকে ইলেকট্রাম (Electrum) বলে। এই ইলেকট্রাম থেকে পদার্থের এই ধর্মকে ইলেকট্রিসিটি বলে। বাংলায় এই ধর্মকে তড়িৎ বলে। মাটিতে খালি পায়ে দাঁড়িয়ে ধাতব ও অধাতব দন্ডকে বিড়ালের লোম কিংবা রেশম বা পশমের কাপড় দিয়ে এক এক করে ঘর্ষণ করে দেখা যায় অ্যম্বার, রবার, কাচ, এবেনাইট, প্লাস্টিক, গন্ধক, গালা, চীনামাটি প্রভৃতি অধাতব দন্ড তড়িত গ্রস্থ হয় অর্থাৎ ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র হালকা বস্তুকে আকর্ষণ করে কিন্তু কোনো ধাতব বস্তু তড়িতগ্রস্থ হয় না। এর কারণ হলো- সকল প্রকার ধাতব বস্তু, প্রাণী দেহ, মাটি (পৃথিবী) প্রভৃতির মধ্য দিয়ে তড়িৎ সচল ও প্রবাহিত হতে পারে অর্থাৎ এরা তড়িতের পরিবাহী (conductor of electricity)। ধাতব দন্ডকে অন্য এক পদার্থ দিয়ে ঘর্ষণ করলে যে তড়িতের উদ্ভব হয়, হাত দিয়ে ধরে মাটিতে খালি পায়ে দাঁড়িয়ে থাকায় ধাতব দন্ড থেকে তড়িৎ হাতের মধ্য দিয়ে মাটিতে চলে যায়। ভূ-সংযোগে পরিবাহী নিস্তড়িৎ থাকে। অপর দিকে অধাতব পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হতে পারেনা। ফলে অধাতব পদার্থের যে স্থানে অন্য কোনো বস্তু দিয়ে ঘর্ষণ করা হয় সেস্থানেই তড়িৎ স্থির থাকে। সচল হয়ে হাতে পৌছাতে পারে না। তবে যে স্থানে ঘর্ষণ করা হয়েছে সে স্থানে হাত বুলালে তা নিস্তড়িৎ হয়ে পড়ে। তড়িৎ যখন কোনো বস্তুতে স্থির থাকে তখন ঐ তড়িতকে স্থির তড়িৎ (statical electricity) বলে। এই ইউনিটে আমরা স্থির তড়িতের ধর্ম ও ব্যবহার শিখব। তাছাড়া স্থির তড়িৎ আবেশ, স্থির তড়িৎ বল পরিমাপ, তড়িৎ প্রাবল্য, তড়িৎ বিভব, ধারক ও ধারকত্ব ইত্যাদি সম্বন্ধে জানতে পারবো।

পাঠ ১: আধান ও তড়িৎ আবেশ (Electric Charge and Electric Induction)

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি -

১. আধান কি তা বলতে পারবেন এবং ঘর্ষণ প্রক্রিয়ায় আহিতকরণ বর্ণনা করতে পারবেন।

২. আধানের তলমাত্রিক ঘনত্ব কি তা বলতে পারবেন।

৩. আবেশ সম্বন্ধে বর্ণনা করতে পারবেন।

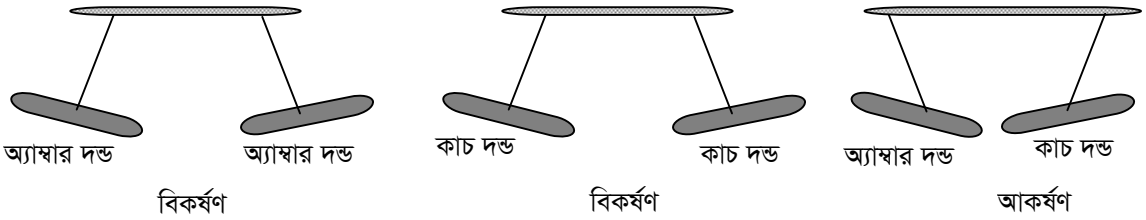
৪. আবেশ প্রক্রিয়ায় আহিতকরণ বর্ণনা করতে পারবেন।

৫. তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে আধানের উপস্থিতি সনাক্ত করতে পারবেন।

১১.১.১ আধান ও এর প্রকারভেদ (Electric Charge and classifications)

দুটি ভিন্ন বস্তুতে ঘর্ষণের ফলে যার উপস্থিতিতে তড়িৎ ধর্মের সৃষ্টি তাকে আধান (charge) বলে।

চার্লস সি. এফ. ড্যু-ফে (Charles C. F. Du-Fay) একটি পরীক্ষা করেন। দুটি অ্যাম্বার দন্ডকে পশমী কাপড় দিয়ে ঘর্ষণ করে দন্ড দুটিকে সূতা দিয়ে বেঁধে একটি অনুভূমিক দন্ডের সাথে ঝুলিয়ে দিয়ে লক্ষ্য করেন যে, দন্ড দুটি পরস্পর থেকে দূরে সরে যাচ্ছে। একই ভাবে দুটি কাচ দন্ডকে রেশমী কাপড় দিয়ে ঘর্ষণ করে দন্ড দুটিকে সূতা দিয়ে বেঁধে ঝুলিয়ে দিলে একই ঘটনা ঘটে। অথচ একটি অ্যাম্বার দন্ডকে পশমী কাপড় দিয়ে ঘর্ষণ করে এবং একটি কাচ দন্ডকে রেশমী কাপড় দিয়ে ঘর্ষণ করে দন্ড দুটিকে ঝুলিয়ে দিলে পরস্পরের দিকে এগিয়ে আসছে। এর থেকে তিনি সিদ্ধান্ত নেন যে, বস্তুতে দুই ধরণের তড়িতগ্রস্থতা আছে। (চিত্র নং ১১.১)। সমধর্মী তড়িতগ্রস্থ বস্তু পরস্পরকে বিকর্ষণ করে এবং বিপরীতধর্মী তড়িতগ্রস্থ বস্তু পরস্পরকে আকর্ষণ করে। চার্লস সি. এফ. ড্যু-ফে ১৭৩৩ সালে এই দুই ধরনের তড়িতগ্রস্থতার নামকরণ করেন।



চিত্র ১১.১

১. অ্যাম্বার দন্ডকে পশমী কাপড় দিয়ে ঘর্ষণ করলে এক ধরণের আধান পাওয়া যায়। যেহেতু অ্যাম্বার এক জাতীয় আঠা (resin) সেহেতু এই জাতীয় আধানের নাম দেন "রেজিনাস (reginous)"।

২. কাচ দন্ডকে রেশমী কাপড় দিয়ে ঘর্ষণ করলে অন্য এক ধরণের আধান পাওয়া যায়। এই জাতীয় আধানের নাম দেন "ভিট্রিয়াস (vitreous)"।

পরবর্তীতে আমেরিকান বিজ্ঞানী বেনজামিন ফ্রাঙ্কলিন (Benjamin Franklin) ১৭৪৭ সালে নামকরণের নতুন প্রথা চালু করেন।

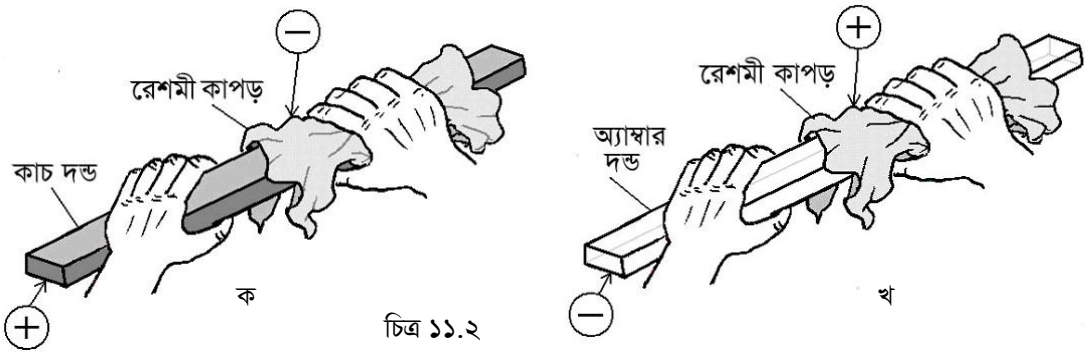
১. কাচ দন্ডকে রেশমী কাপড় দিয়ে ঘষলে কাচে যে ধরণের আধান পাওয়া যায় তার নাম দেন ধনাত্মক আধান।

২. অ্যাম্বার দন্ডকে পশমী কাপড় দিয়ে ঘষলে অ্যাম্বার যে ধরণের আধান পাওয়া যায় তার নাম দেন ঋণাত্মক আধান।

এখানে লক্ষ্যণীয় যে, এই ধনাত্মক বা ঋণাত্মক নামের কোনো বিশেষ তাৎপর্য নেই। এই নাম দিয়ে একটির আধান অপরটির বিপরীতধর্মী বুঝানো হয়েছে মাত্র।

আরো লক্ষ্যণীয় যে, যখন কাচ দন্ডকে রেশমী কাপড় দিয়ে ঘষলে কাচে ধনাত্মক আধানের সৃষ্টি হয় তখন সেই সাথেই রেশমী কাপড়ে ঋণাত্মক আধানের সৃষ্ট হয় (চিত্র ১১.২ ক)। অনুরূপ ভাবে, অ্যাম্বার দন্ডকে পশমী কাপড় দিয়ে ঘষলে অ্যাম্বারে ঋণাত্মক আধানের সৃষ্টি হয় তখন সেই সাথেই পশমী কাপড়ে ধনাত্মক আধানের সৃষ্ট হয় (চিত্র ১১.২ খ)। (পরবর্তীতে এর কারণ ব্যাখ্যা করা হবে।)

সুতরাং, বলা যায় আধান দুই প্রকার, ধনাত্মক আধান ও ঋণাত্মক আধান।



চিত্র ১১.২

নীচে একটি তালিকায় কিছু বস্তুর নাম দেয়া হলো যাদের মধ্যে যে কোনো দুটিকে পরস্পরের সাথে ঘর্ষণ করলে ক্রম অনুসারে আগের বস্তুটিতে ধন আধান এবং পরের বস্তুটিতে ঋণ আধানের সৃষ্টি হবে।

তালিকা: ১১.১

১। ফার	৭। রেশম	১৩। রজন
২। পশম	৮। তুলা	১৪। ধাতু
৩। গালা	৯। কাঠ	১৫। গন্ধক
৪। কাচ	১০। মানুষের দেহ	১৬। ইবোনাইট
৫। অভ্র	১১। অ্যাম্বার	১৭। সেলুলয়েড
৬। বিড়ালের চামড়া	১২। ইন্ডিয়ান রবার	

আধান সম্বন্ধে জানতে হলে প্রথমে আমাদের পরমাণুর গঠন সম্বন্ধে একটু জানতে হবে। প্রত্যেক পদার্থই ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা দিয়ে গঠিত। এদেরকে পরমাণু বলে। পরমাণু আবার তিনটি কণা দিয়ে তৈরী। এরা হলো ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন। এদের মধ্যে ইলেকট্রন একটি মৌলিক কণিকা। পরমাণুর কেন্দ্রে নিউক্লিয়াস থাকে এবং প্রোটন ও নিউট্রন নিউক্লিয়াসে অবস্থান করে। ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের চারিদিকে নির্দিষ্ট কক্ষপথে ঘুরতে থাকে। প্রোটন আর ইলেকট্রনের আধানের মান সমান, কিন্তু বিপরীত অর্থাৎ প্রোটনের আধান ধনাত্মক আর ইলেকট্রনের আধান ঋণাত্মক। এদের আধানের মান 1.6×10^{-19} C। যে কোনো পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যে কয়টা প্রোটন থাকে তার বাইরে ঠিক সেই কয়টা ইলেকট্রন ঘুরতে থাকে, তাই পরমাণুর সম্মিলিত আধান শূন্য, অর্থাৎ পরমাণু হচ্ছে তড়িৎ নিরপেক্ষ বা নিস্তড়িৎ। বাইরের কক্ষপথের ইলেকট্রনগুলি নিউক্লিয়াসের সাথে দুর্বল ভাবে আবদ্ধ থাকে। সে জন্য দুটি ভিন্ন বস্তুতে ঘর্ষণ করলে একটির থেকে কিছু ইলেকট্রন অপরটিতে চলে যায়। ইলেট্রন বাড়তির কারণে একটি বস্তু ঋণ আধানে আহিত হয় এবং অপরটি ইলেকট্রন ঘাটতির কারণে (প্রোটনের আধানের জন্য) ধন আধানে আহিত হয়। কোন বস্তুটি ইলেকট্রন গ্রহন করবে তা নির্ভর করে তার ইলেকট্রন আসক্তির উপর যার ইলেকট্রন আসক্তি বেশী সে ইলেকট্রন গ্রহণ করবে। উপরের ১১.১ তালিকায় কম ইলেকট্রন আসক্তি বেশী ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম অনুসারে সাজানো আছে। ক্রম সংখ্যার পার্থক্য যত বেশী হবে ঘর্ষনের ফলে আধানের পরিমাণ তত বেশী হবে এবং তালিকার উপরেরটি হবে ধনাত্মক আধানগ্রস্থ আর নীচেরটি হবে ঋণাত্মক আধানগ্রস্থ।

উদাহরণ স্বরূপ, সেলুলয়েডকে পশমী কাপড় দিয়ে ঘর্ষণ করলে সেলুলয়েডে ঋণাত্মক আধানের সৃষ্টি হবে এবং পশমী কাপড়ে ধনাত্মক আধানের সৃষ্ট হবে (তালিকা দেখুন)।

এতক্ষণ যে আলোচনা হলো তা থেকে আমরা এটুকু বুঝতে পারলাম যে দুটি ভিন্ন বস্তুকে পরস্পরের সাথে ঘর্ষণ করলে বস্তু দুটি তড়িতগ্রস্থ হয়। একটিতে ধনাত্মক আধান ও অপরটিতে ঋণাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়। ঘর্ষনের ফলে বস্তুতে যে তড়িতের সৃষ্ট হয় তাকে ঘর্ষ তড়িৎ বলে। বস্তু দুটির মধ্যে ইলেকট্রন যার আসক্তি বেশী সেটি অপর বস্তু থেকে যত গুলি ইলেকট্রন সংগ্রহ করে ঋণাত্মক আধানে আহিত হয় অপর বস্তুটি সেই পরিমাণ ইলেকট্রন হারিয়ে সমপরিমাণ ধনাত্মক আধানে আহিত হয়। তাহলে বলা যায় ঘর্ষনের ফলে বস্তু দুটিতে সমপরিমাণ বিপরীত ধর্মী আধানের সৃষ্টি হয়।

গাণিতিক উদাহরণ ১১.১ ঃ কোনো বস্তুকে 1C ঋণাত্মক আধানে আহিত করতে কতটি ইলেকট্রন প্রয়োজন?

সামধান ঃ একটি ইলেকট্রনের আধান 1.6×10^{-19} C।

তাহলে, 1.6×10^{-19} C আধানে আহিত করতে 1 টি ইলেকট্রনের প্রয়োজন।

সুতরাং, 1C আধানে আহিত করতে $\frac{1}{1.6\times10^{-19}} = 6.25\times10^{18}$ টি ইলেকট্রনের প্রয়োজন। (উত্তর)

১১.১. ২ আধানের তলমাত্রিক ঘনত্ব (Surface Charge Density)

কোনো পরিবাহীকে আহিত করলে এর বাহির পৃষ্ঠে আধান অবস্থান করে। পরিবাহীর আকারের উপর নির্ভর করে পরিবাহীর পৃষ্ঠের প্রতি একক ক্ষেত্রফলের আধানের পরিমান নির্ভর করে। পরিবাহীর পৃষ্ঠের কোনো বিন্দুর চারিদিকে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে আধানের পরিমানকে আধানের তলমাত্রিক ঘনত্ব বলে। একে σ দিয়ে প্রকাশ করা হয়। কোনো পরিবাহীর পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল A এবং এটিতে q পরিমান আধান থাকলে এর আধানের তলমাত্রিক ঘনত্ব $\sigma = \frac{q}{A}\,\mathrm{Cm^{-2}}$

কোনো গোলকীয় পরিবাহীর ক্ষেত্রে যদি পরিবাহীর ব্যাসার্ধ r হয়, এর পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল $A = 4\pi r^2$ এবং পরিবাহীতে q পরিমান আধান থাকলে এর আধানের তলমাত্রিক ঘনত্ব $\sigma = \frac{q}{4\pi r^2}\,\mathrm{Cm^{-2}}$ ... ... (১১.১)

গাণিতিক উদাহরণ ১১.২ ঃ $1\mathrm{m}$ ব্যাসার্ধের একটি গোলকে $1C$ আধান প্রদান করলে এর আধানের তলমাত্রিক ঘনত্ব কত হবে?

সমাধান ঃ

আমরা জানি, আধানের তলমাত্রিক ঘনত্ব, $\sigma = \frac{q}{4\pi r^2}\,\mathrm{Cm^{-2}}$

মান বসালে, $\sigma = \frac{1\mathrm{C}}{4\times3.14\times(1\mathrm{m})^2} = 0.0796\,\mathrm{Cm^{-1}}$

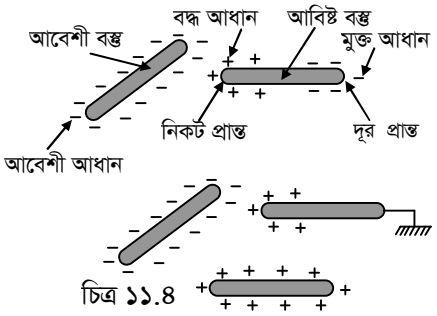
উ: $0.0796\ \mathrm{Cm^{-1}}$

এখানে,
গোলকের ব্যাসার্ধ, $r = 1\mathrm{m}$
আধানের পরিমাণ, $Q = 1\mathrm{C}$
আধানের তলমাত্রিক ঘনত্ব, σ =?

১১.১.৩ আবেশ (Induction)

এবোনাইট দন্ডকে রেশমী কাপড় দিয়ে ঘষে এবোনাইট দন্ডের কাছে ছোট ছোট কাগজের টুকরা আনা হলে কাগজের টুকরোগুলোকে এবোনাইট দন্ড আকর্ষণ করে (চিত্র ১১.৩)। ঘর্ষণের ফলে এবোনাইট দন্ড ঋণাত্মক আধানে আহিত হয়েছে। আমরা দেখেছি বিপরীতধর্মী আধান পরস্পরকে আকর্ষণ করে। কিন্তু কাগজের টুকরাতে কোনো আধান নেই। তাহলে এবোনাইট দন্ড কাগজকে আকর্ষণ করলো কি করে? কাগজকে আকর্ষণ করতে হলে হিসাব মত কাগজকে ধনাত্মক আধানে আহিত হতে হবে। ব্যাপারটা ঐ রকমই ঘটে তবে ভিন্ন উপায়ে। কাগজ প্রথমে আধানহীন ছিল অর্থাৎ এর মধ্যে প্রতিটি পরমাণুর ইলেকট্রন ও প্রোটন সংখ্যা সমান ছিল এবং সমস্ত কাগজের টুকরায় সমভাবে বিন্যস্ত ছিল। যখন ঋণাত্মক আধানে আহিত এবোনাইট দন্ড কাগজ টুকরার নিকট আনা হয় তখন এই ঋণাত্মক আধানের বিকর্ষণে এবোনাইট দন্ডের কাছের অংশের কাগজের ইলেকট্রনগুলো দূরে সরে যায় ফলে কাগজের একপ্রান্তে (এবোনাইট দন্ডের কাছের প্রান্তে) ধনাত্মক আধান জমা হয় এবং অপর প্রান্তে ঋণাত্মক আধান জমা হয়। এই অবস্থায় এবোনাইট দন্ডের ঋণাত্মক আধান কাগজের ধনাত্মক আধানকে আকর্ষণ করে। এই ভাবে আহিত হবার ঘটনাকে আবেশ বলে। কোনো আধানহীন বস্তুকে কোনো আহিত বস্তুর সংস্পর্শে না এনে কেবলমাত্র কাছে নিয়ে এলে আহিত বস্তুর প্রভাবে আধানহীন বস্তুটি আহিত হয়ে পড়ে। যে ভৌত কারণে আহিত বস্তুর প্রভাবে আধানহীন বস্তুটি আহিত হয় তাকে আবেশ বলে। আহিত বস্তুটি দূরে সরিয়ে নিলে অপর বস্তুটি আবার আধানহীন হয়ে পড়ে। অর্থাৎ যতক্ষণ আহিত বস্তু আধানহীন বস্তুর নিকট থাকে ততক্ষণ আহিত থাকে। যে আহিত বস্তুর প্রভাবে আবেশ ঘটে তাকে আবেশী বস্তু বলে (চিত্র ১১.৪)। এবং যে বস্তু আহিত হয় তাকে আবিষ্ট বস্তু বলে (চিত্র ১১.৪)। আবেশের ফলে আবিষ্ট বস্তুতে আবেশী বস্তুর নিকট প্রান্তে বিপরীতধর্মী আধান এবং দূর প্রান্তে সমধর্মী আধানের সৃষ্টি হয়। আবেশী বস্তুর উপস্থিতিতে আবিষ্ট বস্তুকে ভূ-সংযোগ করলে দূর প্রান্তে সমধর্মী চার্জ ভূমিতে চলে যায় বলে একে মুক্ত চার্জ বলে এবং নিকট প্রান্তের আধানগুলো আবেশী বস্তুর আধানের আকর্ষণে আবদ্ধ থাকে বলে ভূমিতে চলে যায় না। এক বদ্ধ আধান বলে। মূলতঃ আবেশের ফলে আবিষ্ট বস্তুর নিকট প্রান্ত বিপরীত ধর্মী বদ্ধ আধান এবং দূর প্রান্ত সমধর্মী মুক্ত আধানের সৃষ্টি হয়। আবেশের ফলে বদ্ধ আধান এবং মুক্ত আধানের পরিমাণ সর্বদা সমান থাকে। আবেশ প্রক্রিয়ায় আবিষ্ট আধান কখনই আবেশী আধান অপেক্ষা বেশী হতে পারে না।

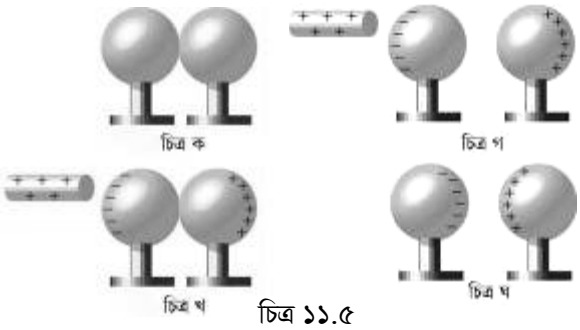
চিত্র ১১.৩



চিত্র ১১.৪

১১.১.৪ আবেশ প্রক্রিয়ায় আহিতকরণ (Charging by Induction)

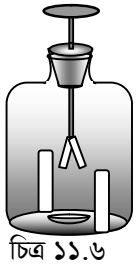
আবেশ প্রক্রিয়ায় কোনো বস্তুকে আহিত করা যায়। দুটি ফাঁপা ধাতব গোলককে দুটি ভিন্ন কুপরিবাহীর উপর ভালোভাবে বসিয়ে গোলক দুটিকে পরস্পরের সাথে ঠেকিয়ে রাখা হলো (চিত্র ১১.৫ ক)। একটি কাচ দন্ডকে শুষ্ক রেশমী কাপড়ে ঘর্ষণ করে ধনাত্মক আধানে আহিত করা হলো। এবার আহিত কাচ দন্ডটিকে গোলকের কাছে আনলে আবেশের ফলে কাচ দন্ডের কাছের গোলকটি ঋণাত্মক আধানে এবং দূরের গোলকটি ধনাত্মক আধানে আহিত হবে (চিত্র ১১.৫ খ)। কাচ দন্ডটি না সরিয়ে একটি গোলকের কুপরিবাহী অংশ ধরে সরিয়ে দেয়া হলো যেন গোলক দুটি পরস্পর থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়ে (চিত্র ১১.৫ গ)। এই অবস্থায় কাচ দন্ডটি সরিয়ে নিলে গোলক দুটি আহিত হয়ে যাবে (চিত্র ১১.৫ ঘ)।



চিত্র ১১.৫

১১.১.৫ স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের গঠন ও আবেশ প্রক্রিয়ায় আহিতকরণ (Construction and Charging of Gold Leaf Electroscope by Induction)

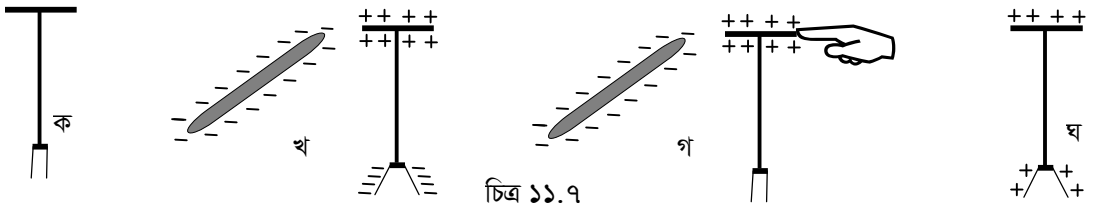
স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের গঠন (Construction of Gold Leaf Electroscope)


চিত্র ১১.৬

যে যন্ত্রের সাহায্যে কোনো বস্তুর চার্জের উপস্থিতি, প্রকৃতি এবং পরিমাণ নির্ণয় করা যায় তাকে তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র বলে। যে তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রে স্বর্ণপাত ব্যবহার করা হয় তাকে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র বলে।

গঠনঃ- একটি পাতলা স্বর্ণপাতকে দৈর্ঘ্য বরাবর সমান দুভাগে ভাঁজ করে বদ্ধ প্রান্ত একটি ধাতব দন্ডের দৈর্ঘ্য বরাবর এক প্রান্তে আটকানো থাকে। দন্ডটিকে একটি অন্তরক পদার্থের তৈরী ছিপির ভিতর দিয়ে প্রবেশ করিয়ে অপর প্রান্তে একটি গোলাকার চাকতির সাথে আটকানো থাকে। স্বর্ণপাত সহ দন্ডের নিম্ন অংশ একটি কাচের পাত্রে প্রবেশ করিয়ে ছিপিটি দিয়ে মুখ বন্ধ করে দেয়া হয় যেন বাহির থেকে জলীয় বাষ্প প্রবেশ করতে না পারে। কাচ পাত্রের ভিতরে স্বর্ণপাতের সমান্তরালে দুটি ধাতব পাত রাখা থাকে এবং সেই পাতদুটিকে ভূ-সংযোগ করা থাকে। এর ফলে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের সুবেদিতা বৃদ্ধি পায়। কাচ পাত্রের ভিতরে একটি বাটিতে কিছু পানি শোষক পদার্থ থাকে ফলে পাত্রস্থ বায়ু জলীয় বাষ্প মুক্ত থাকে।

স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রকে আহিতকরণ (Charging Gold Leaf Electroscope by Induction)



চিত্র ১১.৭

আহিত বস্তু দিয়ে স্পর্শ করে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রকে কখনো আহিত করা হয় না। কারণ আহিত বস্তুটির আধানের পরিমান জানা থাকে না। ফলে অধিক আধান বিশিষ্ট কোনো আহিত বস্তুকে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের গোলাকার চাকতি স্পর্শ করলে স্বর্ণপাতদ্বয় অধিক ফাঁক হয়ে বিকৃত হয়ে যায় এবং আধান অপসারণ করলে আর আগের অবস্থায় ফিরে আসে না। ফলে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রটি নষ্ট হয়ে যায়।

আবেশ আধানহীন অবস্থায় স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের স্বর্ণপাত দুটি পরস্পরের সমান্তরালে থাকে (চিত্র ১১.৭ ক)। আবেশ প্রক্রিয়ায় স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রকে যে আধানে আহিত করতে হবে তার বিপরীতধর্মী আহিত বস্তুকে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের নিকটে আনতে হয়। ধরি, স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রকে ধনাত্মক আধানে আহিত করতে হবে। এই ক্ষেত্রে একটি ঋণ আধানে আহিত বস্তুকে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতির নিকটে এমন ভাবে আনতে হবে যেন বস্তুটি চাকতিকে স্পর্শ না করে। আবেশী এই আহিত বস্তুর প্রভাবে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রটি আবিষ্ট হবে ফলে চাকতিতে বিপরীতধর্মী বদ্ধ ধনাত্মক আধান এবং এবং স্বর্ণপাতদ্বয়ে সমান পরিমাণ সমধর্মী মুক্ত ঋণাত্মক আধান দ্বারা আবিষ্ট হবে। স্বর্ণপাতদ্বয়ে একই ধর্মের আধান থাকার কারণে পাতদ্বয় পরস্পরকে বিকর্ষণ করে পরস্পর থেকে দূরে সরে যাবে। ফলে স্বর্ণপাতদ্বয় ফাঁক হয়ে যাবে (চিত্র ১১.৭ খ)। এখন চাকতিকে ভূ-সংযোগ করলে (হাত দিয়ে স্পর্শ করলে) চাকতির বদ্ধ আধান চাকতিতেই থেকে যাবে, কিন্তু স্বর্ণপাতদ্বয়ের মুক্ত আধান ভূমিতে চলে যাবে। ফলে পাতদ্বয় পরস্পরের সাথে লেগে যাবে (চিত্র ১১.৭ গ)। এই অবস্থায় ভূ-সংযোগ বিছিন্ন করলে ঘটনার কোন পরিবর্তন ঘটবে না। এবার আবেশী বস্তু সরিয়ে নিলে চাকতির ধনাত্মক আধানগুলো পরস্পরের সাথে বিকর্ষণের দরুণ দন্ড বেয়ে স্বর্ণপাতে সমভাবে ছড়িয়ে পড়বে। তাই ধনাত্মক আধানে আহিত স্বর্ণপাতদ্বয় পরস্পরকে বিকর্ষণ করায় স্বর্ণপাতদ্বয়ের মধ্যে ফাঁকের সৃষ্টি হবে (চিত্র ১১.৭ ঘ)। এই ভাবে স্থির তড়িৎ আবেশী প্রক্রিয়ায় স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র ধনাত্মক আধানে আহিত করা হয়।

একই প্রক্রিয়ায় আমরা স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রকে আবেশ প্রক্রিয়ায় ঋণাত্মক আধানে আহিত করতে পারি। এক্ষেত্রে আবেশী বস্তুটি ধনাত্মক আধানে আহিত হতে হবে। বাকি সকল প্রক্রিয়া পূর্বের ন্যায় ঘটালে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রটি ঋণাত্মক আধানে আহিত হবে।

আধানের অস্তিত্ব সনাক্তকরণ (Detection of Charge)

কোনো বস্তুতে আধানের উপস্থিতি নির্ণয়ের জন্য বস্তুটিকে একটি অনাহিত স্বর্ণপাত তড়িৎ বীক্ষণ যন্ত্রের গোলাকার ধাতব চাকতিতে স্পর্শ করতে হবে। স্পর্শ করলে যদি স্বর্ণপাত দুটি ফাঁক হয়ে যায় তাহলে বুঝতে হবে বস্তুটিতে আধান আছে আর যদি পাত দুটি ফাঁক না হয় তাহলে বুঝতে হবে বস্তুটিতে আধান নেই।

আধানের প্রকৃতি নির্ণয় (Determination of the Nature of Charge)

স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে আমরা আহিত বস্তুর আধানের প্রকৃতি নির্ণয় করতে পারি। এই জন্য প্রথমে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রকে আবেশ প্রক্রিয়ায় যে কোনো জানা আধানে আহিত করে রাখতে হবে। এই অবস্থায় তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের স্বর্ণপাতদ্বয়ের সমধর্মী আধানের বিকর্ষণে ফাঁক হয়ে থাকবে। এরপর পরীক্ষণীয় আহিত বস্তুকে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের গোলাকার চাকতির নিকট আনতে হবে। খেয়াল রাখতে হবে যেন আহিত বস্তুটি স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের গোলাকার চাকতিকে স্পর্শ না করে। এই অবস্থায় দুই রকম ঘটনা ঘটতে পারে। প্রথমত: তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের স্বর্ণপাতদ্বয়ের ফাঁক বৃদ্ধি পেতে পারে। দ্বিতীয়ত: তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের স্বর্ণপাতদ্বয়ের ফাঁক হ্রাস পেতে পারে।

যদি ফাঁক বৃদ্ধি পেয়ে থাকে তবে আমরা সহজেই বলতে পারি যে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রটি যে আধানে আহিত বস্তুর মধ্যে সেই আধানই বিদ্যমান। কারণ সমধর্মী আধান পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। এই বিকর্ষণের কারণে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের গোলাকার চাকতির আধানগুলো বিকর্ষিত হয়ে দূরে সরে গেছে অর্থাৎ স্বর্ণপাতদ্বয়ে চলে গেছে। স্বর্ণপাতদ্বয়ে আধানের পরিমান বৃদ্ধি পাওয়ায় বিকর্ষণের পরিমানও বেড়ে গেছে। তাই ফাঁক বেড়ে গেছে।
দ্বিতীয় ঘটনার ক্ষেত্রে দুটি ফলাফল হতে পারে।

১। বস্তুটি স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রটি যে আধানে আহিত বস্তুর মধ্যে তার বিপরীতধর্মী আধান বিদ্যমান। কারণ বিপরীতধর্মী আধান পরস্পরকে আকর্ষণ করে। ফলে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের গোলাকার চাকতির আধানের পরিমান বেড়ে যাবে। এই আধানগুলি আসবে স্বর্ণপাতদ্বয় থেকে। স্বর্ণপাতদ্বয়ে আধানের পরিমান হ্রাস পাওয়ায় বিকর্ষণের পরিমানও হ্রাস পাবে। তাই ফাঁক কমে যাবে।

২। বস্তুটিতে কোনো আধান না থাকলেও ফাঁক কমবে। কারণ আধানহীন বস্তু গোলাকার চাকতির নিকট আনলে আবেশ প্রক্রিয়ায় বস্তুটি আবিষ্ট হলে বস্তুটিতে চাকতির নিকট প্রান্তে বিপরীতধর্মী আধানের আর্বিভাব ঘটবে। এই আধানের আকর্ষণে গোলাকার চাকতির আধানের পরিমান বেড়ে যাবে। এই আধানগুলি আসবে স্বর্ণপাতদ্বয় থেকে। স্বর্ণপাতদ্বয়ে আধানের পরিমান হ্রাস পাওয়ায় বিকর্ষণের পরিমানও হ্রাস পাবে। তাই ফাঁক কমে যাবে।
অতএব, স্বর্ণপাতদ্বয় ফাঁক কমে গেলে আমরা বলতে পারবো না যে বস্তুটি আহিত না আধানহীন।

সুতরাং, ফাঁক কমে গেলে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রটিকে বিপরীতধর্মী আধানে আহিত করে পুনরায় আহিত বস্তুটিকে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের গোলাকার চাকতির নিকট আনতে হবে। এক্ষেত্রে স্বর্ণপাতদ্বয়ের ফাঁক বৃদ্ধি পেলে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রটি যে আধানে আহিত বস্তুর মধ্যে সেই আধানই বিদ্যমান। ফাঁক আবারো হ্রাস পেলে বস্তুটি আধানহীন। উপরের ঘটনা থেকে বলা যায়," বিকর্ষণই তড়িৎগ্রস্থতার নিশ্চিৎ পরীক্ষা।"

সার-সংক্ষেপঃ

আধানঃ দুটি ভিন্ন বস্তুতে ঘর্ষণের ফলে যার উপস্থিতিতে তড়িৎ ধর্মের সৃষ্টি তাকে আধান (charge) বলে।
আধানের প্রকারভেদঃ আধান দুই প্রকার। যথা:- ধনাত্মক আধান ও ঋণাত্মক আধান।
আধানের বৈশিষ্ট্যঃ
১.বস্তুতে ইলেক্ট্রনের বাড়তির কারণে ঋণাত্মক আধানের এবং ঘাটতির কারণে ধনাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়।
২. দুটি ভিন্ন বস্তুতে ঘর্ষণ করলে বস্তু দুটিতে সমান ও বিপরীতধর্মী আধানের সৃষ্টি হয়। একটি ধনাত্মক আধানগ্রস্থ এবং অপরটি ঋণাত্মক আধানগ্রস্থ হয়।
৩. ইলেকট্রন বা প্রোটনের আধানের চেয়ে কম আধান পাওয়া সম্ভব নয়। সুতরাং এটিই আধানের সর্বনিম্ন মান এবং এর পরিমাণ 1.6×10^{-19}C।
৪. সমধর্মী আধান পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। বিপরীতধর্মী আধান পরস্পরকে আকর্ষণ করে।
আবেশঃ যে ভৌত কারণে আহিত বস্তুর প্রভাবে আধানহীন বস্তুটি আহিত হয় তাকে আবেশ বলে।
আবেশের বৈশিষ্ট্যঃ
১. স্পর্শ ছাড়া আহিত বস্তুর (আবেশী বস্তু) প্রভাবে আধানহীন বস্তু (আবিষ্ট বস্তু) আহিত হবার ঘটনাকে আবেশ বলে।
২. আবেশ প্রক্রিয়ায় আবিষ্ট বস্তুতে সমমানের দুই ধরণের আধানের সৃষ্টি হয়।
৩. আবেশী বস্তুর নিকট প্রান্তে আবিষ্ট বস্তুতে আবেশী বস্তুর বিপরীতধর্মী এবং দূর প্রান্তে সমধর্মী আধানের সৃষ্টি হয়।
৪. আবেশী বস্তু সরিয়ে নিলে আবিষ্ট বস্তু আধানহীন হয়ে পড়ে।
৫. আগে আবেশ হয় পরে আকর্ষণ হয়।
৬. আবেশ প্রক্রিয়ায় আবিষ্ট আধান কখনই আবেশী আধান অপেক্ষা বেশী হতে পারে না।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১১.১

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

১. আবেশ প্রক্রিয়ায় স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রকে আহিতকরণের সময় চাকতিকে হাত দিয়ে স্পর্শ করা হয় কেন?

ক. আবেশ বেশী হয়।
খ. আবেশী বস্তু আধানহীন হয়ে যায়
গ. বদ্ধ আধান চলে যায়
ঘ. মুক্ত আধান চলে যায়

২. স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রে কয়টি স্বর্ণপাত থাকে?

ক. ১টি　　খ. ২টি
গ. ৩টি　　ঘ. ৪টি

পাঠ ২: তড়িৎ বল ও তড়িৎ ক্ষেত্র (Electric Force and Electric Field)

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি -

১. তড়িৎ বল ও কুলম্বের সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
২. তড়িৎ ক্ষেত্র বর্ণনা করতে পারবেন।
৩. তড়িৎ ক্ষেত্রের তীব্রতা কি তা বুঝাতে পারবেন।
৪. তড়িৎ বলরেখা কি তা বলতে ও আঁকতে পারবেন।

১১.২.১ তড়িৎ বল ও কুলম্বের সূত্র (Electric Force and Coulomb's Law)

তড়িৎ বল (Electric Force)

আমরা আগে দেখেছি বিজ্ঞানী চার্লস ড্যু ফে পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করেন যে, সমধর্মী আধান পরস্পরকে বিকর্ষণ করে এবং বিপরীতধর্মী আধান পরস্পরকে আকর্ষণ করে। পরবর্তীতে গবেষকরা আরো লক্ষ্য করেন যে, আহিত বস্তুতে আধানের পরিমাণ যত বেশী হয় পারস্পরিক বল তত বেশী হয় এবং আহিত বস্তু দুটির মধ্যে দূরত্ব বাড়তে থাকলে এই পারস্পরিক আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান কমতে থাকে। বিজ্ঞানীরা আধানের পরিমাণ এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের সাথে বলের সম্পর্ক নির্ণয়ে জন্য চেষ্টা চালান। ১৭৬৭ খ্রিস্টাব্দে প্রিষ্টলি (Priestly) সর্বপ্রথম সফল হন এবং এই বল সম্পর্কীয় সূত্র আবিষ্কার করেন। পরবর্তীতে ১৭৮৭ খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী কুলম্ব (Coulomb) পরীক্ষার মাধ্যমে সূত্রটি প্রতিষ্ঠিত করেন। তাই এই সূত্রটিকে কুলম্বের সূত্র বলে।

কুলম্বের সূত্রকে জানবার আগে আমাদের একটি শব্দের সাথে পরিচিত হতে হবে, তা হলো বিন্দু আধান। কোনো আহিত বস্তুর আকার খুব ছোট হলে কিংবা দূরত্বের তুলনায় আহিত বস্তুর আকার অতি নগণ্য হলে সমস্ত আধান একটি বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত আছে বলে ধরে নেয়া যায়, তাকে বিন্দু আধান বলে। কুলম্বের সূত্রটি মূলতঃ বিন্দু আধানের জন্য প্রযোজ্য।

কুলম্বের সূত্র (Coulomb's Law)

দুটি বিন্দু আধানের মধ্যে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল এদের আধানের পরিমানের গুণফলের সমানুপাতিক এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক। এই বল এদের সংযোগ সরল রেখা বরাবর ক্রিয়া করে।

এই সূত্রটিকে তিনটি অংশে ভাগ করা যায়ঃ

১। দুটি বিন্দু আধান তাদের সংযোগ সরলরেখা বরাবর পরস্পরকে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ করে।

২। দূরত্ব অপরিবর্তীত থাকলে এই পারস্পরিক আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান এদের আধানের গুণফলের সমানুপাতিক।

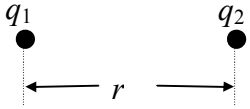
৩। আধানের পরিমাণ অপরিবর্তীত থাকলে এই পারস্পরিক আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক।

গাণিতিক ব্যাখ্যা ঃ

ব্যাখ্যা ঃ মনে করি q_1 ও q_2 দুটি বিন্দু আধান পরস্পর থেকে r দূরত্বে অবস্থিত। আধান দুটির মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান F হলে কুলম্বের সূত্রানুসারে,

$F \propto q_1 q_2$ যখন r অপরিবর্তিত থাকে এবং

$F \propto \frac{1}{r^2}$ যখন q_1 ও q_2 অপরিবর্তিত থাকে



চিত্র ১১.৮

q_1, q_2 ও r সকলেই পরিবর্তনশীল হলে,

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

বা, $$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2} \quad \text{... ... .

এখানে k একটি ধ্রুব সংখ্যা। এর মান রাশিগুলোর একক এবং মাধ্যমের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। S.I. এককে বলের একক নিউটন (N), আধানের একক কুলম্ব (C) এবং দূরত্বের একক মিটার (m)। পরীক্ষায় দেখা গেছে যদি 1C এর দুটি আধানকে পরস্পর থেকে 1m দূরে রাখা হয় তবে আধান দুটি পরস্পরকে $9\times10^9\,\mathrm{N}$ বলে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ করে। সমীকরণে মান বসালে,

$$9\times10^9\,\mathrm{N}=\mathrm{k}\frac{1\mathrm{C}\times1\mathrm{C}}{(1\mathrm{m})^2}=\mathrm{k}\ \text{ সুতরাং, }\ k=9\times10^9\,\mathrm{Nm^2C^{-2}}$$

S.I. এককে $k=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ ধরা হয়।

সুতরাং, $\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}=9\times10^9\,\mathrm{Nm^2C^{-2}}$

এখানে, $\varepsilon_0=$ শূন্য মাধ্যমে ভেদন যোগ্যতা, এর মান $\varepsilon_0=8.854\times10^{-12}\,\mathrm{C^2N^{-1}m^{-2}}$

(১১.২) নং সমীকরণে k এর মান বসালে,

$$F=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^2}\ \ldots\ldots\ldots\

$$F = \left(9\times10^{9}\,\mathrm{Nm^2C^{-2}}\right)\frac{\left(-1.6\times10^{-19}\,\mathrm{C}\right)\times\left(1.6\times10^{-19}\,\mathrm{C}\right)}{\left(0.5\times10^{-10}\,\mathrm{m}\right)^2}$$

$F = -46.08\times10^{-19}\,\mathrm{N}$ এখানে ঋণ চিহ্ন দিয়ে আকর্ষণ বল নির্দেশ করছে।

অতএব, ইলেকট্রন ও প্রোটন পরস্পরকে $46.08\times10^{-19}\,\mathrm{N}$ বলে আকর্ষণ করবে। (উত্তর)

১১.২.২ তড়িৎ ক্ষেত্র (Electric Field)

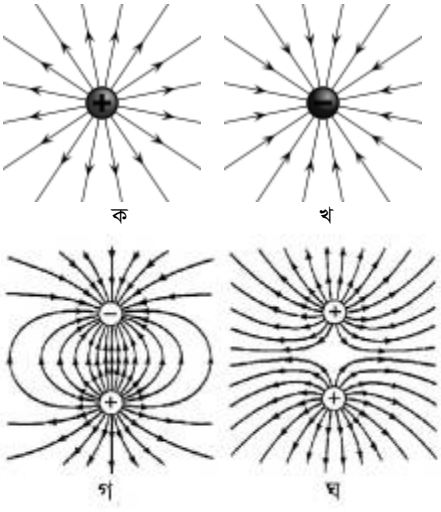
আমরা উপরে যে আলোচনা করেছি তা থেকে এটি স্পষ্ট যে, দুটি আধান পরস্পরকে বল প্রয়োগ করে। সমধর্মী আধান হলে বিকর্ষণ বল এবং বিপরীতধর্মী আধান হলে আকর্ষণ বল। এখানে একটি লক্ষ্যণীয় বিষয় আমরা উপেক্ষা করে গেছি। সেটি হলো এই বলটি কিভাবে ক্রিয়া করছে। লক্ষ্যণীয় বিষয় হলো এই বল ক্রিয়া করার জন্য আহিত বস্তু দুটির মধ্যে পরস্পরের সাথে কোনো সংস্পর্শ করার প্রয়োজন হয়নি। পরস্পর যেকোনো দূরত্বে থেকে এই বল ক্রিয়া করতে পারে। এই জাতীয় বলকে অস্পর্শী বল বলে। যে অঞ্চল জুড়ে অস্পর্শী বল ক্রিয়াশীল থাকে তাকে তার ক্ষেত্র বলে। সুতরাং বলা যায়, কোনো আহিত বস্তুর চারিদিকে যে অঞ্চল জুড়ে তড়িতের প্রভাব থাকে সেই অঞ্চলকে ঐ আহিত বস্তুর তড়িৎ ক্ষেত্র বলে। ঐ আহিত বস্তু দিয়ে তড়িৎ ক্ষেত্রের বাইরের কোনো আহিত বা অনাহিত বস্তুকে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ করতে পারেনা। যেহেতু তড়িৎ বল দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক অর্থাৎ $F \propto \frac{1}{r^2}$ সেহেতু, তত্ত্বীয় ভাবে বলা যায় তড়িৎ ক্ষেত্র অসীম পর্যন্ত বিস্তৃত। কারণ বল শূন্য হলে সমীকরণ অনুসারে দূরত্ব অসীম হতে হবে।

১১.২.৩ তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রাবল্য বা তীব্রতা (Intensity of an Electric Field)

কোনো স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণ (g) জানা থাকলে যেমন ঐ স্থানের যে কোনো বস্তুর ওজন (অভিকর্ষ জনিত বল) বের করা সুবিধা হয়, তেমনি তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে তড়িৎ ক্ষেত্রের তীব্রতা জানা থাকলে ঐ বিন্দুতে অবস্থিত যে কোনো আধানের উপর ক্রিয়াশীল বলের মান নির্ণয় করা সম্ভব। তড়িৎ ক্ষেত্রের মধ্যে কোনো বিন্দুতে একক ধনাত্মক আধান রাখলে সেটি যে বল অনুভব করে তাকে ঐ ক্ষেত্রের ঐ বিন্দুতে তড়িৎ ক্ষেত্রের তীব্রতা বলে। একে E দিয়ে প্রকাশ করা হয়। তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে $+q$ আধান রাখলে যদি আধানটি F বল অনুভব করে তাহলে ঐ বিন্দুর তড়িৎ তীব্রতা,

$$E = \frac{F}{q} \quad \ldots\ldots\ldots\

১১.২.৪. তড়িৎ বলরেখা (Electric Lines of Force)



চিত্র ১১.১০

দুটি আধান পরস্পরকে বল প্রয়োগ করে। এই বল কিভাবে ক্রিয়া করে তা ব্যাখ্যা করার জন্য ফ্যারাডে সর্বপ্রথম বলরেখার ধারণা দেন। বলরেখাগুলো ফ্যারাডের কাল্পনিক রেখা। বাস্তবে এর কোনো অস্তিত্ব নেই। কোনো তড়িৎ ক্ষেত্রে একটি অতি ক্ষুদ্র ধনাত্মক আধান রাখলে আধানটি এক প্রকার বল অনুভব করে এবং ঐ বলের প্রভাবে ক্ষুদ্র ধনাত্মক আধানটি গতিশীল হয়।

তড়িৎ ক্ষেত্রে একটি মুক্ত ধনাত্মক আধান রাখলে আধানটি যে পথে গতিশীল হয় সেই পথকে তড়িৎ বলরেখা বলে। আসলে কোনো তড়িৎ ক্ষেত্রের বিভিন্ন বিন্দু দিয়ে যদি এমন একটি রেখা কল্পনা করা যায় যে, ঐ রেখার যে কোনো বিন্দুতে স্পর্শক টানলে, সেই স্পর্শক ঐ বিন্দুতে মোট প্রাবল্যের অভিমুখ নির্দেশ করে, তাহলে ঐ রেখাকে বলরেখা বলে। তড়িৎগ্রস্থ বস্তুর চারিপার্শ্বে এবং তড়িৎ ক্ষেত্রের মধ্যে এমন অসংখ্য বল রেখা টানা যেতে পারে।

বলরেখাগুলো দিয়ে ফ্যারাডে দুটি আধানের মধ্যে আকর্ষণ ও বিকর্ষণ সুন্দর ভাবে ব্যাখ্যা করেন। পরবর্তিতে বলরেখাগুলো তড়িৎ ক্ষেত্র ব্যাখ্যা করার জন্যও ব্যবহৃত হয়ে আসছে। সুতরাং তড়িৎ ক্ষেত্রকে বুঝানোর জন্য তড়িৎ বলরেখা কল্পনা করা হয়। পরে ম্যাক্সওয়েল এ বিষয় বিস্তারিত ব্যাখ্যা দেন।

এই কাল্পনিক তড়িৎ বলরেখাগুলির নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্য বিদ্যমান।

১। তড়িৎ বলরেখাগুলো বক্ররেখা এবং ধনাত্মক আধানের পৃষ্ঠ থেকে লম্বভাবে নির্গত হয়ে ঋণাত্মক আধানের পৃষ্ঠে লম্ব ভাবে আপতিত হয়।

২। এরা কখনো পরস্পরকে ছেদ করেনা।

৩। এই বলরেখাগুলো স্থিতিস্থাপক সূতার ন্যায় আচরণ করে এবং দৈর্ঘ্য বরাবর সংকুচিত হতে চায়।

৪। এই বলরেখাগুলো পরস্পরের উপর পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করে।

৫। শূন্য বা বায়ু মাধ্যমে 1C আধান থেকে $\frac{1}{\varepsilon_0}$ সংখ্যক বলরেখা নির্গত হয়।

চিত্র ১১.১০ এ তড়িৎ বলরেখার বিভিন্ন চিত্র দেখানো হয়েছে। ১১.১০ ক-চিত্রে ধনাত্মক আধান থেকে বলরেখা নির্গত হচ্ছে। ১১.১০ খ-চিত্রে ঋণাত্মক আধানে বলরেখা আপতিত হচ্ছে। ১১.১০ গ-চিত্রে দুটি বিপরীতধর্মী আধানে বলরেখা দিয়ে আকর্ষণ দেখানো হয়েছে এবং ১১.১০ ঘ-চিত্রে দুটি সমধর্মী আধানে বলরেখা দিয়ে বিকর্ষণ দেখানো হয়েছে।

সার-সংক্ষেপঃ

কুলম্বের সূত্রঃ দুটি বিন্দু আধানের মধ্যে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল এদের আধানের পরিমানের গুণফলের সমানুপাতিক এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক। এই বল এদের সংযোগ সরল রেখা বরাবর ক্রিয়া করে। এই বলের মান মাধ্যমের উপর নির্ভর করে।

তড়িৎ ক্ষেত্রঃ কোনো আহিত বস্তুর চারিদিকে যে অঞ্চল জুড়ে তড়িতের প্রভাব থাকে সেই অঞ্চলকে ঐ আহিত বস্তুর তড়িৎ ক্ষেত্র বলে।

তড়িৎ তীব্রতা : তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একক ধনাত্মক আধান রাখলে সেটি যে বল অনুভব করে তাকে ঐ ক্ষেত্রের ঐ বিন্দুর তড়িৎ তীব্রতা বলে।

তড়িৎ বলরেখাঃ তড়িৎ ক্ষেত্রে একটি মুক্ত ধনাত্মক আধান রাখলে আধানটি যে পথে গতিশীল হয় সেই পথকে তড়িৎ বলরেখা বলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১১.২

সঠিক উত্তরের পাশে (√) টিক চিহ্ন দিন।

১. দুটি 1C আধান পরস্পর হতে 1m দূরে রাখলে পরস্পরের মধ্যে বল কত হবে?

ক. 1N খ. 9N গ. $9\times10^{9}\,\mathrm{N}$ ঘ. $9\times10^{10}\,\mathrm{N}$

২. 1C আধান থেকে কতগুলো বলরেখা নির্গত হয়?

ক. একটি খ. অসীম গ. ε_0 টি ঘ. $\frac{1}{\varepsilon_0}$ টি

পাঠ ৩: তড়িৎ বিভব ও তড়িৎ ধারক (Electric Potential and Capacitor)

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি -

১. বিভব কি তা বলতে পারবেন।
২. বিভবের মান নির্ণয় করতে পারবেন।
৩. ধারক কি তা বুঝাতে পারবেন।
৪. ধারকের মান নির্ণয় করতে পারবেন।

১১.৩.১ তড়িৎ বিভব (Electric Potential)

আমরা জানি, পানি উঁচু স্থান থেকে নীচু স্থানের দিকে প্রবাহিত হয়। তাপ উঁচু তাপমাত্রা থেকে নীচু তাপমাত্রার দিকে প্রবাহিত হয়। তাহলে আধান কোন দিকে প্রবাহিত হবে? পানির ক্ষেত্রে যেমন উচ্চতা পানি প্রবাহের দিক নির্ধারণ করে, তাপের ক্ষেত্রে যেমন তাপমাত্রা তাপ প্রবাহের দিক নির্ধারণ করে ঠিক তেমনি বিভব আধান প্রবাহের দিক নির্ধারণ করে।

কোনো অনাহিত পরিবাহীর সাথে যদি কোনো ধনাত্মক আধানে আহিত পরিবাহীর সংযোগ ঘটানো হয় তবে আহিত পরিবাহী থেকে আধান অনাহিত পরিবাহিতে চলে যাবে। আমরা বলবো যে ধনাত্মক আধানে আহিত বস্তুটির বিভব অনাহিত পরিবাহী অপেক্ষা বেশী। এখানে মনে রাখতে হবে যে, তাপ না দিলে যেমন তাপমাত্র বাড়েনা তেমনি আধান না থাকলে পরিবাহীর কোনো বিভব থাকে না। দুটি ভিন্ন আকৃতির পরিবাহীকে সমান ধনাত্মক আধানে আহিত করে বস্তু দুটিকে পরস্পরের সাথে সংযুক্ত করা হলে আধান কোন দিকে প্রবাহিত হবে? কিংবা দুটি সমান আকৃতির পরিবাহীকে ভিন্ন পরিমাণ ধনাত্মক আধানে আহিত করে বস্তু দুটিকে পরস্পরের সাথে সংযুক্ত করা হলে আধান কোন দিকে প্রবাহিত হবে? উত্তর হলো, আধানের পরিমানের উপর আধান প্রবাহ নির্ভর করে না। আধান উচ্চ বিভব হতে নিম্ন বিভবের দিকে প্রবাহিত হয়।

সুতরাং আমরা বলতে পারি, বিভব হলো বস্তুর আহিত অবস্থা যা দুইটি বস্তু সংস্পর্শে আসলে আধান কোন দিকে প্রবাহিত হবে তা নির্ধারণ করে।

পরিমাপগত ভাবে বলা যায়, অসীম দূরত্ব থেকে একটি একক ধনাত্মক আধানকে তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে কাজ করতে হয় তাকে ঐ ক্ষেত্রের ঐ বিন্দুর বিভব বলে।

অসীম থেকে q পরিমাণ ধনাত্মক আধানকে তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যদি W পরিমাণ কাজ করতে হয় তবে একক ধনাত্মক আধানকে তড়িৎ ক্ষেত্রের ঐ বিন্দুতে আনতে সম্পাদিত কাজ বা বিভব,

$$V=\frac{W}{q} \quad \ldots\ldots\ldots\

(১১.৯) নং সমীকরণে মানগুলো বসালে, $V = \frac{qEr}{q}$

বা, $V = Er$ ..... (১১.১০)

আবার $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}$

সুতরাং $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$ ..... (১১.১১)

বিভবের একক ভোল্ট (volt)

অসীম থেকে 1C ধনাত্মক আধানকে তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যদি 1J কাজ সম্পাদিত হয় তবে ঐ বিন্দুর বিভবকে 1V বলে।

$$\therefore 1\text{volt(V)} = \frac{1\text{(J)}}{1\text{(C)}} = 1\text{JC}^{-1}$$

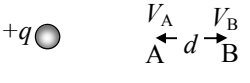
পৃথিবীর বিভব শূন্য (Earth is at Zero Potential)

পৃথিবী তড়িৎ পরিবাহী এবং আকারে বিশাল। ফলে কিছু ইলেকট্রন পৃথিবীর সাথে আদান প্রদান হলে পৃথিবীর বিভবের কোনো পরিবর্তন হয়না। যেমন সমুদ্র থেকে এক বালতি পানি নিলে সমুদ্রের পানিতলের কোনো পরিবর্তন হয় না। পৃথিবী প্রতিনিয়ত বিভিন্ন বস্তু থেকে আধান গ্রহণ করে আবার সাথে সাথে অন্য বস্তুকে আধান সরবরাহ করে, ফলে পৃথিবীকে আধানহীন মনে করা হয়। কোনো স্থানে উচ্চতা নির্ণয়ের সময় সমুদ্রের উপরিতলে উচ্চতাকে যেমন শূন্য ধরা হয় তেমনি বিভব নির্ণয়ের সময় পৃথিবীর বিভবকে শূন্য ধরা হয়। আধানহীন বস্তুর বিভব শূন্য। পৃথিবীর সাথে যুক্ত সকল বস্তুরই বিভব শূন্য। পৃথিবীর বিভবকে শূন্য ধরে যে বস্তুর বিভব পৃথিবীর বিভব থেকে বেশী তার বিভবকে ধনাত্মক বিভব বা উচ্চ বিভব এবং যার বিভব কম তাকে ঋণাত্মক বিভব বা নিম্ন বিভব বলে। মূল কথা হলো বস্তুতে ইলেকট্রনের বাড়তি থাকলে অর্থাৎ বস্তুটি ঋণাত্মক আধানে আহিত হলে বস্তুটি নিম্ন বিভব সম্পন্ন এবং বস্তুতে ইলেকট্রনের ঘাটতি থাকলে অর্থাৎ বস্তুটি ধনাাত্মক আধানে আহিত হলে বস্তুটি উচ্চ বিভব সম্পন্ন।

বিভব পার্থক্য (Potential Difference)

তড়িৎ ক্ষেত্রের মধ্যে কোনো এক বিন্দু থেকে অপর এক বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধানকে আনতে যে কাজ করতে হয় তাকে ঐ দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য বলে।

ধরা যাক $+q$ পরিমাণ ধনাত্মক আধানে আহিত একটি ক্ষুদ্র বস্তু O বিন্দুতে অবস্থিত। এই আধানের চারিদিকে একটি তড়িৎ ক্ষেত্রের সৃষ্টি হবে। আরো ধরা যাক, এই ক্ষেত্রের দুটি বিন্দু A ও B বিন্দুর বিভব যথাক্রমে V_A ও V_B এবং এই দুই বিন্দুর মধ্যবর্তী দূরত্ব d। চিত্র ১১.১১ অনুসারে A বিন্দুটি B বিন্দুর চেয়ে $+q$ আধানের কাছে আছে তাই $V_A > V_B$। এখন একটি একক ধন আধানকে B বিন্দু থেকে A বিন্দুতে সম্পাদিত কাজ অর্থাৎ বিভব পার্থক্য,



চিত্র ১১.১১

$V = V_A - V_B$ ..... (১১.১২)

১১.৩.২ ধারক (Capacitor)

সহজ কথায় বলতে গেলে যে ধারণ করে সেই ধারক। যেমন গ্লাস, বালতি বা কলসী পানি ধারণ করে। সুতরাং তাদেরকে পানি ধারক বলা যায়। কোনো বস্তুকে তাপ দিলে বস্তু তাপ ধারণ করে রাখে, তাই বস্তুকে তাপ ধারক বলা যায়। তেমনি যে বস্তু আধান ধারণ অর্থাৎ সঞ্চয় করে রাখে, তাকে আধান ধারক বা শুধু ধারক বলে।

পাত্রে পানি ঢাললে পানির উচ্চতা বৃদ্ধি পায়, কোনো বস্তুকে তাপ দিলে তার তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় তেমনি কোনো বস্তুতে আধান প্রদান করলে বস্তুর বিভব বৃদ্ধি পায়।

যে পরিমাণ আধান প্রদান করলে একটি বস্তুর বিভব 1V বৃদ্ধি পায় তাকে তার ধারকত্ব বলে। ধারকত্বকে C দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর একক ফ্যারাড (F)।

ধরা যাক, একটি বস্তুতে q পরিমাণ আধান প্রদান করায় বস্তুটির বিভব হলো V। তাহলে বস্তুটিতে 1 বিভব বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় আধানের পরিমাণ বা বস্তুর ধারকত্ব, $C = \frac{q}{V}$ ..... (১১.১৩)

সুতরাং $1(\mathrm{F}) = \frac{1(\mathrm{C})}{1(\mathrm{V})} = 1\mathrm{CV}^{-1}$

ধারকের একক ফ্যারাড (F) একটি বেশ বড় একক। এজন্য এর কতগুলো ছোট একক ব্যবহার করা হয়।

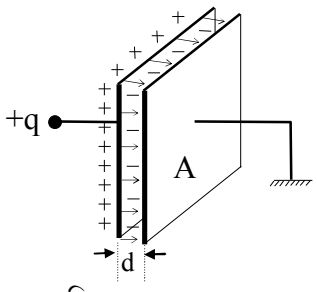
১. 1 μF (মাইক্রো ফ্যারাড) $= 10^{-6}$ F

২. 1 nF (ন্যানো ফ্যারাড) $= 10^{-9}$ F

৩. 1 pF (পিকো ফ্যারাড) $= 10^{-12}$ F

সমান্তরাল পাত ধারক ও এর ধারকত্ব (Parallel Plate Capacitor and its Capacitance)

বাস্তবে আমরা যে ধারক ব্যবহার করি সেগুলো হলো সমান্তরাল পাত ধারক। দুটি ধাতব পাতকে সমান্তরাল ভাবে খুব কাছাকাছি রেখে এর একটি পাতকে ভূ-সংযোগ করে এর দুই পাতের মধ্যেবর্তী অঞ্চলে কোনো পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম দিয়ে পূর্ণ করে সমান্তরাল পাত ধারক তৈরী করা হয়। সমান্তরাল পাত ধারকের অপর পাতে ধনাত্মক আধান প্রদান করে আহিত করা হয়। পাত দুটি খুব কাছাকাছি বলে এদের মধ্যবর্তী স্থানে বলরেখাগুলো পরস্পর সমান্তরাল হবে, ফলে পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থানে তড়িৎ ক্ষেত্রের তীব্রতা সর্বত্র সমান থাকবে।



চিত্র ১১.৩.২

সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব কয়েকটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে।

১। পাতদ্বয়ের ক্ষেত্রফল যত বেশী হয় ধারকত্ব তত বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ, $C \propto A$

২। পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব যত কম হয় ধারকত্ব তত বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ, $C \propto \frac{1}{d}$

৩। পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থানে পরাবৈদ্যুতিক বা তড়িৎ অপরিবাহী মাধ্যম রাখলে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ, $C \propto \varepsilon$

৪। একটি পাতকে ভূ-সংযোগ করলে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায়।

১,২ ও ৩ কে সমন্বয় করে পাই.

$$C \propto \frac{\varepsilon A}{d}$$

বা, $C = k\frac{\varepsilon A}{d}$ SI পদ্ধতিতে $k = 1$

সুতরাং, $C = \frac{\varepsilon A}{d}$

(১১.৪) নং সমীকরণ ব্যবহার করে পাই

$C = \frac{\varepsilon_0 K A}{d}$ ..... (১১.১৪)

ইহাই সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্বের রাশিমালা।

গাণিতিক উদাহরণ ১১.৪ ঃ তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর বিভব100V । অসীম থেকে 10C আধান ঐ বিন্দুতে আনতে কত কাজ সম্পাদিত করতে হবে নির্ণয় করুন।

সমাধানঃ আমরা জানি, কাজ, $W = qV$
মান বসালে, $W = qV = 10 \times 100 = 1000J$
উত্তরঃ 1000J.

দেয়া আছে.
বিভব, $V = 100\text{V}$
আধান, $q = 10\text{C}$

গাণিতিক উদাহরণ ১১.৫ ঃ কোনো বিন্দুতে +Q পরিমান আধান আছে। +Q আধানকে কেন্দ্র করে +q পরিমান আধানকে 0.1m ব্যাসার্ধবিশিষ্ট বৃত্তাকার পথে একবার ঘুরিয়ে আনতে কি পরিমান কাজ করাতে হবে? যুক্তিসহ উত্তর দিন।

সমাধানঃ কোনো তড়িৎ ক্ষেত্রে একটি একক ধনাত্মক আধানকে এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে আনতে সম্পাদিত কাজ ঐ দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্যের সমান।
যদি বিন্দু দুটির বিভব যথাক্রমে V_1 এবং V_2 হয় তবে সম্পাদিত কাজ, $W = V_1 - V_2$
সুতরাং, $+q$ আধানকে আনতে সম্পাদিত কাজ $W = q(V_1 - V_2)$
স্থির তড়িৎ ক্ষেত্রে একটি ধনাত্মক আধানকে এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে যে পথেই আনা হোক না কেন, সম্পাদিত কাজ ঐ দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্যের সমান। সম্পাদিত কাজ প্রাথমিক ও অন্তিম বিভব পার্থক্যের সমান, পথের উপর নির্ভরশীল নয়। সুতরাং বদ্ধপথে বা বৃত্তাকার পথে কোনো আধান সঞ্চালিত হয়ে ঐ বিন্দুতে ফিরে আসলে প্রাথমিক ও অন্তিম বিভব সমান হবে। সুতরাং সম্পাদিত কাজ শূন্য হবে।

গাণিতিক উদাহরণ ১১.৬ ঃ
কোনো বিন্দুতে $10\mu\text{C}$ আধান আছে। ঐ বিন্দু থেকে 50m দূরে বিভব নির্ণয় করুন। দেয়া আছে $\left[\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9\,\text{Nm}^2\text{C}^{-2}\right]$|

দেয়া আছে.
আধান, $q = 10\,\mu\text{C} = 10 \times 10^{-6}\,\text{C}$
দূরত্ব, $r = 50\text{m}$
$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9\,\text{Nm}^2\text{C}^{-2}$

সমাধানঃ

আমরা জানি, বিভব, $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$

মান বসালে, $V = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-6}}{50} = 1.8 \times 10^3\,\text{V}$

উঃ $1.8 \times 10^3\text{V}$

গাণিতিক উদাহরণ ১১.৭ ঃ একটি অন্তরিত পরিবাহীতে $1\mu\text{C}$ আধান প্রদান করায় তার বিভব 1V হলো। পরিবাহীটির ধারকত্ব নির্ণয় করুন।

সমাধানঃ আমরা জানি, ধারকত্ব, $C = \frac{q}{V}$

মান বসালে, $\text{C} = \frac{10^{-6}}{1} = 10^{-6}\,\text{F} = 1\mu\,\text{F}$

উত্তর : $1\mu\text{F}$

দেয়া আছে.
আধান, $q = 1\mu\,\text{C} = 1 \times 10^{-6}\,\text{C}$
দূরত্ব, $V = 1\text{V}$

গাণিতিক উদাহরণ ১১.৮ ঃ একটি সমান্তরাল পাত ধারকের প্রতিটি পাতের ক্ষেত্রফল 0.1m^2 এবং পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব 10^{-3}m । পাতদ্বয়ের মধ্যে একটি অপরিবাহী পদার্থ দেয়া আছে। এর পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক 5। ধারকটির ধারকত্ব নির্ণয় করুন। দেয়া আছে $\varepsilon_0 = 8.854\times10^{-12}\text{C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$ ।

দেয়া আছে.
ক্ষেত্রফল, $A = 0.1\text{m}^2$
দূরত্ব, $d = 10^{-3}\text{ m}$
পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক, $K = 5$
$\varepsilon_0 = 8.854\times10^{-12}\text{C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$

সমাধানঃ আমরা জানি, সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব, $C = \dfrac{\varepsilon_0 KA}{d}$

মান বসালে, $C = \dfrac{8.854\times10^{-12}\times5\times0.1}{10^{-3}}$

বা, $\text{C} = 4.427\times10^{-9}\text{F}$

উত্তরঃ $4.427\times10^{-9}\text{F}$

সার-সংক্ষেপঃ

বিভবঃ অসীম দূরত্ব থেকে একটি একক ধনাত্মক আধানকে তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে কাজ করতে হয় তাকে ঐ ক্ষেত্রের ঐ বিন্দুর বিভব বলে।

বিভব পার্থক্য ঃ তড়িৎ ক্ষেত্রের মধ্যে কোনো এক বিন্দু থেকে অপর এক বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধানকে আনতে যে কাজ করতে হয় তাকে ঐ দুই বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য বলে।

ধারক ঃ যে বস্তু আধান ধারণ অর্থাৎ সঞ্চয় করে রাখে তাকে আধান ধারক বা শুধু ধারক বলে।

সমান্তরাল পাত ধারকঃ দুটি ধাতব পাতকে সমান্তরাল ভাবে খুব কাছাকাছি রেখে এর একটি পাতকে ভূ-সংযোগ করে এর দুই পাতের মধ্যেবর্তী অঞ্চলে কোনো পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম দিয়ে পূর্ণ করে সমান্তরাল পাত ধারক তৈরী করা হয়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১১.৩

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

১. বিভবের রাশিমালা কোনটি?

ক. $V = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{r^2}$ খ. $V = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q_1q_2}{r^2}$

গ. $V = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q_1q_2}{r}$ ঘ. $V = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{r}$

২. সমান্তরাল পাত ধারকের ধারকত্ব নির্ভর করে

i. পাতদ্বয়ের ক্ষেত্রফলের উপর
ii. পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্বে উপর
iii. পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যমের উপর

নীচের কোনটি সঠিক

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

৩. নীচের কোনটি সঠিক **নয়?**

ক. $1\text{F} = 10^6\mu\text{F}$ খ. $1\text{F} = 10^{10}\text{pF}$ গ. $1\text{F} = 10^9\text{nF}$ ঘ. $1\text{F} = 10^{12}\text{pF}$

পাঠ ৪: স্থির তড়িতের নিরাপদ ব্যবহার (Cautious Usage of Statical Electricity)

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি -

১. স্থির তড়িৎ ব্যবহারিক জীবনে কিভাবে ব্যবহার করা হয় বুঝতে পারবেন।
২. স্থির তড়িৎ কিভাবে অপচয় রোধ করে তা বলতে পারবেন।
৩. স্থির তড়িৎ থেকে কিভাবে জীবন ও মালামালকে নিরাপদে রাখা যায় বর্ণনা করতে পাবেন।

১১.৪.১ স্থির তড়িতের নিরাপদ ব্যবহার (Cautious Usage of Statical Electricity)

আধুনিক সভ্যতায় স্থির তড়িৎ অপেক্ষা চল তড়িতের ব্যবহার বেশী। তবে অনেক ক্ষেত্রে স্থির তড়িৎ অপরিহার্য হয়ে পড়ে। সেখানে চলতড়িৎ ব্যবহার করা যায় না। যেমন, কল কারখানা থেকে নির্গত কালো ধোয়ার কারণে বায়ু দূষণ মুক্ত করা, ছোট বা অসম আকৃতির বস্তুকে স্প্রের সাহায্যে রং করা, উচ্চ বিভব সৃষ্টি করা ইত্যাদির জন্য আমরা স্থির তড়িৎ ব্যবহার করে থাকি। এমনকি বর্তমানে যে সব মুভি ক্যামেরা এবং স্থির ক্যামেরা ব্যবহার করা হয় সেগুলোও পরিচালনার জন্য স্থির তড়িৎ ব্যবহার করা হয়। নীচে কয়েকটি স্থির তড়িতের ব্যবহার আলোচনা করা হল।

১। ছোট বা অসম আকৃতির বস্তুকে স্প্রের সাহায্যে রং করা ঃ

কোনো বস্তুকে (যেমন গাড়ী, বাই সাইকেল ইত্যাদি) স্প্রের সাহায্যে রং করার সময় স্প্রে যন্ত্রের নজেল (মুখ) থেকে যখন রঙের কণাগুলো উচ্চ চাপে বের হয়ে আসে তখন নজেলের সাথে রঙের কণাগুলো ঘষা খেয়ে স্থির তড়িতের সৃষ্টি করে এবং রঙের কণাগুলো ঋণাত্মক আধানে আহিত হয়। সমধর্মী আধানে আহিত রঙের কণাগুলো পরস্পরের সাথে বিকর্ষণ করে পরস্পর থেকে দূরে ছড়িয়ে পরে। ফলে বেশীর ভাগ রং বস্তুতে লেগে বাইরে চলে যায়। সে জন্য স্প্রে যন্ত্রের সাপেক্ষে বস্তুটিকে ধনাত্মক আধানে আহিত করা হয় ফলে রঙের কণাগুলো ধনাত্মক আধানে আকৃষ্ট হয়ে বস্তুতে এসে পড়ে, ফলে রঙের অপচয় হয় না, রং এর সুষম বন্টন ঘটে।

২। কল কারখানা থেকে নির্গত কালো ধোয়ার কারণে বায়ু দূষণ মুক্ত করা ঃ

কল কারখানা থেকে নির্গত ধোয়ার সাথে প্রচুর ছাই এবং অন্যান্য ধুলিকণা চিমনি দিয়ে বের হয়ে আসে এবং বায়ু দূষণ করে। এই ছাই এবং অন্যান্য ধুলিকণা মুক্ত করার জন্য স্থির তড়িৎ ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে চিমনির নীচের দিকে একটি ধাতব জালিকা রাখা হয় এবং কিছু উপরে চিমনির গায়ে ধাতব পাতের চোঙ লাগানো হয়। জালিকাকে ধনাত্মক আধানে এবং চোঙকে ঋণাত্মক আধানে আহিত করা হয়। এদের মধ্যে বিভব পার্থক্য প্রায় 20kV রাখা হয়। কল কারখানা থেকে নির্গত ধোয়ার সাথে প্রচুর ছাই এবং অন্যান্য ধুলিকণা চিমনিতে প্রবেশ করার সময় চিমনিতে রাখা জালিকার সংস্পর্শে এসে ছাই এবং অন্যান্য ধুলিকণা ধনাত্মক আধানে আহিত হয় এবং উপরে চিমনির গায়ে রাখা ঋণাত্মক আধানে আহিত ধাতব পাতের চোঙে আকৃষ্ট হয়ে তার গায়ে লেগে যায়। ফলে চিমনি থেকে পরিশোধিত ধোয়া নির্গত হয়। একারণে বায়ু দুষণ মুক্ত থাকে।

৩। ফটোকপি যন্ত্র ঃ

আমরা সবাই কোনো না কোনো ভাবে ফটোকপি যন্ত্রের ব্যবহার করেছি। কোনো কাগজের লেখার অনুরূপ কপি তৈরী করার জন্য এটি ব্যবহার করা হয়। এই যন্ত্রে কর্ম প্রক্রিয়ায় প্রায় সর্বত্র স্থির তড়িৎ ব্যবহার করা হয়।

একটি চোঙাকৃতি ধাতব ড্রামের উপর আলোক সংবেদনশীল (যেমন সেলুলয়েড ফিল্ম থাকে) পদার্থের প্রলেপ দেয়া থাকে। ড্রামটি সমদ্রুতিতে এর অক্ষের সাপেক্ষে ঘুরতে থাকে এবং এই প্রলেপকে প্রায় 1.5kV বিভবে ধনাত্মক আধানে সম ভাবে আহিত করা হয়। অন্য দিকে যে কাগজের কপি করতে হবে তার উপর আলো ফেলা হয় এবং লেন্সের সাহায্যে এর প্রতিবিম্ব ড্রামের আলোক সংবেদনশীল পদার্থের প্রলেপের উপর ফেলা হয়। এর ফলে ড্রামের যে স্থানে আলো পড়ে সে স্থানের আধানগুলি নিস্তড়িৎ হয়ে যায় আর যেখানে আলো পড়েনা (লেখা অংশ) সেখানে আধান থেকে যায়। এই অবস্থায় ড্রামটি ঘুরে পাউডারের মতো সূক্ষ্ম কালির সংস্পর্শে আসে এবং আগের থেকেই কালিকে ঋণাত্মক আধানে আহিত করা থাকে। ফলে ড্রামটি যে স্থানগুলোতে আধান আছে সেস্থানে কালি লেগে যায়। এই ড্রামটি পরবর্তীতে কাগজের (অনেক ক্ষেত্রে কাগজকে ঋণাত্মক আধানে আহিত করা হয়) উপর চাপ দিয়ে কালি লাগিয়ে দেয়া হয় এবং এই কাগজটিকে চাপ ও তাপ দিয়ে কালিকে ভালোভাবে কাগজের সাথে লাগিয়ে দেয়া হয়। এই ভাবেই স্থির তড়িৎ ব্যবহার করে ফটোকপি যন্ত্রের সাহায্যে কোনো কাগজের লেখার অনুরূপ কপি তৈরী করা হয়।

১১.৪.২ স্থির তড়িতের বিপদ ও তা থেকে রক্ষার কৌশল (Danger from Statical Electricity and Safety measure)

১১.৪.২.১ স্থির তড়িতের বিপদ (Danger from Statical Electricity)

প্রথমে আমরা স্থির তড়িতের জন্য দৈনন্দিন জীবনে সাধারণত: কি জাতীয় বিপদের সম্মুখীন হই নীচে তার কতকগুলি উল্লেখ করা হলো।

১। কাপড় পাল্টানো ঃ

শীতকালে আমাদের দেশে বায়ুতে জলীয় বাষ্প থাকে না বললেই চলে অর্থাৎ বায়ু শুষ্ক থাকে। তাই শীতকালে আমাদের পরিধেয় বস্ত্রগুলো পরস্পরের সাথে ঘর্ষণের ফলে সমমানের বিপরীধর্মী আধানের সৃষ্টি হয় এবং পরস্পরের আকর্ষণে আবদ্ধ থাকে (জলীয়বাষ্প তড়িতগ্রস্থ বস্তুর সংস্পর্শে এলে বস্তুকে নিস্তড়িত করে দেয়। তাই শীতকালে এই ঘটনাটি বেশী ঘটে।) যখন আমরা পরিধেয় বস্ত্র পাল্টাই তখন উপরের বস্ত্রটার সাথে সঞ্চিত আধান চলে যায়। বাকী সমমানের বিপরীতধর্মী আধানগুলো আকর্ষণ থেকে মুক্ত হয়ে শরীরের মধ্য দিয়ে ভূমিতে চলে যায়। এই জন্য হালকা শক্ লাগে।

২। বিমানে জ্বলানী ভরা ঃ

উড়ন্ত অবস্থায় বিমান বাতাসের সাথে ঘর্ষণের ফলে আহিত হয়। তাছাড়া উড্ডয়ন কালে ও অবতরণ কালে মাটির সাথে চাকার ঘর্ষণের ফলে প্রচুর আধানের সৃষ্টি হয়। ফলে বিমান ও ভূমির মধ্যে প্রচুর বিভব পার্থক্যের সৃষ্টি হয়। বিমানে জ্বালানী ভরার সময় (জ্বালানী পরিবাহী পদার্থ) জ্বালানী বেয়ে কিছু আধান ভূমিতে চলে যেতে পারে। ভূমিতে আধান চলে যাওয়ার সময় স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি হবার সম্ভাবনা থাকে। আর স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি হলে জ্বালানীতে আগুন ধরে বিরাট বিস্ফোরণ হতে পারে। এই জন্য বিমানের চাকার টায়ার রবারের সাথে কার্বন মিশিয়ে তৈরি করা হয়। এজন্য টায়ারগুলো তড়িৎ পরিবাহী হয়। তাই ঘর্ষণের ফলে বিমানে যে আধান জমা হয় তা টায়ার ভূমিতে স্পর্শ করা মাত্র ভূমিতে চলে যায় এবং বিমান আধানহীন হয়ে পরে।

৩। টেলিভিশন ও কম্পিউটার মনিটর ঃ

টেলিভিশন ও কম্পিউটার মনিটরের ভিতরে ইলেকট্রন গান ব্যবহার করা হয়। ইলেকট্রন গান থেকে নির্গত ইলেকট্রন মনিটরের পর্দার ভিতর দিকে লাগানো ফসফর পদার্থের উপর এসে আঘাত করলে ফসফর দৃশ্যমান আলো তৈরি করে। এই ইলেকট্রনের কারণে পর্দা কিছুটা ঋণাত্মক আধানে আহিত হয় এবং এর প্রভাবে পর্দার সামনে কাচের বিপরীত পৃষ্ঠ (যে পৃষ্ঠে আমরা ছবি দেখি) সে পৃষ্ঠও ঋণাত্মক আধানে আহিত হয়। এই আধানের আকর্ষণে বাতাসে ভাসমান ধুলিকণা আকৃষ্ট হয় এবং কাচের গায়ে লেগে যায়। সেজন্য টেলিভিশন ও মনিটরের পর্দা খুব তাড়াতাড়ি ময়লা হয়ে যায়।

৪। বজ্রপাত ঃ

সাধারণত: গ্রীষ্ম ও বর্ষাকালে বায়ুতে প্রচুর জলীয় বাষ্প থাকে। এই জলীয় বাষ্পগুলো বাতাসের আহিত আয়নগুলোর উপর ঘনীভূত হয়ে জলকণা সৃষ্টি করে এবং আহিত আয়নগুলোর আধানে আহিত হয়। বাতাসে ভাসমান এই ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলকণাগুলো তাপমাত্রার পার্থক্যের কারণে বায়ুপ্রবাহের সাথে সাথে উপরে উঠে যায় এবং শীতল হয়। তাছাড়া উপরে বায়ুর চাপ কম থাকায় বাতাস প্রসারিত হয় এবং আরো শীতল হয়। শীতল ভাসমান এই ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলকণাগুলো একত্রিত হয়ে মেঘের সৃষ্টি করে। বাতাসের আহিত আয়নগুলোর জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয়ে জলকণা সৃষ্টি করে, সেহেতু মেঘ ধনাত্মক বা ঋণাত্মক যেকোনো আধানে আহিত হতে পারে। মেঘের আকারের উপর তাদের আধানের পরিমান নির্ভর করে। দুই ধরণের আহিত মেঘ কাছাকাছি আসলে তাদের মধ্যে তড়িৎক্ষরণ ঘটে এবং বিরাট অগ্নিস্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি হয়। একে আমরা বিদ্যুচ্চমক বলি। কোনো কোনো ক্ষেত্রে এই অগ্নিস্ফুলিঙ্গের তাপমাত্রা সূর্য্য পৃষ্ঠের তাপমাত্রার চেয়েও বেশী হয়। সৃষ্ট অগ্নিস্ফুলিঙ্গের পথে বাতাসগুলো তাপ পেয়ে হঠাৎ প্রসারিত হয় এবং পার্শ্ববর্তী বাতাসকে প্রচন্ড জোরে ধাক্কা বা চাপ দেয়। এর ফলে প্রচন্ড শব্দ হয়। এই চাপ বাতাস বাহিত হয়ে ভূ-পৃষ্ঠে আসে। চাপের কিছু অংশ দুই মেঘের মধ্যে বার বার প্রতিফলিত হয়ে ভূ-পৃষ্ঠে আসে। এই জন্য আমরা গড় গড় শব্দ শুনি। একেই মেঘের গর্জন বলে।

প্রচুর আধানযুক্ত কোনো মেঘ যদি ভূ-পৃষ্ঠের কাছাকাছি চলে আসে তাহলে আবেশ প্রক্রিয়ায় ভূ-পৃষ্ঠের সেই অংশ বিপরীতধর্মী আধানে আহিত হয়। সেই স্থানের গাছপালা বা বাড়ীঘর তুলনামুলক মেঘের কাছে থাকায় এবং এর ক্ষেত্রফল কম হওয়ায় এদের শীর্ষ বিন্দুগুলোর আধানের তলমাত্রিক ঘনত্ব অনেক বেশী হয়। এদের আকর্ষণে তড়িৎক্ষরণের মাধ্যমে ভূ-পৃষ্ঠে চলে আসে। একে আমরা বজ্রপাত বলি। এই বজ্রপাতের ফলে প্রচন্ড উত্তাপের সৃষ্টি হয় এবং আগুন ধরে যায়। এই বজ্রপাতের ফলে যে শব্দের সৃষ্টি হয় তাকে আমরা বজ্রনাদ বলি।

১১.৪.২.২ স্থির তড়িতের বিপদ থেকে রক্ষার কৌশল (Safety measure from the danger of Statical Electricity)

উচ্চ অর্থাৎ ধনাত্মক আধানে আহিত কোনো বস্তুর বিভব পৃথিবী পৃষ্ঠের বিভব থেকে বেশী (কারণ পৃথিবী পৃষ্ঠের বিভবকে শূন্য ধরেই উচ্চ বা নিম্ন বিভব বিবেচনা করা হয়)। আবার নিম্ন অর্থাৎ ঋণাত্মক আধানে আহিত কোনো বস্তুর বিভব পৃথিবী পৃষ্ঠের বিভব থেকে কম। বিভব কম বা বেশী যাই হোক না কেন, ভূ-সংযোগ করলে আধান প্রবাহিত হবে। সুতরাং যে কোনো আহিত বস্তুকে হাত দিয়ে স্পর্শ করলে শরীরের মধ্য দিয়ে ভূমিতে আধান প্রবাহিত হবে (মানব দেহ তড়িৎ পরিবাহী) একে আমরা শক্ লাগা বলি। আধান প্রবাহ অর্থাৎ তড়িৎ প্রবাহ বেশী হলে মানব দেহের জন্য বিপদজ্জনক এমনকি মৃত্যুও হতে পারে। ভেজা শরীর আরো বেশী তড়িৎ পরিবাহী। সেজন্য ভেজা শরীরে আহিত বস্তুকে স্পর্শ করলে আরো দ্রুত তড়িৎ প্রবাহ হয় বলে প্রবাহের মাত্রা আরো বেড়ে যায়, ফলে আরো বেশী বিপদজ্জনক। দুটি ভিন্ন বিভবে আহিত বস্তুকে একই সাথে স্পর্শ করলে শরীরের ভিতর দিয়ে উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে তড়িৎ প্রবাহ ঘটবে। সে ক্ষেত্রেও শক্ লাগতে পারে। সুতরাং স্থির তড়িৎ নিয়ে কাজ করার সময় কতকগুলি সতর্কতা বা কৌশল অবলম্বন করা উচিৎ যেন আমাদের শরীরের ভিতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ না হয়।

শুকনো কাঠ, শুকনো রবার, চীনামাটি, প্লাস্টিক, শুকনো কাপড় (যেমন, লেপ, তোষক, বালিশ, কম্বল ইত্যাদি) তড়িৎ অপরিবাহী। সুতরাং এর উপরে দাঁড়িয়ে আহিত বস্তুকে স্পর্শ করলে বস্তুর বিভব এবং শরীরের বিভব সমান হয়ে যায় কিন্তু ভূমি থেকে বিচ্ছিন্ন থাকার কারণে শরীরের মধ্য দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহ হয় না। রবার সোলের জুতা (সোলে যেন কোনো কাঁটা লাগানো না থাকে) পরেও নিরাপদে আহিত বস্তুকে স্পর্শ করা যায়। হাতে রবারের হাত মোজা অর্থাৎ রবারের গ্লাভস পরে আহিত বস্তুকে স্পর্শ করলে শরীর থেকে আহিত বস্তু বিচ্ছিন্ন হয়ে যাবে এবং শরীরের ভিতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ হবে না।

তাছাড়া, যেসব যন্ত্র স্থির তড়িৎ দিয়ে চালনা করা হয় (যেমন, রং করা স্প্রে, ফটোকপি যন্ত্র, কম্পিউটার, প্রিন্টার ইতাদি) সেগুলোর বডির সাথে একটি তড়িৎবাহী তার দিয়ে ভূ-সংযোগ করে রাখা উচিৎ। কোনো কারণে যদি এর বডি তড়িৎগ্রস্থ হয় (সরাসরি সংযেগের কারণে বা আবেশের কারণে) তাহলে এর বডির আধানগুলো ভূমিতে চলে গিয়ে আধানহীন হয়ে থাকবে। ফলে এর বডিকে স্পর্শ করলে শক্ লাগার কোনো সম্ভাবনা থাকবে না।

বজ্রপাতের কারণে বড় বড় দালান যেন ক্ষতিগ্রস্থ না হয় সেজন্য একটি বড় লোহার দন্ড দালানের এক কোণে দেয়াল সংলগ্ন করে এক প্রান্ত ভূমিতে পুতে দেয়া হয় এবং অপর প্রান্ত দালানের ছাদের কিছু উপরে রাখা হয়। উপরের প্রান্তে কয়েকটা সূচালো ধাতব দন্ড বিভিন্ন দিকে মুখ করে লাগানো হয়। যখন আধানযুক্ত মেঘ ছাদের উপরে তুলনামূলক কাছাকাছি আসে তখন আবেশ প্রক্রিয়ায় ধাতব দন্ডটির উপর প্রান্ত বিপরীতধর্মী আধানে আহিত হয়। দন্ডটির উপর প্রান্তে কতকগুলো সূচালো ধাতব দন্ড লাগানো থাকায় এবং সূচালো অংশের ক্ষেত্রফল কম হওয়ায় এদের শীর্ষ বিন্দুগুলোর আধানের তলমাত্রিক ঘনত্ব অনেক বেশী হয়। এই আধানের আকর্ষণে বায়ুকণাগুলো আকৃষ্ট হয়ে এদের সংস্পর্শে আসে এবং সমধর্মী আধানে আহিত হয়। আহিত হবার পর বিকর্ষণ করে দূরে সরে যায় এবং নতুন বায়ুকণা এসে আহিত হয়। এই ভাবে প্রচুর বায়ু আহিত হয়। এই আহিত বায়ুকণাগুলো মেঘের আধানের বিপরীতধর্মী হওয়ায় মেঘ দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে সেদিকে ধাবিত হয় এবং মেঘের আধানকে আধানহীন করে। মেঘ আধান ক্ষয় প্রান্ত হওয়ায় বজ্রপাত হবার সম্ভাবনা কমে যায়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১১.৪

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১। নীচের কোনটিতে স্থির তড়িৎ ব্যবহার হয় **না?**

ক. বৈদ্যুতিক বাতি খ. স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র গ. ডিজিট্যাল ক্যামেরা ঘ. মনিটর

২। বিদ্যুচ্চমক সৃষ্টি হয়-

ক. দুটি মেঘের ঘর্ষনের ফলে খ. দুটি আহিত মেঘের ঘর্ষনের ফলে
গ. বিপরীত আধানে আহিত দুটি মেঘের মধ্যে তড়িৎক্ষারণের ফলে
ঘ. পৃথিবীর সাথে আহিত মেঘের আধান বিনিময়ের ফলে

৩। আমরা শক্ খাই যখন-

i. মাটিতে দাঁড়িয়ে আহিত বস্তুকে স্পর্শ করি।
ii. দুটি ভিন্ন বিভবে আহিত বস্তুকে এক সাথে স্পর্শ করি।
iii. ভূমি সংযুক্ত কোনো বস্তুকে মাটিতে দাঁড়িয়ে স্পর্শ করি।
কোনটি সঠিক

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

পাঠ ৫: ব্যবহারিক : ঘর্ষণ ও আবেশ প্রক্রিয়ায় আহিতকরণ (Charging by Friction and Induction)

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি -

১. ঘর্ষণ প্রক্রিয়ায় আধান সৃষ্টি পদ্ধতি জানতে পারবেন
২. আবেশ প্রক্রিয়ায় আধান সৃষ্টি পদ্ধতি জানতে পারবেন
৩. স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের ব্যবহার করা শিখতে পারবেন।

পরীক্ষণের নাম : ঘর্ষণ ও আবেশ প্রক্রিয়ায় আধান আহিতকরণ (Charging by Friction and Induction)

তত্ত্ব ঃ দুটি ভিন্ন বস্তুকে পরস্পরের সাথে ঘর্ষণ করলে একটির থেকে কিছু ইলেকট্রন অপরটিতে চলে যায়। ইলেট্রন বাড়তির কারণে একটি বস্তু ঋণ আধানে আহিত হয় এবং অপরটি ইলেকট্রন ঘাটতির কারণে (প্রোটনের আধানের জন্য) ধন আধানে আহিত হয়।

স্পর্শ ছাড়া আহিত বস্তুর প্রভাবে আধানহীন বস্তু আহিত হবার ঘটনাকে আবেশ বলে। আবেশ প্রক্রিয়ায় আবিষ্ট বস্তুতে সমমানের দুই ধরণের আধানের সৃষ্টি হয়।

যন্ত্রপাতি ঃ একটি কাচ দন্ড, রেশমী কাপড়, দুটি অন্তরীত স্টান্ডসহ ধাতব গোলক, একটি স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র।

কার্য পদ্ধতি ঃ

১। প্রথমে পশমী বা রেশমী কাপড়কে হালকা গরম করে শুষ্ক করে নিতে হয়। এরপর কাচ দন্ডের এক প্রান্ত হাত দিয়ে ধরে অপর প্রান্ত পশমী বা রেশমী কাপড় দিয়ে ঘষতে হয়। এখন কাচ দন্ডকে ঘষা প্রান্ত স্বর্ণপাত তড়িৎবিক্ষণ যন্ত্রের চাকতিতে স্পর্শ করলে স্বর্ণপাতদ্বয় ফাঁক হয়ে যায়।
২। এরপর স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতিকে হাত দিয়ে স্পর্শ করলে স্বর্ণপাতদ্বয় ফাঁক বন্ধ হয়ে যায়।
৩। এবার অন্তরীত স্ট্যান্ডসহ ধাতব গোলক দুটিকে পরস্পরের কাছে এনে এমন ভাবে রাখতে হবে যেন ধাতব গোলকদুটি স্পর্শ করে থাকে।
৪। এখন আহিত কাচ দন্ডটিকে যেকোনো একটি গোলকের কাছে এমন ভাবে আনতে হবে যেন কাচ দন্ড গোলকে স্পর্শ না করে। এই অবস্থায় যেকোনো একটি গোলকের অন্তরীত স্ট্যান্ড ধরে একটু টেনে পরস্পর থেকে আলাদা করতে হয়।
৫। এবার যেকোনো একটি গোলকের অন্তরীত স্ট্যান্ড ধরে ধাতব গোলকটি স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতিতে স্পর্শ করলে স্বর্ণপাতদ্বয় ফাঁক হয়ে যায়।
৬। এরপর স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতিকে হাত দিয়ে স্পর্শ করলে স্বর্ণপাতদ্বয়ের ফাঁক বন্ধ হয়ে যায়।
৭। একই ভাবে অপর গোলকটিকে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতিতে স্পর্শ করলে স্বর্ণপাতদ্বয় ফাঁক হয়ে যায়।
৮। আবার স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতিকে হাত দিয়ে স্পর্শ করলে স্বর্ণপাতদ্বয় ফাঁক বন্ধ হয়ে যায়।
৯। এখন যেকোনো একটি গোলকের অন্তরীত স্ট্যান্ড ধরে গোলকদুটিকে পরস্পরের সাথে স্পর্শ করাতে হয়।
১০। এরপর প্রতিটি গোলককে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতিতে স্পর্শ করলে দেখা যায় স্বর্ণপাতদ্বয় ফাঁক হচ্ছে না।

ছক ঃ

পাঠ সংখ্যা	পরীক্ষণ	প্রাপ্ত ফলাফল	মন্তব্য
১।	কাচ দন্ডকে রেশমী কাপড় দিয়ে ঘর্ষণ করে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতিতে স্পর্শ করা হলো	স্বর্ণপাতদ্বয় ফাঁক হয়ে গেল	কাচ দন্ডটি আহিত হয়েছে।
২।	স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতিকে হাত দিয়ে স্পর্শ করা হলো	স্বর্ণপাতদ্বয় ফাঁক বন্ধ হয়ে গেল	তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র নিস্তড়িত হয়েছে।
৩।	আহিত কাচ দন্ড গোলকের কাছে এনে গোলকের অন্তরীত স্ট্যান্ড ধরে একটু টেনে পরস্পর থেকে আলাদা করা হলো। প্রথম ধাতব গোলককে স্বর্ণপাত	স্বর্ণপাতদ্বয় ফাঁক হয়ে গেল	আবেশ প্রক্রিয়ায় প্রথম গোলকটি আহিত হয়েছে।

	তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতিতে স্পর্শ করা হলো		
৪।	স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতিকে হাত দিয়ে স্পর্শ করা হলো	স্বর্ণপাতদ্বয় ফাঁক বন্ধ হয়ে গেল	তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র নিস্তড়িত হয়েছে।
৫।	দ্বিতীয় ধাতব গোলককে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতিতে স্পর্শ করা হলো	স্বর্ণপাতদ্বয় ফাঁক হয়ে গেল	আবেশ প্রক্রিয়ায় দ্বিতীয় গোলকটি আহিত হয়েছে।
৬।	স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতিকে হাত দিয়ে স্পর্শ করা হলো	স্বর্ণপাতদ্বয় ফাঁক বন্ধ হয়ে গেল	তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র নিস্তড়িত হয়েছে।
৭।	গোলকদুটিকে পরস্পরের সাথে স্পর্শ করার পর স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতিতে স্পর্শ করা হলো	স্বর্ণপাতদ্বয় ফাঁক হলো না	গোলকদুটি নিস্তড়িত হয়ে গেছে। সুতরাং আবেশের ফলে সমান ও বিপরীতধর্মী আধানের সৃষ্টি হয়।

ফলাফল ঃ ১। ঘর্ষণের ফলে কাচ দন্ডে আধানের সৃষ্টি হয়েছে।
২। আবেশ প্রক্রিয়ায় ধাতব গোলকদুটি আহিত হয়েছে।
৩। আবেশের ফলে সমান ও বিপরীত ধর্মী আধানের সৃষ্টি হয়েছে।

সতর্কতা ঃ ১। পশমী বা রেশমী কাপড়কে হালকা গরম করে শুষ্ক করে নিতে হবে যেন কোনো জলীয় বাষ্প না থাকে।
২। কাচ দন্ডকে কাপড় দিয়ে ঘষার সময় কাপড়কে চেপে ধরতে হবে যেন ঘর্ষণ বেশী হয়।
৩। কাচ দন্ডের আহিত অংশে হাত দিয়ে স্পর্শ করা যাবে না। স্পর্শ করলে আধান চলে যাবে।
৪। পরীক্ষণের পূর্বে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতিতে হাত দিয়ে স্পর্শ করে নিস্তড়িত করে নিতে হবে।
৫। পরীক্ষণের সময় ধাতব গোলককে হাত দিয়ে স্পর্শ করা যাবেনা। স্পর্শ করলে গোলকটি নিস্তড়িত হয়ে যাবে।

চূড়ান্ত মূল্যায়ন-১১

সাধারণ বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

১. কুলম্বের সূত্র-
i. বড় আকারের আহিত বস্তুর জন্য প্রযোজ্য নয়
ii. সুষম বা সমান্তরাল বলরেখার জন্য প্রযোজ্য নয়
iii. চার্জ দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব অনেক বেশী হলে প্রযোজ্য নয়
কোনটি সঠিক
ক. i ও ii খ. ii ও iii
গ. i iii ঘ. i, ii ও iii

২. তলমাত্রিক ঘনত্বের সাথে তীব্রতার সম্পর্ক হলো
ক. $\sigma = \frac{E}{\varepsilon_0}$ খ. $\sigma = \varepsilon_0 E$
গ. $\sigma = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{E}{r^2}$ ঘ. $\varepsilon_0 = \sigma E$

৩. শূন্য মাধ্যমে q পরিমাণ আধান থেকে কতগুলো বল রেখা নির্গত হয়?
ক. $\frac{q}{\varepsilon_0}$ খ. $\varepsilon_0 q$ গ. $\frac{q}{4\pi\varepsilon_0}$ ঘ. $4\pi\varepsilon_0 q$

৪. তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একটি পরখ আধান স্থাপন করলে,

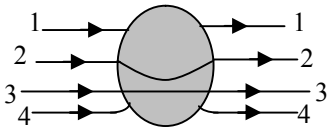
i. তড়িৎ ক্ষেত্রের বলরেখার কোনো পরিবর্তন ঘটেনা।

ii. পরখ আধান যে পথে সঞ্চালিত হয় তাকে বলরেখা বলে।

iii. পরখ আধান উচ্চ প্রাবল্য থেকে নিম্ন প্রাবল্যের দিকে সঞ্চালিত হয়।

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

৫. একটি অনাহিত নিরেট ধাতব গোলককে তড়িৎ ক্ষেত্রের মধ্যে রাখা হলে কোন বলরেখাটি সঠিক?

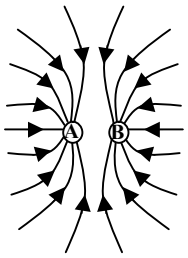


ক.1 খ. 2 গ.3 ঘ. 4

৬. কোনো বস্তুকে -1C আধানে আহিত করতে কতটি ইলেকট্রনের প্রয়োজন?

ক. 1.6×10^{19} খ. 1.6×10^{18} গ. 6.25×10^{18} ঘ. 6.25×10^{19}

৭. চিত্রে A ও B কোন আধানে আহিত?



ক. A ও B উভয়ই ধনাত্মক আধানে আহিত

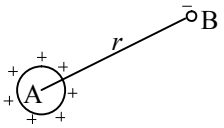
খ. A ও B উভয়ই ঋণাত্মক আধানে আহিত

গ. A ঋণাত্মক ও B ধনাত্মক আধানে আহিত

ঘ. A ধনাত্মক ও B ঋণাত্মক আধানে আহিত

সৃজনশীল প্রশ্ন ঃ

১. চিত্রে A গোলককে 100μC আধান B গোলককে -1μC আধান দেয়া আছে এবং r = 0.5m। A গোলকটি দৃঢ় ভাবে আটকানো আর B গোলকটি মুক্ত আছে।



ক. বিভব বলতে কী বোঝায়?

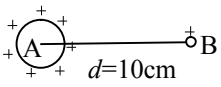
খ. r-এর মান পরিবর্তন না করে A গোলককে কেন্দ্র করে B গোলককে বৃত্তাকার পথে ধীরে ধীরে ঘোরালে, ক্রিয়াশীল বলের মানের কোনো পরিবতর্ন হবে কি? ব্যাখ্যা করুন।

গ. B বিন্দুতে তড়িৎ ক্ষেত্রের তীব্রতার মান নির্ণয় করুন।

ঘ. যদি B গোলকের ভর 0.5kg হয় তবে সর্বশেষ পরিস্থিতি কী হবে গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ করুন।

[Hints: আকর্ষণ বল = 3.6N, ত্বরণ = 7.2m s^{-1}, গোলক দুটি একত্রিত হবে এবং মোট আধান হবে 99μC]

২. 5cm ব্যাসার্ধের A একটি বড় গোলকে 20μC ধনাত্মক আধান আছে। A একটি বড় গোলকের কেন্দ্র থেকে 10cm দূরে B একটি ক্ষুদ্র গোলকে 1μC ধনাত্মক আধান আছে। দেয়া আছে $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}=9\times10^9\,\mathrm{Nm^2C^{-2}}$।



ক. প্রাবল্য বলতে কী বোঝায়?

খ. একটি তামার দন্ডকে হাত দিয়ে ধরে পশমী কাপড় দিয়ে ঘষলে দন্ডটিতে স্থির তড়িতের সৃষ্টি হবে কিনা ব্যাখ্যা করুন।

গ. A ও B গোলকের মধ্যে যে বল ক্রিয়া করছে তা নির্ণয় করুন।

ঘ. যদি B গোলকে A গোলকের দিকে 5cm সরানো হয় তবে কত কাজ করতে হবে গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ করুন।

[Hints: 10cm এবং 5cm দূরে বিভব নির্ণয় করে বিভবের পার্থক্য নির্ণয় করুন। বিভব পার্থক্যের সাথে B গোলকের আধান গুণ করলে কাজ পাওয়া যাবে।]

৩. মুকুল এবং বকুল উভয়ই একটি করে সমান্তরাল পাত ধারক তৈরি করার পরিকল্পনা করলো। উভয়েরই ধারকের প্রতিটি পাতের ক্ষেত্রফল $25cm^2$ এবং পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব $0.2mm$ । বকুল তার ধারকের মধ্যে পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম প্রবেশ করালো।

ক. তড়িৎ আবেশ কী?

খ. বকুল কেন ধারকের মধ্যে পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম প্রবেশ করেছিল ব্যাখ্যা করুন।

গ. মুকুলের ধারকের ধারকত্ব নির্ণয় করুন।

ঘ. বকুল আর কি কি ব্যবস্থা গ্রহণ করলে তার ধারকের ধারকত্ব বৃদ্ধি করতে পারতো আলোচনা করুন।

বহু নির্বাচনি প্রশ্নের উত্তরমালা

পাঠোত্তর মূল্যায়ন **১১.১**	১। (ক)	২। (গ)	৩। (ঘ)	৪। (খ)
পাঠোত্তর মূল্যায়ন **১১.২**	১। (গ)	২। (গ)	৩। (ক)	৪। (ঘ)
পাঠোত্তর মূল্যায়ন **১১.৩**	১। (গ)	২। (ঘ)	৩। (খ)	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন **১১.৪**	১। (ক)	২। (গ)	৩। (গ)	

চূড়ান্ত মূল্যায়ন ১১

১। (ক) ২। (খ) ৩। (ক) ৪। (ঘ) ৫। (ঘ) ৬। (গ) ৭। (ঘ)