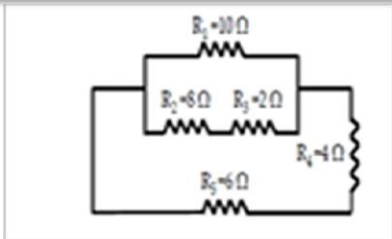
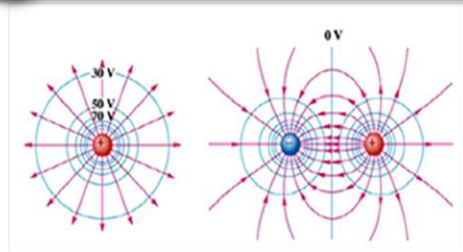
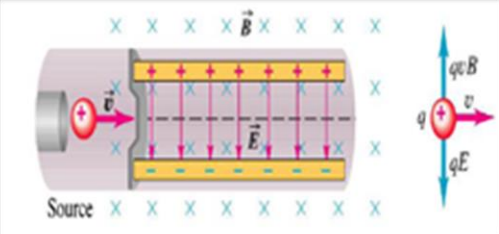
Physics-2







Ch-2

The electric field

یوسف زویل

Best wishes and good Luck

00966502047005

The electric field

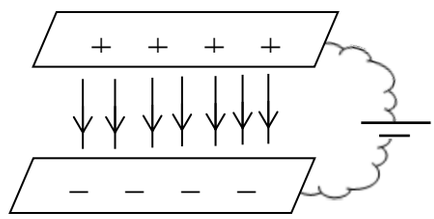
شدة المجال الكهربي (E)

The electric field is the area surrounding the electrical charge and shows electrical effects on it

The electric field E at any point is the electrostatic force F that would be exerted on a positive test charge q_o placed there: $E = \frac{F}{q}$ N/C

أنواع المجال الكهربي

مجال ثابت الشدة والاتجاه



لوحين معدنيين متوازيين ومشحونين

متغير الشدة والاتجاه

[لاحظ أن اتجاه المجال يخرج من (+) ويدخل في (−)]

Field Due to a Point Charge

شدة المجال الكهربي عند نقطة A في مجال شحنة كهربية Q:-

شدة المجال الكهربي N/C

مقدار الشحنة الكهربية (C)

$$E_r = K\frac{|Q|}{r^2}$$

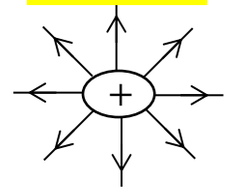
ثابت كولوم $(9 \times 10^9\ N\cdot m^2/c^2)$

مربع البعد بين الشحنة والنقطة التي نحسب عندها E (m)

*** لاحظ أن نوع الشحنة ± لا يؤثر في قيمة E لكن يؤثر فقط في اتجاه E حيث أنه**

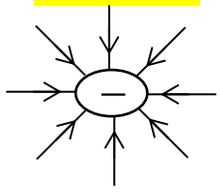
إذا كان

الشحنة موجبة



يكون المجال للخارج

الشحنة سالبة



يكون المجال للداخل

Ex1: The electric field at 0.1 m away from a charge is 3 N/C the magnitude of the charge is:

(a) $2x10^{-12}\mu c$ (b) $3.33x10^{-6}\mu c$

(c) $3.3x10^{-12}\mu c$ (d) $5.1x10^{-6}\mu c$

Solutio

$r = 0.1\ m$

$E = 3\ N/C$

$Q = ??$

$$E = 9\times10^{9}\frac{Q}{r^{2}}$$

$$3 = 9\times10^{9}\frac{Q}{(0.1)^{2}}$$

$$\therefore Q = \frac{3\times0.01}{9\times10^{9}} = 3.33\times10^{-12}\ C = 3.33\times10^{-6}\ \mu$$

2 The magnitude of an electric field in which the electric force on electron equals in magnitude to its weight is:

(a) 100 N/C (b) 5.6×10^{-11} N/C (c) 3.92 kN/C (d) 1.02×10^{-7} N/C (e) zero

حساب شدة المجال الكهربي عند نقطة في المجال المشترك لشحنتين أو أكثر:-

***خطوات الحل:-**

* نحسب E لكل شحنة عند تلك النقطة من العلاقة $E = K\frac{|Q|}{r^2}$

* نستعين بنوع الشحن لمعرفة اتجاه المجال لكل شحنة عند تلك النقطة. وبالتالي معرفة زاوية الاتجاه ابتداءً من المحور x الموجب عكس عقارب الساعة

* نقوم بإيجاد E_x ، E_y كما يلي:-

$$E_x = E_1Cos\theta_1 + E_2Cos\theta_2 + E_3Cos\theta_3 + ...$$

$$E_y = E_1Sin\theta_1 + E_2Sin\theta_2 + E_3Sin\theta_3 + ...$$

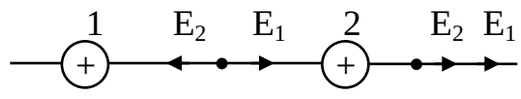
* نحسب شدة المجال المحصل عند تلك النقطة $E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$

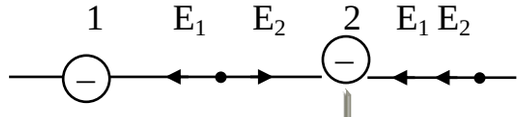
* نحدد اتجاه E المحصل عند تلك النقطة من القانون $\theta = Tan^{-1}\left|\frac{E_y}{E_x}\right|$

ويمكن تحديد قيمة الزاوية بدقة بعد معرفة الربع الذي يقع فيه المجال المحصل من اشـــارات E_x ، E_y

ملحوظة هامة:- إذا كانت النقطة على استقامة شحنتين فقط

الشحنات المتشابهة

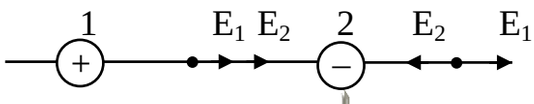




خارج الشحنات $E = E_1 + E_2$

بين الشحنات وفي اتجاه الأكبر $E = E_1 - E_2$

الشحنات المختلفة

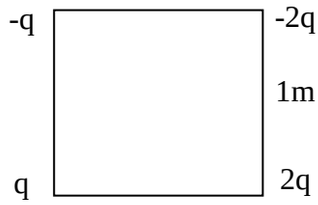


بين الشحنات $E = E_1 + E_2$

وفي اتجاه الأكبر $E = E_1 - E_2$

Ex3: In the fig. if the charge $q = 1\mu c$.

the electric field at the center of the square is.



(a) 54.2 KN/C (b) 8.2 KN/C

(c) 76.4 KN/C (d) 2.12 KN/C

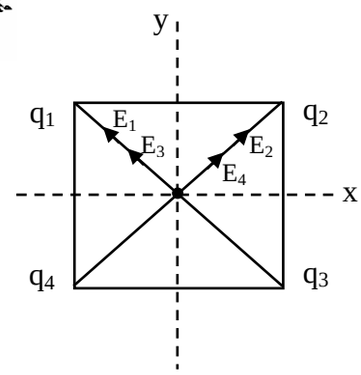
Solution

$q_1 = -q = -1 \times 10{-}6\ C$ & $\theta_1 = 135$

$q_2 = -2q = -2 \times 10^{-6}\ C$ & $\theta_2 = 45$

$q_3 = 2q = 2 \times 10^{-6}\ C$ & $\theta_3 = 135$

$q_4 = q = 1 \times 10^{-6}\ C$ & $\theta_4 = 45$



ملحوظة: استعنا بنوع الشحنة في تحديد اتجاه المجالات عند مركز المربع (نقطة الحساب) ثـم تحديـد الزوايا لاتجاهات المجالات عند مركز المربع أيضاً.

$$r = \frac{1\times\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707\ m$$

$$E_1 = E_4 = \frac{9\times10^9\times1\times10^{-6}}{(0.707)^2} = 18005.4\ N/C$$

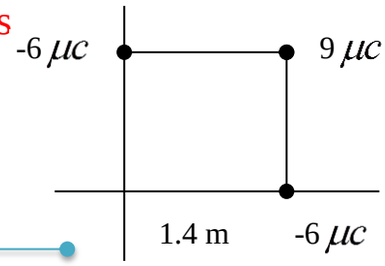
$$E_2 = E_3 = \frac{9\times10^9\times2\times10^{-6}}{(0.707)^2} = 36010.8\ N/C$$

$$E_x = E_1Cos\theta_1 + E_2Cos\theta_2 + E_3Cos\theta_3 + E_4Cos\theta_4 = 0$$

$$E_y = E_1Sin\theta_1 + E_2Sin\theta_2 + E_3Sin\theta_3 + E_4Sin\theta_4 = 76390.6\ N/C$$

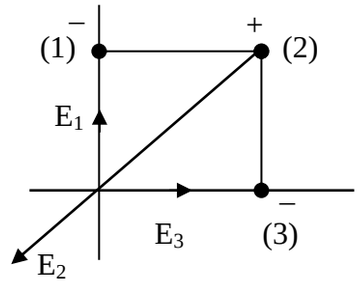
$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \sqrt{0^2 + (76390.6)^2} = 76390.6\ N/C = 76.4\ KN/C$$

Ex4: In the fig. three charges at three corners of a square of side length 1.4 m. the magnitude of the electric field at the fourth corner is



a) 19212 N/C
b) 18300 N/C
c) 18302 N/C
d) 22140 N/C

Solutio



$q_1 = -6 \times 10^{-6}\ C$ & $\theta_1 = 90^\circ$

$q_2 = 9 \times 10^{-6}\ C$ & $\theta_2 = 225^\circ$

$q_3 = -6 \times 10^{-6}\ C$ & $\theta_3 = 0$

$$E_1 = E_3 = \frac{9 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-6}}{(1.4)^2} = 27551\ N/C$$

$$E_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 9 \times 10^{-6}}{(1.98)^2} = 20661.2\ N/C$$

$$E_x = E_1 Cos\theta_1 + E_2 Cos\theta_2 + E_3 Cos\theta_3 = 12941.33\ N/C$$

$$E_y = E_1 Sin\theta_1 + E_2 Sin\theta_2 + E_3 Sin\theta_3 = 12941.3\ N/C$$

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = 18301.8\ N/C$$

Ex5: In Ex.4 the angle that the electric field at the fourth corner makes with the positive x-axis is.

a) 90^o b) 145^o c) 45^o d) 180^o

Solutio

$E_x = 12941.33$, $E_y = 12941.33$

(+ , +) ⟶ E تقع في الربع I

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{E_y}{E_x}\right) = 45^o$$

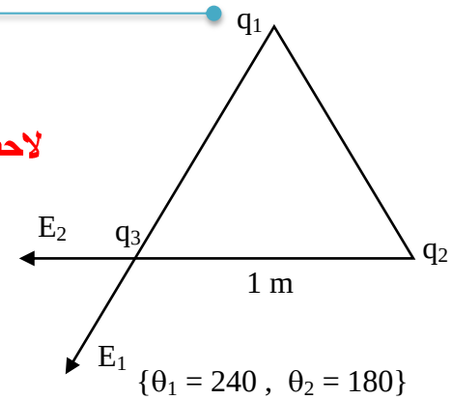
وهي نفسها لأن المحصلة في الربع I

Ex6: Three equal charges 1μc are located at the vertices of an equilateral triangle of side length 100 Cm. the magnitude of electric field at any vertex is.

a) $1.6x10^4\ N/C$ b) $2.5x10^4\ N/C$

c) $8.2x10^4\ N/C$ d) $1.1x10^4\ N/C$

Solutio



لاحظ أن: (1) الشحنات متساوية والأبعاد متساوية فتكون E متساوية عند كل رؤوس المثلث.

(2) عند حساب E عند نقطة فيها شحنة نهمل هذه الشحنة.

{ تستخدم اشارة الشحنة لتحديد اتجاه المجال عند النقطة المطلوب عندها المجال وبالتالي نحدد (θ) لكل E }.

$$E_1 = E_2 = \frac{9\times10^9\times1\times10^{-6}}{(1)^2} = 9\times10^3\ \ N/C$$

$$E_x = E_1Cos\theta_1 + E_2Cos\theta_2 = -13500\ \ N/C$$

$$E_y = E_1Sin\theta_1 + E_2Sin\theta_2 = -7794.2\ \ N/C$$

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = 15588.4\ \ N/C = 1.6x10^4 N/C$$

$$\theta = \tan^{-1} = \left(\frac{7794.2}{13500}\right) 0.01^o$$

ملحوظة: إذا طلب الزاوية فإن

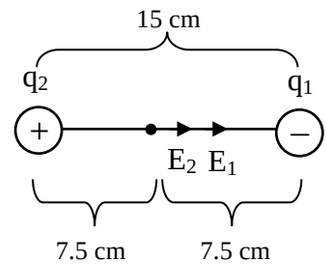
حيث أن: E_x ، E_y (– ، –) فإن (ربع III)

$\theta = 180 + 0.01 = 180.01^o$ from +v-x عكس الساعة

Ex7: Two particles with equal charges of magnitude $2\times10^{-7}\,c$ but opposite signs are held 15 cm apart. The magnitude and direction of $\vec{E}$ at the point midway between the charges is.

a) $4.6x10^{5}\,N/C$ to $(-)$ b) $6.4x10^{-5}\,N/C$ to $(-)$ c) $2.3x10^{3}\,N/C$ to $\oplus$ d) $6.4x10^{5}\,N/C$ to $(-)$

Solutio



لاحظ أن: في حالة شحنتين فقط يكون المجال عند نقطة على المستقيم المار بالشحنتين:

(أ) مجموع E_1 ، E_2 { بين الشحنتين المختلفتين / خارج الشحنتين المتشابهتين }

(ب) الفرق بين E_1 ، E_2 { بين الشحنات المتشابهة / خارج الشحنات المختلفة }

من الشكل θ_1 , $\theta_2 = 0$

$$\therefore \quad E_1 = E_2 = \frac{9\times10^{9}\times2\times10^{-7}}{(0.075)^2} = 3.2\times10^{5}\ \ N/C$$

$$E = E_1 + E_2 = 6.4\times10^{5}\ \ N/C\ \ (\theta = 0 \text{ نحو})$$

Ex8: An atom of plutonium 234 has a nuclear radius of 6.64 Fm and the atomic number Z=94 assuming that the positive charge is distributed uniformly within the nucleus. The magnitude of the electric field at the surface of the nucleus due to the positive charge is.

a) $3x10^{21}N/C$ b) $2.5x10^{21}N/C$

c) $3x10^{-21}N/C$ d) $2.5x10^{-21}N/C$

Solutio

مقدار الشحنة الكلية = شحنة البروتون × عدد البروتونات

$$q = 1.6 \times 10^{-19} \times 94 = 1.5 \times 10^{-17}\ C$$

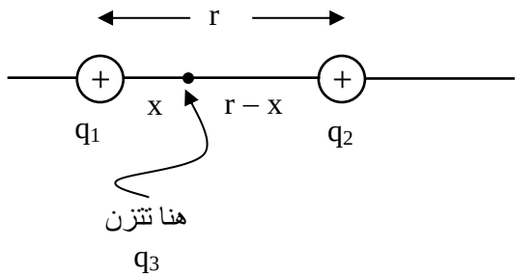
$$r = 6.64\ F\,m = 6.64 \times 10^{-15}\ m$$

$$E = \frac{9 \times 10^{9} \times 1.5 \times 10^{-17}}{(6.64 \times 10^{-15})^{2}} = 3.1 \times 10^{21}\ N/C$$

انعدام شدة (اتزان شحنة في) المجال الكهربي عند نقطة على استقامة شحنتين

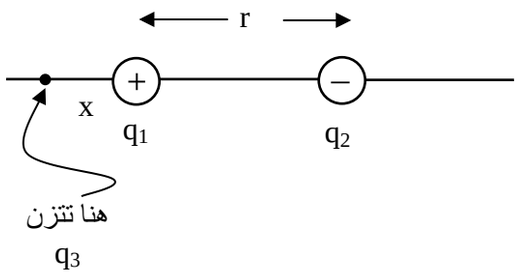
هام جداً:- إذا كان لدينا شحنتين q_1 ، q_2 ونريد تحديد موضع q_3 والتي عندها تكون محصلة القـــوة تساوي صفر (تتزن الشحنة) equilibrium case حالة توازن:

فأن :- 1-إذا كانت الشحنتين q_1 ، q_2 متشابهة (+،+) (-،-) فإن q_3 تكون بينهما وعلى بعـــد x مـــن الشحنة ذات المقدار الأقل بحيث: $\frac{\sqrt{|q_1|}}{X} = \frac{\sqrt{|q_2|}}{r-X}$ على اعتبار أن $|q_1| < |q_2|$



2- إذا كانـــــــــــــــــــــــــــــت الشـــــــــــــــــــــــــــــحنات q_1 ، q_2 مختلفـــــــــــــــــــــــــــــة (-،+) فإن q_3 تكون خارجها وناحية الشحنة الأقل وعلى بعد X منها بحيث:

$$\frac{\sqrt{|q_1|}}{X} = \frac{\sqrt{|q_2|}}{r+X}$$



9 Two particles Q_1= 0.70 nC and Q_2= 12 nC are separated by a distance of 2 m. The net electric field due to these charges equals to zero at:

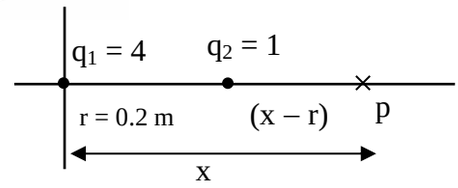
(a) 1.61 m from Q_2 (b) 2.63 from Q_1 (c) 0.39 from Q_2 (d) 1.61 from Q_1 (e) zero

Ex10: Two charges q_1 and q_2 lie on the x-axis. The charges q_1 is at x=0 and q_2 at x=20 cm. if $q_1 = 4\mu c$ and $q_2 = -1\mu c$, the point p at which the total electric field is zero is at.

a) x= 20cm b) x= 12cm c) x= 40cm d) x= -12 cm

Solution

∵ الشحنات مختلفة فإذا النقطة تقع خارجهما وناحية الشحنة الأقل $|q_2| = 1$ وبذلك يكون



$$\frac{\sqrt{|Q_2|}}{x-r} = \frac{\sqrt{|Q_1|}}{x}$$

$$\frac{\sqrt{1\times10^{-6}}}{x-0.2} = \frac{\sqrt{4\times10^{-6}}}{x}$$

$$\frac{10^{-3}}{x-0.2} = \frac{2\times10^{-3}}{x}$$

$$\frac{1}{x-0.2} = \frac{2}{x}$$

$$x = 2x - 0.4$$

$$x - 2x = -0.4$$

$$-x = -0.4$$

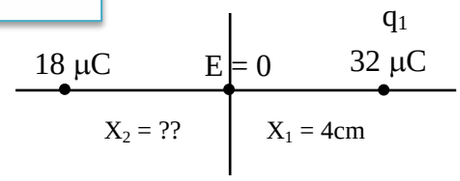
$$x = 0.4\ m$$

$$\therefore\ x = 40\ cm$$

Ex11: A 32μc charge is positioned on the x-axis at x= 4cm. where should a 18μc charge be placed on the x-axis so that the net electric field at the origin is zero.

a) 2 cm b) -3 cm c) 4 cm d) -4 cm

Solutio



∵ الشحنات متشابهة ∴ تكون نقطة الاتزان بينهما

∴ تقع الشحنة الأخرى على يسار نقطة الأصل.

$$\frac{\sqrt{18\times10^{-6}}}{x_2} = \frac{\sqrt{32\times10^{-6}}}{0.04}$$

$$\frac{3\times10^{-3}\sqrt{2}}{x_2} = \frac{4\times10^{-3}\sqrt{2}}{0.04}$$

$$4\,x_2 = 0.12$$

$$x_2 = \frac{0.12}{4} = 0.03\ m$$

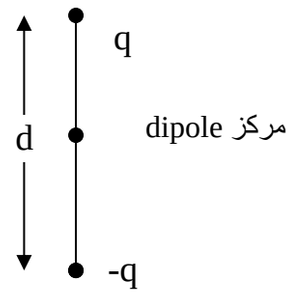
$$x_2 = 3\ cm$$

∵ النقطة على يسار نقطة الأصل ∴ $x_2 = -3$

The electric field due to an electric dipole:

The electric dipole ثنائي القطب الكهربي:-

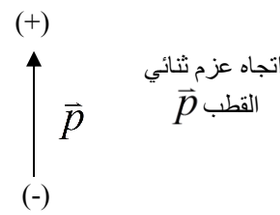
هو عبارة عن شحنتين متساويتين في المقدار ومختلفتين في الإشارة وبينهما مسافة d صغيرة جداً.



1- Dipole moment عزم ثنائي القطب:

$$P = q \cdot d \quad c.m$$

العزم — الشحنة — البعد بين الشحنتين



Ex12: The electric dipole moment of an electron and proton 4.3 nm apart is:

a) 6.88×10^{-28}c.m b) 13.4×10^{-28}c.m

c) 18.5×10^{15}c.m d) 2.5×10^{-23}c.m

Solution

$q = 1.6\times10^{-19}$ c

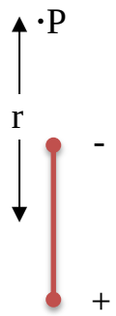
$d = 4.3\times10^{-9}$ m

$P = q \cdot d$

$= 1.6\times10^{-19} \times 4.3\times10^{-9}$

$= 6.88\times10^{-28}$ c·m

2-Field Due to an Electric Dipole

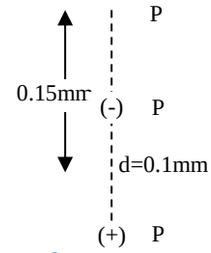


$$E_P = 2K\frac{P}{r^3}$$

Ex13: In the fig shown the electric field at. Point **P** is:

a) $0.1N/C$ b) $8.1N/C$

c) $4.5N/C$ d) $8.5N/C$



Solutio

$d = 0.1\ mm$

$= 0.0001\ m$

$r = 0.00015$

$q = 1.6 \times 10^{-19}\ C$

$$E = 2k\frac{P}{r^3}$$

$$= 2k\frac{qd}{r^3}$$

$$= 2\times 9\times 10^{9}\frac{1.6\times10^{-19}\times0.0001}{(0.00015)^3}$$

$$= 0.085\ N/c \cong 0.1\ N/c$$

****

Field Due to a Continuous Charge Distribution

Charge density

Charge density كثافة الشحنة	Charge الشحنة
1) Liner charge density الكثافة الخطية: $\lambda = \frac{Q}{L} \quad c/m$ ← طول الخط المشحون	$Q = \lambda.L$
2) Surface charge density الكثافة السطحية للشحنة: $\sigma = \frac{Q}{A} \quad c/m^2$	$Q = \sigma.A$
3) Volume charge density الكثافة الحجمية للشحنة: $\rho = \frac{Q}{V} \quad c/m^3$	$Q = \rho.V$

Area المساحة

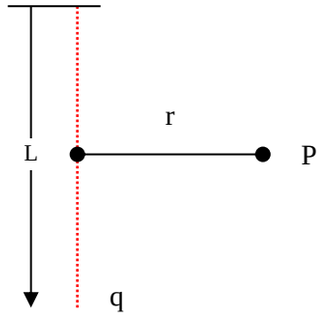
1) Sphere $A = 4\pi R^2$
2) Disc $A = \pi R^2$
3) Square $A = L^2$
4) Cylinder $A = 2\pi Rh$

Length for ring = $2\pi R$

Volume

1) Sphere $V = \frac{4}{3}\pi R^3$
2) Cube $V = L^3$
3) Cylinder $V = \pi R^2 h$

The electric field due to a line of charge: حساب شدة المجال الكهربي لخط مشحون:-



$$E = 2K\frac{|\lambda|}{r}$$

Ex14: A conducting long wire carries a liner charge density $\lambda = 8\times10^{-12} c/m$. The wire is surrounded by an insulator of 4 mm radius. The electric field just outside the insulator is:

a) $22\ N/C$ b) $36\ N/C$ c) $29\ N/C$ d) $63\ N/C$

Solutio

$\lambda = 8 \times 10^{-12}$ c/m

$r = 4$ mm

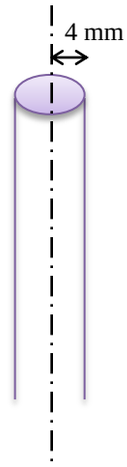
$= 0.004$ m

Just outside على السطح تقريباً

$$E = 2K\frac{|\lambda|}{r}$$

$$= 2\times 9 \times 10^{9}\ \frac{8\times10^{-12}}{0.004}$$

$$= 36\ N/C$$



Ex15: A uniformly charged straight filament 7 m in length has a total positive charge of $2\mu c$. An uncharged card board cylinder 2cm in length and 10 cm radius surrounds the filament a its center with filament as the axis of the cylinder. The magnitude of the electric field at the surface of the cylinder is:

a) $22\times10^{4}\,N/C$ b) $5.14\times10^{4}\,N/C$ c) $5.14N/C$ d) $5.14\times10^{-4}\,N/C$

Solutio

$L = 7\ m$

$q = 2\times10^{-6}\ C$

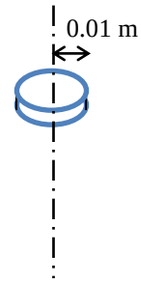
$r = 10\ cm = 0.1\ m$

$\lambda = \dfrac{q}{L}$

$\lambda = \dfrac{q}{L}$

$= \dfrac{2\times10^{-6}}{7}$

$= 2.85\times10^{-7}\ c/m$



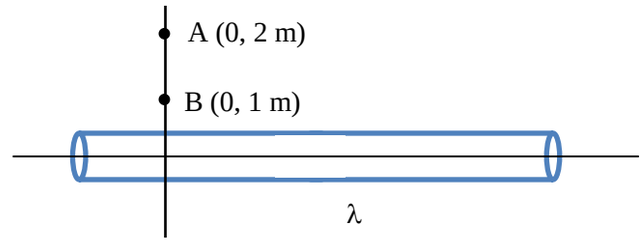
$E = 2K\dfrac{|\lambda|}{r}$

$= 2\times9\times10^{9}\dfrac{2.85\times10^{-7}}{0.1}$

$= 5.14\times10^{4}\ N/C$

Ex16: Conceder an infinitely long wire of charge density 2 mc/m lying along the x-axis as shown in the fig.

The ratio of electric field strength at point A to that at point B is:

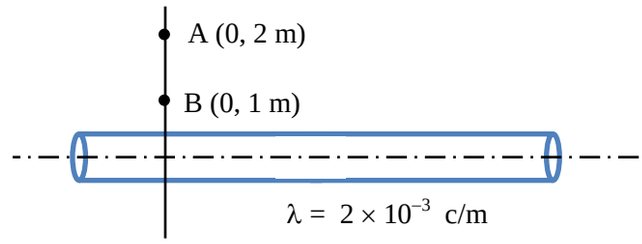


a) $1:2$ b) $2:1$ c) $3:4$ d) $4:3$

Solutio

$r_A = 2$

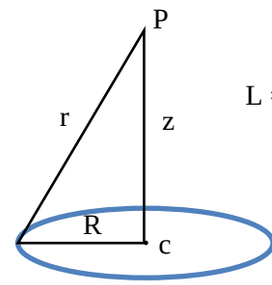
$r_B = 1$



$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{2k\frac{\lambda}{r_A}}{2k\frac{\lambda}{r_B}} = \frac{r_B}{r_A} = \frac{1}{2} = 1:2$$

ملحوظة: إذا كان الخط على شكل حلقة فإن

$$E = \begin{cases} k\dfrac{qz}{(z^2+R^2)^{\frac{3}{2}}} & \\ k\dfrac{q}{z^2} & z >>> R \\ 0 & z = 0 \quad \text{عند المركز} \end{cases}$$



$L = 2\pi R$ طول الحلقة

$q = \lambda L$

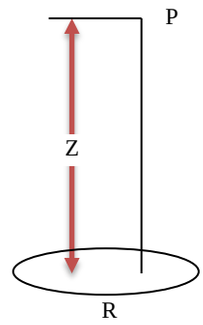
The electric field due to a charged disk: شدة المجال الكهربي الناتج عن قرص مشحون

$$\sigma = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi R^2}$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon o}[1 - \frac{Z}{\sqrt{Z^2+R^2}}]$$

السماحية الكهربية للوسط وتساوي

للهواء: $8.85\times10^{-12} C^2/N.m^2$



لاحظ أنه عند center المركز تكون Z=0

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon o} \quad Z = 0$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon o} \quad R = \infty$$

Ex17: A disk of radius R=2.5 cm The magnitude of density of $5.3\mu c/m^2$ on its upper face. The magnitude of the electric field produced by the disk at a point on its axis at a distance 12 cm from the disk is:

a) $2.5\times10^{-2}\,N/C$ b) $4.2\times10^{2}\,N/C$

c) $8.2\times10^{3}\,N/C$ d) $6.3\times10^{3}\,N/C$

Solutio

$R = 2.5 \times 10^{-2}$ m

$\sigma = 5.3 \times 10^{-6}$ c/m^2

$z = 12 \times 10^{-2}$ m

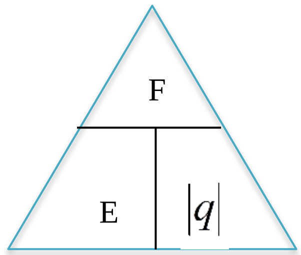
$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon o}[1 - \frac{Z}{\sqrt{Z^2+R^2}}]$$

$= 6.3 \times 10^{3}$ N/C

Force on a Point Charge in an Electric Field

القوة F المؤثرة على شحنة نقطية q في مجال كهربي شدته E

أ) إذا كانت شدة المجال الكهربي عند نقطة هي E ووضعت عند تلك النقطة شحنة كهربيـــة q فـــإن القوة المؤثرة هي:

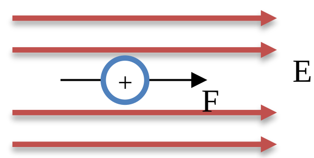


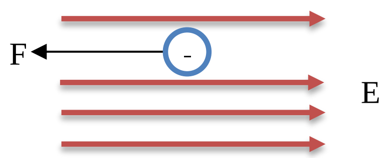
$$F = E|q|$$

ويكون اتجاه F

مع اتجاه المجال إذا كانت + q

معاكسة لاتجاه المجال إذا كانت – q





أي أن الشحنة (+) تتحرك مع المجال

أي أن الشحنة (−) تتحرك عكس المجال

~~~~~~

ب) إذا كانت كتلة الجسم المشحون هي m فإنه يتسارع داخل المجال حسب العلاقة.

قانون نيوتن II

$$F = m\ a$$

- F: مقدار القوة (N)
- m: مقدار الكتلة kg
- a: التسارع m/s^2
~~~~~~

Ex18: An electron (mass $=9.1\times10^{-31}\text{kg}$ m charge $=1.6\times10^{-19}\text{c}$) in an electric field have an acceleration of magnitude $5\times10^{15}\text{m/s}^2$. The magnitude of the electric field is.

a) $2.8\times10^{4}\text{N/C}$ b) $18\times10^{5}\text{N/C}$ c) $3.2\times10^{12}\text{N/C}$ d) $2.8\times10^{6}\text{N/C}$

Solutio

$q = 1.6\times10^{-19}\ C$

$m = 9.1\times10^{-31}\ kg$

$a = 5\times10^{15}\ m/s^2$

$E = ??$

$$E = \frac{F}{|q|} = \frac{ma}{|q|} = \frac{9\times10^{-31}\times5\times10^{15}}{1.6\times10^{-19}}$$

$F = ma$

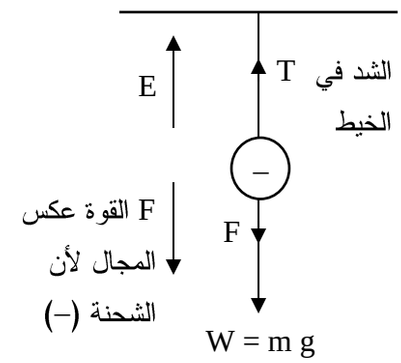
E= 28437.5 N/C Or E= 28.438 kN/C Or $E= 2.84\times10^{4}$ N/C

Ex19: A negatively charged 0.2g metallic ball hangs from an insulating string in α 3000 N/C electric field which is directed vertically upward. If the tension in the string is 0.004 N then the magnitude of the charge on the ball is.

a) 0.7μc b) 2.1×10^{-12}μc c) 3.1μc d) 1.4μc

Solutio

∵ الشحنة متزنة في وضع ساكن داخل المجال



$\therefore \quad \Sigma F = 0$

$T - F - mg = 0$

$T - mg = F$

$\because \quad F = Eq$

$\therefore \quad T - mg = Eq$

$$\therefore \quad q = \frac{T - mg}{E}$$

$$= \frac{0.004 - 0.0002 \times 9.8}{3000} = 6.8 \times 10^{-7}\ C = 0.68\ \mu C$$

Ex20: An electron enters a region of a uniform electric field directed along the positive x-axis and of magnitude 5 KN/C. the initial velocity of the electron is 10^4km/s in the + ve x-axis direction. The speed of the electron 1.5 ns after entering this region is:

a) 8.7×10^4Km/s b) 8.7×10^5Km/s c) 7.1×10^5Km/s d) 13.1Km/s

Solutio

$E = 5000\ N/C$ $\qquad$ $m = 9.1\times10^{-31}\ kg$

$V_0 = 10^7\ m/s$ $\qquad$ $q = 1.6\times10^{-19}\ C$

$t = 1.5\times10^{-9}\ s$

لاحظ أن الشحنة سالبة (إلكترون) واتجاه المجال نحو (+ x) وبالتالي فإن القوة المؤثرة على الإلكترون تكون عكس المجال. وحيث أنه دخل المجال بسرعة ابتدائية V_0 نحو (+ x)

∴ يتحرك بتباطؤ لأن القوة عكس السرعة.

$$E = \frac{F}{q} = \frac{ma}{q} \Rightarrow a = \frac{Eq}{m} = \frac{5000\times1.6\times10^{19}}{9.1\times10^{-31}} = 8.8\times10^{14}m/s^2$$

$V = V_0 + at$ $\qquad$ لاحظ أن التسارع سالب (تباطؤ)

$V = 10^7 - 8.8\times10^{14}\times1.5\times10^{-19}$

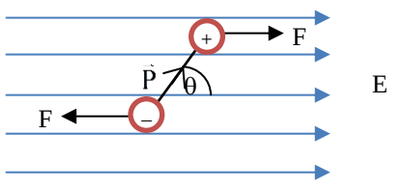
$= 8.7\times10^6\ m/s$

$= 8.7\times10^3\ km/s$

Dipole in an Electric Field

1-Torque (τ) عزم الازدواج

إذا وضع ثنائي القطب داخل مجال كهربي E فإنه يتأثر بعزم t يكون قادر على إحـــداث دوران لثنائي القطب حول مركزه.



$\vec{\tau} = \vec{P} \times \vec{E} = PE\,Sin\theta = qdESin\theta$ $\theta \rightarrow$ هي الزاوية بين

$\tau_{max} = PE \quad :[\theta = 90, Sin90 = 1]$ $\vec{P}$ اتجاه E واتجاه

2-Potential energy of a dipole

عند وضع ثنائي القطب داخل مجال كهربي فإنه يتأثر بقوة تدوير من المجال الكهربي ويكون لـــه طاقة وضع نتيجة تأثره بتلك القوة كما يلي:-

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

طاقة الوضع $\rightarrow U = -P \cdot E \cos\theta$

عزم ثنائي القطب — شدة المجال

$\theta \rightarrow$ الزاوية بين

$\vec{P}, \vec{E}$

3- work done by external agent on it in electric field:

اذا حدث له دوران (من θ_1 إلى θ_2) بفعل المجال الكهربي (العامل الخارجي) تتغير طاقة وضعه ويكون الشغل المبذول عليه:-

$$W = U_2 - U_1$$

$$= -PECos\theta_2 - (-PECos\theta_1)$$

$$W = -PE(Cos\theta_2 - Cos\theta_1)$$

هام جداً:

$\theta = 0 \rightarrow 180$

from end to end

W= 2 P E J

Ex21: The electric dipole of an electron and proton 4.3 nm apart If we put it in perpendicular on electric field $10^{15}\,N/C$. The torque is:

a) $13\times10^{-23}\,N/m$

b) $21\times10^{-13}\,N.m$

c) $2.5\times10^{15}\,N.m$

d) $6.88\times10^{-23}\,N.m$

$E = 10^5\ N/C$

$\vec{P} = 6.88\times10^{-28}\ c\cdot m$

$\theta = 90^o$

$\tau = P\,E\sin\theta$

$= 6.88\times10^{-28}\times10^5$

$= 6.88\times10^{-23}\ N\cdot m$

Ex22: An electric dipole of dipole moment $P = 6.2\times10^{-30}\,c.m$ is placed in an electric field of $1.4\times10^{4}\,N/C$. Such that the dipole is fully aligned with the electric field. An external agent rotates the dipole so that the dipole vector $\vec{P}$ is perpendicular to the electric. The amount of work done by the agent is:

a) $8.68\times10^{12}\,J$ b) $8.68\times10^{-26}\,J$

c) $18.4\times10^{15}\,J$ d) $22.3\,J$

Solutio

$\vec{P} = 6.2\times10^{-30}$ c·m

$E = 1.4\times10^{4}$ N/C

$\theta_1 = 0$

$\theta_2 = 90^{o}$

$W = ??$

$W = -P\,E\,(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)$

$\cos\theta_1 = 1$

$\cos\theta_2 = 0$

$\therefore W = P\,E = 6.2\times10^{-30}\times1.4\times10^{4}$

$= 8.68\times10^{-26}$ J

23 . In **Fig. 2**, the electric dipole will move:

(a) clockwise (b) anticlockwise (c) straight backward (d) straight forward (e) none

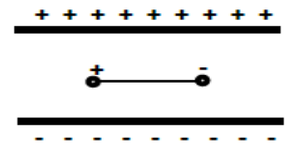


Fig. 2

20

An electric dipole, consisting of +10 µC and -10 µC charges, is placed in a uniform electric field of 300 N/C. If the maximum torque on the dipole is 3.6×10^{-6} N.m, the length of the dipole is:

(a) 1.2 cm (b) 3 cm (c) 3 mm (d) 1.2 mm
(e) 1 m