VIDYAKUL

12TH CHAPTER NOTES

(हस्तलिखित)

विषय - भौतिक विज्ञान

अध्याय - 2

स्थिरवैद्युत विभव तथा धरिता

अध्याय - 2

विद्युत-विभव : विद्युत द्विध्रुव

• विद्युत-विभव (Electric Potential) :-

• आवेश के प्रवाह की तुलना तरल-प्रवाह (Fluid Flow) एवं ऊष्मा चालन (heat conduction) से की जा सकती है।

आवेश के प्रवाह की दिशा विभवांतर से निर्धारित होती है।

• किसी आवेशित चालक का विद्युत-विभव उसकी वह विद्युतीय अवस्था है जो यह बताती है कि उसे किसी अन्य चालक के संपर्क में लाने पर आवेश पहले चालक से दूसरे चालक में जाएगा या दूसरे चालक से पहले चालक में।

• स्थिर वैद्युत-बल की संरक्षी प्रकृति तथा विद्युत-विभव :-

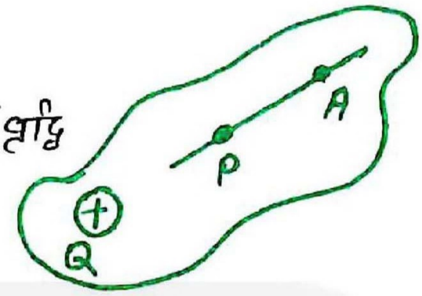
माना, +Q आवेश द्वारा उत्पन्न विद्युत-क्षेत्र में किसी (धनात्मक) परिक्षण आवेश q को बाह्य बल F_{ext} द्वारा A से P बिंदु तक इस प्रकार विस्थापित किया जाता है कि गति के क्रम में प्रत्येक बिंदु पर बाह्य, विद्युत क्षेत्र द्वारा प्रतिकर्षी बल (repulsive force) को निष्फल कर दे अर्थात् $(\vec{F}_{ext} = -\vec{F}_{el})$ ताकि उस आवेशित कण पर नेट बल तथा त्वरण शून्य हो।

कार्य-ऊर्जा प्रमेय (Work Energy Theorem) के आधार पर बाह्य बल तथा वैद्युत-बल द्वारा संपादित कार्य का कुल योगफल शून्य है, अर्थात्

$W_{el} + W_{ext} = 0$

या $W_{ext} = -W_{el}$ = स्थितिज ऊर्जा में वृद्धि

$= \Delta U = U_P - U_A$



अतः $U_P - U_A = -W_{el} = -\int_A^P \vec{F}_{el} \cdot d\vec{l}, \longrightarrow (i)$

जहाँ U_A तथा U_P क्रमशः A तथा P बिन्दुओं पर आवेश की स्थितिज ऊर्जाएँ हैं।

अब यदि स्थितिज ऊर्जा का शून्य तल (zero-level) अनंत पर मान लें (अर्थात् वह स्थान जहाँ आवेश Q के विद्युत-क्षेत्र से बाहर हो), तो समीकरण (i) के अनुसार स्थिति A को अनंत पर मानने पर ($U_A=0$) किसी स्वेच्छ बिन्दु P पर आवेश q की स्थितिज ऊर्जा

$$U_P = -\int_\infty^P \vec{F}_{el} \cdot d\vec{l} \longrightarrow (ii)$$

किसी विद्युत-क्षेत्र का अभिलक्षण, क्षेत्र की प्रबलता ($\vec{E} = \vec{F}/q$) के अतिरिक्त विद्युत-विभव से भी व्यक्त किया जाता है।

$$\boxed{V = W/q} \longrightarrow (iii)$$

विद्युत-विभव एक अदिश राशि (scalar quantity) है तथा समीकरण (iii) में इसका मात्रक जूल कूलॉम (JC^{-1}) होगा।

$1 JC^{-1}$ को 1 V (वोल्ट) कहा जाता है जो विद्युत-विभव का SI मात्रक है।

विभवांतर की माप (Measurement of Potential Difference) :-

माना कि, किसी विद्युत-क्षेत्र में A और B दो बिंदु स्थित है यदि एक परिक्षण आवेश q को बिंदु A से बिंदु B तक लाने में किया गया कार्य W_{AB} हो, तो विभवांतर की परिभाषा के अनुसार A और B के बीच विभवांतर प्रति एकांक परीक्षण आवेश को A से B तक लाने में संपादित कार्य के बराबर होगा।

अर्थात्

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{-1}{q}\int_A^B \vec{F}_{el} \cdot \vec{dr} = -\int_A^B \vec{E} \cdot \vec{dr} \rightarrow (iv)$$

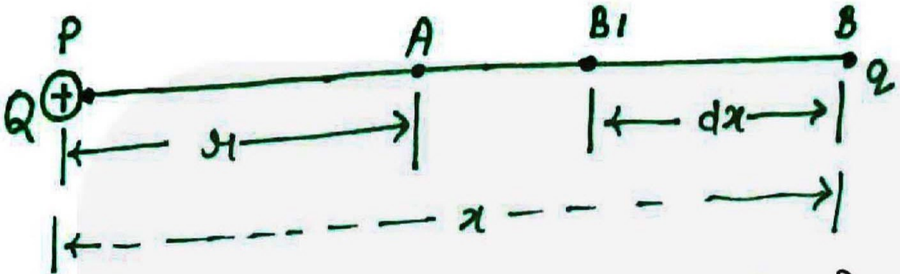
यहाँ ऋणात्मक चिन्ह का अर्थ है बाह्य बल $\vec{F}_{ext}$ तथा वैद्युत-बल $\vec{F}_{el}$ का परस्पर विपरीत होना।

विभवांतर का SI मात्रक भी वोल्ट (V) होता है।

एक बिंदुवत आवेश के कारण किसी बिंदु पर विभव :-

माना कि, बिंदु P पर +Q (कूलॉम) आवेश स्थित है जिससे r (मीटर) की दूरी पर स्थित किसी बिंदु A पर विभव का मान निकालना है।

माना कि, P से x (मीटर) पर कोई बिंदु B है जिस पर परीक्षण आवेश (test charge) q (कूलॉम) स्थित है।



अब बिंदु B से परीक्षण आवेश +q (कूलॉम) को अल्प दूरी dx पर एक अन्य बिन्दु B_1 तक लाने में किए गए कार्य का मान निकालते हैं।

P पर स्थित +Q आवेश के कारण B पर परीक्षण आवेश q पर विद्युत-क्षेत्र पर क्रियाशील प्रतिकर्षण बल

$$\boxed{F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{x^2}}$$

जिसकी दिशा P से B की ओर होगी।

अब परीक्षण आवेश को इस वैद्युत-प्रतिकर्षण बल F के विरुद्ध B से B_1 तक लाने में किया गया कार्य

$$dw = -F \times BB_1 \Rightarrow -F\,dx$$

(यहाँ ऋणात्मक चिन्ह इस बात का द्योतक है कि कार्य, वैद्युत-बल की दिशा के लिए विपरीत संपादित होता है)

$$dW = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq\,dx}{x^2}$$

इस प्रकार, परीक्षण आवेश q को अनन्त से A बिन्दु तक लाने में किया गया कुल कार्य

$$W = \int_{\infty}^{r} -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{x^2}dx \Rightarrow -\frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0}\int_{\infty}^{r} x^{-2}dx$$

$$= -\frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0}\left[-\frac{1}{x}\right]_{\infty}^{r} = \frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{r}-\frac{1}{\infty}\right] \Rightarrow \frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{r}$$

$$\therefore \quad W = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{r}$$

विभव की परिभाषा के अनुसार, प्रति एकांक धनात्मक परीक्षण आवेश को अनंत से बिन्दु P तक लाने में किए गए कार्य द्वारा आवेश Q के कारण P पर के विभव का मान ज्ञात होता है।

अतः समीकरण (ii) से, Q आवेश के कारण बिंदु P पर

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

स्पष्टतः, यदि आवेश Q धनात्मक हो, तो विभव का मान धनात्मक और यदि आवेश Q ऋणात्मक हो, तो विभव का मान ऋणात्मक होगा।

- **आवेशों के निकाय के कारण विभव (Potential due to a system of charges):-**
- विभव एक अदिश राशि है।

यदि कोई बिंदु, $Q_1, Q_2, -Q_3, +Q_4$ ---- आवेशों से क्रमशः r_1, r_2, r_3, r_4, ---- दूरियों पर स्थित हो, तो उस बिंदु पर कुल विभव

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + ----$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{Q_1}{r_1} + \frac{Q_2}{r_2} - \frac{Q_3}{r_3} + \frac{Q_4}{r_4} + --\right]$$

$$\boxed{V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\Sigma\frac{Q}{r}}$$

- **विद्युत-क्षेत्र के किसी बिंदु पर विभव एवं तीव्रता के बीच संबंध :-**

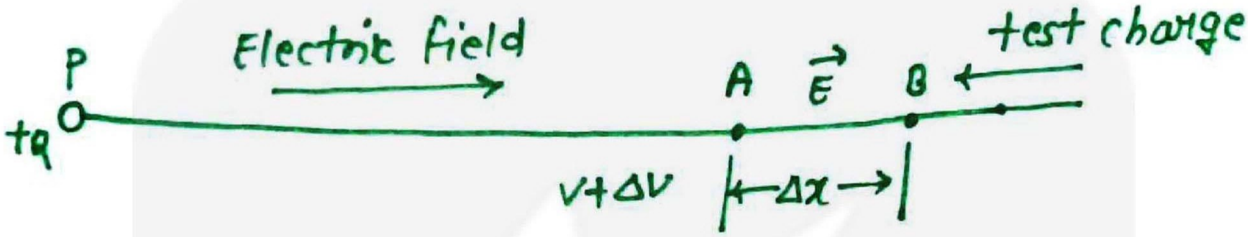
(Relation between Potential and intensity at a Point in an Electric field) :-

माना कि, $+Q$ आवेश से आवेशित किसी कण के विद्युत-क्षेत्र में दो बिंदु A और B एक दूसरे से अल्प दूरी Δx पर स्थित है विभव की परिभाषा के अनुसार,

इन बिंदुओं पर विभव का मान प्रति एकांक परीक्षण आवेश को अनंत से इन बिंदुओं तक लाने में किए गए कार्य से प्राप्त होता है। स्पष्ट है कि बिंदु A तक के विस्थापन की अपेक्षा बिंदु B तक के विस्थापन में कम कार्य संपादित होगा।

अतः बिंदु B का विभव A की अपेक्षा कम होगा।

माना कि A एवं B बिंदुओं पर विभव के मान क्रमशः $V+\Delta V$ एवं V है।



अतः, A एवं B बिंदुओं के बीच विभवांतर $(V+\Delta V)-V=\Delta V$ होगा।

जो प्रति एकांक परीक्षण आवेश को बिंदु B से बिन्दु A तक विस्थापन में किए गए कार्य ΔW के बराबर होगा।

यदि AB के बीच परीक्षण आवेश q पर क्रियाशील माध्य वैद्युत-बल F हो, तो A एवं B के बीच विभवांतर

$$\Delta V = \frac{\Delta W}{q} = -\frac{F\Delta x}{q} = -\left(\frac{F}{q}\right)\Delta x = -E\Delta x$$

$$\left[\because \vec{E} = \vec{F}/q\right]$$

{यहाँ ऋणात्मक चिन्ह इस बात का द्योतक है कि वैद्युत-बल F तथा विस्थापन Δx एक दूसरे के विपरीत है}

या $$E = -\frac{\Delta V}{\Delta x}$$

यदि बिंदु A और B एक-दूसरे के बहुत निकट हो (अर्थात् $\Delta x \to 0$) तो A और B से केवल एक बिंदु की स्थिति प्रदर्शित होगी, जहाँ

विद्युत-क्षेत्र की तीव्रता $E = -\lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta V}{\Delta x}$, या $\boxed{E = -\frac{dV}{dx}}$

$\frac{dV}{dx}$ को **विभव प्रवणता** कहा जाता है।

- विद्युत क्षेत्र के किसी बिंदु पर तीव्रता का मान परिमाण एवं दिशा में उस बिंदु पर ऋणात्मक विभव प्रवणता के तुल्य होता है।

विद्युत क्षेत्र का S.I. मात्रक वोल्ट मीटर$^{-1}$ (Vm^{-1}) होता है।

- **एकसमान रूप से आवेशित गोलीय चालक (खोल) के कारण विभव एवं तीव्रता :-**

गोलीय चालक के केन्द्र से, गोले के बाहर x दूरी पर स्थित किसी बिंदु पर विभव

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{x}$$

होता है (यहाँ Q गोलीय चालक पर कुल आवेश है)

तथा विद्युत तीव्रता , $E = -\frac{dV}{dx}$

$$= \frac{-d}{dx}\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{x}\right) \Rightarrow \frac{-Q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{d}{dx}\left(\frac{1}{x}\right)$$

$$= \frac{-Q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{d}{dx}(x^{-1}) = \frac{-Q}{4\pi\varepsilon_0}(-1)x^{-2}$$

$$= \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{x^2}$$

$$\boxed{E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{x^2}}$$

यदि बिंदु गोलीय चालक की सतह पर हो और गोलीय चालक की त्रिज्या R अर्थात् $x=R$ हो, तो उस बिंदु पर विभव

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

तथा तीव्रता $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{R^2}$

फिर , खोखले चालक के अंदर सभी बिंदुओं पर विभव समान होता है और इसका मान चालक की सतह (surface) पर के विभव के मान के बराबर होता है, अर्थात् ऐसी स्थिति में

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

जो एक नियत राशि है।

• दो आवेशों के निकाय की स्थितिज ऊर्जा :-

विभव की परिभाषा से, प्रति एकांक परीक्षण आवेश को अनंत से B तक लाने में किया गया कार्य बिंदु B पर विभव V है। अतः आवेश Q_2 को अनंत से B तक लाने में संपादित कार्य, अर्थात

Q_2 की स्थितिज ऊर्जा :-

U = विभव × आवेश

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{Q_1}{r} \cdot Q_2$$

इस प्रकार दो आवेशों के किसी निकाय की स्थितिज ऊर्जा

$$\boxed{U_{1,2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}}}$$

Q_1, Q_2, Q_3 --- आवेशों के किसी निकाय के कारण अन्य आवेश Q की स्थितिज ऊर्जा ज्ञात करने के लिए Q की स्थिति (position) पर आवेशों के निकाय के कारण विद्युत-विभव V ज्ञात करते है, फिर, सिद्धांत से आवेश की स्थितिज ऊर्जा

$$U = V \cdot Q$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{Q_1}{r_1} + \frac{Q_2}{r_2} + \cdots\right)Q$$

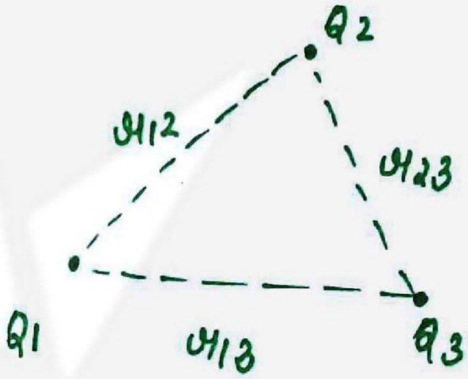
$$\boxed{U = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \sum \frac{Q_i}{r_i}}$$

• अनेक आवेशों के निकाय की स्थितिज ऊर्जा:-

माना कि,

तीन आवेश Q_1, Q_2 तथा Q_3 तीन बिन्दुओं पर स्थित हैं। इस निकाय के लिए आवेशों के तीन जोड़े संभव हैं। जिनके लिए स्थितिज ऊर्जाएँ निम्नलिखित रूप से व्यक्त की जाती हैं;-

$$U_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1Q_2}{r_{12}}$$



$$U_{13} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1Q_3}{r_{13}}$$

$$U_{23} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_2Q_3}{r_{23}}$$

अतः निकाय की स्थितिज ऊर्जा

$$U_{system} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{Q_1Q_2}{r_{12}} + \frac{Q_1Q_3}{r_{13}} + \frac{Q_2Q_3}{r_{23}}\right)$$

संधारित्र तथा स्थिर-विद्युत जनित्र

• चालक की विद्युत-धारिता :-

यदि किसी चालक को Q आवेश देने से उसके विभव में वृद्धि V हो तो,

$Q \propto V$

$$\boxed{Q = CV}$$

जहाँ, C चालक का नियतांक है, जो चालक के आकार, क्षेत्रफल, उसके चारों ओर के माध्यम और उसके निकट रखी अन्य वस्तुओं के प्रभाव पर निर्भर करता है। इस नियतांक को चालक की धारिता या विद्युत-धारिता कहा जाता है।

अतः चालक की धारिता

$$\boxed{C = \frac{Q}{V}}$$

• विद्युत-धारिता का SI मात्रक :-

यदि Q=1 कूलॉम (C) तथा V=1 वोल्ट (V), तो C=1 कूलॉम वोल्ट$^{-1}$ (CV^{-1}) जिसे 1 फैराड (F) कहते हैं।

$$\boxed{1F = 1CV^{-1}}$$

• किसी चालक की धारिता को प्रभावित करनेवाले कारक :-

(a) चालक का क्षेत्रफल :-

यदि किसी चालक का क्षेत्रफल बढ़ा दिया जाए तो उसकी धारिता भी बढ़ जाती है, क्योंकि आवेशित चालक का क्षेत्रफल बढ़ाने से उसका विभव घट जाता है।

$$\boxed{C \propto A}$$

(b) चालक के निकट अन्य चालकों की उपस्थिति :-

यदि किसी चालक के निकट कोई दूसरा अनावेशित चालक रखा जाए तो आवेशित चालक का विभव दूसरे (अनावेशित) चालक की उपस्थिति के कारण कम हो जाता है।

अतः उसकी धारिता बढ़ जाती है।

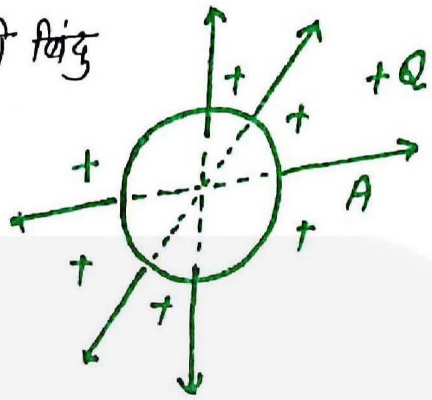
(c) चालक के चारों ओर के माध्यम की प्रकृति :-

यदि आवेशित चालक को हवा या निर्वात में रखने की अपेक्षा किसी दूसरे परावैद्युत माध्यम में रख दिया जाए तो भी चालक का विभव कम हो जाता है।

यदि चालक की निर्वात में धारिता C_0 तथा ϵ_r आपेक्षिक परावैद्युतता वाले माध्यम में धारिता C हो, तो यह पाया जाता है कि $C = \epsilon_r C_0$

• गोलीय चालक की धारिता :-

चालक के तल पर स्थित किसी बिंदु पर विभव



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

$$\therefore \quad Q = 4\pi\varepsilon_0 RV$$

अतः, गोलीय चालक की धारिता

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{4\pi\varepsilon_0 RV}{V}$$

$$\boxed{C = 4\pi\varepsilon_0 R}$$

अतः, किसी गोलीय चालक की धारिता का मान उसकी त्रिज्या के समानुपाती होता है।

• आवेशित चालक की स्थितिज ऊर्जा :-

माना कि, चालक की धारिता C है और आवेशन के क्रम में किसी क्षण चालक पर आवेश q है तथा उस क्षण चालक का विभव V है, तो

$$V = q/C$$

अब यदि चालक पर अतिरिक्त अल्प आवेश dq दिया जाए तो इस प्रक्रिया में किया गया अल्प कार्य

$$dW = V\,dq = \frac{q}{C}dq$$

यदि चालक पर इसी प्रकार अल्प परिमाण में आवेश लगातार तब तक लाया जाए जब तक उस पर Q आवेश संचित न हो जाए, तो पूरी प्रक्रिया में किया गया कुल कार्य

$$W = \int dw = \int_0^Q \frac{q}{C}\,dq = \frac{1}{C}\int_0^Q q\,dq$$

$$= \frac{1}{C} \times \frac{1}{2}\left[q^2\right]_0^Q \Rightarrow \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

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

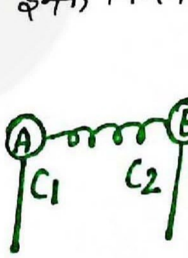
यह कार्य ही चालक में स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित रहता है।

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

चूँकि $Q = CV$, $\boxed{U = \frac{1}{2}CV^2}$

• दो आवेशित चालकों के बीच आवेश वितरण :-

माना कि, A और B दो चालक हैं जिनकी धारिताएँ क्रमशः C_1 और C_2 हैं इनको क्रमशः Q_1 और Q_2 आवेश देने से मान लिया कि इनके विभव V_1 और V_2 हो जाते हैं।



अतः A का विभव $V_1 = Q_1/C_1$ या $Q_1 = C_1V_1$

B का विभव $V_2 = Q_2/C_2$ या $Q_2 = C_2V_2$

$\therefore$ कुल आवेश $= Q_1 + Q_2$

$\Rightarrow$ यदि इन चालकों को एक सुचालक तार से जोड़ दिया जाए तो कम से अधिक विभव की ओर आवेश प्रवाहित होता रहेगा।

V का व्यंजक :-

चालक A और B को जोड़ने के पूर्व उनपर आवेश क्रमशः $Q_1 = C_1V_1$ तथा $Q_2 = C_2V_2$ हैं यदि जोड़ने के बाद A और B का उभयनिष्ठ विभव V हो और उनपर आवेश क्रमशः Q_1' तथा Q_2' हो, तो

$$V = \frac{Q_1'}{C_1} = \frac{Q_2'}{C_2} = \frac{Q_1' + Q_2'}{C_1 + C_2}$$

$$V = \frac{\text{कुल आवेश}}{C_1 + C_2} = \frac{Q_1 + Q_2}{C_1 + C_2} = \frac{C_1V_1 + C_2V_2}{C_1 + C_2}$$

अतः, जोड़ने के बाद चालक A पर परिणामी आवेश

$$Q_1' = C_1V = C_1\left[\frac{C_1V_1 + C_2V_2}{C_1 + C_2}\right]$$

तथा चालक B पर परिणामी आवेश

$$Q_2' = C_2V = C_2\left[\frac{C_1V_1 + C_2V_2}{C_1 + C_2}\right]$$

अतः, आवेश-वितरण के बाद दोनों चालकों पर आवेश, उनकी धारिता के अनुपात में होता है।

$$\boxed{\frac{Q_1'}{Q_2'} = \frac{C_1}{C_2}}$$

आवेश के पुनर्वितरण में ऊर्जा का ह्रास :-

माना कि,

चालकों की धारिताएँ क्रमशः C_1 तथा C_2 हैं और उनके प्रारंभिक विभव V_1, V_2 हैं चालकों को जोड़ने से पहले निकाय की कुल स्थितिज ऊर्जा

$$U_1 = \frac{1}{2}C_1V_1^2 + \frac{1}{2}C_2V_2^2 \Rightarrow \frac{1}{2}(C_1V_1^2 + C_2V_2^2)$$

चालकों को तार द्वारा जोड़ देने पर उभयनिष्ठ विभव

$$V = \frac{\text{कुल आवेश}}{\text{कुल धारिता}} \Rightarrow \frac{C_1V_1 + C_2V_2}{C_1 + C_2}$$

अतः चालको को जोड़ने के बाद निकाय की कुल स्थितिज ऊर्जा

$$U_2 = \frac{1}{2}C_1V_1^2 + \frac{1}{2}C_2V_1^2 \Rightarrow \frac{1}{2}(C_1 + C_2)V^2 \qquad [V_1 = V]$$

$$U_2 = \frac{1}{2}\frac{(C_1V_1 + C_2V_2)^2}{C_1 + C_2}$$

ऊर्जा का ह्रास $\Rightarrow U_1 - U_2 \Rightarrow \Delta U$

$$\therefore \Delta U = \frac{1}{2}(C_1V_1^2 + C_2V_2^2) - \frac{1}{2}\frac{(C_1V_1 + C_2V_2)^2}{C_1 + C_2}$$

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

VIDYAKUL

• संधारित्र तथा इसका सिद्धांत :-

वह प्रबंध जिससे चालक के आकार में वृद्धि किए बिना ही उसकी धारिता कृत्रिम रूप से बढ़ाई जाती है, संधारित्र कहलाता है।

सूत्र,

$C = \frac{Q}{V}$ के अनुसार A की धारिता और बढ़ जाएगी

• संधारित्र की धारिता :-

किसी संधारित्र की धारिता संख्यात्मक रूप से आवेश का वह परिमाण है जिसे संधारित्र की संग्राहक पट्टिका पर देने से संग्राहक और संघनक पट्टिकाओं के बीच एकांक विभवांतर उत्पन्न होता है।

$$\boxed{C = \frac{Q}{V}}$$

• संधारित्र के प्रकार :-

संधारित्र तीन प्रकार के होते है :-

(a) समांतर पट्टिका संधारित्र :-

इस संधारित्र में दोनों पट्टिकाएँ समतल और एक-दूसरे के समांतर होती है।

(b) गोलीय संधारित्र :-

इसमें दो संकेंद्रीय गोलीय चालक होते है जिनमें से एक संग्राहक बेलन तथा दूसरा संघनक गोला होता है।

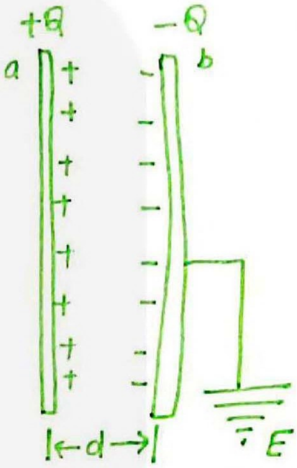
(c) बेलनाकार संधारित्र :-

इसमें दो समाक्षीय बेलनाकार चालक होते हैं जिनमें एक संग्राहक बेलन तथा दूसरा संघनक बेलन होता है।

• समांतर पट्टिका संधारित्र की धारिता :-

माना कि,

प्रत्येक पट्टिका का क्षेत्रफल A है तथा संग्राहक पट्टिका a पर +Q आवेश दिया जाता है जिससे आवेश का पृष्ठ-घनत्व "σ" हो जाता है।



$$\therefore \quad \sigma = \frac{\text{आवेश}}{\text{क्षेत्रफल}} = \frac{Q}{A} \quad \text{या} \quad Q = \sigma A$$

अब, पट्टिकाओं के बीच विभवांतर = प्रति एकांक परीक्षण आवेश को b से a तक लाने में किया गया कार्य

$$\therefore \quad V = \frac{W}{q} = \frac{Fd}{q} = Ed = \frac{\sigma d}{\varepsilon_0}$$

$$\left[\because \text{ प्लेटों के बीच एकसमान विद्युत-क्षेत्र } E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\right]$$

यदि संधारित्र की धारिता C_0 हो, तो

$$C_0 = \frac{Q}{V} = \frac{\sigma A}{\frac{\sigma d}{\varepsilon_0}}$$

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

यदि संधारित्र की पट्टिकाओं के बीच ϵ परावैद्युतता वाला माध्यम हो, तो चूँकि $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$ जहाँ,

ϵ_0 = निर्वात की परावैद्युतता

ϵ_r = माध्यम की आपेक्षिक परावैद्युतता,

$\epsilon_r = \frac{C}{C_0}$ या $C = \epsilon_r C_0$

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

यदि संग्राहक और संघनक पट्टिकाओं के बीच माध्यम वायु हो, तो चूँकि वायु के लिए $\epsilon_r = 1$,

अतः समांतर पट्टिका वायु संधारित्र की धारिता

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

किसी संधारित्र की धारिता निम्नलिखित बातों पर निर्भर करती है:–

(i) पट्टिकाओं के सतह के क्षेत्रफल पर:– $\boxed{C \propto A}$

(ii) पट्टिकाओं के बीच की दूरी पर:– $\boxed{C \propto \frac{1}{d}}$

(iii) पट्टिकाओं के बीच परावैद्युत माध्यम की प्रकृति पर:–

$C \propto \epsilon$

$$C \propto \frac{\epsilon A}{d} = k\frac{\epsilon A}{d}$$

जहाँ k एक नियतांक है।

• आवेश का पृष्ठ घनत्व :-

किसी आवेशित चालक के एकांक क्षेत्रफल पर आवेश के परिमाण को आवेश का पृष्ठ-घनत्व कहा जाता है।

$$\sigma = \frac{\text{कुल आवेश}}{\text{कुल क्षेत्रफल}} = \frac{Q}{A}$$

$Q = CV$

$C = 4\pi\epsilon_0 R$

$A = 4\pi R^2$

∴ गोलीय चालक पर आवेश का पृष्ठ-घनत्व,

$$\sigma = \frac{Q}{A} = \frac{CV}{A} = \frac{4\pi\epsilon_0 RV}{4\pi R^2}$$

$$\boxed{\sigma = \frac{\epsilon_0 V}{R}}$$