स्थिरवैद्युत : विभव और धारिता

1 स्थिरवैद्युत विभव (V)

- अनंत से किसी बिंदु तक लाने में प्रति इकाई धन आवेश द्वारा किया गया धनात्मक कार्य।

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

- किसी बिंदु आवेश Q के लिए:

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

- SI मात्रक : वोल्ट (V)

2 विभवांतर

दो बिंदुओं A और B के बीच विभवांतर :

$$V_B - V_A = \frac{W_{A\to B}}{q}$$

- पथ से स्वतंत्र।
- SI मात्रक : वोल्ट (V)

3 आवेशों की प्रणाली के कारण विभव

अधिरोपण (सुपरपोंजीशन) सिद्धांत द्वारा,

$$V_P = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

- SI मात्रक : वोल्ट (V)

4 समविभव पृष्ठ (सतह)

- जिस पृष्ठ पर विभव हर जगह समान हो, उसे समविभव पृष्ठ कहते हैं।
- समविभव पृष्ठ पर आवेश ले जाने पर कार्य शून्य होता है।
- विद्युत क्षेत्र समविभव पृष्ठ के लंबवत होता है।

पावर टिप्स

- ★ विभव केवल परिभाषा रखता है, दिशा नहीं।
- ★ $V = 0$ अनंत पर : संदर्भ स्तर
- ★ समविभव पृष्ठ एक-दूसरे को नहीं काटते।
- ★ विद्युत क्षेत्र रेखाएँ समविभव पृष्ठों के लंबवत होती हैं।
- ★ समविभव पृष्ठ पर आवेश ले जाने पर कार्य = 0

5 स्थितिज ऊर्जा (U)

दो आवेश q_1 और q_2 की स्थितिज ऊर्जा, r दूरी पर अलग होने पर :

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r}$$

- SI मात्रक : जूल (J)

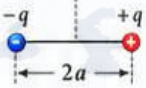
6 द्विध्रुव के कारण विभव (p)

केंद्र से दूरी r पर,

(i) अक्षीय स्थिति :

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

(ii) विद्युतीय स्थिति :



$V = 0$

जहाँ,

$p = q\,(2a)$: द्विध्रुव आघूर्ण (ऋण $-q$ से $+q$ तक)

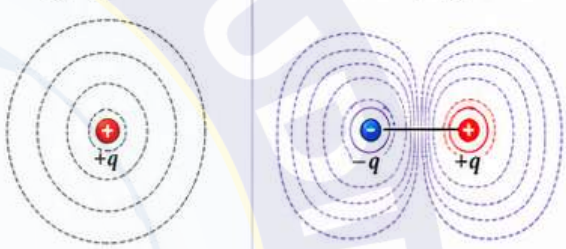
SI मात्रक : $C \cdot m$

- $\vec{p}$ की दिशा : $-q$ से $+q$ की ओर

7 समविभव पृष्ठ (आवेशों के कारण)

(i) बिंदु आवेश के लिए : केंद्रक गोले

(ii) द्विध्रुव के लिए : अधिक समन, द्विध्रुव के पास



------ : समविभव पृष्ठ

—— : आवेश

8 धारिता (C)

- आवेश संचित करने की क्षमता।

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

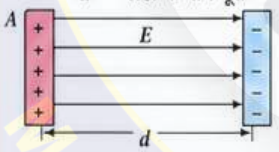
- SI मात्रक : फैराड $(F) = CV^{-1}$

9 समानांतर प्लेट संधारित्र

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

जहाँ, A = प्लेटों का क्षेत्रफल

d = प्लेटों के बीच दूरी



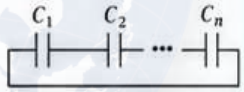
10 संधारित्रों के संयोजन

(i) श्रेणी क्रम संयोजन

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}$$

- प्रत्येक संधारित्र पर आवेश समान
- वोल्टता विभाजित होती हैं

(ii) समानांतर संयोजन



$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$$

- प्रत्येक संधारित्र पर वोल्टता समान
- आवेश विभाजित होते हैं

11 माध्यम का वैद्युतांक (K)

$$K = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$$

ε : माध्यम की विद्युतशीलता

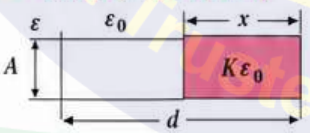
ε_0 : मुक्त आकाश की विद्युतशीलता

12 वैद्युत परावैद्युत प्रभाव

- धारिता बढ़ जाती है।
- विद्युत क्षेत्र की तीवता घट जाती है।
- परावैद्युत में ध्रुवण होता है।

$C' = KC_0$ $\quad E' = \frac{E_0}{K}$

13 परावैद्युत स्लैब वाला संधारित्र (आंशिक रूप से भरा)



$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d - x + \frac{x}{K}}$$

14 संधारित्र में संचित ऊर्जा

धारिता C आवेशित संधारित्र में संचित ऊर्जा :

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

15 ऊर्जा घनत्व (u)

प्लेटों के बीच क्षेत्र में प्रति इकाई आयतन ऊर्जा :

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

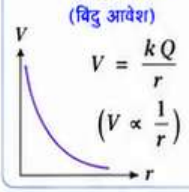
16 गोलाकार चालक की धारिता

त्रिज्या R वाले एकक गोलाकार चालक के लिए :

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

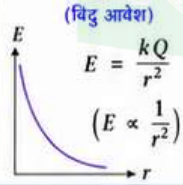
महत्वपूर्ण ग्राफ

(i) V बनाम r (बिंदु आवेश)



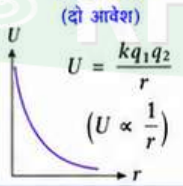
$V = \frac{kQ}{r}$ $\quad \left(V \propto \frac{1}{r}\right)$

(ii) E बनाम r (बिंदु आवेश)



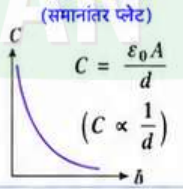
$E = \frac{kQ}{r^2}$ $\quad \left(E \propto \frac{1}{r^2}\right)$

(iii) U बनाम r (दो आवेश)



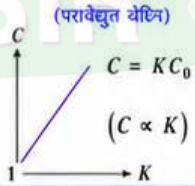
$U = \frac{kq_1q_2}{r}$ $\quad \left(U \propto \frac{1}{r}\right)$

(iv) C बनाम d (समानांतर प्लेट)



$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$ $\quad \left(C \propto \frac{1}{d}\right)$

(v) C बनाम K (परावैद्युत घेटित)



$C = KC_0$ $\quad (C \propto K)$

परीक्षा केंद्रित

- ★ अधिरोपण (सुपरपोंजीशन) – बहुत महत्वपूर्ण
- ★ संधारित्रों के संयोजन – निश्चित रूप से पूछें जाते हैं
- ★ परावैद्युत एवं स्लैब – उच्च वेटेज
- ★ ऊर्जा एवं घनत्व/ग्राफ – सामान्यत पूछे जाते हैं
- ★ उच्च स्कोर के लिए नियमित PYQ अभ्यास करें !

महत्वपूर्ण सूत्र सारांश

1. स्थिरवैद्युत विभव

- $V = \frac{W}{q}$
- $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r}$
- $V_B - V_A = \frac{W_{A\to B}}{q}$

2. आवेशों की प्रणाली एवं ऊर्जा

- $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum\frac{q_i}{r_i}$
- $U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r}$

3. द्विध्रुव

- $V_{\text{अक्षीय}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p}{r^2}$
- $V_{\text{विद्युतीय}} = 0$
- $p = q\,(2a)$

4. धारिता

- $C = \frac{Q}{V}$
- $C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$
- $C_{\text{श्रेणी}} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots\right)^{-1}$
- $C_{\text{समानांतर}} = C_1 + C_2 + \cdots$

5. ऊर्जा एवं परावैद्युत

- $U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}QV$
- $u = \frac{1}{2}\varepsilon E^2$
- $K = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$
- $C' = KC_0$, $E' = \frac{E_0}{K}$