12TH
CHAPTER NOTES

(हस्तलिखित)

विषय - भौतिक विज्ञान

अध्याय - 1

विद्युत स्थैतिकी तथा क्षेत्र

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

अध्याय-1

विद्युत आवेश तथा कूलंब के नियम

- घर्षण या स्थैतिक विद्युत (Frictional or statical Electricity)

प्रकृति में बहुत-से ऐसे पदार्थ होते हैं; जैसे काँच, गंधक, अंबर, खाल, आदि जिन्हें आपस में रगड़ने पर दो प्रकार के विपरीत प्रकृति के विद्युत-आवेश उत्पन्न होते हैं।

उनमें से एक को धन आवेश तथा दूसरे को ऋण आवेश कहा जाता है।

- आवेश की ध्रुवता :- Polarity of charge

वह गुण जो दो प्रकार के आवेशों में भेद करता है, आवेश की ध्रुवता कहलाता है।

- इसमें सजातीय आवेशों के बीच प्रतिकर्षण तथा विजातीय या विपरीत आवेशों के बीच आकर्षण होता है।

- घर्षण-विद्युत :- विद्युत आवेशों की उत्पत्ति घर्षण के कारण होती है, अतः इन्हें घर्षण-विद्युत कहा जाता है।

- जिस वस्तु पर यह विद्युत उत्पन्न होती है, उस पर स्थिर रहती है, इसीलिए इसे स्थिर विद्युत या स्थैतिक विद्युत (statical electricity) भी कहा जाता है।

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

- **आवेश और उसका क्वांटमीकरण (Charge and its quantization):-**

  - इलेक्ट्रॉन का विद्युत आवेश -1.6×10^{-19} कूलॉम होता है।
  - इलेक्ट्रॉन तथा प्रोटॉन के आवेश परिणाम में बराबर, परंतु प्रकृति में विपरीत होते हैं अत:

    प्रोटॉन का आवेश, $e = +1.6 \times 10^{-19}\ C$ होता है।
  - प्रत्येक परमाणु में प्रोटॉन तथा इलेक्ट्रॉन की संख्या बराबर रहती है।
  - किसी वस्तु पर आवेश Q (घर्षण द्वारा उत्पन्न या किसी अन्य विधि द्वारा उत्पन्न) को समीकरण

$$\boxed{Q = \pm ne}$$

द्वारा व्यक्त किया जा सकता है।

किसी भी भौतिक राशि के इस प्रकार असतत पैकेटों में होने की प्रक्रिया को **क्वांटमीकरण** (quantization) कहा जाता है।

अत: आवेश का मान e का पूर्णांक गुणज ही हो सकता है जैसे:- $\pm e, \pm 2e, ---$

परंतु $0.75e$, $1.5e$ आदि नहीं हो सकता।

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

• आवेश का संरक्षण तथा इसके मूल गुण (Conservation of charge and its basic properties) :-

किसी विलगित निकाय (isolated system) के भीतर का कुल आवेश स्थिर रहता है इसे **आवेश का संरक्षण सिद्धांत** कहा जाता है।

अतः, साधारणतया न तो आवेश की सृष्टि की जा सकती है और न ही इसे नष्ट किया जा सकता है।

उदाहरण :- जब काँच की छड़ को रेशम से रगड़ा जाता है, तो जितना धन आवेश काँच की छड़ पर उत्पन्न होता है उतना ही ऋण आवेश रेशम पर उत्पन्न होता है।

• आवेश के संरक्षण सिद्धांत का कोई अपवाद नहीं है, यह एक सार्वत्रिक नियम (Universal Law) है।

• इस प्रकार आवेश के मूल गुण निम्नलिखित हैं :-

(a) आवेश योगात्मक होते हैं।

(b) आवेश संरक्षित होते हैं।

(i) युग्म उत्पादन में गामा किरण का इलेक्ट्रॉन एवं पोजिट्रॉन में उत्पादन

(ii) रेडियोऐक्टिविटी में बीटा क्षय की उत्पत्ति के क्रम में कोई न्यूट्रॉन एक प्रोटॉन तथा एक इलेक्ट्रान में रूपांतरित हो जाता है इन दोनों प्रक्रमों में समान परिमाण तथा विपरीत प्रकृति के आवेश उत्पन्न होते हैं, फलतः प्रक्रिया के पूर्व तथा बाद में कुल आवेश (गामा किरण तथा न्यूट्रॉन पर)

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

शून्य रहता है।

(c) आवेश का क्वांटमीकरण होता है।

• चालक तथा विद्युतरोधी :-

• चालक (conductors) :-

वैसे पदार्थ जिनसे होकर आवेश का प्रवाह सुगमता से होता है उन्हें चालक (conductors) कहा जाता है।

इनमें मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या अधिक होती है।

जैसे :- लोहा, जल, आदि।

• विद्युतरोधी (Insulators) :-

वैसे पदार्थ जिनसे होकर विद्युत-आवेश का प्रवाह सुगमता से नहीं होता है, उन्हें विद्युतरोधी कहा जाता है।

जैसे :- काँच, लकड़ी, आदि।

• विद्युत-बल के लिए कूलॉम के नियम :-

(Coulomb's Law for electric forces)

सर्वप्रथम फ्रांसीसी वैज्ञानिक सी॰ ए॰ कूलॉम ने दो आवेशों के बीच लगने वाले बल का मान प्रयोग द्वारा ज्ञात किया और निम्नलिखित नियमों का प्रतिपादन किया, जो उन्हीं के नाम पर कूलॉम के नियम (Coulomb's Law) कहे जाते हैं।

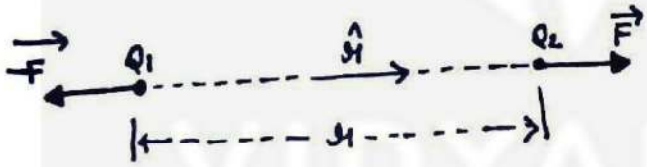
TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

(a) दो आवेशों के बीच की दूरी यदि स्थिर हो तो उनके बीच आकर्षण या प्रतिकर्षण का बल आवेशों के परिमाणों के गुणनफल का समानुपाती होता है।

(b) दो आवेशों के परिमाण यदि स्थिर हों तो उनके बीच आकर्षण या प्रतिकर्षण का बल उनके बीच की दूरी के वर्ग का व्युत्क्रमानुपाती होता है। इस नियम को **व्युत्क्रम वर्ग नियम** कहा जाता है।

यदि Q_1 तथा Q_2 दो बिंदु आवेश एक-दूसरे से r दूरी पर स्थित हों, तो कूलॉम के नियमानुसार उनके बीच लगनेवाला बल

$$F \propto Q_1 Q_2 \quad \text{तथा} \quad F \propto \frac{1}{r^2}$$



$$F \propto \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad \text{या} \quad F = k\frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad \rightarrow (i)$$

जहाँ k एक धनात्मक (positive) नियतांक है

$$k = \frac{F r^2}{Q_1 Q_2}$$

अतः, k का SI मात्रक $\frac{Nm^2}{C^2} = Nm^2C^{-2}$ होता है।

• जब दोनों आवेश निर्वात में स्थित हो, तो

$$k = 9 \times 10^9\ Nm^2C^{-2} \text{ (लगभग)}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

- **एकांक आवेश (Unit Charge):-**

यदि $Q_1 = Q_2 = 1C$ और $r = 1m$ हो, तो

$$F = \frac{(9\times10^9\ Nm^2C^{-2})(1\times1)C^2}{(1m)^2} \Rightarrow 9\times10^9 N$$

अतः SI मात्रक में एकांक आवेश वह आवेश है जो अपने बराबर परिमाण के सजातीय आवेश से निर्वात में 1m की दूरी पर रखने पर 9×10^9 N के बल से प्रतिकर्षित होता है।

आवेश का S.I. मात्रक **कूलंब (C)** है।

कूलॉम एक बहुत बड़ा मात्रक है अतः प्रायः **माइक्रोकूलॉम** तथा **नैनोकूलॉम** मात्रकों का व्यवहार किया जाता है और संकेत में इन्हें क्रमशः μC तथा nC लिखा जाता है।

$$1\mu C = 10^{-6}C$$
$$1nC = 10^{-9}C$$

- **कूलॉम के नियम का महत्व:-**

कूलॉम के नियम की सहायता से उन बलों को समझा जा सकता है जो :-

(a) किसी परमाणु के नाभिक (nucleus) एवं इलेक्ट्रॉनों के बीच कार्य करते हैं।

(b) परमाणुओं को आपस में बाँधकर अणु बनाते हैं तथा

(c) परमाणुओं अथवा अणुओं को आपस में बाँधकर ठोस अथवा द्रव बनाते हैं।

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

- **एकांक आवेश (Unit Charge):-**

यदि $Q_1 = Q_2 = 1C$ और $r = 1m$ हो, तो

$$F = \frac{(9\times10^9\ Nm^2C^{-2})(1\times1)C^2}{(1m)^2} \Rightarrow 9\times10^9\ N$$

अतः SI मात्रक में एकांक आवेश वह आवेश है जो अपने बराबर परिमाण के सजातीय आवेश से निर्वात में 1m की दूरी पर रखने पर 9×10^9 N के बल से प्रतिकर्षित होता है।

आवेश का S.I. मात्रक **कूलंब (C)** है।

कूलॉम एक बहुत बड़ा मात्रक है अतः प्रायः **माइक्रोकूलॉम** तथा **नैनोकूलॉम** मात्रकों का व्यवहार किया जाता है और संकेत में इन्हें क्रमशः μC तथा nC लिखा जाता है।

$$1\mu C = 10^{-6}C$$
$$1nC = 10^{-9}C$$

- **कूलॉम के नियम का महत्व:-**

कूलॉम के नियम की सहायता से उन बलों को समझा जा सकता है जो :-

(a) किसी परमाणु के नाभिक (nucleus) एवं इलेक्ट्रॉनों के बीच कार्य करते हैं।

(b) परमाणुओं को आपस में बाँधकर अणु बनाते हैं तथा

(c) परमाणुओं अथवा अणुओं को आपस में बाँधकर ठोस अथवा द्रव बनाते हैं।

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

- दो आवेशित कणों के बीच लगनेवाले विद्युत-बल की तुलना गुरुत्वाकर्षण-बल से की जा सकती है।

किसी दूरी पर स्थित एक इलेक्ट्रॉन तथा एक प्रोटॉन के बीच का स्थिर विद्युत-बल गुरुत्वाकर्षण-बल की तुलना में 10^{39} गुना होता है।

मान लिया,

एक प्रोटॉन $(m_p, +e)$

एक इलेक्ट्रॉन $(m_e, -e)$

एक दूसरे से 'r' दूरी पर स्थित है इनके बीच लगनेवाला विद्युत आकर्षण बल

$$F_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{+e\,x\,-e}{r^2} \longrightarrow (i)$$

इनके बीच लगनेवाला गुरुत्वाकर्षण बल

$$F_g = -G\frac{m_p m_e}{r^2} \longrightarrow (ii)$$

समीकरण (i) में (ii) से भाग देने पर

$$\frac{F_e}{F_g} = \left(-\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2}\right) \Big/ \left(-G\frac{m_p m_e}{r^2}\right) \Rightarrow \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{1}{G} \times \frac{e^2}{m_p m_e}$$

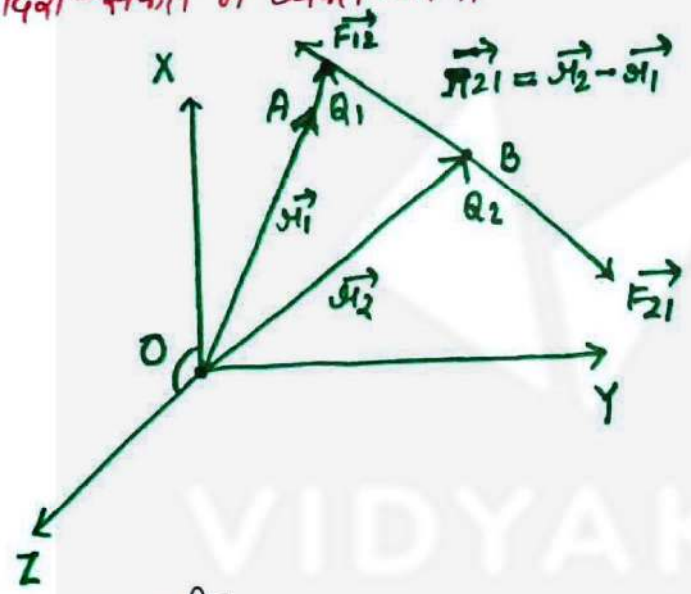
$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{9\times10^9\ N m^2 C^{-2}}{6.67\times10^{-11}\ N m^2 kg^{-2}} \cdot \frac{(1.6\times10^{-19}C)^2}{(1.67\times10^{-27}kg)\times(9.11\times10^{-31}kg)}$$

$$\frac{F_e}{F_g} = 2.3\times10^{39}$$

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

इसी प्रकार हम देख सकते हैं कि दो प्रोटॉनों के बीच वैद्युत बल, उनके बीच लगने वाले गुरुत्वाकर्षण बल की तुलना में लगभग 10^{36} गुना होता है तथा दो इलैक्ट्रॉनों के बीच वैद्युत बल, उनके बीच लगनेवाले गुरुत्वाकर्षण बल का लगभग 10^{42} गुना होता है।

- **आकाश में स्थित दो आवेशों के बीच क्रियाशील कूलॉम-बल को सदिश-संकेत में व्यक्त करना**



मान लिया कि नियामक अक्षों के मूलबिंदु O के सापेक्ष आकाश (space) में स्थित दो आवेश Q_1 तथा Q_2 के स्थिति सदिश क्रमशः $\vec{r}_1$ तथा $\vec{r}_2$ हैं

जहाँ, $\overrightarrow{OA} = \vec{r}_1$ और $\overrightarrow{OB} = \vec{r}_2$

सदिश त्रिभुज OAB में, Q_1 से Q_2 को मिलानेवाला सदिश $\overrightarrow{AB} = \vec{r}_{21} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$ अब Q_2 पर Q_1 के कारण आरोपित बल को $\vec{F}_{21}$ से तथा Q_1 पर Q_2 के कारण आरोपित बल को $\vec{F}_{12}$ से व्यक्त करें।

अब कूलॉम के नियम से

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12} \quad \longrightarrow i)$$

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

जहाँ $\hat{r}_{12}$ = Q_2 से Q_1 की ओर एकांक सदिश।

इसी प्रकार,

$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1 Q_2}{r_{21}^2}\hat{r}_{21} \longrightarrow (ii)$$

द्रष्टव्य :- (1.) Q_1 से Q_2 की ओर जाते सदिश $\vec{AB}$ को $\vec{r}_{21}$ से व्यक्त किया गया है।

(2.) $\vec{r}_{21} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$, $\vec{r}_{12} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2 = -\vec{r}_{21}$

(3.) $|\vec{r}_{21}| = |\vec{r}_{12}|$

(4.) समीकरण (i) तथा (ii),
Q_1 तथा Q_2 के किसी भी चिन्ह (धनात्मक अथवा ऋणात्मक) के लिए मान्य है।

- **अध्यारोपण का सिद्धांत (Principle Of Superposition) :-**

यदि किसी आवेश Q के निकट $q_1, q_2, q_3, ---$ आवेश स्थित हो तो, Q पर इन आवेशों के कारण वैद्युत बल क्रमशः $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ ------ कूलॉम के नियमानुसार परिणाम एवं दिशा में विभिन्न सदिशो द्वारा व्यक्त किए जा सकते हैं।

इन सभी बलो का सदिश योगफल (vector Sum) आवेश Q पर क्रियाशील परिणामी बल $\vec{F}$ को परिणाम एवं दिशा में व्यक्त करता है स्पष्टतः

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + ---$$

परिणामी बल ज्ञात करने की इसी सिद्धांत को अध्यारोपण का सिद्धांत कहा जाता है।

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

- अनेक बिंदु-आवेशों के कारण किसी एक बिंदु-आवेश पर वैद्युत बल :-

मान लिया कि,

किसी नियामक अक्षों के मूलबिन्दु (O) के सापेक्ष $Q_1, Q_2, Q_3 \cdots$ आवेशों के स्थित सदिश क्रमशः $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3, \cdots$ हैं।

अब, आवेश Q_1 पर $Q_2, Q_3 \cdots$ के कारण अलग-अलग बल ज्ञात करते हैं।

आवेश Q_2 के कारण Q_1 आवेश पर बल,

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}$$

यहाँ, r_{12} = Q_1 तथा Q_2 के बीच दूरी, तथा

$\hat{r}_{12}$ = 2 से 1 की ओर एकांक सदिश

इसी क्रम में Q_1 पर Q_3 द्वारा आरोपित बल

$$\vec{F}_{13} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q_1 Q_3}{r_{13}^2} \hat{r}_{13}$$

यहाँ, r_{13} = Q_1 एवं Q_3 के बीच दूरी, तथा

$\hat{r}_{13}$ = 3 से 1 की ओर एकांक सदिश

अतः अध्यारोपण के सिद्धान्त से Q_1 आवेश पर नेट बल

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14} + \cdots$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} Q_1 \left[\frac{Q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12} + \frac{Q_3}{r_{13}^2} \hat{r}_{13} + \cdots \right]$$

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

$$\vec{F_1} = \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0} \sum_{i=2}^{n} \frac{Q_i}{a_{1i}^2} \hat{a}_{1i}$$

- आवेश का असंतत एवं निरंतर वितरण :-

असंतत वितरण :-

किसी स्थान पर जब अनेक विंदु-आवेश विभिन्न बिंदुओं पर स्थित होते है तब आवेश के ऐसे वितरण को असंतत वितरण कहा जाता है।

संतत वितरण :

किसी सुचालक तार को या सुचालक सतह को आवेश देने पर वह तार या चालक के पृष्ठ के सूक्ष्मतम भाग में भी वितरित हो जाता है तथा दो क्रमवर्ती आवेश एक-दूसरे के इतने निकट होते हैं कि उनके बीच की दूरी नगण्य होती है आवेश के ऐसे वितरण को संतत वितरण कहा जाता है।

- आवेश के संतत वितरण के कारण किसी विशिष्ट आवेश पर परिणामी वैद्युत बल ज्ञात करने के लिए समाकलन विधि प्रयुक्त होती है इस विधि में आवेश-वितरण के तीन प्रकार के घनत्व लिए जाते हैं

(a) आवेश का रैखिक घनत्व :-

यह प्रति एकांक लंबाई में आवेश का परिमाण है इसे संकेत 'λ' से व्यक्त किया जाता है जहाँ $\lambda = \frac{\Delta Q}{\Delta l}$ इसका SI मात्रक cm^{-1} है।

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

(b) आवेश का पृष्ठ घनत्व :-

यह प्रति स्कांक क्षेत्रफल में आवेश का परिमाण है इसे संकेत σ से व्यक्त किया जाता है, जहाँ

$$\sigma = \frac{\Delta Q}{\Delta A}$$ तथा इसका SI मात्रक Cm^{-2} है।

(c) आवेश का आयतन घनत्व :-

यह प्रति स्कांक आयतन में आवेश का परिणाम है इसे संकेत ρ से व्यक्त किया जाता है, यहाँ

$$\rho = \frac{\Delta Q}{\Delta V}$$ तथा इसका SI मात्रक Cm^{-3} है।

VIDYAKUL

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

गॉस का प्रमेय तथा उसके अनुप्रयोग

विद्युत - क्षेत्र तथा उसकी तीव्रता

किसी आवेश अथवा आवेशों की शृंखला के चारों ओर के उस क्षेत्र को, जहाँ कोई अन्य विद्युत - आवेश आकर्षण अथवा प्रतिकर्षण के बल का अनुभव करता है, विद्युत क्षेत्र कहा जाता है।

• यदि क्षेत्र के किसी बिन्दु पर परीक्षण आवेश q, $\vec{F}$ बल का अनुभव करें तो उस बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता $\vec{E}$

$$\boxed{\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}}$$

• विद्युत - क्षेत्र के किसी बिन्दु पर क्षेत्र की तीव्रता उस बिन्दु पर प्रति एकांक परीक्षण आवेश पर लगनेवाला बल है।

विद्युत क्षेत्र की तीव्रता एक सदिश राशि है। इसका SI मात्रक न्यूटन कूलॉम $^{-1}(NC^{-1})$ होता है।

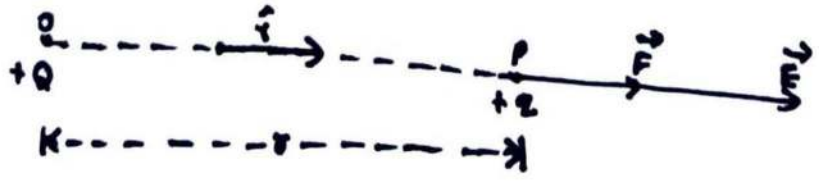
बिन्दु आवेश Q से r दूरी पर तीव्रता -

बिन्दु O पर रखे बिन्दु आवेश Q से r दूरी पर स्थित किसी बिन्दु P पर तीव्रता ज्ञात करने के लिए उस बिन्दु पर परीक्षण आवेश q की कल्पना करते हैं।

q आवेश पर लगनेवाला बल

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Qq}{r^2}\hat{r}$$

जहाँ $\vec{r}$ की दिशा में एकांक सदिश $\hat{r}$ है



TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

विद्युत क्षेत्र की तीव्रता का परिमाण

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}$$

विद्युत- क्षेत्र रेखाएँ

विद्युत क्षेत्र में यदि कोई धन आवेश चलने के लिए स्वतन्त्र हो तो जिस पथ से होकर वह चल सकता है उसी पथ को विद्युत क्षेत्र रेखा कहते हैं।

विद्युत क्षेत्र रेखाओं के गुण

(a) विद्युत क्षेत्र रेखाएँ धन आवेश से उत्पन्न होती हैं और ऋण आवेश पर समाप्त होती हैं।

(b) विद्युत क्षेत्र रेखा के किसी बिन्दु पर खींची गई स्पर्शरेखा उस बिन्दु पर विद्युत- क्षेत्र की दिशा बताती है।

(c) किसी स्थान पर क्षेत्र - रेखाओं का दूर- दूर होना विद्युत - क्षेत्र का क्षीण होना प्रदर्शित करता है तथा क्षेत्र- रेखाओं का पास-पास होना, विद्युत - क्षेत्र का प्रबल होना प्रदर्शित करता है।

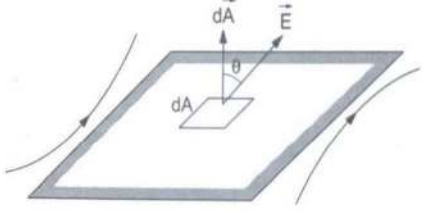
(d) आवेशित चालक से निकलनेवाली क्षेत्र -रेखाएँ, चालक के तल के लम्बवत होती हैं।

(e) विद्युत क्षेत्र रेखाएँ बंद लूप नहीं बनाती। यह विद्युत क्षेत्र की संरक्षणात्मक प्रकृति के अनुकूल है।

विद्युत फ्लक्स

यदि क्षेत्रफल अल्पांश dA पर विद्युत क्षेत्र $\vec{E}$ है तो विद्युत फ्लक्स के अल्पांश $d\psi$ को सदिश $\vec{E}$ तथा $d\vec{A}$ के आदिश गुणनफल के रूप में परिभाषित करते हैं

$$d\psi = \vec{E}\cdot d\vec{A} = E\cos\theta\, dA$$



TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

जहाँ θ सदिश $\vec{E}$ तथा $d\vec{A}$ के बीच का कोण है।

एक निश्चित सतह से सम्बद्ध कुल विद्युत फ्लक्स

$$\Psi = \oint_S \vec{E}.d\vec{A} = \int_S E\cos\theta\, dA$$

गॉस का प्रमेय

विद्युत - क्षेत्र में किसी बन्द तल से होकर गुजरनेवाला कुल विद्युत फ्लक्स तल के भीतर उपस्थित कुल विद्युत- आवेश का $\frac{1}{\epsilon_0}$ गुना होता है,

जहाँ ϵ_0 मुक्त आकाश की परावैद्युतता है।

$$\Psi = \oint_S \vec{E}.d\vec{A} = \frac{1}{\epsilon_0}\Sigma Q$$

Proof-

माना किसी बंद तल S के भीतर O बिन्दु पर +Q आवेश स्थित है और इस तल पर बहुत ही छोटे क्षेत्र dA के किसी बिन्दु P की O से दूरी r है।

अतः P बिन्दु पर +Q आवेश के कारण विद्युत क्षेत्र की तीव्रता $\vec{E}$ का परिमाण

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}$$

यदि क्षेत्र dA पर, P से बाहर की ओर खींचा गया अभिलम्ब PN, क्षेत्र $\vec{E}$ की दिशा OP के साथ θ कोण बनाता है, तो $\vec{E}$ का तल के अभिलम्बवत दिशा में घटक का परिमाण

$$= E\cos\theta$$
$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}\cos\theta$$

अतः क्षेत्र dA पर विद्युत फ्लक्स

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

$$d\varphi = E\cos\theta\, dA = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}\cos\theta\, dA$$

$$= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\frac{dA\cos\theta}{r^2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}d\omega$$

जहाँ क्षेत्र dA द्वारा O पर अंतरित ठोस कोण $d\omega = \frac{dA\cos\theta}{r^2}$ है।

अब पूरे घिरे हुए बंद क्षेत्र से गुजरने वाले विद्युत फ्लक्स का मान

$$\varphi = \int \frac{Q\, d\omega}{4\pi\epsilon_0} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\oint_S d\omega = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}4\pi$$

$$\varphi = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

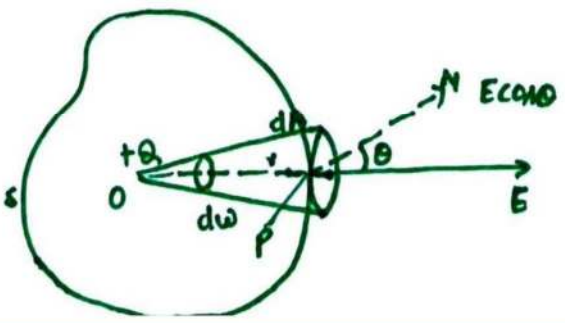
चूंकि $\oint_S d\omega$ भीतरी बिन्दु O पर घिरे हुए तल S द्वारा अंतरित कुल ठोस कोण है और कोई घिरा तल अपने भीतर स्थित किसी बिन्दु पर $4\pi Sr$ ठोस कोण बनाता है, तो

$$\oint_S d\omega = 4\pi$$

यदि बन्द तल के भीतर विभिन्न बिन्दुओं पर आवेश $+Q_1, +Q_2 - Q_3 + Q_4 - Q_5 --$ स्थित हो तो बन्द तल पर उसके भीतर स्थित सभी आवेशों के कारण कुल विद्युत फ्लक्स

$$\varphi = \frac{1}{\epsilon_0}(Q_1 + Q_2 - Q_3 + Q_4 - Q_5 \ldots)$$

$$\varphi = \frac{1}{\epsilon_0}\Sigma Q$$

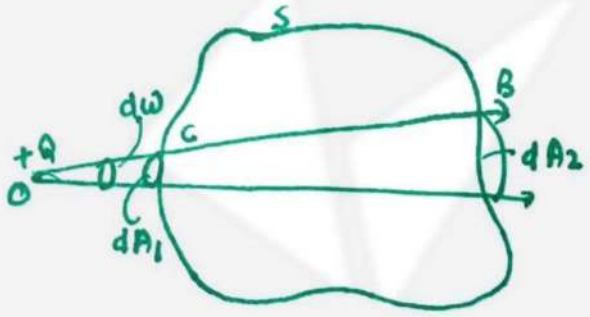


TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

यदि आवेश बन्द तल के बाहर स्थित हो-

यदि आवेश घिरे हुए तल के बाहर स्थित हों, तो तल से संबद्ध कुल विद्युत फलक्स शून्य होता है।

माना किसी घिरे तल S के बाहर O बिन्दु पर +Q आवेश स्थित है O को शीर्ष मानकर एक छोटे ठोस कोण $d\omega$ का एक शंकु खींचा जो तल S को C एवं B पर काटता है।



अतः, C के क्षेत्र dA_1 पर विद्युत फलक्स $= -\frac{Q d\omega}{4\pi\epsilon_0}$

तथा B पर के क्षेत्र dA_2 पर विद्युत

फलक्स $= \frac{+Q d\omega}{4\pi\epsilon_0}$

अतः घिरे हुए तल के दोनों dA_1 और dA_2 से संबद्ध कुल विद्युत फलक्स

$$\Psi = -\frac{Q d\omega}{4\pi\epsilon_0} + \frac{Q d\omega}{4\pi\epsilon_0} = 0$$

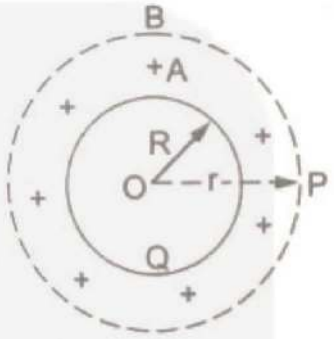
विद्युत-क्षेत्र में तीव्रता ज्ञात करने के लिए खींचा गया, बन्द तल गॉसीय तल कहा जाता है।

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

गॉस के प्रमेय का अनुप्रयोग

(1.) एकसमान रूप से आवेशित गोले के कारण बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता

a) जब बिन्दु गोले के बाहर स्थित है



माना त्रिज्या R के एक गोले A का केन्द्र O है और +Q आवेश समान रूप से इसके तल पर वितरित है।

गोले के केन्द्र O से r दूरी पर स्थित कोई बिन्दु P है जिस पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता E ज्ञात करनी है। r त्रिज्या का एक संकेंद्रित गोलीय सतह B खींचा। ऐसी सतह को गॉसीय सतह कहा जाता है।

चूँकि, समान रूप से आवेशित किसी गोले के बाह्य गोलीय सतह के प्रत्येक बिन्दु पर विद्युत तीव्रता E का मान समान होगा है इसकी दिशा गोलीय सतह के लम्बवत बाहर की ओर होती है तथा चूँकि गोलीय सतह B का क्षेत्रफल $4\pi r^2$ है अतः B की सतह पर कुल विद्युत फलक्स $= E \times 4\pi r^2$

परन्तु गॉस के प्रमेय से, गोलीय सतह B पर कुल विद्युत फलक्स: $\frac{1}{\epsilon_0} \times$ कुल आंतरिक आवेश

$$= \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$E 4\pi r^2 \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$\boxed{E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}}$$

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

सदिश रूप में

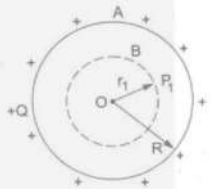
$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{r^2}\hat{r}$$

b) जब बिन्दु गोले की सतह पर स्थित है

यदि बिन्दु P गोले की सतह पर हो तो इस स्थिति में $OP = r = R$

अतः गोले की सतह पर स्थित किसी बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र का मान

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R^2}$$



c) जब बिन्दु गोले के अन्दर स्थित है।

माना गोले A के अन्दर उसके केन्द्र O से r_1 दूरी पर कोई बिन्दु P_1 स्थित है। जिस पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता E ज्ञात करनी है। गोले A की पृष्ठ पर +Q आवेश समान रूप से वितरित है।

r_1 त्रिज्या का एक संकेन्द्रीय गोलीय सतह बनाया जिस पर बिन्दु P_1 स्थित है।

समामिति के कारण इस आंतरिक गोले के प्रत्येक बिन्दु पर, विद्युत क्षेत्र E का परिमाण समान तथा इसकी दिशा गोलीय सतह के अभिलंबवत होगी। इस गोलीय सतह से गुजरनेवाला कुल विद्युत फ्लक्स

$$\varphi = E\,4\pi r_1^2$$

गाउस प्रमेय से, आंतरिक गोलीय सतह से होकर जानेवाला कुल विद्युत फ्लक्स $\varphi = 0$

$$4\pi r_1^2 = 0$$

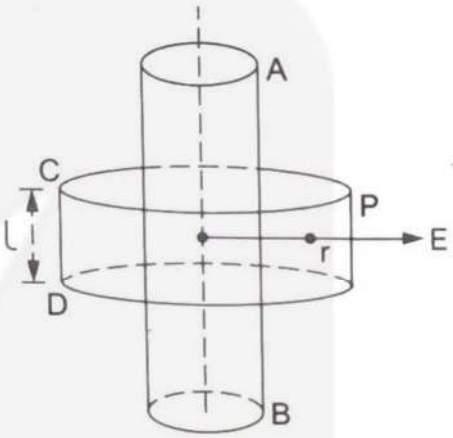
$$E = 0$$

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

अति लम्बे आवेशित बेलनाकार चालक के कारण विद्युत-क्षेत्र की तीव्रता

माना एक अति लम्बा तथा एकसमान रूप से आवेशित बेलनाकार चालक है जिसके प्रति एकांक लम्बाई पर आवेश λ है।

वक्रतल CD के ऊपर तथा नीचे की समतल सतहों से होकर गुजरनेवाला विद्युत फलक्स शून्य होगा।



चूंकि इस बेलन की वक्र सतह का क्षेत्रफल $2\pi r l$ है, अतः इसके सम्पूर्ण तल से होकर गुजरने वाला विद्युत फलक्स

$$\Psi = E A = E 2\pi r l$$

CD के भीतर कुल आवेश $= \lambda l$

गॉस के प्रमेय से बाह्य बेलनाकार सतह से होकर जानेवाला कुल विद्युत फलक्स

$$\Psi = \frac{\lambda l}{\epsilon_0}$$

$$E 2\pi r l = \frac{\lambda l}{\epsilon_0}$$

$$\boxed{E = \frac{1}{2\pi \epsilon_0} \frac{\lambda}{r}}$$

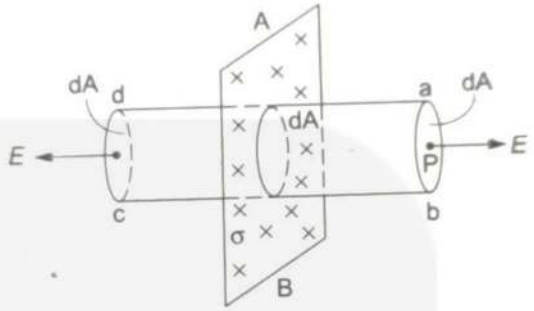
सदिश रूप में-

$$\boxed{\vec{E} = \frac{1}{2\pi \epsilon_0} \frac{\lambda}{r} \hat{r}}$$

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

आवेश की समतल चादर के समीप विद्युत क्षेत्र की तीव्रता

माना एक समतल चादर AB है।
जिस पर आवेश का पृष्ठ घनत्व σ है।
इस समतल चादर के समीप कोई बिंदु P है जहाँ विद्युत क्षेत्र की तीव्रता E ज्ञात करनी है।



ab और cd सिरों पर कुल विद्युत फ्लक्स

$= EdA + EdA = 2EdA$

बेलनाकार गाउसीय तल पर कुल
विद्युत फ्लक्स $= 2EdA$

गॉस प्रमेय से बेलनाकार तल पर कुल विद्युत फ्लक्स

$$\frac{\Sigma q}{\epsilon_0} = \frac{\sigma dA}{\epsilon_0}$$

$$2EdA = \frac{\sigma dA}{\epsilon_0} \text{ या } \boxed{E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}}$$

सदिश रूप में

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}\hat{n}$$

आवेशित समतल चालक के समीप विद्युत क्षेत्र तथा फलाम का प्रमेय

माना S एक समतल चालक है जिसके AB तल पर आवेश का पृष्ठ घनत्व σ है और इस तल के अति समीप कोई बिंदु P है, जहाँ पर आवेशित चालक के कारण विद्युत क्षेत्र की तीव्रता E का मान ज्ञात करना है।

सिरे ab से गुजरनेवाला विद्युत फ्लक्स

$= EdA$

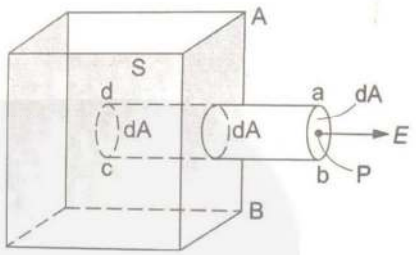
TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

यही बेलनाकार तल से गुजरने वाला फ्लक्स है।

चूंकि बेलनाकार तल के अन्दर चालक का क्षेत्रफल dA स्थित है।

अतः इस पर आवेश का परिमाण σdA होगा

अतः गॉस प्रमेय से बेलनाकार तल पर कुल विद्युत फ्लक्स



$$\frac{\Sigma q}{\epsilon_0} = \frac{\sigma dA}{\epsilon_0} \qquad \therefore E dA = \frac{\sigma dA}{\epsilon_0}$$

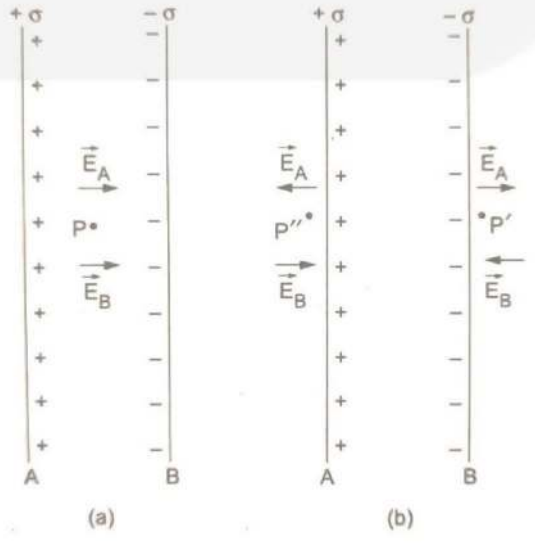
$$\boxed{E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}}$$

यही कूलॉम का प्रमेय है।

सदिश रूप में

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}\hat{n}$$

एकसमान आवेशित दो समान्तर अनंत समतल चादरों के कारण विद्युत क्षेत्र।



TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

माना A एवं B दो समांतर चादर हैं। जिन पर आवेश का पृष्ठ घनत्व क्रमशः $+\sigma$ तथा $-\sigma$ हैं।

(a) बिन्दु P पर चादर A के कारण विद्युत क्षेत्र

$$E_A = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

तथा चादर B के कारण विद्युत क्षेत्र

$$E_B = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

परिणामी विद्युत क्षेत्र

$$E = E_A + E_B = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$\boxed{E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}}$$

(b) बिन्दु P' पर चादर A के कारण विद्युत क्षेत्र

$$E_A = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \text{ (चादर A से दूर)}$$

चादर B के कारण विद्युत क्षेत्र

$$E_B = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \text{ (चादर B की ओर)}$$

परिणामी विद्युत क्षेत्र

$$E = E_A + E_B = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$E = 0$$

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

बिन्दु P पर चादर A के कारण विद्युत क्षेत्र

$$E_A = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

चादर B के कारण विद्युत क्षेत्र

$$E_B = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

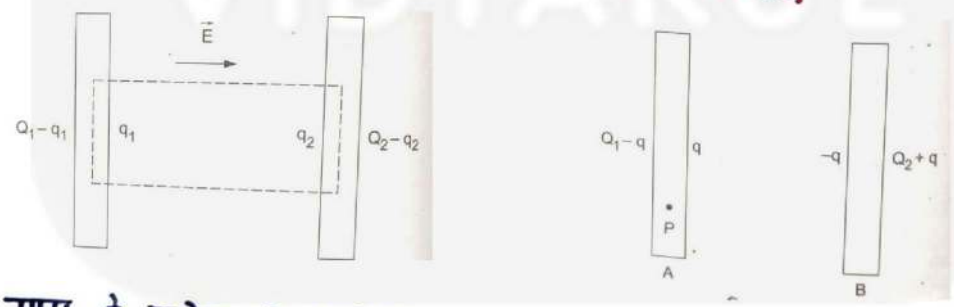
परिणामी विद्युत क्षेत्र

$$E = E_A + E_B$$

$$= \frac{\sigma}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$\boxed{E = 0}$$

एक जैसी दो समान्तर सुचालक प्लेटों को q_1 तथा q_2 आवेश देने पर उनकी बाहरी सतह पर आवेश के परिमाण



गास के प्रमेय से आवेशित समतल के कारण

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{Q}{2A\epsilon_0}$$

प्रत्येक पृष्ठ का क्षेत्रफल A हो तो बिन्दु P के लिए

$$\frac{1}{2A\epsilon_0}[(Q_1 - q) - q + q - (Q_2 + q)] = 0$$

$$q = \frac{(Q_1 - Q_2)}{2}$$

TO JOIN HUNKAR BATCH VIDYAKUL CALL 9818434684

$$Q_1 - q = Q_1 - \frac{(Q_1 - Q_2)}{2} = \frac{(Q_1 + Q_2)}{2}$$

$$Q_2 + q = Q_2 + \frac{(Q_1 - Q_2)}{2}$$

$$= \frac{(Q_1 + Q_2)}{2}$$

VIDYAKUL

12TH

CHAPTER NOTES

(HANDWRITTEN)

SUBJECT-PHYSICS

CHAPTER - 1

ELECTRIC CHARGES AND FIELDS

Chapter - 1 Electric charges and fields

Charge:- It is the property of body by virtue of which it shows both electric and magnetic behaviour. It is represented by Q or q. charge is a scalar quanity.

SPECIFIC PROPERTIES OF CHARGE:-

(1) Charges are of two types, positive and negative.

(2) Like charges repel and unlike charges attract each other.

(3) charge is always associated with mass.

(4) The charge of an isolated system remains constant That means charge can neither be created nor destroyed.

(5) Total charge of a body is equal to the integral multiple of fundamental charge i.e.

$$Q = \pm ne$$

(n = an integer 1, 2, 3 - - -)

minimum possible charge = $\pm e = \pm 1.6 \times 10^{-19}$ C

Method of Charging :-

There are three methods of charging

1. Friction
2. Electrostatic Induction
3. Conduction

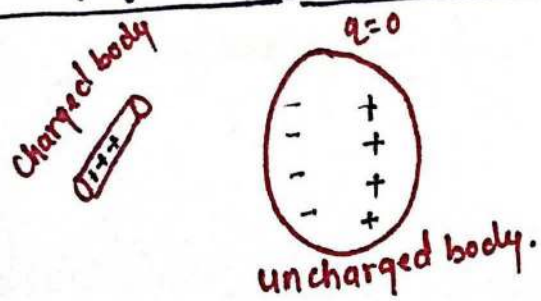
Friction :- If we rub one body with another body, then transfer of charge (electrons) takes place from one body to the another body. The transfer of electrons takes place from lower work function body to the higher work function body.

Clouds becomes charged by friction.

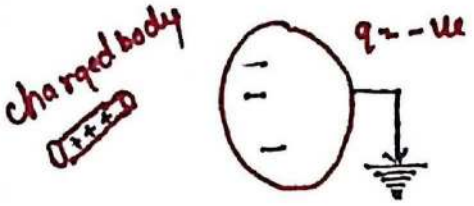
Electrostatic Induction (without direct contact bet^n 2 bodies)

The phenomena of temporary electrification of a conductor in which opposite charges appear at its closer end and similar charges appear at its farthest end in the presence of a nearby charged body is called electrostatic induction.

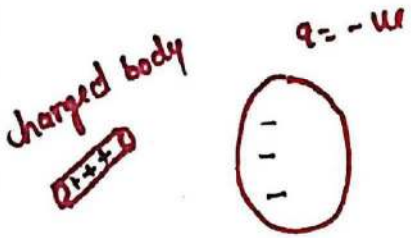
Charging a body by induction in four successive way :-



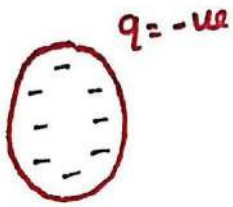
Step: 1 :- Charged body is brought near an un-charged body.



Step:2:- Uncharged body is connected to earth.



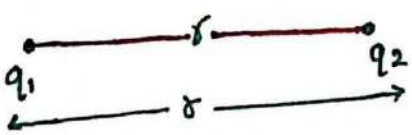
Step:3:- Uncharged body is disconnected from earth.



Step:4:- Charging body is removed.

Conduction:- The prouss of transfer of charge by direct contact between 2 bodies is called conduction.

Coulomb's laws:- The force of attraction or repulsion between any two point charges at rest is directly proportional to product of magnitude of charges and inversely proportional to square of distance between them and acts along the line joining 2 charges.



$F \propto q_1 q_2$

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

Here K = proportionality constant

$$F = \frac{K q_1 q_2}{r^2}$$

K depends on two factors:-

(i) nature of medium between the two charges

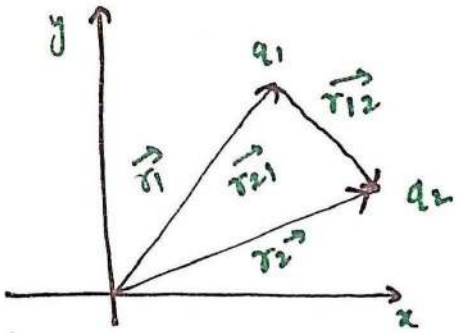
(ii) System of unit chosen.

$$K = 9 \times 10^9 \ N m^2/C^2$$

In SI unit $K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9 \ Nm^2/C^2$

$\varepsilon_0 \rightarrow$ permitiwity of free space

Coulomb's law in Vector Form:-



Force on q_1 due to q_2

$$\vec{F}_{12} = \frac{Kq_1q_2}{r_{21}^2}\hat{r}_{21}$$

$$= \frac{Kq_1q_2}{r_{21}^2}\frac{\vec{r}_{21}}{r_{21}}$$

$$= \frac{Kq_1q_2}{r_{21}^3}\vec{r}_{21}$$

$$= \frac{Kq_1q_2}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|^3}(\vec{r}_1 - \vec{r}_2)$$

Force on q_2 due to q_1

$$\vec{F}_{21} = \frac{Kq_1q_2}{r_{12}^2}\hat{r}_{12}$$

$$= \frac{Kq_1q_2}{r_{12}^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}}$$

$$= \frac{Kq_1q_2}{r_{12}^3} \vec{r}_{12}$$

$$= \frac{Kq_1q_2}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} (\vec{r}_2 - \vec{r}_1)$$

$$= \frac{-Kq_1q_2}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|^3} (\vec{r}_1 - \vec{r}_2)$$

$$\boxed{\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}}$$

This means that the two charges exert equal and opposite force on each other. So they obey's Newton's third law of motion.

CHARACTERISTICS OF COULOMB'S FORCE:-

1. Applicable or valid only for point charges which are at rest.
2. obey's inverse square law.
3. It is a long's range force.
4. Coulomb's force is inactive when the separation between two charges is less than 1 fermi (10^{-15} m).
5. It is a central force i.e. it act along the line joining the centers of the two bodies.

Superposition Principle:-

When a number of charges are interacting among each other, then the force acting on one charge will be the vector sum of all the forces acting on it due to all other charge.

$$F_1 = F_{12} + F_{13} + \cdots + F_{1n}$$

Electric field:-

The region surroundings to a charged body within which another charge experiences a force is called electric field.

Electric field Intensity:-

It is defined as the force experienced per unit positive test charged placed at that point, without disturbing the source charge.

It is expressed as

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

where $\vec{E}$ → electric field intensity
$\vec{F}$ = force experience by the test charge q_0
q_0 = test charge.

It is a vector quantity.

It's SI unit is N/C.

Electric Field Lines/ Lines of Forces:-

A curve along which the test charge would tend to move when force to do so in an electric field due to a source charge. Those imaginary lines are called electric field lines.

PROPERTIES OF ELECTRIC FIELD LINES:-

① They start from positive charge and end at negative charge.

② The field lines have a tendency to expand laterally so as to exert a lateral pressure. This explains repulsion between two like charges.

③ Tangent at any point of the electric field lines shows the direction of electric field at that point.

④ Two field line can never intersect each other because if they intersect, then two tangents drawn at that point will represent two direction of electric field at that point which is not possible.

⑤ They are continuous smooth curve without any breaks.

⑥ They do not pass through a conductor.

Electric Dipole Moment:-

It determines the strength of electric dipole.

It is defined as the product of magnitude of either charge and separation of distance between them.

$$\vec{P} = q \times 2\vec{l}$$

$$\boxed{|P| = q(2l)}$$

It is a vector quantity and direction is always from negative charge to positive charge.

Electric Flux:- (Φ)

It determines the amount of electric field lines linked with the surface.

It is defined as the dot product of electric field intensity with the axial vector of a surface.

Electric flux at any point can be defined as the no. of field lines passing normally through that area placed inside an Electric field.

$$\Phi = \vec{E} \cdot \vec{S}$$

$$\boxed{\Phi = ES\cos\theta}$$

Gauss law:-

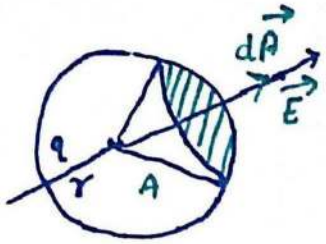
It states that the electric flux linked with a closed surface in vacuum is $\frac{1}{\varepsilon_0}$ times the total charge enclosed within it.

VIDYAKUL

PROOF:-

Take a charge +q at point A.

Take a Gaussian surface in the shape of a sphere of radius r centered at +q.



$$\Phi = \oint E\,ds\cos\theta$$

$$= E\oint ds.$$

$$= \frac{kq}{r^2} \times 4\pi r^2$$

$$= kq \times 4\pi$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times q \times 4\pi$$

$$= \frac{1}{\varepsilon_0} q$$

$$\boxed{\Phi = \frac{q_{en}}{\varepsilon_0}}$$

Important point on Gauss law:-

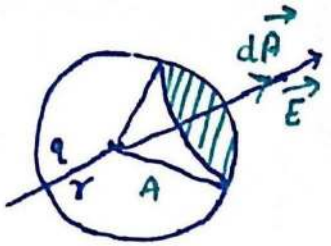
1. Gauss law is applicable for any closed surface, whatever its shape and size.
2. The surface on which Gauss law is applied is called gaussian surface.
3. Flux linked with closed surface is independent of area of surface.

VIDYAKUL

PROOF:-

Take a charge +q at point A.

Take a Gaussian surface in the shape of a sphere of radius r centered at +q.



$$\Phi = \oint E\,ds\cos\theta$$

$$= E\oint ds.$$

$$= \frac{kq}{r^2} \times 4\pi r^2$$

$$= kq \times 4\pi$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times q \times 4\pi$$

$$= \frac{1}{\varepsilon_0} q$$

$$\boxed{\Phi = \frac{q_{en}}{\varepsilon_0}}$$

Important point on Gauss law:-

1. Gauss law is applicable for any closed surface, whatever its shape and size.
2. The surface on which Gauss law is applied is called gaussian surface.
3. Flux linked with closed surface is independent of area of surface.