অধ্যায় - ২

অধ্যায় - ২

স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱ আৰু ধাৰকত্ব

স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱ আৰু ধাৰকত্ব

(Electrostatic Potential and Capacitance)

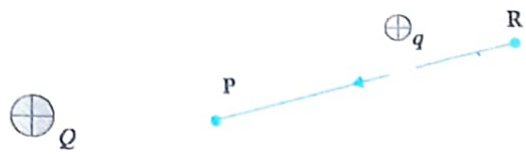
(Electrostatic Potential and Capacitance)

2.1 আৰম্ভণি

স্থিতি শক্তিৰ ধাৰণা ষষ্ঠ আৰু অষ্টম অধ্যায়ত (একাদশ শ্ৰেণীৰ) ইতিমধ্যে দিয়া হৈছে। স্প্ৰিঙৰ স্থিতিস্থাপক বল নাইবা মহাকৰ্ষণিক বলৰ বিপৰীতে বাহ্যিক বল প্ৰয়োগ কৰি কোনো এটা বস্তুক এটা বিন্দুৰ পৰা আন এটা বিন্দুলৈ নিবলৈ হ'লে কাৰ্য কৰিব লাগে আৰু এই কাৰ্যখিনি বস্তুটোত স্থিতি শক্তিৰূপে সঞ্চিত হৈ থাকে। বাহ্যিক বলটো আঁতৰাই দিলে বস্তুটোৱে ওলোটা দিশত গতি কৰিবলৈ আৰম্ভ কৰে। গতিকে বস্তুটোৱে গতিশক্তি লাভ কৰে; ইয়াৰ বিপৰীতে ই সমপৰিমাণৰ স্থিতি শক্তি হেৰুৱায়। অৰ্থাৎ বস্তুটোৰ গতিশক্তি আৰু স্থিতি শক্তিৰ যোগফল সদায় একে থাকে। এনেকুৱা ধৰণৰ বলক ৰক্ষণশীল বল (conservative force) বোলা হয়। স্প্ৰীঙৰ স্থিতিস্থাপক বল আৰু মহাকৰ্ষণিক বল হ'ল ৰক্ষণশীল বলৰ উদাহৰণ।

মহাকৰ্ষণিক বলৰ দৰে দুটা স্থিৰ আধানৰ মাজত থকা কুলম্বীয় বলো হ'ল একে ৰক্ষণশীল বল। ইয়াত আচৰিত হ'বলগীয়া একো নাই— কিয়নো দুয়োধৰণৰ বলেই দূৰত্বৰ বৰ্গৰ ব্যস্তানুপাতিক। আনহাতে দুয়োটা বলৰ ক্ষেত্ৰত পাৰ্থক্যটো হ'ল মাথোন তাৰ সমানুপাতিক ধ্ৰুৱকটো— নিউটনৰ মহাকৰ্ষণিক সূত্ৰত থকা ভৰ দুটাক অপসাৰিত কৰি তাত আধান দুটা স্থাপন কৰিলেই কুলম্বৰ সূত্ৰ পোৱা যায়। গতিকে মহাকৰ্ষণিক ক্ষেত্ৰত থকা ভৰ এটাৰ স্থিতি শক্তিৰ দৰে স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখনত থকা আধান এটাৰো স্থিতিবৈদ্যুতিক স্থিতি শক্তিৰ সংজ্ঞা দিব পাৰি।

ধৰা হওক, আধান বিন্যাস এটাৰ বাবে উৎপত্তি হোৱা স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখন হ'ল $\vec{E}$ । সৰলীকৰণৰ স্বাৰ্থত প্ৰথমে ধৰাহ'ল কোনো মূলবিন্দুত স্থাপিত Q আধানৰ বাবে এই $\vec{E}$ ক্ষেত্ৰখন উৎপত্তি হৈছে। এতিয়া ধৰা হওক Q আধানৰ বিকৰ্ষণী বলৰ বিপৰীতে q পৰীক্ষণীয় আধান এটা R বিন্দুৰ পৰা P বিন্দুলৈ অনা হৈছে। (চিত্ৰ 2.1)। দুয়োটা আধান একে প্ৰকৃতিৰ হ'লেহে (ধনাত্মক বা ঋণাত্মক) বিকৰ্ষণী বলৰ উদ্ভৱ হ'ব।



চিত্ৰ ঃ 2.1 আধান Q (> 0) মূলবিন্দুত স্থাপিত হৈছে। পৰীক্ষণীয় আধান Q (> 0) R বিন্দুৰ পৰা P লৈ বিকৰ্ষণী বলৰ বিপৰীতে অনা হৈছে।

ধৰা হ'ল Q, q > 0।

এইখিনিতে দুটা কথা উনুকিয়াই থ'ব পাৰি। প্ৰথমটো হ'ল— আমি ধৰি লৈছোঁ যে Q আধানৰ তুলনাত পৰীক্ষণীয় আধান q ইমান সৰু যে ই মূলবিন্দুত স্থিৰ অৱস্থাত থকা Q আধানক বিকৰ্ষণী বলেৰে স্থানচ্যুত কৰিবলৈ অক্ষম (অন্যথা কোনো বাহ্যিক বলৰ সহায়ত Q আধানক মূলবিন্দুত স্থিৰ কৰি ৰখাৰ কথা বিবেচনা কৰিব লাগিব)।

দ্বিতীয়তে, R বিন্দুৰ পৰা P বিন্দুলৈ q আধানটো আনিবলৈ বাহ্যিক বল $\vec{F}_{ext}$ প্ৰয়োগ কৰা হৈছে আৰু ইয়াৰ মান এনেদৰে স্থিৰ কৰা হৈছে যাতে ই মাথোন দুয়োটা সমজাতীয় আধানৰ মাজত থকা বিকৰ্ষণী বলটোকহে ($\vec{F}_E$) বাধা দিব পাৰে (অৰ্থাৎ $\vec{F}_{ext} = -\vec{F}_E$)। ইয়াৰ অৰ্থ এইটোৱে যে R বিন্দুৰ পৰা P বিন্দুলৈ আনোতে q আধানৰ ওপৰত পৰা লব্ধবলৰ মান শূন্য। গতিকে q আধানৰ কোনো ত্বৰিত গতি নাথাকিব; আন কথাত q আধানক অতিকৈ ক্ষুদ্ৰ সমদ্ৰুতিত P লৈ অনা হৈছে। এনেকুৱা ক্ষেত্ৰত বাহ্যিক বলে সম্পন্ন কৰা কাৰ্য, বৈদ্যুতিক বলে সম্পন্ন কৰা কাৰ্যৰ ঋণাত্মক মানৰ সমান আৰু বাহ্যিক বলে সম্পন্ন কৰা কাৰ্যখিনি q আধানটোৰ স্থিতি শক্তিৰূপে সঞ্চিত হ'ব। P বিন্দুটো পোৱাৰ পিছত যদিহে q আধানৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা বাহ্যিক বলটো আঁতৰাই দিয়া হয় তেন্তে লগে লগে বৈদ্যুতিক বলে q আধানটোক Q আধানটোৰ পৰা দূৰলৈ ঠেলি পঠিয়াব; P বিন্দুত থকা অৱস্থাত সঞ্চিত হৈ থকা স্থিতি শক্তিয়ে আধানটোক প্ৰয়োজনীয় গতিশক্তিখিনি যোগান ধৰিব; ফলত q আধানৰ গতিশক্তি বাঢ়িব, আনহাতে স্থিতি শক্তি কমিব। গতিকে গতিশক্তি আৰু স্থিতি শক্তিৰ যোগফল সদায় সমানে থাকিব।

গতিকে q আধানটো R বিন্দুৰ পৰা P বিন্দুলৈ আনোতে বাহ্যিক বলে সম্পন্ন কৰা কাৰ্যৰ মান হ'ব

$$W_{RP} = \int_R^P \vec{F}_{ext} \cdot d\vec{r}$$

$$= -\int_R^P \vec{F}_E \cdot d\vec{r} \qquad (2.1)$$

এই কাৰ্য সম্পন্ন হয় স্থিতিবৈদ্যুতিক বিকৰ্ষণী বলৰ বিপৰীতে আৰু ই স্থিতি শক্তিৰূপে সঞ্চিত হৈ থাকে।

বিদ্যুত ক্ষেত্ৰখনৰ প্ৰতিটো বিন্দুতে q আধানযুক্ত কণিকাটোৰ নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ স্থিতিবৈদ্যুতিক স্থিতি শক্তি থাকে। ফলত R আৰু P বিন্দুত থকা স্থিতি শক্তিৰ পাৰ্থক্যৰ ওপৰত সম্পাদন কৰা কাৰ্যৰ মান নিৰ্ভৰ কৰে।

গতিকে স্থিতি শক্তিৰ পাৰ্থক্য

$$\Delta U = U_P - U_R = W_{RP} \qquad (2.2)$$

(মনকৰিবলগীয়া কথা এয়ে যে কণাটোৰ এই সৰণ বৈদ্যুতিক বলৰ বিপৰীতে হৈছে আৰু সেয়েহে বিদ্যুত ক্ষেত্ৰখনে কৰা কাৰ্যৰ মান ঋণাত্মক অৰ্থাৎ $-W_{RP}$)

গতিকে দুটা বিন্দুত বৈদ্যুতিক স্থিতি শক্তিৰ পাৰ্থক্যৰ সংজ্ঞা দিব পাৰি এনেধৰণে ঃ কোনো আধান বিন্যাসৰ বাবে সৃষ্ট বিদ্যুৎ ক্ষেত্ৰ এখনত q আধানটো এটা বিন্দুৰ পৰা আন এটা বিন্দুলৈ (ত্বৰণশূন্য গতিত) নিওঁতে বাহ্যিক বলে কৰা কাৰ্যৰ পৰিমাণেই হ'ল বিন্দু দুটাৰ মাজৰ বৈদ্যুতিক স্থিতি শক্তিৰ পাৰ্থক্য।

সমীকৰণ (2.2) ৰ পৰা আমি দুটা সিদ্ধান্তত উপনীত হ'ব পাৰোঁ ঃ

(1) সমীকৰণ (2.2) ৰ সোঁফালৰ ৰাশিটোৱে মাথোন আধানটোৰ প্ৰাৰম্ভিক আৰু অন্তিম অৱস্থানৰ ওপৰতহে নিৰ্ভৰ কৰে। অৰ্থাৎ আধান এটাই এক স্থানৰ পৰা আন এক স্থানলৈ স্থানান্তৰিত হওঁতে স্থিতিবৈদ্যুতিক

ক্ষেত্ৰখনে কৰা কাৰ্য আধানটোৰ কেৱল প্ৰাৰম্ভিক আৰু অন্তিম অৱস্থানৰ ওপৰতহে নিৰ্ভৰ কৰে; কি পথেৰে আধানটোৱে গতি কৰিছে তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। এইটোৱে হ'ল ৰক্ষণশীল ক্ষেত্ৰখনৰ মৌলিক বৈশিষ্ট্য। আধানটোৱে অতিক্ৰম কৰা পথৰ ওপৰত কাৰ্য নিৰ্ভৰ কৰিলে স্থিতি শক্তিৰ ধাৰণাটো অৰ্থপূৰ্ণ নহয়। কুলম্বৰ সূত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰি স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখনে সম্পাদন কৰা কাৰ্য পথ নিৰ্ভৰশীল নহয় বুলি প্ৰমাণ কৰিব পাৰি; ইয়াৰ প্ৰমাণ সদ্যহতে এৰাই চলা হওক।

(ii) সমীকৰণ (2.2) ৰ সহায়ত স্থিতি শক্তিৰ পাৰ্থক্যক ভৌতিকভাৱে অৰ্থপূৰ্ণ ৰাশি 'কাৰ্যৰ' দ্বাৰা প্ৰকাশ কৰিব পাৰি। প্ৰকৃতাৰ্থত স্থিতি শক্তিৰ সঠিক মান বোলা কথাষাৰৰ কোনো ভৌতিক তাৎপৰ্য নাই; ইয়াৰ বিপৰীতে স্থিতি শক্তিৰ পাৰ্থক্য বোলা কথাষাৰহে তাৎপৰ্যপূৰ্ণ। স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ প্ৰতিটো বিন্দুৰ বাবেই আমি যিকোনো এটা ধ্ৰুৱক ৰাশি α স্থিতি শক্তি ৰাশিটোৰ লগত যোগ কৰিব পাৰো কাৰণ ইয়াৰ দ্বাৰা স্থিতি শক্তিৰ পাৰ্থক্যত কোনো ধৰণৰ প্ৰভাৱ নপৰে। তলত দিয়া ধৰণে ইয়াক আমি দেখুৱাব পাৰো ঃ

$$(U_p+\alpha)-(U_R+\alpha)=U_p-U_R$$

এই কথাটো আমি আনধৰণেও ক'ব পাৰো। আমি এনে এটা বিন্দু বাছি ল'ব পাৰোঁ য'ত স্থিতি শক্তিৰ মান শূন্য। ইয়াৰ বাবে সুবিধাজনক স্থানটো হ'ল অসীম। গতিকে R বিন্দুটো যদিহে অসীমত থকা বুলি ধৰা হয় তেন্তে সমীকৰণ (2.2) অনুসৰি আমি পাওঁ—

$$W_{\infty P}=U_P-U_\infty=U_P \qquad (2.3)$$

যিহেতু P বিন্দুটো ক্ষেত্ৰখনত থকা যিকোনো এটা বিন্দু, (2.3) সমীকৰণৰ পৰা আমি q আধানটোৰ স্থিতি শক্তিৰ সংজ্ঞা দিব পাৰো।

আধান বিন্যাস এটাৰ বাবে সৃষ্টি হোৱা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ যিকোনো এটা বিন্দুত q আধানটোৰ স্থিতি শক্তি হ'ল অসীমৰ পৰা বিন্দুটোলৈ আনিবলৈ (বৈদ্যুতিক বলৰ সমান অথচ বিপৰীত দিশে ক্ৰিয়া কৰা) বাহ্যিক বলে সম্পন্ন কৰা কাৰ্যৰ সমান।

2.2 স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱ (Electrostatic Potential)

স্থিৰ অৱস্থানত থকা আধান বিন্যাস এটাৰ কথা বিবেচনা কৰা হওক। পৰীক্ষণীয় আধান q ৰ স্থিতি শক্তি বুলিলে আমি q আধানৰ ওপৰত কৰিবলগীয়া কাৰ্যৰ পৰিমাণকেই বুজোঁ। স্বাভাৱিকতে এই কাৰ্য আধান q ৰ সমানুপাতিক; কিয়নো যিকোনো বিন্দুতে ইয়াৰ ওপৰত পৰিবলগীয়া বলটো হ'ল $q\vec{E}$; ইয়াত $\vec{E}$ হ'ল আধান তন্ত্ৰটোৰ বাবে সেই বিন্দুটোত থকা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ। সম্পাদন কৰা কাৰ্যক পৰীক্ষণীয় কণাটোৰ আধানেৰে (q) হৰণ কৰিলে যিটো ৰাশি পোৱা যায় সি আধান বিন্যাসটোৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ এক বৈশিষ্ট্য প্ৰকাশ কৰে। ইয়াৰ দ্বাৰা আমি আধান বিন্যাস এটাৰ স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱ (V)ৰ ধাৰণাটো আগবঢ়াব পাৰো। সমীকৰণ (2.1)ৰ পৰা আমি পাওঁ যে—

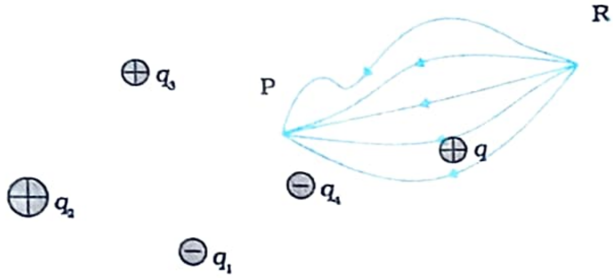
একক ধনাত্মক আধান এটা R বিন্দুৰ পৰা P বিন্দুলৈ আনোতে বাহ্যিক বলে কৰা কাৰ্যৰ মান

$$=V_P-V_R\left(=\frac{U_P-U_R}{q}\right) \qquad (2.4)$$

ইয়াত V_P আৰু V_R হ'ল ক্ৰমে P আৰু R বিন্দুত স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱ। মনকৰিবলগীয়া কথা এয়ে যে স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱৰ এয়া প্ৰকৃত মান নহয়; এয়া হ'ল স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱ ভেদ— যিটো ভৌতিকভাৱে তাৎপৰ্যপূৰ্ণ। অসীমত স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱৰ মান শূন্য বুলি ধৰি ল'লে সমীকৰণ (2.4)ৰ পৰা আমি পাওঁ যে—

অসমীৰ পৰা এটা বিন্দুলৈ একক আধান এটা আনোতে বাহ্যিক বলে কৰা কাৰ্য = বিন্দুটোত স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱৰ (V) মান।

কাউণ্ট আলেছেন্দ্ৰো ভল্টা (1745-1827) ঃ ইটালীয় পদাৰ্থবিদ, পেভিয়া বিশ্ববিদ্যালয়ৰ অধ্যাপক। লুইজি গেলভানি (1737-1798) নামৰ বিজ্ঞানীজনে ভেকুলীৰ ব্যৱচ্ছেদন কৰি থাকোঁতে হঠাতে ইয়াৰ প্ৰতিক্ৰিয়া লক্ষ্য কৰি 'প্ৰাণী বিদ্যুতৰ' অস্তিত্ব থকা বুলি ধাৰণা আগবঢ়াইছিল। ভল্টাই গেলভানিৰ ধাৰণাক নস্যাৎ কৰি কেৱল ভেকুলীৰ বা যিকোনো প্ৰাণীৰ মাংসপেশীয়েই নহয়— ভিন্ন ধাতুৰ পাতৰ মাজত ৰখা যিকোনো সিক্ত বস্তুৱেই ভেকুলীৰ ক্ষেত্ৰত গেলভানিয়ে পৰ্যবেক্ষণ কৰা ধৰণৰ আচৰণ কৰিব পাৰে বুলি দেখুৱাইছিল। এনেকুৱা ধৰণৰ গৱেষণাৰ ফলশ্ৰুতিত ভল্টাই বিশ্বৰ প্ৰথমটো ভল্টীয় স্তম্ভ অৰ্থাৎ বেটাৰী উদ্ভাৱন কৰিবলৈ সক্ষম হৈছিল। বিজ্ঞান জগতলৈ, মানৱ জাতিলৈ বহুমূলীয়া অৱদানৰ স্বীকৃতি স্বৰূপে, তেখেতৰ সন্মানাৰ্থে বিজ্ঞানজগতত বহুলভাৱে ব্যৱহৃত একক ভল্ট, বৈজ্ঞানিক যতন ভল্টমিটাৰ, ভল্টামিটাৰ আদি তেওঁৰ নামেৰে নামকৰণ কৰা হৈছে।]



চিত্ৰ 2.2 ঃ আধান বিন্যাসৰ বাবে সৃষ্ট স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনে পৰীক্ষণীয় আধান qৰ ওপৰত কৰা কাৰ্যৰ মান যি পথেৰে আধানটো আহিছে তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে, বৰং ইয়াৰ আদি আৰু অন্তিম স্থানৰ ওপৰতহে নিৰ্ভৰ কৰে।

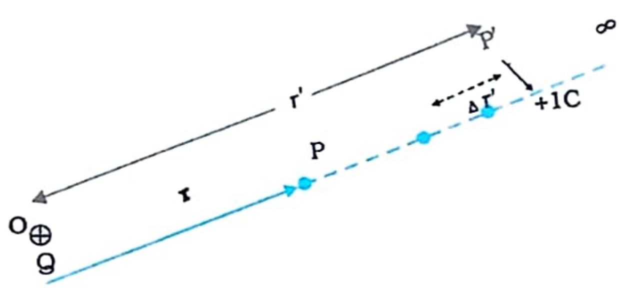
আন কথাত স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱৰ (V) সংজ্ঞা দিব পাৰি এনেধৰণে ঃ

অসীম দূৰত্বৰ পৰা স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখনৰ কোনো এটা বিন্দুলৈ একক ধনাত্মক আধান এটা (ত্বৰণ নোহোৱাকৈ) আনোতে কৰিবলগীয়া কাৰ্যৰ পৰিমাণকেই ক্ষেত্ৰখনৰ সেই বিন্দুটোত স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱ বোলে।

স্থিতি শক্তিৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰযোজ্য হোৱা কথাবোৰ বিভৱৰ ক্ষেত্ৰতো খাটে। প্ৰতি একক পৰীক্ষণীয় আধানৰ বাবে হোৱা কাৰ্যৰ পৰিমাণ উলিয়াবলৈ হ'লে অত্যন্ত কম পৰিমাণৰ পৰীক্ষণীয় আধান (δq) এটাৰ কথা বিবেচনা কৰিব লাগিব; অসীমৰ পৰা বিন্দুটোলৈ ইয়াক আনোতে হোৱা কাৰ্যৰ মান (δW) উলিয়াব লাগিব আৰু শেষত দুয়োটাৰে অনুপাত ($\delta W/\delta q$) ল'ব লাগিব। তদুপৰি আধানটো অনা পথৰ প্ৰতিটো বিন্দুতেই বাহ্যিক বলটোৰ মান পৰীক্ষণীয় আধানৰ ওপৰত সেই বিন্দুত থকা স্থিতিবৈদ্যুতিক বলৰ সমান আৰু বিপৰীতমুখী হ'ব লাগিব।

2.3 বিন্দুসম আধানৰ বাবে বিভৱ (Potential due to a Point Charge)

ধৰা হ'ল মূলবিন্দু O ত এটা বিন্দুসম ধনাত্মক আধান Q আছে (চিত্ৰ 2.3)। ধৰা হ'ল যিকোনো এটা বিন্দু P ত বিভৱ নিৰ্ণয় কৰিব লাগে; মূলবিন্দুৰ পৰা P বিন্দুটোৰ অৱস্থান ভেক্টৰ $\bar{r}$ বুলি ধৰি লোৱা হৈছে।



চিত্ৰ ঃ 2.3 একক ধনাত্মক পৰীক্ষণীয় আধান এটা অসীমৰ পৰা P বিন্দুলৈ আনোঁতে Q আধানৰ ($Q > 0$) বিকৰ্ষণী বলৰ বাবে হোৱা কাৰ্যৰ মানকেই হ'ল P বিন্দুত আধানৰ বাবে বিভৱ।

P বিন্দুটোত বিভৱ উলিয়াবলৈ হ'লে আমি অসীমৰ পৰা এটা একক ধনাত্মক পৰীক্ষণীয় আধান আনোতে কৰিবলগীয়া কাৰ্যৰ মান গণনা কৰিব লাগিব। বিন্দুসম আধান Q ($Q > O$) আৰু একক পৰীক্ষণীয় আধান দুটা ধনাত্মক হোৱা বাবে সিহঁতৰ মাজত বিকৰ্ষণী বল থাকিব; গতিকে বিকৰ্ষণী বলৰ বিপৰীতে পৰীক্ষণীয় আধানটোৰ ওপৰত সম্পাদন হোৱা কাৰ্যৰ মান ধনাত্মক হ'ব। যিহেতু সম্পন্ন হোৱা কাৰ্য পথৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে পৰীক্ষণীয় আধানটো অসীমৰ পৰা P বিন্দুটোলৈ অনা সুবিধাজনক পথটো অৰীয় দিশত (radial direction) বুলি ধৰি লোৱা হ'ল।

গতিকে এই পথটোৰ এটা অন্তৰ্বতী বিন্দু P' ত একক ধনাত্মক আধান এটাৰ ওপৰত পৰা স্থিতিবৈদ্যুতিক বলৰ মানটো হ'ব—

$$\frac{Q \times 1}{4\pi\varepsilon_0 r'^2}\hat{r}' \qquad (2.5)$$

ইয়াত $\hat{r}'$ হ'ল OP' ৰ দিশত একক ভেক্টৰ। $\bar{r}$ ৰ পৰা $\bar{r} + \Delta\bar{r}'$ লৈ আনোতে স্থিতিবৈদ্যুতিক বলৰ বিপৰীতে কৰা কাৰ্যৰ মান হ'ব —

$$\Delta W = -\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r'^2}\Delta r' \qquad (2.6)$$

ইয়াত $\Delta r' < 0$ বাবে ঋণাত্মক চিহ্নটো দিয়া হয়; ΔW ধনাত্মক।

(2.6) সমীকৰণটো $r' = \infty$ ৰ পৰা $r' = r$ লৈ অনুকলন কৰিলে বাহ্যিক বলে কৰা মুঠ কাৰ্যৰ পৰিমাণ পোৱা যায়।

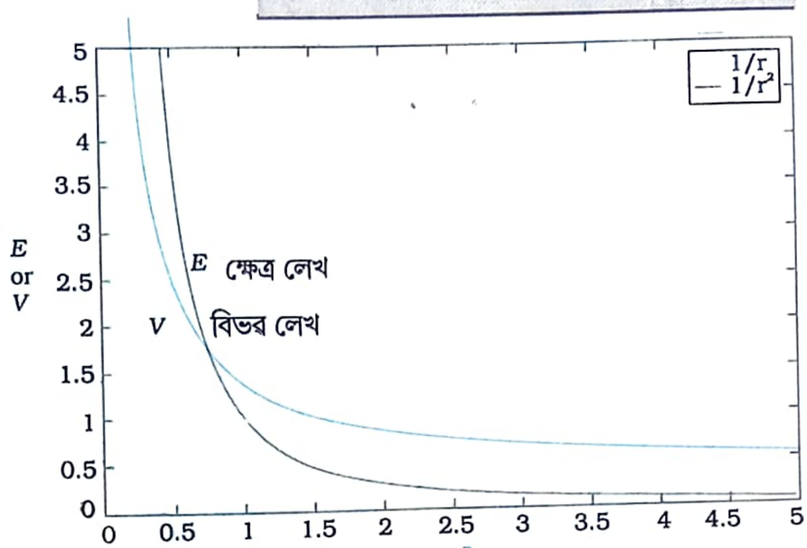
$$\therefore W = -\int_{\infty}^{r}\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r'^2}dr' = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r'}\Big|_{\infty}^{r} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r} \qquad (2.7)$$

গতিকে স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱৰ সংজ্ঞা অনুসৰি Q আধানৰ বাবে P বিন্দুত বিভৱ হ'ব—

$$V(r) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r} \qquad (2.8)$$

যদিও আমি Q>O অৰ্থাৎ Q ধনাত্মক আধান বুলি ধৰি লৈছোঁ, সমীকৰণ (2.8) টো Q ৰ ঋণাত্মক আধানৰ বাবেও সমানে প্ৰযোজ্য হয়। Q<O হ'লে V<O হ'ব; গতিকে একক ধনাত্মক পৰীক্ষণীয় আধান এটা অসীমৰ পৰা বিন্দুটোলৈ আনোতে বাহ্যিক বলে কৰা কাৰ্যৰ মান ঋণাত্মক হ'ব। অৰ্থাৎ একক ধনাত্মক পৰীক্ষণীয় আধানটো অসীমৰ পৰা P বিন্দুটোলৈ আনোতে স্থিতিবৈদ্যুতিক বলে কৰা কাৰ্যৰ মান ধনাত্মক হ'ব; দুয়োটা কথাই সমাৰ্থক। (এইটো হ'ব— কিয়নো Q<O হ'লে একক ধনাত্মক পৰীক্ষণীয় আধানৰ ওপৰত পৰা বলটো হ'ব আকৰ্ষণী বল; গতিকে স্থিতিবৈদ্যুতিক বলৰ দিশ আৰু অসীমৰ পৰা P বিন্দুটোলৈ আধানটো আনোতে হোৱা সৰণৰ দিশ একে)। এটা কথা পুনৰবাৰ উল্লেখ কৰা প্ৰয়োজন যে অসীমত বিভৱৰ মান শূন্য বুলি ধৰিলেহে (2.8) সমীকৰণটো প্ৰযোজ্য হয়।

চিত্ৰ 2.4 ত দূৰত্ব সাপেক্ষে স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱ ($\propto 1/r$) আৰু স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ ($\propto 1/r^2$)ৰ পৰিবৰ্তন দেখুওৱা হৈছে।



চিত্ৰ ঃ 2.4 r ৰ $\left[\left(\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\right)m^{-1}\right.$ এককত$\left.\right]$ মানৰ পৰিৱৰ্তন সাপেক্ষে বিভৱ V ৰ পৰিৱৰ্তনৰ লেখ। r $\left[\left(\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\right)m^{-2}\right.$ এককত$\left.\right]$ বনাম Q বিন্দুসম কণাৰ ক্ষেত্ৰ লেখ।

উদাহৰণ 2.1 ঃ

(ক) 4×10^{-7}C আধানটোৰ পৰা 9 ছেঃ মিঃ দূৰত থকা P বিন্দুটোত বিভৱৰ মান গণনা কৰা।

(খ) ইয়াৰ সহায়ত অসীমৰ পৰা P বিন্দুটোলৈ 2×10^{-9}C আধানটো আনোতে কৰিবলগীয়া কাৰ্যৰ মান উলিওৱা। কি পথেৰে আধানটো এই বিন্দুটোলৈ অনা হৈছে তাৰ ওপৰত উত্তৰটো নিৰ্ভৰ কৰেনে?

সমাধান ঃ

(ক) $$V=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r}=9\times10^{9}\,\mathrm{Nm^2\,C^{-2}}\times\frac{4\times10^{-7}\,\mathrm{C}}{0.09\,\mathrm{m}}$$

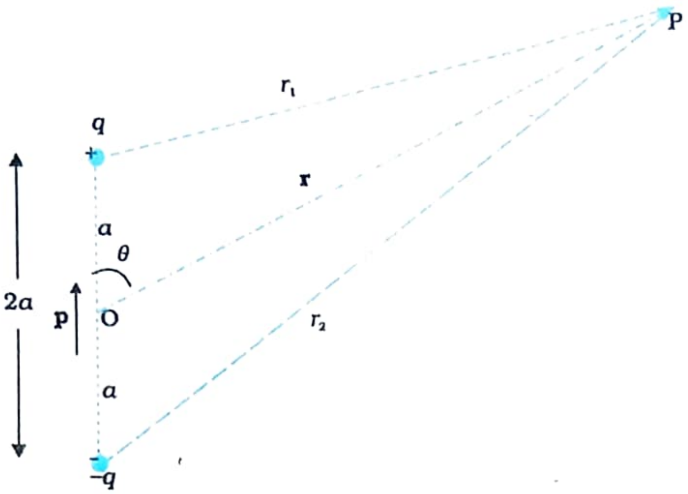
$$=4\times10^{4}\,\mathrm{V}$$

(খ) $$W=qV=2\times10^{-9}\,\mathrm{C}\times4\times10^{4}\,\mathrm{V}$$
$$=8\times10^{-5}\,\mathrm{J}$$

সম্পন্ন হোৱা কাৰ্য পথৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল নহয়। যিকোনো ক্ষুদ্ৰ পৰিসৰৰ পৃথক দুটা লম্বীয় সৰণৰ উপাংশত বিয়োজিত কৰিব পাৰি ঃ এটা $\vec{r}$ ৰ দিশত, আনটো $\vec{r}$ ৰ লম্বীয় দিশত। দ্বিতীয়টো উপাংশৰ বাবে সম্পন্ন হোৱা কাৰ্যৰ মান শূন্য।

2.4 বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুৰ বাবে সৃষ্টি হোৱা বিভৱ (Potential due to an Electric Dipole)

আগৰ অধ্যায়টোত আমি বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুৰ বিষয়ে জানিব পাৰিছোঁ। বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু হ'ল দুটা আধান q আৰু – q ৰে গঠিত; দুয়োটা আধান ক্ষুদ্ৰ ব্যৱধান 2a ৰে পৃথক হৈ আছে। এই দ্বিমেৰুটোৰ মুঠ আধান হ'ল শূন্য। বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুৰ বৈশিষ্ট্য হ'ল যে ইয়াক দ্বিমেৰু ভ্ৰামক ভেক্টৰ (dipole moment vector) $\vec{p}$ ৰ দ্বাৰা প্ৰকাশ কৰা হয়। এই ভেক্টৰৰ মান হ'ল $q\times2a$ আৰু ই – q ৰ পৰা q লৈ পোনাই থাকে। আকৌ আমি আগতেই পাই আহিছোঁ যে কোনো বিন্দু এটাত থকা স্থানাংক ভেক্টৰ $\vec{r}$ সম্পন্ন দ্বিমেৰু



চিত্ৰ ঃ 2.5 দ্বিমেৰু এটাৰ বাবে P বিন্দুত বিভৱৰ মান গণনা

এটাৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন অকল r ৰ মানৰ ওপৰতেই নিৰ্ভৰ নকৰে, $\vec{r}$ আৰু $\vec{p}$ ৰ মাজত থকা কোণটোৰ ওপৰতো নিৰ্ভৰ কৰে। তদুপৰি দ্বিমেৰুৰ বাবে সৃষ্ট ক্ষেত্ৰখনৰ মান বহুত দূৰৈত $1/r^2$ অনুপাতে কমি নাযায় (এয়া মাথোন অকলশৰীয়া আধানৰ ক্ষেত্ৰখনৰ পৰিবৰ্তনৰ ক্ষেত্ৰতহে প্ৰযোজ্য); দূৰত্বৰ সৈতে ইয়াৰ ক্ষেত্ৰখন কমি যায় $1/r^3$ অনুপাতেহে। আমি প্ৰথমে দ্বিমেৰুৰ বাবে এটা বিন্দুত সৃষ্টি হোৱা বৈদ্যুতিক বিভৱৰ মান গণনা কৰিম; ইয়াৰ পিছত এটা অকলশৰীয়া আধানৰ বাবে একে বিন্দুতে সৃষ্টি হোৱা বৈদ্যুতিক বিভৱৰ মানৰ সৈতে তুলনা কৰা হ'ব।

আগৰ নিচিনাকৈ, দ্বিমেৰুৰ কেন্দ্ৰটো মূলবিন্দুত অৱস্থিত বুলি ধৰি লোৱা হ'ল। আমি জানো যে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰই সমাৰোপনৰ মূলনীতি মানি চলে। বিভৱ আৰু ক্ষেত্ৰ এখনে কৰা কাৰ্যৰ মাজত যিহেতু সম্পৰ্ক আছে, স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱ ৰাশিটোৱেও সমাৰোপনৰ মূলনীতি মানি চলিব। গতিকে দ্বিমেৰুৰ বাবে এটা বিন্দুত বিভৱ হ'ল প্ৰতিটো আধানৰ বাবে (q আৰু −q) বিন্দুটোত হোৱা বিভৱৰ মুঠ যোগফলৰ সমান।

অৰ্থাৎ $$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{r_1} - \frac{q}{r_2}\right) \qquad (2.9)$$

ইয়াত r_1 আৰু r_2 হ'ল ক্ৰমে P বিন্দুটোৰ পৰা আধান q আৰু − q ৰ দূৰত্ব।
জ্যামিতিৰ সহায়ত আমি দেখুৱাব পাৰোঁ—

$$r_1^2 = r^2 + a^2 - 2ar\cos\theta$$
$$r_2^2 = r^2 + a^2 + 2ar\cos\theta \qquad (2.10)$$

ধৰা হ'ল a দূৰত্বৰ তুলনাত r দূৰত্বৰ মান বহুত ডাঙৰ; অৰ্থাৎ r>>a। এইক্ষেত্ৰত আমি a/r ৰ প্ৰথম ক্ৰমলৈকে পদসমূহ বিবেচনা কৰিব পাৰো।

$$r_1^2 = r^2\left(1 - \frac{2a\cos\theta}{r} + \frac{a^2}{r^2}\right) \cong r^2\left(1 - \frac{2a\cos\theta}{r}\right) \qquad (2.11)$$

একেদৰে— $$r_2^2 \cong r^2\left(1 + \frac{2a\cos\theta}{r}\right) \qquad (2.12)$$

দ্বিপদ উপপাদ্যৰ সহায়ত আৰু a/r ৰ প্ৰথম ক্ৰমলৈকে পদসমূহ বিবেচনা কৰি আমি পাওঁ—

$$\frac{1}{r_1} \cong \frac{1}{r}\left(1 - \frac{2a\cos\theta}{r}\right)^{-1/2} \cong \frac{1}{r}\left(1 + \frac{a}{r}\cos\theta\right) \qquad [2.13\ (a)]$$

$$\frac{1}{r_2} \cong \frac{1}{r}\left(1 + \frac{2a\cos\theta}{r}\right)^{-1/2} \cong \frac{1}{r}\left(1 - \frac{a}{r}\cos\theta\right) \qquad [2.13\ (b)]$$

(2.9) নম্বৰ, (2.13) নম্বৰ সমীকৰণ আৰু p = 2aq ব্যৱহাৰ কৰি আমি পাওঁ যে

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2a\cos\theta}{r^2} = \frac{p\cos\theta}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \qquad (2.14)$$

এতিয়া, $p\cos\theta = \vec{p}.\hat{r}$.

ইয়াত $\hat{r}$ হ'ল অৱস্থান ভেক্টৰ $\overrightarrow{OP}$ দিশত একক ভেক্টৰ। গতিকে দ্বিমেৰু এটাৰ বাবে এটা বিন্দুৰ বৈদ্যুতিক বিভৱ হ'ল

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\vec{p}.\hat{r}}{r^2}\ ; \qquad (r >> a) \qquad (2.15)$$

(2.15) নম্বৰ সমীকৰণটো প্ৰায় শুদ্ধ হয় যদিহে দ্বিমেৰুটোৰ আকাৰৰ তুলনাত বিভৱ উলিয়াব লগা বিন্দুটোৰ দূৰত্ব যথেষ্ট বেছি হয়; এনেকুৱা চৰ্তত আমি a/r উচ্চ ক্ৰমৰ পদসমূহ বাদ দিব পাৰোঁ। আনহাতে (2.15) নম্বৰ সমীকৰণটো সম্পূৰ্ণ শুদ্ধ হ'ব যদিহে আমি বিন্দু দ্বিমেৰু (Point dipole) $\vec{p}$ টো মূলবিন্দুত থকা বুলি ধৰি লওঁ।

(2.15) নম্বৰ সমীকৰণৰ পৰা দ্বিমেৰু এটাৰ অক্ষত থকা কোনো বিন্দুত ($\theta = 0, \pi$) বিভৱৰ মান উলিয়াব পাৰি।

$$V = \pm \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{p}{r^2} \qquad (2.16)$$

($\theta = 0$ হ'লে ধনাত্মক চিহ্ন; $\theta = \pi$ হ'লে ঋণাত্মক চিহ্ন)। বিষুৱীয় সমতলত ($\theta = \pi/2$) বিভৱৰ মান শূন্য।

(2.8) আৰু (2.15) নম্বৰ সমীকৰণ দুটাৰ পৰা আমি দ্বিমেৰু আৰু একক আধান এটাৰ বাবে কোনো বিন্দুত সৃষ্টি হোৱা বৈদ্যুতিক বিভৱৰ বৈশিষ্ট্যৰ পাৰ্থক্য তুলনা কৰিব পাৰোঁ।

(i) দ্বিমেৰু এটাৰ বাবে সৃষ্ট বিভৱৰ মান কেৱল r ৰ মানৰ ওপৰতেই নিৰ্ভৰ নকৰে; অৱস্থান ভেক্টৰ $\vec{r}$ আৰু দ্বিমেৰু ভ্ৰামক ভেক্টৰ $\vec{p}$ ৰ মাজৰ কোণটোৰ ওপৰতো নিৰ্ভৰ কৰে। (অৱশ্যে বিভৱৰ মান $\vec{p}$ ৰ অক্ষীয় সমমিত (axially symmetric)। অৰ্থাৎ θ স্থিৰে ৰাখি তুমি যদি $\vec{p}$ ৰ সাপেক্ষে অৱস্থান ভেক্টৰ $\vec{r}$ সম্পূৰ্ণ এপাক ঘূৰাই দিয়া, তেন্তে উৎপন্ন হোৱা শংকুটোৰ প্ৰতিটো P বিন্দুৰ সমদূৰত্বৰ বিন্দুতেই P ৰ বিভৱৰ সমপৰিমাণৰ হ'ব।)

(ii) বহু দূৰৈত বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুৰ বাবে হোৱা বিভৱৰ মান $1/r^2$ হাৰত কমি যায়; ইয়াৰ বিপৰীতে একক আধান এটাৰ বাবে বহু দূৰৈত বিভৱৰ মান $1/r$ হাৰত কমে। ($1/r^2$ বনাম r আৰু $1/r$ বনাম r লেখ অংকনৰ বাবে 2.4 নম্বৰ ছবিটোৰ সহায় ল'ব পাৰা)।

2.5 আধানতন্ত্ৰ এটাৰ বাবে বিভৱ (Potential due to a system of charges)

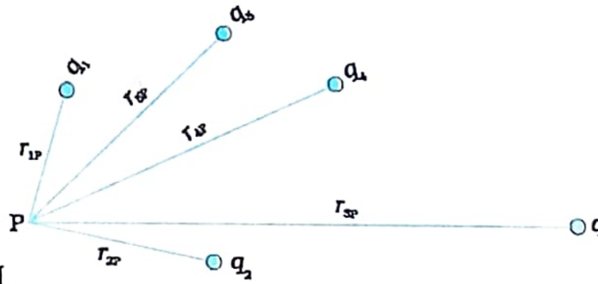
$q_1, q_2, \ldots q_n$ আধানেৰে গঠিত আধানতন্ত্ৰ এটাৰ কথা বিবেচনা কৰা হ'ল। মূলবিন্দু সাপেক্ষে এই আধানবোৰৰ অৱস্থান ভেক্টৰ ধৰা হ'ল ক্ৰমে $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \ldots \vec{r}_n$। q_1 আধানৰ বাবে P বিন্দুটোত বিভৱ (V_1) হ'ব $V_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1}{r_{1p}}$ ইয়াত r_{1p} হ'ল q_1 আৰু P বিন্দুৰ মাজৰ দূৰত্ব।

একেদৰে q_2 আৰু q_3 আধানৰ বাবে P বিভৱ ক্ৰমে

$$V_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_2}{r_{2p}},\ V_3 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_3}{r_{3p}}$$

ইয়াত $r_{2p} = q_2$ আৰু P ৰ মাজৰ দূৰত্ব

$r_{3p} = q_3$ আৰু P ৰ মাজৰ দূৰত্ব



চিত্ৰ 2.6 : আধান তন্ত্ৰ এটাৰ বাবে কোনো বিন্দুত বিভৱ, তন্ত্ৰটো গঠিত হোৱা প্ৰত্যেকটো আধানৰ বাবে বিন্দুটোত হোৱা বিভৱৰ যোগফলৰ সমান।

সমাৰোপণৰ মূলনীতি মতে আধান তন্ত্ৰটোৰ বাবে P বিন্দুত মুঠ বিভৱ হ'ব প্ৰতিটো আধানৰ বাবে সেই বিন্দুত হোৱা বিভৱৰ বীজগাণিতীয় যোগফলৰ সমান। অৰ্থাৎ $V = V_1 + V_2 + \ldots\ldots V_n$ (2.17)

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1}{r_{1P}} + \frac{q_2}{r_{1P}} + \ldots + \frac{q_n}{r_{nP}}\right] \qquad (2.18)$$

এতিয়া যদিহে বিস্তৃত হৈ থকা আধান তন্ত্রটো অবিচ্ছিন্ন বুলি ধৰি লোৱা হয় আৰু তাৰ আধান ঘনত্ব $\rho(\vec{r})$ হয়, তেন্তে আমি গোটেই তন্ত্রটোক সৰু সৰু কিছুমান আয়তন উপাংশত ভগাই ল'ম আৰু প্ৰত্যেকটোৰে আয়তন $\Delta \upsilon$ আৰু তাত থকা আধানৰ মান $\rho\Delta\upsilon$ বুলি ধৰি ল'ম। ইয়াৰ পিছত প্ৰথমে প্ৰতিটো আয়তন উপাংশৰ বাবে এটা বিন্দুত বিভৱৰ মান নিৰ্ণয় কৰিম আৰু শেষত সকলোবোৰ আয়তন উপাংশৰ বাবে পোৱা বিভৱৰ মানবোৰ যোগ কৰি (আন কথাত অনুকলন কৰি) গোটেই বিস্তৃত আধান তন্ত্রটোৰ বাবে সেই বিন্দুত বিভৱৰ মান উলিয়াম।

প্ৰথম অধ্যায়ত আমি পাই আহিছোঁ যে সুষমভাৱে আহিত গোলাকৃতিৰ খোলৰ (spherical shell) বাহিৰৰ এটা বিন্দুত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনে এনেকুৱা আচৰণ কৰে যে গোটেইখিনি আধান যেন খোলটোৰ কেন্দ্ৰতহে কেন্দ্ৰীভূত হৈ আছে। তেনে ক্ষেত্ৰত খোলটোৰ বাহিৰৰ কোনো বিন্দুত বিভৱ হ'ব–

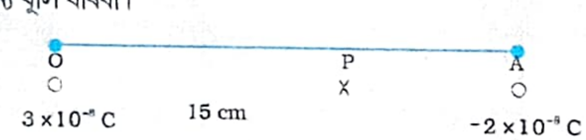
$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r} \quad (r \geq R) \qquad [2.19\,(a)]$$

ইয়াত q হ'ল খোলটোৰ মুঠ আধান আৰু R ইয়াৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ। আনহাতে খোলটোৰ ভিতৰত যিকোনো বিন্দুত বৈদ্যুতিক বিভৱ মান হ'ল শূন্য। ইয়ে সূচায় যে খোলটোৰ ভিতৰত বিভৱৰ মান ধ্ৰুৱক (কাৰণ খোলটোৰ ভিতৰত আধান এটা ইফালে-সিফালে নিওঁতে কোনো ধৰণৰ কাৰ্য সম্পন্ন নহয়); গতিকে খোলটোৰ পৃষ্ঠত বিভৱৰ মান হ'ব।

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{R} \qquad [2.19\,(b)]$$

উদাহৰণ 2.2ঃ 15 cm দূৰত্বৰ ব্যৱধানত 3×10^{-8} আৰু -2×10^{-8} কুলম্ব দুটা আধান আছে। দুয়োটা আধান সংযোগী ৰেখাডালৰ কোনটো বিন্দুত বৈদ্যুতিক বিভৱৰ মান শূন্য হ'ব? অসীমত বিভৱৰ মান শূন্য বুলি ধৰিবা।

সমাধানঃ



চিত্ৰ ঃ 2.7

ধৰা হ'ল ধনাত্মক আধানটো মূলবিন্দু 0 ত আছে। দুয়োটা আধান সংযোগী ৰেখাডাল x - অক্ষ বুলি ধৰা হ'ল। ঋণাত্মক আধানটো মূলবিন্দুৰ পৰা 15 cm দূৰৈত সোঁফালে আছে। (ছবি 2.7)। ধৰা হ'ল x অক্ষডালৰ ওপৰত থকা P বিন্দুটোত বিভৱৰ মান শূন্য। যদি P বিন্দুটোৰ x স্থানাংক x হয় তেন্তে স্বাভাৱিকতে x ৰ মান ধনাত্মক হ'ব। [$x<0$ হ'লে দুয়োটা আধানৰ বাবে সৃষ্ট বিভৱৰ মান যোগ কৰিলে মুঠ বিভৱৰ মান শূন্য হোৱাৰ সম্ভাৱনা নাই।] যদিহে x ৰাশিটোৰ মান O আৰু A ৰ মাজত থাকে তেন্তে আমি পাওঁ–

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{3\times10^{-8}}{x\times10^{-2}} - \frac{2\times10^{-8}}{(15-x)\times10^{-2}}\right] = 0$$

ইয়াত x দূৰত্বটো cm ত আছে। ইয়াৰ পৰা আমি পাওঁ যে --

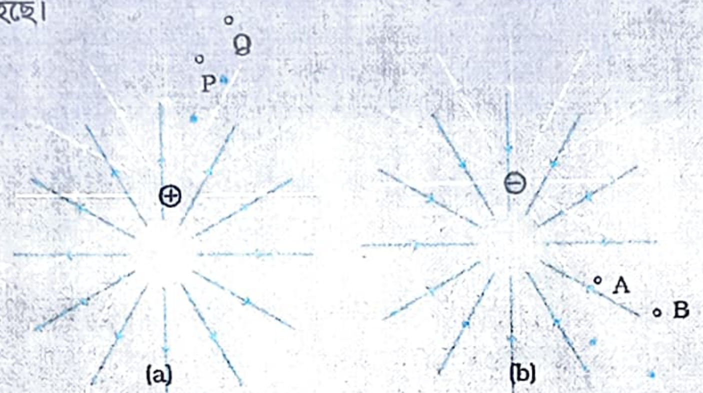
$$\frac{3}{x} - \frac{2}{15-x} = 0; \Rightarrow x = 9\text{ cm}$$

যদিহে OP ৰ বৰ্দ্ধিত অংশত x থাকে, তেন্তে চৰ্তটো হ'ব

$$\frac{3}{x} - \frac{2}{x-15} = 0; \Rightarrow x = 45\text{ cm}$$

গতিকে ধনাত্মক বিভৱৰ পৰা 9 cm আৰু 45 cm দূৰত (ঋণাত্মক বিভৱৰ ফালে) বৈদ্যুতিক বিভৱৰ মান শূন্য হ'ব। মনকৰিবলগীয়া কথাটো হ'ল এয়ে যে গণনাৰ বাবে বৈদ্যুতিক বিভৱৰ সূত্রটো ব্যৱহাৰ কৰোঁতে অসীমত বিভৱৰ মান শূন্য বুলি ধৰা হৈছে।

উদাহৰণ 2.3 : 2.8 (a) আৰু (b) নম্বৰৰ ছবিত ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক আধানৰ বাবে ক্ষেত্ৰৰেখা অংকণ কৰা হৈছে।



চিত্ৰ ঃ 2.8

(a) $(V_P - V_Q)$ আৰু $(V_B - V_A)$ বিভৱান্তৰৰ চিহ্ন কি হ'ব উল্লেখ কৰা।

(b) ক্ষুদ্ৰ ঋণাত্মক আধান এটা Q আৰু P বিন্দুৰ মাজত থাকিলে, A আৰু B ৰ মাজত থাকিলে স্থিতি শক্তি পাৰ্থক্যৰ চিহ্ন কি হ'ব লিখা।

(c) Q বিন্দুৰ পৰা P লৈ ক্ষুদ্ৰ ধনাত্মক আধান এটা আনিলে ক্ষেত্ৰখনে সম্পন্ন কৰা কাৰ্যৰ চিহ্ন কি হ'ব লিখা।

(d) B ৰ পৰা A লৈ ক্ষুদ্ৰ ঋণাত্মক আধান এটা আনোতে বাহ্যিক কাৰকে কৰা কাৰ্যৰ চিহ্ন নিৰূপণ কৰা।

(e) B ৰ পৰা A বিন্দুলৈ যাওঁতে ক্ষুদ্ৰ ঋণাত্মক আধান এটাৰ গতিশক্তি বাঢ়ে নে কমে?

সমাধান ঃ

(a) যিহেতু $V \propto \frac{1}{r}$, $V_P > V_Q$। গতিকে $(V_P - V_Q)$ ধনাত্মক। আকৌ V_B হ'ল V_A তকৈ কম ঋণাত্মক। গতিকে $V_B > V_A$ বা $(V_B - V_A)$ ধনাত্মক।

(b) ক্ষুদ্ৰ ঋণাত্মক আধান এটা ধনাত্মক আধানটোৰ ফালে আকৰ্ষিত হ'ব। ঋণাত্মক আধানটোৱে উচ্চ স্থিতি শক্তিৰ পৰা নিম্ন স্থিতি শক্তিৰ দিশত গতি কৰিব। গতিকে Q আৰু P বিন্দুৰ মাজত থকা ক্ষুদ্ৰ ঋণাত্মক আধানটোৰ স্থিতি শক্তিৰ পাৰ্থক্যৰ চিহ্ন ধনাত্মক হ'ব।

একেদৰে $(P.E)_A > (P.E)_B$। গতিকে স্থিতি শক্তিৰ পাৰ্থক্য ধনাত্মক।

(c) ক্ষুদ্ৰ ধনাত্মক আধান এটা Q ৰ পৰা P লৈ নিওঁতে বাহ্যিক কাৰকে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ বিপৰীতে কাৰ্য কৰিব। গতিকে ক্ষেত্ৰখনে কৰা কাৰ্য ঋণাত্মক হ'ব।

(d) ক্ষুদ্ৰ ঋণাত্মক আধানটো B ৰ পৰা A লৈ নিওঁতে বাহ্যিক কাৰকে কাৰ্য কৰিব লাগিব। গতিকে কাৰ্যৰ চিহ্ন ধনাত্মক হ'ব।

(c) B ৰ পৰা A লৈ ঋণাত্মক আধানটো নিওঁতে বিকৰ্ষণী বলে ক্ৰিয়া কৰিব। গতিকে আধানটোৰ বেগ কমি যাব;

PHYSICS

Electric potential, equipotential surfaces:
http://sol.sci.uop.edu/~jfalward/electricpotential/electricpotential.html

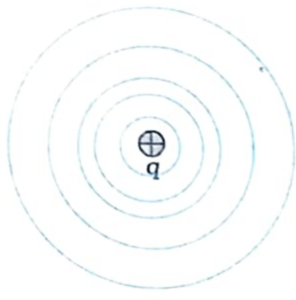
উদাহৰণ 2.3

2.6 সমবিভৱ পৃষ্ঠ (Equipotential Surfaces)ঃ

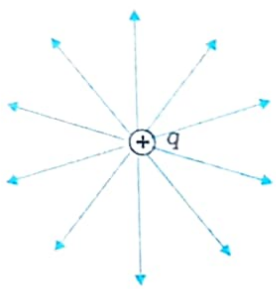
পৃষ্ঠ এখনৰ প্ৰতিটো বিন্দুতেই যদি বিভৱৰ মান সমান হয় তেন্তে সেই পৃষ্ঠখনক সমবিভৱ পৃষ্ঠ বোলা হয়। (2.8) নম্বৰ সমীকৰণৰ পৰা আমি পাওঁ যে একক আধান q ৰ পৰা r দূৰত্বত বিভৱ হ'ল–

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$$

এই সমীকৰণটোৰ পৰা আমি পাওঁ যে বিভৱ (V) ধ্ৰুৱক হয় যদিহে দুৰত্ব (r) ধ্ৰুৱক। গতিকে কেন্দ্ৰত থকা একক আধান এটাৰ বাবে বিভিন্ন ঐককেন্দ্ৰিক গোলাকাৰ পৃষ্ঠবোৰেই হ'ল একো একোখন সমবিভৱ পৃষ্ঠ।



(a)



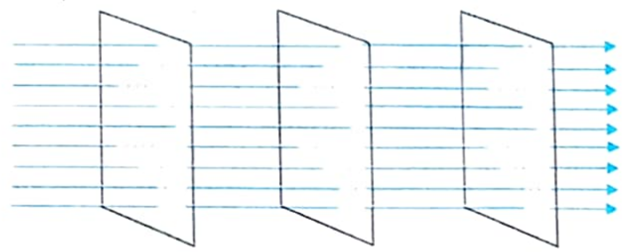
(b)

চিত্ৰ ঃ 2.9 এটা একক আধান q ৰ বাবে (a) একক আধানটো কেন্দ্ৰত থাকিলে তাৰ বিভিন্ন ঐককেন্দ্ৰিক গোলাকাৰ পৃষ্ঠবোৰেই হ'ল একো একোখন সমবিভৱ পৃষ্ঠ। (b) বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ অৰীয়; এইবোৰ বহিৰ্মুখী হয় যদিহে q > O।

এটা একক আধান q ৰ বাবে সৃষ্ট বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ অৰীয় দিশত হয় আৰু ইয়াৰ দিশ অন্তৰ্মুখী নে বহিৰ্মুখী সেয়া নিৰ্ভৰ কৰে আধানটো ক্ৰমে ঋণাত্মক নে ধনাত্মক তাৰ ওপৰত। এই বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰেখাবোৰে সমবিভৱ পৃষ্ঠক লম্বভাৱে ছেদ কৰে। সাধাৰণতে এই কথাটো সত্য যে **যিকোনো আধান বিন্যাসৰ বাবে কোনো বিন্দুৰ মাজেৰে পাৰ হৈ যোৱা সমবিভৱ পৃষ্ঠখন সেই বিন্দুটোত থকা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ লম্ব হয়।** এই উক্তিটো সহজে প্ৰমাণ কৰিব পাৰি।

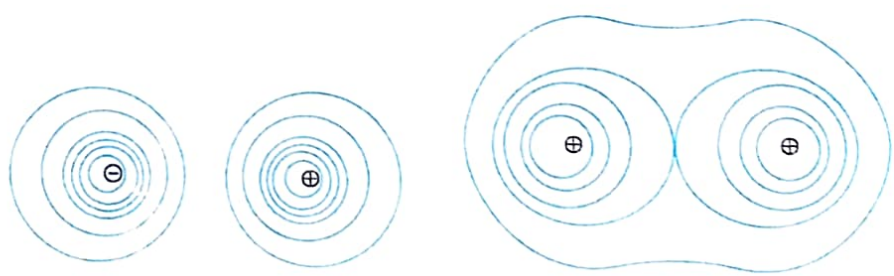
যদিহে ক্ষেত্ৰখন সমবিভৱ পৃষ্ঠৰ লম্ব নহ'লহেঁতেন, তেন্তে পৃষ্ঠৰ দিশত ইয়াৰ এটা শূন্যমান নোহোৱা উপাংশ থাকিলেহেঁতেন। তেনেক্ষেত্ৰত, ক্ষেত্ৰখনৰ এই উপাংশটোৰ বিপৰীত দিশত একক আধান এটা নিওঁতে কাৰ্য কৰিবলগীয়া হ'লহেঁতেন। কিন্তু এই সিদ্ধান্তই সমবিভৱ পৃষ্ঠৰ সংজ্ঞাৰ বিৰুদ্ধাচৰণ কৰে; কাৰণ সমবিভৱ পৃষ্ঠৰ ওপৰত থকা যিকোনো দুটা বিন্দুৰ মাজৰ বিভৱ ভেদ হ'ল শূন্য; ইয়াৰ বাবে একক পৰীক্ষণীয় আধানটো সমবিভৱ পৃষ্ঠৰ ওপৰৰ এটা বিন্দুৰ পৰা আনটোলৈ নিওঁতে কোনোধৰণৰ কাৰ্য কৰিবলগীয়া নহয়। গতিকে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন সমবিভৱ পৃষ্ঠৰ প্ৰতিটো বিন্দুতে লম্ব হ'ব লাগিব।

আধান বিন্যাস এটাৰ চাৰিওফালে থকা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ ৰেখাচিত্ৰৰ উপৰি সমবিভৱ পৃষ্ঠই আন এক দৃশ্যমান চিত্ৰও ফুটাই তোলে।



চিত্ৰ 2.10ঃ সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ বাবে সমবিভৱ পৃষ্ঠ

x অক্ষৰ দিশত থকা সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰত $\vec{E}$ ৰ বাবে সমবিভৱ পৃষ্ঠবোৰ থাকিব x -অক্ষৰ লম্ব দিশত; অৰ্থাৎ এই পৃষ্ঠবোৰ হ'ল y–z সমতলৰ সমান্তৰাল (চিত্ৰ 2.10) । চিত্ৰ (2.11) ত (a) এটা দ্বিমেৰুৰ বাবে (b) দুটা সৰ্বাংগসম ধনাত্মক আধানৰ বাবে সমবিভৱ পৃষ্ঠবোৰ দেখুওৱা হৈছে।

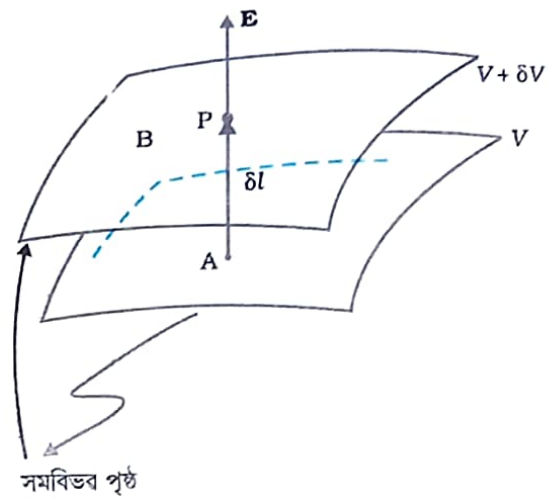


(a) (b)

চিত্ৰ 2.11 ঃ (a) এটা দ্বিমেৰুৰ বাবে (b) দুটা সৰ্বাঙ্গসম ধনাত্মক আধানৰ বাবে কিছুমান সমবিভৱ পৃষ্ঠ।

2.6.1 ক্ষেত্ৰ আৰু বিভৱৰ মাজৰ সম্পৰ্ক (Relation between field and potential) ঃ

A আৰু B হ'ল দুখন ওচৰা-উচৰিকৈ থকা সমবিভৱ পৃষ্ঠ (চিত্ৰ 2.12) আৰু ইয়াত থকা বিভৱৰ মান ক্ৰমে V আৰু $V + \delta V$; ইয়াত δV হ'ল বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ৰ দিশত বিভৱ (V) ৰ পৰিবৰ্তন। ধৰা হ'ল B পৃষ্ঠৰ ওপৰত P হ'ল এটা বিন্দু আৰু ইয়াৰ পৰা A পৃষ্ঠখনৰ লম্বদূৰত্ব δl। এতিয়া ধৰা হ'ল একক ধনাত্মক আধান এটা এই লম্বৰ ওপৰেৰে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ বিপৰীতে B পৃষ্ঠৰ পৰা A লৈ অনা হ'ল। ইয়াৰ ফলত সম্পন্ন হোৱা কাৰ্য হ'ব $|\vec{E}|\delta l$ আৰু ই দুয়োপৃষ্ঠৰ বিভৱান্তৰৰ সমান হ'ব।



চিত্ৰ ঃ 2.12 বিভৱৰ পৰা ক্ষেত্ৰলৈ

গতিকে

$$|\vec{E}|\delta l = V - (V + \delta V) = -\delta V$$

$$\Rightarrow |\vec{E}| = -\frac{\delta V}{\delta l} \qquad (2.20)$$

যিহেতু δV হ'ল ঋণাত্মক, $\delta V = -|\delta V|$, (2.20) নম্বৰ সমীকৰণটো আমি লিখিব পাৰো এনেধৰণে—

$$|\vec{E}| = -\frac{\delta V}{\delta l} = +\frac{|\delta V|}{\delta l} \qquad (2.21)$$

গতিকে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ আৰু বিভৱৰ মাজৰ সম্বন্ধ সম্পৰ্কত আমি দুটা গুৰুত্বপূৰ্ণ সিদ্ধান্তত উপনীত হ'ব পাৰো।

(i) **বিভৱৰ মান যিদিশত আটাইতকৈ বেছিকৈ কমে সেই দিশতেই বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন থাকে।**

(ii) **সমবিভৱ পৃষ্ঠৰ এটা বিন্দুৰ লম্বদিশত প্ৰতি একক সৰণত বিভৱ পৰিবৰ্তনৰ মাত্ৰাই হ'ল সেই বিন্দুটোত ক্ষেত্ৰখনৰ মাত্ৰা।**

2.7 আধান নিকায় এটাৰ স্থিতি শক্তি (Potential Energy of a system of charges) ঃ

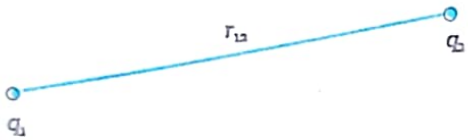
ধৰা হ'ল q_1, q_2 আধান দুটাৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা অৱস্থান ভেক্টৰ ক্ৰমে $\bar{r}_1$ আৰু $\bar{r}_2$। নিকায়টো গঠন কৰিবলৈ (বাহ্যিকভাৱে) কিমান পৰিমাণৰ কাৰ্য কৰিব লাগিব তাক আমি প্ৰথমে গণনা কৰোঁহঁক। ইয়াৰ অৰ্থ হ'ল এইটোৱে যে আমি প্ৰথমে q_1 আৰু q_2 আধানদুটা অসীমত থকা বুলি ধৰি ল'ম আৰু তাৰ পৰা ইহঁতক আনোঁতে বাহ্যিক কাৰকটোৱে কৰিবলগা কাৰ্যৰ মান গণনা কৰিম। ধৰা হ'ল প্ৰথমে q_1 আধানটো অসীমৰ পৰা $\bar{r}_1$ লৈ অনা হ'ল। এইক্ষেত্ৰত কোনো বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ নথকা বাবে অসীমৰ পৰা q_1 আধানক $\bar{r}_1$ লৈ আঁনোতে কৰিবলগীয়া কাৰ্যৰ মান শূন্য। এই আধানটোৱে মহাশূন্যৰ এই স্থানত উৎপন্ন কৰিবলগীয়া বিভৱৰ মান হ'ব

$$V_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r_{1P}}$$

ইয়াত r_{1P} হ'ল q আধানটো থকা স্থানৰ পৰা মহাশূন্যৰ P স্থানলৈ দূৰত্ব। বিভৱৰ সংজ্ঞাৰ পৰা আমি ক'ব পাৰো যে অসীমৰ পৰা q_2 আধানটো $\bar{r}_2$ লৈ আনোতে কৰিবলগীয়া কাৰ্য হ'ল q_1 আধানৰ বাবে $\bar{r}_2$ স্থানত উদ্ভৱ হোৱা বিভৱৰ q_2 গুণৰ সমান।

$$\text{অৰ্থাৎ } q_2\text{ৰ ওপৰত কৰা কাৰ্য} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r_{12}}$$

ইয়াত r_{12} হ'ল 1 আৰু 2 বিন্দু দুটাৰ মাজৰ দূৰত্ব।



চিত্ৰ : 2.13 q_1, q_2 আধানেৰে গঠিত নিকায়টোৰ স্থিতি শক্তি আধান দুটাৰ পূৰণফলৰ সমানুপাতিক আৰু ইহঁতৰ মাজৰ দূৰত্বৰ ব্যস্তানুপাতিক

যিহেতু স্থিতিবৈদ্যুতিক বল ৰক্ষণশীল বল, সম্পন্ন হোৱা কাৰ্যখিনি নিকায়টোত স্থিতি শক্তি হিচাপে সঞ্চিত হৈ থাকে। গতিকে q_1 আৰু q_2 আধান থকা এটা নিকায়ত স্থিতি শক্তিৰ মান হ'ব

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r_{12}} \qquad (2.22)$$

স্বাভাৱিকতে, q_2 আধানক যদি প্ৰথমতেই বৰ্তমানৰ অৱস্থানলৈ অনা হয় আৰু তাৰ পিছতহে q_1 আধানক অনা হয়, তেন্তে স্থিতি শক্তি Uৰ মানটো সেই একেই থাকিব। সাধাৰণতে নিৰ্দ্ধাৰিত স্থানলৈ যি পথেৰেই অনা নহওক কিয়, স্থিতি শক্তিৰ প্ৰকাশৰাশি (2.22) নম্বৰ সমীকৰণটো একেই থাকিব; ইয়াৰ কাৰণ হ'ল স্থিতিবৈদ্যুতিক বলৰ বাবে হোৱা কাৰ্য পথ নিৰ্ভৰশীল নহয়।

(2.22) নম্বৰ সমীকৰণটো q_1 আৰু q_2 আধানৰ যিকোনো প্ৰকৃতিৰ (চিহ্নৰ) বাবেই প্ৰযোজ্য। যদিহে $(q_1, q_2)>0$ হয়, তেন্তে স্থিতি শক্তি ধনাত্মক হ'ব। এয়া আমি আশা কৰা ধৰণেই হয় কিয়নো সমজাতীয় $(q_1, q_2)>0$ আধানৰ বাবে স্থিতিবৈদ্যুতিক বল হ'ল বিকৰ্ষী আৰু সেয়েহে অসীমৰ পৰা সসীম দূৰত্বত থকা অৱস্থানলৈ আধান দুটা আনিবলৈ এই বিকৰ্ষী বলৰ বিপৰীতে এক ধনাত্মক কাৰ্য সম্পন্ন কৰিব লাগিব। আনহাতে বিষমজাতীয় আধানৰ বাবে $[q_1, q_2<0]$, স্থিতিবৈদ্যুতিক বলটো হ'ব আকৰ্ষী প্ৰকৃতিৰ। এই ক্ষেত্ৰত আধানটোক নিৰ্দ্ধাৰিত স্থানৰ পৰা অসীমলৈ নিবলৈ হ'লে আকৰ্ষী বলৰ বিপৰীতে ধনাত্মক কাৰ্য কৰিব লাগিব। আনকথাত অসীমৰ পৰা বৰ্তমানৰ অৱস্থানলৈ আনিবলৈ হ'লে ঋণাত্মক পৰিমাণৰ কাৰ্য কৰিব লাগিব; ইয়াৰ বাবে স্থিতি শক্তি ঋণাত্মক বুলি কোৱা হয়।

কেইবাটাও বিন্দুসম আধান থকা নিকায় এটাৰ ক্ষেত্ৰতো (2.22) নম্বৰ সমীকৰণটো সমানেই প্ৰযোজ্য। ধৰা হওঁক আমি এইবাৰ নিকায় এটাত থকা তিনিটা q_1, q_2, q_3 ৰ বাবে স্থিতি শক্তি নিৰূপণ কৰিম। ধৰা হ'ল ইহঁতৰ অৱস্থান ভেক্টৰ হ'ল ক্ৰমে $\vec{r}_1$, $\vec{r}_2$, $\vec{r}_3$। আগতেই দেখুওৱাৰ দৰে প্ৰথমে আমি q_1 আধানটো অসীমৰ পৰা $\vec{r}_1$ লৈ আনিম; ইয়াৰ বাবে কোনো ধৰণৰ কাৰ্য সম্পন্ন নহয়। একেদৰে q_2 ৰ আধানটোও অসীমৰ পৰা $\vec{r}_2$ লৈ আনিম। এইক্ষেত্ৰত সম্পন্ন হোৱা কাৰ্য হ'ব—

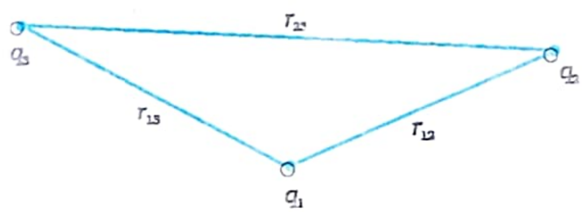
$$q_1V_1(\vec{r}_2) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r_{12}} \qquad (2.23)$$

q_1 আৰু q_2 আধানে এটা বিন্দু Pত বিভৱ সৃষ্টি কৰে আৰু ইয়াৰ মান হ'ল-

$$V_{1,2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1}{r_{1P}} + \frac{q_2}{r_{2P}}\right] \qquad (2.24)$$

অসীমৰ পৰা $\vec{r}_3$ লৈ আনোতে কৰা কাৰ্য হ'ল $\vec{r}_3$ দূৰত্বত থকা $V_{1,2}$ ৰ q_3 গুণ।

$$\text{গতিকে,}\quad q_3V_{1,2}(\vec{r}_3) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1q_3}{r_{13}} + \frac{q_2q_3}{r_{23}}\right] \qquad (2.25)$$



চিত্ৰ 2.14 : তিনিটা আধানেৰে গঠিত নিকায়টোৰ স্থিতি শক্তি প্ৰকাশ কৰে (2.26) সমীকৰণে।

গতিকে প্ৰদত্ত অৱস্থানত মুঠ কাৰ্য সম্পাদন হ'ব বিভিন্ন স্তৰত সম্পন্ন হোৱা কাৰ্যৰ যোগফলৰ সমান [সমীকৰণ (2.23) আৰু (2.25)]

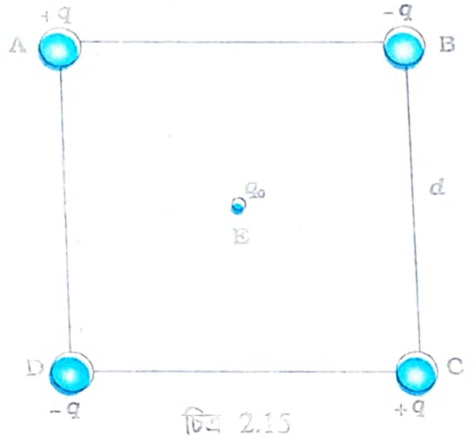
$$\therefore U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1q_2}{r_{12}} + \frac{q_1q_3}{r_{13}} + \frac{q_2q_3}{r_{23}}\right] \qquad (2.26)$$

আকৌ নিকায়টোৰ চূড়ান্ত স্থিতি শক্তি Uৰ প্ৰকাশৰাশিটো [সমীকৰণ (2.26)] নিকায়টো কেনেধৰণে সংযোজিত কৰা হৈছে তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল স্থিতিবৈদ্যুতিক বলৰ ৰক্ষণশীল প্ৰকৃতি (অৰ্থাৎ

সম্পন্ন হোৱা কাৰ্যখিনি পথ নিৰ্ভৰশীল নোহোৱা ধৰ্মটো)। গতিকে নিকায়টো কেনেদৰে গঠিত হৈছে তাৰ ওপৰত নহয়, স্থিতি শক্তিয়ে নিকায়টোৰ বৰ্তমানৰ অৱস্থাটোৰহে বৈশিষ্ট্য প্ৰকাশ কৰে।

উদাহৰণ 2.4 : চিত্ৰ (2.15) ত দেখুওৱা ধৰণে চাৰিটা আধান d বাহুবিশিষ্ট বৰ্গক্ষেত্ৰ এটাৰ চাৰিওটা চুকত স্থাপন কৰা হৈছে। (a) এই সজ্জাটো গঠন কৰোঁতে হোৱা মুঠ কাৰ্যৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। (b) চাৰিওটা চুকত চাৰিটা আধান স্থিৰে ৰাখি বৰ্গক্ষেত্ৰটোৰ কেন্দ্ৰলৈ (E) এটা আধান q_0 অনা হ'ল। ইয়াৰ বাবে কিমান পৰিমাণৰ অতিৰিক্ত কাৰ্য কৰিব লাগিব?

সমাধান :



চিত্ৰ 2.15

(a) যিহেতু সম্পন্ন কৰা কাৰ্য আধানবিলাকৰ চূড়ান্ত সজ্জাৰ ওপৰতহে নিৰ্ভৰশীল সিহঁতক কেনেদৰে এটা এটাকৈ সজোৱা হৈছে তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে, গতিকে A, B, C, D স্থানত আধান কেইটাক যিকোনো ধৰণে সজাওঁতে লগা কাৰ্যৰ মান গণনা কৰিলেই হ'ব। ধৰা হ'ল প্ৰথমে $+q$ আধানটোক A লৈ অনা হ'ল, তাৰ পিছত $-q$, $+q$ আৰু $-q$ আধানবোৰ ক্ৰমে B, C আৰু D ত স্থাপন কৰা হ'ল। মুঠ কাৰ্যৰ পৰিমাণ আমি তলত দিয়া ধৰণে গণনা কৰি পাৰোঁ।

(i) $+q$ আধানটো A লৈ আনোতে কৰা কাৰ্যৰ মান শূন্য; কিয়নো আগতে তাৰ আশে-পাশে কোনো ধৰণৰ আধান নাছিল।

(ii) B লৈ $-q$ আধানটো অনাৰ সময়ত A ত $+q$ আধানটো আছে। গতিকে কৰিবলগীয়া কাৰ্যৰ মান হ'ব– (B ত থকা আধান) × (A ত $+q$ আধান থকা বাবে B ত স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱ)

$$= -q \times \left(\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 d}\right) = -\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}$$

(iii) $+q$ আধানটো C লৈ অনাৰ সময়ত A ত $+q$ আৰু B ত $-q$ আধানটো আছিল। ইয়াৰ বাবে কৰিবলগীয়া কাৰ্যৰ মান হ'ব (C ত থকা আধান) × (A আৰু B ত থকা আধানৰ বাবে C ত বিভৱ)

$$= +q\left(\frac{+q}{4\pi\varepsilon_0 d\sqrt{2}} + \frac{-q}{4\pi\varepsilon_0 d}\right) = \frac{-q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

(iv) আকৌ $-q$ আধানটো D লৈ অনাৰ সময়ত A ত $+q$, B ত $-q$ আৰু C বিন্দুত $+q$ আধান আছিল। আগৰ নিচিনাকৈ এইবাৰো কৰিবলগীয়া কাৰ্য হ'ব –

$$= -q\left(\frac{+q}{4\pi\varepsilon_0 d} + \frac{-q}{4\pi\varepsilon_0 d\sqrt{2}} + \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 d}\right) = -\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left(2 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

উদাহৰণ 2.4

গতিকে বিভিন্ন স্তৰত কৰিবলগীয়া কাৰ্যসমূহ যোগ কৰিলে আমি কৰিবলগীয়া মুঠ কাৰ্যৰ মান পাওঁ

$$=\frac{-q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left[(0)+(1)+\left(1-\frac{1}{\sqrt{2}}\right)+\left(2-\frac{1}{\sqrt{2}}\right)\right]=-\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}\left[4-\sqrt{2}\right]$$

কৰিবলগীয়া কাৰ্যখিনি আধানবোৰৰ সজ্জাৰ ওপৰতহে নিৰ্ভৰ কৰে, কেনেদৰে সেইবোৰ সজোৱা হ'ল তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। সংজ্ঞামতে এইটোৱে হ'ল আধানবোৰৰ মুঠ স্থিতিবৈদ্যুতিক শক্তি।

[ছাত্ৰ-ছাত্ৰীসকলে আধানবোৰ বিভিন্ন ধৰণে সজাই তাৰ বাবে মুঠ কাৰ্য/শক্তিৰ পৰিমাণ গণনা কৰিব পাৰে। ইয়ে আধানবোৰ সজোৱাৰ ওপৰত যে মুঠ কাৰ্য/শক্তিৰ মান নিৰ্ভৰ নকৰে সেই সম্পৰ্কে পৰিষ্কাৰ ধাৰণা এটা লোৱাত সহায় কৰিব।]

(b) চাৰিওটা আধান A,B,C আৰু D বিন্দুত থকা অৱস্থাত আন এটা আধান q_0 ক E বিন্দুলৈ আনোতে কৰিবলগীয়া অতিৰিক্ত কাৰ্য হ'ব $q_0 \times$ (A,B,C,D, ত থকা আধানৰ বাবে E ত স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱ)।

E বিন্দুত স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱ শূন্য হ'ব কিয়নো A আৰু C ত থকা আধানৰ বাবে সৃষ্টি হোৱা বিভৱে B আৰু D ত থকা আধানৰ বাবে সৃষ্ট বিভৱক নোহোৱা কৰিব। গতিকে E বিন্দুলৈ যিকোনো আধান আনিবলৈ হ'লে কোনো ধৰণৰ কাৰ্য কৰিবলগীয়া নহয়।

2.8 বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ এখনত স্থিতি শক্তি (Potencial energy in an external field)

2.8.1 একক আধান এটাৰ স্থিতি শক্তি (Potential energy of a single charge)

2.7 নম্বৰ অনুচ্ছেদত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ উৎসটো ধৰি লোৱা হৈছিল; আধান আৰু সিহঁতৰ অৱস্থান আৰু নিকায়টোত থকা আধানবোৰৰ স্থিতি শক্তি আদি নিৰ্ণয় কৰা হৈছিল। এই অনুচ্ছেদত প্ৰথমেই আমি এই বিষয়ে প্ৰশ্ন এটা উত্থাপন কৰিম। সেয়া হ'ল প্ৰদত্ত ক্ষেত্ৰ এখনত q আধানটোৰ স্থিতি শক্তি কিমান? প্ৰশ্নটোৱে প্ৰকৃততে আমি আলোচনাটোৰ পাতনিহে মেলিব খুজিছোঁ; ইয়ে আমাক স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱৰ ধাৰণা লোৱাত সহায় কৰিব (অনুচ্ছেদ 2.1 আৰু 2.2)। (2.7) নম্বৰ অনুচ্ছেদত কৰা আলোচনাতকৈ ই কি কি দিশত বেলেগ হ'ব সেয়া স্পষ্ট কৰিবলৈকে আমি এই প্ৰশ্নটোৰ পুনৰাবৃত্তি কৰিছোঁ।

প্ৰধান পাৰ্থক্যটো এয়ে যে বৰ্তমানে আমি বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ এখনত থকা এটা বা ততোধিক আধানৰ স্থিতি শক্তিৰ বিষয়ে জানিবলৈহে আগ্ৰহী। আমি জুখিব খোজা আধানসমূহৰ স্থিতি শক্তিৰ বাবে বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ খন উৎপন্ন হোৱা নাই। আধানসমূহৰ বাবে নহয়, বাহ্যিক উৎসৰ বাবেহে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ উৎপন্ন হৈছে। এই বাহ্যিক উৎসটো আমাৰ জ্ঞাতও হ'ব পাৰে; পিছে সাধাৰণতে উৎসটো অজ্ঞাত হয়। সেয়া হ'লেও, বাহ্যিক উৎসৰ বাবে সৃষ্ট বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ নাইবা স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱ V কিন্তু জ্ঞাত হয়। আকৌ বাহ্যিক ক্ষেত্ৰখন সৃষ্টি কৰা উৎসটো q আধানৰ দ্বাৰা প্ৰভাৱান্বিত নহয় বুলি ধৰি লোৱা হ'ল। এই কথাটো সত্য হয় যেতিয়া q আধানটো অত্যন্ত কম মানৰ হয়; অথবা যি কাৰণতেই নহওক কিয় বাহ্যিক ক্ষেত্ৰখন স্থিৰ হৈ থকা বুলি ধৰা হয়। অসীম দূৰত্বত থকা এটা অতি শক্তিশালী উৎসৰ প্ৰভাৱত আলোচনাৰ বাবে ধৰি লোৱা অঞ্চলটোত এখন সসীম ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ উৎপন্ন হয় বুলি ধৰি ল'লে q আধানটো সসীম মানৰ হ'লেও বাহ্যিক উৎসৰ ওপৰত ইয়াৰ প্ৰভাৱ নগণ্য বুলি ধৰি ল'ব পাৰি। এইখিনিতেই এটা কথা উল্লেখ কৰা প্ৰয়োজন যে আমি প্ৰদত্ত আধান q ৰ বাবে (পিছত এক আধান নিকায়ৰ বাবে) স্থিতি শক্তিৰ মান নিৰ্ণয়তহে আগ্ৰহী; বাহ্যিক ক্ষেত্ৰখন উৎপন্ন কৰা উৎসটোৰ স্থিতি শক্তি নিৰূপণ আমাৰ লক্ষ্য নহয়।

বাহ্যিক বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ আৰু ইয়াৰ বাবে সৃষ্ট বাহ্যিক বিভৱ V ৰ মান প্ৰতিটো বিন্দুতেই পৰিৱৰ্তন হ'ব পাৰে। সংজ্ঞামতে অসীমৰ পৰা P বিন্দুটোলৈ একক ধনাত্মক আধান এটা আনোতে কৰিবলগীয়া কাৰ্যখিনিকেই সেই বিন্দুটোত বিভৱ বোলা হয় (অসীমত বিভৱ শূন্য বুলি ধৰি ল'ম)। গতিকে বাহ্যিক

ক্ষেত্ৰখনত থকা এটা বিন্দু P লৈ অসীমৰ পৰা q আধানটো আনোতে কৰিবলগীয়া কাৰ্য হ'ল qV। এই কাৰ্যখিনি q আধানত স্থিতি শক্তি হিচাপে সঞ্চিত হৈ থাকে। এতিয়া কোনো মূলবিন্দু সাপেক্ষে যদি P বিন্দুটোৰ অৱস্থান ভেক্টৰ $\vec{r}$ হয় তেন্তে

বাহ্যিক ক্ষেত্ৰত $\vec{r}$ অৱস্থান ভেক্টৰত (position vector) থকা q আধানটোৰ স্থিতি শক্তি

$$= qV(\vec{r}) \tag{2.27}$$

ইয়াত $V(\vec{r})$ হ'ল $\vec{r}$ অৱস্থান ভেক্টৰত বাহ্যিক বিভৱ।

গতিকে $q = e = 1.6 \times 10^{-19}$ কুলম্ব আধানযুক্ত ইলেক্ট্ৰন এটাই যদিহে বিভৱ পাৰ্থক্য $\Delta V = 1$ ভল্টৰ মাজেৰে ত্বৰিত হয়, তেন্তে সি লাভ কৰা শক্তি হ'ব $q\Delta V = 1.6 \times 10^{-16}$ J। শক্তিৰ এই একক 1 ইলেক্ট্ৰন ভল্ট চমুকৈ 1 ইভি (1eV) বোলা হয়। অৰ্থাৎ $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}$J। শক্তিৰ এই একক সাধাৰণতে পাৰমাৰিণক, নিউক্লীয়াৰ আৰু কণিকা পদাৰ্থবিজ্ঞানত বহুলভাৱে ব্যৱহাৰ কৰা হয়। (1 kev = 10^3 eV $= 1.6 \times 10^{-16}$ J। 1 Mev = 10^6 eV = 1.6×10^{-13} J; 1 Gev = 10^9 eV=1.6×10^{-10} J আৰু 1 Tev =10^{12} eV=1.6×10^{-7} J)। (এইবোৰৰ সংজ্ঞা একাদশ শ্ৰেণীৰ পদাৰ্থবিজ্ঞান, প্ৰথম ভাগৰ তালিকা 6.1 ত আগতেই দিয়া আছে।)

2.8.2ঃ বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ এখনত থকা দুটা আধানেৰে গঠিত নিকায় এটাৰ স্থিতি শক্তি (Potential energy of a system of two charges in an external field)

এইবাৰ বিবেচ্য বিষয়টো হৈছে– বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ এখনত থকা আৰু $\vec{r}_1$ আৰু $\vec{r}_2$ ত অৱস্থান কৰি থকা ক্ৰমে q_1 আৰু q_2 আধানেৰে গঠিত নিকায়টোৰ মুঠ স্থিতি শক্তি কিমান হ'ব? ইয়াৰ বাবে প্ৰথমতে আমি q_1 আধানটো অসীমৰ পৰা $\vec{r}_1$ লৈ আনোতে কৰিবলগীয়া কাৰ্যখিনি গণনা কৰি উলিয়াওঁ আৰু ইয়াৰ মান পাওঁ $qV(\vec{r}_1)$ [সমীকৰণ (2.27) ব্যৱহাৰ কৰি]। ইয়াৰ পিছত আমি q_2 আধানটো অসীমৰ পৰা $\vec{r}_2$ লৈ আনোতে কৰিবলগীয়া কাৰ্যৰ মান গণনা কৰোঁ। এইবাৰ আমি অকল বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ৰ বিপৰীতে নহয়, $\vec{r}_1$ ত থকা q_1 আধানটোৰ ক্ষেত্ৰখনৰ বিপৰীতেও কাৰ্য কৰিব লগা হয়। তেনেক্ষেত্ৰত বাহ্যিক ক্ষেত্ৰৰ বিপৰীতে q_2 আধানৰ ওপৰত কৰা কাৰ্য $= qV(\vec{r}_2)$

আকৌ, q_1 আধানৰ বাবে সৃষ্ট ক্ষেত্ৰখনৰ বিপৰীতে q_2 ৰ ওপৰত কৰা কাৰ্য $= \dfrac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{12}}$

ইয়াত r_{12} হ'ল q_1 আৰু q_2 আধানৰ মাজৰ দূৰত্ব। ইয়াত সমীকৰণ (2.27) আৰু (2.22) ব্যৱহাৰ কৰা হৈছে। গতিকে ক্ষেত্ৰৰ সমাৰোপন তত্ত্বৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি ওপৰি উক্ত সমীকৰণ দুটা যোগ কৰি আমি q_2 আধানৰ ওপৰত কৰা কাৰ্য পাওঁ।

অৰ্থাৎ q_2 আধানটো $\vec{r}_2$ লৈ আনোতে কৰা মুঠ কাৰ্য

$$= q_2 V(\vec{r}_2) + \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{12}} \tag{2.28}$$

গতিকে নিকায়টোৰ মুঠ স্থিতি শক্তি = নিকায়টো সজাওঁতে হোৱা মুঠ কাৰ্য

$$= q_1 V(\vec{r}_1) + q_2 V(\vec{r}_2) + \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{12}} \tag{2.29}$$

উদাহৰণ 2.5 (a) (–9 cm, 0, 0) আৰু (9 cm, 0, 0) বিন্দুত থকা দুটা আধান ক্ৰমে 7μC আৰু –2μC ৰে গঠিত নিকায়টোৰ স্থিতিবৈদ্যুতিক স্থিতি শক্তিৰ মান গণনা কৰা (এই ক্ষেত্ৰত কোনো বাহ্যিক বল নাই বুলি ধৰিবা)।

(b) এটা আধানক আনটোৰ পৰা অসীমভাৱে আঁতৰাই নিবলৈ হ'লে কিমান পৰিমাণৰ কাৰ্য কৰিব লাগিব?

উদাহৰণ 2.5

উদাহৰণ 2.5

(c) ধৰা হ'ল সেই একেই আধান নিকায়টো এইবাৰ এখন বাহ্যিক বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E} = A(1/r^2)$; $A = 9\times10^5\ C\ m^{-2}$ স্থাপন কৰা হ'ল। নিকায়টোৰ স্থিতিবৈদ্যুতিক শক্তিৰ মান কিমান হ'ব?

সমাধান ঃ

(a) $U = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q_1 q_2}{r} = 9\times10^9 \times \dfrac{7\times(-2)\times10^{-12}}{0.18} = -0.7\ J$

(b) $W = U_2 - U_1 = 0 - U = 0 - (-0.7) - 0.7\ J$

(c) দুয়োটা আধানৰে পাৰস্পৰিক আন্তঃক্ৰিয়া শক্তিখিনি অপৰিবৰ্তিত হৈ থাকিব। ইয়াৰ উপৰি বাহ্যিক বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ লগত আধান দুটাৰ আন্তঃক্ৰিয়া শক্তিখিনি যোগ হ'ব। গতিকে আমি পাওঁ —

$$q_1 V(\vec{r}_1) + q_2 V(\vec{r}_2) = A\frac{7\mu C}{0.09\ m} + A\frac{-2\mu C}{0.09\ m}$$

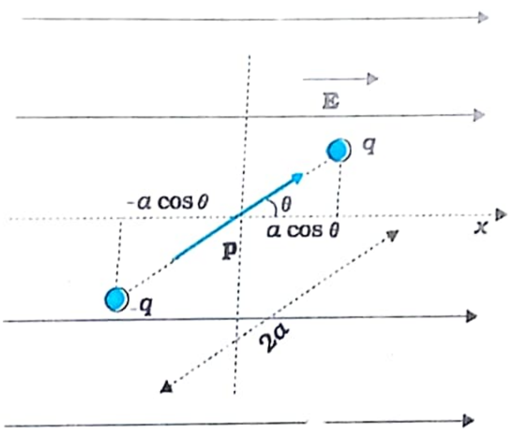
গতিকে মুঠ স্থিতিবৈদ্যুতিক শক্তি হ'ব

$$q_1 V(\vec{r}_1) + q_2 V(\vec{r}_2) + \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{12}} = A\frac{7\mu C}{0.09\ m} + A\frac{-2\mu C}{0.09\ m} - 0.7\ J$$

$$= 70 - 20 - 07 = 49.3\ J$$

2.8.3 বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ এখনত থকা দ্বিমেৰু এটাৰ স্থিতি শক্তি (Potential energy of a dipole in an external field) :

ধৰা হ'ল আধান $q_1 = +q$ আৰু $q_2 = -q$ ৰে গঠিত দ্বিমেৰুটোক এখন সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ত ৰখা হৈছে (চিত্ৰ 2.16)



চিত্ৰ ঃ 2.16 সুষম বাহ্যিক ক্ষেত্ৰত থকা দ্বিমেৰুৰ স্থিতি শক্তি

আগৰ অধ্যায়টোত আমি পাই আহিছোঁ যে সূক্ষ্ম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখনত থকা দ্বিমেৰু এটাই কোনো কাৰ্যকৰী বল অনুভৱ নকৰে; ইয়াৰ পৰিবৰ্তে কিন্তু টৰ্ক অনুভৱ কৰে।

$$\vec{\tau} = \vec{p}\times\vec{E} \qquad (2.30)$$

এই টৰ্কে সুমেৰুটোক ঘূৰ্ণন গতি প্ৰদান কৰিব। (অৱশ্যে $\vec{p}$ ক্ষেত্ৰখনৰ ($\vec{E}$) সমান্তৰাল বা ইয়াৰ সম্পূৰ্ণ ওলোটা দিশত থাকিব নালাগিব) এতিয়া ধৰা হ'ল আন এটা বাহ্যিক টৰ্ক (τ_{ext}), দ্বিমেৰুটোৰ ওপৰত এনেদৰে প্ৰয়োগ কৰা হ'ল যাতে ই আগৰ টৰ্কটোক মাথোন উপযুক্তভাৱে বাধাহে দিব পাৰে আৰু দ্বিমেৰুটোক অতি কম দ্ৰুতিত θ_0 কোণৰ পৰা θ_1 কোণলৈ ঘূৰায়। ধৰা τ_{ext} টৰ্কে দ্বিমেৰুটোক কাগজৰ সমতলত ঘূৰায় আৰু ইয়াৰ কৌণিক ত্বৰণ শূন্য। তেতিয়া বাহ্যিক টৰ্কে কৰা কাৰ্যৰ মান হ'ব

$$W = \int_{\theta_0}^{\theta_1} \tau_{ext}(\theta)\,d\theta = \int_{\theta_0}^{\theta_1} pE\sin\theta\,d\theta = pE(\cos\theta_0 - \cos\theta_1) \qquad (2.31)$$

সম্পাদিত কাৰ্যখিনি নিকায়টোত স্থিতি শক্তি হিচাপে সঞ্চিত হৈ থাকে। তেতিয়া আমি স্থিতি শক্তি $U(\theta)$ ক দ্বিমেৰুৰ অৱনমন θ ৰ সৈতে সাঙুৰিব পাৰোঁ। অইন স্থিতি শক্তিৰ নিচিনাকৈ ইয়াতো এক বিশেষ কোণত স্থিতি শক্তি U ৰ মান শূন্য বুলি ধৰিবলৈ আমাৰ স্বাধীনতা থাকে। সাধাৰণতে এই বিশেষ কোণটো $\theta_0 = \pi/2$ বুলি ধৰা হয় (এই আলোচনাৰ শেষৰফালে ইয়াৰ কাৰণ ব্যাখ্যা কৰা হ'ব)। তেতিয়া আমি পাওঁ —

$$U(\theta) = pE\left(\cos\frac{\pi}{2} - \cos\theta\right) = -pE\cos\theta = -\vec{p}.\vec{E} \qquad (2.32)$$

এই প্ৰকাশৰাশিটো (সমীকৰণ 2.32) সমীকৰণ (2.29) ৰ সহায়তো বুজিব পাৰি। আমি (2.29) নম্বৰ সমীকৰণটো $+q$ আৰু $-q$ আধানেৰে গঠিত বৰ্তমানৰ নিকায়টোত ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰো। তেতিয়া স্থিতি শক্তিৰ প্ৰকাশৰাশিটো হ'ব

$$U'(\theta) = q\left[V(\vec{r}_1) - V(\vec{r}_2)\right] - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 \times 2a} \qquad (2.33)$$

ইয়াত $\vec{r}_1$ আৰু $\vec{r}_2$ যে ক্ৰমে $+q$ আৰু $-q$ আধানৰ অৱস্থান ভেক্টৰ বুজোৱা হৈছে।

এতিয়া একক ধনাত্মক আধান এটা $\vec{r}_2$ ৰ পৰা $\vec{r}_1$ লৈ ক্ষেত্ৰখনৰ বিপৰীতে আনোতে হোৱা কাৰ্যখিনিয়ে $\vec{r}_1$ আৰু $\vec{r}_2$ অৱস্থানত বিভৱ পাৰ্থক্যৰ সমান হ'ব। বলৰ দিশত হোৱা সৰণ হ'ল– $2a\cos\theta$।

গতিকে $[V(\vec{r}_1) - V(\vec{r}_2)] = -E \times 2a\cos\theta$। সেয়েহে আমি পাওঁ

$$U'(\theta) = -pE\cos\theta - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 \times 2a} = -\vec{p}.\vec{E} - \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 \times 2a} \qquad (2.34)$$

উল্লেখযোগ্য যে $U'(\theta)$ আৰু $U(\theta)$ ৰ মাজত মানৰ পাৰ্থক্য আছে আৰু এই মান প্ৰদত্ত দ্বিমেৰুটোৰ ক্ষেত্ৰত ধ্ৰুৱক। যিহেতু স্থিতি শক্তিৰ ক্ষেত্ৰত ধ্ৰুৱক এটাৰ বিশেষ একো অৰিহণা নাই, (2.31) নম্বৰ সমীকৰণটোৰ দ্বিতীয় পদটো আমি বাদ দিব পাৰোঁ– তেতিয়া ই হৈ পৰে (2.32) নম্বৰ সমীকৰণটো।

এতিয়া আমি নিশ্চয় বুজিব পাৰিছোঁ কিয় আমি $\theta_0 = \pi/2$ লৈছিলোঁ। এইক্ষেত্ৰত বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ ($\vec{E}$) ৰ বিপৰীতে $+q$ আধান আৰু $-q$ আধান আনোতে কৰিবলগীয়া কাৰ্য সমান আৰু বিপৰীতমুখী হয়; গতিকে মুঠ কাৰ্য সমান হয়। অৰ্থাৎ $q\,[V(\vec{r}_1) - V(\vec{r}_2)] = 0$

উদাহৰণ 2.6

উদাহৰণ 2.6 ঃ কোনো পদাৰ্থৰ এটা অণুৰ স্থায়ী বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু ভ্ৰামকৰ মান হ'ল 10^{-29} cm। কম উষ্ণতাত $10^6\ \mathrm{vm}^{-1}$ মানৰ এখন শক্তিশালী স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ প্ৰয়োগ কৰি এই পদাৰ্থটোৰ এক ম'লৰ সমাবৰ্তিত (polarised) কৰা হৈছে। হঠাৎ হ'ল ক্ষেত্ৰখনৰ দিশ হঠাতে 60^0 কোণত ঘূৰাই দিয়া হ'ল। ক্ষেত্ৰখনৰ নতুন দিশৰ ফালে দ্বিমেৰুটোৱে একে দিশত আহিলে পদাৰ্থটোৱে এৰি দিয়া তাপৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। সৰলীকৰণৰ স্বাৰ্থত পৰীক্ষণীয় পদাৰ্থটোৰ এশ শতাংশই সমাবৰ্তিত হোৱা বুলি ধৰি ল'বা।

সমাধান ঃ প্ৰতিটো অণুৰ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক $= 10^{-29}$ cm, যিহেতু পদাৰ্থটোৰ 1 ম'লত থকা অণুৰ সংখ্যা $= 6 \times 10^{23}$; গতিকে সকলোবোৰ অণুৰ বাবে মুঠ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক হ'ব–

$p = 6\times10^{23}\times10^{-29}$ cm $= 6\times10^{-6}$ cm

প্ৰাথমিক স্থিতি শক্তি, $U_i = -pE\cos\theta = -6\times10^{-6}\times10^{-6}\cos 0^0 = -6$ J

চূড়ান্ত স্থিতি শক্তি (যেতিয়া $\theta = 60^0$), $U_f = -6\times10^{-6}\times10^{6}\mathrm{Cos}\ 60^0 = -3$ J

$\therefore$ স্থিতি শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন $= -3\ \mathrm{J} - (-6\ \mathrm{J}) = 3$ J

গতিকে ইয়াত স্থিতি শক্তিৰ পৰিমাণ হ্ৰাস পাইছে। এই হ্ৰাস হোৱা শক্তিখিনিয়েই পদাৰ্থটোৱে দ্বিমেৰুবোৰ একেশাৰীভুক্ত কৰোঁতে তাপ শক্তি হিচাপে এৰি দিয়ে।

2.9 পৰিবাহীৰ স্থিতিবিদ্যুত বিজ্ঞান (Electrostatics of Conductors) ঃ

প্ৰথম অধ্যায়ত পৰিবাহী আৰু অন্তৰকৰ বিষয়ে চমুকৈ আলোচনা কৰা হৈছিল। পৰিবাহীত আধান কঢ়িওৱা চলমান পদাৰ্থ কণিকা থাকে। ধাতৱীয় পৰিবাহীত আধান কঢ়িওৱা কণিকাবোৰেই হ'ল ইলেক্ট্ৰন। ধাতুৰ ক্ষেত্ৰত পৰমাণুৰ আটাইতকৈ বাহিৰত থকা (যোজ্যতা) ইলেক্ট্ৰনটোৱে পৰমাণুৰ পৰা বিচ্ছিন্ন হয় আৰু মুক্তভাৱে ধাতুৰ ভিতৰত ঘূৰি ফুৰে। এই ইলেক্ট্ৰনবোৰ মুক্ত হ'লেও সিহঁতে ধাতুটুকুৰাৰ মাজতহে সীমাবদ্ধ হৈ থাকে; ধাতুপৃষ্ঠৰ পৰা সহজে ওলাই যাব নোৱাৰে। ধাতুপৃষ্ঠৰ ভিতৰত মুক্ত ইলেক্ট্ৰনবোৰে গেছৰ দৰে আচৰণ কৰে; সিহঁতে এটাই আনটোৰ লগত নাইবা অইন আধানৰ লগতো সংঘৰ্ষত লিপ্ত হয়, আকৰ্ষণ বা

ঋণাত্মক দ্ৰব্যৰ ফালে, বহি যোৱা বুলি ধৰা হয়। বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ এখনৰ উপস্থিতিত নিজৰ ক্ষেত্ৰখনৰ বিপৰীত দিশে গতি কৰে। আনহাতে পৰমাণুবোৰ নিউক্লিয়াছ তথা ইয়াৰ লগত বান্ধ খাই থকা ইলেক্ট্ৰনবোৰৰে গঠিত আয়নবোৰ সাধাৰণভাৱে আহিত আয়নবোৰ একে ঠাইতে স্থিৰ থাকে। বিদ্যুত বিশ্লেষক পৰিবাহীৰ (Electrolytic Conductors) ক্ষেত্ৰত আয়ন ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক আয়ন দুয়োবিধেই অংশ লয়। কিন্তু এই ক্ষেত্ৰত আয়নৰ পৰিবহণৰ সমান্তৰালে বাহ্যিক বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰই প্ৰভাৱিত কৰাৰ লগতে ৰাসায়নিক বলেও অংশ লয় (তৃতীয় অধ্যায় চাওক)। আমি এই আলোচনাটো মূল ধাতৱীয় পৰিবাহীৰ ক্ষেত্ৰতহে কৰিম। পৰিবাহীৰ স্থিতিবিদ্যুত বিজ্ঞান আলোচনা কৰোঁতে, সেয়া সমাপনসমূহত প্ৰথমে আমি কেইটামান প্ৰসংগ কৰোঁহঁক।

1. পৰিবাহীৰ অভ্যন্তৰত স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান শূন্য :

আহিত বা উদাসীন পৰিবাহী এডালৰ কথা বিবেচনা কৰা। তাত এখন বাহ্যিক স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ থাকিবও পাৰে। স্থিৰ অৱস্থাত পৰিবাহীডালৰ অভ্যন্তৰত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ শূন্য হ'ব লাগিব। পৰিবাহীডালৰ পৃষ্ঠত অথবা অভ্যন্তৰত কোনো ধৰণৰ বিদ্যুত প্ৰবাহ নাথাকে। এই সত্যটোক পৰিবাহীডালৰ এক ধৰ্ম বুলিব ক'ব পাৰি। পৰিবাহী এডালত অসংখ্য মুক্ত ইলেক্ট্ৰন থাকে। যেতিয়াকৈকে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান শূন্য নহয়, তেতিয়াকৈকে এই মুক্ত আধান পৰিবাহকবোৰে বল অনুভৱ কৰে, ফলত প্ৰবাহ প্ৰবাহমান হয়। স্থিতিশীল অৱস্থাত, মুক্ত আধানবোৰে পৰিবাহীডালৰ ভিতৰত এনেদৰে বিস্তৃত হৈ থাকে, যে ইয়াৰ প্ৰতিটো বিন্দুতেই বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান শূন্য হয়। গতিকে পৰিবাহী এডালৰ ভিতৰত স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ মান শূন্য হয়।

2. আহিত পৰিবাহী এডালৰ পৃষ্ঠৰ প্ৰতিটো বিন্দুতেই স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন লম্বীয় দিশত থাকে :

যদিহে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ E পৰিবাহীডালৰ পৃষ্ঠৰ লম্বীয় দিশত নহয়, তেন্তে পৃষ্ঠৰ দিশত ইয়াৰ এক শূন্য নোহোৱা উপাংশ থাকিলেহেঁতেন। ইয়াৰ ফলত পৰিবাহীডালৰ পৃষ্ঠত থকা মুক্ত আধানবোৰে এক ধৰণৰ বল অনুভৱ কৰিলেহেঁতেন আৰু প্ৰবাহ প্ৰবাহমান হ'লহেঁতেন। সেয়েহে স্থিতি অৱস্থাত E ৰ কোনো স্পৰ্শীয় উপাংশ থাকিব নোৱাৰে। গতিকে স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখন আহিত পৰিবাহীডালৰ প্ৰতিটো বিন্দুতেই লম্বীয় দিশত হ'ব লাগিব। (পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব নথকা পৰিবাহী এডালৰ আনকি পৃষ্ঠভাগতো ক্ষেত্ৰখনৰ মান শূন্য হয়) 5 নম্বৰ বৈশিষ্ট্যটো চোৱা

3. স্থিতি অৱস্থাত পৰিবাহী এডালৰ অভ্যন্তৰত অতিৰিক্ত আধান নাথাকে :

উদাসীন পৰিবাহী এডালৰ প্ৰতিটো ক্ষুদ্ৰ আয়তন বা পৃষ্ঠীয় খণ্ডতেই (Volume or Surface element) থকা ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক আধানৰ মান সমান হয়। যেতিয়া পৰিবাহীডালক আহিত কৰা হয়, স্থিতি অৱস্থাত অতিৰিক্ত আধানবিলাকে পৰিবাহীডালৰ পৃষ্ঠভাগতহে অৱস্থান কৰে। এয়া হয় গাউছৰ সূত্ৰ অনুসৰি। পৰিবাহী এডালৰ ভিতৰত যিকোনো এটা আয়তন মৌল 'v' থকা বুলি ধৰি লোৱা। এই আয়তন মৌলটোক আবৃত্তি কৰা বদ্ধ পৃষ্ঠ S ৰ স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান শূন্য। গতিকে S ৰ মাজেৰে যোৱা মুঠ বৈদ্যুতিক অভিবাহৰ (ফ্লাক্স) মান শূন্য হ'ব ফলত গাউছৰ সূত্ৰমতে S এ আবৰি ৰখা পৃষ্ঠত কোনো নেট আধান নাথাকে। কিন্তু পৃষ্ঠ S ক আমি ইচ্ছানুসাৰে ক্ষুদ্ৰ বুলি ধৰিব পাৰোঁ। ইয়াৰ অৰ্থ এইটোৱে যে পৰিবাহী এডালৰ ভিতৰত থকা যিকোনো বিন্দুতেই মুঠ আধানৰ মান শূন্য হ'ব আৰু যদিহে কোনো অতিৰিক্ত আধান থাকে তেন্তে ই থাকিব পৰিবাহীডালৰ পৃষ্ঠভাগতহে।

4. স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱ পৰিবাহী এডালৰ আয়তনৰ সৰ্বত্ৰতে ধ্ৰুৱক আৰু ইয়াৰ মান ভিতৰত আৰু পৃষ্ঠভাগত একে :

উপৰোক্ত 1নং আৰু 2নং বৈশিষ্ট্যৰ পৰাই পৰিবাহীৰ এই বৈশিষ্ট্যটো পাব পাৰি। যিহেতু পৰিবাহীৰ অভ্যন্তৰত $E = 0$ আৰু পৃষ্ঠভাগত কোনো স্পৰ্শীয় উপাংশ নাথাকে, ক্ষুদ্ৰ পৰীক্ষণীয় আধান এটা পৰিবাহীডালৰ অভ্যন্তৰ অথবা পৃষ্ঠভাগত স্থানান্তৰ কৰিলেও কোনো কাৰ্য সম্পন্ন নহয়। ইয়াৰ অৰ্থ এইটোৱে যে পৰিবাহীডালৰ অভ্যন্তৰ নাইবা পৃষ্ঠভাগৰ যিকোনো দুটা বিন্দুৰ কোনো ধৰণৰ বিভৱ পাৰ্থক্য নাথাকে। কিন্তু পৰিবাহীডাল আহিত

কৰিলে উত্তৱ হোৱা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন পৃষ্ঠভাগৰ উলম্ব হয়; গতিকে পৃষ্ঠভাগ আৰু পৃষ্ঠভাগৰ সামান্য বাহিৰৰ এটা বিন্দুত বিভৱৰ পাৰ্থক্য থাকিব।

যিকোনো আকাৰ, আয়তন আৰু আধান বিন্যাসৰ পৰিবাহীৰে গঠিত এটা নিকায়ত বিভৱৰ ধ্ৰুৱক মানটোৱে প্ৰতিডাল পৰিবাহীৰে একো একোটা বৈশিষ্ট্য প্ৰকাশ কৰে; কিন্তু এই ধ্ৰুৱকটোৰ মান প্ৰতি ডাল পৰিবাহীৰ ক্ষেত্ৰতেই বেলেগ বেলেগ হ'ব।

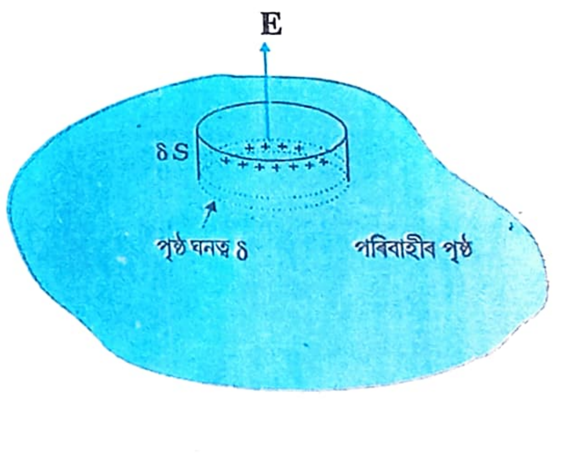
5. আহিত পৰিবাহী এডালৰ পৃষ্ঠত থকা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ : (Electric field at the surface of a conductor)

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\hat{n} \tag{2.35}$$

ইয়াত σ হ'ল পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব আৰু $\hat{n}$ হ'ল পৃষ্ঠৰ লম্ব তথা বৰ্হিদিশে থকা একক ভেক্টৰ।

চিত্ৰ 2.17 ত দেখুওৱাৰ দৰে গাউছীয় পৃষ্ঠৰ ওপৰত এটা ক্ষুদ্ৰ চিলিণ্ডাৰৰ কথা বিবেচনা কৰা হ'ল। গাউছীয় পৃষ্ঠৰ ভূমিকা লোৱা এই ক্ষুদ্ৰ চিলিণ্ডাৰটো আংশিকভাৱে পৰিবাহীৰ ভিতৰত আৰু আংশিকভাৱে বাহিৰত আছে। ইয়াৰ ক্ষুদ্ৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালিৰ মান δS আৰু উচ্চতা নগণ্য বুলি ধৰা।

পৃষ্ঠভাগৰ ঠিক ভিতৰত স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান শূন্য; আনহাতে পৃষ্ঠৰ ঠিক বাহিৰত ক্ষেত্ৰখনৰ মান E আৰু ই থাকিব পৃষ্ঠৰ লম্বভাৱে। গতিকে ক্ষুদ্ৰ চিলিণ্ডাৰটোৰ মাথোন বাহিৰৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ মাজেৰে অহা ফ্লাক্সেই মুঠ ফ্লাক্সত অৰিহণা যোগাব। ইয়াৰ মান হ'ব $\pm E\delta S$ ($\sigma > 0$ হ'লে ধনাত্মক আৰু $\sigma < 0$ হ'লে ঋণাত্মক হ'ব) কাৰণ δS ক্ষুদ্ৰ কালিৰ মাজেৰে $\vec{E}$ ৰ মান ধ্ৰুৱক বুলি ধৰি ল'ব পাৰি। $\vec{E}$ আৰু δS সমান্তৰাল বা সমান্তৰাল কিন্তু বিপৰীতমুখী বুলি ধৰি ল'ব পাৰি। গতিকে ক্ষুদ্ৰ চিলিণ্ডাটোৱে আৱৰি ৰখা আধানৰ মান $E\delta S$।



চিত্ৰ 2.17 আহিত পৰিবাহীৰ পৃষ্ঠত থকা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ সমীকৰণ (2.35) উলিওৱাৰ বাবে গাউছীয় পৃষ্ঠ (চিলিণ্ডাৰৰ)

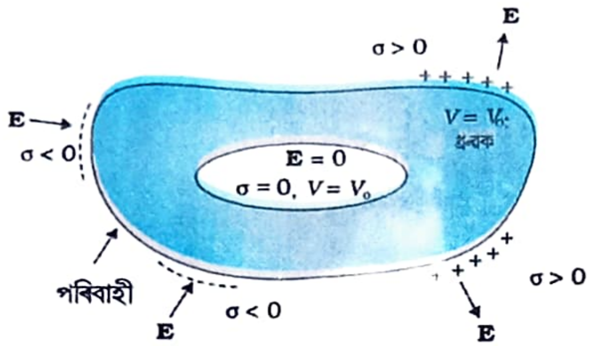
গাউছৰ সূত্ৰমতে $E\delta S = \frac{|\sigma|\delta S}{\varepsilon_0}$

$$\therefore E = \frac{|\sigma|}{\varepsilon_0} \tag{2.36}$$

বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন পৃষ্ঠৰ লম্বভাৱে থাকে বাবে আমি (2.35) নম্বৰ সমীকৰণটো পাওঁ আৰু এই সমীকৰণটো σ ৰ দুয়োধৰণৰ আধানৰ বাবেই প্ৰযোজ্য। $\sigma > 0$ হ'লে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন পৃষ্ঠৰ লম্বদিশত বহিৰ্মুখী আৰু $\sigma < 0$ হ'লে পৃষ্ঠৰ লম্বভাৱে অন্তৰ্মুখী দিশত হয়।

6. স্থিতিবৈদ্যুতিক আৱৰণ : (Electrostatic shielding)

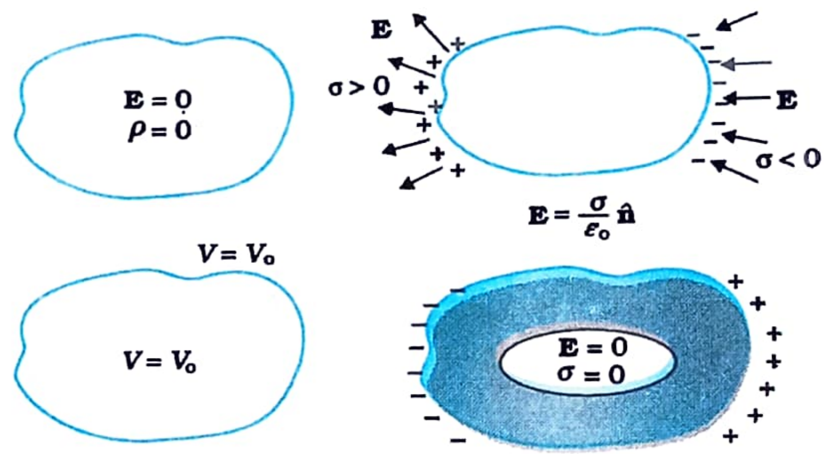
বিবৰ (cavity) থকা এডাল পৰিবাহীৰ কথা বিবেচনা কৰা হ'ল। ধৰা হ'ল এই বিবৰটোত কোনো আধান নাই। এটা উল্লেখযোগ্য কথা এয়ে যে বিবৰটোৰ আয়তন, আকাৰ যিয়েই নহওক কিয় ইয়াৰ ভিতৰত কিন্তু কোনো ধৰণৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ নাথাকে। আনকি পৰিবাহীডাল আহিত হ'লে নাইবা পৰিবাহীডাল বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ এখনত থাকিলেও এই বিবৰটোত কোনো বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ নাথাকে। আহিত গোলকীয় খোল এটাৰ ভিতৰত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান শূন্য বুলি আমি আগতেই দেখুৱাইছোঁ; ইয়ে উপৰি উক্ত কথাটো প্ৰমাণ কৰে। আহিত গোলকীয় খোলটোৰ ভিতৰত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান শূন্য বুলি প্ৰমাণ কৰোঁতে আমি গোলকীয় খোলটোৰ গোলকীয় সমমিতিৰ ধাৰণাটো ব্যৱহাৰ কৰিছোঁ (প্ৰথম অধ্যায় চোৱা)। কিন্তু পৰিবাহী এডালত থকা আধানযুক্ত বিবৰটোৰ ভিতৰত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ নথকা ঘটনাটো হ'ল এক সাধাৰণীকৰণ ফলাফল। একে ধৰণৰ ফলাফল আমি আহিত বিবৰ অথবা বাহ্যিক ক্ষেত্ৰৰ দ্বাৰা পৰিবেষ্টিত পৰিবাহীৰ ক্ষেত্ৰতো পাওঁ।



চিত্ৰ -2.18 ঃ পৰিবাহীৰ ভিতৰত থকা বিবৰটোত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ শূন্য। সকলোবোৰ আধান পৰিবাহী পৃষ্ঠত থাকে। (বিবৰটোত কোনো আধান নাই)।

এনেকুৱা পৰিবাহীবিলাকৰ ক্ষেত্ৰত আধানবোৰ বিবৰটোৰ বাহিৰত, পৰিবাহীডালৰ পৃষ্ঠভাগতহে অৱস্থান কৰা দেখা যায়।

চিত্ৰ 2.18 ত দেখুওৱা ফলাফলবোৰৰ প্ৰমাণ আমি বাদ দিছোঁ; কিন্তু ইয়াৰ লগত সাঙোৰ খাই থকা আৱশ্যকীয় কথাবোৰ উল্লেখ কৰিম। বহিৰ্বিন্যাসৰ আধান বা ক্ষেত্ৰ যিয়েই নহওক কিয় যিকোনো পৰিবাহী এডালত থকা বিবৰটোক এখন আৱৰণে বহিৰ্জগতৰ বৈদ্যুতিক প্ৰভাৱৰ পৰা সম্পূৰ্ণৰূপে মুক্ত কৰি ৰাখে; ফলত বিবৰটোৰ ভিতৰত ক্ষেত্ৰৰ মান সদায় শূন্য। এই পৰিঘটনাটোকেই **স্থিতিবৈদ্যুতিক আৱৰণ** বোলা হয়। সুবেদী আহিলাবোৰক বাহ্যিক বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱৰ পৰা সুৰক্ষা দিবলৈ এই পৰিঘটনাটোৰ সহায় লোৱা হয়। পৰিবাহী এডালৰ স্থিতিবৈদ্যুতিক ধৰ্মবোৰ (2.19) নম্বৰ চিত্ৰবোৰৰ সহায়ত প্ৰতিফলিত কৰা হৈছে।



চিত্ৰ -2.19 ঃ পৰিবাহী এডালৰ কিছুমান গুৰুত্বপূৰ্ণ স্থিতিবৈদ্যুতিক ধৰ্ম।

উদাহৰণ 2.7 ঃ

(a) শুকান চুলি ফণিয়ালে ফণিখনে কাগজৰ সৰু টুকুৰা আকৰ্ষণ কৰে। কিয়? চুলিখিনি তিতা হ'লে নাইবা বৰষুণৰ দিনত কি ঘটিব? (মনত ৰাখিবা কাগজখনে বিদ্যুত পৰিবহণ কৰিব নোৱাৰে।)

(b) সাধাৰণ ৰবৰ হ'ল অন্তৰক। কিন্তু বিশেষ ৰবৰেৰে তৈয়াৰ কৰা এৰোপ্লেনৰ চকাবোৰ সামান্যভাৱে পৰিবাহী। ইয়াৰ প্ৰয়োজনীয়তা কি?

(c) প্ৰজ্বলক পদাৰ্থ কঢ়িওৱা বাহনবোৰ চলাচল কৰোঁতে সাধাৰণতে ধাতৱীয় শিকলি এডালে ভূমি স্পৰ্শ কৰি যায়। কিয়?

(d) উচ্চ বিদ্যুত পৰিবাহী খুঁটি এটাত চৰাই পৰিলে তাৰ একো শাৰিৰীক ক্ষতি নহয়। ইয়াৰ পৰিবৰ্তে মানুহ এজনে যদি মাটিৰ পৰাই নিৰ্দিষ্ট তাঁৰডাল স্পৰ্শ কৰে তেন্তে তেওঁ এটা ডাঙৰ বৈদ্যুতিক শ্ব'ক পাব। কিয়?

সমাধান ঃ

(a) ইয়াৰ কাৰণ হ'ল ফণিখনেৰে মূৰ ফণিয়ালে ঘৰ্ষণৰ ফলত আধান আহৰণ কৰে। আহিত ফণিখনৰ দ্বাৰা কাগজ টুকুৰাৰ অণুবোৰৰ মেৰুকৰণ (polarised) হয়; ফলত আকৰ্ষণ বল অনুভৱ কৰে। যদি চুলিখিনি তিতা হয়, অথবা বৰষুণৰ দিন হয়, তেন্তে ফণি আৰু চুলিৰ মাজৰ ঘৰ্ষণ কমি যায়; ফলত ফণিখন আহিত নহয় আৰু সেয়েহে কাগজৰ টুকুৰাবোৰ আকৰ্ষণ কৰিব নোৱাৰে।

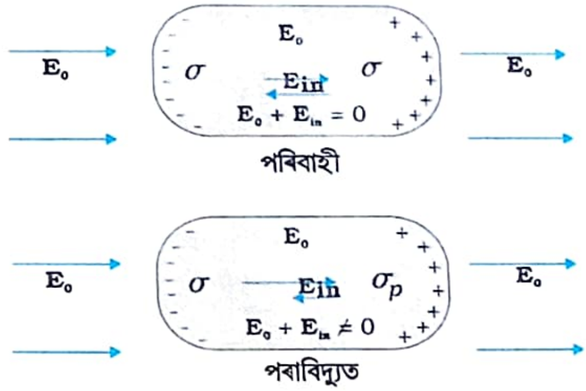
উদাহৰণ 2.7

(b) ঘৰ্ষণৰ ফলত সৃষ্ট আধানবোৰ মাটিলৈ প্ৰবাহিত হোৱাত সহায় কৰিবলৈ বিশেষ ধৰণৰ সামান্য পৰিমাণে পৰিবাহী ৰবৰেৰে চকাবোৰ তৈয়াৰ কৰা হয়। ঘৰ্ষণৰ ফলত বহুত বেছি পৰিমাণে সৃষ্টি হোৱা আধানবোৰে স্ফুলিংগৰ সৃষ্টি কৰিব পাৰে; ফলত এৰোপ্লেনত জুই লগাৰ সম্ভাৱনা থাকে।
(c) (b)ৰ সৈতে একে কাৰণ।
(d) বিভৱ ভেদ থাকিলেহে বিদ্যুত প্ৰবাহিত হ'ব পাৰে।

উদাহৰণ 2.7

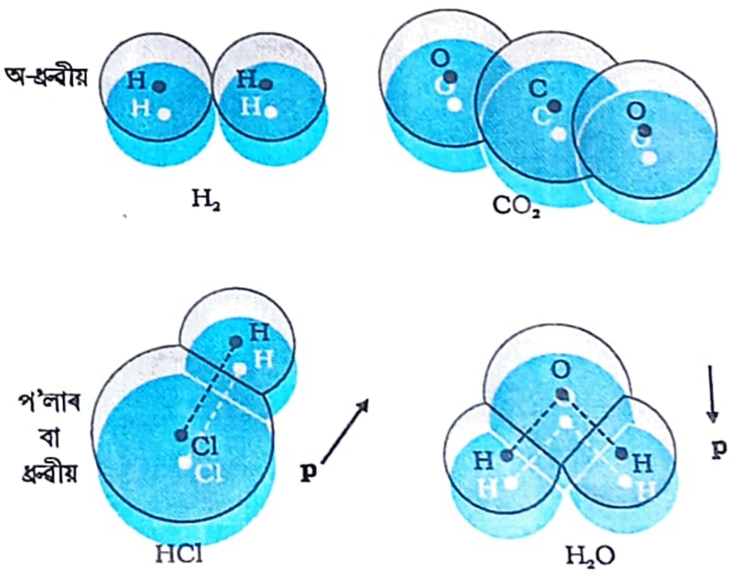
2.10 পৰাবিদ্যুত আৰু মেৰুকৰণ (Dielectrics and Polarisation) ঃ

পৰাবিদ্যুত হ'ল এক অপৰিবাহী পদাৰ্থৰে গঠিত মাধ্যম। পৰিবাহীৰ তুলনাত ইহঁতৰ আধান বাহক নাথাকে (বা খুব কম পৰিমাণে থাকে)। (2.9) নম্বৰ অনুচ্ছেদৰ পৰা পৰিবাহী এডাল বাহ্যিক বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰত স্থাপন কৰিলে কি হয় মনত পেলোৱাচোন। মুক্ত আধান বাহকবোৰে গতি কৰে আৰু পৰিবাহীডালত আধান বিস্তাৰণ এনেদৰে ঘটে যে আৱিষ্ট আধানৰ বাবে সৃষ্ট বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰই পৰিবাহীডালৰ ভিতৰত থকা বাহ্যিক ক্ষেত্ৰক বিৰোধিতা কৰে। স্থিতি অৱস্থাত, ক্ষেত্ৰদুখনে এখনে আনখনক বিৰোধিতা কৰি মুঠ স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ মান শূন্য নোহোৱালৈকে এই প্ৰক্ৰিয়া অব্যাহত থাকে। পৰাবিদ্যুতৰ ক্ষেত্ৰত আধানবোৰৰ **মুক্ত** বিচৰণ সম্ভৱ নহয়। বৰং আৱেশৰ দ্বাৰা বাহ্যিক ক্ষেত্ৰখনে পৰাবিদ্যুতৰ অণুবোৰক দীঘলীয়াকৈ সজাই বা ঘূৰাই আৱিষ্ট দ্বিমেৰু ভ্ৰামকৰ সৃষ্টি কৰে। এই আণৱিক দ্বিমেৰু ভ্ৰামকবোৰে পৰাবিদ্যুতৰ পৃষ্ঠত আধানৰ সৃষ্টি কৰে; ফলত আধানবিলাকৰ বাবে উৎপন্ন হোৱা আৱিষ্ট বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰই বাহ্যিক ক্ষেত্ৰখনক বিৰোধিতা কৰিব। কিন্তু পৰিবাহী ক্ষেত্ৰত কৰাৰ নিচিনাকৈ এই ক্ষেত্ৰত আৱিষ্ট ক্ষেত্ৰখনে আনখন বাহ্যিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱক সমূলঞ্চে নাশ কৰিব নোৱাৰে। আৱিষ্ট ক্ষেত্ৰখনে বাহ্যিক ক্ষেত্ৰখনৰ প্ৰভাৱক বহুলাংশে হ্ৰাস কৰে। অৱশ্যে এই ঘটনাটো পৰাবিদ্যুতৰ প্ৰকৃতিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। এই পৰিঘটনাটো ভালদৰে বুজিবলৈ হ'লে আমি পৰাবিদ্যুতৰ আণৱিক পৰ্যায়ত আধান বিস্তাৰণ সম্পৰ্কে দৃষ্টি দিব লাগিব।



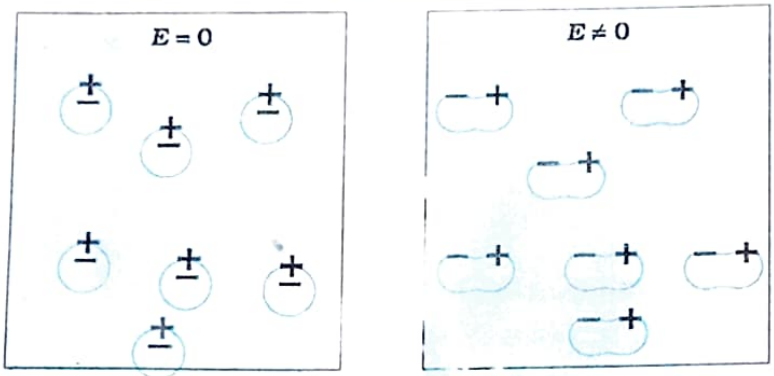
চিত্ৰ 2.20 ঃ বাহ্যিক ক্ষেত্ৰত পৰিবাহী আৰু পৰাবিদ্যুতৰ ব্যৱহাৰৰ পাৰ্থক্য

পদাৰ্থ এটাৰ অণুবোৰ হ'ল **ধ্ৰুৱীয়** বা **অ-ধ্ৰুৱীয়** (polar or non-polar)। অ-ধ্ৰুৱীয় অণুবোৰৰ ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক আধানবোৰৰ কেন্দ্ৰ একেটাই। গতিকে অণুবোৰৰ স্থায়ী দ্বিমেৰু ভ্ৰামক নাথাকে। অ-ধ্ৰুৱীয় অণুৰ উদাহৰণ হ'ল O_2, H_2; সমমিতিৰ বাবে সিহঁতৰ কোনো দ্বিমেৰু ভ্ৰামক নাথাকে। আনহাতে বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ নাথাকিলেও প'লাৰ বা ধ্ৰুৱীয় অণুবোৰৰ ক্ষেত্ৰত ধনাত্মক আধানবোৰৰ কেন্দ্ৰস্থল ঋণাত্মক আধানবোৰৰ কেন্দ্ৰস্থলৰ পৰা দূৰত থাকে। গতিকে ইহঁতৰ স্থায়ী দ্বিমেৰু ভ্ৰামক থাকে। হাইড্ৰ'ক্লৰিক এচিড (HCl) বা পানীৰ (H_2O) আয়নীয় অণুবোৰ হ'ল ধ্ৰুৱীয় অণুৰ উদাহৰণ।

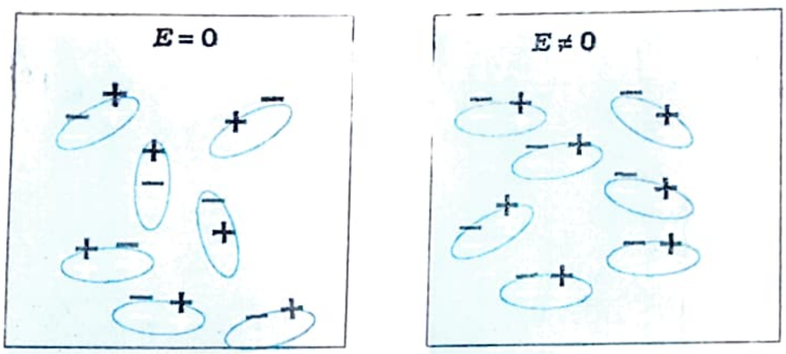


চিত্ৰ 2.21 ঃ অ-ধ্ৰুৱীয় আৰু ধ্ৰুৱীয় অণুৰ কিছুমান উদাহৰণ

বাহ্যিক বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখনৰ উপস্থিতিত অ-ধ্ৰুৱীয় অণুবোৰৰ ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক আধানবোৰ বিপৰীত দিশে গতি কৰে। অণুটোৰ আধানবোৰৰ ওপৰত প্ৰয়োগ কৰা বাহ্যিক বল আৰু অণুটোৰ অন্তৰ্বৰ্তী ক্ষেত্ৰৰ



(a) অ-ধ্ৰুৱীয় বা প'লাৰ অণু



(b) ধ্ৰুৱীয় বা প'লাৰ অণু

চিত্ৰ 2.22 ঃ বাহ্যিক ক্ষেত্ৰৰ বৰ্তমানত পৰাবিদ্যুতে মুঠ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক লাভ কৰে।
(a) অ-ধ্ৰুৱীয় অণু, (b) ধ্ৰুৱীয় অণু।

বাবে সৃষ্টি হোৱা পুনৰুদ্ধাৰকাৰী বলৰ বাবে সৰণ এটা সময়ত বন্ধ হয়। এনেদৰেই অ-ধ্ৰুৱীয় অণুবোৰে এক আবিষ্ট দ্বিমেৰু ভ্ৰামকৰ জন্ম দিয়ে। পৰাবিদ্যুত বিধৰ তেতিয়া মেৰুকৰণ (polarised) হোৱা বুলি কোৱা হয়। প্ৰথমে, এই আবিষ্ট দ্বিমেৰু ভ্ৰামকবোৰ ক্ষেত্ৰখনৰ লগত যেতিয়া একে দিশত থাকে আৰু ক্ষেত্ৰ প্ৰাবল্যৰ সমানুপাতিক হয় তেনে পৰিস্থিতিৰ কথাহে বিবেচনা কৰা হ'ব। [যিবিলাক পৰাবিদ্যুতে এই চৰ্তটো মানি চলে সিহঁতক ৰৈখিক সমদিশী পৰাবিদ্যুত (linear isotropic dielectric) বোলা হয়।] বাহ্যিক ক্ষেত্ৰৰ উপস্থিতিত বিভিন্ন অণুৰ আবিষ্ট দ্বিমেৰু ভ্ৰামকবোৰ যোগ কৰিলে পৰাবিদ্যুত পদাৰ্থটোৰ মুঠ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক পোৱা যায়।

বাহ্যিক ক্ষেত্ৰৰ উপস্থিতিত ধ্ৰুৱীয় অণুৰে গঠিত পৰাবিদ্যুতবো দ্বিমেৰু ভ্ৰামক পোৱা যায়; কিন্তু সেয়া এক বেলেগ কাৰণতহে। বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ নাথাকিলে বিভিন্ন স্থায়ী দ্বিমেৰুবোৰ তাপীয় উত্তেজনাৰ বাবে যাদৃচ্ছিক দিশত সজ্জিত হৈ থাকে বাবে মুঠ দ্বিমেৰু ভ্ৰামকৰ মান শূন্য হয়। বাহ্যিক ক্ষেত্ৰখনৰ উপস্থিতিত বিভিন্ন দ্বিমেৰুবোৰ একে দিশত সজ্জিত হয় বাবে বাহ্যিক ক্ষেত্ৰৰ দিশত মুঠ দ্বিমেৰু ভ্ৰামকৰ উদ্ভৱ হয়; অৰ্থাৎ পৰাবিদ্যুত পদাৰ্থটোৰ মেৰুকৰণ হয়। মেৰুকৰণৰ হাৰ দুটা বিপৰীত ক্ৰিয়াসম্পন্ন কথাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে; আৰোপিত ক্ষেত্ৰৰ দিশত দ্বিমেৰুবোৰ সজ্জিত কৰিবলৈ বাহ্যিক ক্ষেত্ৰৰ দ্বিমেৰু বিভৱ শক্তি আৰু একমুখী সজ্জাটো বিনষ্ট কৰিবলৈ থকা পৰাবিদ্যুতৰ তাপীয় উত্তেজনা। ইয়াৰ উপৰি, অ-ধ্ৰুৱীয় অণুৰ ক্ষেত্ৰত থকাৰ দৰে, এই ক্ষেত্ৰতো 'আবিষ্ট দ্বিমেৰু ভ্ৰামক'ৰ প্ৰভাৱ দেখা যায়; যদিও ধ্ৰুৱীয় অণুৰ ক্ষেত্ৰত একে দিশত সজ্জিত হোৱাৰ প্ৰৱণতাৰ ধৰ্মটোহে বেছি গুৰুত্বপূৰ্ণ।

গতিকে দেখা যায় যে বাহ্যিক ক্ষেত্ৰৰ উপস্থিতিত ধ্ৰুৱীয় বা অ-ধ্ৰুৱীয় পৰাবিদ্যুতত মুঠ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক এটা থাকে। প্ৰতি একক আয়নত দ্বিমেৰু ভ্ৰামকৰ মানকেই ধ্ৰুৱণ (polarisation) বোলা হয় আৰু ইয়াক প্ৰকাশ কৰা হয় $\vec{P}$ ৰে। ৰৈখিক, সমদিশী পৰাবিদ্যুতৰ বাবে

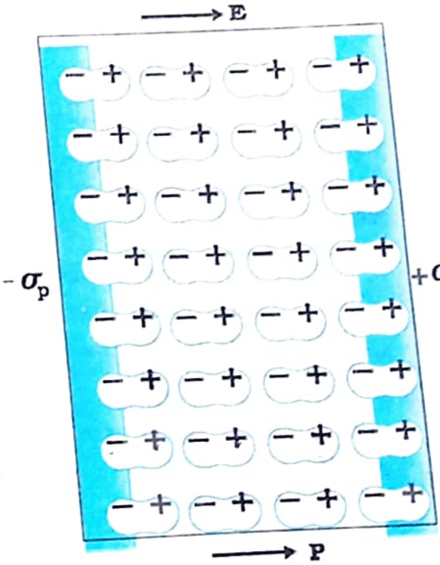
$$\vec{P} = \chi_e E \qquad (2.37)$$

ইয়াত χ_e হ'ল এটা ধ্ৰুৱক যি পৰাবিদ্যুতটোৰ এক বৈশিষ্ট্য। ইয়াক পৰাবিদ্যুতটোৰ বৈদ্যুতিক প্ৰৱণতা (susceptibility) বোলে।

পদাৰ্থৰ আণৱিক ধৰ্মৰ লগত χ_e ৰ সম্পৰ্ক স্থাপন কৰা সম্ভৱ; কিন্তু এই দিশত আমি আৰু আগবাঢ়ি নাযাওঁ।

এতিয়া প্ৰশ্নটো হ'ল ঃ মেৰুকৰণ হোৱা পৰাবিদ্যুতে বাৰু কেনেদৰে ইয়াৰ ভিতৰত পূৰ্বৰে পৰা থকা বাহ্যিক ক্ষেত্ৰখন পৰিবৰ্তন কৰে? সৰলীকৰণৰ স্বাৰ্থত, ধৰা হ'ল পৰাবিদ্যুত টুকুৰা এছটা আয়তাকাৰ পাত। এই পাতছটাৰ দুয়োপিঠি বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}_0$ ৰ সমান্তৰালকৈ ৰখা হ'ল। ক্ষেত্ৰখনে পৰাবিদ্যুতটোৰ সম মেৰুকৰণ ঘটায়। গতিকে ক্ষেত্ৰখনৰ দিশত পাতছটাৰ প্ৰতিটো আয়তন খণ্ড Δv ৰ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক হ'ব $\vec{P}\Delta v$। Δv ৰ মান আণুৱীক্ষণিক যদিও তাত বহু সংখ্যক

আণৱিক দ্বিমেৰু থাকে। পৰাবিদ্যুতৰ ভিতৰত $\Delta \upsilon$ আয়তন খণ্ডত মুঠ আধান নাথাকে (যদিও ইয়াত মুঠ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক থাকে)। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল এটা দ্বিমেৰুৰ ধনাত্মক আধানটো আন এটা দ্বিমেৰুৰ ঋণাত্মক আধানৰ ওচৰতে থাকে। সেয়া যি নহওক, পৰাবিদ্যুতৰ পৃষ্ঠত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ লম্বীয় দিশত এক আধান ঘনত্ব থাকে। চিত্ৰ-2.23 ত দেখুওৱাৰ দৰে, দ্বিমেৰুৰ সোঁফালৰ পৃষ্ঠৰ ধনাত্মক আধানবোৰ আৰু বাওঁফালৰ পৃষ্ঠৰ ঋণাত্মক আধানবোৰ উদাসীন নোহোৱাকৈ থাকে। এই আধানবোৰেই হ'ল বাহ্যিক ক্ষেত্ৰৰ বাবে আৱিষ্ট আধান।



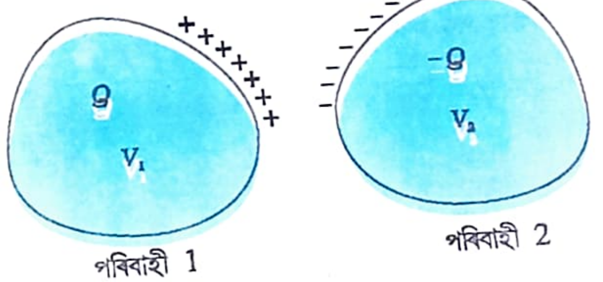
চিত্ৰ 2.23 সম মেৰুকৰণ হোৱা পৰাবিদ্যুত নিৰ্ভৰ কৰে আৱিষ্ট পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্বৰ ওপৰত, আৱিষ্ট আয়তন আধান ঘনত্বৰ ওপৰত নহয়।

গতিকে এটা মেৰুকৰণ হোৱা পৰাবিদ্যুত, পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব σ_p আৰু $-\sigma_p$ ৰে, আৱিষ্ট দুখন আহিত পাতৰ সমতুল্য। দেখ্ দেখকৈ এই আহিত পৃষ্ঠৰ বাবে সৃষ্টি হোৱা ক্ষেত্ৰখনে বাহ্যিক ক্ষেত্ৰখনক বিৰোধিতা কৰে। পৰাবিদ্যুতত থকা মুঠ ক্ষেত্ৰৰ মান পৰাবিদ্যুত নথকা অৱস্থাতকৈ হ্ৰাস পায়। এইখিনিতেই এটা কথা উল্লেখ কৰা প্ৰয়োজন যে পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব $\pm\sigma_p$ ৰ সৃষ্টি হয় পৰাবিদ্যুতত বন্ধনত থকা আধানবোৰৰ পৰাহে (মুক্ত আধানৰ বাবে নহয়)।

2.11 ধাৰক আৰু ধাৰকত্ব (Capacitors and Capacitance) ঃ

অন্তৰক পদাৰ্থৰে পৃথক হৈ থকা দুডাল পৰিবাহীৰ তন্ত্ৰটোৱেই হ'ল এটা ধাৰক (চিত্ৰ-2.24)। পৰিবাহী দুডালত থকা আধানৰ মান হ'ল Q_1 আৰু Q_2 আৰু ইহঁতৰ বিভৱ ক্ৰমে V_1 আৰু V_2। সাধাৰণতে পৰিবাহী দুডালত থকা আধান দুটা হ'ল $+Q$ আৰু $-Q$ আৰু সিহঁতৰ মাজত বিভৱ ভেদ $V = V_1 - V_2$। ধাৰকৰ ক্ষেত্ৰত আমি এনেকুৱা ধৰণৰ আধান বিন্যাসহে বিবেচনা কৰিম। (আনকি এডাল পৰিবাহীকো আমি ধাৰক হিচাপে ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰোঁ। যদিহে পৰিবাহীডালৰ আনটো মূৰ অসীমত থাকে।) পৰিবাহীকেইডালক বেটাৰীৰ লগত সংযোগ কৰি আহিত কৰিব পাৰি। Q ক ধাৰকৰ আধান বুলি কোৱা হয় যদিও আচলতে ই হ'ল এডাল পৰিবাহীত থকা আধানৰ মান।

পৰিবাহী দুডালৰ মাজৰ অংশত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন আধান Q ৰ সমানুপাতিক। ইয়াৰ অৰ্থ এইটোৱে যে ধাৰকটোত থকা আধানৰ মান যদি দুগুণ কৰা হয় তেন্তে প্ৰত্যেকটো বিন্দুতেই বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ মানো দুগুণ হ'ব (কুলম্বৰ সূত্ৰানুসৰি ক্ষেত্ৰ আৰু আধানৰ সমানুপাতিকতা আৰু সমাৰোপনৰ মূলনীতি এই ক্ষেত্ৰতো সমানেই গ্ৰহণযোগ্য)। এতিয়া ক্ষুদ্ৰ পৰীক্ষণীয় আধান এটা পৰিবাহী নম্বৰ 2 ৰ পৰা 1 নম্বৰ পৰিবাহীলৈ আনোতে প্ৰতি একক ধনাত্মক আধানৰ বাবে কৰিবলগীয়া কাৰ্যখিনিয়েই হ'ল বিভৱ অন্তৰ V। আকৌ বিভৱ V ও হ'ল আধান Q ৰ সমানুপাতিক আৰু Q/V অনুপাতটো হ'ল ধ্ৰুৱক।



পৰিবাহী 1 পৰিবাহী 2

চিত্ৰ-2.24 : অন্তৰকৰ দ্বাৰা পৃথক হৈ থকা পৰিবাহী দুডালেৰে ধাৰক এটা গঠন হয়।

$$C = \frac{Q}{V} \qquad (2.38)$$

ধ্ৰুৱক C ধাৰকটোৰ ধাৰকত্ব (Capacitance)। ওপৰত কোৱাৰ দৰে ধাৰকত্ব C, Q বা V ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল নহয়। C ৰ মান মাথোন ধাৰকটোত থকা পৰিবাহী দুডালৰ জ্যামিতিক অৱয়বৰ (আকৃতি, আকাৰ, পাত দুখনৰ মাজৰ দূৰত্ব) ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। (আমি পিছত পাম, পৰিবাহী দুডালৰ মাজৰ অংশত থকা অন্তৰকৰ (পৰাবিদ্যুত) প্ৰকৃতিৰ ওপৰতো ইয়াৰ মান নিৰ্ভৰ কৰে)। ধাৰকত্বৰ SI একক ফাৰাড। 1 Farad (ফেৰাড) = 1 coulumb volt^{-1} বা IF = 1 CV^{-1}। নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ ধাৰকত্ব থকা ধাৰক এটাক সাংকেতিকভাৱে –| |– চিহ্নৰে বুজোৱা হয়। যদিহে ধাৰকটোৰ ধাৰকত্বৰ পৰিবৰ্তন কৰিব পাৰি

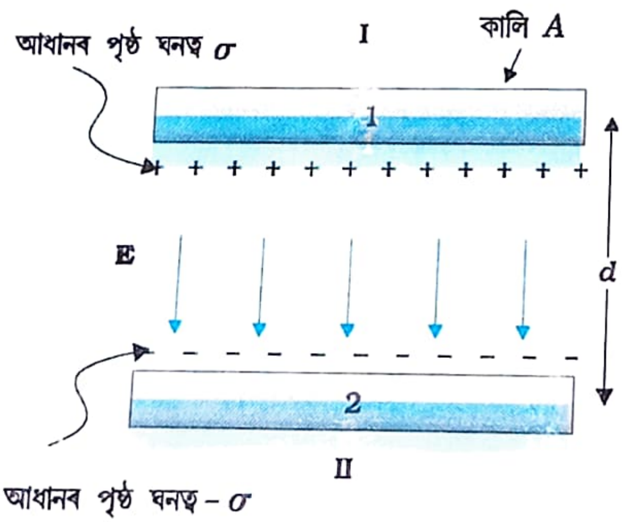
তেন্তে তাক ⫲ চিহ্নৰে দেখুওৱা হয়।

(2.38) নম্বৰ সমীকৰণৰ সহায়ত আমি পাওঁ যে নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ আধান Q ৰ বাবে, ধাৰকত্ব C ডাঙৰ হ'বলৈ হ'লে, বিভৱ V সৰু হ'ব লাগিব। ইয়াৰ অৰ্থ হ'ল এইটোৱে যে আপেক্ষিকভাৱে কম বিভৱ V ত, বেছি ধাৰকত্ব থকা ধাৰক এটাই বহুত পৰিমাণৰ আধান ধৰি ৰাখিব পাৰে। এই সত্যটোৰ ব্যৱহাৰিক গুৰুত্ব অপৰিসীম। অধিক বিভৱভেদে কথাষাৰে পৰিবাহীৰ চাৰিওফালে এখন শক্তিশালী বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ কথা বুজায়। শক্তিশালী বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখনে ইয়াৰ চাৰিওফালৰ বায়ুক অধিক পৰিমাণে আয়নিত কৰিব পাৰে আৰু এইদৰে উৎপন্ন হোৱা আধানবোৰ বিপৰীতভাৱে আহিত পাতৰফালে ত্বৰান্বিত হয়; ই ধাৰকটোৰ পাতবোৰক আংশিকভাৱে হ'লেও উদাসীন হোৱাত সহায় কৰে। আন কথাত, পাত দুখনৰ মাজৰ অন্তৰক মাধ্যমৰ অন্তৰক ধৰ্মটো হ্ৰাস হোৱাৰ ফলত ধাৰকটোৰ আধানবোৰৰ ক্ষৰণ হয়।

অন্তৰক ধৰ্মটোৰ ধ্বংস নোহোৱাকৈ পৰাবিদ্যুত মাধ্যম এটাই সৰ্বোচ্চ যিমান পৰিমাণৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখন সহ্য কৰিব পাৰে তাকেই পৰাবিদ্যুত তীব্ৰতা (dielectric strength) বোলা হয়; বায়ুৰ বাবে ইয়াৰ মান প্ৰায় $3 \times 10^6\ \text{Vm}^{-1}$। পৰিবাহী দুটাৰ মাজত দূৰত্ব 1 cm হ'লে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ বাবে ইহঁতৰ মাজত বিভৱ পাৰ্থক্য হয় 3×10^4V। ধাৰক এটাৰ পৰা আধান ক্ষৰণ নোহোৱাকৈ ধাৰকটোত বৃহৎ পৰিমাণৰ আধান সঞ্চয় কৰি ৰাখিবলৈ ইয়াৰ ধাৰকত্ব বৃহৎ মানৰ হ'ব লাগে যাতে ইয়াৰ বিভৱ ভেদ আৰু বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান ভঙ্গন সীমাবদ্ধতাৰ (break down limit) বেছি নহয়। অৰ্থাৎ ধাৰক এটাই আধান এটা ধৰি ৰাখিব পৰাৰ এটা সীমা থাকে, য'ত আধান ক্ষৰণ হোৱাৰ পৰিঘটনাটো ন্যূনতম হয়। বাস্তৱিকতে, এক ফেৰাড হ'ল এটা অতি ডাঙৰ একক; সেয়েহে সাধাৰণতে ব্যৱহাৰ কৰা ধাৰকত্বৰ একবোৰ হ'ল— $1\mu\text{F} = 10^{-6}$ F, $1\text{nF} = 10^{-9}$ F, $1\text{pF} = 10^{-12}$ F ইত্যাদি। আধান সঞ্চয়ৰ উপৰি ধাৰক হ'ল পৰিৱৰ্তী বিদ্যুত বৰ্তনীত সততে ব্যৱহাৰ কৰা এটা অতি আৱশ্যকীয় আহিলা, যাৰ বিষয়ে সপ্তম অধ্যায়ত আলোচনা কৰা হ'ব।

2.12 সমান্তৰাল পাতযুক্ত ধাৰক (The Parallel Plate Condenser)

কম দূৰত্বৰ ব্যৱধানত সমান্তৰালভাৱে থকা দুখন ডাঙৰ পৰিবাহী পাতৰ দ্বাৰা সমান্তৰাল পাতযুক্ত ধাৰক গঠিত হয় (চিত্ৰ-2.25)। প্ৰথমে আমি পাত দুখনৰ মাজৰ মাধ্যমটো ভেকুৱাম অৰ্থাৎ শূন্য অৱস্থা বুলি ধৰি ল'ম। পাত দুছটাৰ মাজৰ অংশটোত থকা পৰাবিদ্যুত মাধ্যমটোৰ প্ৰভাৱ সম্পৰ্কে আমি পিছৰ অনুচ্ছেদত আলোচনা কৰিম।



চিত্ৰ-2.25 ঃ সমান্তৰাল পাতযুক্ত ধাৰক

ধৰা হ'ল প্ৰত্যেকখন পাতৰেই কালি A আৰু d ইহঁতৰ মাজৰ দূৰত্ব। পাত দুখনত Q আৰু – Q আধান আছে। যিহেতু পাতৰ ৰৈখিক মাত্ৰা বা কালি A ৰ তুলনাত ব্যৱধান d ৰ মান যথেষ্ট সৰু ($d^2 << A$), আমি ইয়াৰ ফলাফলটো সুষম পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্বযুক্ত এখন অসীম সমতল পাতৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰত প্ৰয়োগ কৰিব পাৰো (অনুচ্ছেদ 1.15)।

1 নম্বৰ পাতছটাৰ পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব $\sigma = Q/A$; 2 নম্বৰ পাতছটাৰ পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব হ'ব $-\sigma$। (1.33) নম্বৰ সমীকৰণটো ব্যৱহাৰ কৰি আমি বিভিন্ন অংশত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান পাওঁ এনেদৰে ঃ

বহিঃ অঞ্চল I (1 নম্বৰ পাতৰ ওপৰৰ অঞ্চল)

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = 0 \qquad (2.39)$$

বহিঃ অঞ্চল II (2 নম্বৰ পাতৰ তলৰ অঞ্চল)

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = 0 \quad (2.40)$$

1 আৰু 2 নম্বৰ পাতৰ মাজৰ অঞ্চলত, আহিত পৰিবাহী পাত দুছটাৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ যোগ কৰিলে পাওঁ

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} + \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{\varepsilon_0 A} \quad (2.41)$$

বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ হ'ল ধনাত্মক পাতৰ পৰা ঋণাত্মক পাতলৈ।

গতিকে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন পাত দুখনৰ মাজতেই সীমাবদ্ধ আৰু সকলো অঞ্চলতে সুষম। সীমিত কালিযুক্ত পাতৰ বাবে পাত দুখনৰ সীমাৰ আশে-পাশে এই কথাটো সত্য নহয়। পাত দুছটাৰ বহিঃসীমাত ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ বহিৰ্দিশত বক্ৰাকাৰ হয়; এই পৰিঘটনাটোক ক্ষেত্ৰৰ বিকৃতি (Fringing of the field) বোলা হয়। এনেদৰে পাতখনৰ আটাইবোৰ অংশতেই σ ৰ মান সঠিকভাৱে সমসত্ব নহয়। [E আৰু σ ৰ সম্পৰ্ক (2.35) নম্বৰ সমীকৰণটোৱে দেখুৱায়]। অৱশ্যে, যিহেতু $d^2 << A$, পাতৰ সীমাৰেখাৰ পৰা বহু দূৰৈৰ অঞ্চলত এই ক্ষেত্ৰৰ বিকৃতি প্ৰভাৱটো আওকাণ কৰিব পাৰি আৰু তাত ক্ষেত্ৰখন হ'ব (2.41) নম্বৰ সমীকৰণটো অনুসৰি। এতিয়া সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখনৰ বাবে, পাত দুখনৰ মাজৰ বিভৱ পাৰ্থক্যটো হ'ব বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ আৰু পাত দুখনৰ মাজৰ দূৰত্বৰ পূৰণফলৰ সমান।

$$V = Ed = \frac{1}{\varepsilon_0}\frac{Qd}{A} \quad (2.42)$$

গতিকে সমান্তৰাল পাতযুক্ত ধাৰকটোৰ ধাৰকত্ব C হ'ব।

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\varepsilon_0 A}{d} \quad (2.43)$$

আগতেই উল্লেখ কৰা ধৰণে, ধাৰকটোৰ ধাৰকত্ব নিৰ্ভৰ কৰিব ধাৰকটোৰ জ্যামিতিক অৱয়বৰ ওপৰত। দৃষ্টান্ত স্বৰূপে— $A = 1m^2$, $d = 1mm$ হ'লে, আমি পাওঁ যে

$$C = \frac{8.85 \times 10^{-12} C^2N^{-1}m^{-2} \times 1m^2}{10^{-3} m} = 8.85 \times 10^{-9} F \quad (2.44)$$

(তুমি এইটো পৰীক্ষা কৰিব পাৰা যদিহে

$1F = 1CV^{-1} = 1C\ (NC^{-1}m)^{-1} = 1C^2N^{-1}m^{-1}$)

আগতেই উল্লেখ কৰাৰ দৰে এইটো দেখা যায় যে বাস্তৱিকতে 1F এককটো এটা অতি ডাঙৰ একক। ধাৰকত্ব $C = 1F$ আৰু পাত দুখনৰ মাজৰ দূৰত্ব $d = 1$ cm বুলি ধৰি পাত দুখনৰ কালি উলিয়াই আমি 1F এককটো কিমান ডাঙৰ তাক আন ধৰণেও অনুভৱ কৰিব পাৰো।

$$A = \frac{Cd}{\varepsilon_0} = \frac{1F \times 10^{-2} m}{8.85 \times 10^{-12} C^2N^{-1}m^{-2}} = 10^9 m^2 \quad (2.45)$$

এনেকুৱা কালিৰ পাত এখনৰ আকাৰ হ'ব দীঘলে-পুতলে প্ৰায় 30 km।

2.13 ধাৰকত্বৰ ওপৰত পৰাবিদ্যুতৰ প্ৰভাৱ (Effect of dielectric on capacitance)

বাহ্যিক ক্ষেত্ৰৰ উপস্থিতিত পৰাবিদ্যুতৰ আচৰণ সম্পৰ্কে (2.10) অনুচ্ছেদত উল্লেখ কৰা হৈছে আৰু ইয়াৰ আলম লৈয়ে সমান্তৰাল পাতযুক্ত ধাৰকৰ ধাৰকত্ব পৰাবিদ্যুতৰ উপস্থিতিয়ে কেনে ধৰণে পৰিবৰ্তন ঘটায় এতিয়া সেই বিষয়ে আলোচনা কৰিম। আগৰ নিচিনাকৈ, এইবাৰো আমি কালি A আৰু মাজৰ দূৰত্ব d থকা দুখন ডাঙৰ পাতৰ কথা বিবেচনা কৰোঁ। পাত দুখনৰ আধান ঘনত্ব $\pm\sigma$ ($\sigma = Q/A$) আৰু সেই অনুসাৰে আধান আছে $\pm Q$। পাত দুখনৰ মাজৰ অংশত যেতিয়া কোনো মাধ্যম নাথাকে (অৰ্থাৎ ভেকুৱাম) তেতিয়া

PHYSICS

Factors affecting capacitance, capacitors in action
Interactive Java tutorial
http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/capacitance/

$$E_0 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

আৰু বিভৱ পাৰ্থক্য V_0 হ'লে

$V_0 = E_0 d$

এই ক্ষেত্ৰত ধাৰকত্ব C_0 হ'ল

$$C_0 = \frac{Q}{V_0} = \varepsilon_0 \frac{A}{d} \qquad (2.46)$$

এইবাৰ পাত দুখনৰ মাজৰ শূন্য অংশটোত এটা পৰাবিদ্যুত মাধ্যম এনেদৰে সুমুৱাই দিয়া যাতে ই গোটেই অংশটোতে ভৰি পৰে। বাহ্যিক ক্ষেত্ৰখনৰ প্ৰভাৱত পৰাবিদ্যুতটোৰ মেৰুকৰণ হ'ব। (2.10) অনুচ্ছেদত ব্যাখ্যা কৰাৰ নিচিনাকৈ এই প্ৰক্ৰিয়াটো পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব σ_p আৰু $-\sigma_p$ থকা দুখন আহিত পাতৰ (ক্ষেত্ৰখনৰ লম্বীয় দিশত থকা পৰাবিদ্যুতৰ দুয়োখন পৃষ্ঠত) সমতুল্য। পৰাবিদ্যুতটোত থকা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন তেতিয়া পাত দুখনত থকা মুঠ পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব $\pm(\sigma - \sigma_p)$ ৰ বাবে হোৱা ক্ষেত্ৰৰ সমান হ'ব। অৰ্থাৎ

$$E = \frac{\sigma - \sigma_P}{\varepsilon_0} \qquad (2.47)$$

গতিকে পাত দুখনৰ মাজৰ বিভৱ ভেদ হ'ব

$$V = Ed = \frac{\sigma - \sigma_P}{\varepsilon_0} d \qquad (2.48)$$

ৰৈখিক পৰাবিদ্যুতৰ ক্ষেত্ৰত, σ_p, E_0 ৰ সমানুপাতিক (আৰু সেয়েহে σ ৰো সমানুপাতিক)। তেতিয়া আমি পাওঁ

$$(\sigma - \sigma_P) = \frac{\sigma}{K} \qquad (2.49)$$

ইয়াত K হ'ল পৰাবিদ্যুতৰ বৈশিষ্ট্য বুজোৱা এটা ধ্ৰুৱক। স্পষ্টভাৱে $K > 1$, তেতিয়া আমি পাওঁ

$$V = \frac{\sigma d}{\varepsilon_0 K} = \frac{Qd}{A\varepsilon_0 K} \qquad (2.50)$$

গতিকে পাতৰ মাজত পৰাবিদ্যুত থকা ধাৰকটোৰ ধাৰকত্ব হ'ব

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\varepsilon_0 KA}{d} \qquad (2.51)$$

ε_0 আৰু K ৰ পূৰণফল ($\varepsilon_0 K$)ক মাধ্যমটোৰ প্ৰৱেশ্যতা (permitivity) বুলি কোৱা হয় আৰু ইয়াক ε ৰে বুজোৱা হয়।

$$\therefore K = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \qquad (2.52)$$

K হ'ল এটা মাত্ৰাহীন অনুপাত আৰু ইয়াক মাধ্যমটোৰ পৰাবিদ্যুত ধ্ৰুৱক (dielectric constant) বোলা হয়।

গতিকে ধাৰক এটাৰ পাত দুখনৰ মাজত পৰাবিদ্যুতটো সম্পূৰ্ণভাৱে ভৰাই দিয়াৰ ফলত মাধ্যমশূন্য অৱস্থাতকৈ ধাৰকটোৰ ধাৰকত্ব যিমান গুণে বাঢ়ে (c>1) তাকে পদাৰ্থটোৰ (মাধ্যমটোৰ) পৰাবিদ্যুত

ধ্ৰুৱক বোলা হয়। যদিও আমি সমান্তৰাল পাতযুক্ত ধাৰকৰ বাবে (2.54) নম্বৰ সমীকৰণটো পাইছোঁ, ই আচলতে যিকোনো ধাৰকৰ বাবেই প্ৰযোজ্য। গতিকে পৰাবিদ্যুত ধ্ৰুৱকৰ সংজ্ঞাটোক আমি পৰাবিদ্যুত ধ্ৰুৱকৰ সাধাৰণ সংজ্ঞা বুলি ধৰি ল'ব পাৰো।

বৈদ্যুতিক সৰণ (Electric displacement)

বৈদ্যুতিক সৰণ (Electric displacement)

আৱিষ্ট আধান ঘনত্ব σ_p আৰু ধ্ৰুৱণ $\vec{P}$ মাজৰ গভীৰ সম্পৰ্কৰ কথা উল্লেখ নকৰাকৈ আমি পৰাবিদ্যুত ধ্ৰুৱকৰ ধাৰণা দিলোঁ আৰু (2.54) নম্বৰ সমীকৰণটো পালোঁ।

প্ৰমাণ নকৰাকৈ আমি ফলাফলটো দিব পাৰো এনেধৰণে $\sigma_p = \vec{P}\cdot\hat{n}$

ইয়াত $\hat{n}$ হ'ল এটা একক ভেক্টৰ আৰু ইয়াৰ বহিৰ্মুখী দিশ পৃষ্ঠৰ লম্বভাৱে। উপৰি উক্ত সমীকৰণটো হ'ল এক সাধাৰণ সমীকৰণ আৰু ই পৰাবিদ্যুতৰ যিকোনো আকাৰৰ বাবেই প্ৰযোজ্য। চিত্ৰ (2.23)ত দেখুওৱা সোঁফালৰ পৃষ্ঠৰ বাবে $\vec{P}$ হ'ল $\hat{n}$ ৰ একে দিশত আৰু বাওঁফালৰ পৃষ্ঠৰ বাবে $\hat{n}$ ৰ ওলোটা দিশত। গতিকে আগতেই অনুমান কৰাৰ দৰে সোঁফালৰ পৃষ্ঠত থকা আধান হ'ব ধনাত্মক প্ৰকৃতিৰ আৰু বাওঁফালৰখনত ঋণাত্মক প্ৰকৃতিৰ। সমীকৰণটো বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ বাবে ভেক্টৰ ৰূপত স্থাপন কৰিলে হ'ব

$$\vec{E}.\hat{n} = \frac{\sigma - \vec{P}.\hat{n}}{\varepsilon_0}$$

বা $(\varepsilon_0\vec{E}+\vec{P}).\hat{n} = \sigma$

$(\varepsilon_0\vec{E}+\vec{P})$ ৰাশিটোক বৈদ্যুতিক সৰণ **(electric displacement)** বোলা হয় আৰু ইয়াক $\vec{D}$ ৰে বুজোৱা হয়। ই হ'ল এক ভেক্টৰ ৰাশি। গতিকে

$$\vec{D} = \varepsilon_0\vec{E}+\vec{P}, \quad \text{য'ত } \vec{D}.\hat{n} = \sigma$$

$\vec{D}$ ৰ বৈশিষ্ট্য হ'ল এনেকুৱা ঃ ভেকুৱামত, $\vec{E}$ ৰ লগত আধান ঘনত্ব σ ৰ সম্পৰ্ক থাকে। পৰাবিদ্যুত মাধ্যম এটা থাকিলে, $\vec{D}$ বৈদ্যুতিক সৰণে এই সম্পৰ্কটো বজাই ৰাখে। ওপৰৰ সমীকৰণত দেখুওৱাৰ দৰে পৰাবিদ্যুত মাধ্যম এটাৰ বাবে, $\vec{E}$ নহয়, $\vec{D}$ বৈদ্যুতিক সৰণেহে σ ৰে সম্পৰ্ক ৰাখে। যিহেতু $\vec{P}$ আৰু $\vec{E}$ ৰ দিশ একে, গতিকে $\vec{P}$, $\vec{E}$ আৰু $\vec{D}$ তিনিওটা ভেক্টৰ সমান্তৰাল।

$\vec{D}$ আৰু $\vec{E}$ ৰ মানৰ অনুপাতটো হ'ল

$$\frac{D}{E} = \frac{\sigma\varepsilon_0}{\sigma-\sigma_p} = \varepsilon_0 K$$

গতিকে $\vec{D} = \varepsilon_0 K\vec{E}$

আৰু $\vec{P} = \vec{D} - \varepsilon_0\vec{E} = \varepsilon_0(K-1)\vec{E}$

(2.37) নম্বৰ সমীকৰণত দিয়াৰ দৰে, ইয়ে বৈদ্যুতিক প্ৰৱণতা (electric susceptibility), χ_e ৰ মান দিয়ে।

$\therefore\ \chi_e = \varepsilon_0(K-1)$

উদাহৰণ 2.8 ঃ K পৰাবৈদ্যুতিক ধ্ৰুৱক সম্পন্ন পদাৰ্থৰে গঠিত পাত এছটাৰ কালি সমান্তৰাল পাতযুক্ত ধাৰক এটাৰ পাতৰ সৈতে একে কিন্তু ইয়াৰ ডাঠ 3/4 d; d হ'ল সমান্তৰাল পাত দুছটাৰ মাজৰ দূৰত্ব। সমান্তৰাল পাত দুছটাৰ মাজত এই পাতছটা সুমুৱাই দিলে ধাৰকত্বৰ মান কিমান পৰিবৰ্তন হ'ব?

সমাধান ঃ ধৰা হ'ল পৰাবিদ্যুত মাধ্যম নথকা অৱস্থাত পাত দুছটাৰ মাজত থকা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ, $E_0 = V_0/d$; V_0 হ'ল পাত দুছটাৰ মাজত বিভৱ পাৰ্থক্য। এতিয়া পৰাবিদ্যুত মাধ্যমটো সুমুৱাই দিলে ইয়াত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান হ'ব, $E=E_0/K$। তেতিয়া বিভৱ পাৰ্থক্য হ'ব

উদাহৰণ 2.8

উদাহৰণ 2.8

$$V = E_0\left(\frac{1}{4}d\right)+\frac{E_0}{K}\left(\frac{3}{4}d\right) \quad = E_0 d\left(\frac{1}{4}+\frac{3}{4K}\right)= V_0\frac{K+3}{4K}$$

গতিকে বিভৱ পাৰ্থক্য (K + 3) / K পৰিমাণে হ্ৰাস পাব; আনহাতে পাতত থকা মুক্ত আধান Q_0 একেই থাকিব। তেতিয়া ধাৰকত্ব বাঢ়িব কিয়নো

$$C=\frac{Q_0}{V}=\frac{4K}{K+3}\frac{Q_0}{V_0}=\frac{4K}{K+3}C_0$$

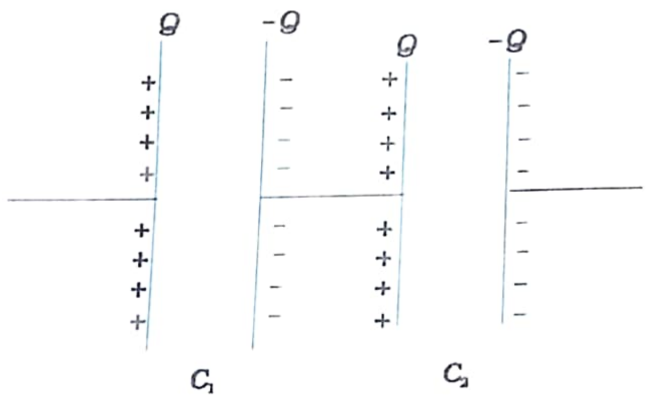
2.14 ধা কৰ সংযোগ (Combination of Capacitors)

C_1, C_2, …… C_n ধাৰকত্বযুক্ত ধাৰক কিছুমান সংযোগ কৰি আমি ভত্ৰটোৰ মুঠ ধাৰকত্ব C পাব পাৰো। এই মুঠ ধাৰকত্বৰ মানটো নিৰ্ভৰ কৰে আমি কেনেধৰণে ধাৰকবোৰ সংযোগ কৰিলোঁ তাৰ ওপৰত। সজ্জাৰ ক্ষেত্ৰত থকা এনেকুৱা দুটা সৰল সম্ভাৱনাক তলত ব্যাখ্যা কৰা হ'ল।

2.14.1 শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জাত ধাৰকৰ সংযোগ (Capacitors in series)

দুটা ধাৰক C_1 আৰু C_2 ক শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জাত সংযোগ কৰাটো চিত্ৰ (2.26) ত দেখুওৱা হৈছে।

C_1 বাওঁফালৰ পাত আৰু C_2 ৰ সোঁফালৰ পাতছটাক বেটাৰীৰ দুয়োটা মূৰত সংযোগ কৰাত ইহঁতৰ আধান হ'ল ক্ৰমে + Q আৰু – Q। তেতিয়া C_1 ৰ সোঁফালৰ পাতছটাৰ আধান – Q আৰু C_2 ৰ বাওঁফালৰ পাতছটাৰ আধান হ'ব + Q। এইটো নোহোৱা হ'লে প্ৰত্যেকটো ধাৰকতেই মুঠ আধান শূন্য নহ'লহেঁতেন। এনেকুৱা হোৱাহেঁতেন C_1 আৰু C_2 সংযোগী পৰিবাহীডালত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখন সৃষ্টি হ'ব; C_1 আৰু C_2 ৰ মুঠ আধান শূন্য নোহোৱালৈকে আৰু C_1 আৰু C_2 ত মুঠ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ শূন্য নোহোৱালৈকে এফালে আধান প্ৰবাহিত হ'ব। গতিকে শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জাত প্ৰতিটো ধাৰকৰ প্ৰতিখন পাততেই আধানৰ মান (±Q) সমান হ'ব। এই সজ্জাটোৰ মুঠ বিভৱ পতন, C_1 আৰু C_2 ৰ বিভৱ পতন ক্ৰমে V_1 আৰু V_2 ৰ যোগফলৰ সমান।



চিত্ৰ-2.26 ঃ দুটা ধাৰকৰ শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জা

গতিকে,

$$V = V_1 + V_2 = \frac{Q}{C_1}+\frac{Q}{C_2} \tag{2.55}$$

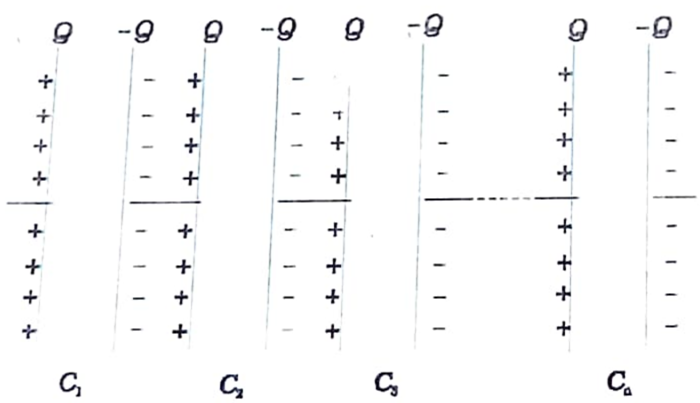
$$\Rightarrow \frac{V}{Q}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2} \tag{2.56}$$

এই সজ্জাটোৱে গঠিত আধান Q আৰু বিভৱ পাৰ্থক্য V থকা কাৰ্যকৰী ধাৰকটোৰ কাৰ্যকৰী ধাৰকত্ব হ'ব

$$C=\frac{Q}{V} \tag{2.57}$$

(2.57) নম্বৰ সমীকৰণক (2.56) সমীকৰণৰ লগত তুলনা কৰিলে আমি পাওঁ

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2} \tag{2.58}$$



চিত্ৰ-2.27 ঃ n সংখ্যক ধাৰকৰ শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জা

শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জাত সজ্জিত যিকোনো সংখ্যক ধাৰকৰ বাবেই এই সমীকৰণটোৰ প্ৰাসংগিকতা আছে। n সংখ্যক ধাৰকৰ বাবে (2.55) নম্বৰ সমীকৰণটো হ'ব

$$V = V_1 + V_2 + \ldots + V_n = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \ldots + \frac{Q}{C_n} \qquad (2.59)$$

একে ধৰণে আমি n ধাৰকৰ শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জাৰ বাবে ধাৰকত্বৰ সাধাৰণ সমীকৰণটো লিখিব পাৰো

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots + \frac{1}{C_n} \qquad (2.60)$$

2.14.2 ধাৰকৰ সমান্তৰাল সজ্জা (Capacitors in parallel)

চিত্ৰ [2.28(a)] ত দুটা ধাৰকক সমান্তৰাল সজ্জাত সংযোগ কৰা দেখুওৱা হৈছে। এই ক্ষেত্ৰত দুয়োটা ধাৰকত একে বিভৱ পাৰ্থক্য প্ৰয়োগ কৰা হৈছে। কিন্তু ধাৰক C_1ৰ পাতত থকা আধান ($\pm Q_1$) আৰু C_2ৰ পাতত থকা আধানৰ ($\pm Q_2$) মান সমান নহ'বও পাৰে।

গতিকে, $Q_1 = C_1 V$; $Q_2 = C_2 V$ (2.61)

সমতুল্য ধাৰকটোত থকা মুঠ আধানৰ মান— $Q = Q_1 + Q_2$ (2.62)

আৰু বিভৱ পাৰ্থক্য V হ'লে

$$Q = CV = C_1 V + C_2 V \qquad (2.63)$$

গতিকে কাৰ্যকৰী ধাৰকত্ব C হ'ব—

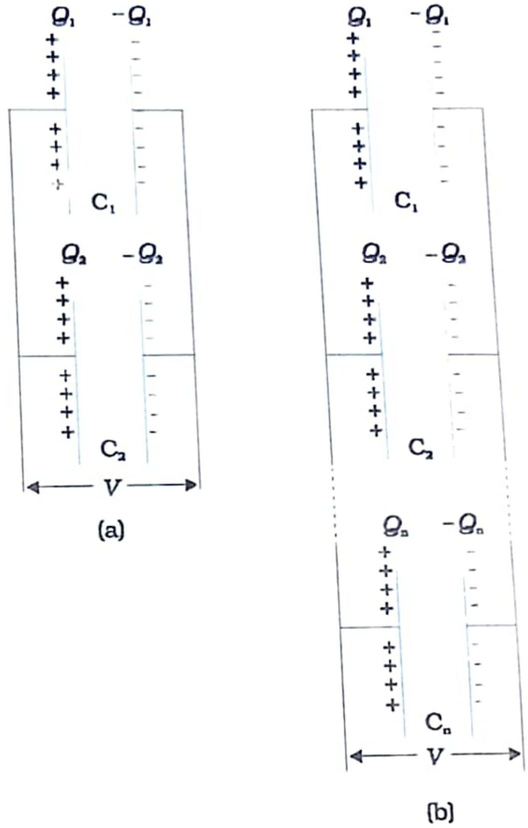
$$C = C_1 + C_2 \qquad (2.64)$$

সমান্তৰাল সজ্জাত থকা n ধাৰকৰ [চিত্ৰ 2.28 (b)] ক্ষেত্ৰত কাৰ্যকৰী ধাৰকত্বৰ সাধাৰণ সমীকৰণটো হ'ব

$$Q = Q_1 + Q_2 + \ldots + Q_n \qquad (2.65)$$

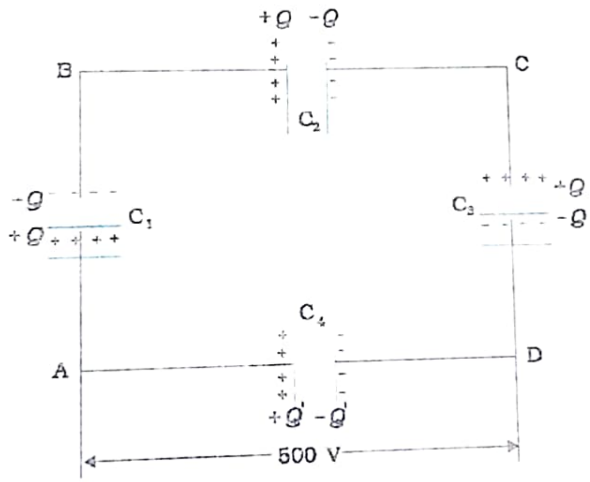
$$\Rightarrow CV = C_1 V + C_2 V + \ldots + C_n V \qquad (2.66)$$

$$\therefore \; C = C_1 + C_2 + \ldots + C_n \qquad (2.67)$$



চিত্ৰ 2.28 : (a) দুটা ধাৰকৰ (b) n ধাৰকৰ সমান্তৰাল সজ্জা

উদাহৰণ-2.9 : চিত্ৰ (2.29)ত দেখুওৱাৰ দৰে এখন জালিকাত চাৰিটা 10 µF ধাৰকত্বৰ ধাৰক 500V যুক্ত উৎসৰ সৈতে সংযোগ কৰা হৈছে। (a) জালিকাখনৰ সমতুল্য ধাৰকত্ব আৰু (b) প্ৰতিটো ধাৰকত থকা আধানৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। (মন কৰিবা, ধাৰকৰ আধান মানে উচ্চ বিভৱত থকা পাতখনৰ আধান; এই আধানৰ মান নিম্ন বিভৱত থকা পাতখনৰ বিপৰীত প্ৰকৃতিৰ আধানৰ সমান)।



চিত্ৰ : 2.29

উদাহৰণ 2.9

সমাধান ঃ

(a) জালিকাখনত C_1, C_2 আৰু C_3 ধাৰককেইটা শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জাত সংযোগ হৈ আছে। এই তিনিটা ধাৰকৰ সমতুল্য ধাৰকত্ব C' হ'ব

$$\frac{1}{C'} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

দিয়া আছে যে $C_1 = C_2 = C_3 = 10\ \mu F$, $\therefore C' = (10/3)\mu F$।

এতিয়া জালিকাখনত C' আৰু C_4 ক সমান্তৰাল সজ্জাত সংযোগ কৰা আছে। গতিকে জালিকাখনৰ মুঠ সমতুল্য ধাৰকত্ব হ'ব

$$C = C' + C_4 = \left(\frac{10}{3} + 10\right)\mu F = 13.3\mu F$$

(b) চিত্ৰৰ পৰা দেখা যায় যে C_1, C_2, C_3 প্ৰত্যেকটো ধাৰকতে থকা আধান Q ৰ সমান। ধৰা হ'ল C_4 ত থকা আধানৰ মান Q'। এতিয়া যিহেতু AB ত বিভৱ পাৰ্থক্য Q/C_1, BC ত Q/C_2, CD ত Q/C_2, আমি পাওঁ

$$\frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} = 500\ V \quad \text{আৰু} \quad \frac{Q'}{C_4} = 500\ V$$

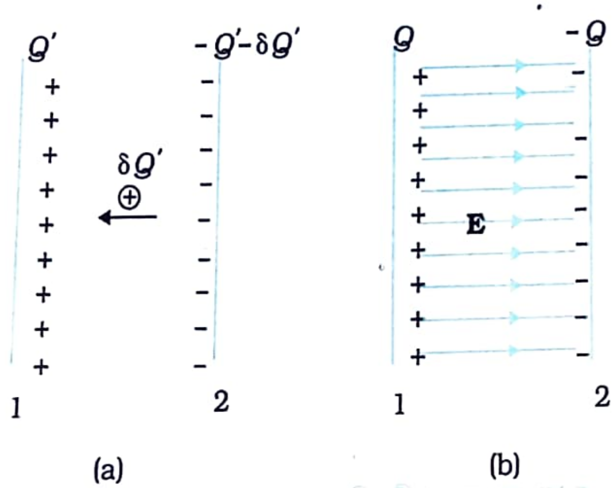
গতিকে প্ৰদত্ত ধাৰকত্বৰ বাবে প্ৰতিটো ধাৰকত থকা আধানৰ মান হ'ব

$$Q = 500\ V \times \frac{10}{3}\ \mu F = 1.7 \times 10^{-3}\ C \text{ আৰু}$$

$$Q' = 500\ V \times 10 \mu F = 5.0 \times 10^{-3}\ C$$

2.15 ধাৰক এটাৰ সঞ্চিত শক্তি (Energy Stored in a Capacitor)

আগৰ আলোচনাৰ পৰা আমি পালোঁ যে আধান Q আৰু – Q ৰে আহিত পৰিবাহী দুডালেৰে গঠিত তন্ত্ৰটোৱেই হ'ল এটা ধাৰক। এই তন্ত্ৰটোত সঞ্চিত হৈ থকা শক্তিৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয় কৰিবলৈ হ'লে আমি প্ৰথমে দুডাল আধানহীন পৰিবাহী 1 আৰু পৰিবাহী 2 ৰ কথা বিবেচনা কৰিম। ইয়াৰ পিছত আমি কল্পনা কৰিম পৰিবাহী নম্বৰ 2 ৰ পৰা পৰিবাহী নম্বৰ 1 লৈ লাহে লাহে আধান স্থানান্তৰ হোৱাৰ কথা, যাতে শেষত পৰিবাহী নম্বৰ 1, Q আধানেৰে আহিত হয়। আধান সংৰক্ষণ নীতিৰ পৰা আমি পাওঁ যে পৰিবাহী নম্বৰ 2 শেষত – Q আধানেৰে আহিত হ'ব (চিত্ৰ-2.30)।



চিত্ৰ 2.30 ঃ (a) এটা সৰু চাপত পৰিবাহী 1 ৰ আধান Q' ৰ পৰা $Q'+\delta Q'$ হওঁতে সম্পন্ন হোৱা কাৰ্য (b) ধাৰকটো আহিত কৰোঁতে হোৱা মুঠ কাৰ্য পাত দুখনৰ মাজত থকা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰত সঞ্চিত শক্তি বুলি ক'ব পাৰি।

পৰিবাহী নম্বৰ 2 ৰ পৰা পৰিবাহী নম্বৰ 1 লৈ আধান স্থানান্তৰণৰ ক্ষেত্ৰত বাহ্যিকভাৱে কাৰ্য সম্পাদন হ'ব যিহেতু যিকোনো পৰিস্থিতিতেই পৰিবাহী নম্বৰ 1 পৰিবাহী নম্বৰ 2 তকৈ উচ্চ বিভৱত থাকে। মুঠ সম্পন্ন হোৱা কাৰ্য গণনা কৰিবলৈ আমি প্ৰথমে অতি নগণ্য পৰিমাণৰ আধান স্থানান্তৰ কৰিবলৈ লগা কাৰ্য গণনা কৰিম। এতিয়া ধৰি লোৱা হ'ল এই প্ৰক্ৰিয়াৰ মধ্যৱৰ্তী স্তৰত পৰিবাহী নম্বৰ 1 আৰু 2 ত থকা আধানৰ মান ক্ৰমে Q' আৰু $-Q'$। এই স্তৰত পৰিবাহী দুডালৰ মাজত থকা বিভৱ পাৰ্থক্য V' হ'ল Q'/C, ইয়াত C হ'ল তন্ত্ৰটোৰ ধাৰকত্ব। ইয়াৰ পিছত ধৰা হ'ল ক্ষুদ্ৰ আধান $\delta Q'$ পৰিবাহী নম্বৰ 2 ৰ পৰা 1 লৈ স্থানান্তৰ হৈছে। এই স্তৰত সম্পন্ন কৰা কাৰ্যৰ মান হ'ল $\delta W'$; ইয়াৰ ফলত পৰিবাহী নম্বৰ 1 ৰ আধানৰ মান হ'ব $Q' + \delta Q'$। গতিকে কাৰ্যৰ মান

$$\delta W = V'\delta Q' = \frac{Q'}{C}\delta Q' \qquad (2.68)$$

যিহেতু $\delta Q'$ ক আমি যিমান ইচ্ছা সিমানে সৰু বুলি ধৰিব পাৰো, সমীকৰণটো (2.68) টো আমি লিখিব পাৰোঁ এনেধৰণে

$$\delta W = \frac{1}{2C}\left[(Q'+\delta Q')^2 - Q'^2\right] \qquad (2.69)$$

সমীকৰণ (2.68) আৰু সমীকৰণ (2.69) সমাৰ্থক কিয়নো $\delta Q'$ ৰ দ্বিঘাত মান অৰ্থাৎ $\delta Q'^2/2C$ ৰ মান নগণ্য; কিয়নো $\delta Q'$ ৰ মান অত্যন্ত সৰু। গতিকে মুঠ সম্পাদিত কাৰ্য (W)ৰ মান হ'ব আধান Q' ৰ মান শূন্যৰ পৰা Q আধান কৰিবলৈ বহু সংখ্যক স্তৰত কৰা কাৰ্যৰ (δW) যোগফলৰ সমান।

$$W = \sum_{\text{সকলো স্তৰতে কৰা কাৰ্য}} \delta W$$

$$= \sum_{\text{সকলো স্তৰতে কৰা কাৰ্য}} \frac{1}{2C}\left[(Q'+\delta Q')^2 - Q'^2\right] \qquad (2.70)$$

DAILY ASSAM

$$= \frac{1}{2C}\left[\{\delta Q'^2 - 0\} + \{(2\delta Q')^2 - \delta Q'^2\} + \{(3\delta Q')^2 - (2\delta Q')^2\} + \ldots + \{Q^2 - (Q-\delta Q)^2\}\right] \qquad (2.71)$$

$$= \frac{1}{2C}\left[Q^2 - 0\right] = \frac{Q^2}{2C} \qquad (2.72)$$

এই একেই ফলাফলটো আমি পাব পাৰোঁ সমীকৰণ (2.68) টোক অনুকলন কৰি

$$W = \int_0^Q \frac{Q'}{C}\delta Q' = \frac{1}{C}\frac{Q'^2}{2}\Big|_0^Q = \frac{Q^2}{2C}$$

এইটো একো আচৰিত কথা নহয় কিয়নো অনুকলন প্ৰক্ৰিয়াটো সৰু সৰু বৃহৎসংখ্যক ৰাশিৰ যোগফলৰ বাহিৰে আন একো নহয়।

সমীকৰণ (2.72) টোক আমি আন ধৰণেও লিখিব পাৰোঁ

$$W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}QV \qquad (2.73)$$

সম্পন্ন কৰা কাৰ্যখিনি তন্ত্ৰটোত স্থিতি শক্তি হিচাপে সঞ্চিত হৈ থাকিব কিয়নো স্থিতিবৈদ্যুতিক বল হ'ল ৰক্ষণশীল। এই একেই কাৰণত স্থিতি শক্তিৰ চূড়ান্ত ফলাফলটো [সমীকৰণ (2.73)], ধাৰকটোত আধান সঞ্চয়কৰণ কেনেকুৱা প্ৰক্ৰিয়াৰে সম্পন্ন হৈছে তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। যেতিয়া ধাৰকটো অনাহিত কৰা হয় ই সঞ্চিত শক্তি এৰি দিয়ে। পাত দুখনৰ মাজত থকা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰত ধাৰকটোৰ স্থিতি শক্তি সঞ্চিত হৈ থকা বুলি দেখুৱাব পাৰি। ইয়াৰ বাবে সৰলীকৰণৰ স্বাৰ্থত এটা সমান্তৰাল পাতযুক্ত ধাৰকৰ কথা বিবেচনা কৰা হ'ল [ধাৰকটোৰ প্ৰতিখন পাতৰ কালি A আৰু পাত দুখনৰ মাজৰ দূৰত্ব d]

$$\text{ধাৰকটোত সঞ্চিত শক্তিৰ মান} = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = \frac{(A\sigma)^2}{2} \times \frac{d}{\varepsilon_0 A} \qquad (2.74)$$

পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব σ আৰু পাত দুখনৰ মাজৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ E ৰ মাজত সম্পৰ্কটো হ'ল

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \qquad (2.75)$$

সমীকৰণ (2.74) আৰু (2.75)ৰ পৰা আমি পাওঁ যে ধাৰকটোত সঞ্চিত শক্তিৰ মান

$$U = (1/2)\varepsilon_0 E^2 \times Ad \quad (2.76)$$

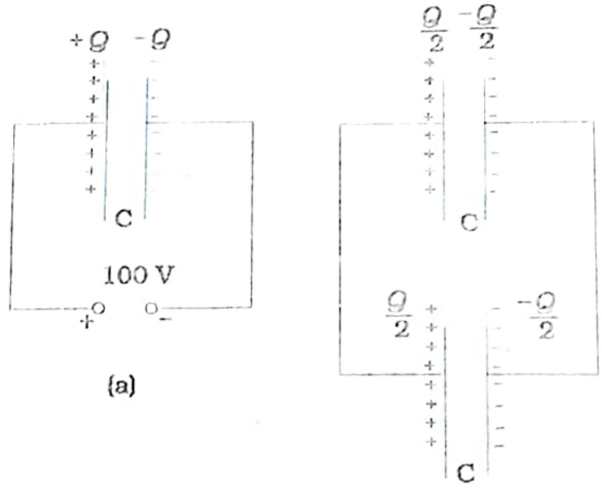
মন কৰিবলগীয়া কথাটো হ'ল, Ad হ'ল পাত দুখনৰ মাজৰ অংশৰ আয়তন (য'ত অকল বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন আছে)। যদি শূন্যাবস্থাত প্ৰতি একক আয়তনত সঞ্চিত শক্তিক শক্তি ঘনত্ব বোলা হয়, তেন্তে সমীকৰণ (2.76)ৰ পৰা পাওঁ

বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ শক্তি ঘনত্ব, $U = (1/2)\ \varepsilon_0 E^2$ (2.77)

যদি আমি (2.77) নম্বৰ সমীকৰণটো সমান্তৰাল পাতযুক্ত ধাৰক এটাৰ বাবে নিৰ্ণয় কৰিছোঁ, প্ৰকৃতাৰ্থত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ শক্তি ঘনত্ব ফলাফলটো সাধাৰণীকৰণ কৰিব পৰা এক ফলাফল; যিকোনো আধান বিন্যাসৰ বাবে সৃষ্ট বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ বাবে ই প্ৰযোজ্য হয়।

উদাহৰণ 2.10 : (a) 900 pF ধাৰকত্বৰ ধাৰক এটা 100 V বেটাৰীৰ সহায়ত আহিত কৰা হৈছে [চিত্ৰ2.31(a)]। ধাৰকটোৰে কিমান পৰিমাণৰ স্থিতি শক্তি সঞ্চয় কৰিব?

(b) ধাৰকটোক বেটাৰীটোৰ পৰা বিচ্ছিন্ন কৰি আন এটা 900 pF ধাৰকত্বৰ ধাৰকৰ সৈতে সংযোগ কৰা হ'ল [চিত্ৰ 2.31 (b)]। তন্ত্ৰটোত এতিয়া কিমান পৰিমাণৰ স্থিতি শক্তি সঞ্চিত হ'ল?



চিত্ৰ-2.31

সমাধান :

(a) ধাৰকটোত থকা আধানৰ মান $Q = CV = 900\times10^{-12}F \times 100V = 9\times10^{-8}C$

বেটাৰীটোৰে সঞ্চয় কৰা শক্তিৰ মান হ'ব

$$= \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}\times 9\times10^{-8}C = 4.5\times10^{-6}\ J$$

(b) স্থিৰ অৱস্থাত, দুয়োটা ধাৰকৰ ধনাত্মকভাৱে আহিত পাত দুখন সমবিভৱ সম্পন্ন; ঠিক তেনেদৰে ঋণাত্মক পাত দুখনো সমবিভৱ সম্পন্ন। ধৰা হ'ল সাধাৰণ বিভৱ ভেদ হ'ল V'। তেতিয়া প্ৰত্যেকটো ধাৰকত থকা আধানৰ মান, $Q' = C\,V'$।

আধান ৰক্ষণশীলতাৰ নীতিৰ পৰা আমি পাওঁ $Q' = Q/2$। গতিকে ইয়ে সূচায় $V' = V/2$।

এই ক্ষেত্ৰত তন্ত্ৰটোৰ মুঠ শক্তি হ'ব $= 2\times\frac{1}{2}Q'V' = \frac{1}{4}QV = 2.25\times10^{-6}\ J$

গতিকে (a) সংযোগৰ পৰা (b) সংযোগলৈ বৰ্তনীটো পৰিবৰ্তন কৰিলে যদিও ই কোনো আধান নেহেৰুৱায়, অন্তিম শক্তি কিন্তু প্ৰাৰম্ভিক শক্তিৰ আধা হয়। এতিয়া প্ৰশ্ন হয় বাকী আধা শক্তি ক'লৈ গ'ল?

তন্ত্ৰটো নতুন (b) অৱস্থাত স্থিৰ হ'বলৈ কিছু সময়ৰ আৱশ্যক হয়। এই সময়ছোৱাত, প্ৰথমটোৰ পৰা দ্বিতীয় ধাৰকলৈ এক ক্ষণস্থায়ী প্ৰবাহ প্ৰবাহিত হয়। গতিকে এই সময়ছোৱাত তাপ আৰু বিদ্যুত চুম্বকীয় বিকিৰণৰ সহায়ত শক্তিৰ অপচয় হয়।

2.16 ভেন দ্য গ্ৰাফ উৎপাদক (Van De Graaf Generator)

এইটো উচ্চ বিভৱ সৃষ্টি কৰিব পৰা এটা যন্ত্ৰ; ইয়াৰ সহায়ত নিযুত ভল্ট পৰ্য্যন্ত বিদ্যুৎ উৎপাদন কৰিব পাৰি। ইয়াৰ সহায়ত সৃষ্ট শক্তিশালী বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ সহায়ত আহিত পদাৰ্থকণা (ইলেক্ট্ৰন, প্ৰ'টন, আয়ন) উচ্চ শক্তিলৈ ত্বৰিত কৰিব পাৰি আৰু এনেকুৱা উচ্চ শক্তিসম্পন্ন কণাৰ সহায়ত পদাৰ্থৰ ক্ষুদ্ৰকায় থূলৰ গঠন আদি পৰীক্ষা কৰিব পাৰি। ভেন দ্য গ্ৰাফ উৎপাদকৰ মূলনীতিটো তলত দিয়া ধৰণৰ ঃ

ধৰা হ'ল R ব্যাসাৰ্দ্ধৰ বৃহৎ গোলকীয় পৰিবাহী খোল এটা Q আধানেৰে আহিত কৰা হৈছে। এই আধানখিনি গোলকটোৰ পৃষ্ঠত সুষমভাৱে বিস্তৃত হৈ আছে। (1.14) অনুচ্ছেদত দেখুওৱাৰ নিচিনাকৈ, খোলটোৰ বাহিৰৰ ক্ষেত্ৰখন খোলটোৰ কেন্দ্ৰত Q আধান এটাৰবাবে সৃষ্টি হোৱা ক্ষেত্ৰৰ সৈতে একে; আনহাতে খোলটোৰ ভিতৰত ক্ষেত্ৰখনৰ মান শূন্য হ'ব। গতিকে খোলটোৰ বাহিৰৰ বিভৱ এটা বিন্দুসম আধানৰ বাবে হোৱা বিভৱৰ লেখীয়া আৰু ভিতৰত ইয়াৰ মান R ব্যাসাৰ্দ্ধত হোৱাৰ দৰে হ'ব; অৰ্থাৎ ভিতৰত বিভৱৰ মান ধ্ৰুৱক। গতিকে আমি পাওঁ R ব্যাসাৰ্দ্ধৰ Q আধানযুক্ত পৰিবাহী গোলকীয় খোলটোৰ ভিতৰত বিভৱ = ধ্ৰুৱক

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{R} \tag{2.78}$$

চিত্ৰ 2.32 ত দেখুওৱাৰ দৰে, ধৰা হ'ল আমি কিবা প্ৰকাৰে r ব্যাসাৰ্দ্ধৰ আৰু q আধানযুক্ত এটা সৰু গোলক বৃহৎ গোলকটোৰ কেন্দ্ৰত সুমুৱাই দিলোঁ। এতিয়া এই নতুন আধানটোৰ বাবে বেলেগ বেলেগ ব্যাসাৰ্দ্ধত বিভৱৰ মান কিমান তাক নিৰ্ণয় কৰি চাওঁ।

r ব্যাসাৰ্দ্ধ আৰু q আধানযুক্ত গোলকটোৰ বাবে বিভৱ

$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{r}$ সৰু গোলকটোৰ পৃষ্ঠত

$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{R}$ (R ব্যাসাৰ্দ্ধযুক্ত বৃহৎ খোলটোত) (2.79)

দুয়োটা আধান q আৰু Q ৰ কথা বিবেচনা কৰি আমি মুঠ বিভৱ V আৰু বিভৱ অন্তৰ পাওঁ এনেদৰে ঃ

$$V(R) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{Q}{R}+\frac{q}{R}\right)$$

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{Q}{R}+\frac{q}{r}\right)$$

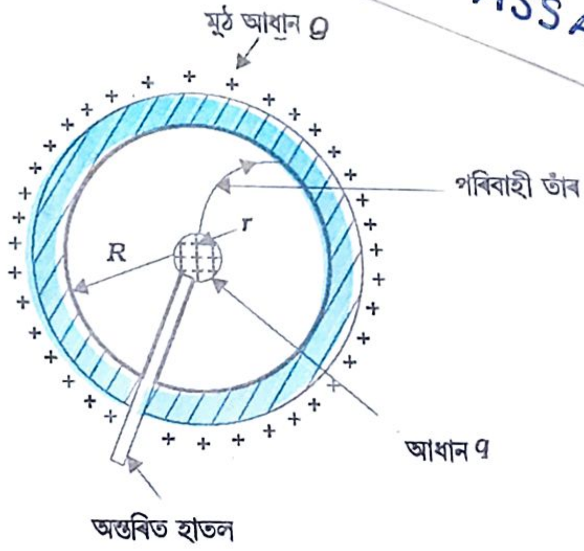
$$V(r)-V(R) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R}\right) \tag{2.80}$$

এতিয়া ধৰা হ'ল q ধনাত্মক আধান। আমি দেখিবলৈ পাওঁ যে বৃহৎ গোলকটোত সঞ্চয় হোৱা Q আধান যিমানেই ডাঙৰ নহওক কিয় নাইবা ইয়াক ধনাত্মক বুলি ধৰি লোৱা নহওক কিয়, ভিতৰৰ গোলকটো সদায় উচ্চ বিভৱত থাকিব ঃ বিভৱ ভেদ $[V(r) - V(R)]$ হ'ব ধনাত্মক। কিন্তু Q আধানৰ বাবে R ব্যাসাৰ্দ্ধলৈ বিভৱ একে থাকিব; ফলত বিভৱ পাৰ্থক্য বিলোপ কৰিব।

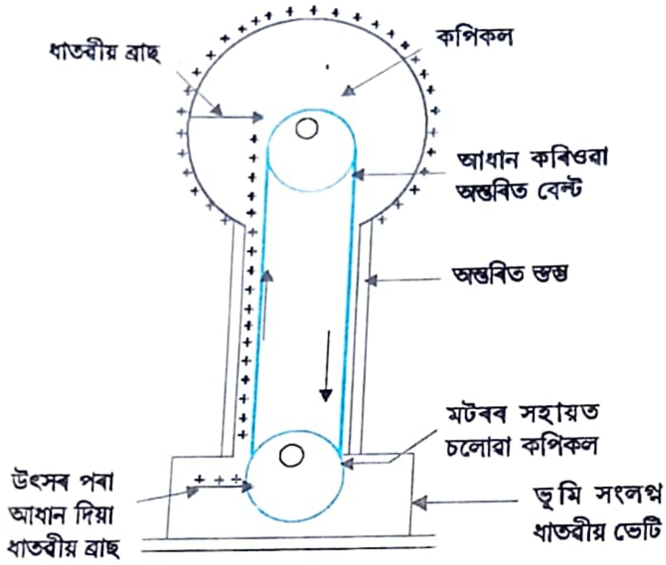
ইয়াৰ অৰ্থ এইটোৱে যে আমি যদি সৰু আৰু ডাঙৰ গোলকটো তাঁৰেৰে সংযোগ কৰোঁ তেন্তে সৰু গোলকটোত থকা q আধান লগে লগেই ডাঙৰ গোলকটোৰ ফালে ধাবিত হ'ব— যদিও ডাঙৰ গোলকটোত থকা আধান Q ৰ

PHYSICS

Van de Graaff generator, principle and demonstration:
http://amasce.com/emotar/vdg.html
http://www.coe.ufrj.br/~acmq/myvdg.html



চিত্ৰ-2.32 ঃ স্থিতিবৈদ্যুতিক উৎপাদকৰ মূলনীতিৰ ব্যাখ্যা



চিত্ৰঃ- 2.33 ভেন দ্য গ্ৰাফ উৎপাদক গঠনৰ মুলনীতি

মান যথেষ্ট ডাঙৰ। ধনাত্মক আধানৰ উচ্চ বিভৱৰ পৰা নিম্ন বিভৱলৈ যোৱাৰ স্বাভাৱিক প্ৰৱণতা থাকিব। এতিয়া যদিহে আমি কিবা উপায়েৰে সৰু আহিত গোলকটোক ডাঙৰ আহিত গোলকটোৰ লগত সংযোগ কৰিব পাৰো তেন্তে ডাঙৰ গোলকটোত ক্ৰমান্বয়ে আধান জমা কৰি ইয়াৰ আধানৰ মান বঢ়াই যাব পাৰো। (2.78) নম্বৰ সমীকৰণ অনুসৰি বাহিৰৰ ডাঙৰ গোলকটোৰ বিভৱো বাঢ়ি যাব— যেতিয়ালৈকে বায়ুৰ 'ভংগন ক্ষেত্ৰ' নাপাওঁ।

এইটোৱেই হ'ল ভেন দ্য গ্ৰাফ উৎপাদকৰ মূলনীতি। এইযন্ত্ৰটিৰ সহায়ত নিযুত ভল্ট আৰু শক্তিশালী ক্ষেত্ৰ এখন সৃষ্টি কৰিব পাৰি; এই ক্ষেত্ৰখনৰ মান বায়ুৰ ভংগন ক্ষেত্ৰৰ (breakdown field) প্ৰায় সমান আৰু বায়ুৰ বাবে ইয়াৰ মান 3×10^6 V/m। ভেন দ্য গ্ৰাফ উৎপাদকৰ আৰ্হি চিত্ৰ, (2.33) নম্বৰ চিত্ৰত দেখুওৱা হৈছে। অন্তৰিত স্তম্ভ এটাৰ সহায়ত মাটিৰ পৰা কেইবা মিটাৰ ওপৰত কেইবা মিটাৰ ব্যাসাৰ্দ্ধৰ এটা বৃহৎ পৰিবাহী গোলকীয় খোল থিয় কৰি ৰখা হয়। দুটা কপিকল ৰবৰ বা চিল্কেৰে তৈয়াৰী অন্তৰিত বেল্ট এডালৰ সহায়ত সংযোজিত হৈ থাকে। কপিকল দুটাৰ এটা মাটিৰ পৃষ্ঠত (ground level) আৰু আনটো খোলটোৰ কেন্দ্ৰত স্থাপন কৰা হয়। মাটি পৃষ্ঠত থকা কপিকলটোক এটা বৈদ্যুতিক মটৰৰ সহায়ত ঘুৰাই ৰখা হয়। মাটি পৃষ্ঠত থকা এক আধান উৎসৰ পৰা এপাত ধাতব়ীয় ব্ৰাছৰ সহায়ত ঘূৰ্ণায়মান অন্তৰিত বেল্টডালত ধনাত্মক আধানবোৰ সিঁচি দিয়া হয়। উচ্চ উচ্চতাত থকা আন এপাত ধাতব়ীয় ব্ৰাছৰ সহায়ত এই আধানবোৰ সংগ্ৰহ কৰি বৃহৎ খোলটোত এৰি দিয়া হয়। অৰ্থাৎ ধনাত্মক আধানবোৰ তলৰ পৰা ওপৰত থকা বৃহৎ খোলটোত যোগান ধৰা হয় আৰু তাত ই সুষমভাৱে বিস্তৃত হৈ পৰে। এইদৰে মাটি পৃষ্ঠৰ তুলনাত বৃহৎ খোলটোৰ **বিভৱ পাৰ্থক্য 6** ৰ পৰা ৪ নিযুত ভল্টলৈ বৃদ্ধি কৰিব পাৰি।

সাৰাংশ (Summary)

1. স্থিতিবৈদ্যুতিক বল হ'ল এবিধ ৰক্ষণশীল বল। q পৰিমাণৰ আধান এটা R **বিন্দুৰ পৰা** P বিন্দুলৈ আনোতে বাহ্যিক বল এটাই (স্থিতিবৈদ্যুতিক বলৰ সমান আৰু বিপৰীতমুখী) **কৰিবলগীয়া** কাৰ্যৰ মান হ'ল (V_P-V_R)। এয়া হ'ল অন্তিম আৰু প্ৰাৰম্ভিক বিন্দুত q আধানটোৰ স্থিতি শক্তিৰ পাৰ্থক্য।
2. একক আধান এটা অসীমৰ পৰা এটা বিন্দুলৈ আনোতে কৰা কাৰ্যই (বাহ্যিক বল এটাই) সেই বিন্দুটোৰ বিভৱ। এটা বিন্দুত বিভৱ হ'ল যিকোনো এটা যোগাত্মক ধ্ৰুৱক, কিয়নো দুটা বিন্দুত বিভৱৰ পাৰ্থক্যটোহে ভৌতিকভাৱে বৈশিষ্ট্যপূৰ্ণ। যদি অসীমত বিভৱ বুলি শূন্য বুলি ধৰা হয়, তেন্তে মূল বিন্দুত বিন্দুসম আধান Q স্থাপন কৰিলে $\vec{r}$ অৱস্থান ভেক্টৰ থকা বিন্দু এটাত বিভৱৰ মান হ'ব
$$V(\bar{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r}$$
3. মুলবিন্দুত $\vec{p}$ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক থকা এটা দ্বিমেৰু স্থাপন কৰিলে $\vec{r}$ অৱস্থান ভেক্টৰ থকা এটা বিন্দুত স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱ হ'ব
$$V(\bar{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\vec{P}.\hat{r}}{r^2}$$

এই ফলাফলটো এটা দ্বিমেৰুৰ বাবেও সত্য (দ্বিমেৰুটোৰ আধান $+q$ আৰু $-q$ আৰু সিহঁতৰ মাজৰ পাৰ্থক্য 2a) $r >> a$ ৰ বাবে।

4. $\vec{r}_1, \vec{r}_2 .... \vec{r}_n$ অৱস্থান ভেক্টৰ থকা $q_1, q_2 .... q_n$ আধানবোৰেৰে গঠিত আধান বিন্যাসটোৰ বাবে P বিন্দুতটোত বিভৱ সমাৰোপনৰ মুলনীতি অনুসৰি হ'ব

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1}{r_{1P}} + \frac{q_2}{r_{2P}} + ... + \frac{q_n}{r_{nP}}\right)$$ য'ত r_{1P} হ'ল q_1 আৰু q_2 ৰ মাজৰ দূৰত্ব ইত্যাদি।

5. পৃষ্ঠৰ প্ৰতিটো বিন্দুতেই বিভৱৰ মান সমান হ'লে পৃষ্ঠখনক সমবিভৱ পৃষ্ঠ বোলে। কেন্দ্ৰত বিন্দুসম আধান থকা ঐককেন্দ্ৰিক বৃত্তবোৰেই হ'ল সমবিভৱ পৃষ্ঠ। সমবিভৱ পৃষ্ঠৰ এটা বিন্দুত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ সেই পৃষ্ঠৰ লম্বীয় দিশত থাকে। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ৰ দিশ বিভৱৰ সৰ্বোচ্চ হ্ৰাসৰ দিশত থাকে।

6. আধান তন্ত্ৰ এটাত সঞ্চিত স্থিতি শক্তি তন্ত্ৰটোত সিহঁতৰ স্থানত সজাওঁতে সম্পন্ন কৰা কাৰ্যৰ (বাহ্যিক কাৰকে কৰা) সমান। $\vec{r}_1$ আৰু $\vec{r}_2$ ত থকা q_1 আৰু q_2 আধানৰ স্থিতি শক্তি হ'ব

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r_{12}}$$, য'ত r_{12} হ'ল q_1 আৰু q_2 ৰ মাজৰ দূৰত্ব।

7. বাহ্যিক বিভৱ $V(r)$ ত q আধানটোৰ স্থিতি শক্তি হ'ব $qV(r)$। সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ত $\vec{p}$ দ্বিমেৰু ভ্ৰামকযুক্ত দ্বিমেৰুটোৰ স্থিতি শক্তি হ'ল $-\vec{p}\cdot\vec{E}$।

8. পৰিবাহী এডালৰ অন্তৰ্ভাগত স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ৰ মান শূন্য; পৰিবাহী এডালৰ পৃষ্ঠৰ ঠিক বাহিৰত ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ পৃষ্ঠৰ লম্বীয় দিশত হয় আৰু ইয়াৰ মান $\vec{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\hat{n}$; ইয়াত $\hat{n}$ হ'ল পৃষ্ঠৰ বহিৰ্মুখী দিশত একক ভেক্টৰ আৰু σ হ'ল পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব। পৰিবাহী এডালত আধানবোৰে ইয়াৰ পৃষ্ঠভাগত অৱস্থান কৰে। পৰিবাহী এডালত থকা বিবৰত (আধানহীন), বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান শূন্য।

9. অন্তৰকে আঁতৰাই ৰখা পৰিবাহী দুডালেৰে গঠিত তন্ত্ৰটোক ধাৰক বোলে। ইয়াৰ ধাৰকত্বৰ মান $C = \frac{Q}{V}$; পৰিবাহী দুডালত থকা আধানৰ মান Q আৰু $-Q$ আৰু ইহঁতৰ মাজৰ বিভৱ পাৰ্থক্য হ'ল V। পাত দুখনৰ অৱস্থান, আকাৰ, আয়তন আদিৰ ওপৰত ধাৰকত্ব C ৰ মান জ্যামিতীয়ভাৱে নিৰ্ণয় কৰা হয়। ধাৰকত্বৰ একক হ'ল ফেৰাড; $1F = 1CV^{-1}$। সমান্তৰাল পাতযুক্ত ধাৰকৰ বাবে (পাত দুখনৰ মাজৰ ঠাইখিনি ভেকুৱাম বা শূন্য অৱস্থাৰ হ'লে)

$$C = \varepsilon_0 \frac{Q}{d}$$ ।ইয়াত A হ'ল প্ৰতিখন পাতৰ কালি আৰু d ইহঁতৰ মাজৰ ব্যৱধান।

10. ধাৰক এটাৰ পাত দুখনৰ মাজৰ অংশ অন্তৰক (পৰাবিদ্যুত) মাধ্যমেৰে পূৰ্ণ কৰিলে, আধানযুক্ত পাতৰ বাবে সৃষ্ট বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰই পৰাবিদ্যুত মাধ্যমটোত এক আৱিষ্ট দ্বিমেৰু ভ্ৰামকৰ সৃষ্টি কৰে। এই পৰিঘটনাটোক কোৱা হয় মেৰুকৰণ আৰু ইয়াৰ ফলত এক বিপৰীতমুখী ক্ষেত্ৰৰ সৃষ্টি হয়। ফলত পৰাবিদ্যুতৰ ভিতৰত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ আৰু পাত দুখনৰ মাজৰ বিভৱভেদ হ্ৰাস পায়। ইয়াৰ পৰিণতিত মাধ্যম শূন্য অৱস্থাত থকা ধাৰকত্ব C_0 তকৈ এই ধাৰকৰ ধাৰকত্ব C বাঢ়ে।

$C = KC_0$

K হ'ল অন্তৰক মাধ্যমটোৰ পৰাবিদ্যুত ধ্ৰুৱক।

11. ধাৰকৰ শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জাত, মুঠ ধাৰকত্ব C হ'ব

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$; ইয়াত C_1, C_2 ইত্যাদি হ'ল ধাৰকবোৰৰ ধাৰকত্ব।

12. C ধাৰকত্ব, আধান Q আৰু ভল্টেজ V হ'লে, ধাৰকটোত সঞ্চিত শক্তি U ৰ মান হ'ব

$$U = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ থকা অঞ্চলত বৈদ্যুতিক শক্তি ঘনত্ব (প্ৰতি একক আয়তনত শক্তি) হ'ল $\frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$ ।

13. ভেন দ্য গ্ৰাফ উৎপাদক এটা বৃহৎ গোলকীয় পৰিবাহী খোলেৰে (ব্যাস কেইবামিটাৰ) গঠিত। গতিশীল বেল্ট আৰু ধাতৱীয় ব্ৰাছৰ সহায়ত খোললৈ অহৰহভাৱে আধান পঠিওৱা হয়; ফলস্বৰূপে কেবা নিযুত ভল্টৰ সৃষ্টি হয়। এনেকুৱা বৃহৎ পৰিমাণৰ বিভৱ ভেদত আধান কণাবোৰৰ উচ্চ হাৰলৈ ত্বৰিত কৰিব পাৰি।

ভৌতিক ৰাশি	চিহ্ন	মাত্ৰা	একক	মন্তব্য
বিভৱ (Potential)	ϕ বা V	$[M^1 L^2 T^{-3} A^{-1}]$	V	বিভৱভেদ ভৌতিকভাৱে তাৎপৰ্যপূৰ্ণ।
ধাৰকত্ব (Capacitance)	C	$[M^{-1} L^{-2} T^4 A^2]$	F	
ধ্ৰুৱণ বা মেৰুকৰণ (Polarisation)	P	$[L^{-2} AT]$	$C\ m^{-2}$	প্ৰতি একক আয়তনত দ্বিমেৰু ভ্ৰামক
পৰাবিদ্যুত ধ্ৰুৱক বা বিদ্যুত মধ্যাংক (Dielectric constant)	K	মাত্ৰাহীন		

মন কৰিবলগীয়া কথা

1. স্থিতিবৈদ্যুতিক বিজ্ঞানত স্থিৰ অৱস্থাত থকা আধানবোৰৰ মাজৰ বলবোৰৰ বিষয়ে আলোচনা কৰা হয়। কিন্তু যদিহে এটা আধানৰ ওপৰত এটা বলে ক্ৰিয়া কৰি থাকে তেন্তেই স্থিৰ হৈ থাকিব কেনেকৈ? গতিকে যেতিয়া আমি আধানৰ ওপৰত স্থিতিবৈদ্যুতিক বলৰ কথা কওঁ, আমি বুজি লোৱা উচিত যে আধানবোৰ স্থিৰে থাকে তেতিয়াহে — যেতিয়া কিছুমান অচিনাক্ত বলে আধানৰ ওপৰত থকা মুঠ কুলম্ব বলক বিৰোধিতা কৰে।
2. ধাৰক এটা এনেদৰে সজোৱা হয় যে ই বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰেখাবোৰ স্থানৰ এক ক্ষুদ্ৰ অঞ্চলত আবদ্ধ কৰি ৰাখে। গতিকে ক্ষেত্ৰখনৰ তীব্ৰতা বেছি হ'লেও, ধাৰকত থকা পৰিবাহী দুডালৰ মাজৰ বিভৱ ভেদ কম হয়।
3. আহিত গোলকীয় খোল এটাৰ পৃষ্ঠত থকা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ বিচ্ছিন্ন (discontinuous) হয়। খোলটোৰ ভিতৰত ইয়াৰ মান শূন্য হয় আৰু বাহিৰত হয় $\sigma/\varepsilon_0\,\hat{n}$ । পিছে বৈদ্যুতিক বিভৱ পৃষ্ঠৰ ওপৰত অবিচ্ছিন্ন হয় আৰু পৃষ্ঠত ইয়াৰ মান $q/4\pi\varepsilon_0 R$ ।
4. দ্বিমেৰু এটাৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰা টৰ্ক $\vec{P}\times\vec{E}$ ৰ বাবে ই $\vec{E}$ ত দোলায়িত হৈ থাকে। এই দোলনটো অৱমন্দিত হয় যদিহে এটা ক্ষয়ী ক্ৰিয়া (dissipative mechanism) জড়িত হৈ থাকে আৰু অৱশেষত $\vec{E}$ ৰ সৈতে একে শাৰীভুক্ত হৈ পৰে।

5. নিজ অৱস্থানত q আধানটোৰ বিভৱৰ সংজ্ঞা দিয়া হোৱা নাই— সেয়া অসীম মানৰ।
6. q আধানটোৰ বাবে স্থিতি শক্তিৰ প্ৰকাশৰাশি $qV(r)$ ত, বিভৱ $V(r)$ বাহ্যিক আধানৰ বাবেহে, q আধানটোৰ বাবে নহয়। 5 নম্বৰত দিয়াৰ দৰে এই প্ৰকাশ ৰাশিটোৰ সংজ্ঞা ভুল হ'ব যদিহে ইয়াত q আধানটোৰ নিজৰ বাবে হোৱা বিভৱৰ কথাটো অন্তৰ্ভুক্ত কৰা হয়।
7. পৰিবাহী এডালৰ ভিতৰত থকা বিবৰ এটা বাহ্যিক বৈদ্যুতিক প্ৰভাৱৰ পৰা মুক্ত (shielded)। উল্লেখ কৰা প্ৰয়োজন যে স্থিতিবৈদ্যুতিক আৱৰণে বিপৰীত ধৰণে কাৰ্য নকৰে; ইয়াৰ অৰ্থ হ'ল যদি তুমি আধান এটা পৰিবাহীৰ ভিতৰত থকা বিবৰত স্থাপন কৰা তেন্তে পৰিবাহী ডালৰ বহিৰ্ভাগ ভিতৰৰ আধানটোৰ বাবে সৃষ্ট ক্ষেত্ৰখনৰ পৰা আঁৰ হৈ থাকিব নোৱাৰে।

অনুশীলনী

2.1 16 cm ব্যৱধানত দুটা আধান 5×10^{-8}C আৰু -3×10^{-8}C আছে। দুয়োটা আধান সংযোজী ৰেখাডালৰ কোনটো বিন্দু (বা বিন্দুবোৰত) বৈদ্যুতিক বিভৱৰ মান শূন্য হ'ব? অসীমত বিভৱৰ মান শূন্য বুলি ধৰা।

2.2 10 cm বাহুবিশিষ্ট নিয়মীয়া ষড়ভুজ এটাৰ প্ৰতিটো শীৰ্ষবিন্দুত 5μC আধানযুক্ত আধানবোৰ আছে। ষড়ভুজটোৰ কেন্দ্ৰত বিভৱ নিৰ্ণয় কৰা।

2.3 6 cm ব্যৱধানত থকা দুটা বিন্দু A আৰু B ত ক্ৰমে 2μC আৰু –2μC আধান দুটা আছে।
(a) তন্ত্ৰটোৰ এখন সমবিভৱ পৃষ্ঠ চিনাক্ত কৰা।
(b) এই পৃষ্ঠখনৰ প্ৰতিটো বিন্দুতেই বিদ্যুত ক্ষেত্ৰখন কোন দিশে থাকিব?

2.4 12 cm ব্যাসাৰ্দ্ধৰ গোলকীয় পৰিবাহী এটাৰ পৃষ্ঠত সুষমভাৱে বিস্তৃত হৈ থকা আধানৰ মান 1.6×10^{-7}C। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ মান কি হ'ব
(a) গোলকটোৰ ভিতৰত
(b) গোলকটোৰ ঠিক বাহিৰত
(c) গোলকটোৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা 18 cm দূৰত?

2.5 দুয়োখন পাতৰ মাজত বায়ু থকা সমান্তৰাল পাতযুক্ত ধাৰকটোৰ ধাৰকত্ব হ'ল 8pF ($1\text{pF}=10^{-12}$F)। পাত দুখনৰ মাজৰ দূৰত্ব আধা কৰিলে আৰু দুয়োখন পাতৰ মাজৰ অংশখিনি 6 পৰাবৈদ্যুতিক ধ্ৰুৱক সম্পন্ন মাধ্যমেৰে পূৰ্ণ কৰিলে ধাৰকটোৰ ধাৰকত্ব কিমান হ'ব?

2.6 9 pF ধাৰকত্বৰ তিনিটা ধাৰক শ্ৰেণীবদ্ধ সজ্জাত সংযোগ কৰা হৈছে।
(a) সজ্জাটোৰ মুঠ ধাৰকত্ব কিমান?
(b) সজ্জাটোক যদিহে 120 V উৎসৰ লগত সংযোগ কৰা হয় তেন্তে প্ৰতিটো ধাৰকৰ দুই মূৰত বিভৱ ভেদ কিমান হ'ব?

2.7 2pF, 3pF আৰু 4pF ধাৰকত্বৰ তিনিটা ধাৰকক সমান্তৰালভাৱে সজ্জিত কৰা হৈছে।
(a) সজ্জাটোৰ মুঠ ধাৰকত্ব কিমান হ'ব?
(b) প্ৰতিটো ধাৰকত আধান কিমান হ'ব যদিহে সজ্জাটোক 100 V উৎসৰ লগত সংযোগ কৰা হয়?

2.8 3 mm দূৰত্বত থকা আৰু দুয়োখন পাতৰ মাজত বায়ু থকা সমান্তৰাল পাতযুক্ত ধাৰকটোৰ প্ৰত্যেকখন পাতৰ কালি হ'ল $6\times10^{-3}\,\text{m}^2$। ধাৰকটোৰ ধাৰকত্ব নিৰ্ণয় কৰা। ধাৰকটোক যদিহে 100 V ৰ উৎসৰ লগত সংযোগ কৰা হয়, তেন্তে ধাৰকটোৰ প্ৰতিখন পাতত থকা আধানৰ মান কিমান হ'ব?

2.9 অনুশীলনী 2.8 ত দিয়া ধাৰকটোৰ পাত দুখনৰ মাজত যদি 3 mm ডাঠৰ এখন মাইকা পাত (পৰাবিদ্যুত ধ্ৰুবক = 6) সুমুৱাই দিয়া হয়, তেন্তে কি ঘটিব ব্যাখ্যা কৰা। যেতিয়া

(a) ভল্টেজৰ উৎস এটা সংযোজিত হৈ থাকে

(b) ভল্টেজৰ উৎসৰ সংযোগ বিচ্ছিন্ন কৰিলে।

2.10 12pF ৰ ধাৰক এটা 50 V ৰ বেটাৰীৰ লগত সংযোগ কৰা হৈছে। ধাৰকটোত কিমান পৰিমাণৰ স্থিতিবৈদ্যুতিক শক্তি সঞ্চিত হ'ব?

2.11 600 pFৰ ধাৰকটো 200 V ৰ উৎসৰে আহিত কৰা হৈছে। ইয়াৰ পিছত উৎসটোৰ পৰা ইয়াৰ সংযোগ বিচ্ছিন্ন কৰা হ'ল আৰু উৎসটোক আন এটা 600 pF ৰ অনাহিত ধাৰকৰ সৈতে সংযোজিত কৰা হ'ল। এই প্ৰক্ৰিয়াটোত কিমান পৰিমাণৰ স্থিতিবৈদ্যুতিক শক্তি অপচয় হ'ল?

অতিৰিক্ত অনুশীলনী

2.12 8mC পৰিমাণৰ আধান এটা মূলবিন্দুত আছে। -2×10^{-9} C ৰ ক্ষুদ্ৰ আধান এটা P (0, 0, 3 cm) বিন্দুৰ পৰা R (0, 6 cm, 9 cm) বিন্দুটোৰ মাজেৰে Q (0, 4 cm, 0) বিন্দুলৈ আনোতে কৰিবলগীয়া কাৰ্যৰ মান গণনা কৰা।

2.13 b বাহুবিশিষ্ট ঘনক এটাৰ প্ৰতিটো শীৰ্ষবিন্দুকেই q পৰিমাণৰ আধান আছে। এই আধান বিন্যাসটোৰ বাবে ঘনকটোৰ কেন্দ্ৰত উৎপন্ন হোৱা বিভৱ আৰু ক্ষেত্ৰৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

2.14 15μC আৰু 2.5μC আধান বহন কৰা দুটা ক্ষুদ্ৰ গোলক 30 cm ব্যৱধানত আছে।

(a) দুয়োটা আধান সংযোগী ৰেখাডালৰ মধ্যবিন্দুত আৰু

(b) মধ্যবিন্দুটোৰ পৰা 10 cm দূৰত থকা আৰু মধ্যবিন্দুৰ মাজেৰে যোৱা ৰেখাডালক লম্বভাৱে থকা এখন সমতলৰ ওপৰত।

বিভৱ আৰু বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

2.15 অন্তৰ্ব্যাসাৰ্দ্ধ r_1 আৰু বহিৰ্ব্যাসাৰ্দ্ধ r_2 থকা গোলকীয় পৰিবাহী খোল এটাত Q পৰিমাণৰ আধান আছে।

(a) q পৰিমাণৰ আধান এটা খোলটোৰ কেন্দ্ৰত স্থাপন কৰা আছে। গোলকটোৰ ভিতৰৰ আৰু বাহিৰৰ পৃষ্ঠৰ ওপৰত পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব কিমান হ'ব ঠাৱৰ কৰা।

(b) আধান নথকা বিবৰ এটাৰ ভিতৰত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ শূন্য হ'বনে যদিহে খোলটো গোলাকাৰ নহৈ অনিয়তাকাৰ হ'লহেঁতেন? ব্যাখ্যা কৰা।

2.16 (a) দেখুওৱা যে স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ লম্বীয় উপাংশটোৰ এখন আহিত পৃষ্ঠৰ পৰা আনখনৰ বিচ্ছিন্নতা (discontinuity) তলত দিয়া ধৰণে আছে।

$$\left(\vec{E}_2-\vec{E}_1\right)\cdot\hat{n}=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

য'ত $\hat{n}$ হ'ল পৃষ্ঠৰ ওপৰৰ বিন্দুত লম্বীয় দিশৰ এটা একক ভেক্টৰ আৰু σ হ'ল বিন্দুটোৰ পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব। ($\hat{n}$ ৰ দিশ 1 নম্বৰ পৃষ্ঠৰ পৰা 2 নম্বৰ পৃষ্ঠলৈ)। ইয়াৰ পৰা দেখুওৱা যে পৰিবাহীৰ ঠিক বাহিৰত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান $\dfrac{\sigma\hat{n}}{\varepsilon_0}$।

(b) আহিতপৃষ্ঠ এখনৰ পৰা আন এখনৰ মাজত স্থিতি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ স্পৰ্শকীয় উপাংশটো অবিচ্ছিন্ন বুলি দেখুওৱা।

[ইংগিত: (a) ৰ বাবে গাউছৰ সূত্ৰটো ব্যৱহাৰ কৰা। (b) ৰ বন্ধ বৰ্তনীৰ বাবে স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ দ্বাৰা কাৰ্য শূন্য হোৱা সত্যটো ব্যৱহাৰ কৰা।]

2.17 বৈখিক আধান আধান ঘনত্ব λ থকা দীঘল আহিত চিলিণ্ডাৰ এটাক ফোঁপোলা একে অক্ষীয় পৰিবাহী চিলিণ্ডাৰ এটাই আগুৰি আছে। দুয়োটা চিলিণ্ডাৰৰ মাজৰ অংশত থকা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ মান উলিওৱা।

2.18 হাইড্ৰ'জেনৰ পৰমাণু এটাত, 0.53Å ব্যৱধানত ইলেক্ট্ৰন আৰু প্ৰ'টনটো আছে।

(a) অসীম দূৰত্বত থকা ইলেক্ট্ৰন আৰু প্ৰ'টনৰ স্থিতি শক্তি শূন্য বুলি ধৰি লৈ অণুটোৰ স্থিতি শক্তি eV এককত গণনা কৰা।

(b) ইলেক্ট্ৰনটোক মুক্ত কৰিবলৈ কিমান নূনতম কাৰ্য কৰিব লাগিব যদিহে ইয়াৰ কক্ষত থকা অৱস্থাত ইয়াৰ গতি শক্তি (a) ত পোৱা স্থিতি শক্তিৰ আধা হয়?

(c) (a) আৰু (b) প্ৰশ্নৰ উত্তৰ কি হ'ব যদিহে 1.06Å ব্যৱধানত স্থিতি শক্তি শূন্য বুলি ধৰি লোৱা হয়?

2.19 H_2 অণুত থকা দুটা ইলেক্ট্ৰনৰ ভিতৰত এটা ইলেক্ট্ৰন আঁতৰাই দিলে আমি হাইড্ৰ'জেনৰ আণৱিক আয়ন H_2^+ পাওঁ। H_2^+ ৰ স্থিতাৱস্থাত (ground state), প্ৰ'টন দুটাই প্ৰায় 1.5Å ব্যৱধানত থাকে আৰু ইলেক্ট্ৰনটোৱে প্ৰতিটো প্ৰ'টনৰ পৰা প্ৰায় 1Å ব্যৱধানত দূৰত্ব অৱস্থান কৰে। অণুটোৰ স্থিতি শক্তি নিৰ্ণয় কৰা। স্থিতি শক্তি শূন্য কেনেকৈ হ'ব পাৰে স্পষ্টকৈ উল্লেখ কৰা।

2.20 a আৰু b ব্যাসাৰ্দ্ধৰ দুটা আহিত পৰিবাহী গোলকক তাঁৰৰ সহায়েৰে সংযোগ কৰা হৈছে। গোলক দুটাৰ পৃষ্ঠত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মানৰ অনুপাত নিৰ্ণয় কৰা। পৰিবাহী এডালৰ ভোটা অংশতকৈ চোকা আৰু জোঙা অংশত কিয় আধান ঘনত্ব বেছি তাক ওপৰত পোৱা ফলাফলৰ সহায়ত ব্যাখ্যা কৰা।

2.21 দুটা আধান $-q$ আৰু $+q$ ক্ৰমে $(0, 0 - a)$ আৰু $(0, 0, a)$ বিন্দুত অৱস্থান কৰিছে।

(a) $(0, 0, z)$ আৰু $(x, y, 0)$ বিন্দুত স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱ কিমান হ'ব?

(b) এটা বিন্দুত বিভৱৰ দূৰত্ব (r) নিৰ্ভৰশীলতা দেখুওৱা যেতিয়া $r/a >> 1$।

(c) x-অক্ষৰ দিশত এটা ক্ষুদ্ৰ পৰীক্ষণীয় আধান (5, 0, 0) বিন্দুৰ পৰা (–7, 0, 0) বিন্দুলৈ নিওঁতে হোৱা কাৰ্যৰ মান উলিওৱা। একেবিলাক বিন্দুৰ মাজৰ পৰীক্ষণীয় আধানটোৰ পথটো যদিহে x-অক্ষৰ দিশত নহয় তেন্তে উত্তৰটোৰ পৰিবৰ্তন হ'বনে?

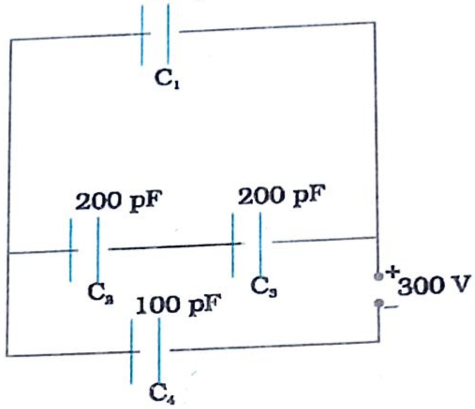
2.22 চিত্ৰ 2.34 ত এটা আধান বিন্যাস দেখুওৱা হৈছে। ইয়াক বৈদ্যুতিক চতুৰ্মেৰু (electric quadrupole) বুলিও কোৱা হয়। এই চতুঃমেৰুটোৰ অক্ষৰ এটা বিন্দুত, বিভৱৰ r ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীলতা দেখুওৱা য'ত $r/a >> 1$ আৰু তোমাৰ উত্তৰটো বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু আৰু বৈদ্যুতিক একমেৰু (অৰ্থাৎ এটা আধান) ৰ বাবে পোৱা উত্তৰৰ মাজৰ পাৰ্থক্য দেখুওৱা।

চিত্ৰ- 2.34

2.23 এজন বিদ্যুত কাৰিকৰক 1 kV বিভৱ পাৰ্থক্যযুক্ত বৰ্তনী এটাত 2 µF ধাৰক এটাৰ প্ৰয়োজন। তেওঁৰ ওচৰত 1 µF ধাৰকত্বৰ বহুতো ধাৰক আছে যিবিলাকে 400 V তকৈ বেছি বিভৱ পাৰ্থক্যত কাম কৰিব নোৱাৰে। তেওঁক এনেকুৱা এটা সজ্জাৰ সন্ধান দিয়া য'ত ন্যূনতম সংখ্যক ধাৰক থাকে।

2.24 2 F ধাৰকত্বৰ সমান্তৰাল পাতৰ ধাৰক এটাৰ পাত দুখনৰ মাজৰ ব্যৱধান যদিহে 0.5 cm হয় তেন্তে পাত দুখনৰ কালি কিমান হ'ব? [তোমাৰ উত্তৰৰ পৰা তুমি উপলব্ধি কৰিব পাৰিবা সাধাৰণ ধাৰকবোৰৰ ধাৰকত্ব কিয় µF বা তাতোকৈ কম। অৱশ্যে বিদ্যুত বৈশ্লেষিক ধাৰকবোৰৰ ধাৰকত্ব বহুত বেছি (0.1 F); ইয়াৰ কাৰণ হ'ল পাত দুখনৰ মাজৰ দূৰত্ব অত্যন্ত কম।]

2.25 চিত্ৰ 2.35 ত দেখুওৱা বৰ্তনীটোৰ সমতুল্য ধাৰকত্ব উলিওৱা। 300 V ৰ উৎসৰ বাবে প্ৰতিটো ধাৰকত আধান আৰু ভ'ল্টেজ নিৰ্ণয় কৰা।



চিত্ৰ-2.35

2.26 সমান্তৰাল পাতযুক্ত ধাৰক এটাৰ প্ৰত্যেকখন পাতৰ কালি 90 cm^2 আৰু সিহঁতৰ মাজৰ দুৰত্ব 2.5 mm। ধাৰকটো 400 V ৰ উৎসৰ সৈতে সংযোগ কৰি আহিত কৰা হৈছে।

(a) ধাৰকটোত কিমান পৰিমাণৰ স্থিতিবৈদ্যুতিক শক্তি সঞ্চিত হৈ আছে?

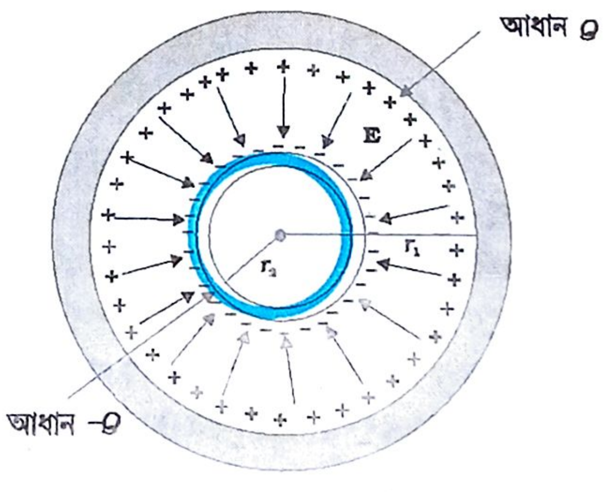
(b) এই শক্তিখিনি পাত দুখনৰ মাজৰ স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰত সঞ্চিত হৈ থকা বুলি ধৰি লৈ প্ৰতি একক আয়তনত শক্তি (u) কিমান হ'ব উলিওৱা। তাৰপৰা u আৰু পাত দুখনৰ মাজৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান E ৰ মাজত প্ৰকাশৰাশি এটা উলিওৱা।

2.27 200 V ৰে এটা 2 μ F ধাৰকত্বযুক্ত ধাৰক আহিত কৰা হৈছে। ইয়াৰ পিছত ইয়াক উৎসটোৰ সৈতে সংযোগ বিচ্ছিন্ন কৰি আন এটা অনাহিত 2 μ F ৰ ধাৰকৰ সৈতে সংযোগ কৰা হ'ল। এই ক্ষেত্ৰত, প্ৰথম ধাৰকটোৰে তাপ আৰু বিদ্যুত চুম্বকীয় বিকিৰণৰ যোগেদি কিমান পৰিমাণৰ স্থিতিবৈদ্যুতিক শক্তি হেৰুৱালে?

2.28 দেখুওৱা যে সমান্তৰাল পাতযুক্ত ধাৰক এটাৰ প্ৰতিটো পাততে থকা বলৰ মান 1/2 QE ৰ সমান হয় য'ত Q হ'ল ধাৰকটোত থকা আধান আৰু E পাত দুখনৰ মাজত থকা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান। 1/2 ৰাশিটোৰ উৎপত্তিৰ বিষয়ে ব্যাখ্যা কৰা।

2.29 চিত্ৰ-2.36 ত দেখুওৱাৰ দৰে গোলকীয় ধাৰক হ'ল দুখন ঐককেন্দ্ৰিক গোলকীয় পাতেৰে গঠিত। দেখুওৱা যে গোলকীয় ধাৰকৰ ধাৰকত্বৰ মান

$$C = \frac{4\pi\varepsilon_0 r_1 r_2}{r_1 - r_2}$$; ইয়াত r_1 আৰু r_2 হ'ল ক্ৰমে বাহিৰৰ আৰু ভিতৰৰ গোলক দুটাৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ।



চিত্ৰ-2.36

2.30 12 cm আৰু 13 cm ব্যাসাৰ্ধৰ দুটা গোলকৰ সহায়ত গোলকীয় ধাৰক এটা গঠিত। বাহিৰৰ গোলকটোক ভূমি সংযোগ কৰা হৈছে আৰু ভিতৰৰ গোলকটোক 2.5 μC ধাৰকত্বৰ ধাৰক এটাৰে আহিত কৰা হৈছে। দুয়োটা ঐককেন্দ্ৰিক গোলকৰ মধ্যবৰ্তী অংশটো 32 পৰাবিদ্যুত ধ্ৰুৱকযুক্ত তৰলেৰে পূৰোৱা হৈছে।

(a) ধাৰকটোৰ ধাৰকত্ব নিৰ্ণয় কৰা

(b) ভিতৰৰ গোলকটোৰ বিভৱ নিৰ্ণয় কৰা

(c) এই ধাৰকটোৰ ধাৰকত্ব আন এটা 12 cm ব্যাসাৰ্ধৰ মুক্ত গোলকৰ ধাৰকত্বৰ সৈতে তুলনা কৰা। কিয় পিছৰটো ধাৰকৰ ধাৰকত্ব অত্যন্ত কম— ব্যাখ্যা কৰা।

2.31 যত্নসহকাৰে উত্তৰ দিয়া:

(a) দুটা Q_1 আৰু Q_2 আধানেৰে আহিত দুটা বৃহৎ পৰিবাহী গোলক ওচৰা-উচৰিকৈ ৰখা হ'ল। সিহঁত দুয়োটাৰ মাজত থকা স্থিতিবৈদ্যুতিক বলৰ মান $\frac{Q_1 Q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ ৰ সমান হ'বনে? ইয়াত r হ'ল দুয়োটা গোলকৰ কেন্দ্ৰৰ মাজত দূৰত্ব।

(b) যদিহে কুলম্বৰ সূত্ৰই $1/r^3$ নিৰ্ভৰশীলতা দেখুৱায় ($1/r^2$ ৰ পৰিবৰ্তে), গাউছৰ সূত্ৰ তেতিয়াও সত্য হ'বনে?

(c) স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ বিন্যাস এখনত এটা সৰু পৰীক্ষণীয় আধান এটা বিন্দুত স্থিৰ অৱস্থাত মুকলি কৰি দিয়া হৈছে। তেতিয়া সি বিন্দুটোৰ মাজেৰে ক্ষেত্ৰৰেখাৰ দিশত গতি কৰিবনে?

(d) ইলেক্ট্ৰন এটাৰ সম্পূৰ্ণ বৃত্তীয় গতিপথত নিউক্লিয়াছৰ ক্ষেত্ৰই কৰা কাৰ্যৰ মান কিমান হ'ব? গতিপথটো উপবৃত্তীয় হ'লে কি হ'ব?

(e) আমি জানো যে আহিত পৰিবাহী এডালৰ পৃষ্ঠত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ বিচ্ছিন্ন হয়। বৈদ্যুতিক বিভৱো তাতে বিচ্ছিন্ন হ'বনে?

(f) 'একক পৰিবাহী এডালৰ ধাৰকত্ব'— বোলা কথাষাৰৰ অৰ্থ তুমি কি বুলি ভাবা?

(g) পানীৰ পৰাবৈদ্যুতিক ধ্ৰুৱকৰ মান (= 80), মাইকাতকৈ (= 6) বহুত বেছি। ইয়াৰ সম্ভাব্য কাৰণ আগবঢ়োৱা।

2.32 1.5 cm আৰু 1.4 cm ব্যাসাৰ্ধযুক্ত দুটা একে অক্ষীয় চুঙাৰে এটা চুঙাৰ আকাৰৰ ধাৰক গঠিত হৈছে। বাহিৰৰ চুঙাটো ভূমি সংযোজিত আৰু ভিতৰৰ চুঙাটোক 3.5 μ C আধানেৰে আহিত কৰা হৈছে। তন্ত্ৰটোৰ ধাৰকত্ব আৰু ভিতৰৰ চুঙাৰটোৰ বিভৱ নিৰ্ণয় কৰা। চুঙাৰ দুয়ো কাষত থকা ক্ষেত্ৰৰ হেলনীয়াকৰণ প্ৰভাৱটো বিবেচনা নকৰিবা।

2.33 পৰাবিদ্যুত ধ্ৰুৱক3, পৰাবিদ্যুত প্ৰাবল্য প্ৰায় 10^{-7} Vm^{-1} আৰু 1 kV ভল্টেজযুক্ত সমান্তৰাল পাতযুক্ত ধাৰক এটাৰ আৰ্হি প্ৰস্তুত কৰিব লাগে। (পৰাবিদ্যুত প্ৰাবল্য হ'ল এটা পদাৰ্থই ভংগন নোহোৱাকৈ সহিত কৰিব পৰা অধিকতম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান; ভংগন অৱস্থা মানে আংশিক আয়নীভৱনৰ বাবে বিদ্যুত পৰিবহণ)। নিৰাপত্তাৰ বাবে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন খুব বেছি হ'ব নালাগে; ধৰা হ'ল ই হ'ল পৰাবিদ্যুত প্ৰাবল্যৰ দহ শতাংশ। এনেকুৱা চৰ্তত ধাৰকটোৰ ধাৰকত্ব 50 pF হ'বলৈ পাত দুখনৰ ন্যূনতম কালি কিমান হ'ব লাগিব?

2.34 তলত দিয়া চৰ্তবোৰৰ বাবে সমবিভৱ পৃষ্ঠবোৰৰ নক্সাবোৰ বৰ্ণনা কৰা।

(a) Z- দিশত এখন সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ।

(b) এখন ক্ষেত্ৰ যিখনৰ মান সুষমভাৱে বাঢ়ে; কিন্তু এটা দিশত (ধৰি লোৱা Z) একে থাকে।

(c) মূল বিন্দুত এটা মাধোন ধনাত্মক আধান আৰু

(d) সমতল এখনত দীঘল আৰু সমান্তৰালভাৱে সমদূৰত্বত থকা আহিত তাঁৰেৰে তৈয়াৰী এখন সুষম জালিকা।

2.35 ভেন দ্য গ্ৰাফ উৎপাদকৰ নিচিনা এটা উৎপাদকত গোলকীয় ধাতৱ খোলৰ ইলেক্ট্ৰ'ড 15×10^{6} V সম্পন্ন হ'ব লাগে। ইলেকট্ৰ'ডটোক আৱৰি থকা গেছৰ পৰাবিদ্যুত প্ৰাবল্য হ'ল 5×10^{-7} Vm^{-1}। গোলকীয় খোলটোৰ ন্যূনতম ব্যাসাৰ্দ্ধ কিমান হ'ব লাগিব? (এই অনুশীলনীটোৰ পৰা তুমি শিকিব পাৰিবা কিয় কম আধানযুক্ত সৰু খোল এটাৰ সহায়ত উচ্চ বিভৱ সৃষ্টি কৰিব পৰা স্থিতিবৈদ্যুতিক উৎপাদক তৈয়াৰ কৰিব নোৱাৰি)।

2.36 r_1 ব্যাসাৰ্দ্ধ আৰু q_1 আধানযুক্ত সৰু গোলক এটাক আৱৰি আছে আন এটা গোলকীয় খোলে, যাৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ r_2 আৰু আধান q_2। দেখুওৱা যে যদিহে আধান q_1 ধনাত্মক হয়, খোলটোত থকা আধান q_2 ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰি, গোলকটোৰ পৰা খোলটোলৈ আধান প্ৰবাহিত হ'ব (যেতিয়া দুয়োকে তাঁৰেৰে সংযোগ কৰা হয়)।

2.37 তলৰ প্ৰশ্নবোৰৰ উত্তৰ কৰা ঃ

(a) বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন উচ্চতা অনুসাৰে কমিলে, ভূপৃষ্ঠৰ সাপেক্ষে বায়ুমণ্ডলৰ উপৰিপৃষ্ঠৰ বিভৱ হয় প্ৰায় 400 kV। ভূপৃষ্ঠৰ ওচৰত ক্ষেত্ৰখনৰ মান প্ৰায় 100 Vm^{-1}। তেতিয়া হ'লে ঘৰৰ ভিতৰৰ পৰা মুকলি অঞ্চললৈ ওলাই গ'লে আমি বৈদ্যুতিক শ্বক অনুভৱ নকৰোঁ কিয়? (ঘৰটো ষ্টিলেৰে নিৰ্মিত আৰু ঘৰৰ ভিতৰত কোনো ক্ষেত্ৰ নথকা বুলি ধৰি লোৱা)।

(b) এদিন সন্ধিয়া এজন মানুহে তেওঁৰ ঘৰৰ বাহিৰত 2 মিটাৰ উচ্চতাৰ অন্তৰকেৰে তৈয়াৰী এখন চাং তৈয়াৰ কৰিলে আৰু চাঙখনৰ ওপৰত 1 m^2 কালিৰ এখন ডাঙৰ এলুমিনিয়ামৰ পাত ৰাখিলে। পিছদিনাখন ৰাতিপুৱা তেওঁ ধাতৱীয় পাতখন স্পৰ্শ কৰিলে বৈদ্যুতিক শ্বক অনুভৱ কৰিবনে?

(c) বায়ুৰ ক্ষুদ্ৰ পৰিবাহীৰ বাবে গোটেই পৃথিৱী জুৰি গড় হিচাবত বায়ুমণ্ডলত ডিছচাৰ্জিং বিদ্যুত প্ৰবাহৰ মান হয় 1800 A। তেতিয়া হ'লে পৃথিৱীৰ বায়ুমণ্ডলে এটা সময়ত নিজে সম্পূৰ্ণৰূপে ডিছচাৰ্জ কৰি বৈদ্যুতিকভাৱে উদাসীন হৈ নপৰে কিয়? আন কথাত, কিহে বায়ুমণ্ডলক আহিত কৰি ৰাখে?

(d) বজ্ৰপাতৰ সময়ত বায়ুমণ্ডলৰ বৈদ্যুতিক শক্তিখিনি শক্তিৰ কি কি ৰূপলৈ অপচয় হৈ শেষ হয়? [ইংগিত ঃ পৃথিৱীৰ ভূ-পৃষ্ঠত অধোমুখী দিশত 100 Vm^{-1}ৰ এখন বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ আছে। এই অনুসাৰে পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব হ'ল -10^{-9} Cm^{-2}। 50 km লৈকে বায়ুমণ্ডলৰ খুব কম পৰিবাহিতাৰ (ইয়াৰ ওপৰত বায়ুমণ্ডল সুপৰিবাহী) বাবে প্ৰতিছেকেণ্ডত প্ৰায় + 1800 C আধান গোটেই পৃথিৱীখনত সংগ্ৰহ হৈ থাকে। তথাপিও পৃথিৱীত সামগ্ৰিকভাৱে ডিছচাৰ্জ নহয় কিয়নো সমগ্ৰ পৃথিৱীতে অহৰহভাৱে হৈ থকা ধুমুহা বজ্ৰপাতৰ ফলত সম সংখ্যক ঋণাত্মক আধান পৃথিৱীয়ে লাভ কৰি থাকে।]

উদাহৰণ 2.5

(c) ধৰা হ'ল সেই একেই আধান নিকায়টো এইবাৰ এখন বাহ্যিক বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E} = A(1/r^2)$; $A = 9\times10^5\,C\,m^{-2}$ স্থাপন কৰা হ'ল। নিকায়টোৰ স্থিতিবৈদ্যুতিক শক্তিৰ মান কিমান হ'ব?

সমাধান ঃ

(a) $U = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q_1q_2}{r} = 9\times10^9 \times \dfrac{7\times(-2)\times10^{-12}}{0.18} = -0.7\ J$

(b) $W = U_2 - U_1 = 0 - U = 0 - (-0.7) - 0.7\ J$

(c) দুয়োটা আধানৰে পাৰস্পৰিক আন্তঃক্ৰিয়া শক্তিখিনি অপৰিবৰ্তিত হৈ থাকিব। ইয়াৰ উপৰি বাহ্যিক বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ লগত আধান দুটাৰ আন্তঃক্ৰিয়া শক্তিখিনি যোগ হ'ব। গতিকে আমি পাওঁ –

$$q_1V(\vec{r}_1) + q_2V(\vec{r}_2) = A\frac{7\mu C}{0.09\,m} + A\frac{-2\mu C}{0.09\,m}$$

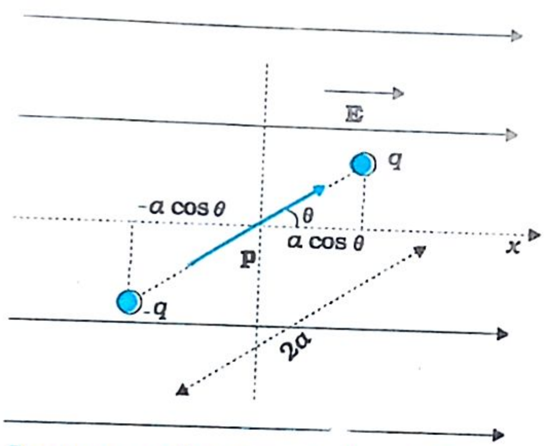
গতিকে মুঠ স্থিতিবৈদ্যুতিক শক্তি হ'ব

$$q_1V(\vec{r}_1) + q_2V(\vec{r}_2) + \frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{12}} = A\frac{7\mu C}{0.09\,m} + A\frac{-2\mu C}{0.09\,m} - 0.7\ J$$

$$= 70 - 20 - 07 = 49.3\ J$$

2.8.3 বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ এখনত থকা দ্বিমেৰু এটাৰ স্থিতি শক্তি (Potential energy of a dipole in an external field) :

ধৰা হ'ল আধান $q_1 = +q$ আৰু $q_2 = -q$ ৰে গঠিত দ্বিমেৰুটোক এখন সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ত ৰখা হৈছে (চিত্ৰ 2.16)



চিত্ৰ ঃ 2.16 সুষম বাহ্যিক ক্ষেত্ৰত থকা দ্বিমেৰুৰ স্থিতি শক্তি

আগৰ অধ্যায়টোত আমি পাই আহিছোঁ যে সূক্ষ্ম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখনত থকা দ্বিমেৰু এটাই কোনো কাৰ্যকৰী বল অনুভৱ নকৰে; ইয়াৰ পৰিবৰ্তে কিন্তু টৰ্ক অনুভৱ কৰে।

$$\vec{\tau} = \vec{p}\times\vec{E} \qquad (2.30)$$

এই টৰ্কে সুমেৰুটোক ঘূৰ্ণন গতি প্ৰদান কৰিব। (অৱশ্যে $\vec{p}$ ক্ষেত্ৰখনৰ ($\vec{E}$) সমান্তৰাল বা ইয়াৰ সম্পূৰ্ণ ওলোটা দিশত থাকিব নালাগিব) এতিয়া ধৰা হ'ল আন এটা বাহ্যিক টৰ্ক (τ_{ext}), দ্বিমেৰুটোৰ ওপৰত এনেদৰে প্ৰয়োগ কৰা হ'ল যাতে ই আগৰ টৰ্কটোক মাথোন উপযুক্তভাৱে বাধাহে দিব পাৰে আৰু দ্বিমেৰুটোক অতি কম দ্ৰুতিত θ_0 কোণৰ পৰা θ_1 কোণলৈ ঘূৰায়। ধৰা τ_{ext} টৰ্কে দ্বিমেৰুটোক কাগজৰ সমতলত ঘূৰায় আৰু ইয়াৰ কৌণিক ত্বৰণ শূন্য। তেতিয়া বাহ্যিক টৰ্কে কৰা কাৰ্যৰ মান হ'ব

$$W = \int_{\theta_0}^{\theta_1}\tau_{ext}(\theta)\,d\theta = \int_{\theta_0}^{\theta_1} pE\sin\theta\,d\theta = pE(\cos\theta_0 - \cos\theta_1) \qquad (2.31)$$

সম্পাদিত কাৰ্যখিনি নিকায়টোত স্থিতি শক্তি হিচাপে সঞ্চিত হৈ থাকে। তেতিয়া আমি স্থিতি শক্তি $U(\theta)$ ক দ্বিমেৰুৰ অৱনমন θ ৰ সৈতে সাঙুৰিব পাৰোঁ। অইন স্থিতি শক্তিৰ নিচিনাকৈ ইয়াতো এক বিশেষ কোণত স্থিতি শক্তি U ৰ মান শূন্য বুলি ধৰিবলৈ আমাৰ স্বাধীনতা থাকে। সাধাৰণতে এই বিশেষ কোণটো $\theta_0 = \pi/2$ বুলি ধৰা হয় (এই আলোচনাৰ শেষৰফালে ইয়াৰ কাৰণ ব্যাখ্যা কৰা হ'ব)। তেতিয়া আমি পাওঁ —

$$U(\theta) = pE\left(\cos\frac{\pi}{2} - \cos\theta\right) = -pE\cos\theta = -\vec{p}.\vec{E} \qquad (2.32)$$

এই প্ৰকাশৰাশিটো (সমীকৰণ 2.32) সমীকৰণ (2.29)ৰ সহায়তো বুজিব পাৰি। আমি (2.29) নম্বৰ সমীকৰণটো $+q$ আৰু $-q$ আধানেৰে গঠিত বৰ্তমানৰ নিকায়টোত ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰো। তেতিয়া স্থিতি শক্তিৰ প্ৰকাশৰাশিটো হ'ব

$$U'(\theta)=q[V(\vec{r}_1)-V(\vec{r}_2)]-\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0\times 2a} \qquad (2.33)$$

ইয়াত $\vec{r}_1$ আৰু $\vec{r}_2$ ৰে ক্ৰমে $+q$ আৰু $-q$ আধানৰ অৱস্থান ভেক্টৰ বুজোৱা হৈছে।

এতিয়া একক ধনাত্মক আধান এটা $\vec{r}_2$ ৰ পৰা $\vec{r}_1$ লৈ ক্ষেত্ৰখনৰ বিপৰীতে আনোতে হোৱা কাৰ্যখিনিয়ে $\vec{r}_1$ আৰু $\vec{r}_2$ অৱস্থানত বিভৱ পাৰ্থক্যৰ সমান হ'ব। বলৰ দিশত হোৱা সৰণ হ'ল– $2a\cos\theta$। গতিকে $[V(\vec{r}_1)-V(\vec{r}_2)]=-E\times 2a\cos\theta$। সেয়েহে আমি পাওঁ

$$U'(\theta)=-pE\cos\theta-\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0\times 2a}=-\vec{p}.\vec{E}-\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0\times 2a} \qquad (2.34)$$

উল্লেখযোগ্য যে $U'(\theta)$ আৰু $U(\theta)$ ৰ মাজত মানৰ পাৰ্থক্য আছে আৰু এই মান প্ৰদত্ত দ্বিমেৰুটোৰ ক্ষেত্ৰত ধ্ৰুৱক। যিহেতু স্থিতি শক্তিৰ ক্ষেত্ৰত ধ্ৰুৱক এটাৰ বিশেষ একো অৰিহণা নাই, (2.31) নম্বৰ সমীকৰণটোৰ দ্বিতীয় পদটো আমি বাদ দিব পাৰোঁ– তেতিয়া ই হৈ পৰে (2.32) নম্বৰ সমীকৰণটো।

এতিয়া আমি নিশ্চয় বুজিব পাৰিছোঁ কিয় আমি $\theta_0=\pi/2$ লৈছিলোঁ। এইক্ষেত্ৰত বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ ($\vec{E}$) ৰ বিপৰীতে $+q$ আধান আৰু $-q$ আধান আনোতে কৰিবলগীয়া কাৰ্য সমান আৰু বিপৰীতমুখী হয়; গতিকে মুঠ কাৰ্য সমান হয়। অৰ্থাৎ $q[V(\vec{r}_1)-V(\vec{r}_2)]=0$

উদাহৰণ 2.6 ঃ কোনো পদাৰ্থৰ এটা অণুৰ স্থায়ী বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু ভ্ৰামকৰ মান হ'ল 10^{-29} cm। কম উষ্ণতাত $10^6\ \text{vm}^{-1}$ মানৰ এখন শক্তিশালী স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ প্ৰয়োগ কৰি এই পদাৰ্থটোৰ এক ম'লৰ সমাৱৰ্তিত (polarised) কৰা হৈছে। ধৰা হ'ল ক্ষেত্ৰখনৰ দিশ হঠাতে 60^0 কোণত ঘূৰাই দিয়া হ'ল। ক্ষেত্ৰখনৰ নতুন দিশৰ সৈতে দ্বিমেৰুটোৱে একে দিশত আহিলে পদাৰ্থটোৱে এৰি দিয়া তাপৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। সৰলীকৰণৰ স্বাৰ্থত পৰীক্ষণীয় পদাৰ্থটোৰ এশ শতাংশই সমাৱৰ্তিত হোৱা বুলি ধৰি ল'বা।

সমাধান ঃ প্ৰতিটো অণুৰ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক $=10^{-29}$ cm, যিহেতু পদাৰ্থটোৰ 1 ম'লত থকা অণুৰ সংখ্যা $=6\times10^{23}$; গতিকে সকলোবোৰ অণুৰ বাবে মুঠ দ্বিমেৰু ভ্ৰামক হ'ব–

$p=6\times10^{23}\times10^{-29}\ \text{cm}\ =6\times10^{-6}\ \text{cm}$

প্ৰাথমিক স্থিতি শক্তি, $U_i=-pE\cos\theta=-6\times10^{-6}\times10^{-6}\cos 0^0=\ 6\ \text{J}$

চূড়ান্ত স্থিতি শক্তি (যেতিয়া $\theta=60^0$), $U_f=-6\times10^{-6}\times10^6\text{Cos}\ 60^0=-3\ \text{J}$

$\therefore$ স্থিতি শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন $=-3\ \text{J}-(-6\ \text{J})=3\ \text{J}$

গতিকে ইয়াত স্থিতি শক্তিৰ পৰিমাণ হ্ৰাস পাইছে। এই হ্ৰাস হোৱা শক্তিখিনিয়েই পদাৰ্থটোৱে দ্বিমেৰুবোৰ একেশাৰীভুক্ত কৰোঁতে তাপ শক্তি হিচাপে এৰি দিয়ে।

উদাহৰণ 2.6

2.9 পৰিবাহীৰ স্থিতিবিদ্যুত বিজ্ঞান (Electrostatics of Conductors) ঃ

প্ৰথম অধ্যায়ত পৰিবাহী আৰু অন্তৰকৰ বিষয়ে চমুকৈ আলোচনা কৰা হৈছিল। পৰিবাহীত আধান কঢ়িওৱা চলমান পদাৰ্থ কণিকা থাকে। ধাতৱীয় পৰিবাহীত আধান কঢ়িওৱা কণিকাবোৰেই হ'ল ইলেক্ট্ৰন। ধাতুৰ ক্ষেত্ৰত পৰমাণুৰ আটাইতকৈ বাহিৰত থকা (যোজ্যতা) ইলেক্ট্ৰনটোৱে পৰমাণুৰ পৰা বিচ্ছিন্ন হয় আৰু মুক্তভাৱে ধাতুৰ ভিতৰত ঘূৰি ফুৰে। এই ইলেক্ট্ৰনবোৰ মুক্ত হ'লেও সিহঁতে ধাতুটুকুৰাৰ মাজতহে সীমাবদ্ধ হৈ থাকে; ধাতুপৃষ্ঠৰ পৰা সহজে ওলাই যাব নোৱাৰে। ধাতুপৃষ্ঠৰ ভিতৰত মুক্ত ইলেক্ট্ৰনবোৰে গেছৰ দৰে আচৰণ কৰে; সিহঁতে এটাই আনটোৰ লগত নাইবা অইন আধানৰ লগতো সংঘৰ্ষত লিপ্ত হয়, আকৰ্ষণ বা

বিকর্ষণ কৰে আৰু যেনি-তেনি ঘূৰি ফুৰে। বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ এখনৰ উপস্থিতিত সিহঁতে ক্ষেত্ৰখনৰ বিপৰীত দিশে গতি কৰে। আনহাতে পৰমাণুটোৰ নিউক্লীয়াচ তথা ইয়াৰ লগত বান্ধ খাই থকা ইলেক্ট্ৰনবোৰেৰে গঠিত সামগ্ৰিকভাৱে ধনাত্মকভাৱে আহিত আয়নটোৱে একে ঠাইতে স্থিৰে থাকে। বিদ্যুত বিশ্লেষক পৰিবাহীৰ (Electrolytic Conductors) ক্ষেত্ৰত আধান কঢ়িওৱাত ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক আয়ন দুয়োটাই ভাগ লয়; কিন্তু এই ক্ষেত্ৰত আধান পৰিবাহকৰ চলাচলত বাহ্যিক বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰই প্ৰভাৱিত কৰাৰ লগতে তথাকথিত ৰাসায়নিক বলেও ভাগ লয় (তৃতীয় অধ্যায় দ্ৰষ্টব্য)। আমি এই আলোচনাটো দৃঢ় ধাতৱীয় পৰিবাহীৰ ক্ষেত্ৰতহে কৰিম। পৰিবাহীৰ স্থিতিবিদ্যুত বিজ্ঞান আলোচনা কৰোঁতে পোৱা ফলাফলসমূহত প্ৰথমে আমি গুৰুত্ব প্ৰদান কৰোঁহ'ক।

1. পৰিবাহীৰ অন্তৰ্ভাগত স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান শূন্য ঃ

আহিত বা উদাসীন পৰিবাহী এডালৰ কথা বিবেচনা কৰা। তাত এখন বাহ্যিক স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ থাকিবও পাৰে। স্থিৰ অৱস্থাত পৰিবাহীডালৰ অন্তৰ্ভাগত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ শূন্য হ'ব যদিহে পৰিবাহীডালৰ, পৃষ্ঠত অথবা অন্তৰ্ভাগত কোনো ধৰণৰ বিদ্যুত প্ৰবাহ নাথাকে। এই সত্যটোক পৰিবাহীডালৰ এক ধৰ্ম বুলিও ক'ব পাৰি। পৰিবাহী এডালত অসংখ্য মুক্ত ইলেক্ট্ৰন থাকে। যেতিয়ালৈকে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান শূন্য নহয়, তেতিয়ালৈকে এই মুক্ত আধান পৰিবাহকবোৰে বল অনুভৱ কৰে; ফলত এফালে ধাৱমান হয়। স্থিতিশীল অৱস্থাত, মুক্ত আধানবোৰে পৰিবাহীডালৰ ভিতৰত এনেদৰে বিস্তৃত হৈ থাকে যে ইয়াৰ প্ৰতিটো বিন্দুতেই বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান শূন্য হয়। গতিকে পৰিবাহী এডালৰ ভিতৰত স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনৰ মান শূন্য হয়।

2. আহিত পৰিবাহী এডালৰ পৃষ্ঠৰ প্ৰতিটো বিন্দুতেই স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন লম্বীয় দিশত থাকে ঃ

যদিহে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ পৰিবাহীডালৰ পৃষ্ঠৰ লম্বীয় দিশত নহয় তেন্তে পৃষ্ঠৰ দিশত ইয়াৰ এক শূন্য নোহোৱা উপাংশ থাকিলেহেঁতেন। ইয়াৰ ফলত পৰিবাহীডালৰ পৃষ্ঠত থকা মুক্ত আধানবোৰে এক ধৰণৰ বল অনুভৱ কৰিলেহেঁতেন আৰু এফালে ধাৱমান হ'লহেঁতেন। সেয়েহে স্থিতি অৱস্থাত $\vec{E}$ ৰ কোনো স্পৰ্শীয় উপাংশ থাকিব নোৱাৰে। গতিকে **স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখন আহিত পৰিবাহীডালৰ প্ৰতিটো বিন্দুতেই লম্বীয় দিশত হ'ব লাগিব।** (পৃষ্ঠীয় আধান ঘনত্ব নথকা পৰিবাহী এডালৰ আনকি পৃষ্ঠভাগতো ক্ষেত্ৰখনৰ মান শূন্য হয়)। 5 নম্বৰ ফলাফলটো চোৱা।

3. স্থিতি অৱস্থাত পৰিবাহী এডালৰ অন্তৰ্ভাগত অতিৰিক্ত আধান নাথাকে ঃ

উদাসীন পৰিবাহী এডালৰ প্ৰতিটো ক্ষুদ্ৰ আয়তন বা পৃষ্ঠীয় খণ্ডতেই (Volume or Surface element) থকা ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক আধানৰ মান সমান হয়। যেতিয়া পৰিবাহীডালক আহিত কৰা হয়, স্থিতি অৱস্থাত অতিৰিক্ত আধানখিনিয়ে পৰিবাহীডালৰ পৃষ্ঠভাগতহে অৱস্থান কৰে। এয়া হয় গাউছৰ সূত্ৰ অনুসৰি। পৰিবাহী এডালৰ ভিতৰত যিকোনো এটা আয়তন থুল 'v' থকা বুলি ধৰি লোৱা। এই আয়তন থুলটোক আৱৰি থকা বন্ধ পৃষ্ঠ S ৰ স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান শূন্য। গতিকে S ৰ মাজেৰে যোৱা মুঠ বৈদ্যুতিক অভিবাহৰ (ফ্লাক্স) মান শূন্য হ'ব। ফলত গাউছৰ সূত্ৰমতে S এ আগুৰি ৰখা পৃষ্ঠত কোনো গড় আধান নাথাকে। কিন্তু পৃষ্ঠ S খন আমি ইচ্ছানুসাৰে ক্ষুদ্ৰ বুলি ধৰিব পাৰোঁ। ইয়াৰ অৰ্থ এইটোৱে যে **পৰিবাহী এডালৰ ভিতৰত থকা যিকোনো বিন্দুতেই মুঠ আধানৰ মান শূন্য হ'ব আৰু যদিহে কোনো অতিৰিক্ত আধান থাকে তেন্তে ই থাকিব পৰিবাহীডালৰ পৃষ্ঠভাগতহে।**

4. স্থিতিবৈদ্যুতিক বিভৱ পৰিবাহী এডালৰ আয়তনৰ সৰ্বত্ৰতে ধ্ৰুৱক আৰু ইয়াৰ মান ভিতৰত আৰু পৃষ্ঠভাগত একে ঃ

উপৰুক্ত 1 নং আৰু 2 নং বৈশিষ্ট্যৰ পৰাই পৰিবাহীৰ এই বৈশিষ্ট্যটো পাব পাৰি। যিহেতু পৰিবাহীৰ অন্তৰ্ভাগত $\vec{E} = 0$ আৰু পৃষ্ঠভাগত কোনো স্পৰ্শীয় উপাংশ নাথাকে, ক্ষুদ্ৰ পৰীক্ষণীয় আধান এটা পৰিবাহীডালৰ অন্তৰ্ভাগ অথবা পৃষ্ঠভাগত লৰচৰ কৰিলেও কোনো কাৰ্য সম্পন্ন নহয়। ইয়াৰ অৰ্থ এইটোৱে যে পৰিবাহীডালৰ অন্তৰ্ভাগ নাইবা পৃষ্ঠভাগৰ যিকোনো দুটা বিন্দুত কোনো ধৰণৰ বিভৱ পাৰ্থক্য নাথাকে। কিন্তু পৰিবাহীডাল আহিত