प्रश्न 1. विद्युत क्या है ? घर्षण विद्युत को उदाहरण सहित समझाइए ?

उत्तर विद्युत :-

विद्युत वह ऊर्जा है जिसके कारण किसी पदार्थ मे हल्की वस्तुओं को आकर्षण करने का गुण उत्पन्न हो जाता है।

विद्युत दो प्रकार की होती है -

(1) स्थिर विद्युत , (2) धारा विद्युत ।

(1) स्थिर विद्युत :-

पदार्थ में उत्पन्न धारा को बहने न दिया जाये स्थिर ही रखा जाए , स्थिर विद्युत कहलाता है।

उदाहरण :-

सैल , बैटरी आदि मे संचित ऊर्जा ।

(2) धारा विद्युत :-

पदार्थ मे उत्पन्न धारा को बहने दिया जाए स्थिर न रखा जाये , धारा विद्युत कहलाता है।

उदाहरण :-

तारों मे बहता हुआ करेन्ट ।

घर्षण विद्युत :-

वह विद्युत जो घर्षण के कारण उत्पन्न होती है घर्षण विद्युत कहलाती है।

उदाहरण :-

जब हम सूखे बालों मे लगातार कंघी को घुमाते है तब बालो व कंघी के मध्य घर्षण होता है जिससे कंघी आवेशित हो जाती है। और हल्की वस्तुओं को अपनी ओर आकर्षित करने लगती है।

प्रश्न 2. वैद्युत आवेश क्या है ? यह कितने प्रकार के होते है ?

उत्तर वैद्युत आवेश :-

वैद्युत आवेश एक भौतिक राशि है। जिसे [illegible] कर लेने पर कोई भी पदार्थ विद्युतमय (आवेशित) हो जाता है और विद्युतीय गुण प्रदर्शित करने लगता है , यि वैद्युत आवेश एक [illegible]

है। इसका S.I. मात्रक कूलॉम C है तथा इसका विमीय सूत्र M^0L^0TA होता है।

आवेश दो प्रकार के होते हैं -

① धनावेश , ② ऋणावेश ।

① **धनावेश :-** घर्षण के कारण जिस पदार्थ में इलेक्ट्रॉनों की कमी आ जाती है उस पदार्थ में उत्पन्न आवेश को धनावेश कहते हैं। इसे + चिन्ह के द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

② **ऋणावेश :-** घर्षण के कारण जिस पदार्थ में इलेक्ट्रॉनों की संख्या में वृद्धि हो जाती है। उस पदार्थ में उत्पन्न आवेश को ऋणावेश कहते हैं। इसे - चिन्ह के द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

आवेशों के मध्य लगने वाले बल :-

① दो सजातीय या समान प्रकार के आवेशों के मध्य प्रतिकर्षण बल कार्य करता है।

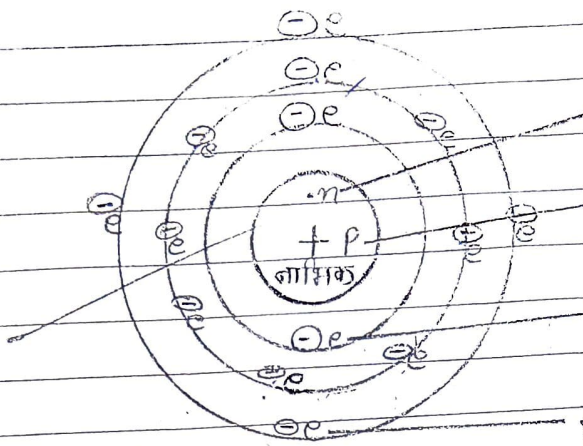
② विजातीय या विपरीत प्रकार के आवेशों के मध्य आकर्षण बल कार्य करता है।

प्रश्न ③ आवेश उत्पत्ति का इलेक्ट्रॉनिक सिद्धांत क्या है? उसे समझाइए?

उत्तर

आवेश उत्पत्ति का इलेक्ट्रॉनिक सिद्धांत :-

प्रत्येक पदार्थ परमाणुओं से मिलकर बना है। परमाणु के केन्द्र में नाभिक होता है। नाभिक में प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन पाये जाते हैं। प्रोटॉन पर धनावेश तथा न्यूट्रॉन उदासीन होता है। और नाभिक के चारों ओर इलेक्ट्रॉन चक्कर लगाते हैं इन पर ऋणावेश होता है जो नाभिक की पास वाली कक्षा में होते हैं वह बद्ध इलेक्ट्रॉन कहलाते हैं। तथा जो इलेक्ट्रॉन अंतिम कक्षा में होते हैं मुक्त इलेक्ट्रॉन कहलाते हैं। यही मुक्त इलेक्ट्रॉन आवेश उत्पत्ति के लिए उत्तरदायी होते हैं।



चित्र - परमाणु

क्र.	कण	संकेत	आवेश	द्रव्यमान
1.	इलेक्ट्रॉन	e	-1.6×10^{-19} C	9.109×10^{-31} kg
2.	प्रोटॉन	p	$+1.6 \times 10^{-19}$ C	1.672×10^{-27} Kg
3.	न्यूट्रॉन	n	0	1.674×10^{-27} Kg

प्रश्न 4 आवेश का संक्षरण संरक्षण नियम क्या है ?

उत्तर आवेश का संरक्षण नियम :- किसी पृथक्कृत निकाय में न तो आवेश उत्पन्न किया जा सकता है और न ही नष्ट किया जा सकता है। यह आवेश संरक्षण का नियम कहलाता है।

प्रश्न 5 आवेश का क्वाण्टीकरण सिद्धांत क्या है ? उदाहरण सहित समझाइए ?

उत्तर आवेश का क्वाण्टीकरण सिद्धांत :- किसी पदार्थ पर आवेश की मात्रा हमेशा एक इलेक्ट्रॉन पर आवेश की मात्रा की पूर्णगुणज होती है।

$$q = \pm ne$$

जहाँ $n = 1, 2, 3, 4, \ldots$ $e = 1.6 \times 10^{-19}$

उदाहरण (1) एक पदार्थ में 100 इलेक्ट्रॉनों की कमी हो जाती है तो आवेश की मात्रा व आवेश का प्रकार बताइए ?

Solu →

$$n = 100$$
$$e = 1.6 \times 10^{-19}$$
$$q = ne$$
$$q = 100 \times 1.6 \times 10^{-19}$$
$$q = 1.6 \times 10^{2} \times 10^{-19}$$
$$q = 1.6 \times 10^{-17} \text{ कूलॉम}$$

उदाहरण (2) एक कूलॉम आवेश में कितने इलेक्ट्रॉन होते हैं ?

Solu →

$$q = 1 \text{ कूलॉम}$$
$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ कूलॉम}$$

$$q = ne$$
$$1 = n \times 1.6 \times 10^{-19}$$
$$\frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} = n$$
$$\frac{10 \times 10^{19}}{16} = n$$
$$\frac{100}{16} \times 10^{18} = n$$
$$6.25 \times 10^{18} = n$$

$$\boxed{n = 6.25 \times 10^{18}}$$

उदाहरण (3) एक वस्तु पर 80 माइक्रो कूलॉम ऋणावेश है उस पर उस अवस्था से कितने इलेक्ट्रॉन अधिक होंगे ?

Solu →

$$q = 80\ \mu C$$
$$q = 80 \times 10^{-6}\ C$$
$$e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$$

$$q = ne$$

$$80 \times 10^{-6} = n \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$n = \frac{80 \times 10^{-6} \times 10^{1}}{1.6 \times 10^{-19}}$$

$$n = 5 \times 10^{-5} \times 10^{19}$$

$$\boxed{n = 5 \times 10^{14}}$$

प्रश्न 6. कूलॉम का नियम क्या है? इसे व्युत्पन्न कीजिए तथा इसकी सीमाएँ व महत्व लिखिए?

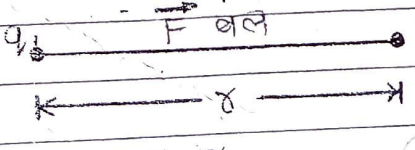
उत्तर

कूलॉम का नियम :-

सन् 1785 में फ्रांसीसी वैज्ञानिक चार्ल्स ऐंग्स्ट्रॉम कूलॉम ने एक नियम प्रतिपादित किया, जिसे कूलॉम का व्युत्क्रमानुपाती बल नियम कहते हैं।

इस नियम के अनुसार "दो बिन्दु आवेशों के मध्य लगने वाला आकर्षण या प्रतिकर्षण बल उन दोनों बिन्दु आवेशों के परिमाण के गुणनफल के अनुक्रमानुपाती तथा बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है।" यही कूलॉम का व्युत्क्रम वर्ग नियम है।

माना दो बिन्दु आवेश q_1 व q_2 हैं व बीच की दूरी r है और लगने वाला बल F है।



$$F \propto q_1 q_2 \quad \text{---(1)}$$

$$F \propto \frac{1}{r^2} \quad \text{---(2)}$$

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

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

यहाँ a एक नियतांक है जिसका माध्यम व मापन पद्धति पर निर्भर करता है। S.I. पद्धति में,

$$a = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \text{ या } 9 \times 10^9 \ \text{न्यूटन} \times \text{मीटर}^2 / \text{कूलॉम}^2$$

ε_0 = वायु या निर्वात में विद्युतशीलता

$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ कूलॉम / न्यूटन × मीटर^2

समी. (1) में a का मान रखने पर

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{q_1 q_2}{r^2} \text{ न्यूटन}$$

यहाँ K एक परावैद्युतांक माध्यम है।

यदि K = 1 हो तो

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \text{ न्यूटन}$$

कूलॉम नियम की सीमाएँ :-

1. कूलॉम का नियम केवल बिन्दु आवेशों के लिए लागू होता है।
2. कूलॉम का नियम केवल स्थिर बिन्दु आवेशों के लिए लागू होता है।

कूलॉम के नियम का महत्व :-

1. यह एक प्रायोगिक नियम है।
2. दो बिन्दु आवेशों के बीच लगने वाले बल पर उसके पास स्थित अन्य आवेशों की उपस्थिति का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

एकांक आवेश :-

एक कूलॉम वह आवेश है जो अपने ही बराबर एवं सजातीय आवेश से वायु या निर्वात में 1 मीटर की दूरी पर

रखे जाने पर उस पर 9×10^9 न्यूटन का प्रतिकर्षण बल आरोपित करता है।

यदि $q_1 = q_2 = 1$ कूलॉम

और $r = 1$ मीटर

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{1 \times 1}{1}$$

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} = 9 \times 10^9 \text{ न्यूटन}$$

प्रश्न 7. विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता को परिभाषित करते हुए मात्रक एवं विमीय सूत्र लिखिए ?

उत्तर

विद्युत् क्षेत्र :- किसी विन्दु आवेश के चारों ओर का वह क्षेत्र जहाँ तक उसका प्रभाव पड़ता है या उसका अनुभव होता है। यह उसका विद्युत् क्षेत्र कहलाता है।

विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता :- विद्युत् क्षेत्र में परीक्षण धनावेश पर लगने वाले बल और स्वयं परीक्षण धनावेश के अनुपात को विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता कहते हैं। इसे 'E' द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

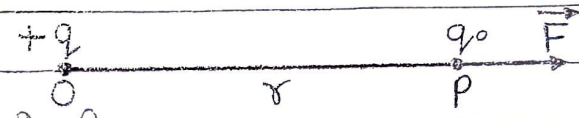
$$\vec{E} = \frac{\text{परीक्षण धनावेश पर लगने वाला बल}}{\text{परीक्षण धनावेश}}$$

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

यह एक सदिश राशि है। इसका S.I. मात्रक न्यूटन / कूलॉम है। इसका विमीय सूत्र $ML^2T^{-3}A^{-1}$ है।

प्रश्न 8. विन्दु आवेश के कारण विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात कीजि

उत्तर माना कि बिन्दु O पर $+q$ आवेश है तथा इससे r दूरी पर कोई बिन्दु P पर परीक्षण आवेश q_0 रखा है जिस पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात करना है।



कूलॉम के नियम अनुसार,

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

लेकिन विद्युत क्षेत्र की तीव्रता

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

$$E = \frac{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K}\frac{q\,q_0}{r^2}}{q_0}$$

$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K}\frac{q}{r^2}$	न्यूटन / कूलॉम

प्रश्न 9. विद्युत बल रेखाएँ क्या हैं? इनके गुण लिखिए?

उत्तर **विद्युत बल रेखाएँ :-**

विद्युत क्षेत्र में खींचा गया वह काल्पनिक वक्र है जिस पर एकांक धनावेश गमन करता है विद्युत बल रेखाएँ कहलाती हैं।

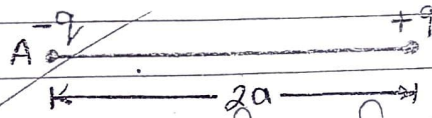
विद्युत बल रेखाओं के गुण :-

1. दो बल रेखाएँ एक - दूसरे को कभी नहीं करती हैं।
2. यह हमेशा खुला वक्र बनाती हैं।
3. यह सदैव धनावेश से ऋणावेश की ओर जाती हैं।
4. विद्युत बल रेखाएँ लम्बाई में लम्बवत् दूर हटने का प्रयास करती हैं।
5. विद्युत बल रेखाएँ लम्बाई में सिकुड़ने का प्रयास करती हैं।
6. विद्युत बल रेखाएँ जहाँ पास - पास होती है वहाँ प्रबल विद्युत क्षेत्र होता

है। तथा जहाँ दूर - दूर होती है। दुर्बल विद्युत क्षेत्र होता है।

प्रश्न 10. विद्युत द्विध्रुव एवं द्विध्रुव आघुर्ण को परिभाषित कीजिए। व मात्रक और विमीय सूत्र लिखिए ?

उत्तर विद्युत द्विध्रुव :- यदि कोई दो बराबर या विपरीत बिन्दु आवेश किसी अल्प दूरी पर स्थित हो तो उस निकाय को विद्युत द्विध्रुव कहते हैं।



माना कि A व B एक विद्युत द्विध्रुव पर है जो -q व +q आवेशों से मिलकर बना है इनके बीच की दूरी 2a है।

द्विध्रुव आघुर्ण :- किसी द्विध्रुव का कोई एक आवेश तथा दोनों आवेशों के बीच के दूरी के गुणनफल को द्विध्रुव आघूर्ण कहते हैं। इसे 'p' से प्रदर्शित करते हैं। यह एक सदिश राशि है।

p = आवेश × आवेशों के बीच की दूरी

$$p = q \times 2a$$

S.I. मात्रक :-

p = कूलॉम × मीटर

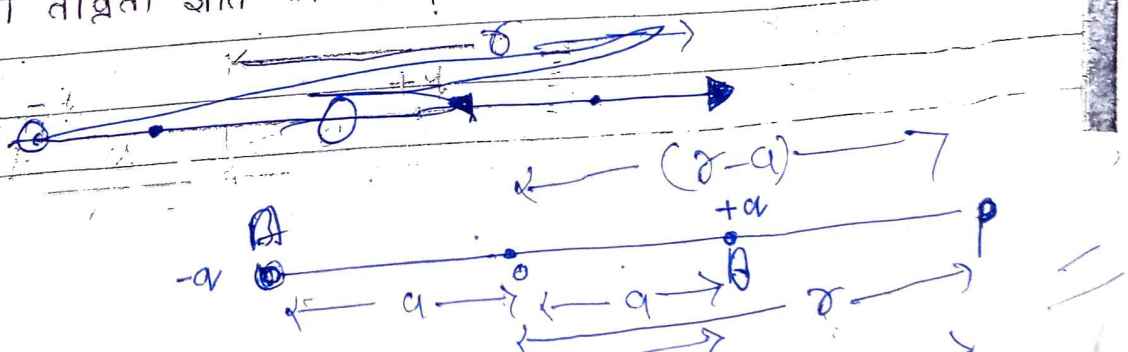
विमीय सूत्र :-

$$p = AT \times L$$

$$p = MLTA$$

प्रश्न 11. विद्युत द्विध्रुव के कारण अक्षीय या अनुदैर्ध्य स्थिति में विद्युत क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात कीजिए ?

उत्तर



$AP = r + a$

$BP = r - a$

माना कि A, B एक विद्युत द्विध्रुव है जो कि $+q$ व $-q$ आवेशों से मिलकर बना है इनके बीच की दूरी $2a$ है। द्विध्रुव के मध्य बिन्दु O से r दूरी पर अक्षीय स्थिति में बिन्दु P स्थित है जिस पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात करना है।

$+q$ आवेश के कारण बिन्दु P पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{q}{BP^2}$$

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{q}{(r-a)^2} \quad \text{---(1)}$$

$-q$ आवेश के कारण बिन्दु P पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{q}{AP^2}$$

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{q}{(r+a)^2} \quad \text{---(2)}$$

तब परिणामी तीव्रता

$$E = E_1 - E_2$$

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{q}{(r-a)^2} - \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{q}{(r+a)^2}$$

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 K} \left[\frac{1}{(r-a)^2} - \frac{1}{(r+a)^2} \right]$$

$$E = q \left[(r+a)^2 - (r-a)^2 \right]$$

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 K}\left[\frac{r^2 + a^2 + 2ra - (r^2 + a^2 - 2ra)}{(r^2 - a^2)^2}\right]$$

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 K}\left[\frac{r^2 + a^2 + 2ra - r^2 - a^2 + 2ra}{(r^2 - a^2)^2}\right]$$

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 K} \cdot \frac{4ra}{(r^2 - a^2)^2}$$

यदि $r >> a$ हो तो

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \cdot \frac{q \times 2a \times 2r}{(r^2)^2}$$

$$[\because p = q \times 2a]$$

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \cdot \frac{p \times 2r}{r^4}$$

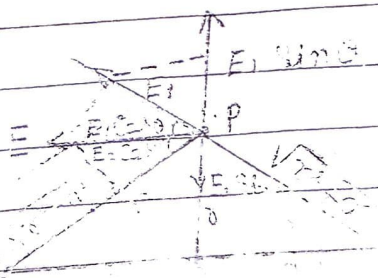
$$\boxed{E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \cdot \frac{2p}{r^3} \cdot \frac{N}{C}}$$

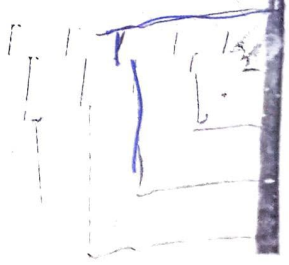
वायु या निर्वात में $K = 1$ हो, तो

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{2p}{r^3} \cdot \frac{N}{C}$$

प्रश्न 12 विद्युत द्विध्रुव के कारण निरक्षीय या अनुप्रस्थ स्थिति में विद्युत क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात कीजिए ?

उत्तर





$$K^2 = L^2 + A^2$$
$$AP^2 = r^2 + a^2$$
$$AP = \sqrt{r^2 + a^2}$$

$\sin\theta = \frac{L}{K}$	$\cos\theta = \frac{A}{K}$
$\sin\theta = \frac{L}{E_1}$	$\cos\theta = \frac{A}{E_1}$
$L = E_1 \sin\theta$	$A = E_1 \cos\theta$

माना कि A, B एक विद्युत द्विध्रुव है जो कि $-q$ व $+q$ आवेशों से मिलकर बना है। इनके बीच की दूरी $2a$ है इसके मध्य बिन्दु से r दूरी पर कोई बिन्दु P स्थित है। जिस पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता निरक्षीय स्थिति ज्ञात कीजिए।

$+q$ आवेश के कारण बिन्दु P पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता,

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{q}{(\sqrt{r^2+a^2})^2}$$

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{q}{(r^2+a^2)} \quad \text{---(1)}$$

$-q$ आवेश के कारण बिन्दु P पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता,

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{q}{r^2+a^2} \quad \text{---(2)}$$

समी. (1) व (2) से,

$$E_1 = E_2$$

समी. (1) व (2) से स्पष्ट है विद्युत द्विध्रुव के कारण प्राप्त दोनों परिणामी तीव्रताएँ परिमाण में बराबर हैं। अतः इनके

घटकों में वियोजित करने पर $E_1 \sin\theta$ व $E_2 \sin\theta$ परस्पर विपरीत दिशा में व परिमाण में बराबर होने पर के कारण एक-दूसरे को निष्फल कर देते हैं। अतः परिणामी विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता

$$E = E_1 \cos\theta + E_2 \cos\theta$$
$$E = E_1 \cos\theta + E_1 \cos\theta \quad [\because E_1 = E_2]$$
$$E = 2E_1 \cos\theta$$

समी. (1) से

$$E = 2 \times \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{q}{r^2 + a^2} \cos\theta \quad \left[\because \cos\theta = \frac{a}{(r^2+a^2)^{1/2}}\right]$$
$$E = \frac{2}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{q}{(r^2+a^2)^1} \cdot \frac{a}{(r^2+a^2)^{1/2}}$$
$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{q \times 2a}{(r^2+a^2)^{3/2}} \quad [\because p = q \times 2a]$$
$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{p}{(r^2+a^2)^{3/2}}$$

यदि $r \gg a$ हो तो

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{p}{(r^2)^{3/2}}$$

$$\boxed{E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{p}{r^3}} \quad \frac{N}{C}$$

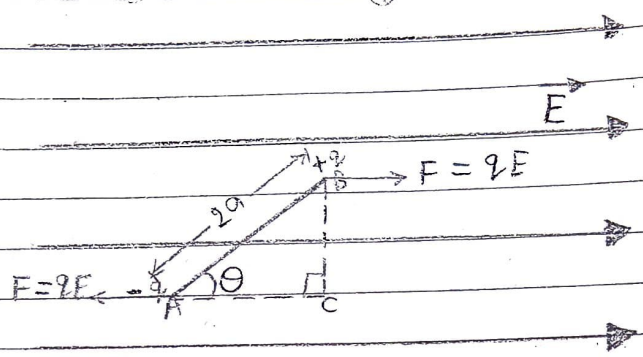
प्रश्न 13. एक समान विद्युत् क्षेत्र में विद्युत् द्विध्रुव पर लगने वाले बल युग्म आघूर्ण के लिए व्यंजक ज्ञात कीजिए ?

अथवा

उत्तर सिद्ध कीजिए कि $\tau = pE\sin\theta$ या $\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$

उत्तर माना कि A, B एक विद्युत् द्विध्रुव है जो कि $-q$ व $+q$ आवेशों से मिलकर बना है इनके बीच की दूरी $2a$ है। जब इसे ए

एक समान विद्युत क्षेत्र



विद्युत् क्षेत्र E मे θ कोण पर रखा जाता है तो बल F=qE परस्पर बराबर एवं विपरीत दिशा में कार्य करता हैं। अतः यह मिलकर एक बलयुग्म का निर्माण करता है जिसे प्रत्यानयन बल युग्म आघुर्ण कहते हैं। इसे 'τ' द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

τ = एक बल X दोनों के बीच की लम्बवत् दूरी

$\tau = qE \times BC$ —— (1)

ΔACB मे,

$$\sin\theta = \frac{BC}{2a}$$

$$BC = 2a\sin\theta$$

समी. (1) मे BC का मान रखने पर

$$\tau = qE \times 2a\sin\theta$$

$$\tau = q \times 2aE\sin\theta \quad [\because P = q \times 2a]$$

$$\boxed{\tau = PE\sin\theta}$$ न्यूटन x मीटर

सदिश रूप -

$$\vec{\tau} = \vec{P} \times \vec{E}$$

प्रथम स्थिति - द्विध्रुव क्षेत्र के समान्तर हो तो θ = 0°

$$\tau = PE \sin 0^\circ$$
$$\tau = PE \times 0$$
$$\tau = 0$$

द्वितीय स्थिति :- द्विध्रुव क्षेत्र के लम्ववत् हो, तो $\theta = 90^\circ$

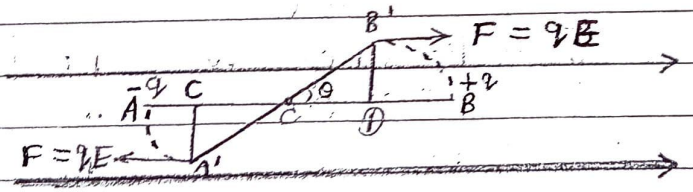
$$\tau = PE \sin 90^\circ$$
$$\tau = PE \times 1$$
$$\tau = PE$$

प्रश्न 14 एक समान विद्युत् क्षेत्र में द्विध्रुव को घुमाने में किए गए कार्य के लिए व्यंजक स्थापित कीजिए ?

अथवा

सिद्ध कीजिए कि $W = PE(1 - \cos\theta)$

उत्तर



माना कि AB एक विद्युत् द्विध्रुव है जो कि $-q$ व $+q$ आवेशों से मिलकर बना है इनके बीच की दूरी $2a$ है। जब इसे एक समान विद्युत् क्षेत्र में θ कोण पर घुमाया जाता है तो इस पर बलयुग्म कार्य करता है।

$$\tau = PE \sin\theta$$

द्विध्रुव को $d\theta$ कोण पर घुमाने में किया गया कार्य

= बलयुग्म आघूर्ण × विस्थापन

$$dW = \tau \times d\theta$$
$$dW = PE \sin\theta \, d\theta$$

द्विध्रुव को 0 से θ तक घुमाने में किया गया कार्य =

$$W = \int_0^\theta dW$$

$$W = \int_0^\theta PE \sin\theta \, d\theta$$

$$W = PE \left[-\cos\theta \right]_0^\theta$$

$$W = -PE \left[\cos\theta \right]_0^\theta$$

$$W = -PE (\cos\theta - \cos 0)$$

$$W = -PE (\cos\theta - 1)$$

$$\boxed{W = PE (1 - \cos\theta)} \text{ जूल}$$

प्रथम स्थिति :-

$$\theta = 0^\circ$$

$\tau = PE \sin\theta$	$W = PE [1 - \cos\theta]$
$\tau = PE \sin 0^\circ$	$= PE [1 - \cos 0]$
$\tau = PE \times 0$	$= PE [1 - 1]$
$\tau = 0$	$= PE \times 0 = 0$

द्वितीय स्थिति :-

$$\theta = 90^\circ$$

$\tau = PE \sin\theta$	$W = PE [1 - \cos\theta]$
$\tau = PE \sin 90^\circ$	$= PE [1 - \cos 90^\circ]$
$\tau = PE \times 1$	$= PE [1 - 0]$
$\tau = PE$	$= PE \times 1 = PE$

तृतीय स्थिति :-

$$\theta = 180^\circ$$

$\tau = PE \sin 180^\circ$ | $W = PE [1 -$ [illegible]

$$\tau = PE \times (-1)$$
$$\tau = -PE$$

$$W = PE[1 - \cos 180^\circ]$$
$$= PE[1-(-1)]$$
$$= PE \times 2 = 2PE$$

प्रश्न 15 विद्युत फ्लक्स किसे कहते हैं ? समझाइए ?

उत्तर विद्युत फ्लक्स :- विद्युत क्षेत्र में स्थित किसी पृष्ठ से अभिलम्बवत निकलने वाली कुल विद्युत बल रेखाओं की संख्या को उस पृष्ठ का विद्युत फ्लक्स कहते हैं। इसे ϕ से प्रदर्शित करते हैं। यह एक अदिश राशि है। यह धनात्मक, ऋणात्मक अथवा शून्य कुछ भी हो सकती है।

नोट :-

(1) यदि विद्युत बल रेखाएँ पृष्ठ S से निकलती है तो निकलने वाला विद्युत फ्लक्स $\phi = E.S$

(2) यदि विद्युत बल रेखाएँ पृष्ठ के एकांक क्षेत्रफल dS से निकलती है तो विद्युत फ्लक्स $\phi = E.dS$

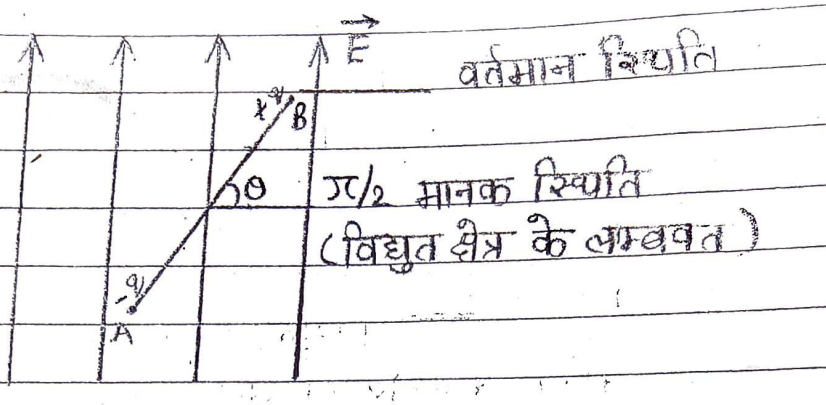
(3) यदि विद्युत बल रेखाएँ पृष्ठ के विद्युत क्षेत्र में कुछ कोण बनाते हुए रखा जाता है तो विद्युत फ्लक्स $\phi = E.S\cos\theta$

प्रश्न 16 द्विध्रुव की स्थितिज ऊर्जा क्या है ? एक समान विद्युत क्षेत्र में द्विध्रुव की स्थितिज ऊर्जा के लिए व्यंजक निर्मित कीजिए ?

उत्तर द्विध्रुव की स्थितिज ऊर्जा :- विद्युत क्षेत्र में किसी विद्युत द्विध्रुव की स्थितिज ऊर्जा उस कार्य के बराबर होती है जो कि विद्युत द्विध्रुव को अनन्त से विद्युत क्षेत्र के अन्दर उस स्थिति में लाने में करना पड़ता है।

अथवा

एक समान विद्युत क्षेत्र में विद्युत द्विध्रुव को मानक स्थिति से सामान्य स्थिति तक घुमाने में किया गया कार्य ऊर्जा के रूप में परिवर्तित हो जाता है। इसे हम द्विध्रुव की स्थितिज ऊर्जा कहते हैं। इसे U से प्रदर्शित करते हैं।



एक समान विद्युत क्षेत्र

माना कि AB एक विद्युत द्विध्रुव है जो कि $-q$ व $+q$ आवेशों से मिलकर बना है। इसकी बीच की दूरी $2a$ है। जब इसे एक समान विद्युत क्षेत्र में θ कोण पर रखा जाता है तो उस पर लगने वाला बलयुग्म आघूर्ण

$$\tau = PE \sin\theta$$

अल्प कोण $d\theta$ पर घुमाने में किया गया कार्य

$$= \tau \times d\theta$$

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

द्विध्रुव को मानक स्थिति $\pi/2$ से वर्तमान स्थिति θ तक घुमाने में किया गया कार्य उसकी स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाता है।

$$U = W = \int_{\pi/2}^{\theta} dW$$

$$U = W = \int_{\pi/2}^{\theta} PE \sin\theta \, d\theta$$

$$U = W = PE \left[-\cos\theta\right]_{\pi/2}^{\theta}$$

$$U = W = -PE \left[\cos\theta\right]_{\pi/2}^{\theta}$$

$$U = W = -PE \left[\cos\theta - \cos\tfrac{\pi}{2}\right]$$

$$= -PE \left(\cos\theta - 0\right]$$

$$\boxed{U = -PE\cos\theta}$$ जूल

सादिश रूप में,

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

प्रथम स्थिति :- यदि $\theta = 0$ हो, तो

$$U = -PE\cos\theta$$
$$U = -PE \times 1$$
$$U = -PE$$

द्वितीय स्थिति :- यदि $\theta = 90^\circ$ हो, तो

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

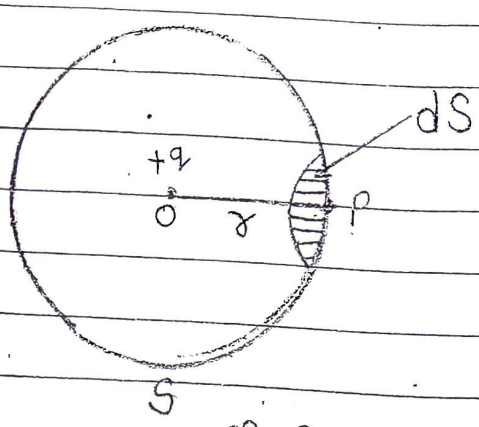
तृतीय स्थिति :- यदि $\theta = 180^\circ$ हो, तो

$$U = -PE\cos\theta$$
$$U = -PE\cos 180^\circ$$
$$U = -PE \times (-1)$$
$$U = PE$$

प्रश्न 47 गॉस प्रमेय क्या है? इसे लिखकर सिद्ध कीजिए? या $\phi = q \times \frac{1}{\varepsilon_0}$

उत्तर गॉस प्रमेय :- विद्युत क्षेत्र में स्थित किसी बन्द पृष्ठ से निकलने वाला सम्पूर्ण विद्युत फ्लक्स इसके अन्दर उपस्थित आवेश का $\frac{1}{\varepsilon_0}$ गुना होता है।

$$\boxed{\phi = q \times \frac{1}{\varepsilon_0}}$$ $\frac{\text{न्यूटन} \times \text{मीटर}^2}{\text{कूलाम}}$



माना कि कोई बन्द पृष्ठ S है जिसके अन्दर +q आवेश रखा गया है। इसके केन्द्र बिन्दु O से r दूरी पर कोई बिन्दु P स्थित है। तब +q आवेश के कारण बिन्दु P पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता

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

पृष्ठ dS से निकलने वाला सम्पूर्ण विद्युत फ्लक्स $d\phi = E.dS$

$$d\phi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{q}{r^2} . dS$$

पृष्ठ S से निकलने वाला सम्पूर्ण विद्युत फ्लक्स $\phi = \iint_S E.dS$

$$\phi = \iint_S \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{q}{r^2} dS$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K} \frac{q}{r^2} \iint_S dS$$

[∵ गोले का संपूर्ण पृष्ठ $S = 4\pi r^2$]

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

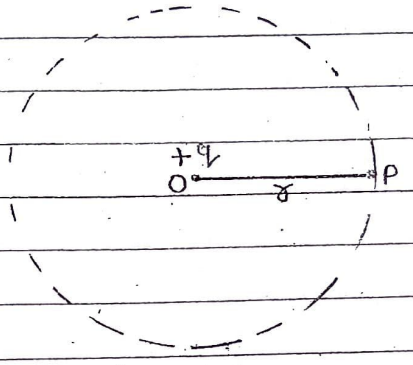
$$= q \times \frac{1}{\varepsilon_0 K}$$

वायु या निर्वात में $K = 1$ हो, तो

$$\boxed{\phi = q \times \frac{1}{\varepsilon_0}}$$

प्रश्न 18 गॉस की प्रमेय से बिन्दु आवेश के कारण विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात कीजिए ?

उत्तर मानाकि बिन्दु O पर +q आवेश स्थित है इससे r दूरी पर कोई बिन्दु P स्थित है जिस पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात करना है तब r को त्रिज्या मानकर गॉऊशियन पृष्ठ S की रचना की ।



S गॉउसियन पृष्ठ

पृष्ठ S से निकलने वाला सम्पूर्ण विद्युत् फ्लक्स

$$\phi = E.S \qquad \because \text{ गोले का संपूर्ण पृष्ठ } S = 4\pi r^2$$

$$\phi = E.4\pi r^2 \quad \text{———} (1)$$

लेकिन गॉस की प्रमेय से,

$$\phi = q \times \frac{1}{\varepsilon_0} \quad \text{———} (2)$$

समी (1) व (2) से,

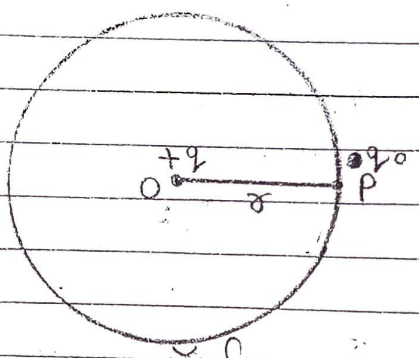
$$E.4\pi r^2 = q \times \frac{1}{\varepsilon_0}$$

$$\boxed{E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2} \;\Big|\; \frac{N}{C}}$$

प्रश्न 19 गॉस की प्रमेय से कूलॉम के व्युत्क्रम बल नियम का निगमन कीजिए ?

उत्तर माना कि बिन्दु O पर +q आवेश स्थित है इससे r दूरी पर कोई बिन्दु P स्थित है जिस पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात करना है तब r को त्रिज्या

मानकर गॉउसियन पृष्ठ S की रचना की।



S गॉउसियन पृष्ठ

पृष्ठ S से निकलने वाला सम्पूर्ण विद्युत फ्लक्स

$$\phi = E.S \quad [\because \text{गोले का संपूर्ण पृष्ठ } S = 4\pi r^2]$$

$$\phi = E.4\pi r^2 \quad \text{——— (1)}$$

लेकिन गॉस की प्रमेय से,

$$\phi = q \times \frac{1}{\varepsilon_0} \quad \text{——— (2)}$$

अभी (1) व (2) से

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

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \quad \frac{N}{C} \quad \text{——— (3)}$$

यदि बिन्दु p पर q_0 आवेश स्थित हो तो लगने वाला बल

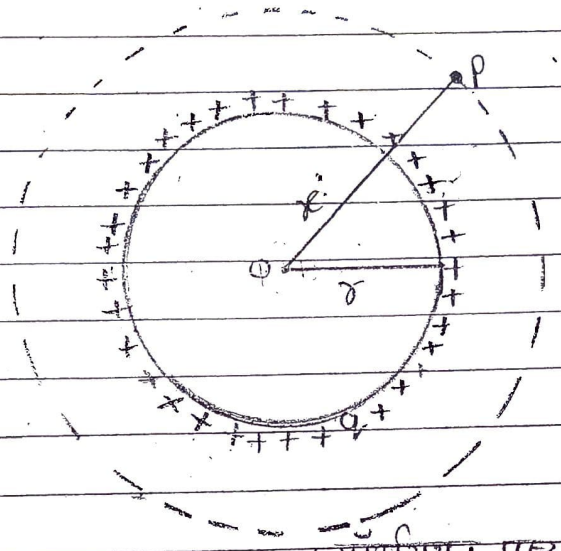
$$F = q_0 E$$

$$F = q_0 \times \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \quad \text{(अभी 3 से)}$$

$$\boxed{F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_0 q}{r^2}} \quad \text{न्यूटन}$$

प्रश्न 28 गॉस की प्रमेय से एक समान आवेशित खोखले गोले के कारण (1) बाहर (2) पृष्ठ पर तथा (3) अन्दर स्थित किसी बिन्दु पर विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात कीजिए ?

उत्तर



माना कि r त्रिज्या तथा O केन्द्र का एक खोखले गोले को एक समान आवेश q से आवेशित है। इसके केन्द्र O से x दूरी पर कोई बिन्दु P स्थित है। जिस पर विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात करना है। तब x को त्रिज्या मानकर एक गॉउसियन पृष्ठ S की रचना की।

(1) बाहर :-

पृष्ठ S से निकलने वाला सम्पूर्ण विद्युत फलक्स

$$\phi = E.S \quad [\because \text{गोले का सम्पूर्ण पृष्ठ} = 4\pi x^2]$$

$$\phi = E.4\pi x^2 \quad \text{——(1)}$$

लेकिन गॉस प्रमेय से,

$$\phi = q \times \frac{1}{\varepsilon_0} \quad \text{——(2)}$$

समी. (1) व (2) से,

$$E.4\pi x^2 = q \times \frac{1}{\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{x^2} \quad \frac{N}{C} \quad \text{——(3)}$$

(2) पृष्ठ पर :- यदि बिन्दु P गोले के पृष्ठ पर स्थित हो तो

$$x = r$$

समी (3) से,

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

(3) जब बिन्दु P अन्दर स्थित हो तो,

$$E = 0$$

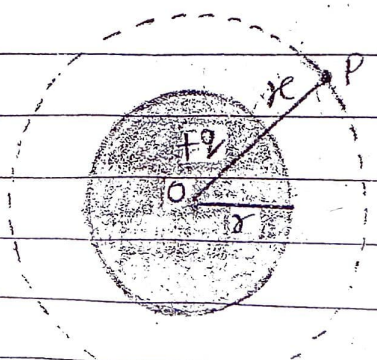
∴ गोले के अन्दर कोई आवेश नहीं है।

प्रश्न 21. गॉस की प्रमेय से एक समान आवेशित ठोस गोले के कारण (1) बाहर (2) पृष्ठ पर तथा अन्दर स्थित किसी बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात कीजिए ?

उत्तर माना कि r त्रिज्या तथा O केन्द्र का एक कुचालक ठोस गोला है जिसे एक समान आवेश q से आवेशित किया गया है तो गोले के एकांक आयतन पर आवेश घनत्व

$$d = \frac{q}{\frac{4}{3}\pi r^3}$$

यदि O केन्द्र से x दूरी पर कोई बिन्दु P स्थित है। जिस पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात करना है। तब x को त्रिज्या मानकर एक गॉउसियन पृष्ठ S की रचना की।



S गॉउसियन पृष्ठ

① बाहर :-

पृष्ठ S से निकलने वाला सम्पूर्ण विद्युत् फ्लक्स

$\phi = E.S$ [∴ गोले का संपूर्ण पृष्ठ $= 4\pi x^2$]

$\phi = E.4\pi x^2$ —— ①

लेकिन गॉस की प्रमेय से,

$\phi = q \times \frac{1}{\varepsilon_0}$ —— ②

समी. ① व ② से,

$E.4\pi x^2 = q \times \frac{1}{\varepsilon_0}$

$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{x^2} \frac{N}{C}$ —— ③

② पृष्ठ पर :-

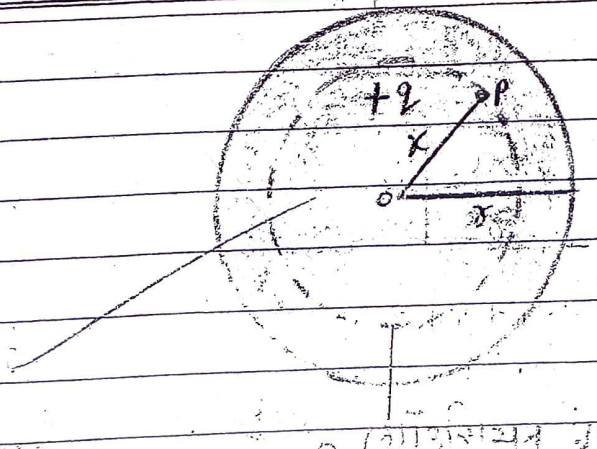
यदि बिन्दु P गोले के पृष्ठ पर स्थित हो तो $x = r$

समी. ③ से,

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

③ अन्दर स्थित हो तो

S (गॉसियन पृष्ठ)



पृष्ठ S से निकलने वाला सम्पूर्ण विद्युत् फ्लक्स

[∴ गोले का सम्पूर्ण पृष्ठ $S = 4\pi x^2$]

$\phi = E.S$

$$\phi = E \cdot 4\pi x^2 \quad \text{——} (4)$$

लेकिन गॉस की प्रमेय से,

$$\phi = q \times \frac{1}{\varepsilon_0} \quad \text{——} (5)$$

लेकिन आवेश घनत्व

$$d = \frac{q}{\frac{4}{3}\pi x^3}$$

$$q = \frac{4}{3}\pi x^3 \times d$$

समी. (5) में q का मान रखने पर

$$\phi = \frac{4}{3}\pi x^3 d \times \frac{1}{\varepsilon_0} \quad \text{——} (6)$$

समी. (4) व (6) से

$$E \cdot 4\pi x^2 = \frac{4}{3}\pi x^3 d \times \frac{1}{\varepsilon_0}$$

$E = \frac{xd}{3\varepsilon_0}$	$\frac{N}{C}$

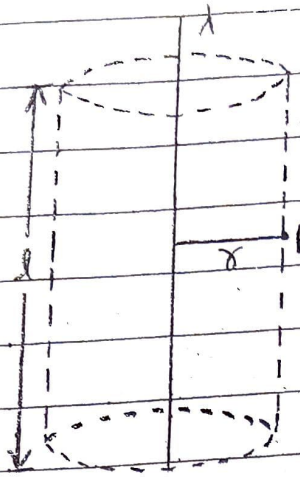
d का मान रखने पर

$$E = \frac{x \times \frac{q}{4/3\,\pi r^3}}{3\varepsilon_0}$$

$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qx}{r^3}$	$\frac{N}{C}$

प्रश्न 22. गॉस की प्रमेय से अनन्त लम्बाई के एक समान आवेशित रेखीय चालक के कारण किसी बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात कीजिए

उत्तर मानां कि अनन्त लम्बाई का एक समान आवेशित एक रेखीय चालक है जिस पर प्रति एकांक लम्बाई आवेश λ है। तथा इससे लम्बवत् r दूरी पर कोई बिन्दु P स्थित है, जिस पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात



$q = \lambda l$

करना है तब r त्रिज्या तथा l लम्बाई के एक बेलनाकार गॉउसियन पृष्ठ S की रचना की।

पृष्ठ S से निकलने वाला सम्पूर्ण विद्युत फ्लक्स

[∵ बेलन का वक्र पृष्ठ $= 2\pi r h$]

$$\phi = E.S$$

$$\phi = E.2\pi r l \quad \text{——— (1)}$$

लेकिन गॉस की प्रमेय से,

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

$$\phi = \lambda l \times \frac{1}{\varepsilon_0} \quad \text{——— (2)}$$

समी. (1) व (2) से,

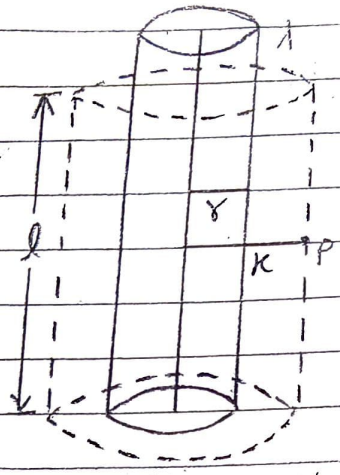
$$E.2\pi r l = \lambda l \times \frac{1}{\varepsilon_0}$$

$$\boxed{E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{r}\ \frac{N}{C}}$$

प्रश्न 23 गॉस की प्रमेय से अनन्त लम्बाई के एकसमान आवेशित बेलनाकार चालक के कारण विद्युत क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात कीजिए ?

उत्तर माना कि एक अनन्त लम्बाई तथा r त्रिज्या का बेलनाकार चालक एकसमान रूप से आवेशित है। तथा बेलनाकीय एकांक पर आवेश λ है इसके अंत से x दूरी पर कोई बिन्दु P स्थित है जिस पर विद्युत क्षेत्र की

$q = \lambda l$



S (गॉउसियन पृष्ठ)

तीव्रता ज्ञात करना है। तब x त्रिज्या व l लम्बाई के बेलनाकार चालक की रचना की। जिसे हम गॉउसियन पृष्ठ S कहते हैं।

(1) जब बिन्दु बाहर स्थित हो -

पृष्ठ S से निकलने वाला सम्पूर्ण विद्युत फ्लक्स,

$$\phi = E.S$$

[बेलन का वक्र पृष्ठ $S = 2\pi r h$]

$$\phi = E.2\pi x l \quad \text{——— (1)}$$

लेकिन गॉस की प्रमेय से,

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

$$\phi = \lambda l \times \frac{1}{\varepsilon_0} \quad \text{——— (2)}$$

समी. (1) व (2) से

$$E.2\pi x l = \lambda l \times \frac{1}{\varepsilon_0}$$

$$\boxed{E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{x} \quad \frac{N}{C}} \quad \text{——— (3)}$$

(2) जब बिन्दु पृष्ठ पर स्थित हो -

तब
$x = r$

समी. ③ से,

$$E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \frac{\lambda}{r} \frac{N}{C}$$

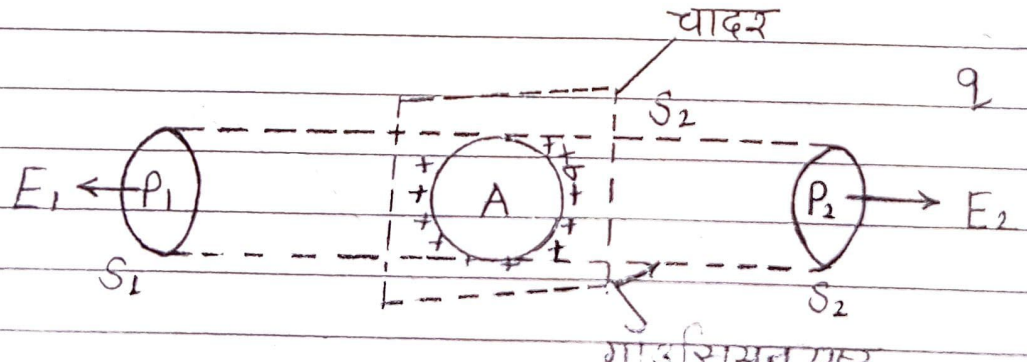
③ जब बिन्दु अनन्द अन्दर स्थित हो -

तब
$E = 0$

∴ अन्दर कोई आवेश नही है।

प्रश्न 24. गॉस की प्रमेय से एकसमान आवेशित अनन्त कुचालक चादर के कारण विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात कीजिए ?

उत्तर माना कि अनन्त लम्बाई व अनन्त चौड़ाई की एक कुचालक चादर है जिस पर प्रति एकांक आवेश घनत्व σ है। जिसके पास स्थित किसी बिन्दु P पर विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात करना है। तब एक बेलनाकार बन्द गाउसियन पृष्ठ की कल्पना करते हैं।



$q = \sigma A$

पृष्ठ S_1 से निकलने वाला सम्पूर्ण विद्युत् फ्लक्स

$$\phi_1 = E.A$$

पृष्ठ S_2 से निकलने वाला सम्पूर्ण विद्युत् फ्लक्स

$$\phi_2 = E.A$$

कुल विद्युत फ्लक्स

$$\phi = E.A + E.A$$
$$\phi = 2E.A \quad \text{——} (1)$$

लेकिन गॉस की प्रमेय से,

$$\phi = q \times \frac{1}{\varepsilon_0}$$
$$\phi = \sigma A \times \frac{1}{\varepsilon_0} \quad \text{——} (2)$$

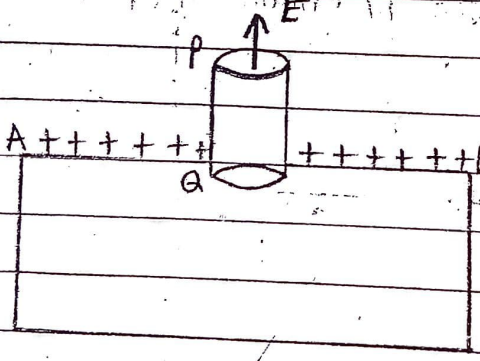
समी. (1) व (2) से,

$$2E.A = \sigma A \times \frac{1}{\varepsilon_0}$$

$$\boxed{E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \quad \begin{matrix} N \\ C \end{matrix}}$$

प्रश्न 25. गॉस की प्रमेय से एकसमान आवेशित अनन्त समतल चालक के कारण विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात कीजिए ?

उत्तर



माना कि धनावेशित एक अनन्त समतल चालक है। जिसके एकांक क्षेत्रफल पर आवेश का पृष्ठ घनत्व σ है। चालक का समस्त आवेश उसके पृष्ठ पर विभेदित रहता है। अन्दर कोई आवेश नहीं रहता है। तब पृष्ठ S से निकलने वाला सम्पूर्ण विद्युत् फलक्स

$$\phi = E.A$$

लेकिन गॉस की प्रमेय से,

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

$$\phi = \sigma A \times \frac{1}{\varepsilon_0} \quad \text{——— (2)}$$

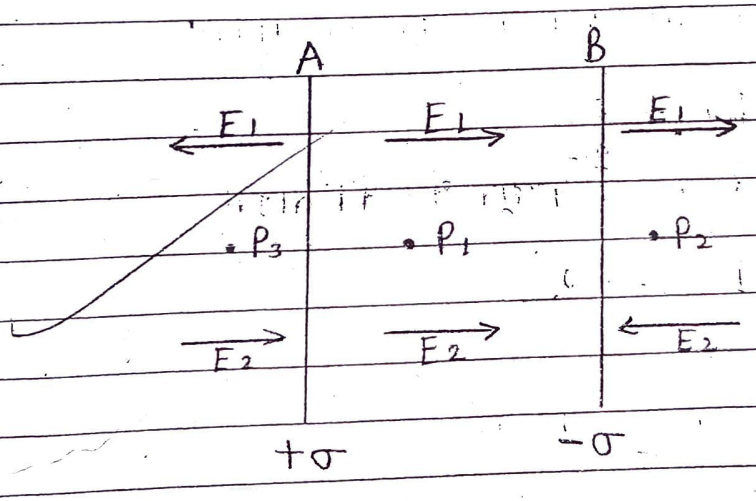
समी. (1) व (2) से,

$$E.A = \sigma A \times \frac{1}{\varepsilon_0}$$

$$\boxed{E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \quad \frac{N}{C}}$$

प्रश्न 26. गॉस की प्रमेय से एकसमान आवेशित दो समान्तर अन्तर समतल कुचालक चादरों के कारण विद्युत क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात कीजिए ?

उत्तर: माना कि दो समान्तर समतल कुचालक चालक A व B हैं जिन पर आवेश का पृष्ठ घनत्व क्रमश: $+\sigma$ व $-\sigma$ है। हमें P_1, P_2, P_3 पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात करना है।



बिन्दु P_1 पर -

चालक A के कारण विद्युत क्षेत्र की तीव्रता

$$E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

चालक B के कारण विद्युत क्षेत्र की तीव्रता

परिणामी विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता

$$E = E_1 + E_2$$

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} + \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma + \sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{2\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$\boxed{E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}} \frac{N}{C}$$

बिन्दु P_2 पर –

चालक A के कारण विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता

$$E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

चालक B के कारण विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता

$$E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

परिणामी विद्युत क्षेत्र की तीव्रता

$$E = E_1 - E_2$$

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$\boxed{E = 0}$$

बिन्दु P_3 पर :–

चालक A के कारण विद्युत क्षेत्र की तीव्रता

$$E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

चालक B के कारण विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता

$$E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

परिणामी विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता

$$E = E_1 - E_2$$

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$\boxed{E = 0}$$

Ajay 13/07/18