প্যারালাল TEXT

(For HSC & Pre-Admission)

পদার্থবিজ্ঞান দ্বিতীয় পত্র

দ্বিতীয় অধ্যায় : স্থির তড়িৎ

সার্বিক ব্যবস্থাপনায়
উদ্ভাস ফিজিক্স টিম

প্রচ্ছদ
মোঃ রাকিব হোসেন

অক্ষর বিন্যাস
জায়েদ, হৃদয় ও আরফিন

অনুপ্রেরণা ও সহযোগিতায়
মাহমুদুল হাসান সোহাগ
মুহাম্মদ আবুল হাসান লিটন

কৃতজ্ঞতা
উদ্ভাস-উন্মেষ-উত্তরণ
শিক্ষা পরিবারের সকল সদস্য

প্রকাশনায়
উদ্ভাস একাডেমিক এন্ড এডমিশন কেয়ার

প্রকাশকাল
প্রথম প্রকাশ
আগস্ট, ২০২৩ ইং

অনলাইন পরিবেশক
rokomari.com

Fixed Price
১৭৫/-
(একশত পঁচাত্তর টাকা মাত্র)

কপিরাইট © উদ্ভাস

সমস্ত অধিকার সংরক্ষিত। এই বইয়ের কোনো অংশই প্রতিষ্ঠানের লিখিত অনুমতি ব্যতীত ফটোকপি, রেকর্ডিং, বৈদ্যুতিক বা যান্ত্রিক পদ্ধতিসহ কোনো উপায়ে পুনরুৎপাদন বা প্রতিলিপি, বিতরণ বা প্রেরণ করা যাবে না। এই শর্ত লঙ্ঘিত হলে উপযুক্ত আইনি ব্যবস্থা গ্রহণ করা হবে।

প্রিয় শিক্ষার্থী বন্ধুরা,

তোমরা শিক্ষা জীবনের একটি গুরুত্বপূর্ণ ধাপে পদার্পণ করেছো। মাধ্যমিকের পড়াশুনা থেকে উচ্চ মাধ্যমিকের পড়াশুনার ধাঁচ ভিন্ন এবং ব্যাপক। মাধ্যমিক পর্যন্ত যেখানে 'বোর্ড বই'-ই ছিল সব, সেখানে উচ্চ-মাধ্যমিকে বিষয়ভিত্তিক নির্দিষ্ট কোন বই নেই। কিন্তু বাজারে বোর্ড অনুমোদিত বিভিন্ন লেখকের অনেক বই পাওয়া যায়। একারণেই শিক্ষার্থীরা পাঠ্যবই বাছাইয়ের ক্ষেত্রে দ্বিধায় ভোগে। এছাড়া, মাধ্যমিকের তুলনায় উচ্চ-মাধ্যমিকে সিলেবাস বিশাল হওয়া সত্ত্বেও প্রস্তুতির জন্য খুবই কম সময় পাওয়া যায়। জীবনের অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ এই ধাপের শুরুতেই দ্বিধা-দ্বন্দ্ব থেকে মুক্তি দিতে আমাদের এই Parallel Text। উচ্চ মাধ্যমিক পর্যায়ে শিক্ষার্থীদের হতাশার একটি মুখ্য কারণ থাকে পাঠ্যবইয়ের তাত্ত্বিক আলোচনা বুঝতে না পারা। এজন্য শিক্ষার্থীদের মাঝে বুঝে বুঝে পড়ার প্রতি অনীহা তৈরি হয়। তারই ফলস্বরূপ শিক্ষার্থীরা HSC ও বিশ্ববিদ্যালয় ভর্তি পরীক্ষায় ভালো ফলাফল করতে ব্যর্থ হয়।

তোমাদের লেখাপড়াকে আরও সহজ ও প্রাণবন্ত করে তোলার বিষয়টি মাথায় রেখে আমাদের Parallel Text বইগুলো সাজানো হয়েছে সহজ-সাবলীল ভাষায়, অসংখ্য বাস্তব উদাহরণ, গল্প, কার্টুন আর চিত্র দিয়ে। প্রতিটি টপিক নিয়ে আলোচনার পরেই রয়েছে গাণিতিক উদাহরণ; যা টপিকের বাস্তব প্রয়োগ এবং গাণিতিক সমস্যা সমাধান সম্পর্কে ধারণা দেয়ার পাশাপাশি পরবর্তী টপিকগুলো বুঝতেও সাহায্য করবে। তোমাদের বোঝার সুবিধার জন্য গুরুত্বপূর্ণ সংজ্ঞা, বৈশিষ্ট্য, পার্থক্য ইত্যাদি নির্দেশকের মাধ্যমে আলাদা করা হয়েছে। এছাড়াও যেসব বিষয়ে সাধারণত ভুল হয়, সেসব বিষয় 'সতর্কতা' এর মাধ্যমে দেখানো হয়েছে।

তবে শুধু বুঝতে পারাটাই কিন্তু যথেষ্ট নয়, তার পাশাপাশি দরকার পর্যাপ্ত অনুশীলন। আর এই বিষয়টি আরও সহজ করতে প্রতিটি অধ্যায়ের কয়েকটি টপিক শেষে যুক্ত করা হয়েছে 'টপিকভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান'। যার মধ্যে রয়েছে বিগত বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নের পাশাপাশি বুয়েট, রুয়েট, কুয়েট, চুয়েট, মেডিকেল ও ঢাকা বিশ্ববিদ্যালয়সহ বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয়ের ভর্তি পরীক্ষার প্রশ্ন ও সমাধান। এভাবে ধাপে ধাপে অনুশীলন করার ফলে তোমরা বোর্ড পরীক্ষার শতভাগ প্রস্তুতির পাশাপাশি ভর্তি পরীক্ষার প্রস্তুতিও নিতে পারবে এখন থেকেই। এছাড়াও অধ্যায় শেষে রয়েছে 'গুরুত্বপূর্ণ প্র্যাক্টিস প্রবলেম' ও 'গাণিতিক সমস্যাবলি' যা অনুশীলনের মাধ্যমে তোমাদের প্রস্তুতি পূর্ণাঙ্গ হবে।

আশা করছি, আমাদের এই Parallel Text একই সাথে উচ্চ মাধ্যমিকে তোমাদের বেসিক গঠনে সহায়তা করে HSC পরীক্ষায় A+ নিশ্চিত করবে এবং ভবিষ্যতে বিশ্ববিদ্যালয় ভর্তিযুদ্ধের জন্য প্রস্তুত রাখবে।

তোমাদের সার্বিক সাফল্য ও উজ্জ্বল ভবিষ্যত কামনায়-

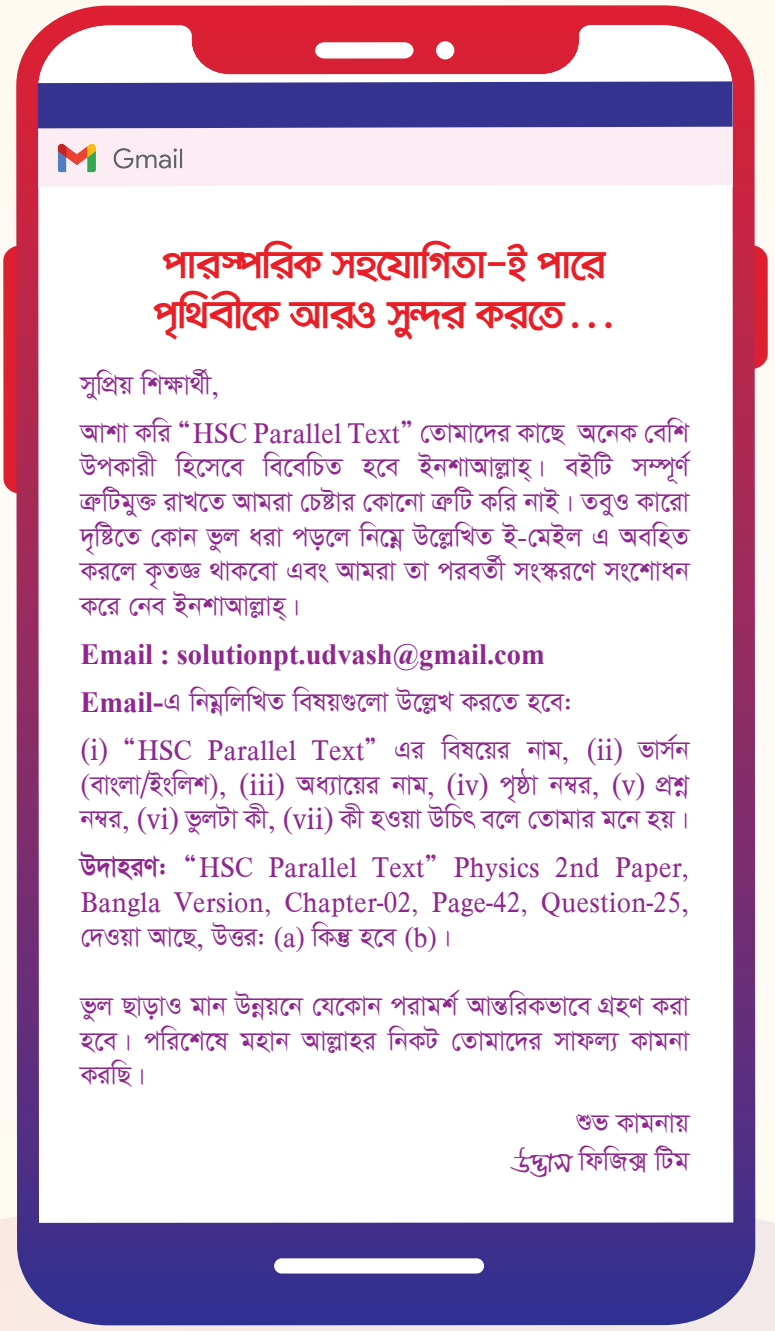
উদ্ভাস ফিজিক্স টিম

সূচিপত্র

পদার্থবিজ্ঞান ২য় পত্র

দ্বিতীয় অধ্যায় : স্থির তড়িৎ

ক্র.নং	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
০১	চার্জের ধারণা	০১
০২	চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব	০৪
০৩	কুলম্বের সূত্র	০৫
০৪	**টপিক ভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান**	১২
০৫	তড়িৎক্ষেত্র	১৫
০৬	তড়িৎ বলরেখা	২০
০৭	তড়িৎ বিভব	২৫
০৮	বিভব পার্থক্য	৩০
০৯	বিভব ও চার্জের গতিপথ	৩৫
১০	**টপিক ভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান**	৩৯
১১	তড়িৎ দ্বিমেরু	৫০
১২	তড়িৎ দ্বিমেরুর জন্য তড়িৎক্ষেত্র প্রাবল্য ও বিভব	৫৫
১৩	অপরিবাহী ও ডাই-ইলেকট্রিক	৬২
১৪	ধারক ও ধারকত্ব	৬৩
১৫	ধারকের সমবায়	৬৯
১৬	ধারকে সঞ্চিত শক্তি	৭২
১৭	ধারকের ব্যবহার	৭৪
১৮	গাউসের সূত্র	৭৫
১৯	তড়িৎ ফ্লাক্স	৭৭
২০	**টপিক ভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান**	৮৮
২১	একত্রে সব গুরুত্বপূর্ণ সূত্র	৯৭
২২	গুরুত্বপূর্ণ প্র্যাক্টিস প্রবলেম	৯৮
২৩	গাণিতিক সমস্যাবলি	১০৩



পারস্পরিক সহযোগিতা–ই পারে পৃথিবীকে আরও সুন্দর করতে...

সুপ্রিয় শিক্ষার্থী,

আশা করি "HSC Parallel Text" তোমাদের কাছে অনেক বেশি উপকারী হিসেবে বিবেচিত হবে ইনশাআল্লাহ্। বইটি সম্পূর্ণ ত্রুটিমুক্ত রাখতে আমরা চেষ্টার কোনো ত্রুটি করি নাই। তবুও কারো দৃষ্টিতে কোন ভুল ধরা পড়লে নিম্নে উল্লেখিত ই-মেইল এ অবহিত করলে কৃতজ্ঞ থাকবো এবং আমরা তা পরবর্তী সংস্করণে সংশোধন করে নেব ইনশাআল্লাহ্।

Email : solutionpt.udvash@gmail.com

Email-এ নিম্নলিখিত বিষয়গুলো উল্লেখ করতে হবে:

(i) "HSC Parallel Text" এর বিষয়ের নাম, (ii) ভার্সন (বাংলা/ইংলিশ), (iii) অধ্যায়ের নাম, (iv) পৃষ্ঠা নম্বর, (v) প্রশ্ন নম্বর, (vi) ভুলটা কী, (vii) কী হওয়া উচিৎ বলে তোমার মনে হয়।

উদাহরণ: "HSC Parallel Text" Physics 2nd Paper, Bangla Version, Chapter-02, Page-42, Question-25, দেওয়া আছে, উত্তর: (a) কিন্তু হবে (b)।

ভুল ছাড়াও মান উন্নয়নে যেকোন পরামর্শ আন্তরিকভাবে গ্রহণ করা হবে। পরিশেষে মহান আল্লাহর নিকট তোমাদের সাফল্য কামনা করছি।

শুভ কামনায়
উদ্ভাস ফিজিক্স টিম

অধ্যায় ০২

স্থির তড়িৎ

রাজু তার দাদুর ঘরে পুরনো দিনের একটি ক্যামেরা নিয়ে খেলছিল। দাদু এসে ক্যামেরাটি নিয়ে বললেন, "দেখি তো, ক্যামেরাটি এখনো চলে কি না!" বলে তিনি রাজুর ছবি তোলার চেষ্টা করলেন সাথে সাথে ক্যামেরার ফ্ল্যাশ জ্বলে উঠল রাজুর চোখ একদম ধাঁধিয়ে গেল! যাক, ক্যামেরাটি কাজ করছে

কিন্তু রাজু অবাক হয়ে বললো, "ক্যামেরার ব্যাটারি তো দেখেছিলাম খুবই ছোট। এত ছোট ব্যাটারি দিয়ে এত শক্তিশালী আলো কিভাবে জ্বলে উঠলো, দাদু?" দাদু বললেন, এই ফ্ল্যাশের ব্যাটারিতে ধারক নামে এক বিশেষ যন্ত্রাংশের ব্যবহার করা হয়েছে, যা স্থির তড়িতের ধারণাকে কাজে লাগিয়ে তড়িৎশক্তি জমা করে রাখতে পারে, এবং প্রয়োজন অনুসারে শক্তির ব্যবহার করতে পারে

শিক্ষার্থী বন্ধুরা, এই অধ্যায়ে আমরা ধারকসহ স্থির তড়িতের বিভিন্ন চমকপ্রদ ধারণা এবং সেগুলোর প্রয়োগ নিয়ে আলোচনা করবো। স্থির তড়িতের জগতে তোমাদের স্বাগতম!

চার্জের ধারণা

আড়াই হাজার বছরেরও বেশি সময় আগে গ্রিকরা আবিষ্কার করে, অ্যাম্বারকে (পাইন গাছের শক্ত আঠা) পশমযুক্ত চামড়া দ্বারা ঘর্ষণ করা হলে, ঐ অ্যাম্বার খড় বা ছোট ছোট পাতার টুকরাকে আকর্ষণ করে। ঘর্ষণের ফলে অ্যাম্বারের মধ্যে বিশেষ একটি বৈশিষ্ট্যের প্রকাশ পায়, যার ফলে এটি আকর্ষণ ক্ষমতা অর্জন করে। গ্রিকরা প্রথমে ভেবেছিল এটি হয়তো শুধুমাত্র অ্যাম্বারেরই একটি বৈশিষ্ট্য। পরবর্তীতে পরীক্ষার মাধ্যমে প্রমাণিত হয় শুধুমাত্র অ্যাম্বার নয়, আরও অনেক পদার্থের এ ধরনের বৈশিষ্ট্য আছে

উদাহরণস্বরূপ ধরা যাক দুইটি কাচের দণ্ডকে একটি রেশমের কাপড়ের টুকরার সাথে কিছুক্ষণ ঘষে এর মধ্যে একটি কাচদণ্ডকে সুতা দিয়ে মাঝখান বরাবর বেঁধে ছাদের সাথে ঝুলিয়ে দেওয়া হল **Fig 2.01**। তারপর অন্য কাচদণ্ডটিকে ঝুলানো কাচদণ্ডের কাছে আনা হলে দেখা যাবে ঝুলানো কাচদণ্ডটি দূরে সরে যাে এটা কীভাবে সম্ভব? দুটি রড পরস্পরের সংস্পর্শে নেই। কোনো বাতাসও নেই, যা রডটাকে দূরে ঠেলে দিবে। কিন্তু তারপরও একটি অদৃশ্য বল রয়েছে, যা ঝুলানো কাচদণ্ডটিকে বিকর্ষণ করে। এবার আসো এক্সপেরিমেন্টটিতে আমরা কিছু পরিবর্তন করি। দ্বিতীয় কাচদণ্ডটির পরিবর্তে এবার একটি প্লাস্টিকের দণ্ড নেওয়া হল এবং একে পশমের (Fur) তৈরি একটি জ্যাকেটের সাথে কিছুক্ষণ ঘষা হল **Fig 2.02**। তারপর প্লাস্টিকের দণ্ডটিকে সুতার সাথে ঝুলানো কাচদণ্ডের কাছে আনলে দেখা যাবে ঝুলানো কাচদণ্ডটি প্লাস্টিকের দণ্ডের নিকটে সরে আসছে। আগের বারের বিকর্ষণের পরিবর্তে এবার একটি আকর্ষণ বল ক্রিয়া করছে, যা কোনো প্রত্যক্ষ সংস্পর্শ ছাড়াই ক্রিয়াশীল।

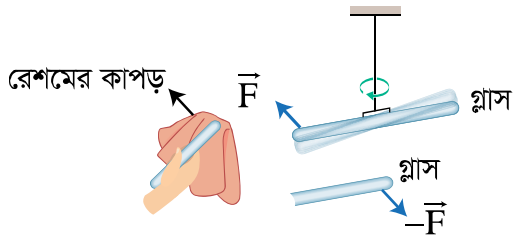


Fig 2.01

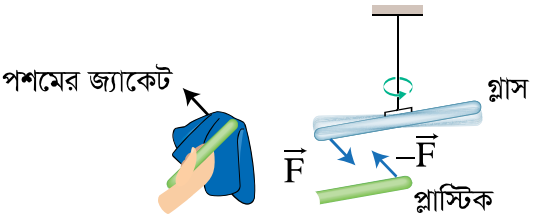


Fig 2.02

উপরে আমরা দুটো উদাহরণ নিয়ে আলোচনা করলাম। প্রথম উদাহরণে বিকর্ষণ ও দ্বিতীয় উদাহরণে আকর্ষণ বলের প্রভাব লক্ষণ কখন আকর্ষণ ও কখন বিকর্ষণ হবে এটি আমরা কীভাবে বুঝবো? এটি নির্ভর করে পদার্থের একটি ভৌত ধর্মের উপর। এই ভৌত ধর্মকেই বিজ্ঞানীরা নাম দিয়েছেন চার্জ বা আধান দুটি ভিন্ন বস্তুর ঘর্ষণের ফলে বস্তুতে এক প্রকার বৈশিষ্ট্যের আবির্ভাব ঘটে যার ফলে একটি বস্তু অন্য বস্তুকে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ করার ক্ষমতা অর্জন করে। এ ঘটনাকে বলে চার্জিতকরণ, আর বস্তুদ্বয়কে বলে চার্জিত বস্তু। চার্জিত বস্তুতে এমন একটা কিছুর আবির্ভাব ঘটেছে যার ফলে তা আকর্ষণ বা বিকর্ষণের ক্ষমতা লাভ করে। এই 'একটা কিছুই' হল চার্জ বা আধান।

চার্জ: পদার্থ সৃষ্টিকারী কণাসমূহের মৌলিক বৈশিষ্ট্যমূলক ধর্মকে চার্জ বা আধান বলে।

আধান বা চার্জ সকল পদার্থেরই একটি মৌলিক ও ভৌত বৈশিষ্ট্য। পদার্থের এমনই আরেকটি ভৌত বৈশিষ্ট্য হল ভর। ভর সকল পদার্থেই উপস্থিত থাকে, যা বস্তুর জড়তার পরিমাপ করে। একইভাবে চার্জও একটি বৈশিষ্ট্য, যা অন্য কোনো চার্জিত বস্তুকে আকর্ষণ বা বিকর্ষণের ক্ষমতা পরিমাপ করে।

চার্জের প্রকৃতি

চার্জ পদার্থের একটি ধর্ম। আরও ভালোভাবে বললে, চার্জ পদার্থ সৃষ্টিকারী পরমাণুর মূল কণিকাগুলোর ধর্ম। তাই চার্জ সম্পর্কে বুঝতে হলে আমাদেরকে পদার্থের ভেতরে এমনকি পরমাণুরও ভেতরে প্রবেশ করতে হবে।

প্রতিটি পদার্থ ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র পরমাণু দ্বারা গঠিত সকল পরমাণুতেই নিউক্লিয়াসের চারপাশে ইলেকট্রন ঘূর্ণায়মান থাকে। আর নিউক্লিয়াসের ভেতরে থাকে দুই ধরনের কণা-প্রোটন ও নিউট্রন। একটি প্রোটনকে একটি ইলেকট্রনের কাছে আনলে এরা পরস্পরকে আকর্ষণ করে। আবার দুটি প্রোটনকে পাশাপাশি রাখলে বা দুটি ইলেকট্রনকে পাশাপাশি রাখলে এরা পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। অন্যদিকে একটি নিউট্রনকে আরেকটি নিউট্রন, প্রোটন বা ইলেকট্রনের কাছে আনলে আকর্ষণ-বিকর্ষণ কিছুই করে না। এই তথ্যগুলো থেকে আমরা কী সিদ্ধান্তে আসতে পারি? ইলেকট্রন ও প্রোটন হল পরস্পর বিপরীত চার্জযুক্ত। কেননা দুটি ইলেকট্রন পরস্পরকে বিকর্ষণ করলেও একটি ইলেকট্রন একটি প্রোটনকে আকর্ষণ করে।

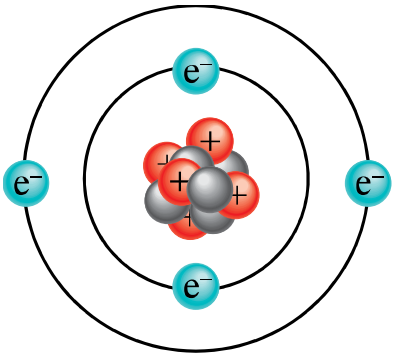


Fig 2.03

চার্জের এই বিপরীত ধর্মের জন্য প্রচলন অনুযায়ী, বিজ্ঞানীরা প্রোটনের চার্জকে ধনাত্মক (+) ও ইলেকট্রনের চার্জকে ঋণাত্মক (−) ধরেছেন। অতএব সমধর্মী চার্জ পরস্পরকে বিকর্ষণ করে এবং বিপরীতধর্মী চার্জ পরস্পরকে আকর্ষণ করে। সংখ্যাগতভাবে একটি প্রোটনের চার্জ একটি ইলেকট্রনের চার্জের সমান। নিউট্রনের আকর্ষণ-বিকর্ষণ প্রভাব নেই, তাই নিউট্রনের চার্জ শূন্য। স্বাভাবিক অবস্থায় পরমাণুতে সমান সংখ্যক ইলেকট্রন ও প্রোটন থাকে। সমান সংখ্যক বিপরীত চার্জ থাকার কারণে চার্জের আকর্ষণ-বিকর্ষণ প্রভাব নাকচ হয়ে যায় এবং পরমাণুতে তড়িৎ ধর্মের প্রকাশ পায় না প্রোটন খুব ভারী এবং নিউক্লিয়াসে আবদ্ধ থাকায় একে পরমাণু থেকে বিচ্ছিন্ন করা কঠিন। কিন্তু ইলেকট্রনকে তুলনামূলক সহজেই (যেমন তাপ প্রয়োগ, রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা) বিচ্ছিন্ন করা সম্ভব। পরমাণু থেকে ইলেকট্রন চলে গেলে পরমাণুর প্রোটন সংখ্যা ইলেকট্রন সংখ্যার চেয়ে বেশি হয়। একে বলা হয় 'ধনাত্মকভাবে তড়িতাহিত হওয়া (Positively charged)। আবার যখন পরমাণুতে মুক্ত ইলেকট্রন যুক্ত হয় তখন ইলেকট্রন সংখ্যা প্রোটন সংখ্যার চেয়ে বেশি হয় একে বলা হয় ঋণাত্মকভাবে তড়িতাহিত হওয়া (Negatively charged)। এভাবে তড়িতাহিত হওয়ার ফলে পরমাণুতে চার্জের তড়িৎধর্ম প্রকাশ পায়, কেননা প্রোটন সংখ্যা ও ইলেকট্রনসংখ্যা সমান না হওয়ায় আকর্ষণ/বিকর্ষণ প্রভাব সম্পূর্ণ নাকচ হতে পারে না। ফলে মোট চার্জ শূন্য না হয়ে নিট চার্জ থেকে যায়।

চার্জের একক: চার্জের SI একক কুলম্ব (C)। এক কুলম্ব চার্জের পরিমাণ কতটুকু, তা তড়িৎ প্রবাহের সংজ্ঞা থেকে পাওয়া যায়। তড়িৎ প্রবাহের সংজ্ঞা অনুযায়ী প্রবাহিত চার্জ (Q) = তড়িৎ প্রবাহ (I) × সময় (t)। এখানে $I = 1\ A$ এবং $t = 1\ s$ হলে, $Q = 1\ C$ হয়। অর্থাৎ, পরিবাহীর কোনো প্রস্থচ্ছেদ দিয়ে 1 A তড়িৎ প্রবাহ 1 s ধরে চললে যে পরিমাণ চার্জ প্রবাহিত হয় তাকে 1 C বা একক কুলম্ব বলে। একটি প্রোটন বা ইলেকট্রনের চার্জের মান 1.6×10^{-19}C। তড়িৎ প্রবাহ সম্পর্কে আমরা 'চল তড়িৎ' অধ্যায়ে বিস্তারিতভাবে জানবো।

আমরা অধ্যায়ের শুরুতে দুটি ঘটনা দেখেছি। ঘটনাদ্বয়কে আমরা এবার চার্জের ধারণার সাহায্যে ব্যাখ্যা করব। একেক পদার্থের ইলেকট্রনের আসক্তি একেক রকম দুটি বস্তুকে পরস্পরের সাথে ঘষলে যে বস্তুটির ইলেকট্রন আসক্তি তুলনামূলক বেশি সেটি অপর বস্তু হতে কিছু ইলেকট্রন নিজের কাছে নিয়ে নেয়। কাচের ইলেকট্রন আসক্তি রেশমের চেয়ে কম। কাচদণ্ডকে যখন রেশমের সাথে ঘষা হয় তখন কাচ হতে কিছু ইলেকট্রন রেশমের কাপড়ে চলে যায় ফলে ঝুলন্ত কাচদণ্ডটি ধনাত্মকভাবে চার্জিত হয়। এ অবস্থায় আরেকটি কাচদণ্ডকে একইভাবে ধনাত্মকভাবে চার্জিত করে কাছাকাছি আনলে এরা পরস্পরকে বিকর্ষণ করে, কেননা এরা উভয়েই সমধর্মী চার্জ দ্বারা চার্জিত। কিন্তু প্লাস্টিকের ইলেকট্রন আসক্তি পশমের চেয়ে বেশি তাই প্লাস্টিকের দণ্ডটি পশমের সাথে ঘষা হলে কিছু ইলেকট্রন পশম হতে প্লাস্টিকের দণ্ডে চলে যায় তাই প্লাস্টিকের দণ্ডটি ঋণাত্মকভাবে আহিত হয়। ঋণাত্মক চার্জে চার্জিত প্লাস্টিকের দণ্ডটি তখন ধনাত্মক চার্জে চার্জিত কাচের দণ্ডকে আকর্ষণ করে এবং কাচের দণ্ডটি কাছে সরে আসে। কেননা বিপরীতধর্মী চার্জ পরস্পরকে আকর্ষণ করে। বিজ্ঞানীরা নানাবিধ পরীক্ষার মাধ্যমে দুটি বস্তুর মধ্যে ঘর্ষণ হলে কোন বস্তু থেকে কোন বস্তুতে ইলেকট্রন যাবে সেটি নির্ণয় করেছেন। পাশে একটি তালিকা দেওয়া হল। তালিকার দুটি বস্তুর মধ্যে ঘর্ষণ হলে যে বস্তুটির অবস্থান উপরে সেটি ধনাত্মক ও যে বস্তুটির অবস্থান নিচে সেটি ঋণাত্মক আধানে আহিত হবে।

(i) ফার (fur)
(ii) পশম, ফ্লানেল (wool, flannel)
(iii) গালা (shellac or sealing wax)
(iv) কাচ (glass)
(v) অভ্র (mica)
(vi) বিড়ালের চামড়া (cat skin)
(vii) রেশম (silk)
(viii) তুলা (cotton)
(ix) কাঠ (wood)
(x) মানুষের দেহ (human body)
(xi) অ্যাম্বার (amber)
(xii) রাবার (rubber)
(xiii) রজন (resin)
(xiv) ধাতু (Ag, Cu, Ni ইত্যাদি)
(xv) গন্ধক (sulphur)
(xvi) ইবোনাইট (ebonite)
(xvii) ধাতু (Pt, Au)
(xviii) সেলুলয়েড (celluloid)

ইলেকট্রন আসক্তির বৃদ্ধি

চার্জের কোয়ান্টায়ন

ধরো, তুমি কলম কিনতে দোকানে গেলে দোকানে গিয়ে দোকানদারকে বললে আমাকে সাড়ে চারটি কলম দিন এবং দোকানদার নিশ্চয়ই তোমার উপর হাসবে। কলম সবসময় তুমি পূর্ণসংখ্যায় কিনতে পারবে, ভগ্নাংশে নয়। কলম কেনার সময় এর ন্যূনতম একক হচ্ছে একটি কলম। তুমি এই ন্যূনতম এককের পূর্ণসংখ্যক গুণিতকরূপে কলম কিনতে পারবে, যেমন দুইটি, তিনটি বা চারটি। কিন্তু 3.5 টি, 4.25 টি কলম কেনা কখনোই সম্ভব নয়।

উপরের ধারণাটিই আমরা চার্জের ক্ষেত্রে ব্যাখ্যা করব। পরীক্ষা-নিরীক্ষার মাধ্যমে প্রমাণিত হয়েছে, পরমাণুর মধ্যে শুধুমাত্র প্রোটন ও ইলেকট্রনেই নিট চার্জ পাওয়া সম্ভব। ইলেকট্রন বা প্রোটনকে ভেঙ্গে ইলেকট্রন বা প্রোটনের চার্জের চেয়ে কম চার্জযুক্ত স্বাধীন কোনকিছু পাওয়া সম্ভব না। এখন আলোচনার সুবিধার্থে ধরে নিই, কোনো বস্তুতে শুধুমাত্র 5 টি প্রোটন রয়েছে তাহলে বস্তুটির চার্জ হবে 5e যেখানে e একটি প্রোটনের চার্জ। কিন্তু কোনো বস্তুর চার্জ কি 3.5e হতে পারে? তাহলে আমাদেরকে 3.5 টি প্রোটন নিতে হবে। কিন্তু একটি প্রোটনকে ভেঙ্গে আর মুক্ত/ স্বাধীন কোনো চার্জ পাওয়া সম্ভব না (প্রোটনকে ভাঙলে কোয়ার্ক পাওয়া যায় কিন্তু তা প্রকৃতিতে মুক্তভাবে/স্বাধীনভাবে পাওয়া সম্ভব না)। তাই কোনো বস্তুর মোট চার্জ 3.5e/4.75e এমন ভগ্নাংশ আকারে হতে পারে না; শুধুমাত্র 3e/4e/5e এমন e এর পূর্ণসংখ্যক গুণিতক হতে পাে অতএব আমরা বলতে পারি-

চার্জের একটি নির্দিষ্ট ন্যূনতম মান রয়েছে-যা অপেক্ষা কম মানের চার্জ পাওয়া সম্ভব নয় এবং যেকোন চার্জিত বস্তুর মোট চার্জের পরিমাণ ঐ ন্যূনতম চার্জের অখণ্ড বা পূর্ণসংখ্যক গুণিতক হবে, একে চার্জের কোয়ান্টায়ন বলে।

কোনো বস্তুর মোট চার্জ q হলে $q = Ne$ যেখানে, $N = 0, \pm1, \pm2, \pm3$ ইত্যাদি যেকোন পূর্ণসংখ্যা এবং e হল একটি প্রোটন বা ইলেকট্রনের চার্জের মা বিজ্ঞানী মিলিকানের তৈল-বিন্দু পরীক্ষার সাহায্যে এ ন্যূনতম চার্জের মান পাওয়া গেছে, $e = 1.60217733 \times 10^{-19}C$।

উদাহরণ-০১: পৃথিবীতে মোট 10^{21}kg পানি থাকলে, তাতে মোট কত ধনাত্মক ও ঋণাত্মক চার্জ রয়েছে? [1mol পানির ভর = 18g]

সমাধান: 18g পানি = 1mol পানি

$\Rightarrow 0.018\text{kg} = 1\text{mol}$

$\Rightarrow 10^{21}\text{kg} = \frac{10^{21}}{0.018} = 5.56 \times 10^{22}\text{mol}$

আবার 1 mol পানিতে অণু আছে $= 6.02 \times 10^{23}$ টি

$\therefore 5.56 \times 10^{22}\text{mol}$ পানিতে অণু আছে $= (6.02 \times 10^{23} \times 5.56 \times 10^{22})$ টি

$= 3.35 \times 10^{46}$ টি

এখন, পানির 1 টি অণুতে ইলেকট্রন সংখ্যা = 10 টি

বা, 3.35×10^{46} টি অণুতে ইলেকট্রন সংখ্যা $= 10 \times 3.35 \times 10^{46}$ টি

$= 3.35 \times 10^{47}$ টি

$\therefore N = 3.35 \times 10^{47}$

আমরা জানি, $q = Ne$

$= 3.35 \times 10^{47} \times (-1.6 \times 10^{-19})\text{C}$

$= -5.36 \times 10^{28}\text{C}$

অতএব, মোট ঋণাত্মক আধানের পরিমাণ -5.36×10^{28}C।

যেহেতু অণুতে ইলেকট্রন ও প্রোটন সংখ্যা সমান, তাই মোট ধনাত্মক আধানের পরিমাণ হবে 5.36×10^{28}C।

চার্জের সংরক্ষণশীলতা

ধরো তোমার বন্ধু ফুয়াদ ও সাফাতের প্রত্যেকের কাছে 5 টি কলম আছে। ফুয়াদ তারপর সাফাতকে নিজের 2 টি কলম দিয়ে দিল এবং সাফাত ফুয়াদকে নিজের 3 টি কলম দিয়ে দিল। দেওয়া নেওয়ার আগে তাদের মোট কলম সংখ্যা $= 5 + 5 = 10$ টি। দেওয়া নেওয়ার পর ফুয়াদের কাছে মোট কলম থাকবে $= 5 - 2 + 3 = 6$ টি ও সাফাতের কাছে কলম থাকবে $= 5 + 2 - 3 = 4$ টি। যোগ করলে পাওয়া যাবে $= 6 + 4 = 10$ টি অর্থাৎ আগের মতই। আসলে এটা এতো হিসাব করে বলার কিছু নেই, সহজেই বোঝা যায় যে দুজনের মধ্যে জিনিসপত্র আদান-প্রদান হলেও মোট জিনিসের সংখ্যা একই থাকবে। চার্জের ক্ষেত্রেও ব্যাপারটি এরকম।

আমরা যখন কাচদণ্ডকে রেশমের কাপড়ের সাথে ঘর্ষণ করেছি তখন কাচদণ্ডটি ধনাত্মকভাবে চার্জিত হয়েছিল। এই ধনাত্মক চার্জ কিন্তু নতুন করে সৃষ্টি হয়নি, বরং কাচদণ্ড থেকে কিছু ইলেকট্রন রেশমে চলে গিয়েছে, তাই কাচদণ্ডটিতে যে পরিমাণ ধনাত্মক চার্জ প্রকাশ পেয়েছে, রেশমের কাপড়ে সমপরিমাণ ঋণাত্মক চার্জ প্রকাশ পেয়েছে। এই সমপরিমাণ ধনাত্মক ও ঋণাত্মক চার্জকে বীজগাণিতিক যোগ করলে শূন্য পাওয়া যাবে, অর্থাৎ নতুন কোন চার্জ উৎপন্ন হয়নি শুধুমাত্র কাচদণ্ড ও রেশমের কাপড়ের মধ্যে চার্জের আদান-প্রদান ঘটেছে; মোট চার্জের পরিমাণ কিন্তু ধ্রুবই থাকছে অর্থা শক্তির মতো চার্জকেও সৃষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না চার্জ শুধুমাত্র বস্তু থেকে বস্তুতে স্থানান্তরিত হয় চার্জ স্থানান্তরের ফলে একটি বস্তুতে যে পরিমাণ আধানের উদ্ভব হয়, অপর বস্তুতে তার সমপরিমাণ বিপরীত আধানের উদ্ভব হয়, ফলে মোট আধানের পরিমাণ একই থাকে।

চার্জের সংরক্ষণশীলতা: চার্জ সৃষ্টি বা ধ্বংস হয় না, এ মহাবিশ্বে মোট চার্জের পরিমাণ সর্বদা অপরিবর্তনীয়, একে চার্জের সংরক্ষণশীলতা বলে।

চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব

অপরিবাহী পদার্থ চার্জ পরিবহন করতে পারে না, তাই অপরিবাহীর কোনো অংশে চার্জ প্রদান করা হলে তা ঐ অংশেই সীমাবদ্ধ থা কিন্তু পরিবাহীতে চার্জ প্রদান করা হলে তা পরিবাহীতে ছড়িয়ে পড়ে। এই চার্জ কি পরিবাহীর সমগ্র আয়তন জুড়ে অবস্থা করবে, নাকি শুধুমাত্র পৃষ্ঠে অবস্থান করবে?

চার্জের মৌলিক ধর্ম থেকে আমরা জানি, সমধর্মী চার্জ পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। তাই পরিবাহীর মধ্যে চার্জ প্রদান করলে চার্জগুলো পরস্পরকে বিকর্ষণ করে দূরে সরে যায় এবং সম্ভাব্য সর্বোচ্চ দূরত্বে অবস্থান করতে চায়। পরিবাহীর অভ্যন্তরে তাই কোনো চার্জ অবস্থান করবে না, কারণ এরা বিকর্ষণের কারণে সম্ভাব্য সর্বোচ্চ দূরত্বে চলে যা এই দূরত্ব হল পরিবাহীর পৃষ্ঠ। তাই পরিবাহীতে বাইরে থেকে চার্জ প্রদান করা হলে তা শুধুমাত্র পরিবাহীর পৃষ্ঠে অবস্থান করবে, সমস্ত আয়তন জুড়ে থাকবে না।

কোনো পৃষ্ঠে চার্জের বণ্টন কম নাকি বেশি, তা পরিমাপের জন্য নতুন একটি রাশি নিয়ে আসা হয়, তা হল চার্জের তল ঘনত্ব। প্রতি একক ক্ষেত্রফলে বণ্টিত চার্জের পরিমাণ দ্বারা চার্জ ঘনত্ব হিসাব করা হয়

তলমাত্রিক ঘনত্ব: কোনো চার্জিত পরিবাহী পৃষ্ঠের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে চার্জের পরিমাণকে ঐ পৃষ্ঠের চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব বলে। সুষমভাবে চার্জিত পরিবাহীর পৃষ্ঠের A ক্ষেত্রফলে q পরিমাণ চার্জ থাকলে ঐ পৃষ্ঠের চার্জের তল ঘনত্ব, $\sigma = \frac{q}{A}$।

কিন্তু চার্জের বণ্টন যদি সুষম না হয়, তাহলে? তখন পৃষ্ঠের ভিন্ন ভিন্ন অংশে চার্জ ঘনত্ব ভিন্ন ভিন্ন হবে। এক্ষেত্রে তল ঘনত্ব নির্ণয় করতে অন্তরীকরণের সাহায্য নিতে হয়। ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র dA ক্ষেত্রফলে dq পরিমাণ চার্জ থাকলে, $\sigma = \frac{dq}{dA}$

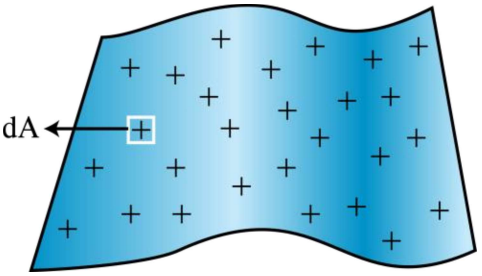


Fig 2.04

একক: চার্জের তল ঘনত্বের একক Cm^{-2}

যদি পরিবাহীটি r ব্যাসার্ধবিশিষ্ট গোলক হয়, তাহলে গোলকের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল, $A = 4\pi r^2$। তাই গোলকের ক্ষেত্রে চার্জের তলমাত্রিক ঘনত্ব $\sigma = \frac{q}{4\pi r^2}$।

জেনে রাখো

পরিবাহীটির আকৃতি যদি অসম হয়, তাহলে তার বিভিন্ন অংশের আধানের তলমাত্রিক ঘনত্ব বিভিন্ন হবে। পরিবাহীর যে অংশের পৃষ্ঠের বক্রতা বেশি, সেখানের আধান তুলনামূলক বেশি। আর যে অংশের বক্রতা কম সেখানের আধান ঘনত্ব অন্যান্য অংশের চেয়ে তুলনামূলক কম হয়।

উদাহরণ-০২: 10^{-7}**m ব্যাসার্ধের গোলকাকার পরিবাহীতে** 10^7 **টি ইলেকট্রন আছে। গোলকের পৃষ্ঠের আধান ঘনত্ব নির্ণয় কর।**

সমাধান: আমরা জানি, $q = Ne$

$$= 10^7 \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$= 1.6 \times 10^{-12} C$$

$$\therefore \text{আধান ঘনত্ব, } \sigma = \frac{q}{4\pi^{\ 2}} = \frac{1.6\times10^{-12}}{4\pi(10^{-7})^2}$$

$$= 12.73 Cm^{-2}$$

কুলম্বের সূত্র

আমরা অধ্যায়ের শুরুতেই দেখেছি সমভাবে চার্জিত দুটি কাচদণ্ড পরস্পরকে বিকর্ষণ করে দূরে ঠেলে দিচ্ছে। আবার বিপরীতভাবে চার্জিত প্লাস্টিকের দণ্ড ও কাচের দণ্ড পরস্পরকে আকর্ষণ করছে। এই আকর্ষণ ও বিকর্ষণ কিন্তু এমনি এমনি হচ্ছে না, নিশ্চয়ই একটি বল ক্রিয়া করছে যা কখনো আকর্ষণ কিংবা কখনো বিকর্ষণের উৎস হিসেবে কাজ করছে। বিজ্ঞানী চার্লস অগাস্টিন কুলম্ব অনেক পরীক্ষা-নিরীক্ষার পর 1785 সালে এই বল নির্ণয় করতে সক্ষম হন। দুটি চার্জকে পাশাপাশি রাখা হলে তারা একে অপরের উপর তড়িৎ বল প্রয়োগ করে। যদি চার্জদ্বয় সমচিহ্ন বিশিষ্ট হয় তাহলে এ বল হবে বিকর্ষণ বল। আর চার্জদ্বয় বিপরীত চিহ্নবিশিষ্ট হলে এ বল হবে আকর্ষণ বল। এ আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান নির্ভর করে-

(i) উভয় চার্জের পরিমাণের উপর: চার্জের পরিমাণ বেশি হলে ক্রিয়াশীল বলের মান বেশি হয়।

(ii) চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্বের উপর: চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব বৃদ্ধি পেলে ক্রিয়াশীল বলের মান কমে যায়।

(iii) চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী মাধ্যমের উপর: মাধ্যমের ভিন্নতার কারণে ক্রিয়াশীল বলও ভিন্ন ভিন্ন হয়।

বিন্দু চার্জ: চার্জিত বস্তুর আকার খুবই ক্ষুদ্র হলে তাকে বিন্দু চার্জ বলে। বিন্দু চার্জের ধারণাটি কুলম্বের সূত্রের ক্ষেত্রে বিশেষভাবে প্রয়োজনীয়।

কুলম্বের সূত্র: নির্দিষ্ট মাধ্যমে দুটি বিন্দু চার্জের মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান চার্জদ্বয়ের পরিমাণের গুণফলের সমানুপাতিক, এদের মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক এবং এ আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল চার্জদ্বয়ের সংযোজক সরলরেখা বরাবর ক্রিয়া করে।

ধরা যাক, q_1 ও q_2 দুটি বিন্দু চার্জের মধ্যবর্তী দূরত্ব r **(Fig-2.05)**। তাহলে কুলম্বের সূত্রানুসারে এদের মধ্যকার ক্রিয়াশীল বলের মান,

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

বা, $F = C\frac{q_1 q_2}{r^2}$

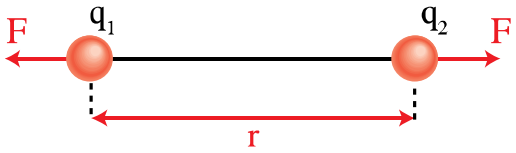


Fig 2.05

এখানে, C একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক যার মান রাশিগুলোর একক ও চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী মাধ্যমের উপর নির্ভর করে।

শূন্য মাধ্যমে কুলম্বের সূত্র

আমরা দেখলাম দুটি চার্জের মধ্যবর্তী তড়িৎ বলের মান, $F = C\frac{q_1 q_2}{r^2}$। এ সমীকরণে $q_1 = q_2 = 1C, r = 1m$ হলে, $F = C\frac{1\times1}{1^2}$ বা, $F = C$ হয়। শূন্য মাধ্যমের ক্ষেত্রে 1C মানের দুটি চার্জ 1m দূরে থেকে পরস্পরের উপর যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করে, সেটাই হল C বা সমানুপাতিক ধ্রুবক। পরীক্ষার সাহায্যে এর মান পাওয়া গেছে $9 \times 10^9\ Nm^2C^{-2}$। তবে তাড়িতচৌম্বক বিজ্ঞানের অন্যান্য সূত্রগুলোকে সরল আকারে প্রকাশের জন্য শূন্য মাধ্যমের ক্ষেত্রে কুলম্বের সমানুপাতিক ধ্রুবক C কে SI পদ্ধতিতে এভাবে লেখা হয়,

$$C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$$

এখানে ϵ_0 কে বলা হয় শূন্য মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা (Permittivity of Free Space)। ϵ_0 এর মান $= 8.854 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$। সুতরাং শূন্য মাধ্যমে কুলম্বের সূত্রকে লেখা যায়,

$$\boxed{F = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q_1 q_2}{r^2}}$$

[আমরা এখন থেকে সূত্রটিকে এরূপেই ব্যবহার করব]

অন্য মাধ্যমে কুলম্বের সূত্র

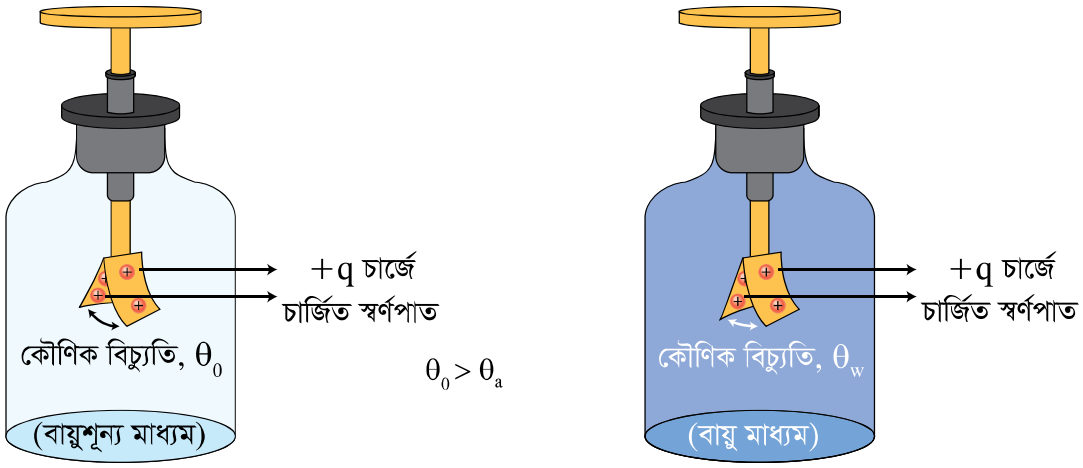
কুলম্বের সূত্রানুসারে দুটি চার্জের মধ্যকার আকর্ষণ ও বিকর্ষণ বলের মান চার্জদ্বয়ের মান ও এদের মধ্যবর্তী দূরত্ব ছাড়াও মাধ্যমের উপর নির্ভর করে। এই বল মাধ্যমের একটি বিশেষ ধর্মের উপর নির্ভর করে। এই ধর্মকে বলা হয় মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা, ϵ । কোন মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা যত বেশি হয়, ঐ মাধ্যমে একটি চার্জের আকর্ষণ বা বিকর্ষণ প্রভাব ততো কম হয়। সুতরাং, কোন মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা ϵ হলে ঐ মাধ্যমে কুলম্বের সূত্র হবে:

$$\boxed{F = \frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{q_1 q_2}{r^2}}$$

ভেদনযোগ্যতার সংজ্ঞা বুঝতে হলে আমাদেরকে তড়িৎক্ষেত্র ও তড়িৎ দ্বিমেরু সম্পর্কে জানতে হবে। তাই আমরা এর সংজ্ঞা (Formal Definition) পরে আলোচনা করব। এখন এতটুকু জেনে নাও যে ভেদনযোগ্যতা মাধ্যমের একটি তড়িৎ সম্পর্কিত ধর্ম, যার মান একেক মাধ্যমের জন্য একেকরকম হয়।

আমরা এতক্ষণ দুটি চার্জকে শূন্যস্থানে রেখে কুলম্ব বল হিসাব করেছি। শূন্যস্থানের পরিবর্তে কোনো অন্তরক মাধ্যম হলে সেক্ষেত্রে কুলম্ব বল পরিবর্তিত হয়। অন্তরক পদার্থ হল সেসব পদার্থ যাদের মধ্যে দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয় না এই অন্তরক মাধ্যম, যারা তড়িৎ পরিবহন করে না কিন্তু চার্জের মধ্যবর্তী স্থির তড়িৎ বলের মানের পরিবর্তন ঘটায় তারাই হল পরাবৈদ্যুতিক মা শূন্যস্থানের চেয়ে কোন পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যমে নির্দিষ্ট দূরত্বে দুটি আধানের মধ্যবর্তী আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান কম হয়। বিষয়টি আমাদের পরিচিত একটি পরীক্ষার সাহায্যে নিশ্চি হওয়া যায়। তোমরা নবম-দশম শ্রেণিতে স্থির তড়িৎ অধ্যায় পড়ার সময় ইলেকট্রোস্কোপ যন্ত্র সম্পর্কে জেনেছিলে। ইলেকট্রোস্কোপের সাহায্যে কোনো বস্তুতে চার্জের উপস্থিতি ও প্রকৃতি নির্ণয় করা যায়। এক্ষেত্রে ইলেকট্রোস্কোপে স্থাপিত স্বর্ণপাতে চার্জের উপস্থিতির দরুন স্বর্ণপাতদ্বয়ের কৌণিক বিচ্যুতির পরিবর্তন পর্যবেক্ষণ করে বস্তুতে চার্জের উপস্থিতি ও প্রকৃতি নির্ণয় করা যায়।

জটিলতা এড়ানোর জন্য ইলেকট্রোস্কোপ যন্ত্রে বোতলের অভ্যন্তরভাগ বায়ুশূন্য রাখা হয় যাতে স্পার্ক না তৈরি হয়। ইলেকট্রোস্কোপকে শূন্য মাধ্যমে না রেখে বায়ু মাধ্যমে ইলেকট্রোস্কোপের স্বর্ণপাতদুটিতে সমপরিমাণের ধনাত্মক চার্জ থাকলে তুমি দেখতে পাবে যে শূন্য মাধ্যমে স্বর্ণপাত দুটি যে কৌণিক বিচ্যুতিতে ছিল বায়ু মাধ্যমে সে বিচ্যুতি আরো কমে গেল। যা **Fig 2.06** এ দেখানো হয়েছে। এটি হওয়ার মূল কারণ হলো মাধ্যম হিসেবে বায়ুর সামান্য হলেও নিজস্ব তড়িৎধর্ম রয়েছে



(a) বায়ুশূন্য মাধ্যমে ইলেকট্রোস্কোপ (b) বায়ু মাধ্যমে ইলেকট্রোস্কোপ

Fig 2.06

ধরা যাক, দুটি আধানকে একটি নির্দিষ্ট দূরত্বে শূন্যস্থানে রাখলে তাদের মধ্যকার তড়িৎ বল F_0। এখন এই দুটি আধানকে একই দূরত্বে কোন পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যমে রাখলে তাদের মধ্যকার তড়িৎ বল F_m। তাহলে $\frac{F_0}{F_m}$ অনুপাত ঐ মাধ্যমের জন্য সর্বদাই ধ্রুবসংখ্যা হয় এই ধ্রুবসংখ্যাকে ঐ মাধ্যমের তড়িৎ মাধ্যমাঙ্ক বা পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক (Dielectric Constant) বলে। একে k দ্বারা প্রকাশ করা হয়। পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যম সম্পর্কে বিস্তারিত আমরা পরে জানবো।

পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক: একটি নির্দিষ্ট দূরত্বে দুটি নির্দিষ্ট চার্জের মধ্যকার শূন্য মাধ্যমে বল এবং কোন পরাবৈদ্যুতিক/ডাই-ইলেকট্রিক মাধ্যমে বলের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের তড়িৎ মাধ্যমাঙ্ক বা পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক বলে।

অতএব, r দূরত্বে থাকা q_1 ও q_2 চার্জের মধ্যে ক্রিয়াশীল বলের মান শূন্য মাধ্যমে F_0 ও কোন পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যমে F_m হলে ঐ মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক, $k = \frac{F_0}{F_m}$

$$= \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{q_1q_2}{r^2}}{\frac{1}{4\pi\epsilon}\cdot\frac{q_1q_2}{r^2}}$$

$$= \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

$$\therefore \boxed{k = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}} \text{ [k কে } \epsilon_r \text{ দ্বারাও প্রকাশ করা হয়]}$$

এই সূত্র থেকে আমরা পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক-এর আরও একটি সংজ্ঞা পেতে পারি। কোন মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতা ও শূন্য মাধ্যমের ভেদনযোগ্যতার অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক বলে। একে আপেক্ষিক ভেদনযোগ্যতাও (ϵ_r) বলে। অর্থাৎ, তড়িৎ মাধ্যমাঙ্ক, পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক ও আপেক্ষিক ভেদনযোগ্যতা মূলত একই।

$k = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$ সমীকরণ হতে পাই, $\epsilon = \epsilon_0 k$। কুলম্বের সূত্রের ϵ কে $\epsilon_0 k$ দ্বারা প্রতিস্থাপন করে পাই।

$$\boxed{F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 k}\frac{q_1q_2}{r^2}}$$

পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক পরাবৈদ্যুতিক মাধ্যমের একটি মৌলিক ধর্ম। শূন্য মাধ্যমের পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক, $k = 1$। বায়ুর পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক 1 এর খুব কাছাকাছি বায়ুর জন্য, $k = 1.0029$। কিন্তু, আমরা বায়ুর জন্য আসন্নমান হিসাবে $k = 1$ ধর

উদাহরণ-০৩: দুটি ইলেকট্রনকে বায়ুতে **1μm** ব্যবধানে রাখা হলে এদের মধ্যকার স্থির তড়িৎ বিকর্ষণ বলের মান কত হবে? এদেরকে একই দূরত্বে পানিতে রাখলে তখন বিকর্ষণ বলের মান কত হবে? [পানির তড়িৎ মাধ্যমাঙ্ক **78.2**]

সমাধান: ইলেকট্রনের চার্জ, $q = -1.6 \times 10^{-19}$ C

মধ্যবর্তী দূরত্ব, $r = 1\mu m = 10^{-6}$ m

∴ বায়ুতে থাকা অবস্থায় বল, $F_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}.\frac{q^2}{r^2}$

$$= \frac{9\times10^9\times(-1.6\times10^{-1})^2}{(10^{-6})^2} N$$

$$= 2.304 \times 10^{-16} N$$

এখন, পানিতে থাকা অবস্থায় বল F_w হলে, $\epsilon_r = \frac{F_0}{F_w}$

$$\Rightarrow F_w = \frac{F_0}{\epsilon_r}$$

$$= \frac{2.304\times10^{-16}}{78.2} N$$

$$= 2.95 \times 10^{-18} N$$

কুলম্বের সূত্রের ভেক্টররূপ

আমরা সকলেই জানি বল একটি ভেক্টর রাশি ভেক্টর রাশির মান ও দিক উভয়ই থাকে। তাই কুলম্বের সূত্রকে সম্পূর্ণভাবে প্রকাশের জন্য দুটি চার্জের মধ্যবর্তী বলের মানের সাথে এর দিককেও বিবেচনায় নিতে হবে। কুলম্বের সূত্রেই আমরা এর মান ও দিক উভয়টি সম্পর্কেই জানতে পারি। দুটি চার্জের মধ্যবর্তী তড়িৎ বল হচ্ছে পারস্পরিক বল, অর্থাৎ q_1 চার্জের একটি বস্তু q_2 চার্জের আরেকটি বস্তুকে যে বলে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ করবে, q_2 চার্জের বস্তুটিও q_1 চার্জটিকে একই বলে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ করবে কুলম্বের সূত্র হতে আমরা জানি, তড়িৎ বল চার্জদ্বয়ের সংযোজক সরলরেখা বরাবর ক্রিয়া কে তাই এই সরলরেখা বরাবর একটি একক ভেক্টর ($\hat{r}$) নিয়ে তড়িৎ বলের মান দ্বারা গুণ করে দিলে আমরা গুণফল হিসেবে কুলম্বের সূত্রের ভেক্টররূপ পেয়ে যাব। ভেবে দেখতো!

q_1 হতে q_2 চার্জ পর্যন্ত দূরত্ব r কে ভেক্টররূপে প্রকাশ করলে হয় $\vec{r}_{12}$, যার দিক q_1 হতে q_2 এর দিকে **(Fig 2.07)** মূলত $\bar{r}_{12}$ হলো q_1 চার্জের অবস্থানের সাপেক্ষে q_2 চার্জের অবস্থান ভেক্টর।। q_1 কর্তৃক q_2 এর উপর প্রযুক্ত বল $\vec{F}_{21}$ হলে,

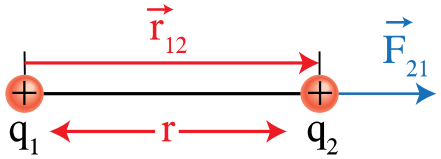


Fig 2.07

$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{r}_{12}$$

$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon}.\frac{q_1q_2}{r^2}.\frac{\vec{r}_{12}}{|\vec{r}_{12}|}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{q_1q_2}{r^3}\vec{r}_{12}$$

একইভাবে q_2 চার্জের অবস্থানের সাপেক্ষে q_1 চার্জের অবস্থান ভেক্টর $\bar{r}_{21}$ এবং q_2 কর্তৃক q_1 এর উপর প্রযুক্ত বল $\vec{F}_{12}$ হলে,

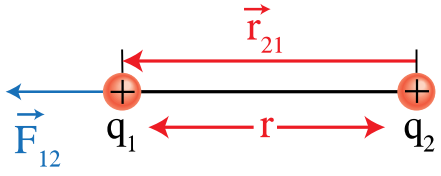


Fig 2.08

$$\bar{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{r}_{21}$$

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon}.\frac{q_1q_2}{r^2}.\frac{\vec{r}_{21}}{|\vec{r}_{21}|}$$ **(Fig 2.08)**

$$= -\frac{1}{4\pi\epsilon}\frac{q_1q_2}{r^3}\vec{r}_{12} \quad [\text{এখানে}, \vec{r}_{21} = -\vec{r}_{12}]$$

চার্জদ্বয় সমধর্মী হলে এই বল হবে বিকর্ষণ বল ও চার্জদ্বয় বিপরীতধর্মী হলে এই বল হবে আকর্ষণ বল। আমরা দুটি চার্জকে সমধর্মী ধরে নিয়ে সূত্র প্রতিষ্ঠিত করলেও বিপরীতধর্মী চার্জের আকর্ষণ বলের ক্ষেত্রেও এ সূত্র প্রযোজ চার্জদ্বয় সমধর্মী হলে q_1 ও q_2 উভয়ই ধনাত্মক বা উভয়ই ঋণাত্মক হবে, ফলে গুণফল ধনাত্মক হবে। চার্জদ্বয় বিপরীতধর্মী হলে q_1 ও q_2 চার্জের গুণফল ঋণাত্মক হবে, তাই $(-)$ চিহ্ন আসে

q_1 এর চিহ্ন	q_2 এর চিহ্ন	$(q_1 \times q_2)$ এর চিহ্ন	বলের প্রকৃতি
+	+	+	বিকর্ষণ
+	−	−	আকর্ষণ
−	+	−	আকর্ষণ
−	−	+	বিকর্ষণ

সতর্কতা!

আমরা জেনেছি চার্জ ধনাত্মক বা ঋণাত্মক হতে পারে। তাহলে কুলম্বের সূত্রে চার্জ q_1 ও q_2 কি $+/-$ চিহ্নসহ বসাবো নাকি চিহ্ন ছাড়া? বল একটি ভেক্টর রাশি ভেক্টর রাশির ক্ষেত্রে $+/-$ চিহ্ন বলের দিক নির্দেশ করে। তাই বলের মান নির্ণয় করতে হলে চার্জের চিহ্ন বসানোর প্রয়োজন নেই, তবে যদি চার্জের চিহ্ন ব্যবহার করা হয়, তাহলে বলের চিহ্ন ঋণাত্মক দ্বারা বুঝাবে আকর্ষণ বল এবং বলের চিহ্ন ধনাত্মক দ্বারা বুঝাবে বিকর্ষণ বল

তড়িৎ বলের উপরিপাতন নীতি

আমরা কুলম্বের সূত্র হতে দুইটি চার্জ পাশাপাশি রাখলে তাদের মধ্যকার বলের মান ও দিক সম্পর্কে জেনেছি। কিন্তু কী হবে, যদি দুইটি চার্জ না থেকে তিনটি, চারটি বা আরও বেশি চার্জ থাকে? তখন যেকোন একটি চার্জের উপর মোট কত বল ক্রিয়া করছে, সেটা কীভাবে নির্ণয় করব? এক্ষেত্রে নিট বল বের করতে হলে প্রতিটি চার্জকে আলাদাভাবে বিবেচনা করতে হবে, যেন অন্য চার্জগুলো অনুপস্থিত রয়েছে এরকমভাবে প্রত্যেকটি চার্জের জন্য বল নির্ণয় করে এদের ভেক্টর যোগফল নিতে হবে। বলগুলোর মান নিয়ে আমরা সরাসরি যোগ করে দিতে পারব না, কারণ বল স্কেলার রাশি নয় মানের সাথে দিককেও বিবেচনায় নিতে হবে। এভাবে বলগুলোর ভেক্টর যোগফলই হবে উক্ত চার্জের উপর ক্রিয়াশীল নীট বল। বলের এ স্বাতন্ত্র্য নীতি **'বলের উপরিপাতন নীতি'** হিসেবে পরিচিত।

ধরা যাক, দুটি ধনাত্মক চার্জ q_1 ও q_2 পাশাপাশি অবস্থিত এখন এই দুটি চার্জের কাছে q_3 আরেকটি ধনাত্মক চার্জ আনা হল **Fig 2.09**। চলো এখন আমরা q_3 এর উপর প্রযুক্ত মোট বল নির্ণয় করব। এটা বুঝতে হলে আমরা ব্যাপারটিকে দুটি স্বাধীন case এ চিন্তা করতে পারি

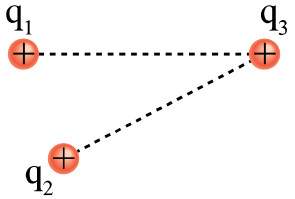


Fig 2.09

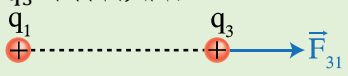
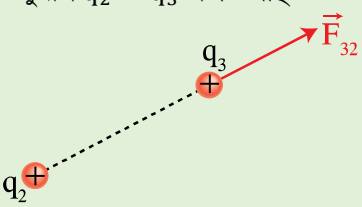
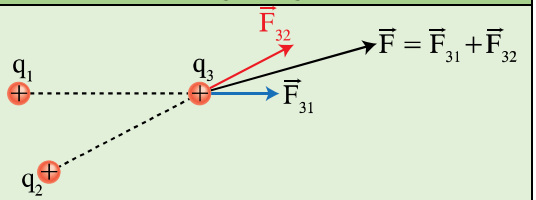
$\vec{F}_{31}$	$\vec{F}_{32}$	$\vec{F}_{31} + \vec{F}_{32}$
(i) আমরা ধরে নিই শুধুমাত্র q_1 ও q_3 চার্জ বিদ্যমান।  এক্ষেত্রে প্রযুক্ত বল $\vec{F}_{31}$, যা q_1 হতে q_3 এর দিকে ক্রিয়াশীল।	(ii) দ্বিতীয় ক্ষেত্রে আমরা ধরে নিব শুধুমাত্র q_2 ও q_3 চার্জ উপস্থি  এক্ষেত্রে প্রযুক্ত বল $\vec{F}_{32}$, যা q_2 হতে q_3 এর দিকে ক্রিয়াশীল।	 (iii) অতএব, q_3 এর উপর প্রযুক্ত মোট লব্ধি বল হবে $\vec{F}_{31}$ ও $\vec{F}_{32}$ এর যোগফল অর্থাৎ, $\vec{F} = \vec{F}_{31} + \vec{F}_{32}$। এটিই হল বলের উপরিপাতন নীতি

Fig 2.10