2. સ્થિતવિદ્યુતસ્થિતિમાન અને કેપેસિટન્સ

Theory :-

* વિદ્યુતસ્થિતિમાનની વ્યાખ્યા આપી તેના SI એકમ લખો.

→ એકમ ધન વિદ્યુતભારને અનંત અંતરેથી આપેલા બિંદુએ લઈ જવા માટે વિદ્યુતક્ષેત્રની વિરુદ્ધ કરવું પડતું કાર્ય તે વિદ્યુતક્ષેત્રનું તે બિંદુ પાસેનું વિદ્યુતસ્થિતિમાન.

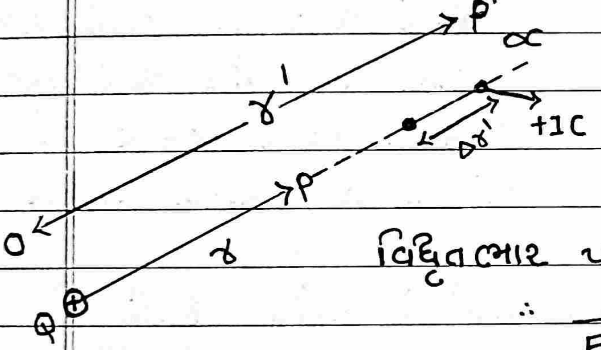
→ વિદ્યુતસ્થિતિમાન અદિશ રાશિ છે.

→ તેનું પારિમાણિક સૂત્ર :- $[M^1 L^2 T^{-3} A^{-1}]$

→ SI એકમ :- JC^{-1} અથવા વોલ્ટ (V) છે.

→ તેના અન્ય એકમ :- J/C, V, Nm/C, Wb/S, Tm/A

* બિંદુવત્ ધન વિદ્યુતભારના વિદ્યુતક્ષેત્રમાં r અંતરે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનું સૂત્ર તારવો.



→ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ ઊગમબિંદુ પર વિદ્યુતભાર Q છે. Q થી r અંતરે આવેલા P બિંદુએ વિદ્યુતસ્થિતિમાન શોધવું છે.

→ Q વડે r' અંતરે આવેલા એકમ ધન વિદ્યુતભાર પર લાગતું બળ

$$\therefore \vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{(r')^2} \cdot \hat{r}'$$

સૂક્ષ્મ સ્થાનાંતર કરવા માટે બાહ્યબળ વડે થતું કાર્ય

$$\therefore dW = \frac{-1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{(r')^2} \cdot dr'$$

એકમ ધન વિદ્યુતભારને $r' = \infty$ થી r પર લાવવા ક્ષેત્રની વિરુદ્ધ કરવું પડતું કાર્ય

$$\therefore W = \int dW$$

$$\therefore W = \frac{-Q}{4\pi\epsilon_0} \int_{\infty}^{r} \frac{1}{(r')^2} \cdot dr'$$

$$\therefore W = \frac{-Q}{4\pi\epsilon_0} \int_{\infty}^{r} (r')^{-2} dr'$$

$$\therefore W = \frac{-Q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{(r')^{-1}}{-1} \right]_{\infty}^{r}$$

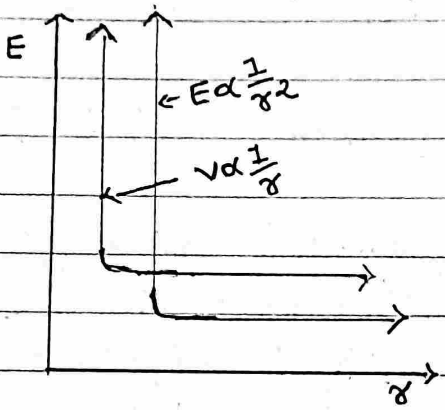
$$\therefore W = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{r'}\right]_{\infty}^{r}$$

$$\therefore W = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{r} - \frac{1}{\infty}\right]$$

$$\therefore W = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r}$$

$$\therefore W = \frac{KQ}{r}$$

નીચે આકૃતિમાં $V \rightarrow r$ તથા $E \rightarrow r$ આલેખ નીચે દર્શાવેલ છે.



→ Q વિદ્યુતભારનું r અંતરે વિદ્યુતક્ષેત્ર $E = \frac{KQ}{r^2}$ તથા વિદ્યુતસ્થિતિમાન $V = \frac{KQ}{r}$ છે.

→ જ્યારે $Q > 0$ હોય ત્યારે $V > 0$

→ જ્યારે $Q < 0$ હોય ત્યારે $V < 0$

→ અનંત અંતરે $r = \infty$ માટે સ્થિતિમાન શૂન્ય હોય છે.

વિદ્યુતક્ષેત્ર અને વિદ્યુતસ્થિતિમાન વચ્ચેનો સંબંધ મેળવો.

→ Q વિદ્યુતભારનું r અંતરે વિદ્યુતક્ષેત્ર $E = \frac{KQ}{r^2}$

→ Q વિદ્યુતભારનું r અંતરે વિદ્યુતસ્થિતિમાન $V = \frac{KQ}{r}$

ગુણોત્તર કરતા = $\frac{E}{V} = \frac{1}{r}$

$$\therefore V = Er$$

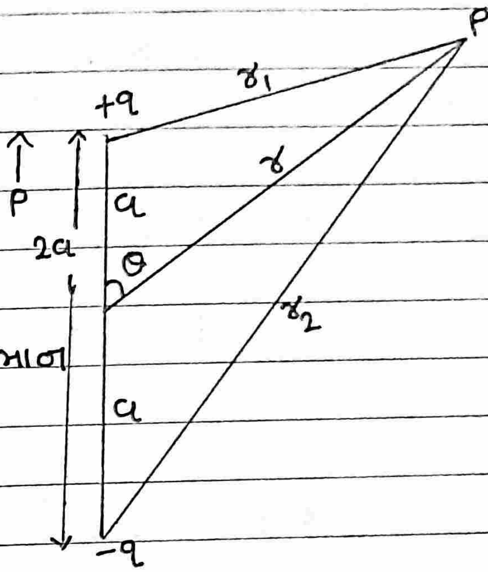
વિદ્યુત ડાઈપોલને લીધે કોઈ પણ બિંદુ આગળનું વિદ્યુત સ્થિતિમાનનું સૂત્ર મેળવો.

→ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ વિદ્યુત ડાઈપોલ O ધ્રુવો રાખેલ છે. O ધ્રુવો r અંતરે આવેલા P બિંદુ વડે ઉદ્ભવતું વિદ્યુત સ્થિતિમાન શોધવું છે.

→ ડાઈપોલની ડાઈપોલ મોમેન્ટ $P = q(2a)$ છે.

→ તેની દિશા $-q$ થી $+q$ તરફની છે.

→ $+q$ અને $-q$ વિદ્યુતભારોથી P ના અંતરો અનુક્રમે r_1 અને r_2 છે. જે આકૃતિમાં દર્શાવ્યું છે.



→ P બિંદુએ $+q$ વિદ્યુતભારને લીધે મળતું
વિદ્યુતસ્થિતિમાન $V_1 = \frac{K(+q)}{r_1}$

→ P બિંદુએ $-q$ વિદ્યુતભારને લીધે મળતું
વિદ્યુતસ્થિતિમાન $V_2 = \frac{K(-q)}{r_2}$

→ સંપાતપણાના સિદ્ધાંત અનુસાર કુલ વિદ્યુતસ્થિતિમાન

$$\therefore V = V_1 + V_2$$

$$\therefore V = \frac{Kq}{r_1} - \frac{Kq}{r_2}$$

$$\therefore V = Kq\left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right]$$

$$\therefore V = Kq\left[\frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2}\right]$$

જ્યાં $\cos\theta = \frac{r_2 - r_1}{2a}$

$\therefore r_2 - r_1 = 2a\cos\theta$

$$\therefore V = \frac{Kq\,2a\cos\theta}{r^2}$$

($r >> a$ હોય ત્યારે $r_1 = r_2 = r$ લેતાં)
($q.2a = P$)

$$\therefore V = \frac{KP\cos\theta}{r^2}$$

જ્યાં $P\cos\theta = \vec{P}\cdot\hat{r}$

$\hat{r} = \frac{\vec{r}}{r}$

$$\therefore V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{P\cos\theta}{r^2}$$

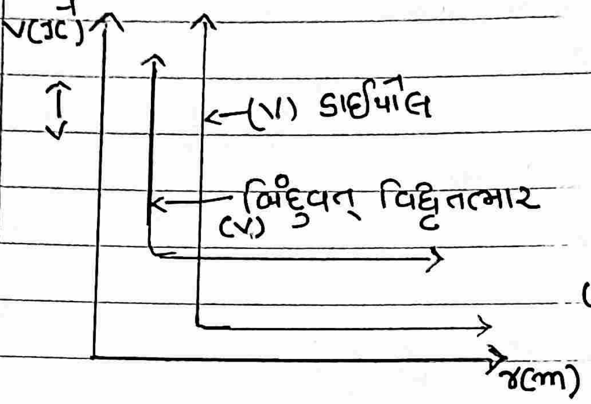
$$\therefore V = K\left[\frac{\vec{P}\cdot\vec{r}}{r^3}\right]$$

* વિદ્યુતડાઈપોલને કારણે ઉદ્ભવતા વિદ્યુતસ્થિતિમાનનું સૂત્ર લખીને તેનાં નોંધપાત્ર મુદ્દાઓ જણાવો અને તેના ખાસ કિસ્સાની ચર્ચા કરો.

વિદ્યુતડાઈપોલને કારણે કોઈ બિંદુએ ઉદ્ભવતું વિદ્યુતસ્થિતિમાન માત્ર અંતર r પર જ આધાર રાખતું નથી, પરંતુ તે બિંદુના સ્થાન

→ સદિશ r અને વિદ્યુતડાઈપોલ મોમેન્ટ $\vec{p}$ વચ્ચેના ખૂણા θ પર આધારિત છે.

→ ડાઈપોલ અને બિંદુવત વિદ્યુતભાર માટે અંતર r સાથે વિદ્યુતસ્થિતિમાનના આલેખો દર્શાવ્યા મુજબ છે.



કિસ્સાઓ

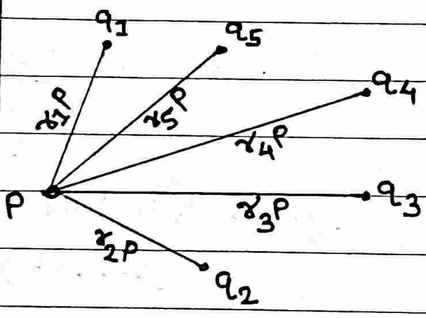
(i) ડાઈપોલની અક્ષ પરના બિંદુએ $\theta = 0^\circ$ અથવા π હોવાથી

$$\therefore V_a = \pm \frac{kp}{r^2}$$

(ii) ડાઈપોલની વિષુવરેખા પરના બિંદુ માટે $\theta = \pi/2$

$$\therefore V_e = 0$$

* N વિદ્યુતભારોના સમૂહને લીધે કોઈ પણ બિંદુ આગળના વિદ્યુતસ્થિતિમાનનું સૂત્ર તારવો.



→ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ P બિંદુથી $r_1, r_2, r_3, \dots r_N$ અંતરે અનુક્રમે $q_1, q_2, q_3, \dots q_N$ વિદ્યુતભારો છે.

→ P બિંદુ આગળ q_1 વિદ્યુતભારના લીધે વિદ્યુતસ્થિતિમાન

$$V_1 = \frac{kq_1}{r_{1P}} \quad K = \text{કુલંબ અચળાંક}$$

$$\therefore V_1 = \frac{kq_1}{r_{1P}}, \ V_2 = \frac{kq_2}{r_{2P}}, \ V_3 = \frac{kq_3}{r_{3P}}, \dots V_N = \frac{kq_N}{r_{nP}}$$

→ P પાસે કુલ વિદ્યુતસ્થિતિમાન

$$\therefore V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

$$V = k\left[\frac{q_1}{r_{1P}} + \frac{q_2}{r_{2P}} + \frac{q_3}{r_{3P}} + \dots + \frac{q_n}{r_{nP}}\right]$$

$$\therefore V = k\sum_{i=1}^{N} \frac{q_i}{r_{iP}} \quad \text{જ્યાં } i = 1, 2, 3, \dots N$$

→ P બિંદુનો સ્થાનસદિશ $\vec{r}$ અને $q_1, q_2, \dots q_N$ વિદ્યુતભારોના સ્થાનસદિશ અનુક્રમે $\vec{r_1}, \vec{r_2}, \dots \vec{r_n}$ હોય તો P બિંદુ પાસેનું

વિદ્યુતસ્થિતિમાન

$$\therefore V = K \sum_{i=1}^{N} \frac{q_i}{(\vec{r}-\vec{r_i})} \quad \text{જ્યાં } i = 1,2,3,\ldots N$$

* નિયમિત વિદ્યુતભાર વિતરણ ધરાવતાં પાતળાં ગોળાકાર વિદ્યુતભારિત કવચને કારણે કવચની બહાર, સપાટી પર અને તેની અંદરના બિંદુ માટે સ્થિતિમાનના સૂત્રો લખો.

→ કવચની બહારના અને ગોળાકાર સપાટી પરના બિંદુએ વિદ્યુતક્ષેત્ર અને વિદ્યુતસ્થિતિમાન $(r>R)$

વિદ્યુતક્ષેત્ર $E = \frac{Kq}{r^2}$ વિદ્યુતસ્થિતિમાન $V = \frac{Kq}{r}$

→ કવચની અંદરના અને ગોળાકાર સપાટી પરના બિંદુએ વિદ્યુતક્ષેત્ર તથા સ્થિતિમાન $(r<R)$

વિદ્યુતક્ષેત્ર $E = 0$ વિદ્યુતસ્થિતિમાન $V = \frac{Kq}{R}$

→ સપાટી પર $(r=R)$

$E = \frac{Kq}{r^2}$ વિદ્યુતસ્થિતિમાન $(V) = \frac{Kq}{R}$

* સમસ્થિતિમાન પૃષ્ઠ એટલે શું? 1) બિંદુવત્ વિદ્યુતભાર 2) થોડા અંતરે રહેલા $+q$ અને $-q$ વિદ્યુતભાર (ડાઈપોલ) 3) થોડા અંતરે રહેલા બે $+q$ વિદ્યુતભાર 4) સમાન વિદ્યુતક્ષેત્રના સમસ્થિતિમાન પૃષ્ઠ દોરો.

→ વ્યાખ્યા :- સમસ્થિતિમાન પૃષ્ઠ એ એવું પૃષ્ઠ છે કે જે પૃષ્ઠ પરના બધા બિંદુઓએ સ્થિતિમાન સમાન છે.

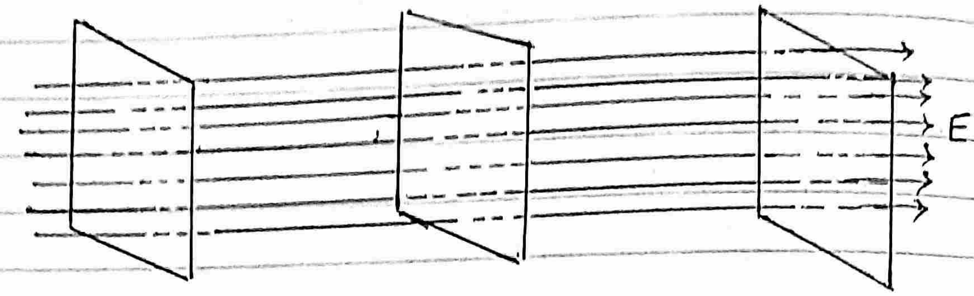
$$\therefore V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{r} \quad \therefore V = \frac{Kq}{r} \quad \therefore V \propto \frac{1}{r}$$

→ જે દર્શાવે છે કે જો r અચળ તો V અચળ છે.

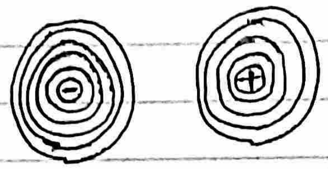
→ ક્ષેત્રરેખા દરેક બિંદુએ તે બિંદુમાંથી પસાર થતાં સમસ્થિતિમાન પૃષ્ઠ તે બિંદુએ વિદ્યુતક્ષેત્રને લંબ હોય છે.

→ વિદ્યુતક્ષેત્ર સમસ્થિતિમાન પૃષ્ઠને દરેક બિંદુએ લંબ હોવું જ જોઈએ.

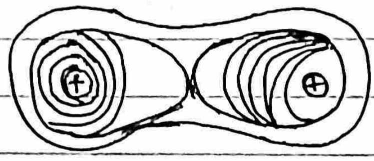
→ સમાન વિદ્યુતક્ષેત્ર $\vec{E}$, x અક્ષની દિશામાં છે. એટલે yz સમતલને સમાંતર સમતલો છે.



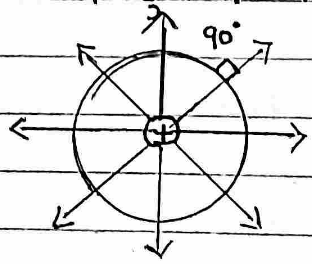
→ વિદ્યુત ડાઈપોલ માટે સમસ્થિતિમાન પૃષ્ઠ આકૃતિમાં દર્શાવેલ છે.



→ બે સમાન ધન કે ઋણ વિદ્યુતભારો પાસપાસે અચલ મૂકેલાં હોય તો તેના માટેના સમસ્થિતિમાન પૃષ્ઠ આકૃતિમાં દર્શાવેલ છે.



→ ક્ષેત્રરેખા દરેક બિંદુએ તે બિંદુમાંથી પસાર થતાં સમસ્થિતિમાન પૃષ્ઠને લંબ છે.



* વિદ્યુતક્ષેત્ર અને વિદ્યુતસ્થિતિમાન વચ્ચેનો સંબંધ મેળવો.

→ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ એકબીજાથી ખૂબ નજીક બે સમસ્થિતિમાન સપાટીઓ A અને B છે જેમના પર સ્થિતિમાનના મૂલ્ય અનુક્રમે V અને $V+\delta V$ છે. જ્યાં δV એ વિદ્યુતક્ષેત્રની દિશામાં V નો ફેરફાર છે.

→ q વિદ્યુતભારને P થી A પર લાવવા વિદ્યુતક્ષેત્રની વિરુદ્ધ કરવું પડતું કાર્ય $|\vec{E}|\delta l$ છે.

$$\therefore W = V_A - V_B$$

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

$$\therefore |\vec{E}|\delta l = V - V - \delta V$$

$$\therefore |\vec{E}| = \frac{-\delta V}{\delta l} \quad (\delta V = \text{ઋણ})$$

$$\therefore |\vec{E}| = \frac{\delta V}{\delta l} = \frac{V}{l}$$

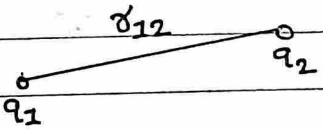
→ $\frac{\delta V}{\delta l}$ ને વિદ્યુતસ્થિતિમાનનું પ્રચલન કહે છે.

→ તેનો એકમ Vm^{-1} છે.

→ પારીમાણિક સૂત્ર :- $[M^1 L^1 T^{-3} A^{-1}]$

* બે અથવા વધુ વિદ્યુતભારોના તંત્ર વડે ઉદ્ભવતી સ્થિતિઊર્જાનું સૂત્ર મેળવો.

→ બે વિદ્યુતભારોના તંત્ર માટે :-



આકૃતિમાં q_1 અને q_2 વિદ્યુતભારનું તંત્ર દર્શાવ્યું છે.

→ આ તંત્રની સ્થિતિઊર્જા શોધવી છે.

→ તે માટે q_1 અને q_2 વિદ્યુતભારને અનંત અંતરે વિચારો.

→ q_1 વિદ્યુતભારને $\vec{r_1}$ સ્થાનસદિશ દર્શાવતા બિંદુએ લાવવા ક્ષેત્રની વિરુદ્ધ કરવું પડતું કાર્ય $W_1 = 0$ થશે. કારણ કે વિદ્યુતક્ષેત્ર શૂન્ય છે.

→ q_1 વિદ્યુતભારનું અવકાશમાં વિદ્યુતસ્થિતિમાન

$$\therefore V_1 = \frac{kq_1}{r_1}$$

→ q_2 ને $\vec{r_2}$ સ્થાનસદિશ દર્શાવતા બિંદુએ લાવવા ક્ષેત્રની વિરુદ્ધ કરવું પડતું કાર્ય

$$\therefore W_2 = q_2 \cdot V_1$$

$$W_2 = \frac{kq_1 q_2}{r_{12}}$$

→ કાર્ય એટલે q_1, q_2 ના તંત્રની સ્થિતિઊર્જા

$$\therefore U = W_1 + W_2$$

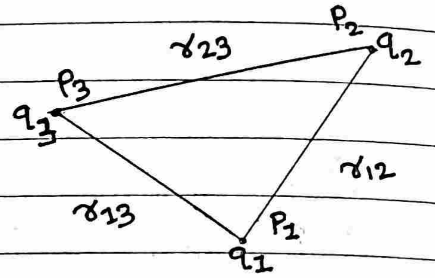
$$\therefore U = \frac{kq_1q_2}{r_{12}}$$

ત્રણ વિદ્યુતભારના તંત્ર માટે :-

$$U = W_2 = \frac{kq_1q_2}{r_{12}} \qquad W_1 = 0$$

→ q_1 અને q_2 વડે $\vec{r_3}$ અંતરે ઉદ્ભવતું સ્થિતિમાન

$$V_{12} = \frac{kq_1}{r_{13}} + \frac{kq_2}{r_{23}}$$



→ q_3 ને $\vec{r_3}$ અંતરે લાવવા ક્ષેત્રની વિરુદ્ધ કરવું પડતું કાર્ય

$$\therefore W_3 = q_3 V_{12}$$

$$\therefore W_3 = \frac{kq_1q_3}{r_{13}} + \frac{kq_2q_3}{r_{23}}$$

→ તંત્રની સ્થિતિઊર્જા એટલે q_1, q_2, q_3 વિદ્યુતભારોની ગોઠવણી માટે કુલ કાર્ય

$$\therefore U = W_1 + W_2 + W_3$$

$$0 + \frac{kq_1q_2}{r_{12}} + \frac{kq_1q_3}{r_{13}} + \frac{kq_2q_3}{r_{23}}$$

$$\therefore U = \frac{kq_1q_2}{r_{12}} + \frac{kq_2q_3}{r_{23}} + \frac{kq_1q_3}{r_{13}}$$

* ઈલેક્ટ્રૉનવોલ્ટની વ્યાખ્યા આપો અને તેને જૂલ એકમમાં દર્શાવો.

→ વ્યાખ્યા :- "1 વોલ્ટ વિદ્યુતસ્થિતિમાનની અસર હેઠળ પ્રવેગિત થતા ઈલેક્ટ્રૉનની ગતિઊર્જામાં થતાં ફેરફારને એક ઈલેક્ટ્રૉન વોલ્ટ કહે છે."

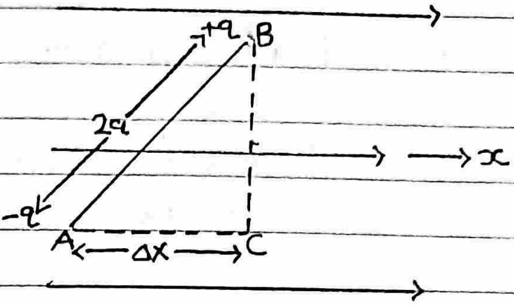
→ તેણે પ્રાપ્ત કરેલી ઊર્જા $= q\Delta V$

$= 1.6 \times 10^{-19} \times 1$

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

* બાહ્ય ક્ષેત્રમાં એકબીજાથી r અંતરે રહેલાં બે બિંદુવત્ વિદ્યુતભારો માટે સ્થિતિઊર્જાનું સૂત્ર તારવો.

→ આકૃતિમાં -q અને +q વિદ્યુતભારવાળી ડાઈપોલને સમાન વિદ્યુતક્ષેત્ર $\vec{E}$ માં મુકેલી છે. ડાઈપોલની લંબાઈ 2a છે. વિદ્યુતક્ષેત્ર સાથે ડાઈપોલ મોમેન્ટ θ ખૂણો બનાવે તે રીતે મુકેલ છે.



→ +q અને -q વિદ્યુતભારો પર $+q\vec{E}$ અને $-q\vec{E}$ જેટલા સમાન મૂલ્યના અને પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશામાં બળ લાગે છે.

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

$$\tau = PE\sin\theta$$

$$\therefore W = \int_{\theta_0}^{\theta_1} PE\sin\theta \, d\theta$$

$$\therefore W = PE\int_{\theta_0}^{\theta_1} \sin\theta \, d\theta$$

$$W = PE\left[-\cos\theta\right]_{\theta_0}^{\theta_1}$$

$$W = PE\left[\cos\theta_0 - \cos\theta_1\right]$$

→ આ કાર્ય ડાઈપોલ સ્થિતિઊર્જા સ્વરૂપે સંગ્રહ પામે છે.

→ શરૂઆતમાં ડાઈપોલ $\theta_0 = \frac{\pi}{2}$ ખૂણે મુકેલ હોય તો તે સ્થિતિમાંથી તેને $\theta_1 = \theta$ કોણ બનાવે તેમ ભ્રમણ આપીએ તો ડાઈપોલની સ્થિતિઊર્જા

$$\therefore U = PE\left[\cos\frac{\pi}{2} - \cos\theta\right]$$

$$\therefore U = PE\left[0 - \cos\theta\right]$$

$$U = -PE\cos\theta$$

$$U = -\vec{P}\cdot\vec{E}$$

~~$U = -[\vec{P}\cdot\vec{E}]$~~

* સમાન વિદ્યુતક્ષેત્રમાં મુકેલ ડાઈપોલની સ્થાયી સમતોલન, અસ્થાયી સમતોલન અને મહત્તમ અસમતોલનની સ્થિતિ સમજાવો.

→ સમાન વિદ્યુતક્ષેત્રમાં મુકેલ ડાઈપોલની સ્થિતિઊર્જા

$$U = -\vec{P}\cdot\vec{E} = \therefore U = -PE\cos\theta$$

→ જો $\vec{P} \parallel \vec{E} \Rightarrow \theta = 0$

$\therefore U = -PE$ જે ડાઈપોલની સ્થાયી સમતોલન સ્થિતિમાં છે.

→ જો $\vec{P} \parallel (-\vec{E}) \Rightarrow \theta = 180^\circ$

$\therefore U = +PE$ જે સ્થિતિઊર્જાનું મહત્તમ મૂલ્ય છે.

→ જો $\vec{P} \perp \vec{E} \Rightarrow \theta = 90^\circ$

$\therefore U = 0$ જે ડાઈપોલની મહત્તમ અસમતોલન સ્થિતિ દર્શાવે છે.

* સ્થિત વિદ્યુતશાસ્ત્રને લાગતાં સુવાહકોનાં અગત્યના પરિણામ લખો.

→ સુવાહકના અંદરના ભાગમાં સ્થિતવિદ્યુતક્ષેત્ર શૂન્ય હોય છે.

→ વિદ્યુતભારિત સુવાહકની સપાટી પર સ્થિતવિદ્યુતક્ષેત્ર સપાટીને દરેક બિંદુએ લંબ હોય છે.

→ સ્થાયી સ્થિતિમાં અંદરના ભાગમાં વધારાનો વિદ્યુતભાર હોઈ શકે નહિ.

→ સુવાહકના સમગ્ર કદમાં સ્થિતવિદ્યુતસ્થિતિમાન અચળ હોય છે.

વિદ્યુતભારિત સુવાહકની સપાટી પર વિદ્યુતક્ષેત્ર

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}\hat{n} \text{ છે.}$$

→ કોઈ પણ સુવાહકની બખોલની અંદરના ભાગમાં વિદ્યુતક્ષેત્ર શૂન્ય છે. એટલે કે ઈલેક્ટ્રોસ્ટેટિક શીલ્ડિંગ થાય છે.

* સુવાહકની અંદરના ભાગમાં સ્થિતવિદ્યુતક્ષેત્ર શૂન્ય હોય છે.

→ સુવાહકની સ્થાયી સ્થિતિમાં અંદરના ભાગમાં કે સપાટી પર કોઈ વિદ્યુતપ્રવાહ ન હોય ત્યારે સુવાહકની અંદરના ભાગમાં સ્થિતવિદ્યુત ક્ષેત્ર શૂન્ય છે.

→ સુવાહકમાં મુક્ત ઈલેક્ટ્રોન હોય છે.

→ સુવાહકને વિદ્યુતક્ષેત્રમાં મુકવાથી મુક્ત ઈલેક્ટ્રોન બળ અનુભવે છે અને દાસકાય છે.

→ મુક્ત ઈલેક્ટ્રોન અને ધન વિદ્યુતભારો એવી રીતે વહેંચાય છે કે જેથી સુવાહકની અંદર બધે વિદ્યુતભારો હોતા નથી તેથી

→ સુવાહકની અંદર સ્થિતવિદ્યુતક્ષેત્ર શૂન્ય હોય છે.

* વિદ્યુતભારિત સુવાહકની સપાટી પર વિદ્યુતક્ષેત્રનું સૂત્ર મેળવો.

$$\phi = E\Delta S\cos\theta$$

$$\phi = E\Delta S\cos(0^\circ)$$

$$\phi = E\Delta S$$

પીલબોક્સ વડે ઘેરાતો વિદ્યુતભાર

$$q = \sigma\Delta S$$

ગાઉસના નિયમ પરથી

$$\phi = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

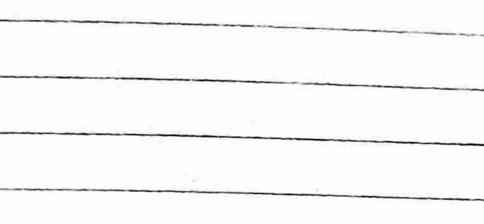
$$E\Delta S = \frac{\sigma\Delta S}{\varepsilon_0}$$

$$\therefore E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

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

→ જો σ ધન હોય તો $\vec{E}$ પૃષ્ઠમાંથી બહારની તરફ લંબ હોય.
→ જો σ ઋણ હોય તો $\vec{E}$ પૃષ્ઠની અંદર તરફ લંબ હોય.

જરૂરી આકૃતિ દોરીને સ્થિતવિદ્યુત શીલ્ડિંગ સમજાવો.



→ ધારો કે આકૃતિમાં દર્શાવ્યા અનુસાર એક બખોલવાળા વાહકને બાહ્ય વિદ્યુતક્ષેત્રમાં મૂકેલ છે.
→ વિદ્યુતભાર વાહકની બહારની સપાટી પર જ વિતરીત થાય છે. અંદરના વિસ્તારમાં વિદ્યુતક્ષેત્ર શૂન્ય રહે છે.
→ બખોલની ફરતે ગાઉસિયન પૃષ્ઠ લઈએ તો આ પૃષ્ઠ પર વિદ્યુતક્ષેત્ર શૂન્ય હોવાથી બખોલની સપાટી પર વિદ્યુતભાર શૂન્ય મળે છે.
→ બખોલમાં વિદ્યુતભાર ન હોવાથી બખોલના અંદરના વિસ્તારમાં વિદ્યુતક્ષેત્ર શૂન્ય હોય છે.
→ ઉદા :- જો આપણે કારમાં બેઠા હોઈએ અને વીજળીના કડાકા થતા હોય તો વીજળીથી બચવા કારના બારણાં બંધ કરી દેતાં આપણે કારની બખોલમાં આવી જઈએ છીએ. તેથી ઈલેક્ટ્રોસ્ટેટિક શિલ્ડિંગ થતા આપણને રક્ષણ મળે છે.

* ડાયઈલેક્ટ્રિક પદાર્થ કોને કહે છે? તેના પ્રકાર લખી ઉદા સહિત સમજાવો.

→ ડાયઈલેક્ટ્રિક પદાર્થ અવાહક છે.

→ વ્યાખ્યા:- ડાઈઈલેક્ટ્રિક એવો પદાર્થ છે કે તેમાંથી વિદ્યુતભારોને પસાર થવા દેતો નથી પણ તેમાં વિદ્યુતભારોને એકબીજા પર વિદ્યુતબળ લગાડવાની છૂટ આપે છે.

→ દ્રવ્યના અણુઓ ધ્રુવીય કે અધ્રુવીય હોઈ શકે છે.
ડાઈઈલેક્ટ્રિકના બે પ્રકાર છે.

→ (i) ધ્રુવીય

→ ii) અધ્રુવીય

→ ધ્રુવીય :- જે ડાયઈલેક્ટ્રિકના અણુઓ કાયમી વિદ્યુતડાઈપોલ ચાકમાત્રા ધરાવે છે તેમને ધ્રુવીય ડાયઈલેક્ટ્રિક કહે છે.
દા.ત- HCl, H_2O વગેરે...

→ આવા પદાર્થોમાં ધન વિદ્યુતભાર અને ઋણવિદ્યુતભારના કેન્દ્રો પર બિંદુ સંપાત થયેલાં હોતા નથી.

→ અધ્રુવીય :- જે ડાયઈલેક્ટ્રિકના અણુઓ કાયમી વિદ્યુતડાઈપોલ ચાકમાત્રા ધરાવતી નથી તેમને અધ્રુવીય ડાયઈલેક્ટ્રિક કહે છે.

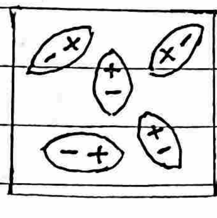
→ દા.ત - H_2, O_2 વગેરે

→ આવા પદાર્થોમાં ધન વિદ્યુતભાર અને ઋણવિદ્યુતભાર કેન્દ્રો પર બિંદુ સંપાત થયેલાં જોવા મળે છે.

* સમાન વિદ્યુતક્ષેત્રમાં ધ્રુવીય અણુનું ધ્રુવીભવન સમજાવો.

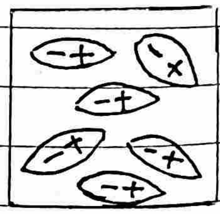
→ ધ્રુવીય અણુઓની કાયમી ડાઈપોલ ચાકમાત્રા શૂન્ય છે.
કારણ કે ઉષ્મીય ગતિને લીધે ડાઈપોલ ચાકમાત્રા અસ્તવ્યસ્ત હોય છે. પણ કુલ ડાઈપોલ ચાકમાત્રા શૂન્ય હોય છે.

$E = 0$



→ જયારે બાહ્ય વિદ્યુતક્ષેત્ર લગાડવામાં આવે છે ત્યારે વ્યક્તિગત ડાઈપોલ ચાકમાત્રાઓ ક્ષેત્રને સમાંતર બનવાનો પ્રયત્ન કરે છે. આવી બધા અણુઓ માટે સરવાળો કરતા, વિદ્યુતક્ષેત્રની દિશામાં ચોખ્ખી ડાયપોલ ચાકમાત્રા મળે છે.

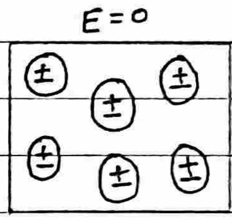
$E \neq 0$



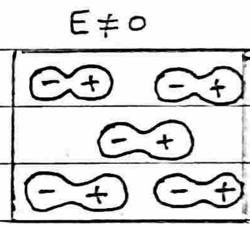
→ ધ્રુવીભવનનું પ્રમાણ બે પરસ્પર વિરોધી પરિબળોની સાપેક્ષ પ્રબળતા પર આધારિત છે.

→ બાહ્યક્ષેત્રમાં ડાયપોલ સ્થિતિઊર્જા કે જે ડાયપોલ્સને ક્ષેત્રને સમાંતર ગોઠવવાનો પ્રયત્ન કરે છે. તે અને ઉષ્મીય ઊર્જા જે આવી ગોઠવણને છિન્નભિન્ન કરે છે.

* સમાન વિદ્યુતક્ષેત્રમાં અધ્રુવીય અણુનું ધ્રુવીભવન સમજાવો.



→ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે બાહ્ય વિદ્યુતક્ષેત્રમાં અધ્રુવીય અણુના ધન અને ઋણ વિદ્યુતભારો પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશાઓમાં સ્થાનાંતર પામે છે.



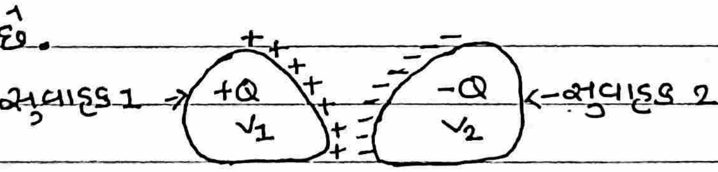
→ જ્યારે અણુઓના ઘટક વિદ્યુતભારો પરનું બાહ્યબળ પુનઃ સ્થાપક બળ વડે સમતુલિત થાય છે. ત્યારે સ્થાનાંતર અટકી જાય છે. આમ અધ્રુવીય અણુઓમાં પ્રેરિત ડાઇપોલ ચાકમાત્રા ઉદ્ભવે છે.

→ બાહ્ય ક્ષેત્રની હાજરીમાં જુદા જુદા અણુઓની ડાઇપોલ ચાકમાત્રાઓનો સરવાળો કરવાથી ડાઇઇલેક્ટ્રિકની ચોખ્ખી ડાઇપોલ ચાકમાત્રા મળે છે.

→ રેખીય સમદિગ્ધર્મી ડાયઇલેક્ટ્રિક :- બાહ્ય ક્ષેત્રમાં મૂકેલાં અધ્રુવીય અણુમાં જ્યારે પ્રેરિત ડાઇપોલ ચાકમાત્રા વિદ્યુતક્ષેત્રની દિશામાં હોય અને ક્ષેત્રની તીવ્રતાના સમપ્રમાણમાં હોય તો તેને રેખીય સમદિગ્ધર્મી ડાયઇલેક્ટ્રિક કહે છે.

* કેપેસિટર શું છે? તેની સમજૂતી આપો અને SI એકમ જણાવો.

→ કેપેસિટર એ એકબીજાથી અલગ રાખેલા બે સુવાહકોથી બનતી રચના છે.



→ ધારો કે બે સુવાહક પર વિદ્યુતભાર $-Q$ અને $+Q$ છે. તથા સ્થિતિમાન અનુક્રમે V_1 અને V_2 છે. તેમની વચ્ચેનો સ્થિતિમાન તફાવત $V = V_1 - V_2$ છે.

→ એક સુવાહક પરના વિદ્યુતભાર Q ને કેપેસિટરનો વિદ્યુતભાર કહે છે.

→ બીજા સુવાહક પરના વિદ્યુતભાર $-Q$ ને કેપેસિટરનો વિદ્યુતભાર કહે છે.

→ કેપેસિટર પરનો કુલ વિદ્યુતભાર શૂન્ય છે.

→ કેપેસિટરની અંદર વિદ્યુતક્ષેત્ર અને વિદ્યુતભાર સમપ્રમાણમાં હોય છે. $\therefore E \propto Q$

→ પરીક્ષણ વિદ્યુતભારને સુવાહક 2 થી સુવાહક 1 પર લઈ જતાં એકમ ધન વિદ્યુતભાર દીઠ વિદ્યુતક્ષેત્રની વિરુદ્ધ કરેલું કાર્ય એટલે સ્થિતિમાનનો તફાવત V છે. તેથી V પણ Q વિદ્યુતભારના સમપ્રમાણમાં છે. $\therefore V \propto Q$

→ આથી $\frac{Q}{V}$ નો ગુણોત્તર અચળ રહે છે.

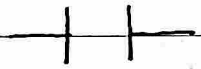
$\therefore C = \frac{Q}{V}$ જ્યાં C ને કેપેસિટરનું કેપેસિટન્સ કહે છે.

→ કેપેસિટરનો SI એકમ $\frac{\text{કુલંબ}}{\text{વૉલ્ટ}}$ છે.

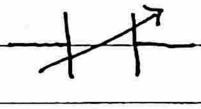
→ માઈકલ ફેરેડેની યાદમાં ફેરેડ એકમ પણ કહે છે.

→ પારિમાણિક સૂત્ર $[M^{-1} L^{-2} T^{4} A^{2}]$

→ નિશ્ચિત મૂલ્ય ધરાવતા કેપેસિટરની પરિપથ સંજ્ઞા

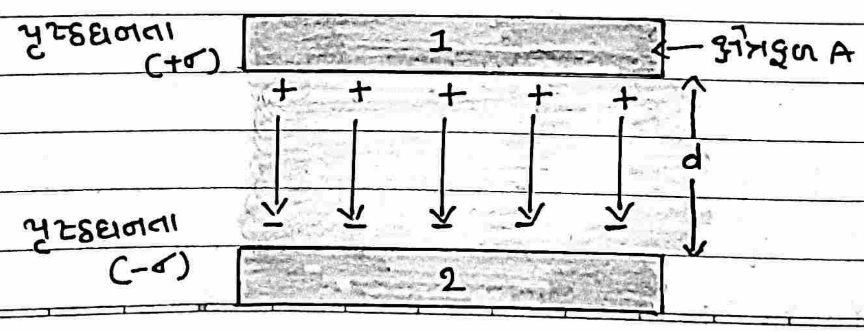


→ ચલ મૂલ્ય ધરાવતા કેપેસિટરના પરિપથની સંજ્ઞા



* સમાંતર પ્લેટ કેપેસિટર કોને કહે છે? આવા કેપેસિટરના કેપેસિટન્સનું સૂત્ર મેળવો અને તેના મૂલ્યનો આધાર કઈ કઈ બાબતો પર છે.

→ કેપેસિટર એ એકબીજાથી અલગ કરેલી બે સુવાહકોથી બનતી રચના છે.



→ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા અનુસાર 1 અને 2 વાહક પ્લેટ પરનો વિદ્યુતભાર અનુક્રમે Q અને −Q છે. દરેક પ્લેટનું ક્ષેત્રફળ A છે. તથા તેમની વચ્ચેનું અંતર d છે.

→ અનંત અંતરે સમતલથી ઉદ્‌ભવતા વિદ્યુતક્ષેત્ર

$$\therefore E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$ જ્યાં σ = વિદ્યુતભારની પૃષ્ઠ ઘનતા

→ પ્લેટ 1 ની ઉપરના વિસ્તારમાં વિદ્યુતક્ષેત્ર

$$\therefore E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$\therefore E = 0$$

→ પ્લેટ 2 ની ઉપરના વિસ્તારમાં વિદ્યુતક્ષેત્ર

$$\therefore E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$\therefore E = 0$$

→ પ્લેટ 1 અને પ્લેટ 2 ની વચ્ચેના વિસ્તારમાં વિદ્યુતક્ષેત્ર

$$\therefore E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} + \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$\therefore E = \frac{2\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$ જ્યાં $\left(\sigma = \frac{Q}{A}\right)$

$$\therefore E = \frac{Q}{\varepsilon_0 A}$$

→ સમાન વિદ્યુતક્ષેત્ર માટે

$$V = E.d$$

$$\therefore V = \frac{Q}{\varepsilon_0 A}.d$$

→ સમાંતર પ્લેટ કેપેસિટરનું કેપેસિટન્સ

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{Q.d}{\varepsilon_0 A}}$$

$$\therefore C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$$ જેને કેપેસિટરના કેપેસિટન્સનું સૂત્ર કહે છે.

→ સમાંતર પ્લેટ કેપેસિટરનું કેપેસિટન્સ નીચેની બાબતો પર આધાર રાખે છે.

→ (i) પ્લેટના ક્ષેત્રફળ પર [$C \propto A$]

→ પ્લેટો વચ્ચેના અંતર પર $[C \propto \frac{1}{d}]$

→ પ્લેટો વચ્ચેના માધ્યમની પરમીટીવીટી પર $[C \propto \varepsilon]$

* સમાંતર પ્લેટ કેપેસિટરના કેપેસિટન્સ પર ડાઈઈલેક્ટ્રિકની અસર સમજાવો. અને ડાઈઈલેક્ટ્રિક અચળાંકનું સૂત્ર મેળવો.

→ ક્ષેત્રફળ A હોય તેવી બે મોટી પ્લેટોને એકબીજાથી d અંતરે મૂકેલી છે. પ્લેટ પરનો વિદ્યુતભાર $\pm Q$ છે. અને તેમની પૃષ્ઠઘનતા $\pm\sigma$ છે.

→ બે પ્લેટ વચ્ચે શૂન્યાવકાશ હોય ત્યારે તેમની વચ્ચે ઉદ્ભવતું વિદ્યુતક્ષેત્ર

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

→ વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત V_0 છે. $\therefore V_0 = E_0 d$

→ કેપેસિટરનું કેપેસિટન્સ C_0 હોય તો

$$\therefore C_0 = \frac{Q}{V_0}$$

$$\therefore C_0 = \frac{\sigma A}{E_0 d}$$

$$C_0 = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$$

→ ડાઈઈલેક્ટ્રીક ધ્રુવીભવન થવાથી તેની બંને પ્લેટો પર વિદ્યુતભારની પૃષ્ઠઘનતા $\pm\sigma_p$ થશે.

તેથી બે પ્લેટો વચ્ચેનું વિદ્યુતક્ષેત્ર

$$\therefore E = E_0 - E_p$$

$$\therefore E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} - \frac{\sigma_p}{\varepsilon_0}$$

$$\therefore E = \frac{\sigma - \sigma_p}{\varepsilon_0}$$

→ વિદ્યુતસ્થિતિમાન તફાવત $V = Ed$

$$= \frac{\sigma - \sigma_p}{\varepsilon_0} . d$$

→ રેખીય ડાયઈલેક્ટ્રિક માટે σ એ E_0 ને સમપ્રમાણમાં હોય છે. તેથી $\sigma - \sigma_p$ એ E ના સમપ્રમાણમાં છે.

$$\therefore V = \frac{\sigma d}{\varepsilon_0 . K} = \frac{Qd}{A . \varepsilon_0 K} \quad \left(\sigma = \frac{Q}{A}\right)$$

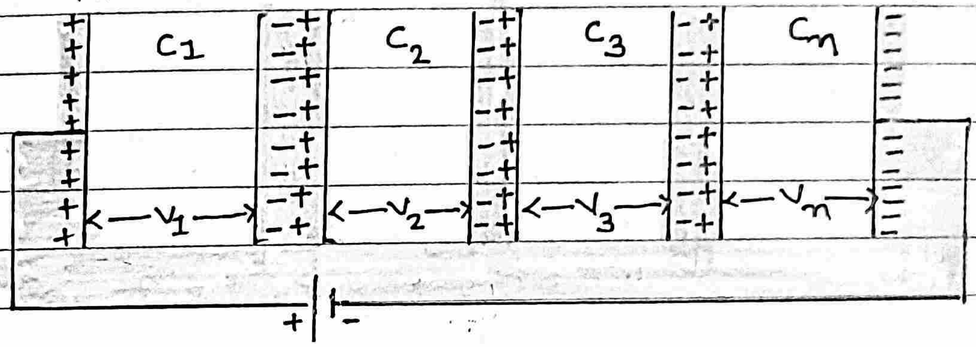
→ ડાયઈલેક્ટ્રિક માધ્યમવાળા કેપેસિટરનું કેપેસિટન્સ

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{A\varepsilon_0 K}{d} = K\frac{\varepsilon_0 A}{d}$$

$$C = KC_0$$

→ ડાયઈલેક્ટ્રિક (K) ના માધ્યમવાળા કેપેસિટરનું કેપેસિટન્સ શૂન્યાવકાશ ના માધ્યમવાળા કેપેસિટરના કેપેસિટન્સ કરતાં K ગણું વધુ છે.

* કેપેસિટરનું શ્રેણી જોડાણ એટલે શું? જુદા જુદા કેપેસિટન્સવાળા બે / n કેપેસિટરોના શ્રેણી જોડાણનું સમતુલ્ય કેપેસિટન્સનું સૂત્ર મેળવો.



આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ $C_1, C_2, C_3 \cdots C_n$ કેપેસિટન્સવાળા n કેપેસિટરોને શ્રેણી જોડાણમાં દર્શાવ્યું છે.
દરેક કેપેસિટરના કેપેસિટન્સ પ્લેટ પરનો વિદ્યુતભાર સમાન પરંતુ કેપેસિટન્સ જુદા જુદા હોય છે.
$C_1, C_2, C_3 \cdots C_n$ કેપેસિટરના n છેડા વચ્ચે વિદ્યુત સ્થિતિમાન અનુક્રમે $V_1, V_2, V_3 \cdots V_n$ છે. તેથી તેમની વચ્ચેનો વિદ્યુત સ્થિતિમાન તફાવત V હોય તો

$$V_1 = \frac{Q}{C_1}, \quad V_2 = \frac{Q}{C_2}, \quad V_3 = \frac{Q}{C_3}, \quad V_n = \frac{Q}{C_n}$$

કુલ વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત

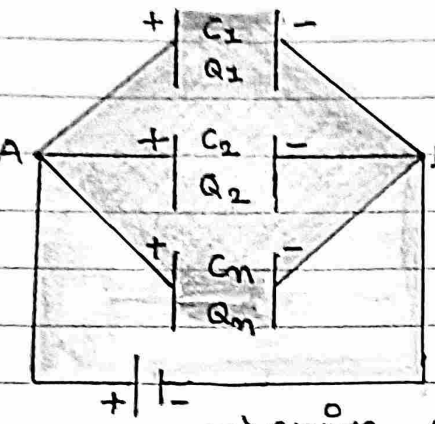
$$\therefore V = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n$$

$$\therefore V = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} + \cdots + \frac{Q}{C_n}$$

$$\therefore \frac{V}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \qquad \left[C = \frac{Q}{V}\right]$$

$$\therefore \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$ જેને કેપેસિટરનું શ્રેણી જોડાણ કહે છે.

* કેપેસિટરોનું સમાંતર જોડાણ એટલે શું? બે/અજુદા જુદા કેપેસિટરસ ના સમાંતર જોડાણનું સૂત્ર મેળવો.



→ આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ જોડાણને કેપેસિટરોનું સમાંતર જોડાણ કહે છે. તેમાં કેપેસિટરોના વિદ્યુતસ્થિતિમાન તફાવત સમાન પણ હોય છે જ્યારે વિદ્યુતભારો જુદા જુદા હોય છે.

→ કુલ વિદ્યુતભાર

$Q_1 = C_1V$, $Q_2 = C_2V$, $Q_n = C_nV$

→ સમાંતર જોડાણમાં કુલ વિદ્યુતભાર

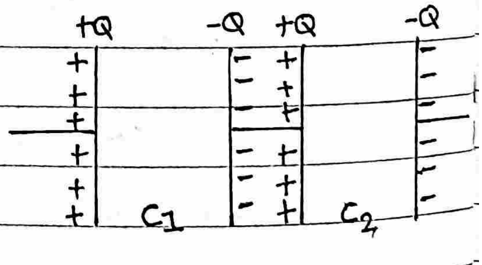
$$\therefore Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

$$\therefore Q = C_1V + C_2V + \dots + C_nV$$

$$\therefore \frac{Q}{V} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

$$\therefore C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$ જેને કેપેસિટરનું સમાંતર જોડાણ કહે છે.

* કેપેસિટરમાં ઊર્જા કેવી રીતે સંગ્રહ પામે છે. અને કેપેસિટરમાં સંગ્રહ પામતી ઊર્જાનું સૂત્ર મેળવો.



આકૃતિમાં +Q અને −Q વિદ્યુતભારીત પ્લેટોથી બનેલ કેપેસીટર દર્શાવ્યું છે. કેપેસીટરમાં સંગ્રહિત ઊર્જા શોધવી છે. dq જેટલો સૂક્ષ્મ વિદ્યુતભાર ટૂકડે ટૂકડે પ્લેટ 2 પરથી પ્લેટ 1 પર લઈ જવા +Q વિદ્યુતભાર કરવામાં આવે છે.

બે પ્લેટ વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાન $V = \frac{Q}{C}$

$\therefore dW = V dq$

$\therefore dW = \frac{q}{C} dq$

કુલ કાર્ય

$\therefore W = \int dW$

$\therefore W = \int_{0}^{Q} \frac{q}{C} dq$

$\therefore W = \frac{1}{C} \int_{0}^{Q} q dq$

$\therefore W = \frac{1}{C} \cdot \frac{Q^2}{2}$

$\therefore W = \frac{Q^2}{2C}$

આ કાર્ય કેપેસીટરમાં સ્થિતિઊર્જા સ્વરૂપે સંગ્રહ પામે છે.

$\therefore U = \frac{Q^2}{2C}$ $(Q = CV)$

$\therefore U = \frac{1}{2} CV^2$ or $\therefore U = \frac{1}{2} CV \cdot V$

$\therefore U = \frac{1}{2} Q \cdot V$