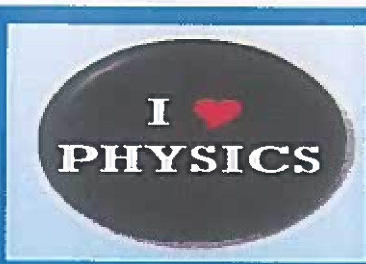
الوحدة الثانية 2

المجالات الكهربائية وقانون جاوس

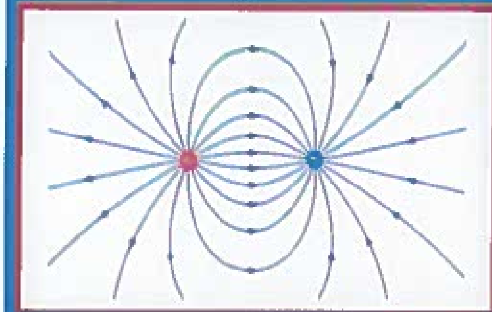
12

United Arab Emirates
Ministry of Education

الإمارات العربية المتحدة
وزارة التربية والتعليم



المجالات الكهربائية وقانون جاوس

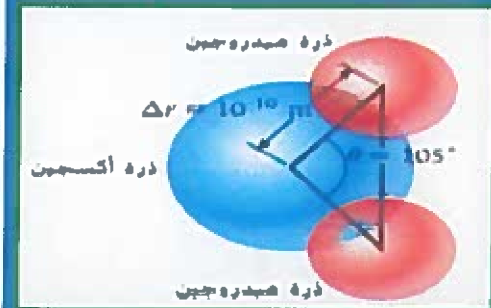


الفيزياء

الثاني عشر – متقدم

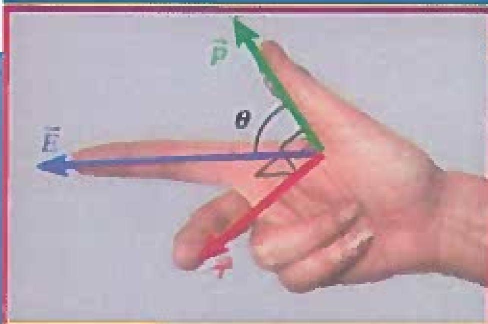
الفصل الدراسي الأول

الاسم : ....



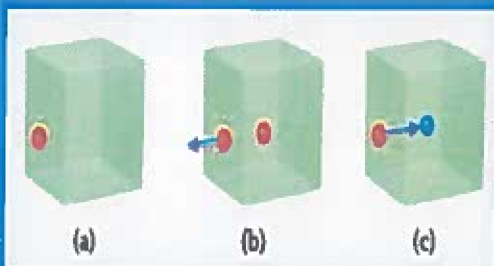
وزارة التربية والتعليم

دائـــرة التعـــليم والمعـــرفة



إعداد الأستاذ
أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

العام الدراسي 2018 -2019



أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

2.1 تعريف المجال الكهربائي

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

محصلة القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة مقسومة على مقدار هذة الشحنة

$$E(\vec{r}) = \frac{F(\vec{r})}{q}$$

$$F = |q| E$$

و هي كمية متجهة لها مقدار واتجاه و وحدة (E) : (N/C)

اتجاه شدة المجال عند نقطة :

- إذا كانت (q) موجبة يكون اتجاه (E) من النقطة بعيداً عن الشحنة .

- إذا كانت (q) سالبة يكون اتجاه (E) من النقطة باتجاه الشحنة.

- ملاحظة : الشحنة لا تؤثر على نفسها بمجال وانما تؤثر على المنطقة المحيطة بها .

في حال وجود مصادر متعددة للمجالات الكهربائية في الوقت نفسه نستخدم مبدأ التراكب

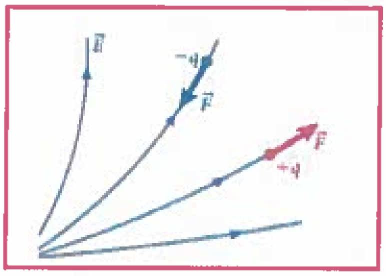
$$\vec{E}_t(\vec{r}) = \vec{E}_1(\vec{r}) + \vec{E}_2(\vec{r}) + \cdots + \vec{E}_n(\vec{r})$$

2.2 خطوط المجال الكهربائي

1) تبدأ الخطوط من الشحنة الموجبة وتنتهي عند الشحنة السالبة .(إذا لم يكن هناك شحنة سالبة تنتهي في المالانهاية)

2) عدد خطوط المجال التي تجتاز عمودياً وحدة المساحة تمثل شدة المجال عند تلك النقطة .

الخطوط تتكاثف عندما تكون $(\vec{E})$ كبيرة وتتباعد عندما تكون $(\vec{E})$ صغيرة .



3) اتجاه $(\vec{E})$ عند أي نقطة يكون مماساً لخط المجال المار بتلك النقطة .

4) عدد الخطوط الخارجة من الشحنة الموجبة أو الواصلة إلى السالبة يتناسب مع مقدار الشحنة .

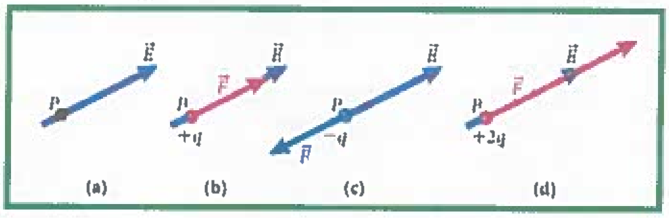
5) لا تتقاطع. علل ؟ لأنه لو تقاطع خطان لكان لشدة المجال في نقطة التقاطع أكثر من اتجاه

شحنة اختبار

لكي نرسم خطًا للمجال الكهربائي، نتخيل وضع شحنة موجبة صغيرة عند كل نقطة في المجال الكهربائي. وتكون هذه الشحنة صغيرة بما يكفي بحيث لا تؤثر في المجال.

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

القوة الناتجة عن وضع شحنة في مجال كهربائي.

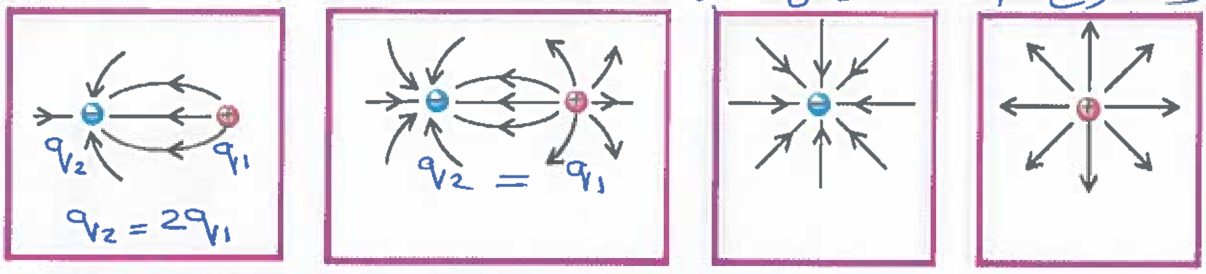


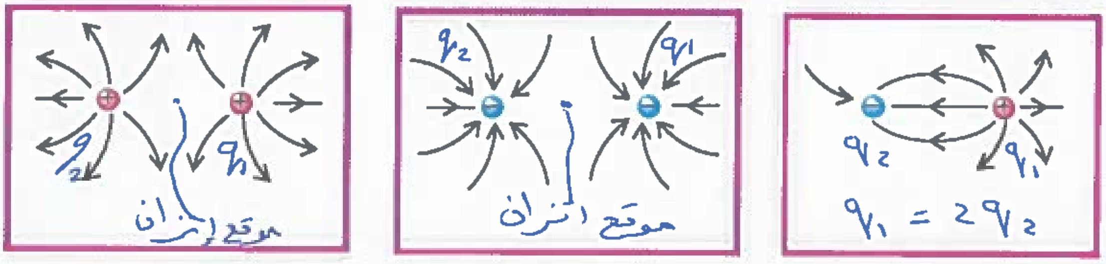
- إذا كانت (q) سالبة تكون ($\vec{F}$) عكس اتجاه ($\vec{E}$)
- إذا كانت (q) موجبة تكون ($\vec{F}$) بنفس اتجاه ($\vec{E}$)

*(a) النقطة P على خط مجال كهربائي
*(b) شحنة موجبة +q موضوعة عند النقطة P
*(c) شحنة سالبة -q موضوعة عند النقطة P
*(d) شحنة موجبة +2q موضوعة عند النقطة P

الشحنة النقطية

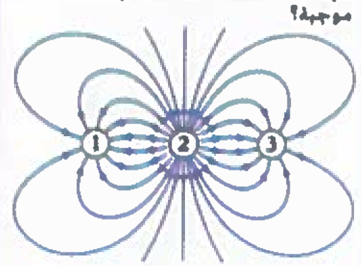
الخطوط تخرج من الموجبة تدخل للسالبة





مراجعة المفاهيم 2.1

أي من الشحنات الموضحة في الشكل موجبة؟



a) رقم 1
b) رقم 2
c) رقم 3
d) رقم 1 و3
e) كل الشحنات الثلاث موجبة.

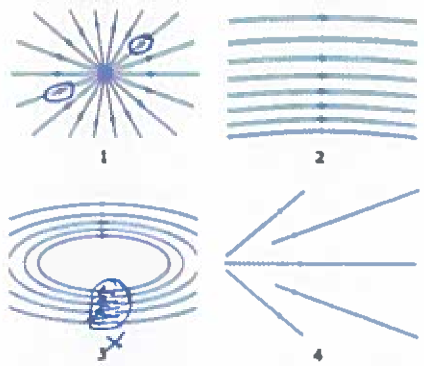
خطوط تخرج منها

مراجعة المفاهيم 2.2

إذا افترضنا أنه لا توجد شحنات في المناطق الأربع الموضحة في الشكل، فأي نمط يمكن أن يمثل مجالاً كهربائياً؟

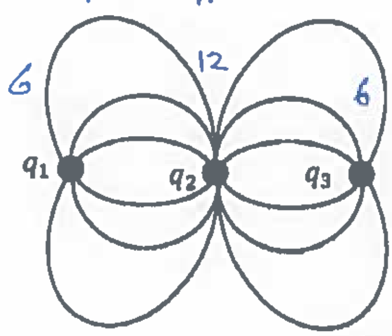
a) النمط 1 فقط
b) النمط 2 فقط
c) النمطان 2 و3
d) النمطان 1 و4
e) لا يمثل أي نمط مجالاً كهربائياً.

مجال منتظم



أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

1 يُظهر الرسم التخطيطي المجاور خطوط المجال الكهربائي لثلاث شحنات كهربائية نقطية. اعتماداً على الرسم أجب كما يلي:



1- احسب النسبة $\frac{|q_1|}{|q_3|}$

عدد الخطوط

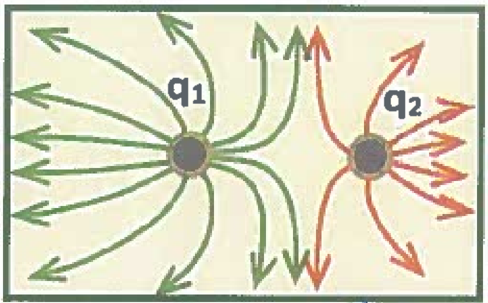
$$\frac{q_1}{q_3} = \frac{6}{6} = 1$$

$q_1 = q_3$

2- إذا كانت الشحنة (q_1) سالبة، فما نوع كل من الشحنتين (q_2) و (q_3)؟

الشحنة (q_2): موجبة ...... الشحنة (q_3): سالبة

2 يبين الشكل المجاور خطوط المجال الكهربائي لشحنتين نقطيتين ($|q_1| = 18.0\times10^{-12}C$) و (q_2) .



1- ما نوع كل من الشحنتين ؟

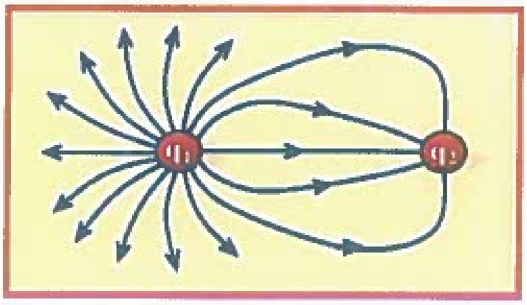
q_1 q_2 } موجبة لأن الخطوط تخرج منها

2- ما مقدار الشحنة (q_2) ؟

عدد الخطوط — مقدار الشحنة

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{12}{8} = \frac{18\times10^{-12}}{q_2} \Rightarrow q_2 = 1.2\times10^{-11}C$$

3 يظهر الشكل المجاور خطوط المجال الكهربائي حول شحنتين نقطيتين متجاورتين .



اعتماداً على الشكل :

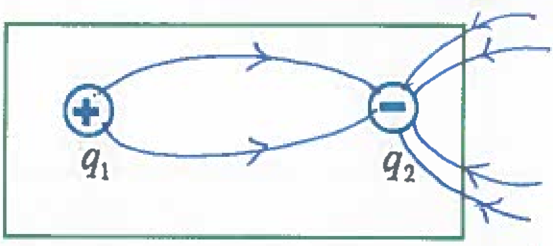
- ما نوع الشحنة (q_2) ؟ سالبة
- أي الشحنتين كميتها أكبر ؟ q_1

4 وضعت الشحنتان النقطيتان ($q_2 = -4.2\times10^{-6}C$, $q_1 = 1.4\times10^{-6}C$) متجاورتين في الهواء كما في الشكل المجاور ، ارسم خطوط المجال الكهربائي على الشكل نفسه .

نجد النسبة

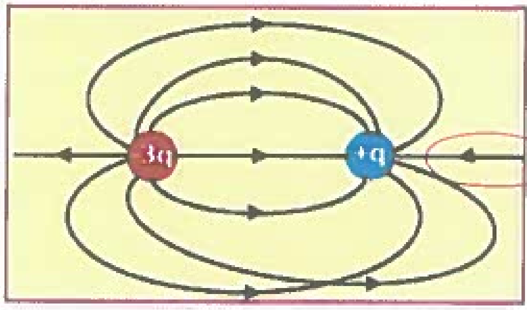
$$\left|\frac{q_1}{q_2}\right| = \frac{1.4\times10^{-6}}{4.2\times10^{-6}}$$

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{1}{3}$$



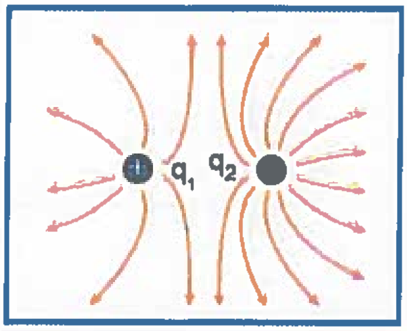
كل خط من q_1 تقابله 3 من q_2

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232



5 رسم متعلم خطوط المجال الكهربائي لشحنتين متجاورتين كما في الشكل المجاور . أكتب الأخطاء الثلاثة التي ارتكبها المتعلم في الرسم .

- يوجد خطان متقاطعان .
- خطوط المجال تخرج من الشحنة السالبة إلى الموجبة .
- عدد الخطوط لا يتناسب مع كمية الشحنتين .



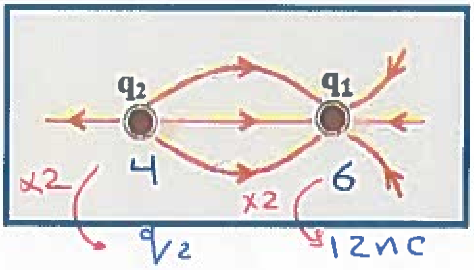
6 شكل التخطيطي المجاور يظهر خطوط المجال الكهربائي لشحنتين q_1 و q_2 ، فإذا كان [$q_1 = 3\times10^{-6} C$]

حدد نوع الشحنة q_2 ثم احسب كميتها . موجبة

$\frac{q_1}{q_2} = \frac{7}{12} = \frac{3\times10^{-6}}{q_2}$

$q_2 = 5.14\times10^{-6}\ C$

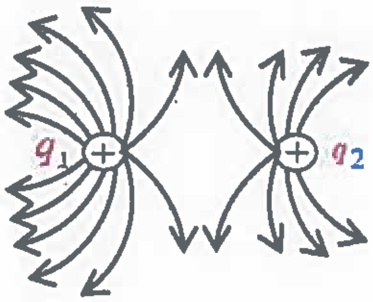
7 اعتماداً على الشكل التخطيطي المجاور أكمل الجدول التالي بما يناسب :



	q_1	q_2
نوع الشحنة	سالبة	موجبة
مقدار الشحنة	12 nC	8 nC

اختر الإجابة الصحيحة فيما يلي :

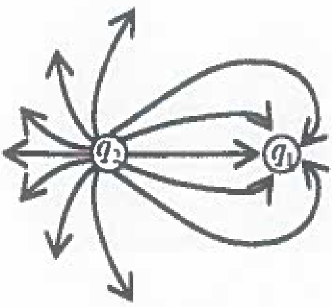
1) اعتماداً على الشكل المجاور تكون النسبة بين كميتي الشحنتين $\left(\frac{q_1}{q_2}\right)$ تساوي :



أ) $\frac{2}{1}$ ب) $\frac{1}{2}$ ج) $\frac{3}{2}$ د) $\frac{2}{3}$

$\frac{q_1}{q_2} = \frac{12}{8} = \frac{3}{2}$

2) يظهر الشكل المجاور خطوط المجال الكهربائي لشحنتين نقطيتين متجاورتين ، إذا كان مقدار الشحنة (q_1) يساوي $(6\mu C)$ فما مقدار الشحنة (q_2):



أ) $2.5\mu C$ ب) $4.8\mu C$ ج) $4.3\mu C$ د) $14.4\mu C$

$\frac{q_1}{q_2} = \frac{5}{12} = \frac{6\mu C}{q_2}$

$\rightarrow q_2 = 14.4\mu C$

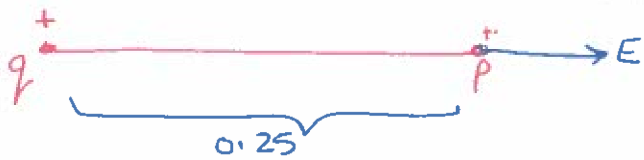
أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

2.3 المجال الكهربائي الناتج عن الشحنات النقطية

شدة المجال الكهربائي (E) : هي القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة اختبار صغيرة مقسومة على كمية شحنة الاختبار

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|qq_0|}{r^2} \Rightarrow E = \left|\frac{F}{q_0}\right| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \boxed{E = k\frac{q}{r^2}}$$

2.25 وضعت شحنة نقطية، $q = 4.00 \times 10^{-9}$ C، على المحور x عند نقطة الأصل. ما المجال الكهربائي الناتج عند $x = 25.0$ cm؟



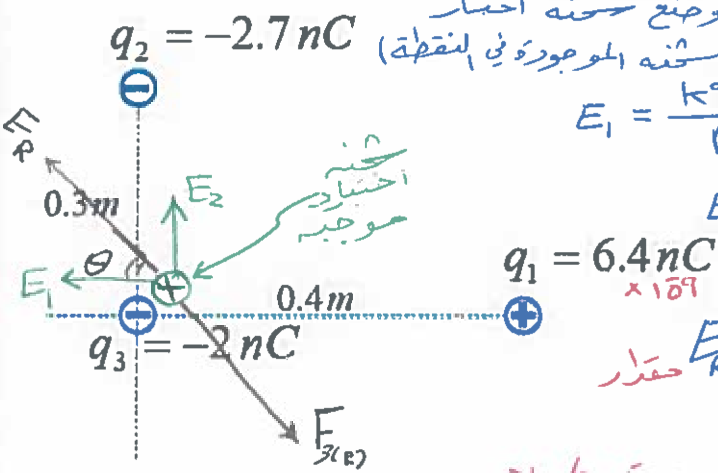
$$E = \frac{kq}{r^2}$$

$$= \frac{9\times10^{9} \times 4\times10^{-9}}{(0.25)^2} = 576\ \text{N/C}$$
$(+x)$

معتمداً على البيانات في الشكل :

1) احسب شدة المجال الكهربائي المؤثر في الشحنة (q_3) وحدد اتجاهه ؟

2) احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة (q_3) وحدد اتجاهها على الرسم.



1- ملاحظة: في أسئلة شدة المجال يجب وضع شحنة اختبار موجبة عند النقطة المطلوبة (اهمال الشحنة الموجودة في النقطة)

$$E_1 = \frac{kq_1}{r^2} = \frac{9\times10^{9}\times 6.4\times10^{-9}}{(0.4)^2} = 360\ \text{N/C}\ (-x)$$

$$E_2 = \frac{9\times10^{9}\times2.7\times10^{-9}}{(0.3)^2} = 270\ \text{N/C}\ (+y)$$

مقدار $E_R = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$

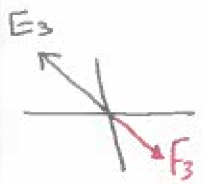
$$= \sqrt{(360)^2 + (270)^2} = 450\ \text{N/C}$$

اتجاهه $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{E_2}{E_1}\right) \approx 37^\circ$

2- $F_{3(R)} = q_3 E_{3(R)}$

$$= 2\times10^{-9} \times 450$$

$$= 9\times10^{-7}\ N$$



كما في الرسم F عكس E فتكون سالبة q_3 الشحنة

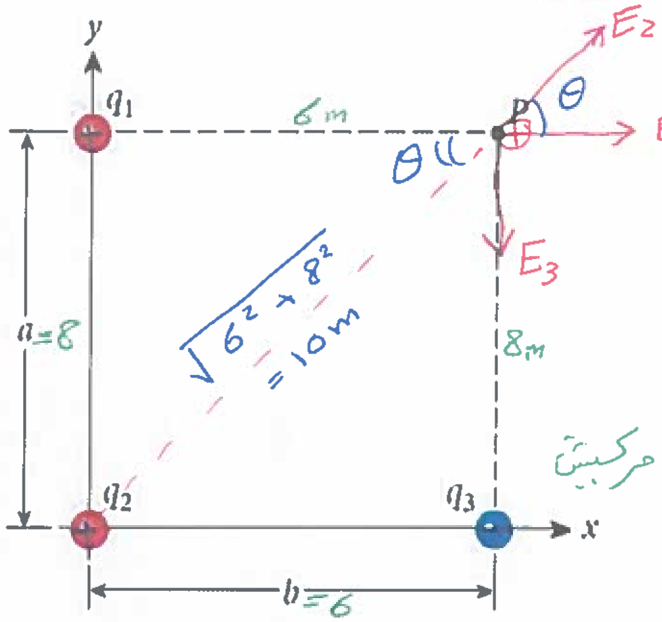
أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

مثال 2.1 ثلاث شحنات

يوضح الشكل 2.9 ثلاث شحنات نقطية ثابتة، $q_1 = +1.50\ \mu C$ ($\times 10^{-6}$)، و $q_2 = +2.50\ \mu C$، و $q_3 = -3.50\ \mu C$. تقع الشحنة q_1 عند النقطة $(0,a)$، والشحنة q_2 عند النقطة $(0,0)$، والشحنة q_3 عند النقطة $(b,0)$، حيث $a = 8.00\ m$، و $b = 6.00\ m$.

المسألة

ما المجال الكهربائي $\vec{E}$، الذي تنتجه هذه الشحنات الثلاث عند النقطة $P = (b,a)$؟

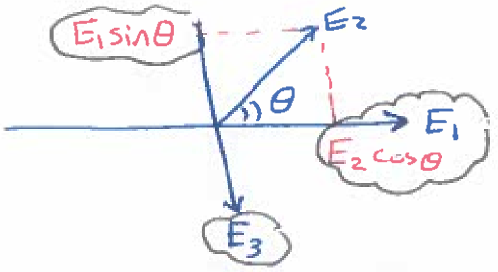


$$E_1 = \frac{9\times10^{9} \times 1.5\times10^{-6}}{(6)^2} = 375\ N/C\ (+x)$$

$$E_2 = \frac{9\times10^{9} \times 2.5\times10^{-6}}{(10)^2} = 225\ N/C \nearrow$$

$$E_3 = \frac{9\times10^{9} \times 3.5\times10^{-6}}{(8)^2} = 492\ N/C\ (-y)$$

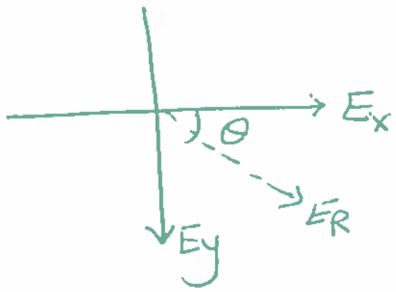
لإيجاد المحصلة نحلل E_2 الى مركبتين



$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{6}{10}\right)$$
$$\theta = 53.1^\circ$$

$$E_x = E_1 + E_2 \cos\theta$$
$$= 375 + (225 \cos 53.1) \approx 510\ N/C$$

$$E_y = E_1 \sin\theta - E_3$$
$$= (375 \sin 53.1) - 492$$
$$= -192\ N/C$$



مقدار
$$E_R = \sqrt{(510)^2 + (-192)^2} = 545\ N/C$$

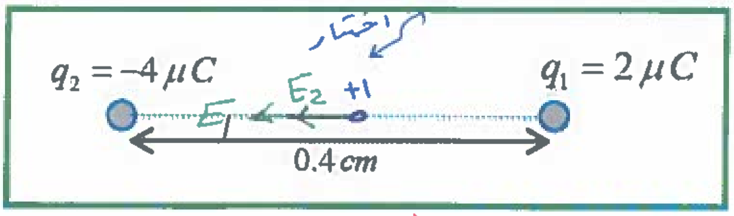
اتجاه
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{-192}{510}\right)$$
$$= 20.6^\circ$$

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

وضعت شحنتان نقطيتان في الهواء كما في الشكل المجاور :

1) احسب شدة المجال عند منتصف المسافة بين الشحنتين .

2) احسب القوة الكهربائية التي تؤثر في بروتون يوضع في منتصف المسافة بين الشحنتين $(q_p = 1.6\times10^{-19}C)$.



$\boxed{1}$

$$E_1 = \frac{9\times10^9 \times 2\times10^{-6}}{(0.2\times10^{-2})^2} = 4.5\times10^9 \ N/C$$

$$E_2 = \frac{9\times10^9 \times 4\times10^{-6}}{(0.2\times10^{-2})^2} = 9\times10^9 \ N/C$$

نبحث باتجاه نجمع $(-x)$

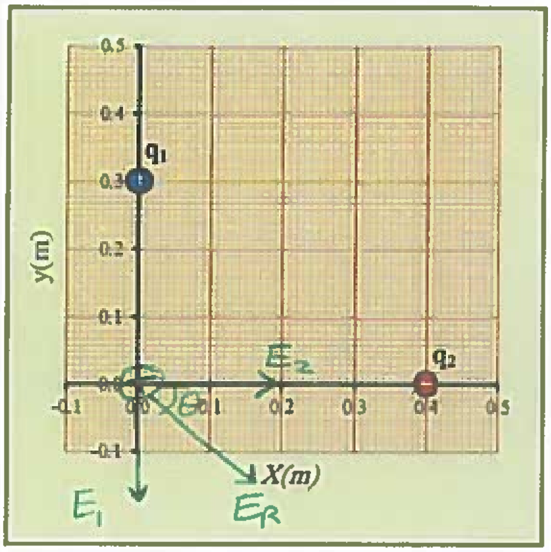
$$E_R = E_1 + E_2$$
$$= 4.5\times10^9 + 9\times10^9 = 1.35\times10^{10} \ N/C$$

$\boxed{2}$

$$F = q_p E$$
$$= 1.6\times10^{-19}\times1.35\times10^{10}$$
$$= 2.08\times10^{-9} \ N$$

اتجاه القوة بنفس اتجاه المجال $(-x)$ لان الشحنة موجبة (بروتون)

وضعت الشحنتان النقطيتان (q_1) و (q_2) في الهواء على محاور الاحداثيات كما في الشكل المجاور .



إذا كانت الشحنة الأولى $[q_1 = +16.0\times10^{-6}C]$ الشحنة الثانية $[q_2 = -32.0\times10^{-6}C]$.

1- جد شدة المجال الكهربائي عند نقطة الأصل (0.0) .

$$E_1 = \frac{9\times10^9\times16\times10^{-6}}{(0.3)^2} = 1.6\times10^6 \ N/C \ (-y)$$

$$E_2 = \frac{9\times10^9\times32\times10^{-6}}{(0.4)^2} = 1.8\times10^6 \ N/C \ (+x)$$

محصلة

$$E_R = \sqrt{(1.6\times10^6)^2 + (1.8\times10^6)^2} = 2.4\times10^6 \ N/C$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{E_1}{E_2}\right) = 41.6^\circ$$

2- إذا أزيلت الشحنة (q_2) فهل يزداد مقدار المجال الكهربائي عند نقطة الأصل أم يقل أم لايتغير؟ برر اجابتك

يقل لان محصلة المجال كانت (2.4×10^6) وعند ازالة الشحنة q_2 سيبقى E_1 فقط وهو اقل من E_R .

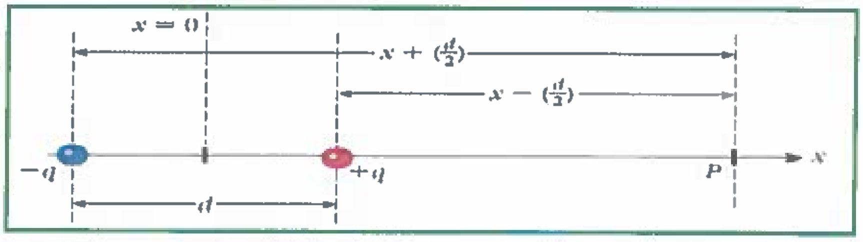
أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

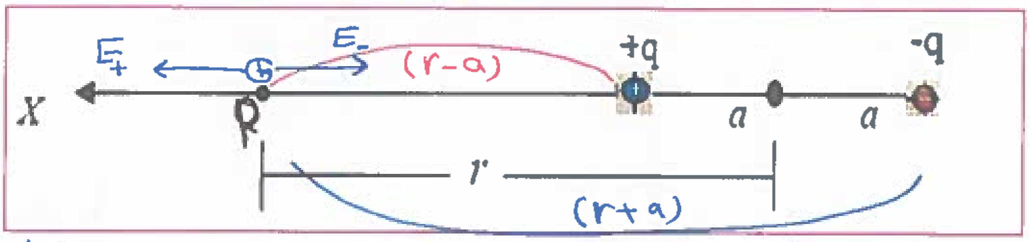
2.4 المجال الكهربائي الناتج عن ثنائي قطب

ثنائي القطب الكهربائي :

نظام مكون من جسيمين نقطيين مشحونين بشحنتين (متساويتين في المقدار) و(مختلفتين في الإشارة).

نفرض $a = \frac{1}{2}d$ للتسهيل





$$E_+ = \frac{kq}{(r-a)^2} \quad , \quad E_- = \frac{kq}{(r+a)^2}$$

المجال عن شحنة السالبة أقل من شحنة الموجبة لبعدها عن النقطة P

$$E_R = E_+ - E_-$$ (متعاكسان) نطرح

$$= \frac{kq}{(r-a)^2} - \frac{kq}{(r+a)^2}$$

عامل مشترك

$$= kq\left[\frac{1}{(r-a)^2} - \frac{1}{(r+a)^2}\right]$$

توحيد مقامات

$$= kq\left[\frac{(r+a)^2 - (r-a)^2}{(r-a)^2 \cdot (r+a)^2}\right]$$

$$= kq\left[\frac{r^2+2ar+a^2-(r^2-2ar+a^2)}{(r^2-a^2)^2}\right]$$

$$= kq\,\frac{4ar}{(r^2-a^2)^2}$$

when $r >>> a$

$$= \frac{kq\,4ar}{r^4}$$ اعادة ترتيب

$$E_R = \frac{4kqa}{r^3}$$

نستبدل a ب $\frac{1}{2}d$

$$= \frac{4kq(\frac{1}{2}d)}{r^3} = \frac{2kqd}{r^3}$$

أو بوضع $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

$$E_R = \frac{qd}{2\pi\epsilon_0 r^3}$$

المجال الكهربائي الناتج عن ثنائي القطب الكهربائي :

$$E \approx \frac{qd}{2\pi\epsilon_0 x^3}.$$ أو $$E = \frac{2kqd}{x^3}$$

عزم ثنائي القطب الكهربائي : $\vec{p}$

(X او r) بعد النقطة عن منتصف ثنائي القطب

يكون اتجاه عزم ثنائي القطب الكهربائي من الشحنة السالبة إلى الشحنة الموجبة وهو عكس اتجاه خطوط المجال الكهربائي

$$\boxed{p = qd}$$

الصيغة النهائية للمجال الكهربائي الناتج عن ثنائي القطب :

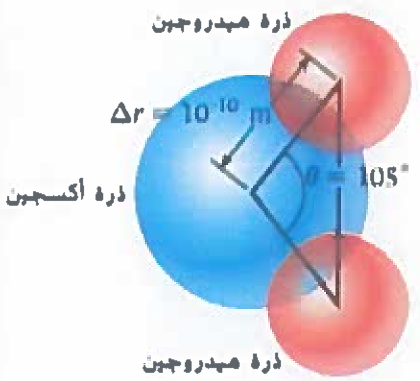
$$E = \frac{p}{2\pi\epsilon_0 |x|^3}$$

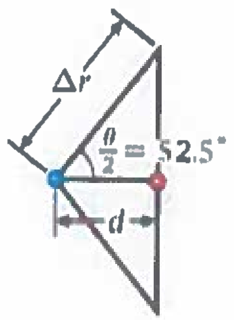
حيث (q) مقدار احدى الشحنتين

و (d) المسافة الفاصلة بينهما

جزيء الماء

ما عزم ثنائي القطب الكهرباني الناتج للماء $\vec{p}$

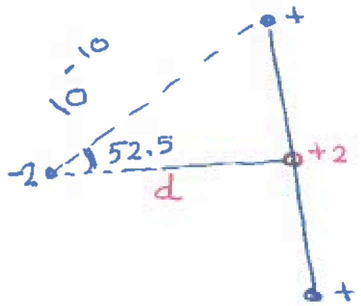




$P = qd$

$= (2 \times 1.6 \times 10^{-19}) \times 6.1 \times 10^{-11}$ m.C

Cm.



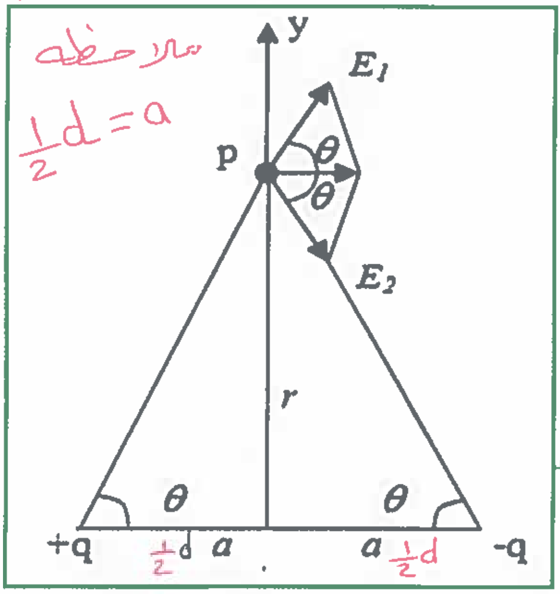
$d = 10^{-10} \cos 52.5$

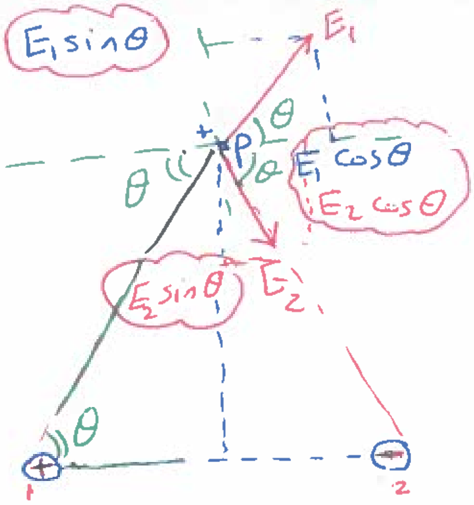
$d = 6.1 \times 10^{-11}$ m

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

بالنسبة لثنائي القطب الموضح بالشكل .أوجد شدة المجال الكهربائي الناشئ عن الشحنتين q+ و q- عند النقطة p الواقعة على العمود المنصف لمحور ثنائي القطب

x أو r هي البعد العمودي عن منتصف ثنائي القطب





$$E_1 = \frac{kq}{(\text{وتر})^2} \quad , \quad E_2 = \frac{kq}{(\text{وتر})^2}$$

$$E_1 = E_2 = E$$

$$* \; E_y = E_1\sin\theta - E_2\sin\theta = 0$$

$$E_x = E_1\cos\theta + E_2\cos\theta$$
$$= 2E\cos\theta$$
$$= 2\times\frac{kq}{(a^2+r^2)}\cdot\frac{a}{(a^2+r^2)^{1/2}} = \frac{2kqa}{(a^2+r^2)^{3/2}}$$

نجد $\cos\theta$ بالرموز

$$\cos\theta = \frac{a}{(a^2+r^2)^{1/2}}$$

نجد E بالرموز

$$E = \frac{kq}{(\sqrt{a^2+r^2})^2}$$
وتر

$$= \frac{kq}{(a^2+r^2)}$$

عندما $r >>> a$

$$E = \frac{2kqa}{r^3} = \frac{kqd}{r^3} \quad \text{أو} \quad \frac{kqd}{x^3}$$

مثال : ثنائي قطب متعادل شحنتاه $-6.0\mu C$, $+6.0\mu C$ والمسافة بينهما 2cm فإن مقدار المجال الكهربائي على بعد 30cm من منتصف ثنائي القطب هي :

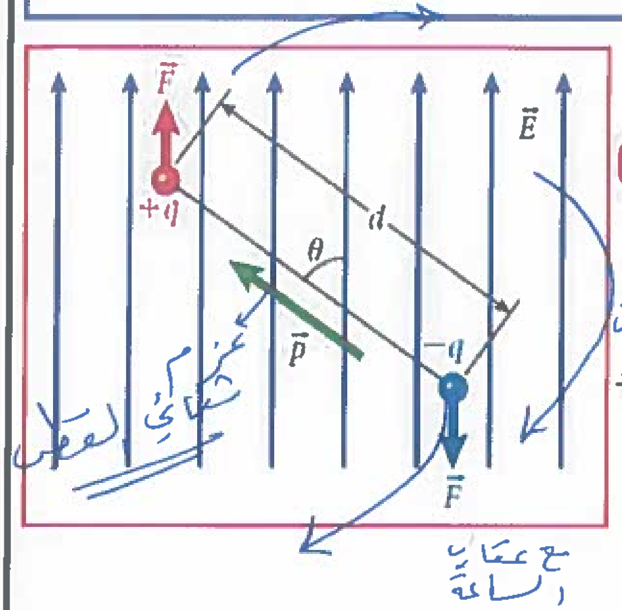
A)$5.6 \times 10^4 N/C$
(B)$8.0 \times 10^4 N/C$
(C)$12.5 \times 10^4 N/C$
(D)$15.0 \times 10^4 N/C$

$$E = \frac{2kqd}{x^3}$$

$$= \frac{2\times 9\times 10^{9}\times 6\times 10^{-6}\times 2\times 10^{-2}}{(30\times 10^{-2})^3}$$

أسامة إبراهيـم النحوي
0554543232

ثنائي القطب في مجال كهربائي



تتأثر الشحنة النقطية في مجال كهربائي بقوة (F = qE)

وتكون هذه القوة مماسية لخطوط المجال

ملاحظات :

1. نحن هنا ندرس القوى المؤثرة في ثنائي قطب موجود في مجال خارجي لا المجال الناتج عن ثنائي القطب .
2. مجال ثنائي القطب صغير جدا مقارنة مع المجال الخارجي (E) لذلك يمكننا تجاهل تأثيره .
3. يبذل المجال الكهربائي قوة متجهة الى الأعلى على الشحنة الموجبة والى الأسفل على الشحنة السالبة . مقدارها (F = qE) وهما متساويتان لذلك ينتج عنها عزم دوران

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$ qE

وحدة القياس N.m

ومنها :

$$\tau = qEd\sin\theta.$$

بتذكر أن عزم ثنائي القطب الكهربائي يحدد بالمعادلة $p = qd$.

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

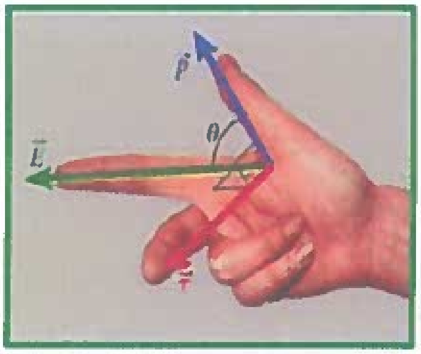
ولان عزم الدوران عبارة عن متجه ويجب أن يكون متعامداً على كل من عزم ثنائي القطب الكهربائي والمجال الكهربائي يمكن كتابة المعادلة بالشكل التالي

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}.$$

نلاحظ من المعادلة السابقة إن مقدار العزم يعتمد على $\sin\theta$

- ويكون أكبر ما يمكن – قيمة عظمى - أي ($\tau = \pm pE$) عندما تكون الزاوية (90) أو (270)
- بينما يكون العزم صفراً عندما تكون الزاوية (0) أو (180)

يمكن الحصول على إتجاه عزم الدوران باستخدام **قاعدة اليد اليمنى**



* الإبهام (p) . عزم ثنائي القطب

* السبابة (E) . الإصابع المجال

* العمودي على باطن اليد (الاصبع الوسطى)(τ) .

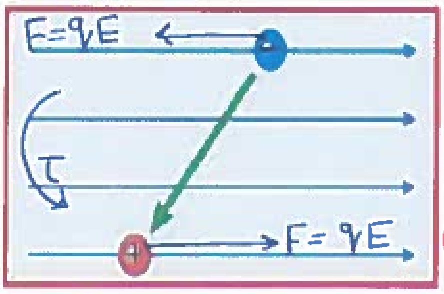
لـ عزم الدوران

q

2.41 ثنائي قطب كهربائي له شحنتان مختلفتان في الإشارة مقدار كل منهما **5.00×10^{-15} C** وتفصل بينهما مسافة **0.400 mm** ($\times 10^{-3}$, d) موجه بزاوية **60.0** (θ) بالنسبة لمجال كهربائي منتظم مقداره **2.00×10^{3} N/C** (E) أوجد مقدار عزم الدوران الذي يبذله المجال الكهربائي على ثنائي القطب .

$$\tau = PE\sin\theta = \overbrace{qd}^{P}E\sin\theta = 5\times10^{-15}\times0.4\times10^{-3}\times2\times10^{3}\sin60$$

$$= 3.46\times10^{-15}\ N.m$$



وضع ثنائي قطب كهربائي في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل ، تمعن الشكل جيداً ثم **أجب عن الآتي :**

1- في أي اتجاه سيتحرك ثنائي القطب ؟ **فسر اجابتك .**

القوة المحصلة ستكون صفر لذلك لن يكون هناك حركه انتقاليه (المجال منتظم)

$F_{net} = 0$

$F_+ = E$

2- في أي اتجاه سيدور ثنائي القطب ؟ **فسر اجابتك .**

عزم الدوران لن يكون صفر ($\tau \neq 0$) فسيدور عكس عقارب الساعة لان (+) ستدور نحو اليمين و (-) نحو اليسار . والثنائي عكس عقارب الساعة

اختر أفضل تعريف ثنائي القطب.

a) زوج من الشحنات المتساوية و المتشابهة التي تقع في نقطة الاصل
b) زوج من الشحنات غير المتساوية والمتشابهة تقع في الأصل
c) زوج من الشحنات المتساوية مقدارا ومختلفة نوعا ومفصولة بمسافة صغيرة
d) زوج من الشحنات غير المتساوية مقدارا ومختلفة نوعا ومفصولة بمسافة صغيرة

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

2.42 غالبا ما يُقاس عزم ثنائي القطب الكهربائي للجزيئات بوحدة الديباي (D)، حيث $1\ D = 3.34 \cdot 10^{-30}\ C\ m$. على سبيل المثال، عزم ثنائي القطب لغاز كلوريد الهيدروجين هو $1.05\ D$. احسب أقصى عزم دوران يمكن أن يؤثر على هذا الجزيء في وجود مجال كهربائي مقداره $160.0\ N/C$.

تحدث عندما $\sin 90 = 1$

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

$$= (1.05 \times 3.34 \times 10^{-30})(160) \sin 90$$

$$= 5.61 \times 10^{-28}\ N.m$$

2.44 تبعد شحنتان $+e$ و$-e$ عن بعضهما مسافة $0.680\ nm$ في مجال كهربائي، E، مقداره $4.40\ kN/C$ وموجَّه بزاوية $45.0°$ بالنسبة إلى محور ثنائي القطب. احسب عزم ثنائي القطب ومن ثَمّ عزم الدوران المبذول على ثنائي القطب في المجال الكهربائي.

1.6×10^{-19} ، $\times 10^{-9}$ ، $\times 10^{3}$ ، τ ، P

① $P = qd = 1.6 \times 10^{-19} \times 0.68 \times 10^{-9} = 1.09 \times 10^{-28}\ Cm$

② $\tau = PE \sin\theta = 1.09 \times 10^{-28} \times 4.4 \times 10^{3} \times \sin 45$

$$= 3.4 \times 10^{-25}\ N.m$$

مراجعة المفاهيم 2.3

وضع ثنائي قطب متعادل كهربائيا في مجال كهربائي خارجي كما هو موضح في الشكل. في أي حالة (حالات) تكون محصلة القوى المؤثرة في ثنائي القطب صفرا؟

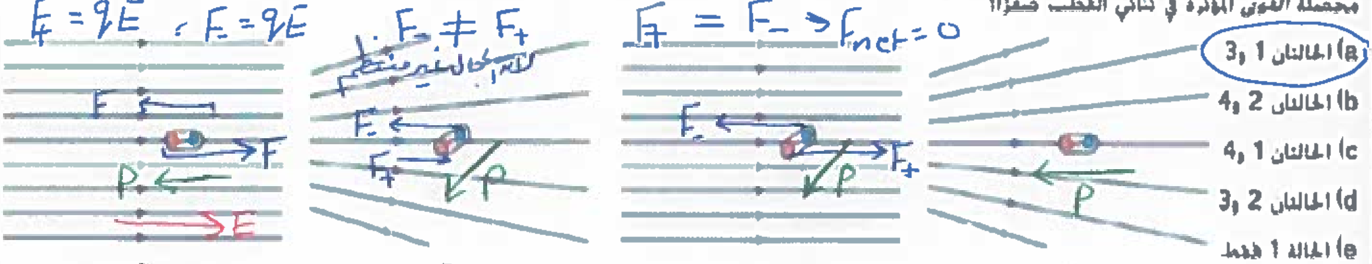
a) الحالتان 1 و3
b) الحالتان 2 و4
c) الحالتان 1 و4
d) الحالتان 2 و3
e) الحالة 1 فقط

$F_{net} = 0$

$F_+ = qE$ ، $F_- = qE$

$F_- \neq F_+$ المجال غير منتظم

$F_+ = F_- \Rightarrow F_{net} = 0$



$\theta = 180$
بين $P-E$

$\theta = 180$
بين $E-P$

مراجعة المفاهيم 2.4

وضع ثنائي قطب متعادل كهربائيا في مجال كهربائي خارجي كما هو موضح في الشكل في مراجعة المفاهيم 2.3. في أي حالة (حالات) تكون محصلة عزم الدوران المبذولة على ثنائي القطب صفرا؟

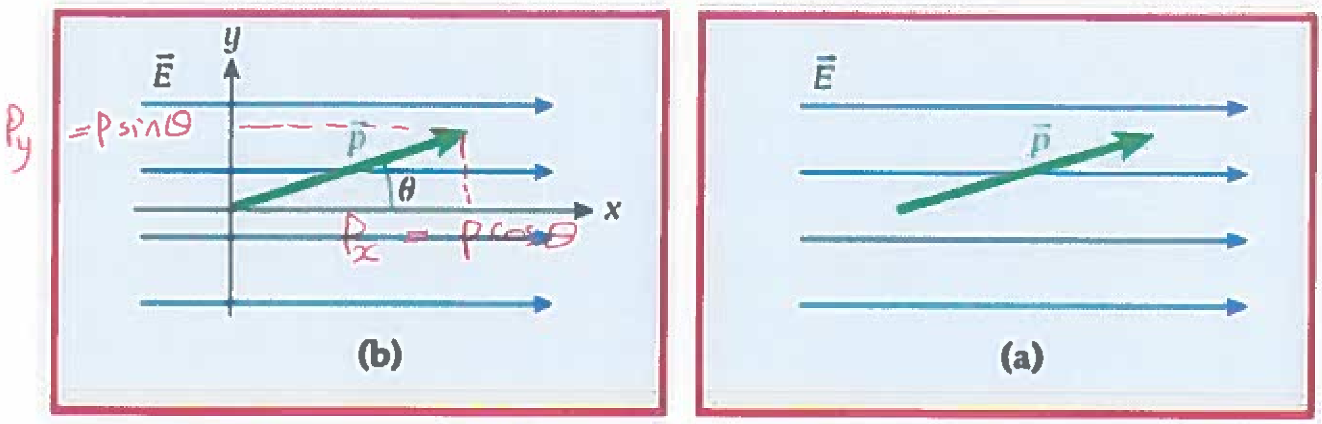
a) الحالتان 1 و3
b) الحالتان 2 و4
c) الحالتان 1 و4
d) الحالتان 2 و3
e) الحالة 1 فقط

$\tau = PE\sin\theta$
تحدث عندما
تكون $\theta = 180$
بين
$P - E$
اتجاه المجال
عزم ثنائي من السالبة

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

المسألة

وضع ثنائي قطب كهربائي مقدار عزم ثنائي القطب له $p = 1.40 \cdot 10^{-12}$ C m في مجال كهربائي منتظم مقداره $E = 498$ N/C (الشكل 2.21a).



(a) المجال الكهربائي في اتجاه x، وعزم ثنائي القطب في المستوى xy.

(b) ثنائي قطب كهربائي في مجال كهربائي منتظم.

عند لحظة زمنية معينة، كانت الزاوية بين عزم ثنائي القطب الكهربائي والمجال الكهربائي هي $\theta = 14.5°$.
ما المركّبات الديكارتية لعزم الدوران في ثنائي القطب؟

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

$$\vec{P} = (P_x , P_y , 0)$$

$$\vec{E} = (E_x , 0 , 0)$$

$$\begin{vmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ P_x & P_y & 0 \\ E_x & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$\vec{\tau} = (\cancel{P_y E_z} - \cancel{P_z E_y})\hat{x} + (\cancel{P_z E_x} - \cancel{P_x E_z})\hat{y} + (P_x E_y - P_y E_x)\hat{z}$$

$$\vec{\tau} = -P_y E_x \hat{z}$$

$$= -P\sin\theta E \hat{z}$$

$$= P\sin\theta E \quad (-\hat{z}) \text{ باتجاه}$$

$$= (1.40\times10^{-2})\sin(14.5)\times 498$$

$$= 1.75\times10^{-10} \text{ N.m}$$

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

عزم ثنائي الأقطاب لشحنتين $q_1 = -2\mu c$ و $q_2 = +2\mu c$ و مفصولة بمسافة 2mm يساوي؟

P $\times 10^{-6}$ $\times 10^{-3}$

a) $2 \times 10^{-9} mc$
b) $4 \times 10^{-9} mc$
c) $6 \times 10^{-9} mc$
d) $8 \times 10^{-9} mc$

$P = qd$
$= 2\times10^{-6} \times 2\times10^{-3}$
$= 4\times10^{-9}\ Cm$

يكون اتجاه عزم الثنائي قطبي

a) من الشحنة الموجبة الى الشحنة السالبة
b) من الشحنة السالبة الى الشحنة الموجبة
c) مبتعدا عن الشحنة الموجبة
d) عمودي على الخط الواصل بين الشحنتين

2.5 التوزيعات العامة للشحنة

عندما تكون الشحنة الكهربائية موزعة بانتظام كأن تكون مرتبة في بُعد واحد على طول سلك او في بُعدين على سطح جسم فلزي فأنه يستحيل حساب المجال الناشيء عن هذه الاعداد الهائلة من الشحنات النقطية بالطريقة التقليدية (مبدأ التراكب) ولذا نلجأ الى طريقة التكامل لحل المسائل التي تتضمن مثل هذه التوزيعات للشحنة بعد ان نُقسم الشحنة الى عناصر متناهية في الصغر تسمى العناصر التفاضلية ونرمز لها بالرمز dq وهنا لابد من الانتباه لما يلي :

1- عندما تكون الشحنة موزعة على خط (بُعد واحد) يكون $dq=\lambda dX$ حيث λ (لمبدا) وتمثل الشحنة لكل وحدة طول اي الكثافة الطولية او الخطية للشحنة .

2- عندما تكون الشحنة موزعة على مساحة (بُعدين) يكون $dq=\sigma dA$ حيث σ (سجما) وتمثل الشحنة لكل وحدة مساحة أي الكثافة السطحية للشحنة .

3- عندما تكون الشحنة موزعة على حجم (ثلاثة أبعاد) يكون $dq=\rho dV$ حيث ρ (رو) وتمثل الشحنة لكل وحدة حجم. أي الكثافة الحجمية للشحنة .

4- نعتبر مقدار المجال الناتج عن الشحنة التفاضلية $dE=k\frac{dq}{r^2}$

$\lambda = \frac{q}{L}$ كثافة طولية

$\sigma = \frac{q}{A}$ كثافة سطحية (مساحة)

الخلاصة:

على امتداد خط	توزيع الشحنة		$dq = \lambda dx$
على السطح			$dq = \sigma dA$
على الحجم			$dq = \rho dV$

رو $\rho = \frac{q}{V}$ كثافة حجمية .

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

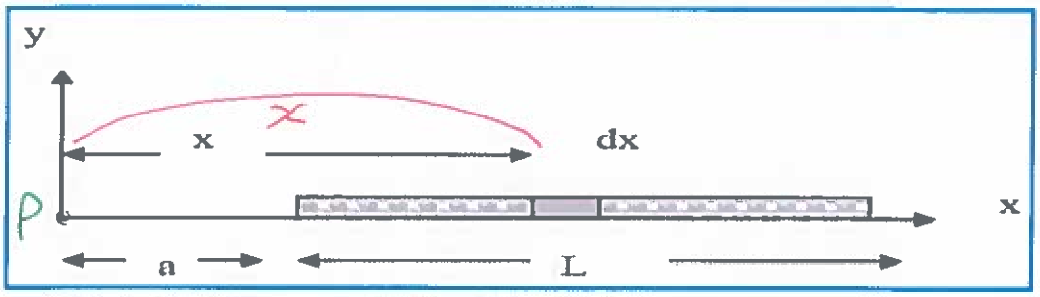
تطبيقات عن كيفية حساب شدة المجال الكهربائي باستخدام شحنة اختبار

إيجاد شدة المجال الكهربائي عند النقطة p الواقعة على مسافة a من إحدى نهايتي السلك.

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

$q = \lambda L$

$dq = \lambda dx$



$$dE = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{dq}{x^2} = \frac{k\,dq}{x^2}$$

* نجري التكامل من بداية السلك (a) لنهاية السلك (L+a)

$$E_p = \int_a^{L+a} \frac{k\,dq}{x^2}$$

k ثابت

نستبدل $dq = \lambda dx$

$$= k\int_a^{L+a}\frac{dq}{x^2} = k\lambda\int_a^{L+a} x^{-2}\,dx$$

$$\int x^{-2}dx = \frac{x^{-2+1}}{-2+1} = -\frac{1}{x}$$

$$= k\lambda\left[\frac{-1}{L+a} - \frac{-1}{a}\right]$$

$$= k\lambda\left[\frac{1}{a} - \frac{1}{L+a}\right]$$ توحيد مقامات

$$= k\lambda\left[\frac{L+a-a}{a(L+a)}\right]$$

$$= \frac{k\lambda L}{a(L+a)} \xrightarrow{\lambda = \frac{q}{L}\ \text{نعوض}} \frac{k\frac{q}{L}L}{a(L+a)} = \frac{kq}{a(L+a)}$$

$$\boxed{E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\lambda\frac{L}{a(L+a)} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{a(L+a)}}$$

حيث L طول السلك

a: بُعد أحد أطراف السلك عن النقطة p

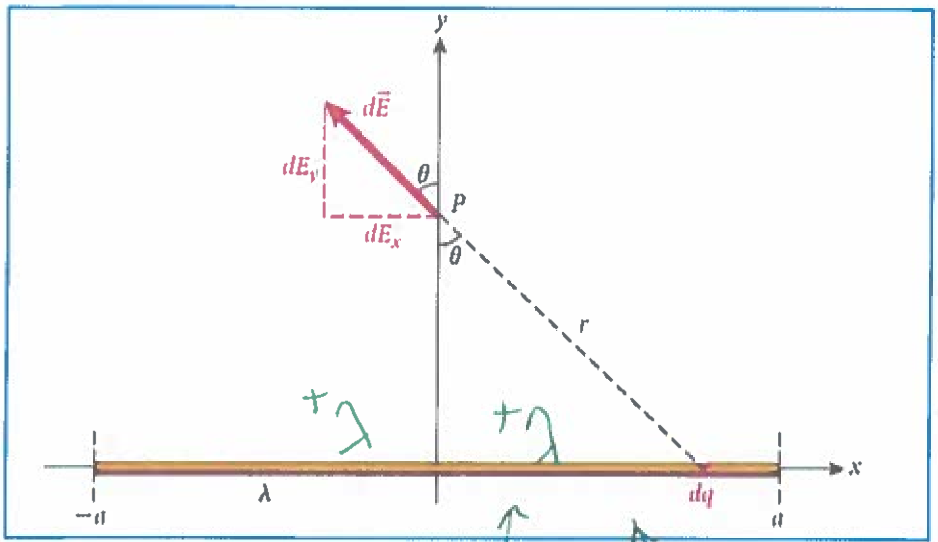
أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

شحنات على سلك مستقيم

أوجد المجال الكهربائي عند النقطة (P) الواقعة على امتداد الخط الذى ينصف السلك

باستخدام جدول التكاملات في نهاية الكتاب صفحة A-7

$$\int \frac{1}{\left(a^2+x^2\right)^{3/2}}dx=\frac{1}{a^2}\frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}}+c \qquad (A.73)$$

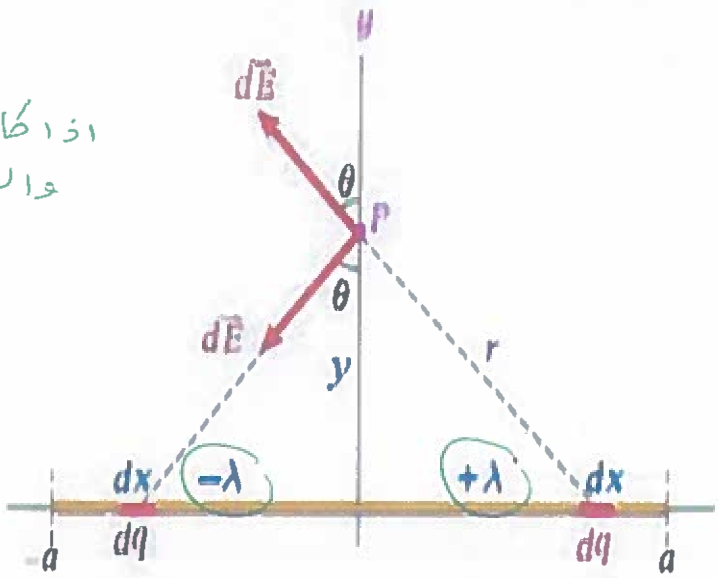


اذا كان السلك لا نهائي الطول
$(a \to \infty)$

$$E_p = \frac{2K}{y}$$

$$E_p = \frac{2K\lambda}{y}\frac{a}{\sqrt{y^2+a^2}}$$

حيث (a) نصف طول السلك



اذا كان نصف السلك +λ
والنصف الآخر −λ

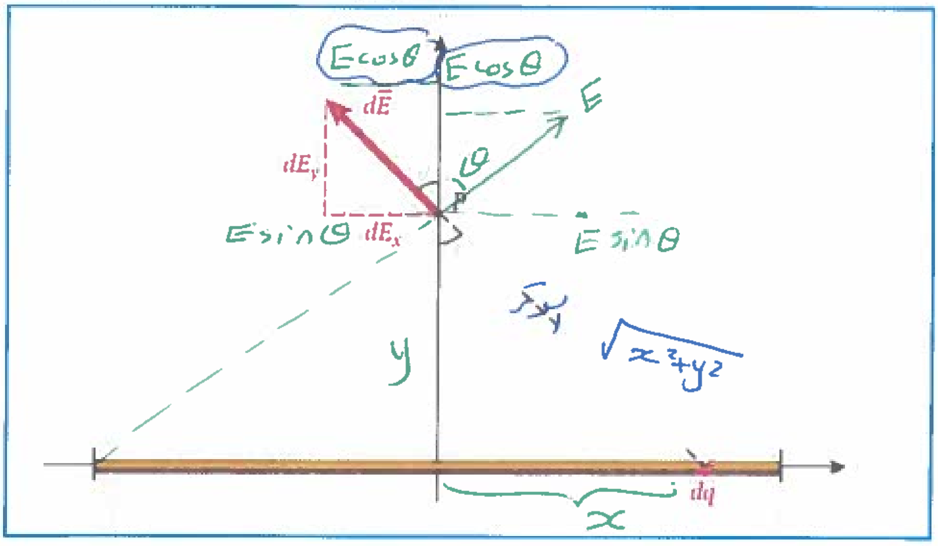
$$E_p = 2K\lambda\left(\frac{1}{\sqrt{y^2+a^2}} - \frac{1}{y}\right)$$

حيث
a : نصف طول السلك
$\lambda = \frac{q}{L}$: كثافة طولية
y : بعد عمودي عن المنتصف

شحنات على سلك مستقيم

(P)

A-7



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

$q = \lambda L$

$dq = \lambda dx$

محور x
$E\sin\theta - E\sin\theta$
$= Zero$
اتجاه فقط
المحصلة عمودي
على محور
y

$$E = 2E\cos\theta$$

$$= 2\frac{kq}{(x^2+y^2)} \cdot \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}}$$

$$\cos\theta = \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}}$$

$$E = \frac{kq}{r^2} = \frac{kq}{x^2+y^2}$$

$$E = 2k\lambda \int_0^a \frac{y\, dx}{(x^2+y^2)^{3/2}}$$

$$= 2k\lambda y \int_0^a \frac{dx}{(x^2+y^2)^{3/2}}$$ ⟵ من جدول التكاملات

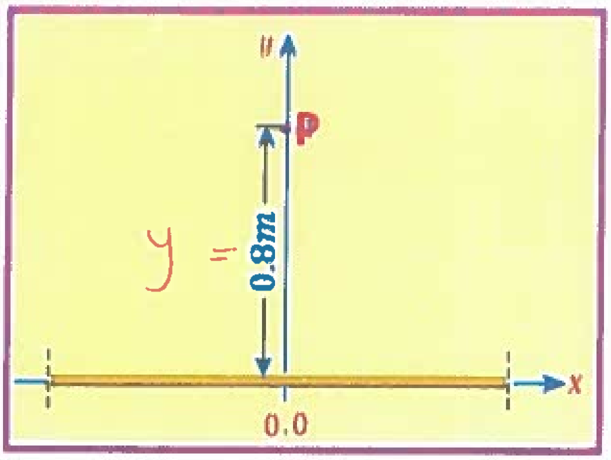
$$= 2k\lambda y \left[\frac{x}{y^2\sqrt{y^2+x^2}}\right]_0^a$$

$$E = \frac{2k\lambda}{y} \cdot \frac{a}{\sqrt{a^2+y^2}}$$

مهم
a: نصف طول السلك
y بعد النقطة عمودياً عن منتصف السلك
λ الكثافة الطولية

عندما يكون السلك لانهائي في الطول

$$E = \frac{2k\lambda}{y}$$



الشكل المجاور يبين سلك مستقيم طوله $(1.2m)$ ويحمل شحنة موجبة بكثافة طولية مقدارها $(4.0\mu C/m)$ ، مستعيناً بالقاعدة الرياضية التالية :

$\lambda \rightarrow \times 10^{-6}$

$$\int \frac{1}{(a^2+x^2)^{3/2}}dx = \frac{1}{a^2}\frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}} + c$$

أجب عما يلي :

1- احسب المجال الكهربائي الناتج عن شحنة السلك في النقطة P

نجد a
$a = \frac{1}{2}L$
$= \frac{1}{2} \times 1.2$
$= 0.6m$

$$E = \frac{2k\lambda}{y} \cdot \frac{a}{\sqrt{y^2+a^2}}$$

$$E = \frac{2 \times 9 \times 10^{9} \times 4 \times 10^{-6}}{0.8} \cdot \frac{0.6}{\sqrt{0.8^2+0.6^2}}$$

$$= 54000$$

$$= 5.4 \times 10^{4} \ N/C$$

2- اعد الحسابات على افتراض ان السلك لا نهائي الطول .

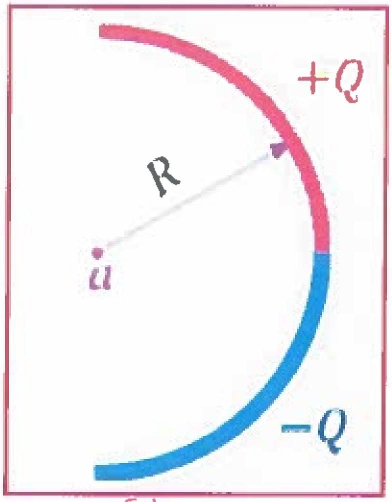
$$E = \frac{2k\lambda}{y}$$

$$= \frac{2 \times 9 \times 10^{9} \times 4 \times 10^{-6}}{0.8}$$

$$= 9 \times 10^{4} \ N/C$$

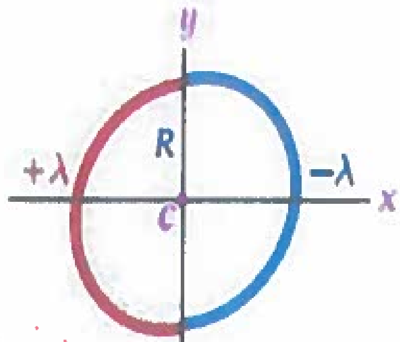
شحنات على حلقة

2.35• ثُني قضيب زجاجي رفيع على شكل نصف دائرة نصف قطرها (R) ووُزعت شحنة $(+Q)$ بشكل منتظم على النصف العلوي لها كما وُزعت شحنة $(-Q)$ بشكل منتظم لاحظ الشكل ، أوجد علاقة لحساب المجال الكهربائي عند النقطة (a) التي تمثل مركز نصف الحلقة .



ربع حلقه

$$E_c = \frac{2kq}{\pi R^2}$$



نصف حلقه (+) والنصف الآخر (−)

$$E_c = \frac{4kq}{\pi R^2}$$

$$E_p = \frac{kqb}{(R^2+b^2)^{3/2}}$$

• حالات خاصة :

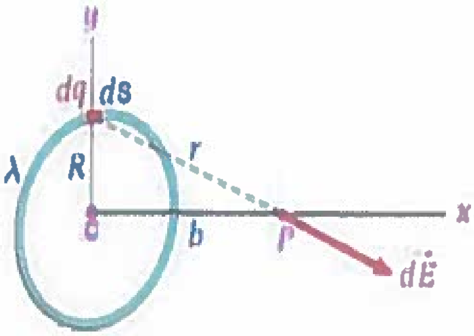
1- اذا كان $(b \gg R)$

$$E_p = \frac{kq}{b^2}$$

2- اذا كان $(b = 0.0)$

اي في المركز

$$E_c = 0.0$$



b : بعد الشحنة (النقطة) عن المركز

R نصف القطر

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

* القوة الناتجة عن مجال كهربائي .

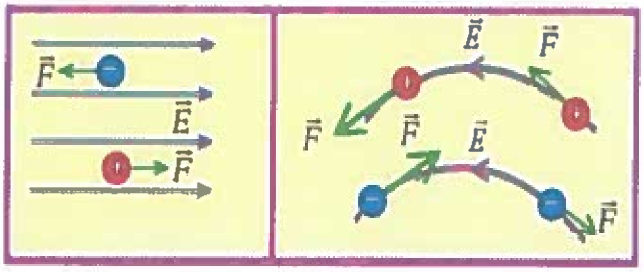
عندما توضع شحنة (q) داخل مجال كهربائي منتظم او غير منتظم فانها تتأثر بقوة كهربائية تعطى بالعلاقة التالية :

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

ويكون متجه القوة مماساً لمتجه المجال (لخطوط المجال) وفي الاتجاه نفسه اذا كانت الشحنة موجبة وبعكس اتجاه المجال اذا كانت الشحنة سالبة لاحظ الاشكال التالية :

شحنات الموجبة تتحرك مع اتجاه المجال

$F = qE$ قوة



* ملاحظات هامة جداً :

1- اذا ترك أي جسيم مشحون حراً داخل مجال كهربائي فأنه سيبدأ الحركة باتجاه القوة الكهربائية وبعجلة ثابتة تعطى حسب قانون نيوتن الثاني بالعلاقة التالية :

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

م٢ $F_{net} = ma = qE$

2- يتم وصف الحركة بعجلة ثابتة من خلال العلاقات التالية:

$$v_f = v_i + a\Delta t$$
$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta X$$
$$\Delta X = v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2$$

سرعة نهائية

زمن

مسافة (إزاحة)

3- تُحسب الطاقة الحركية للجسيم المتحرك بالعلاقة التالية :

$$\boxed{KE = \frac{1}{2}mv^2}$$

4- تقاس الطاقة في النظام الدولي بوحدة الجول (J) وهناك وحدات أخرى لقياسها مثل الإلكترون فولت (eV) وهنا وجب معرفة عامل التحويل بين هاتين الوحدتين حيث يكون $1eV = 1.602 \times 10^{-19} J$

ضرب x

المجال الكهربائي الناتج عن سطح مستو موصل لا نهائي منتظم توزيع الشحنة

$$\boxed{E = \sigma/\epsilon_0.}$$

$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ كثافة سطحية

E

المجال الكهربائي الناتج عن سطح مستو غير موصل لا نهائي منتظم توزيع الشحنة

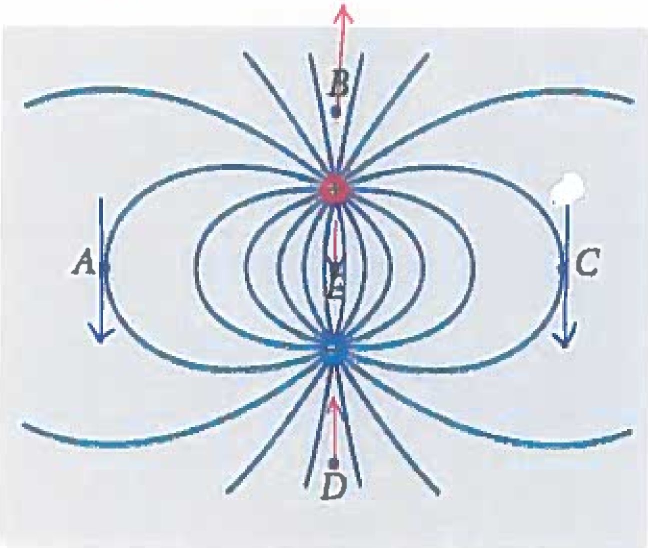
$$\boxed{E = \frac{1}{2}\sigma/\epsilon_0.}$$

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

E

يوضح الشكل منظرا ثنائي الإبعاد لخطوط المجال الكهربائي الناتج عن شحنتين مختلفتين بالإشارة . ما اتجاه المجال عند النقاط الخمس A و B و C و D و E وعند أي من النقاط يكون مقدار المجال اكبر مايمكن

E بسبب تزاحم خطوط المجال



مراجعة المفاهيم 2.5

وُضِع جسم صغير موجب الشحنة في وضع السكون في مجال كهربائي منتظم كما هو موضح في الشكل. عندما يتحرر الجسم، فإنه

a) لن يتحرك.

b) سيبدأ في الحركة بسرعة ثابتة.

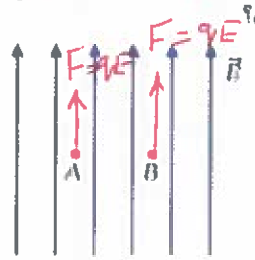
c) سيبدأ في الحركة بعجلة ثابتة.

d) سيبدأ في الحركة بعجلة متزايدة.

e) سيتحرك إلى الخلف وإلى الأمام بحركة توافقية بسيطة.

مراجعة المفاهيم 2.6

يمكن وضع جسم صغير موجب الشحنة في مجال كهربائي منتظم عند الموقع A أو الموقع B في الشكل. ما وجه المقارنة بين القوتين الكهربائيتين اللتان تؤثران في الجسم عند الموقعين؟



F=qE

F=qE

نفس الشحنة ونفس قيمة شدة المجال لأن المجال منتظم

a) مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الجسم تكون أكبر عند الموقع A.

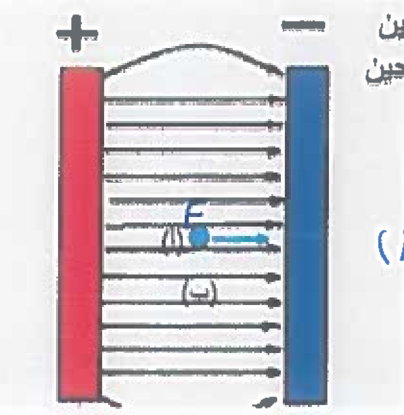
b) مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الجسم تكون أكبر عند الموقع B.

c) لا توجد قوة كهربائية مؤثرة في الجسم عند أي من الموقعين A أو B.

d) تتساوى القوة الكهربائية المؤثرة في الجسم عند الموقع A مع القوة المؤثرة في الجسم عند الموقع B في المقدار وتعاكسها في الاتجاه.

X

e) القوة الكهربائية المؤثرة في الجسم عند الموقع A هي القوة الكهربائية غير الصفرية نفسها المؤثرة في الجسم عند الموقع B.



يبين الشكل صفيحتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين متساويتين في المقدار ومختلفتين في النوع . وضعت شحنة نقطية مقدارها 2 µ C عند النقطة (أ)في الحيز بين اللوحين فتأثرت بقوة كهربائية مقدارها 6.10^{-4} نيوتن في اتجاه خطوط المجال :

١- ما نوع الشحنة النقطية ؟ ٢- احسب مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (أ) .

٣- إذا نقلت الشحنة إلى النقطة (ب) ما مقدار القوة المؤثرة فيها ؟

① موجبة لأنها تحركت (F) بنفس اتجاه المجال (E)

② $E=\frac{F}{q}=\frac{6\times10^{-4}}{2\times10^{-6}}=300\ N/C$

③ نفس القوة $(F=qE)$ $=6\times10^{-4}N$.

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

حجرة الاسقاط الزمني:

حجرة تستخدم في اجهزة التصادم للكشف عن مسارات الاجسام دون الذرية وتحتوي على غازي ارغون بنسبة 90% و غاز الميثان بنسبة 10%

اثناء مرور الجسيمات المشحونة عبر الغاز تؤين ذرات الغاز وتنتج الكترونات حرة

يعطي مصادم star TPC تمثيلا ثلاثي الابعاد لمسار كل جسيم مشحون

تمثل الالوان مقدار التأين الناتج عن كل مسار

يُلاحظ الكترون يتحرك بسرعة مقدارها ($27.5\ Mm/s$) (V_i, $\times10^6$) وبموازاة مجال كهربائي مقداره ($11.400\ kN/C$) (E, $\times10^3$)
احسب المسافة التي سيقطعها الإلكترون قبل ان يتوقف. $V_f = 0$ ، Δx

من معادلات الحركة

$$V_f^2 = V_i^2 + 2a\Delta x$$

$$0 = (27.5\times10^6)^2 + 2(2\times10^{15})\Delta x$$

$$\Delta x = -0.18\ m$$

الالكترون تتحرك معاكس لاتجاه المجال

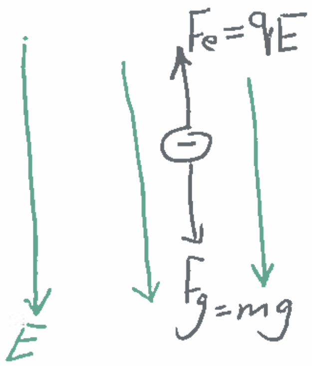
نحسب a

$$F = ma = qE$$

$$a = \frac{qE}{m} = \frac{1.6\times10^{-19}\times 11.4\times10^3}{9.11\times10^{-31}}$$

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

مجال كهربائي مقداره ($150N/C$) (E) يتجه راسياً الى أسفل بالقرب من سطح الأرض (جاذبية) ، **احسب** العجلة التي (a) يتحرك بها إلكترون تُرك حراً داخل هذا المجال .



الالكترون سيتحرك عكس المجال لذلك $F_e > F_g$

$$F_{net} = ma$$

$$F_e - F_g = ma$$

$$qE - mg = ma$$

$$a = \frac{qE - mg}{m}$$

$$= \frac{(1.6\times10^{-19}\times150) - (9.11\times10^{-31}\times9.81)}{9.11\times10^{-31}}$$

$$= 2.6\times10^{13}\ m/s^2$$

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

تحول الى J بالضرب بـ 1.6×10^{-19} و 10^3 للتخلص من k

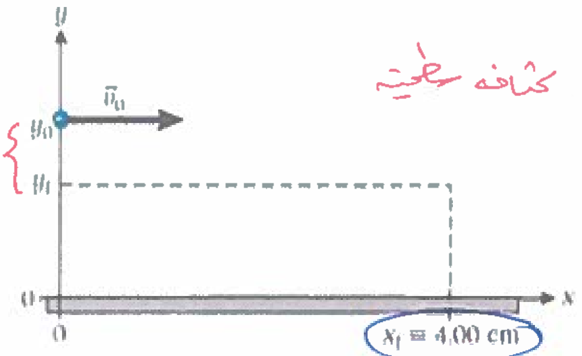
حركة الكترون فوق لوح مشحون

أطلق الكترون طاقته الحركية (2.00 keV) فوق لوح موصل مشحون وفي وضع أفقي، وتبلغ كثافة شحنة سطح اللوح $+4\times10^{-6}C/m^2$. إذا كان مسار الكترون في الاتجاه الموجب أعلى اللوح (على مسافة من سطحه)، فما الانحراف الرأسي للالكترون بعد أن يقطع مسافة أفقية مقدارها 4.00cm؟ Δy

$V_i = 0$

σ كثافة سطحية

d



Δy

$4\times10^{-2}m$

نحسب E

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{4\times10^{-6}}{8.85\times10^{-12}}$$

$$E = 4.5\times10^{5}\ N/C$$

نحسب a

$$a = \frac{qE}{m} = \frac{1.6\times10^{-19}\times4.5\times10^{5}}{9.11\times10^{-31}}$$

$$a = 7.9\times10^{16}\ m/s^2$$

لحساب السرعة اثناء تواجد الالكترون فوق اللوح

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\underset{k}{2\times10^{3}}\times\underset{eV}{1.6\times10^{-19}} = 0.5\times9.11\times10^{-31}\ V^2$$

$$V = 2.66\times10^{7}\ m/s$$

$$t = \frac{\text{المسافة}}{\text{السرعة}}$$

$$= \frac{4\times10^{-2}}{2.66\times10^{7}}$$

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

$$\Delta x = \cancel{V_i t} + \frac{1}{2}at^2$$

رأسي

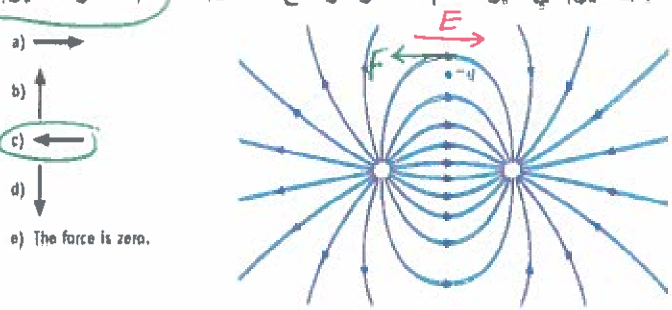
$$\Delta y = \frac{1}{2}at^2$$

$$= \frac{1}{2}(7.9\times10^{16})(1.5\times10^{-9})^2$$

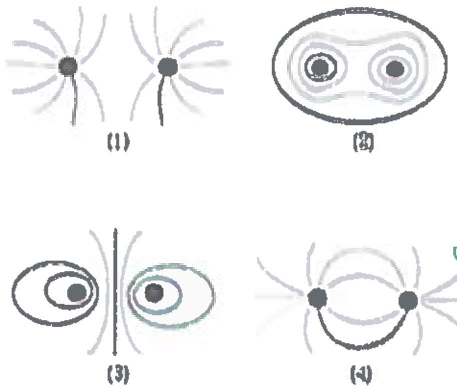
$$\Delta y = -0.089\ m$$

تدل على اتجاه الإزاحة الرأسي للأسفل

وضعت شحنة سالبة $-q$ في مجال كهربائي غيرمنتظم كما هو موضح الشكل. فما اتجاه القوة الكهربائيه المؤثرة في هذه الشحنة السالبة



اي الرسوم البيانية يمثل أفضل تمثيل لخطوط المجال الكهربائي حول ثنائي القطب كهربائي ؟



1 (a
2 (b
3 (c
4 (d
لا يوجد رسم صحيح (e

شحنتان مختلفتان في النوع ومتساويتان في المقدار

ثنائي القطب كهربائي عزمه $\vec{p} = 250\ pC.m$ (10^{-12}) ويعمل زاوية مقدارها $65°$ درجة مع مجال كهربائي منتظم مقداره $3.0 \times 10^{-6}\ N/C$ ما هو مقدار عزم الدوران على ثنائي القطب؟

$3.2 \times 10^{-16} N.m$ (a
$6.2 \times 10^{-16} N.m$ (b
$1.4 \times 10^{-15} N.m$ (c
$6.8 \times 10^{-16} N.m$ (d
$7.5 \times 10^{-16} N.m$ (e

$$\tau = PE \sin\theta$$
$$= 250\times10^{-12} \times 3\times10^{-6} \sin 65$$
$$= 6.8\times10^{-16}\ N.m$$

2.40 تقترح الأبحاث أن شدة المجالات الكهربائية في بعض سحب العواصف الرعدية يمكن أن تكون حوالي 10.03 kN/C احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في جسيم يحتوي على إلكترونين فائضين في وجود مجال شدته 10.0 kN/C.

E $\times10^3$

مقترح لا تستعمل في الحل

$$F = qE$$
$$= (2\times1.6\times10^{-19})\times 10\times10^{3}$$
$$= 3.2\times10^{-15}\ N$$

إلكترونين

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

2.7 التدفق الكهربائي (Φ)

فاي $\Phi = EA\cos\theta$

هو عدد خطوط المجال الكهربائي التي تقطع وحدة المساحة بشكل عمودي عليه .

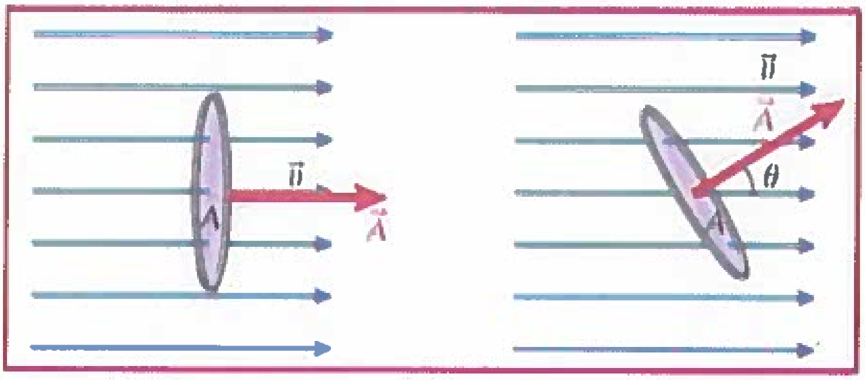
ويعبر عنه رياضيا بالقانون التالي

θ : الزاويه بين المجال (E) ومتجه $\vec{A}$

$$\Phi = \vec{E}.\vec{A} \Rightarrow \Phi = EA\cos\theta$$

يُقاس التدفق الكهربائي Φ بوحدة $(N{\cdot}m^2/C)$ بين E والعمودي على السطح

بلغة مبسطة، يتناسب التدفق الكهربائي طرديًا مع عدد خطوط المجال الكهربائي

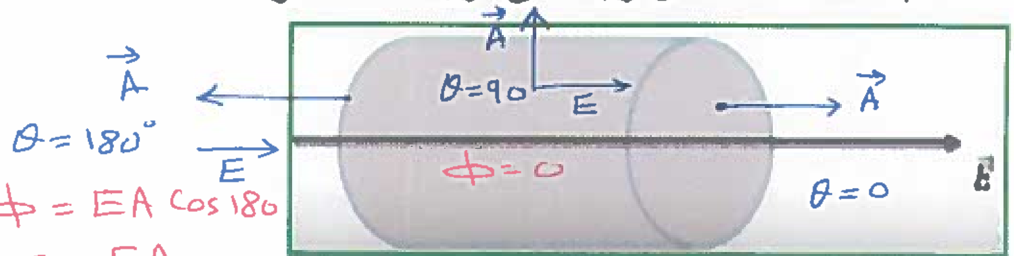


متجه المساحة دائماً يكون نحو خارج السطح (من الداخل الى الخارج)

متجه المساحة $\vec{A}$: متجه مقداره يساوي مساحة السطح A واتجاهه عمودي على سطح المساحة ونحو الخارج .

θ: هي الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال الكهربائي E واتجاه متجه المساحة $\vec{A}$ العمودي على السطح

تدريب : حدد متجه المساحة لكل وجه من اوجه الاسطوانه التالية



$\Phi = EA\cos 180$
$= -EA$

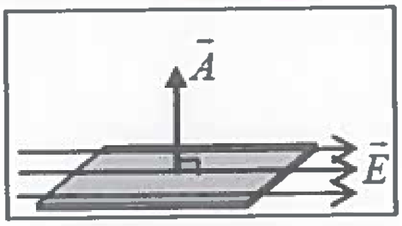
$\Phi = EA\cos 0$
$= +EA$

$\Phi_{كلي} = 0 + EA - EA$
$= 0$.

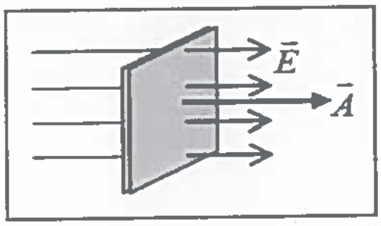
أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

ملاحظات مهمة جداً جداً .

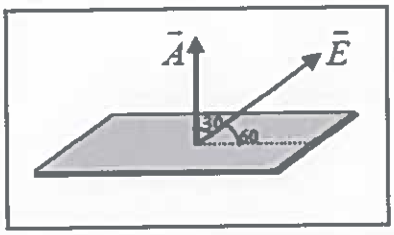
- يكون التدفق موجبا إذا كانت خطوط المجال خارجة من السطح .
- يكون التدفق سالبا إذا كانت خطوط المجال داخلة الى السطح .



- إذا كان المجال يوازي السطح $\theta = 90$ فإن $\emptyset = 0$



- إذا كان المجال عمودي على السطح $\theta = 0.0$ فإن $\emptyset = EA$



- إذا كان المجال يشكل زاوية مع السطح $\theta = 60$
فإن $\emptyset = EA = EA\cos 30$

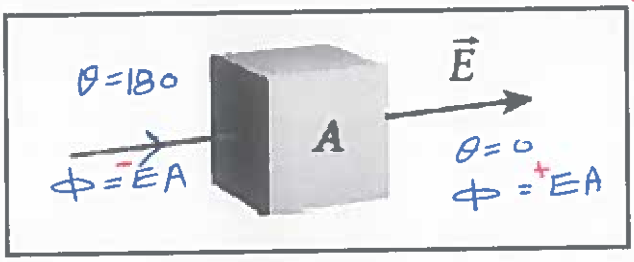
يتم غمس صفيحة ذات مساحة $8m^2$ في حقل كهربائي منتظم مقداره 2000N/C . إذا كان مستوي الصفيحة يصنع زاوية 15 مع المجال الكهربائي ، فإن التدفق الكهربائي عبر الصفيحة :

(A)$1.03 .10^3$N.m2/C
(B)$2.83 .10^3$N.m2/C
(C)$3.46 .10^3$N. m2/C
(D)$4.14 .10^3$N. m2/C

$\Phi = EA\cos 75$
$= 2000 \times 8 \cos 75$
$= 4.14 \times 10^3$

يجب إيجاد θ بين E والعمودي على السطح
$\theta = 90 - 15$
$= 75^\circ$

تدفق كهربائي عبر مكعب



المسألة

ما محصلة التدفق الكهربائي المار عبر المكعب؟

$\Phi_{t} = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5 + \Phi_6$
$= 0 + 0 + 0 + 0 + EA - EA$
$= 0$

مغلق

عند وضع صندوق شكله مكعب أو كروي أو شبه مكعب .... خالي من الشحنات في مجال كهربائي فإن التدفق الكهربائي خلال الصندوق = صفر .

((لأن عدد خطوط المجال التي تدخل الصندوق تساوي عدد خطوط المجال التي تخرج منه .))

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

واذا كان السطح مغلقاً فإننا نحصل على التدفق الكلي عبره من خلال تكامل المجال الكهربائي على السطح المغلق وبمتغيرين مكانيين مثل الاحداثيات الديكارتية (X و Y) أو الاحداثيات الكروية (θ و ϕ):

$$\Phi = \oiint \vec{E} \bullet d\vec{A}$$

تعني الحلقة الموجودة على التكامل أن التكامل يجري على سطح مغلق .

وتشير علامتا التكامل الى إجراء التكامل على متغيرين .

2.8 قانون جاوس

يتناسب التدفق الكهربائي الذي يمر عبر سطح مغلق مهما كان شكله (سطح جاوس) تناسباً طردياً مع مقدار الشحنة الكهربائية التي يحيط فيها ذلك السطح أي ان :

$$\boxed{\Phi = \frac{q}{\varepsilon_0}}$$

حيث : (q) مقدار الشحنة الكلية التي يحيط فيها السطح الجاوسي احاطة تامة (إغلاق تام)

*** ملاحظات هامة :**

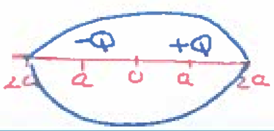
1- اذا كان السطح المغلق لايحتوي شحنة فهذا يعني انعدام التدفق الكلي خلاله حتى لو كان موضوع في مجال خارجي منتظم او غير منتظم .

2- اذا كان هناك اكثر من شحنة داخل السطح المغلق فتجمع جمع جبري ثم يُحسب التدفق الناتج عن مجموعها او يتم حساب التدفق الناتج عن كل شحنة ثم تُجمع جمعاً جبرياً . $\Phi = \frac{\Sigma q}{\varepsilon_0}$

3- التدفق خلال سطح مغلق يحيط بشحنة سالبة يكون مساو للتدفق خلال سطح مغلق يحيط بشحنة موجبة لها المقدار نفسه .

4- يمكن التعبير عن قانون جاوس بصيغة أخرى تتضمن مفهوم التدفق الكهربائي وكالتالي :

$$\boxed{\oiint \vec{E}.d\vec{A} = \frac{q}{\varepsilon_0}}$$



2.1 لا تستخدم قانون جاوس لحساب المجال الكهربائي الناتج عن توزيع معلوم للشحنة، أي من العبارات التالية يجب أن تكون صحيحة؟

a) يجب أن يكون توزيع الشحنة في وسط غير موصل.

b) يجب أن يكون توزيع الشحنة في وسط موصل.

c) يجب أن يكون لتوزيع الشحنة تماثل كروي أو أسطواني.

d) يجب أن يكون توزيع الشحنة منتظماً.

e) يجب أن يكون لتوزيع الشحنة تماثل بدرجة عالية يسمح بوضع افتراضات حول تماثل مجاله الكهربائي.

2.3 وضعت شحنة نقطية، $+Q$، على المحور x عند $x = a$، ووضعت شحنة نقطية أخرى $-Q$، على المحور x عند $x = -a$. إذا كان هناك سطح جاوسي نصف قطره $r = 2a$ متمركز عند نقطة الأصل، فسيكون التدفق عبر هذا سطح جاوس

a) صفراً.

b) أكبر من الصفر.

c) أقل من الصفر.

d) لا شيء مما سبق.

$\Phi = \frac{q_{in}}{\varepsilon_0}$

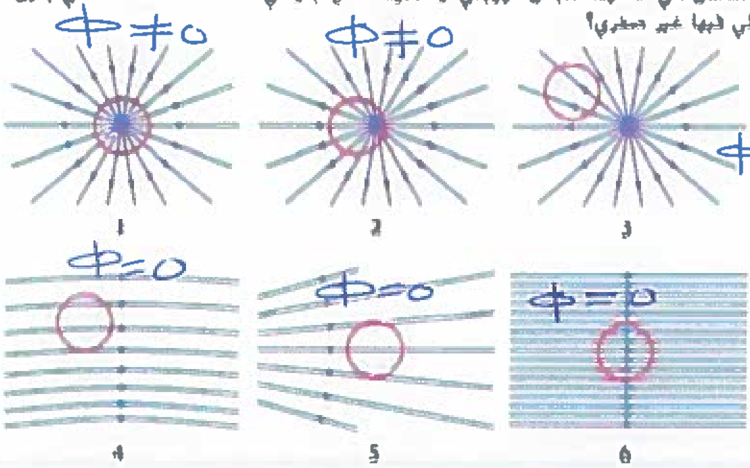
$= \frac{Q + -Q}{\varepsilon_0}$

$= Zero$

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

مراجعة المفاهيم 2.9

الخطوط الموضحة في الشكل هي خطوط مجال كهربائي، والدائرة سطح جاوسي. ما الحالة (الحالات) التي يكون التدفق الكهربائي الكلي فيها غير صفري؟

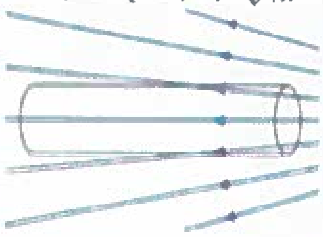


a) فقط 1
b) فقط 2
c) 4، 5، 6 $\Phi = 0$
d) فقط 6
e) 1، 2

سطح جاوس خلوه من الشحنات $\Phi = 0$

مراجعة المفاهيم 2.8

وضعت أسطوانة مصنوعة من مادة عازلة في مجال كهربائي كما هو مبين في الشكل. ستكون محصلة التدفق الكهربائي المار عبر سطح الأسطوانة



a) موجبة
b) سالبة
c) صفرًا

سطح مغلق بدون شحنه

2.48 وضعت أربع شحنات $(+3q ، -q ، +2q ، -7q)$ في حيز ثلاثي الابعاد واحيطت بسطح جاوسي ، **احسب** التدفق الكهربائي خلال هذا السطح .

$$\Phi = \frac{\sum q_{in}}{\epsilon_0}$$

$$= \frac{(-7q + 2q - q + 3q)}{\epsilon_0} = \frac{-3q}{\epsilon_0}$$

q شحنه مجهوله لا يجوز تعويض قيم بدلاً منها .

المجال نحو الداخل

2.49 الجدول المقابل يبين مقدار التدفق الذي يعبر كل وجه من أوجه صندوق مكعب مساحة كل وجه من أوجهه السلة $(20.0cm \times 20cm)$ ، **احسب** الشحنة الكلية (الصافية) داخل المكعب .

الوجه	التدفق Nm^2/C
1	-70.0
2	-300.0
3	-300.0
4	+300.0
5	-400.0
6	-500.0

المجال يخرج من السطح

$$\sum \Phi = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} \Rightarrow q_{in} = \epsilon_0 \sum \Phi$$

$$= \epsilon_0 (-70 + -300 + -300 + 300 + -400 + -500)$$

$$= \epsilon_0 (-1270) = -1.12 \times 10^{-8}\ C$$

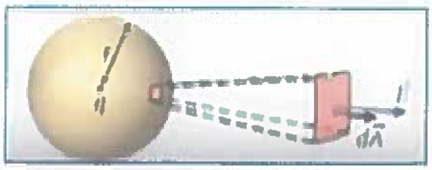
يتم حصر شحنتين في سطح كروي نصف قطره $5cm$ $0.05m$ والتدفق الكهربائي من خلال هذا السطح $2x10^6\ Nm^2/c$ فإن مقدار المجال الكهربائي في ذلك السطح =

(A)2.1 .107N/C
(B)4.8 .107N/C
(C)6.4 .107N/C
(D)8.5 .107N/C

$$\Phi = E \cdot A$$

$$E = \frac{\Phi}{A} = \frac{\Phi}{4\pi r^2}$$

$$= \frac{2 \times 10^6}{4\pi (0.05)^2} = 6.4 \times 10^7$$



مساحة الكرة $4\pi r^2$

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

ينص قانون جاوس على ان صافي التدفق خلال اي سطح جاوسي مغلق يساوي صافي الشحنة الكهربائية داخل السطح مقسوما على السماحية الفراغية

$$\phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{in}}{\varepsilon_0} = \frac{(q1+q2+q3....qn)}{\varepsilon_0}$$

ϕ معلومه إضافيه

يوجد شحنه نقطية مقدارها $+5\ mC$ ($\times 10^{-3}$) في مركز كرة نصف قطرها 12cm. ما هو التدفق الكهربائي لهذا المجال من خلال هذا سطح ؟

$$\phi = \frac{q_{in}}{\epsilon_0}$$

$$= \frac{5\times10^{-3}}{\epsilon_0} = 5.6\times10^{8}\ Nm^2/C$$

مثال) (أ) شحنتين مقدارهما (8mC) ($\times 10^{-3}$) و (-5mC) ($\times 10^{-3}$) داخل مكعب طول ضلعه 0.45m ما هو مجموع التدفق الكهربائي من خلال المكعب؟

(ب) كرر (أ) إذا كان نفس الشحنتين موجودتين داخل غلاف كروي نصف قطر 0.45m

(أ) $\phi_{\text{مكعب}} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} = \frac{(8+-5)\times10^{-3}}{\epsilon_0} = \frac{3\times10^{-3}}{8.85\times10^{-12}} = 3.4\times10^{8}\ Nm^2/C$

(ب) $\phi_{\text{كرة}} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} = \frac{(8+-5)\times10^{-3}}{\epsilon_0} = 3.4\times10^{+8}\ Nm^2/C$

نفس الاجابه ، لان التدفق لا يتأثر بشكل سطح جاوس ويعتمد فقط على مقدار الشحنة $\phi \propto q_{in}$

$r = 0.05m$

توضع الشحنتين $(+25.9\mu C)$ ($\times 10^{-6}$) و$(-8.2\mu C)$ ($\times 10^{-6}$) على سطح كروي نصف قطرها 5cm. فإن التدفق (ϕ) الكهربائي من ذلك السطح:

(A) $2.0 .10^6 N.m2/C$
(B) $3.0 .10^6 N.m2/C$
(C) $4.0 .10^6 N.m2/C$
(D) $5.0 .10^6 N.m2/C$

$$\phi = \frac{q_{in}}{\epsilon_0}$$

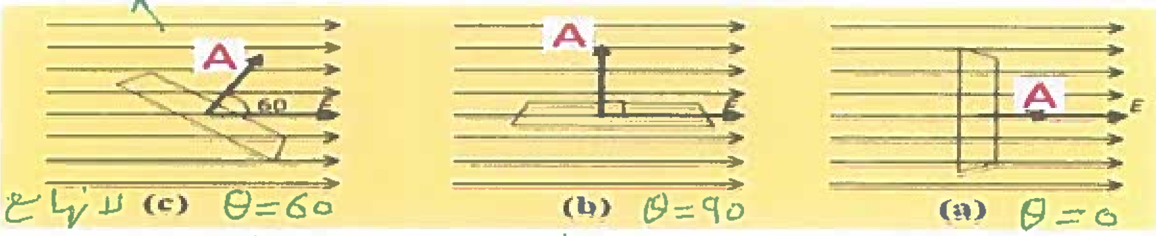
$$= \frac{(25.9 + -8.2)\times10^{-6}}{\epsilon_0}$$

$$\simeq 2\times10^{6}\ Nm^2/C$$

$m \rightarrow 10^{-3}$ ملي
$\mu \rightarrow 10^{-6}$ ميكرو
$M \rightarrow 10^{6}$ ميجا
$K \rightarrow 10^{3}$ كيلو

مجال كهربائي E، يقطع سطحاً مستوياً مساحته A، كما في الشكل ،أوجد تدفق المجال الكهربائي من السطح في الحالات c, b, a.

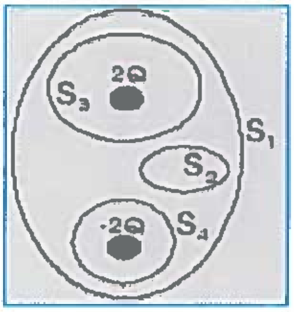
$\Phi = EA\cos 60$



لا نهائي متجه المساحة $\theta = 60$ — $\theta = 90$ — $\theta = 0$

$\Phi = \frac{1}{2}EA$ — $\Phi = 0$ — $\Phi = EA$

في الشكل ادناه احسب التدفق الكلي (Ø) للسطوح S1, S2, S3, S4



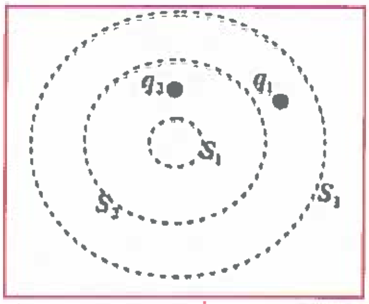
$\Phi_1 = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} = \frac{2Q + -2Q}{\epsilon_0} = 0$

$\Phi_2 = \frac{0}{\epsilon_0} = 0$

$\Phi_3 = \frac{2Q}{\epsilon_0}$

$\Phi_4 = \frac{-2Q}{\epsilon_0}$

الشكل المجاور يظهر شحنتان نقطيتان $q_1 = +4\mu C$ و $q_2 = -6\mu C$ وثلاثة أسطح مغلقة S_3 , S_2 , S_1 اوجد التدفق الكهربائي الذي يجتاز كل سطح



$\Phi_1 = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} = \frac{0}{\epsilon_0} = 0$

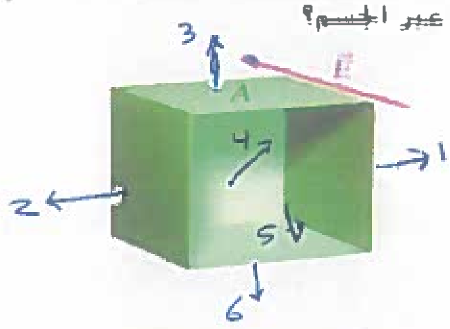
$\Phi_2 = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} = \frac{-6\times10^{-6}}{\epsilon_0} = -6.8\times10^{5}\ Nm^2/C$

$\Phi_3 = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} = \frac{q_1+q_2}{\epsilon_0} = \frac{(4+-6)\times10^{-6}}{\epsilon_0} = -2.3\times10^{5}$

التدفق الخاص بالسطح جاوسي رقم (3) وليس شحنه (3)

2.3 سؤال الاختبار الذاتي

يوضح الشكل مكعبا مساحة وجهه A ووجها ناقصا للمكعب. يوجد هذا الجسم مكعب الشكل ذو الأوجه الخمسة في مجال كهربائي منتظم، $\vec{E}$، عمودي على وجه واحد. ما محصلة التدفق الكهربائي المار عبر الجسم؟



$\Phi_1 = \Phi_2 = 0$

$\Phi_3 = \Phi_6 = 0$

$\Phi_5 = 0$ مفتوح

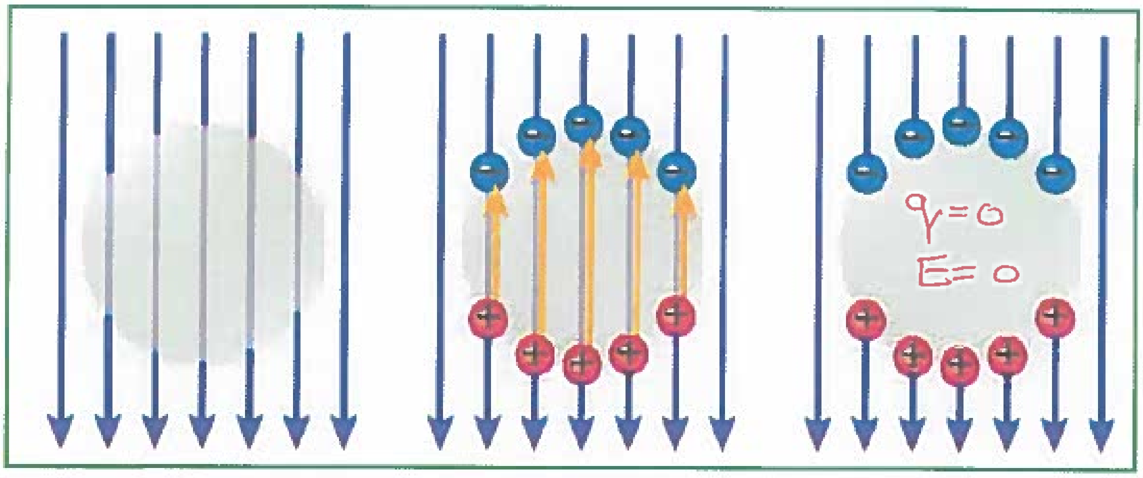
$\Phi_4 = EA\cos 0 = +EA$

Φ كلي $= +EA$ خارج من السطح

الحماية الكهروستاتيكية

تتضح من قانون جاوس نتيجتان مهمتان هما:

1. يكون المجال الكهروستاتيكي داخل أي موصل معزول صفرا دائمًا.
2. تكون التجاويف الموجودة داخل الموصلات محمية من المجالات الكهربائية.



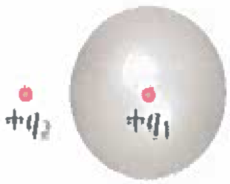
عند صناعة تجويف في جسم موصل (سيارة – قطار ....) تكون الشحنة الصافية وبالتالي المجال الكهربائي داخل هذا التجويف = صفراً دائماً .

2.13 كان أشخاص كثيرون جالسين في سيارة عندما تعرضت السيارة لضربة برق.
لماذا نجوا من ضربة البرق هذه؟ السيارة مجوفة وموصلة لذلك محصلة المجال (البرق والداخلي) = صفر [انعدام الشحنة والمجال داخلها]

مراجعة المفاهيم 2.11

كرة مجوفة وموصِّلة غير مشحونة في البداية. فوضعت شحنة موجبة، $+q_1$ ، داخل الكرة كما هو مبين في الشكل. ثم وضعت شحنة موجبة أخرى، $+q_2$ ، بالقرب من الكرة لكن من الخارج. أي من العبارات التالية تصف محصلة القوة الكهربائية المؤثرة في كل شحنة؟

q_1 داخل تجويف موصل لذلك هي محمية من المجالات الأخرى



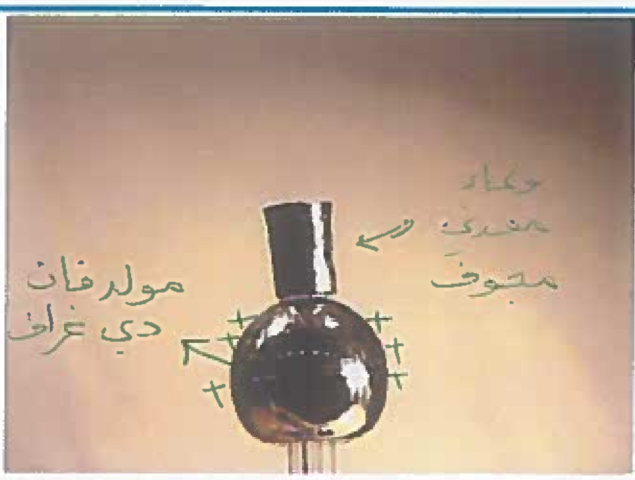
a) توجد محصلة قوة كهربائية تؤثر في $+q_2$ لكن لا تؤثر في $+q_1$.

b) توجد محصلة قوة كهربائية تؤثر في $+q_1$ لكن لا تؤثر في $+q_2$.

c) تتأثر كلتا الشحنتين بمحصلة قوة كهربائية متساوية في المقدار والاتجاه.

d) تتأثر كلتا الشحنتين بمحصلة قوة كهربائية متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه.

e) لا توجد محصلة قوة كهربائية تؤثر في أي من الشحنتين.

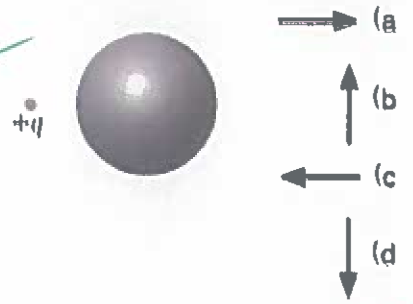


وضعت قطع الفلين في **وعاء موصل مفتوح** وعرضته لمجال كهربائي غير منتظم فانها **لاتتطاير** عند شحن مولد فان دي جراف .
لأن الفلز الموصل **وفر الحماية** لقطع الفلين **ومنع** قطع الفلين من **اكتساب عزم** ثنائي القطب .

وضعت قطع الفلين في **وعاء بلاستيكي مفتوح** وعرضته لمجال كهربائي غير منتظم فانها **تتطاير** عند شحن مولد فان دي جراف .
لأن المجال الكهربائي يخترق الوعاء البلاستيكي بسهولة ويصل الى قطع الفلين فتكتسب مقداراً صغيراً **من عزم** ثنائي القطب .

مراجعة المفاهيم 2.10

كرة موصلة مجوفة شُحنت في البداية بشحنة سالبة موزعة عليها بالتساوي. وقُرِّبت شحنة موجبة $+q$ إلى الكرة ثم وُضعت في حالة سكون، كما هو موضح في الشكل. ما اتجاه المجال الكهربائي داخل الكرة المجوفة؟



(e المجال يساوي صفرًا.

الكرة موصلة ومجوفة
المجال داخلها
صفر (حماية)

2.1 لاستخدام قانون جاوس لحساب المجال الكهربائي الناتج عن توزيع معلوم للشحنة، أي من العبارات التالية يجب أن تكون صحيحة؟

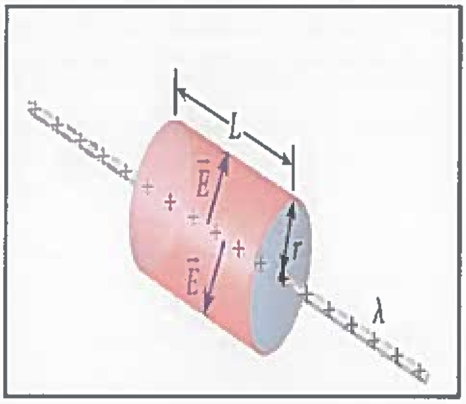
a) يجب أن يكون توزيع الشحنة في وسط غير موصل.
b) يجب أن يكون توزيع الشحنة في وسط موصل.
c) يجب أن يكون لتوزيع الشحنة تماثل كروي أو أسطواني.
d) يجب أن يكون توزيع الشحنة منتظمًا.
e) يجب أن يكون لتوزيع الشحنة تماثل بدرجة عالية يسمح بوضع افتراضات حول تماثل مجاله الكهربائي.

2.7 التدفق الكهربائي عبر سطح جاوسي كروي نصف قطره R ومركزه عند شحنة Q هو $1200\ N/(C\,m^2)$. كم يبلغ التدفق الكهربائي عبر سطح جاوسي مكعب طول ضلعه R ومركزه عند الشحنة Q نفسها؟

a) أقل من $1200\ N/(C\ m^2)$
b) أكبر من $1200\ N/(C\ m^2)$
c) مساوٍ لـ $1200\ N/(C\ m^2)$
d) لا يمكن إيجاده من المعلومات المعطاة

التدفق لا يعتمد على شكل سطح جاوس
ولكن يعتمد على الشحنة .

2.9 حالات خاصة في تماثل توزيع الشحنات



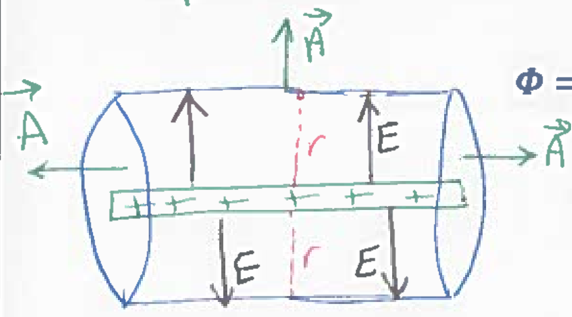
التماثل الاسطواني : لحساب شدة المجال الكهربائي الناتج عن سلك موصل مستقيم وطويل يحمل شحنة بكثافة طولية (λ) فاننا نفترض وجود سطح جاوسي على شكل أسطوانة نصف قطرها (r) وطولها (L) تحيط بالسلك بحيث يكون السلك على طول محورها ثمّ نطبق قانون جاوس على هذا السطح مع الاخذ بالاعتبار ان **التماثل الاسطواني يشمل** :

1- **التماثل الدائري** بمعنى اذا تم تدوير السلك حول محوره ستدور معه بالكيفية نفسها جميع الشحنات وهذا يؤكد عدم اعتماد المجال الناتج عن هذا الجسم على زاوية دوران ذلك الجسم .

2- **التماثل الانتقالي** بمعنى اذا كان السلك لا نهائي الطول (طويل جداً) فإن شكله لا يتغير على امتداد طوله اي ان مجاله لايعتمد على احداثي طول السلك وبالتالي لايكون هناك مركبة لمجال السلك بموازاة طوله .

ولان خطوط المجال تكون دوماً موازية لطرفي الأسطوانة (القاعدتين) او خطوط المجال **تُعامد متجه المساحة للقاعدتين** او تكون متعامدة على جدار الأسطوانة فاننا نحصل على الآتي :

$\Phi = 0$



$$\Phi = \oint \vec{E}.d\vec{A} = E.A = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

$$E(2\pi rL) = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{\lambda L}{\varepsilon_0}$$

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

تشبه قانون السلك حيث
$E = \frac{2k\lambda}{y}$

$$\boxed{E = \frac{2k\lambda}{r}}$$

ممكن تستخدم y .

حيث (r) المسافة العمودية عن السلك مع الانتباه الى ان اتجاه المجال يكون نحو الخارج اذا كانت الشحنة موجبة ويكون نحو الداخل اذا كانت الشحنة سالبة .

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

التماثل السطحي : لحساب شدة المجال الكهربائي الناتج عن لوح مسطح رقيق لانهائي وغير موصل يحمل شحنة بكثافة سطحية (σ) فاننا نفترض وجود سطح جاوسي على شكل أسطوانة قائمة مغلقة مساحة مقطعها العرضي (A) وطولها $(2r)$ تقطع اللوح المسطح عمودياً لاحظ الشكل المجاور
وهنا تكون خطوط المجال متعامدة مع القاعدتين (المقطع العرضي) وموازية للجدارين (الطول) وبتطبيق قانون جاوس على هذا السطح الاسطواني المغلق نجد أن :

$$\Phi = \oint \vec{E}.d\vec{A} = (E.A + E.A)$$

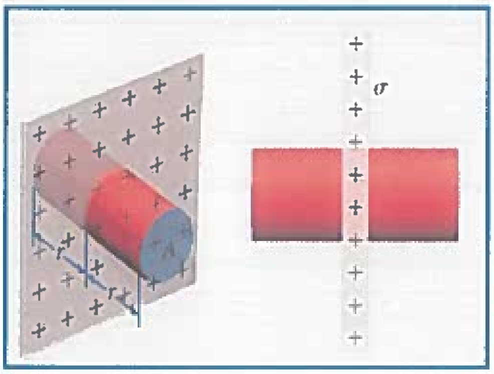
$$\Phi = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma A}{\varepsilon_0}$$

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

لوح مشحون غير موصل

يجب الانتباه الى ان اتجاه المجال يكون نحو الخارج (مبتعد عن اللوح) اذا كانت الشحنة موجبة ويكون نحو الداخل (باتجاه اللوح) اذا كانت الشحنة سالبة .

*ملاحظات هامة :



1- اذا كان اللوح المشحون مصنوع من مادة موصلة فان سطح جاوس يكون أسطوانة قائمة مغلقة يحيط بأحدى قاعدتيها اللوح المشحون نفسه .

2- ينعدم التدفق عبر طرف الاسطوانة الذي يحيط به اللوح المشحون وذلك لانعدام المجال داخل الموصل أما المجال في الخارج فيكون عمودياً على السطح او موازياً لجدار الاسطوانه .

3- يُكتب قانون جاوس في هذه بالصيغة التالية :

$$\Phi = \oint \vec{E}.d\vec{A} = E.A = \frac{\sigma A}{\varepsilon_0}$$

وهذا يعني ان مقدار المجال الكهربائي خارج السطح الموصل المشحون يُحسب بالعلاقة التالية :

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

لوح مشحون موصل

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232

التماثل الكروي : يختلف الوصف الفيزياني باختلاف طبيعة الجسم المشحون هل هو مُفرغ ام مصمت.

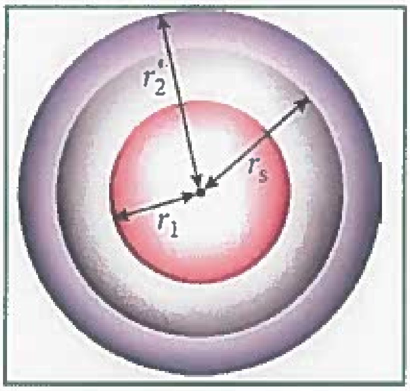
مجوف

1- اذا كان السطح الكروي رقيق (مُفرغ) :

لحساب شدة المجال الكهرباني الناتج عن توزع متماثل للشحنة على سطح جسم كروي رقيق (مُفرغ) نصف قطره (r_s) فاننا نفترض وجود سطح جاوسي على شكل كرة متحدة المركز مع الجسم الكروي نفسه لاحظ الشكل

وهنا يوجد احتمالين وكالتالي :

أ) اذا طُلب حساب شدة المجال **خارج الجسم المشحون** أي على بُعد أكبر من نصف قطر الجسم فاننا نفترض سطح جاوسي نصف قطره (r_2) حيث $(r_2 > r_s)$ وبتطبيق قانون جاوس على هذا السطح المغلق نجد أن :



$$\Phi = \oint \vec{E}.d\vec{A} = E.A$$

$$\Phi = E(4\pi r_2^2) = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

المجال خارج جسم موصل ومجوف

$$\boxed{E = k\frac{q}{r_2^2}}$$

ب) اذا طُلب حساب شدة المجال **داخل الجسم المشحون** أي على بُعد أقل من نصف قطر الجسم فاننا نفترض سطح جاوسي نصف قطره (r_1) حيث $(r_1 < r_s)$ أي ان السطح الجاوسي واقعاً داخل السطح الكروي المشحون وبتطبيق قانون جاوس سنجد أن :

$$\Phi = \oint \vec{E}.d\vec{A} = E(4\pi r_1^2) = 0.0$$

أي ان شدة المجال تنعدم داخل الكرة المشحونة

$\Phi = 0$

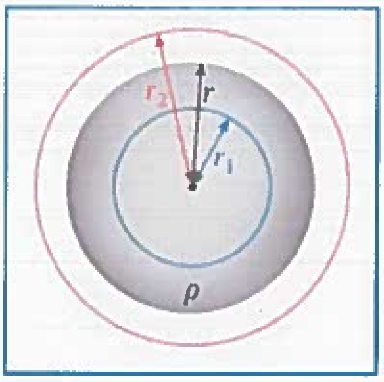
لان $E = 0$ داخل الجسم الموصل المجوف.

-2 اذا كان السطح الكروي مُصمت :

$\rho = \frac{q}{V}$ رو حجم

لحساب شدة المجال الكهربائي الناتج عن توزع منتظم (متساوٍ) للشحنة على حجم كرة (مصمتة) نصف قطرها (r) وبكثافة حجمية (ρ) فاننا نفترض وجود سطح جاوسي على شكل كرة متحدة المركز مع الجسم الكروي نفسه لاحظ الشكل ، **وهنا يوجد احتمالين وكالتالي :**

أ) اذا طُلب حساب شدة المجال **داخل الجسم المشحون** أي على بُعد أقل من نصف قطر الجسم فاننا نفترض سطح جاوسي نصف قطره (r_1) حيث $(r_1 < r)$ وبتطبيق قانون جاوس على هذا السطح المغلق نجد أن :



$$\Phi = \oiint \vec{E}.d\vec{A} = E(4\pi r_1^2)$$

$$E(4\pi r_1^2) = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}\left(\frac{4}{3}\pi r_1^3\right)$$

$$\boxed{E = \frac{\rho r_1}{3\varepsilon_0}}$$

حيث : $(4\pi r_1^2)$ مساحة سطح جاوس الكروي و $(\frac{4}{3}\pi r_1^3)$ حجم الكرة التي يُحيط بها سطح جاوس

و اذا كان مقدار الشحنة الكلية للكرة المشحونة q_t والتي تُحسب من خلال حاصل ضرب الكثافة الحجمية للشحنة في الحجم الكلي للكرة المشحونة أي ان :

$$q_t = \rho \times \frac{4}{3}\pi r^3$$

وبما أن الشحنة التي يحيط بها سطح جاوس تساوي نسبة حجم سطح جاوس الى حجم الكرة المشحونة مضروباً في الشحنة الكلية للكرة فان :

$$q = \frac{r_1^3}{r^3} q_t$$

وحسب قانون جاوس نجد ان :

$$\Phi = \oiint \vec{E}.d\vec{A} = E(4\pi r_1^2) = \frac{q_t}{\varepsilon_0}\frac{r_1^3}{r^3}$$

$$E = \frac{q_t r_1}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$$

$$\boxed{E = k\frac{q_t r_1}{r^3}}$$

ب) اذا طُلب حساب شدة المجال خارج الجسم المشحون أي على بُعد أكبر من نصف قطر الجسم فاننا نفترض فاننا نفترض سطح جاوسي نصف قطره (r_2) حيث $(r_2 > r)$ وبتطبيق قانون جاوس على هذا السطح

$$\Phi = \oiint \vec{E}.d\vec{A} = E(4\pi r_2^2) = \frac{q_t}{\varepsilon_0}$$

$$\boxed{E = k\frac{q_t}{r_2^2}}$$

مجال خارج جسم مشحون مصمت

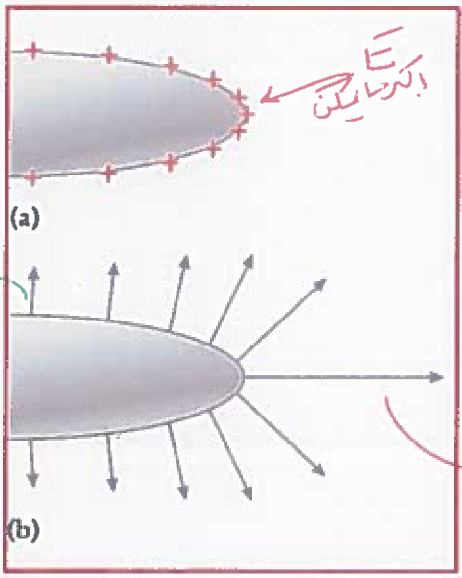
الحواف الحادة ومانعات الصواعق

عند شحن موصل ذا طرف حاد تتكاثف الشحنة وتستقر عند الطرف الحاد لهذا الموصل وهنا يكون المجال الناشيء عن هذه الشحنة اشبه بالمجال الناشيء عن الشحنة النقطية حيث تتزاحم خطوط المجال كلما اقتربنا من السطح الحاد للموصل وهذا يعني ان المجال يكون اقوى عند هذا الطرف .

هذه الفكرة هي ما دفع بنيامين فرانكلين الى ابتكار مانعات الصواعق التي تُستخدم للتقليل من الاثار السلبية الناتجة عن تراكم الشحنات اثناء العواصف حيث استخدم مانعات صواعق حادة ومتصلة مع الأرض بهدف تفريغ الشحنات الكهربائية التي تحملها الغيوم في الأرض بشكل مباشر.

ومن الجدير بالذكر ان معظم مانعات الصواعق التي تُستخدم لحماية المباني في هذه الأيام لاتستخدم الرؤس الحادة وذلك لمنع تولد مجالات كهربائية كبيرة تعمل على تأيين الهواء فتزيد من احتمالية حدوث البرق ولذا لجا المختصون في هذا المجال الى تصنيع واستخدام مانعات الصواعق ذات النهايات الدائرية .

طرف حاد لموصل (بانحناء كبير).



(a) توزيع الشحنات

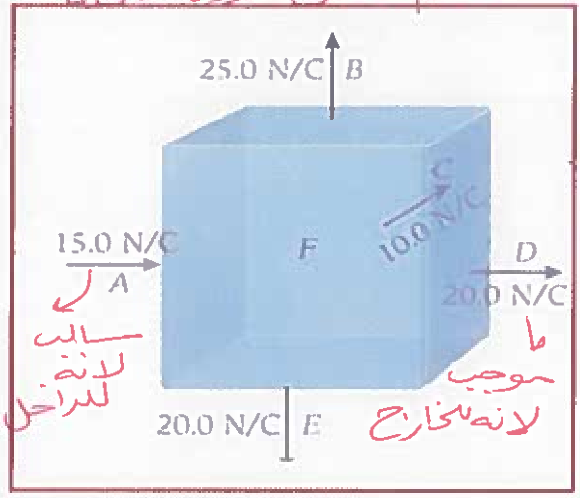
(b) مجال كهربائي عند سطح الموصل.

تخرج من الجسم الموجب وتدخل للسالب

خطوط متزاحمة وعمودية على السطح

حجم مغلق بدون شحنة $\Phi = 0$

2.51 تتجه مجالات كهربائية مختلفة المقادير إما إلى الداخل أو إلى الخارج بزوايا قائمة على أسطح المكعب المبيّن في الشكل. ما شدة المجال واتجاهه على الوجه F؟



خطوط المجال نحو الداخل ⇐ سالب E

خطوط المجال نحو الخارج ⇐ موجب E

$\sum E = 0$

$(-15) + (+25) + (+10) + (20) + (20) + E_F = 0$

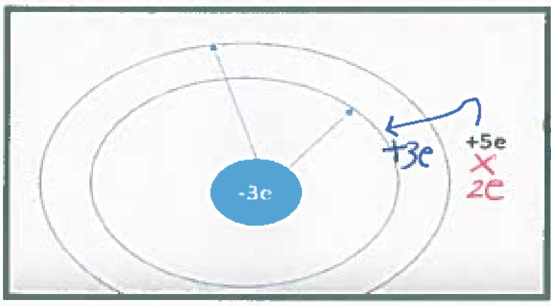
$60 + E_F = 0$

$E_F = -60\ N/C$ نحو الداخل

2-52 افترض أن موصلاً كروياً مجوفاً شحنته الكلية +5e . ونصفا القطر الخارجي والداخلي هما b,a على التوالي .

a) احسب الشحنة على السطحين الداخلي والخارجي للكرة إذا وضعت شحنة -3e في مركز الكرة .

b) ما الشحنة الصافية الكلية للكرة ؟



الشحنة الموجودة في مركز الكرة تعمل على جذب شحنة موجبة وتنفصل مقدارها من محلته الخارجية، ووضعها على السطح الداخلي ليصبح $+3e$

والخارجي $+2e$

والشحنة الصافية للكرة $+5e$.

$r_i = 0.08$

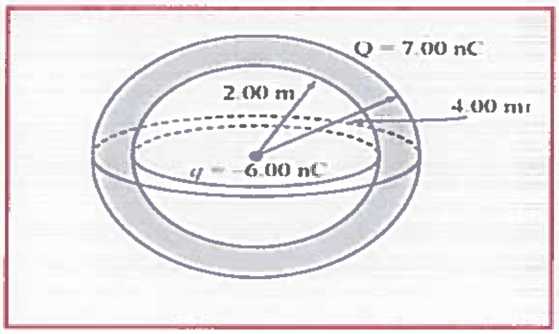
2.54 هيكل كروي مجوف وموصّل نصف قطره الداخلي 8.00 cm ونصف قطره الخارجي 10.0 cm. ومقدار المجال الكهربائي عند السطح الداخلي للهيكل، E_i، هو 80.0 N/C ويتجه نحو مركز الكرة. ومقدار المجال الكهربائي عند السطح الخارجي، E_o، هو 80.0 N/C ويتجه بعيدًا عن مركز الكرة (انظر الشكل). أوجد مقدار الشحنة على السطح الداخلي. وعلى السطح الخارجي للهيكل الكروي.

$\oint E \cdot dA = \frac{q_{in}}{\epsilon_0}$

$E_i (4\pi r_i)^2 = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} \Rightarrow q_{in} = E_i (4\pi r_i)^2 \times \epsilon_0$

$q_i = 80 (4\pi (0.08)^2 \times 8.85 \times 10^{-12} = -5.697 \times 10^{-11} C$

$q_o = 80 (4\pi (0.10)^2 \times 8.85 \times 10^{-12} = 8.9 \times 10^{-11} C$



2.55• وُضعت شحنة نقطية مقدارها −6.00 nC في مركز هيكل كروي موصّل. وللهيكل نصف قطر داخلي يساوي 2.00 m ونصف قطر خارجي يساوي 4.00 m. وشحنته +7.00 nC.

a) ما المجال الكهربائي عند $r = 1.00$ m؟

b) ما المجال الكهربائي عند $r = 3.00$ m؟

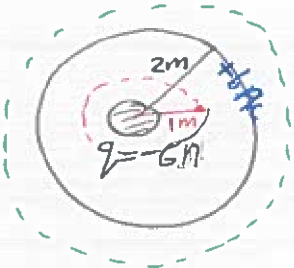
c) ما المجال الكهربائي عند $r = 5.00$ m؟

d) ما توزيع الشحنة، σ، على السطح الخارجي للهيكل؟

a) $E_a = \frac{k q_{in}}{r^2} = \frac{9\times10^{9} \times -6\times10^{-9}}{(1)^2}$

$= -54$ N/C

الاتجاه نحو الداخل فقط

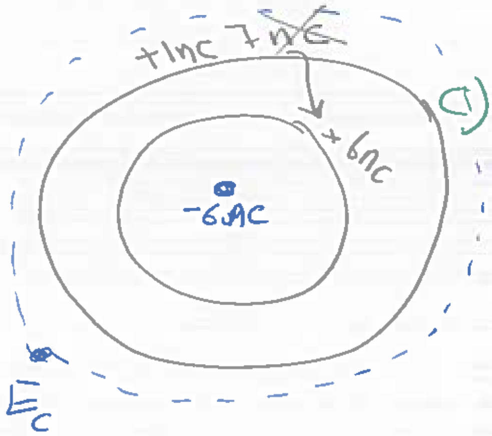


b) $E_b = \frac{k q_{in}}{(r^2)} = \frac{9\times10^{9} \times (6+-6)\times10^{-9}}{(3)^2}$

$=$ zero

لا يوجد شحنة في المكان بين الهيكل الداخلي والخارجي.

شحنة الداخلية ستجذب شحنة مقدارها (+6nC) من السطح الخارجي، وتتوزع على السطح الداخلي



c) $E_c = \frac{k q_{in}}{r^2}$

$= \frac{9\times10^{9} \times (7+6-6)\times10^{-9}}{(5)^2}$

$= 0.36$ N/C

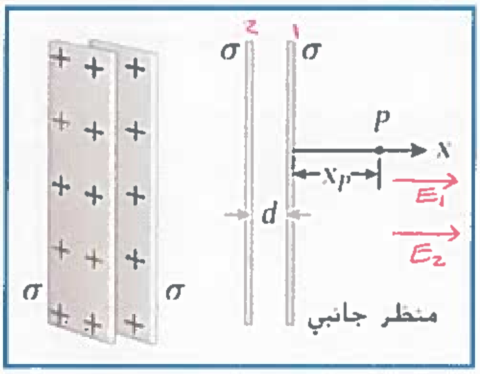
نحو الخارج

d) $\sigma = \frac{q_{tot}}{4\pi r^2}$

$= \frac{(7+6-6)\times10^{-9}}{4\pi(4)^2}$

$= 4.97\times10^{-12}$ C/m^2

أسامة إبراهيم النحوي
0554543232



2.5 لوحان لانهائيان غير موصلين يوازي كل منهما الآخر، وتفصل بينهما مسافة $d = 10.0$ cm، كما هو موضح في الشكل. إذا كان كل لوح يحمل توزيع شحنة منتظمًا مقداره $\sigma = 4.5\ \mu C/m^2$، فما المجال الكهربائي، $\vec{E}$، عند النقطة P (إذا كان $x_P = 20.0$ cm)؟

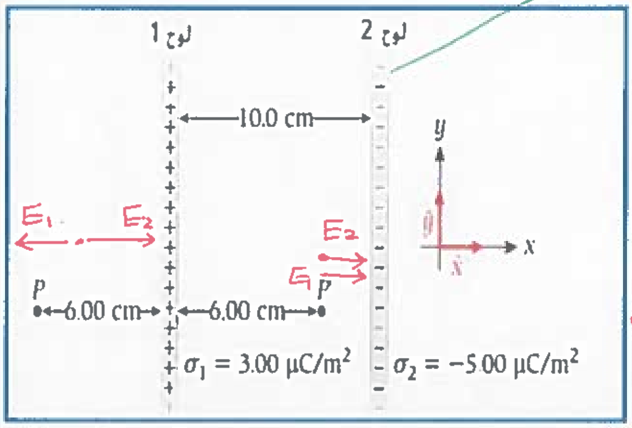
$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

a) 0 N/C
b) $2.54\hat{x}$ N/C
c) $(-5.08 \cdot 10^5)\hat{x}$ N/C
d) $(5.08 \cdot 10^5)\hat{x}$ N/C
e) $(-1.02 \cdot 10^6)\hat{x}$ N/C
f) $(1.02 \cdot 10^6)\hat{x}$ N/C

$$E_R = E_1 + E_2$$
$$= \frac{\sigma}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$
$$= \frac{2\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$
$$= \frac{4.5\times10^{-6}}{8.85\times10^{-12}}$$
$$= 5.08\times10^{5}\ N/C$$
باتجاه محور $+x$

غير موصل

•2.65 يبعد لوحا شحنة لانهائيان عن بعضهما مسافة 10.0 cm كما هو موضح في الشكل. وتوزيع الشحنة السطحي للوح 1 هو $\sigma_1 = 3.00\ \mu C/m^2$، بينما توزيع الشحنة السطحي للوح 2 هو $\sigma_2 = -5.00\ \mu C/m^2$. أوجد المجال الكهربائي الكلي (مقدارًا واتجاهًا) عند كل موقع من المواقع التالية:



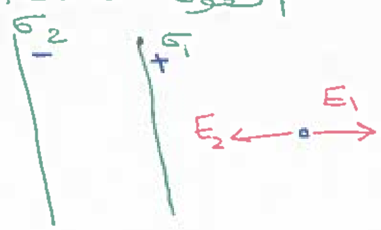
a) عند النقطة P، على مسافة 6.00 cm يسار اللوح 1
b) عند النقطة P، على مسافة 6.00 cm يمين اللوح 1

a
$$E_R = E_2 - E_1$$
$$= \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0}$$
$$= \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2\epsilon_0}$$
$$= \frac{(-5-3)\times10^{-6}}{2\epsilon_0}$$
$$= -4.5\times10^{5}\ N/C$$
نحو $-x$

b
$$E_R = E_1 + E_2$$
$$= \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0}$$
$$= \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2\epsilon_0}$$
$$= \frac{(3 + -5)\times10^{-6}}{2\epsilon_0}$$
$$= -1.1\times10^{5}\ N/C$$
نحو $+x$

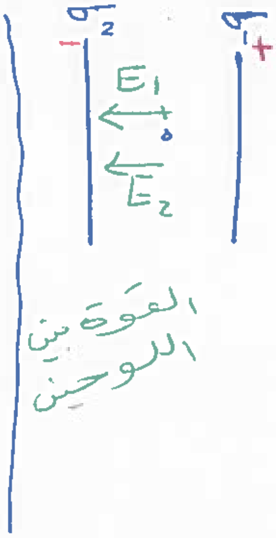
2.59 لوحان متوازيان لانهائيان وغير موصّلين تفصل بينهما مسافة 10.0 cm ولهما توزيعان للشحنة $+1.00\ \mu C/m^2$ و $-1.00\ \mu C/m^2$. ما القوة المؤثرة في إلكترون موجود في الفراغ بين اللوحين؟ ما القوة المؤثرة في إلكترون يقع خارج اللوحين بالقرب من سطح أحد اللوحين؟

القوه خارج اللوحين



$E_R = E_1 - E_2 = 0$

$F = qE_R$
$= 0$



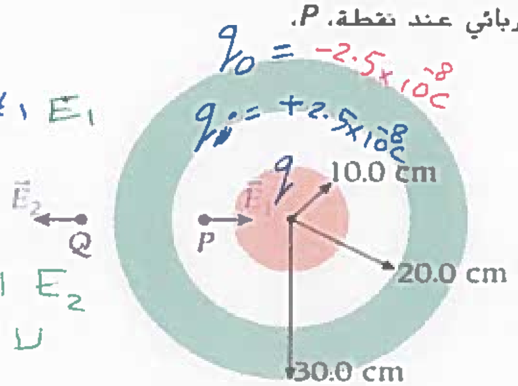
القوة بين اللوحين

$E_R = E_1 + E_2$
$= \frac{\sigma}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{2\sigma}{2\epsilon_0}$
$= \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{1\times10^{-6}}{\epsilon_0}$
$= 1.1\times10^{5}\ N/C$

$F = qE_R$
$= 1.6\times10^{-19} \times 1.1\times10^{5}$
$= 1.8\times10^{-14}\ N$
نحو اليسار ($-x$)

2.58 كرة فلزية مجوفة نصف قطرها الداخلي 20.0 cm ونصف قطرها الخارجي 30.0 cm. وكما يوضح الشكل، وُضعت كرة فلزية مصمتة نصف قطرها 10.0 cm في مركز الكرة المجوفة. فوُجد أن المجال الكهربائي عند نقطة P، على مسافة 15.0 cm من المركز، هو $E_1 = 1.00\cdot10^4$ N/C، ويتجه شعاعيًا إلى الداخل. وعند النقطة Q، على مسافة 35.0 cm من المركز، وُجد أن المجال الكهربائي هو $E_2 = 1.00\cdot10^4$ N/C ويتجه شعاعيا إلى الخارج. أوجد الشحنة الكلية على (a) سطح الكرة الداخلية و(b) السطح الداخلي للكرة المجوفة و(c) السطح الخارجي للكرة المجوفة.

E_1 المجال عند P سالب لأنه يتجه الى الداخل



E_2 المجال عند Q موجب لأنه يتجه الى الخارج

a) $E_1(4\pi r_P^2) = \frac{q_{in}}{\epsilon_0}$
$q_{in} = \epsilon_0 E_1 (4\pi r_P^2)$
$= 8.85\times10^{-12} \times -1\times10^{4} \times 4\pi(0.15)^2$
$= -2.5\times10^{-8}\ C$

b) سطح الكرة الداخلي سيكتسب شحنة مخالفة للسطح الخارجي لذلك تصبح شحنته $+2.5\times10^{-8}\ C$

c) $E_2(4\pi r_Q^2) = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} =$
$q_{in} = \epsilon_0 E_2 (4\pi r_Q^2)$
$= 8.85\times10^{-12} \times 1\times10^{4} \times 4\times\pi(0.35)^2$
$= 1.36\times10^{-7}\ C$

$q_{in} = q_{\text{خارجي}} + q_{\text{داخلي}} + q_{\text{الكرة الداخلية}}$
$1.36\times10^{-7} = q_o + q_i + q$
$1.36\times10^{-7} = (-2.5\times10^{-8}) + (2.5\times10^{-8}) + q$
$q = 1.36\times10^{-7}\ C$
للسطح الخارجي للكرة المجوفة