

## Unit -2 Electrostatics & Current Electricity

### 1. વ્યાખ્યા લખો: વિદ્યુત ક્ષેત્ર, ઇલેક્ટ્રીક ફીલ્ડ સ્ટ્રેન્થ, વિદ્યુતફલક્સ

વિદ્યુત ક્ષેત્ર – વિદ્યુતભાર ની આસપાસનો પ્રદેશ જ્યાં તેની અસરો જેમ કે આકર્ષણ અથવા અપાકર્ષણ પ્રવર્તમાન હોય છે તે વિસ્તાર ને વિદ્યુત ક્ષેત્ર તરીકે ઓળખાય છે. તેનો એસ.આઈ. એકમ  $NC^{-1}$  અથવા  $Vm^{-1}$ .

ઇલેક્ટ્રીક ફીલ્ડ સ્ટ્રેન્થ - એક બિંદુ પર વિદ્યુત ક્ષેત્રની તીવ્રતા એ તે બિંદુ પર મૂકવામાં આવેલ એકમ ધન ચાર્જ દ્વારા અનુભવાયેલ બળ છે.

વિદ્યુત ક્ષેત્રની તીવ્રતા એ સદિશ રાશી છે. તે 'E' દ્વારા સૂચવવામાં આવે છે.

$$\text{વિદ્યુત ક્ષેત્ર} = F/q$$

એકમ –  $N/C$  or  $NC^{-1}$

વિદ્યુતફલક્સ:- વિદ્યુતફલક્સ એટલે સમતલમાંથી સપાટી ને લંબ રૂપે પસાર થતા વિદ્યુતક્ષેત્ર રેખાઓ ની સંખ્યા. તે સામાન્ય રીતે ગ્રીક અક્ષર  $\Phi_E$  દ્વારા સૂચવવામાં આવે છે અને તેનો એકમ  $Nm^2 C^{-1}$  છે. વિદ્યુતફલક્સ એ અદીશ રાશી છે અને તેનું મુલ્ય ધન અથવા ઋણ હોઈ શકે છે.

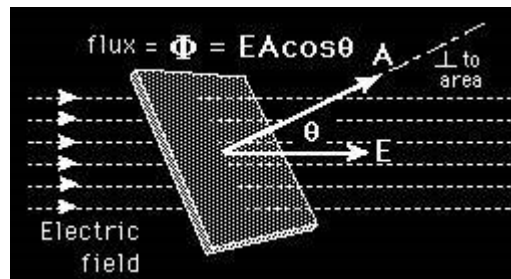
$$\text{વિદ્યુતફલક્સ } \phi = EA \cos \theta$$

જ્યાં,

E એ વિદ્યુત ક્ષેત્રની તીવ્રતા(મુલ્ય) છે.

A એ સપાટીનું ક્ષેત્રફળ છે જેના દ્વારા વિદ્યુતફલક્સ ની ગણતરી કરવામાં આવે છે.

$\theta$  એ વિદ્યુત ક્ષેત્રના પ્રવાહની દિશાની સમાંતર સમતલ અને ધરી દ્વારા બનાવેલ કોણ છે.



જો  $\theta = 0$ , ફલક્સ મહત્તમ હશે.

$\theta < 90$ , ફલક્સ ધન રહેશે.

$\theta > 90$ , ફલક્સ ઋણ રહેશે.

$\theta = 90$ , ફલક્સ શુન્ય હશે.

## 2. કુલંબ નો વ્યસ્ત વર્ગ નો નિયમ લખી સમજાવો.

વિધાન: બે બિંદુવત સ્થિર વિદ્યુતભારો વચ્ચે પ્રવર્તતું વિદ્યુતબળ તે વિદ્યુતભારો ના મુલ્યો ના ગુણાકાર ના સમપ્રમાણ માં અને તેમની વચ્ચેના અંતર ના વર્ગના વ્યસ્ત પ્રમાણ માં હોય છે. આ બળ બે વિદ્યુતભારો ને જોડતી રેખા પર હોય છે.

કુલંબના નિયમ અનુસાર,  $d$  અંતરે રહેલા બે બિંદુવત વિદ્યુતભારના  $q_1$  અને  $q_2$  વચ્ચે પ્રવર્તતું બળ

$$F \propto \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$$
$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$$

જ્યાં  $K = 1/4\pi\epsilon_0$

જ્યાં  $K$  એ કુલંબ અચળાંક છે. એસ.આઈ. એકમ પદ્ધતિ માં શૂન્યવકાશ માટે

$K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{C}^{-2}$  લેવામાં આવે છે. અને સમીકરણ ફરી લખતા

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$$

ઉપરોક્ત સમીકરણ બે વિદ્યુતભારો વચ્ચે કાર્ય કરતા બળ માટેનું સૂત્ર બતાવે છે.

## 3. ગોસ નો નિયમ આપો.

ગોસ નો નિયમ : કોઈ બંધ પૃષ્ઠ સાથે સંકળાયેલ વિદ્યુત ફ્લક્સ , પૃષ્ઠ વડે ઘેરાતા કુલ વિદ્યુતભાર અને  $\epsilon_0$ ના ગુણોતર જેટલું હોય છે .

$$\phi = \oint \vec{E} \cdot \vec{ds} = \frac{1}{\epsilon_0} q$$

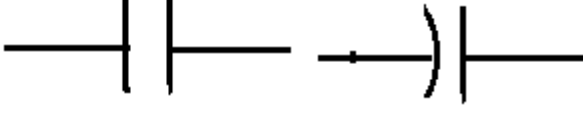
## 4. કેપેસિટર ની વ્યાખ્યા આપો અને તેનું SI એકમ લખો

એક ઉપકરણ કે જે ઇલેક્ટ્રોનિક ચાર્જ અને ઊર્જા સંગ્રહિત કરી શકે છે. તેને કેપેસિટર કહેવાય છે.

તે બે-કન્ડક્ટરની ગોઠવણ છે જે સામાન્ય રીતે સમાન તીવ્રતા અને વિરોધી ચિહ્નના ચાર્જ વહન કરે છે અને ઇન્સ્યુલેટીંગ માધ્યમ દ્વારા અલગ પડે છે. ઇન્સ્યુલેટીંગ પ્રદેશ કાં તો ઇલેક્ટ્રિક ઇન્સ્યુલેટર અથવા શૂન્યાવકાશ હોઈ શકે છે જેમ કે કાચ, કાગળ, હવા અથવા અર્ધ-વાહક જેને ડાઇલેક્ટ્રિક કહેવાય છે.

તેનો એસ.આઈ એકમ ફેરાડ છે

5. કેપેસિટર ના સર્કીટ સંકેત જણાવો.



6. કેપેસિટન્સ ની વ્યાખ્યા આપી તેનાં એકમો જણાવો.

કેપેસિટર માં વિદ્યુત ભાર એ બે પ્લેટ વચ્ચેના વિજ સ્તિથીમાન નાં તફાવત નાં સમપ્રમાણ માં હોય છે .

$$\text{i.e. } Q = CV$$

$$C = Q/V$$

એસ.આઈ એકમ - ફેરાડ

**Commonly Used Scales**

$$\mu F = 10^{-6} F$$

$$nF = 10^{-9} F$$

$$pF = 10^{-12} F$$

7. કેપેસિટન્સ ને અસર કરતા પરિબળો જણાવો.

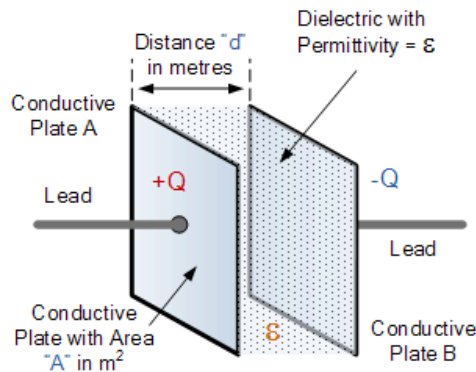
કેપેસિટન્સ ને અસર કરતા પરિબળો નીચે જણાવ્યા મુજબ છે.

- ૧) વાહક નો કદ અને આકાર
- ૨) બે પ્લેટ વચ્ચેના માધ્યમ પર
- ૩) તેની નજીક રહેલ અન્ય વાહક પર

8. સમાંતર પ્લેટ કેપેસિટર ની રચના અને કાર્ય જણાવો.

આવા કેપેસિટરમાં સમાન ક્ષેત્રફળ (A) ધરાવતી એકબીજાથી અલગ કરેલી બે વાહક પ્લેટોને એકબીજાથી અમુક (d) અંતરે એકબીજાને સમાંતર રાખેલી હોય છે. (જુઓ આકૃતિ 2.15) તેમની વચ્ચેના અવાહક માધ્યમ તરીકે શૂન્યાવકાશ (કે હવા) છે તેમ ધારીને આપણે તેના કેપેસિટન્સનું સૂત્ર મેળવીશું.

ધારો કે આ કેપેસિટર પરનો વિદ્યુતભાર Q છે, તેથી તેની પ્લેટો પર વિદ્યુતભારની પૃષ્ઠઘનતાનું મૂલ્ય  $\sigma = \frac{Q}{A}$  અહીં  $\sigma$ નું મૂલ્ય દરેક પ્લેટના પરિમાણની સરખામણીએ ઘણું નાનું રાખવામાં આવે છે. આમ કરવાથી પ્લેટના છેડા નજીકના વિસ્તારમાં વિદ્યુતક્ષેત્રની અનિયમિતતા અવગણી શકાય છે અને પ્લેટો વચ્ચેના સમગ્ર વિસ્તારમાં વિદ્યુતક્ષેત્ર  $E$  સમાન ગણી શકાય છે.



સમાંતર પ્લેટ કેપેસિટરની દરેક પ્લેટ પર ચાર્જ ઘનતા  $\sigma$  ની તીવ્રતા ધરાવે છે  $\sigma = Q/A$   
ગોસ નો નિયમ પરથી,  $E = Q/\epsilon_0 A$

$$\text{Also, } E = V/d$$

$$\text{Thus } V/d = Q/\epsilon_0 A$$

$$Q/V = \epsilon_0 A/d$$

$$C = Q/V = \epsilon_0 A/d$$

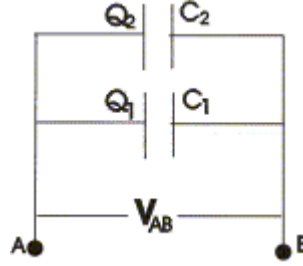
સમાંતર પ્લેટ નો કેપેસિટન્સ નીચેની બાબત પર ધ્યાન રાખે છે

૧) પ્લેટ ના ક્ષેત્રફળ પર

૨) બંને પ્લેટ વચ્ચેના માધ્યમ

૯. કેપેસિટન્સના સમાંતર સંયોજન માટે સમીકરણ મેળવો.

નીચેની આકૃતિ બે બિંદુઓ A અને B વચ્ચે સમાંતર રીતે જોડાયેલા બે કેપેસિટર બતાવે છે



કેપેસિટર્સની જમણી બાજુની પ્લેટ સમાન સામાન્ય સંભવિત  $V_A$  પર હશે. એ જ રીતે

કેપેસિટર્સની ડાબી બાજુની પ્લેટો પણ સમાન સામાન્ય સંભવિત  $V_B$  પર હશે.

આમ આ કિસ્સામાં સંભવિત તફાવત  $V_{AB} = V_A - V_B$  બંને કેપેસિટર માટે સમાન હશે, અને બંને કેપેસિટર પર  $Q_1$  અને  $Q_2$  ચાર્જ સમાન હોય તે જરૂરી નથી. તેથી,

$$Q_1 = C_1 V \text{ and } Q_2 = C_2 V$$

આ રીતે સંગ્રહિત ચાર્જ બંને કેપેસિટર વચ્ચે તેમની ક્ષમતાના સીધા પ્રમાણમાં વિભાજિત થાય છે.

બંને કેપેસિટર પર કુલ ચાર્જ છે,

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$= V(C_1 + C_2)$$

and

$$Q/V = C_1 + C_2$$

તેથી સિસ્ટમ કેપેસિટન્સના એક કેપેસિટરની સમકક્ષ છે

$$C=Q/V$$

કયાં,

જ્યારે કેપેસિટર્સ સમાંતર રીતે જોડાયેલા હોય ત્યારે તેમની પરિણામી કેપેસિટેન્સ  $C$  એ તેમની વ્યક્તિગત કેપેસિટેન્સનો સરવાળો હોય છે.

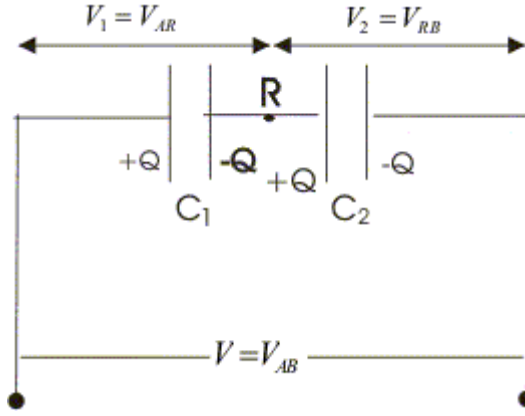
સિસ્ટમની સમકક્ષ કેપેસિટન્સનું મૂલ્ય સર્વશ્રેષ્ઠ વ્યક્તિગત કરતા વધારે છે.

જો સમાંતર રીતે જોડાયેલા કેપેસિટરની સંખ્યા હોય તો તેમની સમકક્ષ કેપેસિટેન્સ હશે

$$C=C_1+C_2+ C_3$$

#### 10. કેપેસિટેન્સના શ્રેણી સંયોજન માટે સમીકરણ મેળવો.

નીચેની આકૃતિ એ પોઈન્ટ A અને B વચ્ચે શ્રેણીના સંયોજનમાં જોડાયેલા બે કેપેસિટર બતાવે છે.



બંને બિંદુઓ A અને B સતત સંભવિત તફાવત પર જાળવવામાં આવે છે  $V_{AB}$ .

કેપેસિટરના શ્રેણીબદ્ધ સંયોજનમાં પ્રથમ કેપેસિટરની જમણી બાજુની પ્લેટ આગામી કેપેસિટરની ડાબા હાથની પ્લેટ સાથે જોડાયેલી હોય છે અને સંયોજન કોઈપણ સંખ્યામાં કેપેસિટરના દુશ્મન સાથે વિસ્તૃત થઈ શકે છે.

કેપેસિટરના શ્રેણીબદ્ધ સંયોજનમાં તમામ કેપેસિટરનો ચાર્જ સમાન હશે.

હવે વ્યક્તિગત કેપેસિટરમાં સંભવિત તફાવત દ્વારા આપવામાં આવે છે

$$V_{AR}=Q/C_1$$

and,

$$V_{RB}=Q/C_2$$

$$V=V_{AB}=V_{AR}+V_{RB}$$

$$=Q (1/C_1 + 1/C_2)$$

or,

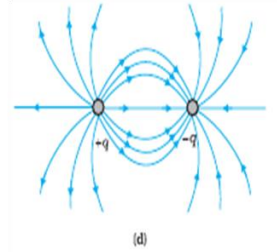
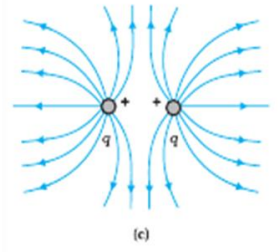
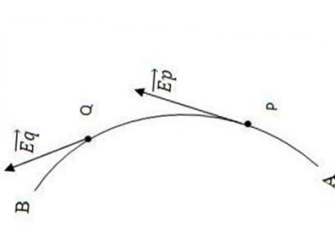
$$\frac{V}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{Q}{C}$$

where

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

i.e., શ્રેણી સંયોજન  $C=Q/V$  નું પરિણામી કેપેસિટન્સ, શ્રેણીમાં જોડાયેલા બે કેપેસિટરમાં કુલ સંભવિત તફાવત અને ચાર્જનો ગુણોત્તર છે.

### 11. ઇલેક્ટ્રિક ફિલ્ડ લાઇન્સની લાક્ષણિકતાઓ લખો.



- ૧) વિદ્યુત ક્ષેત્રની રેખાઓ હકારાત્મક શુલ્કથી શરૂ થાય છે અને નકારાત્મક શુલ્ક પર સમાપ્ત થાય છે.
- ૨) વિદ્યુત ક્ષેત્ર રેખાઓ પર કોઈપણ બિંદુઓ પર દોરવામાં આવેલ સ્પર્શક - તે બિંદુ પર વિદ્યુતક્ષેત્રની દિશા દર્શાવે છે.
- ૩) બે ક્ષેત્ર રેખાઓ ક્યારેય એકબીજાને ક્રોસ કરતી નથી.
- ૪) જો બે રેખાઓ એક બિંદુ પર છેદે છે, તો તે બિંદુ પર બે સ્પર્શક દોરી શકાય છે જે તે બિંદુ પર ઇલેક્ટ્રિક ક્ષેત્રની બે દિશાઓ દર્શાવે છે જે શક્ય નથી.
- ૫) સ્થિર ઇલેક્ટ્રિક ચાર્જ વિતરણની ઇલેક્ટ્રિક ક્ષેત્ર રેખાઓ બંધ લૂપ્સ બનાવતી નથી.

### 12. કેપેસિટર 4 $\mu\text{F}$ ની બંને પ્લેટ પર સંગ્રહિત ચાર્જનો જથ્થો જ્યારે 12 V ની બેટરીમાં જોડાયેલ હોય, પછી ચાર્જ શોધો.

$$C = 4 \mu\text{F}$$

$$V = 12 \text{ V}$$

$$Q = ?$$

$$C = Q/V$$

$$Q = C.V$$

$$= 4 \times 10^{-6} \times 12$$

$$= 48 \times 10^{-6} \text{ C}$$

### 13. એક કેપેસિટર 30 cm x 50 cm ની બે વાહક ધાતુની પ્લેટોમાંથી બનાવવામાં આવે છે જે એકબીજાથી 6 mm અંતરે હોય છે અને સૂકી હવાનો તેના એકમાત્ર ડાઇલેક્ટ્રિક સામગ્રી તરીકે ઉપયોગ કરે છે. કેપેસિટરની કેપેસિટન્સની ગણતરી કરો ( $\epsilon = 8.75 \times 10^{-12}$ ).

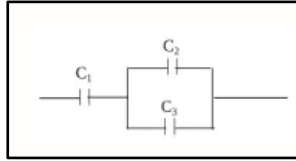
$$A = 30 \times 50 = 1500 \text{ cm}^2 = 0.15 \text{ m}^2$$

$$d = 6 \text{ mm} = 0.6 \text{ cm} = 0.006 \text{ m}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

$$C = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} = 8.85 \times 10^{-12} \times \frac{0.15}{0.006} = 221.25 \times 10^{-12} \text{ F} = 221.25 \text{ pF}$$

14. ત્રણ કેપેસિટર  $C_1=2\mu\text{F}$ ,  $C_2=4\mu\text{F}$ ,  $C_3=4\mu\text{F}$  શ્રેણીમાં અને સમાંતરમાં જોડાયેલા છે. એકલ કેપેસિટરની કેપેસિટેન્સ નક્કી કરો કે જે સંયોજનની સમાન અસર કરશે.



$$C_1 = 2\mu\text{F}$$

$$C_2 = 4\mu\text{F}$$

$$C_3 = 4\mu\text{F}$$

$C_2$  and  $C_3$  capacitors are connected in parallel

$$C_p = C_2 + C_3$$

$$= 4 + 4$$

$$C_p = 8\mu\text{F}$$

$C_p$  and  $C_1$  capacitors are connected in series

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_1} = \frac{1}{8} + \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{3}{8}$$

$$C = 2.6\mu\text{F}$$