

**MR: HAMDI**

**ABDEL GAWWAD**



دائرة التعليم والمعرفة



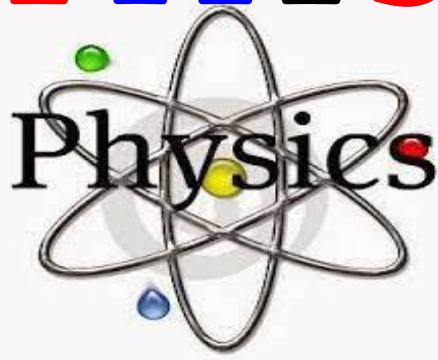
**FIRST SEMESTER**

**الفصل الدراسي الأول**

**12 AD**

**PHYSICS**

**الفيزياء**



**2022/2023**



**الصف الثاني عشر متقدم**

**المجالات الكهربائية وقانون جاوس**

اعداد الأستاذ / حمدي عبد الجواد

**HAMDY ABD ELGAWWAD**

الفيزياء 12 متقدم الفصل الدراسي الأول للعام الدراسي 2022/2023 م إعداد الأستاذ / حمدي عبد الجواد

## تعريف المجال الكهربائي

2.1

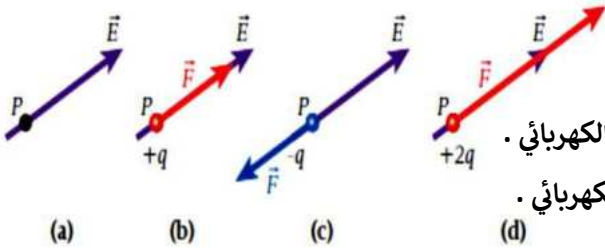
- **مفهوم المجال الكهربائي** : يعرف المجال الكهربائي عند أي نقطة في الفراغ بأنه محصلة القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة مقسومة على مقدار هذه الشحنة .

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

- **وحدة قياس المجال الكهربائي** : هي النيوتن لكل كولوم  $N/C$  وهي تكافئ  $V/m$
- **المجال الكهربائي** : كمية متجهة تحدد بمقدار واتجاه .
- **شدة المجال الكهربائي عند نقطة** : هي القوة المؤثرة في شحنة  $q$  موضوعة داخل المجال الكهربائي .
- من العلاقة السابقة فإن :  $\vec{F}(\vec{r}) = q\vec{E}(\vec{r})$  أي أن القوة لها مقدار واتجاه .

$$F = |qE|$$

➤ **اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة عند نقطة معينة** :



- ✓ إذا كانت الشحنة **موجبة** فإن اتجاه القوة الكهربائية **بنفس** اتجاه المجال الكهربائي .
- ✓ إذا كانت الشحنة **سالبة** فإن اتجاه القوة الكهربائية **عكس** اتجاه المجال الكهربائي .

- في حالة وجود عدة مصادر متعددة للمجالات الكهربائية في الوقت نفسه ، يتم إيجاد المجال الكهربائي عند أي نقطة محددة من خلال تراكم المجالات الكهربائية

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

**ملاحظة هامة :**

- ✓ الشحنة لا تؤثر على نفسها بمجال وإنما تؤثر على المنطقة المحيطة بها .

- س 1) وضعت شحنة سالبة مقدارها  $(2.0 \times 10^{-8} \text{ C})$  في مجال كهربائي فتأثرت بقوة مقدارها  $(0.06 \text{ N})$  في الهواء باتجاه اليمين .  
- احسب مقدار واتجاه المجال الكهربائي عند موقع الشحنة ؟

جهة اليسار  $3 \times 10^6 \text{ N/C}$

- س 2) تؤثر قوة كهربائية مقدارها  $(1.5 \times 10^{-3} \text{ N})$  في اتجاه الشرق في شحنة موجبة مقدارها  $(2.4 \times 10^{-4} \text{ C})$  .

- احسب المجال الكهربائي عند موقع الشحنة ؟

جهة الشرق  $62.5 \times 10^3 \text{ N/C}$

## خطوط المجال الكهربائي

2.2

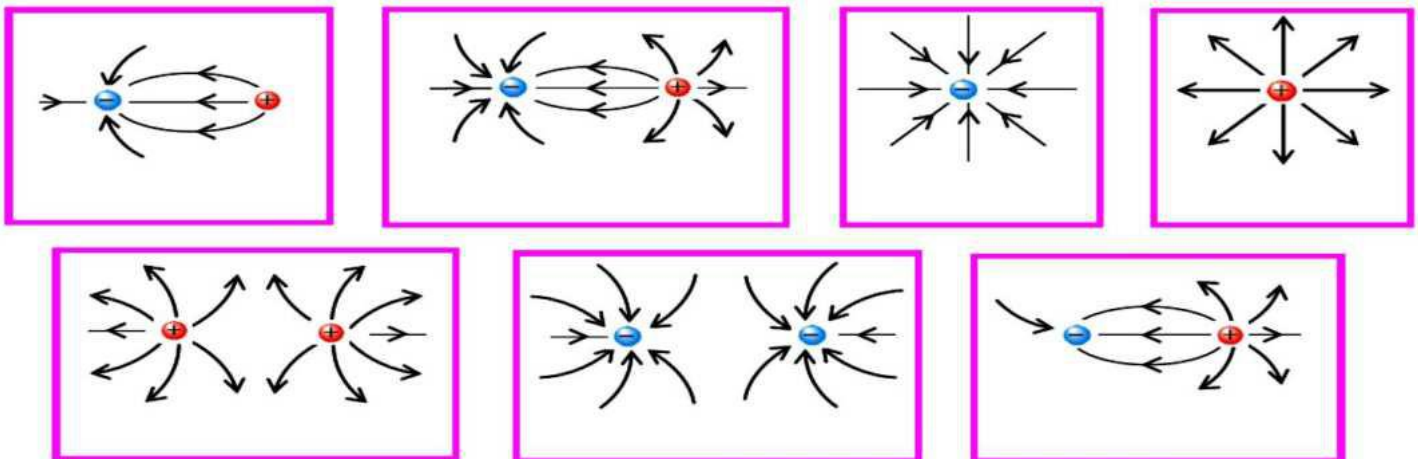
- **خط المجال الكهربائي** : هو خط وهمي يمثل مسار حركة شحنة اختبار عند وضعها حرة داخل مجال كهربائي .
- **أهمية خطوط المجال** : تعطي تصوراً أسهل لمحصلة شدة المجال عند كل نقطة .

### خواص خطوط المجال :

- (1) لا تتقاطع خطوط المجال الكهربائي .
  - (2) تبدأ الخطوط من الشحنة الموجبة وتنتهي عند الشحنة السالبة . ( إذا لم يوجد شحنة سالبة تنتهي في المالانهاية )
  - (3) عدد خطوط المجال التي تجتاز عمودياً وحدة المساحات تمثل شدة المجال عند تلك النقطة .
  - (4) اتجاه المجال ( $\vec{E}$ ) عند أي نقطة يكون مماساً لخط المجال المار بتلك النقطة .
  - (5) عدد الخطوط الخارجة من الشحنة الموجبة أو الواصلة للشحنة السالبة يتناسب طردياً مع مقدار الشحنة
- قاعدة هامة :-** يمكن استخدام النسبة التالية قبل البدء في رسم خطوط المجال الكهربائي

$$\frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{N_1}{N_2}$$

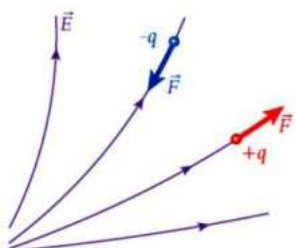
### الشحنات النقطية :-



### القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة عند نقطة معينة داخل المجال :

- **مقدارها** يتناسب طردياً مع شدة المجال عند النقطة وعلى مقدار الشحنة .

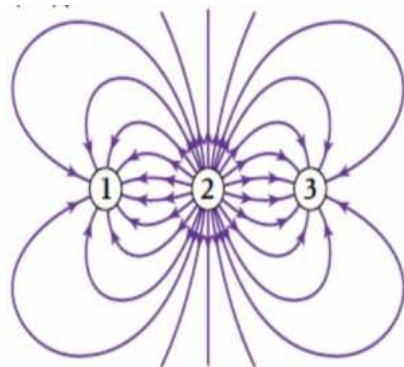
- **اتجاهها** يعتمد على نوع الشحنة الموضوعة عند تلك النقطة .



ادرس الشكل بعناية ثم أجب عن التالي :

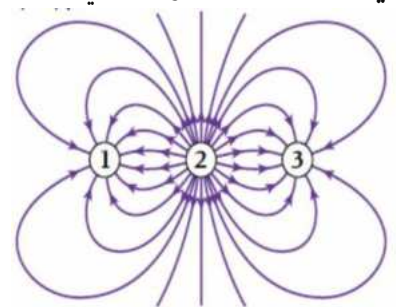
إذا كانت الشحنة الثانية  $12 \text{ nC}$

- ما مقدار كل من الشحنتين الأولى والثالثة ؟



### مراجعة المفاهيم 2.1

أي من الشحنات الموضحة في الشكل موجبة ؟



(b) رقم 2

(a) رقم 1

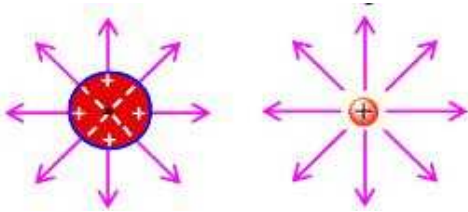
(d) رقم 3

(c) رقم 1, 3

## أنواع المجال الكهربائي

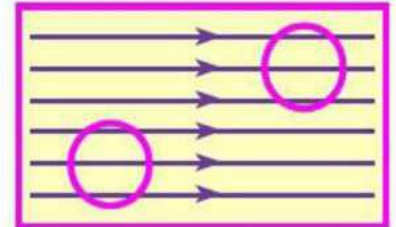
### المجال غير المنتظم :

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



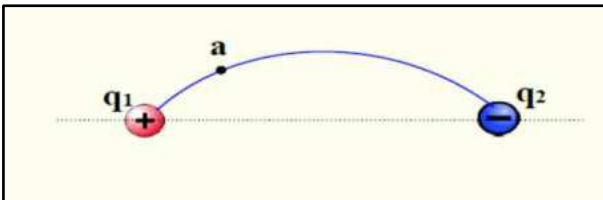
### المجال المنتظم :

- ثابت في المقدار والاتجاه عند جميع النقاط .
- خطوط مجاله مستقيمة ومتوازية .
- ينتج عن طريق الألواح المتوازية ( المكثفات )



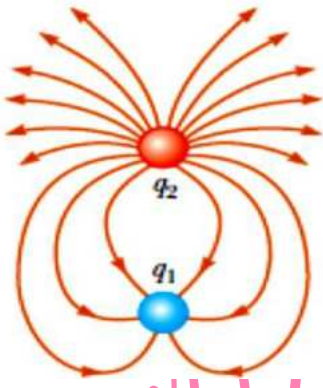
س3 الشكل المجاور يمثل شحنتين ( $q_1, q_2$ ) مختلفتين في النوع والمقدار .

- ماذا يطلق على الخط المنحني الواصل بين الشحنتين ؟
- حدد على الرسم اتجاه المجال الكهربائي عند النقطة a



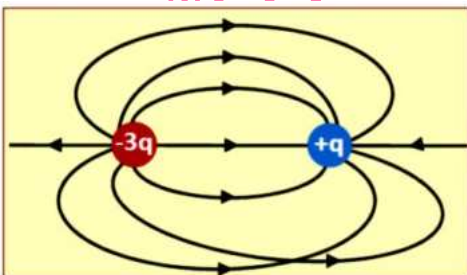
س4 اعتماداً على الشكل التخطيطي المجاور أكمل الجدول التالي بما يناسب

$q_2$	$q_1$	نوع الشحنة
$8 \mu C$		مقدار الشحنة



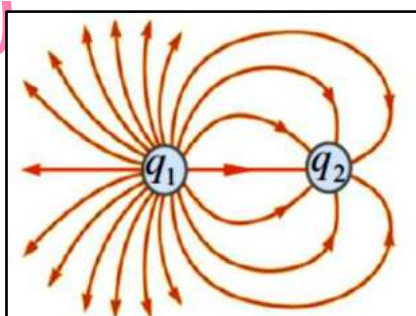
س5 رسم متعلم خطوط المجال الكهربائي لشحنتين متجاورتين كما في الشكل المجاور .

- اكتب الأخطاء الثلاثة التي ارتكبتها المتعلم في الرسم .
- 1.
- 2.
- 3.



س6 يظهر الشكل المجاور خطوط المجال الكهربائي لشحنتين متجاورتين اعتماداً على الشكل ما نوع الشحنة  $q_2$  ؟

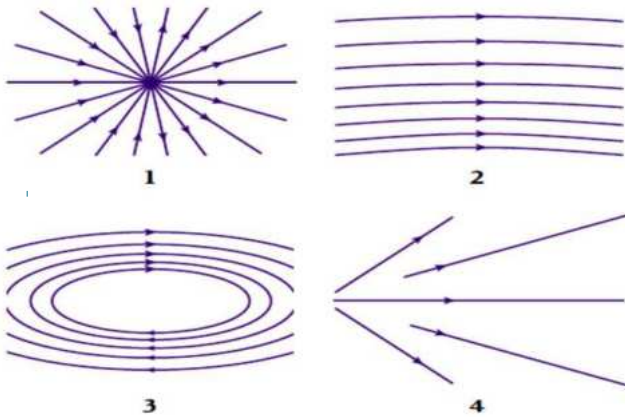
✓ أي الشحنتين كميتها أكبر ؟ فسر إجابتك





## مراجعة المفاهيم 2.2

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



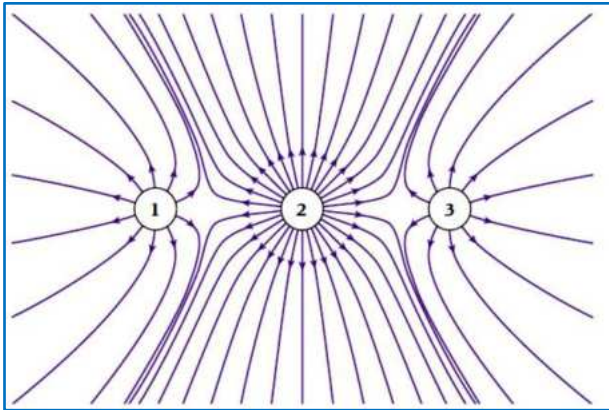
(a) النمط 1 فقط

(b) النمط 2 فقط

(c) النمط 2, 3

(d) النمط 4, 1

(e) لا يمثل أي نمط مجالاً كهربائياً



س 2.11 ما إشارات الشحنات الموجودة في النظام الموضح ؟

(a) الشحنات 1, 2, 3 جميعها شحنات سالبة .

(b) الشحنات 1, 2, 3 جميعها شحنات موجبة .

(c) الشحنتان 1, 3 موجبتان . والشحنة 2 سالبة .

(d) الشحنتان 1, 3 سالبتان . والشحنة 2 موجبة .

(e) جميع الشحنات متماثلة في الإشارة .

س 2.12 أي من العبارات التالية صحيحة ؟

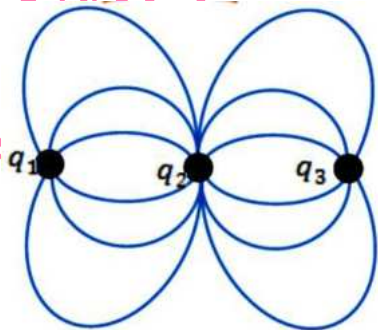
(a) تتجه خطوط المجال الكهربائي إلى داخل الشحنات السالبة .

(b) تكون خطوط المجال الكهربائي دوائر حول الشحنة الموجبة .

(c) يمكن أن تتقاطع خطوط المجال الكهربائي .

(d) تتجه خطوط المجال الكهربائي إلى خارج الشحنات الموجبة .

(e) إذا انطلقت شحنة نقطية موجبة من وضع السكون . فإنها تتسارع في البداية بطول مماس لخط المجال الكهربائي عند هذه النقطة .



س 7 يظهر الرسم التخطيطي المجاور خطوط المجال الكهربائي لثلاث شحنات

كهربائية نقطية . اعتماداً على الرسم أجب عما يلي :

✓ احسب النسبة  $\left| \frac{q_1}{q_3} \right|$

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

الشحنة ( $q_2$ ) : ..... الشحنة ( $q_3$ ) : .....

## 2.3 المجال الكهربائي الناتج عن الشحنات النقطية

- يمكن الحصول على مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة نقطية  $q_0$  والناتجة عن شحنة نقطية أخرى  $q$  من خلال المعادلة :

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|qq_0|}{r^2}$$

- يمكننا التعبير عن مقدار المجال الكهربائي عند نقطة وجود الشحنة  $q_0$  والناتج عن الشحنة النقطية  $q$  على النحو التالي :

$$E = \left| \frac{F}{q_0} \right| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q|}{r^2} = \frac{k|q|}{r^2}$$

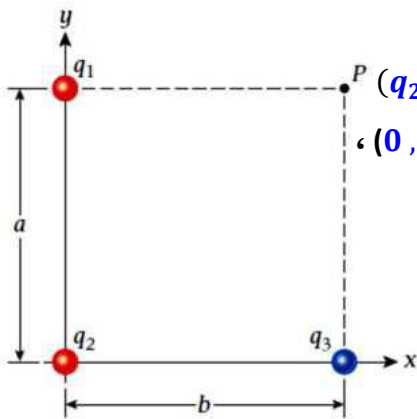
حيث :  $r$  تمثل المسافة من شحنة الاختبار إلى الشحنة النقطية .

يكون اتجاه شدة المجال الكهربائي عند نقطة يخرج من الشحنة الموجبة إلى الشحنة السالبة .

المجال الكهربائي كمية متجهة . وبالتالي يجب جمع مركبات المجال كل على حدة

### مثال 2.1

يوضح الشكل المجاور ثلاث شحنات نقطية ثابتة:  $(q_1 = +1.50 \mu C)$  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  $a = 8.0 \text{ m}$  و  $b = 6.0 \text{ m}$  ما المجال الكهربائي  $\vec{E}$  الذي تتجه هذه الشحنات الثلاث عند النقطة  $P = (b, a)$  ؟



$$E = 597 \text{ N/C}$$

$$\theta = -31^\circ$$

الحل

س 8 في الشكل المجاور إذا كانت شدة المجال الكهربائي عند النقطة (a) تساوي (72 N/C) فأجب عما يلي :

1. احسب بعد النقطة (a) عن الشحنة ؟

a



$$q = 2nC$$

$$x = 0.5 m$$

2. كم يبلغ مقدار شدة المجال عن نقطة تقع في المالا نهاية ؟

س 9 النقطتان (a, b) تقعان في المجال الكهربائي للشحنة النقطية (q) كما في الشكل المجاور .

إذا كانت شدة المجال الكهربائي عند النقطة (b) تساوي (900 N/C)

- احسب شدة المجال الكهربائي عند النقطة (a) ؟

$$E_a = 2500 N/C$$

q

0.15 m

0.25 m

س 10 معتمداً على البيانات في الشكل المجاور ، احسب شدة المجال الكهربائي عند النقطة (C) ؟

$$E = -5.0 \times 10^5 N/C$$

c

$$q_2 = 1\mu C$$

$$q_1 = 4\mu C$$

0.1 m

0.2 m

س 11 شحنتان نقطيتان مقدارهما (  $q_1 = 5.0\mu C$  ) ، (  $q_2 = -20.0\mu C$  ) على الترتيب والمسافة بينهما (5.0 cm) .

- احسب شدة المجال الكهربائي في منتصف المسافة بين الشحنتين ؟

$$E_R = 360 \times 10^6 N/C$$

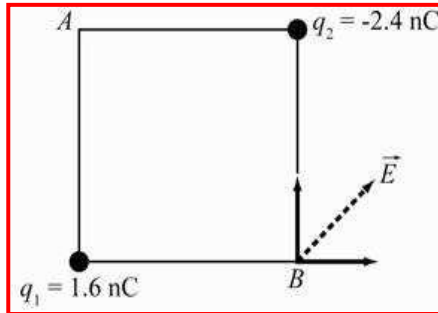
س 2.25 وضعت شحنة نقطية ( $4.0 \text{ nC}$ ) على المحور  $x$  عند نقطة الأصل . ما المجال الكهربائي الناتج عند ( $x = 25.0 \text{ cm}$ ).

$$E = 575.4 \text{ N/C}$$

س 2.26 وضعت شحنة نقطية مقدارها ( $1.6 \text{ nC}$ ) عند إحدى زوايا مربع طول ضلعه ( $1.0 \text{ m}$ ) ووضعت شحنة أخرى مقدارها

( $-2.4 \text{ nC}$ ) على الزاوية المقابلة على القطر . ما مقدار المجال الكهربائي عند كل من الزاويتين الأخريين ؟

$$E = 26.0 \text{ N/C}$$



س 2.27 وضعت شحنة نقطية مقدارها ( $48.0 \text{ nC}$ ) على المحور  $x$  عند الموضع ( $x = 4.0 \text{ m}$ ) ووضعت شحنة أخرى مقدارها

( $-24.0 \text{ nC}$ ) على المحور  $y$  عند الموضع ( $y = -6.0 \text{ m}$ ) . ما اتجاه المجال الكهربائي عند نقطة الأصل .

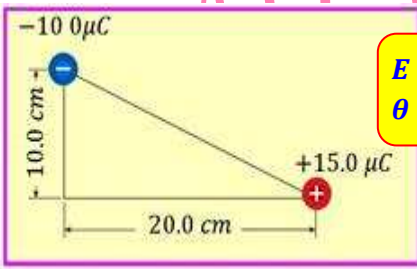
$$\theta = 192.5^\circ$$

س 2.28 وضعت شحنتان نقطيتان عند زاويتي مثلث كما هو موضح في الشكل المجاور .

$$E = 9.6 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$\theta = 110.6^\circ$$

- أوجد مقدار المجال الكهربائي واتجاهه عند الزاوية الثالثة للمثلث .

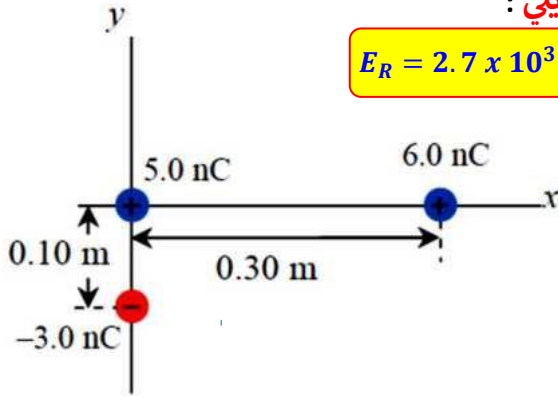




س12 وضعت ثلاث شحنات نقطية في الهواء كما في الشكل المجاور، أجب عما يلي :

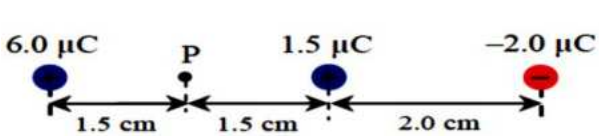
✓ احسب شدة المجال الكهربائي عند نقطة أصل الإحداثيات ؟

$$E_R = 2.7 \times 10^3 \text{ N/C}$$



$$F_R = 1.39 \times 10^{-5} \text{ N}$$

✓ احسب القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة 5.0 nC ؟



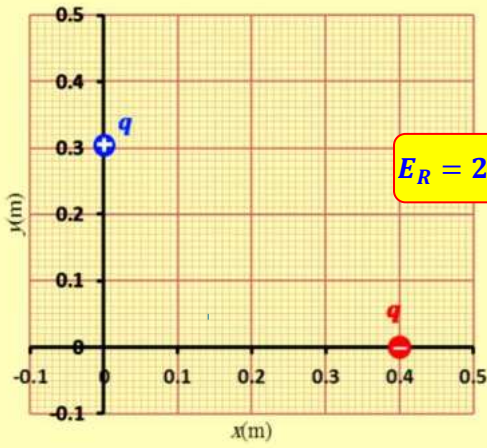
س13 يظهر الشكل المجاور ثلاث شحنات نقطية في الهواء، أجب عما يلي :

✓ احسب محصلة القوى الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة 6.0 μC ؟

$$F_R = -46.8 \text{ N}$$

$$E_R = 1.95 \times 10^8 \text{ N/C}$$

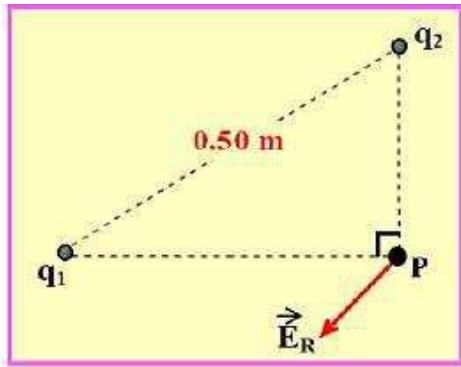
✓ احسب شدة المجال الكهربائي عند النقطة P ؟



س14 وضعت الشحنتان النقطيتان ( $q_1, q_2$ ) في الهواء على محاور الإحداثيات كما في الشكل المجاور ، إذا كانت ( $q_1 = +16 \times 10^{-6} \text{ C}$ ) ، ( $q_2 = -32 \times 10^{-6} \text{ C}$ ) .  
- جد مقدار شدة المجال الكهربائي عند نقطة أصل الإحداثيات ؟

$$E_R = 2.41 \times 10^6 \text{ N/C}$$

س15 إذا وضع الكترون عند نقطة الأصل ، ما مقدار القوة الكهربائية المؤثرة عليه وحدد اتجاه القوة على الشكل  
-  $F_R = 3.85 \times 10^{-13} \text{ N}$



س15 يبين الشكل المجاور متجه شدة المجال الكهربائي المحصل عند النقطة P الواقعة في مجال شحنتين نقطيتين إذا كان الهواء يحيط بالشحنتين والنقطة :

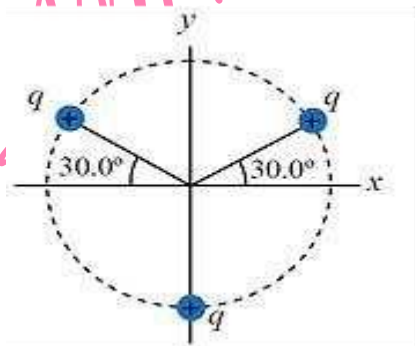
1- ما نوع كل من الشحنتين :

★ الشحنة  $q_1$  :

★ الشحنة  $q_2$  :

$$E = 108 \text{ N/C}$$

2- جد مقدار شدة المجال الكهربائي المؤثر في الشحنة ( $q_2$ ) إذا كانت ( $|q_1| = 3.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ ) ؟



س16 وضعت ثلاث شحنات نقطية متماثلة ، مقدار كل منها ( $q = +5.0 \mu\text{C}$ ) على محيط دائرة نصف قطرها ( $2.0 \text{ m}$ ) كما هو موضح بالشكل المجاور .

- جد شدة المجال الكهربائي عند مركز الدائرة ؟

### \* نقطة التعادل

هي النقطة التي تكون فيها شدة المجال الكهربائي صفر .

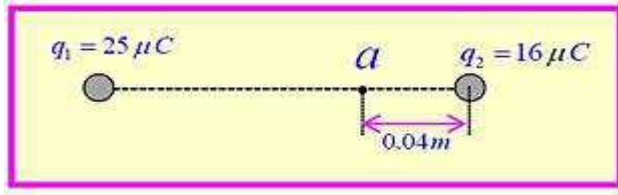
أو هي النقطة التي لو وضعت فيها شحنة كهربائية تكون متزنة ( محصلة القوى عليها تساوي صفراً )

حالات موضع نقطة التعادل :

- 1- إذا كانت الشحنتان متشابهتان في النوع ومتساويتان في المقدار تكون نقطة التعادل في منتصف البعد بينهما .
- 2- إذا كانت الشحنتان متشابهتان في النوع ومختلفتان في المقدار تكون نقطة التعادل بين الشحنتين وأقرب للشحنة الأقل مقداراً .
- 3- إذا كانت الشحنتان مختلفتان في النوع ومختلفتان في المقدار تكون نقطة التعادل خارج الشحنتين وأقرب للشحنة الأقل مقداراً .
- 4- إذا كانت الشحنتان مختلفتان في النوع ومتساويتان في المقدار لا يوجد نقطة تعادل .

س 17) إذا كانت شدة المجال الكهربائي عند النقطة (a) في الشكل المجاور تساوي صفراً .

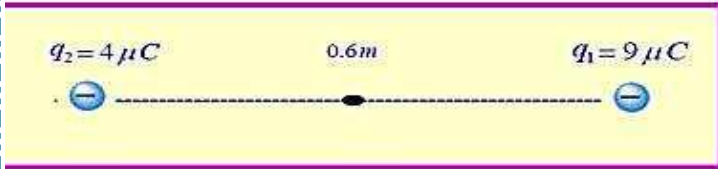
- احسب البعد بين الشحنتين ؟



$$x = 0.09 \text{ m}$$

س 18) معتمداً على الشكل أجب عما يلي :

- 1- احسب المجال الكهربائي عند منتصف البعد بين الشحنتين .



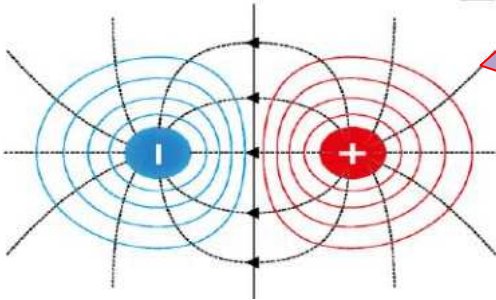
$$E = 5.0 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$x = 0.24 \text{ m}$$

- 2- احسب بعد نقطة التعادل عن الشحنة ( $q_2$ )

## إثرائي

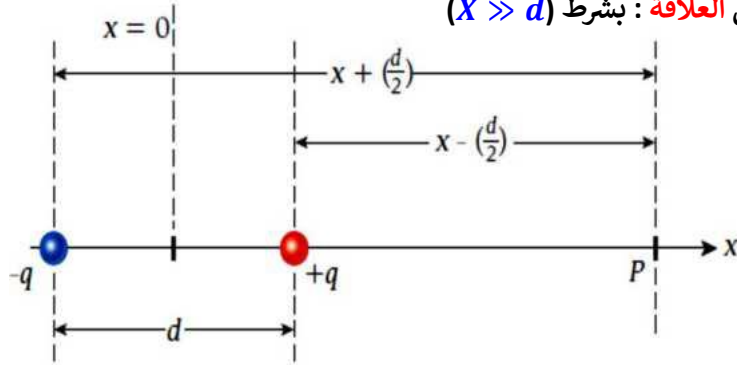
## 2.4 المجال الكهربائي الناتج عن ثنائي القطب



- ثنائي القطب الكهربائي : هو النظام المكون من جسيمين نقطيين مشحونين بشحنتين (متساويتين بالمقدار) و مختلفتين بالنوع . والمسافة الفاصلة بينهما صغيرة جداً .
- الشكل المقابل يمثل خطوط مجال كهربائي ثنائي القطب .

- للحصول على المجال الكهربائي الناتج عن ثنائي القطب الكهربائي عن طريق جمع المتجهات للمجال عند النقطة .
- ( الحالة الأولى ) شدة المجال الكهربائي عند النقطة (a) تحسب من العلاقة : بشرط  $(X \gg d)$

$$E \approx k \frac{2qd}{x^3} = \frac{qd}{2\pi\epsilon_0 x^3}$$



حيث (d) البعد بين الشحنتين .

(x) البعد بين منتصف الشحنتين إلى النقطة a

- عزم ثنائي القطب الكهربائي (p) كمية متجهة :

هو مقياس لفصل الشحنتان الكهربائيتين الموجبة والسالبة ، ويعتمد على المسافة ما بين الشحنتين وشدة كل شحنة .

مقداره يساوي  $p = qd$  .

اتجاهه : من الشحنة السالبة إلى الشحنة الموجبة وهو عكس اتجاه خطوط المجال الكهربائي .

وحدة القياس : هي C.m

العلاقة التي تربط شدة المجال الكهربائي على امتداد محور ثنائي القطب وعزم ثنائي القطب هي :

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

( الحالة الثانية ) :- العلاقة التي تربط شدة المجال الكهربائي على الخط العمودي والمنصف لمحور ثنائي القطب وعزم ثنائي القطب هي بشرط :  $(X \gg d)$

$$E = \frac{p}{4\pi\epsilon_0 |x|^3} = k \frac{p}{|x|^3}$$

( الحالة الثالثة ) :- إذا كانت النقطة في المالا نهاية أو أي حالة أخرى نتعامل مع الحالة كأنها شحنتان نقطية ونقوم بحساب محصلة المجال الكهربائي عند نقطة .

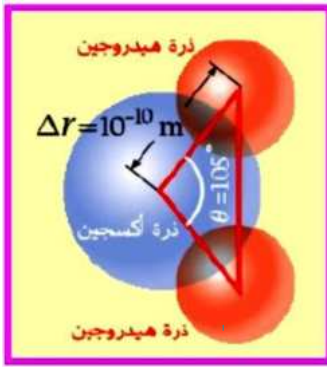
مثال :

تبعد شحنتان  $(+3.0 \mu C, -3.0 \mu C)$  مسافة  $(0.50 \text{ nm})$  .

- احسب المجال الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة  $(30.0 \text{ cm})$  عن مركز الجزئ.

- احسب القوة الكهربائية عند نقطة تبعد مسافة  $(30.0 \text{ cm})$  عن مركز الجزئ .

## مسألة 2.2



افترض أننا اعتبرنا جزيء الماء مكون من شحنتين موجبتين عند موقعي نواتي الهيدروجين، وشحنتين سالبتين عند موقع نواة الأكسجين، على أن تكون كل الشحنات متساوية في المقدار.

• ما عزم ثنائي القطب الكهربائي الناتج للماء؟

$$P = 2.0 \times 10^{-29} \text{ Cm}$$

### إثرائي

### ثنائي القطب داخل مجال كهربائي

عندما يوضع ثنائي القطب الكهربائي داخل مجال كهربائي خارجي وبافتراض أن المجال الناتج عن ثنائي القطب صغير جداً ويمكن إهمال تأثيره في المجال الخارجي، فإن المجال الخارجي سيؤثر على الشحنة الموجبة في الثنائي بقوة كهربائية  $(F = qE)$  و باتجاه المجال نفسه.

في حين سيؤثر على الشحنة السالبة للثنائي بقوة كهربائية  $(F = qE)$  معاكسة لاتجاه المجال.

وتكون القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه مما يعني تشكل عزم دوران يمكن وصفه بالعلاقة:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \Rightarrow \tau = rF \sin \theta$$

وعلى اعتبار أن موقع الشحنة السالبة هو محور الدوران وبالتالي تكون القوة المؤثرة في الشحنة الموجبة فقط هي من يمتلك عزم لتدوير الثنائي من خلال العلاقة:

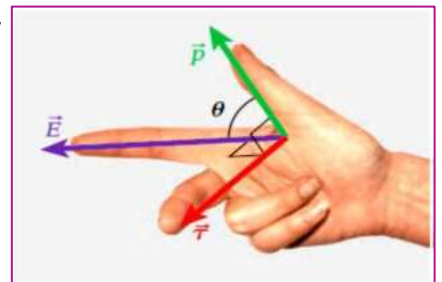
$$\tau = qEd \sin \theta \Rightarrow \tau = PE \sin \theta$$

حيث:  $p = qd$  عزم ثنائي القطب ويقاس عزم ثنائي القطب بوحدة  $(C.m)$

وهذا يعني أنه يمكن التعبير عن عزم الدوران بالصيغة المتجهة التالية:

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

يقاس عزم الدوران بوحدة النيوتن . متر  $(N.m)$



• عزم الدوران  $\vec{\tau}$ : هو كمية متجهة له مقدار واتجاه ويساوي حاصل ضرب الاتجاهي لمتجه عزم ثنائي القطب.

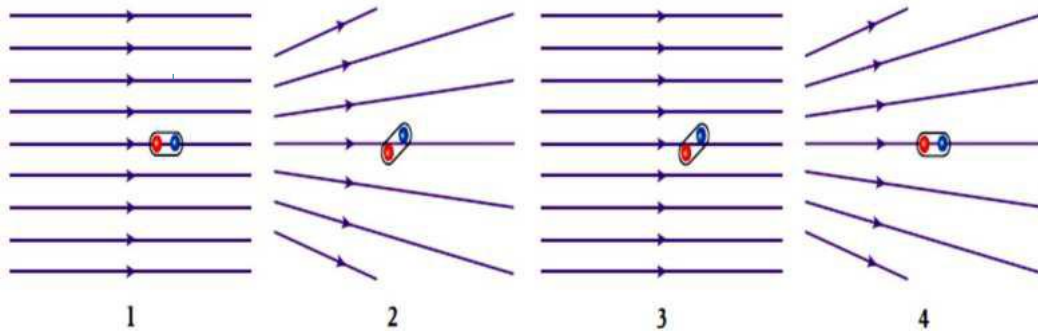
كيفية تحديد اتجاه عزم الدوران لثنائي القطب :-

نجعل الابهام يشير لاتجاه عزم ثنائي القطب  $\vec{P}$  والسبابة تشير لاتجاه المجال الكهربائي الخارجي  $\vec{E}$  فإن الوسطى تشير لاتجاه عزم الدوران  $\vec{\tau}$ . يجب الانتباه إلى أن اتجاه عزم الدوران دائماً يتعامد مع اتجاه عزم الثنائي واتجاه المجال الخارجي.



### مراجعة المفاهيم 2.3

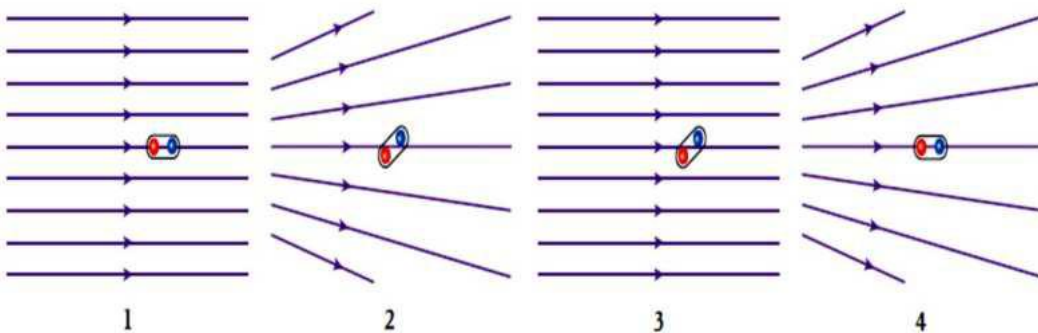
وضع ثنائي قطب متعادل كهربائياً في مجال كهربائي خارجي كما هو موضح في الشكل .  
- في أي حالة ( حالات ) تكون محصلة القوى المؤثرة في ثنائي القطب صفراً ؟



- (a) الحالتان 1 و 3  
(b) الحالتان 2 و 4  
(c) الحالتان 1 و 4  
(d) الحالتان 2 و 3  
(e) الحالة 1 فقط

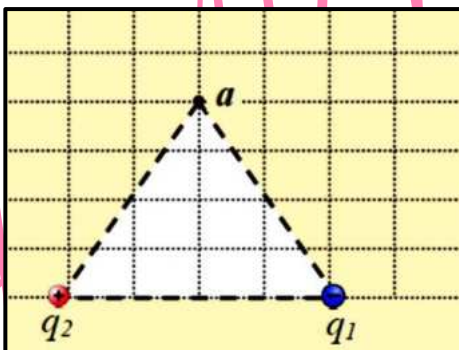
### مراجعة المفاهيم 2.4

وضع ثنائي قطب متعادل كهربائياً في مجال كهربائي خارجي كما هو موضح في الشكل .  
- في أي حالة ( حالات ) تكون محصلة عزم الدوران المؤثرة في ثنائي القطب صفراً ؟



- (a) الحالتان 1 و 3  
(b) الحالتان 2 و 4  
(c) الحالتان 1 و 4  
(d) الحالتان 2 و 3  
(e) الحالة 1 فقط

س19 وضعت شحنتان كهربائيتان متساويتان بالمقدار ومختلفتان بالنوع ( $|q| = 2.0 \mu C$ ) تشكلان ثنائي القطب موضوعتان على رأس

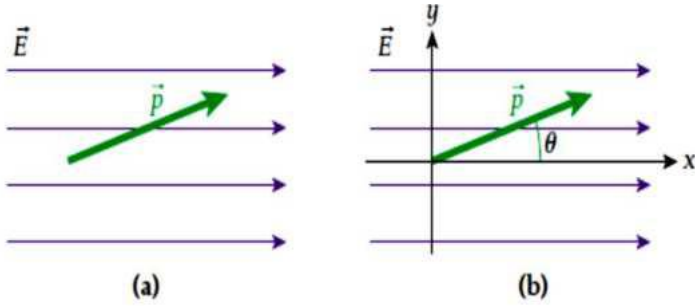


مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه ( $2.0 \text{ cm}$ ) كما هو موضح بالشكل المجاور .

- أوجد المجال الكهربائي عند رأس المثلث ؟ . ( إثرائي )

- ما مقدار عزم ثنائي القطب للشحنتين ؟

### مسألة محلولة 2.3 (إثرائي)



وضع ثنائي القطب في مجال كهربائي مقداره ( $E = 498 \text{ N/C}$ ) إذا كان عزم ثنائي القطب ( $P = 1.40 \times 10^{-12} \text{ cm}$ ) عند لحظة معينة كانت الزاوية بين عزم ثنائي القطب والمجال هي ( $\theta = 14.5^\circ$ )

ما المركبات الديكارتية لعزم الدوران في ثنائي القطب ؟

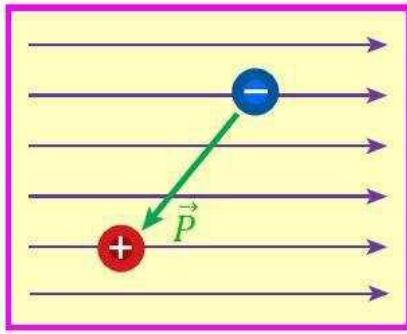
$$\tau = 1.75 \times 10^{-10} \text{ Nm}$$

س 2.24 وضع ثنائي قطب كهربائي في مجال كهربائي منتظم كما هو موضح بالشكل . . (إثرائي)

• كيف ستكون حركة ثنائي القطب في المجال الكهربائي؟ **فسر إجابتك**

• في أي اتجاه سيتحرك؟ **فسر إجابتك**

• في أي اتجاه سيدور؟ **فسر إجابتك**



س 2.41 ثنائي قطب كهربائي له شحنتان مختلفتان في الإشارة مقدار كل منهما ( $5.0 \times 10^{-15} \text{ C}$ ) وتفصل بينهما مسافة ( $d = 0.400 \text{ mm}$ )

موجه بزاوية ( $\theta = 60^\circ$ ) بالنسبة لمجال كهربائي منتظم مقداره ( $2.00 \times 10^3 \text{ N/C}$ )

• أوجد مقدار عزم الدوران الذي يبذله المجال الكهربائي على ثنائي القطب ؟ . (إثرائي)

$$\tau = 3.46 \times 10^{-15} \text{ Nm}$$

س 2.42) غالباً ما يقاس عزم ثنائي القطب الكهربائي للجزيئات بوحدة الديباي (D) حيث ( $1D = 3.34 \times 10^{-30} \text{ C.m}$ ) إذا كان عزم

ثنائي القطب لغاز كلوريد الهيدروجين هو ( $1.05 D$ ) . . (إثرائي)

- احسب أقصى عزم دوران يمكن أن يبذل على هذا الجزيء في وجود مجال كهربائي مقداره ( $160.0 \text{ N/C}$ )

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

س 2.44) تبعد شحنتان ( $+e, -e$ ) عن بعضهما البعض مسافة ( $0.680 \text{ nm}$ ) في مجال كهربائي  $E$  مقداره ( $4.40 \text{ kN/C}$ ) وموجه بزاوية

( $45^\circ$ ) بالنسبة إلى محور ثنائي القطب . (إثرائي)

- احسب عزم ثنائي القطب ؟

$$P = 1.09 \times 10^{-28} \text{ C.m}$$

- احسب عزم الدوران المبذول على ثنائي القطب في المجال الكهربائي ؟

$$\tau = 3.39 \times 10^{-25} \text{ N.m}$$

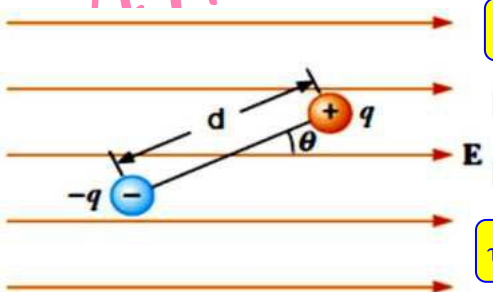
س 20) شحنتان متساويتان بالمقدار ومختلفتين بالنوع مقدار كل منهما ( $4.0 \text{ nC}$ ) موضوعتان بمجال كهربائي منتظم مقداره ( $150.0 \text{ N/C}$ ) وباتجاه المحور  $x$  الموجب كما بالشكل والزاوية ( $\theta = 18^\circ$ ) والبعد بين الشحنتين ( $1.5 \text{ cm}$ ) (إثرائي)

- احسب عزم ثنائي القطب ؟

$$P = 6.0 \times 10^{-11} \text{ C.m}$$

$$\tau = 2.78 \times 10^{-9} \text{ N.m}$$

- احسب عزم الدوران ؟



## 2.5 التوزيعات العامة للشحنة

❖ المجال الكهربائي الناشئ عن توزيع متصل للشحنة :

- حساب المجال الكهربائي الناتج عن عدد كبير جداً من الشحنات الكهربائية عن طريق التكامل في حالة أن الشحنات مرتبة في الفراغ وموزعة بأحد الأشكال المنتظمة .

① التوزيعات في بعد واحد : تكون الشحنات مرتبة على طول سلك مستقيم .

② التوزيعات في بعدين : تكون الشحنات مرتبة على سطح جسم فليزي .

③ التوزيعات في ثلاثة أبعاد : تكون الشحنات مرتبة على حجم جسم فليزي ثلاثي الأبعاد .

- لحساب المجال الكهربائي عند نقطة ناتجة عن كل توزيع :

• تقسيم الشحنة ( $q$ ) إلى عناصر ( $dq$ )

• إيجاد المجال الكهربائي الناتج عن كل عنصر شحنة كما لو كانت شحنة نقطية .

➤ إذا كانت الشحنة موزعة على جسم أحادي البعد ( خط مستقيم ) يمكن التعبير عن الشحنة  $dq$  بدلالة الشحنة لكل وحدة طول مضروبة في الطول وهي ( $\lambda dx$ )

➤ إذا كانت الشحنة موزعة بطول سطح ( جسم ثنائي الأبعاد ) يمكن التعبير عن الشحنة  $dq$  بدلالة الشحنة لكل وحدة مساحات مضروبة في المساحة وهي ( $\sigma dA$ )

➤ إذا كانت الشحنة موزعة بطول حجم ( جسم ثلاثي الأبعاد ) يمكن التعبير عن الشحنة  $dq$  بدلالة الشحنة لكل وحدة حجوم مضروبة في الحجم وهي ( $\rho dV$ )

- توزيع الشحنة على :

حيث ( $\lambda$ ) : كثافة الشحنة الخطية وحدة قياسها  $C/m$

✓ امتداد خط  $dq = \lambda dx$

حيث ( $\sigma$ ) : كثافة الشحنة السطحية وحدة قياسها  $C/m^2$

✓ السطح  $dq = \sigma dA$

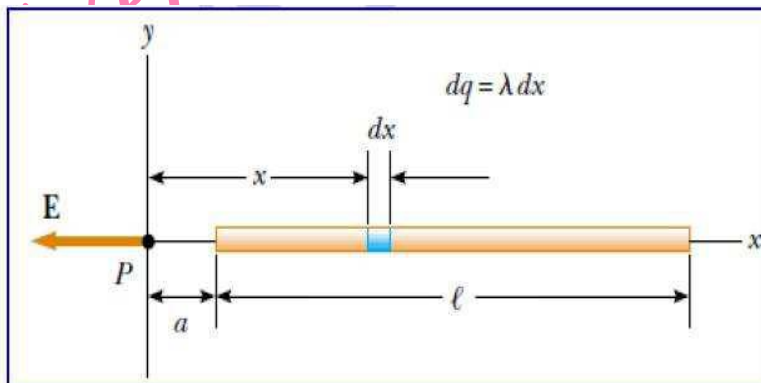
حيث ( $\rho$ ) : كثافة الشحنة الحجمية وحدة قياسها  $C/m^3$

✓ الحجم  $dq = \rho dV$

إثرائي

حساب المجال الكهربائي عند نقطة :

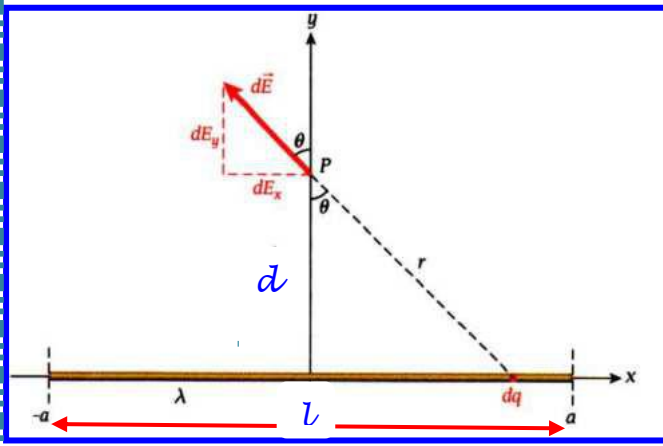
أولاً : عند نقطة  $p$  تبعد مسافة  $a$  على امتداد محور سلك مستقيم طوله  $\ell$  كثافة شحنته الخطية  $\lambda$  والشحنة الكلية للسلك  $Q$  كما بالشكل المجاور ، حيث  $Q = \lambda \ell$  من تكامل العلاقة :



$$dE = k \frac{dq}{x^2} = k \frac{\lambda dx}{x^2}$$

$$E = \int_a^{\ell+a} k \lambda \frac{dx}{x^2} = k \lambda \int_a^{\ell+a} \frac{dx}{x^2} = k \lambda \left[ -\frac{1}{x} \right]_a^{\ell+a}$$

$$E = \frac{kQ}{a(\ell+a)}$$



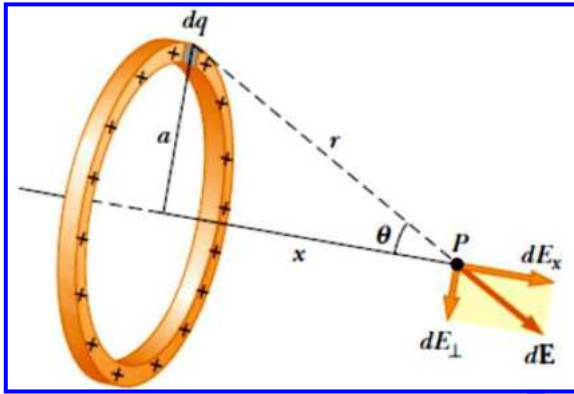
**ثانياً :** عند نقطة  $p$  تبعد مسافة  $d$  على خط ينصف سلكاً طوله محدد ( $L = 2a$ ) وكثافة شحنته الخطية  $\lambda$  من العلاقة:

$$E = \frac{2\kappa\lambda}{d} \frac{a}{\sqrt{d^2+a^2}} \quad \text{أو} \quad 2k \int_0^b \frac{dq}{r^2} \cos \theta$$

**ثالثاً :** عند نقطة  $p$  تبعد مسافة  $d$  على خط ينصف سلكاً طوله لانهائي ( $L = \infty$ ) من العلاقة :

$$E = \frac{2\kappa\lambda}{d}$$

من خلال العلاقة السابقة نستنتج أن :  
المجال الكهربائي يتناسب **عكسياً** مع المسافة من السلك .



**رابعاً :** عند نقطة  $P$  والناتج عن حلقة شحنة على امتداد محور الحلقة .  
( سواء كانت الحلقة مشحونة بشحنة **موجبة** أو **سالبة** )

$$E = \frac{kQx}{(x^2+a^2)^{3/2}}$$

- في حالة النقطة  $P$  عند مركز الحلقة  $x = 0$  **فإن** شدة المجال عند مركز الحلقة = **صفرًا**
- في حالة النقطة  $P$  بعيدة جداً  $x \gg a$  **فإن** شدة المجال عند النقطة  $p$  يساوي

$$E = \frac{kQ}{x^2}$$

**ملاحظات هامة**

**1** في حالة وجود نصف حلقة فقط نستخدم العلاقة :

$$E = \frac{kQx}{2(x^2 + a^2)^{3/2}}$$

**2** في حالة وجود ربع حلقة فقط نستخدم العلاقة :

$$E = \frac{kQx}{4(x^2 + a^2)^{3/2}}$$

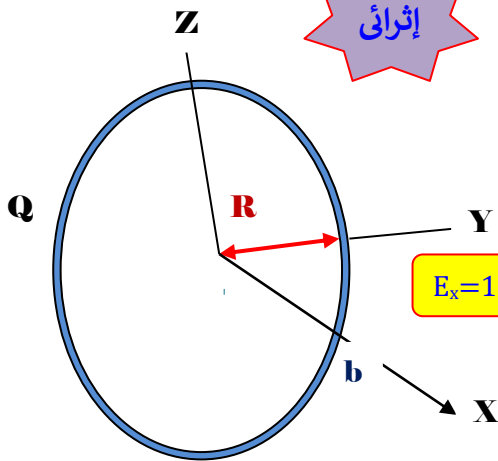
أما في حالة نصف حلقة مشحونة بشحنتين مختلفتين ويفصل بينهما بعازل ( لكي لا يحدث الاتزان للشحنات ) **فإن** شدة المجال عند مركز الحلقة يحسب من العلاقة :

$$E = \frac{4kQ}{\pi R^2}$$



## مسألة محلولة 2.1

إثرائي



$$E_x = 1.29 \times 10^5 \text{ N/C}$$

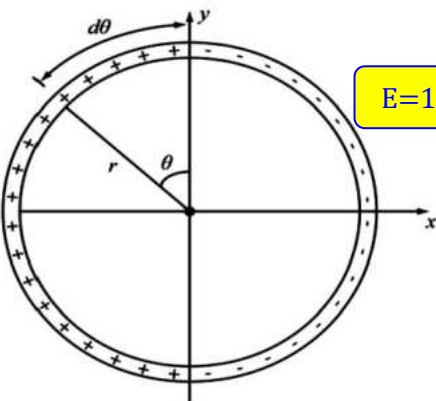
$$E_x = \frac{KQb}{(R^2 + b^2)^{3/2}}$$

حلقة مشحونة نصف قطرها ( $R = 0.250 \text{ m}$ ) كما هو موضح بالشكل .  
للحلقة كثافة شحنة خطية منتظمة , والشحنة الكلية في الحلقة هي ( $Q = 5.0 \mu\text{C}$ )  
• احسب المجال الكهربائي عند النقطة  $b$  والتي تقع على بعد ( $0.500 \text{ m}$ )

س 2.36) ثني قضيبان عازلان منتظما الشحنة في شكل نصف دائري نصف قطره ( $R = 10.0 \text{ cm}$ ) إذا وضعوا بحيث يشكلان دائرة من

دون أن يتلامسا وكانت لهما شحنتان متساويتان في المقدار ومختلفتان في النوع ( $Q = 1 \mu\text{C}$ )

• أوجد مقدار المجال الكهربائي واتجاهه عند مركز توزيع الشكل الدائري ؟



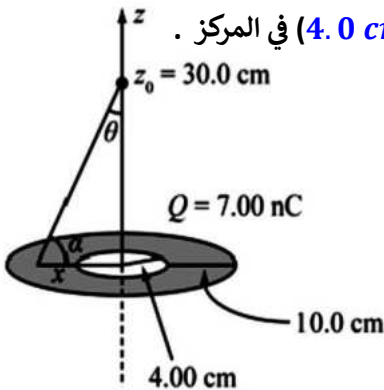
$$E = 1.145 \times 10^6 \text{ N/C}$$

$$E = \frac{4KQ}{\pi R^2}$$

س 2.39) تمثل حلقة معدنية مسطحة ورقيقة قرص قطره الخارجي ( $10.0 \text{ cm}$ ) وفتحة قطره ( $4.0 \text{ cm}$ ) في المركز .

إذا كانت الحلقة منتظمة الشحنة ( $q = 7.0 \text{ nC}$ ) .

• احسب المجال الكهربائي على محور الحلقة عند مسافة ( $30.0 \text{ cm}$ ) من مركزها ؟



$$E = 685.9 \text{ N/C}$$

الفيزياء 12 متقدم الفصل الدراسي الأول للعام الدراسي 2022/2023 م إعداد الأستاذ/ حمدي عبد الجواد

## 2.6 القوة الناتجة عن مجال كهربائي

س : ماذا يحدث لجسم مشحون موضوع في مجال كهربائي ؟

عند وضع شحنة كهربائية  $q$  كتلتها  $m$  في مجال كهربائي  $\vec{E}$  فإن المجال يبذل قوة كهربائية تحدد من العلاقة  $F = qE$

• حركة الإلكترون فوق لوح مشحون :

القوة الكهربائية تحسب من العلاقة :

$$F = qE = e \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

وبالتالي فإن العجلة التي يتحرك الجسم المشحون في مجال كهربائي هي :

$$a = \frac{F}{m_e} = \frac{e\sigma}{m_0\epsilon_0}$$

• إذا كان المجال الكهربائي منتظم أي أن المجال له مقدار ثابت واتجاه ثابت عند جميع النقاط كما في المجال الكهربائي الناتج عن لوحين مشحونين أحدهما موجب والآخر سالب . فإن القوة الكهربائية على الجسم المشحون تكون ثابتة.

وعندها يمكن أن نطبق قوانين الحركة تحت تأثير عجلة ثابتة

• لحساب السرعة النهائية نضع في الاعتبار  $\{v_0 = 0, x_i = 0\}$

وبالتالي

$$x_f = \frac{1}{2}at^2 = \frac{qE}{2m}t^2$$

$$v_f = at = \frac{qE}{m}t$$

$$v_f^2 = 2ax_f = \left(\frac{2qE}{m}\right)x_f$$

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

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

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

- تحسب الطاقة الحركية للجسيم المتحرك بالعلاقة التالية :

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

- تقاس الطاقة في النظام الدولي بوحدة الجول ( $J$ ) وهناك وحدات أخرى لقياس الطاقة مثل الإلكترون فولت ( $eV$ )

- الإلكترون فولت  $1eV = 1.6 \times 10^{-19} J$

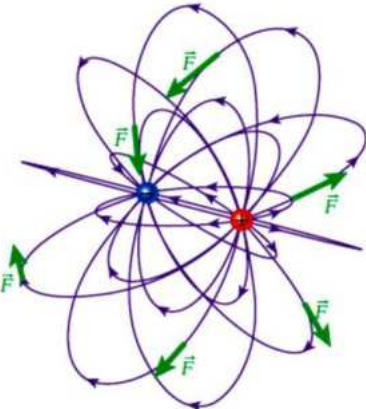
• إذا كان الجسم المشحون يحمل شحنة موجبة فإنه يتحرك مع اتجاه المجال .

• إذا كان الجسم المشحون يحمل شحنة سالبة فإنه يتحرك عكس اتجاه المجال .

في حالة المجال الناتج عن الشحنات النقطية والكروية ( مجال غير منتظم )

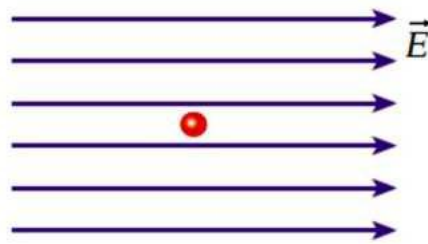
القوة المؤثرة في الشحنة الموجبة تكون مماسية دائما لخطوط المجال وفي نفس اتجاه المجال

القوة المؤثرة في الشحنة السالبة تكون مماسية دائما لخطوط المجال وفي عكس اتجاه المجال



## مراجعة المفاهيم 2.5

وضع جسم صغير موجب الشحنة في وضع السكون في مجال كهربائي منتظم كما هو موضح في الشكل .

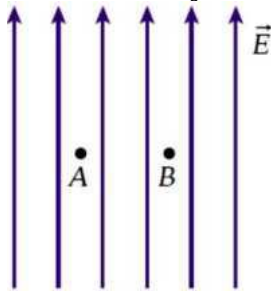


- عندما يتحرر الجسم فإنه .....

- لن يتحرك .
- سيبدأ في الحركة بسرعة ثابتة .
- سيبدأ في الحركة بعجلة ثابتة .
- سيبدأ في الحركة بعجلة متزايدة .
- سيتحرك إلى الأمام وإلى الخلف بحركة توافقية بسيطة

## مراجعة المفاهيم 2.6

يمكن وضع جسيم صغير موجب الشحنة في مجال كهربائي منتظم عند الموقع A أو الموقع B كما هو موضح في الشكل .

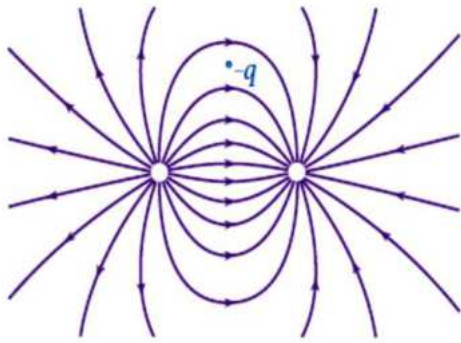


- ما وجه المقارنة بين القوتين الكهربائيتين اللتان تؤثران في الجسم عند الموقعين ؟

- مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الجسم تكون أكبر عند الموقع A .
- مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الجسم تكون أكبر عند الموقع B .
- لا توجد قوة كهربائية مؤثرة في الجسم عند أي من الموقعين .
- تتساوى القوة الكهربائية في الجسم عند الموقعين مقداراً ومتعاكستان في الاتجاه .
- القوة الكهربائية المؤثرة في الجسم عند الموقع A هي القوة الكهربائية غير الصفيرية نفسها المؤثرة في الجسم عند الموقع B

## مراجعة المفاهيم 2.7

وضعت شحنة سالبة ( $-q$ ) في مجال كهربائي غير منتظم كما هو موضح في الشكل

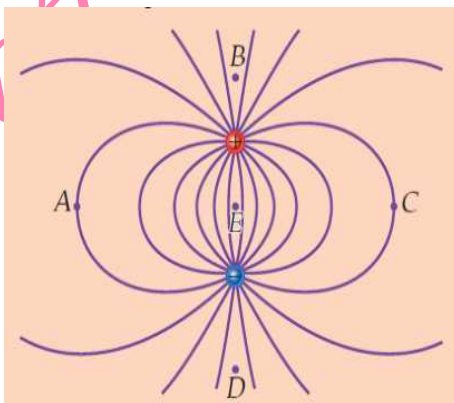


- ما اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في هذه الشحنة السالبة ؟

- 
- ↑
- ←
- ↓

## سؤال الاختبار الذاتي 2.1

يوضح الشكل المجاور منظرًا ثنائي الأبعاد لخطوط المجال الكهربائي الناتج عن شحنتين مختلفتين في الإشارة .



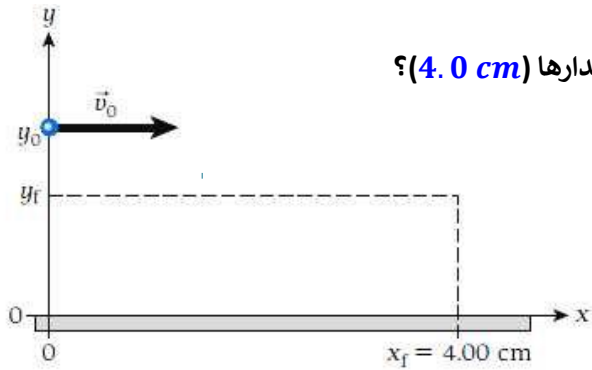
- ما اتجاه المجال الكهربائي عند النقاط الخمس الموضحة ؟
- عند أي من النقاط الخمس يكون مقدار المجال الكهربائي أكبر ما يمكن ؟

## حركة الإلكترون فوق لوح مشحون

### مسألة محلولة 2.2

أطلق إلكترون طاقته الحركية ( $2.0 \text{ KeV}$ ) فوق لوح موصل مشحون وفي وضع أفقي. وتبلغ كثافة شحنة سطح اللوح ( $4 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2$ ) إذا كان مسار الإلكترون في الاتجاه الموجب أعلى اللوح .

- ما المسافة الرأسية التي يقطعها الإلكترون بعد أن يقطع مسافة أفقية مقدارها ( $4.0 \text{ cm}$ ) ؟



س 2.40 تقترح الأبحاث العلمية أن شدة المجال الكهربائي في بعض العواصف الرعدية يصل إلى ( $12.03 \text{ KN/C}$ ) .

• احسب مقدار القوة المؤثرة في جسيم يحتوي على إلكترونين فائضين في وجود مجال شدته ( $10.0 \text{ KN/C}$ )  $F = -3.20 \times 10^{-15} \text{ N}$

س 2.43 يلاحظ إلكترون يتحرك بسرعة ( $27.5 \times 10^6 \text{ m/s}$ ) موازياً لمجال كهربائي مقداره ( $1.14 \times 10^4 \text{ N/C}$ )

- ما المسافة التي يقطعها الإلكترون قبل التوقف ؟

$$x = 0.189 \text{ m}$$

س 21 شحنة موجبة مقدارها ( $5.0 \text{ nC}$ ) وكتلتها ( $5.0 \times 10^{-6} \text{ kg}$ ) تركت من وضع السكون من اللوح

الموجب متحركة بفعل مجال كهربائي مقداره ( $40.0 \text{ N/C}$ ) فإذا علمت أن البعد بين اللوحين ( $0.06 \text{ m}$ )

1 احسب العجلة التي تحركت بها الشحنة بفعل المجال الكهربائي ؟

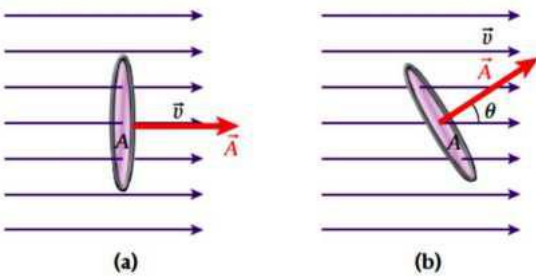
$$a = 0.04 \text{ m/s}^2$$

2 ما مقدار الطاقة الحركية للشحنة لحظة وصولها للوح السالب ؟

$$KE = 1.2 \times 10^{-8} \text{ J}$$

## التدفق الكهربائي

2.7



- **التدفق الكهربائي:** هو عدد خطوط المجال التي تعبر عمودياً مساحة سطح ما.
- أو: **هو ناتج الضرب القياسي** لمتجه شدة المجال الكهربائي في متجه مساحة السطح.

$$\Phi_E = EA \cos \theta$$

حيث  $E$ : شدة المجال الكهربائي.

$\vec{A}$ : متجه المساحة ( اتجاهه عمودي على السطح )

$\theta$ : الزاوية المحصورة بين متجه المجال ومتجه مساحة السطح .

- يقاس **التدفق الكهربائي** ( $\Phi$ ) بوحدة ( $N \cdot m^2 / C$ )

### ملاحظات هامة

(1) إذا كان السطح يوازي المجال الكهربائي ( $\theta = 90^\circ$ )

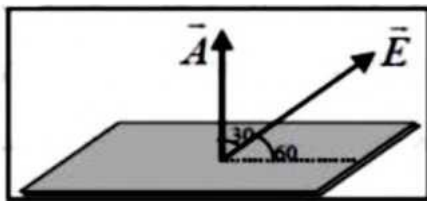
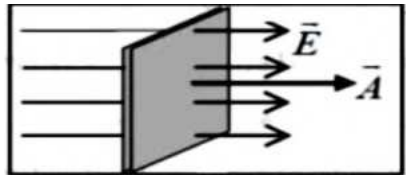
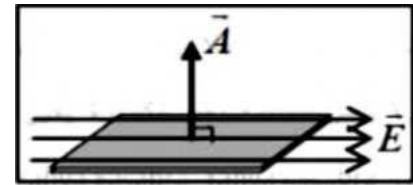
فإن **التدفق** يساوي صفرًا  $\Phi_E = 0$

(2) إذا كان السطح متعامد مع المجال الكهربائي ( $\theta = 0^\circ$ )

فإن **التدفق** أكبر ما يمكن  $\Phi_E = EA$

(3) إذا كان المجال يصنع زاوية مع السطح مثلاً ( $\theta = 60^\circ$ )

فإن **التدفق** يساوي  $\Phi_E = EA \cos 30$

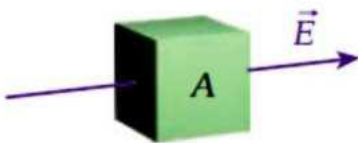


- يتناسب التدفق الكهربائي طردياً مع عدد خطوط المجال الكهربائي المارة عبر مساحة سطح ما .
- في حالة **حساب التدفق للسطح المغلق** فإننا نحصل على التدفق الكهربائي الكلي عبر السطح من خلال **تكامل المجال الكهربائي** .

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

### مثال 2.5

- يوضح الشكل المجاور مكعباً مساحة وجهه  $A$  في مجال كهربائي منتظم  $E$  عمودي على سطح أحد أوجه المكعب .
- ما **محصلة التدفق الكهربائي** المار عبر المكعب ؟





س22) مجال كهربائي منتظم شدته  $(150.0 \text{ N/C})$  يجتاز سطحاً دائرياً نصف قطره  $(0.253 \text{ m})$ .

احسب التدفق الذي يجتاز السطح الدائري في الحالات التالية :

$\Phi = 30 \text{ N.m}^2/\text{C}$

1 إذا كان السطح يعامد خطوط المجال الكهربائي ؟

$\Phi = 0 \text{ N.m}^2/\text{C}$

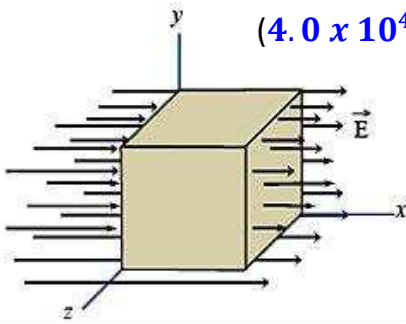
2 إذا كان السطح يوازي خطوط المجال الكهربائي ؟

$\Phi = 15 \text{ N.m}^2/\text{C}$

3 إذا كان السطح يصنع زاوية مقدارها  $(30^\circ)$  مع خطوط المجال الكهربائي ؟

س23) يظهر الشكل مكعباً طول ضلعه  $(0.40 \text{ m})$  يخترقه مجال كهربائي منتظم شدته  $(4.0 \times 10^4 \text{ N/C})$

بالاتجاه الموجب للمحور  $X$ . جد التدفق الكهربائي الذي يجتاز سطح المكعب .



س24) اسطوانة نصف قطر قاعدتها  $(0.1 \text{ m})$  وارتفاعها  $(0.8 \text{ m})$  محورها يوازي محور  $(x)$  الموجب كما في الشكل يؤثر عليها مجال

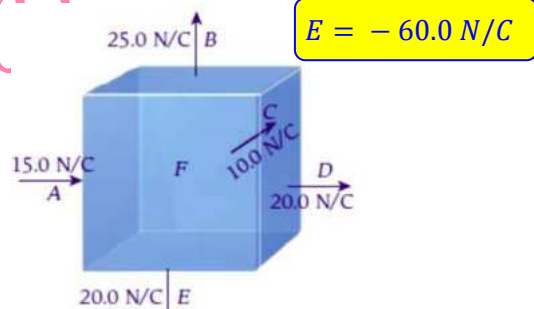
$\Phi = -12.6 \text{ N.m}^2/\text{C}$

كهربائي منتظم شدته  $(400.0 \text{ N/C})$ . احسب التدفق الكهربائي الذي يجتاز الوجه الأيسر للأسطوانة.



س2.51) تتجه مجالات كهربائية مختلفة المقادير إما إلى الداخل أو إلى الخارج بزوايا قائمة على أسطح المكعب المبين في الشكل .

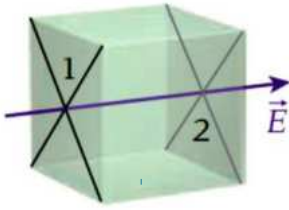
• ما شدة المجال واتجاهه على الوجه الامامي للمكعب  $F$  ؟



## قانون جاوس

2.8

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



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

$q_{en}$ : مجموع الشحنة داخل الجسم المغلق .

$\epsilon_0$ : ثابت معامل السماحية الكهربائية في الفراغ

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$$

### ملاحظات هامة

- إذا كان السطح مغلق لا يحوي شحنة فهذا يدل على **انعدام التدفق الكلي** خلاله حتى لو كان موضوع في مجال خارجي .
- إذا كان هناك أكثر من شحنة داخل السطح المغلق فتجمع جمع جبري ثم نحسب التدفق الناتج عن مجموعهما , أو يتم حساب التدفق الناتج عن كل شحنة ثم تجمع جبرياً

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

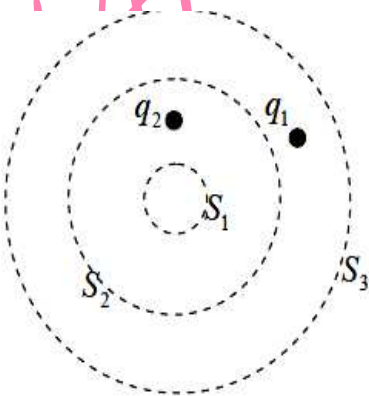
- التدفق خلال سطح مغلق يحيط به شحنة **سالبة** يكون مساوي للتدفق خلال سطح مغلق يحيط به شحنة **موجبة** لها نفس المقدار
- يمكن التعبير عن **قانون جاوس** من خلال تعريف التدفق :

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

### مسألة محلولة

الشكل المجاور يظهر شحنتان نقطيتان ( $q_1 = 4.0 \mu C$ ) ، ( $q_2 = -6.0 \mu C$ ) وثلاثة أسطح **مغلقة** ( $S_1, S_2, S_3$ )

- أوجد التدفق الكهربائي الذي يجتاز كل سطح



الحل :

$$\phi_E = \frac{q_{en}}{\epsilon_0}$$

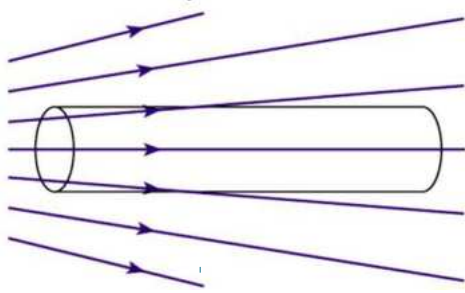
$$\phi_1 = 0$$

$$\phi_2 = \frac{q_2}{\epsilon_0} = \frac{-6 \times 10^{-6}}{8.85 \times 10^{-12}} = -6.78 \times 10^5$$

$$\phi_3 = \frac{q_1 + q_2}{\epsilon_0} = \frac{(4 \times 10^{-6} - 6 \times 10^{-6})}{8.85 \times 10^{-12}} = -2.26 \times 10^5$$

## 2.8 مراجعة المفاهيم

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

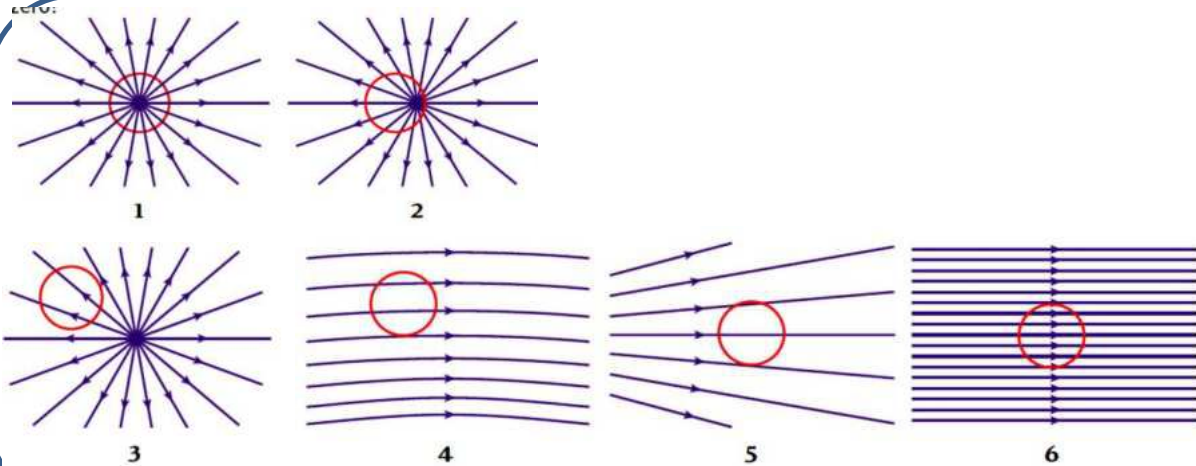


(a) موجبة .

(b) سالبة .

(c) موجبة وسالبة .

(d) صفراً



س 2.49 صندوق مكعب مساحة كل وجه من اوجه الستة هي  $(20.0\text{cm} \times 20.0\text{cm})$  ورقمت الالوجه بحيث كان الوجهان (1, 6) متقابلين , وكذلك الوجهان (2, 5) والوجهان (3, 4) , ويوضح الجدول التالي التدفق المار عبر كل وجه ؟

• أوجد الشحنة الصافية داخل المكعب ؟

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

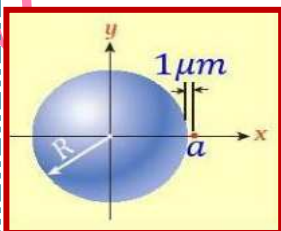
$$q = -1.12 \times 10^{-8} \text{C}$$

س 2.50 كرة مصمتة موصلة نصف قطرها  $(R = 0.15\text{m})$  وشحنتها  $(q = 6.1 \times 10^{-6}\text{C})$  كما هو موضح في الشكل .

باستخدام قانون جاوس وسطحين جاوسين مختلفين .

• أوجد المجال الكهربائي (مقداراً واتجهاً) عند النقطة (A) التي تقع على مسافة  $(1\mu\text{m})$  خارج الكرة الموصلة ؟

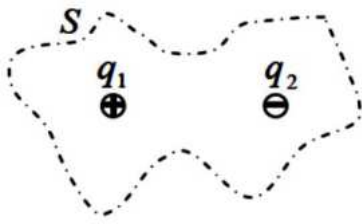
تلميح : أحد السطحين الجاوسيين كرة والأخر أسطوانة قائمة صغيرة



$$E = 2.44 \times 10^6 \text{ N/C}$$

س25) السطح المغلق (S) يحيط بالشحنتين ( $q_1$ ) و ( $q_2$ ) في الهواء كما في الشكل المجاور حيث ( $q_1 = 7.0 \text{ nC}$ ) ، ( $q_2 = -4.5 \text{ nC}$ ) ،

- احسب التدفق الكهربائي الذي يجتاز السطح (S)

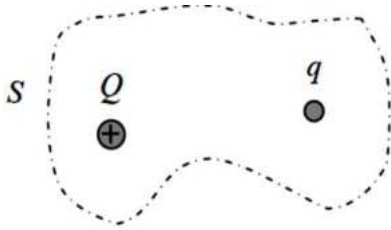


$$\phi = 282.5 \text{ N.m}^2/\text{C}$$

س26) الشكل المجاور إذا كان التدفق الكهربائي الذي يجتاز السطح المغلق (S) والمحيط بالشحنتين ( $Q, q$ ) في الهواء يساوي

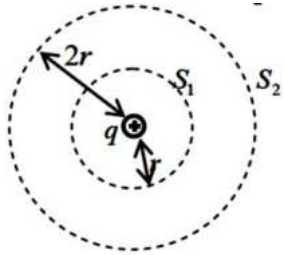
$$q = -2.9 \times 10^{-6} \text{ C}$$

( $9.0 \times 10^3 \text{ N.m}^2/\text{C}$ ) فاحسب كمية الشحنة ( $q$ ) وحدد نوعها علماً بأن ( $Q = 3.0 \mu\text{C}$ )



س27) شحنة نقطية ( $q$ ) موضوعة في الهواء رسم حولها سطحان كرويان ( $S_1$ ) ، ( $S_2$ ) كما في الشكل. أجب عما يلي :

1) قارن بين التدفق الكهربائي الذي يجتاز السطحين ( $S_1$ ) ، ( $S_2$ ) ؟

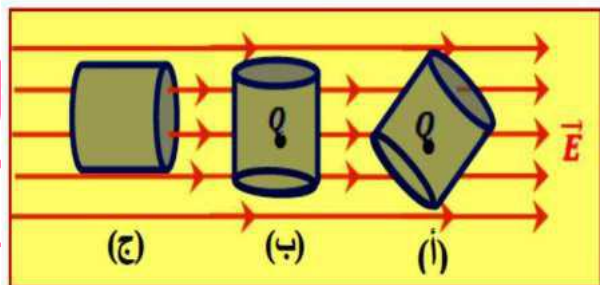


2) لو نقلت الشحنة ( $q$ ) إلى موضع يقع بين السطحين ما التغير الذي يطرأ على التدفق خلال كل سطح

س28) يبين الشكل المجاور ثلاثة أوضاع لسطح مغلق في مجال كهربائي منتظم ، وضعت شحنة نقطية ( $Q$ ) داخل السطح في كل

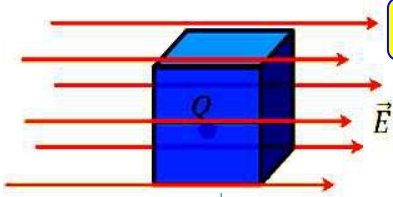
من الوضعين (أ) و (ب) . أجب عما يلي :

أ) قارن بين التدفق الكهربائي الكلي من خلال السطح المغلق في الوضع (أ) بالتدفق الكهربائي الكلي من خلال السطح المغلق في الوضع (ب) برر إجابتك



ب) ما مقدار التدفق خلال السطح المغلق في الوضع (ج) ؟

س 29) مكعب طول ضلعه (0.4 m) وضعت عند مركزه شحنة كهربائية نقطية (Q)، تم وضعه داخل مجال كهربائي منتظم شدته (400 N/C) كما في الشكل المجاور، إذا علمت أن التدفق الكهربائي الذي يجتاز وجهه الأيسر يساوي  $(-100 \text{ N.m}^2/\text{C})$  :



$$\Phi = 74 \text{ N.m}^2/\text{C}$$

1 احسب التدفق الكهربائي الذي يجتاز السطح العلوي للمكعب ؟

$$\Phi = 138 \text{ N.m}^2/\text{C}$$

2 احسب التدفق الكهربائي الذي يجتاز السطح الأيمن للمكعب ؟

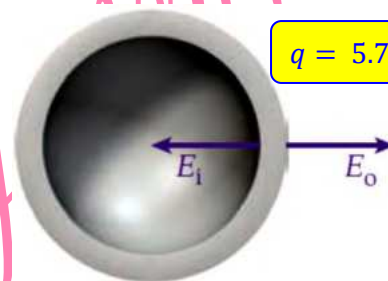
$$\Phi = 444 \text{ N.m}^2/\text{C}$$

3 احسب التدفق الكلي الذي يجتاز المكعب ؟

$$Q = 3.93 \times 10^{-9} \text{ C}$$

4 احسب كمية الشحنة Q الموجودة داخل المكعب ؟

س 2.54) هيكل كروي مجوف وموصل نصف قطره الداخلي (8.0 cm) ونصف قطره الخارجي (10.0 cm) ومقدار المجال عند سطحه الداخلي (80.0 N/C) ومتجهه نحو المركز، ومقدار المجال عند السطح الخارجي (80.0 N/C) بعيداً عن المركز :



$$q = 5.7 \times 10^{-11} \text{ C}$$

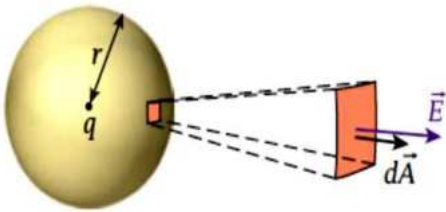
1 احسب مقدار الشحنة على السطح الداخلي للهيكل ؟

$$q = 8.9 \times 10^{-11} \text{ C}$$

2 احسب مقدار الشحنة على السطح الخارجي للهيكل ؟



### قانون جاوس وقانون كولوم



- يمكن التوصل لقانون جاوس بدءاً من قانون كولوم وذلك من خلال افتراض وجود سطح جاوسي كروي نصف قطره (r) يحيط بشحنة نقطية موجبة (q) بحيث تكون هذه الشحنة في مركز السطح الكروي كما في الشكل المجاور .

- خطوط المجال لهذه الشحنة تكون متعامدة مع السطح أو موازية لمتجه مساحة السطح التفاضلي  $d\vec{A}$  أي أن  $\theta = 0$  وبالتالي:

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

وبما أن مقدار المجال ثابت على جميع نقاط السطح الجاوسي المغلق فيمكن اخراج المجال من التكامل :

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

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

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

وهو نفس تعبير قانون جاوس

### الحماية الكهروستاتيكية

(a) المجال الكهروستاتيكي عند أي نقطة داخل موصل معزول يساوي صفر .

(b) تكون التجاويف داخل الموصلات محمية من المجالات الكهربائية .

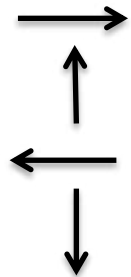
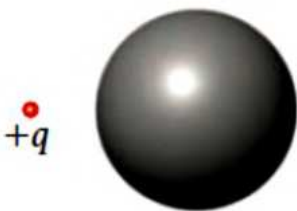
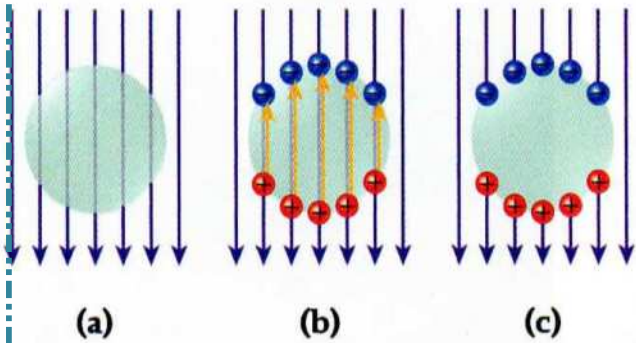
➤ عند وضع موصل داخل مجال كهربائي

(الموصلات تحوي إلكترونات حرة) ( شكل a )

➤ تتحرك الإلكترونات بتأثير المجال الكهربائي

(مما تترك خلفها أيونات موجبة) ( شكل b )

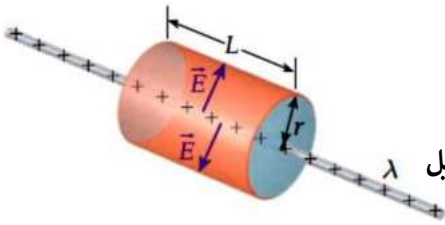
➤ ينشأ عن الإلكترونات المجتمعة بطرف والأيونات الموجبة مجالا داخل الموصل يلغي المجال الخارجي ( شكل c )



## حالات خاصة في تماثل توزيع الشحنات

2.9

### • التماثل الأسطواني :



باستخدام قانون جاوس يمكننا حساب مقدار المجال الكهربائي الناتج عن سلك مستقيم وطويل منتظم الشحنة يحمل شحنة بكثافة طولية ( $\lambda$ ) فإننا سنتخيل وجود سطح جاوسي على شكل أسطوانة نصف قطرها ( $r$ ) وطولها ( $L$ ) تحيط بالسلك بحيث يكون السلك على طول محورها , ثم نطبق قانون جاوس على هذا السطح

مع مراعاة أن التماثل الأسطواني يشمل :

1. التماثل الدائري : نتخيل دوران السلك حول محور على امتداد طوله , سيشمل هذا الدوران كل الشحنات الموجودة في السلك ومجالاتها الكهربائية , لكن سيظل شكل السلك كما هو بعد الدوران بأي زاوية وهذا يؤكد على أن المجال **لا يعتمد** على زاوية الدوران ذلك الجسم ويبقى المجال كما هو .

2. التماثل الانتقالي : إذا كان السلك طويل جدا فسيظل شكله لا يتغير كما هو عند أي جزء على امتداد طوله أي أن مجاله **لا يعتمد** على إحداثي طول السلك وبالتالي لا يكون هناك مركبة للمجال **بموازية السلك** . ولأن خطوط المجال تكون دائما موازية لطرفي الأسطوانة (**القاعدتين**) أو أن المجال عمودي على جدار الأسطوانة عند أي نقطة لذا نحصل على :

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

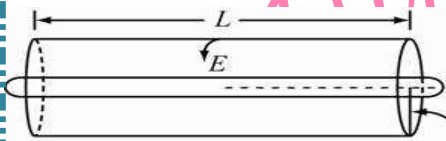
$$E(2\pi rL) = \frac{q}{\epsilon_0} = \frac{\lambda L}{\epsilon_0}$$

حيث ( $2\pi rL$ ) مساحة جدار الأسطوانة وبحل المعادلة السابقة نوجد مقدار المجال الكهربائي الناتج عن سلك مستقيم وطويل

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

حيث ( $r$ ) تمثل المسافة العمودية على السلك **لكن** يجب أن ننتبه إلى أن اتجاه المجال يكون نحو الخارج إذا كانت الشحنة موجبة ويكون نحو الداخل إذا كانت الشحنة سالبة

مثال (2.60) ينتج سلك مشحون ذو طول لانهائي مجالا كهربائيا مقداره ( $1.23 \times 10^3 \text{ N/C}$ ) على مسافة ( $50.0 \text{ cm}$ ) عمودية على السلك ويتجه المجال نحو السلك .

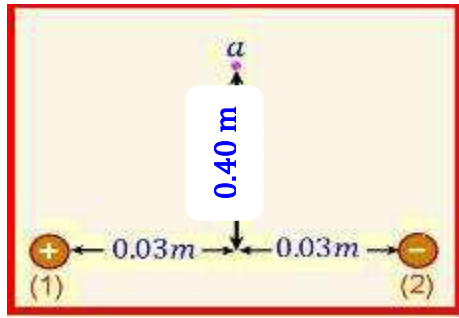


$$\lambda = -3.4 \times 10^{-8} \text{ C/m}$$

➤ ما توزيع الشحنة ؟

$$N = 2.4 \times 10^{11} \text{ إلكترون}$$

➤ كم عدد الإلكترونات لكل وحدة طول على السلك؟



س 2.62 في الشكل المجاور سلكان متوازيان لانهائيان يحملان شحنتان مختلفتان

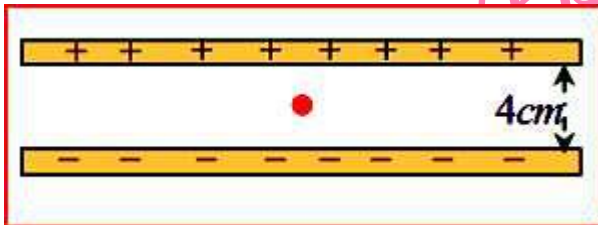
وبكثافة خطية مقدارها  $(\lambda = 1.0 \mu C/m)$  .

- احسب مقدار المجال الكهربائي و حدد اتجاهه عند النقطة (a)  $E_{tot} = 6.71 \text{ KN/C } \hat{x}$

س 30 أضيف  $(2.0 \times 10^8)$  إلكترون إلى سلك متعادل طوله  $(2.0 \text{ m})$  وعلى اعتبار أن هذا الطول يعتبر لانهائي نسبة إلى سمك السلك .

- احسب شدة المجال و حدد اتجاهه في نقطة تبعد عن منتصف السلك مسافة عمودية مقدارها  $(0.60 \text{ m})$   $E = 0.48 \text{ N/C}$

س 31 سلكان متوازيان بطول لانهائي منتظمي الشحنة تفصل بينهما مسافة  $(4.0 \text{ cm})$  ويحملان شحنتان مختلفتان بالنوع كما بالشكل



فإذا علمت أن كثافة الشحنة الخطية لكل منهما تساوي  $(8 \text{ PC/m})$

- احسب شدة المجال الكهربائي عند نقطة تقع في منتصف المسافة بينهما ؟

$$E = 14.4 \text{ N/C}$$

### مراجعة المفاهيم 2.12

وضع إجمالي  $(1.45 \times 10^6)$  من الإلكترونات الفائضة على سلك متعادل كهربائياً في البداية طوله  $(1.13 \text{ m})$  .

- ما مقدار المجال الكهربائي عند نقطة على مسافة عمودية  $(0.401 \text{ m})$  من منتصف السلك ؟

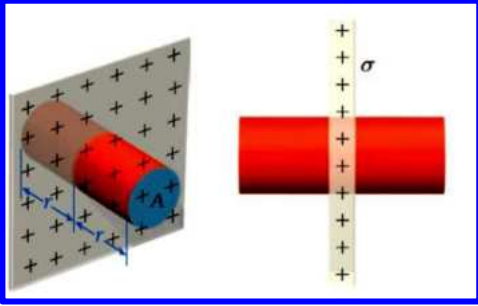
$$6.77 \times 10^{-1} \text{ N/C } (c)$$

$$9.21 \times 10^{-3} \text{ N/C } (a)$$

$$8.12 \times 10^{-2} \text{ N/C } (d)$$

$$2.92 \times 10^{-1} \text{ N/C } (b)$$

### • التماثل السطحي :



- لحساب شدة المجال الكهربائي الناتج عن لوح مسطح رقيق لانتهائي و غير موصل يحمل شحنة بكثافة سطحية ( $\sigma$ ) فإننا نفترض وجود سطح جاوسي على شكل أسطوانة قائمة مغلقة مساحة مقطعها العرضي ( $A$ ) وطولها ( $2r$ ) وتقطع اللوح المسطح عمودياً ، وبالتالي تكون خطوط المجال متعامدة مع القاعدتين (المقطع العرضي) وموازية للجدارين (الطول) و بتطبيق قانون جاوس على السطح الأسطواني المغلق نجد أن :

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

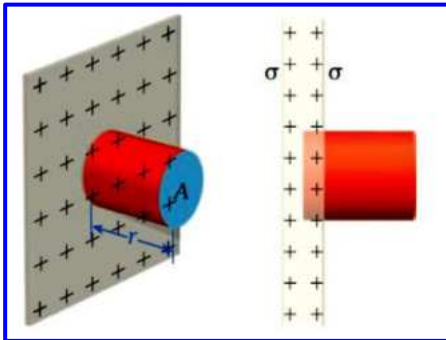
$$\Phi = \frac{q}{\epsilon_0} = \frac{\sigma A}{\epsilon_0}$$

حيث  $\sigma A$  : هي الشحنة المحاطة بالأسطوانة ، وبالتالي يكون مقدار المجال الكهربائي الناتج عن مستوى شحنة لانتهائي :

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

✓ يجب الانتباه إلى أن اتجاه المجال يكون نحو الخارج (مبتعد عن اللوح) إذا كانت الشحنة موجبة ويكون نحو الداخل (باتجاه اللوح) إذا كانت الشحنة سالبة .

ملاحظات هامة

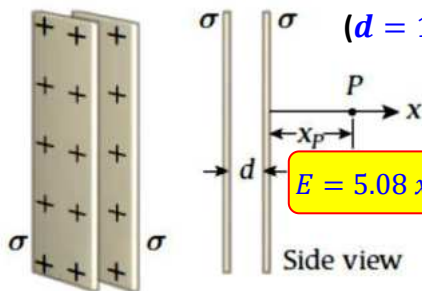


a. إذا كان اللوح المشحون مصنوع من مادة موصلة فإن سطح جاوس يكون أسطوانة قائمة مغلقة يحيط بإحدى قاعدتيها اللوح المشحون نفسه .  
b. ينعدم التدفق عبر طرف الأسطوانة الذي يحيط به اللوح المشحون وذلك لانعدام المجال داخل الموصل أما المجال الخارجي يكون عمودياً على السطح او موازي لجدار الأسطوانة .  
باستخدام قانون جاوس نحصل على :

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

وبالتالي يمكن حساب مقدار المجال الكهربائي خارج سطح الموصل المشحون من خلال العلاقة التالية :

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



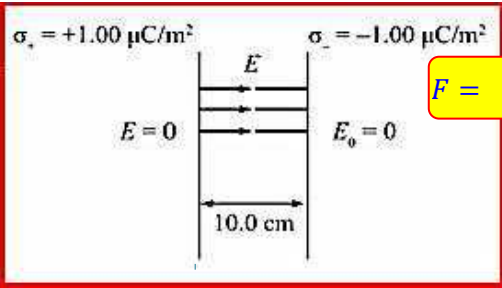
س 2.5) لوحان لا نهائيان غير موصلين يوازي كل منهما الآخر ، تفصل بينهما مسافة ( $d = 10 \text{ cm}$ )

إذا كان كل لوح يحمل توزيع شحنة منتظم مقداره ( $\sigma = 4.5 \mu\text{C}/\text{m}^2$ )

- ما المجال الكهربائي عند النقطة p والتي تقع على بعد ( $X_p = 20 \text{ cm}$ ) ؟

$$E = 5.08 \times 10^5 \text{ N/C} \hat{x}$$

س 2.59 لوحان متوازيان لانهائيان وغير موصلين البعد بينهما (0.10 m) يحملان شحنتان مختلفتان وبكثافة سطحية مقدارها



$$F = 1.81 \times 10^{-14} \text{ N}$$

( $\pm 1.0 \mu\text{C}/\text{m}^2$ ). أجب عما يلي :

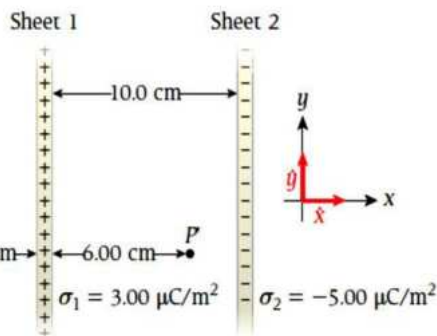
✓ ما مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في إلكترون يقع بين اللوحين .

✓ ما مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في إلكترون يقع بالقرب من سطح اللوح السالب خارج المنطقة المحصورة بين اللوحين .

س 2.65 بالاعتماد على البيانات الموضحة على الشكل المجاور والتي تمثل لوحان متوازيان لانهائيان ، أجب عما يلي

$$E_{tot} = 1.13 \times 10^5 \text{ N/C}$$

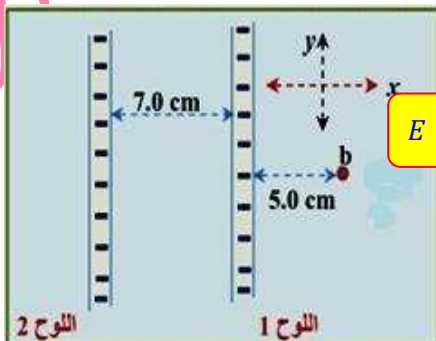
1 احسب المجال الكهربائي عند النقطة p والتي تقع على بعد (6.0 cm) يسار اللوح 1 ؟



$$E_{tot} = 4.5 \times 10^5 \text{ N/C}$$

2 احسب المجال الكهربائي عند النقطة p والتي تقع على بعد (6.0 cm) يمين اللوح 1 ؟

س 32 لوحان رقيقان لا نهائيان وغير موصلين وضعا كما في الشكل المجاور في الهواء وكانت كثافة الشحنة على سطح اللوح 1

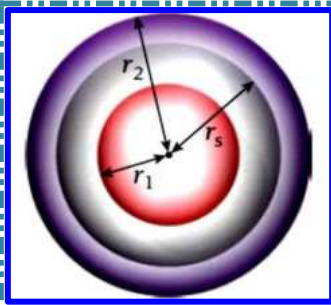


$$E = 8.5 \times 10^5 \text{ N/C}$$

هي ( $-9.0 \mu\text{C}/\text{m}^2$ ) وكثافة الشحنة على سطح اللوح 2 هي ( $-6.0 \mu\text{C}/\text{m}^2$ ) .

- احسب مقدار المجال الكهربائي الكلي عند النقطة b وحدد اتجاهه .





• **التمائل الكروي :** يجب اولا تحديد طبيعة الجسم المشحون هل هو مصمت أم مُفَرَّغ ؟

1 إذا كان السطح الكروي رقيق مُفَرَّغ (هيكل كروي) :

لحساب شدة المجال الكهربائي الناتج عن توزيع متماثل للشحنة على سطح جسم كروي رقيق (مُفَرَّغ) نصف قطره ( $r_s$ ) فإننا نفترض وجود سطح جاوسي على شكل كرة متحدة المركز مع الجسم الكروي نفسه

وهنا يوجد احتمالين :

• إذا كان المطلوب حساب شدة المجال داخل الجسم المشحون أي على بعد أصغر من نصف القطر للجسم فإننا نفترض سطح جاوسي نصف قطره ( $r_1$ ) حيث ( $r_1 < r_s$ ) أي أن السطح الجاوسي داخل الجسم الكروي وبتطبيق قانون جاوس نصل إلى :

$$\Phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = E(4\pi r_1^2) = 0$$

أي أن شدة المجال تنعدم داخل الموصل الكروي المشحون

• إذا كان المطلوب حساب شدة المجال خارج الجسم المشحون أي على بعد أكبر من نصف قطر الجسم فإننا نفترض سطح جاوسي نصف قطره ( $r_2$ ) حيث ( $r_2 > r_s$ ) وبتطبيق قانون جاوس على السطح المغلق نصل إلى :

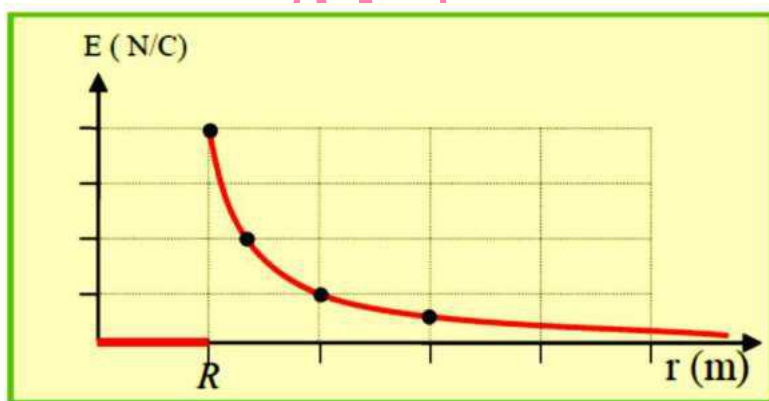
$$\Phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = E \cdot A$$

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

$$E = \frac{kq}{r_2^2}$$

• إذا كان المطلوب حساب شدة المجال على السطح للجسم المشحون أي على بعد يساوي نصف قطر الجسم ( $R$ )

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



• الرسم البياني يمثل بعد النقطة عن مركز الموصل الكروي وشدة المجال الكهربائي عندها .

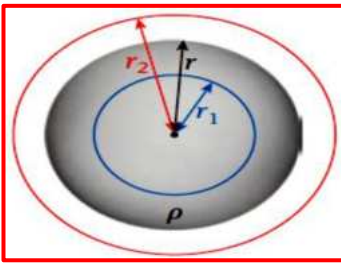
حيث

$r$  : بعد النقطة عن مركز الموصل

$R$  : مركز الموصل الكروي

✓ إذا كان الجسم الكروي يحمل شحنة موجبة فإن المجال يتجه مبتعدا عن الأسطح الكروية .

✓ إذا كان الجسم الكروي يحمل شحنة سالبة فإن المجال يكون باتجاه الأسطح الكروية.



## 2 إذا كان السطح الكروي مُصمت :

لحساب شدة المجال الكهربائي الناتج عن توزيع منتظم للشحنة على حجم كرة (مصمته) نصف قطرها  $(r)$  وبكثافة حجمية  $(\rho)$  فإننا نفترض وجود سطح جاوسي على شكل كرة متحدة المركز مع الجسم الكروي نفسه كما هو موضح بالشكل . **وهنا يوجد احتمالين :**

- إذا طلب حساب شدة المجال **داخل الجسم المشحون** أي على بعد أقل من نصف قطر الجسم فإننا 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

$\left( \frac{4}{3} \pi r_1^3 \right)$  حجم الكرة التي يحيط بها سطح جاوس

وإذا كان مقدار الشحنة الكلية للكرة المشحونة  $(q_t)$  والتي تحسب من خلال حاصل ضرب الكثافة الحجمية للشحنة في الحجم الكلي

للكرة المشحونة أي أن :

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

وبما أن الشحنة التي يحيط بها سطح جاوس تساوي نسبة حجم السطح إلى حجم الكرة مضروباً في الشحنة الكلية للكرة فإن :

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

وبتطبيق قانون جاوس :

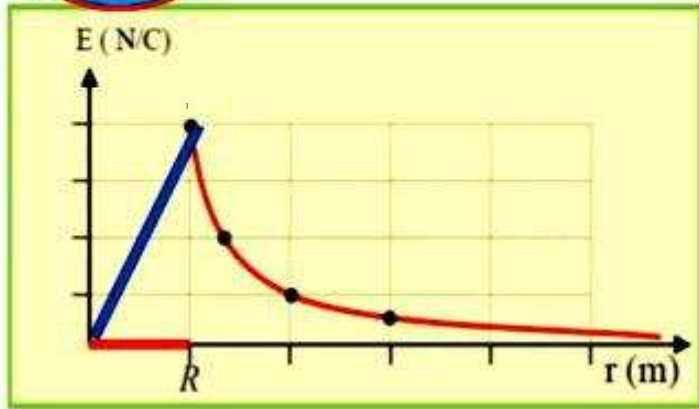
$$E = \kappa \frac{q_t r_1}{r^3}$$

- إذا طلب حساب شدة المجال **خارج الجسم المشحون** أي على بعد أكبر من نصف قطر الجسم فإننا نفترض سطح جاوسي نصف قطره  $(r_2)$  حيث  $(r_2 > r)$  وبتطبيق قانون جاوس على هذا السطح المغلق نجد أن :

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

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

### توزيع الشحنات على كرة عازلة نصف قطرها R



الشحنات تتجمع على السطح الداخلي والخارجي للكرة العازلة :

أولاً: لحساب شدة المجال داخل الكرة : ( $r < R$ ) :

$$E = k \frac{qr}{R^3} = \frac{\rho r}{3\epsilon_0}$$

ثانياً: لحساب شدة المجال على سطح الكرة: ( $r = R$ )

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

ثالثاً: لحساب شدة المجال خارج الكرة : ( $r > R$ )

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

2.63) التوزيع الحجمي للشحنات في كرة نصف قطرها ( $12\text{cm}$ ) ومتمركزة عند نقطة الأصل هو ( $120\text{nC/cm}^3$ ) . وتتمركز الكرة داخل هيكل كروي موصل نصف قطره الداخلي ( $30\text{cm}$ ) ونصف قطره الخارجي ( $50\text{cm}$ ) ومقدار الشحنة على الهيكل الكروي هو ( $-2.0\text{ mC}$ ) . ما مقدار المجال الكهربائي واتجاهه عند كل مسافة من المسافات التالية من نقطة الأصل ؟

(b) عند  $r = 20.0\text{ cm}$

(a) عند  $r = 10.0\text{ cm}$

(d) عند  $r = 80.0\text{ cm}$

(c) عند  $r = 40.0\text{ cm}$

$$a) E = \frac{kqr}{R^3} = \frac{\rho r}{3\epsilon_0} = \frac{(120 \times 10^{-3})(0.10)}{3(8.85 \times 10^{-12})} = 4.52 \times 10^8 \text{ N/C}$$

$$b) E = \frac{kq}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9)(8.69 \times 10^{-4})}{(0.20)^2} = 1.95 \times 10^8 \text{ N/C}$$

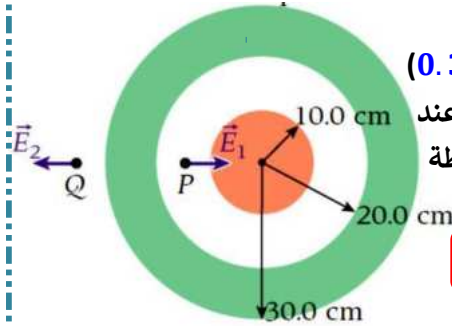
$$c) E = 0$$

$$d) E = \frac{kq_{tot}}{r^2} = \frac{(9 \times 10^9)(-2.00 \times 10^{-3} + 8.69 \times 10^{-4})}{(0.80)^2} = -1.59 \times 10^7 \text{ N/C}$$

س 2.57 على اعتبار أن الأرض موصل كروي نصف قطره (6371 km)، احسب الشحنة الكهربائية على الأرض عندما يكون هناك

$$q = -6.77 \times 10^5 \text{ C}$$

مجال كهربائي مقداره (150 N/C) يتجه رأسياً للأسفل بالقرب من سطح الأرض .



س 2.58 كرة فلزية مجوفة نصف قطرها الداخلي (0.20 m) ونصف قطرها الخارجي (0.30 m)

وضعت كرة فلزية مصمتة نصف قطرها (0.10 m) في مركز الكرة المجوفة فوجد أن المجال عند النقطة (P) والتي تبعد عن المركز (0.15 m) يساوي ( $E_1 = 1.0 \times 10^4 \text{ N/C}$ ) وعند النقطة (Q) والتي تبعد عن المركز (0.35 m) يساوي ( $E_2 = 1.0 \times 10^4 \text{ N/C}$ )

$$q = -25.0 \text{ nC}$$

1 احسب مقدار الشحنة و حدد نوعها على سطح الكرة الداخلية ؟

$$q = 25.0 \text{ nC}$$

2 احسب مقدار الشحنة و حدد نوعها على السطح الداخلي للكرة المجوفة ؟

$$q = 0.136 \mu\text{C}$$

3 احسب مقدار الشحنة و حدد نوعها على السطح الخارجي للكرة المجوفة ؟

س 2.83 افترض أن كرة غير موصلة ومنتظمة كثافة شحنتها ( $\rho = 3.57 \times 10^{-6} \text{ C/m}^3$ ) ونصف قطرها ( $R = 1.72 \text{ m}$ ) .

$$E = 7.13 \times 10^4 \text{ N/C}$$

- ما مقدار المجال الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة (0.530 m) من مركز الكرة ؟

### ○ الحواف الحادة ومانعات الصواعق :

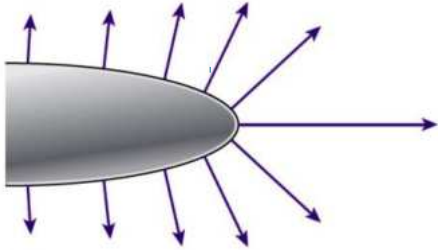
➤ يوضح الشكل (a) توزيع الشحنات على سطح طرف موصل مدبب .

- تتوزع الشحنات على السطح الخارجي للجسم و **تتراكم عند الرؤوس المدببة** وبالتالي تكون **شدة المجال عندها أكبر**.

(a)

➤ يوضح الشكل (b) انتشار خطوط المجال الكهربائي على سطح طرف موصل مدبب .

- لا يوجد مركبة للمجال الكهربائي موازية للسطح .
- يكون المجال الكهربائي دائماً عمودياً على أي سطح موصل مشحون .
- خطوط المجال تكون أقرب إلى بعضها البعض بالقرب من النقاط الحادة .



(b)

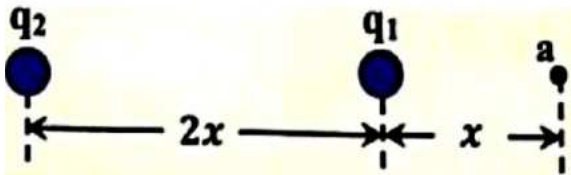
### ○ مانعات الصواعق

- 1 تصنع مانعات الصواعق من مواد فلزية ذو أطراف مدببة حادة .
- 2 تشحن مانعات الصواعق ذو الحواف الحادة بشكل كبير مما ينشأ عنها مجال كهربائي قوي .
- 3 يعمل المجال الكهربائي على تأيين الهواء مما يسمح بتفريغ الشحنات عبرها بعيداً عن المنشآت .
- 4 مانعات الصواعق ذات النهايات الدائرية فعالة في حماية المنشآت ولا تزيد من ضربات البرق .



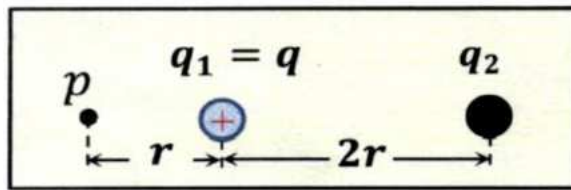
**ضع إشارة (✓) داخل المربع أمام أنسب إجابة لكل مما يلي**

- (1) ماذا يسمى مسار شحنة اختبار (موجبة صغيرة) عند وضعها في مجال كهربائي :  
 (أ) خط الجهد الكهربائي (ب) التدفق الكهربائي (ج) خط المجال الكهربائي (د) شدة المجال الكهربائي
- (2) أي من الآتي يُعبر عن القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة اختبار صغيرة مقسومة على كمية شحنة الاختبار ؟  
 (أ) شدة المجال الكهربائي (ب) التدفق الكهربائي (ج) كثافة الشحنة (د) الجهد الكهربائي
- (3) أي من الآتي من خصائص خطوط المجال الكهربائي :  
 (أ) لا تتقاطع (ب) تخرج من الشحنة السالبة (ج) تتقارب بالابتعاد عن الشحنة (د) تتباعد بالاقتراب من الشحنة
- (4) يتحرك إلكترون نحو الشمال عند وضعه حراً في مجال كهربائي منتظم ، في أي اتجاه يكون هذا المجال ؟  
 (أ) الشمال (ب) الغرب (ج) الشرق (د) الجنوب
- (5) النقطة (a) في الشكل المجاور هي نقطة تعادل ، أي الصيغ الآتية تمثل الصيغة الصحيحة :



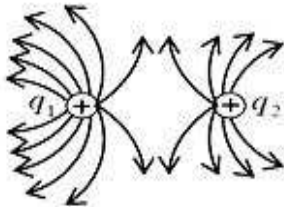
- (أ)  $q_2 = 3q_1$  (ب)  $q_2 = -3q_1$   
 (ج)  $q_2 = 9q_1$  (د)  $q_2 = -9q_1$

- (6) إذا كانت شدة المجال الكهربائي عند النقطة (p) في الشكل المجاور تساوي صفراً ، فما كمية الشحنة ( $q_2$ ) :



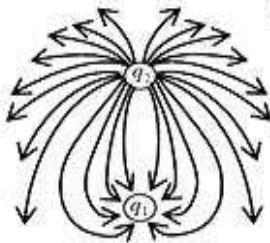
- (أ)  $-2q$  (ب)  $-3q$   
 (ج)  $-4q$  (د)  $-9q$

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



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

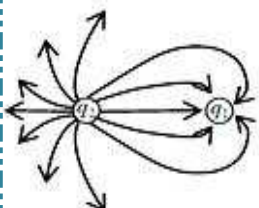
- (8) اعتماداً على الشكل المجاور تكون النسبة بين كميتي الشحنتين ( $\frac{q_1}{q_2}$ ) تساوي :



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

- (9) أي من الآتي ليس صحيحاً لخطوط المجال الكهربائية :

- (أ) تبدأ من الشحنة الموجبة وتنتهي عند الشحنة السالبة  
 (ب) تتقارب بزيادة شدة المجال  
 (ج) كثافتها عبر وحدة المساحات يعتمد على نوع الشحنة المولدة للمجال  
 (د) لا تتقاطع



- (1) 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)  $14.4\mu C$

11 في الشكل المجاور أي نقطة من الممكن أن يندمج فيها المجال الكهربائي .



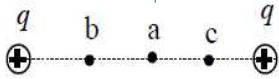
أ) a (ب) b (ج) c (د) d

12 في الشكل المجاور أي نقطة من الممكن أن يندمج فيها المجال الكهربائي .



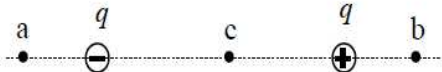
أ) a (ب) b (ج) c (د) d

13 في الشكل المجاور أي نقطة من الممكن أن يندمج فيها المجال الكهربائي .



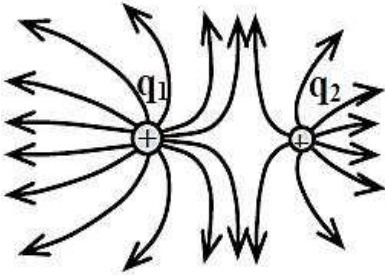
أ) a (ب) b (ج) c (د) لا يوجد

14 في الشكل المجاور أي نقطة من الممكن أن يندمج فيها المجال الكهربائي .



أ) a (ب) b (ج) c (د) لا يوجد

15 اعتماداً على الشكل المجاور، النسبة بين كميتي الشحنتين ( $\frac{q_1}{q_2}$ ) تساوي:



$\frac{1}{2}$  ☐

$\frac{2}{1}$  ☐

$\frac{2}{3}$  ☐

$\frac{3}{2}$  ☐

16 أي من الآتي يعبر عن القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة اختبار صغيرة مقسومة على كمية شحنة الاختبار؟

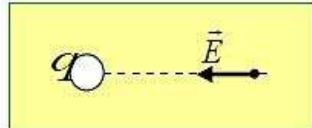
☐ شدة المجال الكهربائي

☐ القوة الكهربائية

☐ كثافة الشحنة

☐ الطاقة الكهربائية

17 إذا كان مقدار المجال الكهربائي (في الشكل المجاور) عند نقطة تبعد (0.3 m) عن شحنة نقطية يساوي ( $5 \times 10^5 \text{ N/C}$ ) فإن الشحنة



☐ موجبة ومقدارها  $2 \mu\text{C}$

☐ سالبة ومقدارها  $2 \mu\text{C}$

☐ موجبة ومقدارها  $5 \mu\text{C}$

☐ سالبة ومقدارها  $5 \mu\text{C}$

18 وضع إلكترون في مجال كهروستاتيكي منتظم فيكون اتجاه القوة الكهربائية التي تؤثر على الإلكترون

☐ متعامد على المجال

☐ باتجاه المجال

☐ القوة معكوسة

☐ عكس اتجاه المجال

19 أي من الآتي من خصائص خطوط المجال الكهربائي؟

☐ تخرج من الشحنة السالبة

☐ لا تتقاطع

☐ تتباعد بالاقتراب من الشحنة

☐ تتقارب بالابتعاد عن الشحنة

20 إذا كان مقدار قوة التجاذب الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين المتجاورتين تساوي 8 N ، فإن شدة المجال الكهربائي عند الشحنة  $q_1$

يساوي



☐  $2 \times 10^6 \text{ N/C}$  نحو اليمين

☐  $8 \times 10^6 \text{ N/C}$  نحو اليمين

☐  $2 \times 10^6 \text{ N/C}$  نحو اليسار

☐  $8 \times 10^6 \text{ N/C}$  نحو اليسار



### اسئلة العام الدراسي 2018/2019

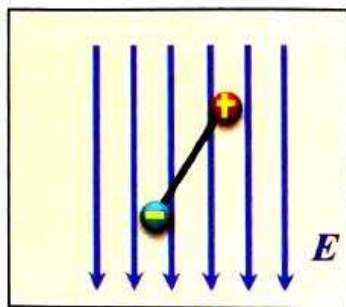
ضع إشارة (✓) داخل المربع يمين أنسب إجابة لكل مما يلي :

موصل كروي مجوف نصف قطره الداخلي (5.0 cm) و نصف قطره الخارجي (6.5 cm) ويحمل سطحه الخارجي شحنة كهربائية، وضعت عند مركزه شحنة كهربائية (q) فنتج مجال كهربائي عند السطح الداخلي للموصل (50 N/C) باتجاه مركز الموصل كما يوجد مجال كهربائي آخر عند السطح الخارجي للموصل (50 N/C) يتجه بعيدا عن مركز الموصل، ما مقدار ونوع الشحنة q ؟

- ☐  $-2.5 \times 10^{-12} \text{ C}$   
☐  $+2.5 \times 10^{-12} \text{ C}$   
☐  $-1.4 \times 10^{-11} \text{ C}$   
☐  $+1.4 \times 10^{-11} \text{ C}$

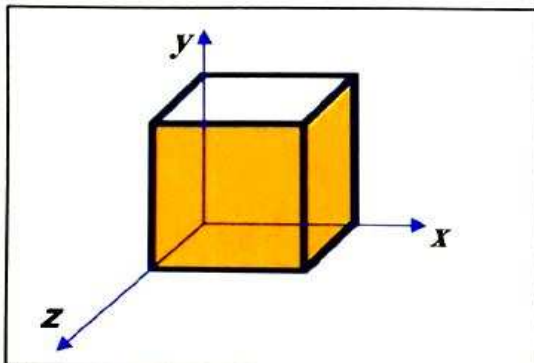
وضع ثنائي قطب كهربائي في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل المجاور ،

أي الآتية صحيح لحركة ثنائي القطب داخل المجال الكهربائي ؟



- ☐ يتحرك اتجاه اليمين  
☐ يتحرك اتجاه اليسار  
☐ يدور مع اتجاه دوران عقارب الساعة  
☐ يدور عكس اتجاه دوران عقارب الساعة

في الشكل المجاور مكعب طول ضلعه (5.0 cm) يجتازه مجال كهربائي مقداره بوحدة (N/C) وفق المعادلة  $[E = 2.0 \hat{x} + 4.0 \hat{y} + 6.0 \hat{z}]$



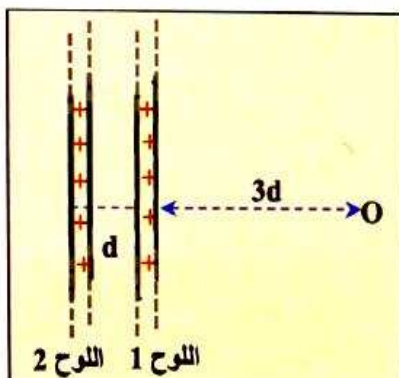
ما مقدار التدفق الكهربائي الذي يجتاز وجهي المكعب المظللين (الأمامي والأيمن) ؟ ملاحظة : لا توجد شحنات داخل المكعب

- ☐  $0.0050 \text{ N m}^2/\text{C}$   
☐  $0.030 \text{ N m}^2/\text{C}$   
☐  $0.020 \text{ N m}^2/\text{C}$   
☐  $0.015 \text{ N m}^2/\text{C}$

في الشكل المجاور وضع في الهواء لوحان رقيقان متوازيان لا نهائيان وغير موصلين ، تفصل بينهما

مسافة (d) ويحمل كل منهما شحنة موجبة منتظمة التوزيع كثافتها (σ) ،

ما مقدار المجال الكهربائي عند النقطة O ؟



- ☐  $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$   
☐  $\frac{2\sigma}{\epsilon_0}$   
☐  $\frac{3\sigma}{\epsilon_0}$   
☐  $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

### أسئلة العام الدراسي 2019/2020

ضع إشارة (✓) داخل المربع يمين أنسب إجابة لكل مما يلي :

1- وضعت شحنتان نقطيتان على المحور (y)، الشحنة (+q) عند نقطة الأصل (0,0)، والشحنة الأخرى (-4q) وتقع عند (y=+r) حيث (r > 0). أين تكون محصلة المجال الكهربائي تساوي صفراً .

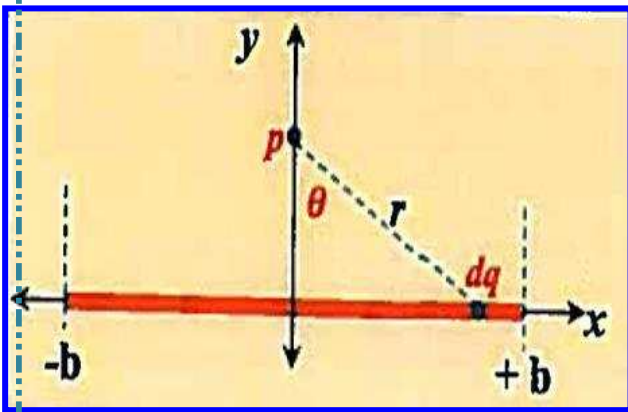
y=-2r ☐

y=-r ☐

y=+2r ☐

y=+r ☐

2- في الشكل المجاور سلك مستقيم يقع على امتداد المحور (x) بين النقطتين (+b,-b) ويحمل شحنة بكثافة شحنة خطية (λ)، افترض أن السلك تم وضعه من منتصفه عند (x=0). أي من الآتية صحيح بالنسبة لمقدار المجال الكهربائي عند النقطة p (إثرائي)



$E_y$	$E_x$	
$2k \int_0^b \frac{dq}{r^2} \cos \theta$	0	
0	$2k \int_0^b \frac{dq}{r^2} \cos \theta$	
$2k \int_0^b \frac{dq}{r^2} \sin \theta$	$2k \int_0^b \frac{dq}{r^2} \cos \theta$	
$2k \int_0^b \frac{dq}{r^2} \sin \theta$	0	

3- شحنة نقطية مستقرة في مركز مكعب، إذا كان التدفق الكهربائي الذي يجتاز جانب واحد من المكعب (6.0x10<sup>10</sup> N.m<sup>2</sup>/C) - ما مقدار الشحنة عند مركز المكعب ؟

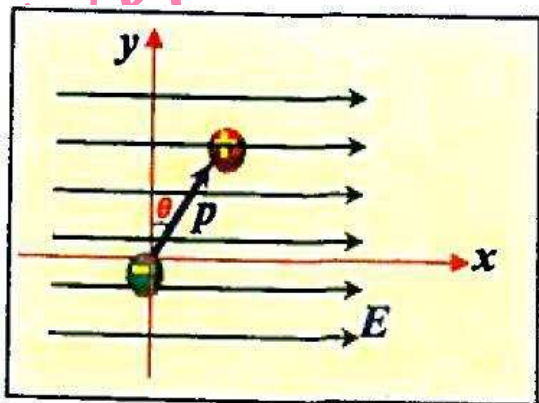
3.2 C ☐

0.53 C ☐

2.1 C ☐

1.6 C ☐

4- وضع ثنائي قطب كهربائي مقدار عزم ثنائي القطب له (2.0x10<sup>-12</sup> C m) في مجال كهربائي منتظم مقداره (500.0 N/C)، كما في الشكل المجاور. عند لحظة معينة كانت الزاوية (θ = 15°) (إثرائي)



- ما مقدار واتجاه عزم الدوران لثنائي القطب ؟

2.6x10<sup>-10</sup> Nm ☐ في اتجاه محور z الموجب

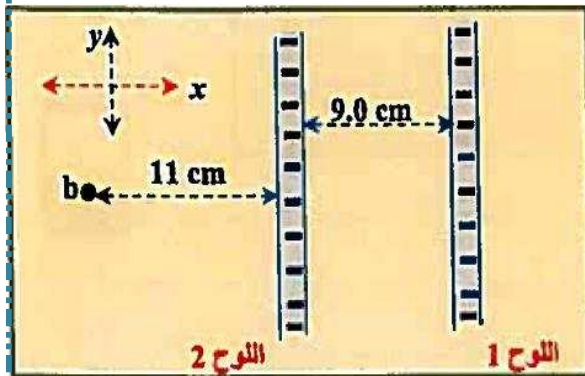
2.6x10<sup>-10</sup> Nm ☐ في اتجاه محور z السالب

9.7x10<sup>-10</sup> Nm ☐ في اتجاه محور z السالب

9.7x10<sup>-10</sup> Nm ☐ في اتجاه محور z الموجب

❖ كرة فلزية مجوفة نصف قطرها الداخلي (5.0 cm) ونصف قطرها الخارجي (7.0 cm). الشحنة  $q$  توجد في مركز الكرة وتتسبب في وجود مجال كهربائي على السطح الداخلي للكرة الفلزية. إذا كان مقدار المجال الكهربائي (90.0 N/C) ويتجه نحو مركز الكرة.

$$q = 2.5 \times 10^{-11} \text{ C}$$



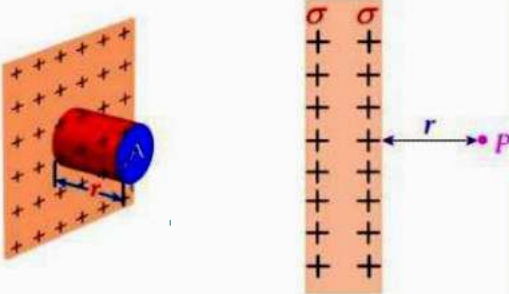
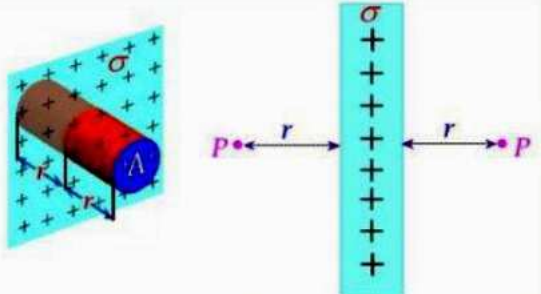
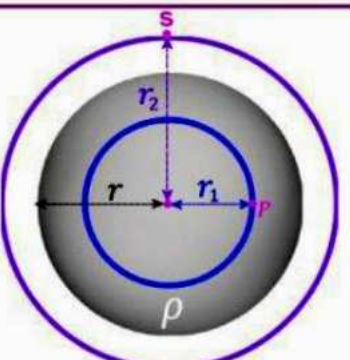
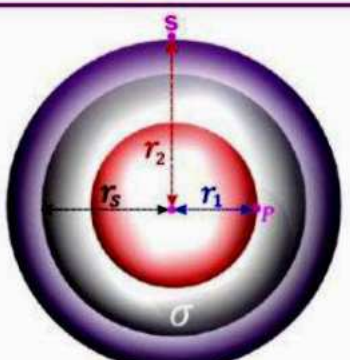
❖ لوحان رقيقان لا نهائيان وغير موصلين وضعا كما في الشكل المجاور في الهواء وكانت كثافة الشحنة على سطح اللوح 1 هي ( $-5.0 \mu\text{C}/\text{m}^2$ ) وكثافة الشحنة على سطح اللوح 2 هي ( $-6.0 \mu\text{C}/\text{m}^2$ ).  
- احسب مقدار المجال الكهربائي الكلي عند النقطة b وحدد اتجاهه.

$$E = 6.2 \times 10^5 \text{ N/C} \text{ يمين}$$



## حساب المجال الكهربائي لمجمل الحالات التي تعرض لها منهاج الصف الثاني عشر المتقدم

الحالة	القانون	التمثيل
المجال الناشئ عن الشحنة التي يحملها سلك مستقيم بكثافة طولية منتظمة ( $\lambda$ ) وذلك في النقطة ( $P$ ) التي تقع على بعد عمودي ( $y$ ) عن منتصف السلك . (على امتداد الخط الممتد للـسلك)	$E_p = \frac{2K\lambda}{y} \frac{a}{\sqrt{y^2 + a^2}}$ حيث ( $a$ ) نصف طول السلك * حالة خاصة : إذا كان السلك لا نهائي الطول ( $a \rightarrow \infty$ ) $E_p = \frac{2K\lambda}{y}$	
المجال الناشئ عن الشحنة التي يحملها سلك مستقيم بكثافة طولية منتظمة ( $+\lambda$ ) على نصف طوله وبكثافة طولية منتظمة ( $-\lambda$ ) على النصف الآخر من طوله وذلك في النقطة ( $P$ ) التي تقع على بعد عمودي ( $y$ ) عن منتصف السلك . (على امتداد الخط الممتد للـسلك)	$E_p = 2K\lambda \left( \frac{1}{\sqrt{y^2 + a^2}} - \frac{1}{y} \right)$	
المجال الناشئ عن الشحنة التي تحملها حلقة دائرية نصف قطرها ( $R$ ) وبكثافة طولية منتظمة ( $\lambda$ ) وذلك في النقطة التي تقع على محور الحلقة وتبعد عن مركزها مسافة مقدارها ( $b$ ) .	$E_p = \frac{kqb}{(R^2 + b^2)^{3/2}}$ * حالات خاصة : 1- إذا كان ( $b \gg R$ ) $E_p = \frac{kq}{b^2}$ 2- إذا كان ( $b = 0.0$ ) أي في المركز $E_c = 0.0$	
المجال الناشئ عن الشحنة التي تحملها حلقة من مادة عازلة بكثافة طولية منتظمة ( $+\lambda$ ) على نصفها وبكثافة طولية منتظمة ( $-\lambda$ ) على النصف الآخر وذلك في النقطة ( $C$ ) التي تقع في مركز الحلقة	$E_c = \frac{4kq}{\pi R^2}$	

الحالة	القانون	التمثيل
المجال الناشئ عن الشحنة التي يحملها لوح موصل مستوي لانهائي وبكثافة سطحية منتظمة ( $\sigma$ ) في النقطة ( $P$ ) التي تبعد عن السطح مسافة ( $r$ ) .	$E_P = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$	
المجال الناشئ عن الشحنة التي يحملها لوح غير موصل مستوي رقيق لانهائي وبكثافة سطحية منتظمة ( $\sigma$ ) في النقطة ( $P$ ) التي تبعد عن السطح مسافة ( $r$ ) .	$E_P = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$	
المجال الناشئ عن الشحنة التي تتوزع بكثافة حجمية ( $\rho$ ) على جسم كروي مصمت نصف قطره ( $r$ ) مصنوع من مادة غير موصلة في نقطة واقعة : 1- داخل الكرة حيث ( $r_1 < r$ ) 2- خارج الكرة حيث ( $r_2 > r$ )	$E_P = k \frac{qr_1}{r^3} \text{ أو } E_P = \frac{\rho r_1}{3\epsilon_0}$ $E_S = k \frac{q}{r_2^2}$	
المجال الناشئ عن الشحنة التي تتوزع بكثافة سطحية ( $\sigma$ ) على جسم كروي مصمت أو كروي رقيق (مفرغ) نصف قطره ( $r_s$ ) مصنوع من مادة موصلة في نقطة واقعة : 1- داخل الكرة حيث ( $r_1 < r_s$ ) 2- خارج الكرة حيث ( $r_2 > r_s$ )	$E_P = 0.0$ $E_S = k \frac{q}{r_2^2}$	
المجال الناشئ عن شحنة نقطية في مركز جسم كروي رقيق مفرغ (هيكل كروي) مصنوع من مادة موصلة 1- داخل تجويف الهيكل ( $r_2 < r_1$ ) 2- داخل الهيكل الكروي ( $r_2 < r_1 < r$ ) 3- خارج الهيكل الكروي	$E_S = k \frac{q}{r_2^2}$ $E_P = 0.0$ $E_W = k \frac{q}{r^2}$	