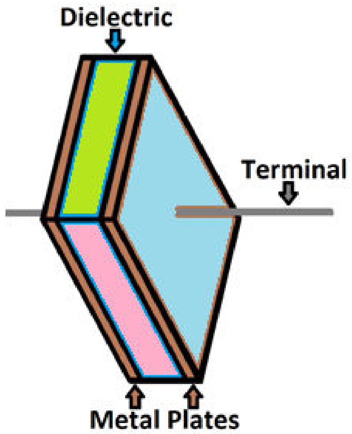
পরাবিদ্যুৎ ও ধারক

www.ctphysics.org

৩) ধারক ও ধারকত্ব :

ধারক হল এরুপ একটি তড়িৎ যন্ত্র যা নির্দিষ্ট্য প্রান্তিক বিভব প্রভেদে নির্দিষ্ট্য আধান সঞ্চিত করে । সাধারন ভাবে নির্দিষ্ট্য জ্যামিতিক আকার বিশিষ্ঠ্য কোনো দুটি ধাতব পাতকে বায়ু বা পরাবিদ্যুৎ মাধ্যম দ্বারা পৃথক করে এই ধারক গঠন করা হয় । ফলে ধারক মূলত দুই প্রকার যা হল বায়ু ধারক ও পরাবিদ্যুৎ ধারক । আবার ব্যবহৃত ধাতব পাতের জ্যামিতিক আকারের উপর নির্ভর করে ধারককে তিন ভাবে ভাগ করা যায় যা হল সমান্তরাল পাত ধারক, গোলীয় ধারক ও চোঙাকৃতি ধারক ।



ধারকে আধান সঞ্চিত হওয়ার মূল কারণ হল যখন ধারকের কোন একটি পাতে নির্দিষ্ট্য আধান দ্বারা আহিত করা হলে স্থিরতড়িতাবেশ বা পরাবিদ্যুৎ সমাবর্তনের দ্বারা অপর পাতটিতে বিপরীত আধান আবিস্ট্য হয় । কিন্তু কোন আধান ক্ষরন হয় না । চূড়ান্তভাবে ধারকের দুই পাতের মধ্যে একটি বিভব প্রভেদ সৃষ্টি হয় ।

এখন ধরা যাক কোনো ধারকে Q পরিমান আদান সঞ্চিত হওয়ার ফলে উহাতে V প্রান্তিক বিভবপ্রভেদ সৃষ্টি হয়েছে । সুতরাং এক্ষেত্রে লেখা যেতে পারে যে $Q \propto V$ এবং $Q = CV$.

যেখানে C হল একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক যাহাকে বলা হয় ধারকের ধারকত্ব । এখন যেহেতু $V = 1$, এর জন্য $Q = C$, ফলে কোনো ধরকে যে পরিমান আধান সঞ্চিত হলে ইহাতে একক প্রান্তিক বিভব প্রভেদ সৃষ্টি হয় তাকেই বলা হয় ধারকের ধারকত্ব । এই ধারকত্বের SI একক হল ফ্যারাড বা কুলম্ব / ভোল্ট এবং cgs একক হল Stat Coulomb / esu of potential = Stat Farad or esu of capacitance যেখানে

$$1\ \text{Farad} = \frac{1\ \text{Coulomb}}{1\ \text{Volt}} = \frac{3 \times 10^9\ \text{esu of charge}}{\frac{1}{300}\ \text{esu of potential}} = 9 \times 10^{11}\ \text{esu of Capacitance}$$

ধারকের এই ধারকত্বের মূল বৈশিষ্ট্য হল যে নির্দিষ্ট্য একক ব্যবস্থায় ইহার মান ধারকের ধাতব পাতের জ্যামিতিক আকার ও ব্যবহৃত পরাবিদ্যুৎ এর প্রকৃতির উপর র্নিভর করে ।

৪) ধারকের আহিতকরনে সঞ্চিত স্থিতিশক্তি :

কোনো ধারকের আহিতকরনে মোট যে কার্য্য সম্পাদিত হয় তার সমান পরিমান শক্তি ঐ ধারকে স্থিতিশক্তি হিসাবে সঞ্চিত হয় । ধারকে সঞ্চিত এই স্থিতিশক্তি হল $U = W = \int_0^V q.dV = \int_0^V CV.dV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}.QV = \frac{Q^2}{2C}$ যেখানে মধ্যবর্তি q আধান কে সঞ্চিত করার ফলে dV বিভব প্রভেদ সৃষ্টি হয়েছে ।

৫) দুটি আহিত ধারকের সংযুক্তিকরনে শক্তিক্ষয় :

ধরা যাক দুটি ধারকে যথাক্রমে Q_1 ও Q_2 আধান সঞ্চিত আছে । ফলে ইহার প্রান্তিক বিভব প্রভেদ V_1 ও V_2 হলে ঐ দুই ধারকে মোট সঞ্চিত শক্তি হবে $U_1 = \frac{1}{2}.[C_1V_1^2 + C_2V_2^2]$

এখন ধারক দুটিকে একটি পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করা হলে উহাদের মধ্যে আধান বিনিময় ঘটবে যতক্ষন পর্যন্ত না উহাদের বিভব সমান হয় । এই সমান বিভব V হলে যদি ইহাদের মধ্যে সঞ্চিত আধান যথাক্রমে Q_1^o ও Q_2^o হয় তবে ঐ দুই ধারকের পরিবাহী তার দ্বারা সংযুক্তিকরনের ফলে সঞ্চিত চূড়ান্ত মোট শক্তি হবে

$$U_2 = \frac{1}{2}[Q_1^oV + Q_2^oV] = \frac{1}{2}[C_1.V.V + C_2.V.V] = \frac{1}{2}[C_1 + C_2]V^2$$

এক্ষেত্রে গণিতিকভাবে লেখা যায় আধান সংরক্ষন এর জন্য $Q_1 + Q_2 = Q_1^o + Q_2^o$

$$\text{বা} \quad C_1V_1 + C_2V_2 = C_1V + C_2V \quad \text{বা} \quad V = \frac{C_1V_1 + C_2V_2}{C_1 + C_2} = \frac{Q_1 + Q_2}{C_1 + C_2}$$

সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে

$$U_1 - U_2 = \frac{1}{2}.[\{C_1V_1^2 + C_2V_2^2\} - (C_1 + C_2)V^2] = \frac{1}{2}.\left[\{C_1V_1^2 + C_2V_2^2\} - (C_1 + C_2)\left(\frac{C_1V_1 + C_2V_2}{C_1 + C_2}\right)^2\right]$$

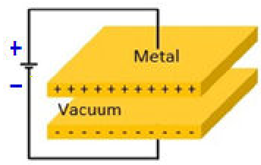
$$= \frac{1}{2}\frac{C_1C_2}{C_1 + C_2}.(V_1 - V_2)^2 > 0$$

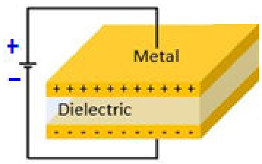
অর্থাৎ $U_1 > U_2$ ফলে শক্তি ক্ষয় ঘটবে এবং এই শক্তিক্ষয় হল $\Delta U = \frac{1}{2}\frac{C_1C_2}{C_1 + C_2}.(V_1 - V_2)^2$

এই শক্তিক্ষয়ের কারণ হল ঐ সংযোগী তার বরাবর আধান প্রবাহের ফলে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি হয় এবং এর ফলে জুল তাপন ক্রিয়ার দরুন শক্তিক্ষয় ঘটে । সুতরাং বলা যেতে পারে এক্ষেত্রে উৎপন্ন তাপ হবে

$$Q = \frac{W}{J} = \frac{\Delta U}{J} = \frac{1}{2J}\left[\frac{C_1C_2}{C_1 + C_2}\right].(V_1 - V_2)^2$$

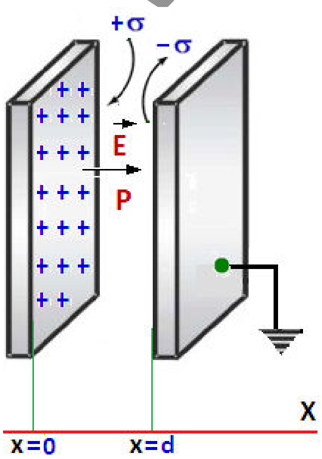
৬) বিভিন্ন ধারকের ধারকত্ব নির্ণয় : ক) সমান্তরাল পাত ধারক :





এক্ষেত্রে দুটি সমান্তরাল ধাতব পাত নেওয়া হয় যা বায়ু বা পরাবিদ্যুৎ মাধ্যম দ্বারা পৃথক থাকে । প্রতিটি পাতের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A ও পাত দুইটির ব্যবধান d হলে যদি ঐ সমানতরাল পাত বায়ু ধারকের একটি পাত কে $+Q$ আধান দ্বারা আহিত করা হয় তবে স্থিরতড়িতাবেশের দরুন অপর পাতে সমান ও বিপরীত আধান $-Q$ আবিষ্ট হবে যা চিত্রে দেখানো হয়েছে

এখন চিত্রানুযায়ী অপর পাতটি ভূসংলগ্ন করে শুন্য বিভবে রাখা হলে ঐ দুই পাতের মধ্যবর্তি কোন বিন্দুতে কার্যকর তড়িৎ প্রাবল্য হবে $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_o} + \frac{\sigma}{2\epsilon_o} = \frac{\sigma}{\epsilon_o}$ যেখানে $\sigma =$ আধানের তল



মাত্রিক ঘণত্ব $= \frac{Q}{A}$. যেহেতু $E = -\frac{dV}{dx}$ এবং $\int dV = -\int E.dx$ ফলে লেখা যেতে পারে

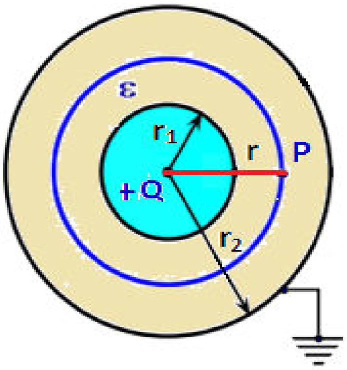
$$\int_V^0 dV = -\int \frac{\sigma}{\epsilon_o}.dx = -\frac{1}{\epsilon_o}\frac{Q}{A}\int_0^d dx \quad \text{Or,} \ V = \frac{Qd}{A\epsilon_o}$$

সুতরাং SI একক ব্যবস্থায় সমান্তরাল পাত বায়ু ধারকের ধারকত্ব হবে $C = \frac{Q}{V} = \frac{A\epsilon_o}{d}$

অনুরূপে cgs একক ব্যবস্থায় এই সমান্তরাল পাত বায়ু ধারকের ধারকত্ব হবে $C = \frac{Q}{V} = \frac{A}{4\pi d}$ । আবার সমান্তরাল পাত পরাবিদ্যুৎ ধারকের ধারকত্ব হবে $C = \frac{Q}{V} = \frac{A\epsilon_0 k}{d}$ [SI] এবং $C = \frac{Q}{V} = \frac{kA}{4\pi d}$ [cgs]

খ) গোলীয় ধারক :

সাধারণত গোলীয় ধারক গঠন করার জন্য দুটি সমকেন্দ্রিক গোলীয় খোলক নেওয়া হয় যা বায়ু বা পরাবিদ্যুৎ মাধ্যম দ্বারা পৃথক থাকে । এখন ভিতরের খোলকটিকে $+Q$ আধান দ্বারা আহিত করে যদি বাইরের খোলকটিকে ভূসংলগ্ন করা হয় তবে উহাদের অন্ত ব্যসার্দ্ধ r_1 ও বর্হিব্যসার্দ্ধ r_2 হলে ঐ গোলীয় বায়ু ধারকের দুই খোলকের অর্ন্তবর্তি স্থানে কেন্দ্র থেকে r দূরত্বে কোন বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য হবে



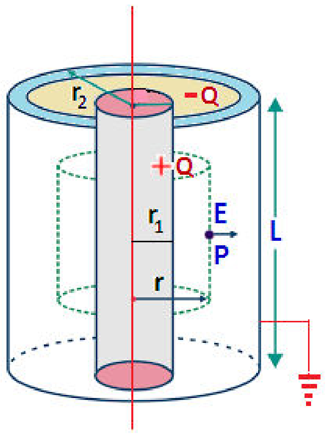
$E = -\frac{dV}{dr} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}.\frac{Q}{r^2}$ বা $-\int_V^0 dV = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}.\int_{r_1}^{r_2}\frac{Q}{r^2}dr$

অতএব লেখা যায় যে $V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}.\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$ এবং চূড়ান্তভাবে SI এককে গোলীয় বায়ু ধারকের ধারকত্ব হবে $C = \frac{Q}{V} = \frac{4\pi\epsilon_0 r_1 r_2}{r_2 - r_1}$

অনুরূপে cgs একক ব্যবস্থায় এই গোলীয় বায়ু ধারকের ধারকত্ব হবে $C = \frac{Q}{V} = \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1}$ আবার গোলীয় পরাবিদ্যুৎ ধারকের ধারকত্ব হবে $C = \frac{Q}{V} = \frac{4\pi\epsilon_0 k r_1 r_2}{r_2 - r_1}$ [SI] এবং $C = \frac{Q}{V} = \frac{k r_1 r_2}{r_2 - r_1}$ [cgs]

গ) চোঙাকৃতি ধারক :

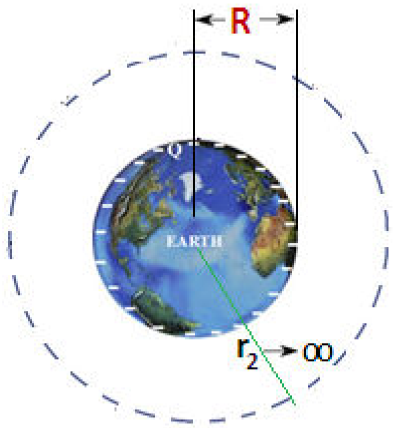
সাধারণত চোঙাকৃতি ধারক গঠন করার জন্য দুটি সমাক্ষীয় চোঙাকৃতি খোলক নেওয়া হয় যা বায়ু বা পরাবিদ্যুৎ মাধ্যম দ্বারা পৃথক থাকে । এখন ভিতরের খোলকটিকে $+Q$ আধান দ্বারা আহিত করে যদি বাইরের খোলকটিকে ভূসংলগ্ন করা হয় তবে উহাদের অন্ত ব্যসার্দ্ধ r_1 ও বর্হিব্যসার্দ্ধ r_2 হলে ঐ চোঙাকৃতি বায়ু ধারকের দুই খোলকের অর্ন্তবর্তি স্থানে কেন্দ্র থেকে r দূরত্বে কোন বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য হবে $E = -\frac{dV}{dr} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{1}{\epsilon_0}.\frac{Q}{2\pi rl}$



অতএব লেখা যায় যে $-\int_V^0 dV = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 l}.\int_{r_1}^{r_2}\frac{1}{r}dr$ বা $V = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 l}.\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$ এবং চূড়ান্তভাবে SI এককে চোঙাকৃতি বায়ু ধারকের ধারকত্ব হবে $C = \frac{Q}{V} = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$ অনুরূপে cgs একক ব্যবস্থায় এই চোঙাকৃতি বায়ু ধারকের ধারকত্ব হবে $C = \frac{Q}{V} = \frac{l}{2\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$ আবার চোঙাকৃতি পরাবিদ্যুৎ ধারকের ধারকত্ব হবে $C = \frac{Q}{V} = \frac{2\pi\epsilon_0 kl}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$ [SI] এবং $C = \frac{Q}{V} = \frac{kl}{2\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$ [cgs]

৭) পৃথিবী বা যে কোন গোলকাকৃতি বস্তুর ধারকত্ব নির্ণয় :

এখন ধরা যাক r ব্যাসার্দ্ধের একটি গোলোক নেওয়া হল । ইহাকে একটি গোলীয় বায়ু ধারকের সমতূল্য ধরা যেতে পারে যদি $r_1 = r$ ও $r_2 \rightarrow \infty$ হয় ।



সুতরাং SI এককে একটি গোলকের ধারকত্ব হওয়া উচিৎ

$C = \lim_{r_2 \to \infty} \frac{4\pi\epsilon_o r_1 r_2}{r_2 - r_1} = \lim_{r_2 \to \infty} \frac{4\pi\epsilon_o r_1}{1 - \frac{r_1}{r_2}} = 4\pi\epsilon_o r_1 = 4\pi\epsilon_o r$ এবং cgs এককে এই ধারকত্ব হবে $C = r =$ গোলকের ব্যাসার্দ্ধ । অনুরূপে পৃথিবীকে R = 6400 km ব্যাসার্দ্ধের একটি নিরেট গোলক হিসাবে ধরা হলে পৃথিবীর ধারকত্ব হবে

$$C = 4\pi\epsilon_o r\,]_{r=R} = 4\pi\epsilon_o R = \frac{1}{\left(\frac{1}{4\pi\epsilon_o}\right)} R$$

$$= \frac{1}{9\times10^9} \times (6400 \times 10^3)\mathrm{F} = \frac{1}{9\times10^9} \times (6400 \times 10^3) \times 10^6\ \mu\mathrm{F}$$

সুতরাং পৃথিবীর ধারকত্ব হল $C]_{earth} = 711.11\ \mu\mathrm{F}$

Solved Problems

1. একটি সমান্তরাল পাত ধারকের দুটি পাতের মাঝখানে বায়ু অবস্থিত এবং ইহার প্রতিটি পাতের প্রস্থচ্ছেদ $6 \times 10^{-3}\mathrm{m}^2$ এবং দুই পাতের ব্যবধান 3mm ক) এই ধারকটির ধারকত্ব নির্ণয় কর । খ) যদি ধারকটির সহিত 100V বিভব সরবরাহ যুক্ত করা হয় তবে প্রতিটি পাতে কত আধান সঞ্চিত হবে ? গ) যদি দুই পাতের মাঝে একটি 3mm বেধের মাইকা শীটকে যার পরাবিদ্যুৎ ধ্রুবক K = 6 ঢুকিয়ে দেওয়া হয় তবে ধারকটিতে কত আধান সঞ্চিত হবে ?

Ans: এখানে প্রদত্ত যে $A = 6 \times 10^{-3}\mathrm{m}^2, d = 3 \times 10^{-3}\ \mathrm{m},\ V = 100\ \mathrm{Volt}$

ক) ধারকটির ধারকত্ব হবে $C = \frac{A\epsilon_0}{d} = \frac{6\times10^{-3}\times8.85\times10^{-12}}{3\times10^{-3}} = 17.7 \times 10^{-12}\ \mathrm{F} = 18\ \mathrm{pF}$

খ) ধারকের প্রতি পাতে সঞ্চিত আধান হবে $q = CV = 18 \times 10^{-12} \times 100 = 1.8 \times 10^{-9}\mathrm{C}$ এবং দুই পাতে সঞ্চিত আধান যথাক্রমে $+1.8 \times 10^{-9}\mathrm{C}$ এবং $-1.8 \times 10^{-9}\mathrm{C}$

গ) ধারকটির মধ্যে মাইকা শীট প্রবেশ করানো হলে উহা তখন পরাবিদ্যুৎ ধারক এবং তখন ইহার ধারকত্ব হবে $C' = K\frac{A\varepsilon_0}{d} = KC_0 = 6 \times 18 = 108\ \mathrm{pF}$

সুতরাং সেক্ষেত্রে ধারকটিতে সঞ্চিত আধান হবে $q' = C'V = 108 \times 10^{-12} \times 100 = 10.8 \times 10^{-9}\mathrm{C}$

2. একটি 2F ফ্যারাড ধারকত্ব সম্পন্ন সমান্তরাল পাত ধারকের প্রতিটি পাতের প্রস্থচ্ছেদ কত হবে যদি দুই পাতের মধ্যে ব্যবধান 0.5 cm হয় । কেন সাধারনভাবে একটি ধারকের ধারকত্ব $\mu\mathrm{F}$ এককে প্রকাশ করা হয় ?

Ans: এখানে প্রদত্ত যে $C = 2\mathrm{F}, d = 0.5 \times 10^{-2}\ \mathrm{m} C = \frac{A\varepsilon_0}{d}$ সুতরাং আমরা পাই ওই পাতের প্রস্থচ্ছেদ $A = \frac{Cd}{\varepsilon_0} = \frac{2\times0.5\times10^{-2}}{8.85\times10^{-12}} = 1130 \times 10^6\mathrm{m}^2 = 1130\ \mathrm{km}^2$

এক্ষেত্রে দেখা যাচ্ছে যে ওই পাতের আকার অতিরিক্ত বেশি এবং এই কারনেই সাধারন ধারকের ক্ষেত্রে ইহার ধারত্ব $\mu\mathrm{F}$ এককে প্রকাশ করা হয় এবং তার পাতের প্রস্থচ্ছেদ তুলনামুলক ভাবে অনেক কম থাকে।

3. একটি ধারকের ধারকত্ব কিভাবে এবং শতকরা কত পরিবর্তিত হবে যদি ক) ইহার পাতের প্রস্থচ্ছেদ 50% বৃদ্ধি করা হয় এবং দুই পাতের ব্যবধান 25% কমানো হয় খ) পাতের প্রস্থচ্ছেদ অর্ধেক করা হয় এবং পাতের ব্যবধান $\frac{1}{3}$ অংশ করা হয় ।

Ans: ক) এক্ষেত্রে প্রাথমিক ধারকত্ব $C = \frac{A\epsilon_0}{d}$ এখন পাতের নতুন ক্ষেত্রফল হবে $A_2 = A + 50\%\ of\ A = \frac{3}{2}A$
সুতরাং এক্ষেত্রে পাতের ব্যবধান হবে $d_2 = d - 25\%\ of\ d = \frac{3}{4}d$
সুতরাং ধারকটির নতুন ধারকত্ব হবে $C_2 = \frac{A_2\varepsilon_0}{d_2} = \frac{3A\varepsilon_0 \times 4}{2\times 3d} = 2.\frac{A\varepsilon_0}{d} = 2C$ এখন এই ধারকত্বের শতকরা বৃদ্ধি হবে $= \frac{2C-C}{C} \times 100 = 100\%$
খ) নতুন ক্ষেত্রফল হবে $A_2 = \frac{A}{2}$ এবং নতুন ব্যবধান হবে $d_2 = \frac{d}{3}$ সুতরাং ধারকের নতুন ধারকত্ব হবে $C_2 = \frac{A_2\varepsilon_0}{d_2} = \frac{3A\varepsilon_0}{2d} = \frac{3}{2}C$
সুতরাং এক্ষেত্রে ধারকত্বের বৃদ্ধি হবে $\Delta C = C_2 - C = \frac{C}{2}$ এবং শতকরা বৃদ্ধি হবে $= \frac{\Delta C}{C} = 50\%$

4. দুটি ধারক C_1 এবং C_2 এর ধারকত্বের অনুপাত 1:2 এবং ইহাদের সমান্তরাল সমবায় ও শ্রেণী সমবায়ে এরূপ বিভব প্রভেদ যুক্ত করা হয়েছে যাতে দুই ক্ষেত্রেই উহাদের সঞ্চিত শক্তি সমান । এখন এই দুই বিভব প্রভেদের অনুপাত নির্নয় কর ।

Ans: এখানে প্রদত্ত: $\frac{C_1}{C_2} = \frac{1}{2}$ এবং $C_2 = 2C_1 C_P = C_1 + C_2 = C_1 + 2C_1 = 3C_1 C_P = \frac{C_1C_2}{C_1+C_2} = \frac{C_1\times 2C_1}{C_1+2C_1} = \frac{2C_1}{3}$
সুতরাং যদি এই দুই ক্ষেত্রে সরবরাহ প্রান্তিক বিভব প্রভেদ যথাক্রমে V_P এবং V_S হয় তবে সেক্ষেত্রে $\frac{1}{2}C_PV_P^2 = \frac{1}{2}C_SV_S^2$
অর্থাৎ পাওয়া যায় $\frac{V_P^2}{V_S^2} = \frac{C_S}{C_P} = \frac{2C_1}{3\times 3C_1} = \frac{2}{9}$ এবং $\frac{V_P}{V_S} = \frac{\sqrt{2}}{3}$

5. দুটি ধারকের ধারকত্ব অজ্ঞাত এবং ইহাদের প্রথমে শ্রেণী সমবায়ে এবং তারপর সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করা হল । যদি এই দুই ক্ষেত্রে তুল্য ধারকত্ব যথাক্রমে 6 μF এবং 25 μF হয় তবে এই দুই ধারকের ধারকত্ব নির্নয় কর ।

Ans: প্রদত্ত যে $C_s = 6\ \mu F$ এবং $C_P = 25\ \mu F$
ক) এখন শ্রেণী সমবায়ের ক্ষেত্রে $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ or $\frac{1}{6} = \frac{C_1+C_2}{C_1C_2}$ or $C_1 + C_2 = \frac{C_1C_2}{6}$ .... (1) . আবার সমান্তরাল সমবায়ের ক্ষেত্রে $C_P = C_1 + C_2$ or $C_1 + C_2 = 25$ .... (2). এখন এই দুই সমীকরন থেকে পাই $C_1C_2 = 150$ এখন লেখা যেতে পারে $(C_1 - C_2)^2 = (C_1 + C_2)^2 - 4C_1C_2 = (25)^2 - 4 \times 150 = 625 - 600 = 25$
সুতরাং চূড়ান্তভাবে $C_1 - C_2 = 5$ ...(3) এখন সমীকরন (2) ও (3) সমাধান করে পাই $C_1 = 15\ \mu F$ এবং $C_2 = 10\ \mu F$

6. তিনটি ধারের ধারকত্ব যথাক্রমে 2pF, 3pF এবং 4pF এবং ইহাদের সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করা হল ক) সমবায়ের ধারকত্ব কত হবে ? খ) প্রতিটি ধারকের সঞ্চিত আধান কত হবে যদি সমবায়টির সহিত 100V বিভব সরবরাহ যুক্ত করা হয় ।

Ans: প্রদত্ত যে $C_1 = 2 \times 10^{-12}F, C_2 = 3 \times 10^{-12}F$ এবং $C_3 = 4 \times 10^{-12}F$
ক) এক্ষেত্রে সমান্তরাল সমবায়ের জন্য $C_P = C_1 + C_2 + C_3 = 9 \times 10^{-12}F$
খ) যেহেতু সমান্তরাল সমবায় প্রান্তিক বিভব প্রভেদ ধ্রুবক থাকে (প্রতিটি ধারকের জন্য)
সুতরাং লেখা যেতে পারে
$q_1 = C_1V = 2 \times 10^{-12} \times 100 = 2 \times 10^{-10}C$ $q_2 = C_2V = 3 \times 10^{-12} \times 100 = 3 \times 10^{-10}C$ এবং $q_3 = C_3V = 4 \times 10^{-12} \times 100 = 4 \times 10^{-10}C$

7. তিনটি ধারকের প্রতিটির ধারকত্ব 9mF এবং ইহাদের শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করা হল । ক) সমবায়টির ধারকত্ব নির্নয় কর । খ) প্রতিটি ধারকের প্রান্তিক বিভব প্রভেদ কত হবে যদি সমবায়টির সহিত 120V বিভব সরবরাহ যুক্ত করা হয় ।

Ans: ক) ধরা যাক এক্ষেত্রে সমবায়টির ধারকত্ব C_S এবং এক্ষেত্রে লেখা যায়

$$\frac{1}{C_S}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}=\frac{1}{9}+\frac{1}{9}+\frac{1}{9}=\frac{1}{3}\quad \text{Or}, C_S=3\ \mu F$$

খ) এখন প্রতিটি ধারকে সঞ্চিত আধান হবে $q=C_S V=3\times10^{-6}\times120=3.6\times10^{-4}C$

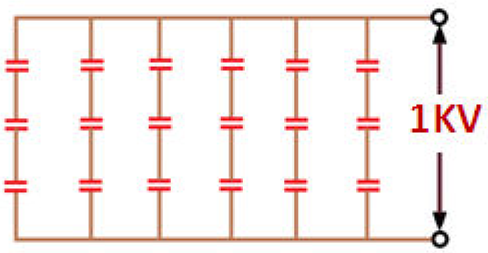
সুতরাং প্রতিটি ধারকের প্রান্তিক বিভব প্রভেদ হবে $V=\frac{q}{C}=\frac{3.6\times10^{-4}}{9\times10^{-6}}=40\ V$

8. একটি ইলেকট্রিকের মিস্ত্রির একটি বর্তনির জন্য 2 μF ধারকত্বের ধারক দরকার যেটিকে 1 kV সরবরাহ লাইনে যুক্ত করতে হবে । ওই টেকনিসিয়ানের নিকটে 1 μF ধারকত্বের অনেক গুলি ধারক আছে যেখানে প্রতিটি ধারক সর্বাধিক 400V বিভব সরবরাহ করা যায়। এক্ষেত্রে সম্ভাব্য সমবায়ের ধারনা দাও যেখানে ন্যুনতম সংখ্যক ধারক ব্যবহার করা যেতে পারে ।

Ans: ধরা যাক এক্ষেত্রে $1\ \mu F$ ধারকত্ব বিশিষ্ট n সংখ্যক ধারক ওই সমবায়ে ব্যবহার করতে হবে যাতে সমগ্র সমবায়টি 1000V বিভব সরবরাহ সহ্য করতে পারে । এখন সেক্ষেত্রে প্রতিটি ধারকের বিভব সরবরাহ হবে $V=\frac{1000}{n}$

এখন প্রশ্নানুযায়ী $\frac{1000}{n}=400$ সুতরাং আমরা পাই $n=2.5$

এখন এক্ষেত্রে দেখা যাচ্ছে যে তিনটি ধারকের শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করা যেতে পারে কিন্তু এই তিনটি ধারকের শ্রেণী সমবায়ে তুল্য ধারকত্ব C_1 হলে লেখা যেতে পারে $\frac{1}{C_1}=\frac{1}{1}+\frac{1}{1}+\frac{1}{1}$ i.e. $C_1=\frac{1}{3}\mu F$

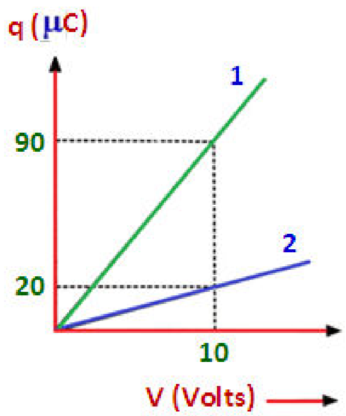


অর্থাৎ কিন্তু যেহেতু এক্ষেত্রে মোট ধারকত্ব $2\ \mu F$ ফলে সেক্ষেত্রে ওই ইলেকট্রিকের মিস্ত্রিটিকে m সংখ্যক শ্রেণী সমবায় কে সমান্তরাল ভাবে যুক্ত করতে হবে ।

সুতরাং চূড়ান্তভাবে লেখা যেতে পারে $m\times\frac{1}{3}=2$ i.e. $m=6$ অর্থাৎ এক্ষেত্রে ন্যুনতম যতগুলি ধারক ওই সমবায়ে ব্যবহার করা হবে তা হল $6\times3=18$ এবং সমবায়টি একটি মিশ্র সমবায় যেখানে 6 টি শ্রেণী সমবায় কে পরস্পরের সমান্তরালে যুক্ত করতে হবে এবং প্রতিটি শ্রেণী সমবায় 3 টি করে ধারক যুক্ত করতে হবে ।

9. দুটি ধারকের শ্রেনী এবং সমান্তরাল সমবায়ের জন্য প্রান্তিক বিভব প্রভেদের সাপেক্ষে সমবায়ে সঞ্চিত আধানের পরিবর্তনের লেখচিত্র দেখানো হয়েছে । ক) এক্ষেত্রে প্রতিটি সরলরেখার নতি কি নির্দেশ করবে ? খ) এক্ষেত্রে কোনটি শ্রেণী সমবায়ের লেখচিত্র এবং কোনটি সমান্তরাল সমবায়ের লেখচিত্র তা চিহ্নিত কর গ) প্রতিটি ধারকের ধারকত্ব নির্নয় কর ।

Ans: ক) আমরা জানি $C=\frac{q}{V}$ সুতরাং এক্ষেত্রে প্রতিটি রেখার নতি $\left(\frac{\Delta q}{\Delta V}\right)$ তুল্য বা মোট ধারকত্ব নির্দেশ করবে ।



খ) যেহেতু এক্ষেত্রে রেখা (1) এর নতি রেখা (2) অপেক্ষা বেশী । ফলে রেখা (1) সমান্তরাল সমবায়ে এবং রেখা (2) শ্রেনী সমবায়কে নির্দেশ করবে ।

গ) এক্ষেত্রে রেখা (1) এর জন্য লেখা যায় $C_P=\frac{q}{V}=\frac{9\times10^{-6}}{10}=9\times10^{-6}\ F=9\ \mu F$. এবং এখন যদি ওই দুই ধারকের ধারকত্ব যথাক্রমে C_1 এবং C_2 হয় তবে লেখা যেতে পারে $C_1+C_2=9$ ...... (1)

অনুরূপে রেখা **(2)** এর জন্য $C_s = \frac{C_1C_2}{C_1+C_2} = \frac{20\times10^{-6}}{10} = 2\ \mu F$ **Or** $C_1C_2 = 2(C_1+C_2) = 18 \ldots \ldots$ **(2)** এবং আমরা চূড়ান্তভাবে এই দুই সমীকরন সমাধান করে পাই $C_1 = 3\ \mu F$ এবং $C_2 = 6\ \mu F$

10. তিনটি অভিন্ন ধারকের প্রতিটির ধারকত্ব $3\ \mu F$ এবং ইহাদের শ্রেনী সমবায় এবং তারপর সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করা হল। প্রতি ক্ষেত্রে সমবায়ের সঙ্গে সরবরাহ বিভব V volts যুক্ত করা হলে এই দুই ক্ষেত্রে সঞ্চিত শক্তির অনুপাত নির্নয় কর।

Ans: শ্রেনী সমবায়ের ক্ষেত্রে তুল্য ধারকত্বের জন্য লেখা যায় $\frac{1}{C_S} = \frac{1}{3}+\frac{1}{3}+\frac{1}{3} = 1$ অর্থাৎ $C_S = 1\ \mu F$ আবার সমান্তরাল সমবায়ের ক্ষেত্রে লেখা যায় $C_P = 3+3+3 = 9\ \mu F$ এবং যেহেতু আমরা জানি $W = \frac{1}{2}CV^2$ সুতরাং লেখা যেতে পারে এই দুই সঞ্চিত শক্তির অনুপাত $\frac{W_S}{W_P} = \frac{\frac{1}{2}C_SV^2}{\frac{1}{2}C_PV^2} = \frac{C_S}{C_P} = \frac{1}{9}$ অর্থাৎ এক্ষেত্রে অনুপাত হবে $\frac{1}{9}$