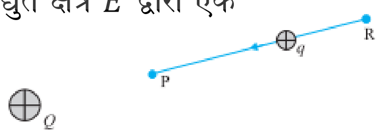
Chapter – 2
स्थिर वैद्युत विभव तथा धारिता
(Electrostatics potential and Capacitance)

कक्षा 11 में स्थितिज ऊर्जा हम समझ चुके हैं हमने समझा **कि जब कोई बाह्य बल किसी वस्तु को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक, किसी अन्य बल; जैसे-स्प्रिंग बल, गुरुत्वीय बल आदि के विरुद्ध, ले जाता है, तो उस बाह्य बल द्वारा किया गया कार्य उस वस्तु में स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाता है। जब बाह्य बल हटा लिया जाता है तो वस्तु गति करने लगती है और कुछ गतिज ऊर्जा अर्जित कर लेती है, तथा उस वस्तु की उतनी ही स्थितिज ऊर्जा कम हो जाती है।**

- इस प्रकार वस्तु की स्थितिज ऊर्जा तथा गतिज ऊर्जा का योग संरक्षित रहता है। इस प्रकार के बलों को संरक्षी बल कहते हैं। स्प्रिंग बल तथा गुरुत्वाकर्षण बल संरक्षी बल के उदाहरण हैं।

गुरुत्वाकर्षण बल की भाँति दो स्थिर आवेशों के बीच लगने वाला कूलॉम बल भी संरक्षी बल होता है। यह कोई आश्चर्य की बात नहीं है, क्योंकि गणितीय रूप में यह बल गुरुत्वाकर्षण बल के समान है; दोनों में दूरी की व्युत्क्रम वर्ग निर्भरता है और प्रमुख रूप से आनुपातिकता स्थिरांक में भिन्नता है। गुरुत्वाकर्षण नियम की संहतियाँ(द्रव्यमान) कूलॉम नियम में आवेशों द्वारा प्रतिस्थापित हो जाती हैं। इस प्रकार, गुरुत्वीय क्षेत्र में संहतियों की स्थितिज ऊर्जा की ही भाँति हम किसी स्थिरवैद्युत क्षेत्र में आवेश की स्थिरवैद्युत स्थितिज ऊर्जा को परिभाषित कर सकते हैं।

माना कि कोई परीक्षण आवेश q_0 किसी विद्युत क्षेत्र में किसी बिन्दु R पर स्थित है। इस परीक्षण आवेश q_0 परविद्युत क्षेत्र $\vec{E}$ द्वारा एक विद्युत बल $\vec{F}_E = q_0\vec{E}$ आरोपित होता है।



इस बल के की दिशा में परीक्षण आवेश q_0 गतिमान होने का प्रयास करता है।

माना कि आवेश q_0पर एक बाह्य बल $\vec{F}_{ext}$आरोपित किया जाता है जो के बराबर परन्तु विपरीत दिशा में है। इस बाह्य बल के अन्तर्गत आवेश बिना किसी त्वरण के, स्रोत आवेश Q की ओर गतिशील होता है।

बाह्य बल $\vec{F}_{ext}$ द्वारा परीक्षण आवेश q_0 को बिंदु R से P तक विस्थापित करने में किया गया कार्य

$$w_{RP} = \int_R^P \vec{F}_{ext}.d\,\vec{r}$$

$$w_{RP} = \int_R^P -\vec{F}_E.d\,\vec{r}$$

$$(\because \vec{F}_{ext} = -\vec{F}_E)$$

$$w_{RP} = \int_R^P -q_0\vec{E}\,.d\,\vec{r} \quad (\because \vec{F}_E = q_0\vec{E}$$

$$\therefore \quad w_{RP} = -q_0\int_R^P \vec{E}\,.d\,\vec{r}$$

बाह्य बल द्वारा प्रतिकर्षण बल के विरुद्ध यह किया गया कार्य स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाता है। विद्युत क्षेत्र के प्रत्येक बिन्दु पर आवेशित कण में एक निश्चित विद्युत स्थितिज ऊर्जा होती है तथा इस आवेशित कण को बिन्दु A से बिन्दु B तक प्रतिकर्षण बल के विरुद्ध ले जाने में किया गया कार्य, बिन्दुओं A तथा B के मध्य विद्युत स्थितिज ऊर्जा के अन्तर के तुल्य होता है, अर्थात्

$$w_{RP} = \Delta U = U_P - U_R = -q_0\int_R^P \vec{E}\,.d\,\vec{r}$$

यदि बिन्दु R अनन्त पर स्थित हो तब परीक्षण आवेश q_0 तथा स्रोत आवेश Q के मध्य कोई स्थिर विद्युत बल कार्य

नहीं करता है जिससे परीक्षण आवेश q_0की स्थितिज ऊर्जा अनन्त पर शून्य होती है।

इस स्थिति में परीक्षण आवेश q_0को अनन्त से, विद्युत क्षेत्र में स्थित किसी बिन्दु P तक त्वरण रहित विस्थापन के लिए किया गया कार्य,

$$w_{\infty P} = \Delta U = U_P - U_\infty$$

$$w_{\infty P} = \Delta U = U_P - 0$$

$$w_{\infty P} = \Delta U = U_P$$

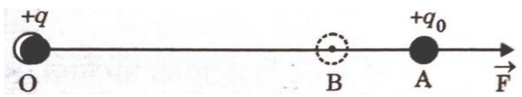
$$\boldsymbol{w_{\infty P} = \Delta U = U_P = -q_0 \int_R^P \vec{E} \, . d\vec{r}}$$

- किसी आवेश द्वारा उत्पन्न वैद्युत क्षेत्र को दो प्रकार से व्यक्त किया जा सकता है |
  (i) वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता
  (ii) वैद्युत विभव
- वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता सम्बन्धी हम अध्ययन 1 में कर चुके हैं |

स्थिर वैद्युत विभव को समझने के लिए हमें विभवान्तर को समझना आवश्यक है |

विभवान्तर (potential Difference)

माना कि किसी बिंदु O पर $+q$ आवेश है जिसके चारों तरफ विद्युत् क्षेत्र $\vec{E}$ है,तथा माना कि बिंदु A पर कोई एकांक धनावेश (परीक्षण आवेश q_o) है जिसपर विद्युत् क्षेत्र के कारण लगने वाला प्रतिकर्षण बल $\vec{F} = q_0\vec{E}$ विद्युत् क्षेत्र की दिशा में है |



यदि परीक्षण आवेश q_0 को वैद्युत क्षेत्र के विपरीत दिशा में लाया जाए तो विद्युत् क्षेत्र के विरुद्ध कार्य करना पड़ेगा | **यही कार्य परीक्षण आवेश q_0 में स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाता है** जिसके कारण से आवेश q_0 में कार्य करने की क्षमता आ जाती है और यह A से B की ओर चलने की क्षमता प्राप्त कर लेता है |

- विद्युत क्षेत्र में एकांक धनावेश को एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु तक ले जाने में जितना कार्य करना पड़ता है,उसे उन दोनों बिन्दुओ के बीच का विभवान्तर कहते है

  यदि परीक्षण आवेश q_0 को B से A तक बाह्य बल द्वारा किया गया कार्य W हो तो A तथा B के बीच विभवान्तर

$$\boxed{V_A - V_B = \frac{w}{q_0} \;......(\text{i})}$$

यदि बिंदु B अनंत पर हो तो

$V_B = 0$

समीकरण (i) से,

$$\therefore \quad V_A - O = \frac{w}{q_0}$$

$$\boxed{V_A = \frac{w}{q_0}}$$

<u>वैद्युत विभव (Electric potential) : -</u> एकांक परीक्षण धनावेश (q_0) को अनंत से वैद्युत क्षेत्र में लाने किए गए कार्य को वैद्युत विभव कहते हैं |

$$\boxed{V = \frac{w}{q_0}}$$

- वैद्युत विभव या विभवान्तर का S.I मात्रक जूल/कूलॉम है, जिसे वोल्ट कहते है |

  यदि $q_0 = 1C$ हो तथा $w = 1\,J$ हो तो

$$V = 1\,JC^{-1}$$

- अर्थात यदि $1C$ आवेश को अनंत से वैद्युत क्षेत्र में लाने में किया गया कार्य 1 J हो तो, उस बिंदु का विभव 1 वोल्ट कहलाता है |
- वैद्युत विभव का C.G.S मात्रक स्टेट वोल्ट है |

$$1 \quad \text{वोल्ट} = \frac{1 \text{ जूल}}{1 \text{ कूलौम}}$$

$$1 \text{ वोल्ट} = \frac{10^7}{3\times10^9 \text{ स्टेट कुलौम}}$$

$$1 \text{ वोल्ट} = \frac{1}{3\times10^2}$$

$$\boldsymbol{1 \text{ वोल्ट} = \frac{1}{300} \text{ स्टेट वोल्ट}}$$

- वैद्युत विभव तथा विभवान्तर एक अदिश राशि है |

➢ वैद्युत विभव का विमीय सूत्र $[ML^2T^{-3}A^{-1}]$ होता है |

विमीय सूत्र

$$\because \quad V = \frac{w}{q} = \frac{\text{बल } \times \text{विस्थान}}{\text{आवेश}}$$

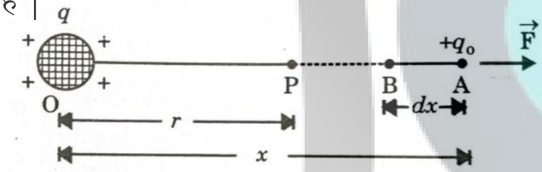
$$\frac{MLT^{-2} \times L}{AT}$$

$$[ML^2T^{-3}A^{-1}]$$

❖ बिंदु आवेश के कारण विभव

(potential due to point charge)

माना $+q$ एक बिंदु आवेश बिंदु O पर स्थित है O से r दूरी पर एक बिंदु P है जहाँ वैद्युत विभव ज्ञात करना है | माना कि O से x दूरी पर बिंदु P पर q_0 एकांक परीक्षण धनावेश है |



तब कूलॉम के नियम से,

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q\,q_0}{x^2}$$

परीक्षण आवेश q_0 को A से B तक अत्यंत सूक्ष्म विस्थापन dx देने में बाह्य बल द्वारा किया गया कार्य

$dW =$ बल $\times$ विस्थापन

$dW = F \times (-dx)$ ($\because$ विस्थापन विद्युतीय बल के विरुद्ध है)

$$dW = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q\,q_0}{x^2}(-dx)$$

$$dW = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q\,q_0}{x^2}\,dx$$

यदि एकांक परीक्षण धनावेश को अनंत $(x = \infty)$ से बिंदु $P(x = r)$ तक लाने में किया गया कार्य,

$$W = \int_{\infty}^{r} dw$$

$$W = \int_{\infty}^{r} -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q\,q_0}{x^2}\,dx$$

$$W = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}q\,q_0\int_{\infty}^{r}\frac{dx}{x^2}$$

$$W = \frac{q\,q_0}{4\pi\varepsilon_0}\int_{\infty}^{r} x^{-2}dx$$

$$W = -\frac{q\,q_0}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{x^{-1}}{-1}\right]_{\infty}^{r}$$

$$W = \frac{q\,q_0}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{x}\right]_{\infty}^{r}$$

$$W = \frac{q\,q_0}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{r} - \frac{1}{\infty}\right]$$

$$W = \frac{q\,q_0}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{r}\right]$$

$$W = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q\,q_0}{r}$$

$$\because \quad V = \frac{W}{q_0}$$

$$\therefore \quad V = \frac{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q\,q_0}{r}}{q_0}$$

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

$\because$ किसी बिंदु आवेश के कारण विभव

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

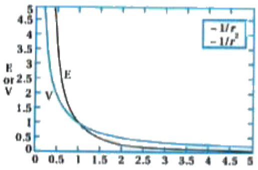
$$V \propto \frac{1}{r}$$

बिंदु आवेश के विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}$$

$$E \propto \frac{1}{r^2}$$

अतः दूरी (r) का मान बढ़ने पर विभव (V) तथा विद्युत क्षेत्र (E) दोनों का मान घटता है | लेकिन E का मान प्रारंभ में अधिक तेजी से घटता है | जब $r \to \infty$



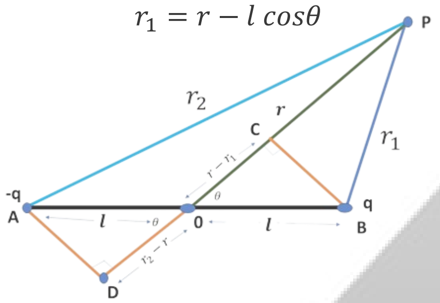
तो $v \to o$

एवं $E \to o$

दूरी r के साथ v तथा E का ग्राफ

❖ वैद्युत द्विध्रुव के कारण वैद्युत विभव (Electric Potential Due to electric dipole)

$r_1 = r - l\,cos\theta$



माना कि AB कोई वैद्युत द्विध्रुव है, जिसके केंद्र O से r दूरी पर कोई बिंदु P है, जहाँ वैद्युत विभव ज्ञात करना है, द्विध्रुव के $+q_0$ तथा $-q$ से बिंदु P की दूरी क्रमशः r_1 तथा r_2 है |

बिंदु P पर $+q$ आवेश के कारण विभव

$$V_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r_1} \;......(i)$$

बिंदु P पर $-q$ आवेश के कारण विभव

$$V_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{-q}{r_2} \;......(ii)$$

$$V_2 = \frac{-1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r_2}$$

बिंदु P पर कुल विभव

$$V = V_1 + V_2$$

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r_1} + \left(-\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\right)$$

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r_1} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r_2}$$

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \;.......\; (iii)$$

समकोण त्रिभुज OCB में

$$Cos\theta = \frac{b}{h}$$

$$cos\theta = \frac{r - r_1}{l}$$

$$r - r_1 = l\,cos\theta$$

$$-r_1 = l\,cos\theta - r$$

$$-r_1 = -r + l\,cos\theta$$

पुनः समकोण त्रिभुज ADO में

$$cos\theta = \frac{b}{h}$$

$$cos\theta = \frac{r_2 - r}{l}$$

$$r_2 - r = l\,cos\theta$$

$$r_2 = l\,cos\theta + r$$

$$r_2 = r + l\,cos\theta$$

r_1 तथा r_2 का मान समी (iii) में रखने पर,

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{(r - l\,cos\theta)} - \frac{1}{(r + l\,cos\theta)}\right)$$

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{r + l\,cos\theta - (r - l\,cos\theta)}{(r - l\,cos\theta)(r + l\,cos\theta)}\right)$$

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{r + l\,cos\theta - r + l\,cos\theta}{(r^2 - l^2\,cos^2\,cos\theta)}\right)$$

$[(a+b)(a-b) = a^2 - b^2]$

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2\,l\,cos\theta}{(r^2 - l^2\,cos^2\theta)}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q.2l\,cos\theta}{(r^2 - l^2\,cos^2\theta)}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p\,cos\theta}{(r^2.\,l^2\,cos^2\theta)}$$

यदि $r \gg l$ हो तो

$$\boxed{V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p\,cos\theta}{r^2}}$$

सदिश रूप,

$P\cos\theta = \vec{P}.\hat{r}$

$$\therefore \quad V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\vec{p}.\hat{r}}{r^2}$$

जहाँ $\hat{r}$ स्थिति सदिश $\overrightarrow{op}$ के अनुदिश एकांक सदिश है |

❖ विशेष स्थितियाँ (Special case)

1. यदि बिंदु p अक्षीय रेखा पर हो, $\theta = 0^0$

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p\cos\theta}{r^2}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p\cos 0^0}{r^2}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p}{r^2} \text{ (धनात्मक)}$$

$\theta = 180^0$ या π

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p\cos 180^0}{r^2}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p\,(-1)}{r^2}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{-p}{r^2}$$

$$V = \frac{-1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p}{r^2} \text{ (ऋणात्मक)}$$

$$\therefore V = \pm\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p}{r^2}$$

$$V \propto \frac{1}{r^2}$$

➢ यदि बिंदु P द्विध्रुव के निरक्षीय या विषुवतीय रेखा पर हो तो

$$\theta = 90^0$$

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p\cos 90^0}{r^2} \qquad V = 0$$

➢ द्विध्रुव के कारण निरक्ष पर सभी बिंदु के लिए वैद्युत विभव शून्य होता है |

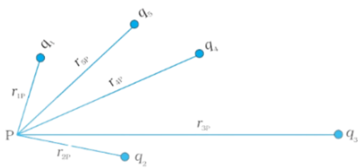
आवेशों के निकाय के कारण विभव

(potential due to system of charge)

माना कि $q_1, q_2, q_3 \ldots . q_n$ बिंदु आवेश है, जिसका स्थिति सदिश किसी मूल बिंदु के सापेक्ष $\vec{r_1}, \vec{r_2}, \vec{r_3} \ldots . \vec{r_n}$ है |

बिंदु P पर q_1 के कारण विभव

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



जहाँ r_{1p} बिंदु P तथा आवेश q_1 के बीच की दूरी है |

इसी प्रकार बिंदु P पर q_2 आवेश के कारण विभव

$$V_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2}{r_{2p}}$$

जहाँ r_{2p} बिंदु P तथा q_2 आवेश के बीच की दूरी है |

इसी प्रकार बिंदु P पर q_3 आवेश के कारण विभव

$$V_3 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_3}{r_{3p}}$$

जहाँ r_{3p} बिंदु P तथा q_3 आवेश के बीच की दूरी है

इसी प्रकार बिंदु P पर q_n आवेश के कारण विभव

$$V_n = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_n}{r_{np}}$$

अध्यारोपण सिद्धांत के अनुसार, आवेशों के निकाय के द्वारा किसी बिंदु पर उत्पन्न परिणामी वैद्युत विभव, उन आवेशों द्वारा उस बिंदु पर अलग – अलग उत्पन्न विभवों के बीजगणितीय योग के बराबर होता है |

∴ बिंदु P पर परिणामी विभव

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

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r_{1p}} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2}{r_{2p}} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_3}{r_{3p}} + \cdots + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_n}{r_{np}}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1}{r_{1p}} + \frac{q_2}{r_{2p}} + \frac{q_3}{r_{3p}} + \cdots + \frac{q_n}{r_{np}}\right)$$

$$\boxed{V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{r_{ip}}}$$

समविभव पृष्ठ (Equipotential surface) :- विद्युत् क्षेत्र में वह पृष्ठ जिसके प्रत्येक बिंदु पर आवेश वितरण के कारण विभव समान होता है, उस पृष्ठ को समविभव पृष्ठ कहते हैं |

समविभव पृष्ठ के गुण (Properties of equipotential surface) :-

(i) दो समविभव पृष्ठ एक दूसरे को प्रतिच्छेद नहीं कर सकते हैं क्योंकि प्रतिच्छेदन बिंदु पर विभव के दो मान हो जायेंगे जो कि सम्भव नहीं है |

(ii) समविभव पृष्ठ प्रबल और दुर्बल वैद्युत क्षेत्र के भागों को प्रदर्शित करता है ,प्रबल वैद्युत क्षेत्र के भाग में समविभव पृष्ठ पास –पास (Closer) होता है,दुर्बल वैद्युत क्षेत्र के भाग में समविभव पृष्ठ दूर –दूर होता है |

(iii) समविभव पृष्ठ के प्रत्येक बिंदु पर वैद्युत – क्षेत्र की दिशा पृष्ठ के लम्बवत होती है |

(iv) समविभव पृष्ठ के किन्हीं दो बिन्दुओं के बीच विभवान्तर शून्य होता है, अतः **किसी समविभव पृष्ठ पर आवेश को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक जाने में किया गया कार्य शून्य होता है |**

माना कि दो बिंदु A और B है |

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

चूँकि विभव समान है

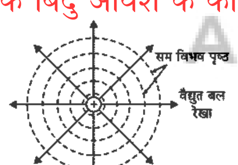
$$\therefore \qquad 0 = \frac{W_{AB}}{q_0}$$

$$W_{AB} = 0$$

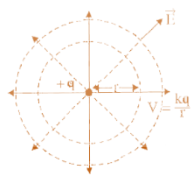
(v) समविभव पृष्ठ में विभव का मान नियत रहता है |

❖ विभिन्न स्थितियों में समविभव पृष्ठ

- किसी धनात्मक बिंदु आवेश के कारण समविभव पृष्ठ



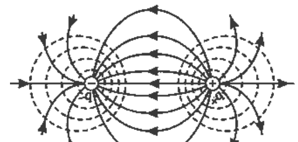
- किसी विलगित बिंदु आवेश के कारण समविभव पृष्ठ आवेश के चारों ओर सकेन्द्रीय गोलीय पृष्ठ होता है |



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

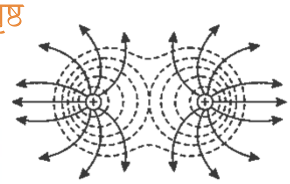
जैसे जैसे गोलीय पृष्ठ की त्रिज्या बढ़ती है गोलीय पृष्ठ के विभव का मान कम होता है |

- समान और विपरीत आवेशों के निकाय (वैद्युत द्विध्रुव) के समविभव पृष्ठ



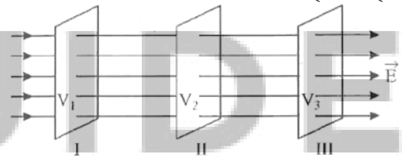
चूँकि समान परिमाण और विपरीत प्रकृति के आवेश अल्प दूरी पर है, अतः ये दोनों आवेशों के बीच वैद्युत क्षेत्र प्रबल होता है |

- दो समान परिमाण के धनात्मक आवेशों के निकाय के बने समविभव पृष्ठ

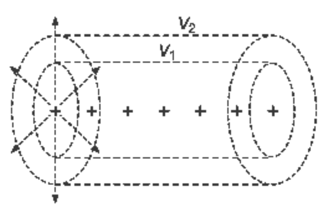


चूँकि समान परिमाण में दो धनात्मक बिंदु आवेश एक दूसरे के अल्प दूरी पर इन दोनों आवेशों के बीच वैद्युत क्षेत्र दूर – दूर होती है | अतः वैद्युत क्षेत्र दुर्बल होता है |

- एकसमान वैद्युत क्षेत्र का समविभव पृष्ठ – किसी समरूप वैद्युत क्षेत्र $\vec{E}$ के लिए समविभव पृष्ठ इसकी क्षेत्र रेखाओं के लम्बवत स्थित तल होता है |

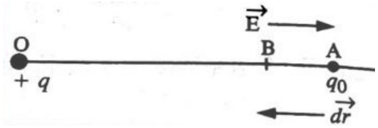


- किसी रेखीय आवेश को अक्ष मानकर खींचा गया बेलनाकार पृष्ठ समविभव पृष्ठ होता है |



❖ वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता तथा विभव में संबंध या, विभव प्रवणता (Relation Between Electric field Intensity and Potential or Potential Gradient)

माना कि बिंदु O पर $+q$ आवेश के वैद्युत क्षेत्र $\vec{E}$ में दो बिंदु A और B है |



पुनः माना बिंदु A पर q_0 आवेश जिसपर लगने वाला बल $\vec{F} = q_0\vec{E}$ है जिसकी दिशा $\vec{E}$ के अनुदिश है | परीक्षण आवेश को A से B तक ले जाने में किया गया कार्य $dW = \vec{F}.d\vec{r}$

$$dW = Fdr\,cos\theta$$

$$dW = Fdr\,cos180^0$$

$$dW = -Fdr$$

लेकिन $dW = -q_0\,Edr$

$$\frac{dW}{q_0} = -Edr \qquad (\because \quad dV = \frac{dw}{q_0})$$

$$\therefore \quad dV = -Edr$$

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

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

या $\quad E = -\frac{\Delta V}{\Delta x}$

इस समीकरण को इस प्रकार लिख सकते है|

$$|\vec{E}| = +\frac{|\Delta V|}{\Delta r}$$

$$E = \frac{\Delta V}{\Delta r}$$

वैद्युत क्षेत्र कि तीव्रता का किसी भी दिशा में घटक,उस दिशा में विभव के दूरी के साथ परिवर्तन कि दर के ऋणात्मक मान के बराबर होता है|

ऋणात्मक चिन्ह यह दर्शाता है कि वैद्युत क्षेत्र के दिशा में विभव घटता है अर्थात वैद्युत क्षेत्र कि दिशा सदैव दिशा विभव घटने की दिशा में होती है |

➢ **विभव प्रवणता (Potential Gradient):-**

वैद्युत क्षेत्र में दूरी (r) के साथ विभव (V) के परिवर्तन की अधिकतम दर को विभव प्रवणता कहते है |

विभव प्रवणता $= \left(\frac{dV}{dr}\right)_{max}$

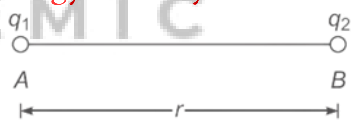
➢ विभव प्रवणता का SI मात्रक वोल्ट/मीटर (Vm^{-1}) है |

➢ विभव प्रवणता का विमीय सूत्र $[MLT^{-3}A^{-1}]$ है |

❖ आवेशों के निकाय की स्थितिज ऊर्जा : - जब दो या दो से अधिक आवेशों को अनंत से लाकर एक दूसरे के समीप व्यवस्थित करके था रखकर एक निकाय बनाया जाता है | इस निकाय बनाया जाता है | इस निकाय को बनाने के लिए एक कार्य करना पड़ता है और यह किया गया कार्य इस निकाय में स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाता है, इस संचित ऊर्जा को निकाय की स्थितिज ऊर्जा कहते है | इसको U से व्यक्त किया जाता है |

परिभाषा : - आवेश को अनंत से वैद्युत क्षेत्र में स्थित किसी बिंदु तक लाने में वैद्युत बल के विरुद्ध किया गया कार्य को वैद्युत स्थितिज ऊर्जा कहते हैं |

1. दो आवेशों के निकाय की स्थितिज ऊर्जा (Potential Energy Of A System Of Two Charge)



माना कि दो बिंदु आवेश q_1 तथा q_2 निर्वात में r दूरी पर क्रमशः A और B बिंदु पर स्थित है |

वैद्युत स्थितिज ऊर्जा ज्ञात करने के लिए माना प्रारंभ में दोनों आवेश अनंत पर है तब q_1 को अनंत से A तक लाने में किया गया कार्य

$$\because \qquad V = \frac{w}{q}$$

$$\therefore \qquad W = V \times q_1$$

लेकिन प्रारंभ में कोई विभव नहीं है

$\therefore \quad w_1 = 0 \times q_1$
$W_1 = 0$

अब q_1 के कारण बिंदु B पर उत्पन्न विभव

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

q_2 आवेश को लाने में किया गया कार्य

$$\because \quad w = Vq$$
$$\therefore \quad w_2 = V_1 \times q_2$$
$$w_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r} \times q_2$$
$$w_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r}$$

दो आवेशों के निकाय की कुल वैद्युत स्थितिज ऊर्जा

$$U = W_1 + W_2$$
$$V = O + W_2$$
$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r} \ldots\ldots(i)$$

यह दो आवेशों के निकाय की वैद्युत स्थितिज ऊर्जा का व्यंजक है |

- वैद्युत स्थितिज एक अदिश राशि है | अतः उपयुक्त समी० (i) में q_1 तथा q_2 का मान चिन्ह चिन्ह के साथ प्रतिस्थापित किया जाता है |

  (i) यदि q_1 व q_2 सजातीय है

  $$q_1\, q_2 > 0$$

तो स्थितिज ऊर्जा $U = +Ve$ (धनात्मक)

  (ii) यदि q_1 व q_2 विजातीय हैं

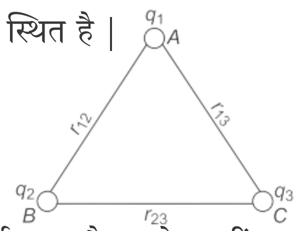
  $$q_1\, q_1 < 0$$

  स्थितिज ऊर्जा $(U) = -Ve$ (ऋणात्मक)

- दो सजातीय आवेशों को एक दूसरे के समीप लाने पर प्रतिकर्षण बल के विरुद्ध कार्य करना पड़ता है जिससे निकाय की स्थितिज ऊर्जा बढ़ती है | यदि आवेशों को एक दूसरे से दूर ले जाये तो निकाय स्वंय कार्य करता है अतः स्थितिज ऊर्जा घटती है |
- दो विजातीय आवेशों को समीप लाने पर निकाय की स्थितिज ऊर्जा घटती है तथा आवेशों को एक दूसरे से दूर ले जाने पर स्थितिज ऊर्जा बढ़ती है |

2.तीन बिंदु आवेशों के निकाय की वैद्युत स्थितिज ऊर्जा (Potential energy of a system of three charges)

माना कि तीन बिंदु आवेश $q_1, q_2,$ व q_3 निर्वात में क्रमशः बिन्दुओं A, B तथा C पर स्थित है | वैद्युत स्थितिज ऊर्जा को गणना करने के लिए माना कि प्रारंभ में तीनों आवेश अनंत पर है | चूँकि प्रारंभ में कोई बाह्य वैद्युत क्षेत्र नहीं है | अतः q_1 को अनंत से बिंदु A तक लाने में किया गया कार्य



आवेश q_1 के कारण बिंदु B पर उत्पन्न विभव

$$V_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r_{12}}$$

q_2 को अनंत से बिंदु B तक लाने में किया गया कार्य

$$W_2 = q_1 \text{ को विभव} \times q_2$$
$$W_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r_{12}} \times q_2$$
$$W_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1\, q_2}{r_{12}}$$

आवेश q_1 और q_2 के कारण बिंदु C पर उत्पन्न विभव

$$V_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r_{13}} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2}{r_{23}}$$
$$V_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1}{r_{13}} + \frac{q_2}{r_{23}}\right]$$

आवेश q_3 को अनंत से C तक लाने में किया गया कार्य

$W_3 = q$ तथा q_2 के कारण विभव $\times q_3$

$$W_3 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1}{r_{13}} + \frac{q_2}{r_{23}}\right] \times q_3$$
$$W_3 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1\, q_3}{r_{13}} + \frac{q_2 q_3}{r_{23}}\right]$$

निकाय की कुल वैद्युत स्थितिज ऊर्जा

$$U = W_1 + W_2 + W_3$$
$$U = 0 + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1\, q_2}{r_{12}} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1\, q_3}{r_{13}} + \frac{q_2 q_3}{r_{23}}\right]$$
$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1\, q_2}{r_{12}} + \frac{q_1 q_3}{r_{13}} + \frac{q_2 q_3}{r_{23}}\right] \ldots\ldots (i)$$

अतः समी (i) से यह स्पष्ट है कि

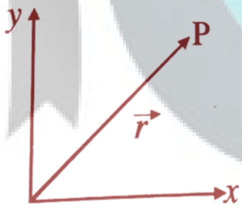
दो से अधिक आवेशों के निकाय की वैद्युत स्थितिज ऊर्जा आवेशों के प्रयेक युग्म की वैद्युत स्थितिज ऊर्जा ज्ञात करके उन्हें बीजगणितीय रूप से जोड़ कर प्राप्त की जा सकती है | यदि निकाय में n आवेश हो तो युग्मों की संख्या $\frac{n(n-1)}{2}$ होती है |

❖ बाह्य क्षेत्र में स्थितिज ऊर्जा (Potential Energy in External Electric field) :- माना किसी आवेश अथवा आवेशों के निकाय की वैद्युत स्थितिज ऊर्जा उस स्थिति में ज्ञात करनी है जब यह आवेश या आवेश का निकाय ऐसे बाह्य क्षेत्र $\vec{E}$ में रखा है जो अन्य ज्ञात अथवा अज्ञात स्त्रोत द्वारा उत्पन्न किया गया है |

1. एकल आवेश की स्थितिज ऊर्जा (Potential energy of a single charge):-माना कि एक बाह्य वैद्युत क्षेत्र $\vec{E}$ में एक बिंदु P है जहाँ विभव V है |

आवेश q को अनंत से P तक लाने में किया गया कार्य $W = qV$

एकल आवेश की स्थितिज ऊर्जा



$$U = qV$$

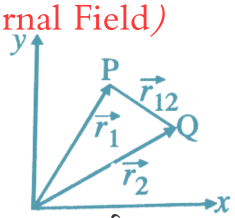
यदि बिंदु P का किसी मूल बिंदु के सापेक्ष कोई स्थिति सदिश $\vec{r}$ हो तो

$$U = q.V(\vec{r})$$

जहाँ $V(\vec{r})$ बिंदु $\vec{r}$ पर बाह्य विभव है |

❖ किसी बाह्य क्षेत्र में दो आवेशों के निकाय की स्थितिज ऊर्जा (Potential Energy Of A System Of Two Charge In An External Field)

माना कि बाह्य विद्युत् क्षेत्र $\vec{E}$ में दो बिंदु P एवं Q जिसका स्थिति सदिश क्रमशः $\vec{r}_1$ एवं $\vec{r}_2$ है |



q_1 को अनंत से P तक लाने में किया गया कार्य

$W_1 = q_1V_{(\vec{r}_1)}.......(i)$

q_2 को अनंत से Q तक लाने में किया गया कार्य

$W_2 = q_2V_{(\vec{r}_2)}......(ii)$

यदि P एवं Q के बीच स्थिति सदिश $\vec{r}_{12}$ हो तो q_1 के कारणकार्य वैद्युत क्षेत्र के विरुध्द q_2 पर किया गया

$$\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r_{12}}\right) \times q_2$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r_{12}}.......(iii)$$

अध्यारोपण के सिद्धांत से ,

दो आवेशों के निकाय की स्थितिज ऊर्जा

समीकरण (i),(ii) एवं (iii) से

$$\boldsymbol{U = q_1V_{(\vec{r}_1)} + q_2V_{(\vec{r}_2)} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r_{12}}}$$

✓ इसी प्रकार दो से अधिक आवेशों के निकाय की स्थितिज ऊर्जा ज्ञात की जा सकती है।

❖ वैद्युत स्थिति ऊर्जा के मात्रक :- S.I पद्धति में वैद्युत ऊर्जा का मात्रक जूल (J) होता है |

$$U = qV = 1\text{J} = 1\text{CV}$$

अतः एक जूल वह ऊर्जा है जो एक कूलॉम आवेश को एक वोल्ट के विभवान्तर पर गति कराने के लिए आवश्यक होती है |

इलेक्ट्रोन वोल्ट (Electron volt):- यह ऊर्जा का छोटा मात्रक है जूल के तुलना में

1 Electron volt : - 1 इलेक्ट्रोन वोल्ट (eV) वह ऊर्जा है जो कि एक इलेक्ट्रोन ,को (आवेश $q = e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$) एक वोल्ट विभवान्तर पर त्वरित होने पर प्राप्त करता है |

या

1 वोल्ट विभवांतर में त्वरित एक इलेक्ट्रॉन द्वारा अर्जित ऊर्जा को 1 इलेक्ट्रॉन वोल्ट कहते हैं।

यदि q आवेश ΔV विभवान्तर पर त्वरित करता है तो उसके द्वारा प्राप्त गतिज ऊर्जा $K = q \times \Delta V$

यदि $q = e = 1.6 \times 10^{-19}$ तथा $\Delta V = 1$ वोल्ट हो

∴ 1 इलेक्ट्रॉन वोल्ट ऊर्जा $= 1.6 \times 10^{-19}C \times 1V = 1.6 \times 10^{-19}J$

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

☞ इलेक्ट्रॉन वोल्ट पर अन्य मात्रक

$$1\ KeV = 10^3 ev$$
$$= 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19}$$
$$1eKV = 1.6 \times 10^{-16}\ J$$
$$1\ MeV = 1.6 \times 10^{-13} J$$

या 1 मिलियन इलेक्ट्रॉन वोल्ट=$1.6 \times 10^{-13} J$

$$1\ GeV = 10^9 eV = 1.6 \times 10^{-10} J$$

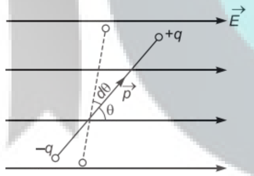
या 1 बिलियन इलेक्ट्रॉन वोल्ट=$1.6 \times 10^{-10} J$

$$1\ TeV = 10^{12} eV = 1.6 \times 10^{-7} J$$

या 1 ट्रिलियन इलेक्ट्रॉन वोल्ट = $1.6 \times 10^{-7} J$

❖ बाह्य क्षेत्र में द्विध्रुव की स्थितिज ऊर्जा

माना $\vec{p}$ द्विध्रुव आघूर्ण का कोई द्विध्रुव किसी वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता $\vec{E}$ में θ कोण बनाए हुए रखा है |



द्विध्रुव पर कार्यरत बल आघूर्ण

$\tau = PE\ sin\theta$

द्विध्रुव को $d\theta$ से घुमाने में किया गया सूक्ष्म कार्य dW है

$\therefore\ dW = \tau d\theta$ (कार्य = बल × विस्थापन)

$$dW = PE\ sin\theta d\theta$$

द्विध्रुव को θ_1 से θ_2 तक घुमाने में किया गया कार्य

$$W = \int_{\theta_1}^{\theta_2} dW$$

$$W = \int_{\theta_1}^{\theta_2} PE\ sin\theta d\theta$$

$$W = PE \int_{\theta_1}^{\theta_2} sin\theta d\theta$$

$$\because \quad \left(\int_a^b \sin\theta\, d\theta = [-cos\theta]_{a_1}^{b_2}\right.$$

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

$$W = PE[-cos\theta_2 - (-cos\theta_1)]$$
$$W = PE[-cos\theta_2 + cos\theta_1]$$
$$W = PE[cos\theta_1 - cos\theta_2]$$

यह द्विध्रुव को घुमाने में किया गया कार्य सूत्र है

यही कार्य, वैद्युत क्षेत्र में द्विध्रुव की स्थितिज उर्जा उर्जा (U)के रूप में संचित रहता है |

∴ द्विध्रुव की स्थितिज उर्जा उर्जा (U)= $PE[cos\theta_1 - cos\theta_2]$... i

समी (i) में

$\theta_1 = 90^0$ तथा $\theta_2 = \theta$ रखने पर

$$U = PE(\cos 90^0 - cos\theta)$$
$$U = PE(0 - \cos\theta)$$
$$U = -PE\cos\theta$$

सदिश रूप में

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

❖ विशेष स्थिति

(i) जब $\theta = 0^0$ (समांतर)

तो $U = -PE\ cos 0^0$

$U = -PE$ (न्यूनतम)

अर्थात, जब द्विध्रुव वैद्युत क्षेत्र के समांतर तो स्थितिज ऊर्जा न्यूनतम है, जो द्विध्रुव की स्थायी साम्यवस्था कहलाती है |

(ii) जब $\theta = 180^0$ (प्रति समांतर)

तो $U = -PE\ cos 180^0$

$$U = -PE\cos(-1)$$
$$U = PE \text{ (अधिकतम)}$$

अर्थात, जब द्विध्रुव वैद्युत क्षेत्र के प्रतिसमांतर हो तो द्विध्रुव की स्थितिज ऊर्जा अधिकतम होती है | जो द्विध्रुव अस्थायी साम्यवस्था कहलाती है |

(iii) जब $\theta = 90^0$ (लंबवत)

$$U = -PE\cos 90^0$$
$$U = 0$$

अर्थात, जब द्विध्रुव वैद्युत क्षेत्र के लंबवत हो तो स्थितिज ऊर्जा शून्य होता है |

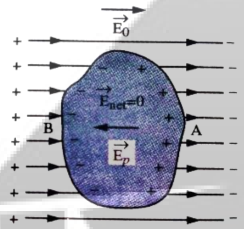
चालक स्थिर वैद्युतिकी (Conductor Electro Statics)

➢ स्थिर वैद्युत क्षेत्र में चालकों के व्यवहार (Behaviors of Conductors in the Electrostatics Field)

1. चालक के भीतर स्थिर वैद्युत क्षेत्र शून्य होता है

|व्याख्याचालक में बहुत बड़ी संख्या में मुक्त Electrons होते हैं, जब इसे स्थिर वैद्युत क्षेत्र में रखा जाता है | तो चालक के प्रत्येक Electron आरोपित विद्युत् क्षेत्र के विपरीत दिशा में एक बल का अनुभव करता है | चालक के एक भाग ऋणावेशित तथा दूसरे भाग धनावेशित हो जाता है |

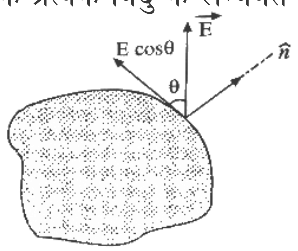
आवेशों के इस पुनर्वितरण के कारण चालक में अतिरिक्त विद्युत् क्षेत्र $(\vec{E}_p)$ उत्पन्न हो जाता है जिसे प्रेरित विद्युत् क्षेत्र कहते है जो चालक के अन्दर विद्युत् क्षेत्र $\vec{E}_0$ को निरस्त कर देता है अतः चालक के अन्दर परिणामी विद्युत् क्षेत्र $(\vec{E})$ शून्य होता है |



2. आवेशित चालक के बाहर विद्युत् क्षेत्र पृष्ठ के लम्बवत होता है |

चालक पर विद्युत् क्षेत्र $\vec{E}$ का स्पर्श रेखीय घटक के कारण आवेशों का प्रवाह होने लगेगा जिसके कारण पृष्ठ धारा उत्पन्न होगी जो कि स्थिर वैद्युतिकी में नहीं होता है |

अतः किसी आवेशित चालक के पृष्ठ के ठीक बाहर विद्युत् क्षेत्र पृष्ठ के प्रत्येक बिंदु के लम्बवत होता है |



3. किसी चालक के अन्दर परिणामी आवेश शून्य होता है |

गाउस के नियम से,

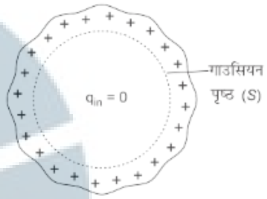
$$\oint \vec{E}.d\vec{s} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

चूँकि हम जानते है कि चालक के अन्दर विद्युत् क्षेत्र $\vec{E} = 0 \quad \therefore\ q = 0$

अतः किसी चालक के अन्दर परिणामी आयतन आवेश घनत्व शून्य होता है |

4. आवेश चालक के पृष्ठ पर होते है |

गाउस के नियम से, गाउसीय पृष्ठ के अन्दर परिणामी आवेश शून्य होना चाहिए |यदि आवेश गाउसीय पृष्ठ अन्दर नहीं है तो आवेश चालक के पृष्ठ पर रहता है |



चूंकि चालक के भीतर कोई अतिरिक्त आवेश नहीं होता अतः चालक के भीतर आयतन आवेश घनत्व ρ का मान शून्य होता है।

5. सम्पूर्ण चालक के लिए विभव नियत रहता है |

चूँकि हम जानते है $dV = -Edr$

लेकिन चालक के अन्दर विद्युत् क्षेत्र शून्य होता है $E = 0$

$$\therefore dV = 0$$

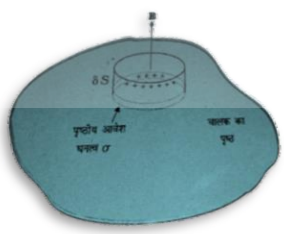
$$V = 0$$

अतः किसी स्थिर विद्युत् क्षेत्र में चालक के अन्दर समी भागों तथा पृष्ठ पर विभव नियत रहता है

6.आवेशित चालक के पृष्ठ पर वैद्युत क्षेत्र

$$\oint \vec{E}.d\vec{s} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

$$\oint Eds\cos\theta = \frac{q}{\varepsilon_0}$$



$$E\oint ds = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

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

लेकिन ,

$$\sigma = \frac{q}{S}$$

$$q = \sigma s$$

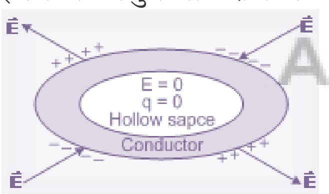
$$\therefore \quad ES = \frac{\sigma S}{\varepsilon_0}$$

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

सदिश रूप में,

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

स्थिर वैद्युत परिरक्षण (Electro Statics Shielding) : - किसी निश्चित क्षेत्र को विद्युत् क्षेत्र के प्रभाव से बचाने की प्रक्रिया को स्थिर वैद्युत परिरक्षण कहते है |
जब किसी संवेदनशील उपकरण को विद्युत् क्षेत्र के प्रभाव होने के कारण कार्य प्रणाली प्रभावित होकर खराब होने लगता है तो इसे स्थिर वैद्युत परिरक्षण में रखा जाता है



|यही कारण है कि बिजली गिरने के समय बंद कार या बस में बैठे रहना अधिक सुरक्षित होता है |

- स्थिर वैद्युत परिरक्षण को फैराडे परिरक्षण या फैराडे केज(Faraday cage) के रूप में भी जाना जाता है

❖ परावैद्युत तथा ध्रुवण (Dielectric and polarization)

❖ परावैद्युत (Dielectric) :- वह अचालक पदार्थ जो अपने से होकर विद्युत् प्रवाहित नहीं होने देता है, लेकिन विद्युतीय प्रभाव को दर्शाता है, उसे परावैद्युत पदार्थ कहते हैं |

- परावैद्युत एक प्रकार का अचालक या विद्युतरोधी पदार्थ है जिसमें मुक्त Electron की संख्या नगण्य होती है |

जैसे – हवा, काँच, माईक्रो (अभ्रक), मोम, कागज़, प्लास्टिक etc.

चूँकि हम जानते है कि प्रत्येक पदार्थ परमाणुओं से मिलकर बने होते है | परमाणु में धनावेशित नाभिक होता है, जिसके चारों ओर ऋणावेशित नाभिक होता है, जिसके चारों ओर ऋणावेशित Electron चक्कर लगाते है, इस प्रकार प्रत्येक परमाणु में आवेश के दो केंद्र होता है |

(i) धनावेश का केंद्र

(ii) ऋणावेश का केंद्र

इस प्रकार परावैद्युत पदार्थ दो प्रकार के होते हैं |

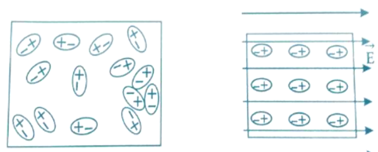
(i) ध्रुवीय परावैद्युत (Polar Dielectric)

(ii) अध्रुवीय परावैद्युत (Non – Polar Dielectric)

(i) ध्रुवीय परावैद्युत पदार्थ (Polar Dielectric): - वे परावैद्युत पदार्थ जिनके अणुओं में धनावेश तथा ऋणावेश का केंद्र संपाती (Coincide) नहीं होता है, उसे ध्रुवीय परावैद्युत पदार्थ कहते है |

जैसे - H_2O, NH_3, HCl,

ध्रुवीय परावैद्युत पदार्थ के अणु



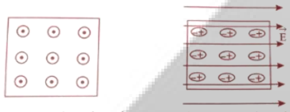
विद्युत्-क्षेत्र की अनुपस्थिति में ध्रुवीय परावैद्युत   विद्युत्-क्षेत्र की उपस्थिति में ध्रुवीय परावैद्युत

- ध्रुवीय परावैद्युत पदार्थ का प्रत्येक अणु विद्युत् द्विध्रुव की भौतिकार्य करता है, अर्थात ध्रुवीय परावैद्युत के पास बिना बाह्य विद्युत् क्षेत्र के का द्विध्रुव आघूर्ण $(\vec{P})$ होता है |

(ii)अध्रुवीय परावैद्युत पदार्थ (Non – polar Dielectric):- वे पदार्थ जिनके अणुओं के धनावेशों तथा ऋणावेश का केंद्र संपाती (Coincide) होता है, उसे अध्रुवीय परावैद्युत पदार्थ कहते है |

जैसे - H_2, O_2, N_2, Co_2 etc

अध्रुवीय परावैद्युत के अणु



विद्युत्-क्षेत्र की अनुपस्थिति में अध्रुवीय परावैद्युत   विद्युत्-क्षेत्र की उपस्थिति में अध्रुवीय परावैद्युत

- अध्रुवीय अणु का स्वंय का द्विध्रुव आघूर्ण शून्य होता है लेकिन जब इसे विद्युत् क्षेत्र में रखा जाता है तो इसमें द्विध्रुव आघूर्ण उत्पन्न हो जाता है |

- ध्रुवण सदिश (Polarization vector) :- बाह्य विद्युत क्षेत्र की उपस्थिति में पदार्थ के इकाई आयतन में प्रेरित द्विध्रुव आघूर्ण को पदार्थ का ध्रुवण सदिश $(\vec{P})$ कहते है |

$$\text{ध्रुवण सदिश} = \frac{\text{प्रेरित द्विध्रुव आघूर्ण}}{\text{आयतन}}$$

$$\vec{P} = \frac{p}{Al} = \frac{ql}{Al} = \frac{q}{A} = \sigma_P = \text{ध्रुवण आवेश का पृष्ठीय घनत्व}$$

- ध्रुवण सदिश का SI मात्रक Cm^{-2} होता है |
- ध्रुवण सदिश का विमाएं $[M^0L^{-2}AT]$ होता है |

समीकरण (i) से $\vec{P} = \varepsilon_0 \chi_e \vec{E}$.......(ii)

- वैद्युत प्रवृति (Electric susceptibility):-किसी पदार्थ का वह गुण जो यह बताती है कि कोई पदार्थ कितनी आसानी से ध्रुवित होती उसी गुण को वैद्युत प्रवृति कहते है |

समीकरण (ii)से $\chi_e = \frac{\vec{P}}{\varepsilon_0 \vec{E}}$

अर्थात,

- Note: - जब किसी अध्रुवीय परावैद्युत पदार्थ को बाह्य विद्युत् क्षेत्र में रखा जाता है तो इसके प्रत्येक अणु में धनावेश का केंद्र विद्युत् क्षेत्र के दिशा में जबकि ऋणावेश का केंद्र विद्युत् क्षेत्र के विपरीत दिशा में विस्थापित हो जाता है |अत: अध्रुवी अणु एक प्रेरित द्विध्रुव आघूर्ण विकसित कर लेता है |

- प्रेरित द्विध्रुव आघूर्ण वैद्युत क्षेत्र की दिशा होता है तथा वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता के अनुक्रमानुपती होता है |
- रैखिक समदैशिक परावैद्युत(Linear isotropic dielectric):- रेखीय समदैशिक परावैद्युत का द्विध्रुव आघूर्ण क्षेत्र की दिशा में तथा क्षेत्र की प्रबलता के समानुपाती होता है।

$\vec{P} \ \alpha \ \vec{E}$ ......(i)

अत: जिस परावैधयुत पदार्थ का वैद्युत प्रवृति जितना अधिक होगा उस परावैधयुत पदार्थ का ध्रुवण भी उतना अधिक होगा |

- रैखिक समदैशिक परावैद्युत पदार्थों के लिए ध्रुवण सदिश$(\vec{P})$ तथा विद्युत क्षेत्र$(\vec{E})$ के अनुपात को विद्युत प्रवृत्ति कहते हैं|

$$\chi_e \text{ का मात्रक} = \frac{Cm^{-2}}{C^2N^{-1}m^{-2} \times NC^{-1}} = \text{कोई मात्रक नहीं}$$

- अर्थात, विद्युत प्रवृत्ति मात्रकहीन एवं विमाहीन है |
- विद्युत प्रवृत्ति किसी परावैद्युत की ध्रुवता का एक प्राकृतिक मापन है |

❖ परावैद्युत भंजन(Dielectric-breakdown):-यदि परावैद्युत पदार्थ पर बहुत उच्च विद्युत क्षेत्र आरोपित करते है तो इसके परमाणुओं की बाह्य कक्षाओं में स्थित इलेक्ट्रॉन पृथक होने लगते है तब परावैद्युत पदार्थ चालक की तरह व्यवहार करता है। इस घटना को परावैद्युत भंजन कहते है।

❖ परावैद्युत सामर्थ्य(Dielectrics strength):- विद्युत क्षेत्र या विभव प्रवणता के उस अधिकतम मान को, जिसे परावैद्युत माध्यम बिना, किसी भंजन के सहन कर सके, परावैद्युत माध्यम की परावैद्युत सामर्थ्य कहते है।

➢ वायु की परावैद्युत सामर्थ्य 3×10^6 वोल्ट/मीटर या न्यूटन / कुलॉम है।

❖ संधारित्र तथा धारिता(capacitor and capacitance)

❖ चालक की धारिता(capacitance of conductor):- धारिता का शाब्दिक अर्थ है "धारण करने की क्षमता "

❖ किसी चालक के द्वारा आवेश ग्रहण करने की क्षमता को विद्युत हो धारिता कहते हैं।

❖ चालक को दिया गया आवेश q उसके विभव V में होने वाली वृद्धि के समानुपाती होता है |

$$\therefore \quad q \propto V$$

$$\text{या, } q = CV \ldots\ldots\ldots(i)$$

जहाँ C को चालक की वैद्युत धारिता कहते है |

समी (i) से $C = \frac{q}{V} \ldots\ldots(ii)$

अतः किसी चालक को दिए गये आवेश तथा इसके कारण चालक के विभव में परिवर्तन के अनुपात को चालक की वैद्युत धारिता कहते है |

यदि V =1 वोल्ट तो , $C = V$

अर्थात किसी चालक की धारिता उस आवेश के बराबर है जो उसके विभव में एक वोल्ट का परिवर्तन कर दे |

धारिता का मात्रक

➢ S.I पद्धति में वैद्युत धारिता का मात्रक कूलाम/वोल्ट(C/V) है जिसे फैरड (F) कहते है |

$\because C = \frac{q}{V} \quad C = \frac{\text{कूलाम}}{\text{वोल्ट}} = \text{फैरड}$

यदि $q = 1C$ तथा $V = 1$ वोल्ट हो तो,

$$C = \frac{1C}{1V} = 1 \text{ फैरड}$$

➢ अतः 1 फैरड उस चालक की धारिता है जिसके 1 कूलाम आवेश देने पर उसके विभव में 1 वोल्ट की वृद्धि हो जाए |

➢ फैरड धारिता का बहुत बड़ा मात्रक है इसे छोटे मात्रक माईक्रोफैरड (μF) नैनोफैरड (nF) तथा पिकोफैरड (pF) आदि में व्यक्त किया जा सकता है |

1 माईक्रोफैरड $(\mu F) = 10^{-6}\ Fared(F)$

1 नैनोफैरड $(nF) = 10^{-9}\ Fared(F)$

1 पिकोफैरड (PF) $= 10^{-12}$ फैरड
$= 1$ माइक्रो माइक्रो फैरड ($\mu\mu$F)

Note:- धारिता का e.s.u मात्रक स्टेट फैरड है |

$$1 \text{ फैरड} = \frac{1 \text{ कुलाम}}{1 \text{ वोल्ट}}$$

$$1 \text{ फैरड} = \frac{3\times10^9 \text{ स्टेट कूलाम}}{\frac{1}{300} \text{ स्टैट वोल्ट}}$$

$$1 \text{ फैरड} = \frac{3\times10^9 \text{ स्टेट कूलाम}}{\frac{1}{300} \text{ स्टैट वोल्ट}}$$

$$\boxed{1 \text{ फैरड} = 9\times10^{11} \text{ स्टेट फैरड}}$$

वैद्युत धारिता का विमीय सूत्र ∵ $C = \frac{q}{V} = \frac{AT}{ML^2T^{-3}A^{-1}}$

$$C = M^{-1}L^{-2}T^4A^2$$

$$C = [M^{-1}L^{-2}T^4A^2]$$

➢ वैद्युत धारिता एक अदिश राशि है |

<u>चालक की धारिता को प्रभावित करने वाला कारक</u>

किसी चालक की धारिता निम्नलिखित कारकों पर निर्भर करता है|

(i) चालक का क्षेत्र चालक का क्षेत्रफल बढ़ाने पर चालक की धारिता बढ़ जाती है|

क्योंकि क्षेत्रफल बढ़ाने पर आवेश पृष्ठ घनत्व $(\sigma = \frac{q}{s})$ कम हो जाता है इसिलिए चालक के पृष्ठ पर विद्युत् विभव कम हो जायेगा और जिसके कारण से धारिता बढ़ जायेगा

(ii) आवेशित चालक के आस – पास अन्य चालक की उपस्थिति :- किसी आवेशित चालक के आस – पास अन्य कोई आवेश चालक रखा जाता है तो आवेशित चालक का विभव कम हो जाता है जिसके फलस्वरूप चालक की धारिता बढ़ जाती है|

(iii) चालक के चारों ओर माध्यम :- चारों ओर के माध्यम का परावैद्युतांक (K) बढ़ने पर चालक की धारिता बढ़ती है|

Note:- पृथ्वी का विभव (V) शून्य लिया जाता है अतः पृथ्वी की धारिता अनंत होती है

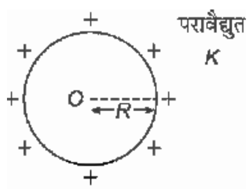
$$C = \frac{q}{V} = C = \frac{q}{o} = C = \infty$$

किसी विलगित गोलीय चालक की धारिता

(Capacitance of on Isolated Spherical)

माना की R त्रिज्या का एक

विलगित गोलिया चालक



परावैधयुत माध्यम K में रखा है यदि चालक को +q आवेश दिया जाए तो चालक के पृष्ठ पर विभव

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

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

$$\therefore \quad C = \frac{q}{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K}\frac{q}{R}}$$

$C = 4\pi\varepsilon_0 K R$ वायु निर्वात के लिए $K = 1$

$$C = 4\pi\varepsilon_0 R$$

$$C \propto R$$

अतः गोलीय चालक की धारिता इसके त्रिज्या के समानुपाती होता है|

Q. पृथ्वी को 6400 km त्रिज्या का विलगित गोलीय चालक मानकर इसकी वैद्युत धारिता ज्ञात कीजिए?

दिया गया है ,

पृथ्वी की त्रिज्या $R = 1400\ Km$

$R = 6400 \times 1000\ m$

$C = 4\pi\varepsilon_0 R$ से

$$C = \frac{1}{9 \times 10^9} \times 64 \times 100 \times 1000C$$

$$= \frac{64 \times 10^5}{9 \times 10^9\ 10^4}$$

$C = 7.11 \times 10^{-4}\ F$ या $C = 711\ \mu F$

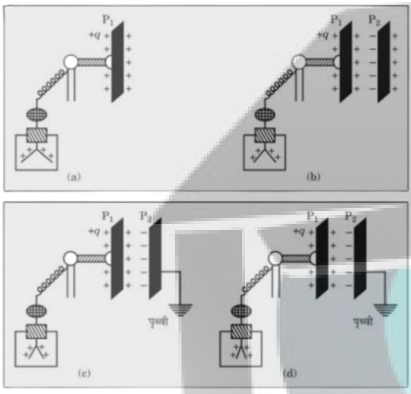
<u>संधारित्र (capacitor) :-</u> वह युक्ति जिसके द्वारा किसी चालक के आकार एवं आयतन बढ़ाए बिना उसकी धारिता बढ़ायी जा सकती है, उसे संधारित्र कहते हैं |

➢ संधारित्र को Condenser भी कहा जाता है |

➢ नियत धारिता के संधारित्र का परिपथ संकेत

➢ परिवर्ती धारिता के संधारित्र का परिपथ संकेत

संधारित्र का सिद्धांत :- जब किसी आवेशित चालक के समीप एक अन्य अनावेशित चालक को रख दिया जाता है तो आवेशित चालक का विभव कम हो जाता है, यदि अनावेशित चालक भूसंपर्कित (Earthed) हो तो आवेशित चालक का विभव और कम हो जाता है जिसके परिणामस्वरुप आवेशित चालक की धारिता बढ़ जाती है, यही कार्य सिद्धांत संधारित्र का है |



संधारित्र के प्रकार

संधारित्र निम्न प्रकार के हो सकते है |

(i) समांतर प्लेट संधारित्र (Parallel Plate Capacitor)

(ii) गोलीय संधारित्र (Spherical Capacitor)

(iii) बेलनाकार संधारित्र (Cylindrical Capacitor)

संधारित्र का उद्देश्य (Purpose of Capacitor)

(i) इसका उपयोग आवेश को इकट्ठा करने में किया जाता

(ii) इसका उपयोग ऊर्जा को इकट्ठा करने में किया जाता है |

(iii) इसका उपयोग प्रत्यावर्ती धारा परिपथ में धारा कम करने के लिए किया जाता है

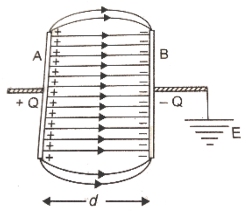
(iv) इसका उपयोग विद्युत् उपकरण जैसे रेडियो, TV तथा कंप्यूटर में किया जाता है |

❖ संधारित्र का उपयोग (Use of Capacitor)

इसका उपयोग आवेश तथा ऊर्जा को संचित और मुक्त करने के लिए किया जाता है |

समांतर पट्टिका संधारित्र (Parallel Plate Capacitor) :- वह संधारित्र जिसमें समान क्षेत्रफल की दो प्लेटें एक दूसरे के समांतर अल्प दूरी पर स्थित हो, उसे समांतर प्लेट संधारित्र कहते है |

समांतर प्लेट संधारित्र की धारिता (Capacitance of Parallel Plate Capacitor) :- माना कि A तथा B समांतर प्लेट संधारित्र की समांतर प्लेट है, जिनका क्षेत्रफल A तथा दोनों के बीच की दूरी d है प्लेट A को $+Q$ आवेश दिया जाता है तो B को समीपवर्ती तल पर $-Q$ तथा दूरवर्ती तल पर $+Q$ आवेश प्रेरित हो जाता है, चूँकि B पृथ्वी से सम्पर्वित है अतः प्रेरित आवेश $+Q$ पृथ्वी में चला जाता है एवं B प्लेट पर के $-q$ आवेश शेष रहता है |



प्लेटों के बीच विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

लेकिन विद्युत् क्षेत्र का परिमाण $= E = \frac{dV}{dr} = \frac{V}{d}$

$$\therefore \quad V = Ed$$

$$V = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} d$$

समांतर प्लेट संधारित्र की धारिता

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

$$C = \frac{q}{\frac{\sigma}{\varepsilon_0}.d}$$

$$C = \frac{\sigma A}{\frac{\sigma}{\varepsilon_0}.d}$$

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

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

या

$$C = \frac{\varepsilon_0 KA}{d}$$

अतः समांतर प्लेट संधारित्र की धारिता उपर्युक्त सूत्र से स्पष्ट है कि समान्तर प्लेट संधारित्र की धारिता नम्नलिखित तीन बातों पर निर्भर करती है :

(i) प्लेटों के क्षेत्रफल A पर : $C \propto \alpha A$ अर्थात् क्षेत्रफल के अनुक्रमानुपाती होती है। अतः धारिता बढ़ाने के लिए प्लेटें अधिक क्षेत्रफल की होनी चाहिए।

(ii) प्लेटों के बीच की दूरी, d पर : $C \propto \frac{1}{d}$ अर्थात् दूरी व्युत्क्रमानुपाती होती है। अतः संधारित्र की धारिता बढ़ाने के लिए दूरी d कम होनी चाहिए अर्थात् प्लेटें परस्पर समीप रखनी चाहिए।

(iii) प्लेटों के बीच के माध्यम पर: $C \propto K$ अर्थात् धारिता माध्यम के परावैद्युतांक के अनुक्रमानुपाती होती है। अतः संधारित्र की धारिता बढ़ाने के लिए प्लेटों के बीच ऐसा माध्यम रखना चाहिए जिसका परावैद्युतांक अधिक हो।

समान्तर पट्ट संधारित्र की धारिता, जबकि उसकी प्लेटों के बीच का स्थान परावैद्युत से आंशिक रूप से भरा हो

(Capacitance of a Parallel Plate Capacitor When the Space between its Plates is Partly Filled with Dielectric)

माना कि समांतर प्लेट संधारित्र के दो प्लेट A तथा B एक दूसरे के समांतर d दूरी से अलग है | जिसका क्षेत्रफल A है | प्लेट के के बीच K परावैद्युतांक वाले पदार्थ है जिसकी मोटाई t है ,तब इस दशा में (d-t) में वायु होगी ,

तब प्लेट के बीच वायु में विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता

$$E_1 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{q}{\varepsilon_0 A} \qquad \left(\because \quad \sigma = \frac{q}{A}\right)$$

परावैद्युत पदार्थ की विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता

$$E_2 = \frac{\sigma}{k\varepsilon_0} = \frac{q}{K\varepsilon_0 A}$$

E_1 क्षेत्र प्लेट के बीच $(d-t)$ दूरी में तथा $E_2 \times t$ दूरी में है

अतः प्लेटों के बीच परिणामी विभव

$$V = E_1 \times (d-t) + E_2 \times t \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

समी॰(i) में E_1 तथा E_2 का मान रखने पर,

$$V = \frac{q}{\varepsilon_0 A}(d-t) + \frac{q}{K\varepsilon_0 A}\ t$$

$$V = \frac{q}{\varepsilon_0 A}\left[(d-t) + \frac{t}{k}\right]$$

हम जानते है संधारित्र की धारिता

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

$$C = \frac{q}{\frac{q}{\varepsilon_0 A}\left[(d-t)+\frac{t}{K}\right]}$$

$$= \frac{\varepsilon_0 A}{\left[(d-t)+\frac{t}{K}\right]}$$

यदि प्लेट के बीच पूरा स्थान भर दिया जाये तब $t = d$

$$\therefore \quad C = \frac{\varepsilon_0 A}{(d-d)+\frac{d}{K}}$$

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

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

$$C = K.\frac{\varepsilon_0 A}{d}$$

➢ संधारित्र की धारिता पर परावैद्युत का प्रभाव

चूंकि हम जानते हैं कि

परावैद्युतांक $K = \frac{\text{आरोपित विद्युत् क्षेत्र}}{\text{प्रभावी विद्युत् क्षेत्र}}$

$$K = \frac{\text{परावैद्युत रखने से पूर्व प्लेटों के बीच वैद्युत क्षेत्र}}{\text{परावैद्युत रखने के बाद प्लेटों के बीच वैद्युत क्षेत्र}}$$

$$K = \frac{E_0}{E}$$

$$\therefore \quad E = \frac{E_0}{K} \dots\dots\dots\dots (i)$$

यदि परावैद्युत रखने से पूर्व प्लेटों का विभवान्तर V_0 हो तथा रखने के बाद V हो जाए एवं प्लेटों के बीच की दूरी d हो तो

$E_0 = \frac{V_0}{d}$ पूर्व $\quad E = \frac{V}{d}$ बाद

समी०(i)में E_0 का मान रखने पर

$$E = \frac{V_0/d}{K} = E = \frac{V_0}{K.d}$$

लेकिन $E = \frac{V}{d}$

$$\therefore \quad \frac{V}{d} = \frac{V_0}{K.d}$$

$$V = \frac{V_0}{K} \dots\dots\dots (ii)$$

यदि परावैद्युत रखने से पूर्व संधारित्र की धारिता C_0 तथा रखने के बाद C हो तो जबकि आवेश q ही हो,

तब $C = \frac{q}{V}$

$V = \frac{q}{C}$ तथा $V_0 = \frac{q}{C_0}$

समी (ii) से $\frac{q}{C} = \frac{q/C_0}{K}$

$$\frac{q}{C} = \frac{q}{KC_0}$$

$$C = KC_0 \dots\dots\dots\dots (iii)$$

या $\quad K = \frac{C}{C_0}$

चूँकि हम जानते है कि वायु के अतिरिक्त अन्य पदार्थ के लिए $K > 1$

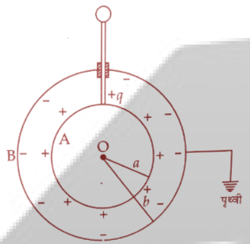
अत: समि० (iii) से यह स्पष्ट है कि $C > C_0$

अत: **संधारित्र की प्लेटों के बीच परावैद्युत माध्यम भर देने से उसकी धारिता बढ़ जाती है |**

गोलाकार संधारित्र:- दो संकेन्द्रित गोले जिन पर वितरित आवेश के परिमाण समान एवं प्रकृति विपरीत होती है उसे गोलीय संधारित्र कहते है इनमे से एक गोले को भू-सम्पर्कित होता है|

या एक-दूसरे से पृथक्कृत दो संकेन्द्रीय सुचालक गोलों A तथा B से बना होता है जिनके बीच के स्थान में परावैद्युत माध्यम भरा होता है।

गोलीय संधारित्र की धारिता:- माना गोले A को दिया गया आवेश (+q) कूलॉम है। क्योंकि गोला A गोला B द्वारा चारों ओर से पूर्णतः घिरा हुआ है, अतः प्रेरण द्वारा गोला B के भीतरी तल पर (- q) आवेश तथा बाहर के तल पर (+ q) आवेश उत्पन्न हो जायेगा।



क्योंकि गोला B पृथ्वी से जुड़ा है, अतः इसके बाहरी तल पर पृथ्वी से इलेक्ट्रॉन आकर इसको निरावेशित कर देते हैं। अतः इस गोले के आन्तरिक तल पर केवल (- q) आवेश रह जाता है। माना इस माध्यम का परावैद्युतांक K है।

गोला A पर स्वयं के आवेश (+q) के कारण वैद्युत विभव $V_1 \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K}\left(\frac{q}{a}\right)$ वोल्ट

क्योंकि आवेशित गोले के भीतर प्रत्येक बिन्दु पर वही विभव होता है जो कि उसके पृष्ठ पर होता है, अतः गोला B के अन्दर प्रत्येक बिन्दु पर विभव $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K}\left(-\frac{a}{b}\right)$ वोल्ट ही होगा।

क्योंकि गोला A गोला B के अन्दर स्थित है, अतः गोला A पर गोला B के (-q) आवेश के कारण विभव

$$V_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K}\left(\frac{-q}{b}\right)$$

$$V_2 = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K}\left(\frac{q}{b}\right) \text{वोल्ट}$$

∴ गोला A का परिणामी विभव $V = V_1 + V_2$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K}\left(\frac{q}{b}\right) + (-\frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K}\left(\frac{q}{b}\right)$$

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 k}\left[\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right] = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 k}\left(\frac{b-a}{ab}\right) \text{वोल्ट}$$

अतः गोलाकार संधारित की धारिता

$$C = \frac{q}{V} = \frac{q}{\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 K}\left(\frac{b-a}{ab}\right)}$$

$$C = 4\pi\varepsilon_0 K \left(\frac{b-a}{ab}\right) \text{ फैरेड } \ldots\ldots\ldots (1)$$

यदि दोनों गोलों के बीच निर्वात (अथवा वायु) हो तो K = 1, अतः इस दशा में संधारित की धारिता

$$C = 4\pi\varepsilon_0 \left(\frac{b-a}{ab}\right) \text{ फैरेड}$$

महत्त्वपूर्ण टिप्पणी (Important Note)

गोलाकार संधारित्र की धारिता के उपर्युक्त सूत्र (i) से स्पष्ट है कि गोलाकार संधारित्र की धारिता बढ़ाने के लिए-

(i) गोलों का आकार (अर्थात् उनकी त्रिज्याएँ a व b) बड़ा होना चाहिए।

(ii) गोलों की त्रिज्याओं का अन्तर (b-a) बहुत कम होना चाहिए।

(iii) दोनों गोलों के बीच ऐसा माध्यम होना चाहिए जिसका परावैद्युतांक K बहुत अधिक हो।

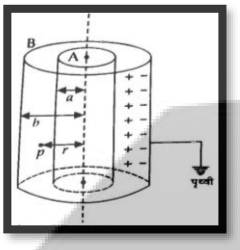
❖ बेलनाकार संधारित्र (Cylinder Capacitor)

इसमें A तथा B दो समाक्षीय खोखले बेलनाकार चालक होते हैं जिनके बीच में कोई परवैद्युत माध्यम भरा रहता है| बाह्य बेलन B का संबंध पृथ्वी से कर दिया जाता है|

माना, आंतरिक बेलन A, जिसकी त्रिज्या a तथा लम्बाई l है, कि प्रति एकांक लम्बाई पर आवेश λ है| प्रेरण द्वारा बाहरी बेलन B जिसकी त्रिज्या b है, के आंतरिक पृष्ठ पर प्रति एकांक लम्बाई आवेश −λ तथा

बाह्य पृष्ठ पर $+\lambda$ होगा| चूंकि बेलन B पृथ्वी से जुड़ा है अतः इसके बाह्य पृष्ठ का मुक्त धनावेश पृथ्वी से आने वाली इलेक्ट्रान से निरावेशित हो जाता है| इस प्रकार B पर प्रति एकांक लम्बाई केवल $-\lambda$ आवेश शेष रह जाता है|

दोनों बेलनों के बीच उनकी अक्ष से r दूरी पर स्थित बिंदु P पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता



$E = \frac{1}{2\pi_0 K}.\frac{\lambda}{r}$

जहाँ, K दोनों बेलनों के बीच भरे माध्यम की परावैद्युतांक है|

अब चूंकि $E = -\frac{dV}{dr}$

$\therefore \quad dV = -E\,dr$

अतः बेलनों A तथा B के बीच विभवान्तर

$$V = -\int_b^a E dr = -\int_b^a \frac{1}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}.\frac{\lambda}{r}$$

अथवा

$$V = -\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\int_b^a \frac{1}{r} dr$$

अथवा

$$V = -\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 K}[\log_e r]_b^a$$

$V = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}[\log_e r]_a^b$ (चूँकि Limit बदला है तो चिन्ह -ve होगा |)

$$V = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 K}[\log_e b - \log_e a]$$

अथवा

$$V = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 K}\log_e\left(\frac{b}{a}\right)$$

अतः बेलनाकार संधारित्र की धारिता

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

यहाँ $q = \lambda l$

$$\therefore C = \frac{\lambda l}{\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 K}\log_e\left(\frac{b}{a}\right)}$$

अथवा

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0 K l}{\log_e\left(\frac{b}{a}\right)}$$

अथवा

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0 K l}{2.3026\ log_{10}\left(\frac{b}{a}\right)}$$

यदि बेलनों के बीच माध्यम वायु हो (अथवा निर्वात् हो) तो

$$K = 1$$

$$\therefore \ C_0 = \frac{2\pi\varepsilon_0 l}{\log_e\left(\frac{b}{a}\right)}$$

संधारित्र की प्रति एकांक लम्बाई धारिता

$C' = \frac{2\pi\varepsilon_0 K}{\log_e\left(\frac{b}{a}\right)}$....... (i)

स्पष्ट है कि बेलनाकार संधारित्र की धारिता बढ़ाने के लिए b/a का मान होना चाहिए, अर्थात दोनों बेलनों की त्रिज्याओं में अंतर बहुत कम होना चाहिए|

समीकरण (i) द्वारा टेलीफ़ोन के तारों तथा समुद्री केवलों (marine cables) की प्रति एकांक लम्बाई धारिता ज्ञात की जाती है|

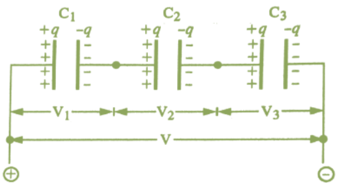
❖ समतुल्य धारिता:- यदि दो-या-दो से अधिक संधारित्र मिलकर जितनी धारिता उत्पन्न करते हैं और एक अकेला संधारित्र ऐसा हो कि इसकी धारिता उन सब के बराबर हो तब इसे अकेले संधारित्र की धारिता उन सबों की समतुल्य धारिता कहलाती

❖ **संधारित्रों के संयोजन (Combination of Capacitors) :-** संधारित्र को मुख्यतः दो प्रकार से संयोजित किया जा सकता है |

(i) श्रेणीक्रम संयोजन (Combination in Series)

(ii) समांतर क्रम संयोजन (Combination in Parallel)

(i) श्रेणीक्रम संयोजन:- संधारित्र का ऐसा संयोजन जिसमें प्रत्येक संधारित्र पर आवेश समान तथा विभव अलग – अलग हो, उसे संधारित्र का श्रेणीक्रम संयोजन कहते हैं |



माना कि C_1, C_2 एवं C_3 धारिता वाले संधारित्र श्रेणीक्रम में संयोजन है, जिसका विभव V_1, V_2 एवं V_3 है | जब संधारित्र श्रेणी क्रम में जोड़ा जाता है तो संयोजन का विभवान्तर प्रत्येक संधारित्र के विभवांतर के योग के बराबर होता है |

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \ldots\ldots\ldots.(i)$$

लेकिन $V_1 = \frac{q}{C_1}$, $V_2 = \frac{q}{C_2}$ तथा $V_3 = \frac{q}{C_3}$

समी (i) में $\frac{q}{C} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3}$

$$\frac{q}{C} = q\left(\frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3}\right)$$

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

यदि संयोजन में n संधारित्र हो तो, तुल्य धारिता

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots + \frac{1}{C_n}$$

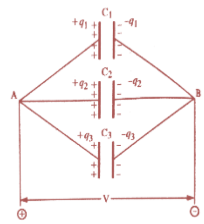
$$\frac{1}{C_s} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{C_1}$$

- श्रेणीक्रम में तुल्य धारिता का मान संयोजन में सबसे कम धारिता वालें संधारित्र की धारिता से भी कम होता है |
- श्रणीक्रम में संधारित्रों की तुल्य धारिता का व्युत्क्रम उन संधारित्रों की अलग – अलग धरिताओं के व्युत्क्रमों के योग के बराबर होता है |
- यदि समान धारिता C के n संधारित्र श्रेणीक्रम में जुड़े तो इनकी तुल्य धारिता C_R हो तो

$$\frac{1}{C_R} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} + n$$

$$C_R = \frac{C}{n}$$

(ii) समांतर (या पार्श्व) क्रम में संधारित्र: - संधारित्र का ऐसा संयोजन जिसमें प्रत्येक संधारित्र का विभव का मान समान तथा आवेश अलग – अलग हो उसे संधारित्र का समांतर क्रम संयोजन कहते हैं |



माना कि C_1, C_2 एवं C_3 धारिता वाले संधारित्र समांतर क्रम में संयोजित हो, जिसका आवेश q_1, q_2 एवं q_3 है | समांतर क्रम में संयोजन में कुल आवेश का मान प्रत्येक संधारित्र में संचित आवेश के योग के बराबर होता है |

$q = q_1 + q_2 + q_3 \ldots\ldots(\text{i})$

लेकिन $C = \frac{q}{V} = q = CV$

$q_1 = C_1V_1,\ \ q_2 = C_2V_1,\ \ q = C_3V$

तब समी (i) में

$$CV = C_1V + C_2V + C_3V$$

$$C = (C_1 + C_2 + C_3 +)$$

यदि संयोजन में n संधारित्र हो तो

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots \ldots + C_n$$

$$C = \sum_{i=}^{n} C_i$$

- ➢ समांतर क्रम में तुल्य धारिता का मान संयोजन में सबसे अधिक धारिता वाले संधारित्र से भी अधिक होता है |
- ➢ समांतर क्रम में संधारित्र की तुल्य धारिता उन संधारित्र की अलग – अलग धारिताओं के योग के बराबर होता है |

यदि समान धारिता C के n संधारित्र समांतर क्रम जुड़े हो तो इनकी तुल्य धारिता C_R हो तो,

$$C_R = C + C + C + C + \cdots n \text{ पद}$$

$$C_R = nC$$

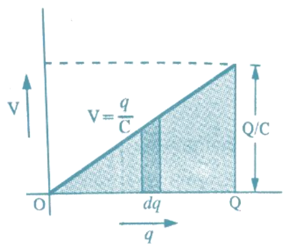
❖ संधारित्र में संचित ऊर्जा (Energy Stored In Capacitor)या, किसी चालक स्थितिज ऊर्जा(Potential Energy Of A Conductor)

जब किसी संधारित्र को आवेशित किया जाता है, तो आवेशित करने में कुछ कार्य करना पड़ता है यही कार्य संधारित्र की संचित ऊर्जा कहलाती है |

संचित ऊर्जा का व्यंजक :-माना किसी संधारित्र की धारिता C है | इसे q आवेश देने पर विभवान्तर V हो जाता है v तथा q के

बीच ग्राफ खींचने पर

यह सरल रेखा में होगा |



वैद्युत स्थितिज ऊर्जा $= \Delta\, OBA$ का क्षेत्रफल

$$V = \frac{1}{2} \times \text{आधार} \times \text{ऊँचाई}$$

$$V = \frac{1}{2} V \times q$$

$$V = \frac{1}{2} qV$$

लेकिन $q = CV$

$$\therefore \quad V = \frac{1}{2} CVV$$

$$V = \frac{1}{2} CV^2$$

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

$$\therefore \quad V = \frac{1}{2} C \left(\frac{q}{C}\right)^2$$

$$V = \frac{1}{2} \times \frac{q^2}{C^2}$$

$$V = \frac{1}{2} \times \frac{q^2}{C^2}$$

समाकलन विधि से

माना कि किसी चालक को dq आवेशन करने पर विभव V हो जाता है तो,

आवेशन करने किया गया कार्य

$$dW = V.dq$$

लेकिन $V = \frac{q}{c}$ $\quad \therefore \quad dw = \frac{q}{c}.dq$

चालक या संधारित्र को शून्य से q आवेश देने में किया गया कार्य $\quad W = \int_0^q dw$

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

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

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

$$W = \frac{1}{2C}[q^2 - 0]$$

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

$$\because \quad q = CV$$

$$W = \frac{1}{2C}(CV)^2$$

$$W = \frac{1}{2}CV^2$$

$$W = U = \frac{1}{2}CV^2$$

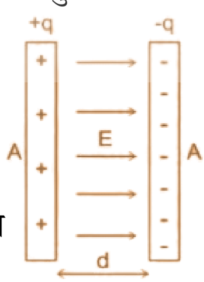
या, $V = \frac{q}{C}$

$$\therefore \quad U = \frac{1}{2}C\left(\frac{q}{C}\right)^2$$

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

संधारित्र में ऊर्जा घनत्व (Energy density in Capacitor)या, वैद्युत क्षेत्र में ऊर्जा घनत्व(Energy density in electric field) :- विद्यु क्षेत्र में प्रतिएकांक आयतन में संचित ऊर्जा की ऊर्जा घनत्व कहते है |

किस संधारित्र को आवेशित करने की प्रक्रिया में संधारित्र के प्लेटों (Plates) के बीच स्थिर वैद्युत क्षेत्र भी उत्पन्न हो जाता है | संधारित्र को आवेशित करने में किया गया कार्य वास्तव में संधारित्रों के प्लेटों के बीच स्थिर वैद्युत उत्पन्न करने में किया गया कार्य होता है |



माना कि एक समांतर प्लेट संधारित्र है

जिसके प्रत्येक प्लेट का क्षेत्रफल A तथा

दोनों प्लेटों की बीच की दूरी d है

जब संधारित्र को V विभव तक आवेशित किया जाता है तो संचित ऊर्जा

$$U = \frac{1}{2}CV^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

हम जानते हैं कि समांतर प्लेट की धारिता

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

विभांतर $V = Ed$

समी (i) में C तथा V का मान रखने पर

$$U = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0 A}{d}(Ed)^2$$

$$U = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0 A}{d}.E^2d^2$$

$$U = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 Ad$$

$$\frac{U}{Ad} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$$

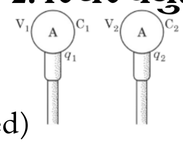
लेकिन एकांक आयतन घनत्व में संचित ऊर्जा $\frac{U}{Ad} = u$

$$\therefore \quad u = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$$

यदि प्लेटों के बीच परावैद्युतांक K का माध्यम हो तो,

$$u = \frac{1}{2}K\varepsilon_0 E^2$$

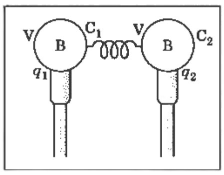
❖ आवेशित चालकों के बीच आवेश का पुनर्वितरण (Re-distribution of Charge between two Charged Conductors)



माना कि A और B दो पृथक्कृत (insulated) चालक हैं जिनकी धारिताएँ क्रमशः C_1 व C_2 हैं।

इन्हें q_1 और q_2 आवेश देने पर इनके विभव क्रमशः V_1 व V_2 हो जाते हैं।

तब, $q_1 = C_1V_1$ तथा $q_2 = C_2V_2$



दोनों चालकों को एक सुचालक तार द्वारा परस्पर जोड़ने पर आवेश अधिक विभव वाले चालक से कम विभव वाले चालक को और तब तक प्रवाहित होता है जब तक कि दोनों चालकों के विभव समान न हो जाएँ। माना, कि यह उभयनिष्ठ विभव (common potential) V है। कुल आवेश $(q_1 + q_2)$ ही रहता है।

चालक का उभयनिष्ठ विभव V=$\frac{\text{कुल आवेश}}{\text{कुल धारिता}}$

$$V = \frac{q_1 + q_2}{C_1 + C_2}$$

$$V = \frac{C_1V_1 + C_2V_2}{C_1 + C_2} \dots\dots (i)$$

माना, आवेशों का पुनर्वितरण होने पर चालक A पर आवेश q'_1 तथा चालक B पर आवेश q'_2 हो जाता है।

तब $q'_1 = C_1V$ तथा $q'_2 = C_2V$

$$\therefore \frac{q'_1}{q'_2} = \frac{C_1V}{C_2V} = \frac{C_1}{C_2}$$

अतः दो आवेशित चालकों को परस्पर जोड़ने पर उन पर पुनर्वितरित आवेश उनकी धारिताओं के अनुपात में होता है।

❖ **स्थानान्तरित आवेश की मात्रा (Quantity of Transferred Charge):-**चालकों को परस्पर जोड़ने से पूर्व चालक A पर आवेश q_1तथा जोड़ने के पश्चात् q'_1हो जाता है। अतः चालक A से B पर स्थानान्तरित आवेश की मात्रा

$$\Delta q = q_1 - q'_1$$

$$\Delta q = C_1V_1 - C_1V$$

समीकरण (i) से V का मान रखने पर

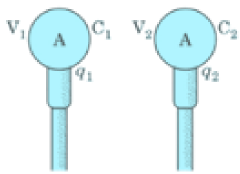
$$\Delta q = C_1V_1 - C_1[\frac{C_1V_1 + C_2V_2}{C_1 + C_2}]$$

$$\Delta q = C_1[\frac{C_1V_1 + C_2V_1 - C_1V_1 - C_2V_2}{C_1 + C_2}]$$

$$\Delta q = \frac{C_1C_2(V_1 - V_2)}{C_1 + C_2}$$

❖ **आवेशों के पुनर्वितरण में ऊर्जा का ह्रास (Loss of energy in redistribution of charges):-**

जब दो आवेशित चालकों को परस्पर किसी चालक तार द्वारा जोड़ा जाता है तो जोड़ने पर आवेशों का पुनर्वितरण होता है। इस प्रक्रिया में जब आवेश ऊँचे विभव वाले चालक से नीचे विभव वाले चालक की ओर प्रवाहित होता है तो चालक पर उपस्थित आवेश तथा चालक को दिये जाने वाले आवेश के बीच प्रतिकर्षण के विरुद्ध कार्य करना पड़ता है। यह कार्य इन दोनों चालकों के निकाय द्वारा ही किया जाता है, किसी बाह्य स्रोत द्वारा नहीं। अतः निकाय की वैद्युत ऊर्जा में ह्रास हो जाता है माना A और B दो आवेशित चालक है जिसकी धारिता C_1 और C_2 है,चालक A को $+q_1$ आवेश देने पर V_1 व चालक B को $+Q_2$ आवेश देने पर विभव V_2 हो जाता है |



जोड़ने से पूर्व चालक A की ऊर्जा

$$\because \quad U = \frac{1}{2}CV^2$$

चालक A के के लिए

$$U = \frac{1}{2}C_1 V_1^2$$

तथा B की ऊर्जा

$$U = \frac{1}{2}C_2 V_2^2$$

चालक जोड़ने से पूर्व कुल ऊर्जा

$$U_1 = \frac{1}{2}C_1 V_1^2 + \frac{1}{2}C_2 V_2^2 \dots\dots\dots\dots (i)$$

चालकों जोड़ने पर विभव समान हो जाता है

उभयनिष्ठ विभव = $\frac{\text{कुल आवेश}}{\text{कुल धारिता}}$

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

$$V = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{C_1 + C_2} \dots\dots (ii)$$

जोड़ने के बाद चालक A ऊर्जा $= \frac{1}{2}C_1V^2$

जोड़ने के बाद चालक B ऊर्जा $= \frac{1}{2}C_2V^2$

जोड़ने के बाद कुल ऊर्जा

$$U_2 = \frac{1}{2}C_1V^2 + \frac{1}{2}C_2V^2$$

$$U_2 = \frac{1}{2}V^2(C_1 + V_2)$$

समी (ii) से V का मान रखने पर

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

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

दोनों चालकों में ऊर्जा परिवर्तन

$$\Delta U = U_1 - U_2$$

$$\Delta U = \frac{1}{2}\,C_1{V_1}^2 + \frac{1}{2}\,C_2{V_2}^2 - \frac{1}{2}\frac{[C_1V_1 + C_2V_2]^2}{C_1 + C_2}$$

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

$$\Delta U = \frac{C_1^2V_1^2 + C_1C_2V_2^2 + C_1C_2V_1^2 + C_2^2V_2^2 - C_1^2V_1^2 - C_2V_2^2 - 2C_1C_2V_1V_2}{2(C_1 + C_2)}$$

$$\Delta U = \frac{C_1C_2({V_2}^2 + {V_1}^2 - 2V_1V_2)}{2\;C_1 + C_2}$$

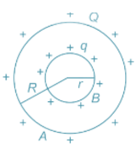
$$\Delta U = \frac{C_1C_2({V_1}^2 + V_2 - 2V_1V_2)}{2\;(C_1 + C_2)} \qquad (a^2 + b^2 - 2ab)$$

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

$$\Delta U = \frac{1}{2}\left(\frac{C_1C_2}{C + C_2}\right)(V_1 - V_2)^2$$

इस व्यंजक में C_1 व C_2 दोनों धनात्मक हैं तथा $(V_1 - V_2)^2$ भी पूर्ण वर्ग होने के कारण धनात्मक है। अतः इससे सिद्ध होता है कि के पुनर्वितरण में ऊर्जा का सदैव ह्रास होता है। ऊर्जा का यह अन्तर चालकों को जोड़ने वाले तार में **ऊष्मा में परिवर्तित** हो जाता है।

❖ दो गोलीय चालकों कोशों के बीच आवेश का स्थानान्तरण (Transfer Of Charge Between Two Hollow Spherical Conductors)



यदि कोई छोटे गोलीय कोश को किसी विधि द्वारा बड़े गोलीय कोश के अन्दर रख दिया जाए तो प्रत्येक गोलीय कोश के पृष्ठ पर कुल विभव, दोनों कोशों के आवेशों द्वारा उत्पन्न अलग-अलग विभव के योग के बराबर होगा

A पृष्ठ का कुल विभव

$$V_A = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{R} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{R} \;\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

B पृष्ठ का कुल विभव

$$V_B = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{R} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{R} \;\ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$$

समी (i) तथा (ii) से,

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

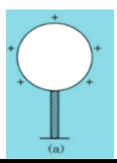
$$V_B - V_A = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{Q}{R} + \frac{q}{r} - \frac{Q}{R} + \frac{q}{R}\right]$$

$$V_B - V_A = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q}{r} - \frac{q}{R}\right]$$

$$V_B - V_A = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right]$$

इससे स्पष्ट है कि चाहे बड़े कोश या खेल पर कितना भी आवेश संचित क्यों न हो जाए चाहे धनात्मक ही क्यों न हो भी भीतरी पर हमेशा उच्च विभव होता है | अर्थात यदि छोटे तथा बड़े गोले को तार से संयोजित कर दिया जाए तो आवेश छोटे गोले से बड़े गोले में प्रवाहित होगा चूँकि धनावेश उच्च विभव से निम्न विभव की ओर प्रवाहित होता है |

❖ कोरोना विसर्जन (Corona discharge) या नुकीले भागों से विद्युत् अनावेशन(Discharge of Electric Current through Pointed Parts)


(a)

जब किसी चालक को आवेशित किया जाता है, तो उसकी सतह पर आवेश का वितरण चालक की सतह की प्रकृति (आकार)

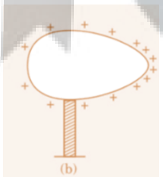
पर निर्भर करता है, यानी यदि चालक गोलीय हो तो सभी जगह आवेश का पृष्ठ घनत्व (σ) समान होगा

यदि चालक की सतह की वक्रता भिन्न – भिन्न स्थानों पर भिन्न -भिन्न हो तो भिन्न – भिन्न स्थानों पर पृष्ठ घनत्व भी भिन्न- भिन्न होगा | क्योंकि किसी बिंदु पर आवेश का पृष्ठ घनत्व (r) चालक के उस बिंदु के संगत त्रिज्या R के व्युत्क्रमानुपाती होता है |

$$\sigma \propto \frac{1}{R}$$

अर्थात कम त्रिज्या वाले भाग पर आवेश का पृष्ठ घनत्व यानी आवेश अधिक रहता है |

आवेश के नुकीले भाग में वक्रता



त्रिज्या कम रहने के कारण आवेश

का पृष्ठ घनत्व सबसे अधिक रहता है अतः नुकीले भागों के संपर्क में आने वाली हवा या धूलकण आवेशित हो जाता है | समान प्रकार के आवेश होने के कारण हवा या धूलकण का नुकीले भाग में प्रतिकर्षण होने लगता है, जिससे ये आवेशित कण दूर हट जाते हैं और इसके स्थान पर दूसरे भाग से आवेश आ जाता है | इस प्रक्रिया में आवेशित चालक के नुकीले भाग से आवेश लगातार अनावेशन होते रहता है, और चालक धीरे – धीरे अनावेशित हो जाता है, जिसे कोरोना विसर्जन या नुकीले भागों की अनावेशन क्रिया कहते हैं |

P_1 नीचे की ओर तथा P_2 ऊपर

की ओर लगा होता है | P_1 को एक मोटर से जोड़ रहता है | C_1 तथा C_2 हो नुकीले कंघे होते हैं जिसका सिरा

❖ वान डी ग्राफ जनित्र (Van de Graff Generator)

- ➢ वान डी ग्राफ जनित्र का अविष्कार 1931 में वैज्ञानिक आ० जे वानडी ग्राफ ने किया |
- ➢ वन – डी ग्राफ जनित्र एक स्थिर विद्युत् उच्च वोल्टता जनित्र अति उच्च विभवान्तर को उत्पन्न करता है |

वान डी ग्राफ जनित्र का सिद्धांत(Principle of Van de Graaff Generator) :-

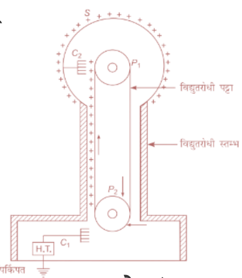
1. खोखले गोलीय चालक को दिया गया आवेश उसके बाहरी पृष्ठ पर एकसमान रूप से वितरित हो जाता है |

2. किसी खोखले गोलीय चालक के भीतर छोटा आवेशित चालक को रखकर दोनों को सुचालक तार से जोड़ दिया जाता है, तो भीतरी चालक का सभी आवेश बाहरी चालक के पृष्ठ पर आ जाता है |

3. तीक्ष्ण नुकीले भाग में आवेश घनत्व उच्च होता है, जिसका उपयोग विसर्जन क्रिया के निर्माण में किया जाता है |

वान – डे ग्राफ जनित्र की रचना(Construction of Van de Graaff Generator) :-

इसमें कुछ भीतर (लगभग 5 मीटर) व्यास वाले एक बड़े धात्विक गोला होता है, जो विद्युत् रोधी स्तंभ पर टीका होता है, तथा इसमें एक विद्युत्-रोधी



पतला पट्टा (Belt) होता है जो P_1

तथा P_2 से होकर गुजरता है |

पट्टा की ओर रहते है | C_1 को कंघी तथा C_2 को संग्राहक कंघी कहा जाता है, C_1 को उच्च वोल्टता वाली तथा C_2 को धात्विक गोले से जोड़ दिए जाते है |

कार्यविधि सिद्धांत(Working Principle):-

जब C_1 कंघी को उच्च वोल्टा वाली बैटरी जोड़ दिया जाता है तो पृष्ठ घनत्व अधिक होने के कारण आवेश बेल्ट पर चला जाता है |

यह बेल्ट आवेश को ऊपर की ओर ले जाता है जैसे ही बेल्ट कंघी C_2 के निकट पहुंचता है तो प्रेरण के कारण C_2 के नुकीले भाग में ऋणावेश उत्पन्न हो जाता है, और C_2 के दूसरे भाग में प्रेरण के कारण धनावेश उत्पन्न हो जाता है, और यह धनावेश गोले S में स्थानांतरित हो जाता है, यह प्रक्रिया चलती रहती है, जिसके कारण का S का विभव बढ़ जाता है |

❖ वान डी ग्राफ जनित्र का उपयोग(use of Van de Graaff generator):-

(i) इसका उपयोग उच्च विभव को उत्पन्न करने के लिए किया जाता है

(ii) इसका उपयोग प्रोटोन, ड्यूट्रान, α – कण आदि को त्वरित करने में किया जाता है |

(iii) इसका उपयोग चिकित्सा विज्ञान में कैंसर के उपचार में किया जाता है |

वान – डे ग्राफ जनित्र का दोष

(i) उच्च विभव होने कारण यह खतरनाक है

(ii) बड़ा आकार होने के कारण यह असुविधा – जनक होता है |