प्रश्न 1.

वायु में एक-दूसरे से 30 cm दूरी पर रखे दो छोटे आवेशित गोलों पर क्रमशः 2×10^{-7} C तथा 3×10^{-7} C आवेश हैं। उनके बीच कितना बल है ?

हल-

दिया है, $q_1 = 2 \times 10^{-7}$ C, $q_2 = 3 \times 10^{-7}$ C तथा

r = 30 सेमी = 0.3 मीटर, F = ?

सूत्र $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$ से

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-7} \times 3 \times 10^{-7}}{(0.3)^2}$$

$$= 6 \times 10^{-3} \text{ न्यूटन (प्रतिकर्षणात्मक)}$$

प्रश्न 2.

0.4 μC आवेश के किसी छोटे गोले पर किसी अन्य छोटे आवेशित गोले के कारण वायु में 0.2 N बल लगता है। यदि दूसरे गोले पर 0.8 μC आवेश हो तो

(a) दोनों गोलों के बीच कितनी दूरी है?

(b) दूसरे गोले पर पहले गोले के कारण कितना बल लगता है?

हल-

दिया है, $q_1 = 0.4$ μC $= 0.4 \times 10^{-6}$ C

$q_2 = 0.8$ μC $= 0.8 \times 10^{-6}$ C

तथा q_2 के कारण q_1 पर बल F = 0.2 N

(a) r = ?

सूत्र $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$ से

$$0.2 = 9 \times 10^9 \times \frac{0.4 \times 10^{-6} \times 0.8 \times 10^{-6}}{r^2}$$

अथवा $$r = \sqrt{\frac{9 \times 10^9 \times 0.4 \times 10^{-6} \times 0.8 \times 10^{-6}}{0.2}}$$

$$= \sqrt{9 \times 4 \times 4 \times 10^{-4}}$$

$$= 12 \times 10^{-2} \text{ मीटर} = \mathbf{12 \text{ सेमी}}$$

(b) q_2 पर $-q_1$ के कारण बल = ?

कूलॉम का बल न्यूटनीय बल है अर्थात् एक आवेश पर दूसरे आवेश के कारण बल, दूसरे आवेश पर पहले आवेश के कारण बले के बराबर तथा विपरीत होता है।

अतः q_2 पर q_1 के कारण बल भी 0.2 N ही होगा, तथा इसकी दिशा q_1 की ओर होगी।

प्रश्न 3.

जाँच द्वारा सुनिश्चित कीजिए कि $\frac{ke^2}{Gm_em_p}$ विमाहीन है। भौतिक नियतांकों की सारणी देखकर इस अनुपात का मान ज्ञात कीजिए। यह अनुपात क्या बताता है?

हल—कूलॉम बल, $F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$ से,

$$k \text{ के मात्रक} = \frac{Fr^2}{q_1 q_2} \text{ के मात्रक} = \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

आवेश e के मात्रक = कूलॉम (C)

$$G \text{ के मात्रक} = \frac{Fr^2}{m_1 m_2} \text{ के मात्रक} = \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$$

m_e के मात्रक = m_p के मात्रक = kg

$$\therefore \left[\frac{ke^2}{Gm_e m_g}\right] \text{ के मात्रक} = \frac{(\text{Nm}^2/\text{C}^2)(\text{C}^2)}{(\text{Nm}^2/\text{kg}^2) \times (\text{kg})^2}$$

= कोई मात्रक नहीं।

अर्थात् निष्पत्ति $\left[\frac{ke^2}{Gm_e m_p}\right]$ विमाहीन है।

नियतांकों के मान

$$k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{kg}^2, \; e = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \qquad m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg},$$

$$m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\therefore \frac{ke^2}{Gm_e m_p} = \frac{(9 \times 10^9) \times (1.6 \times 10^{-19})^2}{(6.67 \times 10^{-11}) \times (9.1 \times 10^{-31}) \times (1.67 \times 10^{-27})}$$

$$= 2.27 \times 10^{39}$$

यह निश्चित दूरी पर रखे इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन के बीच वैद्युत बल तथा गुरुत्वीय बल का अनुपात है। यह बताता है कि गुरुत्वीय बल की तुलना में वैद्युत बल अत्यन्त प्रबल है।

प्रश्न 4.

(a) "किसी वस्तु का वैद्युत आवेश क्वाण्टीकृत है। इस प्रकथन से क्या तात्पर्य है?

(b) स्थूल अथवा बड़े पैमाने पर विद्युत आवेशों से व्यवहार करते समय हम विद्युत आवेश के क्वाण्टमीकरण की उपेक्षा कैसे कर सकते हैं?

उत्तर-

(a) किसी वस्तु का आवेश क्वाण्टीकृत है, इस कथन का तात्पर्य यह है कि हम किसी वस्तु को जितना चाहें उतना आवेश नहीं दे सकते अपितु वस्तु को आवेश, आवेश की न्यूनतम इकाई (e, मूल आवेश) के पूर्ण गुणजों में ही दिया जा सकता है।

(b) स्थूल अथवा बड़े पैमाने पर आवेशों से व्यवहार करते समय आवेश के क्वाण्टमीकरण का कोई महत्त्व नहीं होता और इसकी उपेक्षा की जा सकती है। इसका कारण यह है कि बड़े पैमाने पर व्यवहार में आने वाले आवेश मूल आवेश की तुलना में बहुत बड़े होते हैं। उदाहरण के लिए 1 μC आवेश में लगभग 1013 मूल आवेश सम्मिलित हैं। ऐसी अवस्था में आवेश को सतत मानकर व्यवहार किया जा सकता है।

प्रश्न 5.

जब काँच की छड़ को रेशम के टुकड़े से रगड़ते हैं तो दोनों पर आवेश आ जाता है। इसी प्रकार की परिघटना का वस्तुओं के अन्य युग्मों में भी प्रेक्षण किया जाता है। स्पष्ट कीजिए कि यह प्रेक्षण आवेश संरक्षण नियम से किस प्रकार सामंजस्य रखता है?

उत्तर-

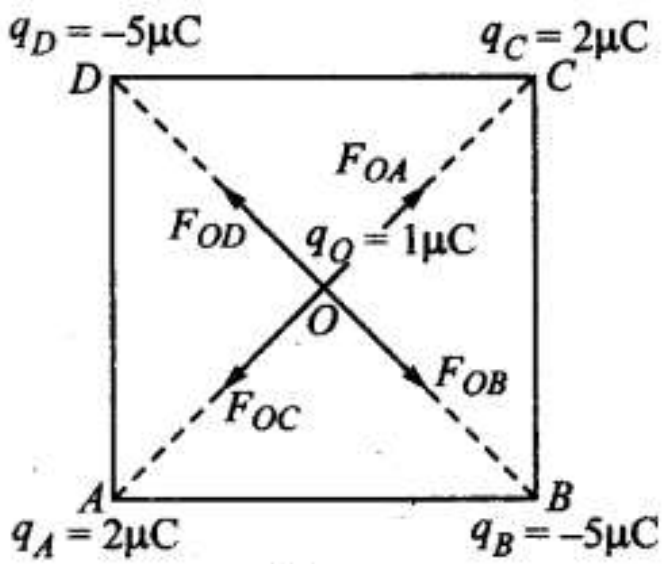
घर्षण द्वारा आवेशन की घटनाएँ आवेश संरक्षण नियम के साथ पूर्ण सामंजस्य रखती हैं। जब इस प्रकार की किसी घटना में दो उदासीन वस्तुओं को रगड़ा जाता है तो दोनों वस्तुएँ आवेशित हो जाती हैं। घर्षण से पूर्व दोनों वस्तुएँ उदासीन होती हैं अर्थात् उनका कुल आवेश शून्य होता है। इस प्रकार के सभी प्रेक्षणों में सदैव यह पाया गया है कि एक वस्तु पर जितना धनावेश आता है, दूसरी वस्तु पर उतना ही ऋणावेश आता है। इस प्रकार घर्षण द्वारा आवेशन के बाद भी दोनों वस्तुओं का नेट आवेश शून्य ही बना रहता है।

प्रश्न 6.

चार बिन्दु आवेश q_A = 2 μC, q_B = -5 μC, q_C = 2 μC तथा q_D = -5 μC, 10 cm भुजा के किसी वर्ग ABCD के शीर्षों पर अवस्थित हैं। वर्ग के केन्द्र पर रखे 1 μC आवेश पर लगने वाला बल कितना है ?

हल-

किसी आवेश पर कार्य करने वाले अन्य आवेशों के कारण कूलॉम बलों को सदिश विधि द्वारा जोड़ा जाता है। अत: वर्ग के केन्द्र पर रखे आवेश q_0 = 1 μC पर बल चारों आवेशों q_A, q_B, q_C व q_D के कारण कूलॉम बलों के सदिश योग के बराबर होगा।



चित्र 1.1

स्पष्टत: $$OA = OB = OC = OD = \frac{1}{2}\sqrt{10^2 + 10^2}$$

$$= \frac{10\sqrt{2}}{2} \text{ cm} = 5\sqrt{2} \text{ cm} = 5\sqrt{2} \times 10^{-2} \text{ m}$$

आवेश $q_A = 2\,\mu C$ के कारण $q_O = 1\,\mu C$ पर बल

$$\vec{F}_{OA} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0 q_A}{(OA)^2}, O \text{ से } C \text{ की ओर}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{(1 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^{-6})}{(5\sqrt{2} \times 10^{-2})^2}$$

$$= 3.6 \text{ N}, \vec{OC} \text{ के अनुदिश}$$

आवेश $q_C = -2\mu C$ के कारण q_0 पर बल

$$\vec{F}_{OC} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_O q_C}{(OC)^2}, O \text{ से } A \text{ की ओर}$$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{(1 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^{-6})}{(5\sqrt{2} \times 10^{-2})^2}$$

$$= 3.6 \text{ N}, \vec{OA} \text{ के अनुदिश}$$

स्पष्टत: $\vec{F}_{OA} + \vec{F}_{OC} = 0$

आवेश $q_B = -5\mu C$ के कारण $q_O = 1\,\mu C$ पर बल

$$\vec{F}_{OB} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_O q_B}{(OB)^2}, \vec{OB} \text{ की दिशा में}$$

$$= 9\times10^9 \frac{(1\times10^{-6})(5\times10^{-6})}{(5\sqrt{2}\times10^{-2})^2}, O \text{ से } B \text{ की ओर}$$

$$= 9.0\ \text{N}, \vec{OB} \text{ के अनुदिश}$$

आवेश $q_D = -5\ \mu\text{C}$ के कारण q_O पर बल

$$F_{OD} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_O q_D}{(OD)^2}, O \text{ से } D \text{ की ओर}$$

$$= 9\times10^9 \times \frac{(1\times10^{-6})(5\times10^{-6})}{(5\sqrt{2}\times10^{-2})^2}$$

$$= 9.0\ \text{N}, \vec{OD} \text{ के अनुदिश}$$

स्पष्टतः $\vec{F}_{OB} + \vec{F}_{OD} = 0$

कुल बल $F = \vec{F}_{OA} + \vec{F}_{OB} + \vec{F}_{OC} + \vec{F}_{OD}$

$$= (\vec{F}_{OA} + \vec{F}_{OC}) + (\vec{F}_{OB} + \vec{F}_{OD})$$

$$= 0 + 0 = 0$$

अर्थात् q_0 पर नेट बल शून्य है।

प्रश्न 7.

(a) स्थिर विद्युत-क्षेत्र रेखा एक सतत वक्र होती है अर्थात कोई क्षेत्र रेखा एकाएक नहीं टूट सकती क्यों?

(b) स्पष्ट कीजिए कि दो क्षेत्र रेखाएँ कभी-भी एक-दूसरे का प्रतिच्छेदन क्यों नहीं करतीं?

उत्तर-

(a) विद्युत-क्षेत्र रेखा वह वक्र है जिसके प्रत्येक बिन्दु पर खींची गई स्पर्श रेखा उस बिन्दु पर विद्युत-क्षेत्र की दिशा को प्रदर्शित करती है। ये क्षेत्र रेखाएँ सतत वक्र होती हैं अर्थात् किसी बिन्दु पर एकाएक नहीं टूट सकतीं, अन्यथा उस बिन्दु परे विद्युत-क्षेत्र की कोई दिशा ही नहीं होगी, जो असम्भव है।

(b) दो विद्युत-क्षेत्र रेखाएँ एक-दूसरे को प्रतिच्छेदित नहीं कर सकतीं; क्योंकि इस स्थिति

में कटान बिन्दु पर दो स्पर्श रेखाएँ खींची जाएँगी जो उस बिन्दु पर विद्युत-क्षेत्र की दो दिशाएँ प्रदर्शित करेंगी जो असम्भव है।

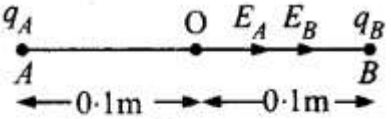
प्रश्न 8.

दो बिन्दु आवेश q_A = 3 μC तथा q_B = -3 μC निर्वात में एक-दूसरे से 20 cm दूरी पर स्थित हैं।

(a) दोनों आवेशों को मिलाने वाली रेखा AB के मध्य बिन्दु O पर विद्युत-क्षेत्र कितना है?

(b) यदि 1.5 x 10^{-9} C परिमाण का कोई ऋणात्मक परीक्षण आवेश इसे बिन्दु पर रखा जाए तो यह परीक्षण आवेश कितने बल का अनुभव करेगा?

हल—(a) ∵ q_A धनात्मक तथा q_B ऋणात्मक है; अत: मध्य बिन्दु O पर q_A व q_B दोनों के कारण विद्युत-क्षेत्र की दिशा O से B की ओर होगी।



चित्र 1.2

अत: मध्य बिन्दु पर विद्युत-क्षेत्र की तीव्रता

$$E = E_A + E_B = 9 \times 10^9 \times \frac{q}{(AO)^2} + 9 \times 10^9 \times \frac{q}{(BO)^2}$$

[जहाँ $q = |q_A| = |q_B|$]

$$= 9 \times 10^9 \left[\frac{3 \times 10^{-6}}{0.01} + \frac{3 \times 10^{-6}}{0.01}\right] = \mathbf{5.4 \times 10^6\ N/C} \quad \textbf{(AB दिशा में)}$$

(b) मध्य बिन्दु O पर रखे गए $Q = -1.5 \times 10^{-9}$C के आवेश पर बल

$$F = QE = 1.5 \times 10^{-9} \times 5.4 \times 10^6$$

$$= \mathbf{8.1 \times 10^{-3} N} \quad \textbf{(OA दिशा में)}$$

प्रश्न 9.

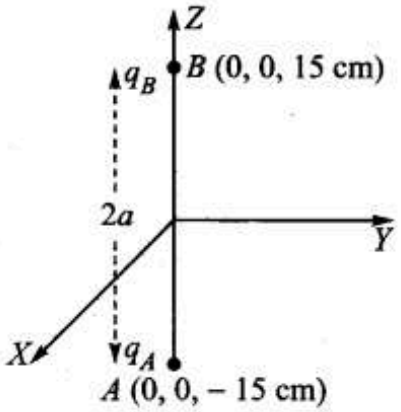
किसी निकाय में दो आवेश q_A = 2.5 x 10^{-7} C तथा q_B = – 2.5 x 10^{-7} C क्रमशः दो बिन्दुओं A : (0, 0, -15 cm) तथा B : (0, 0, +15 cm) पर अवस्थित हैं। निकाय का कुल आवेश तथा विद्युत-द्विध्रुव आघूर्ण क्या है?

हल-

प्रश्नानुसार, q_A = 2.5 x 10^{-7} C, q_B = – 2.5 x 10^{-7} C,

2a = AB = 30 cm = 0.30 m

कुल आवेश, $Q = q_A + q_B = 2.5 \times 10^{-7}\ C - 2.5 \times 10^{-7}\ C = 0$



चित्र 1.3

वैद्युत द्विध्रुव आघूर्ण,

$$\vec{p} = q \cdot 2\vec{a} = q \cdot 2a \text{ (दिशा } -q \text{ से } +q \text{ की ओर)}$$
$$= (2.5 \times 10^{-7}\ C) \times (0.30\ m)$$
$$= 7.5 \times 10^{-8}\ C\text{-m}; \quad B \text{ से } A \text{ की ओर}$$
$$= \mathbf{7.5 \times 10^{-8}\ Cm;}\ \textbf{ऋणात्मक } \boldsymbol{Z}\textbf{-अक्ष की ओर}$$

प्रश्न 10.

4×10^{-9} cm द्विध्रुव आघूर्ण को कोई विद्युत-द्विध्रुव $5 \times 10^4\ NC^{-1}$ परिमाण के किसी एकसमान विद्युत-क्षेत्र की दिशा से 30° पर संरेखित है। द्विध्रुव पर कार्यरत बल आघूर्ण का परिमाण परिकलित कीजिए।

हल-

दिया है,

$$p = 4 \times 10^{-9}\ \text{Cm}, E = 5 \times 10^4\ \text{NC}^{-1}, \theta = 30°, \tau = ?$$

अत: सूत्र $\tau = pE \sin\theta$, का उपयोग करते हुए

$$\tau = 4 \times 10^{-9} \times 5 \times 10^4 \times \sin 30°$$
$$= 20 \times 10^{-5} \times \frac{1}{2} = \mathbf{10^{-4}}\ \textbf{न्यूटन-मीटर}$$

प्रश्न 11.

ऊन से रगड़े जाने पर कोई पॉलीथीन का टुकड़ा 3×10^{-7} C के ऋणावेश से आवेशित पाया गया।

(a) स्थानान्तरित (किस पदार्थ से किस पदार्थ में) इलेक्ट्रॉनों की संख्या आकलित कीजिए।

(b) क्या ऊन से पॉलीथीन में संहति का स्थानान्तरण भी होता है?

हल—(a) दिया है, कुल स्थानान्तरित आवेश $= -3 \times 10^{-7}\,C$

एक इलेक्ट्रॉन पर कुल आवेश $= -1.6 \times 10^{-19}\,C$

स्थानान्तरित इलेक्ट्रॉनों की संख्या $n = ?$

चूँकि ऊन से रगड़ने पर पॉलीथीन के टुकड़े पर ऋण आवेश आता है, अत: इलेक्ट्रॉन ऊन से पॉलीथीन के टुकड़े पर स्थानान्तरित होते हैं।

हमें ज्ञात है कि $q = ne$

$$\therefore \quad n = \frac{q}{e} = \frac{-3 \times 10^{-7}\ C}{-1.6 \times 10^{-19}\ C} = 1.875 \times 10^{12}$$

$$= \mathbf{2 \times 10^{12}}\ \textbf{इलेक्ट्रॉन}$$

(b) हाँ, ऊन से पॉलीथीन पर द्रव्यमान का स्थानान्तरण होता है क्योंकि इलेक्ट्रॉन, जो द्रव्य कण हैं, ऊन से पॉलीथीन पर विस्थापित होते हैं।

m = प्रत्येक इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान = 9.1×10^{-31} kg,

n = 1.875×10^{12}

पॉलीथीन पर स्थानान्तरित कुल द्रव्यमान M = m x n = 91×10^{-31} kg x $1.875 \times 10^{12} = 1.71 \times 10^{18}$ kg

प्रश्न 12.

(a) दो विद्युतरोधी आवेशित ताँबे के गोलों A तथा B के केन्द्रों के बीच की दूरी 50 cm है। यदि दोनों गोलों पर पृथक्-पृथक् आवेश 6.5×10^{-7} C हैं तो इनमें पारस्परिक स्थिर विद्युत प्रतिकर्षण बल कितना है? गोलों के बीच की दूरी की तुलना में गोलों A तथा B की त्रिज्याएँ नगण्य हैं।

(b) यदि प्रत्येक गोले पर आवेश की मात्रा दो गुनी तथा गोलों के बीच की दूरी आधी कर

दी जाए तो प्रत्येक गोले पर कितना बल लगेगा?

हल—(a) प्रश्नानुसार, $q_1 = q_2 = 6.5 \times 10^{-7}$ C, $r = 50$ cm $= 0.50$ m

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$$

समान आवेशित गोलों के बीच प्रतिकर्षण बल (कूलॉम के नियम से)

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

$$= \frac{9 \times 10^9 \, (6.5 \times 10^{-7}) \, (6.5 \times 10^{-7})}{(0.50)^2}$$

$$= \mathbf{1.52 \times 10^{-2} \text{ N}}$$

(b) यहाँ $q_1' = 2q_1, \; q_2' = 2q_2, \; r' = \frac{r}{2}$

$$\therefore \quad F' = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1' \, q_2'}{(r')^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{(2q_1)(2q_2)}{(r/2)^2}$$

$$= 16 \times \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \right)$$

$$= 16 \times F = 16 \times 1.52 \times 10^{-2} \text{ N}$$

$$= 0.243 \text{ N} = \mathbf{2.43 \times 10^{-1} \text{ N}}$$

प्रश्न 13.

मान लीजिए प्रश्न 12 में गोले A तथा B साइज में सर्वसम हैं तथा इसी साइज का कोई तीसरा अनावेशित गोला पहले तो पहले गोले के सम्पर्क, तत्पश्चात दूसरे गोले के सम्पर्क में लाकर, अन्त में दोनों से ही हटा लिया जाता है। अब A तथा B के बीच नया प्रतिकर्षण बल कितना है?

हल-

माना प्रारम्भ में प्रत्येक गोले 'A' व 'B' पर अलग-अलग q आवेश है। ($q = 6.5 \times 10^{-7}$ C)

माना तीसरा अनावेशित गोला C है।

गोले A व C समान आकार के हैं; अतः परस्पर स्पर्श कराने पर ये कुल आवेश ($q_A + q_C = q + 0$) को आधा-आधा बाँट लेंगे।

हटाने के तत्पश्चात् दोनों पर आवेश

$$q'_A = q'_C = \frac{q_A + q_C}{2} = \frac{q+0}{2} = \frac{q}{2}$$

अब गोला C (आवेश q'_C के साथ) गोले B के सम्पर्क में आता है। आकार समान होने के कारण ये दोनों भी कुल आवेश को आधा-आधा बाँट लेंगे।

∴ हटाने के पश्चात् दोनों पर आवेश

$$q'_B = q''_C = \frac{q_B + q'_C}{2} = \frac{q + \frac{q}{2}}{2} = \frac{3q}{4}$$

अत: अब A गोले पर आवेश $q'_A = \frac{q}{2}$

तथा B गोले पर आवेश $q'_B = \frac{3q}{4}$

∴ इनके बीच प्रतिकर्षण बल

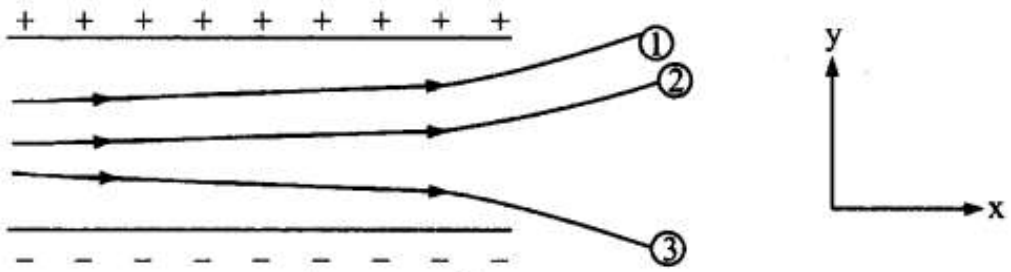
$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q'_A \times q'_B}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{\frac{q}{2} \times \frac{3q}{4}}{r^2}$$

$$= \frac{3}{8} \times 9 \times 10^9 \times \frac{6.5 \times 10^{-7} \times 6.5 \times 10^{-7}}{(0.5)^2}$$

$$= \mathbf{5.7 \times 10^{-3}\ N}$$

प्रश्न 14.

चित्र 1.4 में किसी एकसमान स्थिर विद्युत-क्षेत्र में तीन आवेशित कणों के पथचिह्न (tracks) दर्शाए गए हैं। तीनों आवेशों के चिह्न लिखिए। इनमें से किस कण का आवेश-संहति अनुपात ($\frac{q}{m}$) में अधिकतम है?



चित्र 1.4

उत्तर—किसी विद्युत-क्षेत्र में क्षेत्र के लम्बवत् गतिमान आवेशित कण का पार्श्विक विस्थापन

$$y = \left(\frac{qE}{2mv_x^2}\right)x^2 = \left(\frac{E}{2v_x^2}\right)\left(\frac{q}{m}\right)x^2$$

जहाँ x कणों द्वारा विद्युत-क्षेत्र के लम्ब दिशा में तय दूरी तथा v_x, x-अक्ष की दिशा में वेग है। यदि सभी कण विद्युत-क्षेत्र में समान वेग v_x से प्रवेश करते हैं तो

$$y \propto \frac{q}{m} \qquad (\because \text{विद्युत-क्षेत्र की लम्बाई } x \text{ सबके लिए समान है})$$

$\because$ कण (3) का विक्षेप सर्वाधिक है; अत: इसके लिए $\frac{q}{m}$ का मान सर्वाधिक होगा।

प्रश्न 15.

एकसमान विद्युत-क्षेत्र E = 3 x 10^3 iN/C पर विचार कीजिए।

(a) इस क्षेत्र का 10 cm भुजा के वर्ग के उस पाश्र्व से जिसका तल ya तल के समान्तर है, गुजरने वाला फ्लक्स क्या है?

(b) इसी वर्ग से गुजरने वाला फ्लक्स कितना है यदि इसके तल का अभिलम्ब x-अक्ष से

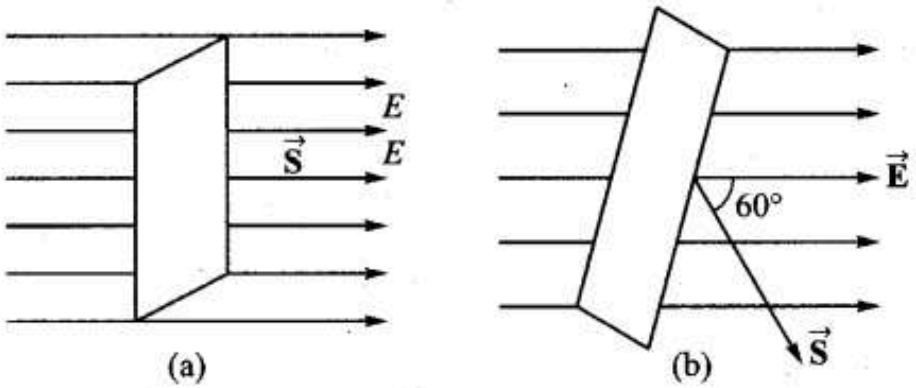
60° का कोण बनाता है?

हल—वैद्युत क्षेत्र, $\vec{E} = 3 \times 10^3 \hat{i}$ N/C $= 3 \times 10^3$ N/C, X- दिशा में

वैद्युत फ्लक्स $\phi_E = \vec{E} \cdot \vec{S}$

क्षेत्रफल का परिमाण = 10 सेमी × 10 सेमी = 100 सेमी^{2} = 100×10^{-4} मी^{2}

$= 1 \times 10^{-2}\ m^2$



चित्र 1.5

(a) जब वर्ग का तल yz-तल के समान्तर है, तो तल पर अभिलम्ब X-दिशा में होगा
वैद्युत क्षेत्र तथा तल के अभिलम्ब के बीच बना कोण = 0°
वैद्युत फ्लक्स

$$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{S} = ES \cos 0° = 3 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-2} \cos 0°$$
$$= \mathbf{30\ N\ m^2\ C^{-1}}$$

(b) इस स्थिति में $\theta = 60°$

$$\therefore \quad \text{वैद्युत फ्लक्स, } \Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{S} = ES \cos 60°$$
$$= 3 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-2} \cos 60° = 30 \times \frac{1}{2}$$
$$= \mathbf{15\ N\ m^2\ C^{-1}}$$

प्रश्न 16.

प्रश्न 15 में दिए गए एकसमान विद्युत-क्षेत्र का 20 cm भुजा के किसी घन से (जो इस प्रकार अभिविन्यासित है कि उसके फलक निर्देशांक तलों के समान्तर हैं) कितना नेट फ्लक्स गुजरेगा?

उत्तर-

एक घन के 6 फलक होंगे। इनमें से दो फलक y-z समतल के, दो z-x समतल के तथा दो x-y समतल के समान्तर होंगे।

विद्युत-क्षेत्र E = 3 x 10 i N/C x-अक्ष के अनुदिश है; अत: यह z-x तथा x-y समतलों

के समान्तर फलकों के समान्तर होगा।

इन चारों फलकों से गुजरने वाला फ्लक्स शून्य होगा।

विद्युत-क्षेत्र एकसमान है; अतः y-z समतल के समान्तर फलकों में से जितना फ्लक्स एक फलक से अन्दर प्रविष्ट होगा उतनी ही फ्लक्स दूसरे फलक से बाहर आएगा। अतः घन से गुजरने वाला नेट फ्लक्स शून्य होगा।

प्रश्न 17.

किसी काले बॉक्स के पृष्ठ पर विद्युत-क्षेत्र की सावधानीपूर्वक ली गई माप यह संकेत देती है। कि बॉक्स के पृष्ठ से गुजरने वाला नेट फ्लक्स 8.0×10^3 Nm^2/C है।

(a) बॉक्स के भीतर नेट आवेश कितना है?

(b) यदि बॉक्स के पृष्ठ से नेट बहिर्मुखी फ्लक्स शून्य है तो क्या आप यह निष्कर्ष निकालेंगे कि बॉक्स के भीतर कोई आवेश नहीं है? क्यों, अथवा क्यों नहीं?

हल—(a) दिया है, $\Phi = 8 \times 10^3\ Nm^2C^{-1}$,

$$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$$

यदि काले बॉक्स में नेट आवेश q है, तब

सूत्र $\Phi = \frac{q}{\varepsilon_0}$ से, $q = \varepsilon_0 \Phi$

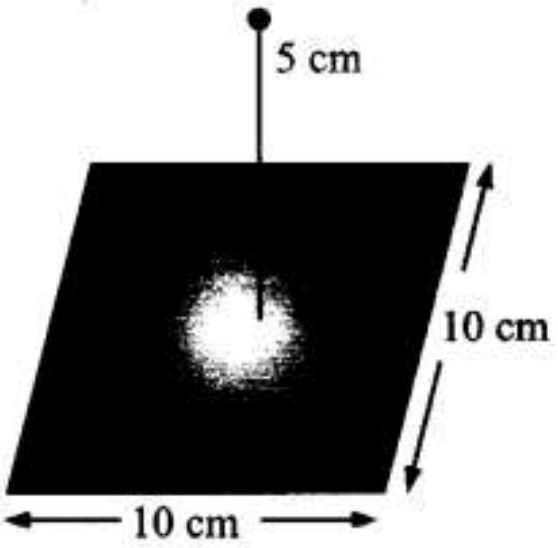
अथवा

$$q = 8.854 \times 10^{-12} \times 8 \times 10^3$$
$$= 8.854 \times 8 \times 10^{-9}$$
$$= 70.832 \times 10^{-9}$$
$$= 0.071 \times 10^{-6}\ C = \mathbf{0.071\ \mu C}$$

(b) यदि बॉक्स के पृष्ठ से नेट बहिर्मुखी वैद्युत फ्लक्स शून्य है, तो इससे यह निष्कर्ष नहीं निकलता कि बॉक्स के अन्दर कोई आवेश नहीं है। हो सकता है कि बॉक्स के अन्दर समान मात्रा में धनावेश तथा ऋणावेश दोनों उपस्थित हों, जो एक-दूसरे के प्रभाव को निरस्त कर देंगे अर्थात् बॉक्स के अन्दर नेट आवेश शून्य हो जाएगा और हमें ऐसा प्रतीत होगा कि बॉक्स के अन्दर कोई आवेश नहीं है।

प्रश्न 18.

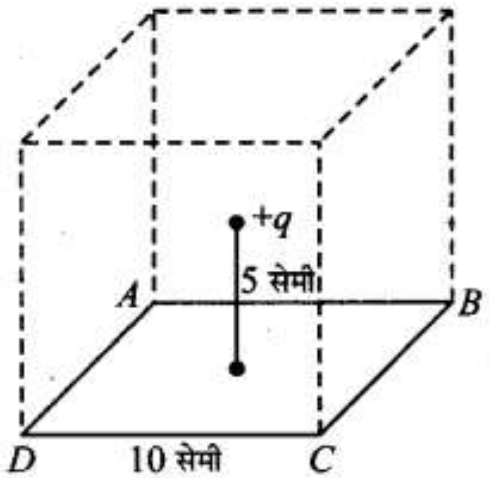
चित्र 1.6 में दर्शाए अनुसार 10 cm भुजा के किसी वर्ग के केन्द्र से ठीक 5 cm ऊँचाई पर कोई +10 μC आवेश रखा है। इस वर्ग से गुजरने वाले विद्युत फ्लक्स का। परिमाण क्या है? [संकेत : वर्ग को 10 cm किनारे के किसी घन का एक फलक मानिए]



चित्र 1.6

उत्तर—यह स्पष्ट है कि दिया गया वर्ग $ABCD$, 10 सेमी भुजा वाले घन का एक पृष्ठ है। इस घन के केन्द्र पर एक आवेश $+q = +10\ \mu C$ रखा है।

गौस की प्रमेय से घन के सभी 6 पृष्ठों से होकर जाने वाला कुल वैद्युत फ्लक्स $= \frac{q}{\varepsilon_0}$



चित्र 1.7

$\therefore$ वर्ग (घन के एक पृष्ठ) से होकर जाने वाला वैद्युत फ्लक्स

$$= \frac{1}{6}\frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{1}{6} \times \frac{10 \times 10^{-6}}{8.85 \times 10^{-12}} = \mathbf{1.88 \times 10^5\ N\text{–}m^2\ C^{-1}}$$

प्रश्न 19.

2.0 μC का कोई बिन्दु आवेश किसी किनारे पर 9.0 cm किनारे वाले किसी घनीय गाउसीय पृष्ठ के केन्द्र पर स्थित है। पृष्ठ से गुजरने वाला नेट फ्लक्स क्या है?

हल—पृष्ठ से होकर जाने वाला कुल वैद्युत फ्लक्स

$$\Phi_E = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{2.0 \times 10^{-6}}{8.85 \times 10^{-12}} = \mathbf{2.26 \times 10^5\ Nm^2\ C^{-1}}$$

प्रश्न 20.

किसी बिन्द आवेश के कारण, उस बिन्दु को केन्द्र मानकर खींचे गए 10 cm त्रिज्या के गोलीय गाउसीय पृष्ठ पर विद्युत फ्लक्स- 1.0 x 10^3 Nm^2/C

(a) यदि गाउसीय पृष्ठ की त्रिज्या दो गुनी कर दी जाए तो पृष्ठ से कितना फ्लक्स गुजरेगा?

(b) बिन्दु आवेश का मान क्या है?

हल-

(a) बिन्दु आवेश के चारों ओर खींचे गए गोलीय गाउसीय पृष्ठ से गुजरने वाला वैद्युत फ्लक्स उसकी त्रिज्या पर निर्भर नहीं करता, अत: त्रिज्या दो गुनी करने पर भी उससे गुजरने वाला वैद्युत फ्लक्स -1.0 x 10^8 न्यूटन-मी^{2}/कूलॉम ही रहेगा।

(b) $\because$ $q/\varepsilon_0 = \Phi_E$ से, $q = \varepsilon_0 \times \Phi_E$

$\therefore$ $q = (8.85 \times 10^{-12}$ कूलॉम^2/न्यूटन मी$^2)$

$\times (-1.0 \times 10^3$ न्यूटन मी^{2}/कूलॉम$)$

$= \mathbf{-8.85 \times 10^{-9}}$ **कूलॉम**

प्रश्न 21.

10 cm त्रिज्या के चालक गोले पर अज्ञात परिमाण का आवेश है। यदि गोले के केन्द्र से 20 cm दूरी पर विद्युत-क्षेत्र 1.5 x 10^3 N/C त्रिज्यतः अन्तर्मुखी (radially inward) है तो गोले पर नेट आवेश कितना है?

हल-

दिया है, चालक गोले की त्रिज्या R = 10 सेमी

गोले के केन्द्र से बिन्दु की दूरी r = 20 सेमी = 0.20 मी

स्पष्टत: $r > R$

गोले से 20 सेमी दूर स्थित बिन्दु पर वैद्युत क्षेत्र $E = 1.5 \times 10^3\ \text{NC}^{-1}$ (अन्दर की ओर)

गोले पर नेट आवेश $q = ?$

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

$$q = 4\pi\varepsilon_0 Er^2$$

या $$q = \frac{1}{9 \times 10^9} \times 1.5 \times 10^3 \times (0.20)^2$$

$$= 6.67 \times 10^{-9}\ \text{C} = -\ 6.67\ \text{nC}$$

इसके अतिरिक्त E गोले के अन्दर की ओर दिष्ट है, अत: आवेश ऋणावेश है।

$$q = -\ 6.67 \times 10^{-9}\text{C} = -\ \mathbf{6.67\ nC}$$

प्रश्न 22.

2.4m व्यास के एकसमान आवेशित चालक गोले का पृष्ठीय आवेश घनत्व 80.0 $\mu C/m^2$ है।

(a) गोले पर आवेश ज्ञात कीजिए।

(b) गोले के पृष्ठ से निर्गत कुल विद्युत फ्लक्स क्या है?

हल—दिया है, गोले के पृष्ठ का आवेश घनत्व

$$\sigma = 80.0\ \mu\text{Cm}^{-2}$$

$$= 80 \times 10^{-6}\ \text{Cm}^{-2}$$

आवेशित गोले की त्रिज्या $R = \dfrac{2.4}{2} = 1.2\ \text{m}$

(a) गोले पर आवेश $q = ?$

सूत्र $\sigma = \dfrac{q}{4\pi R^2}$ से,

$$q = 4\pi R^2 \sigma$$

$$= 4 \times \left(\frac{22}{7}\right) \times (1.2)^2 \times 80 \times 10^{-6}$$

$$= \mathbf{1.45 \times 10^{-3}\ C}$$

(b) गोले के पृष्ठ से निर्गत कुल वैद्युत फ्लक्स $\Phi = ?$

सूत्र $\Phi = \dfrac{q}{\varepsilon_0}$ से,

$$\Phi = \frac{1.45 \times 10^{-3}}{8.854 \times 10^{-12}}$$

$$= \mathbf{1.64 \times 10^{8}\ Nm^2/C}$$

प्रश्न 23.

कोई अनन्त रैखिक आवेश 2 cm दूरी पर 9 x 10^4 NC^{-1} विद्युत-क्षेत्र उत्पन्न करता है।

रैखिक आवेश घनत्व ज्ञात कीजिए।

हल—अनन्त लम्बाई के रेखीय आवेश के कारण r दूरी पर उत्पन्न वैद्युत क्षेत्र,

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

रेखीय आवेश घनत्व, $\lambda = 2\pi\varepsilon_0 rE = \frac{1}{2}(4\pi\varepsilon_0)\, r\, E$

यहाँ $r = 2$ सेमी $= 0.02$ मी, $E = 9 \times 10^4\ \text{NC}^{-1}$

$$\therefore \qquad l = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1}{9 \times 10^9}\right) \times (0.02) \times (9 \times 10^4) = \mathbf{10^{-7}\ C\ m^{-1}}$$

प्रश्न 24.

दो बड़ी, पतली धातु की प्लेटें एक-दूसरे के समानान्तर एवं निकट हैं। इनके भीतरी फलकों पर, प्लेटों के पृष्ठीय आवेश घनत्वों के चिह्न विपरीत हैं तथा इनका परिमाण 17.0 x 10^{-23} C/mहै।

(a) पहली प्लेट के बाह्य क्षेत्र में,

(b) दूसरी प्लेट के बाह्य क्षेत्र में, तथा

(c) प्लेटों के बीच में विद्युत-क्षेत्र E का परिमाण परिकलित कीजिए।

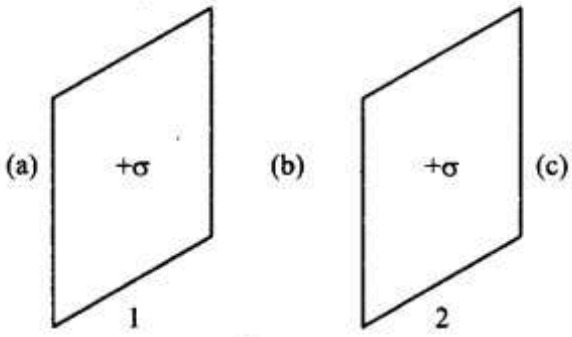
हल—दिया है, पट्टिका पर पृष्ठीय आवेश घनत्व

$$\sigma = 17.0 \times 10^{-22}\ \text{C/m}^2$$

तथा

$$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\ \text{C}^2/\text{Nm}^2$$

पट्टिकाओं का प्रबन्धन निम्नांकित चित्र में प्रदर्शित है—



चित्र 1.8

(a) पहली पट्टिका के बाह्य क्षेत्र (a) में दोनों पट्टिकाओं के कारण वैद्युत क्षेत्र परस्पर विपरीत तथा परिमाण में बराबर है।

सूत्र $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ से,

क्षेत्र (a) में वैद्युत क्षेत्र की परिणामी तीव्रता

$$E_a = \left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right) + \left(\frac{-\sigma}{2\varepsilon_0}\right)$$

$$= \frac{\sigma - \sigma}{2\varepsilon_0} = \mathbf{0}$$

(b) दूसरी पट्टिका के बाह्य क्षेत्र (c) में भी दोनों पट्टिकाओं के कारण वैद्युत क्षेत्र परस्पर विपरीत तथा परिमाण में बराबर है।

अत: $$E_c = \left(\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\right) + \left(\frac{-\sigma}{2\varepsilon_0}\right) = \frac{\sigma - \sigma}{2\varepsilon_0} = \mathbf{0}$$

(c) दोनों पट्टिकाओं के बीच के क्षेत्र (b) में दोनों पट्टिकाओं के कारण वैद्युत क्षेत्र एक ही दिशा में (प्लेट 1 से प्लेट 2 की ओर) दिष्ट है, अत:

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

$$= \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{17 \times 10^{-22}}{8.854 \times 10^{-12}}$$

$$= \mathbf{1.92 \times 10^{-10}\ N / C}$$

अतिरिक्त अभ्यास

प्रश्न 25.

मिलिकन तेल बूंद प्रयोग में 2.55 x 10^4 NC^{-1} के नियत विद्युत-क्षेत्र के प्रभाव में 12