# PHYSICS

# भौतिक विज्ञान

# 12TH NOTES

## एकदम सरल भाषा में

By- Vikrant sir

Mob-7323096623

# संपूर्ण भौतिकी कक्षा 12



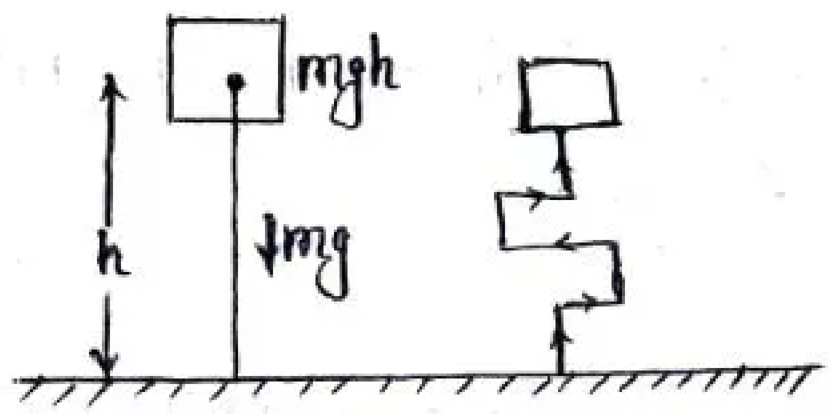

By- Vikrant sir

Mob-7323096623

# अध्याय-02 स्थिर वैद्युत विभव तथा धारिता

* संरक्षी बल :- वे बल जो पथ पर निर्भर नहीं करते, केवल वस्तु प्रारंभिक व अंतिम स्थिति पर निर्भर करते हैं, "संरक्षी बल" कहलाते हैं।

उदा :- गुरुत्वाकर्षण बल, स्थिर वैद्युतिकी बल ....

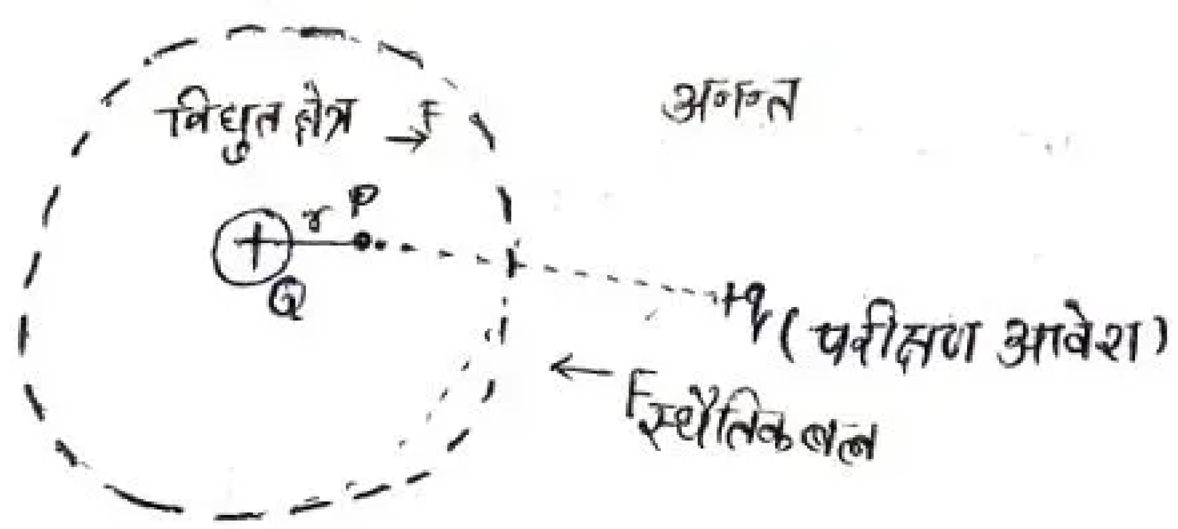



* असंरक्षी बल – वे बल जो पथ पर निर्भर करते हैं 'असंरक्षी बल' कहलाता है।

उदा :- घर्षण बल, श्यान बल आदि।

→ स्थिरवैद्युतिकी स्थितिज ऊर्जा -

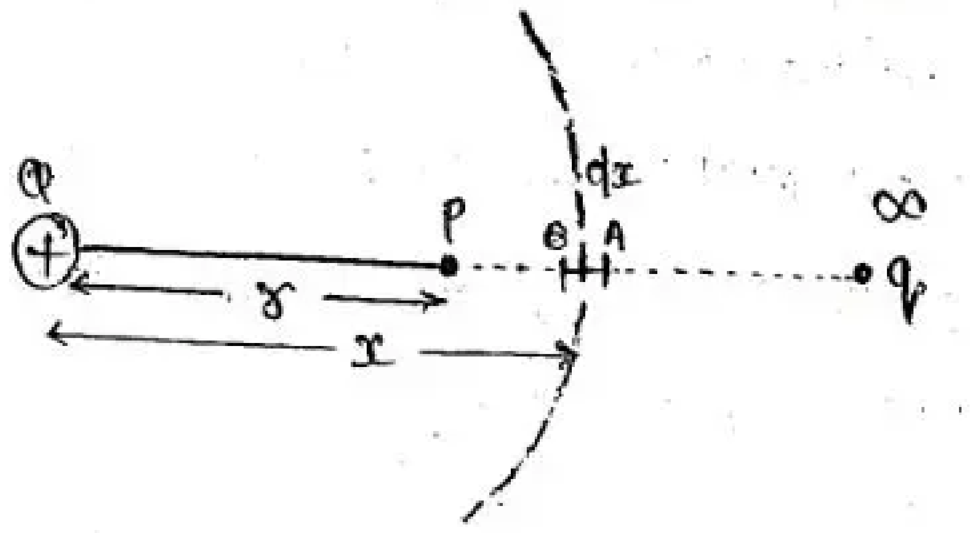
किसी आवेश को विद्युत क्षेत्र में लाने के लिए (वेग नियत), विद्युत क्षेत्र ~~में लाने~~ के विरुद्ध किया गया कार्य उस आवेश में ऊर्जा के रूप में संचित हो जाता है जिसे 'स्थिरवैद्युतिकी स्थितिज ऊर्जा' कहते हैं।




$F_{बाह्य} = -F_{स्थैतिक}$

— माना Q के कारण एक विद्युत क्षेत्र उत्पन्न होता है। इस विद्युत विद्युत में अनन्त से q आवेश को P बिंदु तक लाने में किया गया कार्य

$$\text{कार्य}(W) = \text{बल} \times \text{विस्थापन}$$
$$= \int \vec{F} \cdot dx$$
$$= \int \vec{F} \cdot dx \cos 0°$$




+q आवेश को A से B तक ले जाने मे किया गया कार्य

$$dW = \vec{F}_{\text{बाह्य}} \cdot d\vec{x}$$

$$\because \vec{F}_{\text{बाह्य}} = -\vec{F}_{\text{स्थिर वैद्युतिकी}}$$

$$dW = -F_{\text{स्थिर वै०}} \cdot d\vec{x}$$

q आवेश को अनन्त से r दूरी तक ले आने में किया गया कार्य

$$\int dW = \int_r^\infty -\vec{F}_{\text{स्थिर}} \cdot d\vec{x}$$

$$W = -\int_r^\infty \frac{KqQ}{x^2} dx$$

$$W = -KQq \int_r^\infty \frac{1}{x^2} dx = -KqQ \int_r^\infty x^{-2} dx$$

$$W = -KqQ \left[\frac{x^{-1}}{-1}\right]_r^\infty$$

$$U = W = \frac{KqQ}{r}$$

→ इसका मात्रक जूल होता है तथा विमा - $[M^1L^2T^{-2}]$

→ यह एक अदिश राशी है।

→ सजातीय आवेशों के लिए वै० स्थितिज ऊर्जा धनात्मक तथा विजातीय आवेशों के लिए ऋणात्मक होती है।

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

## → विद्युत विभव [Electric Potential]

किसी प्रति एकांक धनावेश को अनन्त से विद्युत क्षेत्र के किसी बिंदु तक लाने में, वैद्युत क्षेत्र के किया गया कार्य, विद्युत विभव कहलाता है।

$$V = \frac{W}{q_0} = \frac{U}{q_0} \quad \text{या} \quad V = \frac{KQ}{r}$$

→ यह एक अदिश राशि है।

- मात्रक - जुल/कुलॉम या 'वोल्ट'
- विमा - $[M^1 L^2 A^{-1} T^{-3}]$
- 1 Volt = 1 J/C

→ किसी प्रति एकांक धनावेश को अनन्त से विद्युत क्षेत्र के किसी बिंदु तक लाने मे 1 जुल कार्य किया हो तो 1 वोल्ट होगा।

## → विद्युत विभवांतर [Electric Potential difference]

किसी प्रति एकांक धनावेश को विद्युत क्षेत्र के एक बिंदु से दूसरे बिंदु तो आने में किया गया कार्य, विद्युत विभवान्तर कहलाता है।

$$V_A - V_B = \frac{W_{AB}}{q_0}$$

→ विभवांतर एक अदिश राशि है।

→ विभवांतर का भी मात्रक - वोल्ट होता है।

→ विमा - $[M^1 L^2 T^{-3} A^{-1}]$

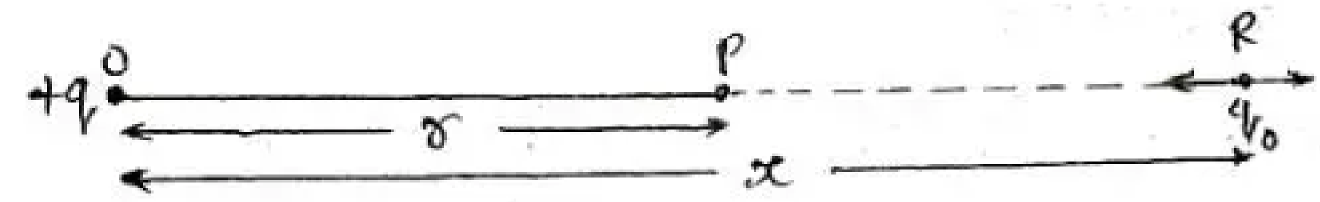
→ आवेशों का प्रवाह सदैव उच्च विभव से निम्न विभव की ओर होता है।

→ अनन्त पर भी विभव का मान शून्य माना गया है।

## * एकल बिंदु आवेश के कारण वैद्युत विभव

माना एक बिन्दु आवेश $+q$ बिंदु O पर स्थित है। बिन्दु O से $r$ दुरी पर बिन्दु 'P' पर वैद्युत विभव ज्ञात करना है।

माना बिंदु आवेश $q$ से $x$ दुरी पर स्थित बिंदु R पर परीक्षण आवेश $q_0$ रखा है। तब $q$ तथा $q_0$ के मध्य बल - $F = \frac{Kqq_0}{x^2}$




परीक्षण आवेश $q_0$ को वैद्युत बल के विरुद्ध बिंदु R से Q तक अति सुक्ष्म दुरी $dx$ विस्थापन करने में किया गया कार्य -

$$dW = -F_e \cdot dx$$

धन परीक्षण आवेश $q_0$ को $\infty$ से $r$ दुरी तक लाने में किया गया कुल कार्य -

$$\int_{\infty}^{r} dW = \int_{\infty}^{r} -F_e \cdot dx$$

$$W = \int_{\infty}^{r} -\frac{Kqq_0}{x^2} \cdot dx$$

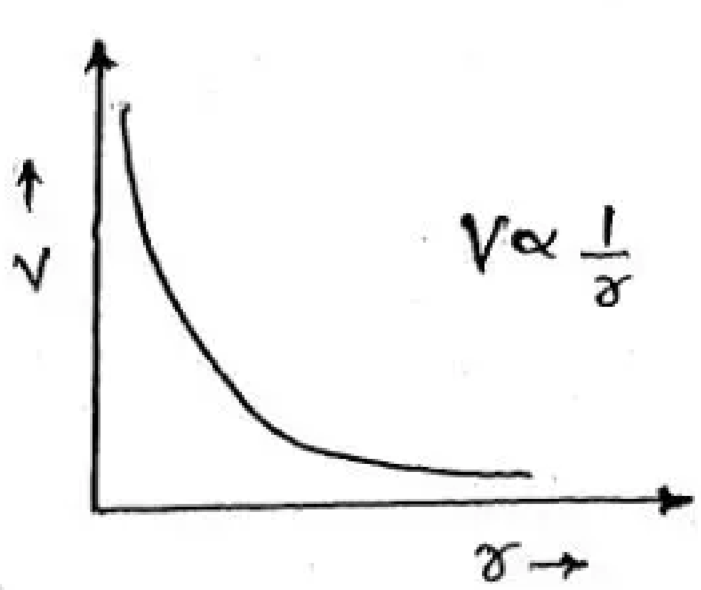
$$W = -Kqq_0 \int x^{-2} \cdot dx$$

$$W = \frac{-qq_0}{4\pi\epsilon_0} \left[-\frac{1}{x}\right]_{\infty}^{r}$$

$$W = \frac{-qq_0}{4\pi\epsilon_0 \cdot r} \qquad \left\{ V = \frac{W}{q_0} \right.$$

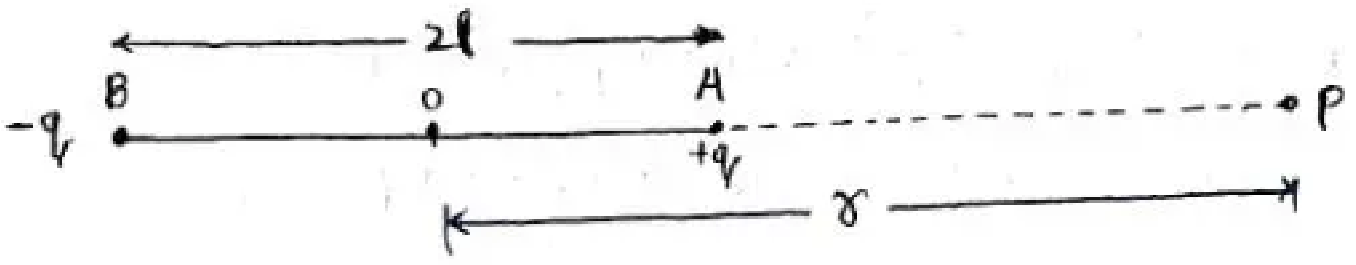
$$W/q_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r}$$

विद्युत विभव की परिभाषा → $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r}$ या $V = \frac{Kq}{r}$



## → वैद्युत द्विध्रुव के कारण वैद्युत विभव -

### i) वैद्युत द्विध्रुव की अक्षीय स्थिति में वैद्युत विभव -




माना एक वैद्युत द्विध्रुव AB, दो बिंदु आवेशों +q तथा -q से मिलकर बना है। तथा इनके बीच की दुरी 2l है। वैद्युत द्विध्रुव के केन्द्र O से अक्षीय स्थिति में r दुरी पर स्थित बिंदु P पर वैद्युत विभव ज्ञात करनी है।

+q के कारण विभव -

$$V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{q}{(r-l)}$$

-q आवेश के कारण विभव -

$$V_B = \frac{-1}{4\pi\epsilon_0}\cdot\frac{q}{(r+l)}$$

अतः बिंदु P पर परिणामी वैद्युत विभव $V = V_A + V_B$

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0(r-l)} + \frac{-q}{4\pi\epsilon_0(r+l)}$$

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\left[\frac{1}{(r-l)} - \frac{1}{(r+l)}\right]$$

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\left[\frac{\cancel{r}+l-\cancel{r}+l}{(r^2+l^2)}\right]$$

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\left[\frac{2l}{(r^2-l^2)}\right]$$

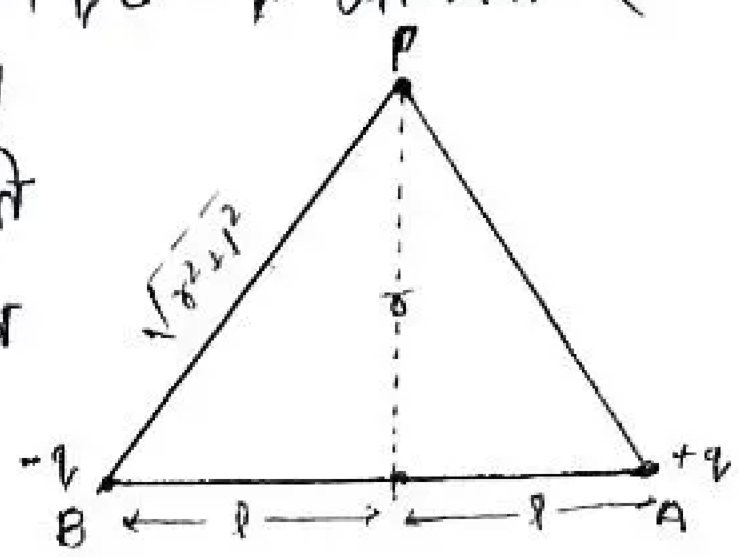
अब $p = 2ql$ वैद्युत द्विध्रुव आघूर्ण है। तथा $r^2 >>> l^2$ तब $l^2$ नगण्य है।

$$V = \frac{2ql}{4\pi\epsilon_0\cdot r^2}$$

$$V = \frac{KP}{r^2}$$ वोल्ट

→ वैधुत द्विध्रुव के निरक्षीय स्थिति के कारण विभव

माना एक वैधुत द्विध्रुव AB दो बिंदु आवेशों $+q$ व $-q$ आवेशों से मिलकर बना है, जिनके बीच की दुरी $2l$ है।




वैधुत द्विध्रुव के केन्द्र 'O' से निरक्षीय स्थिति में $r$ दुरी पर स्थित बिंदु P पर वैधुत विभव ज्ञात करना है।

चित्र से $AP = BP = \sqrt{r^2+l^2}$

$+q$ आवेश के कारण P पर विभव

$$V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{\sqrt{r^2+l^2}}$$

$-q$ आवेश के कारण P पर विभव

$$V_B = \frac{-1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{\sqrt{r^2+l^2}}$$

अतः बिंदु P पर परिणामी वैधुत विभव, $V = V_A + V_B$

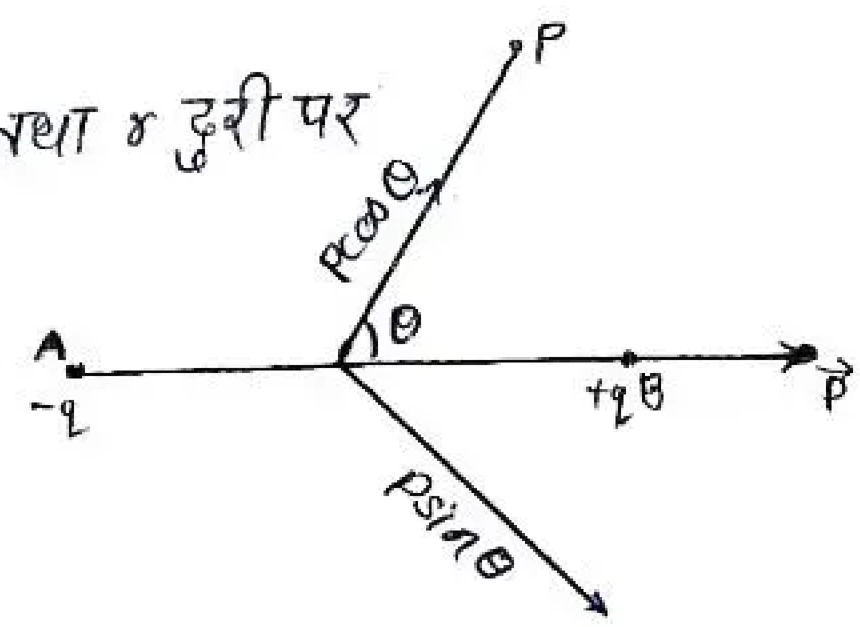
$$V = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{\sqrt{r^2+l^2}}\right) + \left(\frac{-1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{\sqrt{r^2+l^2}}\right)$$

$$V = 0$$

अतः किसी वैधुत द्विध्रुव के निरक्षीय स्थिति पर विभव शून्य होता है।

→ वैधुत द्विध्रुव के कारण किसी बिंदु पर वैधुत विभव $(r, \theta)$

माना एक वैधुत द्विध्रुव AB, $-q$ व $+q$ आवेशों से मिलकर बना है जिनके बीच की दुरी $2l$ है।




वैधुत द्विध्रुव आघूर्ण की दिशा $(\vec{P})$ से $\theta$ कोण पर तथा $r$ दुरी पर किसी बिंदु P पर वैधुत विभव ज्ञात करना है।
वैधुत द्विध्रुव आघूर्ण को $(\vec{P})$ दो घटको में वियोजित करने पर $P\cos\theta$ के अक्षीय स्थिति में P है। $P\sin\theta$ के निरक्षीय स्थिति में बिंदु P है।

बिंदु P पर कुल विभव $V_P = V_{P\cos\theta} + V_{P\sin\theta}$

$$V_P = \frac{KP\cos\theta}{r^2} + 0$$

$$\boxed{V_P = \frac{KP\cos\theta}{r^2}}$$

## ⁎→ विभव प्रवणता [Potential Gradient]

विद्युत क्षेत्र के भीतर दुरी के सापेक्ष विभव परिवर्तन की दर को विभव प्रवणता कहते हैं।

→ यदि वैद्युत क्षेत्र में $dr$ दुरी पर स्थित बिंदुओं A व B के बीच विभव क्रमशः $V$ तथा $V+dV$ हो तब


$$\text{विभव प्रवणता} = \frac{\text{विभव परिवर्तन}}{\text{दुरी}}$$

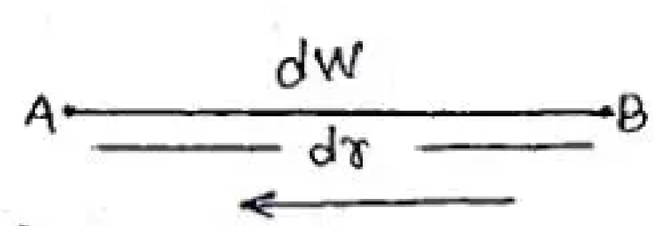
$$\text{विभव प्रवणता} = \frac{dV}{dr}$$

- इसका मात्रक वोल्ट/मीटर या न्यूटन/कुलॉम
- यह एक सदिश राशि है।
  - ↳ इसकी दिशा निम्न विभव से उच्च विभव की ओर होती है।
- विमा - $[MLT^{-3}A^{-1}]$

## ⁎⁎→ विभव प्रवणता तथा वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता में संबंध -

माना बिंदु A व B सूक्ष्म दुरी $dr$ पर स्थित हैं।

इन बिंदुओं पर विभव क्रमशः $V$ तथा $(V-dV)$ हैं।




कार्यरत वैद्युतबल $F = q_0E$ तब बाह्य $F_{ext} = -F_e$

परीक्षण आवेश $q_0$ को B से A तक लाने में किया गया कार्य

$$dW = F_{ext} \times dr$$

$$dW = -q_0E \cdot dr$$

$$\frac{dW}{q_0} = -E \cdot dr$$

$$dV = -E \cdot dr$$

$$\boxed{E = -\frac{dV}{dr}} \quad V/m$$

{ वि॰ विभवांतर $V_A - V_B$
$= V - (V - dV)$
$\Rightarrow dV = dW/q_0$

- अतः वैद्युत क्षेत्र में किसी बिंदु पर E उस बिंदु पर ऋणात्मक विभव प्रवणता के बराबर होती है।

→ समविभव पृष्ठ :

विद्युत क्षेत्र के में स्थित ऐसा पृष्ठ जिसके सभी बिंदुओं पर विभव एक समान हो समविभव पृष्ठ कहलाता है।

* गुण –

i) समविभव पृष्ठ के सभी बिंदुओ पर विभव समान होता है।

ii) समविभव पृष्ठ के दो बिंदुओ के मध्य का विभवांतर शून्य होता है।

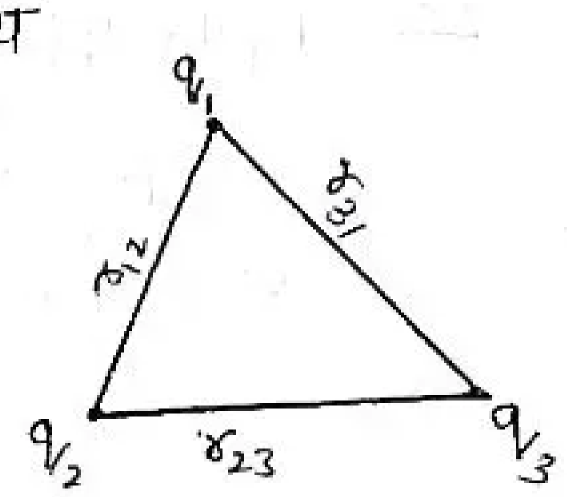
iii) विद्युत क्षेत्र की दिशा सदैव समविभव पृष्ठ के लंबवत होती है।

iv) समविभव पृष्ठ पर किसी आवेश को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक ले जाने में किया गया कार्य शून्य होता है।

v) दो समविभव पृष्ठ कभी भी एक-दूसरे को प्रतिच्छेद नहीं करतें क्योंकि कटान बिंदु पर विभव के दो मान होंगे जो संभव नहीं है।

→ दो से अधिक बिंदु आवेशों के निकाय की स्थितिज ऊर्जा

दो से अधिक बिंदु आवेशों से मिलकर बने निकाय की वैद्युत स्थितिज ऊर्जा निकाय के प्रत्येक आवेश युग्म की स्थितिज ऊर्जाओं के बीजगणितीय योग के बराबर होती है।




निकाय की वै॰ स्थि॰ ऊर्जा $U = U_{12} + U_{23} + U_{31}$

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left[\frac{q_1 q_2}{r_{12}} + \frac{q_2 q_3}{r_{23}} + \frac{q_3 q_1}{r_{31}}\right]$$

* एकल आवेश की वि॰ स्थितिज ऊर्जा

विद्युत विभव $V = W/q$

$W = qV$

तब स्थितिज ऊर्जा $U = W$

$U = qV$

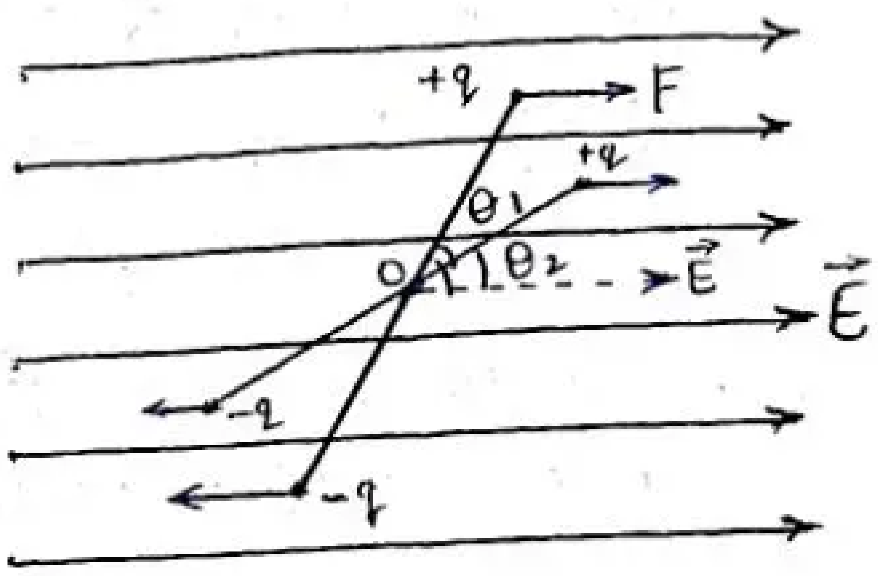
→ इलेक्ट्रान वोल्ट

किसी इलेक्ट्रान को एक वोल्ट विभवांतर से त्वरित करने पर इसके द्वारा अर्जित ऊर्जा 1eV कहलाती है। $1eV = 1.6 \times 10^{-19} J$

• यह ऊर्जा का एक छोटा मात्रक है।

→ एक समान विद्युत क्षेत्र में विद्युत द्विध्रुव को घुमाने में किया गया कार्य

माना एक समान विद्युत क्षेत्र E में कोई विद्युत द्विध्रुव रखा हुआ है जिसे $\theta_1$ कोण से $\theta_2$ कोण तक घुमाया जाता है।




हम जानते हैं एक समान विद्युत क्षेत्र में रखें विद्युत द्विध्रुव पर लगने वाला बल युग्म का आघूर्ण $\tau = pE\sin\theta$

जहाँ $\theta$, $\vec{P}$ व $\vec{E}$ के मध्य का कोण है।

• विद्युत द्विध्रुव को अल्प कोणीय विस्थापन $d\theta$ देने में किया गया कार्य

$$dW = \tau d\theta$$

विद्युत द्विध्रुव को $\theta_1$ से $\theta_2$ कोण तक घुमाने में किया गया कार्य

$$\int dW = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \tau d\theta$$

$$W = \int_{\theta_1}^{\theta_2} pE\sin\theta d\theta \quad \left\{ \int \sin\theta d\theta = -\cos\theta + c \right.$$

$$W = PE[-\cos\theta]_{\theta_1}^{\theta_2}$$

$$W = -PE[\cos\theta_2 - \cos\theta_1]$$

$$W = PE[\cos\theta_1 - \cos\theta_2]$$

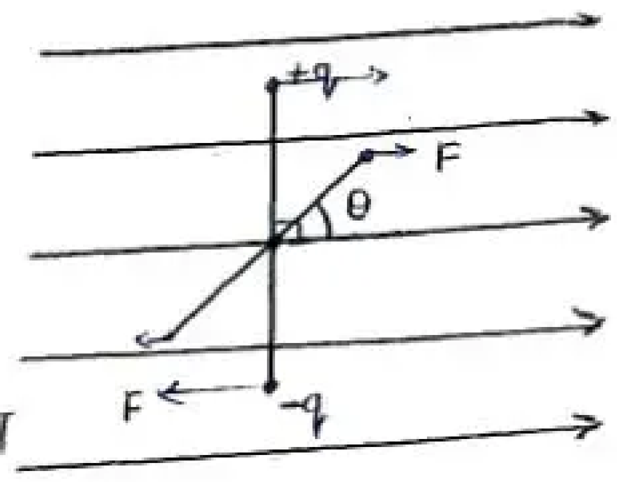
• एक समान विद्युत क्षेत्र • $\theta = 0°$ द्विध्रुव की स्थायी संतुलन की स्थिती
$\theta = 180°$ द्विध्रुव की अस्थायी संतुलन की स्थिती
$\theta = 90°$ द्विध्रुव की शून्य ऊर्जा की स्थिती

| स्थिती-I | स्थिती-II | स्थिती-III |
|---|---|---|
| $\theta_1 = 0°$ & $\theta_2 = \theta$ | $\theta_1 = 0°$ & $\theta = 90°$ | $\theta_1 = 0$ & $\theta_2 = 180°$ |
| तो $W = PE[\cos 0° - \cos\theta]$ | तो $W = PE[\cos 0° - \cos 90°]$ | तो $W = PE[\cos 0° - \cos 180°]$ |
| $W = PE[1 - \cos\theta]$ | $W = PE$ | $W = 2PE$ |

## → विद्युत क्षेत्र में किसी विद्युत द्विध्रुव की विद्युत स्थितीज ऊर्जा

माना एक समान विद्युत क्षेत्र $\vec{E}$ में कोई विद्युत द्विध्रुव रखा हुआ है, जिसकी विद्युत स्थितीज ऊर्जा ज्ञात करनी है।

- स्थितीज ऊर्जा का मान विद्युत द्विध्रुव को अनन्त से विद्युत क्षेत्र तक ले लाने में किये गये कार्य के बराबर होता है।
- यहाँ पर हम विद्युत द्विध्रुव को शून्य ऊर्जा ($\theta = 90^\circ$) से किसी कोण $\theta$ तक घुमाने में किया गया कार्य ज्ञात करेंगे जो कि स्थितीज ऊर्जा के तुल्य होगा।




- एक समान विद्युत में, द्विध्रुव पर कार्यरत बलयुग्म आघूर्ण $\tau = pE\sin\theta$ —(i)
- एक समान विद्युत क्षेत्र में विद्युत द्विध्रुव को, अल्प कोणीय विस्थापन $d\theta$ लाने में किया गया कार्य

$$dw = \tau \cdot d\theta$$

- विद्युत द्विध्रुव को विद्युत क्षेत्र के लंबवत स्थिती से $\theta$ कोण घुमाने में किया गया कार्य -

$$\int dW = \int_{90^\circ}^{\theta} \tau \cdot d\theta$$

$$W = \int_{90^\circ}^{\theta} pE\sin\theta \, d\theta$$

$$W = pE\left[-\cos\theta\right]_{90}^{\theta}$$

$$W = -pE\cos\theta$$

$$W = -\vec{p}\cdot\vec{E}$$ सदिश रूप

* जब विद्युत द्विध्रुव साम्यावस्था में हो अर्थात् $\theta = 0^\circ$ तब

$$U = -pE$$

* जब लंबवत हो अर्थात् $\theta = 90^\circ$ (शून्य ऊर्जा की स्थिती)

$$U = 0$$

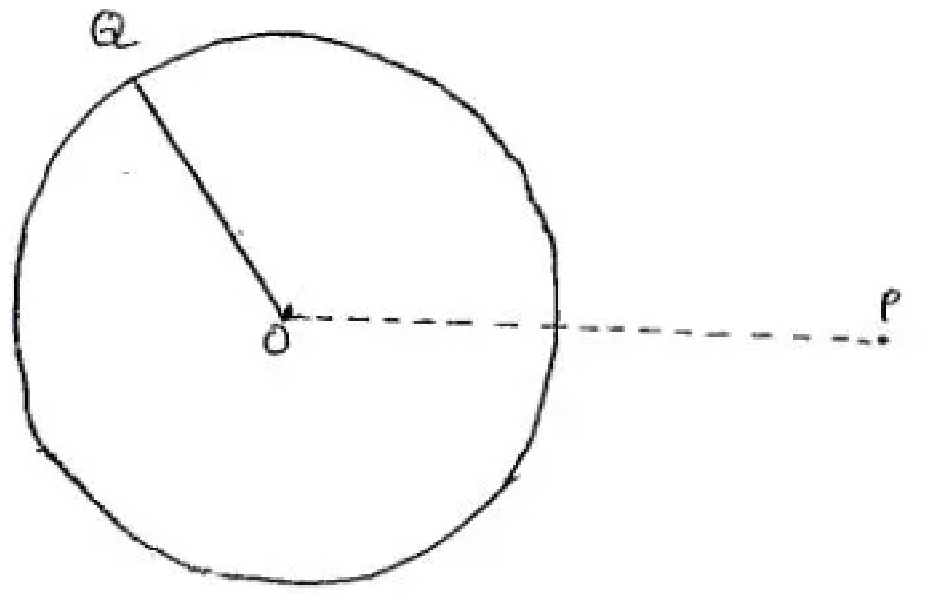
* जब विद्युत द्विध्रुव अस्थायी साम्यवस्था में हो अर्थात् $\theta = 180^\circ$

$$U = pE$$

→ एक समान आवेशित खोखले गोले/ठोस चालक गोले / गोलीय कोश के कारण वैद्युत विभव -

माना R त्रिज्या का एक आवेशित गोला है जिसके पृष्ठ पर Q कुलॉम आवेश एक समान रूप से वितरित है।

i) गोले के बाहर किसी बिंदु पर -
गोले के केन्द्र से $r$ दूरी पर किसी बिंदु P पर विद्युत विभव ज्ञात करना है।




$$\Delta V = -\int E \cdot dr$$

$$V_p - V_\infty = -\int_{\infty}^{r} E \cdot dr$$

जहाँ बिंदु पर वैद्युत क्षेत्र $E = \frac{KQ}{r^2}$ है।

$$V_p - V_\infty = -\int_{\infty}^{r} \frac{KQ}{r^2} \cdot dr$$

$$V_p = -KQ \int_{\infty}^{r} \frac{1}{r^2} \cdot dr = -KQ \int_{\infty}^{r} r^{-2} dr$$

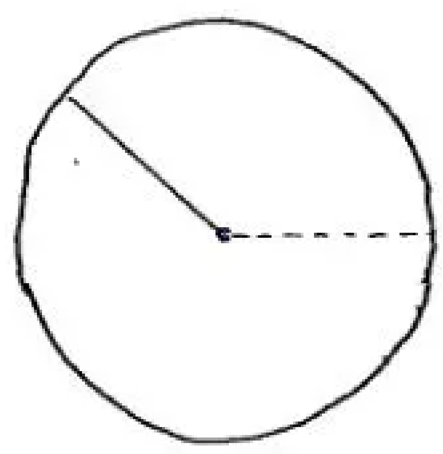
$$V_p = -KQ \left[\frac{r^{-1}}{-1}\right]_{\infty}^{r}$$

$$V_p = KQ \left[\frac{1}{r}\right]_{\infty}^{r} \Rightarrow V_p = KQ \left[\frac{1}{r} - \frac{1}{\infty}\right]$$

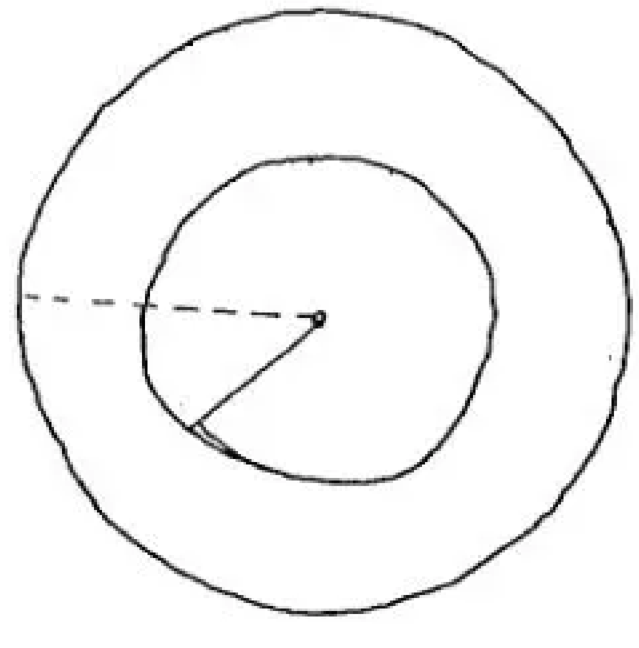
$$V_p = \frac{KQ}{r}$$

ii) जब बिंदु गोले पृष्ठ पर हो -

तब $r = R$ $\quad V = \frac{KQ}{R}$



iii) जब बिंदु गोले के भीतर हो -



→ आवेशित चालक का वैद्युत क्षेत्र एवं वैद्युत विभव :-

1. आवेशित चालक के अंदर प्रत्येक स्थान पर वैद्युत विभव समान एवं विद्युत क्षेत्र शून्य होता है।

$$E = 0$$

2. आवेशित चालक के समस्त आयतन तथा उसके पृष्ठ पर विभव समान व नियत रहता है।

3. स्थैतिक स्थिति में आवेशित चालक का सम्पूर्ण आवेश केवल उसके पृष्ठ पर वितरित रहता है।

गॉस की प्रमेय से, $\phi_E = \frac{q}{\epsilon_0}$

$$\int \vec{E} \cdot d\vec{A} = q/\epsilon_0$$

$\because$ पृष्ठ के अंदर $E = 0$ अत: $\frac{q}{\epsilon_0} = 0$

$$q = 0$$

अतः आवेशित चालक के भीतर आवेश शून्य है। अत: सम्पूर्ण आवेश पृष्ठ पर होगा।

4.

## → विद्युत धारिता

- किसी चालक के द्वारा आवेश ग्रहण करने की क्षमता को चालक की धारिता कहते हैं।

- किसी चालक को दिया गया आवेश, चालक के विभव में वृद्धि के समानुपाती होती है। यदि चालक को q आवेश देने पर उसके विभव में वृद्धि V हो तो

$$q \propto V$$

$q = CV$ जहाँ C- समानुपाती स्थिरांक है, जिसे चालक की धारिता कहते हैं।

$$C = \frac{q}{V}$$

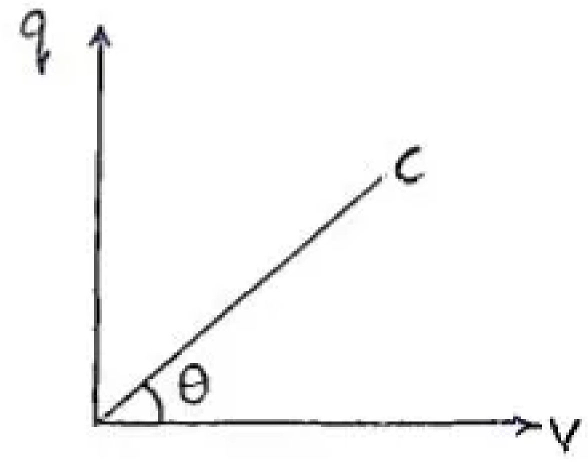
- इसका S.I मात्रक - कुलाम/वोल्ट या फैराडे होता है।
- C.G.S मात्रक स्टेट फैराडे

$\boxed{1 \text{ फैराडे}(F) = 9\times10^{11} \text{ स्टैट फैराडे}}$

- विमा - $[M^{-1}L^{-2}T^{4}A^{2}]$
- विद्युत धारिता अदिश राशि है एवं विद्युत धारिता सदैव धनात्मक होती है।

* यदि किसी चालक को 1 कुलाम आवेश देने पर, उसके विभव में वृद्धि 1 वोल्ट होती है, तो चालक की धारिता 1 फैराडे होगी।

- किसी चालक को धारिता, उसको दिये गये आवेश एवं उसके विभव के मध्य खीचे ग्राफ की ढाल के बराबर होती है।




$$m = \frac{q}{V} = \tan\theta = C$$

- धारिता निम्न कारकों पर निर्भर करती है / प्रभावीत करने वाला कारक

i) चालक के आकार तथा क्षेत्रफल पर – आवेश को स्थिर रखते हुए, चालक का क्षेत्रफल बढ़ाने पर धारित कम हो जाती है।

ii) चालक के चारों ओर माध्यम पर :- किसी चालक की धारिता (C) हो तथा उसके चारों ओर $\epsilon_r$ परावैद्युतांक वाला माध्यम भर दिया जाये तो विभव $1/\epsilon_r$ गुणा तथा धारिता $C\epsilon_r$ गुना हो जाती है।

iii) चालक के समीप अन्य चालक की उपस्थिति पर :- किसी चालक के समीप अन्य चालक लाने पर आवेशित चालक का विभव कम हो जाता है, जिससे धारिता बढ़ जाती है।

* धारिता निम्न कारकों पर निर्भर नहीं करता है -

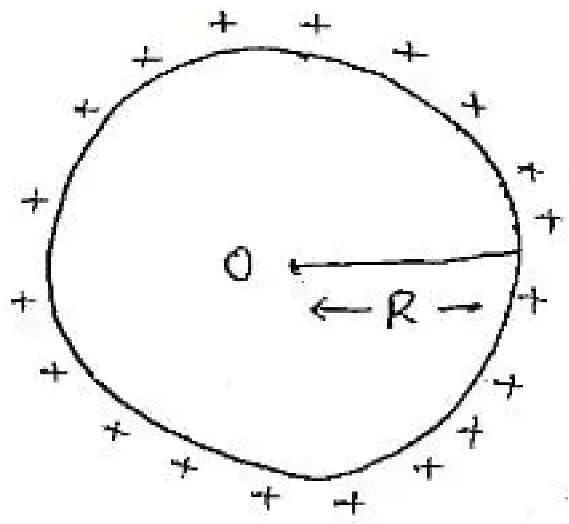
i) चालक के आवेश पर

ii) चालक के विभव पर

iii) चालक की विद्युत स्थितीज ऊर्जा पर

* विलगित गोलीय चालक की धारिता -

माना R त्रिज्या के एक विलगित गोलीय चालक में +q आवेश एकसमान वितरित है। चालक के पृष्ठ के सभी बिंदुओं पर विभव समान है।




गोलीय चालक के पृष्ठ पर विभव -

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 K} \cdot \frac{q}{r}$$

अत: धारिता से - $C = q/V$

$$C = \frac{q}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R}}$$

$$\boxed{C = 4\pi\epsilon_0 R} \rightarrow C \propto R$$

* स्थिर वैद्युत परिरक्षण -

किसी क्षेत्र विशेष को बाह्य विद्युत क्षेत्र से सुरक्षित रखने की घटना को स्थिर वैद्युत परिरक्षण कहते हैं।

या

यदि एक चालक चादर द्वारा यंत्र को ढक लिया जाय तो बाहरी आवेश के क्षेत्र इस यंत्र पर विद्युत क्षेत्र आरोपित नहीं कर पाते हैं। यह इसलिए कि बाहरी आवेश चालक चादर पर आवेश प्रेरित करता है जिसका वैद्युत क्षेत्र बाहरी वैद्युत क्षेत्र को चालक के अंदर नष्ट कर देता है, वैद्युत परिरक्षण कहलाता है।

- इसका उपयोग कर संवेदनशील उपकरणों को बाह्य विद्युत क्षेत्र से सुरक्षित रखा जाता है।

→ चालक एवं विद्युतरोधी

• चालकता के आधार पर पदार्थों को मुख्य दो भागों में बाँटा गया -

1. चालक [Conductor] -
वह पदार्थ जिससे होकर आवेश (विद्युत) का प्रवाह आसानी से हो सकता है, चालक कहलाता है।
→ चाँदी (सबसे अच्छा चालक), सोना, ताँबा, लोहा, पारा, पृथ्वी, अम्ल, इत्यादि।

• धात्विक चालकों में आवेश वाहक मुक्त इलेक्ट्रॉन होते हैं।
• विद्युत अपघट्य पदार्थों में आवेश वाहक धनायन एवं ऋणायन होते हैं।
• अर्द्धचालको में आवेश वाहक मुक्त इलेक्ट्रान एवं होल होते हैं।
• जब किसी धात्विक चालक को आवेश दिया जाता है तो वह आवेश चालक के पृष्ठ पर फैल जाता है तथा चालक के भीतर आवेश शून्य होता है।

2. विद्युतरोधी / कुचालक (Insulator) -
वह पदार्थ जिससे होकर आवेश का प्रवाह नहीं हो सकता, कुचालक कहलाता है।
→ काँच, प्लास्टिक, मोम, अभ्रक, फर, शुद्ध जल, आदि

• इसमें मुक्त इलेक्ट्रॉन उपस्थित नहीं होते हैं। अर्थात इनके परमाणु बद्ध रहते हैं तथा वे पदार्थ घुमने के लिए स्वतंत्र नहीं हो पाते हैं।

* मुक्त इलेक्ट्रॉन - किसी परमाणु की बाह्यतम् कक्षा में उपस्थित वे इलेक्ट्रान जो नाभिक से दुर्बल बल से बँधे होते हैं जो थोड़ी ही ऊर्जा पाकर पदार्थ में स्वतंत्र रूप से विचरण करते हैं।

* बद्ध इलेक्ट्रॉन - किसी परमाणु की आंतरिक कक्षाओं में उपस्थित वे इलेक्ट्रॉन नाभिक से प्रबल बल से बंधे होते हैं, पदार्थ में स्वतंत्र रूप से विचरण नहीं करते हैं, बद्ध इलेक्ट्रॉन कहलाते हैं।

## → परावैद्युत पदार्थ एवं ध्रुवण

* परावैद्युत पदार्थ (Dielectric Substance) -
वे पदार्थ जो अपने में से विद्युत को प्रवाहित नहीं होने देते हैं, परंतु विद्युत प्रभाव को प्रदर्शित करते हैं, परावैद्युत पदार्थ कहलाता है।
Exm- काँच, मोम, कागज, एबोनाइट आदि।

• आवेश का केन्द्र - यह एक ऐसा बिंदु होता है जहाँ पर समस्त आवेश को केन्द्रीत माना जा सकता है।

अणु में आवेश का केन्द्र

**ध्रुवी अणु**

• वे अणु जिनमें धनावेश एवं ऋणावेश के केन्द्र अलग- अलग हो, ध्रुवी अणु कहलाते हैं।

Ex - $HCl$ , $H_2O$     $H^+ — Cl^-$

• प्रत्येक ध्रुवी अणु का द्विध्रुव आघूर्ण अशून्य है।

**अध्रुवी अणु**

• वे अणु जिनमें धनावेश एवं ऋणावेश के केन्द्र एक ही हो, अध्रुवी अणु कहलाते हैं।

Ex - $H_2$ , $O_2$ , $CO_2$ ,

• प्रत्येक अध्रुवी अणु का द्विध्रुव आघूर्ण शून्य होता है।

परावैद्युत पदार्थ

**1. ध्रुवी परावैद्युत पदार्थ**

• वे पदार्थ जिनके अणुओं के धनावेश का केन्द्र तथा ऋणावेश का केन्द्र सम्पाती नहीं होते हैं। या

• वे परावैद्युत पदार्थ जो ध्रुवी अणुओं से मिलकर बना हो, ध्रुवी परावैद्युत कहलाता है।

• यह विद्युत द्विध्रुव की भाँति व्यवहार करता है।

**2. अध्रुवी परावैद्युत पदार्थ**

• वे परावैद्युत जो अध्रुवी आघूर्ण से मिलकर बना हो
या

• वे पदार्थ जिनके अणुओं के धनावेश एवं ऋणावेश के केन्द्र सम्पाती होता है।

• यह विद्युत द्विध्रुव की भाँति व्यवहार नहीं करता है, क्योंकि इसका द्विध्रुव आघूर्ण शून्य होता है।

• परावैद्युत सामर्थ्य -

वह अधिकतम विद्युत क्षेत्र जिसे कोई परावैद्युत माध्यम बिना भंजन के सहन कर सकता है, उसे माध्यम की परावैद्युत सामर्थ्य कहते है।

वायु का परावैद्युत सामर्थ्य - $3 \times 10^6$ N/C

• ध्रुवण घनत्व - जब कोई परावैद्युत किसी बाह्य वैद्युत क्षेत्र में रखा जाता है, तो इसके एकांक आयतन में प्रेरित वैद्युत द्विध्रुव आघूर्ण उसका ध्रुवण घनत्व कहलाता है।

$$\rho = \chi_E \epsilon_0 E$$

• ध्रुवण सदिश - जब बाह्य विद्युत क्षेत्र लगाकर पदार्थ को ध्रुवित किया जाता है तब एकांक आयतन में उत्पन्न द्विध्रुव आघूर्ण को " ध्रुवण सदिश " कहते है।

• इसे P द्वारा प्रदर्शित करते है।
• यह सदिश राशि है।
• ध्रुवण सदिश $\propto$ बाह्य वि॰ क्षे॰ की तीव्रता

$$P \propto E$$

$$P = \chi_E E$$

$\chi_E$ = काई
→ वैद्युत प्रवृत्ति
→ यह पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करता है।

$\chi_E$ → मात्रकहीन व विमाहीन होता है।

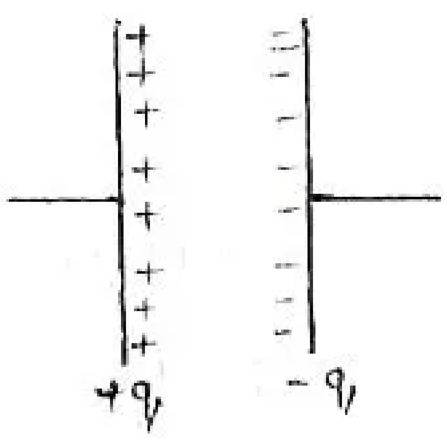
→ संधारित्र (Capacitor) -

दो समान्तर चालकों का ऐसा समुह जिस पर समान परिणाम व विपरित प्रकृति का आवेश उपस्थित हो, संधारित्र कहलाता है

या

संधारित्र एक ऐसा युक्ति है, जिसमें चालक के आकार में वृद्धि किए बिना इस पर पर्याप्त मात्रा में आवेश को संचित किया जा सकता है।

- संधारित्र में चालक प्लेट का बिना क्षेत्रफल बढ़ाये धारिता बढ़ायी जाती है।



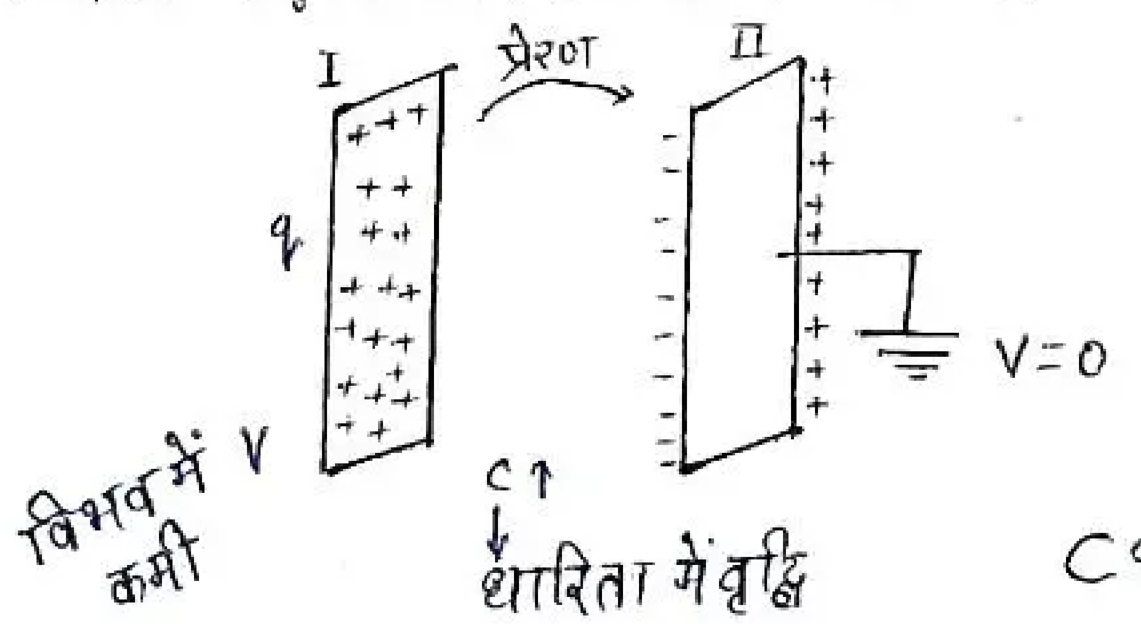

→ संधारित्र की किसी एक प्लेट पर q आवेश देने पर उसके विभव में वृद्धि V हो तो संधारित्र की धारिता $C = \frac{q}{V}$

* संधारित्र का सिद्धांत / कार्यविधि -

यदि किसी आवेशित चालक के निकट कोई पृथ्वी से संबंधित अन्य चालक रख दें तो यह पहले चालक के विभव में निरन्तर कमी करता है जिससे उसकी धारिता में वृद्धि हो जाती है। अर्थात इसमें पहले से अधिक आवेश संचित किया जा सकता है। यही संधारित्र सिद्धांत है।

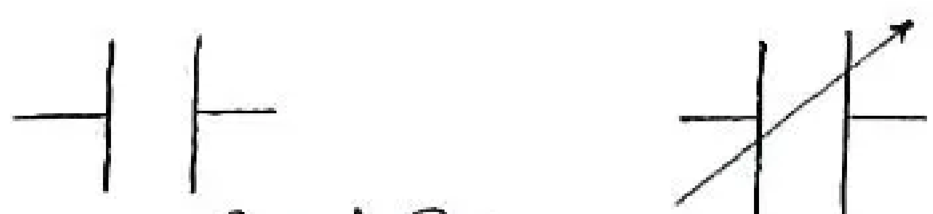
या

किसी चालक प्लेट का बिना क्षेत्रफल बढ़ाये, विभव को कम करके उसकी धारिता बढ़ाने की प्रक्रिया को संधारित्र का सिद्धांत कहते हैं।



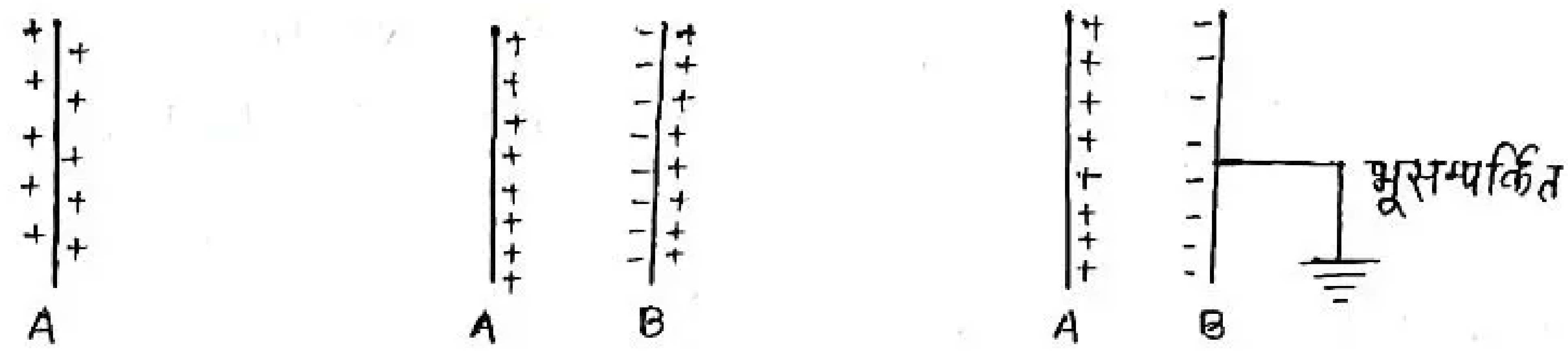

$C \propto \frac{1}{V}$

* संधारित्र का प्रतीक चिन्ह -



ⓐ नियत धारिता के लिए ⓑ परिवर्ती धारिता के लिए

कार्यविधि / सांधारित्र सिद्धांत -




→ माना चालक प्लेट A है जिस पर q आवेश है तथा उसका विभव V है, तो चालक कि धारिता $C = q/V$ - (i)

→ अब चालक प्लेट A के पास एक उदासीन चालक प्लेट B लेकर आते हैं जिससे चालक प्लेट B पर, A के पास वाले पृष्ठ पर ऋणावेश व दुर वाले पृष्ठ पर धनावेश प्रेरित हो जाता है। अब प्लेट B के दुर वाले पृष्ठ को भू-सम्पर्कित कर देते हैं, जिससे धनावेश जमीन में चला जाता है।

→

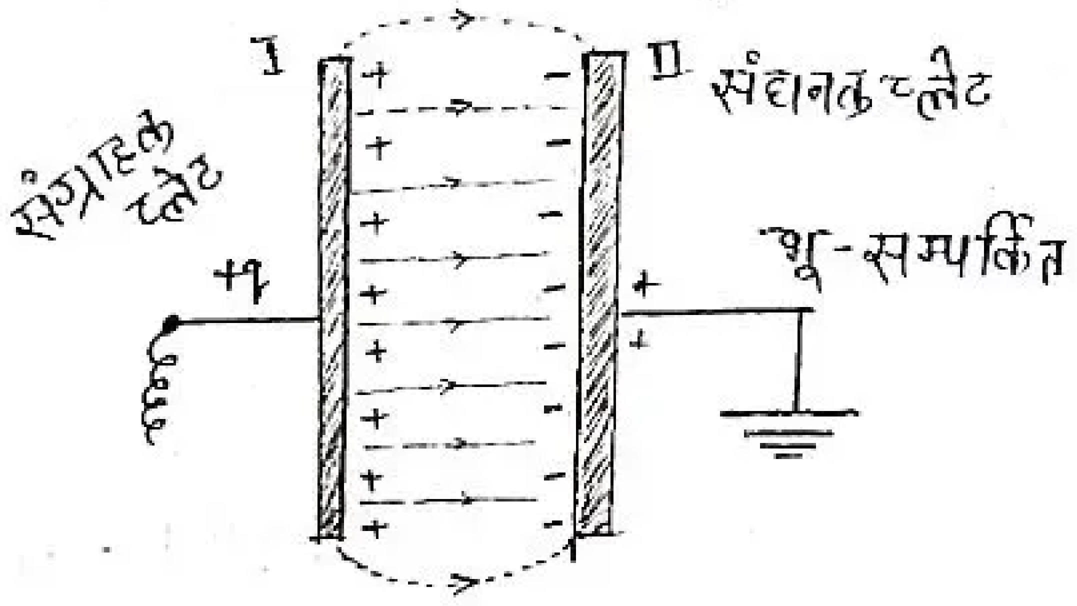
* संधारित्रों के प्रकार -

i) समान्तर प्लेट संधारित्र
ii) गोलीय संधारित्र
iii) बेलनाकार संधारित्र
iv) परिवर्ती संधारित्र
v) वैद्युत अपघट्य संधारित्र

**i) समांतर प्लेट संधारित्र -**

ऐसी व्यवस्था जिसमें दो समान क्षेत्रफल वाली प्लेट एक-दुसरे से कुछ दुरी पर समान्तर व्यवस्थित हो, जिन पर समान परिणाम व विपरीत प्रकृति का आवेश हो, समांतर प्लेट संधारित्र कहलाता है।

❀ माना समांतर प्लेट संधारित्र में दो प्लेटें I व II एक-दुसरे के समांतर d दुरी पर रखी है। जिनका क्षेत्रफल A है तथा प्लेटों के बीच माध्यम का परावैद्युतांक $k(\epsilon_r)$ है। पहले प्लेट को $+q$ आवेश दिया दिया जाता है तथा दुसरी प्लेट को पृथ्वी से जोड़ दिया जाता है। दोनों प्लेटों ~~के बीच~~ पर पृष्ठिय आवेश घनत्व क्रमशः $+\sigma$ व $-\sigma$ है। प्लेटों के बीच वैद्युत क्षेत्र E एक समान रहता है।




प्लेटों के बीच वैद्युत क्षे॰ की तीव्रता $E = E_1 + E_1$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

विभवांतर $V = E \cdot d$

पृष्ठिय आवेश घनत्व $\sigma = q/A$

$$V = \frac{\sigma \cdot d}{\epsilon_0}$$

$$V = \frac{q \cdot d}{\epsilon_0 A}$$

समांतर प्लेट संधारित्र की धारिता $C = q/V$

$$C = \frac{A\epsilon_0}{d}$$

यदि प्लेटों के मध्य परावैद्युत माध्यम भर दे तो धारिता $C_m = \frac{A\epsilon_0\epsilon_r}{d}$

* समांतर प्लेट संधारित्र की धारिता को प्रभावित करने वाले कारक -

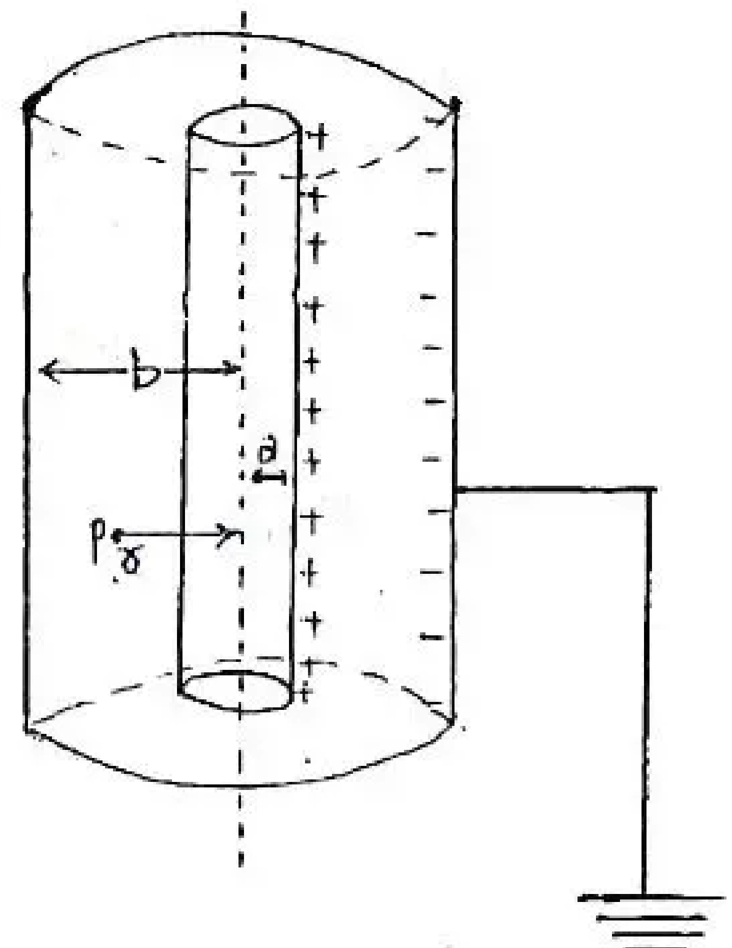
i) प्लेटों के क्षेत्रफल के समानुपाती होती है। $C \propto A$

ii) प्लेटों के मध्य की दूरी के व्युत्क्रमानुपाती होती है। $C \propto 1/d$

iii) प्लेटों के मध्य भरे माध्यम के परावैद्युतांक के समानुपाती $C \propto \epsilon_r$

ii) बेलनाकार संधारित्र -

→ माना एक बेलनाकार संधारित्र जिसके आंतरिक बेलन की त्रिज्या a तथा बाहरी बेलन की त्रिज्या b है। तथा इसकी लंबाई l है और इसकी प्रति इकाई घनत्व λ है, तो -




• बेलन के केन्द्र से r दूरी पर एक बिंदु P है, तो वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\lambda}{r} \quad --(i)$$

$$E = \frac{-dV}{dr}$$

$$dV = -E \cdot dr$$

दोनो तरफ समाकलन करने पर -

$$\int dV = -\int_b^a \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\lambda}{r} \cdot dr$$

$$V = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\int_b^a \frac{1}{r} dr$$

$$V = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} (\log_r)_b^a$$

$$V = \frac{-\lambda}{2\pi\epsilon_0} (\log_a - \log b)$$

$$V = \frac{-\lambda}{2\pi\epsilon_0} \cdot \log(b/a)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda = q/l \\ q = \lambda l \end{array} \right.$$

अतः धारिता $C = q/V$

$$C = \frac{l\lambda}{\lambda/2\pi\epsilon_0 \log(b/a)}$$

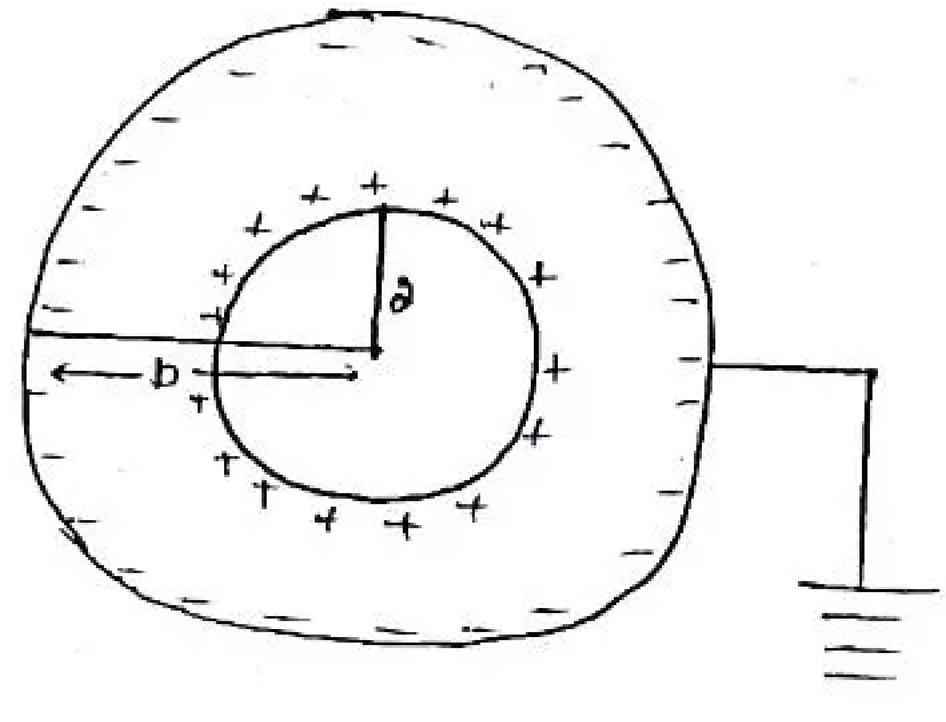
$$\boxed{C = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\log(b/a)}}$$

iii) गोलाकार संधारित्र -

माना गोलाकार संधारित्र एक- दुसरे से पृथक दो संकेन्द्रीय सुचालक गोला A व B से बना है; जिसमें पहले की त्रिज्या a तथा b है।

गोला A के कारण विद्युत विभव

$$V_A = \frac{Kq}{a} \quad -(i)$$



गोला B के कारण विद्युत विभव

$$V_B = \frac{-Kq}{b} \quad -(ii)$$

कुल विभव $V = V_A + V_B$

$$V = Kq\left[\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right]$$

$$V = Kq\left[\frac{b-a}{ab}\right]$$

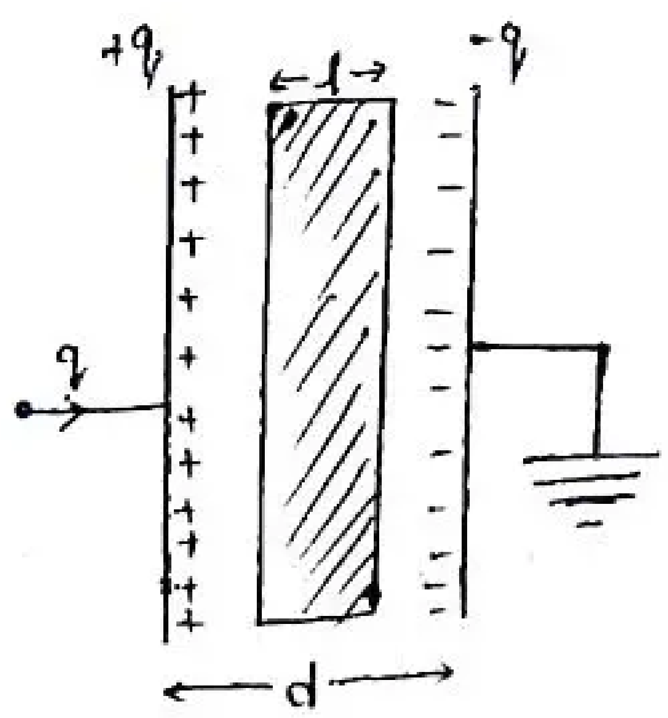
संधारित्र की धारिता $C = \frac{q}{V}$

$$C = \frac{\cancel{q}}{K\cancel{q}\left(\frac{b-a}{ab}\right)}$$

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0 ab}{b-a}$$

* समांतर प्लेट संधारित्र में परावैद्युत पदार्थ को आंशिक रूप से भरने पर -

माना सामान्तर प्लेट संधारित्र की प्लेटों के बीच की दुरी d है तथा प्रत्येक प्लेट का क्षेत्र० A है। प्लेटो के बीच $\epsilon_r$ (K) परावैद्युतांक वाले पदार्थ की मोटाई t है। पहले प्लेट को +q आवेश दिया जाता है तथा दुसरी प्लेट पर प्रेरण के कारण -q आवेश प्रेरित हो जाता है।



t → परावैद्युत पदार्थ, (d-t) → निर्वात / वायु

प्राष्ठिय आवेश घनत्व $\sigma = \frac{q}{A}$

कुल विभव $V = V_{परावैद्युत} + V_{निर्वात}$

$$V = E_{परावैद्युत} \cdot t + E_{निर्वात} \times (d-t)$$

$$V = \frac{\sigma \cdot t}{\epsilon_0 \epsilon_r} + \frac{\sigma}{\epsilon_0} \cdot (d-t)$$

अतः धारिता $C = q/V$

$$C = \frac{\cancel{\sigma} A}{\frac{\sigma}{\epsilon_0}\left(\frac{t}{\epsilon_r} + (d-t)\right)}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{\left(\frac{t}{\epsilon_r} + d - t\right)}$$

इससे यह स्पष्ट है कि परावैद्युत पट्टी रखने से प्लेटों के बीच प्रभावी दूरी d से $t(1 - 1/\epsilon_r)$ कम हो जाती है, जिससे संधारित्र की धारिता बढ़ जाती है।

* Special case -

(a) जब प्लेट धातु की हो तो $C = \frac{A\epsilon_0}{(d-t) + t/\infty}$

$$C = \frac{A\epsilon_0}{d-t}$$

(b) यदि प्लेटो के बीच अनेक पदार्थों की पट्टियाँ रखी हो और उनके परावैद्युतांक $K_1, K_2, K_3, \ldots$ तथा मोटाई क्रमशः $t_1, t_2, t_3, \ldots$ हो

$$C = \frac{A\epsilon_0}{\left[d - (t_1 + t_2 + t_3 + \cdots) + \frac{t_1}{K_1} + \frac{t_2}{K_2} + \cdots\right]}$$

अब $d = t_1 + t_2 + t_3 + \ldots$

$$C = \frac{A\epsilon_0}{\left[\frac{t_1}{K_1} + \frac{t_2}{K_2} + \cdots\right]}$$

* संधारित्रों का उपयोग -

(i) आवेश का संचय करने में

(ii) ऊर्जा का संचय करने में

(iii) वैद्युत उपकरणों में

(iv) इलेक्ट्रानिक परिपथों में

(v) वैज्ञानिक अध्ययन में

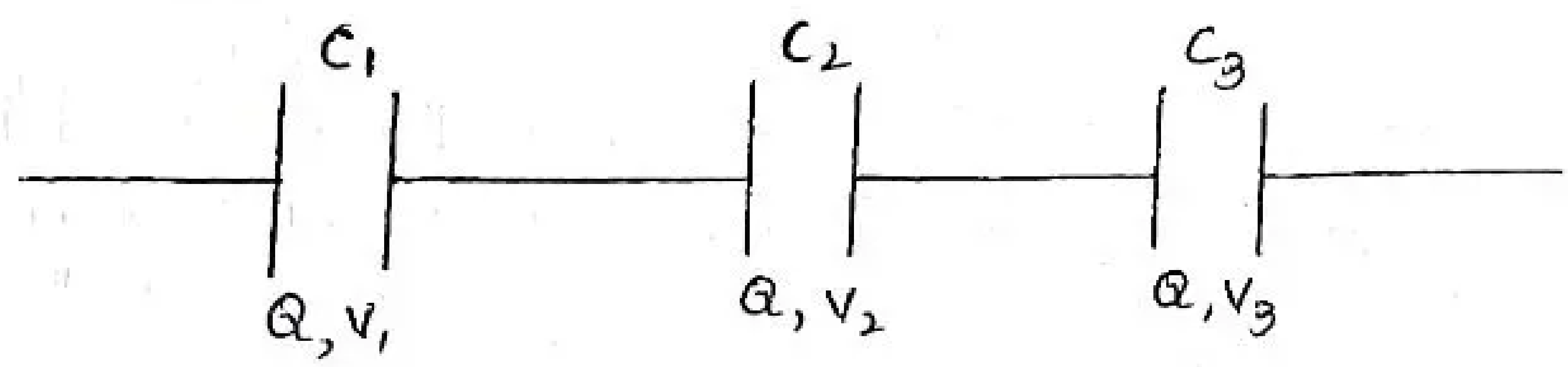
## → सँधारित्र का संयोजन —

सँधारित्रो के संयोजन की आवश्यक वैद्युत परिपथ में आवश्यक धारिता का संधारित्र उपलब्ध कराने के लिए होता है।

→ यह दो प्रकार के होता है -

1. श्रेणी क्रम
2. समान्तर क्रम

1. श्रेणी क्रम संयोजन




- माना तीन सँधारित्र जिनकी धारिताएँ क्रमशः $C_1, C_2, C_3$ पर क्रमशः $V_1, V_2, V_3$ विभवांतर है। यदि तीनो पर Q आवेश हो एवं तीनो संधारित्र को श्रेणी क्रम में V वोल्ट की बैटरी के साथ जोड़ा जाये। तब हमे $C_{तुल्य}$ ज्ञात करनी है।

$C_1$ के लिए : $Q = C_1V_1$

$$V_1 = Q/C_1 \quad -(i)$$

$C_2$ के लिए : $Q = C_2V_2$

$$V_2 = Q/C_2 \quad -(ii)$$

$C_3$ के लिए $Q = C_3V_3$

$$V_3 = Q/C_3 \quad -(iii)$$

$C_{तुल्य}$ के लिए $Q = C_{तुल्य} \times V$

$$V = Q/C_{तुल्य}$$

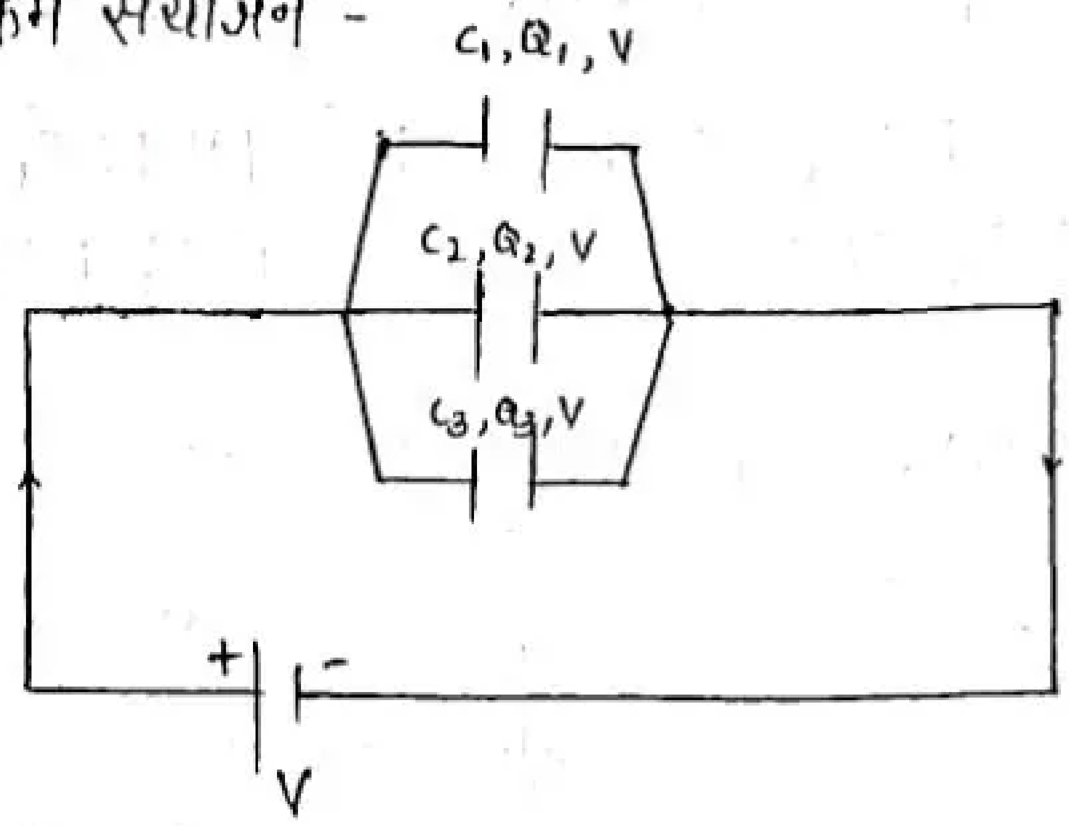
कुल विभव $V = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots$

$$\frac{Q}{C_{तुल्य}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

$$\boxed{\frac{1}{C_{तुल्य}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

• आवेश नियत तथा विभव अनियत होता है।

2. समांतर क्रम संयोजन -




— माना तीन संधारित्र $C_1, C_2, C_3$ जिन पर क्रमशः आवेश क्रमशः $Q_1, Q_2, Q_3$ है को समांतर क्रम में V वोल्ट की बैटरी के साथ जोड़ा जाता है।

$C_1$ के लिये - $Q_1 = C_1 V$ — i

$C_2$ के लिये - $Q_2 = C_2 V$ — ii

$C_3$ के लिये - $Q_3 = C_3 V$ — iii

$C$ तुल्य के लिये - $Q = C_{तुल्य} V$

कुल आवेश $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

$$C_{तुल्य} \cdot V = C_1 V + C_2 V + C_3 V$$

$$C_{तुल्य} \cdot \cancel{V} = \cancel{V}(C_1 + C_2 + C_3)$$

$$C_{तुल्य} = C_1 + C_2 + C_3$$

* विशेष स्थिती -

i) यदि n संधारित्र समांतर क्रम में जुड़े हो -

$$C_{तुल्य} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + \cdots\cdots + C_n$$

ii) यदि $C_1 = C_2 = C_3 = \cdots = C_n = (C$ माना)

$$C_{तुल्य} = n \cdot C$$

→ आवेशों का पुर्नवितरण तथा ऊर्जा ह्रास:

माना दो विलगीत गोलीय चालकों की वैद्युत धारिताएँ क्रमशः $C_1$ व $C_2$ हैं। चालकों को क्रमशः $Q_1$ व $Q_2$ आवेश देने पर विभव $V_1$ व $V_2$ हो जाते हैं।

अतः $Q_1 = C_1V_1$ व $Q_2 = C_2V_2$


जब इन्हे आपस में जोड़ा जाता है तो आवेशो का अदान-प्रदान (पुर्नवितरण) तब तक होता है जब तक दोनो पर समान विभव (उभयनिष्ठ विभव V) नहीं आ जाता है।

आवेश संरक्षण के नियम से -

$$Q_1 + Q_2 = Q_1' + Q_2'$$

$$C_1V_1 + C_2V_2 = C_1V + C_2V$$

$$C_1V_1 + C_2V_2 = V(C_1+C_2)$$

$$V = \frac{C_1V_1 + C_2V_2}{C_1+C_2}$$

* ऊर्जा ह्रास -

दो संधारित्र को चालक तार से जोड़ने पर तार के प्रतिरोध के कारण कुछ ऊर्जा ऊष्मा में परिवर्तित हो जाती है इसे ऊर्जा ह्रास कहते हैं।

ऊर्जाह्रास = प्रारंभिक ऊर्जा - अंतिम ऊर्जा

$$\Delta U = \left[\frac{1}{2}C_1V_1^2 + \frac{1}{2}C_2V_2^2\right] - \left[\frac{1}{2}C_1V^2 + \frac{1}{2}C_2V^2\right]$$

$$\Delta U = \frac{1}{2}\left[(C_1V_1^2 + C_2V^2) - (C_1+C_2)V^2\right]$$

$$\Delta U = \frac{1}{2}\left[C_1V_1^2 + C_2V_2^2 - (C_1+C_2)\left(\frac{C_1V_1+C_2V_2}{C_1+C_2}\right)^2\right]$$

$$\Delta U = \frac{1}{2} \times \frac{C_1C_2(V_1-V_2)^2}{C_1+C_2}$$

## → आवेशित संधारित्र की वैद्युत स्थितीज ऊर्जा

• किसी संधारित्र को आवेश देने में प्रतिकर्षण बल के विरुद्ध किया गया कार्य संधारित्र की प्लेटों के मध्य स्थितीज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाती है।

• माना किसी क्षण पर संधारित्र का विभव V है तो संधारित्र को अल्पांश आवेश $dq$ देने में किया गया कार्य

$$dW = V \cdot dq$$

• संधारित्र को 0 (शून्य) से Q आवेश देने में किया गया कुल कार्य

$$\int dW = \int_0^Q V \cdot dq \qquad \left\{ V = q/C \right.$$

$$W = \int_0^Q \frac{q}{C} \cdot dq$$

$$W = \frac{1}{C}\int_0^Q q \cdot dq$$

$$W = \frac{1}{2C}\left[q^2\right]_0^Q \qquad \left\{ \int x^n \cdot dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C \right.$$

$$W = \frac{1}{2C}(0 - Q^2)$$

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

यह किया गया कार्य निकाय में स्थितीज ऊर्जा के रूप में संचित होता है

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

$$U = \frac{Q^2}{2C} \quad \text{—(1)}$$

• उपयुक्त समी० में $Q = CV$ रखने पर — $U = \frac{1}{2} \cdot CV^2$ —(2)

~~अपयुक्त~~ उपरोक्त समी॰ मे $C = Q/V$ रखने पर

$$U = \frac{1}{2} \cdot QV \quad -(3)$$

## → ऊर्जा घनत्व :

प्लेटों के बीच प्रति एकांक आयतन में संचित वैद्युत स्थितीज ऊर्जा को ऊर्जा घनत्व कहते है।

$$\text{ऊर्जा घनत्व } (u) = \frac{\text{ऊर्जा}}{\text{आयतन}}$$

• संधारित्र के प्लेटो के मध्य का आयतन = $Ad$

* समांतर प्लेट संधारित्र का ऊर्जा घनत्व —

माना समांतर प्लेट संधारित्र की प्रत्येक प्लेट का का क्षेत्र॰ $A$ तथा उनके बीच की दुरी $d$ है तब संधारित्र की धारिता -

$$C = \frac{A\epsilon_0}{d}$$

स्थितीज ऊर्जा $U = \frac{1}{2} CV^2$

$$U = \frac{1}{2} \cdot \frac{A\epsilon_0}{d} V^2 \qquad \left\{ \begin{array}{l} E = \frac{V}{d} \\ V = Ed \end{array} \right.$$

$$U = \frac{1}{2} \cdot \frac{A\epsilon_0}{d} \cdot (Ed)^2$$

$$\boxed{U = \frac{1}{2} A\epsilon_0 E^2 d} \quad -(4)$$

$U$ का मान रखने पर ऊर्जा घनत्व

$$u = \frac{\frac{1}{2} E^2 \epsilon_0 \cancel{Ad}}{\cancel{Ad}}$$

$$\boxed{u = \frac{1}{2} E^2 \epsilon_0} \ J/m^3$$

## * वान डे ग्राफ जनित्र / Van de Graff Generator

• यह एक स्थिर वैधुत मशीन है जिसका अविष्कार 1931 ई० में R.J. Van de graf ने सन् 1931 किया था। यह उपकरण अति उच्च विभवांतर उत्पन्न करने का साधन है। इसका प्रयोग आवेशित कणों को त्वरित गति ~~प्रक~~ प्रदान करने में किया जाता है।

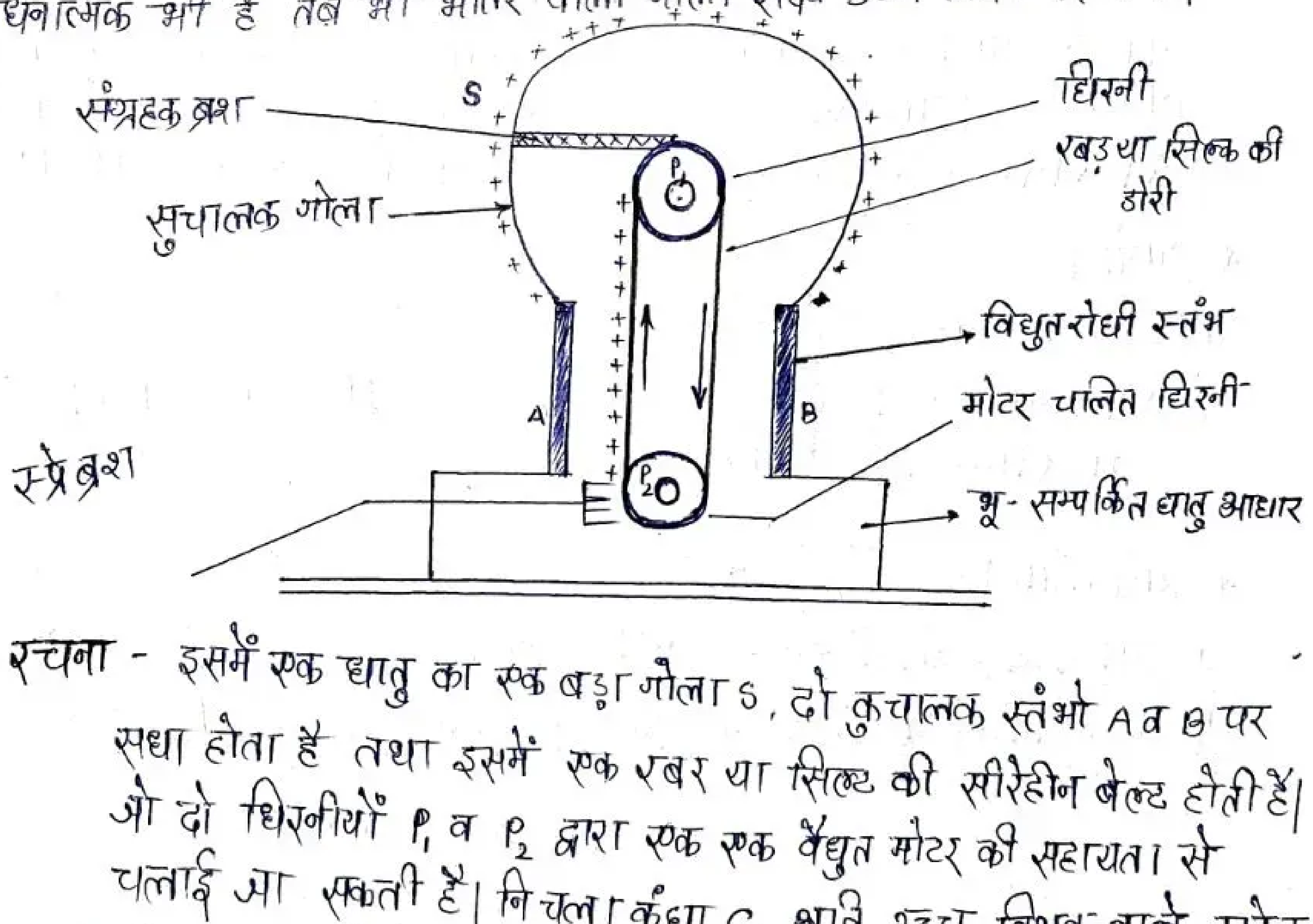
• सिद्धांत - वान डी ग्राफ जनित्र निम्न सिद्धांतो पर आधारित है।

i) खोखले गोलाकार चालक को दिया गया आवेश उसके बाहरी पृष्ठ पर समान रूप से फैल जाता है।

ii) चालक के नुकीले सिरे पर आवेश का पृष्ठ घनत्व सर्वाधिक होता है।

$$\sigma = q/A$$

• यदि एक बडे गोलीय चालक कोश के भीतर सकेन्द्रीय छोटा गोला रखा है, तो बडे ~~a~~ गोले पर कितना भी आवेश संचीत क्यों न हो जाए और यदि वह धनात्मक भी है तब भी भीतर वाला गोला सदैव उच्च विभव पर होगा।




• रचना - इसमें एक धातु का एक बड़ा गोला S, दो कुचालक स्तंभो A व B पर सधा होता है तथा इसमें एक रबर या सिल्क की सीरेहीन बेल्ट होती है। जो दो घिरनीयों $P_1$ व $P_2$ द्वारा एक एक वैधुत मोटर की सहायता से चलाई जा सकती है। निचला कंधा $C_1$ अति उच्च विभव वाले स्रोत (DC) (लगभग $10^4$ वोल्ट) के धन टर्मिनल से जुड़ा होता है। तथा ऊपरी कंधा $C_2$ खोखले गोले के आंतरिक पृष्ठ से जुड़ा रहता है।

* कार्य विधि -

जब कंघे $C_1$ को अति उच्च विभव दिया जाता है तो तीक्ष्ण (नुकिले) बिंदुओं की क्रिया के फलस्वरूप यह उसके स्थान पर आयन उत्पन्न करता है। धन आयनों व कंघे $C_1$ के बीच प्रतिकर्षण के कारण ये धनायन बेल्ट पर चले जाते हैं। गतिमान बेल्ट द्वारा ये आयन ऊपर ले जाये जाते हैं। $C_2$ के तीक्ष्ण सीरे बेल्ट को ठीक छुते हैं। इस प्रकार कंघा $C_2$ बेल्ट के धन-आवेश को एकत्रित करता है। यह धन आवेश शीघ्र ही गोले S का बाहरी पृष्ठ पर स्थानान्तरित हो जाता है। इस प्रकार गोले S का बाहरी पृष्ठ निरन्तर धन-आवेश प्राप्त करता है। तथा इसका विभव अति उच्च हो जाता है।

* नोट :-

जब गोले S का विभव बहुत अधिक हो जाता है तो निकटवर्ती वायु की परावैद्युत तीव्रता टूट जाती है तथा आवेश का निकटवर्ती वायु में क्षरण हो जाता है। अधिकतम विभव की स्थिती में आवेश के क्षरण होने की दर गोले पर स्थानान्तरित ~~हो जाता है~~ आवेश की दर के बराबर हो जाता है। गोले से आवेश का क्षरण रोकने के लिए जनित्र को पृथ्वी से संबंधित तथा उच्च दाब पर वायु भरें टैंक पर रखा जाता है।

* उपयोग -

i) उच्च विभवांतर उत्पन्न करने के लिये

ii) धन-आवेशीत कण (प्रोटॉन, ड्यूट्रॉन, व अल्फा) को अति उच्च वेग तक त्वरित करने के लिए -

* हानि (दोष) -

i) आकार बड़े होने के कारण असुविधाजनक

ii) उच्च विभव के कारण यह ज्यादा खतरनाक होता है।

## लघु उत्तरीय प्रश्न

1. संधारित्र के कोई तीन उपयोगों को लिखें।
2. विद्युत-विभव तथा तीव्रता के बीच संबंध स्थापित करें।
3. एक गोलीय वायु संधारित्र की धारिता का व्यंजक प्राप्त करें।
4. संधारित्र क्या है? इसमें निहित सिद्धांत को समझाएँ।
5. सिद्ध करें कि गोलीय चालक की धारिता उसकी त्रिज्या के समानुपाती होती है।
6. संधारित्रों की धारिता पट्टिकाओं के बीच परावैद्युत माध्यम पर निर्भर करती। क्यों?
7. विद्युत-विभव क्या है? इसका S.I मात्रक लिखें?
8. समविभव सतह से क्या समझते हैं? इसके दो गुण लिखें।
9. अध्रुवित एवं ध्रुवित परावैद्युत क्या है?
10. विद्युत स्थितीज ऊर्जा क्या है?
11. ~~समांतर~~ समानांतर प्लेट संधारित्र में दुसरे प्लेट का क्या कार्य है।
12. आवेश के पुनर्वितरण में ऊर्जा की हानि किस प्रकार होती है।
13. स्थिर वैद्युत परिरक्षण क्या है? इसका एक उपयोग लिखें।
14.

## दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

1. एकल बिंदु आवेश के कारण किसी बिंदु पर विद्युत विभव ज्ञात कीजिए।
2. समांतर प्लेट संधारित्र की धारिता का व्यंजक प्राप्त कीजिए जबकी प्लेटों के बीच माध्यम का परावैद्युतांक K है।
3. एक स्वच्छ चित्र के साथ वान डी ग्राफ की बनावट और क्रिया का वर्णन करें।
4. किसी चालक की धारिता से आप क्या समझते हैं? बेलनाकार संधारित्र की धारिता का व्यंजक प्राप्त करें।
5. विद्युत-द्विध्रुव के कारण बिंदु $P(r, \theta)$ पर विद्युत-विभव या तीव्रता की गणना करें।
6. विद्युतीय द्विध्रुव के कारण अक्षीय रेखा के किसी बिंदु पर विद्युत विभव का व्यंजक प्राप्त करें।
7. विद्युत-द्विध्रुव आघूर्ण को परिभाषित करें। किसी विद्युतीय द्विध्रुव के कारण उसकी निरक्षीय स्थिति पर स्थित किसी बिंदु पर विद्युत-क्षेत्र का व्यंजक प्राप्त करें।