

الوحدة الثانية

المجالات الكهربائية

و قانون جاوس

فيزياء ثاني عشر متقدم

2023/2024

اعداد

د / وائل عزازي

رئيس قسم العلوم

مدرسة ابن خلدون الخاصة

0521150195

2.1 تعريف المجال الكهربائي :

المجال الكهربائي : يعبر عن المنطقة المحيطة بأي جسم مشحون و التي تظهر فيها اثار القوي الكهربائية .

لذلك يعرف المجال الكهربائي في نقطة : بأنه محصلة القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة موضوعة في تلك النقطة مقسومة علي مقدار تلك الشحنة

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{\vec{F}(\vec{r})}{q} \quad \text{اي ان}$$

$$F = |q|.E$$

لاحظ :

- 1 – وحدة قياس المجال الكهربائي هي نيوتن لكل كولوم N/C
- 2 – تكون القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة عند نقطة معينة باتجاه المجال اذا كانت الشحنة موجبة او بعكس اتجاه المجال اذا كانت الشحنة سالبة .
- 3 – يتناسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة موضوعة داخل المجال طرديا مع مقدار المجال و مقدار تلك الشحنة
- 4 – المجال الكهربائي كمية متجهة اي تحسب مقدارا و اتجاها
- 5 – لذلك اذا كانت الشحنة مصدر المجال موجبة يكون اتجاه مجالها بعيدا عن الشحنة (خارجا منها)
- اما اذا كانت الشحنة مصدر المجال سالبة يكون اتجاه مجالها في اتجاه الشحنة (داخلا اليها)
- 6 – في حال وجود مصادر متعددة للمجالات الكهربائية في الوقت نفسه . يتم تطبيق مبدأ التراكب لايجاد المجال الكهربائي الكلي

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

تدريبات على الدرس الاول

1. يؤثر مجال كهربائي بقوة مقدارها $2.0 \times 10^{-4} \text{ N}$ في شحنة اختبار موجبة مقدارها $5.0 \times 10^{-6} \text{ C}$. ما مقدار المجال الكهربائي عند موقع شحنة الاختبار؟

2. وضعت شحنة سالبة مقدارها $2.0 \times 10^{-4} \text{ C}$ في مجال كهربائي، فتأثرت بقوة مقدارها 0.060 N في اتجاه اليمين. ما مقدار واتجاه المجال الكهربائي عند موقع الشحنة؟

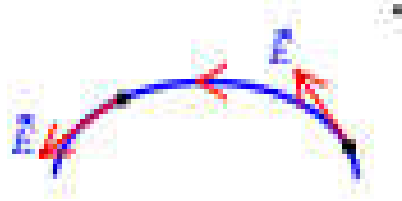
3. وضعت شحنة موجبة مقدارها $3.0 \times 10^{-7} \text{ C}$ في مجال كهربائي شدته 27 N/C يتجه إلى الجنوب. ما مقدار القوة المؤثرة في الشحنة؟

4. وضعت كرة بيلسان وزنها $2.1 \times 10^{-3} \text{ N}$ في مجال كهربائي شدته $6.5 \times 10^4 \text{ C/N}$ ، يتجه رأسياً إلى أسفل. ما مقدار ونوع الشحنة التي يجب أن نضع على الكرة، بحيث توازن القوة الكهربائية المؤثرة فيها قوة الجاذبية الأرضية، وتبقى الكرة معلقة في المجال؟

2.2 خطوط المجال الكهربائي :خصائص خطوط المجال الكهربائي :

- 1 - خطوط وهمية تمثل مسار حركة شحنة اختبار عند وضعها حرة في المجال الكهربائي .
- 2 - لا تتقاطع ... لأنه لو تقاطع خطان لكان لشدة المجال في نقطة التقاطع أكثر من اتجاه .
- 3 - عدد خطوط المجال التي تجتاز وحدة المساحات عمودياً تمثل شدة المجال الكهربائي عند تلك النقطة .
- 4 - الخطوط تتكاثف أو تتراحم عندما تكون E كبيرة و تتباعد عندما تكون E صغيرة .
- 5 - تبدأ خطوط المجال من الشحنة الموجبة و تنتهي عند الشحنة السالبة (إذا لم يكون هناك شحنة سالبة تنتهي في المالانهاية)

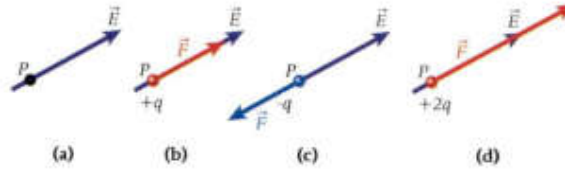
6 - اتجاه المجال الكهربائي عند أي نقطة يكون مماساً لخط المجال المار بتلك النقطة .



7 - عدد الخطوط الخارجة من الشحنة الموجبة أو الواصلة إلى الشحنة السالبة يتناسب مع مقدار الشحنة .

$$\frac{\text{عدد خطوط الشحنة الاولى}}{\text{مقدار الشحنة الاولى } |q_1|} = \frac{\text{عدد خطوط الشحنة الثانية}}{\text{مقدار الشحنة الثانية } |q_2|}$$

القوة الناتجة عن وضع شحنة في مجال كهربائي :



- إذا كانت الشحنة موجبة . تكون القوة F بنفس اتجاه المجال E
- إذا كانت الشحنة سالبة . تكون القوة F عكس اتجاه المجال 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

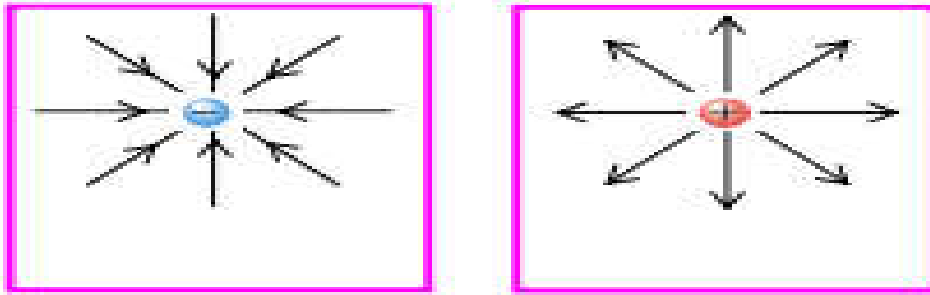
لكي نرسم خطوط المجال الكهربائي بين شحنتين يجب مراعاة الاتي :

- 1 - اتجاه الخطوط من الموجب الي السالب
- 2 - نسبة عدد الخطوط بالنسبة لمقادير الشحنات
- 3 - موقع نقطة التعادل (بين الشحنتين اذا كانت الشحنتين من نفس النوع , و خارجهما اذا كانت الشحنتين مختلفتين في النوع , مع ملاحظة ان نقطة التعادل دائما تكون بالقرب من الشحنة الاقل مقدارا)

** شحنة الاختبار :

هي تلك الشحنة الموجبة الصغيرة التي نتخيل وجودها عند كل نقطة في المجال الكهربائي بحيث لا تؤثر في المجال .

• الشحنة النقطية :

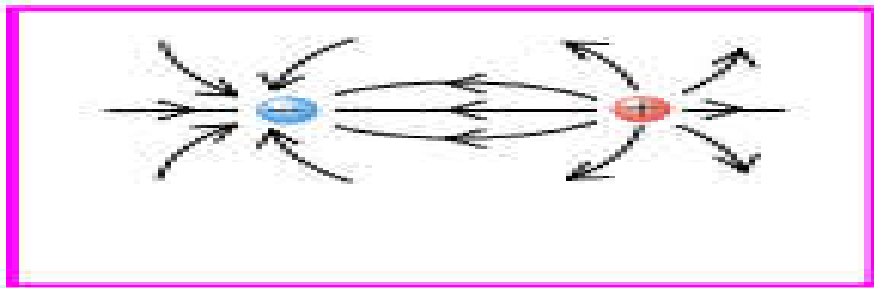


خطوط المجال الكهربائي : 1 - خارجة من الشحنة النقطية الموجبة

2 - داخلة الي الشحنة النقطية السالبة

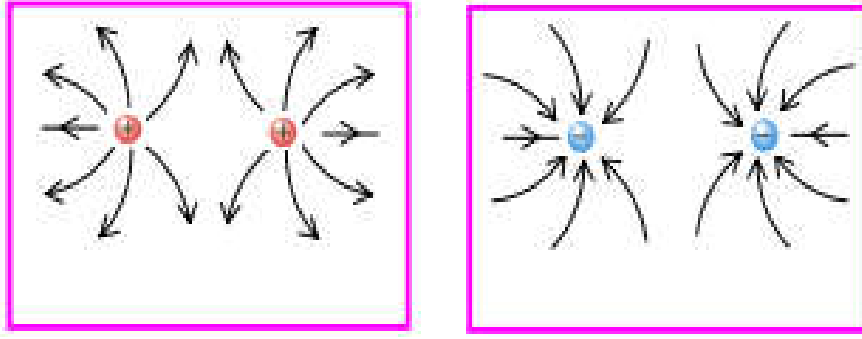
لاحظ ان : المسافات بين خطوط المجال الكهربائي تقل كلما اقتربت الخطوط من الشحنة النقطية و تزداد كلما ابتعدت هذه الخطوط عن الشحنة النقطية .
مما يشير الي ان المجال الكهربائي يضعف كلما زاد الابتعاد عن الشحنة .

• شحنتان نقطيتان مختلفتان في الإشارة :



خطوط المجال الكهربائي ناتجة عن تجاذب شحنتين نقطيتين متساويتين في المقدار و مختلفتين في النوع .

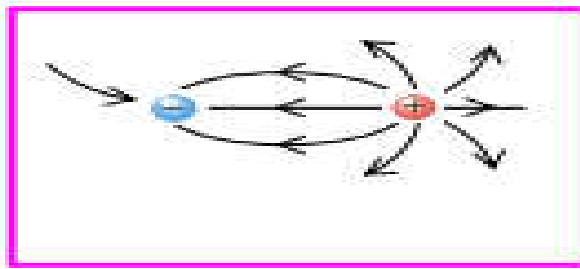
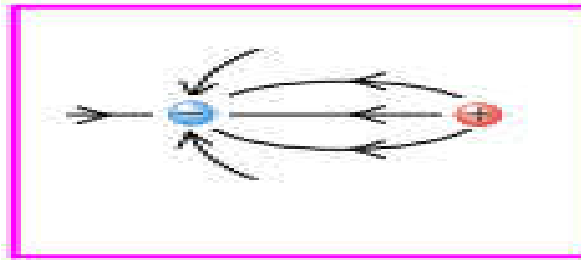
- شحنتان نقطيتان متماثلتان في الإشارة :



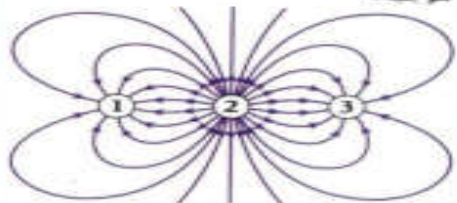
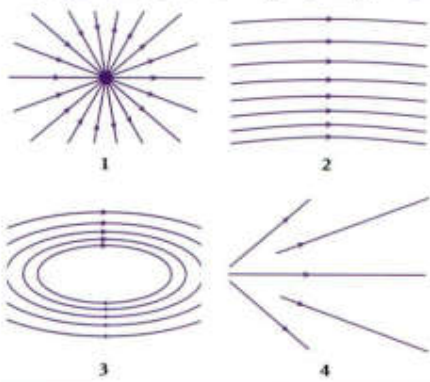
خطوط المجال الكهربائي :

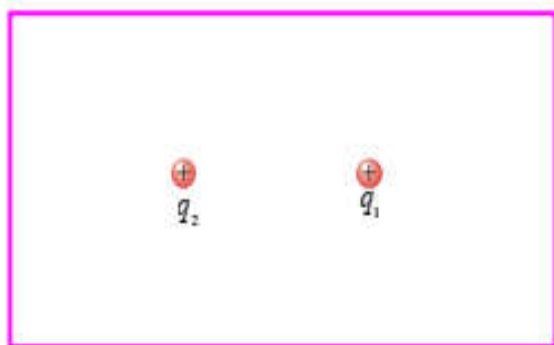
- 1 - بين شحنتين نقطيتين موجبتين متساويتين في المقدار تبدأ من هاتين الشحنتين و تنتهي في مالانهاية
- 2 - بين شحنتين نقطيتين سالبتين متساويتين في المقدار تبدأ من مالانهاية و تنتهي في هاتين الشحنتين

- شحنتين مختلفتين في الإشارة و المقدار :



تدريبات متنوعة

<u>الجواب</u>	مراجعة المفاهيم 2.1 أي من الشحنات الموضحة في الشكل موجبة؟  (a) رقم 1 (b) رقم 2 (c) رقم 3 (d) رقم 1 و 3 (e) كل الشحنات الثلاث موجبة.
<u>الجواب</u>	مراجعة المفاهيم 2.2 إذا افترضنا أنه لا توجد شحنات في المناطق الأربع الموضحة في الشكل، فأأي نمط يمكن أن يمثل مجالاً كهربائياً؟  (a) النمط 1 فقط (b) النمط 2 فقط (c) النمطان 2 و 3 (d) النمطان 1 و 4 (e) لا يمثل أي نمط مجالاً كهربائياً.

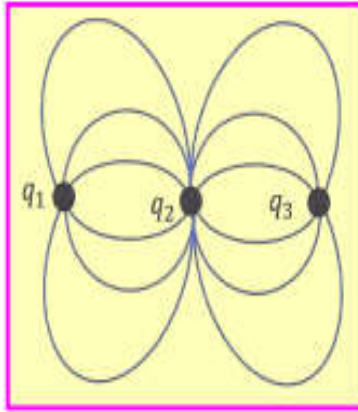


س1) أرسم على الشكل المجاور خطوط المجال

الكهربائي للشحنتين علماً بأن $(q_2 = 3q_1)$ ؟

مراعياً :

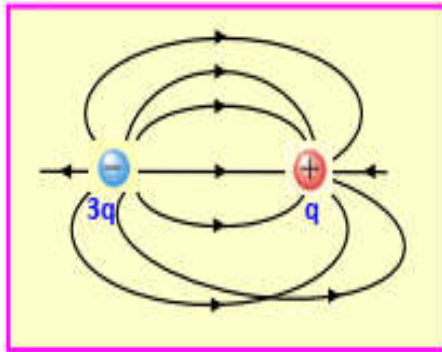
- 1- اتجاه الخطوط
- 2- نسبة عدد الخطوط
- 3- موقع نقطة التعادل



س2) يظهر الرسم التخطيطي المجاور خطوط المجال الكهربائي لثلاث شحنات كهربائية نقطية. اعتماداً على الرسم أجب كما يلي:

1) احسب النسبة $\frac{|q_1|}{|q_3|}$

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



س3) رسم متعلم خطوط المجال الكهربائي لشحنتين متجاورتين كما في الشكل المجاور. اكتب الأخطاء التي ارتكبتها المتعلم في الرسم .



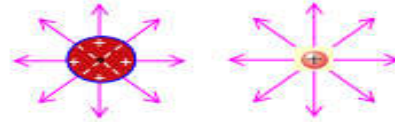
* أنواع المجال الكهربائي :

المجال المنتظم .

- ثابت المقدار والاتجاه عند جميع النقاط الواقعة فيه . $E_1 = E_2 = E_3$
- خطوط مجاله مستقيمة ومتوازية .
- طريقة الحصول عليه :
- بواسطة لوحان متوازيين مشحونان بشحنتين متساويتين مقداراً ومختلفتين نوعاً

المجال غير المنتظم .

- شدته تتغير مع البعد .
- خطوط مجاله غير متوازية .
- ينتج عن الشحنات النقطية والكروية .

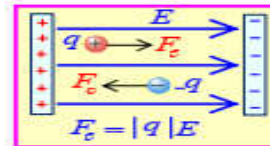


* العلاقة بين المجال والقوة الكهربائية

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

E : المجال الكهربائي المؤثر . q : مقدار الشحنة المتأثرة بالمجال .

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



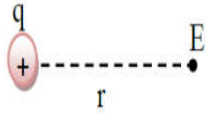
المجال الكهربائي الناتج عن الشحنات النقطية

2.3 Electric Field due to Point Charges

المجال الكهربائي لشحنة نقطية (المجال الغير منتظم) :-

❖ المجال الكهربائي لشحنة نقطية :- منطقة تحيط بالشحنة النقطية تظهر فيها آثار القوة الكهربائية .

❖ المجال الكهربائي ($\vec{E}$) كمية متجهة لها مقدار واتجاه .



قانون حساب شدة المجال الكهربائي (E) عند نقطة على مسافة (r) من شحنة نقطية (q) :-

$$E = K \frac{|q|}{r^2}$$

E : شدة المجال الكهربائي عند النقطة (a) .

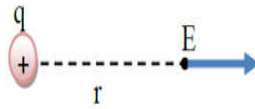
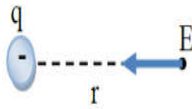
K : ثابت كولوم ، حيث أن مقداره للهواء (الفراغ) ($K = 8.99 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$) .

$|q|$: مقدار الشحنة المولدة للمجال . r : بعد النقطة عن الشحنة (بالمتر) .

تحديد اتجاه المجال عند نقطة بالقرب من شحنة نقطية أو جسم كروي مشحون :-

المجال الكهربائي عند نقطة يتجه بعيدا عن الشحنة الموجبة ، ونحو الشحنة

السالبة (انظر الشكل المجاور) .



أختار أنسب إجابة أو تكملة صحيحة لكل مما يلي :-

١) ما مقدار المجال الكهربائي في موقع على مسافة (1.2 m) من شحنة نقطية موجبة ($+4.2 \times 10^{-6} \text{ C}$) ؟

(a) $2.62 \times 10^4 \text{ N/C}$ ، يتجه بعيدا عن الشحنة . (b) $2.62 \times 10^4 \text{ N/C}$ ، يتجه نحو الشحنة .

(c) $2.62 \times 10^{-4} \text{ N/C}$ ، يتجه بعيدا عن الشحنة . (d) $2.62 \times 10^{-4} \text{ N/C}$ ، يتجه نحو الشحنة .

٢) ما شدة المجال الكهربائي واتجاهه عند موقع على مسافة (1.6 m) إلى الشرق من شحنة نقطية مقدارها ($-7.2 \times 10^{-6} \text{ C}$) ؟

(a) $2.53 \times 10^4 \text{ N/C}$ ، ويتجه نحو الشرق . (b) $2.53 \times 10^4 \text{ N/C}$ ، ويتجه نحو الغرب .

(c) $2.53 \times 10^{-4} \text{ N/C}$ ، ويتجه نحو الشمال . (d) $2.53 \times 10^{-4} \text{ N/C}$ ، ويتجه نحو الجنوب .

٣) تبلغ شدة المجال الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة (0.25 m) عن جسم كروي صغير (450 N/C) باتجاه الجسم الكروي ، ما محصلة الشحنة التي

يحملها الجسم الكروي ؟ وما نوعها ؟

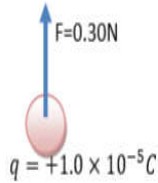
(a) $q = +3.125 \times 10^{-9} \text{ C}$ (b) $q = -3.125 \times 10^{-6} \text{ C}$

(c) $q = -3.125 \times 10^{-9} \text{ C}$ (d) $q = +3.125 \times 10^{-6} \text{ C}$

٤) شحنة تتعرض لقوة مقدارها (0.30 N) غربا عند وضعها في مجال كهربائي شدته $(4.5 \times 10^5 N/C)$ ويتجه نحو الشرق ،
ما مقدار هذه الشحنة ؟ وما نوعها ؟

- (a) $+7.75 \times 10^{-6} C$ (b) $-7.75 \times 10^{-9} C$ (c) $-6.66 \times 10^{-7} C$ (d) $+6.66 \times 10^{-7} C$

٥) تتعرض شحنة موجبة مقدارها $(+1.0 \times 10^{-5} C)$ لقوة مقدارها (0.30 N) عند وضعها في نقطة معينة ، كما موضح في الشكل ، ما شدة المجال الكهربائي ؟ واتجاهه ؟ عند هذه النقطة :-



- (a) $3.0 \times 10^4 N/C$ ، ويتجه نحو الأعلى. (b) $3.0 \times 10^4 N/C$ ، ويتجه نحو الأسفل.
(c) $3.53 \times 10^{-4} N/C$ ، ويتجه نحو الأعلى. (d) $3.53 \times 10^{-4} N/C$ ، ويتجه نحو الأسفل.

مبدأ التراكب

يمكن استخدام مبدأ التراكب لحساب شدة المجال الكهربائي عند نقطة تقع بجوار عدة شحنات نقطية .

افترض وجود شحنتين $q_1 = +4.0 \mu C$ و $q_2 = -8.0 \mu C$ تفصل بينهما مسافة **4.0 m** . أوجد مقدار **المجال الكهربائي** الناتج عن الشحنتين بوحدة (N/C) في **منتصف المسافة** بين الشحنتين.

(استخدم $k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$ ، $1.0 \mu = 1.0 \times 10^{-6}$).

2.7×10^4 □

9.0×10^3 □

1.8×10^4 □

7.2×10^4 □

شحنتان نقطيتان متماثلتان كل منهما (-6.0 nC) وضعت في المستوى (X, Y) عند المواقع الآتية :

$(0.0 \text{ cm}, 0.0 \text{ cm})$ و $(+3.0 \text{ cm}, +3.0 \text{ cm})$

احسب مقدار محصلة المجال الكهربائي عند نقطة موقعها $(X=0.0 \text{ cm}, Y=3.0 \text{ cm})$

.....

.....

.....

.....

.....

أوجد الزاوية التي يصنعها متجه محصلة المجال الكهربائي عند نقطة $(X=0.0 \text{ cm}, Y=3.0 \text{ cm})$

مع المحور X .

.....

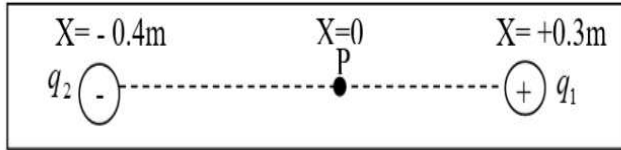
.....

.....

السؤال (1) معتمدا على البيانات الموضحة على الشكل

المجاور، وحيث أن $(q_1 = +7.0 \mu\text{C})$ $(q_2 = -5.0 \mu\text{C})$

$(K_e = 8.99 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2)$ ، المطلوب:-



أ) احسب مقدار شدة المجال الكهربائي عند النقطة (P) ؟ ثم حدد اتجاهه؟

.....

.....

.....

.....

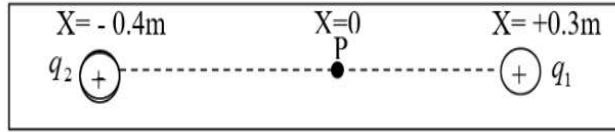
ب) احسب مقدار القوة الكهربائية التي يتأثر بها إلكترون $(q_e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$ يوضع عند النقطة (P) ؟ ثم حدد اتجاهها؟

.....

.....

السؤال (٢) معتمدا على البيانات الموضحة على الشكل المجاور، وحيث أن $(q_1 = +7.0 \mu c)$ $(q_2 = +5.0 \mu c)$

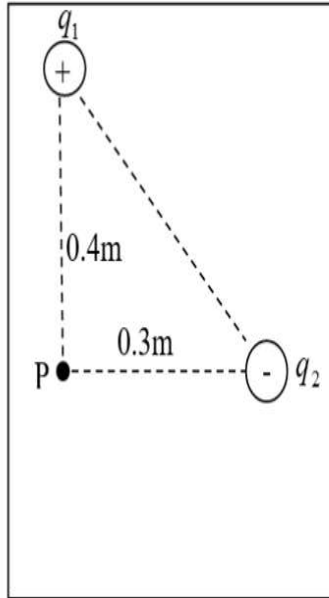
$(K_e = 8.99 \times 10^9 N.m^2 / c^2)$ ، المطلوب:-



أ) احسب شدة المجال الكهربائي عند النقطة (P)

و حدد اتجاهه ؟

ب) احسب مقدار القوة الكهربائية التي يتأثر بها بروتون $(q_p = 1.6 \times 10^{-19} C)$ يوضع عند النقطة (P) ؟ ثم حدد اتجاهها؟



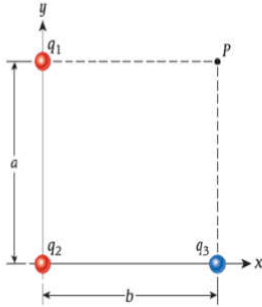
السؤال (٣) معتمدا على البيانات الموضحة على الشكل المجاور، وحيث أن

$(q_1 = +7.0 \mu c)$ $(q_2 = -5.0 \mu c)$ ، المطلوب:-

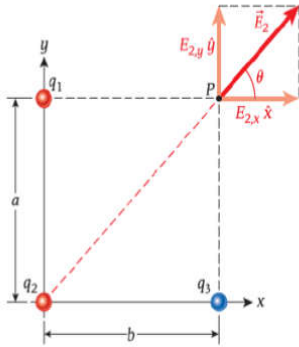
أ) احسب مقدار شدة المجال الكهربائي عند النقطة (P) ؟ ثم أوجد الزاوية التي يصنعها

متجه محصلة المجال الكهربائي مع المحور (X) ؟

ب) احسب مقدار القوة الكهربائية التي يتأثر بها إلكترون $(q_e = -1.6 \times 10^{-19} c)$ يوضع عند النقطة (P) ؟



الشكل 2.9 مواقع الشحنات النقطية الثلاث



ثلاث شحنات

مثال 2.1

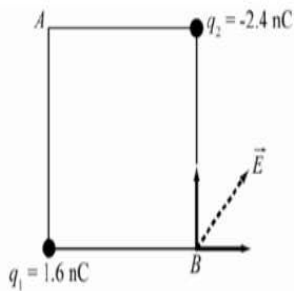
يوضح الشكل 2.9 ثلاث شحنات نقطية ثابتة، $q_1 = +1.50 \mu\text{C}$ و $q_2 = +2.50 \mu\text{C}$ و $q_3 = -3.50 \mu\text{C}$. تقع الشحنة q_1 عند النقطة $(0, a)$ ، والشحنة q_2 عند النقطة $(0, 0)$ ، والشحنة q_3 عند النقطة $(b, 0)$. حيث $a = 8.00 \text{ m}$ و $b = 6.00 \text{ m}$.

المسألة

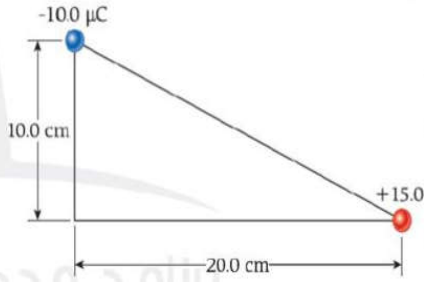
ما المجال الكهربائي $\vec{E}$ الذي تنتجه هذه الشحنات الثلاث عند النقطة $P = (b, a)$ ؟

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

2.26 وُضعت شحنة نقطية مقدارها $+1.60 \text{ nC}$ عند إحدى زوايا مربع (طول ضلعه 1.00 m)، وُضعت شحنة مقدارها -2.40 nC على الزاوية المقابلة على القطر. ما مقدار المجال الكهربائي عند كل من الزاويتين الأخريين؟



2.28* وُضعت شحنتان نقطيتان عند زاويتي مثلث كما هو موضح في الشكل. أوجد مقدار المجال الكهربائي واتجاهه عند الزاوية الثالثة للمثلث.

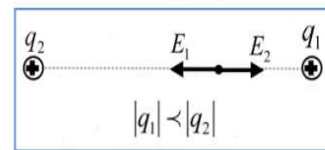
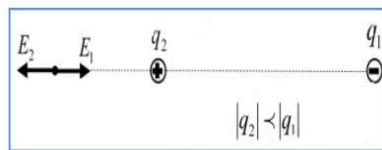


نقطة التعادل (نقطة انعدام المجال)

نقطة التعادل :- هي النقطة التي تكون فيها ($\Sigma E = 0$) وبالتالي تكون أيضا ($\Sigma F_e = 0$) على شحنة ثالثة توضع عند هذه النقطة .

تحديد موضع نقطة التعادل :-

(١) نقطة التعادل تكون دائما أقرب الى الشحنة الأقل مقدارا من حيث القيمة المطلقة ، ولكن تكون بين الشحنتين المتشابهتين في النوع ، بينما تكون خارج الشحنتين المختلفتين في النوع .



(٢) نقطة التعادل (نقطة انعدام المجال) تقع في منتصف المسافة بين شحنتين لهما المقدار والنوع نفسه ، كما في الشكل (١).

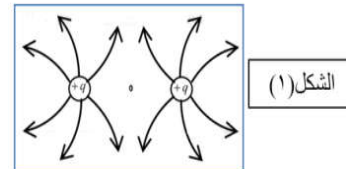
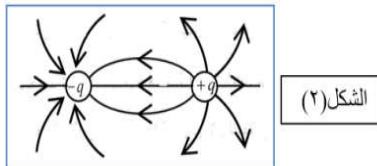
(٣) لا توجد نقطة تعادل (نقطة انعدام المجال) لشحنتين متساويتين في المقدار ومختلفتين في النوع ، كما في الشكل (٢) .

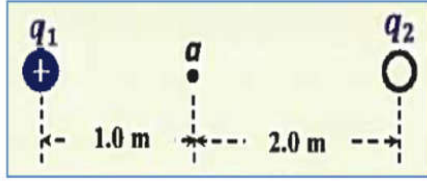
عند نقطة التعادل يكون

$$E_1 = E_2$$

$$K \frac{q_1}{r_1^2} = K \frac{q_2}{r_2^2}$$

$$\frac{q_1}{r_1^2} = \frac{q_2}{r_2^2}$$





السؤال (١) في الشكل المجاور النقطة (a) هي نقطة تعادل للشحنتين (q_1) و

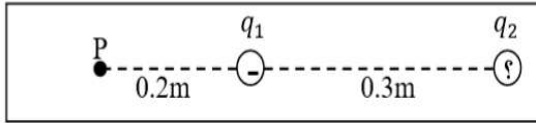
(q_2) ، فإذا كانت ($q_1 = +4 \times 10^{-6} C$) ، المطلوب:-

(١) ما نوع الشحنة (q_2) ؟ (.....)

(٢) احسب مقدار الشحنة (q_2) ؟

السؤال (٢) في الشكل المجاور إذا كانت ($q_1 = -3 \times 10^{-9} C$) وكانت محصلة شدة المجال الكهربائي عند النقطة (P) تساوي صفراً ،

أجب عما يلي :-

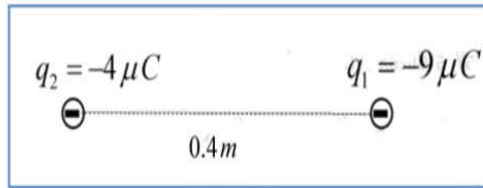


(١) ما نوع الشحنة (q_2) ؟ (.....)

(٢) احسب مقدار الشحنة (q_2) ؟

السؤال (٣) معتمداً على الشكل ، أجب عما يلي :-

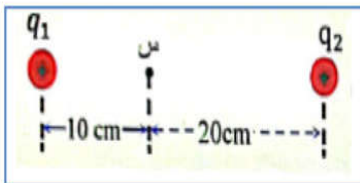
(١) احسب شدة المجال الكهربائي عند منتصف البعد بين الشحنتين ؟

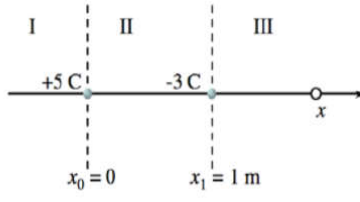


(٢) احسب بعد نقطة التعادل عن الشحنة (q_2) ؟

السؤال (٤) في الشكل المجاور ، إذا كان المجال الكهربائي منعدماً عند النقطة (س) ،

احسب النسبة بين كميتي الشحنتين ($\frac{q_2}{q_1}$) ؟





2.29* وُضعت شحنة مقدارها $+5.00\text{C}$ عند نقطة الأصل. وُضعت شحنة مقدارها -3.00C عند $x = 1.00\text{ m}$. عند أي مسافة (مسافات) محددة على امتداد المحور x سيكون المجال الكهربائي مساوياً صفراً؟

2.5 التوزيعات العامة للشحنة General Charge Distributions

- عندما تكون الشحنة الكهربائية موزعة بانتظام كأن تكون مرتبة في بعد واحد على طول سلك أو في بعدين على سطح جسم فليز فإنه يستحيل حساب المجال الناشئ عن هذه الأعداد الهائلة من الشحنات النقطية بالطريقة التقليدية .

- لذلك سوف نلجأ إلى طريقة التكامل لحل المسائل التي تتضمن مثل هذه التوزيعات للشحنة من خلال الخطوات التالية :

- تقسيم الشحنة q إلى عنصر تفاضلي dq

- إيجاد المجال الناتج عن كل عنصر شحنة كما لو كانت شحنة نقطية

- إذا كانت الشحنة موزعة بطول جسم أحادي البعد (خط مستقيم) يمكن التعبير عن الشحنة (dq) بدلالة الشحنة لكل وحدة

طول مضروبة في الطول وفق العلاقة : $dq = \lambda dx$ حيث (λ) كثافة الشحنة الخطية تقاس بوحدة $\frac{C}{m}$

- إذا كانت الشحنة موزعة على سطح (جسم ثنائي الأبعاد) يمكن التعبير عن الشحنة (dq) بدلالة الشحنة لكل وحدة

مساحات مضروبة في المساحة وفق العلاقة : $dq = \sigma dA$ حيث (σ) كثافة الشحنة السطحية تقاس بوحدة $\frac{C}{m^2}$

- إذا كانت الشحنة موزعة على حجم (جسم ثلاثي الأبعاد) يمكن التعبير عن الشحنة (dq) بدلالة الشحنة لكل وحدة

حجوم مضروبة في الحجم وفق العلاقة : $dq = \rho dV$ حيث (ρ) كثافة الشحنة الحجمية $\frac{C}{m^3}$

ما هي وحدة قياس كثافة الشحنة الخطية (λ) الموجودة على قضيب رفيع وطويل؟

☐ C/m

☐ C/s

☐ C/m³

☐ C/m²

ما هي وحدة قياس كثافة الشحنة السطحية (σ) الموجودة على صفيحة فلزية رقيقة؟

☐ C/m

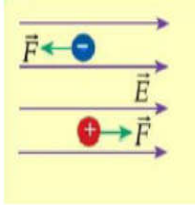
☐ C/s

☐ C/m³

☐ C/m²

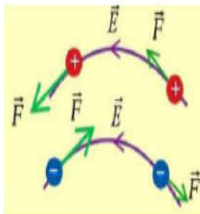
2.6 القوة الناتجة عن مجال كهربائي Force due to an Electric Field

عندما نوضع شحنة (q) داخل مجال كهربائي منتظم أو غير منتظم فإنها تتأثر بقوة كهربائية تعطى وفق العلاقة : $F_e = q E$



في المجال الكهربائي المنتظم:

- يكون اتجاه القوة الكهربائية بنفس اتجاه المجال الكهربائي عندما تكون الشحنة موجبة
- يكون اتجاه القوة الكهربائية بعكس اتجاه المجال الكهربائي عندما تكون الشحنة سالبة



في المجال الكهربائي الغير منتظم:

- يكون اتجاه القوة الكهربائية مماساً لخطوط المجال وبنفس اتجاه المجال الكهربائي عندما تكون الشحنة موجبة
- يكون اتجاه القوة الكهربائية مماساً لخطوط المجال وبعكس اتجاه المجال الكهربائي عندما تكون الشحنة سالبة

ملاحظات: وفقاً للقانون الثاني لنيوتن $[F_{net} = ma]$

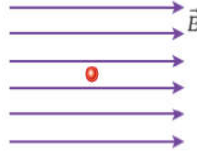
(١) إذا كانت محصلة القوى المؤثرة على جسم تساوي صفراً فإن الجسم يتحرك بسرعة ثابتة (أي عجلته تساوي صفراً).

(٢) إذا كانت محصلة القوى المؤثرة على جسم تساوي مقدار ثابت فإن الجسم يتحرك بعجلة ثابتة.

(٣) إذا كانت محصلة القوى المؤثرة على جسم متزايدة فإن الجسم يتحرك بعجلة متزايدة، والعكس بالعكس.

مراجعة المفاهيم 2.5

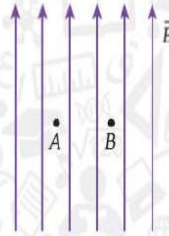
وُضع جسم صغير موجب الشحنة في وضع السكون في مجال كهربائي منتظم كما هو موضح في الشكل. عندما يتحرر الجسم، فإنه



- (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.

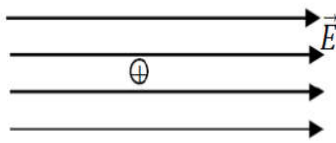
مراجعة المفاهيم 2.6

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؟



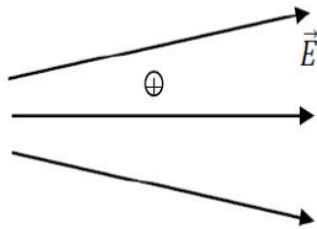
- (a) مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الجسم تكون أكبر عند الموقع A.
(b) مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الجسم تكون أكبر عند الموقع B.
(c) لا توجد قوة كهربائية مؤثرة في الجسم عند أي من الموقعين A أو B.
(d) تتساوى القوة الكهربائية المؤثرة في الجسم عند الموقع A مع القوة المؤثرة في الجسم عند الموقع B في المقدار وتعاكسها في الاتجاه.
(e) القوة الكهربائية المؤثرة في الجسم عند الموقع A هي القوة الكهربائية غير الصغرية نفسها المؤثرة في الجسم عند الموقع B.

مثال (١) وضع جسم صغير موجب الشحنة في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل المجاور ، فإذا كان الجسم حر الحركة فإنه :-



- (أ) لن يتحرك .
(ب) سيبدأ بالحركة بسرعة ثابتة باتجاه المجال .
(ج) سيبدأ بالحركة بعجلة ثابتة باتجاه المجال .
(د) سيبدأ بالحركة بعجلة متزايدة باتجاه المجال .

مثال (٢) وضع جسم صغير موجب الشحنة في مجال كهربائي غير منتظم كما في الشكل المجاور ، فإذا كان الجسم حر الحركة فإنه :-



- (أ) سيبدأ بالحركة بسرعة ثابتة باتجاه المجال .
(ب) سيبدأ بالحركة بعجلة ثابتة باتجاه المجال .
(ج) سيبدأ بالحركة بعجلة متزايدة باتجاه المجال .
(د) سيبدأ بالحركة بعجلة متناقصة باتجاه المجال .

ملاحظات مهمة جداً :

❖ إذا ترك أي جسم مشحون حراً داخل مجال كهربائي منتظم فإنه سيبدأ الحركة باتجاه القوة الكهربائية وبمعجلة ثابتة تعطى حسب قانون نيوتن الثاني وفق العلاقة :

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

❖ يتم وصف الحركة بمعجلة ثابتة من خلال العلاقات التالية :

$$v_f = v_i + a\Delta t$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta X$$

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

❖ تحسب الطاقة الحركية للجسم المتحرك وفق العلاقة :

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

❖ تقاس الطاقة بالنظام الدولي للواحدت بوحدة الجول (J) وهناك وحدات أخرى لقياسها مثل الإلكترون فولت (eV) بحيث:

$$1eV = 1.602 \times 10^{-19} J$$

وُضع بروتون في مجال كهربائي منتظم مقداره $E = 0.6 \text{ V/m}$. أوجد تسارع البروتون بوحدة (m/s^2) نتيجة وجوده في المجال الكهربائي. كتلة البروتون تساوي $1.6 \times 10^{-27} \text{ kg}$ وشحنه تساوي $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

$$2.5 \times 10^7 \quad \square$$

$$5.0 \times 10^8 \quad \square$$

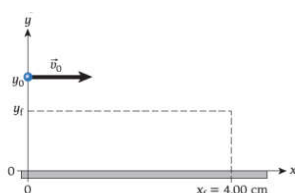
$$9.0 \times 10^{-7} \quad \square$$

$$6.0 \times 10^7 \quad \square$$

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 .

2.43 يلاحظ إلكترون يتحرك بسرعة $27.5 \times 10^6 \text{ m/s}$ موازياً لمجال كهربائي مقداره $11,400 \text{ N/C}$. ما المسافة التي سيقطعها الإلكترون قبل التوقف؟

2.77 مجال كهربائي مقداره 150 N/C ، يتجه رأسياً إلى أسفل. بالقرب من سطح الأرض. أوجد عجلة إلكترون (مقداراً واتجهاً) أطلق بالقرب من سطح الأرض.



مسألة محلولة 2.2

أطلق إلكترون طاقته الحركية (2.0 Kev) أفقياً فوق لوح موصل مشحون بشحنة موجبة ينشأ عنه مجال كهربائي منتظم مقداره ($4.5 \times 10^5 \text{ N/C}$) ، احسب الآتي :

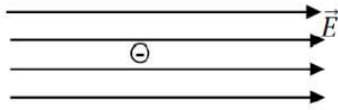
١- الزمن اللازم لقطع مسافة أفقية مقدارها (4.0 cm)

٢- مقدار الانحراف الرأسي للإلكترون بعد أن قطع هذه المسافة (Δy).

أختر أنسب إجابة أو تكلمة صحيحة لكل مما يلي:-

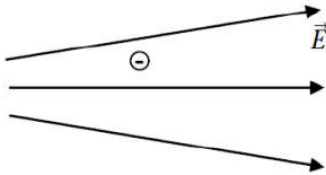
- 1) يتحرك إلكترون نحو الشمال عند وضعه حراً في مجال كهربائي منتظم ، في أي اتجاه يكون هذا المجال :-
(أ) الشمال. (ب) الجنوب. (ج) الشرق. (د) الغرب.

- 2) وضع جسم صغير سالب الشحنة في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل المجاور ، فإذا كان الجسم حراً الحركة فإنه :-



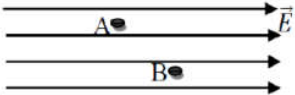
- (أ) لن يتحرك . (ب) سيبدأ بالحركة بسرعة ثابتة عكس اتجاه المجال .
(ج) سيبدأ بالحركة بعجلة ثابتة عكس اتجاه المجال .
(د) سيبدأ بالحركة بعجلة متزايدة عكس اتجاه المجال .

- 3) وضع جسم صغير سالب الشحنة في مجال كهربائي غير منتظم كما في الشكل المجاور ، فإذا كان الجسم حراً الحركة فإنه :-



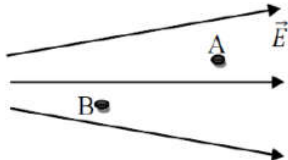
- (أ) سيبدأ بالحركة بسرعة ثابتة عكس اتجاه المجال .
(ب) سيبدأ بالحركة بعجلة ثابتة عكس اتجاه المجال .
(ج) سيبدأ بالحركة بعجلة متزايدة عكس اتجاه المجال .
(د) سيبدأ بالحركة بعجلة متناقصة عكس اتجاه المجال .

- 4) يمكن وضع إلكترون في مجال كهربائي منتظم عند الموقع (A) أو عند الموقع (B) كما في الشكل ، ما وجه المقارنة بين القوتين الكهربائيتين اللتان تؤثران في الإلكترون عند الموقعين :-



- (أ) مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الإلكترون تكون أكبر عند الموقع (A) .
(ب) مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الإلكترون تكون أكبر عند الموقع (B) .
(ج) يتساوى مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الإلكترون عند الموقعين ولكن يتعاكسان في الاتجاه .
(د) يتساوى مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الإلكترون عند الموقعين ويكون لهما الاتجاه نفسه .

- 5) يمكن وضع إلكترون في مجال كهربائي غير منتظم عند الموقع (A) أو عند الموقع (B) كما في الشكل ، ما وجه المقارنة بين القوتين الكهربائيتين اللتان تؤثران في الإلكترون عند الموقعين :-



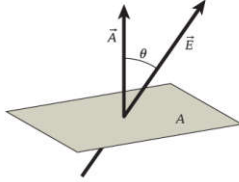
- (أ) مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الإلكترون تكون أكبر عند الموقع (A) .
(ب) مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الإلكترون تكون أكبر عند الموقع (B) .
(ج) يتساوى مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الإلكترون عند الموقعين ولكن يتعاكسان في الاتجاه .
(د) يتساوى مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الإلكترون عند الموقعين ويكون لهما الاتجاه نفسه .

Electric Flux

2.7 التدفق الكهربائي

التدفق الكهربائي خلال سطح غير مغلق (مستوى) دائرة أو مثلث أو مربع

التدفق الكهربائي (Φ_E) :- هو عدد خطوط المجال التي تعبر عموديا مساحة سطح ما . (أو) هو ناتج الضرب القياسي لمتجه المجال الكهربائي في متجه مساحة السطح .



$$\Phi = E A \cos \theta$$

قانون حساب التدفق الكهربائي:

(Φ) التدفق الكهربائي ، وحدة قياسه ($N.m^2/C$) ، وهو كمية قياسية (عددية) ليس له اتجاه.

(E) شدة المجال الكهربائي .

(A) متجه المساحة :- مقداره يساوي مساحة السطح ، ويكون اتجاهه عموديا على السطح الى الخارج . انظر الشكل المجاور .

(θ) الزاوية بين متجه المجال ($\vec{E}$) و متجه المساحة ($\vec{A}$) . انظر الشكل المجاور .

العوامل التي يعتمد عليها التدفق الكهربائي :

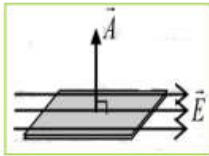
❖ شدة المجال الكهربائي المؤثر

❖ مساحة السطح التي يخترقها المجال الكهربائي

❖ الزاوية المحصورة بين خطوط المجال الكهربائي والمتجه العمودي على السطح

السؤال (١) مجال كهربائي منتظم شدته ($450 N/C$) يجتاز سطحا مستطيل الشكل مساحته ($1.2 m^2$) ، احسب التدفق الكهربائي

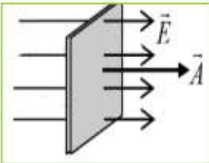
الذي يجتاز السطح في كل من الحالات التالية :



(١) إذا كان المجال يوازي السطح ؟

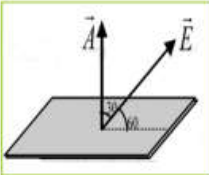
.....

.....



(٢) إذا كان المجال عموديا على السطح؟

.....

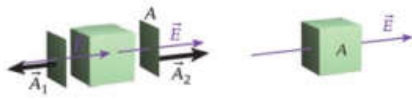


(٣) إذا كان المجال يصنع زاوية (60°) مع السطح ؟

.....

.....

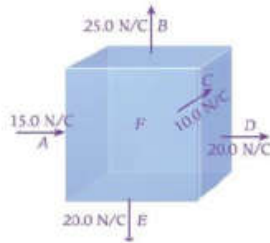
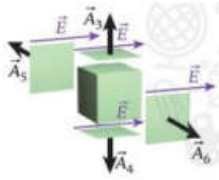
.....



تدفق كهربائي عبر مكعب

مثال 2.5

يوضح الشكل 2.25 مكعباً مساحة وجهه A في مجال كهربائي منتظم $\vec{E}$ عمودي على سطح أحد أوجه المكعب. المسألة ما التدفق الكهربائي الكلي المار عبر المكعب؟

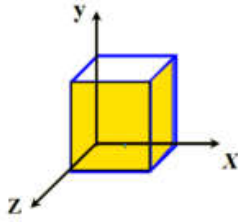


2.51 تتجه مجالات كهربائية مختلفة المقادير إما إلى الداخل أو إلى الخارج بزوايا قائمة على أسطح المكعب المبين في الشكل. ما شدة المجال واتجاهه على الوجه F ؟

في الشكل المجاور مكعب طول ضلعه (6.0 cm) يجتازه مجال كهربائي مقداره بوحدة (N/C) وفق المعادلة :

$$\{E = 5.0\hat{x} + 8.0\hat{y} + 4\hat{z}\}$$

ما مقدار التدفق الكهربائي الذي يجتاز وجهي المكعب الأمامي والأيمن ؟

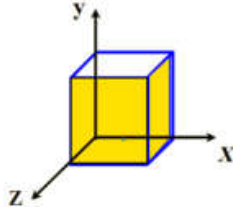


- A. $-0.018 \text{ N m}^2 / \text{C}$
- B. $+0.014 \text{ N m}^2 / \text{C}$
- C. $+0.032 \text{ N m}^2 / \text{C}$
- D. $-0.0036 \text{ N m}^2 / \text{C}$

١) في الشكل المجاور مكعب طول ضلعه (5.0 cm) يجتازه مجال كهربائي مقداره بوحدة (N/C) وفق المعادلة :-

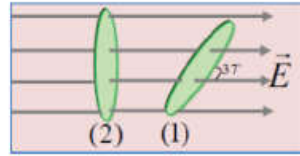
$$[E = 2.0\hat{x} + 4.0\hat{y} + 6.0\hat{z}]$$

ما مقدار التدفق الكهربائي الذي يجتاز وجهي المكعب المضللين (الأمامي والأيمن) ؟ ملاحظة : لا توجد شحنات داخل المكعب .



- (أ) $0.0050 \text{ N m}^2 / \text{C}$
- (ب) $0.030 \text{ N m}^2 / \text{C}$
- (ج) $0.020 \text{ N m}^2 / \text{C}$
- (د) $0.015 \text{ N m}^2 / \text{C}$

٢) وضع سطح يميل بزاوية (37°) عن مجال كهربائي منتظم فكان التدفق الكهربائي الذي يجتاز السطح يساوي $3 \times 10^{-6} \text{ N m}^2 / \text{C}$ فإذا أصبح السطح عموديا على المجال الكهربائي (الوضع ٢) فإن التدفق الكهربائي الذي يجتاز السطح في الوضع (٢) يساوي :-

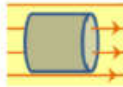


- (أ) $3.75 \times 10^{-6} \text{ N m}^2 / \text{C}$
- (ب) $5.0 \times 10^{-6} \text{ N m}^2 / \text{C}$
- (ج) $2.4 \times 10^{-6} \text{ N m}^2 / \text{C}$
- (د) $1.8 \times 10^{-6} \text{ N m}^2 / \text{C}$

٣) وضع سطح مربع مساحته (0.4 m²) في مجال كهربائي منتظم شدته (2.5 × 10⁴ N/C) بحيث يميل مستواه عن المجال بزاوية (٦٠°) فإن التدفق الكهربائي عبر السطح بوحدة (N m²/C) يساوي :-

- (أ) -8.7×10^3
- (ب) 8.7×10^3
- (ج) -5×10^3
- (د) 5×10^3

٤) اسطوانة نصف قطرها (5 cm) وطولها (50 cm) وضعت في مجال كهربائي منتظم مقداره (2000 N/C) بحيث كان محورها موازيا لخطوط المجال كما في الشكل المجاور يكون التدفق الكهربائي عبر سطح الاسطوانة الجانبي بوحدة (Nm²/C) :-

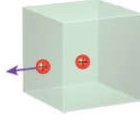


- (أ) 0.0
- (ب) 100π
- (ج) 5π
- (د) -5π

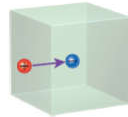
2.8 قانون جاوس Gauss's Law



(a)



(b)



(c)

- ❖ لكن لدينا صندوق مصنوع من مادة لا تؤثر في المجالات الكهربائية (مادة عازلة)
- ❖ إذا وضعنا شحنة اختبار موجبة بالقرب من أي سطح من اسطح الصندوق فلن تتأثر بأي قوة
- ❖ إذا وضعنا شحنة موجبة داخل الصندوق سوف تتأثر شحنة الاختبار الموجبة بقوة كهربائية اتجاهها للخارج ناتجة عن الشحنة الموجبة الموجودة داخل الصندوق.
- ❖ إذا ضاعفنا الشحنة الموجبة داخل الصندوق سوف تتضاعف القوة المؤثرة في شحنة الاختبار
- ❖ أما إذا وضعنا شحنة سالبة داخل الصندوق سوف تتأثر شحنة الاختبار بقوة كهربائية اتجاهها نحو الداخل ناتجة عن الشحنة السالبة الموجودة داخل الصندوق
- ❖ إذا ضاعفنا الشحنة السالبة داخل الصندوق سوف تتضاعف القوة المؤثرة في شحنة الاختبار
- ❖ عندما تكون هناك شحنة موجبة داخل الصندوق ستبدو خطوط المجال الكهربائي متدفقة إلى خارج الصندوق
- ❖ عندما تكون هناك شحنة سالبة داخل الصندوق تبدو خطوط المجال الكهربائي متدفقة إلى داخل الصندوق
- ❖ عندما لا تكون هناك شحنة داخل الصندوق ستكون قيمة التدفق الكلي لخطوط المجال الكهربائي المتدفقة لداخل الصندوق أو خارجه تساوي الصفر

تقودنا الملاحظات السابقة بالإضافة لتعريف التدفق الكهربائي الذي يوضح مفهوم تدفق خطوط المجال إلى قانون جاوس

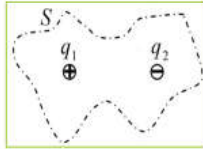
قانون جاوس والذي ينص : يتناسب التدفق الكهربائي الذي يمر عبر سطح مغلق (مهما كان شكله) تناسباً طردياً مع مقدار الشحنة الموجودة داخل السطح ويعبر عنه من خلال العلاقة :

$$\Phi = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0}$$

(Φ) التدفق الكهربائي .

(q_{en}) الشحنة الموجودة داخل السطح المغلق ، وتعرض مع اشارتها .

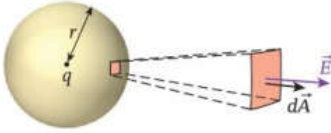
(ε₀) ثابت يمثل معامل السماحية الكهربائية للفراغ (الهواء) حيث [ε₀ = 8.85 × 10⁻¹² N.m²/C²].



ملاحظات مهمة :

- ❖ إذا كان السطح المغلق لا يحتوي على شحنة داخله فهذا يعني انعدام التدفق الكلي خلاله حتى ولو كان موضوع في مجال كهربائي خارجي منتظم أو غير منتظم
- ❖ إذا كان هناك أكثر من شحنة داخل السطح المغلق فتجمع جمع جبري ثم بحسب التدفق الناتج عن مجموعهما أو يتم حساب التدفق الناتج عن كل شحنة ثم تجمع جبرياً

$$\Phi = \frac{(q_1^+) + (q_2^+)}{\epsilon_0}$$



❖ يمكن التعبير عن قانون جاوس بصيغة تتضمن مفهوم التدفق الكهربائي كالتالي:

$$\Phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \oint E dA = \frac{q}{\epsilon_0}$$

وبما أن مقدار المجال الكهربائي ثابت على جميع نقاط السطح الجاوسي المغلق فيمكن اخراج (E) خارج التكامل

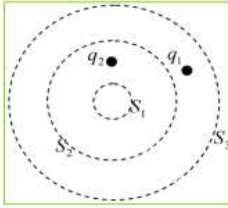
$$\Phi = \oint E dA = E \oint dA$$

$$\Phi = k \frac{q}{r^2} \oint dA$$

$$\Phi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} (4\pi r^2)$$

$$\Phi = \frac{q}{\epsilon_0}$$

السؤال (١) الشكل المجاور يظهر شحنتين نقطيتين حيث $(q_1 = +4 \mu C)$ و $(q_2 = -6 \mu C)$ وثلاثة أسطح مغلقة (S_1, S_2, S_3) أوجد التدفق الكهربائي الذي يجتاز كل سطح



.....

.....

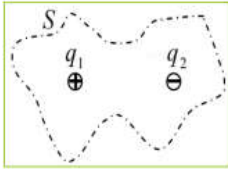
.....

.....

.....

.....

السؤال (٢) السطح المغلق (S) يحيط بالشحنتين $(q_1 = +7 nC)$ و $(q_2 = -4.5 nC)$ في الهواء كما في الشكل المجاور ، احسب التدفق الكهربائي الذي يجتاز السطح (S)

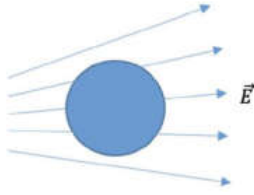


.....

.....

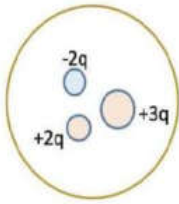
.....

وضعت كرة متعادلة الشحنة مصنوعة من مادة عازلة في مجال كهربائي خارجي كما هو موضح في الشكل. ان التدفق الكهربائي الكلي عبر سطح الكرة هو:



- ☐ صفر
☐ موجب
☐ سالب
☐ لا يمكن تحديده

وضعت ثلاث شحنات معزولة ($+2q$ و $-2q$ و $+3q$) في حيز ثلاثي الأبعاد ويحيط بها سطح جاوس كما هو موضح في الشكل. ما مقدار التدفق الكهربائي عبر هذا السطح؟ تمثل ϵ_0 السماحية الكهربائية للفراغ.



☐ $\varphi = +3q$

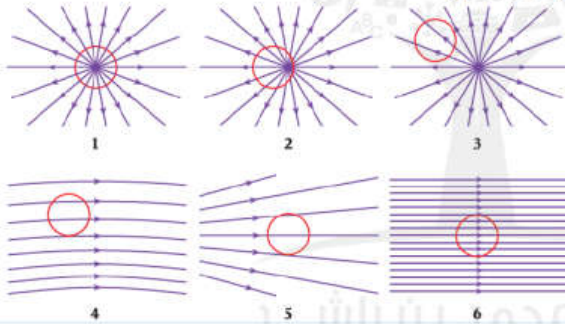
☐ $\varphi = +5q/4\pi\epsilon_0$

☐ $\varphi = +7q/\epsilon_0$

☐ $\varphi = +3q/\epsilon_0$

مراجعة المفاهيم 2.9

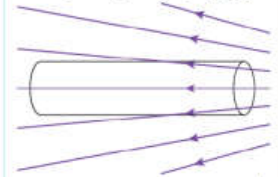
الخطوط الموضحة في الشكل هي خطوط مجال كهربائي. والدايرة سطح جاوسي. ما الحالة (الحالات) التي يكون التدفق الكهربائي الكلي فيها غير صفري؟



- (a) 1 فقط
 (b) 2 فقط
 (c) 4 و 5 و 6
 (d) 6 فقط
 (e) 1 و 2

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) صفرا.

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.

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

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



2.8 تقع شحنة نقطية موجبة واحدة q ، عند إحدى زوايا مكعب طول ضلعه L . كما هو موضح في الشكل. إذا كانت محصلة التدفق الكهربائي عبر الجوانب الثلاثة المتجاورة صفراً، فإن محصلة التدفق الكهربائي عبر كل جانب من الجوانب الثلاثة الأخرى هي

- a) $q/3\epsilon_0$.
b) $q/6\epsilon_0$.
c) $q/24\epsilon_0$.
d) $q/8\epsilon_0$.

2.48 وضعت أربع شحنات في حيز ثلاثي الأبعاد. وكانت مغادير الشحنات $+3q$ و $-q$ و $+2q$ و $-7q$. إذا كانت الشحنات كلها محاطة بسطح جاوس. فما التدفق الكهربائي المار عبر هذا السطح؟

الوجه	التدفق ($\text{N m}^2/\text{C}$)
1	-70.0
2	-300.0
3	-300.0
4	+300.0
5	-400.0
6	-500.0

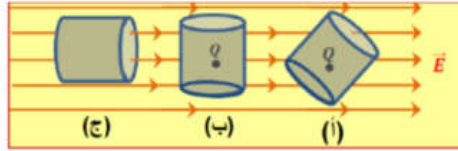
2.49 صندوق مكعب مساحة كل وجه من أوجهه الستة هي 20.0 cm في 20.0 cm . وُرُقِّمت الأوجه بحيث كان الوجهان 1 و 6 متقابلين. وكذا الوجهان 2 و 5 والوجهان 3 و 4. ويوضح الجدول التالي التدفق المار عبر كل وجه. أوجد الشحنة الصافية داخل المكعب.

١) في الشكل المجاور، إذا كانت الشحنة الموجبة تساوي $(29.5 \mu C)$ والشحنة السالبة تساوي $(-11.8 \mu C)$ فإن التدفق الكهربائي عبر السطح المغلق الذي يضم الشحنتين بوحدة (Nm^2/C) يساوي :-



- (أ) 3.33×10^6 (ب) 2.0×10^6
(ج) -1.33×10^6 (د) 4.66×10^6

٢) في الشكل المجاور الاسطوانتان الثلاث متماثلة وموضوعة في مجال كهربائي منتظم، يمكن وصف التدفق الكهربائي (Φ) عبر الاسطوانات الثلاث كالآتي :-

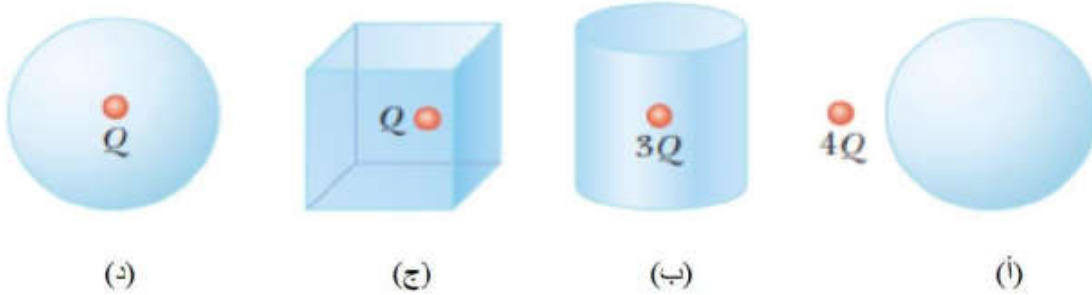


- (أ) $\Phi_c < \Phi_i < \Phi_b$
(ب) $\Phi_c < \Phi_i = \Phi_b$
(ج) $\Phi_c = \Phi_i = \Phi_b$
(د) $\Phi_c < \Phi_b < \Phi_i$

٣) وضعت شحنة موجبة $(q = 5.31 \mu C)$ داخل مكعب طول ضلعه $(1m)$ ، فإن التدفق الكهربائي خلال كل وجه منه يساوي بوحدة (Nm^2/C) :-

- (أ) 0.0 (ب) 10^{-3} (ج) 10^3 (د) 10^5

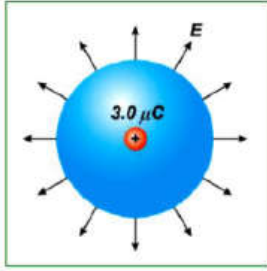
٤) في الشكل المجاور أربعة أسطح جاوسية، أي من الأسطح له أكبر قيمة للتدفق الكهربائي الذي يجتازه :-



٥) شحنة نقطية مستقرة في مركز مكعب، إذا كان التدفق الكهربائي الذي يجتاز أحد أوجه المكعب $(6.0 \times 10^{10} Nm^2/C^2)$ ، ما مقدار الشحنة عند مركز المكعب ؟

- ☐ 0.53 C
☐ 3.2 C
☐ 1.6 C
☐ 2.1 C

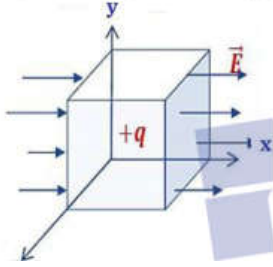
يبين الشكل المجاور شحنة نقطية موجبة مقدارها $(3.0 \mu C)$ ، موضوعة في مركز كرة نصف قطرها (20.0 cm) في الهواء .



- ما التدفق الكهربائي عبر سطح الكرة ؟

- A. $1.35 \times 10^5 \text{ N m}^2 / C$
- B. $0.0 \text{ N m}^2 / C$
- C. $2.7 \times 10^4 \text{ N m}^2 / C$
- D. $3.4 \times 10^5 \text{ N m}^2 / C$

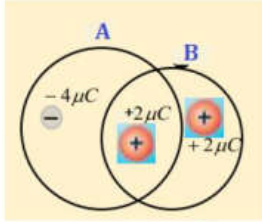
مكعب طول ضلعه (15.0 cm) يجتازه مجال كهربائي شدته (200 N/C) ويوجد بداخله شحنة كهربائية مقدارها (12.0 nC)



- احسب التدفق الذي يجتاز الوجه الأيمن للمكعب ؟

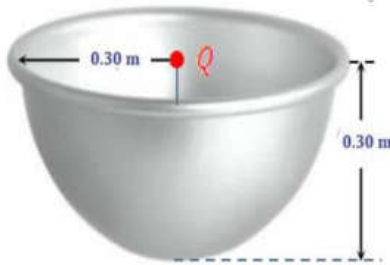
- A. $2.20 \times 10^2 \text{ N m}^2 / C$
- B. $1.35 \times 10^3 \text{ N m}^2 / C$
- C. $2.29 \times 10^2 \text{ N m}^2 / C$
- D. $1.13 \times 10^5 \text{ N m}^2 / C$

51- با الاعتماد على البيانات في الشكل المجاور فإن التدفق الذي يجتاز السطح A يساوي .



- A. $-2.26 \times 10^5 \text{ N m}^2 / C$
- B. $+2.26 \times 10^5 \text{ N m}^2 / C$
- C. $6.78 \times 10^5 \text{ N m}^2 / C$
- D. $-4.52 \times 10^5 \text{ N m}^2 / C$

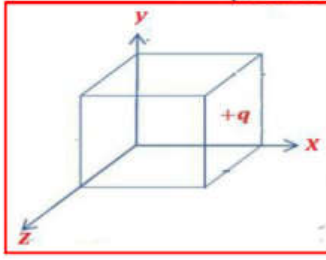
52- يظهر الشكل المجاور سطحاً على شكل نصف كرة نصف قطرها (0.30 m) وقد وضعت عند مركز قاعدتها الدائرية شحنة نقطية $(Q = +12.0 \text{ nC})$



- احسب التدفق الذي يجتاز هذا السطح بتأثير الشحنة النقطية ؟

- A. $+1.36 \times 10^3 \text{ N m}^2 / C$
- B. $+6.78 \times 10^2 \text{ N m}^2 / C$
- C. $+2.25 \times 10^3 \text{ N m}^2 / C$
- D. $-1.36 \times 10^3 \text{ N m}^2 / C$

مكعب طول ضلعه (15.0 cm) ويوجد في منتصف الوجه الأيمن شحنة كهربائية مقدارها (+12.0 nC) احسب التدفق الذي يجتاز الوجه الأيمن للمكعب ؟



A. $678.0 \text{ N m}^2 / \text{C}$

B. $1.35 \times 10^3 \text{ N m}^2 / \text{C}$

C. $8.13 \times 10^3 \text{ N m}^2 / \text{C}$

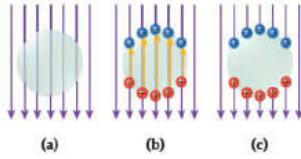
D. $226.0 \text{ N m}^2 / \text{C}$

أي من العبارات التالية تمثل قانون جاوس؟

- ☐ السطح الخارجي لأي موصل هو سطح متساوي الجهد
- ☐ التدفق الكهربائي عبر سطح مغلق يتناسب طردياً مع مقدار الشحنة الكهربائية الموجودة داخل السطح
- ☐ شدة المجال الكهربائي داخل أي موصل تساوي صفر
- ☐ تتوزع الشحنات الكهربائية بانتظام على أسطح الموصلات المشحونة

الحماية الكهروستاتيكية

- ☐ المجال الكهروستاتيكي عند أي نقطة داخل موصل معزول يساوي الصفر
- ☐ تكون التجاويف داخل الموصلات محمية من المجالات الكهربائية
- ☐ عند وضع موصل داخل مجال كهربائي (الموصلات تحتوي على إلكترونات حرة) الشكل (a) تتحرك الإلكترونات الحرة بتأثير المجال الكهربائي مما تترك وراءها أيونات موجبة الشكل (b)
- ☐ ينشأ عن الإلكترونات المجمعة بطرف الأيونات الموجبة مجالاً داخل الموصل يلغي المجال الخارجي (c)
- ☐ من العروض التوضيحية المقتنعة حل هذه الحماية وضع وعاء بلاستيكي ممتلئ بقطع فلين صغيرة أعلى مولد فان دي جراف



الشكل 2.31: أُنشئت قطع فلين صغيرة داخل إناء موضوع أعلى مولد فان دي جراف. ثم نُحن المولد. (a) تطايرت قطع الفلين إلى خارج وعاء بلاستيكي غير موصل. (b) ظلت قطع الفلين داخل علية معدنية.



(a)



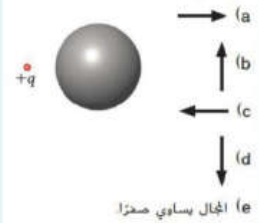
(b)

المواد العازلة غير محمية من المجالات الكهربائية الخارجية أي أن ($E > 0$) داخل الكأس البلاستيكي

الموصلات الجوفاء محمية من المجالات الكهربائية الخارجية أي أن ($E = 0$) داخل الكأس المعدني

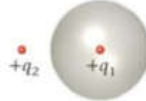
مراجعة المفاهيم 2.10

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



مراجعة المفاهيم 2.11

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



- (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.

١) في الشكل المجاور كرة مجوفة موصلة غير مشحونة، وضعت داخل الكرة شحنة موجبة ($+q_1$)، ثم وضعت شحنة موجبة أخرى ($+q_2$) بالقرب من الكرة لكن من الخارج، أي من العبارات التالية تصف القوة الكهربائية المؤثرة في كل شحنة:-



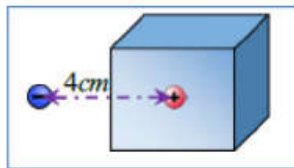
- (أ) توجد قوة كهربائية تؤثر في ($+q_2$)، لكن لا توجد قوة كهربائية مؤثرة في ($+q_1$).
 (ب) توجد قوة كهربائية تؤثر في ($+q_1$)، لكن لا توجد قوة كهربائية مؤثرة في ($+q_2$).
 (ج) تتأثر كلتا الشحنتين بقوة كهربائية متساوية في المقدار ولها الاتجاه نفسه.
 (د) تتأثر كلتا الشحنتين بقوة كهربائية متساوية في المقدار ولكن متعاكسة في الاتجاه.

٢) في الشكل المجاور كرة مجوفة عازلة غير مشحونة، وضعت داخل الكرة شحنة موجبة ($+q_1$)، ثم وضعت شحنة موجبة أخرى ($+q_2$) بالقرب من الكرة لكن من الخارج، أي من العبارات التالية تصف القوة الكهربائية المؤثرة في كل شحنة:-



- (أ) توجد قوة كهربائية تؤثر في ($+q_2$)، لكن لا توجد قوة كهربائية مؤثرة في ($+q_1$).
 (ب) توجد قوة كهربائية تؤثر في ($+q_1$)، لكن لا توجد قوة كهربائية مؤثرة في ($+q_2$).
 (ج) تتأثر كلتا الشحنتين بقوة كهربائية متساوية في المقدار ولها الاتجاه نفسه.
 (د) تتأثر كلتا الشحنتين بقوة كهربائية متساوية في المقدار ولكن متعاكسة في الاتجاه.

٣) مكعب موصل غير مشحون طول ضلعه (2 cm) وضع عند مركزه شحنة موجبة قدرها (4 nC) ووضعت شحنة سالبة (8 nC -) خارج المكعب وعلى بعد (4 cm) من مركزه، فإن القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة الموضوعة عند مركز المكعب تساوي:-



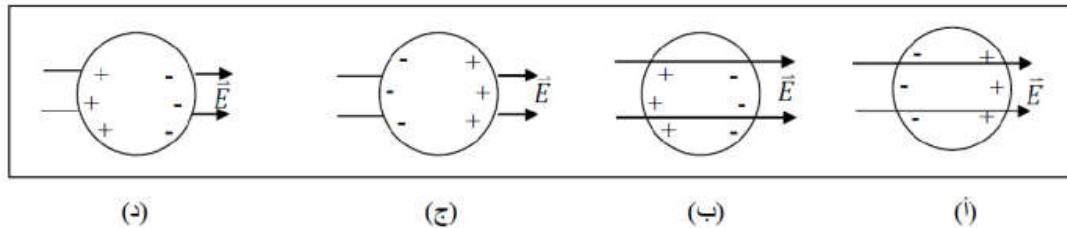
$$1.8 \times 10^{-4} \text{ N} \text{ (أ)}$$

$$3.2 \times 10^{-4} \text{ N} \text{ (ب)}$$

$$7.2 \times 10^{-4} \text{ N} \text{ (ج)}$$

$$0.0 \text{ (د)}$$

٤) وضعت كرة موصلة داخل مجال كهربائي منتظم كما في الشكل، أي الرسومات التالية صحيحة:-



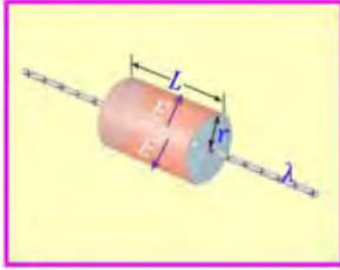
(د)

(ج)

(ب)

(أ)

* التوزيع المتماثل للشحنة.



* أولاً:- التماثل الاسطوانى : لحساب شدة المجال الكهربائي الناتج عن سلك موصل مستقيم وطول 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 ثم نطبق قانون جاورس على هذا السطح مع الأخذ بالاعتبار ان التماثل الاسطوانى 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 لا يعتمد على احداثي طول السلك وبالتالي لا يكون هناك مركبة لمجال السلك بموازاة طوله .

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

$$\Phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = E \cdot A = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$E(2\pi rL) = \frac{q}{\epsilon_0} = \frac{\lambda L}{\epsilon_0}$$

$$\therefore E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$$

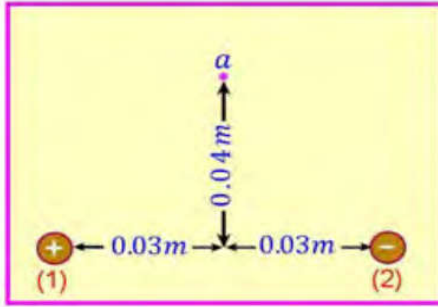
$$E = \frac{2k\lambda}{r}$$

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 .

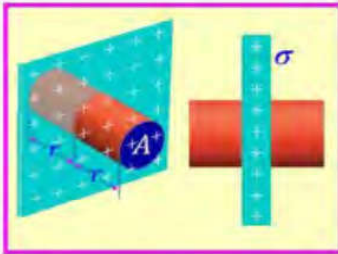
س34:- أضيف (2.00×10^8) إلكترون الى سلك متعادل طوله ($2m$) وعلى اعتبار ان هذا الطول يُعتبر لانهاية نسبة الى سُمك السلك فأحسب شدة المجال وحدد اتجاهها في نقطة تبعد عن منتصف السلك مسافة عمودية مقدارها ($0.60m$)

س35:- سلك مشحون لانهاية الطول يولد مجالاً كهربائياً مقداره ($1.23 \times 10^3 N/C$) في نقطة تبعد عنه مسافة عمودية مقدارها ($0.50m$) اذا علمت ان اتجاه المجال في تلك النقطة باتجاه السلك فأحسب :
1- الكثافة الطولية للشحنة .

2- عدد الإلكترونات في كل وحدة طول من السلك .



س36:- في الشكل المجاور سلكان متوازيان لانتهائيان يحملان شحنتان مختلفتان وبكثافة خطية (طولية) مقدارها $(1.00 \times 10^{-6} \mu C/m)$ احسب مقدار المجال الكهربائي و**حدد اتجاهه** في النقطة (a)



*** ثانياً:- التماثل السطحي :** لحساب شدة المجال الكهربائي الناتج عن لوح مسطح رقيق لانتهائي وغير موصل يحمل شحنة بكثافة سطحية (σ) فاننا نفترض وجود سطح جاوسي على شكل أسطوانة قائمة مغلقة مساحه 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 :

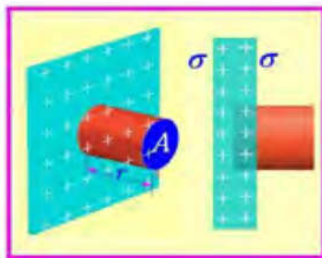
$$\Phi = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = (E \cdot A + E \cdot A)$$

$$\Phi = \frac{q}{\epsilon_0} = \frac{\sigma A}{\epsilon_0}$$

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

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 الاسطوانه 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 :

$$\Phi = \oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = E \cdot A = \frac{\sigma A}{\epsilon_0}$$

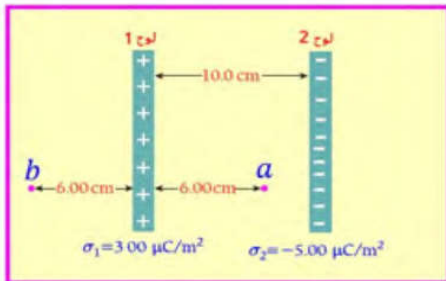
وهذا يعني ان مقدار المجال الكهربائي خارج السطح الموصل المشحون يُحسب بالعلاقة التالية :

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

س37:- لوحان متوازيان لانهائيان وغير موصلين البعد بينهما $(0.10m)$ يحملان شحنتان مختلفتان وبكثافة سطحية مقدارها $(\pm 1.00 \mu C/m^2)$ احسب :-

1- القوة الكهربائية المؤثرة في إلكترون يقع بين اللوحين .

2- القوة الكهربائية المؤثرة في إلكترون يقع بالقرب من سطح اللوح السالب خارج المنطقة المحصورة بين اللوحين .

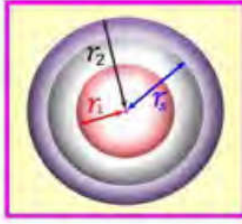


س38:- بالاعتماد على البيانات المدونة على الشكل المجاور والذي يمثل لوحان متوازيان لانهائيان ، احسب المجال الكهربائي وحدد اتجاهه عند النقاط التالية :-

1- النقطة (a) .

2- النقطة (b) .

* **ثالثاً:- التماثل الكروي :** يختلف الوصف الفيزيائي باختلاف طبيعة الجسم المشحون هل هو مُفرغ ام مصمت .



1- اذا كان السطح الكروي رقيق (مُفرغ) :

لحساب شدة المجال الكهربائي الناتج عن توزيع 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 :

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

$$\Phi = E(4\pi r_2^2) = \frac{q}{\epsilon_0}$$

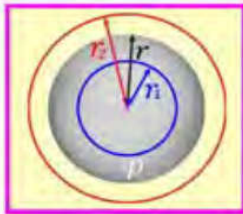
$$E = k \frac{q}{r_2^2}$$

ذا كان الجسم الكروي يحمل شحنة موجبة فان المجال يتجه مبتعداً عن هذه الاسطح واذا كان يحمل شحنة سالبة فان المجال يكون باتجاه هذه الاسطح

(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 :

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

أي ان شدة المجال تنعدم داخل الكرة المشحونة



2- اذا كان السطح الكروي مُصمت :

لحساب شدة المجال الكهربائي الناتج عن توزيع منتظم (متساو) 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 :

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

$$E(4\pi r_1^2) = \frac{q}{\epsilon_0} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \left(\frac{4}{3} \pi r_1^3 \right)$$

$$E = \frac{\rho r_1}{3\epsilon_0}$$

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 واذا 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 إلى حجم الكرة المشحونة مضروباً في الشحنة الكلية للكرة فإن :

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

وحسب قانون جاوس نجد أن :

$$\Phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = E(4\pi r_1^2) = \frac{q_t}{\epsilon_0} \frac{r_1^3}{r^3}$$

$$E = \frac{q_t r_1}{4\pi \epsilon_0 r^3}$$

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

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

$$\Phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = E(4\pi r_2^2) = \frac{q_t}{\epsilon_0}$$

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

س39:- تتوزع شحنة توزيعاً كروياً متماثلاً وغير منتظم وفق المعادلة التالية :

$$\rho(r) = \begin{cases} \rho_0 \left(1 - \frac{r}{R}\right) & \text{عندما } r \leq R \\ 0 & \text{عندما } r > R \end{cases}$$

حيث : $R = 0.250 \text{ m}$ $\rho_0 = 10.0 \mu\text{C}/\text{m}^3$

احسب المجال الكهربائي الناتج عن هذا التوزيع عندما $r_1 = 0.125 \text{ m}$ و عندما $r_2 = 0.500 \text{ m}$

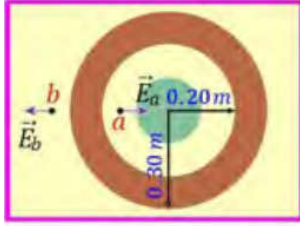
س40:- كرة مصممة غير موصلة نصف قطرها (a) وشحنتها الكلية (Q) موزعة عليها بانتظام ، مستخدماً قانون جاوس أوجد تعبيراً للمجال الكهربائي بدلالة الشحنة الكلية في المناطق التالية :

1- داخل الكرة حيث $r < a$

2- خارج الكرة حيث $r > a$

س41:- على اعتبار ان الأرض موصل كروي نصف قطره ($6371Km$) ، احسب الشحنة الكهربائية على الأرض عندما يكون هناك مجال كهربائي مقداره ($150.0N/C$) يتجه راسياً نحو الأسفل بالقرب من سطح الأرض .

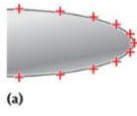
س42:- كرة مصممة نصف قطرها (R) تتوزع عليها الشحنة بشكل غير منتظم وفق التالي : ($\rho = r^2$ ثابت) احسب الشحنة الكلية ضمن حجم الكرة .



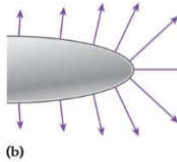
س43:- كرة فلزية مجوفة نصف قطرها الداخلي $(0.20m)$ ونصف قطرها الخارجي $(0.30m)$ وضعت كرة فلزية مصمتة نصف قطرها $(0.10m)$ في مركز الكرة المجوفة فوجد أن المجال عند (a) التي تبعد عن المركز $(0.15m)$ يساوي $(1.00 \times 10^4 N/C)$ وعند (b) التي تبعد عن المركز $(0.35m)$ يساوي $(1.00 \times 10^4 N/C)$ احسب مقدار وحدد نوع الشحنة على :
1- سطح الكرة الداخلية .

2- السطح الداخلي للكرة المجوفة.

3- السطح الخارجي للكرة المجوفة.

الحواف الحادة ومناعة الصواعق

(a)



(b)

- ✓ يكون المجال الكهربائي دائماً عمودياً على أي سطح موصل مشحون. (شكل b)
- ✓ لا يوجد مركبة للمجال الكهربائي موازية للسطح (لا توجد قوة او مجال على امتداد سطح الموصل)
- ✓ تتوزع الشحنات على السطح الخارجي وتتركز عند الرؤوس المدببة وبالتالي يكون شد المجال عندها أكبر ما يمكن (شكل a)
- ✓ خطوط المجال تكون متقاربة مع بعضها البعض عند النقاط الحادة. (شكل b)

مانعة الصواعق:

- ✓ تصنع مانعات الصواعق من مواد فلزية ذات نهايات حادة
- ✓ تشحن مانعة الصواعق ذو الحواف الحادة بشكل كبير مما ينشأ عنها مجال كهربائي شديد
- ✓ يعمل المجال الكهربائي على تأيين الهواء مما يسمح بتفريغ الشحنات (البرق) عبرها بعيداً عن المباني.

