

विद्युत क्षेत्र

पाठ्य पुस्तक के प्रश्न एवं उत्तर

बहुचयनात्मक प्रश्न

प्रश्न 1. दो एकसमान तथा बराबर आवेशों को 3 मीटर की दूरी पर रखने पर उनके मध्य 1.6 न्यूटन का प्रतिकर्षण बल कार्य करता है। प्रत्येक आवेश का मान होगा

- (अ) 2c
- (ब) 4C
- (स) 40C
- (द) 80C

उत्तर: (स) 40C

दिया है— $r = 3$ मीटर
 $F = 1.6 \text{ N}$
 $q_1 = q_2 = q$
 $\therefore 1.6 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q \times q}{(3)^2}$

प्रश्न 2. दो आवेशों के मध्य बल F है। यदि उनके मध्य की दूरी तीन गुना कर दी जाये तब इन आवेशों के मध्य बल होगा

- (अ) F
- (ब) $F/3$
- (स) $F/9$
- (द) $F/27$

उत्तर: (स) $F/9$

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$
$$F' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{(3r)^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{9r^2}$$
$$= \frac{1}{9} \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \right) = \frac{F}{9}$$

प्रश्न 3. किसी वस्तु को $5 \times 10^{-19}\text{C}$ से धनावेशित करने के लिये उसमें से निकाले गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या होगी

- (अ) 3
- (ब) 5
- (स) 7
- (द) 9

उत्तर: (अ) 3

$$q = 5 \times 10^{-19}\text{C}$$

$$\therefore q = ne$$

$$\therefore n = \frac{q}{e} = \frac{5 \times 10^{-19}\text{C}}{1.6 \times 10^{-19}}$$

$$n \approx 3$$

प्रश्न 4. दो बिन्दु आवेश $+9e$ तथा $+e$ परस्पर 16 cm दूर स्थित हैं। इनके मध्य एक अन्य आवेश ? कहाँ रखें कि वह साम्यावस्था में रहे?

- (अ) $+9$ आवेश से 24 cm दूर
- (ब) $+9e$ आवेश से 12 cm दूर
- (स) $+e$ आवेश से 24 cm दूर
- (द) $+e$ आवेश से 12 cm दूर

उत्तर: (ब) $+9e$ आवेश से 12 cm दूर

माना आवेश q को $+qe$ से x दूरी पर रखते हैं।

$$\text{अतः } \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(9e)(q)}{x^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(e)(q)}{(16-x)^2}$$

$$\Rightarrow x = 12 \text{ cm}$$

प्रश्न 5. दो समान गोले जिन पर विपरीत तथा असमान आवेश है परस्पर 90 cm दूरी पर रखे हुए हैं। इनको परस्पर स्पर्श कराकर पुनः जब उतनी ही दूरी पर रख दिया जाता है तो वे परस्पर 0.025N बल से प्रतिकर्षित करने लगते हैं। दोनों का अन्तिम आवेश होगा

- (अ) 1.5C
- (ब) $1.5\mu\text{C}$
- (स) 3c
- (द) $3\mu\text{e}$

उत्तर: (अ) 1.5C

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{(90)^2}$$

$$\text{तथा } F' = 0.025 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\left(\frac{q_1 q_2}{2}\right) \left(\frac{q_1 - q_2}{2}\right)}{(90)^2}$$

हल करने पर $-q_1 = q_2 = 1.5C$

प्रश्न 6. यदि दो आवेशों के मध्य काँच की प्लेट रख दी जाये तब उनके मध्य कार्यरत् विद्युत बल पूर्व की तुलना में हो जायेगा

- (अ) अधिक
- (ब) कम
- (स) शून्य
- (द) अनन्त।

उत्तर: (ब) कम

माध्यम में रखने पर विद्युत बल पूर्व की तुलना में कम हो जाएगा।

प्रश्न 7. HCl अणु का द्विध्रुव आघूर्ण $3.4 \times 10^{-30} \text{C-m}$ है उसके आयनों के मध्य दूरी होगी

- (अ) $2.12 \times 10^{-11} \text{ m}$
- (ब) शून्य
- (स) 2mm
- (द) 2cm.

उत्तर: (अ) $2.12 \times 10^{-11} \text{ m}$

आयन आपस में बद्ध होंगे अतः उनके मध्य दूरी शून्य होगी।

प्रश्न 8. एक इलेक्ट्रॉन तथा प्रोटॉन समरूपी विद्युत क्षेत्र में स्थित हैं। उनके त्वरणों का अनुपात होगा

- (अ) शून्य
- (ब) m_p/m_e
- (स) 1 (एक)
- (द) m_e/m_p

उत्तर: (ब) m_p/m_e

$$a = \frac{f}{m} \Rightarrow \frac{a_e}{a_p} = \frac{F/m_e}{F/m_p} = \frac{m_p}{m_e}$$

प्रश्न 9. किसी वर्ग के चारों कोनों पर समान परिमाण के सजातीय आवेश स्थित हैं। यदि किसी एक आवेश के कारण वर्ग के केन्द्र पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता E हो तो वर्ग के केन्द्र पर परिणामी विद्युत क्षेत्र की तीव्रता होगी

- (अ) शून्य
- (ब) E
- (स) $E/4$
- (द) $4E$

उत्तर: (अ) शून्य

चूँकि विकर्ण पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता के घटक आपस में बराबर व विपरीत है अतः परिणामी विद्युत क्षेत्र की तीव्रता शून्य होगी।

प्रश्न 10. एक विद्युत द्विध्रुव को समरूप विद्युत क्षेत्र में रखने पर उस पर लगेगा

- (अ) केवल बलाघूर्ण
- (ब) केवल बल
- (स) बल तथा बलाघूर्ण दोनों
- (द) न बल तथा न बलाघूर्ण

उत्तर: (अ) केवल बलाघूर्ण

एक विद्युत द्विध्रुव को समरूप विद्युत क्षेत्र में रखने पर उस पर केवल बलाघूर्ण लगेगा।

प्रश्न 11. विद्युत क्षेत्र में द्विध्रुव पर बल आघूर्ण का मान अधिकतम होने के लिये है \vec{p} तथा \vec{E} के मध्य कोण होना चाहिये

- (अ) 0°
- (ब) 180°
- (स) 45°
- (द) 90°

उत्तर: (द) 90°

$$\tau_{\max} = pE \sin 90^\circ = pE$$
$$\therefore \theta = 90^\circ$$

प्रश्न 12. एक इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन 1A दूरी पर स्थित हैं। निकाय का द्विध्रुव आघूर्ण है

- (अ) $3.2 \times 10^{-29} \text{C-m}$
 (ब) $1.6 \times 10^{-19} \text{C-m}$
 (स) $1.6 \times 10^{-29} \text{C-m}$
 (द) $3.2 \times 10^{-19} \text{C-m}$.

उत्तर: (स) $1.6 \times 10^{-29} \text{C-m}$
 $p = q \times 2l$
 $= 1.6 \times 10^{-19} \times (1 \times 10^{-10})$
 $= 1.6 \times 10^{-29} \text{C-m}$

प्रश्न 13. एक विद्युत द्विध्रुव के कारण अनुदैर्घ्य तथा अनुप्रस्थ स्थिति में समान दूरी पर स्थित प्रेक्षण बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रताओं का अनुपात होगा

- (अ) 1 : 2
 (ब) 2 : 1
 (स) 1 : 4
 (द) 4 : 1

उत्तर: (ब) 2 : 1

$$\frac{E_{\text{axial}}}{E_{\text{Transverse}}} = \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2p}{r^3}}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p}{r^3}} = \frac{2}{1}$$

प्रश्न 14. कुछ दूरी पर स्थित $+5\mu\text{C}$ तथा $-5\mu\text{C}$ आवेशों के मध्य 9N का आकर्षण बल कार्यशील हैं। इन आवेशों के परस्पर स्पर्श कराकर पुनः उतनी ही दूरी पर रखने पर उनके मध्य कार्यशील बल हो जायेगा—

- (अ) अनन्त
 (ब) $9 \times 10^9 \text{N}$
 (स) 1N
 (द) शून्य।

उत्तर: (द) शून्य।

$$9 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(5 \times 10^{-6}) \times (-5 \times 10^{-6})}{r^2}$$

स्पर्श कराने पर प्रत्येक पर आवेश शून्य हो जाएगा।

$$\therefore F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(c)}{r^2} = 0$$

प्रश्न 15. दो परिमाण में समान विजातीय आवेश परस्पर कुछ दूरी पर रखे हैं। उनके मध्य F न्यूटन बल कार्यरत है। यदि एक आवेश का 75% दूसरे आवेश को स्थानान्तरित कर दिया जाये तब उनके मध्य बल पूर्व मान का कितना गुना हो जायेगा ?

- (अ) $\frac{F}{16}$ (ब) $\frac{7F}{16}$
 (स) $\frac{9F}{16}$ (द) $\frac{15}{16}F$

उत्तर:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q \times q}{r^2}$$

स्थानान्तरण करने पर, $q_1 = q$, तथा $q_2 = \frac{3}{4}q$ अतः दोनों पर आवेश

$$\frac{\left(q + \frac{3}{4}q\right)}{2} \text{ होगा।}$$

∴ उनके मध्य नया बल

$$F' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\left(q + \frac{3}{4}q\right)\left(q + \frac{3}{4}q\right)}{r^2}$$

$$F' = \frac{F}{16}$$

उत्तर—एक क्वाण्टम आवेश = $1.6 \times 10^{-19}C$.

अति लघुत्तरात्मक प्रश्न

प्रश्न 1. एक क्वाण्टम आवेश का मान लिखिए।

उत्तर: एक क्वाण्टम आवेश = $1.6 \times 10^{-19}C$.

प्रश्न 2. दूरी पर स्थित दो प्रोटॉनों के मध्य स्थिर विद्युत बल F है। प्रोटॉनों को हटाकर इलेक्ट्रॉन रख दें तो अब विद्युत बल कितना होगा ?

उत्तर: चूँकि प्रोटॉन पर आवेश = इलेक्ट्रॉन पर आवेश। अतः विद्युत बल में कोई परिवर्तन नहीं होगा।
अतः विद्युत बल = F .

प्रश्न 3. एक आवेश के द्वारा दूसरे आवेश पर लगने वाला विद्युत बल F है। एक अन्य आवेश की उपस्थिति में प्रथम आवेश के द्वारा दूसरे आवेश पर कितना विद्युत बल होगा ?

उत्तर: अन्य आवेश की उपस्थिति में विद्युत बल पर कोई प्रभाव नहीं होगा। अतः विद्युत बल F ही रहेगा।

प्रश्न 4. यदि किसी माध्यम का परावैद्युतक एक हो तो उसकी निरपेक्ष विद्युत्शीलता कितनी होगी ?

उत्तर: निरपेक्ष विद्युत्शीलता

$$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0 = 1 \times 8.85 \times 10^{-12} \\ = 8.85 \times 10^{-12} \text{C}^2/\text{Nm}^2$$

प्रश्न 5.5 दो बिन्दु आवेशों q_1 तथा q_2 के लिए $q_1 q_2 < 0$ है। दोनों आवेशों के मध्य बल की प्रकृति क्या होगी ?

उत्तर: यदि $q_1 q_2 < 0$ तब q_1 व q_2 में से एक धनावेशित तथा दूसरा ऋणावेशित होगा तथा इनके मध्य आकर्षण बल लगेगा।

प्रश्न 6. दो बिन्दु आवेशों q_1 तथा q_2 के लिए $q_1 q_2 > 0$ हैं दोनों आवेशों के मध्य बल की प्रकृति क्या होगी ?

उत्तर: यदि $q_1 q_2 > 0$ तब q_1 व q_2 45 में से प्रत्येक या तो धनात्मक या तो ऋणात्मक होगा। इनके मध्य प्रतिकर्षण का बल लगेगा।

प्रश्न 7. विद्युत क्षेत्र E में रखे। आवेश पर कार्यरत् बल कितना होता है ?

उत्तर:

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

प्रश्न 8. किसी आवेशित कण के द्रव्यमान और आवेश पर चाल (speed) का क्या प्रभाव पड़ता है ?

उत्तर: यदि चाल $v \approx c$ (प्रकाश की चाल) तो चाल बढ़ने से द्रव्यमान बढ़ेगा तथा आवेश नियत रहेगा।

प्रश्न 9. उस विद्युत क्षेत्र की तीव्रता का परिमाण कितना होगा जो एक इलेक्ट्रॉन के भार को सन्तुलित रखेगा। दिया है : $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ तथा $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$.

उत्तर: इलेक्ट्रॉन के सन्तुलन के लिए

$$\begin{aligned}
 mg &= eE \\
 \Rightarrow E &= \frac{mg}{e} \\
 &= \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 9.8}{1.6 \times 10^{-19}} \\
 &= 5.57 \times 10^{-11} \text{ N/C}
 \end{aligned}$$

प्रश्न 10. निर्वात में स्थित दो बिन्दु आवेशों के मध्य । बल लग रहा है। यदि इन आवेशों के मध्य पीतल की प्लेट रख दी जाए तब बल का मान क्या होगा ?

उत्तर:

$$\begin{aligned}
 \text{निर्वात में बिन्दु आवेशों के मध्य बल } F &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \\
 \text{माध्यम में बिन्दु आवेशों के मध्य बल } F_m &= \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q_1 q_2}{r^2} \\
 \therefore F_m &= \frac{F}{\epsilon_r} = \frac{F}{\infty} = 0
 \end{aligned}$$

प्रश्न 11. उस प्रयोग का नाम लिखिए जिससे विद्युत आवेश की क्वाण्टम प्रकृति की स्थापना हुई।

उत्तर: मिलिकन तेल बूंद प्रयोग (Millikan Oil Drop Experiment)

प्रश्न 12. विद्युत द्विध्रुव आघूर्ण की परिभाषा दीजिए।

उत्तर: विद्युत द्विध्रुव के किसी एक आवेश के परिमाण एवं उनके मध्य विस्थापन के गुणनफल की विद्युत द्विध्रुव आघूर्ण कहते हैं।

प्रश्न 13. आदर्श विद्युत द्विध्रुव की शर्त लिखिए।

उत्तर: यदि आवेशों का मान अत्यधिक ($q \rightarrow \infty$) तथा उनके बीच दूरी नगण्य ($2l \rightarrow 0$) हो तो ऐसा आदर्श विद्युत द्विध्रुव कहलाता है।

प्रश्न 14. ऐसे कण का उदाहरण दीजिए जिसका विराम द्रव्यमान शून्य होता है तथा अनावेशित होता है।

उत्तर: फोटॉन।।

प्रश्न 15. नियतांक $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ का मान किन कारकों पर निर्भर करता है ?

उत्तर: k का मान माध्यम की प्रकृति एवं मापन की पद्धति पर निर्भर करता है।

प्रश्न 16. ${}^{14}_7\text{N}$ नाभिक पर आवेश का मान कूलॉम में लिखिए।

उत्तर: आवेश $q = Ze$ से।
 $q = 7e = 7 \times 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$
 $= 11.2 \times 10^{-19}\text{C}$

प्रश्न 17. एबोनाइट की छड़ को फर से रगड़ने पर एबोनाइट की छड़ ऋणावेशित क्यों हो जाती है ?

उत्तर: क्योंकि फर में इलेक्ट्रॉन, एबोनाइट की अपेक्षा कम दृढ़ता से बँधे होते हैं। अतः रगड़ने पर वे फर से एबोनाइट की छड़ में चले जाते हैं।

प्रश्न 18. आवेश के CGS तथा SI मात्रकों के नाम लिखिए। इनके मध्य क्या सम्बन्ध है ?

उत्तर: आवेश का CGS मात्रक esu या स्टेट कूलॉम तथा SI मात्रक कूलॉम (C) है।

$1 \text{ कूलॉम} = 3 \times 10^9 \text{ esu}$

प्रश्न 19. एक समान विद्युत क्षेत्र में विद्युत द्विध्रुव कब स्थायी। साम्यावस्था में होता है ?

उत्तर: विद्युत द्विध्रुव के स्थायी साम्यावस्था के लिए \vec{p} व \vec{E} समान्तर होने चाहिए अर्थात् उनके मध्य कण शून्य होना चाहिए।

प्रश्न 20. एक समान विद्युत क्षेत्र में विद्युत द्विध्रुव पर परिणामी। बल कितना होता है ?

उत्तर: शून्य।

लघूत्तरात्मक प्रश्न

प्रश्न 1. घर्षण विद्युत से क्या तात्पर्य है ? इसकी उत्पत्ति की व्याख्या कीजिए।

उत्तर: दो उचित पदार्थों को उचित दशाओं में रगड़ने से उत्पन्न विद्युत् को घर्षण विद्युत कहते हैं। उचित पदार्थों को जब रगड़ा जाता है तो वह विद्युतीकृत हो जाते हैं। इनमें से एक पदार्थ इलेक्ट्रॉनों का त्याग करता है तथा दूसरा पदार्थ इलेक्ट्रॉनों को ग्रहण करता है। जो पदार्थ इलेक्ट्रॉनों का त्याग करता है उसे धनावेशित तथा जो पदार्थ इलेक्ट्रॉनों को ग्रहण करता है उसे ऋणवेशित कहा जाता है। आवेशन का मूल कारण वास्तव में इलेक्ट्रॉनों का एक पदार्थ से दूसरे पर रगड़ने के दौरान स्थानान्तरण है।

प्रश्न 2. दो स्थिर बिन्दु आवेशों के मध्य लगने वाले बल के लिए कूलॉम के नियम का कथन लिखिए।

उत्तर: दो स्थिर बिन्दु आवेशों के मध्य कार्य करने वाला आकर्षण या प्रतिकर्षण बल दोनों आवेशों की मात्राओं के गुणनफल के अनुक्रमानुपाती एवं उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है। यह बल दोनों आवेशों को मिलाने वाली रेखा के अनुदिश होता है।

प्रश्न 3. आवेश के क्वाण्टीकरण को समझाइए।

उत्तर: आवेश का क्वाण्टमीकरण वह गुण है जिसके कारण सभी मुक्त आवेश मूल आवेश (e) के पूर्ण-गुणज (integral multiple) होते हैं।

अर्थात् किसी वस्तु पर आवेश q हमेशा निम्न प्रकार होगा :

$$q = ne$$

जहाँ $n = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$

जहाँ n एक पूर्ण संख्या है और e मूल आवेश है।

प्रश्न 4. बलों के लिए अध्यारोपण का सिद्धान्त लिखिए।

उत्तर: जब कई आवेश किसी आवेश विशेष पर बल लगाते हैं तो उस आवेश पर लगने वाला परिणामी बल उन सभी बलों का सदिश योग होता है। जो वे सभी आवेश अलग-अलग आवेश पर स्वतन्त्र रूप से बल लगाते हैं। किसी एक आवेश द्वारा लगाया गया विशिष्ट बल अन्य आवेशों की उपस्थिति के कारण प्रभावित नहीं होता।

प्रश्न 5. दो बिन्दु आवेशों के मध्य उन्हें मिलाने वाली रेखा के किसी बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता शून्य है। इससे आप आवेशों के बारे में क्या निष्कर्ष निकाल सकते हो ?

उत्तर: दोनों आवेश सजातीय है अतः विद्युत क्षेत्र की तीव्रता शून्य होगी।

प्रश्न 6. एक इकाई ऋण आवेशित आयन तथा एक इलेक्ट्रॉन विद्युत क्षेत्र E के प्रभाव में गतिमान हैं। इन दोनों में से कौन-सा कण तीव्र गति से चलेगा और क्यों ?

उत्तर: इलेक्ट्रॉन तीव्र गति से चलेगा क्योंकि इसका द्रव्यमान इकाई ऋण आवेशित आयन की अपेक्षा कम होगा। इलेक्ट्रॉन के ग्रहण करने के कारण इकाई ऋण आवेशित आयन का द्रव्यमान अधिक होगा।

प्रश्न 7. विद्युत क्षेत्र रेखा किसे कहते हैं ? इनके दो गुण लिखिए।

उत्तर: विद्युत क्षेत्र में स्वतन्त्रतापूर्वक (freely) छोड़ा गया धन परीक्षण आवेश जिस मार्ग का अनुसरण करता है, उसे विद्युत क्षेत्र रेखा कहते हैं।

गुण -

(i) विद्युत क्षेत्र रेखाएँ धन आवेश से ऋण आवेश की ओर चलती हैं।

(ii) दो क्षेत्र रेखाएँ कभी एक-दूसरे को काटती नहीं हैं।

प्रश्न 8. आवेश संरक्षण नियम लिखिए।

उत्तर: आवेश का संरक्षण वह गुण है जिसके कारण किसी विलगित निकाय का कुल आवेश नियत रहता है। इस प्रकार किसी विलगित निकाय के कुल आवेश को न तो नष्ट किया जा सकता है और न ही उत्पन्न किया जा सकता है।

प्रश्न 9. माध्यम के लिए आपेक्षिक विद्युत्शीलता की परिभाषा दीजिए।

उत्तर: यदि निर्वात की विद्युत्शीलता (ϵ_0) है तथा अन्य किसी माध्यम की निरपेक्ष विद्युत्शीलता (ϵ) हो तो ϵ व ϵ_0 के अनुपात को माध्यम के लिए आपेक्षिक विद्युत्शीलता कहते हैं। इसे माध्यम का परावैद्युतक भी कहते अतः आपेक्षिक विद्युत्शीलता $\epsilon = K = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$

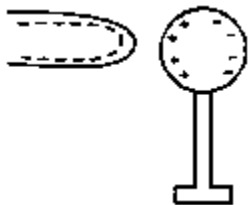
प्रश्न 10. किसी धात्विक गोले को बिना स्पर्श किए आप किस प्रकार धनावेशित कर सकते हैं ?

उत्तर: किसी धातु के गोले को स्पर्श किए बिना धनावेशित करने की प्रक्रिया को विभिन्न चरणों में नीचे दिखाया गया है

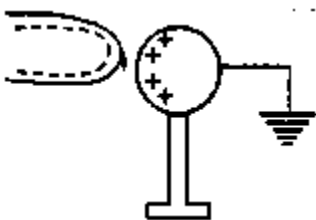
(a) अनावेशित धातु का गोला



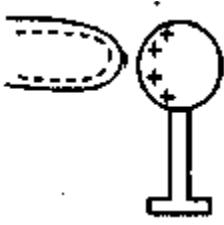
(b) गोले के निकट ऋणावेशित छड़ लाने पर



(c) चालक तार द्वारा गोले को भूसंपर्क करने पर ऋणात्मक आवेश पृथ्वी में चला जाता है। धनावेश, छड़ के ऋणावेश के आकर्षण बल के कारण बद्ध रहता है।



(d) गोले का भूसंपर्क तोड़ने पर गोले के। पास के सिरे पर धनावेश की बद्धता बनी रहती है।

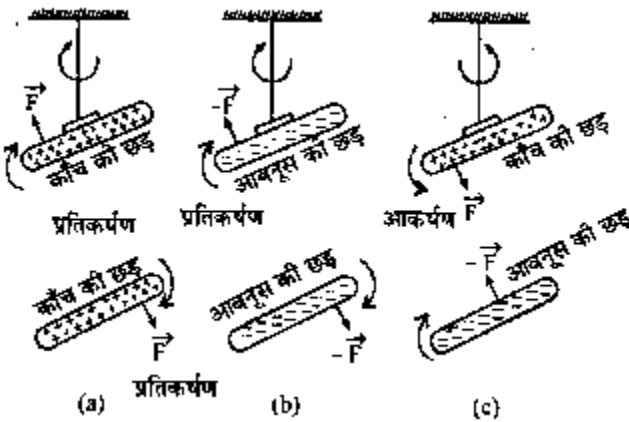


(e) विद्युन्मय छड़ को हटाने पर धनावेश गोले के पृष्ठ पर एकसमान रूप से फैल जाता है।



प्रश्न 11. आप किस प्रकार प्रदर्शित करेंगे कि आवेश दो प्रकार के होते हैं ?

उत्तर: यदि काँच की दो छड़ों को रेशम से रगड़कर पास-पास लटकाएँ तो वे एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करती हैं [चित्र (a)]। इसी प्रकार दो आबनूस की छड़ों को बिल्ली की खाल से रगड़कर पास-पास लटकाने पर वे भी एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करती हैं (चित्र (b))।



लेकिन जब काँच की छड़ को रेशम से रगड़कर और आबनूस की छड़ को बिल्ली की खाल से रगड़कर पास-पास लटकाएँ तो वे एक-दूसरे को आकर्षित करती हैं [चित्र (c)]। इससे स्पष्ट होता है कि जिस प्रकार का आवेश काँच की छड़ पर है उस प्रकार का आवेश आबनूस की छड़ पर नहीं है अर्थात् आवेश दो प्रकार के होते हैं। काँच की छड़ में उत्पन्न आवेश को धन-आवेश (positive charge या vitreous) और आबनूस की छड़ में उत्पन्न आवेश को ऋण-आवेश (negative charge या resinous) कहा गया।

प्रश्न 12. आवेशों के सन्दर्भ में $q_1 + q_2 = 0$ क्या सूचित करता है ?

उत्तर: $q_1 + q_2 = 0$ यह सूचित करता है कि एक आवेश धनात्मक है। व दूसरा ऋणात्मक है तथा दोनों आवेशों का परिमाण बराबर है।

प्रश्न 13. एक समान विद्युत क्षेत्र में एक विद्युत द्विध्रुव रखा जाता है। दिखायें कि यह स्थानान्तरित त्वरित गति नहीं करेगा।

उत्तर: एक समान विद्युत क्षेत्र में विद्युत द्विध्रुव पर दो बराबर बल विपरीत दिशा में लगेंगे जो एक बलाघूर्ण उत्पन्न करेंगे अतः विद्युत द्विध्रुव स्थानान्तरित त्वरित गति नहीं कर पायेगा।

प्रश्न 14. एक आवेशित छड़ P द्वारा आवेशित छड़ R को आकर्षित किया जाता है जबकि P द्वारा अन्य आवेशित छड़ Q को प्रतिकर्षित किया जाता है। Q तथा R के मध्य उत्पन्न बल की प्रकृति क्या होगी ?

उत्तर: आकर्षण बल।

प्रश्न 15. किसी बिन्दु आवेश के कारण विद्युत क्षेत्र का निर्धारण करने के लिए प्रयुक्त परीक्षण आवेश (Test charge) अत्यन्त सूक्ष्म होना चाहिए। व्याख्या कीजिये कि क्यों ?

उत्तर: परीक्षण आवेश, स्रोत आवेश के आवेश वितरण को परिवर्तित कर सकता है, जिसके कारण विद्युत क्षेत्र की तीव्रता E भी बदल जाती है। अतः परीक्षण आवेश (40) को हम बहुत छोटा मानते हैं जिसके कारण E का मान नहीं बदलता है।

प्रश्न 16. 2gm के तौबे के गोले में 2×10^{22} परमाणु हैं। प्रत्येक परमाणु के नाभिक पर आवेश $29e$ हैं। गोले को 2C आवेश देने के लिए कितने अंश इलेक्ट्रॉन घटाए जाएँ ?

उत्तर: प्रत्येक नाभिक पर आवेश = $29e$

अतः 2gm गोले के नाभिक पर नैट आवेश = $(29e) \times (2 \times 10^{22})C$

= $(4.4 \times 10^{23}) eC$

अतः गोले पर कुल इलेक्ट्रॉनों की संख्या = (4.4×10^{23})

[∵ गोला प्रारम्भ में अनावेशित है]

अतः $2 \times 10^{-6}C$ में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = $\frac{(2 \times 10^{-6})}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.25 \times 10^{13}$ यह इलेक्ट्रॉनों की वह संख्या है जो हटायी जाती है। अतः इलेक्ट्रॉनों का अंश जो हटाया जाता है।

$$= \frac{1.25 \times 10^{13}}{4.4 \times 10^{23}}$$

$$= 2.84 \times 10^{-11}$$

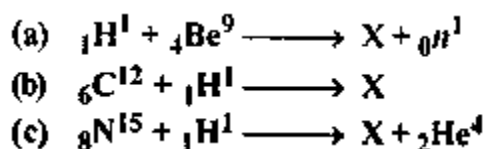
प्रश्न 17. ठीक बराबर द्रव्यमान के सर्वसम धातु के दो गोले लिए गए हैं, जिनमें एक को ऋणावेश तथा दूसरे को उतने ही धनवेश से आवेशित किया गया है। क्या दोनों गोलों के द्रव्यमान में कोई अन्तर आएगा ? यदि हाँ तो क्यों ?

उत्तर: धनावेशित गोले से इलेक्ट्रॉन निकल जाने पर उसका द्रव्यमान कुछ कम हो जायेगा जबकि ऋणावेशित गोले का द्रव्यमान इलेक्ट्रॉन आ जाने के कारण कुछ बढ़ जायेगा।

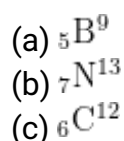
प्रश्न 18. एक बिन्दु आवेश से दूर जाने पर आवेश के कारण उत्पन्न विद्युत क्षेत्र घटता है। यही बात एक विद्युत द्विध्रुव के लिए भी सत्य है। क्या दोनों में विद्युत क्षेत्र समान दर से घटता है ?

उत्तर: विद्युत द्विध्रुव के विद्युत लिए अक्षीय या निरक्षीय दोनों ही प्रकरणों में दूरस्थ बिन्दुओं ($r \gg 2l$) के लिए विद्युत क्षेत्र ($E \propto \frac{1}{r^3}$) है, अर्थात् यह एकल आवेश के विद्युत क्षेत्र ($E \propto \frac{1}{r^2}$) की तुलना में अपेक्षाकृत तीव्रता से घटता है।

प्रश्न 19. आवेश संरक्षण नियम का उपयोग करके निम्न नाभिकीय अभिक्रियाओं में X तत्व को पहचानिए।



उत्तर:



प्रश्न 20. एक आवेशित कण विद्युत क्षेत्र में गति करने के लिए स्वतन्त्र है। क्या यह सदैव विद्युत बल रेखा के अनुदिश गति करेगा ?

उत्तर: यह आवश्यक नहीं है। आवेशित कण विद्युत बल रेखा के अनुदिश गति करेगा यदि यह सीधी रेखा में चल रहा है। क्योंकि विद्युत बल रेखा द्वारा त्वरण की दिशा का पता चलता है ना कि वेग का।

निबन्धात्मक प्रश्न

प्रश्न 1. दो आवेशों के मध्य स्थिर विद्युत बल को कूलॉम के नियम से परिभाषित कीजिये तथा इसकी सीमायें बताइए। इस नियम द्वारा इकाई आवेश की परिभाषा दीजिए।

उत्तर: कुलुंब के नियम का गव (Importance of Coulomb's Law)
कूलुंब के नियम से निम्नलिखित बलों को सरलतापूर्वक समझा जा सकता है

1. किसी परमाणु के नाभिक तथा उसके परितः धूमने वाले इलेक्ट्रॉनों (electrons) के मध्य लगने वाला बल।
2. अणु बनाने वाले परमाणुओं के मध्य बन्धन (binding) बल।
3. परमाणुओं या अणुओं को परस्पर सम्बद्ध कर द्रव अथवा ठोस बनाने वाले बल।

महत्वपूर्ण बिन्दु-कूलुंब का नियम बहुत बड़ी दूरियों से लेकर बहुत छोटी दूरियों, यहाँ तक कि परमाण्वीय (atomic) दूरियों ($\approx 10^{-11}$ m) तथा नाभिकीय (nuclear) दूरियों ($\approx 10^{-15}$ m) तक के लिए सत्य है।

प्रश्न 2. विद्युत क्षेत्र की परिभाषा दीजिए। बिन्दु आवेश के कारण किसी बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता का व्यंजक उत्पन्न कीजिए। इस क्षेत्र में अन्य आवेश q_0 लाने पर इस पर विद्युत बल का मान क्या होगा ?

उत्तर: विद्युत् पत्र एवं विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता (Electric Field and Intensity of Electric Field)
किसी आवेश अथवा आवेश समूह (group of charges) के परितः वह क्षेत्र जहाँ तक उसके वैद्युत प्रभाव (electrical effect) का अनुभव किया जा सकता है अर्थात् जहाँ तक वह आवेश अथवा आवेश समूह किसी अन्य आवेश पर विद्युत बल लगा सकता है, उस आवेश अथवा आवेश समूह का विद्युत क्षेत्र कहलाता है। यह एक सदिश राशि है और इसकी दिशा धन परीक्षण (test) आवेश ($+q_0$) पर लगने वाले बल की दिशा से व्यक्त होती है। विद्युत क्षेत्र विद्युत बल रेखाओं (electric lines of force) द्वारा व्यक्त (represent) किया जाता है।

यदि किसी बिन्दु पर धन परीक्षण आवेश कोई बल अनुभव नहीं करता। है तो उस बिन्दु पर अन्य किसी आवेश द्वारा उत्पन्न विद्युत क्षेत्र शून्य होगा। विद्युत क्षेत्र की अभिधारणा (concept) सर्वप्रथम फैराडे (Faraday) ने प्रस्तुत की थी।

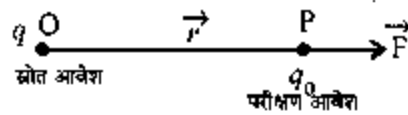
आवेश q , जो विद्युत क्षेत्र उत्पन्न करता है, स्रोत आवेश (Source charge) कहलाता है और $+10$ आवेश, जो स्रोत आवेश के प्रभाव की परीक्षा करता है, परीक्षण आवेश (Test charge) कहलाता है। स्रोत आवेश केवल एक आवेश हो सकता है और आवेश समूह भी हो सकता है।

बिन्दु आवेश के कारण उत्पन्न विद्युत् क्षेत्र की तीव्रता (Intensity of Electric Field due to a Point Charge)

माना एक बिन्दु आवेश $+q$ मूलबिन्दु O पर रखा है और दूरी पर स्थित। बिन्दु P पर बिन्दु आवेश $+q$ के कारण विद्युत क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात करनी है (चित्र 1.17)।

P पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात करने के लिए इस बिन्दु पर अति। लघु धन परीक्षण आवेश $+q_0$ रखा हुआ मानते हैं तो कूलुंब के नियम से इस परीक्षण आवेश पर लगने वाला वैद्युत् बल

स्रोत आवेश



चित्र 1.17

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r^2} \hat{r},$$

जहाँ \hat{r} , q से q_0 की दिशा में इकाई सदिश है।

P पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता

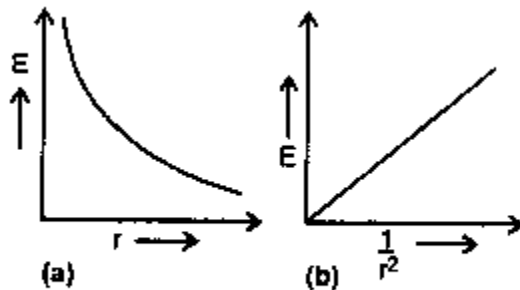
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

इसका परिमाण

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

अतः $E \propto \frac{1}{r^2}$, अतः बिन्दु आवेश के चारों ओर खींचे गये गोलीय पृष्ठ पर स्थित सभी बिन्दुओं के लिए E का परिमाण समान होगी और यह \vec{r} की दिशा पर निर्भर नहीं होगा। इस प्रकार का क्षेत्र गोलीय सममित (spherically symmetric) या त्रिज्यीय क्षेत्र (radial field) कहलाता है। यदि आवेश 1 से देखा जाये तो इसका परिमाण आवेश से दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुसार घटता है।

विद्युत क्षेत्र की तीव्रता एवं दूरी के साथ आलेख चित्र में दर्शाया गया है।



चित्र 1.18 : विद्युत क्षेत्र में परिवर्तन

यदि बिन्दु आवेश है, परावैद्युतांक के माध्यम में स्थित है तब विद्युत क्षेत्र

$$E_m = \frac{1}{4\pi\epsilon_r} \frac{q}{r^2} \hat{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_r\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

$$E_m = \frac{E}{\epsilon_r} \Rightarrow E_m < E \quad (\because \epsilon_r > 1)$$

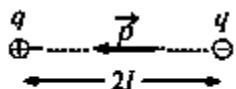
अर्थात् परावैद्युत माध्यम में विद्युत क्षेत्र की तीव्रता का मान, निर्वात में तीव्रता की अपेक्षा ϵ_r गुना कम हो जाता है।

प्रश्न 3. विद्युत द्विध्रुव किसे कहते हैं ? द्विध्रुव आघूर्ण की परिभाषा दीजिए। विद्युत द्विध्रुव के कारण अक्षीय रेखा पर स्थित बिन्दु के लिए विद्युत क्षेत्र की तीव्रता का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

उत्तर: विद्युत द्विध्रुव तथा विद्युत द्विध्रुव आघूर्ण (Electric Dipole and Dipole Moment)

“जब परिमाण में समान किन्तु प्रकृति में विपरीत (equal in magnitude but differ in nature) दो आवेश किसी अल्प दूरी (small distance) पर रखे होते हैं तो वे विद्युत द्विध्रुव की रचना करते हैं। किसी आवेश एवं दोनों आवेशों के मध्य दूरी का गुणनफल विद्युत द्विध्रुव आघूर्ण (electric dipole moment) कहलाता है।” इसे \vec{P} से व्यक्त करते हैं। यह सदिश राशि है जिसकी दिशा सदैव ऋण आवेश से धन आवेश की ओर होती है।

माना कि विद्युत द्विध्रुव के आवेश $-q$ व है $+q$ कूलॉम हैं तथा उनके बीच की अल्प दूरी $2l$ हो तो विद्युत द्विध्रुव आघूर्ण



चित्र 1.30 : विद्युत द्विध्रुव

$$\therefore P = q \times 2l \dots\dots\dots (1)$$

\therefore विद्युत द्विध्रुव आघूर्ण का मात्रक = Cm

तथा विद्युत द्विध्रुव आघूर्ण का विमीय सूत्र

$$= [A^1 T^1 L^1]$$

$$= [M^0 L^1 T^1 A^1]$$

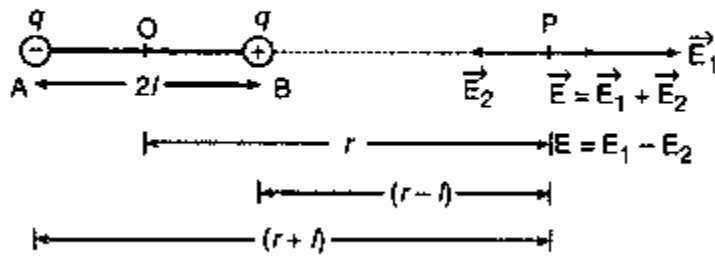
विद्युत द्विध्रुव के कारण उत्पन्न विद्युत क्षेत्र की तीव्रता

(Intensity of Electric Field due to an Electric Dipole)

अक्षीय रेखा (Axial Line) पर-माना एक विद्युत द्विध्रुव AB, $+q$ तथा $-q$ कूलॉम के आवेशों का बना है जिनके बीच की दूरी $2l$ है। द्विध्रुव के मध्य-बिन्दु O से r दूरी पर स्थित बिन्दु P पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात करनी है।

$+q$ आवेश के कारण P पर उत्पन्न विद्युत क्षेत्र की तीव्रता का परिमाण

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{(r-l)^2} \text{ (BP दिशा में)} \quad \dots(1)$$



चित्र 1.32

-q आवेश के कारण P पर उत्पन्न विद्युत क्षेत्र की तीव्रता का परिमाण

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{(r+l)^2} \text{ (PA दिशा में)} \quad \dots(2)$$

\therefore P पर परिणामी विद्युत क्षेत्र

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$\therefore \vec{E}_1$ व \vec{E}_2 की दिशाएँ परस्पर विपरीत हैं तथा $E_1 > E_2$

\therefore P पर परिणामी विद्युत क्षेत्र की तीव्रता का परिमाण

$$\begin{aligned} E &= E_1 - E_2 \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{(r-l)^2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{(r+l)^2} \\ &= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{(r-l)^2} - \frac{1}{(r+l)^2} \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{(r+l)^2 - (r-l)^2}{(r-l)^2(r+l)^2} \right] \\
&= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{r^2 + l^2 + 2rl - r^2 - l^2 + 2rl}{(r^2 - l^2)^2} \right] \\
&= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{4rl}{(r^2 - l^2)^2} \\
&= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q \cdot 2l \cdot 2r}{(r^2 - l^2)^2}
\end{aligned}$$

चूँकि द्विध्रुव आवृण होता है;

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

$$\therefore E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p \cdot 2r}{(r^2 - l^2)^2} \quad \dots(3)$$

$\therefore \vec{p}$ की दिशा ऋण आवेश से धन आवेश की ओर होती है अतः

\vec{p} व \vec{E} एक ही दिशा में होंगे। इस प्रकार सदिश रूप में समी. (3) को निम्न प्रकार व्यक्त करेंगे—

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2r \vec{p}}{(r^2 - l^2)^2} \quad \dots(4)$$

दीर्घ दूरियों के लिए

$$r \gg l, \therefore r^2 \gg l^2$$

अतः l^2 को r^2 की तुलना में छोड़ने पर समी. (3) से,

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

$$\text{या} \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2p}{r^3} \quad \dots(5)$$

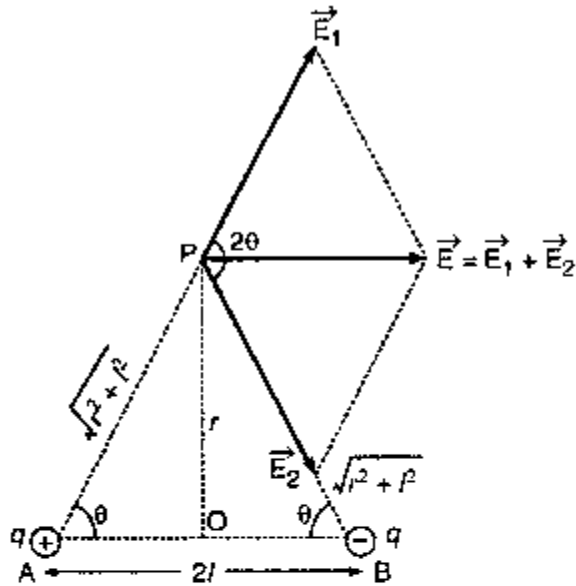
सदिश रूप में

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2 \vec{p}}{r^3} \quad \dots(6)$$

प्रश्न 4. किसी विद्युत द्विध्रुव के कारण उसकी निरक्ष पर स्थित बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

उत्तर: निरक्ष रेखा या विषुवतीय रेखा (तल) (Equatorial Line) पर-विद्युत द्विध्रुव की निरक्षीय स्थिति में r दूरी पर स्थित बिन्दु P पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता ज्ञात करनी है। बिन्दु P से दोनों आवेशों की दूरियाँ समान ($\sqrt{r^2 + l^2}$) होंगी। अतः P पर $+q$ आवेश के कारण उत्पन्न विद्युत क्षेत्र की तीव्रता का परिमाण

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{(r^2 + l^2)} \quad (\text{AP दिशा में})$$



चित्र 1.33

और $-q$ आवेश के कारण P पर उत्पन्न विद्युत क्षेत्र की तीव्रता का परिमाण

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{(r^2 + l^2)} \quad (\text{PB दिशा में})$$

इस प्रकार $|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2|$

या $E_1 = E_2$

बिन्दु P पर परिणामी विद्युत क्षेत्र की तीव्रता

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

समान्तर चतुर्भुज के नियम से परिणामी विद्युत क्षेत्र की तीव्रता का परिमाण

$$\begin{aligned}
E &= \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos 2\theta} \\
\because E_1 &= E_2 \\
\therefore E &= \sqrt{E_1^2 + E_1^2 + 2E_1^2 \cos 2\theta} \\
&= \sqrt{2E_1^2 + 2E_1^2 \cos 2\theta} \\
&= \sqrt{2E_1^2(1 + \cos 2\theta)} \\
&= E_1 \sqrt{2(1 + \cos 2\theta - 1)} \\
&= E_1 \sqrt{2 \times 2 \cos^2 \theta} \\
\vec{E} &= 2E_1 \cos \theta (-\hat{p}) \\
\vec{E} &= 2 \times \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{(r^2 + l^2)} \times \frac{l}{\sqrt{r^2 + l^2}} (-\hat{p}) \\
&= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q2l}{(r^2 + l^2)^{3/2}} \\
\text{या } E &= \frac{-1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p}{(r^2 + l^2)^{3/2}} \quad \dots(7)
\end{aligned}$$

चित्र 1.33 में \vec{E} की दिशा द्विध्रुव की अक्ष के समान्तर होगी। चूँकि \vec{p} की दिशा ऋण आवेश से धन आवेश की ओर होती है अतः \vec{E} व \vec{p} की दिशाएँ परस्पर विपरीत होंगी। इस प्रकार समी. (7) को सदिश रूप में निम्न प्रकार लिख सकते हैं—

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{p}}{(r^2 + l^2)^{3/2}} \quad \dots(8)$$

दीर्घ दूरियों के लिए $r \gg l$

$$\therefore r^2 \gg l^2$$

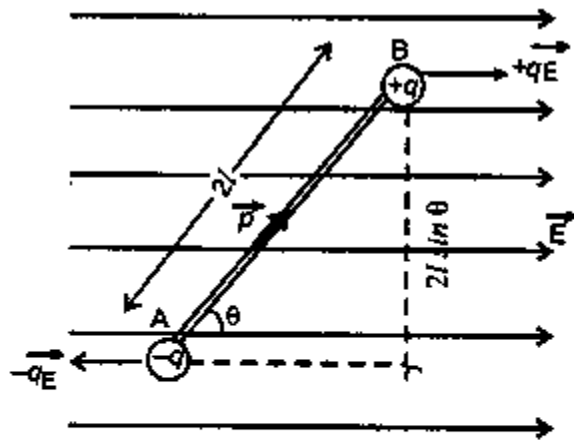
अतः l^2 को r^2 की तुलना में छोड़ने पर समी. (7) से,

$$E = \frac{-1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p}{r^3} \quad \dots(9)$$

$$\vec{E} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{p}}{r^3} \quad \dots(10)$$

प्रश्न 5. एक विद्युत द्विध्रुव एक समान विद्युत क्षेत्र में स्थित है, उस पर कार्यरत बलाघूर्ण का सूत्र व्युत्पन्न कीजिए। यह किस अवस्था में अधिकतम होगा ?

उत्तर: एक समान विद्युत क्षेत्र में द्विध्रुव पर बलाघूर्ण (Torque on a Dipole in a Uniform Electric Field) विद्युत क्षेत्र में एक विद्युत द्विध्रुव का विक्षेप (deflection) की स्थिति में दिखाया गया है। द्विध्रुव के आवेशों (+q) व (-q) पर लगने वाले विद्युत बल (qE) परिमाण में समान एवं दिशा में विपरीत हैं तथा दोनों की क्रिया रेखाएँ (line of action) भिन्न (different) हैं। अतः ये दोनों बल बलयुग्म बनाते हैं। इस बल युग्म का आघूर्ण



चित्र 1.34 एक समरूप

$\tau = \text{बल} \times \text{बलों की क्रिया रेखाओं के मध्य दूरी}$

या

$$\tau = qE \times BC$$

चित्र से,

$$\frac{BC}{AB} = \sin \theta$$

या

$$BC = AB \cdot \sin \theta$$

या

$$BC = 2l \cdot \sin \theta$$

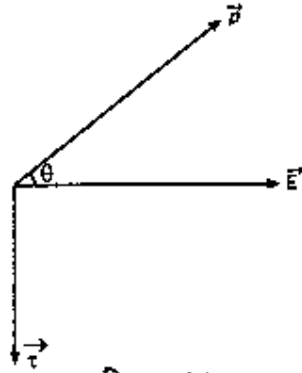
अतः

$$\begin{aligned} \tau &= qE \times 2l \sin \theta \\ &= q2l E \sin \theta \end{aligned}$$

$$\boxed{\tau = pE \sin \theta \text{ न्यूटन मीटर}} \quad \dots(1)$$

चित्र 1.35 की सहायता से सदिश रूप (vector form) में बलयुग्म के आघूर्ण को निम्न प्रकार लिख सकते हैं—

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E} \quad \dots(2)$$



चित्र 1.35

सदिश राशि बल आघूर्ण $\vec{\tau}$ की दिशा दक्षिणावर्त घेच के नियमानुसार (Right Handed Screw Rule) \vec{p} व \vec{E} के तल के लम्बवत् होती है (चित्र 1.35)।

- (i) जब $\theta = 0$ तो $\sin \theta = 0$
 अतः $\tau = pE \sin \theta = 0$
 या $\tau = 0$

यही स्थायी सन्तुलन (stable equilibrium) की अवस्था है।

- (ii) यदि $\theta = 90^\circ$ तो $\sin \theta = 1$
 $\tau_{\max} = pE$

- (iii) जब $\theta = 180^\circ$
 तब $\tau = pE \sin 180^\circ = 0$

यह द्विध्रुव अस्थायी साम्यावस्था है।

$$\therefore \tau = pE \sin \theta$$

यदि $E = 1 \text{ NC}^{-1}$, $\sin \theta = 1$ अर्थात् $\theta = 90^\circ$
 तो $\tau = p$

“अर्थात् विद्युत द्विध्रुव आघूर्ण उस बलयुग्म के आघूर्ण (torque) के तुल्य है जो द्विध्रुव पर तब कार्य करता है जब वह एकांक तीव्रता के समरूप (uniform) विद्युत क्षेत्र में क्षेत्र के लम्बवत् रखा होता है।”
 यदि

आंकिक प्रश्न

प्रश्न 1. वायु में एक-दूसरे से 30 cm की दूरी पर रखे दो छोटे आवेशित गोलों पर क्रमशः $2 \times 10^{-7}\text{C}$ तथा $3 \times 10^{-7}\text{C}$ आवेश हैं। उनके बीच कितना बल है ?

हल: गोलों पर दिया गया आवेश क्रमशः

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

$$\text{दूरी } r = 30 \text{ cm} = 0.30 \text{ m}$$

$$F = ?$$

कुलॉम के नियम से गोलों के मध्य वैद्युत बल

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

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

$$= 6 \times 10^{-3} \text{ N (प्रतिकर्षी)}$$

प्रश्न 2. दो समान धातु के गोले + 10C एवं - 20C आवेश से आवेशित किये गये हैं यदि इनको एक दूसरे के सम्पर्क में लाकर अलग कर पुनः उसी दूरी पर रख दिया जाये तब दोनों अवस्थाओं में बल का अनुपात ज्ञात कीजिए।

हल: दिया है,

$$q_1 = 10\text{C}, q_2 = -20\text{C}$$

प्रारम्भिक स्थिति में दोनों गोलों के मध्य बल

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(10)(-20)}{r^2}$$

जब दोनों गोलों को आपस में सम्पर्क में लाया जाता है तो आवेशों का वितरण हो जाता है अतः प्रत्येक पर आवेश $\left(\frac{q_1 + q_2}{2}\right)$ होगा।

$$\frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{10 - 20}{2} = -5\text{C}$$

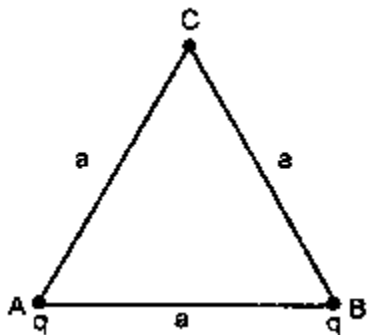
सम्पर्क में लाने के बाद उनके मध्य बल

$$F' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(-5)(-5)}{r^2} \quad \dots(ii)$$

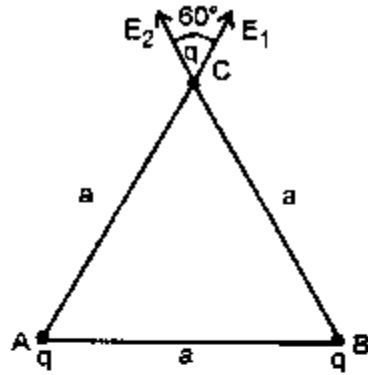
$$\therefore \frac{F}{F'} = \frac{(10)(-20)}{(-5)(-5)} = \frac{200}{25} = \frac{8}{1}$$

$$\Rightarrow F : F' = 8 : 1$$

प्रश्न 3. भुजा a वाले एक समबाहु त्रिभुज के शीर्ष A और B पर समान आवेश q है। त्रिभुज के बिन्दु C पर विद्युत क्षेत्र का परिमाण ज्ञात कीजिए।



हुल:



बिन्दु C पर बिन्दु A पर स्थित आवेश के कारण विद्युत क्षेत्र की तीव्रता

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} \quad (\text{AC की ओर})$$

बिन्दु C पर बिन्दु B पर स्थित आवेश के कारण विद्युत क्षेत्र की तीव्रता

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} \quad (\text{BC की ओर})$$

E_1 व E_2 के मध्य बनने वाला कोण 60° है अतः बिन्दु C पर परिणामी तीव्रता

$$E_R = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos 60^\circ}$$

चूँकि $E_1 = E_2$ अतः माना $E_1 = E_2 = E$

$$E_R = \sqrt{E^2 + E^2 + 2EE \cos 60^\circ}$$

$$= \sqrt{E^2 + E^2 + 2E^2 \times \frac{1}{2}}$$

$$= \sqrt{3}E$$

अतः

$$E_R = \sqrt{3} \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} \right)$$

\Rightarrow

$$E_R = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\sqrt{3}q}{a^2}$$

प्रश्न 4. दो एकसमान आवेशित गोलों को बराबर लम्बाई की डोरियों से लटकाया जाता है। डोरियाँ परस्पर 30° कोण बनाती हैं। जब 0.8 g cm^{-3} घनत्व के द्रव में लटकाया जाता है, तब भी वही कोण रहता है। यदि गोलों के पदार्थ का घनत्व 1.6 g cm^{-3} है तब द्रव का परवैद्युतांक ज्ञात कीजिए।

उत्तर: गोले के सन्तुलन के लिए, लॉमी को प्रमेय लगाने पर,

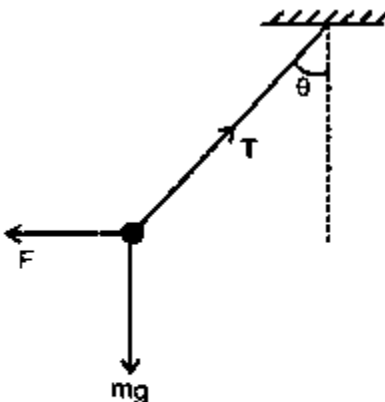
इस में,

$$\frac{F}{mg} = \tan \theta$$

$$\frac{F'}{mg'} = \tan \theta$$

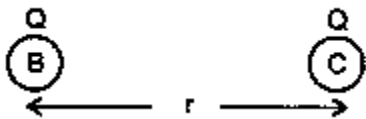
$$\therefore \frac{F}{F'} = \frac{g}{g'}$$

या

$$K = \frac{g}{g \left(1 - \frac{\rho}{\sigma}\right)} = \frac{1}{1 - \frac{0.8}{1.6}} = 2$$


प्रश्न 5. दो समरूप गोलाकार चालक B व C समान आवेश से आवेशित हैं तथा परस्पर F बल से प्रतिकर्षित करते हैं जबकि उनको परस्पर कुछ दूरी पर रख दिया जाता है। तीसरा गोलाकार चालक इन्हीं के समरूप हैं परन्तु अनावेशित है। पहले यह B के सम्पर्क में लाया जाता है तत्पश्चात् C के सम्पर्क में लाकर दोनों से अलग कर दिया जाता है। B तथा C के मध्य नवीन प्रतिकर्षण बल ज्ञात कीजिए।

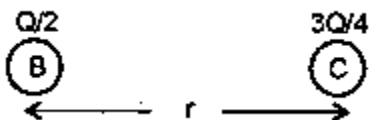
हल:



प्रारम्भ में दोनों गोलाकार चालक के मध्य बल

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

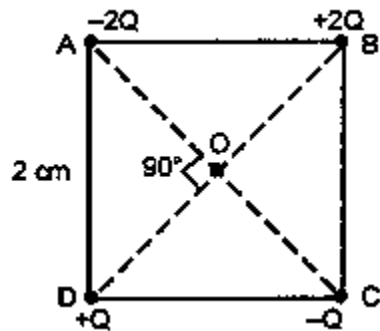
तीसरे चालक को जब B के सम्पर्क में लाते हैं तत्पश्चात् C के सम्पर्क में लाकर दोनों को अलग करने पर B व C पर क्रमशः $Q/2$ व $3Q/4$ आवेश रहेगा।



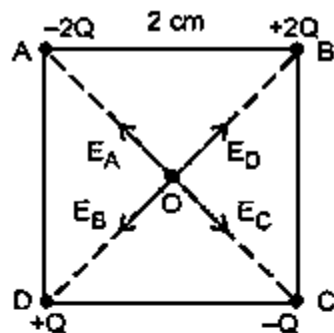
अतः B व C के मध्य नया बल

$F' =$

प्रश्न 6. चित्र में चार बिन्दु आवेश 2cm भुजा के वर्ग कोनों पर रखे हैं। वर्ग के केन्द्र O पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता व दिशा ज्ञात कीजिए। $Q = 0.02\mu\text{C}$ है।



हल: यहाँ $AB = BC = CD = AD = 2\text{ cm}$



$$\therefore AO = BO = CO = DO = \frac{\sqrt{2^2 + 2^2}}{2} = \sqrt{2}\text{ cm}$$

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

$$\therefore E_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2Q}{(OA)^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q \times 10^4, \text{ OA की ओर}$$

$$E_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2Q}{(OB)^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q \times 10^4, \text{ OD की ओर}$$

$$E_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{(OC)^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{2} \times 10^4, \text{ OB की ओर}$$

OA की ओर नैट विद्युत क्षेत्र

$$E_1 = E_A - E_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{2} \times 10^4$$

OD की ओर नैट विद्युत क्षेत्र

$$E_2 = E_B - E_D = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{2} \times 10^4$$

अतः O पर परिणामी विद्युत क्षेत्र,

$$E = \sqrt{(E_1^2 + E_2^2)}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\sqrt{2}} \times 10^4, \text{ BA के समान्तर दिशा में}$$

परन्तु $Q = 0.02 \mu\text{C} = 0.02 \times 10^{-6} \text{C}$

$$\therefore E = 9 \times 10^9 \times \frac{0.02 \times 10^{-6} \times 10^4}{\sqrt{2}}$$

$$= 9\sqrt{2} \times 10^5 \text{ NC}^{-1} \text{ (BA के समान्तर दिशा में)}$$

प्रश्न 7. विद्युत आवेश Q को दो भागों Q_1 व Q_2 में विभक्त करके परस्पर 1 दूरी पर रखा गया है। दोनों के मध्य प्रतिकर्षण का बल अधिकतम होने की शर्त क्या होगी ?

हल: प्रश्नानुसार,

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$\Rightarrow Q_2 = Q - Q_1$$

अतः दोनों आवेशों के मध्य कूलॉम बल

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

$$\Rightarrow F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 (Q - Q_1)}{r^2}$$

जहाँ r दोनों आवेशों के मध्य दूरी है। F के महत्तम होने के लिए,

$$\Rightarrow \frac{dF}{dQ_1} = 0$$

$$\text{या } \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r^2} \frac{d}{dQ_1} (QQ_1 - Q_1^2) = 0$$

$$\text{या} \quad \frac{d}{dQ_1} (QQ_1 - Q_1^2) = 0$$

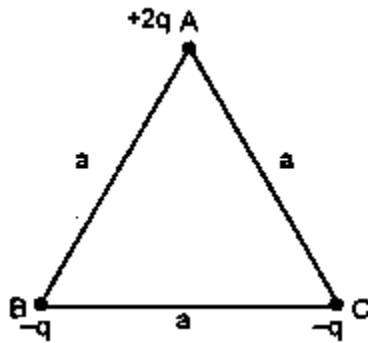
$$\text{या} \quad Q - 2Q_1 = 0$$

$$\text{या} \quad 2Q_1 = Q$$

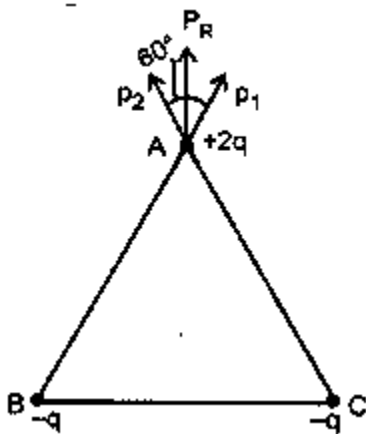
$$\text{या} \quad Q_1 = \frac{Q}{2}$$

$$\text{अतः } Q_1 = Q_2 = \frac{Q}{2}$$

प्रश्न 8. a भुजा वाले समबाहु त्रिभुज ABC के शीर्षों पर तीन आवेशों $+2q$, $-q$ तथा $-q$ को क्रमशः A, B एवं C पर चित्र के अनुसार रखा गया है। इस निकाय का द्विध्रुव आघूर्ण ज्ञात कीजिए।



हल: दिया गया समायोजन दो विद्युत द्विध्रुवों AB व CB के तुल्य है जो परस्पर 60° कोण पर झुके हैं।



विद्युत द्विध्रुव AB का आघूर्ण

$$P_1 = qa \text{ (BA के अनुदिश)}$$

तथा विद्युत द्विध्रुव CA का आघूर्ण

$$P_2 = qa \text{ (CA के अनुदिश)}$$

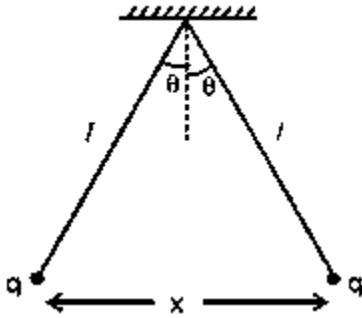
P_1 तथा p_2 का परिणामी विद्युत द्विध्रुव आघूर्ण

$$P_R = p_1 \cos 30^\circ + p_2 \cos 30^\circ$$

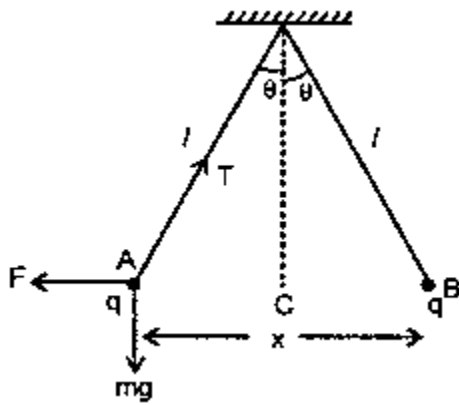
$$= 2qa \cos 30^\circ = \sqrt{3}qa$$

अतः परिणामी विद्युत द्विध्रुव आघूर्ण P_R , आवेश $2q$ पर बने कोण के अर्द्धक के अनुदिश व त्रिभुज से दूर की ओर है।।

प्रश्न 9. दो समान छोटी गेंदें, प्रत्येक का द्रव्यमान तथा प्रत्येक पर आवेश। सिल्क के धागों से (प्रत्येक धागे की लम्बाई) चित्र के अनुसार लटकाई गई हैं। इनके मध्य दूरी x और धागों के मध्य कोण ($2\theta \approx 10^\circ$) है। तब साम्यावस्था की स्थिति में दूरी x का मान ज्ञात करो।



हल:



गेंद A व B पर निम्न बल कार्य कर रहे हैं।

- (i) गेंद का भार mg
- (ii) डोरी में तनाव T
- (iii) दोनों गेंदों के मध्य प्रतिकर्षण बल

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{x^2} \quad \dots(i)$$

चूँकि बल साम्यावस्था में है अतः A पर

$$\frac{F}{AC} = \frac{mg}{OC} = \frac{T}{AO}$$

या $F = mg \times \frac{AC}{OC} \quad \dots(ii)$

समीकरण (i) व (ii) से,

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{x^2} = mg \times \frac{AC}{OC}$$

परन्तु, $AC = l \sin \theta$, $OC = l \cos \theta$

$$\therefore \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{x^2} = mg \times \frac{l \sin \theta}{l \cos \theta}$$

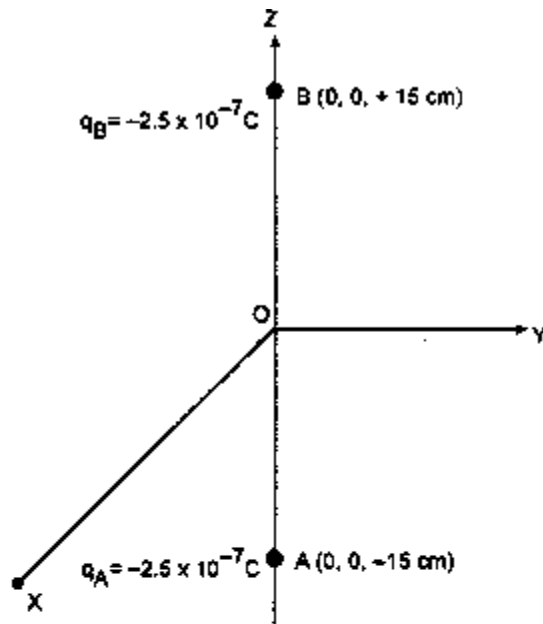
या $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{x^2} = mg \tan \theta$

$$\begin{aligned} \therefore x^2 &= \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \times mg \tan \theta} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \times q^2}{mg \tan 10^\circ} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \times q^2}{m \times 9.8 \times 0.648} \\ &= 1.42 \frac{q^2}{m} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow x = 1.19 \frac{q}{\sqrt{m}}$$

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

हल:



बिन्दु A का स्थिति वेक्टर

$$\vec{r}_A = -15 \hat{k} \text{ cm}$$

और बिन्दु B का स्थिति वेक्टर

$$\vec{r}_B = +15 \hat{k} \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \therefore \vec{r}_{AB} &= \vec{r}_B - \vec{r}_A \\ &= 15\hat{k} - (-15\hat{k}) \\ &= 15\hat{k} + 15\hat{k} = 30\hat{k} \end{aligned}$$

$$\text{या } \vec{r}_{AB} = 30 \hat{k}$$

\therefore A व B के मध्य दूरी का परिमाण

$$r_{AB} = |\vec{r}_{AB}| = \sqrt{(30)^2} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{या } r_{AB} = 0.30 \text{ m}$$

अतः विद्युत द्विध्रुव की प्रभावी लम्बाई

$$2l = r_{AB} = 0.30 \text{ m}$$

अतः विद्युत द्विध्रुव आघूर्ण

$$\begin{aligned} p &= q2l \\ &= 2.5 \times 10^{-7} \times 0.30 \\ &= 0.75 \times 10^{-7} = 7.5 \times 10^{-8} \text{ Cm} \end{aligned}$$

प्रश्न 11. $4 \times 10^{-9} \text{Cm}$ द्विध्रुव आघूर्ण का कोई विद्युत द्विध्रुव $5 \times 10^4 \text{ NC}^{-1}$ परिमाण के किसी एक-समान विद्युत क्षेत्र की दिशा से 30° पर संरेखित है। द्विध्रुव पर कार्यरत बल आघूर्ण का परिमाण परिकलित कीजिए।

हल: दिया है : द्विध्रुव आघूर्ण

$$p = 4 \times 10^{-9} \text{Cm}$$

$$\text{विद्युत क्षेत्र की तीव्रता} = E = 5 \times 10^4 \text{ N/C}$$

विद्युत क्षेत्र के साथ द्विध्रुव का कण

$$\theta = 30^\circ$$

द्विध्रुव पर आघूर्ण

$$\tau = ?$$

\therefore

$$\tau = pE \sin \theta$$

$$= 4 \times 10^{-9} \times 5 \times 10^4 \times \sin 30^\circ$$

$$= 4 \times 10^{-9} \times 5 \times 10^4 \times \frac{1}{2}$$

$$= 10 \times 10^{-5} = 10^{-4} \text{ Nm}$$

प्रश्न 12. दो बिन्दु आवेशों q_1 तथा q_2 के मध्य दूरी 3m है। इन आवेशों का योग $20\mu\text{C}$ है। यदि एक आवेश दूसरे आवेश को 0.075N के बल से प्रतिकर्षित करें तब दोनों आवेशों के मान ज्ञात करो।

हल: दिया है, $F = 0.075 \text{ N}$, $r = 3\text{m}$

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

$$\therefore 0.075 = \frac{9 \times 10^9 \times q_1 q_2}{(3)^2}$$

$$\text{या } q_1 q_2 = 7.5 \times 10^{-11}$$

$$\text{परन्तु } q_1 + q_2 = 20\mu\text{C} = 20 \times 10^{-6}\text{C} \\ = 2 \times 10^{-5}\text{C} \quad \dots(i)$$

$$\text{अब } (q_1 - q_2)^2 = (q_1 + q_2)^2 - 4q_1 q_2 \\ = (2 \times 10^{-5})^2 - 4 \times 7.5 \times 10^{-11} \\ = 10^{-10}$$

$$\text{या } q_1 - q_2 = 10^{-5} \quad \dots(ii)$$

समीकरण (i) व (ii) को हल करने पर

$$q_1 = 15 \times 10^{-6}\text{C} = 15\mu\text{C}$$

$$q_2 = 5 \times 10^{-6}\text{C} = 5\mu\text{C}$$

प्रश्न 13. $+10\text{C}$ तथा -10C के दो आवेशों को 2cm की दूरी पर रखा जाता है। इनकी अक्षीय रेखा एवं निरक्ष रेखा पर द्विध्रुव के केन्द्र से 60cm की दूरी पर स्थित किसी बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र की गणना करो।

हल: दिया है,

$$q = 10\text{C}$$

$$2l = 2\text{ cm} = 2 \times 10^{-2}\text{ m}$$

$$r = 60\text{ cm} = 60 \times 10^{-2}\text{m}$$

(a) अक्षीय रेखा पर विद्युत क्षेत्र

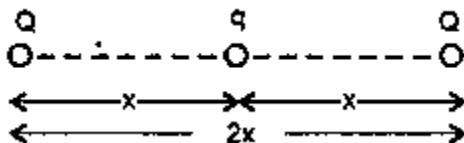
$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2p}{r^3} \\ &= \frac{2 \times q \times 2l}{4\pi\epsilon_0 r^3} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10 \times 2 \times 10^{-2}}{(60 \times 10^{-2})^3} \\ &= 1.67 \times 10^4 \text{ N/C अक्षीय रेखा पर} \end{aligned}$$

(b) निरक्षीय रेखा पर विद्युत क्षेत्र

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p}{r^3} \\ &= \frac{q \times 2l}{4\pi\epsilon_0 \times r^3} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \times 10 \times 2 \times 10^{-2}}{(60 \times 10^{-2})^3} \\ &= 0.83 \times 10^4 \text{ N/C निरक्षीय रेखा पर} \end{aligned}$$

प्रश्न 14. दो समान बिन्दुवत् आवेश Q जो परस्पर कुछ दूरी पर रखे गये हैं को मिलाने वाली रेखा के मध्य में अन्य आवेश q रखा गया है। * का मान एवं प्रकृति ज्ञात कीजिए कि निकाय सन्तुलित रहे।

हल : माना दो समान आवेश Q बिन्दुओं A व B पर रखे हैं जिनके मध्य दूरी 2x है। A व B के मध्य बिन्दु C पर अन्य आवेश q रखा है।



चूँकि आवेश पर परिणामी बल शून्य होगा, अतः यह आवेश सन्तुलन में होगा। तीनों आवेशों के सन्तुलन के लिए यह आवश्यक है कि तीनों पर नैट बल शून्य हो। अतः A बिन्दु पर रखे आवेश Q पर परिणामी बल

$$\vec{F} = \vec{F}_{AC} + \vec{F}_{AB} = 0$$

$$\therefore \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{x^2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q \cdot Q}{4x^2} = 0$$

$$\text{या} \quad \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{x^2} = - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{4x^2}$$

$$\text{या} \quad q = - \frac{Q}{4}$$

प्रश्न 15. एक समान विद्युत क्षेत्र में प्रोटॉन, ड्यूटेरॉन एवं α - कण के त्वरणों का अनुपात ज्ञात कीजिए।

हल:

$$\text{त्वरण, } a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} \quad (\because E \text{ एकसमान है})$$

$$\therefore a_p : a_D : a_\alpha = \left(\frac{e}{m_p} \right) : \left(\frac{e}{2m_p} \right) : \left(\frac{2e}{4m_p} \right)$$

$$\Rightarrow a_p : a_D : a_\alpha = 1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow a_p : a_D : a_\alpha = 2 : 1 : 1$$