অধ্যায় - ১

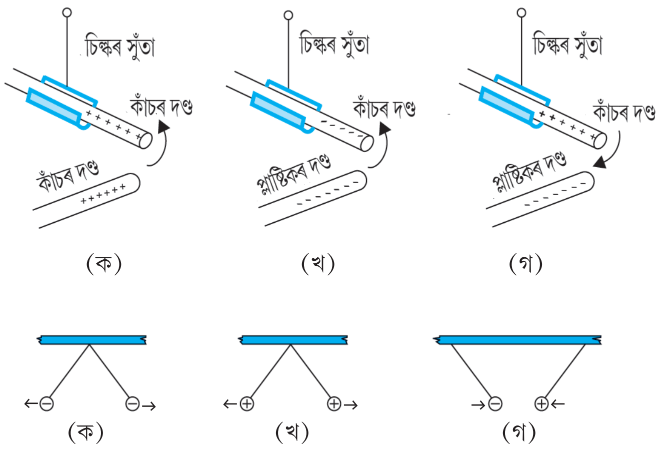
বৈদ্যুতিক আধান আৰু ক্ষেত্ৰ
(Electric Charges and Fields)

1.1 আৰম্ভণি (Introduction)

যেতিয়া পিন্ধি থকা কৃত্ৰিম আঁহৰ কাপোৰ (synthetic clothes) বা চুৰেটাৰ খোলা যায়, তেতিয়া স্ফুলিংগৰ সৃষ্টি হয়, নতুবা ফুটফটাই উঠা সৰু শব্দও হয়। এই অভিজ্ঞতা আমাৰ প্ৰায় সকলোৰে আছে, বিশেষকৈ শুকান বতৰত। মহিলাসকলে পিন্ধা পলিষ্টাৰ (polyester) শাৰীৰ ক্ষেত্ৰত এই ঘটনা প্ৰায়েই হয়। তোমালোকে বাৰু এই পৰিঘটনাৰ ব্যাখ্যা বিচাৰিবলৈ কেতিয়াবা চেষ্টা কৰিছানে? আধানৰ ক্ষৰণৰ (electric discharge) আন এটা সাধাৰণ উদাহৰণ হ'ল বজ্ৰপাতৰ সময়ত আকাশত দেখা বিজুলীৰ চমকনি। বহা আসনৰপৰা উঠি মটৰগাড়ীৰ দুৱাৰ খোলোঁতে বা বাছৰ কোনো লোহাৰ দণ্ড ধৰোঁতে অনুভূত হোৱা বৈদ্যুতিক চকৰ (electric shock) অভিজ্ঞতাও আমাৰ আছে। এই অভিজ্ঞতাসমূহৰ কাৰণ হ'ল আমাৰ দেহৰ মাজেদি হোৱা বৈদ্যুতিক আধানৰ ক্ষৰণ। অপৰিবাহী পৃষ্ঠৰ সৈতে হোৱা ঘৰ্ষণৰ ফলত এই আধানবোৰ জমা হয়। ইয়াক তোমালোকে স্থিতি বিদ্যুতৰ (static electricity) উদ্ভৱৰ কাৰণেও হয় বুলি শুনিবলৈ পাব পাৰা। দৰাচলতে এইটো আৰু পিছৰটো অধ্যায়ত আমি এই বিষয়বস্তুৰ ওপৰতে সম্পূৰ্ণভাৱে আলোচনা কৰিবলৈ ওলাইছো। স্থিৰ (static) মানে হ'ল যি সময়ৰ সাপেক্ষে গতি নকৰে বা পৰিবৰ্তন নহয়। **স্থিৰ আধানৰ পৰা উদ্ভৱ হোৱা বল, বলৰ ক্ষেত্ৰ আৰু বিভৱৰ (potential) আলোচনাক স্থিতিবিদ্যুত বিষয়টোৱে (electrostatics) সামৰি লয়।**

1.2 বৈদ্যুতিক আধান (Electric Charge)

উণ (wool) বা চিল্কৰ কাপোৰেৰে এম্বাৰ (amber) ঘঁহিলে ই পাতল বস্তুবোৰক আকৰ্ষণ কৰে। এই আৱিষ্কাৰৰ সন্মান গ্ৰীচদেশৰ 'থেল্‌চ্ অব্ মিলেচাচ্'ৰ (Thales of Miletus) প্ৰাপ্য। গ্ৰীক শব্দ ইলেক্ট্ৰনৰ (electron) অৰ্থ হ'ল এম্বাৰ। ইলেক্ট্ৰনৰ পৰাই 'ইলেক্ট্ৰিচিটি' (electricity) এই নামটো লোৱা হৈছে।



চিত্ৰ ঃ 1.1 দণ্ড আৰু কুঁহিলাৰ বল ঃ একে ধৰণৰ আধানৰ মাজত বিকৰ্ষণ আৰু বেলেগ ধৰণৰ আধানৰ মাজত আকৰ্ষণ হয়।

এনেকুৱা যোৰ যোৰ বহু পদাৰ্থৰ বিষয়ে জনা আছে, যিবোৰৰ মাজত ঘৰ্ষণ হ'লে এইবোৰে অন্যান্য পাতল বস্তু, যেনে— খেৰ-কুটা (straw), কুঁহিলাৰ বল (piths ball), কাগজৰ টুকুৰা আদি আকৰ্ষণ কৰে। এনে ধৰণৰ ফলাফলৰ অভিজ্ঞতা ল'বলৈ তোমালোকে তলত উল্লেখ কৰা ধৰণৰ পৰীক্ষা ঘৰতেই কৰিব পাৰা। দীঘল ফিটা-আকাৰত বগা কাগজৰ টুকুৰা কিছুমান কাটি লোৱা। টুকুৰাবোৰ লাহেকৈ ইস্ত্ৰি কৰা। এতিয়া চলি থকা টিভিৰ পৰ্দা (screen) বা কম্পিউটাৰৰ মনিটৰ'ৰ (monitor) ৰ ওচৰলৈ টুকুৰাবোৰ লৈ যোৱা। দেখা যাব যে টুকুৰাবোৰ পৰ্দাৰ দ্বাৰা আকৰ্ষিত হ'ব। দৰাচলতে মুহূৰ্তৰ বাবে এইবোৰ পৰ্দাৰ গাত লাগি ধৰিব।

দেখা গৈছিল যে যদি দুডাল কাঁচৰ দণ্ড ঊণ বা চিল্কৰ কাপোৰেৰে ঘঁহি লৈ পৰস্পৰে পৰস্পৰৰ ওচৰলৈ অনা যায়, দুয়োডালৰ মাজত বিকৰ্ষণ হয় [চিত্ৰ ঃ 1.1 (ক)]। যি ঊণ বা চিল্কৰ কাপোৰৰ টুকুৰাৰ দ্বাৰা দণ্ড দুডাল ঘঁহি লোৱা হৈছিল, সেই টুকুৰা দুটাৰ মাজতো বিকৰ্ষণ হয়। আনহাতে কাঁচৰ দণ্ড আৰু কাপোৰৰ টুকুৰাৰ মাজত আকৰ্ষণ হয়। একেদৰে প্লাষ্টিকৰ দণ্ড দুডাল জন্তুৰ নোমেৰে ঘঁহি ওচৰলৈ আনিলেও পৰস্পৰৰ মাজত বিকৰ্ষণ হয়। [(চিত্ৰ ঃ 1.1 (খ)] ; আনহাতে দণ্ড আৰু জন্তুৰ নোমখিনিৰ মাজত আকৰ্ষণ ঘটে। আকৌ প্লাষ্টিকৰ দণ্ডই কাঁচৰ দণ্ডক আকৰ্ষণ কৰে [চিত্ৰ ঃ 1.1 (গ)] , কিন্তু কাঁচৰ দণ্ডত ঘঁহি লোৱা চিল্ক কাপোৰৰ টুকুৰা বা ঊণখিনিক বিকৰ্ষণ কৰে। কাঁচৰ দণ্ডয়ো জন্তুৰ নোমখিনিক বিকৰ্ষণ কৰে।

চিল্ক বা নাইলন (nylon) ৰ সূতাৰে দুটা সৰু কুঁহিলাৰ বল* (pith ball) ওলোমাই লোৱা হ'ল। আজিকালি কুঁহিলাৰ ঠাইত পলিষ্টাইৰেন (Polystyrene) ৰ বলো ব্যৱহাৰ কৰা হয়। এতিয়া জন্তুৰ নোমেৰে ঘঁহি লোৱা প্লাষ্টিকৰ দণ্ডৰে বল দুটাক স্পৰ্শ কৰিলে দেখা যায় যে বল দুটাৰ মাজত বিকৰ্ষণ হৈছে। [চিত্ৰ ঃ 1.1 (ঘ)]; তদুপৰি বল দুটা প্লাষ্টিকৰ দণ্ডৰ দ্বাৰাও বিকৰ্ষিত হয়। জন্তুৰ নোমৰ দ্বাৰা ঘঁহি লোৱা কাঁচৰ দণ্ডৰ স্পৰ্শতো কুঁহিলাৰ বল দুটাৰ ক্ষেত্ৰত একে ঘটনাই ঘটে [চিত্ৰ ঃ 1.1 (ঙ)]। আনহাতে কাঁচৰ দণ্ডৰে স্পৰ্শ কৰা কুঁহিলাৰ বল আৰু প্লাষ্টিকৰ দণ্ডৰে স্পৰ্শ কৰা কুঁহিলাৰ বলৰ মাজত আকৰ্ষণ হয়। [চিত্ৰ ঃ 1.1 (চ)]।

সুদীৰ্ঘ সময়ৰ অধ্যয়ন, যত্নসহকাৰে কৰা পৰীক্ষা আৰু এইবোৰৰ বিশ্লেষণৰ অন্তত দেখাত সৰল যেন লগা এই তথ্য সমূহ প্ৰতিষ্ঠিত হৈছিল। বিভিন্ন বিজ্ঞানীৰ একনিষ্ঠ অধ্যয়নৰ অন্তত এইটো প্ৰতীয়মান হৈছিল যে এনেকুৱা মাত্ৰ দুবিধ সত্বা (entity) আছে, যাক কোৱা হয় **বৈদ্যুতিক আধান** (electric charge)। কাঁচৰ বা প্লাষ্টিকৰ দণ্ড, চিল্ক, জন্তুৰ নোম আৰু কুঁহিলাৰ বল এনেকুৱা বস্তুসমূহ আমি বিদ্যুতেৰে আহিত হোৱা বুলি কওঁ। ঘৰ্ষণৰ ফলত এইবোৰে বৈদ্যুতিক আধান আহৰণ কৰে। কুঁহিলাৰ বলৰ ওপৰত কৰা পৰীক্ষাসমূহে এইটো সাব্যস্ত কৰে যে বৈদ্যুতিকৰণ (electrification) দুই ধৰণে হয়। তদুপৰি আমি দেখো যে (i) **সম ধৰণৰ আধানৰ মাজত বিকৰ্ষণ হয়** আৰু (ii) **বিষম ধৰণৰ আধানৰ মাজত আকৰ্ষণ** ঘটে। পৰীক্ষাসমূহে এইটো কথাও সাব্যস্ত কৰে যে দণ্ডসমূহে কুঁহিলাৰ বলক স্পৰ্শ কৰিলে দণ্ডৰপৰা কুঁহিলাৰ বললৈ আধান স্থানান্তৰিত হয়। ইয়াকে স্পৰ্শজনিত কাৰণত কুঁহিলাৰ বলসমূহ আহিত বা আধানযুক্ত হোৱা বুলি কোৱা হয়। যি ধৰ্মৰ কাৰণে দুই ধৰণৰ আধানে পৃথক আচৰণ কৰে তাকেই **আধানৰ মেৰু ধৰ্ম** (polarity of charge) বোলে।

যেতিয়া কাঁচৰ দণ্ডডাল চিল্কৰ কাপোৰৰ দ্বাৰা ঘঁহি লোৱা হয়, দণ্ডডালে লাভ কৰে এবিধ আধান আৰু চিল্কৰ কাপোৰখন আধানযুক্ত হয় আনবিধ আধানৰ দ্বাৰা। পৰস্পৰ ঘৰ্ষণৰ দ্বাৰা আহিত হোৱা যিকোনো দুটা বস্তুৰ ক্ষেত্ৰতে এই সত্য প্ৰযোজ্য। এতিয়া যদি আহিত কাঁচৰ দণ্ডডাল যিখন চিল্কৰ কাপোৰৰ দ্বাৰা ঘঁহি লোৱা হৈছিল, সেইখন চিল্কৰ কাপোৰৰ সংস্পৰ্শলৈ অনা হয়, তেতিয়া হ'লে দেখিবলৈ পোৱা যাব যে দণ্ড আৰু কাপোৰখনৰ মাজত আৰু আকৰ্ষণ হোৱা নাই। আহিত হৈ থকা অৱস্থাত কৰাৰ দৰে সিহঁতে আৰু অইন পাতল বস্তুক আকৰ্ষণ বা বিকৰ্ষণ নকৰে।

Interactive animation on simple electrostatic experiments:
http://ephysics.physics.ucla.edu/travoltage/HTML/

PHYSICS

* পৰিবাহী কৰিবৰ বাবে সৰু কুহিলাৰ বলত গ্ৰাফাইটৰ (কাৰ্বন) প্ৰলেপ দিয়া হয়।

বৈদ্যুতিক আধান আৰু ক্ষেত্ৰ

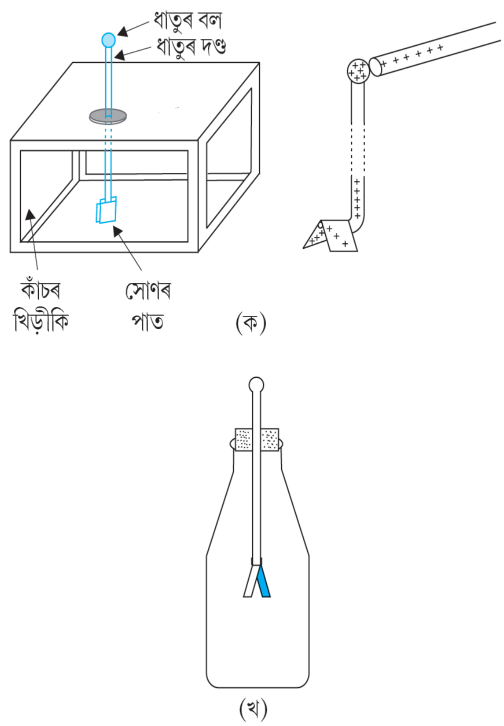
এইদৰে সংশ্লিষ্ট বস্তুবোৰ পাৰস্পৰিক সংস্পৰ্শলৈ আহিলে ঘৰ্ষণৰ দ্বাৰা লাভ কৰা আধানসমূহ হেৰুৱাই পেলায়। এনেকুৱা পৰ্যবেক্ষণবোৰৰ পৰা তোমালোকে বাৰু কি সিদ্ধান্ত লবা ? এই পৰ্যবেক্ষণবোৰে আমাক মাত্ৰ জানিবলৈ দিয়ে যে বিষম অৰ্থাৎ বেলেগ বেলেগ প্ৰকৃতিৰ আধান লাভ কৰা বস্তুসমূহে পৰস্পৰে পৰস্পৰৰ ক্ৰিয়া উদাসীন বা নোহোৱা কৰি পেলায়। সেয়েহে আমেৰিকাৰ বিজ্ঞানী বেঞ্জামিন ফ্ৰেঙ্কলিনে (Benjamin Franklin) আধানসমূহক নামকৰণ কৰিছিল ধনাত্মক (positive) আৰু ঋণাত্মক (negative) আধান বুলি। এটা ধনাত্মক সংখ্যা সমমানৰ ঋণাত্মক সংখ্যা এটাৰ সৈতে যোগ কৰিলে, যোগফল শূন্য হয় বুলি আমি জানো। আধানৰ ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক নামেৰে কৰা নামকৰণৰ মূলতে থকা দৰ্শনো সেইটোৱেই হ'ব পাৰে। ধৰি লোৱা হৈছে, কাঁচৰ দণ্ড বা মেকুৰীৰ নোমৰ আধান ধনাত্মক আৰু প্লাষ্টিকৰ দণ্ড বা চিল্কৰ কাপোৰৰ আধান ঋণাত্মক। যেতিয়া কোনো এটা বস্তুৱে বৈদ্যুতিক আধান লাভ কৰে, বস্তুটোৰ বৈদ্যুতিকৰণ হোৱা বুলি বা বস্তুটো আহিত হোৱা বুলি কোৱা হয়। আধান নাথাকিলে বস্তুটোক কোৱা হয় উদাসীন।

বিদ্যুত আৰু চুম্বকত্বৰ একীকৰণ

আগতে বিদ্যুত আৰু চুম্বকত্বক দুটা পৃথক বিষয় হিচাপে বিবেচনা কৰা হৈছিল। বিদ্যুতৰ চৰ্চা হৈছিল কাঁচৰ দণ্ড, মেকুৰীৰ নোম, বেটাৰী, বজ্ৰপাত ইত্যাদিৰ আধানৰ ওপৰত, অন্যহাতে চুম্বক, লোৰ গুড়ি, কম্পাচ কাঁটা আদিৰ ক্ৰিয়াক সামৰি লৈছিল চুম্বকত্বই। ১৮২০ (1820) চনত ডেনমাৰ্কৰ (Danish) বিজ্ঞানী অ'ৰষ্টেডে (Oersted) গম পায় যে বিদ্যুত প্ৰবাহিত হৈ থকা তাঁৰ এডালৰ কাষত কম্পাচ কাঁটা থাকিলে ইয়াৰ কাঁটা বা সূচকডালৰ বিক্ষেপণ ঘটে। এম্পিয়েৰ (Ampere) আৰু ফেৰাডেই (Faraday) এই পৰ্যবেক্ষণক সমৰ্থন কৰি কয় যে গতিশীল বৈদ্যুতিক আধানে চুম্বকক্ষেত্ৰৰ সৃষ্টি কৰে আৰু গতিশীল চুম্বকেও বিদ্যুতৰ সৃষ্টি কৰে। একীকৰণ সম্ভৱ হৈ উঠিল যেতিয়া স্ক'টিচ (Scottish) পদাৰ্থবিদ মেক্সৱেল (Maxwell) আৰু ডাট্চ (Dutch) পদাৰ্থবিদ লৰেঞ্জে (Lorentz) আগবঢ়োৱা তত্বত দুয়োটা বিষয়ৰ (বিদ্যুত আৰু চুম্বকত্ব) পাৰস্পৰিক নিৰ্ভৰশীলতা স্থাপিত হ'ল। একীকৃত এই বিষয়টোকে কোৱা হয় বিদ্যুত চুম্বকত্ব (Electromagnetism)। আমাৰ চাৰিওফালে ঘটি থকা বেছিভাগ পৰিঘটনাকে এই বিদ্যুত চুম্বকত্বৰ সহায়ত ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি। চাবলৈ গ'লে, আমি চিন্তা কৰিব পৰা প্ৰত্যেকটো বল যেনে— ঘৰ্ষণ, পৰমাণুবিলাকৰ মাজত থকা ৰাসায়নিক বল, যিয়ে পদাৰ্থবোৰক একেলগ কৰি ৰাখে, আৰু আনকি জীৱিত বস্তুৰ কোষৰ অভ্যন্তৰত ঘটি থকা বিভিন্ন প্ৰক্ৰিয়াত ভাগ লোৱা বলসমূহৰ মূলতেই হ'ল এই বিদ্যুত চুম্বকীয় বল। প্ৰকৃতিৰ মৌলিক বলসমূহৰ ভিতৰত এবিধ বল হ'ল বিদ্যুত চুম্বকীয় বল। ধ্ৰুপদী বিদ্যুত চুম্বকীয় তত্বত মেক্সৱেলে চাৰিটা সমীকৰণ আগবঢ়ায়। বলবিজ্ঞানত নিউটনৰ গতিবিষয়ক সূত্ৰকেইটা আৰু মহাকৰ্ষণৰ সূত্ৰৰ যি ভূমিকা, ধ্ৰুপদী বিদ্যুত চুম্বকীয় তত্বত মেক্সৱেলৰ সূত্ৰকেইটায়ো একে ভূমিকাই পালন কৰে। তদুপৰি মেক্সৱেলে যুক্তি আগবঢ়াইছিল যে পোহৰৰ প্ৰকৃতিও বিদ্যুত চুম্বকীয়। কেৱল মাত্ৰ বিশুদ্ধ বিদ্যুত আৰু চুম্বকীয় পৰিমাপৰ দ্বাৰা পোহৰৰ বেগ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। তেওঁ দাবী কৰিছিল যে বিদ্যুত আৰু চুম্বকত্বৰ সৈতে আলোক বিজ্ঞান নিবিড়ভাৱে জড়িত।

বিদ্যুত আৰু চুম্বকত্বৰ বিজ্ঞান আধুনিক প্ৰযুক্তিগত সভ্যতাৰ ভেটিস্বৰূপ। বৈদ্যুতিক শক্তি (electric power) , দূৰ-সংযোগ (tele-communication), ৰেডিঅ' আৰু টেলিভিশ্বন, দৈনন্দিন জীৱনত ব্যৱহৃত বিভিন্ন ব্যৱহাৰিক সঁজুলিৰ আধাৰ নীতি হ'ল এই বিদ্যুত চুম্বকীয় বিজ্ঞানৰ নীতি। যদিও গতিশীল আহিত কণাই বৈদ্যুতিক আৰু চুম্বকীয় দুয়োবিধ বলকে প্ৰয়োগ কৰে, সকলোবোৰ আহিত কণা স্থিৰ অৱস্থাত থকা প্ৰসংগ-প্ৰণালীত থাকিলে (frame of reference) বল বিশুদ্ধভাৱে বৈদ্যুতিকহে। তোমালোকে জানা যে মহাকৰ্ষণ বল এবিধ দীঘল পৰিসৰৰ বল (long-range force)। বস্তু দুটাৰ মাজৰ দূৰত্ব বহুত বেছি হ'লেও এই বলৰ ক্ৰিয়া অনুভূত হয়, কিয়নো বলৰ ক্ৰিয়া বস্তু দুটাৰ মাজৰ দূৰত্বৰ বৰ্গৰ ব্যস্তানুপাতিকভাৱেহে পৰিবৰ্তিত হয়। এই অধ্যায়ত আমি জানিবলৈ পাম যে বৈদ্যুতিক বলো একেদৰে সুদূৰপ্ৰসাৰী, আৰু দৰাচলতেই মহাকৰ্ষণ বলৰ মানতকৈ কে বা দহ গুণতকৈও (Several orders of magnitude) শক্তিশালী। [দ্ৰষ্টব্য ঃ একাদশ শ্ৰেণীৰ পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ পাঠ্যপুথিৰ প্ৰথম অধ্যায়]

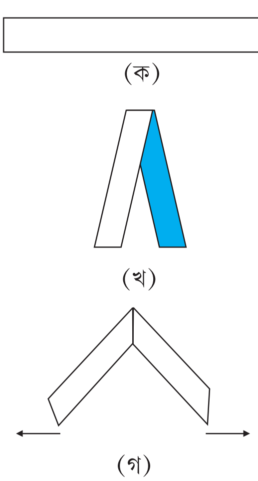
বস্তু এটাৰ গাত থকা অতিৰিক্ত আধানৰ উমান পাব পৰা সাধাৰণ সৰল সঁজুলি এটাৰ নাম হ'ল সোণ-পাত বিদ্যুতবীক্ষণ (gold-leaf electroscope) যন্ত্ৰ। এটা বাকচৰ (সাধাৰণতে কাঁচৰ) ভিতৰত ওপৰ পৃষ্ঠৰ পৰা এডাল ধাতুৰ দণ্ড লগোৱা থাকে। দণ্ডডালৰ তলৰ মূৰটোত দুখিলা পাতল সোণৰ পাত লগাই দিয়া হয়। যেতিয়া এটা আহিত বস্তুৰ দ্বাৰা ধাতুৰ দণ্ডডালৰ ওপৰৰ মূৰটো স্পৰ্শ কৰা হয়, আধান গৈ সোণৰ পাত দুখিলা পায়, আৰু পাত দুখিলা মেল খাই পৰে। পাত দুখিলা কিমানখিনি মেল খাইছে, সেই মানে নিৰ্দেশ কৰে আধানৰ পৰিমাণ।



চিত্ৰ ঃ 1.2 বিদ্যুতবীক্ষণ (ক) সোণ-পাত বিদ্যুতবীক্ষণ (খ) সাধাৰণ বিদ্যুতবীক্ষণ এটাৰ আৰ্হিমূলক চিত্ৰ

ছাত্ৰ-ছাত্ৰীসকলে তলত উল্লেখ কৰা [চিত্ৰ ঃ 1:2 (খ)] ধৰণে এটা সৰল বিদ্যুতবীক্ষণ সাজি ল'ব পাৰে। আঁঠুৰা বা পৰ্দাৰ মাৰিৰ দৰে এডাল পাতল এলুমিনিয়ামৰ মাৰি লোৱা। মাৰিডালৰ দুইমূৰ বলৰ আকৃতিৰ দৰে, যেনেকৈ আঁঠুৰা বা পৰ্দাৰ মাৰিত পৰ্দা খুৰাই দিবৰ বাবে থাকে। এটা মূৰত বলৰ আকৃতি ৰাখি মাৰিডালৰ পৰা প্ৰায় 20 ছেঃ মিঃ কাটি লোৱা। আনটো মূৰ চেপেটা কৰি বহলাই লোৱা। এই মাৰিডাল সুমুৱাই ল'ব পৰা বটল এটা সংগ্ৰহ কৰা, আৰু বটলৰ খোলা মূৰটো কৰ্কৰ (cork) সাঁফৰ এটাৰে ভালদৰে বন্ধ কৰি লোৱা। এতিয়া কৰ্কৰ সাঁফৰটোত এনেদৰে ফুটা এটা কৰি লোৱা যাতে মাৰিডাল খাপ খাই লাগি ধৰে। মাৰিডাল ফুটাটোৰে পিছলাই এনেদৰে ৰখা হয় যাতে বলৰ আকৃতিৰ মূৰটো ওপৰৰ পিনে আৰু চেপেটা মূৰটো সাঁফৰৰ তলৰ পিনে থাকে। উল্লেখযোগ্য যে সৰু, পাতল এলুমিনিয়ামৰ পাত (প্ৰায় 6 ছেঃ মিঃ দৈৰ্ঘ্যৰ) এখিলা মাজতে মোটোকাই লৈ মাৰিডালৰ চেপেটা মূৰটোত চেলুল'জ টেপেৰে (cellulose tape) লগাই দিয়া হয়। এতিয়া এয়াই হ'ল তোমালোকৰ সাজিব লগা বিদ্যুতবীক্ষণ। মাৰিডালৰ বলৰ আকৃতিৰ মূৰটো কৰ্কৰ সাঁফৰৰ প্ৰায় 5 ছেঃ মিঃ ওপৰত ৰাখি সাঁফৰটোৰে বটলৰ মূৰটো বন্ধ কৰিব লাগে। এলুমিনিয়ামৰ পাতখিলাৰ ব্যৱধান (separation) জুখিবৰ বাবে আগতীয়াকৈ বটলৰ ভিতৰত কাগজৰ স্কেল খুৱাই ল'ব পাৰি। এই ব্যৱধানেই বিদ্যুতবীক্ষণত জমা হোৱা আধানৰ মোটামুটিকৈ পোৱা জোখ।

আহিত বস্তুৰ মাজৰ আকৰ্ষণ চাবলৈ ব্যৱহাৰ কৰা কাগজৰ ফিটাৰ সহায়ত কেনেকৈনো বিদ্যুতবীক্ষণে কাম কৰে বুজিবলৈ চেষ্টা কৰা যাওঁক। চিহ্নিত কৰিব পৰাকৈ কাগজৰ ফিটাডাল আধাতে ভাঁজ কৰি লোৱা। ভাঁজটো খুলি ফিটাডাল পাতলকৈ ইস্ত্ৰি কৰি লোৱা। এতিয়া চিত্ৰত (চিত্ৰ ঃ 1:3) দেখুওৱা ধৰণে ভাঁজে ভাঁজে ফিটাডাল ত্ৰিকোণাকৃতিত ৰাখা। ভাঁজটোত ধৰি লৈ ফিটাডাল দাঙি লোৱা, দেখিবা দুয়োটা ফাল ক্ৰমশঃ আঁতৰি গৈছে। এই ঘটনাই দেখুৱায় যে ইস্ত্ৰি কৰাৰ বাবে ফিটাডাল আহিত হয়। যেতিয়া তুমি ফিটাডালৰ ভাঁজটোত ধৰি লোৱা, ইয়াৰ দুয়োটা ফালতে সমধৰ্মী আধান থাকে। সেয়েহে ফিটাডালৰ দুই ফাল বা অংশৰ মাজত বিকৰ্ষণ হয়। একে ঘটনাই পৰিলক্ষিত হয় পাত বিদ্যুতবীক্ষণ যন্ত্ৰত। বিদ্যুতবীক্ষণৰ এলুমিনিয়াম মাৰিৰ বটলৰ বাহিৰত ওলাই থকা বলৰ আকৃতিৰ মূৰটো এটা আহিত বস্তুৰে স্পৰ্শ কৰা হয়। ফলত আহিত বস্তুটোৰ পৰা আধান মাৰিডাল আৰু পাতল এলুমিনিয়ামৰ পাতল পাত দুখিলা পায়গৈ। দুয়োখিলা পাততে সমধৰ্মী আধান হোৱা হেতুকে পাত দুখিলাৰ মাজত বিকৰ্ষণ হয়। পাত দুখিলাৰ মাজত হোৱা ব্যৱধান, দুয়োখিলা পাতত জমা হোৱা আধানৰ পৰিমাণৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। বিভিন্ন বস্তুৰেনো কিয় আধান ল'ব পাৰে তাকেই প্ৰথমতে বুজিবলৈ চেষ্টা কৰা যাওক।



চিত্ৰ ঃ 1.3 কাগজৰ ফিটাৰ পৰীক্ষা

তোমালোকে জানা যে সকলো পদাৰ্থ পৰমাণু আৰু/বা অণুৰে গঠিত। যদিও সাধাৰণ অৱস্থাত বস্তুসমূহ বৈদ্যুতিকভাৱে উদাসীন, এইবোৰৰ গাত কিন্তু আধান থাকে। তৎসত্ত্বেও ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক আধানৰ সংখ্যা একে হোৱাৰ বাবে, ই সমতুল (balance) হয়। কঠিন বস্তুৰ অণু, পৰমাণুবোৰ লগ লগাই ৰখা বল, আঠাৰ আঠা খুৱাই ৰখা বল, পৃষ্ঠটানৰ সৈতে জড়িত বল, —এই সকলোবোৰ বলৰ প্ৰকৃতি মূলতঃ বৈদ্যুতিক, আহিত কণিকাৰ বলৰ পৰা উদ্ভৱ হোৱা। এনেদৰে বৈদ্যুতিক বল সৰ্বত্ৰ বিৰাজমান আৰু আমাৰ দৈনন্দিন জীৱনৰ লগত জড়িত প্ৰায় প্ৰতিখন ক্ষেত্ৰকে ই নিয়ন্ত্ৰণ কৰে। সেয়েহে এনেকুৱা এটা বলৰ বিষয়ে আমি বেছিকৈ জনাটো দৰকাৰ।

কোনো এটা বস্তুক আহিত কৰিবলৈ হ'লে বস্তুটোত এটা (বা ততোধিক) আধান যোগ কৰা বা বস্তুটোৰ পৰা এটা (বা ততোধিক) আধান বিয়োগ কৰাটো দৰকাৰ। যেতিয়া কোনো এটা বস্তু আহিত বুলি উল্লেখ কৰা হয়, আমি সদায় আধানৰ সেই আধিক্য বা কম থকাটোকে বুজাওঁ। কঠিন বস্তুবোৰৰ কিছুসংখ্যক ইলেক্ট্ৰন শিথিল বা দুৰ্বলভাৱে যুক্ত হৈ থকাৰ হেতুকে সেইবোৰক এটা বস্তুৰ পৰা আন এটা বস্তুলৈ সৰবৰাহ কৰিব পাৰি। এনেদৰে *নিজৰ কিছুমান ইলেক্ট্ৰন হেৰুৱাই কোনো এটা বস্তু ধনাত্মকভাৱে আহিত হয়। একেদৰে আন এটা বস্তুৱে আনৰপৰা ইলেক্ট্ৰন লাভ কৰি ঋণাত্মকভাৱে আহিত হ'ব পাৰে।* যেতিয়া আমি কাঁচৰ দণ্ড এডাল চিল্কৰ কাপোৰেৰে ঘঁহো, দণ্ডডালৰ কিছুসংখ্যক ইলেক্ট্ৰ'ন চিল্কৰ কাপোৰলৈ যায়। ফলস্বৰূপে দণ্ডডাল ধনাত্মকভাৱে আহিত হয় আৰু কাপোৰখন হৈ পৰে ঋণাত্মকভাৱে আহিত। ঘৰ্ষণ প্ৰক্ৰিয়াত কোনো নতুন আধানৰ সৃষ্টি নহয়। তদুপৰি ঘৰ্ষণত সৰবৰাহ হোৱা ইলেক্ট্ৰনৰ সংখ্যা বস্তুটোত থকা মুঠ ইলেক্ট্ৰনৰ অতি ক্ষুদ্ৰ অংশ এটাহে। কঠিন বস্তুটোত শিথিলভাৱে আবদ্ধ হৈ থকা ইলেক্ট্ৰনহে ঘৰ্ষণৰদ্বাৰা আন এটা বস্তুলৈ সৰবৰাহ হ'ব পাৰে। গতিকে দেখা গ'ল যে যেতিয়া এটা বস্তুৰ আন এটা বস্তুৰ সৈতে ঘৰ্ষণ হয়, বস্তু দুটা আধানযুক্ত বা আহিত হৈ পৰে। সেইবাবেই ঘৰ্ষণৰ দ্বাৰা আহিতকৰণ কৰিবলৈ হ'লে আমি নিৰ্দিষ্ট কিছুমান বস্তুৰ যোৰ (pair) বাছি ল'ব লাগে।

1.3 পৰিবাহী আৰু অপৰিবাহী (Conductors and Insulators)

ধাতুৰ দণ্ড এডাল হাতেৰে ধৰি ঊণৰ (wool) কাপোৰেৰে ঘঁহিলেও দণ্ডডালে আহিত হোৱাৰ কোনো লক্ষণ নেদেখুৱায়। আনহাতে যদি দণ্ডডালত কাঠৰ বা প্লাষ্টিকৰ হাতল থাকে, আৰু ধাতবীয় অংশটো স্পৰ্শ নকৰাকৈ হাতলত ধৰি দণ্ডডাল ঊণৰ কাপোৰেৰে ঘঁহা হয়, তেতিয়া হ'লে দণ্ডডাল আহিত হোৱা পৰিলক্ষিত হয়। ধৰা হ'ল আমি এডাল তামৰ তাঁৰৰ এটা মূৰ উদাসীন (neutral) কুঁহিলাৰ বল এটাৰ সৈতে আৰু আনটো মূৰ এডাল ঋণাত্মকভাৱে আহিত প্লাষ্টিকৰ দণ্ডৰ সৈতে সংযোগ কৰিছোঁ। আমি দেখিবলৈ পাম যে কুঁহিলাৰ বলটোৱে ঋণাত্মক আধান লাভ কৰিছে। যদি একে ধৰণৰ পৰীক্ষা তামৰ তাঁৰৰ সলনি নাইলনৰ সূঁতা অথবা ৰবৰ পটিৰে কৰা হয়, প্লাষ্টিক দণ্ডৰ পৰা কুঁহিলাৰ বললৈ আধানৰ সৰবৰাহ হোৱা দেখা নাযায়। প্লাষ্টিক দণ্ডৰ পৰা কুঁহিলাৰ বলটোলৈ কিয় বাৰু আধানৰ সৰবৰাহ নহয়?

কিছুমান বস্তুৱে তাৰ মাজেদি স্বাভাৱিকভাৱে বিদ্যুত প্ৰবাহিত হ'বলৈ দিয়ে, আন কিছুমানে নিদিয়ে। যিবোৰে তাৰ মাজেদি সহজে বিদ্যুত প্ৰবাহিত হ'বলৈ দিয়ে সেইবোৰক **পৰিবাহী** (conductor) বোলে। পৰিবাহীবিলাকত তুলনামূলক ধৰণে মুক্তভাৱে ঘূৰি ফুৰিব পৰা বৈদ্যুতিক আধান (ইলেক্ট্ৰন) থাকে। ধাতু, মানুহ আৰু জন্তুৰ শৰীৰ আৰু মাটি পৰিবাহী। বেছিভাগ অধাতু যেনে— কাঁচ, পৰ্চেলিন (porcelain) প্লাষ্টিক, নাইলন, শুকান কাঠে সিহঁতৰ মাজেদি বৈদ্যুতিক প্ৰবাহ হোৱাত অতি উচ্চ ৰোধ (resistance) বা বাধা আৰোপ কৰে। এইবোৰক **অপৰিবাহী** (insulator) বুলি কোৱা হয়। প্ৰায়বোৰ বস্তুৱেই উদ্ধৃত এই দুবিধৰ কোনো এবিধৰ ভিতৰত অন্তৰ্ভুক্ত। *

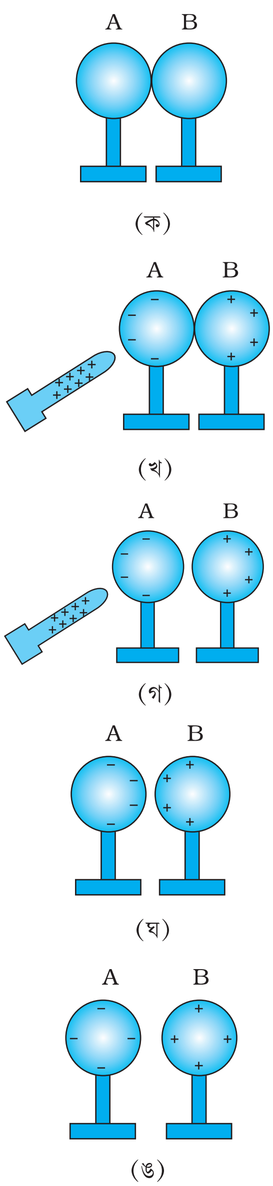
যেতিয়া আধান কিছুমান পৰিবাহী এডাললৈ সৰবৰাহ কৰা হয়, এইবোৰ দৰাচলতে পৰিবাহীৰ গোটেইখন পৃষ্ঠতে বিয়পি পৰে। ইয়াৰ বিপৰীতে আধান কিছুমান অপৰিবাহী বস্তু এটাত দিলে, এইবোৰ য'ত ৰখা হয় তাতেই থাকে। এইটো কি কাৰণে ঘটে, সেইটো তোমালোকে পৰৱৰ্তী অধ্যায়ত জানিবলৈ পাবা।

শুকান চুলি নাইলন বা প্লাষ্টিকৰ ফণিৰে আঁচুৰিলে বা মোহাৰিলে কিয় আহিত হয়, কিন্তু ধাতুৰ বস্তু যেনে— চামুচ (spoon) এখনেৰে তেনে কৰিলে আহিত নহয়, এই কথাটো বস্তুবিলাকৰ সেই ধৰ্মটোৱে তোমালোকক জানিবলৈ দিয়ে। ধাতুৰ বস্তুটোত জমা হোৱা আধানবোৰ তোমালোকৰ দেহেৰে মাটিলৈ সৰবৰাহ হয়; কাৰণ ধাতু, দেহ, মাটি আটাইবোৰেই বিদ্যুতৰ পৰিবাহী।

যেতিয়া আহিত বস্তু এটা পৃথিৱীৰ সংস্পৰ্শলৈ অনা হয়, বস্তুটোৰ অতিৰিক্ত আধানখিনি নোহোৱা হৈ যায়। এইক্ষেত্ৰত মাটিলৈ সংযোগকাৰী পৰিবাহীৰ (যেনে— আমাৰ শৰীৰ) মাজেৰে এক তাৎক্ষণিক বৈদ্যুতিক

* তৃতীয় এবিধ বস্তু আছে যাক কোৱা হয় অৰ্ধপৰিবাহী (semiconductor)। আধানৰ সৰবৰাহত ই পৰিবাহী আৰু অপৰিবাহী বস্তুৱে প্ৰয়োগ কৰা ৰোধৰ মাজৰ কোনো মানৰ সমান ৰোধ প্ৰয়োগ কৰে।

প্ৰবাহৰ সৃষ্টি হয়। পৃথিৱীৰ লগত আধানৰ সৰবৰাহৰ এই প্ৰক্ৰিয়াকে কোৱা হয় **ভূমিসংযোজন (grounding বা earthing)**। বৈদ্যুতিক বৰ্তনী আৰু আহিলাসমূহৰ ক্ষেত্ৰত ভূমিসংযোজন ব্যৱস্থাই নিৰাপত্তা প্ৰদানৰ কাম কৰে। এখন শকত ধাতুৰ প্লেট মাটিৰ গভীৰলৈ পুতি লোৱা হয়। প্লেটখনৰ লগত শকত তাঁৰ এডাল সংযোগ কৰা থাকে; এইবোৰেই বিল্ডিংসমূহৰ বিদ্যুতৰ মুখ্য সৰবৰাহৰ (mains supply) ওচৰত ভূমিসংযোজনৰ বাবে ব্যৱহাৰ কৰা হয়। ঘৰবিলাকৰ বৈদ্যুতিক তাঁৰ লগাওতে (electric wiring) তিনিডাল তাঁৰ থাকে ঃ সক্ৰিয় (live), উদাসীন (neutral) আৰু ভূমিসংযোজক (earthing)। প্ৰথম দুডালে মুখ্য শক্তিকেন্দ্ৰৰ (power station) পৰা বৈদ্যুতিক প্ৰবাহ কঢ়িয়ায়। তৃতীয়ডাল মাটিত পুতি থোৱা ধাতুৰ প্লেটখনৰ লগত সংযোগ কৰা থাকে। ধাতুৰে নিৰ্মিত বৈদ্যুতিক আহিলা যেনে— বৈদ্যুতিক ইস্ত্ৰি, ৰেফ্ৰিজাৰেটৰ (refrigerator), টিভি (TV) আদি এই ভূমিসংযোজক তাঁৰৰ সৈতে সংযোগ কৰা হয়। যেতিয়া কোনো অঘটন বা ত্ৰুটি (fault) ঘটে নতুবা সক্ৰিয় (live) তাঁৰডালে আহিলাৰ ধাতবীয় অংশ স্পৰ্শ কৰে, আধান পৃথিৱীলৈ প্ৰবাহিত হয়। ফলস্বৰূপে আহিলাৰ ক্ষতি নহয় আৰু মানুহো আঘাতপ্ৰাপ্ত হোৱাৰ পৰা ৰক্ষা পৰে; কিন্তু ইয়াৰ বিপৰীতে আঘাটপ্ৰাপ্ত হোৱাটো অৱশ্যম্ভাৱী, কিয়নো বিদ্যুত প্ৰবাহৰ বাবে মানুহৰ দেহ পৰিবাহী।



চিত্ৰ ঃ 1:4 আৰেশৰদ্বাৰা বৈদ্যুতিকৰণ

1.4 আৰেশৰ দ্বাৰা বৈদ্যুতিকৰণ (Charging by Induction)

আমি যেতিয়া এডাল আহিত প্লাষ্টিকৰ দণ্ডৰে কুঁহিলাৰ বল (pith ball) এটা চুই দিওঁ, কিছুসংখ্যক ঋণাত্মক আধান দ গুডালৰপৰা বলটোলৈ সৰবৰাহ হয়। ফলস্বৰূপে কুঁহিলাৰ বলটোও আহিত হয়। এইদৰে সংস্পৰ্শৰদ্বাৰা বলটো আহিত হয়। তেতিয়া বলটো প্লাষ্টিকৰ দণ্ডডালৰ দ্বাৰা বিকৰ্ষিত হয়, আৰু অন্যহাতে আহিত কাঁচৰ দণ্ড এডাল (বিপৰীতধৰ্মী অৰ্থাৎ ধনাত্মকভাৱে আহিত) আকৰ্ষিত হয়। যি কি নহওক, কি কাৰণে পাতল বস্তুসমূহক আহিত দণ্ডই আকৰ্ষণ কৰে, আমি সেই প্ৰশ্নৰ উত্তৰ পাবলৈ এতিয়াও বাকী। তলত সম্পন্ন কৰা পৰীক্ষাটোত কি ঘটিব পাৰে বুজিবলৈ চেষ্টা কৰা যাওক।

(i) A আৰু B দুটা ধাতুৰ গোলক লোৱা। অপৰিবাহী ষ্টেণ্ডৰ ওপৰত ৰাখি চিত্ৰ 1.4 (ক)ত দেখুওৱাৰ দৰে দুয়োটাকে পৰস্পৰ সংস্পৰ্শত ৰাখা।

(ii) গোলক দুটাৰ যিকোনো এটা, উদাহৰণ স্বৰূপে, ধৰা A গোলকৰ ওচৰলৈ ধনাত্মকভাৱে আহিত দণ্ড এডাল এনেদৰে অনা হয় যাতে ই A ক স্পৰ্শ নকৰে। গোলকৰ মুক্ত ইলেক্ট্ৰনবোৰ দণ্ডডালৰ ফালে আকৰ্ষিত হ'ব। ইয়াৰ ফলত B গোলকৰ বিপৰীতদিশৰ কাষৰ ফালটোত ধনাত্মক আধানৰ আধিক্য ঘটিব। দুয়োবিধ আধানেই গোলকত আবদ্ধ আধান (bound charge); আৰু সেয়েহে গোলক এৰি গুচি যাব নোৱাৰে। ফলস্বৰূপে, চিত্ৰ ঃ 1.4 (খ) দেখুওৱা ধৰণে গোলকৰ পৃষ্ঠত আধানসমূহ জমা হয়। A গোলকৰ বাওঁফালৰ পৃষ্ঠত ঋণাত্মক আধানৰ আৰু B গোলকৰ সোঁফালৰ পৃষ্ঠত ধনাত্মক আধানৰ আধিক্য ঘটে। অৱশ্যে গোলকৰ সকলোবোৰ ঋণাত্মক আধান A গোলকৰ বাওঁফালৰ পৃষ্ঠত জমা নহয়। A গোলকৰ বাওঁপৃষ্ঠত ইতিমধ্যে জমা হোৱা ঋণাত্মক আধানবোৰে নতুনকৈ জমা হ'বলৈ আহিব ধৰা ঋণাত্মক আধানবোৰক বিকৰ্ষণ কৰে। অতি কম সময়ৰ ভিতৰতে দণ্ডৰ আকৰ্ষণী বল আৰু ইতিমধ্যে জমা হোৱা আধানৰ বিকৰ্ষণী বলৰ মাজত এটা সাম্যাৱস্থা (equilibrium) প্ৰাপ্তি সম্ভৱ হৈ উঠে। 1:4 (খ) চিত্ৰই সাম্যাৱস্থাটো দেখুৱায়। প্ৰক্ৰিয়াটোক কোৱা হয় **আৰেশৰ দ্বাৰা আহিত কৰণ** (charging by induction) আৰু ই প্ৰায় তাৎক্ষণিকভাৱে সম্পন্ন হয়। যেতিয়ালৈকে আহিত কাঁচৰ দণ্ডডাল গোলকৰ কাষত থাকে, জমা হোৱা আধানবোৰ, চিত্ৰত দেখুওৱা ধৰণে, গোলকপৃষ্ঠত ৰৈ থাকে। যদি দণ্ডডাল আঁতৰাই নিয়া হয় আধানবোৰৰ ওপৰত কোনো বল নাথাকে, আৰু সেয়েহে এইবোৰ গোলকপৃষ্ঠত আগৰ উদাসীন অৱস্থাৰ দৰে বিয়পি পৰে।

(iii) কাঁচৰ দণ্ডডাল A গোলকটোৰ কাষত ধৰি থকা অৱস্থাতে 1.4 (গ) চিত্ৰত দেখুওৱাৰ দৰে গোলক দুটা পৰস্পৰ কিছু আঁতৰাই নিয়া। পৰীক্ষাৰ পৰা দেখা যাব যে গোলক দুটা পৰস্পৰ বিপৰীতধৰ্মী আধানেৰে আহিত হৈছে, আৰু প্ৰত্যেকে প্ৰত্যেকক আকৰ্ষণ কৰিছে।

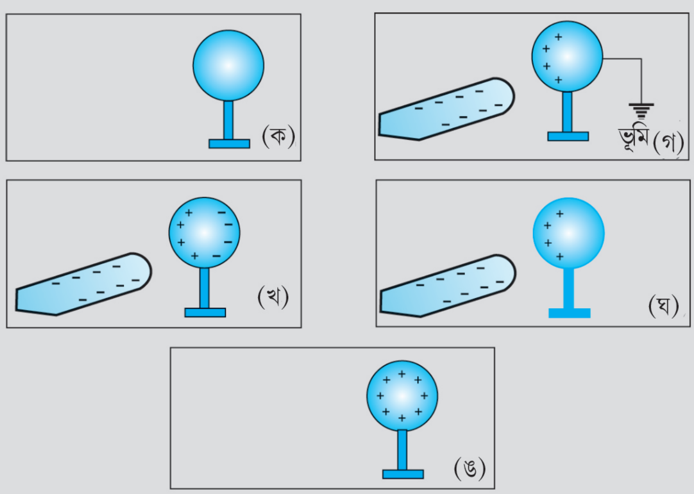
(iv) কাঁচৰ দণ্ডডাল আঁতৰাই নিয়া। 1.4 (ঘ) চিত্ৰত দেখুওৱাৰ দৰে এতিয়া আধানসমূহ নতুনকৈ বিয়পি পৰিব। গোলক দুটা আৰু অধিক আঁতৰাই নিয়া। 1.4 (ঙ) চিত্ৰত দেখুওৱাৰ দৰে আধানবোৰ গোলক পৃষ্ঠত সুষমভাৱে বিয়পি পৰিব।

এই প্ৰক্ৰিয়াত গোলক দুটা পৰস্পৰ বিপৰীতধৰ্মী আধানেৰে সমমানত আহিত হ'ব। এইয়েই **আৱেশৰদ্বাৰা আহিতকৰণ** বা **বৈদ্যুতিকৰণ**। এইক্ষেত্ৰত, স্পৰ্শৰ দ্বাৰা বৈদ্যুতিকৰণ (charging by contact) প্ৰক্ৰিয়াৰ দৰে ধনাত্মকভাৱে আহিত কাঁচৰ দণ্ডই কোনো ধৰণৰ আধান নেহেৰুৱায়।

পাতল বস্তু কিছুমানৰ কাষলৈ যেতিয়া আহিত দণ্ড এডাল অনা হয়, তেতিয়া একেধৰণৰ ক্ৰিয়ায়েই ঘটে। বস্তুবিলাকৰ আহিত দণ্ডৰ কাষত থকা পৃষ্ঠত বিপৰীতধৰ্মী আধান আৱিষ্ট হয় আৰু সমধৰ্মী আধানবোৰ আঁতৰৰ পৃষ্ঠখনত জমা হয়। [আনকি পাতল বস্তুবোৰ পৰিবাহী নহ'লেও এই ঘটনা ঘটে। কি প্ৰক্ৰিয়াত এই ঘটনা ঘটে একেটা অধ্যায়ৰে 1.10 আৰু দ্বিতীয় অধ্যায়ৰ 2.10 ভাগত ব্যাখ্যা কৰা হৈছে।] দুই ধৰণৰ

উদাহৰণ 1.1 স্পৰ্শ নকৰাকৈ ধাতুৰ গোলক এটা কেনেকৈ ধনাত্মকভাৱে আহিত কৰিবা?

সমাধান ঃ চিত্ৰ ঃ 1.5 (ক) দেখুওৱাৰ ধৰণে অপৰিবাহী আৱৰণ থকা ধাতুৰ ষ্টেণ্ড (stand) এডালত অনাহিত ধাতুৰ গোলক এটা ৰাখা। চিত্ৰ ঃ 1.5 (খ) ত দেখুওৱা ধৰণে ঋণাত্মকভাৱে আহিত দণ্ড এডাল ধাতুৰ গোলকটোৰ কাষলৈ আনা। এনেকুৱা কৰাত দণ্ডৰ পৰা আঁতৰত থকা গোলকৰ পৃষ্ঠৰ ফালটোলৈ মুক্ত ইলেক্ট্ৰনবোৰ আঁতৰি যাবলৈ ধৰিব। গোলকৰ দণ্ডৰ কাষত থকা পৃষ্ঠখনত এনেদৰে ইলেক্ট্ৰনৰ সংখ্যা হ্ৰাস হোৱাত, পৃষ্ঠখনৰ এই ফালটো ধনাত্মকভাৱে আহিত হ'ব। গোলকপৃষ্ঠত মুক্ত ইলেক্ট্ৰনবোৰৰ মাজৰ মুঠ লব্ধবল যেতিয়া শূন্য হ'ব, তেতিয়াই গোলকপৃষ্ঠত হৈ থকা আধান বিতৰণ প্ৰক্ৰিয়া স্থিৰ হ'ব, অৰ্থাৎ যিমানখিনি হ'ল সেইটো অৱস্থাতে থাকিব। গোলকটো পৰিবাহী তাঁৰ এডালেৰে মাটিৰ লগত সংযোগ কৰা।



চিত্ৰ ঃ 1.5

গোলকৰ দণ্ডৰ পৰা আঁতৰৰ পৃষ্ঠভাগত জমা হোৱা মুক্ত ইলেক্ট্ৰনবোৰ ভূমি বা মাটিলৈ প্ৰবাহিত হ'ব; আনহাতে, 1.5 (গ) চিত্ৰত দেখুৱাওৱা ধৰণে ঋণাত্মকভাৱে আহিত দণ্ডডালৰ আকৰ্ষণৰ বাবে দণ্ডৰ কাষৰফালে থকা গোলকৰ পৃষ্ঠভাগৰ ধনাত্মক আধানবোৰ একেদৰে আবদ্ধ হৈ ৰৈ যাব। গোলকটোৰ ভূমিসংযোগ বিচ্ছিন্ন কৰা। দণ্ডৰ কাষৰ গোলক পৃষ্ঠৰ ধনাত্মক আধানবোৰ দণ্ডৰ বাবে আবদ্ধ হৈ ৰৈয়েই থাকিব [চিত্ৰ ঃ 1.5 (ঘ)]। আহিত দণ্ডডাল আঁতৰাই নিয়া। 1.5 (ঙ) চিত্ৰত দেখুওৱা ধৰণে গোলক পৃষ্ঠত আধানবোৰ সমভাৱে বণ্টিত হৈ পৰিব।

এই পৰীক্ষাত, আৱেশ প্ৰক্ৰিয়াৰ দ্বাৰা ধাতুৰ গোলকটো বিপৰীতভাৱে আহিত হয় আৰু দণ্ডডালে কোনো ধৰণৰ আধান নেহেৰুৱায়।

আৱেশ ক্ৰিয়াৰ দ্বাৰা গোলক এটা ঋণাত্মকভাৱে আহিত কৰিলেও একে ধৰণৰ প্ৰক্ৰিয়াৰ স্তৰসমূহ জড়িত হয়। এই ক্ষেত্ৰত গোলকটো যেতিয়া তাঁৰৰ দ্বাৰা ভূমি সংযোগ কৰা হয়, ভূমিৰ পৰা ইলেক্ট্ৰন গোলকলৈ প্ৰবাহিত হ'ব। কিয় বাৰু তোমালোকে ব্যাখ্যা কৰিব পাৰিবানে?

উদাহৰণ 1.1

PHYSICS

আৱেশৰ দ্বাৰা দুটা গোলকৰ নিকায় এটাক আহিতকৰণ কৰাৰ 'নিজে ভাগ লোৱা' অনুকৃতি Interactive animation on charging a two-sphere system by induction http:// www.physicsclassroom.com/mmedia/estatics/estaticToc.html.

আধানবোৰৰ কেন্দ্ৰবিন্দু দুটাৰ মাজত সামান্য ব্যৱধানৰ সৃষ্টি হয়। আকৌ আধানৰ মাজৰ বলৰ মান দূৰত্বৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। দণ্ডৰ আধান আৰু পাতল বস্তুৰ কাষত থকা পৃষ্ঠৰ আধানবোৰৰ (বিপৰীতধৰ্মী) কেন্দ্ৰবিন্দুৰ মাজৰ দূৰত্ব আঁতৰৰ পৃষ্ঠখনত থকা আধানবোৰৰ কেন্দ্ৰবিন্দুৰ মাজৰ দূৰত্বতকৈ কম হোৱা হেতুকে আকৰ্ষণী বলে বিকৰ্ষণী বলক তল পেলাই দিয়ে। ফলস্বৰূপে কণিকাসম বস্তু যেনে— কাগজৰ টুকুৰা, কুঁহিলাৰ বল আদি আকৰ্ষিত হৈ পাতল হোৱা হেতুকে দণ্ডৰ গাৰ ফালে আহে।

1.5 বৈদ্যুতিক আধানৰ মূল ধৰ্মসমূহ (Basic Properties of Electric Charge)

আমি দেখিছোঁ যে দুই ধৰণৰ আধান আছে— ধনাত্মক আধান আৰু ঋণাত্মক আধান। এবিধে আনবিধৰ ক্ৰিয়া উপশম কৰে।

আহিত বস্তুবিলাকৰ মাজৰ দূৰত্ব সিহঁতৰ আকাৰৰ তুলনাত যদি বহুত গুণে বেছি, বস্তুসমূহক বিন্দুসম আধান (point charge) হিচাপে বিবেচনা কৰা হয়। বস্তুবিলাকৰ সকলোখিনি আধান (charge content) এটা বিন্দুত থুপ খাই থকা বুলি ধৰা হয়।

1.5.1 আধানৰ যোগাত্মক বিধি (Additivity of charges)

আমি এতিয়ালৈকে আধানৰ সাংখ্যিক সংজ্ঞা (quantitative definition) আগবঢ়োৱা নাই। এই অধ্যায়ৰ পিছৰ ভাগত সেই দিশটো হাতত লোৱা হ'ব। মোটামুটিভাৱে সেইটো কৰিব পাৰি বুলি ধৰি লৈ আমি আগবাঢ়িম। যদি এটা নিকায়ত (system) q_1 আৰু q_2 দুটা বিন্দুসম আধান থাকে, তেতিয়া q_1 আৰু q_2 ৰ বীজগণিতীয় (algebraic) যোগফলে নিকায়টোৰ মুঠ আধানৰ মান দিব। অৰ্থাৎ আধানসমূহ স্বাভাৱিক সংখ্যাৰ (real number) দৰে যোগ হয় নতুবা অদিশ বা স্কেলাৰৰ (scalar) দৰে যোগ হয়। যদি এটা নিকায়ত মুঠতে $q_1, q_2, q_3, ... q_n$ এনেদৰে n টা আধান থাকে, তেতিয়া নিকায়টোৰ মুঠ আধান হ'ব $q_1+q_2+q_3+.... q_n$। বস্তুৰ ভৰৰ দৰে আধানৰ মান আছে কিন্তু কোনো দিশ নাই। যি কি নহওক, ভৰ আৰু আধানৰ এটা পাৰ্থক্য আছে। বস্তুৰ ভৰ সদায় ধনাত্মক (positive), আনহাতে আধান ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক দুয়োটাই হ'ব পাৰে। কোনো এটা নিকায়ৰ আধানৰ যোগফল ল'ব লগা হ'লে শুদ্ধ চিন ব্যৱহাৰ কৰিব লাগে। উদাহৰণ স্বৰূপে কোনো এটা নিকায়ত পাঁচটা আধান আছে আৰু যিকোনো এক একক ব্যৱস্থাত প্ৰকাশ কৰা অনুসৰি সেইকেইটা হ'ল— $+1, +2, -3, +4$ আৰু -5।

সেই একেই এককত নিকায়টোৰ মুঠ আধান হ'ল- $(+1) + (+2) + (-3) + (+4) + (-5) = -1$

1.5.2 আধান সংৰক্ষণ হয় (Charge is conserved)

আমি ইতিমধ্যে উনুকিয়াইছোঁ যে যেতিয়া বস্তুৰ মাজত ঘৰ্ষণ হয়, এটা বস্তুৰ পৰা আন এটা বস্তুলৈ ইলেক্ট্ৰনৰ স্থানান্তৰ ঘটে। নতুন আধানৰ সৃষ্টি বা ধ্বংস নঘটে। আধানৰ সংৰক্ষণৰ ধাৰণাটো বুজিবলৈ আধান-কণিকাৰ ছবিখনে আমাক সহায় কৰে। যেতিয়া আমি দুটা বস্তু পৰস্পৰ ঘঁহো, এটা বস্তুৱে যিমান আধান লাভ কৰে, আনটোৱে সিমান হেৰুৱায়। এটা অকলশৰীয়া নিকায়ত (isolated system) বহুতো আহিত বস্তু থাকিব পাৰে। বস্তুসমূহৰ মাজৰ ক্ৰিয়াৰ (interaction) বাবে আধানৰ নতুনকৈ বিতৰণ ঘটে। কিন্তু **অকলশৰীয়া নিকায়টোৰ মুঠ আধানৰ মান সদায় একেই থাকে।** আধানৰ সংৰক্ষণ পৰীক্ষাৰ ভিত্তিতে ই প্ৰতিষ্ঠিত।

যদিও কোনো প্ৰক্ৰিয়াত আধান বহনকাৰী কণিকাৰ ধ্বংস বা সৃষ্টি হ'ব পাৰে, অকলশৰীয়া নিকায় এটাই কঢ়িয়াই নিয়া মুঠ আধানৰ হ্ৰাস-বৃদ্ধি হোৱাটো সম্ভৱ নহয়। কেতিয়াবা প্ৰকৃতিয়ে আহিত কণিকাৰ সৃষ্টি কৰে, — এটা নিউট্ৰন, এটা প্ৰ'টন আৰু এটা ইলেক্ট্ৰনলৈ পৰিৱৰ্তন হয়। এনেদৰে সৃষ্টি হোৱাত সৃষ্টিৰ আগত আৰু পিছত মুঠ আধানৰ মান শূন্যয়ে থাকে, কিয়নো প্ৰ'টন আৰু ইলেক্ট্ৰনৰ আধান সমান কিন্তু বিপৰীতধৰ্মী।

1.5.3 আধানৰ কোৱাণ্টিকৰণ (Quantisation of charge)

পৰীক্ষাৰ পৰা প্ৰতিপন্ন হৈছে যে সকলোবোৰ মুক্ত আধান, আধানৰ এটি মৌলিক এককৰ গুণিতক। এই মৌলিক এককটোক বুজোৱা হয় e ৰে। গতিকে কোনো বস্তু এটাত থকা আধান q হ'লে, ইয়াক সদায়

প্ৰকাশ কৰিব পাৰি এনেদৰে,

$$q = ne$$

ইয়াত n হ'ল যিকোনো এটা অখণ্ড সংখ্যা (integer), ধনাত্মক অথবা ঋণাত্মক। আধানৰ এই মৌলিক একক (e) টো হ'ল দৰাচলতে সেই পৰিমাণৰ আধান, যিটোক এটা ইলেক্ট্ৰন বা এটা প্ৰটনে বহন কৰে। প্ৰচলিত নিয়ম অনুসৰি ইলেক্ট্ৰনৰ আধানক ঋণাত্মক বুলি ধৰা হয়; গতিকে ইলেক্ট্ৰনৰ আধানক লিখা হয় $-e$ ৰে আৰু প্ৰ'টনৰ ক্ষেত্ৰত হয় $+e$ । আধান সদায় e ৰ অখণ্ড গুণিতক হোৱা সত্যটোকে উল্লেখ কৰা হয় আধানৰ কোৱাণ্টিকৰণ বুলি। পদাৰ্থ বিজ্ঞানত অনেক অৱস্থা আছে য'ত নিৰ্দিষ্ট কিছুমান ৰাশি কোৱাণ্টিকৃত। ইংৰাজ ব্যৱহাৰিক বিজ্ঞানী (experiementalist) ফেৰাডেই (Faraday) আৱিষ্কাৰ কৰা বিদ্যুত বিশ্লেষণৰ তত্ব (laws of electrolysis) সমূহে প্ৰথমে আধানৰ কোৱাণ্টিকৰণলৈ আঙুলিয়ায়। পৰীক্ষামূলকভাৱে 1912 চনত মিলিকানে (Millikan) ইয়াক প্ৰদৰ্শন কৰে।

এককৰ আন্তৰ্জাতিক ব্যৱস্থাত (International System [SI] of Units) আধানৰ একককে কোৱা হয় কুলম্ব (Coulomb)। ইয়াক প্ৰতীক C ৰে বুজোৱা হয়। বৈদ্যুতিক প্ৰবাহৰ এককৰ আধাৰত কুলম্বৰ সংজ্ঞা দিয়া হয়। পিছৰ এটি অধ্যায়ত এই কথা তোমালোকে জানিবলৈ পাবা। এই সংজ্ঞা অনুসৰি তাঁৰ এডালেৰে 1 এম্পিয়াৰ (Ampere) বিদ্যুত প্ৰবাহিত হ'লে সৰবৰাহ হোৱা আধানৰ পৰিমাণ হ'ল 1 কুলম্ব প্ৰতি ছেকেণ্ড (XI শ্ৰেণীৰ পাঠ্যপুথিৰ ভাগ- 1 ৰ 2 অধ্যায় চোৱা)। এই একক অনুসৰি আধানৰ মৌলিক এককৰ মান—

$$e = 1.602192 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}$$

গতিকে, $-1\mathrm{C}$ আধানত প্ৰায় 6×10^{18} টা ইলেক্ট্ৰন থাকে। স্থিতিবিদ্যুতত (electrostatics) আমি কাচিৎহে ইমান বেছি আধানৰ মুখামুখি হওঁ। সেয়েহে আমি সৰু সৰু একক ব্যৱহাৰ কৰোঁ, $-1\ \mu\mathrm{C}$ (মাইক্ৰ' কুলম্ব, micro coulomb) $= 10^{-6}\mathrm{C}$ বা $1\ \mu\mathrm{C}$ (মিলি কুলম্ব, milli coulomb) $= 10^{-3}\ \mathrm{C}$।

বিশ্বব্ৰহ্মাণ্ডত প্ৰ'টন আৰু ইলেক্ট্ৰনে যদি একমাত্ৰ আধানৰ মৌলিক গোট (basic charge) তেতিয়া হ'লে পৰিলক্ষিত হোৱা সকলো আধানেই e ৰ অখণ্ড গুণিতক। গতিকে, কোনো এটা বস্তুত যদি n_1 টা ইলেক্ট্ৰন আৰু n_2 টা প্ৰ'টন থাকে, তেতিয়া হ'লে বস্তুটোৰ মুঠ আধান হ'ল--

$$n_2 \times e + n_1 \times (-e) = (n_2 - n_1)\, e\text{।}$$

যিহেতু n_1 আৰু n_2 উভয়ে অখণ্ড সংখ্যা (integer), গতিকে সিহঁতৰ বিয়োগফলো এটা অখণ্ড সংখ্যা। অৰ্থাৎ বস্তুৰ আধান সদায় e ৰ অখণ্ড গুণিতক, আৰু ইয়াক e ৰ গুণিতক হিচাপেহে কম-বেছি কৰিব পাৰি।

আধান বৰ্দ্ধনৰ ঢাপ (step size) e, অৱশ্যে খুব সৰু, আৰু স্থূল স্তৰত (mecroscopic level) আমি আধানৰ অতি কম $\mu\mathrm{C}$ মানৰ সৈতেহে কাম কৰোঁ। এনেকুৱা স্কেল বা পৰিমাপত কোনো এটা বস্তুৰ আধানৰ হ্ৰাস বা বৃদ্ধি যে e ৰ গোট অনুসৰি হৈছে সেইটো দৃষ্টিগোচৰ নহয়। আধানে খণ্ড খণ্ড গোটৰ প্ৰকৃতি হেৰুৱাই পেলায়, আৰু এনেকুৱা ভাব হয় ই যেন অবিচ্ছিন্ন (continuous)।

এই অৱস্থাটো জ্যামিতিৰ বিন্দু আৰু ৰেখাৰ ধাৰণাৰ সৈতে তুলনা কৰিব পাৰি। ফুট্ ফুট্‌কৈ বিন্দুৰ দ্বাৰা সৃষ্টি কৰা ৰেখা এডাল দূৰৰ পৰা অবিচ্ছিন্ন যেন লাগে, কিন্তু বাস্তৱত দৰাচলতে সেয়া নহয়। যেনেকৈ খুব কাষে কাষে অৱস্থান লৈ অসংখ্য বিন্দুৱে স্বাভাৱিকভাৱে এডাল অবিচ্ছিন্ন ৰেখাৰ ধাৰণা আনি দিয়ে, তেনেকৈ বহুতো ক্ষুদ্ৰ ক্ষুদ্ৰ আধান একেলগে ল'লে দেখাত আধানৰ অবিচ্ছিন্ন বিতৰণ (continuous charge distribution) ৰ ধাৰণা আহি পৰে।

স্থূল স্তৰত e ৰ মানৰ তুলনাত যথেষ্ট ডাঙৰ মানৰ আধানৰ সৈতে কাম কৰিব লগা হয়।

যিহেতু $e = 1.6 \times 10^{-19}\mathrm{C}$,

গতিকে আধানৰ কোনো মানে, উদাহৰণ স্বৰূপে, $1\mu\mathrm{C}$ য়ে ইলেক্ট্ৰনৰ আধানৰ প্ৰায় 10^{13} গুণ আধান বহন কৰে। এই স্কেল বা মাপতো যিহেতু আধানৰ মানৰ হৰণ-ভগন e ৰ জোখতহে হয়, গতিকে আধানে অবিচ্ছিন্নভাৱে মান ল'ব পাৰে বুলি ক'লে দৰাচলতে লেখত ল'বলগীয়া ভুল নহয়। সেয়েহে স্থূল স্তৰত, আধানৰ কোৱাণ্টিকৰণৰ কোনো ধৰণৰ ব্যৱহাৰিক প্ৰভাৱ নাই, আৰু সেই গুণেই ইয়াক উপেক্ষা কৰিব পাৰি। ক্ষুদ্ৰ স্তৰত (microscopic level) আধানৰ অংশ গ্ৰহণ e ৰ দহ অথবা এশ গুণত হয় অৰ্থাৎ আধানৰ সংখ্যা গণনা কৰিব পাৰি। তেতিয়া

আধানৰ চৰিত্ৰ বিচ্ছিন্ন গোট হিচাপে প্ৰকাশ পায়। এনেক্ষেত্ৰত আধানৰ কোৱাণ্টিকৰণৰ ধৰ্ম উপেক্ষা কৰিব নোৱাৰি। সেয়েহে গুৰুত্বপূৰ্ণ কথাটো হ'ল ব্যৱহাৰ হোৱা স্কেল বা মাপৰ পৰিসৰ।

উদাহৰণ 1.2

উদাহৰণ 1.2 : এটা বস্তুৰ পৰা আন এটা বস্তুলৈ প্ৰতি ছেকেণ্ডত 10^9 টা ইলেক্ট্ৰনৰ সৰবৰাহ ঘটিছে। বস্তুটোত মুঠতে $1C$ আধান জমা হ'বলৈ কিমান সময় লাগিব?

সমাধান ঃ এক ছেকেণ্ডত বস্তুটোৰপৰা যোৱা ইলেক্ট্ৰনৰ সংখ্যা 10^9 । গতিকে এক ছেকেণ্ডত ওলাই যোৱা আধানৰ পৰিমাণ $= 1.6 \times 10^{-19} \times 10^9$ C

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

এতিয়া 1C আধান জমা হ'বলৈ দৰকাৰ হোৱা সময়

$= 1C \div (1.6\times10^{-10}$ C/s)

$= 6.25 \times 10^9$ s

$= 6.25 \times 10^9 \div (365 \times 24 \times 3600)$ Yr

= 198 বছৰ (Year)

গতিকে কোনো এটা বস্তুৰ পৰা প্ৰতি ছেকেণ্ডত 10^9 টাকৈ ইলেক্ট্ৰন ওলাই আহি অন্য এটা বস্তুত জমা হৈ বস্তুটোত 1 কুলম্ব আধান হ'বলৈ সময়ৰ দৰকাৰ প্ৰায় ২০০ বছৰ। সেই কাৰণেই বহুতো ব্যৱহাৰিক ক্ষেত্ৰত এক কুলম্ব এটা অতি ডাঙৰ একক। যি কি নহওক, সেই বাবেই এক ঘন ছেঃ মিঃ ধাতুৰ টুকুৰা এটাত মোটামুটিভাৱে (roughly) কিমান ইলেক্ট্ৰন থাকে জনাটো দৰকাৰ। ক'পাৰ (copper) বা তামৰ একক ঘনক টুকুৰা এটাত প্ৰায় 2.5×10^{24} টা ইলেক্ট্ৰন থাকে।

উদাহৰণ 1.3

উদাহৰণ 1.3 : এক কাপ পানীত থকা ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক আধানৰ মান কিমান?

সমাধান ঃ ধৰা হ'ল এক কাপ পানীৰ ভৰ 250g । পানীৰ আনৱিক ভৰ (molecular mass) 18g । অৰ্থাৎ পানীৰ এক ম'লৰ (Mole, $= 6.02 \times 10^{23}$ টা অণু) মাপ 18g । গতিকে, এক কাপ পানীত থকা অণুৰ সংখ্যা $\left(\frac{250}{18}\right)\times 6.02\times10^{23}$ । পানীৰ প্ৰতিটো অণুতে দুটা হাইড্ৰ'জেন আৰু এটা অক্সিজেন পৰমাণু থাকে। অৰ্থাৎ 10 টা ইলেক্ট্ৰন আৰু 10 টা প্ৰটন থাকে। গতিকে মুঠ ধনাত্মক আধান আৰু মুঠ ঋণাত্মক আধানৰ সংখ্যা আৰু সেই বাবেই মান সমান সমান। এতিয়া এই মান হ'ল-

$$\left(\frac{250}{18}\right)\times 6.02\times10^{23}\times 10\times 1.6\times10^{-19}\,C = 1.34\times10^7\,C$$

1.6 কুলম্বৰ সূত্ৰ (Coulomb's Law)

দুটা আধানৰ মাজৰ বলৰ সাংখ্যিক (quantitative) মানৰ প্ৰকাশ ৰাশিয়েই হ'ল কুলম্বৰ সূত্ৰ। আহিত বস্তুবিলাকৰ মাজৰ দূৰত্বৰ তুলনাত বস্তুবিলাকৰ নিজৰ ৰৈখিক আকাৰ (linear size) যদি অতি কম হয়, তেতিয়া এই ৰৈখিক আকাৰ উপেক্ষা কৰিব পাৰি, আৰু এনে ক্ষেত্ৰত বস্তুসমূহক বিন্দুসম আধান হিচাপে গণ্য কৰিব পৰা যায়। কুলম্বে এনেকুৱা বিন্দুসম আধান দুটাৰ মাজত থকা বলৰ জোখ-মাপ লৈছিল। ফলাফল আছিল এনেকুৱা ধৰণৰ— **আধান দুটাৰ মাজত থকা বলে দুই আধান সংযোগী ৰেখাৰ দিশত ক্ৰিয়া কৰে আৰু এইবল আধান দুটাৰ মাজৰ দূৰত্বৰ বৰ্গৰ ব্যস্তানুপাতিক (inversly proportional) আৰু দুই আধানৰ মানৰ গুণফলৰ সমানুপাতিক (proportional)**। গতিকে শূন্য স্থানত (vacuum) থকা q_1, q_2 আধান দুটাৰ মাজৰ দূৰত্বৰ ব্যৱধান যদি r হয়, আধান দুটাৰ মাজত থকা বলৰ ($\vec{F}$) ৰ মান হ'ব

$$F = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

পৰীক্ষাৰ পৰা কুলম্বে এই সিদ্ধান্তত কেনেকৈ উপনীত হৈছিল? দুটা আহিত ধাতুৰ গোলকৰ মাজৰ বল

বৈদ্যুতিক আধান আৰু ক্ষেত্ৰ

জুখিবলৈ কুলম্বে 'পাক-তৰ্জু' (torsion balance) * ব্যৱহাৰ কৰিছিল। যেতিয়া গোলক দুটাৰ মাজৰ ব্যৱধান ইহঁতৰ ব্যাসাৰ্দ্ধৰ তুলনাত যথেষ্ট বেছি হয়, তেতিয়া গোলক দুটাক বিন্দুসম আধান হিচাপে গণ্য কৰিব পাৰি। যি কি নহওক, আৰম্ভণিতে কিন্তু গোলকত থকা আধানৰ মান জনা নাযায়। তেতিয়া হ'লে (1.1) সমীকৰণত দিয়াৰ দৰে সম্পৰ্কটো বিজ্ঞানী কুলম্বে কেনেকৈ আৱিষ্কাৰ কৰিলে? কুলম্বে কথাটো সাধাৰণভাৱে ভাৱিছিল। ধৰা হ'ল ধাতুৰ গোলক এটাত থকা আধানৰ মান q। যদি গোলকটো সম্পূৰ্ণভাৱে সদৃশ আন এটা ধাতুৰ গোলকৰ সংস্পৰ্শলৈ অনা হয়, আধানখিনি সমানে দুয়োটা গোলকত বিয়পি পৰিব। সমমিতি (symmetry)ৰ আধাৰত ক'ব পৰা যায়, প্ৰতিটো গোলকত আধানৰ পৰিমাণ হ'ব $q / 2$ *। এনেকুৱা প্ৰক্ৰিয়াৰ পুনৰাবৃত্তি ঘটাই $q/2$, $q/4$ আদি আধান পোৱা যায়। আধানৰ মান স্থিৰ ৰাখি কুলম্বে এযোৰ আধানৰ মাজৰ দূৰত্বৰ ব্যৱধানৰ পৰিবৰ্তন কৰিছিল। এই পৰিবৰ্তিত ব্যৱধানবোৰত তেওঁ দুই আধানৰ মাজত হোৱা বলসমূহ জুখিছিল। একেধৰণে মাজৰ ব্যৱধান স্থিৰ ৰাখি আধানযোৰৰ আধানৰ মান পৰিবৰ্তন কৰি তেওঁ বলৰ মাপ লৈছিল। বিভিন্ন দূৰত্বত থকা বিভিন্ন মানৰ আধান যোৰবিলাকৰ বলসমূহ তুলনা কৰি কুলম্বে সমীকৰণ (1.1) ৰ সম্পৰ্কত উপনীত হৈছিল।

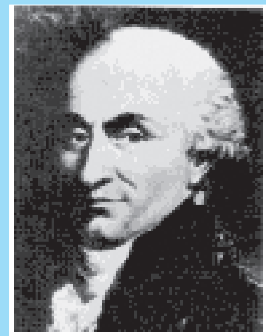
কুলম্বৰ সূত্ৰটো এটা সৰল গাণিতিক মন্তব্য। ওপৰত উল্লেখ কৰা ধৰণৰ পৰীক্ষাৰ অন্তত সেই সিদ্ধান্তত উপনীত হ'ব পৰা গৈছিল। আৰম্ভণিৰ পৰীক্ষাসমূহ সম্পাদিত হৈছিল বেছি দূৰত্বৰ মাপত (macroscopic scale)। এতিয়াৰ পৰীক্ষাসমূহ উপ-পাৰমাণবিক (subatomic) দূৰত্বৰ ($r \sim 10^{-10}$ m) পৰ্যায়লৈ নি কৰা হৈছে।

আধানৰ মান প্ৰকাশ্যৰূপত নজনাকৈ কুলম্বে তেওঁৰ সূত্ৰটো আৱিষ্কাৰ কৰিছিল। ই দৰাচলতে ওলোটা ধৰণৰহে। কুলম্বৰ সূত্ৰটো এতিয়া আধানৰ এককৰ সংজ্ঞা দিবলৈ ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰি। এই সূত্ৰটোৰ সমীকৰণ (1.1) ত k ৰ মান যাদৃচ্ছিক বা যিকোনো হ'ব পাৰে (arbitrary)। k ৰ মানৰ বাবে আমি যিকোনো ধনাত্মক মান বাছি ল'ব পাৰো। নিৰ্বাচিত k ৰ মানে আধানৰ পৰিমাণ নিৰ্দ্ধাৰণ কৰে। এছ আই (SI) এককত k ৰ মান প্ৰায় 9×10^9। আগৰ অধ্যায় 1.4 ত এক কুলম্ব আধানৰ সংজ্ঞা দিয়া হৈছিল। k ৰ উদ্ধৃত নিৰ্বাচনৰ পৰাই এই এক কুলম্বৰ সংজ্ঞা ওলাই আহিছে। সমীকৰণ (1.1) ত $q_1=q_2=1C$, $r=1m$ ধৰি k ৰ উক্ত মান বহুৱালে আমি দেখিবলৈ পাওঁ

$$F = 9\times10^9 \text{ নিউটন (N)}$$

অৰ্থাৎ, শূন্য অৱস্থাত (Vacuum) 1 মিটাৰ ব্যৱধানত দুটা সমধৰ্মী সমমানৰ আধানৰ মাজৰ বিকৰ্ষণী বল যদি 9×10^9N, তেতিয়া প্ৰতিটো আধানৰ মানেই হ'ল 1C। বাস্তৱিকতে এক কুলম্ব বহুত ডাঙৰ মান। সেয়েহে, স্থিতি বিদ্যুতত ব্যৱহাৰৰ সময়ত সৰু একক যেনে— 1 mC বা 1μC আদি লোৱা হয়।

সুবিধাৰ্থে (1.1) সমীকৰণত সাধাৰণতে $k = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ লোৱা হয়। ফলস্বৰূপে, কুলম্বৰ সূত্ৰৰ লিখিত ৰূপ হ'ব—

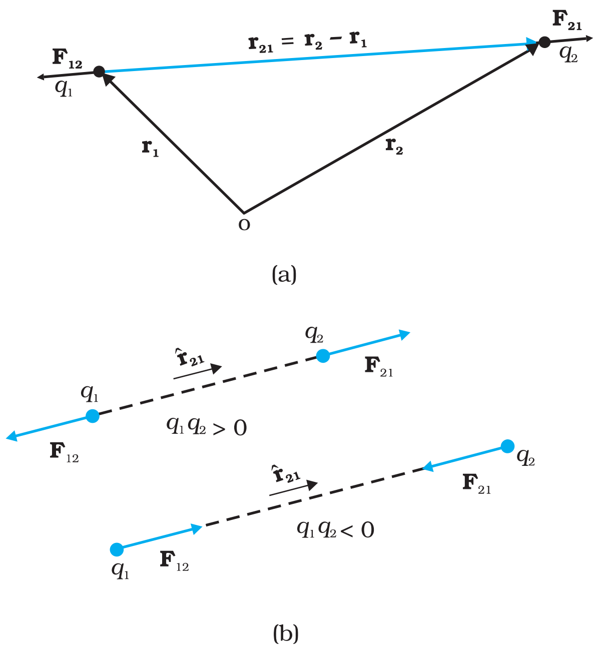


চাৰ্লচ্ আগাষ্টিন্ দ্য কুলম্ব (Charles Augustin de Coulomb, 1736–1806): কুলম্ব এগৰাকী ফ্ৰান্সৰ পদাৰ্থবিদ্। ৱেষ্ট ইণ্ডিজ (West Indies)ৰ সৈন্য বিভাগত তেওঁ এগৰাকী ইঞ্জিনিয়াৰ হিচাপে কৰ্মজীৱন আৰম্ভ কৰিছিল। 1776 চনত তেওঁ পেৰিছলৈ ঘূৰি আহে। সৰু অঞ্চল এটা (small estate)ত অৱসৰ লৈ তেওঁ বৈজ্ঞানিক গৱেষণাত মনোনিবেশ কৰে। বলৰ মান জুখিবলৈ তেওঁ এখন 'পাক তৰ্জু' আৱিষ্কাৰ কৰে। সৰু আহিত গোলকৰ মাজত থকা আকৰ্ষণী বা বিকৰ্ষণী বল জুখিবলৈ তেওঁ সেই তৰ্জু ব্যৱহাৰ কৰে। তেওঁ এনেদৰেই 1785 চনত দূৰত্বৰ বৰ্গ ব্যস্তানুপাতিক সূত্ৰ (inverse square law)ৰ সম্পৰ্ক উলিয়াবলৈ সক্ষম হয়। এই সূত্ৰক এতিয়া কুলম্বৰ সূত্ৰ (Coulomb's law) বুলি জনা যায়। সূত্ৰটো আগতেই প্ৰিষ্টলী (Priestly) আৰু কেভেণ্ডিচে (Cavendish) য়েও ধৰিব পাৰিছিল। কেভেণ্ডিছে কিন্তু সেই ফলাফল কেতিয়াও প্ৰকাশ কৰা নাছিল। দুটা সমধৰ্মী (like) বা বিষমধৰ্মী (unlike) চুম্বক মেৰুৰ মাজত থকা বলৰ দূৰত্বৰ বৰ্গৰ ব্যস্তানুপাতিকৰ সূত্ৰও কুলম্বই উলিয়াব পাৰিছিল।

CHARLES AUGUSTIN DE COULOMB (1736 –1806)

* বল জুখিবলৈ ব্যৱহাৰ কৰা পাক-তৰ্জু হ'ল এবিধ অতি সংবেদী (sensitive) আহিলা। নিউটনৰ মহাকৰ্ষণৰ সূত্ৰৰ সত্যতা প্ৰমাণ কৰিবলৈ দুটা বস্তুৰ মাজত থকা ক্ষুদ্ৰ মহাকৰ্ষণীয় বল জুখিবৰ বাবে পিছলৈ বিজ্ঞানী কেভেণ্ডিছে (Cavendish) এই তৰ্জু ব্যৱহাৰ কৰিছিল।

* এনেকুৱা অনুমানত আধানৰ যোগৰ নিয়ম আৰু সংৰক্ষণৰ ধাৰণা সোমাই আছে। দুটা আধান (প্ৰত্যেকৰে মান $q/2$) যোগ কৰি মুঠতে q আধান পোৱা যায়।



চিত্ৰ 1.6 (a) জ্যামিতি আৰু (b) আধানৰ মাজৰ বলসমূহ

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

ε_0 (এপ্‌চাইলন্‌)ক কোৱা হয় শূন্যস্থানৰ **বৈদ্যুতিক প্ৰৱেশ্যতা** (electric permittivity of free space)। এছ আই এককত ε_0ৰ মান হ'ল $\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ C^2\ N^{-1}\ m^{-2}$।

যিহেতু বল এটা ভেক্টৰ ৰাশি, কুলম্বৰ সূত্ৰটো ভেক্টৰ ৰূপত লিখা অধিক অৰ্থবহ। ধৰা হ'ল q_1 আৰু q_2 আধান দুটাৰ স্থান-ভেক্টৰ (position vector) যথাক্ৰমে $\vec{r}_1$ আৰু $\vec{r}_2$ (চিত্ৰ 1.6 [a] চোৱা)। আমি q_2ৰ বাবে q_1ৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বলক $\vec{F}_{12}$ ৰে আৰু q_2ৰ ওপৰত q_1ৰ বাবে প্ৰযুক্ত বলক $\vec{F}_{21}$ ৰে বুজাম। বিন্দুসম দুই আধান যথাক্ৰমে q_1 আৰু q_2ক আমি সুবিধাৰ বাবে 1 আৰু 2 ৰে নিৰ্দেশ কৰিম। 1ৰ পৰা 2 লৈ নিৰ্দেশ কৰা ভেক্টৰ $\vec{r}_{21}$। গতিকে, $\vec{r}_{21} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$ । একেদৰে, 2ৰ পৰা 1 লৈ নিৰ্দেশ কৰা ভেক্টৰ $\vec{r}_{12}$ । গতিকে, $\vec{r}_{12} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2 = -\vec{r}_{21}$

ভেক্টৰ $\vec{r}_{21}$ আৰু $\vec{r}_{12}$ ৰ মান হ'ল যথাক্ৰমে r_{12} আৰু r_{21} $(r_{21}=r_{12})$। ভেক্টৰ এটাৰ দিশত লোৱা একক ভেক্টৰ (unit vector) এটাৰ জৰিয়তে ভেক্টৰটোৰ দিশ নিৰ্দেশ কৰা হয়। 1ৰ পৰা 2 লৈ (বা 2ৰ পৰা 1 লৈ) দিশ নিৰ্দেশ কৰাৰ বাবে একক ভেক্টৰৰ সংজ্ঞা দিয়া হয়

$$\hat{r}_{21} = \frac{\vec{r}_{21}}{r_{21}} = , \quad \hat{r}_{21} = \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}} , \quad \hat{r}_{21} = -\hat{r}_{12}$$

গতিকে, এতিয়া যথাক্ৰমে $\vec{r}_1$ আৰু $\vec{r}_2$ স্থান-ভেক্টৰত অৱস্থিত দুই বিন্দুসম আধান q_1 আৰু q_2 ৰ বাবে কুলম্বৰ সূত্ৰৰ ৰূপ হ'ব ঃ

$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{21}^2} \hat{r}_{21} \tag{1.3}$$

সমীকৰণ (1.3)ৰ সৈতে জড়িত কেইটামান মন্তব্য —

- q_1 আৰু q_2 আধান ধনাত্মক বা ঋণাত্মক যি প্ৰকৃতিৰ নহওক কিয়, উভয় চিনৰ বাবেই সমীকৰণ (1.3) প্ৰযোজ্য হয়। যদি q_1 আৰু q_2 ৰ চিন একে হয় (অৰ্থাৎ উভয়ে হয় ধনাত্মক নতুবা ঋণাত্মক) $\vec{F}_{21}$ ৰ দিশ হ'ব $\hat{r}_{21}$ ৰ দিশত। ফলস্বৰূপে বল $\vec{F}_{21}$ হয় বিকৰ্ষণী। আশা কৰা মতে, ই সমধৰ্মী আধানৰ মাজৰ বলৰ প্ৰকৃতিকে সাব্যস্ত কৰে। যদি q_1 আৰু q_2 ৰ চিন পৰস্পৰ বিপৰীত, $\vec{F}_{21}$ ৰ দিশ $-\hat{r}_{21}$ $(= \hat{r}_{12})$ ৰ দিশত। এনেক্ষেত্ৰত বিষমধৰ্মী আধানৰ মাজত আশা কৰা মতে বল $\vec{F}_{21}$ হয় বিকৰ্ষণী। গতিকে, সমধৰ্মী আৰু বিষমধৰ্মী আধানৰ বাবে আমি বেলেগে বেলেগে সমীকৰণ লিখাৰ দৰকাৰ নাই। সমীকৰণ (1.3) য়ে দুয়োটা চৰ্তকে শুদ্ধভাৱে প্ৰকাশ কৰিব (চিত্ৰ 1.6 [e])
- (1.3) সমীকৰণৰপৰা q_2ৰ বাবে q_1ৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বল F_{12} পাবলৈ হ'লে সাধাৰণভাৱে ক্ৰমাংক 1 আৰু 2 সলনাসলনি কৰিলে হ'ল, অৰ্থাৎ

$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

  গতিকে দেখা গ'ল কুলম্বৰ সূত্ৰই নিউটনৰ তৃতীয় সূত্ৰ মানি চলে।
- (1.3) সমীকৰণত প্ৰকাশ পোৱা কুলম্বৰ সূত্ৰই শূন্য স্থানত থকা আধান দুটাৰ মাজৰ বলৰ মান সূচায়। আধান দুটা অন্য মাধ্যমত ৰাখিলে বা মাজৰ ঠাইখিনিত অন্য পদাৰ্থ ৰাখিলে গোটেই ঘটনাটোৰে জটিল হৈ পৰে। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল পদাৰ্থসমূহত থকা আহিত কণাসমূহ। আমি পৰৱৰ্তী অধ্যায়ত পদাৰ্থৰ উপস্থিতিত স্থিতি বিদ্যুতৰ কথা বিবেচনা কৰিম।

উদাহৰণ 1.4ঃ দুটা বিন্দুসম আধানৰ মাজত থকা স্থিতিবৈদ্যুতিক বলৰ কুলম্বৰ সূত্ৰ আৰু দুটা স্থিতিশীল বিন্দুসম ভৰৰ মাজত থকা মহাকৰ্ষণিক বলৰ নিউটনৰ সূত্ৰ, দুয়োটাই সংশ্লিষ্ট বলৰ আধান/ভৰ দুটাৰ মাজৰ দূৰত্বৰ বৰ্গৰ সৈতে ব্যস্তানুপাতিক সম্পৰ্ক দেখুৱায়। (ক) বলৰ মানৰ অনুপাত নিৰ্ণয়ৰে বল দুটাৰ তীব্ৰতাৰ তুলনা আগবঢ়োৱা। (খ) ইলেক্ট্ৰন আৰু প্ৰ'টনৰ মাজত (ii) দুটা প্ৰ'টনৰ মাজত (খ) পৰস্পৰ 1A (1এমষ্ট্ৰং [amstrong] = 10^{-10}m আঁতৰত থকা এটা ইলেক্ট্ৰন আৰু এটা প্ৰ'টনৰ মাজত উদ্ভৱ হোৱা বৈদ্যুতিক বলৰ বাবে যথাক্ৰমে ইলেক্ট্ৰন আৰু প্ৰ'টনটোৱে লাভ কৰা ত্বৰণৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। (প্ৰ'টনৰ ভৰ, $m_p=1.67\times10^{-27}$ kg, ইলেক্ট্ৰনৰ ভৰ $m_e = 9.11\times10^{-31}$ kg)

সমাধানঃ

(ক) (i) পৰস্পৰ *r* দূৰত্বত থকা এটা ইলেক্ট্ৰন আৰু প্ৰ'টনৰ মাজত বৈদ্যুতিক বল ঃ

$$F_e = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2}$$

য'ত ঋণাত্মক চিনটোৱে বলটোক আকৰ্ষণী বল হিচাপে প্ৰকাশ কৰে। এই ক্ষেত্ৰত সংশ্লিষ্ট মহাকৰ্ষণিক বল (প্ৰকৃতি সদায় আকৰ্ষণী) হ'ল ঃ

$$F_G = -G\frac{m_p m_e}{r^2}$$

য'ত m_p আৰু m_e যথাক্ৰমে প্ৰ'টন আৰু ইলেক্ট্ৰনৰ ভৰ।

$$\left|\frac{F_e}{F_G}\right| = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 G m_p m_e} = 2.4\times10^{39}$$

(ii) একে ধৰণে, পৰস্পৰ *r* দূৰত্বত থকা দুটা প্ৰ'টনৰ মাজৰ বৈদ্যুতিক বল আৰু মহাকৰ্ষণিক বলৰ মাজৰ অনুপাত হ'ল--

$$\left|\frac{F_e}{F_G}\right| = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 G m_p m_p} = 1.3\times10^{36}$$

যি কি নহওক, এইখিনিতে উল্লেখ কৰিব পাৰি যে দুয়োটা বলৰে প্ৰকৃতি (চিন) পৰস্পৰ বিপৰীত। দুটা প্ৰ'টনৰ বাবেও মহাকৰ্ষণিক বল আকৰ্ষণী কিন্তু বৈদ্যুতিক বল বিকৰ্ষণী প্ৰকৃতিৰ। এটা নিউক্লিয়াচৰ ভিতৰত থকা প্ৰ'টনৰ মাজত (নিউক্লিয়াচৰ ভিতৰত দুটা প্ৰ'টনৰ মাজৰ দূৰত্ব ~ 10^{-15} মিটাৰ) এই বল F_G~230 N। আনহাতে F_G~1.9×10^{-34}N।

দুটা বলৰ মাত্ৰাবিহীন অনুপাতে (dimensionless) দেখুৱায় যে মহাকৰ্ষণিক বলতকৈ বৈদ্যুতিক বল বহু গুণে শক্তিশালী।

(খ) এটা প্ৰ'টনে এটা ইলেক্ট্ৰনৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা বৈদ্যুতিক বলৰ মান এটা ইলেক্ট্ৰনে এটা প্ৰ'টনৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা বৈদ্যুতিক বলৰ মানৰ সৈতে সমান। কিন্তু ইলেক্ট্ৰন আৰু প্ৰ'টনৰ ভৰ বেলেগ বেলেগ। এতিয়া বলৰ মান হ'ল--

$$|\vec{F}| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2} = 8.987\times10^9\ Nm^2/C^2\times(1.6\times10^{-19}\ C)^2/(10^{-10}m)^2 = 2.3\times10^{-8}\ N$$

নিউটনৰ গতি বিষয়ক দ্বিতীয় সূত্ৰ; F = ma, অনুসৰি ইলেক্ট্ৰনটোৰ ত্বৰণ হ'ব

$a = 2.3\times10^{-8}$ N/9.11×10^{-31} kg = 2.5×10^{22} m/sec^2

এই ত্বৰণৰ মান, মহাকৰ্ষণ বলৰ বাবে হোৱা ত্বৰণৰ মানৰ সৈতে তুলনা কৰি সিদ্ধান্ত ল'ব পাৰি যে ইলেক্ট্ৰনৰ গতিত মহাকৰ্ষণিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱ উপেক্ষণীয় । প্ৰ'টনৰ কুলম্বীয় বলৰ ক্ৰিয়াত ই অতি বৃহৎ ত্বৰণ লাভ কৰে।

প্ৰ'টনৰ ত্বৰণৰ মান হ'ল-- 2.3×10^{-8} N/1.67×10^{-27} kg = 1.4×10^{19} m/sec^2

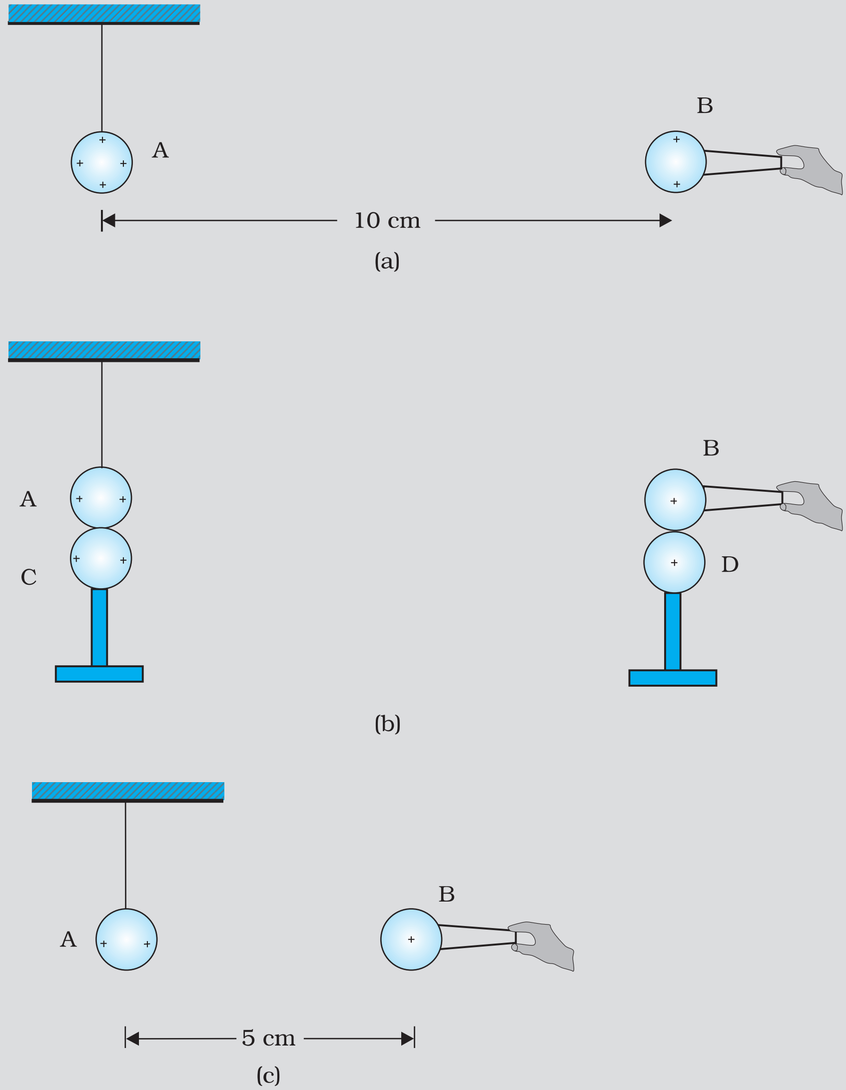
উদাহৰণ 1.4

PHYSICS

কুলম্বৰ সূত্ৰৰ ওপৰত পাৰস্পৰিক ক্ৰিয়াশীল এনিমেচন (Interactive animation of coulomb's law) http://webphysics.davidson.edu/physlet_resource/bee_semester2/co1_coulomb.html.

উদাহৰণ ঃ 1.5

এটা আহিত ধাতুৰ বল A ক নাইলনৰ সূতাৰে ওলোমাই ৰখা হৈছে। চিত্ৰ 1.7 (a) ত দেখুওৱাৰ দৰে 10 cm আঁতৰৰপৰা অপৰিবাহী হেণ্ডেলযুক্ত অইন এটা আহিত ধাতুৰ বল B ক A ৰ কাষলৈ এনেদৰে অনা হয় যাতে A আৰু B কেন্দ্ৰবিন্দুৰ মাজৰ দূৰত্ব হয়গৈ 10 cm। A ৰ বিকৰ্ষণৰ বাবে হোৱা বিচ্যুতিৰ লেখ লোৱা (উদাহৰণ স্বৰূপে, পৰ্দাত প্ৰতিবিম্বিত পোহৰৰ ছাঁৰ বিস্তাৰণৰ দ্বাৰা)। চিত্ৰ 1.7 (b) ত দেখুওঁৱাৰ দৰে A আৰু B গোলকক যথাক্ৰমে অনাহিত গোলক C আৰু D ৰ দ্বাৰা স্পৰ্শ কৰা। এতিয়া C আৰু D ক আঁতৰাই, চিত্ৰ 1.7 (c) ত দেখুওৱাৰ দৰে B ক A ৰ কাষলৈ এনেদৰে অনা হয় যাতে A আৰু B ৰ কেন্দ্ৰবিন্দুৰ দূৰত্ব হয়গৈ 5.0 cm। কুলম্বৰ সূত্ৰৰ আধাৰত ভিত্তি কৰি A ৰ বিকৰ্ষণ কেনেকুৱা হ'ব বুলি ধাৰণা কৰা? A আৰু C তথা B আৰু D গোলকৰ আকাৰ সদৃশ হিচাপে লোৱা হৈছে। A আৰু B ৰ কেন্দ্ৰবিন্দুৰ মাজৰ ব্যৱধানৰ তুলনাত গোলক দুটাৰ আকাৰ নগণ্য হিচাপত লোৱা হৈছে।



চিত্ৰ ঃ 1.7

উদাহৰণ 1.5

উদাহৰণ 1.5

সমাধান ঃ ধৰা হ'ল আৰম্ভণিতে A গোলকত থকা আধানৰ মান q আৰু B গোলকত থকা আধানৰ মান q^1 । ইহঁতৰ কেন্দ্ৰবিন্দুৰ মাজৰ ব্যৱধান r হ'লে, স্থিতিবৈদ্যুতিক বল হয়,

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qq'}{r^2}$$

r ৰ তুলনাত A আৰু B গোলকৰ আকাৰ উপেক্ষণীয়। যেতিয়া এটা সম আকাৰৰ অনাহিত গোলক C য়ে A ক স্পৰ্শ কৰে, তেতিয়া আধানৰ নতুনকৈ বণ্টন (distribution) ঘটে। সমমিতিৰ (symmetry) আধাৰত ক'ব পাৰি প্ৰতিটো গোলকতে আধানৰ পৰিমাণ হ'ব $q/2$ । একেদৰে, D য়ে B ক স্পৰ্শ কৰাৰ পিছত প্ৰতিটো গোলকত আধানৰ পৰিমাণ হ'ব $q'/2$ । শেষত A আৰু B ৰ মাজৰ ব্যৱধান আধা হৈছে, গতিকে স্থিতিবৈদ্যুতিক বল হয়--

$$F' = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(q/2)(q'/2)}{(r/2)^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(qq')}{r^2} = F$$

এতেকে দেখা গ'ল যে Bৰ দ্বাৰা A ৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত স্থিতিবৈদ্যুতিক বল অপৰিবৰ্তনীয় হৈ ৰয়।

1.7 দুটাতকৈ অধিক আধানৰ মাজত বল (Forces between Multiple Charges)

দুটা আধানৰ মাজত পাৰস্পৰিক বল কুলম্বৰ সূত্ৰৰ সহায়ত প্ৰকাশ কৰা হয়। কোনো এটা আধানৰ ওচৰত এটাৰ সলনি যদি বহুত আধান থাকে, আধানটোৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বল কেনেকৈ নিৰ্ণয় কৰিবা? শূন্য অৱস্থাত n টা স্থিতিশীল আধান, যথাক্ৰমে $q_1, q_2, q_3 .... q_n$ ৰ নিকায় (system) এটা বিবেচনা কৰা। q_1 আধানটোৰ ওপৰত $q_2, q_3 .... q_n$ আধানৰ বাবে প্ৰযুক্ত বল কিমান? এই প্ৰশ্নৰ উত্তৰ দিবলৈ কুলম্বৰ সূত্ৰই যথেষ্ট নহয়। মনত পেলোৱা যান্ত্ৰিক মূলৰ বলসমূহৰ যোগফল উলিয়াবলৈ যোগৰ সামান্তৰিকৰ সূত্ৰ (parallelogram law of addition) ব্যৱহাৰ কৰা হয়। স্থিতিবৈদ্যুতিক মূলৰ বলসমূহৰ বাবে একেটা কথাই সত্য নে?

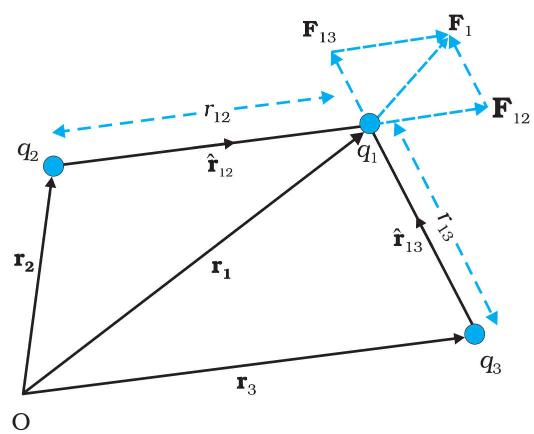
পৰীক্ষাৰ দ্বাৰা প্ৰমাণিত হৈছে যে যিকোনো এটা আধানৰ ওপৰত অইন বহুতো আধানৰ দ্বাৰা প্ৰযুক্ত বল প্ৰতিটো আধানৰ দ্বাৰা প্ৰযুক্ত বলৰ ভেক্টৰ যোগফলৰ সমান। প্ৰতিটো বলেই অইন বলৰ উপস্থিতি সত্ত্বেও নিজ ৰূপত অক্ষুণ্ণ থাকে। এই ধাৰণাকে কোৱা হয় উপৰিপাতন বা অধ্যাৰোপনৰ নীতি (principle of superposition)।

ধাৰণাটো ভালকৈ বুজিবৰ বাবে চিত্ৰ 1.8 (ক) ত দেখুওৱাৰ দৰে q_1, q_2 q_3 তিনিটা আধানৰ নিকায় এটা বিবেচনা কৰা। কোনো এটা আধানৰ, ধৰা হ'ল q_1 আধানৰ ওপৰত q_2 আৰু q_3 আধানৰ দ্বাৰা প্ৰযুক্ত বলৰ মুঠ বল প্ৰতিটো বলৰ ভেক্টৰ যোগৰ দ্বাৰা পাব পাৰি। গতিকে, যদি q_1 ৰ ওপৰত q_2 ৰ দ্বাৰা প্ৰযুক্ত বলক $\vec{F}_{12}$ ৰে নিৰ্দেশ কৰা হয়, তেতিয়া অন্য আধান (q_3) ৰ উপস্থিতি সত্ত্বেও সমীকৰণ (1.3) ৰ পৰা পোৱা যায়

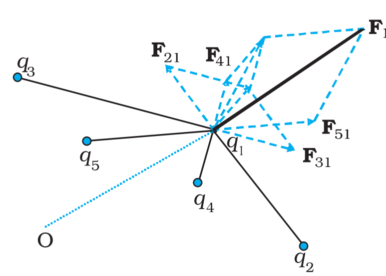
$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r_{12}^2}\,\hat{r}_{12}$$

একে ধৰণে, q_3 ৰ দ্বাৰা q_1 ৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বলক $\vec{F}_{13}$ ৰে বুজালে

$$\vec{F}_{13} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_3}{r_{13}^2}\,\hat{r}_{13}$$



(ক)



(খ)

চিত্ৰ 1.8 (ক) তিনিটা আধানৰ নিকায় এটা
(খ) তিনিটাতকৈ অধিক আধানৰ নিকায় এটা

এয়া আকৌ, q_2 ৰ উপস্থিতি সত্ত্বেও q_1 ওপৰত q_3 ৰ দ্বাৰা প্ৰযুক্ত কুলম্বীয় বল।

ফলত, q_1 ৰ ওপৰত q_2 আৰু q_3 আধানৰ দ্বাৰা প্ৰযুক্ত মুঠ বল $\vec{F}_1$ হ'ব।

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}\hat{r}_{12} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r_{13}^2}\hat{r}_{13} \tag{1.4}$$

চিত্ৰ 1.8 (খ) ত দেখুওৱাৰ দৰে ওপৰৰ এই বলৰ গণনাক সাধাৰণীকৰণ (generalisation) কৰি তিনিটাতকৈও অধিক আধান থকা নিকায়ত প্ৰয়োগ কৰিব পাৰি।

গতিকে অধ্যাৰোপন নীতিৰ পৰা বুজিব পাৰি যে $q_1, q_2 ..... q_n$ আধানৰ নিকায় এটাত q_2 ৰ বাবে q_1 ৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বল কুলম্বৰ সূত্ৰৰ পৰাই পোৱা যায়; অৰ্থাৎ এই ক্ষেত্ৰত অন্য আধান q_3 $q_4 .. q_n$ ৰ উপস্থিতিয়ে কোনো প্ৰভাৱ নেপেলায়। সকলোবোৰ আধানৰ বাবে আধান q_1 ৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত মুঠ বল $\vec{F}_1$ হ'ল $\vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} ... \vec{F}_{1n}$ বলৰ ভেক্টৰ যোগফল। গতিকে,

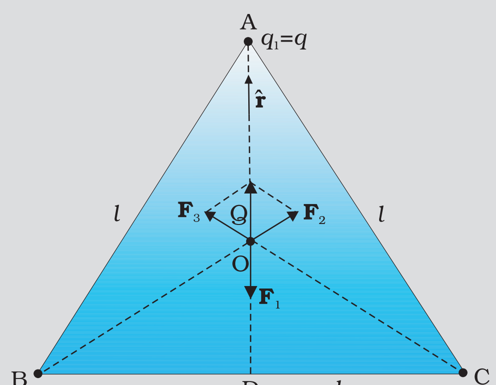
$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + ... + \vec{F}_{1n} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}\hat{r}_{12} + \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2}\hat{r}_{13} + ... + \frac{q_1 q_n}{r_{1n^2}^2}\hat{r}_{1n}\right] \tag{1.5}$$

$$= \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i=2}^{n}\frac{q_i}{r_{1i}^2}\hat{r}_{1i}$$

ভেক্টৰ যোগৰ সামান্তৰিক সূত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰি সচৰাচৰ কৰি থকাৰ দৰে এই ভেক্টৰ যোগফল উলিয়াব পাৰি। মূলতঃ স্থিতি বিদ্যুতৰ সকলোখিনিয়ে হ'ল কুলম্বৰ সূত্ৰ আৰু সমাপতন নীতিৰ ফলাফল।

উদাহৰণ 1.6

উদাহৰণ 1.6 : l বাহুদৈৰ্ঘ্যৰ এটা সমবাহু ত্ৰিভুজৰ তিনিওটা শীৰ্ষবিন্দুতে q মানৰ আধান তিনিটা ক্ৰমে q_1, q_2, q_3 ক ৰখা হৈছে। চিত্ৰ 1.9 ত দেখুওৱাৰ দৰে ত্ৰিভুজটোৰ কেন্দ্ৰত (Centroid) ৰখা আধান Q ৰ (q ৰ সৈতে একে চিনৰ) ওপৰত বল কিমান হ'ব?



চিত্ৰ 1.9

সমাধান ঃ দিয়া আছে ABC এটা সমবাহু ত্ৰিভুজ। l হৈছে বাহুৰ দৈৰ্ঘ্য। BC বাহুৰ ওপৰত AD এডাল লম্ব অঁকা হ'ল।

$AD = AC \cos 30^0 = \left(\sqrt{3/2}\right) l$ আৰু A ৰ পৰা 0 কেন্দ্ৰকৰ দূৰত্ব

$AO = \left(\frac{2}{3}\right) AD = \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right) l$ সমমিতি অনুসৰি

$AO = BO = CO$

গতিকে, A ত থকা আধানৰ বাবে Q ৰ ওপৰত বল $\vec{F}_1 = \frac{3}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{l^2}$, AO ৰ দিশত

B ত থকা আধানৰ বাবে Q ৰ ওপৰত বল $\vec{F}_2 = \frac{3}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{l^2}$, BO ৰ দিশত

C ত থকা আধানৰ বাবে Q ৰ ওপৰত বল $\vec{F}_3 = \frac{3}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{l^2}$, CO ৰ দিশত

সামান্তৰিকৰ সূত্ৰ অনুসৰি $\vec{F}_2$ আৰু $\vec{F}_3$ বলৰ লব্ধবল $= \frac{3}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{l^2}$, OA ৰ দিশত

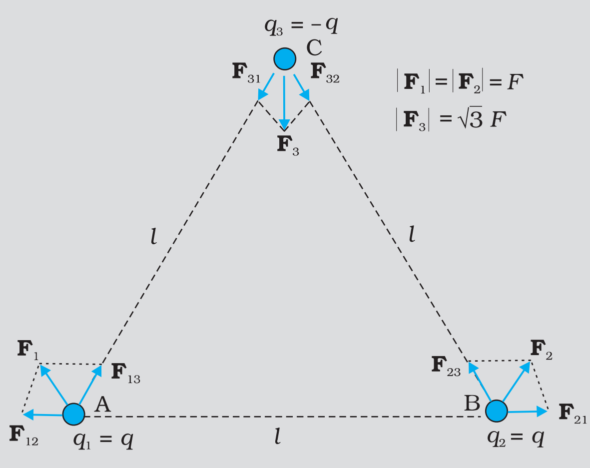
এতিয়া, Q আধানৰ ওপৰত মুঠ বল $= \frac{3}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{l^2}(\hat{r}-\hat{r}) = 0$,

ইয়াত $\hat{r}$, OA ৰ দিশত একক ভেক্টৰ।

সমমিতিৰ দ্বাৰাও এইটো স্পষ্ট যে তিনিওটা বলৰ যোগফল শূন্য হ'ব। ধৰাহ'ল লব্ধবল শূন্য নহয়, আৰু ই কোনো এটা দিশত ক্ৰিয়া কৰে। যদি নিকায়টো 0 ৰ সাপেক্ষে 60^0 ঘূৰাই দিয়া হয়, কি ফলাফল হ'ব বিবেচনা কৰা।

উদাহৰণ 1.6

উদাহৰণ 1.7 : চিত্ৰ 1.10 ত দেখুওৱাৰ দৰে সমবাহু ত্ৰিভুজ এটাৰ শীৰ্ষবিন্দুত যথাক্ৰমে q, q আৰু $-q$ আধান ৰখা হৈছে। প্ৰতিটো আধানতে ক্ৰিয়া কৰা বলৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।



চিত্ৰ ঃ 1.10

সমাধান ঃ চিত্ৰ 1.10 ত দেখুওৱাৰ দৰে -- BA ৰ দিশত B ত থকা আধান q ৰ বাবে A ত থকা আধান q ৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বল = $\vec{F}_{12}$ । AC ৰ দিশত C ত থকা আধান –q ৰ বাবে A ত থকা আধান q ৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বল = $\vec{F}_{13}$ । সামান্তৰিকৰ সূত্ৰ অনুসৰি, A ত থকা আধান q ৰ ওপৰত মুঠ বল $\vec{F}_1 = F\hat{r}_1$, য'ত BC ৰ দিশত $\hat{r}_1$ এটা একক ভেক্টৰ।

প্ৰতিযোৰ বলৰ বাবেই আকৰ্ষণী বা বিকৰ্ষণী বলৰ মান সমান, $F = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 l^2}$

একেদৰে, B ত থকা আধান q ৰ ওপৰত মুঠ বল $\vec{F}_2 = F\hat{r}_2$, যত $\hat{r}_2$, AC ৰ দিশত একক ভেক্টৰ। সেই ধৰণে, C ত থকা আধান – q ৰ ওপৰত মুঠ বল, $\vec{F}_3 = \sqrt{3}F\hat{n}$, য'ত ∠BCA ৰ

উদাহৰণ 1.7

উদাহৰণ 1.7

সমদ্বিখণ্ডকৰ দিশত থকা $\hat{n}$ এটা একক ভেক্টৰ।

দেখা যায় যে তিনিওটা আধানৰ ওপৰত বেলেগে বেলেগে ক্ৰিয়া কৰা বল তিনিটাৰ মুঠ যোগফল শূন্য, অৰ্থাৎ $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$

ফলাফলটো মুঠেই আশ্চৰ্যজনক নহয়। নিউটনৰ তৃতীয় সূত্ৰৰ সৈতে যে কুলম্বৰ সূত্ৰ সামঞ্জস্য আছে (consistent), সেয়া এই সত্যৰ পৰাই প্ৰত্যক্ষভাৱে ওলাই আহে। ইয়াৰ প্ৰমাণ দিয়াটো তোমালোকৰ বাবে এটা অনুশীলনী হিচাপে ৰখা হ'ল।

1.8 বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ (Electric Field)

শূন্য স্থানত লোৱা মূলবিন্দু 0 ত Q আধানক ৰখা বুলি বিবেচনা কৰা যাওক। যদি অন্য এটা বিন্দু P ত অইন এটা আধান q ৰখা হয়, য'ত $\overrightarrow{OP} = \vec{r}$, তেতিয়া কুলম্বৰ সূত্ৰ অনুসৰি Q আধানে q ৰ ওপৰত বল প্ৰয়োগ কৰিব। আমি প্ৰশ্ন সুধিব পাৰো ঃ যদি আধান q ক আঁতৰাই নিয়া হয়, তেতিয়া হ'লে চৌপাশত কি থাকিব? তাত একোৱেই নেথাকিব নে? যদি এয়াই হয়, P ত q আধানক ৰাখিলে আধানটোৰ ওপৰত কেনেকৈ বল প্ৰয়োগ হয়? এনেকুৱা প্ৰশ্নবোৰৰ উত্তৰ দিবলৈয়ে আগৰ বিজ্ঞানীসকলে ক্ষেত্ৰৰ ধাৰণাটো আনিছিল। এই ধাৰণা অনুসৰি আমি কওঁ যে Q আধানটোৱে তাৰ চাৰিওফালে প্ৰতি ঠাইতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ সৃষ্টি কৰে। যেতিয়া অইন এটা আধান q ক কোনো বিন্দু P লৈকে অনা হয়, সেই স্থানৰ ক্ষেত্ৰই আধানটোৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰে আৰু বল উৎপন্ন হয়। $\vec{r}$ অৱস্থানত Q আধানৰ দ্বাৰা সৃষ্ট বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনক প্ৰকাশ কৰা হয় এনেদৰে --

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}\hat{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}\hat{r} \qquad (1.6)$$

য'ত $\hat{r} = \frac{\vec{r}}{r}$ হ'ল মূলবিন্দুৰ পৰা বিন্দু $\vec{r}$ ৰ দিশত একক ভেক্টৰ। গতিকে অৱস্থান ভেক্টৰ $\vec{r}$ ৰ প্ৰতিটো মানৰ বাবে (1.6) সমীকৰণে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰো প্ৰতিটো মান নিৰ্দেশ কৰে। 'ক্ষেত্ৰ' এই শব্দটোৱে বিতৰণ হৈ থকা কোনো এটা ৰাশি (যিটো স্কেলাৰ বা ভেক্টৰো হ'ব পাৰে) অৱস্থানৰ লগত কেনেদৰে পৰিৱৰ্তন হয়, সেই কথা সূচায়। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ অস্তিত্বতে আধানৰ ক্ৰিয়াৰ কথাটো লুকাই আছে। q আধানৰ ওপৰত Q আধানে প্ৰয়োগ কৰা বল $\vec{F}$ ক প্ৰকাশ কৰা হয়।

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{r^2}\hat{r} \qquad (1.7)$$

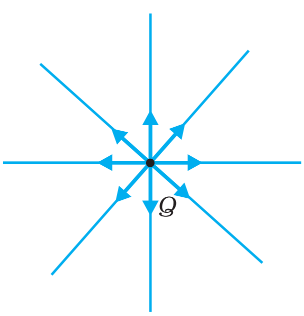
উল্লেখযোগ্য যে q আধানেও Q আধানৰ ওপৰত বিপৰীত দিশত সমমানৰ বল প্ৰয়োগ কৰে। Q আৰু q আধানৰ মাজৰ স্থিতিবৈদ্যুতিক বলক q আধানৰ লগত Q আধানৰ দ্বাৰা সৃষ্ট ক্ষেত্ৰৰ বা ওলোটা ধৰণৰ (vice versa) পাৰস্পৰিক ক্ৰিয়া হিচাপে বিবেচনা কৰিব পাৰি। যদি q আধানৰ অৱস্থান $\vec{r}$ ৰ সূচোৱা হয়, তেন্তে q য়ে অনুভৱ কৰা বল $\vec{F}$, আধান q আৰু q ৰ অৱস্থানত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ৰ গুণফলৰ সমান। অৰ্থাৎ

$$\vec{F}(\vec{r}) = q\,\vec{E}(\vec{r}) \qquad (1.8)$$

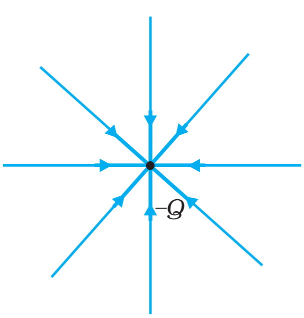
(1.8) সমীকৰণে এছ আই একককত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ সংজ্ঞা দিয়ে নিউটন/কুলম্ব (N/C) হিচাপে।*

দুটামান গুৰুত্বপূৰ্ণ মন্তব্য এইখিনিতে দাঙি ধৰা হ'ল ঃ

(1.7) আৰু (1.8) সমীকৰণৰ পৰা পোৱা যায় যে, যদি q একক আধান হয়, আধান Q ৰ বাবে সৃষ্ট বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ সাংখ্যিকভাৱে ই প্ৰয়োগ কৰা বলৰ সমান হয়। গতিকে, **কোনো এক বিন্দুত Q আধানৰ বাবে হোৱা বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ মান সেই বিন্দুত স্থাপিত একক ধনাত্মক আধানে অনুভৱ কৰা বলৰ সমান।** Q আধান যাৰ বাবে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন সৃষ্টি হৈছে তাক উৎস আধান (cource charge), আৰু q আধান



(ক)



(খ)

চিত্ৰ-1.11 ঃ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ (ক) Q আধানৰ বাবে, (খ) –Q আধানৰ বাবে

* পৰৱৰ্তী অধ্যায়ত অইন এবিধ একক ভল্ট/মিটাৰ (V/m) অন্তৰ্ভুক্ত কৰা হ'ব।

যিয়ে উৎস আধানৰ ক্ৰিয়াক পৰীক্ষা কৰিছে তাক **পৰীক্ষণীয় আধান** (test charge) বোলে। মন কৰিবলগীয়া কথা হ'ল যে Q আধান তাৰ পূৰ্বৰ স্থানতে স্থিৰ হৈ থাকিব লাগিব। কিন্তু q আধান যদি Q আধানৰ ওচৰৰ কোনো এক বিন্দুলৈ অনা হয়, q ৰ বাবে Q আধানেও বৈদ্যুতিক বল অনুভৱ কৰাটো ধ্ৰুৱ। ফল স্বৰূপে, Q য়ে গতি কৰিবলৈ প্ৰয়াস কৰিব। এই সমস্যাৰ পৰা হাত সৰাৰ এটা উপায় হ'ল q ৰ মান যিমান পাৰি কম কৰা। এনেক্ষেত্ৰত বল $\vec{F}$ ৰ মানো নগণ্য হ'ব, তথাপিও অনুপাত $\vec{F}/q$ সসীম, আৰু ইয়েই বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ সংজ্ঞা দিয়ে এনেদৰে ঃ

$$\vec{E} = \lim_{q \to 0} \left(\frac{\vec{F}}{q} \right) \tag{1.9}$$

সমস্যাটোৰ (q ৰ উপস্থিতিতো Q ক সুস্থিৰ কৰি ৰখা) পৰা হাত সৰাৰ বাবে এটা ব্যৱহাৰিক উপায় হ'ল কোনো অনিৰ্দিষ্ট (unspecified) বলৰ দ্বাৰা Q ক তাৰ অৱস্থানত ধৰি ৰখা। দেখাত এইটো আচৰিত যেন লাগে, কিন্তু দৰাচলতে বাস্তৱত সেইটোৱে ঘটে। আমি যেতিয়া এখন আহিত সমতলীয় পাতৰ (charged planar sheet, অধ্যায় 1.15) বাবে পৰীক্ষণীয় আধান q ৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বৈদ্যুতিক বল বিবেচনা কৰোঁ, পাতখনৰ আধানবোৰ নিজৰ অৱস্থানত পাতখনৰে নিজৰ গঠনকাৰী অনিৰ্দিষ্ট (unspecified) আহিত কণিকাবোৰৰ বলৰ বাবে বান্ধ খাই থাকে।

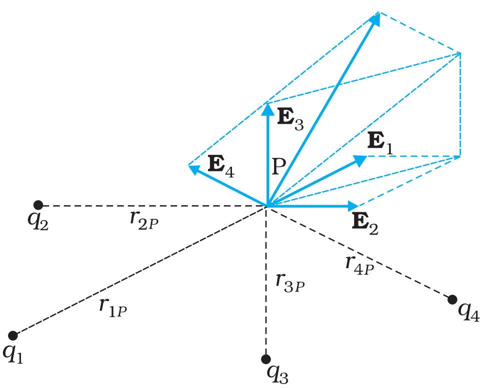
(ii) মন কৰিবা যে যদিও কাৰ্যকৰী ভাৱে q ৰ আধাৰত ভিত্তি কৰি আধান Q ৰ দ্বাৰা সৃষ্টি হোৱা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰত $\vec{E}$ ৰ সংজ্ঞা দিয়া হয়, ই কিন্তু q ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল $\vec{F}$, q ৰ সমানুপাতিক, সেয়েহে $\vec{F}/q$ অনুপাতে q ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। Q ৰ বাবে আধান q ৰ ওপৰত প্ৰয়োগ হোৱা বল q ৰ অৱস্থানৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। আধান Q ৰ চাৰিওফালৰ স্থানত যিকোনো মানৰ আধান q বিবেচনা কৰিব পৰা যায়। গতিকে, Q আধানৰ বাবে সৃষ্ট বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$, স্থানাংক $\vec{r}$ ৰ ওপৰতো নিৰ্ভৰ কৰে। আধান q ৰ বেলেগ বেলেগ অৱস্থানৰ বাবে আমি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ৰো বেলেগ বেলেগ মান পাওঁ। Q আধানৰ চাৰিওফালৰ ত্ৰিমাত্ৰিক(three dimensional) স্থানৰ প্ৰতিটো বিন্দুতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ স্থিতি আছে।

(iii) ধনাত্মক আধানৰ বাবে, বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ আধানটোৰ পৰা অৰীয় (radially) ভাৱে বাহিৰলৈ প্ৰসাৰিত হয়। আনহাতে আধানটো যদি ঋণাত্মক, ক্ষেত্ৰৰ প্ৰতিটো বিন্দুতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ-ভেক্টৰ অৰীয়ভাৱে ভিতৰলৈ অৰ্থাৎ উৎস আধানমুখী হয়।

(iv) যিহেতু, আধান Q ৰ বাবে q আধানৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বল $\vec{F}$, কেবল Q আধান আৰু q আধানৰ মাজৰ দূৰত্ব r ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল, গতিকে Q আধানৰ বাবে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ও কেবল r ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। অৰ্থাৎ আধান Q ৰ পৰা সমদূৰত্বৰ প্ৰতিটো বিন্দুতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ৰ মান একে। বিন্দুসম আধান এটাক আৱৰি থকা গোলক এটাৰ প্ৰতিটো বিন্দুতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ৰ মান সমান। গোলকটোৰ কেন্দ্ৰত উৎস আধানৰ স্থিতি। আন কথাত, এইক্ষেত্ৰত গোলকীয় সমমিতি (spherical symmetry) আছে।

1.8.1 বহুতো আধানৰ নিকায় এটাৰ বাবে সৃষ্ট বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ (Electric field due to a system of charges)

মূলবিন্দু O সাপেক্ষে যথাক্ৰমে $\vec{r}_1$, $\vec{r}_2$ .... $\vec{r}_n$ অৱস্থান ভেক্টৰ থকা q_1, q_2, ... q_n আধানৰ নিকায় এটা বিবেচনা কৰা। অকলশৰীয়া আধান এটাৰ বাবে স্থানৰ কোনো এটা বিন্দুত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ সংজ্ঞা দিয়াৰ দৰে, বহুতো আধানৰ নিকায় এটাৰ বাবেও স্থানৰ কোনো এটা বিন্দুত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ সংজ্ঞা দিয়া হয় সেই বিন্দুত ৰখা একক পৰীক্ষণীয় আধান এটাই অনুভৱ কৰা বলৰ দ্বাৰা। তেনে ক্ষেত্ৰত নিকায়ৰ আধানবোৰ q_1, q_2,.... q_n ৰ আদি অৱস্থানৰ পৰিবৰ্তন হ'ব দিয়া নহয়। এই ক্ষেত্ৰতো কুলম্বৰ সূত্ৰ আৰু অধ্যাৰোপনৰ নীতি ব্যৱহাৰ কৰি r অৱস্থান ভেক্টৰৰ কোনো বিন্দু P ত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি।



চিত্ৰ 1.12 বহুতো আধানৰ নিকায় এটাৰ বাবে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ। গাইগুটীয়া প্ৰতিটো আধানৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ ভেক্টৰ যোগফল হ'ল লব্ধ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ।

$\vec{r}_1$ অৱস্থান-ভেক্টৰৰ q_1 আধানৰ বাবে $\vec{r}$ অৱস্থান ভেক্টৰৰ কোনো বিন্দুত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r_{1p}^2}\hat{r}_{1p}$

ইয়াত q_1 ৰ পৰা P ৰ দিশত $\hat{r}_{1p}$ এটা একক ভেক্টৰ।

একেদৰে, $\vec{r}_2$ অৱস্থান ভেক্টৰৰ q_2 আধানৰ বাবে $\vec{r}$ অৱস্থান-ভেক্টৰৰ কোনো বিন্দুত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2}{r_{2p}^2}\vec{r}_{2p}$

ইয়াত, q_2 ৰ পৰা P ৰ দিশত $\hat{r}_{2p}$ এটা একক ভেক্টৰ। q_3, q_4, ... q_n আধানৰ বাবেও যথাক্ৰমে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}_3, \vec{E}_4, \ldots. \vec{E}_n$ ৰ প্ৰকাশ ৰাশি একে ধৰণেই পোৱা যায়।

সমাপতনৰ নীতি অনুসৰি, (চিত্ৰ 1.12 ত দেখুওৱা ধৰণে) আধানবোৰৰ নিকায়টোৰ বাবে $\vec{r}$ অৱস্থান-ভেক্টৰৰ কোনো বিন্দুত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ হ'ল—

$$\vec{E}(\vec{r}) = \vec{E}_1(\vec{r}) + \vec{E}_2(\vec{r}) + \ldots. + \vec{E}_n(\vec{r})$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r_{1p}^2}\hat{r}_{1p} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2}{r_{2p}^2}\hat{r}_{2p} + \ldots. + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_n}{r_{np}^2}\hat{r}_{np}$$

$$\Rightarrow \vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{r_{ip}^2}\hat{r}_{ip} \qquad (1.10)$$

$\vec{E}$ এটা ভেক্টৰ ৰাশি। ই এটা বিন্দুৰ পৰা আন এটা বিন্দুলৈ পৰিবৰ্তিত হয়। উৎস-আধানৰ অৱস্থানৰ পৰা ইয়াক নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি।

1.8.2 বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ ভৌতিক তাৎপৰ্য (Physical significance of electric field)

তোমালোকে বোধহয় আচৰিত হৈছা কেলেই বাৰু বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ ধাৰণাটো অনা হয়? মুঠ কথাত, যিকোনো আধানৰ নিকায় এটাৰ বাবে কোনো আধানৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত জুখিব পৰা ৰাশিটো হ'ল বল। এই বলক প্ৰত্যক্ষভাৱে কুলম্বৰ সূত্ৰ আৰু অধ্যাৰোপনৰ নীতি ব্যৱহাৰ কৰি নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি [সমীকৰণ (1.5)]। তেতিয়া হ'লে, এনে ক্ষেত্ৰত, হঠাতে আকৌ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ ধাৰণা কিহৰ বাবে অৱতাৰণা কৰিব লগা হ'ল?

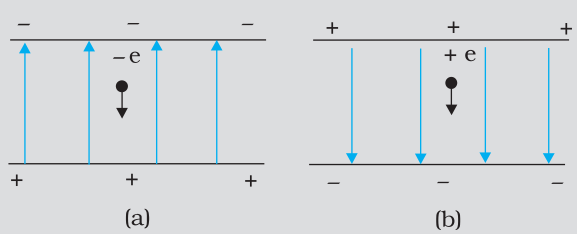
স্থিতি বিদ্যুতত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ ধাৰণাটো সুবিধাজনক, কিন্তু সঁচা অৰ্থত ই নিতান্তই আৱশ্যকীয় নহয়। আধানৰ নিকায় এটাৰ বৈদ্যুতিক পৰিবেশৰ বৈশিষ্ট্য দাঙি ধৰিবলৈ ই এটা উত্তম পদ্ধতি। আধানৰ নিকায়টোৰ চৌপাশৰ স্থানৰ কোনো বিন্দুত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰই, আধানসমূহৰ অৱস্থানৰ পৰিবৰ্তন নোহোৱা অৱস্থাত, সেই বিন্দুত এটা একক ধনাত্মক আধান ৰখাহেঁতেন সি কিমান বল অনুভৱ কৰিলেহেঁতেন তাক জানিবলৈ দিয়ে। আধানৰ নিকায়টোৰ এটা বৈশিষ্ট্য হ'ল এই বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ। বিন্দু এটাত ক্ষেত্ৰ নিৰ্ণয় কৰিবলৈ ৰখা পৰীক্ষণীয় আধানৰ ওপৰত ই নিৰ্ভৰ নকৰে। পদাৰ্থ বিজ্ঞানত 'ক্ষেত্ৰ' এই শব্দটোৰে সাধাৰণতে এনেকুৱা এটা ৰাশিক বুজোৱা হয় যি স্থানৰ প্ৰতিটো বিন্দুতে অনন্য হয় আৰু এটা বিন্দুৰ পৰা আন এটা বিন্দুত বিবেচনা কৰিলে ই পৰিবৰ্তিত হ'বও পাৰে। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এটা ভেক্টৰ ৰাশি, যিহেতু বল এটা ভেক্টৰ ৰাশি।

বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ ধাৰণাৰ প্ৰকৃত ভৌতিক তাৎপৰ্য অৱশ্যে তেতিয়াহে ওলাই পৰে, যেতিয়া আমি স্থিতি বিদ্যুতৰ সীমা পাৰ হৈ সময়ৰ সৈতে পৰিবৰ্তনশীল বিদ্যুত চুম্বকীয় পৰিঘটনাৰ লগত কাম কৰোঁ। ধৰা হ'ল পৰস্পৰ আঁতৰত থকা ত্বৰিত গতিসম্পন্ন দুটা আধান q_1 আৰু q_2 ৰ মাজৰ বল বিবেচনা কৰিব লাগে। এতিয়া এটা বিন্দুৰ পৰা আন এটা বিন্দুলৈ প্ৰেৰিত সংকেত বা বাৰ্তাৰ (signal or information) সৰ্বোচ্চ বেগ হ'ল পোহৰৰ বেগ c। গতিকে q_2 আধানৰ ওপৰত আধান q_1 ৰ গতিৰ কোনো ক্ৰিয়া কেতিয়াও তাৎক্ষণিক হ'ব নোৱাৰে। ফলাফল (q_2 ৰ ওপৰত বল) আৰু কাৰণৰ (q_1 ৰ গতি) মাজত কিছু সময়ৰ

ব্যৱধান (time delay) থাকিবই লাগিব। আচলতে ইয়াতেই বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ (একেবাৰে শুদ্ধকৈ ক'বলৈ হ'লে, বিদ্যুত চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰ) ধাৰণাটো স্বাভাৱিক আৰু বৰ উপযোগী।

ক্ষেত্ৰৰ ছবিখন এনেকুৱা ধৰণৰ ঃ আধান q_1ৰ ত্বৰিত গতিয়ে বিদ্যুত চুম্বকীয় ঢৌৰ সৃষ্টি কৰে, যি c বেগত গতি কৰি q_2ক ঢুকি পায় আৰু q_2ৰ ওপৰত এটা বল প্ৰয়োগ কৰে। ক্ষেত্ৰৰ ধাৰণাই সময়ৰ ব্যৱধানৰ সম্যক ব্যাখ্যা আগবঢ়ায়। গতিকে, যদিও আধানৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত ক্ৰিয়াৰ (বল) জৰিয়তেহে বৈদ্যুতিক আৰু চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰৰ অস্তিত্ব ধৰা পেলোৱা হয়, বাস্তৱিকতে ক্ষেত্ৰও ভৌতিক ৰাশি হিচাপে বিবেচনা কৰা হয়, ই কেৱল গাণিতিক গঠনেই নহয়। ক্ষেত্ৰৰ নিজৰ এক **স্বাধীন গতি বিজ্ঞান** (independent dynamics) আছে। অৰ্থাৎ ক্ষেত্ৰসমূহ স্বকীয় সূত্ৰ অনুসৰি বিবৰ্তিত হয়। ইহঁতে শক্তি পৰিবহন কৰিব পাৰে। এনেকৈ, সময়ৰ সৈতে পৰিবৰ্তনশীল বিদ্যুত চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰত উৎস এটি এবাৰ ক্ৰিয়াশীল আৰু এবাৰ নিষ্ক্ৰিয় (turned on and switched off) কৰিলে, ই বিদ্যুত চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰ প্ৰেৰণ কৰে, যিয়ে বহন কৰি নিয়ে শক্তি। ক্ষেত্ৰৰ ধাৰণাটো পোন প্ৰথমবাৰৰ বাবে অৱতাৰণা কৰিছিল ফেৰাডেই (Faraday)। এতিয়া পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ কেন্দ্ৰীয় ধাৰণাবিলাকৰ ভিতৰত ইও এটা।

উদাহৰণ 1.8 ঃ 2.0×10^4 NC^{-1} মানৰ সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখনত এটা ইলেক্ট্ৰন 1.5 cm দূৰত্বলৈ অধোগমন কৰে [চিত্ৰ 1.13 (a)]। ক্ষেত্ৰখনৰ মান একে ৰাখি ইয়াৰ দিশ ওলোটা কৰি প্ৰ'টন এটা সমান দূৰত্ব অধোগমন কৰিবলৈ দিয়া হয় [চিত্ৰ 1.13 (b)]। প্ৰতিটো ক্ষেত্ৰতে অধোগমনৰ সময় কাল (time of fall) নিৰ্ণয় কৰা। মাধ্যাকৰ্ষণৰ বাবে হোৱা অধোগমনৰ লগত জড়িত কৰি ঘটনাটো তুলনা কৰা।



চিত্ৰ 1.13

সমাধান ঃ চিত্ৰ 1.13 (a)ত ক্ষেত্ৰখন ঊৰ্দ্ধমুখী। সেই বাবে ঋণাত্মকভাৱে আহিত ইলেক্ট্ৰনে eE মানৰ নিম্নমুখী বল অনুভৱ কৰে। ইয়াত E বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান। ইলেক্ট্ৰনৰ ত্বৰণ হ'ল—

$a_e = eE/m_e$, য'ত m_e হ'ল ইলেক্ট্ৰনৰ ভৰ।

স্থিৰ অৱস্থাৰ পৰা আৰম্ভ কৰি ইলেক্ট্ৰনটোক h দূৰত্বলৈ অধোগমিত হ'বলৈ সময়ৰ দৰকাৰ হয়,

$$t_e = \sqrt{\frac{2h}{a_2}} = \sqrt{\frac{2hm_2}{eE}}$$

ইয়াত,

$e = 1.6 \times 10^{-19}$C, $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg

$E = 2.0 \times 10^4$ NC^{-1}, $h = 1.5 \times 10^{-2}$m

গতিকে $t_e = 2.9 \times 10^{-9}$s।

চিত্ৰ 1.13 (b)ত, ক্ষেত্ৰখন নিম্নমুখী, ধনাত্মকভাৱে আহিত আধান প্ৰ'টনটোৱে eE মানৰ নিম্নমুখী বল অনুভৱ কৰে। প্ৰ'টনৰ ত্বৰণ

$a_p = eE/m_p$

য'ত m_p প্ৰ'টনৰ ভৰ। $m_p = 1.67 \times 10^{-27}$ kg। প্ৰ'টনৰ বাবে অধোগমনৰ কাল

উদাহৰণ 1.8

$$t_p = \sqrt{\frac{2h}{a_p}} = \sqrt{\frac{2hm_p}{eE}} = 1.3 \times 10^{-7} \text{ ছেকেণ্ড}$$

দেখা গ'ল যে একে দূৰত্বলৈ অধোগমন হ'বৰ বাবে গধুৰ কণিকাটোৱে (প্ৰ'টন) বেছি সময় লয়। এইটোৱে হ'ল 'মাধ্যাকৰ্ষণৰ বাবে হোৱা অধোগমন'ৰ লগত মূল পাৰ্থক্য। মাধ্যাকৰ্ষণৰ বাবে হোৱা অধোগমনৰ অধোগমন কাল বস্তুৰ ভৰ নিৰপেক্ষ। মন কৰা এই উদাহৰণত অধোগমনৰ কাল গণনা কৰোঁতে মাধ্যাকৰ্ষণৰ বাবে হোৱা ত্বৰণক উপেক্ষা কৰা হৈছে। এনেদৰে উপেক্ষা কৰাটো সঠিক হৈছে নে হোৱা নাই চাবলৈ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰত প্ৰ'টনৰ ত্বৰণ গণনা কৰা যাওক ঃ

প্ৰ'টন $a_p = eE / m_p$

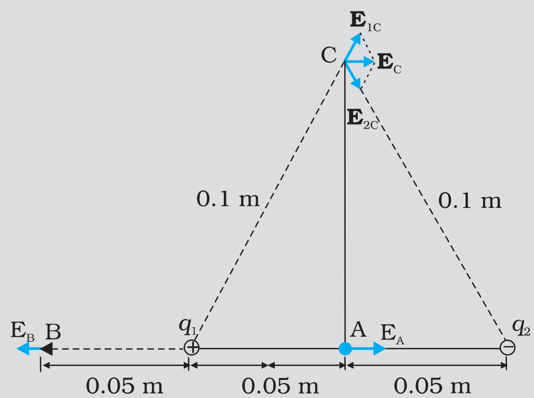
$$= \frac{\left(1.6 \times 10^{-19}\,\text{C}\right) \times \left(2.0 \times 10^{4}\,\text{NC}^{-1}\right)}{1.67 \times 10^{-27}\,\text{kg}}$$

$$= 1.9 \times 10^{12} ms^{-2}$$

এই মান মাধ্যাকৰ্ষিক ত্বৰণ g ৰ ($9.8ms^{-2}$) তুলনাত বহু গুণে বেছি। ইলেক্ট্ৰনৰ ত্বৰণ আনকি ইয়াতকৈও অধিক। গতিকে, এই ক্ষেত্ৰত মাধ্যাকৰ্ষিক ত্বৰণৰ ক্ৰিয়া উপেক্ষা কৰিব পাৰি।

উদাহৰণ 1.8

উদাহৰণ 1.9 ঃ $+10^{-8}$C আৰু -10^{-8} C মানৰ দুটা বিন্দুসম আধান যথাক্ৰমে q_1 আৰু q_2 পৰস্পৰ 0.1 m ব্যৱধানত ৰখা হৈছে। চিত্ৰ 1.14 ত দেখুওৱা ধৰণে A, B আৰু C বিন্দুত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ গণনা কৰা।



চিত্ৰ 1.14

$$E_{1A} = \frac{\left(9 \times 10^{9}\,\text{Nm}^2\text{C}^{-2}\right) \times \left(10^{-8}\,\text{C}\right)}{(0.05\,\text{m})^2} = 3.6 \times 10^4 \text{ NC}^{-1}$$

ঋণাত্মক আধান q_2 ৰ বাবে A ত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}_{2A}$ সোঁদিশে আৰু সমমানৰো। গতিকে A ত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মুঠ মান E_A হ'ল

$$E_A = E_{1A} + E_{2A} = 7.2 \times 10^4\,\text{NC}^{-1}$$

$\vec{E}_A$ ৰ দিশ সোঁদিশে।

ধনাত্মক আধান q_1 ৰ বাবে B ত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}_B$ বাওঁদিশে আৰু ইয়াৰ মান

উদাহৰণ 1.9

$$E_{1B} = \frac{(9\times10^9\,Nm^2C^{-2})\times(10^{-8}C)}{(0.05m)^2} = 3.6\times10^4\ NC^{-1}$$

ধনাত্মক আধান q_2 ৰ বাবে B ত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ সোঁদিশে আৰু ইয়াৰ মান

$$E_{2B} = \frac{(9\times10^9\,Nm^2C^{-2})\times(10^{-8}C)}{(0.15)^2} = 4\times10^3\,NC^{-1}$$

গতিকে B ত মুঠ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান

$$E_B = E_{1B} - E_{2B} = 3.2\times10^4\ NC^{-1}$$

$\vec{E}_B$ ৰ দিশ বাঁও দিশে।

যথাক্ৰমে আধান q_1 আৰু q_2 ৰ বাবে C ত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান

$$E_{1C} = E_{2C} = \frac{(9\times10^9\,Nm^2C^{-2})\times(10^{-8}C)}{(0.10m)^2} = 9\times10^3\ NC^{-1}$$

এই দুই ভেক্টৰৰ দিশ চিত্ৰ (1.14)ত নিৰ্দেশ কৰা হৈছে। দুই ভেক্টৰৰ লব্ধ ভেক্টৰ হ'ল

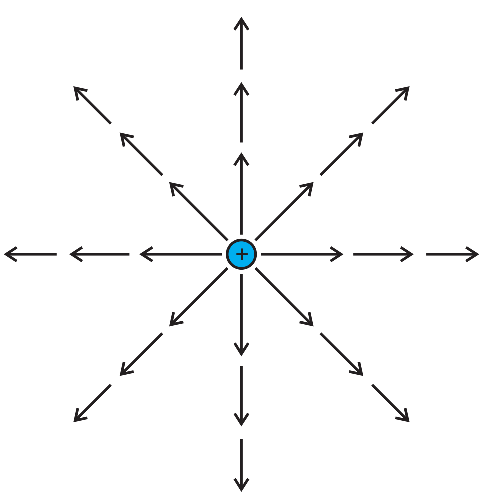
$$E_C = E_1 \cos\frac{\pi}{3} + E_2 \cos\frac{\pi}{3} = 9\times10^3\ NC^{-1}$$

$\vec{E}_C$ ৰ দিশ সোঁদিশে।

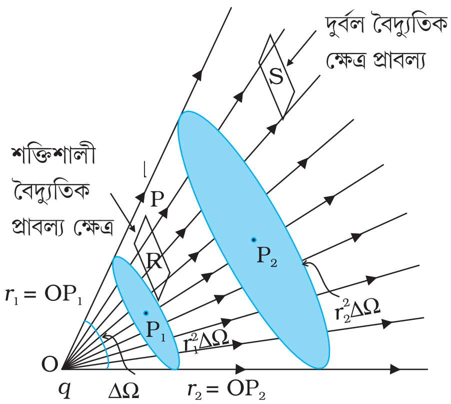
উদাহৰণ 1.9

1.9 বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ-ৰেখা (Electric Field Lines)

আগৰ অধ্যায়ত আমি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ বিষয়ে অধ্যয়ন কৰিছোঁ। ই এটা ভেক্টৰ ৰাশি। ভেক্টৰক যেনেকৈ প্ৰকাশ কৰা হয়, ইয়াকো তেনেকৈ প্ৰকাশ কৰিব পাৰি। এটা বিন্দুসম আধানৰ বাবে সৃষ্ট বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ক চিত্ৰৰ সহায়ত প্ৰকাশ কৰিবলৈ চেষ্টা কৰা যাওক। ধৰা হ'ল মূল বিন্দু (origin)ত বিন্দুসম আধানটো ৰখা হৈছে। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ দিশত প্ৰতিটো বিন্দুতে এনেকৈ ভেক্টৰসমূহ অঙ্কন কৰা যাতে ভেক্টৰৰ দৈৰ্ঘ্য বিন্দুটোত স্থিত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মানৰ সমানুপাতিক হয়। যিহেতু বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান উৎসৰ পৰা দূৰত্বৰ বৰ্গৰ ব্যস্তানুপাতিকভাৱে কমি যায়, গতিকে মূল বিন্দু (উৎস)ৰ পৰা যিমানে আঁতৰলৈ যোৱা যায়, ভেক্টৰৰ দৈৰ্ঘ্যও কমি আহিব। এই ক্ষেত্ৰত সকলো সময়তে ভেক্টৰৰ দিশ অৰীয় (radial)। চিত্ৰ 1.5 য়ে এনেকুৱা এখন ছবিয়ে দেখুৱায়। এই চিত্ৰৰ প্ৰতিটো কাড়চিহ্নই বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ অৰ্থাৎ একক ধনাত্মক আধান এটাৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বলৰ দিশ নিৰ্দেশ কৰে। কাড়চিহ্নৰ নেজৰ (tail) আদি বিন্দুই হ'ল একক ধনাত্মক আধানটোৰ অৱস্থান। নিৰ্দিষ্ট একোটা দিশৰ কাড়চিহ্নসমূহ সংযোগ কৰা লব্ধ কাড়চিহ্নডালে হ'ল এডাল ক্ষেত্ৰ-ৰেখা। এনেদৰে আমি বহুতো ক্ষেত্ৰ-ৰেখা পাম। আটাইবোৰে বিন্দুসম আধানৰ পৰা বাহিৰলৈ ওলাই যোৱা দিশত হ'ব। যিহেতু কাড়চিহ্নৰ দৈৰ্ঘ্যই বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মানৰ বতৰা দিয়ে, ক্ষেত্ৰ-ৰেখাত ক্ষেত্ৰৰ মানৰ কোনো তথ্য নাথাকিব নেকি ? থাকিব। এতিয়া ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ ঘনত্বই বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান প্ৰকাশ কৰিব। আধানটোৰ ওচৰত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ প্ৰবল, গতিকে তাত ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ ঘনত্বও বেছি। অৰ্থাৎ ক্ষেত্ৰ-ৰেখাসমূহ বেছি ওচৰা-উচৰি। আধানটোৰ পৰা যিমানে আঁতৰলৈ যোৱা যায়, সিমানেই ক্ষেত্ৰও দুৰ্বল হৈ আহে আৰু লগে লগে হ্ৰাস পাই আহে ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ ঘনত্ব। ফলস্বৰূপে পোৱা হয় পাৰস্পৰিকভাৱে বহুত ব্যৱধানত থকা ক্ষেত্ৰ-ৰেখাসমূহ।



চিত্ৰ 1.15 বিন্দুসম আধানৰ ক্ষেত্ৰ



চিত্ৰ 1.16-দূৰত্বৰ সৈতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰাবল্যৰ নিৰ্ভৰশীলতা আৰু ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ সংখ্যাৰ সৈতে ইয়াৰ সম্পৰ্ক।

অইন এগৰাকী ব্যক্তিয়ে আৰু বেছি ক্ষেত্ৰ-ৰেখা অঙ্কন কৰিব পাৰে। কিন্তু ৰেখাৰ সংখ্যা গুৰুত্বপূৰ্ণ কথা নহয়। দৰাচলতে এটা অঞ্চলত অসীম সংখ্যক ৰেখা অঙ্কন কৰিব পাৰি। ভিন্ন ভিন্ন অঞ্চলত তুলনামূলক ৰেখাৰ ঘনত্বই হ'ল গুৰুত্বপূৰ্ণ। আমি কাগজৰ পৃষ্ঠাত অৰ্থাৎ দ্বিমাত্ৰাৰ স্থানত চিত্ৰসমূহ অঙ্কন কৰোঁ। কিন্তু আমি বাস কৰোঁ ত্ৰিমাত্ৰাৰ স্থানত। সেই কাৰণে যদি কোনোবাই ৰেখাৰ ঘনত্ব জুখিবলৈ খোজে, তেওঁ *একক প্ৰস্থচ্ছেদৰ মাজেদি লম্বভাৱে পাৰ হৈ যোৱা ৰেখাৰ সংখ্যা বিবেচনা কৰিব লাগিব।* যিহেতু বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ উৎস-আধানৰ পৰা দূৰত্বৰ বৰ্গৰ ব্যস্তানুপাতিকভাৱে কমি যায় আৰু উৎস-আধানক আৱৰি ৰখা কালি উৎস-আধানৰ পৰা দূৰত্বৰ বৰ্গৰ অনুপাতে বাঢ়ি যায়, গতিকে উৎস-আধানৰ পৰা যিমান দূৰত্বৰে নহওক কিয় ইয়াক আৱৰি ৰখা কালিৰ মাজেদি পাৰ হৈ যোৱা ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ সংখ্যা একেই থাকে।

স্থানৰ ভিন্ ভিন্ বিন্দুত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ দিশৰ বতৰা ক্ষেত্ৰ-ৰেখাবোৰে বুজায় বুলি আমি আৰম্ভ কৰিছিলোঁ। নিৰ্দিষ্ট সংখ্যক ক্ষেত্ৰ-ৰেখা আঁকিলে বিভিন্ন বিন্দুত ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ আপেক্ষিক ঘনত্বই (অৰ্থাৎ ৰেখাবোৰ কিমান ওচৰা-উচৰিকৈ আছে) সেই বিন্দুবিলাকত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ আপেক্ষিক প্ৰাবল্যক নিৰ্দেশ কৰে। য'ত ক্ষেত্ৰ প্ৰবল তাত ৰেখা ঘন আৰু য'ত দুৰ্বল তাত ৰেখাৰ সংখ্যা পাতল। 1.16 চিত্ৰত এটা ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ সংহতি দেখুওৱা হৈছে। ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ উলম্বভাৱে R আৰু S বিন্দুত আমি সমমানৰ সৰু কালি কল্পনা কৰি ল'ব পাৰোঁ। আমাৰ চিত্ৰৰ সৰু কালিখণ্ডক (area element) ছেদ কৰা ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ সংখ্যা কালিখণ্ড বিবেচনা কৰা বিন্দুত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মানৰ সমানুপাতিক। চিত্ৰটোৱে দেখুৱাই দিয়ে যে R বিন্দুৰ ক্ষেত্ৰ S বিন্দুৰ ক্ষেত্ৰতকৈ শক্তিশালী।

ক্ষেত্ৰ-ৰেখাই কালি বা অধিক শুদ্ধকৈ ক'বলৈ গ'লে কালিয়ে উৎপন্ন কৰা ঘন-কোণৰ (solid angle) ওপৰত কেনেদৰে নিৰ্ভৰ কৰে, তাক বুজিবলৈ ঘন-কোণৰ সৈতে কালিৰ সম্পৰ্ক উলিয়াবলৈ চেষ্টা কৰা যাওক। ত্ৰিমাত্ৰিক স্থানলৈ কৰা কোণৰ সাধাৰণীকৰণৰ (generalisation) ফলত ঘন-কোণ উৎপন্ন হয়। সমতলীয় কোণৰ সংজ্ঞা দ্বিমাত্ৰিক স্থানত কেনেকৈ দিয়া হৈছিল মনত পেলোৱা। O বিন্দুৰ পৰা R দূৰত্বত ক্ষুদ্ৰ অনুপ্ৰস্থীয় ৰেখা-খণ্ড (line element) Δl বিবেচনা কৰা। এতিয়া O বিন্দুত Δl ৰ দ্বাৰা উৎপন্ন কৰিব পৰা কোণৰ আসন্ন (approximate) মান $\Delta\theta = \Delta l/\ r$। একেদৰে ত্ৰিমাত্ৰাত ক্ষুদ্ৰ উলম্ব সমতলীয় কালিখণ্ডই r দূৰত্বৰ পৰা O বিন্দুত উৎপন্ন কৰিব পৰা ঘন-কোণ * ক লিখিব পাৰি, $\Delta\Omega = \Delta S/\ r^2$ হিচাপে। আমি জানো যে এটা নিৰ্দিষ্ট ঘন-কোণত অৱীয় ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ সংখ্যা একে থাকে। চিত্ৰ 1.16 ত উৎস-আধানৰ পৰা যথাক্ৰমে r_1 আৰু r_2 দূৰত্বত P_1 আৰু P_2 দুটা বিন্দু। উৎস-আধান থকা বিন্দুত উৎপন্ন কৰা ঘণকোণ, ΔΩ ৰ বাবে যথাক্ৰমে P_1 ত কালিখণ্ড $r_1^2\,\Delta\Omega$ আৰু P_2 ত ক্ষেত্ৰখণ্ড $r_2^2\Delta\Omega$। এই ক্ষেত্ৰখণ্ড দুইটাক ছেদ কৰা ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ (ধৰা হ'ল n) সংখ্যা পৰস্পৰ সমান। গতিকে, যথাক্ৰমে P_1 আৰু P_2 বিন্দুত একক কালিক ছেদ কৰা ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ সংখ্যা হ'ল $n\ /\ (r_1^2\Delta\Omega)$ আৰু $n\ /\ (r_2^2\Delta\Omega)$। যিহেতু nআৰু ΔΩ দুয়োটা পদতে আছে গতিকে, ক্ষেত্ৰৰ প্ৰাবল্য স্পষ্টভাৱে $1/r^2$ ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল।

কোনো এটি আহিত বস্তুৰ চৌপাশে থকা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ চাক্ষুষ ধাৰণা এটা অগণিতীয় চিন্তনৰ দ্বাৰা উলিয়াবৰ বাবে ফেৰাডেই পোন প্ৰথমবাৰৰ বাবে ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ ছবিটো আৱিষ্কাৰ কৰিছিল। ফেৰাডেই এইবোৰৰ নাম ৰাখিছিল **বলৰেখা** (lines of force) **বুলি। কিন্তু শব্দটো কিছুদূৰ ভুল অৰ্থবাহক, বিশেষকৈ চুম্বক ক্ষেত্ৰৰ বাবে। শুদ্ধতাৰ দিশত বেছি ওচৰ চপা শব্দটো হ'ল ক্ষেত্ৰ-ৰেখা** (বৈদ্যুতিক আৰু চুম্বকীয় উভয়তে)। এই পাঠ্যপুথিত আমি এই শব্দটোৱে গ্ৰহণ কৰিছোঁ।

---

* ঘন-কোণ হ'ল শংকুৰ (cone) জোখ (measure)। R ব্যাসাৰ্দ্ধৰ গোলক এটাক এটা শংকুৱে ছেদ কৰিছে বুলি বিবেচনা কৰা। এতিয়া ঘন-কোণ ΔΩ ৰ সংজ্ঞা দিয়া হয় $\Delta S/\ r^2$ ৰ দ্বাৰা। ইয়াত ΔS হ'ল শংকুটোৱে কটা গোলকৰ কালি-খণ্ড।

কোনো এক আহিত বস্তুৰ গঠনৰ চৌপাশে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰক ছবিৰ ৰূপত দাঙি ধৰাৰ এটি উপায় হ'ল বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ অংকন। *সাধাৰণতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ-ৰেখা এনেকুৱাকৈ অঁকা এডাল বক্ৰৰেখা যাৰ প্ৰতিটো বিন্দুতে টনা স্পৰ্শকে সেই বিন্দুত মুঠ ক্ষেত্ৰৰ দিশ নিৰ্দেশ কৰে।* বক্ৰ ৰেখাত স্পৰ্শকৰ দ্বাৰা দেখুৱাব পৰা দুই সম্ভাব্য দিশৰ পৰা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ নিৰ্দেশ কৰিবলৈ বক্ৰ ৰেখাত এটা কাড়চিহ্ন যে আৱশ্যকীয় সেয়া স্পষ্ট। ক্ষেত্ৰ-ৰেখা হ'ল স্থানত অঙ্কন কৰা ৰেখা, অৰ্থাৎ ত্ৰিমাত্ৰাত লোৱা ৰেখা।

(1.17) চিত্ৰত কিছুসংখ্যক সৰল আধান-গঠনৰ (charged configuration) চৌপাশে ক্ষেত্ৰ-ৰেখাসমূহক দেখুওৱা হৈছে। আগতে উনুকিয়াই থোৱাৰ দৰে যদিও ক্ষেত্ৰ-ৰেখাসমূহ ত্ৰিমাত্ৰাৰ স্থানত অংকন কৰা ৰেখা, চিত্ৰত কিন্তু এইবোৰ সমতলত আবদ্ধ। অকলশৰীয়া ধনাত্মক আধান এটাৰ বাবে ক্ষেত্ৰ-ৰেখাবোৰ অৰীয়ভাৱে বাহিৰলৈ যোৱা; আকৌ অকলশৰীয়া ঋণাত্মক আধানৰ বাবে ক্ষেত্ৰ-ৰেখাবোৰ ভিতৰলৈ অৰীয়ভাৱে উৎস আধানমুখী। দুটা ধনাত্মক আধান (q, q)ৰ নিকায় এটাৰ চৌপাশে অংকিত ক্ষেত্ৰ-ৰেখাবোৰে পাৰস্পৰিক বিকৰ্ষণৰ ছবি এখন তুলি ধৰে। আনহাতে দুটা সমান কিন্তু পৰস্পৰ বিপৰীত আধানৰ (q, –q) নিকায় এটাই বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু হিচাপে পৰিগণিত হয়। ইয়াৰ অংকিত ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ ছবিখনে আধানৰ পাৰস্পৰিক আকৰ্ষণৰ ৰূপটো স্পষ্টভাৱে দাঙি ধৰে। ক্ষেত্ৰ-ৰেখাবোৰে কিছুসংখ্যক গুৰুত্বপূৰ্ণ ধৰ্ম অনুসৰণ কৰে ঃ

(i) ক্ষেত্ৰ-ৰেখাবোৰ ধনাত্মক আধানত আৰম্ভ হয় আৰু ঋণাত্মক আধানত শেষ হয়। যদি এটা গাইগুটীয়া (single) আধান হয়, ক্ষেত্ৰ-ৰেখাবোৰ অসীমত আৰম্ভ হ'ব নতুবা শেষ হ'ব।

(ii) আধানবিহীন স্থানত মাজত কোনো ছেদ নোহোৱাকৈ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ-ৰেখাবোৰ একোডাল অবিচ্ছিন্ন (continuous) বক্ৰৰেখা।

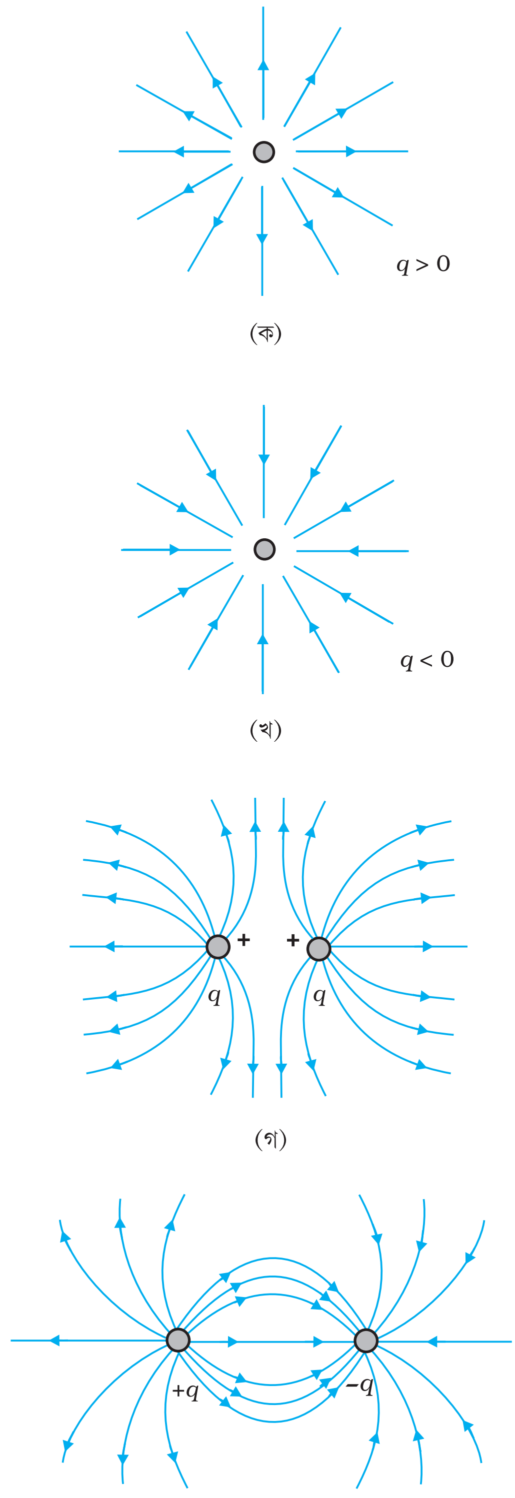
(iii) দুডাল ক্ষেত্ৰ-ৰেখাই কেতিয়াও কটাকটি নকৰে (যদি কৰা বুলি ধৰা হয়, ছেদ বিন্দুত ক্ষেত্ৰৰ দিশ এককভাৱে নিৰ্দেশিত নহ'ব, যিটো অবাস্তৱ)।

(iv) স্থিতি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ-ৰেখাই কেতিয়াও আবদ্ধ বৰ্তুলৰ আকাৰ (closed loop) নলয়। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ সংৰক্ষণশীল প্ৰকৃতিৰ পৰা এই সিদ্ধান্ত লৈ আহিব পাৰি (অধ্যায় 2)।

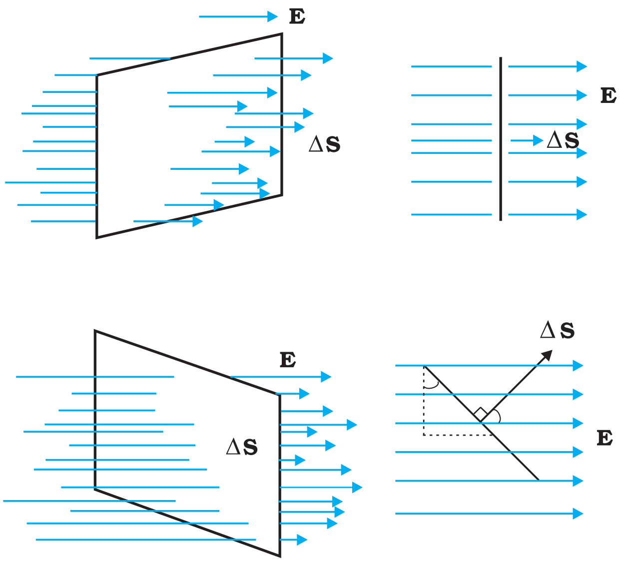
1.10 বৈদ্যুতিক ফ্লাক্স বা বৈদ্যুতিক অভিবাহ (Electric Flux)

কোনো এক ক্ষুদ্ৰ সমতলীয় পৃষ্ঠ dS ৰ মাজেদি ইয়াৰ অভিলম্ব দিশত $\vec{\upsilon}$ বেগেৰে গতি কৰা তৰল এটাৰ কথা বিবেচনা কৰা। তৰলৰ প্ৰবাহৰ হাৰ একক সময়ত পৃষ্ঠক অতিক্ৰম কৰা আয়তন υdS ৰ সমান। ইয়েই পৃষ্ঠখনৰ মাজেদি প্ৰবাহিত হোৱা তৰলৰ ফ্লাক্সক বুজায়। যদি পৃষ্ঠৰ অভিলম্ব (normal), তৰলৰ প্ৰবাহৰ দিশৰ সমান্তৰাল নহয়, অৰ্থাৎ $\vec{\upsilon}$ৰ সমান্তৰাল নহয়, তেতিয়া $\vec{\upsilon}$ৰ উলম্ব দিশত নিৰ্দেশিত পৃষ্ঠৰ অংশ হ'ব $\upsilon dS \cos\theta$। ইয়াত θ হ'ল তৰল প্ৰবাহৰ দিশে $\vec{\upsilon}$ৰ দিশৰ সৈতে কৰা কোণ। গতিকে এনেকুৱা ক্ষেত্ৰত, dSৰ মাজেদি ওলোৱা তৰলৰ ফ্লাক্স $\vec{\upsilon}.\hat{n}\,dS$, য'ত $\hat{n}$,dS ৰ অভিলম্ব দিশত লোৱা একক ভেক্টৰ।

বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ বাবে, আমি এটা সদৃশ ৰাশিৰ (analogous quantity) সংজ্ঞা আগবঢ়াম, যাক কোৱা হ'ব **বৈদ্যুতিক ফ্লাক্স** বা **বৈদ্যুতিক অভিবাহ** (electric flux)।



চিত্ৰ-1.17 ঃ কিছুসংখ্যক সৰল আধান গঠনৰ চৌপাশে ক্ষেত্ৰ-ৰেখা

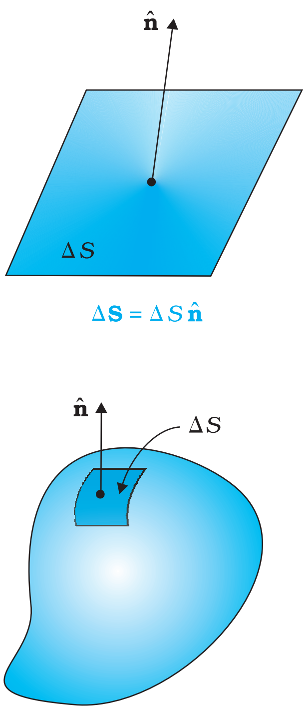


চিত্ৰ 1.18 $\vec{E}$ আৰু $\hat{n}$ ৰ মাজৰ কোণ θ ৰ ওপৰত ফ্লাক্সৰ নিৰ্ভৰশীলতা

আমি অৱশ্যে মন কৰা উচিত যে এই ক্ষেত্ৰত তৰলৰ প্ৰবাহৰ দৰে কোনো পদাৰ্থৰ প্ৰবাহ দেখা নহয়।

ওপৰত বৰ্ণনা কৰা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ ছবিখনত আমি একক কালিৰ মাজেদি পাৰ হৈ যোৱা ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ সংখ্যাৰ কথা উনুকিয়াইছিলোঁ। একক কালিক বিবেচনা কৰা হৈছিল ক্ষেত্ৰৰ কোনো এটা বিন্দুত ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ উলম্ব দিশত। অতিক্ৰম কৰা ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ সংখ্যাই হ'ল সেই বিন্দুত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ জোখ। অৰ্থাৎ ইয়াৰ অৰ্থ হ'ল কোনো বিন্দুত $\vec{E}$ ৰ অভিলম্ব দিশত যদি ক্ষুদ্ৰ সমতলীয় কালিখণ্ড ΔSক বিবেচনা কৰা হয়, তেতিয়া ইয়াৰ মাজেদি পাৰ হৈ যোৱা ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ সংখ্যা EΔS ৰ সমানুপাতিক *। ধৰা হ'ল এতিয়া ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ দিশৰ সাপেক্ষে ৰেখা-খণ্ড θ কোণত ঘূৰাই দিয়া হ'ল। স্পষ্টতঃ কালিখণ্ডৰ মাজেদি পাৰ হৈ যোৱা ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ সংখ্যা তুলনামূলকভাৱে কমি যাব। E ৰ উলম্ব দিশত নিৰ্দেশিত কালিখণ্ড হ'ল ΔS cosθ। গতিকে, ΔS ক অতিক্ৰম কৰা ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ সংখ্যা হ'ল EΔS cosθৰ সমানুপাতিক। যেতিয়া $\theta = 90^0$, ক্ষেত্ৰ-ৰেখা, ΔS ৰ সমান্তৰাল হয়। ফলত ক্ষেত্ৰ-ৰেখা ΔS ৰ মাজেদি সমূলি ওলাই নাযায় (চিত্ৰ 1.18)।

বিভিন্ন ক্ষেত্ৰত, কালিখণ্ডৰ কেৱল মানেই নহয়, ইয়াৰ কৌণিক অৱস্থানো গুৰুত্বপূৰ্ণ। উদাহৰণ স্বৰূপে পানীৰ সোঁতত ৰখা এটা আঙঠিৰ (ring) মাজেদি কিমানখিনি পানী ওলাই যাব ই স্বাভাৱিকতে তুমি আঙঠিটো কেনেকৈ ধৰিছা তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। তুমি যদি আঙঠিটো প্ৰবাহৰ দিশৰ উলম্বভাৱে ধৰা, আঙঠিৰ অন্য কৌণিক অৱস্থানৰ তুলনাত এই অৱস্থানত সৰ্বোচ্চ পৰিমাণৰ পানী ইয়াৰ মাজেৰে ওলাই যাব। এই ফলাফলে দেখুৱাই দিয়ে যে কালিখণ্ডক ভেক্টৰ হিচাপে বিবেচনা কৰিব লাগে। ইয়াৰ মানৰ সৈতে দিশো আছে। স্পষ্টভাৱে সমতলৰ ওপৰত অংকন কৰা অভিলম্বই তলখনৰ কৌণিক অৱস্থান নিৰ্দেশ কৰে। প্ৰত্যেক ক্ষুদ্ৰ কালিখণ্ডক সমতলীয় হিচাপে বিবেচনা কৰিব পাৰি। এনে স্থলত ইয়াৰ সৈতে জড়িত ভেক্টৰ হ'ব আগতে ব্যাখ্যা কৰাৰ দৰে।



চিত্ৰ 1.19ঃ অভিলম্ব আৰু ΔS ক সূত্ৰায়িত কৰাৰ চলিত প্ৰথা।

এইখিনিতে, এটা দ্ব্যৰ্থবোধক কথালৈ লক্ষ্য কৰা। অভিলম্বৰ দিশত নিৰ্দেশিত হয় কালিখণ্ডৰ দিশ। কিন্তু অভিলম্বই দুটা দিশলৈ নিৰ্দেশ কৰিব পাৰে। এই দুই দিশৰ কোনটো দিশক আমি কালিখণ্ডৰ সৈতে জড়িত ভেক্টৰৰ দিশ হিচাপে বিবেচনা কৰিম? নিৰ্দিষ্ট প্ৰসংগত চলিত সঠিক নিয়ম ব্যৱহাৰ কৰি সেই সমস্যাৰ সমাধান কৰিব পাৰি। আবদ্ধ পৃষ্ঠৰ বাবে, এই প্ৰচলিত নিয়ম তেনেই সৰল। আবদ্ধ পৃষ্ঠৰ প্ৰতি কালিখণ্ডৰ লগত জড়িত ভেক্টৰক বহিৰ্মুখী অভিলম্বৰ দিশত লোৱা হয়। 1.19 চিত্ৰত এই প্ৰচলিত প্ৰথা ব্যৱহাৰ কৰা হৈছে। গতিকে, আবদ্ধ পৃষ্ঠৰ কোনো বিন্দুত বিবেচনা কৰা $\Delta \mathbf{S}$ কালিখণ্ড $\Delta S\hat{n}$ ৰ সমান। ইয়াত ΔS কালিখণ্ডৰ মান আৰু $\hat{n}$ বিন্দুটোত বিবেচনা কৰা বহিৰ্মুখী অভিলম্বৰ দিশত লোৱা একক ভেক্টৰ।

এতিয়া আমি বৈদ্যুতিক ফ্লাক্সৰ সংজ্ঞালৈ আহোঁ। কালিখণ্ড ΔS ৰ মাজেদি পাৰ হোৱা Δϕ ফ্লাক্স হ'ল

$$\Delta\phi = \vec{E}.\vec{\Delta S} = E\Delta S\cos\theta \tag{1.11}$$

* ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ সংখ্যা EΔS ৰ সমান বুলি কোৱাটো সঠিক নহ'ব। প্ৰকৃতাৰ্থত, ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ সংখ্যা নিৰ্ভৰ কৰে কিমান বেছি সংখ্যক ক্ষেত্ৰ-ৰেখা আমি অংকন কৰিবলৈ বিচাৰিছোঁ। ভিন্ ভিন্ বিন্দুত বিবেচনা কৰা ভিন্ ভিন্ কালি-খণ্ডৰ মাজেদি পাৰ হৈ যোৱা ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ সংখ্যাৰ তুলনামূলক সংখ্যাহে ভৌতিকভাৱে গুৰুত্বপূৰ্ণ।

যিটো, আগতে দেখিবলৈ পোৱাৰ দৰে, কালিখণ্ডক ছেদ কৰা ক্ষেত্ৰ-ৰেখাৰ সংখ্যাৰ সমানুপাতিক। θ হ'ল $\vec{E}$ আৰু $\overrightarrow{\Delta S}$ ৰ মাজৰ কোণ। ইতিমধ্যে প্ৰচলিত প্ৰথা অনুসৰি, আবদ্ধ পৃষ্ঠৰ বাবে θ হ'ল $\vec{E}$ আৰু কালিখণ্ডৰ ওপৰত লোৱা বহিৰ্মুখী অভিলম্বৰ মাজৰ কোণ। মন কৰা আমি $E\Delta S\ \cos\theta$, এই প্ৰকাশ ৰাশিক দুই ধৰণে চাব পাৰো। অৰ্থাৎ $\vec{E}$ ৰ উলম্ব দিশত নিৰ্দেশিত কালিখণ্ডৰ মানৰ E গুণ, নতুবা $E_{\perp}\Delta S$ অৰ্থাৎ কালিখণ্ডৰ অভিলম্বৰ দিশত পোৱা $\vec{E}$ ৰ উপাংশ আৰু কালিখণ্ডৰ মানৰ পূৰণফল। বৈদ্যুতিক ফ্লাক্সৰ একক হ'ল $NC^{-1}m^2$।

1.11 সমীকৰণত প্ৰকাশ পোৱা বৈদ্যুতিক ফ্লাক্সৰ মৌলিক সংজ্ঞা, নীতিগতভাৱে, যিকোনো পৃষ্ঠৰ মাজেদি অতিক্ৰম কৰা মুঠ ফ্লাক্স গণনা কৰিবলৈ ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰি। মনকৰিবলগীয়া পদ্ধতিটো হ'ল পৃষ্ঠখনক সৰু সৰু পৃষ্ঠখণ্ডত ভাগ কৰি ল'ব লাগে। এতিয়া প্ৰতিটো পৃষ্ঠখণ্ডৰ বাবে ফ্লাক্স গণনা কৰি আটাইবোৰ ফ্লাক্সৰ যোগফল লোৱা হয়। গতিকে, S পৃষ্ঠৰ মাজেদি অতিক্ৰম কৰা মুঠ ϕ ফ্লাক্স হ'ল

$$\phi \cong \Sigma\,\vec{E}.\vec{\Delta S} \qquad (1.12)$$

সমান চিনৰ ঠাইত আসন্ন চিন (approximation sign) এইবাবেই ব্যৱহাৰ কৰা হৈছে যে ক্ষুদ্ৰ কালিখণ্ডত $\vec{E}$ ধ্ৰুৱক হিচাপে বিবেচিত হয়। গাণিতিকভাৱে তুমি limit $\Delta S \to 0$ লৈ (1.12) সমীকৰণৰ যোগফলৰ চিন (Σ)ক সমাকললৈ (Integral) পৰিবৰ্তন কৰিব লাগে।

1.11 বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু (Electic Dipole)

এযোৰ সমমানৰ কিন্তু বিপৰীত প্ৰকৃতিৰ আধান q আৰু $-q$ পৰস্পৰ 2a ব্যৱধানত থাকিলে, ইয়াক বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু বোলে। দুয়োটা আধানক সংযোগী ৰেখাডালে স্থানত (in space) এটা দিশ নিৰ্দেশ কৰে। প্ৰচলিত নিয়মানুসৰি এই ৰেখাৰে $-q$ ৰ পৰা q লৈ দ্বিমেৰুৰ দিশ নিৰ্দেশ কৰা হয়। $-q$ আৰু q ৰ ব্যৱধানৰ মধ্যবিন্দুক দ্বিমেৰুৰ কেন্দ্ৰ বুলি কোৱা হয়।

স্পষ্টভাৱেই বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু এটাৰ মুঠ আধান শূন্য। ইয়াৰ অৰ্থ এইটো নহয় যে বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু এটাৰ ক্ষেত্ৰ শূন্য। যিহেতু আধান q আৰু $-q$ ৰ মাজত ব্যৱধান থাকে, গতিকে কোনো বিন্দুত দুয়োটা আধানৰ বাবে সৃষ্টি হোৱা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ যোগফল ল'লে এখন ক্ষেত্ৰই আনখন ক্ষেত্ৰৰ ক্ৰিয়া সম্পূৰ্ণকৈ নোহোৱা কৰিব নোৱাৰে। অৱশ্যে, দুই আধানৰ ব্যৱধানতকৈ তুলনামূলকভাৱে বহুত বেছি আঁতৰৰ কোনো বিন্দুত ($r>>2a$) q আৰু $-q$ আধানৰ বাবে সৃষ্ট ক্ষেত্ৰ দুখনে পৰস্পৰে পৰস্পৰৰ ক্ৰিয়া নোহোৱা কৰে। অৰ্থাৎ অতি বেছি দূৰত্বত দ্বিমেৰু এটাৰ বাবে সৃষ্ট বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ হ্ৰাস $1/r^2$ তকৈও (অকলশৰীয়া আধানৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ r ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীলতা) তীব্ৰ। গুণগত এই ধাৰণাসমূহ তলত আগবঢ়োৱা বিস্তাৰিত গণনাৰ পৰা পাব পাৰি

(i) **অক্ষত লোৱা বিন্দুৰ বাবে (For points on the axis)**

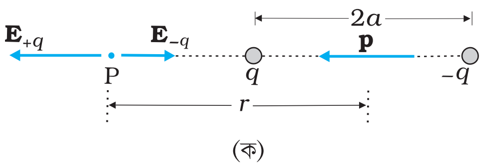
1.20 (ক) চিত্ৰত দেখুওৱাৰ দৰে দ্বিমেৰুৰ q আধানৰফালে কেন্দ্ৰৰ পৰা r দূৰত্বত P এটা বিন্দু বিবেচনা কৰা হ'ল। এতিয়া,

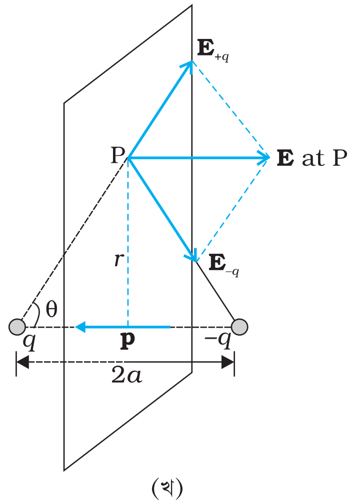
$$\vec{E}_{-q} = -\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 (r+a)^2}\,\hat{p} \qquad [1.13(a)]$$

ই $\hat{p}$ দ্বিমেৰুৰ অক্ষৰে বিবেচনা কৰা একক ভেক্টৰ ($-q$ ৰ পৰা q লৈ)। আকৌ

$$\vec{E}_{+q} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 (r-a)^2}\,\hat{p} \qquad [1.13\,(b)]$$

P বিন্দুত মুঠ ক্ষেত্ৰ





চিত্ৰ- 1.20 এটা বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুৰ বাবে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ। (ক) অক্ষৰ কোনো বিন্দুত (খ) দ্বিমেৰুৰ বিষুবীয় তল (equatorial plane)ৰ কোনো বিন্দুত। দ্বিমেৰু ভ্ৰামক (dipole moment) $\vec{p}$ ৰ মান $P = q \times 2a$ আৰু ইয়াৰ দিশ $-q$ ৰ পৰা q লৈ।

$$\vec{E} = \vec{E}_{+q} + \vec{E}_{-q}$$

$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{(r-a)^2} - \frac{1}{(r+a)^2}\right]\hat{P}$$

$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{4ar}{(r^2-a^2)^2}\hat{P} \tag{1.14}$$

$r >> a$ ৰ কাৰণে,

$$\vec{E} = \frac{4qa}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\hat{P} \qquad (r >> a) \tag{1.15}$$

(ii) **বিষুৱীয় সমতলৰ বিন্দুৰ বাবে (For points on the equitorial plane)**

যথাক্ৰমে আধান $+q$ আৰু $-q$ ৰ বাবে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান

$$E_{+q} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{r^2+a^2} \qquad [1.16\,(a)]$$

$$E_{-q} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{r^2+a^2} \qquad [1.16\,(b)]$$

গতিকে পৰস্পৰ সমান।

1.20 (খ) চিত্ৰত $\vec{E}_q$ আৰু $\vec{E}_{-q}$ ৰ দিশ দেখুওৱা হৈছে। স্পষ্টভাৱে দ্বিমেৰুৰ অক্ষৰ উলম্ব দিশৰ ক্ষেত্ৰৰ উপাংশ পৰস্পৰ নোহোৱা হ'ব। দ্বিমেৰুৰ অক্ষৰ দিশৰ উপাংশহে যোগ হ'ব। মুঠ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ হ'ব $\hat{p}$ ৰ বিপৰীত দিশত। এতিয়া, আমি পাঁও

$$\vec{E} = -(E_{+q} + E_{-q})\cos\theta\,\hat{p}$$

$$= -\frac{2qa}{4\pi\varepsilon_0(r^2+a^2)^{3/2}}\hat{p} \tag{1.17}$$

অতি বেছি দূৰত্বত ($r>>a$), এই সমীকৰণৰ ৰূপ হয়,

$$\vec{E} = -\frac{2qa}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\hat{p} \qquad (r >> a) \tag{1.18}$$

1.15 আৰু 1.18 সমীকৰণৰ পৰা এইটো স্পষ্ট যে বেছি দূৰত্বত দ্বিমেৰু-ক্ষেত্ৰৰ প্ৰকাশৰাশিত q আৰু a বেলেগে বেলেগে ব্যৱহৃত নহয়, গুণফল qa হে ব্যৱহৃত হয়। ইয়েই দ্বিমেৰু ভ্ৰামকৰ সংজ্ঞাৰ ইঙ্গিত দিয়ে। এটা বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুৰ **দ্বিমেৰু-ভ্ৰামক** গাণিতিকভাৱে, সংজ্ঞা দিয়া হয় এইদৰে—

$$\vec{p} = q \times 2a\,\hat{P} \tag{1.19}$$

অৰ্থাৎ, ই হ'ল এনেকুৱা এটা ভেক্টৰ যাৰ মান দুই আধানৰ (আধানযোৰ q আৰু $-q$) মাজৰ ব্যৱধান $2a$ আৰু আধান q ৰ গুণফলৰ সমান। ইয়াৰ দিশ দুই আধান সংযোগী ৰেখাৰে $-q$ ৰ পৰা q লৈ। $\vec{p}$ অন্তৰ্ভুক্ত কৰিলে বেছি দূৰত্বত দ্বিমেৰুৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰকাশৰাশিয়ে সৰল ৰূপ লয় ঃ

দ্বিমেৰু অক্ষৰ কোনো বিন্দুত

$$\vec{E} = \frac{2\vec{p}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}, \qquad (r >> a) \tag{1.20}$$

বিষুৱীয় তলৰ কোনো বিন্দুত

$$\vec{E} = -\frac{\vec{p}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}, \ (r >> a) \qquad (1.21)$$

মনকৰিবলগীয়া গুৰুত্বপূৰ্ণ কথাটো হ'ল যে বেছি দূৰত্বত দ্বিমেৰুৰ ক্ষেত্ৰখন $1/r^2$ দৰে নহয়, $1/r^3$ ধৰণেহে হ্ৰাস পায়। তদুপৰি, দ্বিমেৰুৰ দিশ আৰু মান কেৱল দূৰত্ব r ৰ ওপৰতেই যে নিৰ্ভৰ কৰে এনে নহয়, ই অৱস্থান ভেক্টৰ $\vec{r}$ আৰু দ্বিমেৰু ভ্ৰামক $\vec{p}$ ৰ মাজৰ কোণৰ ওপৰতো নিৰ্ভৰ কৰে।

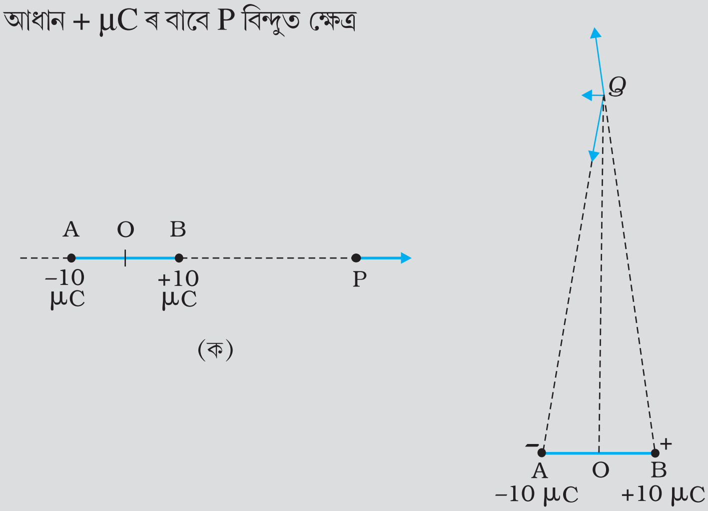
যেতিয়া 2a শূন্যমানলৈ অগ্ৰসৰ হয়, আমি দ্বিমেৰু-দৈৰ্ঘ্যৰ সীমাৰ কথা বিবেচনা কৰিব পাৰো। q ৰ মান এনেদৰে অসীমৰ কাষ চাপি যায় যে পূৰণফল $p = q\times 2a$ সসীম হয়। এনেকুৱা দ্বিমেৰুকে কোৱা হয় বিন্দুসম দ্বিমেৰু (point dipole)। বিন্দুসম দ্বিমেৰুৰ বাবে, সমীকৰণ (1.20) আৰু (1.21) একেবাৰে সঠিক, আৰু r ৰ যিকোনো মানৰ বাবে সত্য।

1.11.2 দ্বিমেৰুৰ ভৌতিক তাৎপৰ্য (Physical significance of dipoles)

বেছিভাগ অণুতেই, ধনাত্মক আধান কেন্দ্ৰ আৰু ঋণাত্মক আধান কেন্দ্ৰ * একে ঠাইতে অৱস্থান কৰে। গতিকে ইহঁতৰ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক শূন্য। CO_2 আৰু CH_4 এই ধৰণৰ অণুৰ উদাহৰণ। অৱশ্যে, ইহঁতক যদি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰত ৰখা হয়, ইহঁতৰো দ্বিমেৰু ভ্ৰামক উৎপন্ন হয়। কিন্তু, কিছুমান অণুৰ ক্ষেত্ৰত ঋণাত্মক আধান কেন্দ্ৰ আৰু ধনাত্মক আধান কেন্দ্ৰ একে স্থানতে অৱস্থান নকৰে। গতিকে বাহিৰৰ পৰা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ আৰোপিত নহ'লেও এনেকুৱা অণুবিলাকৰ স্থায়ী বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু ভ্ৰামক থাকে। এনে ধৰণৰ অণুবিলাকক কোৱা হয় মেৰুলব্ধ বা প'লাৰ (polar) অণু। পানীৰ অণু H_2O হ'ল এনে এবিধ অণু। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ উপস্থিতি বা অনুপস্থিতিত বিভিন্ন বস্তুৱে আকৰ্ষণীয় ধৰ্ম প্ৰদৰ্শন কৰে আৰু গুৰুত্বপূৰ্ণ প্ৰয়োগৰ অৱতাৰণা কৰে।

উদাহৰণ 1.10 ঃ $\pm 10\ \mu C$ মানৰ দুটা আধান পৰস্পৰ 5.0 mm ব্যৱধানত ৰখা হৈছে। (ক) দ্বিমেৰু অক্ষৰ কেন্দ্ৰ O ৰ পৰা ধনাত্মক আধানৰ দিশত 1.21 (ক) চিত্ৰত দেখুওৱা ধৰণে 15 cm আঁতৰৰ কোনো বিন্দু P ত আৰু (খ) দ্বিমেৰু অক্ষৰ O ত লোৱা লম্বৰেখাৰে 15 cm আঁতৰত থকা Q বিন্দুত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধান (ক) আধান + μC ৰ বাবে P বিন্দুত ক্ষেত্ৰ



চিত্ৰ ঃ 1.21

উদাহৰণ 1.10

* ভৰকেন্দ্ৰৰ (centre of mass) দৰে বিন্দুসম আধানসমূহৰ কেন্দ্ৰবিন্দুৰো একে ধৰণে সংজ্ঞা দিয়া হয় ঃ $\vec{r}_{cm} = \frac{\sum_i q_i \vec{r}_i}{\sum_i q_i}$

$$= \frac{10^{-5}C}{4\pi(8.854\times10^{-12}C^2N^{-1}m^{-2})}\times\frac{1}{(15-0.25)^2\times10^{-4}m^2}$$

$= 4.13 \times 10^6\ NC^{-1}$, BP ৰ দিশত।

আধান $-10\ \mu C$ ৰ বাবে P বিন্দুত ক্ষেত্র

$$= \frac{10^{-5}C}{4\pi(8.854\times10^{-12}C^2N^{-1}m^{-2})}\times\frac{1}{(15+0.25)^2\times10^{-4}m^2}$$

$= 3.86 \times 10^6\ NC^{-1}$, PA ৰ দিশত।

যথাক্রমে A আৰু B বিন্দুত লোৱা এই দুই আধানৰ বাবে P বিন্দুত লব্ধ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র

$= 2.7 \times 10^5\ NC^{-1}$, BP ৰ দিশত।

এই উদাহৰণটোত, অনুপাত OP/OB যথেষ্ট ডাঙৰ (= 60)। গতিকে, আমি আশা কৰিব পাৰো, দ্বিমেৰুৰ অক্ষৰ দিশে দিশে আঁতৰৰ বিন্দু এটাৰ বাবে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রৰ গাণিতিক প্ৰকাশৰাশি ব্যৱহৃত কৰিও ওচৰা-উচৰিকৈ উক্ত মান পোৱা উচিত। 2a ব্যৱধান আৰু $\pm q$ আধানেৰে গঠিত দ্বিমেৰুৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা অক্ষৰ দিশে দিশে r দূৰত্বত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রৰ মান

$$E = \frac{2P}{4\pi\varepsilon_0 r^3}, \qquad (r/a >> 1)$$

ইয়াত, $P = 2aq$ হ'ল দ্বিমেৰু ভ্ৰামকৰ মান।

দ্বিমেৰু-অক্ষৰ ওপৰত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রৰ দিশ সদায় দ্বিমেৰু-ভ্ৰামক ভেক্টৰৰ দিশত হয় (অৰ্থাৎ $-q$ ৰ পৰা qৰ দিশত)। ইয়াত, $P = 10^{-5}C \times 5 \times 10^{-13}m = 5 \times 10^{-8}\,cm$

$$\text{গতিকে, } E = \frac{2\times5\times10^{-8}cm}{4\pi(8.854\times10^{-12}C^2N^{-1}m^{-2})}\times\frac{1}{(15)^3\times10^{-6}m^3}$$

$= 2.6 \times 10^5\ NC^{-1}$, দ্বিমেৰু-ভ্ৰামকৰ দিশ AB ৰ দিশত।

এই মান, আগতে পোৱা মানৰ ওচৰা-উচৰি।

(খ) B বিন্দুত থকা আধান $+10\ \mu C$ ৰ বাবে Q বিন্দুত ক্ষেত্র

$$= \frac{10^{-5}C}{4\pi(8.854\times10^{-12}C^2N^{-1}m^{-2})}\times\frac{1}{[15^2+(0.25)^2]\times10^{-4}m^2}$$

$= 3.99 \times 10^6\ NC^{-1}$, BQ ৰ দিশত।

A ত লোৱা আধান $-10\ \mu C$ ৰ বাবে Q ত ক্ষেত্র

$$= \frac{10^{-5}C}{4\pi(8.854\times10^{-12}C^2N^{-1}m^{-2})}\times\frac{1}{[15^2+(0.25)^2]\times10^{-4}m^2}$$

$= 3.99 \times 10^6\ NC^{-1}$, QA ৰ দিশত।

স্পষ্টভাৱে, সমমানৰ এই দুই বলৰ OQ দিশত লোৱা উপাংশ দুটা পৰস্পৰ বিলোপ হ'ব আৰু BAৰ সমান্তৰাল দিশত লোৱা উপাংশ দুটা যোগ হ'ব। গতিকে, Q বিন্দুত A আৰু B ত ৰখা আধানৰ বাবে লব্ধ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র

$$= 2\times\frac{0.25}{\sqrt{15^2+(0.25)^2}}\times 3.99\times10^6\ NC^{-1}, \text{ BAৰ দিশত।}$$

$= 1.33 \times 10^5\ NC^{-1}$, BA ৰ দিশত।

উদাহৰণ 1.10

উদাহৰণ 1.10

(ক) ৰ দৰে প্ৰত্যক্ষভাৱে দ্বিমেৰু অক্ষৰ উলম্ব দিশত দ্বিমেৰু ক্ষেত্ৰৰ প্ৰকাশৰাশি ব্যৱহাৰ কৰি পোৱা ফলাফল উক্ত ফলাফলৰ ওচৰা-উচৰি হ'ব বুলি আমি আশা কৰিম।

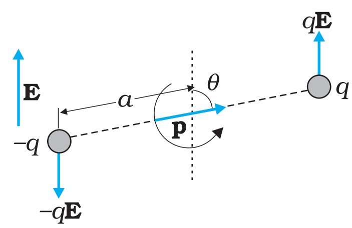
$$E = \frac{P}{4\pi\varepsilon_0 r^3}, \qquad (r/a >> 1)$$

$$= \frac{5\times10^{-8}\,\text{cm}}{4\pi\left(8.854\times10^{-12}\,C^2N^{-1}m^{-2}\right)} \times \frac{1}{(15)^3\times10^{-6}\,m} = 1.33\times10^5\ NC^{-1}$$

এই ক্ষেত্ৰত, বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ দ্বিমেৰু-ভ্ৰামক ভেক্টৰৰ দিশৰ বিপৰীত। দেখা গৈছে এই ফলাফল আগতে পোৱা ফলাফলৰ সৈতে একেই।

1.12 বাহ্যিক সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখনত দ্বিমেৰু (Dipole in a uniform external field)

1.22 চিত্ৰত দেখুওৱা ধৰণে, বাহ্যিক সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ত দ্বিমেৰু-ভ্ৰামক $\vec{p}$ ৰ স্থায়ী দ্বিমেৰু এটা বিবেচনা কৰা (স্থায়ী দ্বিমেৰু মানে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ৰ উপস্থিতি অবিহনে $\vec{p}$ থকাটোক বুজোৱা হয়; ই $\vec{E}$ ৰ দ্বাৰা আবিষ্ট নহয়।)



চিত্ৰ ঃ1.22 সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰত দ্বিমেৰু

এতিয়া q আধানৰ ওপৰত q $\vec{E}$ আৰু –q আধানৰ ওপৰত –qE বল প্ৰযুক্ত হ'ব। যিহেতু $\vec{E}$ সুষম, দ্বিমেৰুৰ ওপৰত মুঠ বল হ'ব শূন্য। অৱশ্যে আধান দুটাৰ মাজত ব্যৱধান থকাৰ বাবে বল দুটাৰ ক্ৰিয়া বিন্দু বেলেগ বেলেগ হ'ব। ফল স্বৰূপে দ্বিমেৰুৰ ওপৰত প্ৰয়োগ হ'ব টৰ্ক। যেতিয়া মুঠ বল শূন্য, টৰ্ক বা বলযুগ্ম (torque or couple) মূল বিন্দুৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। টৰ্কৰ মান হ'ল যিকোনো এটা বল আৰু বলযুগ্মৰ বাহুৰ পূৰণফল (বল দুটাৰ ক্ৰিয়াৰেখাৰ মাজৰ লম্ব দূৰত্বক বলযুগ্মৰ বাহু বুলি কোৱা হয়।)

টৰ্কৰ মান $= qE \times 2a\sin\theta = 2qaE\sin\theta$

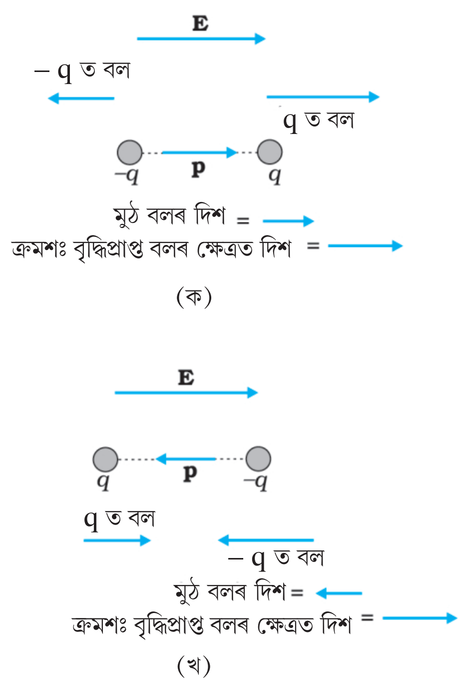
ইয়াৰ দিশ হ'ল কাগজৰ পৃষ্ঠাৰ পৰা ওলাই যোৱা বুলি বিবেচনা কৰা অভিলম্বৰ দিশত।

আকৌ, $\vec{p}\times\vec{E}$ ৰ মান হ'ল PE sinθ আৰু ইয়াৰ দিশ কাগজৰ পৃষ্ঠাৰ পৰা ওলাই যোৱা বুলি বিবেচনা কৰা অভিলম্বৰ দিশত। গতিকে টৰ্ক—

$$\vec{\tau} = \vec{p}\times\vec{E} \qquad (1.22)$$

এই টৰ্কে ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ৰ দিশত দ্বিমেৰুক নিবলৈ প্ৰয়াস কৰে। যেতিয়া $\vec{p}$, $\vec{E}$ ৰ দিশলৈ আহে টৰ্ক হৈ পৰে শূন্য। যদি প্ৰয়োগ কৰা বাহ্যিক ক্ষেত্ৰখন সুষম নহয়, কি ঘটনা ঘটিব পাৰে? প্ৰথমতে অইন কথালৈ নগৈও ক'ব পাৰি, সাধাৰণভাৱে, আগৰ দৰেই নিকায়টোৰ ওপৰত এটা টৰ্ক প্ৰয়োগ হ'ব। যিহেতু সাধাৰণ টৰ্কৰ প্ৰয়োগ হ'বই, গতিকে $\vec{p}$, $\vec{E}$ ৰ সমান্তৰাল আৰু প্ৰতিসমান্তৰাল হিচাবে লৈ সৰল অৱস্থা একোটা বিবেচনা কৰা যাওক। দুয়োটা চৰ্তত মুঠ টৰ্কৰ মান শূন্য; কিন্তু $\vec{E}$ সুষম নোহোৱা হেতুকে দ্বিমেৰুৰ ওপৰত মুঠ বল শূন্য নহয়।

1.23 চিত্ৰত এই কথা স্পষ্টভাৱে দেখুওৱা হৈছে। যেতিয়া $\vec{p}$, $\vec{E}$ ৰ সমান্তৰাল, এইটো স্পষ্টভাৱে দেখা যায় যে ক্ৰমশঃ বৃদ্ধিপ্ৰাপ্ত ক্ষেত্ৰৰ দিশত দ্বিমেৰুৰ ওপৰত এটা বলে ক্ৰিয়া কৰে। একেদৰে, $\vec{p}$, $\vec{E}$ ৰ প্ৰতিসমান্তৰাল হ'লে দ্বিমেৰুৰ ওপৰত ক্ৰমশঃ হ্ৰাসপ্ৰাপ্ত ক্ষেত্ৰৰ দিশত এক বলে ক্ৰিয়া কৰে। সাধাৰণতে, বলটো নিৰ্ভৰ কৰে $\vec{E}$ ৰ সাপেক্ষে $\vec{p}$ ৰ কৌণিক অৱস্থানৰ ওপৰত।

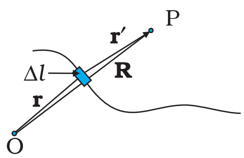


চিত্ৰ ঃ1.23 দ্বিমেৰু এটাৰ ওপৰত বৈদ্যুতিক বল (ক) $\vec{E}$, $\vec{p}$ ৰ সমান্তৰাল (খ) $\vec{E}$, $\vec{p}$ ৰ প্ৰতিসমান্তৰাল।

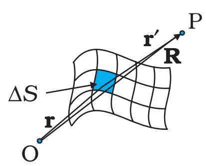
এই উপলব্ধিয়ে আমাক ঘৰ্ষণ-বিদ্যুতৰ (frictional electricity) সাধাৰণ পৰ্যবেক্ষণলৈ আঙুলিয়াই দিয়ে। শুকান চুলি আঁচোৰা ফণি এখনে কাগজৰ টুকুৰা আকৰ্ষণ কৰে। আমি জানো ফণিখনে আধান আহৰণ কৰে ঘৰ্ষণৰ পৰা। কিন্তু কাগজখন আহিত

নহয়। তেনেহ'লে এনেকুৱা ক্ষেত্ৰত আকৰ্ষণী বলটোক কেনেদৰে ব্যাখ্যা কৰা যাব? আগতে আগবঢ়োৱা আলোচনাৰ আঁত ধৰি ক'ব পাৰি আহিত ফণিখনে কাগজৰ টুকুৰাৰ **'আধান-মেৰুকৰণ'** বা **ধ্ৰুৱীকৰণ** (Charge polarisation) ঘটায়। অৰ্থাৎ আহিত ফণিৰ ক্ষেত্ৰৰ দিশত কাগজৰ টুকুৰাত দ্বিমেৰু-ভ্ৰামক আবিষ্ট হয়। তদুপৰি আহিত ফণিৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ সুষম নহয়। এনেকুৱা ক্ষেত্ৰত এইটো সহজে অনুমেয় যে ফণিৰ দিশত কাগজৰ টুকুৰাবোৰে গতি কৰা উচিত।

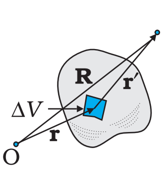
1.13 আধানৰ অবিচ্ছিন্ন বণ্টন (Continuous charge distribution)



ৰেখা আধান $\Delta Q = \lambda \Delta \ell$



পৃষ্ঠ আধান $\Delta Q = \sigma \Delta S$



আয়তন আধান $\Delta Q = \rho \Delta v$

চিত্ৰ- 1.24 : ৰৈখিক (linear), পৃষ্ঠ (surface) আৰু আয়তন (volume) আধান ঘনত্বৰ সংজ্ঞা। এইক্ষেত্ৰত স্থূল স্কেলৰ পৰিমাপত, বিবেচনা কৰা ৰাশিসমূহ ($\Delta \ell$, ΔS, Δv) অতি ক্ষুদ্ৰ, কিন্তু এইবোৰে অতি বৃহৎ সংখ্যক আনুবীক্ষণিক (microscopic) কণিকা ধৰি ৰাখিব পাৰে।

এতিয়ালৈ আমি গোট গোট আধান $q_1, q_2 ..... q_n$ ৰে গঠিত আধানৰ সংগঠন (charge configuration) একোটাক আলোচনাৰ বাবে বিবেচনা কৰি আছোঁ। আমি গোট গোট আধানৰ কথা বিবেচনা কৰি থকাৰ এটা যুক্তি হ'ল ইয়াৰ গাণিতিক উপস্থাপন অপেক্ষাকৃতভাৱে সৰল। কিয়নো তেতিয়া কলন গণিত প্ৰয়োগৰ প্ৰয়োজন নহয়। অৱশ্যে, বহুতো ক্ষেত্ৰত গোট আধানৰ বিবেচনাত কাম কৰাটো অব্যৱহাৰিক। এনে ক্ষেত্ৰত, আমাৰ বাবে কাম কৰিবলৈ আৱশ্যক হয় আধানৰ অবিচ্ছিন্ন বণ্টনৰ ধাৰণা। উদাহৰণ স্বৰূপে, আহিত পৰিবাহীৰ পৃষ্ঠৰ ওপৰত আধানৰ বণ্টন ক্ষুদ্ৰাতিক্ষুদ্ৰ আহিত কণিকাৰ অৱস্থানৰ আধাৰত সূচোৱাটো ব্যৱহাৰিক দিশৰ পৰা কাৰ্যকৰী নহয়। পৰিবাহী পৃষ্ঠৰ ওপৰত ক্ষুদ্ৰ কালিখণ্ড ΔS (স্থূলস্কেলৰ পৰিমাপত যি অতি সৰু কিন্তু বৃহৎ সংখ্যক ইলেক্ট্ৰনক স্থান দিব পৰালৈ চাই যি যথেষ্ট ডাঙৰ) বিবেচনা কৰি এই কালিখণ্ডৰ ওপৰৰ আধান ΔQ হিচাপে লোৱাটো বেছি কাৰ্যকৰী। এনে ক্ষেত্ৰত কালিখণ্ডৰ ওপৰত আমি আধানৰ পৃষ্ঠ-ঘনত্ব σ ক প্ৰকাশ কৰা হয় :

$$\sigma = \frac{\Delta Q}{\Delta S} \qquad (1.23)$$

পৰিবাহী পৃষ্ঠৰ বেলেগ বেলেগ বিন্দুত আমি এই কামটো কৰিব পাৰো, আৰু এনেদৰে আমি এটা অবিচ্ছিন্ন ফলন (continuous function) σ পাওঁ যাক কোৱা হয় আধানৰ পৃষ্ঠ ঘনত্ব।

আধানৰ পৃষ্ঠ-ঘনত্বৰ এনেদৰে সংজ্ঞা দিওঁতে আধানৰ কোৱাণ্টিকৰণৰ ধাৰণাটো উপেক্ষা কৰা হয়। ইয়াৰ লগতে আনুবীক্ষণিক স্তৰত আধানৰ বণ্টন যে বিচ্ছিন্নহে সেই ধাৰণাটো উপেক্ষিত হয় *। σ য়ে স্থূল (macroscopic) পৃষ্ঠ আধান-ঘনত্বক বুজায়। এক অৰ্থত পৰিবাহী পৃষ্ঠৰ ওপৰত বিবেচনা কৰা ক্ষুদ্ৰ পৃষ্ঠকালিৰ টুকুৰা ΔS বোৰত লোৱা আনুবীক্ষণিক পৃষ্ঠ আধান-ঘনত্বৰ গড়ৰ এয়া এক অবিচ্ছিন্ন ৰূপ। আগতেই দিয়া ব্যাখ্যাৰ আধাৰত ΔS আনুবীক্ষণিক মাপত ডাঙৰ, কিন্তু, স্থূল মাপত সৰু। σ ৰ একক হ'ল C/m^2।

একে ধৰণৰ বিবেচনাই প্ৰয়োগ হয় ৰৈখিক আধান-বণ্টন (line charge distribution) আৰু আয়তন আধান-বণ্টনৰ (volume charge distribution) ক্ষেত্ৰতো। এডাল আহিত তাঁৰৰ ৰৈখিক আধান-ঘনত্ব λ সূত্ৰায়িত হয় এনেদৰে :

$$\lambda = \frac{\Delta Q}{\Delta \ell} \qquad (1.24)$$

ইয়াত স্থূল পৰিমাপত $\Delta \ell$ তাঁৰডালৰ ক্ষুদ্ৰ দৈৰ্ঘ্যৰ টুকুৰা। অৱশ্যে এই টুকুৰাতে বৃহৎ সংখ্যক আনুবীক্ষণিক আহিত কণিকা থাকে। ΔQ হ'ল $\Delta \ell$ ত থকা আধানৰ পৰিমাণ। λ ৰ একক হ'ল C/m। আয়তন আধান ঘনত্ব ρ ৰো (কেতিয়াবা কেৱল আধান ঘনত্ব বুলি কোৱা হয়) সংজ্ঞা দিয়া হয় একে ধৰণে।

$$\rho = \frac{\Delta Q}{\Delta V} \qquad (1.25)$$

---

* আণুবীক্ষণিক স্তৰত আধানৰ বণ্টন বিচ্ছিন্নহে, কিয়নো এনে ক্ষেত্ৰত গোট গাট আধান সমূহৰ মাজতে আধানহীন স্থান থাকি যায়।

ইয়াত ΔQ স্থূল পৰিমাপত একেবাৰে ক্ষুদ্ৰ আয়তন ΔV ত থকা আধানৰ মান। আনুবীক্ষণিক পৰিমাপত ΔV ত থকা আহিত কণিকাৰ সংখ্যা অতি বৃহৎ। ρ ৰ একক C/m^3।

আধানৰ অবিচ্ছিন্ন বণ্টনৰ ধাৰণাটো বল বিজ্ঞানত লোৱা অবিচ্ছিন্ন ভৰৰ বণ্টনৰ সদৃশ। আমি যেতিয়া তৰলৰ ঘনত্বৰ কথা উনুকিয়াওঁ, আমি বুজাবলৈ যাওঁ তৰলৰ সামগ্ৰিক ঘনত্বৰ কথা। তৰলখিনিক বিবেচনা কৰা হয় এক অবিচ্ছিন্ন তৰল হিচাপে। তেতিয়া ইয়াৰ গোট গোট আনবিক গঠনৰ কথা উপেক্ষা কৰা হয়।

অবিচ্ছিন্ন আধানৰ বণ্টন লব্ধ নিকায় এটাৰ বাবে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ ঠিক গোট গোট আধানৰ নিকায়টোৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰকাশৰাশিৰ সমীকৰণ (1.10)ৰ পৰা একে ধৰণে পাব পাৰি। ধৰা হ'ল অবিচ্ছিন্ন আধানৰ বণ্টন লব্ধ স্থানত আধানৰ ঘনত্ব ρ। সুবিধাজনকভাৱে মূল বিন্দু O নিৰ্বাচন কৰি সেই স্থানত যিকোনো এটা বিন্দু বিবেচনা কৰা। ধৰা হ'ল বিন্দুটোৰ অৱস্থান ভেক্টৰ $\vec{r}$ স্থানৰ ভিন্ ভিন্ বিন্দুভেদে আধান ঘনত্ব ρ ভিন্ ভিন্ হয়। অৰ্থাৎ ρ, $\vec{r}$ ৰ এটা ফলন (function)। আধানৰ বণ্টনক (এটি ক্ষুদ্ৰ আয়তন ΔV ত বিবেচনা কৰা) ক্ষুদ্ৰ আয়তন ΔV ৰে হৰণ কৰা। ক্ষুদ্ৰ আয়তনত ΔV ত আধান হ'ব $\rho\Delta V$।

এতিয়া, যিকোনো এটা সাধাৰণ বিন্দু (বণ্টিত আধানলব্ধ স্থানৰ ভিতৰত বা বাহিৰত) বিবেচনা কৰা। ধৰা হ'ল বিন্দুটোৰ অৱস্থান ভেক্টৰ $\vec{R}$ (চিত্ৰ-1.24)। $\rho\Delta V$ আধানৰ বাবে, কুলম্বৰ সূত্ৰৰ পৰা পোৱা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰকাশৰাশি ঃ

$$\Delta\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\rho\Delta V}{r'^2}\hat{r}' \qquad (1.26)$$

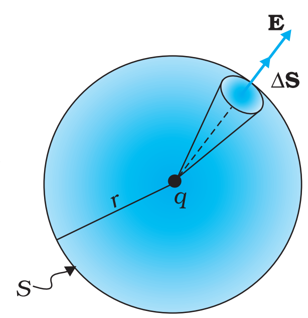
ইয়াত r' আধান-খণ্ড (charge element) আৰু বিন্দু P ৰ মাজৰ দূৰত্ব। আধান-খণ্ডৰ পৰা P ৰ দিশত $\hat{r}'$ এটা একক ভেক্টৰ। সমাপতনৰ নীতি অনুসৰি গোটেইটো আধান বণ্টনৰ বাবে বিন্দুটোত মুঠ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ হ'ল ভিন্ ভিন্ প্ৰতিটো আয়তন-খণ্ডৰ (volume element) বাবে উৎপন্ন হোৱা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰসমূহৰ যোগফল ঃ

$$\vec{E} \cong \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{\text{all}\Delta V}\frac{\rho\Delta V}{r'^2}\hat{r}' \qquad (1.27)$$

মন কৰা, ρ, r', $\hat{r}'$ সকলোটিয়ে বিন্দুভেদে পৰিৱৰ্তন হ'ব পাৰে। সম্পূৰ্ণ গাণিতিক শুদ্ধতা দাবী কৰি ক'বলৈ গ'লে, আমি $\Delta V \rightarrow O$ বিবেচনা কৰিব লাগে। তেতিয়া সমীকৰণ (1.27)ৰ যোগফলৰ চিন (Σ) সমাকলৰ (Integral) চিন ($\int$) লৈ পৰিৱৰ্তিত হ'ব। আমি কিন্তু সদ্যহতে সহজ কৰাৰ স্বাৰ্থত এই আলোচনা বাদ দিম। সংক্ষেপতে ক'ব পাৰি যে গোট, অবিচ্ছিন্ন নতুবা আংশিক গোট, বা আংশিকভাৱে অবিচ্ছিন্ন, যেনেকুৱা আধান-বণ্টনয়েই নহওক কিয় কুলম্বৰ সূত্ৰ আৰু অধ্যাৰোপনৰ নীতি ব্যৱহাৰ কৰি সেই আধান-বণ্টনৰ বাবে সৃষ্টি হোৱা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ নিৰূপণ কৰিব পাৰি।

1.14 গাউছৰ সূত্ৰ (Gauss's Law)

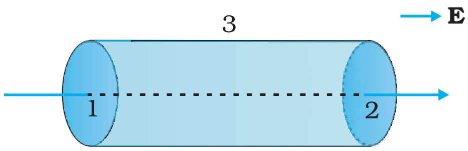
বৈদ্যুতিক ফ্লাক্সৰ এটি সৰল ব্যৱহাৰিক উদাহৰণ হিচাপে r ব্যাসাৰ্দ্ধৰ গোলক এটাৰ মাজেদি পাৰ হৈ যোৱা মুঠ ফ্লাক্সৰ কথাটো বিবেচনা কৰা যাওক। গোলকটোৰ কেন্দ্ৰত এটা বিন্দুসম আধান q আবদ্ধ হৈ আছে বুলি ধৰি লোৱা হৈছে। চিত্ৰ-1.25 ত দেখুওৱাৰ দৰে গোলকটোক সৰু কালিখণ্ডত ভাগ কৰা হৈছে। এনেকুৱা এটা কালিখণ্ডৰ মাজেদি $\Delta\vec{S}$ পাৰ হৈ যোৱা ফ্লাক্স



চিত্ৰ-1.25 ঃ কেন্দ্ৰত বিন্দুসম আধান q আবদ্ধ কৰি ৰখা গোলকৰ মাজেদি ফ্লাক্স।

$$\Delta\phi = \vec{E}.\Delta\vec{S} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{r}.\Delta\vec{S} \qquad (1.28)$$

ইয়াত আধান q ৰ বাবে সৃষ্টি হোৱা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ বাবে কুলম্বৰ সূত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰা হৈছে। কেন্দ্ৰৰ পৰা কালিখণ্ডলৈ লোৱা ব্যাসাৰ্দ্ধ-ভেক্টৰৰ দিশত একক ভেক্টৰ $\hat{r}$ বিবেচনা কৰা হৈছে। এতিয়া, যিহেতু গোলকৰ প্ৰতিটো বিন্দুত বিবেচনা কৰা অভিলম্ব, সেই বিন্দুত ব্যাসাৰ্দ্ধ ভেক্টৰৰ দিশতেই থাকে, গতিকে কালিখণ্ড $\Delta\vec{S}$ আৰু $\hat{r}$ ৰ দিশ একেটাই। ফলস্বৰূপে—



চিত্ৰ-1.26 ঃ এটা চুঙাৰ (cylinder) পৃষ্ঠৰ মাজেদি সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ ফ্লাক্সৰ গণনা।

$$\Delta\phi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\Delta S \quad (1.29)$$

যিহেতু একক ভেক্টৰৰ মান 1।

ভিন্ ভিন্ কালিখণ্ডবিলাকৰ মাজেদি পাৰ হৈ যোৱা ফ্লাক্সসমূহ যোগ কৰিলে গোলকৰ মাজেদি পাৰ হৈ যোৱা মুঠ ফ্লাক্স পোৱা যাব।

$$\phi = \sum_{\text{সকলো } \Delta S} \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\Delta S$$

যিহেতু আধানটোৰ পৰা গোলকৰ প্ৰতিটো কালিখণ্ড r দূৰত্বত অৱস্থিত,

$$\phi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\sum_{\text{সকলো } \Delta S}\Delta S = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}S$$

ইয়াত S গোলকৰ মুঠ পৃষ্ঠকালি, ই $4\pi r^2$ ৰ সমতুল্য।

গতিকে, $\phi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\times 4\pi r^2 = \frac{q}{\varepsilon_0}$ (1.30)

সমীকৰণ (1.30) হ'ল, স্থিতি বিদ্যুতৰ এটা সাধাৰণ ফলাফলৰ সৰল ৰূপ। ইয়াক কোৱা হয় গাউছৰ সূত্ৰ (Gauss's law)।

প্ৰমাণ আগ নবঢ়োৱাকৈ আমি গাউছৰ সূত্ৰটো উল্লেখ কৰিম ঃ **আবদ্ধ পৃষ্ঠ (closed surface) S ৰ মাজেদি পাৰ হৈ যোৱা বৈদ্যুতিক ফ্লাক্স**

$= q/\varepsilon_0$ (1.31)

q হ'ল S য়ে আৱৰি ৰখা মুঠ আধান।

সূত্ৰটোৱে সাব্যস্ত কৰে যে আবদ্ধ পৃষ্ঠৰ মাজেৰে মুঠ ফ্লাক্স শূন্য যদিহে পৃষ্ঠখনে কোনো ধৰণৰ আধান আৱৰি নাৰাখে। চিত্ৰ 1.26 ৰ সৰল অৱস্থা এটা আমি সম্যকভাৱে বিবেচনা কৰিব পাৰো।

ইয়াত বিবেচনা কৰা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন সুষম। চুঙাকৃতিৰ আবদ্ধ পৃষ্ঠখনৰ অক্ষৰ সমান্তৰালকৈ সুষম ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ক লোৱা হৈছে। পৃষ্ঠখনৰ মাজেদি মুঠ ফ্লাক্স— $\phi = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3$

য'ত ϕ_1 আৰু ϕ_2 ৰে যথাক্ৰমে চুঙাৰ 1 আৰু 2 পৃষ্ঠৰ (বৃত্তাকাৰ প্ৰস্থচ্ছেদ) মাজেদি যোৱা ফ্লাক্সক সূচায়। ϕ_3 হ'ল চুঙাৰ বন্ধ বক্ৰ পৃষ্ঠাৰ মাজেদি যোৱা ফ্লাক্স। 3 নং পৃষ্ঠৰ প্ৰতিটো বিন্দুত বিবেচনা কৰা অভিলম্ব, $\vec{E}$ ৰ সৈতে লম্ব হৈ থাকে। গতিকে সংজ্ঞানুসৰি, ফ্লাক্স, $\phi_3 = 0$। আকৌ, 2 নং পৃষ্ঠত বিন্দুত বিবেচনা কৰা বহিৰ্মুখী অভিলম্ব $\vec{E}$ ৰ দিশত আৰু 1 নং পৃষ্ঠত বিবেচনা কৰা বহিৰ্মুখী অভিলম্ব $\vec{E}$ ৰ বিপৰীত দিশত হয়। ফলস্বৰূপে

$$\phi_1 = -ES_1, \phi_2 = +ES_2$$
$$S_1 = S_2 = S$$

ইয়াত S হ'ল বৃত্তাকাৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি। গতিকে গাউছৰ সূত্ৰ অনুসৰি আশা কৰা মতে মুঠ ফ্লাক্স শূন্য। এনেকুৱা ধৰণে, যেতিয়াই আমি এখন আবদ্ধ পৃষ্ঠৰ মাজেদি মুঠ বৈদ্যুতিক ফ্লাক্স শূন্য পাওঁ, আমি সিদ্ধান্ত লওঁ বন্ধ পৃষ্ঠখনে আবদ্ধ কৰি ৰখা মুঠ আধান শূন্য।

গাউছৰ সূত্ৰৰ সমীকৰণৰ (1.31) গুৰুত্বপূৰ্ণ তাৎপৰ্য হ'ল, আমি ওপৰত বিবেচনা কৰা সৰল উদাহৰণ কেইটাতে মাত্ৰ নহয়, ই সকলোতে প্ৰযোজ্য সাধাৰণ সত্য। তলত এই সূত্ৰৰ সন্দৰ্ভত কেইটামান গুৰুত্বপূৰ্ণ দিশ উল্লেখ কৰা হ'ল ঃ

(i) আকাৰ অথবা ৰূপ যেনেকুৱাই নহওক কিয়, যিকোনো আবদ্ধ পৃষ্ঠৰ বাবে গাউছৰ সূত্ৰটো সত্য।

(ii) (1.31) সমীকৰণত প্ৰকাশিত গাউছৰ সূত্ৰৰ সোঁ ফালৰ q পদটিয়ে পৃষ্ঠখনে আগুৰি থকা সকলোবোৰ আধানৰ যোগফলক বুজাইছে। পৃষ্ঠখনৰ ভিতৰৰ যিকোনো অৱস্থানত আধানবোৰ থাকিব পাৰে।

(iii) কোনো ক্ষেত্ৰত পৃষ্ঠখন এনেদৰে বিবেচিত হ'ব পাৰে যে কিছুসংখ্যক আধান পৃষ্ঠখনৰ ভিতৰত আৰু কিছুসংখ্যক বাহিৰত আছে। এনে ক্ষেত্ৰত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন (যিখন ক্ষেত্ৰৰ ফ্লাক্স, সমীকৰণ (1.31) বাওঁ ফালে পোৱা গৈছে), পৃষ্ঠখনৰ ভিতৰ আৰু বাহিৰত থকা সকলোবোৰ আধানৰ বাবে উদ্ভৱ হোৱা। গাউছৰ সূত্ৰৰ সোঁফালত থকা q পদটিয়ে অৱশ্যে S পৃষ্ঠৰ ভিতৰত থকা মুঠ আধানকহে নিৰ্দেশ কৰে।

(iv) গাউছৰ সূত্ৰৰ ব্যৱহাৰৰ সময়ত আমি বিবেচনা কৰিবলগীয়া পৃষ্ঠখনক গ'ছিয়ান পৃষ্ঠ (Gaussian surface) বুলি কোৱা হয়। তোমালোকে যিকোনো এখন গ'ছিয়ান পৃষ্ঠ বিবেচনা কৰি গাউছৰ সূত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰা। অৱশ্যে কোনো গোট গোট আধানৰ (discrete) মাজেদি যাতে গ'ছিয়ান পৃষ্ঠখন বিবেচনা কৰা নহয় তাৰ বাবে সাৱধান হ'ব লাগিব। কিয়নো গোট গোট আধানবিলাকৰ দ্বাৰা গঠিত কোনো এটা নিকায়ৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন আধান এটাৰ অৱস্থান-বিন্দুৰ ওপৰত উপযুক্তভাৱে সূত্ৰায়িত কৰিব পৰা নাযায়। (তুমি যিমানেই আধানটোৰ ওচৰলৈ যোৱা, বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন সীমাহীনভাৱে বৃদ্ধি পাবলৈ ধৰিব)। অবিচ্ছিন্ন আধান-বিতৰণৰ (continuous charge distribution) মাজেৰে কিন্তু গ'ছিয়ান পৃষ্ঠ বিবেচনা কৰা যায়।

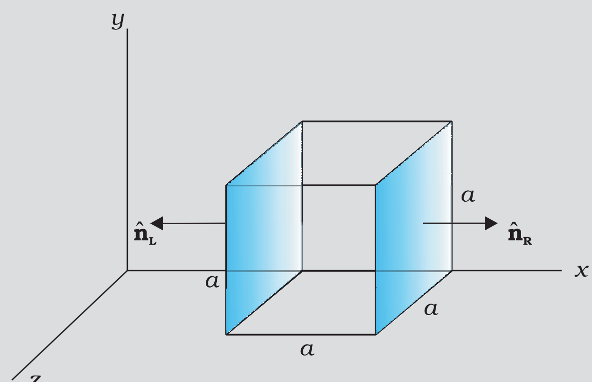
(v) **নিকায়টোৰ যদি সমমিতি থাকে** বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ গণনাৰ সহজ উপায় উদ্ভাৱনৰ ক্ষেত্ৰত গাউছৰ সূত্ৰ খুবেই ব্যৱহাৰযোগ্য। উপযুক্ত গঁছিয়ান পৃষ্ঠ নিৰ্বাচনৰ জৰিয়তে ই সুবিধাজনক হৈ পৰে।

(vi) শেষ কথাত, কুলম্বৰ সূত্ৰত থকা দূৰত্বৰ বৰ্গৰ ব্যস্তানুপাতিক (inverse square dependence) সম্পৰ্কৰ ওপৰত গাউছৰ সূত্ৰ প্ৰতিষ্ঠিত। গাউছৰ সূত্ৰ ভংগৰ যিকোনো অৱস্থাই দূৰত্বৰ বৰ্গৰ ব্যস্তানুপাতিক সম্পৰ্কৰ পৰা আঁতৰি যোৱা বুজায়।

উদাহৰণ 1.11 ঃ চিত্ৰ 1.27 ত দেখুওৱা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ উপাংশসমূহ হ'ল

$E_x = \alpha x^{1/2}, E_y = E_z = 0$।

ইয়াত $\alpha = 800$ N/C $m^{1/2}$। গণনা কৰা— (ক) ঘনকটোৰ মাজেৰে যোৱা ফ্লাক্স, (খ) ঘনকটোৰ ভিতৰত থকা আধান। ধৰি লোৱা $a = 0.1$ m।



চিত্ৰ 1.27

সমাধান ঃ

(ক) যিহেতু বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ মাত্ৰ x উপাংশটোৰে (E_x) আছে, গতিকে x ৰ দিশৰ সৈতে উলম্বভাৱে থকা যিকোনো ক্ষেত্ৰৰ বাবে $\vec{E}$ আৰু $\overrightarrow{\Delta S}$ ৰ মাজৰ কোণ $\pm\pi/2$। এনে ক্ষেত্ৰত চিত্ৰত চিহ্নিত কৰা ক্ষেত্ৰ দুখনৰ বাহিৰে ফ্লাক্স $\phi = \vec{E}\cdot\overrightarrow{\Delta S}$, বাকী থকা ক্ষেত্ৰকেইখনৰ প্ৰত্যেকৰে বাবে পৃথকে পৃথকে শূন্য। এতিয়া বাওঁফালৰ ক্ষেত্ৰখনত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ মান—

$E_L = \alpha x^{1/2} = \alpha a^{1/2}$ (বাওঁফালৰ ক্ষেত্ৰখনৰ বাবে, $x = a$)

সোঁফালৰ ক্ষেত্ৰখনত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ মান

$E_R = \alpha x^{1/2} = \alpha\,(2a)^{1/2}$ (সোঁফালৰ ক্ষেত্ৰখনৰ বাবে, $x = 2a$)

ক্ষেত্ৰ দুখনত সংশ্লিষ্ট ফ্লাক্স যথাক্ৰমে

উদাহৰণ 1.11

উদাহৰণ 1.11

$\phi_L = \vec{E}_L.\overline{\Delta S} = \Delta S \vec{E}_L.\hat{n}_L = E_L \Delta S \cos\theta = -E_L \Delta S, = -E_L a^2$ যিহেতু $\theta = 180^0$

$\phi_R = \vec{E}_R.\overline{\Delta S} = E_R \Delta S \cos\theta = E_R \Delta S, = E_R a^2$ যিহেতু $\theta = 0$

ঘনকটোৰ মাজেৰে যোৱা মুঠ ফ্লাক্স

$= \phi_R + \phi_L = E_R a^2 - E_L a^2 = a^2 (E_R - E_L) = \alpha a^2 [(2a)^{1/2} - a^{1/2}]$

$= \alpha a^{5/2} \left(\sqrt{2} - 1\right) = 800\ (0.1)^{5/2} \left(\sqrt{2} - 1\right) = 1.05\ \text{Nm}^2\ \text{C}^{-1}$

(খ) ঘনকটোৰ ভিতৰত থকা মুঠ আধান q উলিয়াবলৈ আমি গাউছৰ সূত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰো।

আমি পাওঁ— $\phi = q/\varepsilon_0 =$ বা $q = \phi\varepsilon_0$ গতিকে,

$q = 1.05 \times 8.854 \times 10^{-12}\ \text{C} = 9.27 \times 10^{-12}\ \text{C}$

উদাহৰণ 1.12

উদাহৰণ 1.12 : x ৰ ধনাত্মক দিশত ধনাত্মক x ৰ বাবে এখন সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ বিবেচনা কৰা হৈছে। একেদৰে x ৰ ঋণাত্মক দিশত ঋণাত্মক x ৰ বাবেও সমমানৰ সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখন বিবেচনা কৰা হৈছে। দিয়া আছে যে $x > 0$ ৰ বাবে $\vec{E} = 200\,\hat{i}\ \text{N/C}$ আৰু $x < 0$ ৰ বাবে $\vec{E} = -200\,\hat{i}\ \text{N/C}$। চিত্ৰ 1.28 ত দেখুওৱাৰ দৰে যথাৰ্থভাৱে বৃত্তাকাৰ মুখৰ চুঙা (right circular cylinder) এটা লোৱা হৈছে। চুঙাটোৰ দীঘ 20 cm আৰু ব্যাসাৰ্দ্ধ 5 cm। চুঙাৰ অক্ষ x অক্ষৰ লগত মিলাই লোৱা হৈছে আৰু মূল বিন্দু হিচাপে বিবেচনা কৰা হৈছে অক্ষৰ মধ্যবিন্দুক; অৰ্থাৎ চুঙাৰ এখন মুখ x = + 10 cm ত আৰু আনখন মুখ আছে x = – 10 cm ত। (ক) মুখৰ সমতলীয় পৃষ্ঠৰ প্ৰতিখনৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা মুঠ বহিৰ্মুখী ফ্লাক্স নিৰ্ণয় কৰা। (খ) চুঙাটোৰ পৃষ্ঠৰে পাৰ হোৱা ফ্লাক্স কিমান? (গ) মুঠতে চুঙাৰ পৰা ওলোৱা মুঠ ফ্লাক্স কিমান? (ঘ) চুঙাৰ ভিতৰত থকা মুঠ আধান কিমান?

সমাধান ঃ

(ক) চিত্ৰৰ পৰা আমি দেখিবলৈ পাওঁ যে চুঙাৰ বাওঁফালৰ মুখত $\vec{E}$ আৰু $\overline{\Delta S}$ পৰস্পৰ সমান্তৰাল।

গতিকে বহিৰ্মুখী ফ্লাক্স, $\phi_L = \vec{E}.\overline{\Delta S} = -200\,\hat{i}.\overline{\Delta S}$

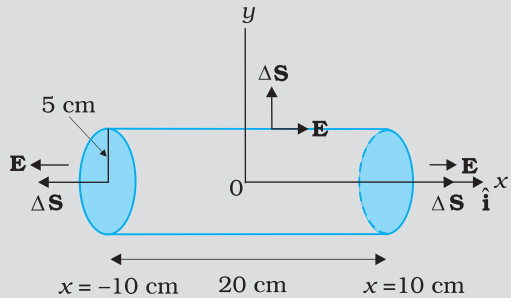
$= +200\ \Delta S,$ যিহেতু, $\hat{i}.\overline{\Delta S} = -\Delta S$

$= +200 \times \pi(0.05)^2 = +1.57\ \text{Nm}^2\ \text{C}^{-1}$

সোঁফালৰ মুখতো, $\vec{E}$ আৰু $\overline{\Delta S}$ পৰস্পৰ সমান্তৰাল। গতিকে, $\phi_R = \vec{E}.\overline{\Delta S} = +1.57\ \text{Nm}^2\text{C}^{-1}$

(খ) চুঙাৰ কাষৰ পৃষ্ঠৰ যিকোনো এটা বিন্দুত $\vec{E}$, $\overline{\Delta S}$ ৰ উলম্ব দিশত থাকে। গতিকে, $\vec{E} \cdot \overline{\Delta S} = 0$।

ফলস্বৰূপে চুঙাৰ কাষৰ পৃষ্ঠৰ পৰা ওলোৱা ফ্লাক্স শূন্য।



চিত্ৰ 1.28

(গ) চুঙাৰ পৰা ওলোৱা মুঠ বহিৰ্মুখী ফ্লাক্স $\phi = 1.57 + 1.57 + 0 = 3.14\ \text{Nm}^2\ \text{C}^{-1}$

(ঘ) চুঙাৰ ভিতৰত থকা মুঠ আধান গাউছৰ সূত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰি পাব পাৰি। এই সূত্ৰ অনুসৰি—

$q = \varepsilon_0 \phi = 3.14 \times 8.854 \times 10^{-12}\ \text{C} = 2.78 \times 10^{-11}\ \text{C}$

1.15 গাউছৰ সূত্ৰৰ প্ৰয়োগ (Applications of Gauss's Law)

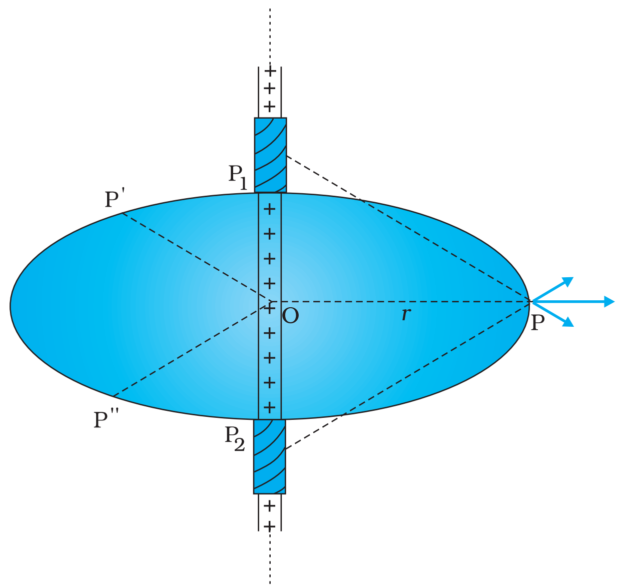
ইতিমধ্যে পোৱা সাধাৰণভাৱে বণ্টিত আধানসমূহৰ (general charge distribution) বাবে উদ্ভৱ হোৱা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন সমীকৰণ (1.27)ৰ জৰিয়তে প্ৰকাশ কৰা হয়। ব্যৱহাৰিক ক্ষেত্ৰত, বিশেষ কিছুমান অৱস্থাৰ বাহিৰে সমীকৰণটোত অন্তৰ্ভুক্ত যোগফল (সমাকল) (summation or integration) উলিয়াব পৰা নাযায়। ফলস্বৰূপে স্থানৰ প্ৰতিটো বিন্দুত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ নিৰ্ণয় কৰাটো সম্ভৱ হৈ নুঠে। যি কি নহওক, গাউছৰ সূত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰি সৰল ৰূপত, সমমিতি থকা কিছুসংখ্যক আধান-বণ্টনৰ বাবে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। কিছুমান উদাহৰণৰ দ্বাৰা ইয়াক ভাল ধৰণে বুজা যায়।

1.15.1 অসীম দৈৰ্ঘ্যৰ সুষমভাৱে আহিত পোন পৰিবাহী তাঁৰ এডালৰ কাৰণে উদ্ভৱ হোৱা ক্ষেত্ৰ (Field due to an infinitely long straight uniformly charged wire)

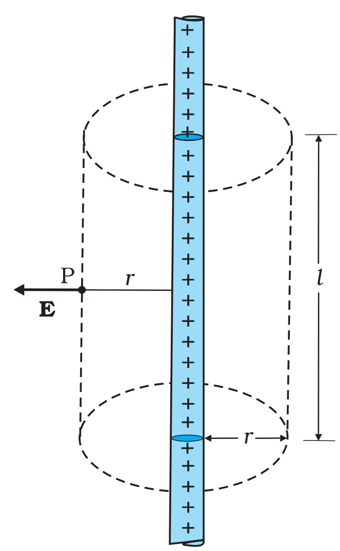
এডাল ক্ষীণ, পোন অসীম দৈৰ্ঘ্যৰ আহিত পৰিবাহী তাঁৰ বিবেচনা কৰা। তাঁৰডাল সুষমভাৱে আহিত আৰু ইয়াৰ ৰৈখিক আধান ঘনত্ব (linear charge density) λ। O ৰ পৰা P লৈ অৰীয় ভেক্টৰ (radial vector) r ধৰি লৈ ইয়াক তাঁৰডালৰ সাপেক্ষে এপাক ঘূৰাই লোৱা হ'ল। এনেক্ষেত্ৰত ঘূৰণৰ ফলস্বৰূপে পোৱা বিন্দু P, P', P'' আহিত তাঁৰডালৰ সাপেক্ষে সম্পূৰ্ণ সমমিত। এই কথাই এইটোৱে সূচায় যে প্ৰতিটো বিন্দুতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান একে হ'বই লাগিব। তাঁৰডালৰ প্ৰতিটো বিন্দুতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ অৰীয়ভাৱে বহিৰ্মুখী যদি $\lambda>0$, আৰু অৰীয়ভাৱে ভিতৰলৈ অহা যদি $\lambda<0$। চিত্ৰ 1.29 ৰ পৰা এই কথা স্পষ্ট।

চিত্ৰত দেখুওৱা ধৰণে তাঁৰডালত এযোৰ ৰেখাখণ্ড (line element) P_1 আৰু P_2 বিবেচনা কৰা। প্ৰতিটো ৰেখা-খণ্ডৰ পৰা উদ্ভূত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ যোগফল ল'লে এক লব্ধ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ পোৱা যায়। এই বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ হয় অৰীয় (radial)। অৰীয় দিশৰ সৈতে উলম্বভাৱে থকা উপাংশকেইটা পৰস্পৰ উপশম হয়। যিকোনো এযোৰ ৰেখাখণ্ডৰ বাবে এই কথা সত্য। গতিকে P বিন্দুত মুঠ লব্ধ ক্ষেত্ৰৰ দিশ সদায় অৰীয়। শেষত গৈ, যিহেতু তাঁৰডাল অসীম দৈৰ্ঘ্যৰ, তাঁৰডালৰ দৈৰ্ঘ্যৰ সমান্তৰাল দিশৰ যি স্থানতে P বিন্দুটো বিবেচনা কৰা নাযাওক কিয়, বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ P ৰ অৱস্থানৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল নহয়। চমু কথাত, তাঁৰডালক উলম্বভাৱে ছেদ কৰা যিকোনো সমতলৰ প্ৰতিটো স্থানতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ অৰীয় (radial)। ক্ষেত্ৰৰ মান মাত্ৰ অৰীয় দূৰত্ব r ৰ ওপৰতহে নিৰ্ভৰ কৰে।

ক্ষেত্ৰৰ গণনাৰ বাবে, চিত্ৰ-1.29 (b) ত দেখুওৱাৰ দৰে চুঙাকৃতিৰ গ'ছিয়ান পৃষ্ঠ এখন বিবেচনা কৰা। যিহেতু সকলোতে ক্ষেত্ৰৰ দিশ অৰীয়, চুঙাকৃতিৰ গ'ছিয়ান পৃষ্ঠৰ দুইমূৰৰ পৃষ্ঠৰ মাজেদি যোৱা বৈদ্যুতিক ফ্লাক্স শূন্য। গ'ছিয়ান পৃষ্ঠৰ চুঙাকৃতিৰ পিঠিৰ প্ৰতিটো বিন্দুতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ উলম্ব দিশত থাকে। তদুপৰি ইয়াৰ মানো ধ্ৰুৱক; যিহেতু ইয়াৰ



(ক)



(খ)

চিত্ৰ-1.29 ঃ (a) অসীম দৈৰ্ঘ্যৰ ক্ষীণ, পোণ আহিত তাঁৰ এডালৰ বাবে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ অৰীয় (b) সুষম ৰৈখিক আধান ঘনত্বৰ এডাল দীঘল ক্ষীণ আহিত তাঁৰৰ বাবে গ'ছিয়ান পৃষ্ঠ (Gaussian surface)।

মান কেৱল r ৰ ওপৰতহে নিৰ্ভৰশীল। চুঙাৰ বক্ৰ পিঠিখনৰ মুঠ পৃষ্ঠকালি হ'ল $2\pi rl$, ইয়াতে l হ'ল চুঙাৰ দৈৰ্ঘ্য। গতিকে গ'ছিয়ান পৃষ্ঠখনৰে পাৰ হোৱা ফ্লাক্স

= চুঙাকৃতিৰ বক্ৰ পিঠিখনৰে পাৰ হোৱা ফ্লাক্স

$= E \times 2\pi rl$

পৃষ্ঠখনে সামৰি লোৱা মুঠ আধান λl। গতিকে গাউছৰ সূত্ৰৰ পৰা পোৱা যায়—

$E \times 2\pi rl = \dfrac{\lambda l}{\varepsilon_0}$ । গতিকে, $E = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$

কোনো এটা বিন্দুত E ৰ ভেক্টৰ ৰূপ হ'ব — $\vec{E} = \dfrac{\lambda l}{2\pi\varepsilon_0 r}\hat{n}$ (1.32)

ইয়াত $\hat{n}$, তাঁৰডালৰ লম্বভাৱে থকা তথা উক্ত বিন্দুটোৰ মাজেৰে তলখনত লোৱা অৰীয় একক ভেক্টৰ (radial unit vector)। $\vec{E}$ বহিৰ্মুখী যদি λ ধনাত্মক, আনহাতে λ ঋণাত্মক হ'লে $\vec{E}$ অন্তৰ্মুখী।

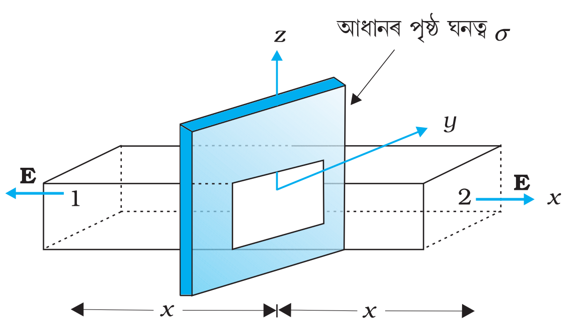
মন কৰিবা, আমি যেতিয়া এটা ভেক্টৰ $\vec{A}$ ক এটা একক ভেক্টৰৰ দ্বাৰা পূৰণ কৰা স্কেলাৰৰ জৰিয়তে বুজাওঁ, অৰ্থাৎ $\vec{A} = A\hat{a}$, তেতিয়া A এটা বীজগণিতীয় সংখ্যা। সংখ্যাটো ধনাত্মকো হ'ব পাৰে নতুবা ঋণাত্মকো হ'ব পাৰে। যদি $A>O$, $\vec{A}$ ৰ দিশ একক ভেক্টৰ $\hat{a}$ ৰ দিশৰ সৈতে একে; আনহাতে $A<O$ হ'লে $\vec{A}$ ৰ দিশ, $\hat{a}$ ৰ দিশৰ বিপৰীত। যেতিয়া ঋণাত্মক মান ল'ব খোজা নাযায়, ইয়াক চিহ্নৰে প্ৰকাশ কৰা হয় $|\vec{A}|$ ৰে। $|\vec{A}|$ ক কোৱা হয় $\vec{A}$ ৰ মডুলাচ (modulus)। অৰ্থাৎ $|\vec{A}| \geq O$।

মন কৰিবা, যদিও প্ৰকাশ ৰাশিটোত পৃষ্ঠখনে আগুৰি থকা আধান (λl) হে অন্তৰ্ভুক্ত হৈছে, $\vec{E}$ কিন্তু গোটেই ডাল তাঁৰতে থকা আধানবিলাকৰ বাবে সৃষ্টি হোৱা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ। তদুপৰি, তাঁৰডাল অসীম দৈৰ্ঘ্যৰ বুলি ধৰি লোৱাটো অতিশয় গুৰুত্বপূৰ্ণ। এই অনুমান (assumption) অবিহনে, চুঙাকৃতিৰ গ'ছিয়ান পৃষ্ঠখনৰ বক্ৰ-অংশত $\vec{E}$ ক উলম্ব হিচাপে ল'ব পৰা নাযায়। অৱশ্যে, দীঘল তাঁৰ এডালৰ মধ্যবৰ্তী অংশৰ চাৰিওফালে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ মোটামুটিভাৱে (approximately) সমীকৰণ (1.32) য়ে নিৰ্দেশ কৰা মানৰ সৈতে সমান। এই ক্ষেত্ৰত দুইমূৰৰ প্ৰভাৱ উপেক্ষা কৰিব পৰা যায়।

1.15.2 অসীম বিস্তৃতিৰ সুষমভাৱে আহিত সমতলীয় পাত এখনৰ কাৰণে সৃষ্টি হোৱা ক্ষেত্ৰ (Field due to a uniformly charged infinite plane sheet)

ধৰা হ'ল অসীম বিস্তৃতিৰ আহিত সমতলীয় পাতখনৰ সুষম আধান ঘনত্ব σ (চিত্ৰ-1.30)। প্ৰদত্ত পাতখনৰ উলম্বভাৱে x অক্ষ বিবেচনা কৰা যাওক। সমমিতি (symmetry)ৰ বাবে y আৰু z স্থানাংকৰ ওপৰত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ নিৰ্ভৰশীলতা নাথাকিব। প্ৰতিটো বিন্দুতে ক্ষেত্ৰৰ দিশ x অক্ষৰ দিশৰ সমান্তৰাল হ'বই।

চিত্ৰত দেখুওৱা ধৰণে গ'ছিয়ান পৃষ্ঠ হিচাপে ত্ৰিমাত্ৰিক আয়তাকাৰ (rectangular parallelepiped) পৃষ্ঠ এখন বিবেচনা কৰা হ'ল। পৃষ্ঠখনৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি লোৱা হৈছে A। (উল্লেখযোগ্য যে চুঙাকৃতিৰ পৃষ্ঠ এখনেও একে কামেই কৰিব।) চিত্ৰৰ পৰা এইটো দেখা যায় যে 1 নম্বৰ আৰু 2 নম্বৰ এই পৃষ্ঠদুখনৰ পৰাহে ফ্লাক্স পোৱা যাব; বাকীকেইখন পৃষ্ঠত সংশ্লিষ্ট বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰেখাসমূহ পৃষ্ঠৰ সমান্তৰাল হোৱা হেতুকে এইবোৰে মুঠ ফ্লাক্সত কোনো ধৰণৰ অৰিহণা নোযোগায়।



চিত্ৰ-1.30 ঃ অসীম বিস্তৃতিৰ সুষমভাৱে আহিত পাত এখনৰ বাবে বিবেচনা কৰা গ'ছিয়ান পৃষ্ঠ।

পৃষ্ঠ 1 ত উলম্বভাৱে স্থিত একক ভেক্টৰ – x দিশত থাকে। আনহাতে পৃষ্ঠ 2 ত উলম্ব একক ভেক্টৰ +X দিশৰ অভিমুখী। গতিকে, দুয়োখন পৃষ্ঠৰে যোৱা ফ্লাক্স, $\vec{E}.\overline{\Delta S}$ পৰস্পৰ সমান আৰু যোগাত্মক। এনে ক্ষেত্ৰত, বিবেচনা কৰা গ'ছিয়ান পৃষ্ঠখনৰে পাৰ হোৱা মুঠ ফ্লাক্স 2 EA আৰুপৃষ্ঠখনৰে আবদ্ধ আধান σA। গতিকে, গাউছৰ সূত্ৰ অনুসৰি,

$$2EA = \frac{\sigma A}{\varepsilon_0} \qquad \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

ভেক্টৰ-ৰূপত প্ৰকাশ কৰিলে— $\vec{E} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\hat{n}$ (1.33)

ইয়াত $\hat{n}$, তল (পাত)খনৰ লম্ব দিশত একক ভেক্টৰ আৰু ই বহিৰ্মুখী।

যদি σ ধনাত্মক হয়, $\vec{E}$ প্লেটখনৰ পৰা বহিৰ্মুখী। σ ঋণাত্মক হ'লে, $\vec{E}$ প্লেট অভিমুখী হয়। লক্ষ্য কৰিবা, গাউছৰ সূত্ৰৰ ওপৰত উল্লেখ কৰা প্ৰয়োগটোৰে অন্য এটা সত্য দাঙি ধৰে ঃ E, x ৰ ওপৰতো নিৰ্ভৰ নকৰে।

বৃহৎ কিন্তু অসীম সমতলীয় পাত এখনৰ দুই মূৰৰ পৰা আঁতৰৰ মধ্যবৰ্তী অংশত (1.33) সমীকৰণে মোটামুটিভাৱে শুদ্ধ ফলাফল দিয়ে।

1.15.3 সুষমভাৱে আহিত গোলাকৃতিৰ পাতল খোল এটাৰ বাবে সৃষ্টি হোৱা ক্ষেত্ৰ (Field due to a uniformly charged thin spherical shell)

ধৰা হ'ল সুষমভাৱে আহিত গোলাকৃতিৰ পাতল খোলটোৰ আধানৰ পৃষ্ঠ ঘনত্ব σ। খোলটোৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ R লোৱা হৈছে (চিত্ৰ-1.31)। স্পষ্টভাৱে ব্যৱস্থাটোত গোলকীয় সমমিতি (spherical symmetry) থাকিব। বাহিৰতে বা ভিতৰতে হওক, যিকোনো বিন্দু P ত পোৱা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ কেৱল r ৰ ওপৰতহে নিৰ্ভৰ কৰিব। r হ'ল খোলটোৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা বিবেচনা কৰা বিন্দুটোলৈ অৰীয় দূৰত্ব (radial distance)। ক্ষেত্ৰৰ দিশ হ'ব অৰীয় অৰ্থাৎ অৰীয় ভেক্টৰৰ (radial vector) দিশত।

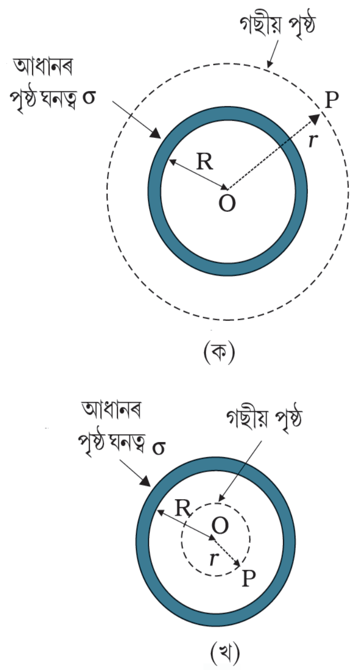
(i) খোলটোৰ বাহিৰত ক্ষেত্ৰ (Field outside the shell) ঃ

খোলটোৰ বাহিৰত P এটা বিন্দু লোৱা। বিন্দুটোৰ অৰীয় ভেক্টৰ $\vec{r}$ । P ত $\vec{E}$ ৰ প্ৰকাশৰাশি উলিয়াব লাগে। ইয়াৰ বাবে r ব্যাসাৰ্দ্ধৰ গোলকীয় পৃষ্ঠ এখন গ'ছিয়ান পৃষ্ঠ হিচাবে বিবেচনা কৰিব লাগিব। গোলকটোৰ কেন্দ্ৰ হ'ব O, আৰু ই P বিন্দুৰ মাজেৰে যাব। কোনো এটা প্ৰদত্ত আধান ব্যৱস্থাৰ বাবে গোলকটোৰ ওপৰত থকা প্ৰতিটো বিন্দুৱে সমতুল্য। এই কথাটোকে আমি বুজাওঁ গোলকীয় সমমিতি থকা বুলি। সেই কাৰণে, গ'ছিয়ান পৃষ্ঠৰ প্ৰতিটো বিন্দুতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান সমান আৰু ক্ষেত্ৰৰ দিশ প্ৰতিটো বিন্দুত অৰীয় ভেক্টৰৰ দিশৰ সৈতে একে। ফলস্বৰূপে, প্ৰতিটো বিন্দুতে $\vec{E}$ আৰু $\overrightarrow{\Delta S}$ সমান্তৰাল, আৰু প্ৰত্যেক কালিখণ্ডৰে (area element) যোৱা ফ্লাক্স হ'ল $E\,\Delta S$। সকলো ΔS ৰ যোগফল ল'লে, গ'ছিয়ান পৃষ্ঠৰে যোৱা মুঠ ফ্লাক্স পোৱা যাব। সেয়া হ'ব $E\times4\pi r^2$। গ'ছিয়ান পৃষ্ঠখনৰে আবদ্ধ আধান $\sigma\times4\pi R^2$। গাউছৰ সূত্ৰ অনুসৰি পোৱা যায়—

$$E\times4\pi r^2 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}4\pi R^2 \text{ বা } E = \frac{\sigma R^2}{\varepsilon_0 r^2} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

ইয়াত $q = 4\pi R^2\sigma$ গোলাকাৰ খোলটোত থকা মুঠ আধান।

ভেক্টৰ-ৰূপত প্ৰকাশ কৰিলে— $\vec{E} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{r}$ (1.34)



চিত্ৰ-1.31 ঃ কোনো বিন্দুৰ দুই বিশেষ অৱস্থান (ক) $r>R$ আৰু (খ) $r<R$ ৰ বাবে গ'ছিয়ান পৃষ্ঠ।

যদি $q> O$, বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ বহিৰ্মুখী, আনহাতে $q< O$ হ'লে ক্ষেত্ৰ আধান অভিমুখী। যি কি নহওক, এই ক্ষেত্ৰত দেখা যায় যে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন, কেন্দ্ৰবিন্দু O ত স্থিত q আধানৰ বাবে সৃষ্টি হোৱা ক্ষেত্ৰৰ সৈতে সমতুল্য। গতিকে সুষমভাৱে আহিত খোল এটাৰ বাবে খোলটোৰ বাহিৰৰ কোনো বিন্দুত সৃষ্ট বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ যদি বিবেচনা কৰা হয়, তেতিয়া এনেকুৱা ধাৰণা হয় যেন আটাইখিনি আধান খোলটোৰ কেন্দ্ৰত জমা হৈ আছে।

(ii) খোলটোৰ ভিতৰত ক্ষেত্ৰ (Field inside the shell)

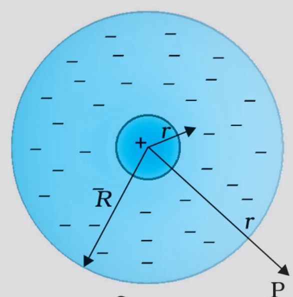
1.31 (b)চিত্ৰত P বিন্দুটো খোলটোৰ ভিতৰত লোৱা হৈছে। আগৰ দৰে O বিন্দুটো কেন্দ্ৰত ৰাখি P বিন্দুটোৰ মাজেৰে লোৱা গোলকীয় পৃষ্ঠখনক গ'ছিয়ান পৃষ্ঠ হিচাপে বিবেচনা কৰা হৈছে। এইবাৰো পূৰ্বৰ

গণনা-প্ৰক্ৰিয়া অনুসৰণ কৰি গ'ছিয়ান পৃষ্ঠখনৰে যোৱা ফ্লাক্স পোৱা যায় $E \times 4\pi r^2$।

অৱশ্যে, এই ক্ষেত্ৰত, গ'ছিয়ান পৃষ্ঠখনে কোনো ধৰণৰ আধান আবদ্ধ কৰি নাৰাখে। ফলত, গাউছৰ সূত্ৰ অনুসৰি পোৱা যায়, $E \times 4\pi r^2 = 0$, অৰ্থাৎ, $E = 0 \quad (r < R)$ (1.35)

গতিকে দেখা গ'ল যে সুষমভাৱে আহিত পাতল খোল এটাৰ বাবে খোলটোৰ ভিতৰৰ যিকোনো বিন্দুতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ শূন্য *। এই গুৰুত্বপূৰ্ণ সিদ্ধান্তটো হ'ল গাউছৰ সূত্ৰৰ এক প্ৰত্যক্ষ ফলাফল। আকৌ এই গাউছৰ সূত্ৰ ওলাই আহে কুলম্বৰ সূত্ৰৰ পৰা। এই ফলাফলৰ বাবে কৰা পৰীক্ষাৰ সত্যাপনেও (experimental verification) কুলম্বৰ সূত্ৰৰ $1/r^2$ ৰ নিৰ্ভৰশীলতাক সাব্যস্ত কৰে।

উদাহৰণ -1.13 ঃ আৰম্ভণিৰ পৰমাণুৰ আৰ্হিটো আছিল এনে ধৰণৰ। Ze ধনাত্মক আধানৰ বিন্দুসম নিউক্লিয়াচটো R ব্যাসাৰ্দ্ধ পৰ্যন্ত ঋণাত্মক সুষম আধান ঘনত্বৰে আবৃত হৈ থাকে। সামগ্ৰিকভাৱে পৰমাণুটো উদাসীন। এনেকুৱা আৰ্হিত, নিউক্লিয়াচটোৰ পৰা r দূৰত্বত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ কিমান?



চিত্ৰ 1.32

সমাধান ঃ পৰমাণুৰ এই ধৰণৰ আৰ্হিত, আধানৰ বণ্টন চিত্ৰ-1.32 ত দেখুওৱা ধৰণৰ। R ব্যাসাৰ্দ্ধৰ গোলাকাৰ স্থানত সুষমভাৱে বণ্টিত মুঠ ঋণাত্মক আধান – Ze হ'বই লাগিব। কিয়নো তেতিয়াহে (নিউক্লিয়াচৰ আধান Ze, ধনাত্মক) পৰমাণুটো উদাসীন হ'ব। স্পষ্টতঃ, ই আমাক ঋণাত্মক আধান ঘনত্ব ρ ৰ ধাৰণাটো দিয়ে। আমি পাওঁ—

$$\frac{4\pi R^3}{3}\rho = 0 - Ze \text{ বা, } \rho = \frac{3Ze}{4\pi R^3}$$

নিউক্লিয়াচৰ পৰা r দূৰত্বৰ কোনো এটা বিন্দু P ত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}(\vec{r})$ নিৰ্ণয় কৰিবলৈ আমি গাউছৰ সূত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰো। আধান বণ্টনৰ গোলকীয় সমমিতিৰ বাবে, বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}(\vec{r})$ ৰ মান মাত্ৰ অৰীয় দূৰত্বৰ ওপৰতহে নিৰ্ভৰ কৰে; এই ক্ষেত্ৰত $\vec{r}$ ৰ দিশ যিয়েই নহওক কিয়! ক্ষেত্ৰৰ দিশ নিউক্লিয়াচৰ পৰা P বিন্দুলৈ ব্যাসাৰ্দ্ধ ভেক্টৰ $\vec{r}$ ৰ দিশত (বা বিপৰীত) হ'ব। স্পষ্টতঃ গ'ছিয়ান পৃষ্ঠখন হ'ব নিউক্লিয়াচটোক কেন্দ্ৰ হিচাপে লোৱা এখন গোলাকাৰ পৃষ্ঠ। দুটা চৰ্ত বিবেচনা কৰা যাওক, r<R আৰু r>R ক লৈ।

(i) $r < R$ ঃ গোলাকাৰ পৃষ্ঠখনে আবৃত কৰি ৰখা বৈদ্যুতিক ফ্লাক্স,

$$\phi = E(r) \times 4\pi r^2$$

ইয়াত, r ত E(r) বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল গোলাকাৰ গ'ছিয়ান পৃষ্ঠখনৰ প্ৰতিটো বিন্দুতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ অভিলম্বৰ দিশত, আৰু প্ৰতিটো বিন্দুতে ইয়াৰ মান হ'ল সমান।

গ'ছিয়ান পৃষ্ঠখনে আবৃত কৰি ৰখা আধান q হ'ল ধনাত্মক নিউক্লীয় আধান আৰু r ব্যাসাৰ্দ্ধৰ

উদাহৰণ 1.13

* একাদশ শ্ৰেণীৰ পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ পাঠ্যপুথিৰ 8.5 অনুচ্ছেদত আলোচনা কৰা সুষম ভৰৰ খোলৰ লগত তুলনা কৰা।

গোলকটোৰ ভিতৰত থকা আধানৰ যোগফল।

গতিকে, $q = Ze + \frac{4\pi r^3}{3}\rho$

আগতে পোৱা ρ ৰ প্ৰকাশৰাশি বিবেচনা কৰি, আমি পাওঁ—

$$q = Ze - Ze\frac{r^3}{R^3}$$

এতিয়া গাউছৰ সূত্ৰৰ পৰা পোৱা যায়,

$$E(r) = \frac{Ze}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r^2} - \frac{r}{R^3}\right); \qquad r < R$$

বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ দিশ অৰীয়ভাৱে বহিৰ্মুখী।

(ii) $r > R$ ঃ এই ক্ষেত্ৰত, গোলাকাৰ গ'ছিয়ান পৃষ্ঠখনে আবৃত কৰি ৰখা মুঠ আধান শূন্য কিয়নো সামগ্ৰিকভাৱে পৰমাণুটো উদাসীন। গতিকে গাউছৰ সূত্ৰৰ পৰা পোৱা যায়—

$E(r) \times 4\pi r^2 = 0$

বা $E(r) = 0; \qquad r > R$

আকৌ, $r = R$ ত দুয়োটা চৰ্তয়ে একেই ফলাফল দিয়ে ঃ

অৰ্থাৎ, $E = 0$।

উদাহৰণ 1.13

সমমিতিৰ বিষয়ে
(On symmetry operations)

পদাৰ্থ বিজ্ঞানত প্ৰায়ে আমি বিভিন্ন সমমিতিৰ (Symmetry) সন্মুখীন হও। এনে সমমিতি মনত ৰাখি আগবাঢ়িলে বহু সিদ্ধান্ত বা ফলাফলত সহজে উপনীত হ'ব পাৰি। নিয়মীয়া গণনা অনুসৰণ কৰি এনে সিদ্ধান্তত উপনীত হ'বলৈ দীৰ্ঘ প্ৰয়াসৰ দৰকাৰ হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে y-z সমতলত থকা সুষম আধান বিশিষ্ট অসীম পাত এখন বিবেচনা কৰা। ইয়াত আধানৰ পৃষ্ঠঘনত্ব S। এই প্ৰণালীটো অপৰিৱৰ্তনীয় হৈ থাকিব যদি (a) y-z তলৰ সমান্তৰালভাৱে স্থানান্তৰ কৰোঁ (b) x- অক্ষ সাপেক্ষে ঘূৰাও। এনে সমমিতীয় ক্ৰিয়াত যিহেতু প্ৰণালীটোৰ সলনি নহয় ইহঁতৰ ধৰ্মৰো পৰিবৰ্তন নহয়। বিশেষকৈ এই উদাহৰণটোত বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ অপৰিৱৰ্তনীয় হৈ ৰ'ব।

y অক্ষৰ দিশে থকা স্থানান্তৰীয় সমমিতিয়ে দেখুৱায় যে $(0, y_1, 0)$ বিন্দুৰ বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$, $(0, y_2, 0)$ বিন্দুতো একে হ'ব লাগিব। একেদৰে z- অক্ষৰ দিশে থকা স্থানান্তৰীয় সমমিতিয়ে দেখুৱায় যে, $(0, 0, z_1)$ আৰু $(0, 0, z_2)$ বিন্দু দুটাতো একে হ'ব লাগিব। x- অক্ষ সাপেক্ষে ঘূৰ্ণন সমমিতি ব্যৱহাৰ কৰি আমি সিদ্ধান্তত আহিব পাৰোঁ যে y-z সমতলৰ লম্বভাৱে $\vec{E}$ থাকিব আৰু x দিশৰ সমান্তৰাল হ'ব।

এতিয়া এনে এক সমমিতিৰ কথা চিন্তা কৰা যি দেখুৱায় যে বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ মান ধ্ৰুৱক, x স্থানাংকৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল নহয়। ইয়াৰ পৰা দেখা যাব যে এখন সুষমভাৱে আহিত অসীম পৰিবাহী পাত এখনৰ কাৰণে বিদ্যুত ক্ষেত্ৰৰ মান স্থানৰ সকলো বিন্দুতে একে। অৱশ্যে পাত দুখনৰ দুয়োফালে ক্ষেত্ৰৰ দিশ পৰস্পৰৰ ওলোটা।

কুলম্ব সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰি এই ফলাফলত উপনীত হ'বলৈ কেনে দীঘলীয়া প্ৰয়াসৰ প্ৰয়োজন তুলনা কৰি চোৱা।

সাৰাংশ

1. বৈদ্যুতিক আৰু চুম্বকীয় বলে পৰমাণু, অণু আৰু গোটেই পদাৰ্থটোৰ ধৰ্ম নিৰ্ণয় কৰে।
2. ঘৰ্ষণ বিদ্যুতৰ সাধাৰণ পৰীক্ষাৰ পৰা আমি পাওঁ যে প্ৰকৃতিত দুই ধৰণৰ আধান আছে; একে প্ৰকৃতিৰ আধানে বিকৰ্ষণ আৰু ভিন্ন প্ৰকৃতিৰ আধানে পৰস্পৰক আকৰ্ষণ কৰে। চিহ্নৰ ফালৰ পৰা কাঁচৰ দণ্ড এডালক চিল্কৰ কাপোৰেৰে ঘঁহিলে উৎপন্ন হোৱা আধানটো ধনাত্মক হয়; প্লাষ্টিকৰ দণ্ড এডালক জন্তুৰ ছালৰ নোমেৰে ঘঁহিলে উৎপন্ন হোৱা আধানটো ঋণাত্মক হয়।
3. পৰিবাহী দণ্ডই ইয়াৰ মাজেৰে বৈদ্যুতিক আধান চলাচল কৰিবলৈ দিয়ে; অন্তৰকে নিদিয়ে। ধাতুৰ মাজেৰে চলাচল কৰা আধানবোৰ হ'ল ইলেক্ট্ৰন; বিদ্যুতবিশ্লেষ্যৰ মাজেৰে ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক দুয়ো ধৰণৰ আধানেই চলাচল কৰে।
4. বৈদ্যুতিক আধানৰ তিনিটা মৌলিক ধৰ্ম আছে; কোৱাণ্টিকৰণ (quantisation),সংযোজিতা (additivity) আৰু ৰক্ষণশীলতা।

   বৈদ্যুতিক আধানৰ কোৱাণ্টিকৰণ বুলিলে আমি বুজি পাওঁ যে কোনো এটা বস্তুৰ আধান (q) সদায় এটা ক্ষুদ্ৰতম মৌলিক আধানৰ (e) অখণ্ড গুণিতক; অৰ্থাৎ $q = n\,e$, য'ত $n = 0, \pm1, \pm2, \pm3, \ldots$ । প্ৰটন আৰু ইলেক্ট্ৰনৰ আধান ক্ৰমে $+e$ আৰু $-e$। অতি বৃহৎ সংখ্যক আধানেৰে আহিত বস্তু এটাৰ আধানৰ কোৱাণ্টিকৰণ উপেক্ষা কৰিব পাৰি।

   সংযোজিতা ধৰ্মটোৱে এইটোৱে বুজাইছে যে তন্ত্ৰ এটাত থকা মুঠ আধান তন্ত্ৰটোত থকা প্ৰত্যেকটো আধানৰ বীজগণিতীয় যোগফলৰ সমান (এই ক্ষেত্ৰত আধানবোৰৰ চিহ্নৰ কথাটো মনত ৰাখিব লাগিব)।

   আধানৰ ৰক্ষণশীলতাই বুজায় যে তন্ত্ৰ এটাত থকা মুঠ আধানৰ মান সময়ৰ সৈতে পৰিবৰ্তন হয়। গতিকে ঘৰ্ষণৰ জৰিয়তে যেতিয়া কোনো এটা বস্তু আহিত হয়, এটা বস্তুৰ পৰা আন এটা বস্তুলৈ মাথোন বৈদ্যুতিক আধানবোৰ স্থানান্তৰিতহে হয়, ইহঁতৰ ধ্বংস বা সৃষ্টি নহয়।
5. **কুলম্বৰ সূত্ৰ ঃ** q_1 আৰু q_2 বিন্দুসম আধান দুটাৰ মাজত থকা পাৰস্পৰিক স্থিতিবৈদ্যুতিক বলটো আধান দুটাৰ পূৰণফলৰ (q_1q_2) সমানুপাতিক আৰু সিহঁতৰ মাজৰ দূৰত্বৰ বৰ্গৰ (r^2_{21}) ব্যস্তানুপাতিক। গাণিতীকভাৱে

   $\vec{F}_{21}$ = q_1 আধানৰ বাবে q_2 ৰ ওপৰত পৰা বল $q_1 = \dfrac{k(q_1q_2)}{r_{21}^2}\hat{r}_{21}$

   ইয়াত $\hat{\mathbf{r}}_{21}$ হ'ল q_1 ৰ পৰা q_2 ৰ দিশত একক ভেক্টৰ আৰু $k = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ হ'ল সমানুপাতিক ধ্ৰুৱক।

   SI পদ্ধতিত আধানৰ একক হ'ল কুলম্ব। ε_0 ধ্ৰুৱকৰ পৰীক্ষাৰ সহায়ত পোৱা মানটো হ'ল

   $$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ C^2\ N^{-1}\ m^{-2}$$

   k ৰ মোটামোটি মান হ'ল— $k = 9 \times 10^9\ N\ m^2\ C^{-2}$
6. প্ৰটন এটা আৰু ইলেক্ট্ৰন এটাৰ মাজত থকা বৈদ্যুতিক বল আৰু মহাকৰ্ষিক বলৰ অনুপাতটো হ'ল—

   $$\frac{ke^2}{Gm_em_p} \cong 2.4 \times 10^{39}$$
7. **অধ্যাৰোপন তত্ব ঃ** দুটা আধানে এটাই আনটো যি বলেৰে আকৰ্ষণ বা বিকৰ্ষণ কৰে, সেয়া তৃতীয় এটা বা ততোধিক অতিৰিক্ত আধানৰ বৰ্তমানত পৰিবৰ্তন নহয়। q_1, q_2, q_3, ... ইত্যাদি আধান থকা তন্ত্ৰ এটাত যিকোনো এটা আধানৰ (ধৰা হ'ল q_1) ওপৰত পৰা মুঠ বল হ'ল q_2 ৰ বাবে q_1 ৰ ওপৰত পৰা বল, q_3 ৰ বাবে q_1 ৰ ওপৰত পৰা বল ইত্যাদি ইত্যাদি বলৰ ভেক্টৰ যোগফলৰ সমান। প্ৰতিটো আধান যুটীৰ মাজৰ বল কুলম্বৰ সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰি পাব পাৰি।

8. আধান বিন্যাস এটাৰ বাবে এটা বিন্দুত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান $\vec{E}$ হ'ব— সেই বিন্দুটোত স্থাপন কৰা এটা একক পৰীক্ষণীয় ধনাত্মক আধান q ৰ ওপৰত যিমান বল পৰে তাক আধানটোৰ মানেৰে হৰণ কৰি পোৱা ৰাশিটোৰ সমান। q বিন্দুসম আধানটোৰ বাবে সৃষ্ট বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান হ'ল— $|q|/4\pi\varepsilon_0 r^2$; ই q আধানৰ পৰা অৰীয় বহিৰ্মুখী দিশত; q আধান ঋণাত্মক হ'লে অৰীয়ভাৱে অন্তৰ্মুখী দিশত। কুলম্বৰ সূত্ৰৰ দৰে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰইও সমাৰোপন তত্ব মানি চলে।

9. বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ হ'ল কিছুমান বক্ৰ ৰেখা যিবিলাকৰ প্ৰতিটো বিন্দুতেই অঁকা স্পৰ্শকেই বিন্দু এটাত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ নিৰ্দেশ কৰে। ক্ষেত্ৰ ৰেখাৰ বিভিন্ন বিন্দুত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰৰ আপেক্ষিক ঘনিষ্ঠতাই ক্ষেত্ৰখনৰ আপেক্ষিক তীব্ৰতা প্ৰকাশ কৰে; তীব্ৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ অঞ্চলত সিহঁত ওচৰা-ওচৰিকৈ থাকে আৰু দুৰ্বল বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ অঞ্চলত বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ সমান সমান দূৰত্বত থকা কিছুমান সমান্তৰাল ক্ষেত্ৰ ৰেখাৰ সমষ্টি হিচাপে থাকে।

10. ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰৰ কিছুমান গুৰুত্বপূৰ্ণ ধৰ্ম হ'ল— (i) ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ হ'ল কিছুমান অবিচ্ছিন্ন বক্ৰ ৰেখা, (ii) দুটা বক্ৰ ৰেখাই কেতিয়াও কটাকটি নকৰে, (iii) স্থিতি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাই ধনাত্মক আধানৰ পৰা আৰম্ভ হয় আৰু ঋণাত্মক আধানত শেষ হয়— সিহঁতে কেতিয়াও বন্ধ ঘেৰ (closed loop) সৃষ্টি কৰিব নোৱাৰে।

11. 2a দূৰত্বত থকা দুটা সমান কিন্তু বিপৰীত আধানযুক্ত q আৰু –q আধানেৰে গঠিত হয় এটা বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু। ইয়াৰ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক ভেক্টৰ $\vec{p}$ ৰ মান হ'ল 2qa আৰু –q ৰ পৰা q লৈ দ্বিমেৰু অক্ষৰ দিশত ইয়াৰ দিশ।

12. কেন্দ্ৰৰ পৰা r দূৰত্বত থকা বিষুৱীয় সমতল এখনত (দ্বিমেৰুটোৰ অক্ষৰ লম্ব দিশত আৰু কেন্দ্ৰৰ মাজেদি পাৰ হোৱা এখন সমতল) বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুটোৰ মান হ'ব

$$\vec{E} = \frac{-\vec{P}}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{\left(a^2 + r^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\vec{E} = \frac{-\vec{P}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}, \quad r >> a \text{ ৰ বাবে}$$

অক্ষৰ ওপৰত, কেন্দ্ৰৰ পৰা r দূৰত্বত দ্বিমেৰু বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান হ'ল

$$\vec{E} = \frac{2\,\vec{P}r}{4\pi\varepsilon_0\left(r^2 - a^2\right)^2}$$

$$= \frac{2\vec{P}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}, \quad r >> a \text{ ৰ বাবে}$$

মন কৰিবলগীয়া কথাটো হ'ল— দ্বিমেৰুৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান $1/r^3$ নিৰ্ভৰশীল; আনহাতে বিন্দুসম আধানৰ বাবে সৃষ্ট বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $1/r^2$ নিৰ্ভৰশীল।

13. সুষম বিদ্যুত ক্ষেত্ৰ ($\vec{E}$) এখনত, দ্বিমেৰু এটাই $\vec{\tau}$ টৰ্ক অনুভৱ কৰে আৰু ইয়াৰ মান

$$\vec{\tau} = \vec{P} \times \vec{E}$$

কিন্তু ই অনুভৱ কৰা মুঠ বলৰ মান শূন্য।

14. ক্ষুদ্ৰ কালিৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ E ৰ অভিবাহ (Flux) $\Delta\phi$ ৰ মান হ'ল—

$$\Delta\phi = \vec{E} \cdot \Delta\vec{S} \text{ ; ভেক্টৰ কালি } \Delta\vec{S} = \Delta S\ \hat{\mathbf{n}}$$

ইয়াত ΔS হ'ল কালিৰ মান আৰু $\hat{\mathbf{n}}$ হ'ল কালিৰ লম্বদিশত একক ভেক্টৰ; ক্ষুদ্ৰ কালিৰ ক্ষেত্ৰত ইয়াক সমতলীয় (planar) বুলি বিবেচনা কৰিব পাৰি। এখন বন্ধ পৃষ্ঠৰ এক কালি উপাদানৰ (area element) বাবে $\hat{\mathbf{n}}$ ৰ দিশ হ'ল পৃষ্ঠৰ লম্বভাৱে বহিৰ্দিশত।

15. গাউছৰ সূত্ৰ ঃ বন্ধ পৃষ্ঠ S ৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা অভিবাহৰ মান S পৃষ্ঠখনে আৱদ্ধ কৰি ৰখা মুঠ আধানৰ $1/\varepsilon_0$ গুণ। উৎসৰ বিতৰণ সৰল সমমিতি অৱস্থাত থাকিলে এই সূত্ৰটো বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ নিৰ্ণয়ৰ বাবে ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰি।

(i) অসীমভাৱে দীঘল, সুষম ৰৈখিক আধান ঘনত্ব λ থকা, পোন, ক্ষীণ তাৰ এডালৰ বাবে

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\hat{n}$$

ইয়াত r হ'ল তাঁৰডালৰ পৰা বিন্দুটোৰ লম্ব দূৰত্ব আৰু $\hat{\mathbf{n}}$ হ'ল বিন্দুটোৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা সমতলখনৰ ওপৰত অৰীয় দিশত থকা একক ভেক্টৰ।

(ii) অসীমভাৱে পাতল, সুষম পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব σ থকা পাত এখনৰ বাবে

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\hat{n}$$

ইয়াত $\hat{\mathbf{n}}$ হ'ল সমতলখনৰ দুয়োফালে বহিৰ্দিশত লম্বভাৱে থকা একক ভেক্টৰ।

(iii) সুষম পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব σ থকা পাতল গোলকীয় খোলৰ ক্ষেত্ৰত

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{r} \qquad (r \geq R)$$

$$\vec{E} = 0 \qquad (r < R)$$

ইয়াত r হ'ল খোলটোৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা বিন্দুটোৰ দূৰত্ব আৰু R হ'ল খোলটোৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ। q হ'ল খোলটোৰ মুঠ আধান; $q = 4\pi R^2\sigma$.

খোলটোৰ বাহিৰত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান এনেকুৱা যে গোটেইখিনি আধান যেন খোলটোৰ কেন্দ্ৰতহে কেন্দ্ৰীভূত হৈ আছে। সুষম আয়তন আধান ঘনত্ব থকা গোটা গোলকৰ ক্ষেত্ৰতো একে ফলাফলেই পোৱা যায়। খোলটোৰ ভিতৰৰ সকলো বিন্দুতেই ক্ষেত্ৰৰ মান শূন্য হয়।

ভৌতিক ৰাশি	চিহ্ন	মাত্ৰা	একক	মন্তব্য
ভেক্টৰ কালি উপাদান	$\Delta\vec{S}$	$[L^2]$	m^2	$\Delta\vec{S} = \Delta S\,\hat{\mathbf{n}}$
বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ	$\vec{E}$	$[MLT^{-3}A^{-1}]$	$V\,m^{-1}$	
বৈদ্যুতিক অভিবাহ	ϕ	$[ML^3\,T^{-3}A^{-1}]$	V m	$\Delta\phi = \vec{E}\cdot\Delta\vec{S}$
দ্বিমেৰু ভ্ৰামক	$\vec{p}$	[LTA]	C m	ভেক্টৰটো ঋণাত্মকৰ পৰা ধনাত্মক আধানৰ দিশত
আধান ঘনত্ব				
ৰৈখিক	λ	$[L^{-1}\,TA]$	$C\,m^{-1}$	আধান/দৈৰ্ঘ্য
পৃষ্ঠ	σ	$[L^{-2}\,TA]$	$C\,m^{-2}$	আধান/কালি
আয়তন	ρ	$[L^{-3}\,TA]$	$C\,m^{-3}$	আধান/আয়তন

বৈদ্যুতিক আধান আৰু ক্ষেত্ৰ

মন কৰিবলগীয়া কথা

1. তুমি নিশ্চয় চিন্তা কৰি আচৰিত হোৱা— ধনাত্মক আধানযুক্ত প্ৰটনবোৰে ক্ষুদ্ৰ আয়তনৰ নিউক্লিয়াছটোৰ ভিতৰত কেনেকৈ একেলগে থাকিব পাৰে। সিহঁতে কিয় নিউক্লিয়াছৰ পৰা ওলাই নাযায়? ভৱিষ্যতে তুমি জানিব পাৰিবা যে প্ৰকৃতিত তৃতীয় এবিধ মৌলিক বল আছে; তীব্ৰ বল বোলা এই বলটোৱে প্ৰটনবোৰক নিউক্লিয়াছৰ ভিতৰত বান্ধি ৰাখে। পিছে এইবিধ বল সীমিত পৰিসৰতহে ($\sim 10^{-14}$ m) কাৰ্যক্ষম। এই ক্ষুদ্ৰ দূৰত্বটো সঠিকভাৱে নিউক্লিয়াছৰ আকাৰৰ সমান। ইয়াৰোপৰি নিউক্লিয়াছৰ ভিতৰত ইলেক্ট্ৰনৰ স্থান নাই। সেয়া কোৱাণ্টাম বল বিদ্যাৰ সহায়তহে ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি। এই পৰিঘটনাসমূহেই প্ৰকৃতিত থকা পৰমাণুবোৰক এক নিজস্ব, সুকীয়া গঠন প্ৰদান কৰে।
2. কুলম্বীয় আৰু মহাকৰ্ষণিক— দুয়ো ধৰণৰ বলেই বৰ্গৰ ব্যস্তানুপাতিকতাৰ সূত্ৰ মানি চলে। কিন্তু মহাকৰ্ষণিক বলৰ এটাই মাথোন চিহ্ন (সদায় আকৰ্ষণী); ইয়াৰ বিপৰীতে কুলম্বীয় বলে— আকৰ্ষণী আৰু বিকৰ্ষণী— দুয়ো ধৰণৰ ধৰ্ম দেখুৱাব পাৰে। ইয়াৰ ফলত বৈদ্যুতিক বল সম্পূৰ্ণৰূপে নিঃশেষ হোৱাৰ সম্ভাৱনাও থাকে। মহাকৰ্ষণিক বল যদিও আটাইতকৈ দুৰ্বল বল— একমাত্ৰ আকৰ্ষণী চৰিত্ৰটোৰ বাবেই ই সৰ্বত্ৰ বিৰাজমান।
3. কুলম্বৰ সূত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰি আধানৰ এককৰ সংজ্ঞা দিবলৈ হ'লে কুলম্বৰ সূত্ৰটোত থকা সমানুপাতিক ধ্ৰুৱক R ৰ মান কি লওঁ সেয়া আমাৰ পছন্দৰ ওপৰতহে নিৰ্ভৰ কৰে। তথাপিও SI এককত, চৌম্বিক প্ৰভাৱৰ সহায়ত বিদ্যুত এককৰ সংজ্ঞা (এম্পিয়েৰৰ সূত্ৰ) আৰু আধানৰ এককৰ (কুলম্ব) সংজ্ঞা দিয়া হয় (1C = 1 A s)। এই ক্ষেত্ৰৰ R ৰ মান যিকোনো নহয়; ইয়াৰ মান হয় প্ৰায় 9×10^9 N m^2 C^{-2}।
4. বৈদ্যুতিক প্ৰভাৱ সম্পৰ্কীয় কথা বিবেচনা কৰিলে kৰ বৃহৎ মান অৰ্থাৎ আধানৰ বৃহৎ এককটো (1 কুলম্ব) সৃষ্টি হয় (3 নম্বৰত উল্লেখ কৰাৰ দৰে); কাৰণ আধানৰ সংজ্ঞা দিয়া হয় চুম্বকীয় বলৰ দ্বাৰাহে (বিদ্যুত পৰিবাহী এডালৰ ওপৰত পৰা বল); সাধাৰণতে এই চুম্বকীয় বলটো বিদ্যুত বলতকৈ বহু পৰিমাণে দুৰ্বল হয়। গতিকে, যদিও চুম্বকীয় প্ৰভাৱৰ দিশৰ পৰা 1 এম্পিয়াৰ এককটোৰ মান মোটামুটিভাৱে মধ্যমীয়া, 1 কুলম্ব = 1 A s এককটো পিছে বিদ্যুত প্ৰভাৱৰ বাবে অতি বৃহৎ ৰাশি।
5. আধানৰ সংযোজিতা ধৰ্মটো অৱধাৰিত নহয়। এই ধৰ্মটো বৈদ্যুতিক আধানৰ নিজস্ব কোনো দিশ নথকা ধৰ্মটোৰ লগত সম্পৰ্কিত; আধান হ'ল এক স্কেলাৰ ৰাশি।
6. আধান অকল ঘূৰ্ণনৰ ক্ষেত্ৰতেই স্কেলাৰ ৰাশি (বা অপৰিৱৰ্তক) নহয়; ই আপেক্ষিক গতি থকা প্ৰসংগ প্ৰণালীৰ ক্ষেত্ৰতো অপৰিৱৰ্তক। এয়া পিছে যিকোনো স্কেলাৰ ৰাশিৰ বাবেই সত্য নহয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, ঘূৰ্ণন প্ৰক্ৰিয়া সাপেক্ষে গতিশক্তি স্কেলাৰ ৰাশি; কিন্তু আপেক্ষিক গতি থকা প্ৰসংগ প্ৰণালীৰ বাবে গতিশক্তি অপৰিৱৰ্তক নহয়।
7. বিচ্ছিন্ন তন্ত্ৰ এটাত মুঠ আধানৰ ৰক্ষণশীলতাৰ ধৰ্মটোৰ 6 নম্বৰত উল্লেখ কৰা আধানৰ স্কেলাৰ প্ৰকৃতিটোৰ লগত সম্পৰ্ক নাই। এটা প্ৰসংগ প্ৰণালীত সময়ৰ সৈতে অপৰিৱৰ্তনীয় ধৰ্মটোকেই ৰক্ষণশীলতাই বুজাইছে। এটা ভৌতিক ৰাশি স্কেলাৰ হ'ব পাৰে— কিন্তু ই ৰক্ষণশীলতাৰ সূত্ৰ নামানিবও পাৰে (অস্থিতিস্থাপক সংঘৰ্ষত গতিশক্তিৰ নিচিনাকৈ)। ইয়াৰ বিপৰীতে আমি ৰক্ষণশীলতাৰ সূত্ৰ মানি চলা ভেক্টৰ ৰাশিও পাওঁ (যেনে বিচ্ছিন্ন তন্ত্ৰ এটাত থকা কৌণিক ভৰবেগ)।
8. বৈদ্যুতিক আধানৰ কোৱাণ্টিকৰণ হ'ল প্ৰকৃতিৰ এক মৌলিক নীতি। আমোদজনকভাৱে ইয়াৰ সদৃশ সূত্ৰ বা নীতি ভৰৰ কোৱাণ্টিকৰণৰ ক্ষেত্ৰত নাই।
9. সমাৰোপনৰ মূলনীতিটো এক অৱশ্যম্ভাৱী প্ৰক্ৰিয়া বুলি ধৰাটো উচিত নহয়; নাইবা ইয়াক ভেক্টৰৰ যোগফলৰ সমান বুলি ধৰি লোৱাটোও উচিত নহয়। এই নীতিয়ে দুটা কথা সোঁৱৰায় ঃ এটা আধানৰ বৰ্তমানত আন এটা আধানৰ ওপৰত পৰা বলটো তৃতীয় এটা আধানৰ উপস্থিতিত অপৰিৱৰ্তনীয় হৈ থাকে; দুটাতকৈ অধিক আধান থাকিলেও কোনো ধৰণৰ অতিৰিক্ত ত্ৰিবস্তু, চতুৰ্বস্তু ইত্যাদি বল নাথাকে।
10. বিচ্ছিন্ন আধানযুক্ত বিন্যাসৰ বাবে সৃষ্ট বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ সংজ্ঞা বিচ্ছিন্ন আধান বিলাক থকা স্থানত দিয়া নহয়। অবিচ্ছিন্ন আধান বিস্তৃতিৰে পূৰ্ণ আয়তনৰ বাবে বিস্তৃতিৰ যিকোনো বিন্দুতেই বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ সংজ্ঞা দিয়া হয়। পৃষ্ঠীয় আধান বিস্তৃতিৰ বাবে, বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন পৃষ্ঠভাগত বিচ্ছিন্ন হয়।

11. মুঠ আধানৰ মান শূন্য হোৱা আধান বিস্তৃতিৰ বাবে সৃষ্ট বিদ্যুত ক্ষেত্ৰখনৰ মান শূন্য নহয়; কিন্তু আধান বিস্তৃতিটোৰ আকাৰৰ তুলনাত দূৰত্ব অত্যধিক হ'লে ইয়াৰ ক্ষেত্ৰখন বিচ্ছিন্ন আধানৰ বাবে প্ৰযোজ্য $1/r^2$ তকৈ বেছি দ্ৰুততাৰে কমি যায়। এই সত্যটোৰ উৎকৃষ্ট উদাহৰণ হ'ল বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু।

অনুশীলনী

1.1 বায়ু মাধ্যমত 30 cm দূৰত্বত থকা 2×10^{-7}C আৰু 3×10^{-7}C আধানবিশিষ্ট দুটা সৰু আহিত গোলকৰ মাজত থকা বল কিমান হ'ব?

1.2 বায়ু মাধ্যমত 0.4 μC আধান থকা সৰু গোলকটোৰ ওপৰত –0.8 μC আধান থকা গোলকটোৱে দিয়া স্থিতিবৈদ্যুতিক বলৰ মান হ'ল 0.2 N। তেন্তে
(a) দুয়োটা গোলকৰ মাজত দূৰত্ব কিমান?
(b) প্ৰথমটোৰ উপস্থিতিত দ্বিতীয় গোলকটোৰ ওপৰত পৰা বলৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

1.3 $ke^2/G\, m_e m_p$ অনুপাতটোৰ মাত্ৰাহীনতা পৰীক্ষা কৰা। ভৌতিক ধ্ৰুৱকৰ মান থকা তালিকাখন চাই এই অনুপাতটোৰ মানটো নিৰ্ণয় কৰা। অনুপাতটোৱে কি কথা সূঁচাইছে?

1.4 (a) 'বস্তু এটাৰ বৈদ্যুতিক আধান কোৱাণ্টীয়' বোলা কথাষাৰ ব্যাখ্যা কৰা।
(b) বৃহৎ পৰিসৰৰ আধানৰ ক্ষেত্ৰত বৈদ্যুতিক আধানৰ কোৱাণ্টিকৰণ ধাৰণাটো কিয় উপেক্ষা কৰা হয়?

1.5 কাঁচৰ দণ্ড এডাল চিল্কৰ কাপোৰেৰে ঘঁহিলে দুয়োটাতে আধানৰ সৃষ্টি হয়। এনেকুৱা পৰিঘটনা বহুত ধৰণৰ যুঁৰীয়া পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰতেই পৰিলক্ষিত হয়। আধানৰ ৰক্ষণশীলতাৰ সূত্ৰটো এনেকুৱা পৰিঘটনাৰ ক্ষেত্ৰত কেনেদৰে প্ৰযোজ্য হয় ব্যাখ্যা কৰা।

1.6 10 cm বাহু বিশিষ্ট ABCD বৰ্গক্ষেত্ৰটোৰ চাৰিওটা চুকতেই $q_A = 2$ μC, $q_B = -5$ μC, $q_C = 2$ μC, আৰু $q_D = -5$ μC আধান চাৰিটা আছে। বৰ্গক্ষেত্ৰটোৰ কেন্দ্ৰত থকা 1 μC আধানটোৰ ওপৰত পৰা বলৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

1.7 (a) এডাল স্থিতি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰেখা হ'ল এক অবিচ্ছিন্ন বক্ৰৰেখা। অৰ্থাৎ ক্ষেত্ৰৰেখা এডাল কেতিয়াও হঠাতে ভাঙিব নোৱাৰে। কিয় নোৱাৰে?
(b) ক্ষেত্ৰৰেখা দুডালে কিয় কেতিয়াও কোনো বিন্দুত কটাকটি কৰিব নোৱাৰে ব্যাখ্যা কৰা।

1.8 ভেকুৱামত 20 cm ব্যৱধানত দুটা বিন্দুসম আধান $q_A = 3$ μC আৰু $q_B = -3$ μC অৱস্থান কৰিছে।
(a) দুয়োটা আধান সংযোগী ৰেখা AB ৰ মধ্যবিন্দু O ত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান কিমান হ'ব?
(b) যদিহে এই বিন্দুটোত 1.5×10^{-9} C আধানসম্পন্ন ঋণাত্মক পৰীক্ষণীয় আধান এটা স্থাপন কৰা হয়, পৰীক্ষণীয় আধানটোৱে অনুভৱ কৰা বলৰ মান কিমান হ'ব?

1.9 তন্ত্ৰ এটাত দুটা আধান $q_A=2.5 \times 10^{-7}$ C আৰু $q_B=-2.5\times10^{-7}$ C ক্ৰমে দুটা বিন্দু A: (0, 0, –15 cm) আৰু B: (0,0, +15 cm)ত অৱস্থান কৰিছে। তন্ত্ৰটোৰ মুঠ আধান আৰু বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু ভ্ৰামক কিমান?

1.10 দ্বিমেৰু ভ্ৰামক 4×10^{-9} C m যুক্ত বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু এটাই 5×10^4 NC^{-1}মান সম্পন্ন সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখনৰ দিশৰ লগত 30^0 কোণ কৰি আছে। দ্বিমেৰুটোৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰি থকা টৰ্কৰ মান গণনা কৰা।

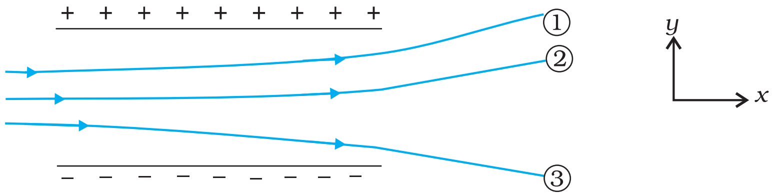
1.11 পলিথিনৰ টুকুৰা এটা উলেৰে ঘঁহাৰ ফলত 3×10^{-7} C মানৰ ঋণাত্মক আধান এটাৰ সৃষ্টি হ'ল।
(a) স্থানান্তৰিত ইলেক্ট্ৰনৰ সংখ্যা নিৰূপণ কৰা (ক'ৰ পৰা ক'লৈ যায়)
(b) উলৰ পৰা পলিথিনলৈ ভৰৰ স্থানান্তৰণ হয়নে?

1.12 (a) দুটা অন্তৰিত ভ্ৰামেৰে গঠিত আহিত গোলক A আৰু B ৰ কেন্দ্ৰ দুটাৰ দূৰত্ব হ'ল 50 cm। দুয়োটা গোলকতেই থকা আধানৰ মান 6.5×10^{-7} C হ'লে দুয়োটাৰে মাজত থকা পাৰস্পৰিক স্থিতিবৈদ্যুতিক বিকৰ্ষণী বলৰ মান কিমান হ'ব? দুয়োটাৰ মাজত থকা দূৰত্বৰ তুলনাত A আৰু B ৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ নগণ্য বুলি ধৰা।

(b) যদিহে প্ৰত্যেকটো গোলকেই দুগুণ পৰিমাণে আহিত কৰা হয় আৰু সিহঁতৰ মাজৰ দূৰত্ব আধা কৰিলে, বিকৰ্ষণী বলৰ মান কিমান হ'ব?

1.13 ধৰা হ'ল 1.12 নম্বৰ সমস্যাটোত উল্লেখ কৰা A আৰু B গোলক দুটা আকাৰৰ ক্ষেত্ৰত সদৃশ। একে আকাৰৰ কিন্তু অনাহিত তৃতীয় এটা গোলক প্ৰথমে A ৰ সৈতে সংযোগ কৰা হ'ল; তাৰ পিছত B ৰ লগত সংযোগ কৰি শেষত দুয়োটাৰে পৰা বিচ্ছিন্ন কৰা হ'ল। এতিয়া A আৰু B ৰ মাজত নতুন বিকৰ্ষণী বলটো কিমান হ'ব?

1.14 1.33 নম্বৰ ৰেখাচিত্ৰটোৰে সুষম স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখনত তিনিটা আহিত কণাৰ গতিপথ দেখুৱাইছে। আধান আৰু ভৰৰ অনুপাত কোনটো কণাৰ আটাইতকৈ বেছি হ'ব?



চিত্ৰ **1.33**

1.15 ধৰা $\vec{E} = 3 \times 10^3 \,\hat{\mathbf{i}}$ N/C হ'ল এখন সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ।

(a) yz সমতলৰ সমান্তৰালভাৱে থকা 10 cm বাহুবিশিষ্ট বৰ্গক্ষেত্ৰ সদৃশ সমতলখনৰ মাজেৰে পাৰ হৈ যোৱা এই ক্ষেত্ৰখনৰ অভিবাহৰ (Flux) মান কিমান হ'ব?

(b) এই একে বৰ্গক্ষেত্ৰটোৰ সমতলৰ ওপৰত আঁকা লম্বডালে x অক্ষৰ লগত 60° কোণ কৰিলে তাৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা অভিবাহৰ মান কিমান হ'ব?

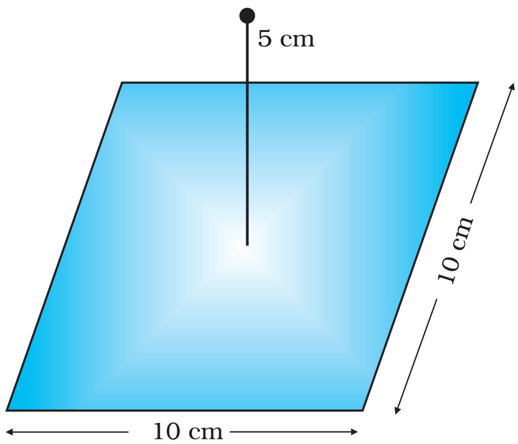
1.16 1.15 নম্বৰ সমস্যাটোত যদি 20 cm বাহুবিশিষ্ট ঘনক এটাক এনেদৰে ৰখা হয় যে ইয়াৰ পিঠিকেইখন স্থানাংক সমতলৰ সমান্তৰাল হয়, তেন্তে সুষম বিদ্যুত ক্ষেত্ৰখনৰ মুঠ অভিবাহ কিমান হ'ব?

1.17 কৃষ্ণ বাকচ এটাৰ পৃষ্ঠত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন সাৱধানে জুখি পোৱা গ'ল যে কৃষ্ণ বাকচটোৰ পৃষ্ঠৰ মাজেৰে মুঠ বহিৰ্মুখী অভিবাহৰ মান হ'ল 8.0×10^3 Nm^2/C। তেন্তে

(a) বাকচটোৰ ভিতৰত মুঠ আধান কিমান হ'ব?

(b) যদিহে বাকচটোৰ পৃষ্ঠৰ মাজেৰে বহিৰ্মুখী অভিবাহৰ মান শূন্য হয়, তেন্তে বাকচটোৰ ভিতৰত কোনো আধান নাই বুলি সিদ্ধান্তত উপনীত হ'ব পাৰিবা নেকি? কিয় তেনে সিদ্ধান্তত উপনীত হ'ব পাৰিবা বা নোৱাৰা?

1.18 1.34 নম্বৰ চিত্ৰত দেখুওৱাৰ দৰে 10 cm বাহুবিশিষ্ট বৰ্গক্ষেত্ৰটোৰ সমতল পৃষ্ঠখনৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা ঠিক 5 cm উচ্চতাত +10 μC মানৰ বিন্দুসম আধান এটা আছে। বৰ্গক্ষেত্ৰটোৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা অভিবাহৰ মান কিমান হ'ব? (ইংগিতঃ বৰ্গক্ষেত্ৰটোক 10 cm বাহুবিশিষ্ট ঘনক এটাৰ এখন পৃষ্ঠ বুলি ধৰি লোৱা)।



চিত্ৰ 1.34

1.19 9 cm কাষযুক্ত ঘনকীয় গাউছীয় পৃষ্ঠ এখনৰ কেন্দ্ৰত 2.0 μC মানৰ বিন্দুসম আধান এটা আছে। পৃষ্ঠখনৰ মাজেৰে পাৰ হৈ যোৱা মুঠ বৈদ্যুতিক অভিবাহৰ মান কিমান হ'ব?

1.20 বিন্দুসম আধান এটাক কেন্দ্ৰ কৰি 10 cm ব্যাসাৰ্দ্ধৰ গোলকীয় গাউছীয় পৃষ্ঠ এখনৰ মাজেৰে বিন্দুসম আধানটোৰ বাবে সৃষ্ট -1.0×10^3 Nm^2/C মানৰ বৈদ্যুতিক অভিবাহ পাৰ হৈ যায়।

(a) গাউছীয় পৃষ্ঠখনৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ দুগুণ কৰিলে পৃষ্ঠখনৰ মাজেৰে কিমান পৰিমাণৰ অভিবাহ পাৰ হৈ যায়?

(b) বিন্দুসম আধানটোৰ মান কিমান হ'ব?

1.21 10 cm ব্যাসাৰ্দ্ধৰ পৰিবাহী গোলক এটাত থকা আধানৰ মান জ্ঞাত নহয়। যদিহে গোলকটোৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা 20 cm দূৰত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ মান 1.5×10^3 N/C আৰু অৰীয়ভাৱে অন্তৰ্মুখী দিশত থাকে, তেন্তে গোলকটোত থকা মুঠ আধানৰ মান কিমান?

1.22 2.4 m ব্যাসৰ সুষমভাৱে আহিত পৰিবাহী গোলক এটাত থকা পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব হ'ল 80.0 $\mu C/m^2$

(a) গোলকটোত থকা আধানৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

(b) গোলকটোৰ পৃষ্ঠৰ পৰা ওলোৱা মুঠ বৈদ্যুতিক অভিবাহৰ মান কিমান হ'ব?

1.23 অসীমভাৱে বিস্তৃত ৰেখা আধান এটাই 2 cm দূৰত্বত উৎপন্ন কৰা ক্ষেত্ৰখনৰ মান হ'ল 9×10^4 N/C। তেন্তে ইয়াৰ ৰৈখিক আধান ঘনত্ব নিৰ্ণয় কৰা।

1.24 দুখন বৃহৎ কিন্তু পাতল ধাতৱীয় পাত ওচৰা-উচৰিকৈ সমান্তৰালভাৱে আছে। পাত দুখনৰ ভিতৰৰ ফালটোত, পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্বৰ মান হ'ল— 17.0×10^{-22} C/m^2 আৰু সিহঁত বিপৰীত চিহ্নযুক্ত। তেন্তে

(a) প্ৰথম পাতখনৰ বৰ্হিঅঞ্চলত $\vec{E}$ ৰ মান কিমান?

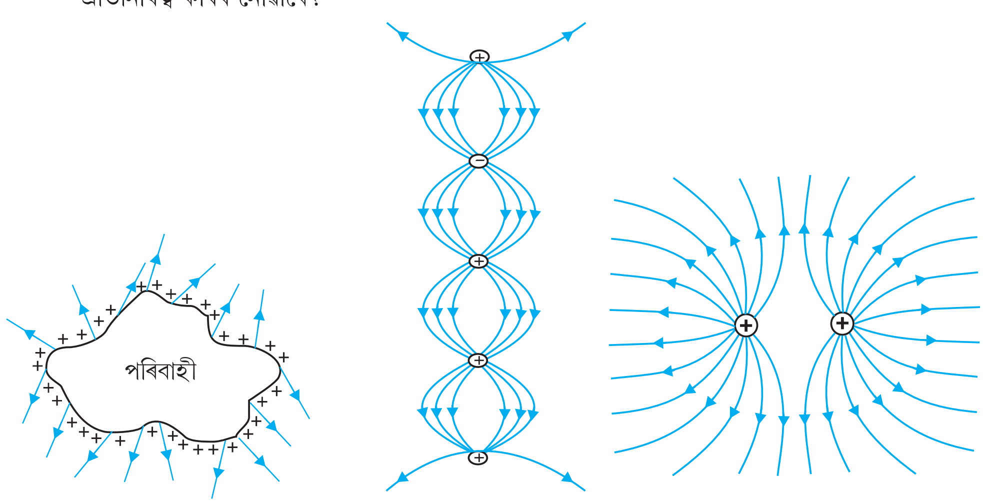
(b) দ্বিতীয় পাতখনৰ বৰ্হিঅঞ্চলত $\vec{E}$ ৰ মান কিমান হ'ব?

(c) পাতদুখনৰ মাজত ইয়াৰ মান কিমান?

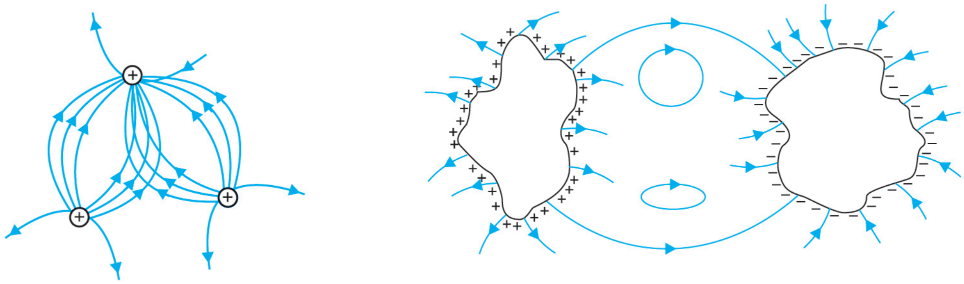
অতিৰিক্ত অনুশীলনী

1.25 মিলিকানৰ তেলৰ টোপাল আৰ্হিৰ পৰীক্ষাটোত 2.55×10^4 NC^{-1} মানৰ স্থিৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনত তেলৰ টোপালবোৰে 12 টা অতিৰিক্ত ইলেক্ট্ৰন ধৰি ৰাখি স্থিতাৱস্থাত আছে। তেলৰ ঘনত্ব হ'ল 1.26 g cm^{-3}। টোপালবোৰৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ নিৰ্দ্ধাৰণ কৰা। (ইয়াত $g = 9.81 m\ s^{-2}$; $e = 1.60 \times 10^{-19}$ C)।

1.26 1.35 নম্বৰ চিত্ৰত দেখুৱা বিভিন্ন বক্ৰৰেখাবোৰৰ সম্ভাব্য কোনটোৱে স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰক প্ৰতিনিধিত্ব কৰিব নোৱাৰে?



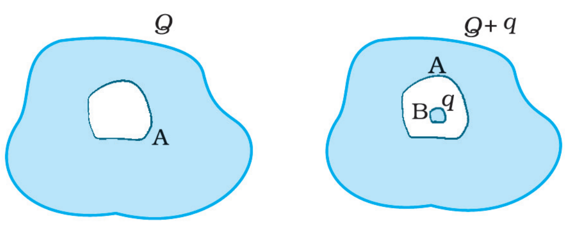
(a) (b) (c)



চিত্ৰ 1.35

1.27 মহাশূন্যৰ এক নিৰ্দিষ্ট অঞ্চলত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখন z দিশত আছে। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ মান পিছে ধ্ৰুৱক নহয়; ইয়াৰ মান 10^5 NC^{-1} প্ৰতি মিটাৰ হাৰত সুষমভাৱে বাঢ়ি যায়। z অক্ষৰ ঋণাত্মক দিশত 10^{-7} Cm দ্বিমেৰু ভ্ৰামক থকা তন্ত্ৰ এটাই অনুভৱ কৰা বল আৰু টৰ্কৰ মান কিমান?

1.28 (a) চিত্ৰ 1.36(a) ত দেখুওৱাৰ দৰে বিবৰ বা গাত থকা পৰিবাহী এডালত Q পৰিমাণৰ আধান দিয়া হ'ল। দেখুৱা যে পৰিবাহীডালৰ বহিঃপৃষ্ঠত গোটেইখিনি আধানেই আৱিৰ্ভাৰ হ'ব লাগিব। (b) A পৰিবাহীৰ গাতটোত q আধান থকা আৰু অন্তৰিত হৈ থকা আন এডাল পৰিবাহী B সুমুৱাই দিয়া হ'ল। দেখুৱা যে এই ক্ষেত্ৰত A ৰ বহিঃপৃষ্ঠত থকা আধানৰ মুঠ মান হ'ব Q + q [চিত্ৰ 1.36(b)]। (c) চাৰিওফালৰ শক্তিশালী স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখনৰ পৰিৱেশৰ মাজত থকা এটা অত্যন্ত সুবেদী যন্ত্ৰক নিৰাপদে ৰাখিব লাগে। ইয়াৰ বাবে এখন নিৰাপদ ব্যৱস্থাৰ সন্ধান দিয়া।



চিত্ৰ 1.36

1.29 ফোঁপোলা আহিত পৰিবাহী এডালৰ পৃষ্ঠত এটা সৰু বিন্ধা আছে। দেখুৱা যে বিন্ধাটোত থকা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান $(\sigma/2\varepsilon_0)\ \hat{\mathbf{n}}$; ইয়াত $\hat{\mathbf{n}}$ হ'ল বহিৰ্মুখী লম্বৰ দিশত একক ভেক্টৰ আৰু σ হ'ল বিন্ধাটোৰ ওচৰত পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব।

1.30 গাউছৰ সূত্ৰ ব্যৱহাৰ নকৰাকৈ সুষম ৰৈখিক আধান ঘনত্ব λ থকা দীঘল, ক্ষীণ তাঁৰ এডালৰ বাবে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ সূত্ৰ এটা উলিওৱা। (ইংগিত ঃ কুলম্বৰ সূত্ৰ পোনপোটীয়াকৈ ব্যৱহাৰ কৰি প্ৰয়োজনীয় অনুকলনটো উলিওৱা)।

1.31 এইটো এতিয়া বিশ্বাস কৰা হয় যে প্ৰটন আৰু নিউট্ৰনবোৰ (যিয়ে সাধাৰণ পদাৰ্থৰ নিউক্লিয়াছটো গঠন কৰে) নিজেই কোৱাৰ্ক নামৰ মৌলিক কণিকা কিছুমানেৰে গঠিত। প্ৰত্যেকটো প্ৰটন আৰু নিউট্ৰনেই তিনিবিধ কোৱাৰ্কেৰে গঠিত। দুই ধৰণৰ কোৱাৰ্ক যেনে + (2/3)e আধানেৰে আহিত 'আপ' কোৱাৰ্ক (ইয়াক u ৰে বুজোৱা হয়) আৰু (–1/3) e আধানযুক্ত 'ডাউন' কোৱাৰ্ক (d ৰে বুজোৱা হয়) ইলেক্ট্ৰনৰ সৈতে লগ হৈ সাধাৰণ পদাৰ্থ গঠন কৰে। (আন ধৰণৰ কোৱাৰ্কো আছে যিয়ে ভিন্ন ধৰণৰ পদাৰ্থৰ জন্ম দিয়ে।) প্ৰটন আৰু নিউট্ৰন এটাৰ সম্ভাব্য কোৱাৰ্ক গঠন সম্পৰ্কে মতামত আগবঢ়োৱা।

1.32 (a) যিকোনো স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ বিন্যাস এটাৰ কথা বিবেচনা কৰা। বিন্যাসটোৰ এটা উদাসীন বিন্দুত (অৰ্থাৎ য'ত **E** = 0) এটা সৰু পৰীক্ষণীয় আধান স্থাপন কৰা। দেখুৱা যে পৰীক্ষণীয় আধানটোৰ

ভাৰসাম্যতা স্বাভাৱিকতেই অস্থিৰ হ'ব।

(b) নিৰ্দিষ্ট দূৰত্বত স্থাপন কৰা দুটা সমান জোখ আৰু চিহ্নৰ আধানেৰে গঠিত এটা সৰল বিন্যাসৰ বাবে এই ফলাফলটো প্ৰমাণ কৰা।

1.33 দুখন আহিত পাতৰ মাজৰ অঞ্চলটোত m ভৰৰ আৰু $-q$ আধানৰ কণিকা এটাই প্ৰথমতে x- অক্ষৰ দিশত v_x দ্ৰুতিৰে সোমাই পৰিল (চিত্ৰ 1.33 ত দেখুৱা 1 নম্বৰ কণিকাটোৰ দৰে)। L হ'ল প্ৰত্যেকখন পাতৰেই দৈৰ্ঘ্য আৰু পাত দুখনৰ মাজত থকা সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ মান হ'ল E । দেখুৱা যে দূৰৈৰ পাতৰ কাষটোত কণিকাটোৰ উলম্বীয় বিক্ষেপন (Vertical deflection) হ'ব $qEL^2/(2m\,v_x^2)$। একাদশ শ্ৰেণীৰ পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ পাঠ্যপুথিত দিয়া মাধ্যাকৰ্ষণিক ক্ষেত্ৰত প্ৰক্ষেপ্যৰ গতিৰ লগত এই গতিটো তুলনা কৰা।

1.34 ধৰি লোৱা 1.33 নম্বৰ সমস্যাটোত দিয়া কণিকাটো হ'ল এটা ইলেক্ট্ৰন আৰু ইয়াক $v_x = 2.0 \times 10^6$ m s^{-1} বেগত প্ৰক্ষেপ কৰা হৈছে। যদিহে 0.5 cm ব্যৱধানত থকা পাত দুখনৰ মাজত থকা E ৰ মান 9.1×10^2 N/C হয়, তেন্তে ইলেক্ট্ৰনটোৱে ওপৰৰ পাতখন খুন্দিয়াবনে? (ইয়াত $|e|=1.6 \times 10^{-19}$ C, $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg)।