

الواضح في

الوحدة الثالثة: الكهرباء السكوتية Static Electricity

الدرس الثالث: المواسعة الكهربائية

Electrical Capacitance

الفكرة الرئيسية:

تختلف المواسعات الكهربائية في أشكالها ومقادير مواسعاتها وطرائق توصيلها معاً؛ وتكون أهميتها في قدرتها على تخزين الطاقة الكهربائية، وستعمل في الكثير من التطبيقات العملية.

نماذج التعلم:

- أعرف المواسعة الكهربائية لموصل رياضياً وبالكلمات.
- أمثل بيانياً العلاقة بين تغيرات الجهد الكهربائي بين صفيحتي مواسع وشحنته.
- أوظف الرسم البياني للعلاقة بين الجهد الكهربائي بين صفيحتي مواسع وشحنته في حساب الطاقة المخزنة في المواسع.
- أحسب المواسعة الكهربائية المكافئة لمجموعة مواسع متعلقة على التوازي أو على التوازي.
- أحسب كمية الشحنة على كل مواسع وفرق جهده.

المفاهيم والمصطلحات:

المواسع Capacitor

المواسع ذو الصفيحتين المتوازيتين Parallel-Plate Capacitor

الفاراد Farad

المواسعة Capacitance

المواسعة المكافئة Equivalent Capacitance

الدرس الثاني: الجهد

الكهربائي Electric Potential

الفكرة الرئيسية:

عندما يتحرك جسيم مشحون في مجال كهربائي؛ فإن المجال يؤثر فيه بقوة كهربائية يمكن أن تبذل شغلاً على الجسيم. هذا الشغل يوصف باستخدام مفهومين هما: طاقة الوضع الكهربائية، وفرق الجهد الكهربائي.

نماذج التعلم:

- أربط التغير في طاقة الوضع الكهربائية بالشغل الذي يبذله المجال في تحريك الشحنة من نقطة إلى أخرى في المجال الكهربائي.
- أحسب فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم.
- أحسب الجهد الكهربائي داخل موصل كروي مشحون وخارجه.
- أعرف سطح تساوي الجهد.

المفاهيم والمصطلحات:

سطح تساوي الجهد Equipotential Surfaces

الدرس الأول: المجال الكهربائي Electric Field

الفكرة الرئيسية:

عند شحن جسم موصل؛ فإن الشحنات تستقر على سطحه الخارجي، ولحساب المجال الكهربائي الناشيء عن موصل مشحون نستخدم قانون غاوس.

نماذج التعلم:

- أصف خطوط المجال لتوزيعات متصلة من الشحنات الكهربائية.
- أصف التدفق الكهربائي الذي يختلف سطحاً بمعادلة رياضية.
- أحسب مقدار المجال الكهربائي لتوزيعات متصلة من الشحنات.
- أصف حركة جسيم مشحون في مجال كهربائي منتظم.

المفاهيم والمصطلحات:

التدفق الكهربائي Electric Flux

Gauss's Law

الكتافة السطحية للشحنة

Surface Charge Density

مجال كهربائي منتظم

Uniform Electric Field

تبحث الكهرباء السكوتية في الآثار الناتجة عن تراكم شحنات ساكنة على الأجسام، وبمعرفة التأثيرات التي تحدثها هذه الشحنات في الوسط المحيط بها، يمكن التقليل من الآثار السلبية الناتجة عنها، بالإضافة إلى الاستفادة منها في الكثير من التطبيقات العملية.

الفكرة العامة

الدرس الأول: المجال الكهربائي

الفكرة الرئيسية:

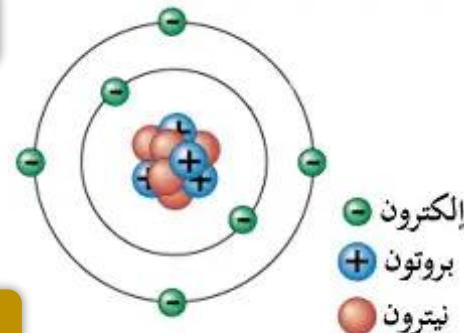
عند شحن جسم موصل، فإن الشحنات تستقر على سطحه الخارجي، ولحساب المجال الكهربائي الناشئ عن موصل مشحون نستخدم قانون غاوس.

قبل أن نبدأ

هي وحدة البناء الأساسية تتكون الذرة من:

- ↳ الكترونات سالبة (e)
- ↳ بروتونات موجبة (p)
- ↳ نيوترونات متعادلة (n)

الذرة



مهم

الذي يفقد أو يكتسب في الذرة فقط الالكترونات

حالات الذرة

سالبة

موجبة

متعادلة

عندما يكون عدد الالكترونات أكبر من عدد البروتونات وهنا الذرة تكتسب الكترونات

$$e > p$$

$$- > +$$

عندما يكون عدد الالكترونات أقل من عدد البروتونات وهنا الذرة تفقد الكترونات

$$e < p$$

$$- < +$$

عندما يكون عدد الالكترونات مساواً لعدد البروتونات

$$e = p$$

$$- = +$$

من هنا نبدأ

يولد الجسم المشحون في الحيز المحيط به مجالاً كهربائياً، يظهر أثره على شكل قوة كهربائية تؤثر في الأجسام المشحونة الأخرى التي تقع ضمن المجال الكهربائي.

تذكر أن

- ❖ الشحنات المتشابهة تتنافر
- ❖ الشحنات المختلفة تتجاذب

الواضح في

للكشف عن المجال الكهربائي، نستخدم شحنة اختبار صغيرة موجبة (q) حيث يؤثر المجال فيها بقوة كهربائية.

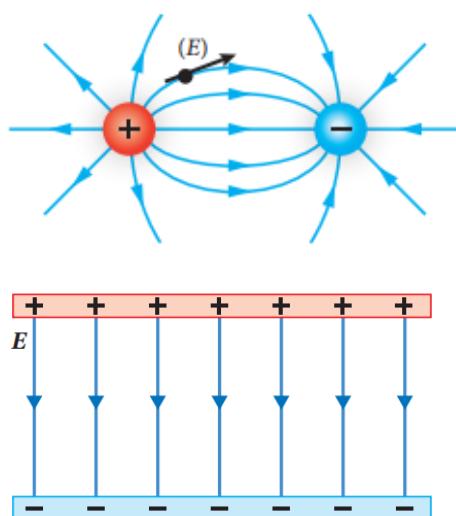
ويتم تحديد وتمثيل خطوط المجال الكهربائي من خلال المسارات التي تسلكها شحنة الاختبار المتحركة تحت تأثير قوة المجال الكهربائي.

ـ ما المقصود بشحنة الاختبار؟

جـ هي شحنة صغيرة موجبة (q) تستخدم للكشف عن المجال الكهربائي وتحديد اتجاه خطوط المجال الكهربائي.

ـ ما المقصود بخطوط المجال الكهربائي؟

جـ هي المسارات التي تسلكها شحنة الاختبار المتحركة تحت تأثير قوة المجال الكهربائي



ـ اذكر خصائص خطوط المجال الكهربائي.

1 وهمية (لانراها)

2 غير مغلقة

3 تكون دائماً خارجة من الشحنة الموجبة

4 تكون دائماً دخلة إلى الشحنة السالبة

5 تدل كثافة الخطوط على مقدار المجال الكهربائي

6 يدل اتجاه المعاكس عند نقطة على اتجاه المجال الكهربائي

القوة الكهربائية (Electric force)

رمزه (F_E)

تقاس بوحدة (N)

كمية متتجهة

هي القوة التي يؤثر بها المجال الكهربائي في الجسم المشحون داخله

$$F_E = Eq$$

الواضح في

المجال الكهربائي (Electric field)

رمزه (E)

يقاس بوحدة (N/C)

كمية متتجهة (يحدد اتجاهه من خلال شحنة اختبار صغيرة موجبة (q))

هو خاصية للحيز المحيط بالجسم المشحون ويظهر أثره على شكل قوى كهربائية

القانون العام لحساب المجال الكهربائي:

$$E = \frac{F_E}{q}$$

حيث:

القوة الكهربائية F_E

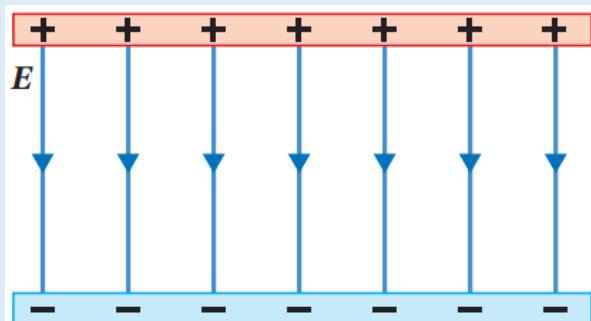
المجال الكهربائي E

الشحنة الكهربائية q

يقسم المجال الكهربائي إلى

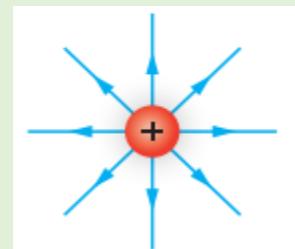
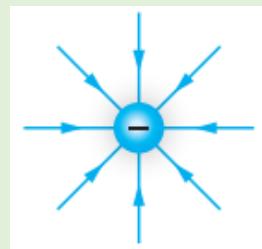
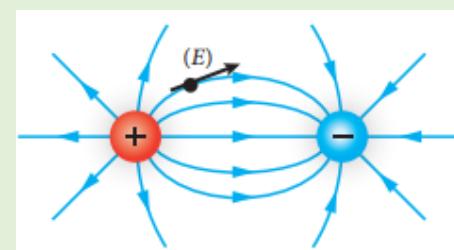
المجال الكهربائي المنتظم

- هو المجال الكهربائي ثابت المقدار والاتجاه عند جميع نقاطه
- تكون خطوط المجال الكهربائي مستقيمة والمسافات بينها متساوية
- ينشأ بين صفيحتين موصلتين مشحونتين بشحنتين متساويتين بالمقدار، احداهما موجبة والأخرى سالبة



المجال الكهربائي غير المنتظم

- هو المجال الكهربائي متغير (غير ثابت) المقدار والاتجاه عند جميع نقاطه
- تكون خطوط المجال الكهربائي منحنية
- والمسافات بينها غير متساوية
- ينشأ عن شحنة نقطية او بين شحنات نقطية



الواضح في

ملاحظة

رمز لاتيني يقرأ
فاي أو فلكس

التدفق الكهربائي (Electric field)

رمزه (Φ_E)
يقاس بوحدة ($N \cdot m^2/C$) أو ($V \cdot m$)
كمية قياسية (لا يوجد له اتجاه)
هو عدد خطوط المجال الكهربائي التي تعبر مساحة محددة، أو هو عدد الخطوط
الكلية التي تخترق سطح ما.
و هو ناتج الضرب القياسي لمحصلة المجال الكهربائي (\vec{E}) في متجه المساحة (\vec{A})

$$\Phi_E = \vec{E} \cdot \vec{A}$$

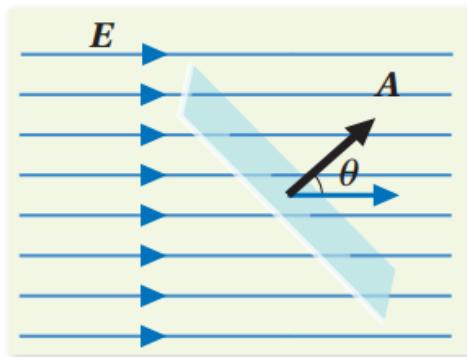
$$\Phi_E = E A \cos \theta$$

التدفق الكهربائي

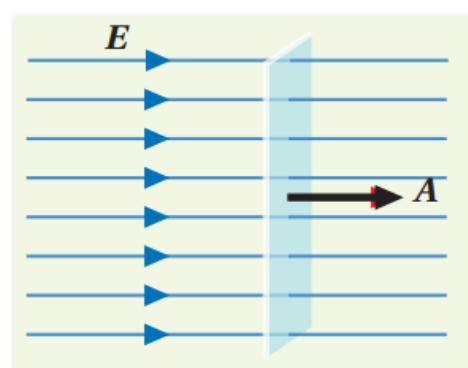
المجال الكهربائي

مقدار المساحة

الزاوية بين \vec{A} و \vec{E}



(ب) : التدفق الكهربائي عبر سطح مستواه يميل عن المجال بزاوية.



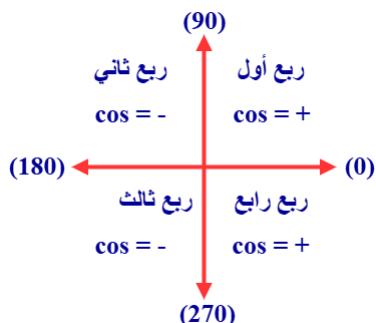
(أ) : التدفق الكهربائي عبر سطح مستواه عمودي على المجال.

الشكل (2): التدفق الكهربائي.

ـ ما المقصود بمحصلة المساحة (\vec{A})؟
ـ هو متجه مقداره يساوي مساحة السطح، ويكون اتجاهه عمودياً على السطح نحو الخارج

ـ أتحقق: ما العوامل التي يعتمد عليها التدفق الكهربائي عبر سطح مستو؟ ✓

الواضح في



تذكر أن

$$\begin{aligned}\cos 0 &= 1 \\ \cos 90 &= 0 \\ \cos 180 &= -1\end{aligned}$$

عليك أن تعلم

$\cos \theta = +$

↳ عندما تكون $0 < \theta < 90$ أو $\theta = 0$ ^{حادة}

$\cos \theta = -$

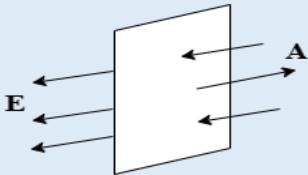
↳ عندما تكون $\theta = 180$ أو $90 < \theta < 180$ ^{منفرجة}

حالات التدفق الكهربائي (Φ_E)

سالب (-)

هذا يعني ان خطوط المجال الكهربائي داخلة إلى السطح وذلك عندما

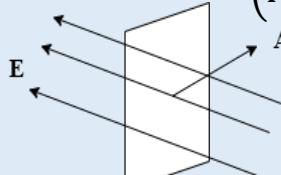
↳ تكون خطوط المجال الكهربائي معاكسة لمحور المساحة $(\theta = 180)$



↳ أوييمكن القول ان خطوط المجال الكهربائي عمودية على مستوى الحلقة

↳ أيضا عندما تكون الزاوية منفرجة بين

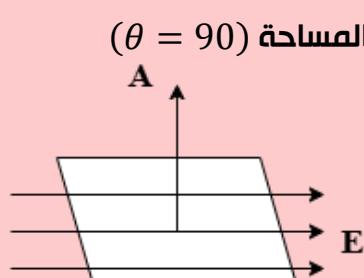
متجهي $(\vec{A} \text{ و } \vec{E})$



منعدم (0)

هذا يعني ان خطوط المجال لا تختلف السطح وذلك عندما

↳ تكون خطوط المجال عمودية على متجه المساحة $(\theta = 90)$

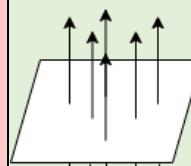


↳ أوييمكن ان نقول خطوط المجال الكهربائي موازية لمستوى السطح.

موجب (+)

هذا يعني ان خطوط المجال الكهربائي خارجة من السطح وذلك عندما

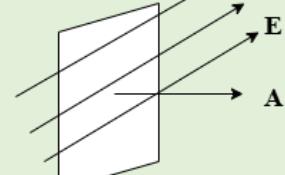
↳ تكون خطوط المجال موازية لمتجه المساحة $(\theta = 0)$



↳ أوييمكن القول ان خطوط المجال الكهربائي عمودية على مستوى السطح

↳ أيضا عندما تكون الزاوية حادة بين

متجه $(\vec{A} \text{ و } \vec{E})$



هذا الكلام من ذهب

تذكرة أن

$$\text{ دائرة } A = \pi r^2$$

عرض \times طول = A مستطيل

$$(\text{الضلع})^2 = A \text{ مربع}$$

عليك ان تميز بين

متجه المساحة و مستوى السطح او الحلقة او الملف او.....

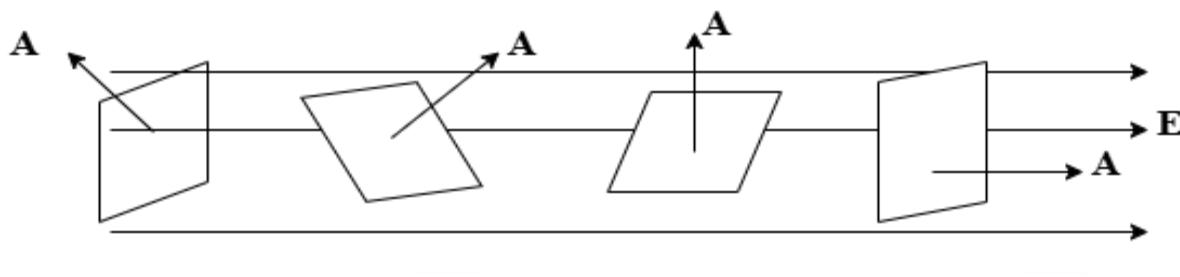
دائها وابدا و خواهه

متجه المساحة عمودي على مستوى السطح او الحلقة او الملف.....

نحن نهتم بالزاوية بين متجه المساحة \vec{A} وخطوط المجال الكهربائي \vec{E}

أمثلة:

- ✿ عندما يكون متجه المساحة موازياً لخطوط المجال أي أن $(\theta = 0)$
- ✿ عندما يكون مستوى السطح عمودياً على خطوط المجال أي أن $(\theta = 90^\circ)$
- ✿ عندما يكون متجه المساحة عمودياً على خطوط المجال أي أن $(\theta = 180^\circ)$
- ✿ عندما يكون مستوى السطح موازياً لخطوط المجال أي أن $(\theta = 270^\circ)$
- ✿ عندما يكون متجه المساحة معاكساً لخطوط المجال أي أن $(\theta = 360^\circ)$
- ✿ عندما تصنع خطوط المجال زاوية (37°) مع متجه المساحة أي أن $(\theta = 37^\circ)$
- ✿ عندما تصنع خطوط المجال زاوية (37°) مع مستوى السطح أي أن $(\theta = 143^\circ)$
- ✿ عندما تصنع خطوط المجال زاوية (120°) مع متجه المساحة أي أن $(\theta = 120^\circ)$
- ✿ عندما تصنع خطوط المجال زاوية (120°) مع مستوى السطح أي أن $(\theta = 240^\circ)$



$$\phi_E = -$$

$$\phi_E = +$$

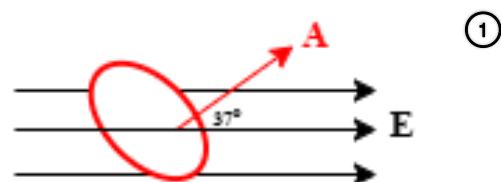
$$\phi_E = 0$$

$$\phi_E = +$$

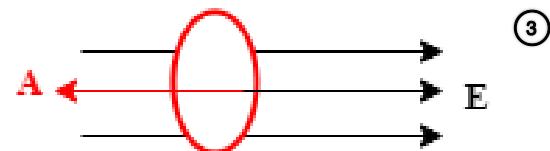
التحولات

سؤال شامل متكامل

ـ حلقة دائرية الشكل مساحتها (40 cm^2) مغمورة في مجال كهربائي منتظم مقداره ($3 \times 10^3 \text{ N/C}$) احسب التدفق الكهربائي في كل من الحالات التالية:



④ عندما تصنع خطوط المجال الكهربائي زاوية (60) مع متوجه المساحة

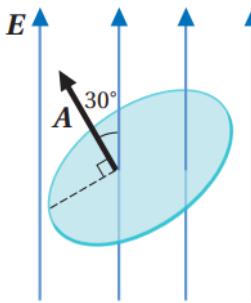


⑥ عندما يكون مستوى الحلقة موازي لخطوط المجال الكهربائي

⑤ عندما تصنع خطوط المجال الكهربائي زاوية (37) مع مستوى الحلقة.

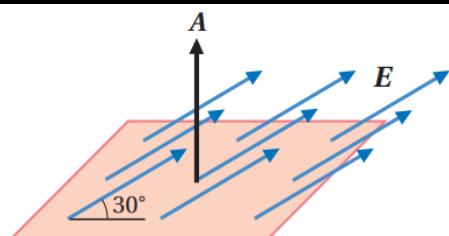
الواضح في

المثال 1



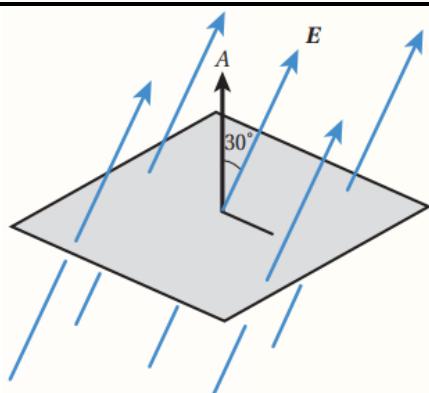
أحسب التدفق الكهربائي عبر سطح دائرة نصف قطرها (0.10 m)، وضعت في مجال كهربائي منتظم مقداره (2.0 \times 10³ N/C) مع المجال، كما يبين الشكل (3).

الشكل (3): حساب التدفق الكهربائي.



تمرين

استخدم الأرقام: مربع طول ضلعه (10 cm) تخترقه خطوط مجال كهربائي منتظم مقداره (240 N/C) ويصنع زاوية (30°) مع سطح المربع، كما يبين الشكل، أحسب التدفق الكهربائي عبر المربع.



مربع طول ضلعه (l)، تخترقه خطوط مجال كهربائي منتظم كما يبين الشكل المجاور، فيكون التدفق عبره (Φ). فإن مقدار المجال (E) يساوي:

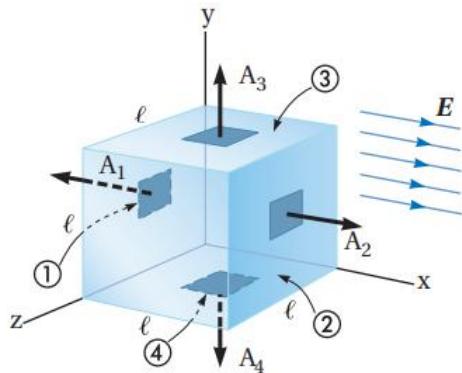
$$\frac{\Phi}{l^2 \cos 30^\circ}$$

$$\frac{\Phi}{l^2 \sin 30^\circ}$$

$$\frac{\Phi}{l \cos 30^\circ}$$

$$\frac{l^2 \cos 30^\circ}{\Phi}$$

Electric Flux Through a Closed Surface



الشكل (4): مكعب موضوع في مجال كهربائي منتظم.

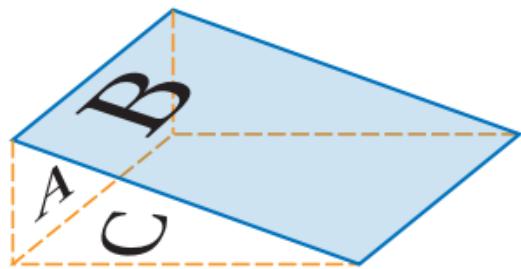
يبين الشكل (4) مكعباً موضوعاً في مجال كهربائي منتظم. يُعد المكعب مثلاً على سطح مغلق. ويمكن حساب التدفق عبر أحد أوجه المكعب باستخدام العلاقة على ذلك السطح نحو الخارج، ثم تحديد الزاوية (θ) بين متجهي المجال والمساحة، وبين الشكل متجهات المساحة المرسومة على أربعة من أوجه المكعب الستة. ويتبين من الشكل الأمور الآتية:

- تختلف خطوط المجال السطح (2) خارجة منه، والزاوية بين متجهي المجال والمساحة ($\theta = 0^\circ$)، فيكون التدفق عبر السطح موجباً ($E_1 = EA \cos 0^\circ = EA$).
- تختلف خطوط المجال السطح (1) داخلة فيه، والزاوية بين متجهي المجال والمساحة ($\theta = 180^\circ$)، فيكون التدفق عبر السطح سالباً ($E_2 = EA \cos 180^\circ = -EA$).
- لا تختلف خطوط المجال السطحين العلوي والسفلي (3 ، 4) حيث الزاوية ($\theta = 90^\circ$)، كذلك لا تختلف الخطوط الأسطح الجانبية الموازية للمجال؛ فيكون التدفق عبر هذه الأسطح يساوي صفرًا.
- التدفق الكلي (Φ_{net}) عبر المكعب هو مجموع التدفق عبر سطوح المكعب ويساوي صفرًا.

$$\Phi_{net} = EA - EA = 0$$

بوجه عام؛ فإن التدفق الكهربائي الكلي الناتج عن مجال كهربائي منتظم عبر سطح مغلق موضوع في المجال يساوي صفرًا.

عند رسم متجه المساحة يجب مراعاة الفرق بين حساب التدفق عبر سطح مغلق وحساب التدفق عبر سطح مستوي، فالأسطح ثلاثة الأبعاد؛ مثل الكرة أو المكعب هي أسطح مغلقة، يرسم متجه المساحة دائماً عمودياً عليها نحو الخارج، فإذا كانت خطوط المجال خارجة من السطح يكون التدفق موجباً، وإذا كانت خطوط المجال داخلة في السطح يكون التدفق سالباً. أما عندما تختلف خطوط المجال سطحاً مستوياً؛ مثل المربع أو الدائرة، فلا توصف خطوط المجال بأنها داخلة أو خارجة من السطح، ويرسم متجه المساحة عادةً مع اتجاه خطوط المجال.



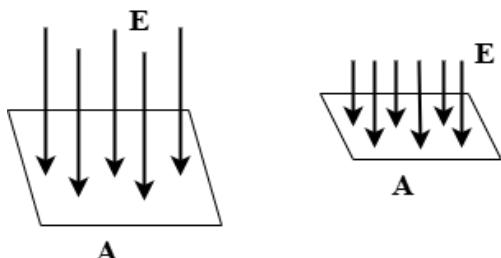
٣) بين الشكل سطحاً مغلقاً على شكل منشور ثلاثي وضع في مجال كهربائي منتظم، فكان التدفق عبر الأسطح الثلاثة كما يأتي: التدفق عبر السطح (A) صفر، التدفق عبر السطح (B) سالب، التدفق عبر السطح (C) موجب، التدفق

الكلي صفر. بناء على هذه النتيجة فإن اتجاه المجال يكون باتجاه محور:

-y -s **+y -s** **-x -s** **+x -s**

تحقق: قد يكون التدفق الكهربائي عبر جزء من سطح مغلق موجباً أو سالباً. علام تدل إشارة التدفق؟ ✓

س/ حلقة دائيرية مغفورة داخل مجال كهربائي منتظم مقداره $5 \times 10^4 N/C$ بحيث
مستواها عمودي على خطوط المجال الكهربائي اذا كان التدفق الكهربائي عبر الحلقة
يساوي $(20 \times 10^2 N.m^2/C)$ فاحسب مقدار مساحة الحلقة .

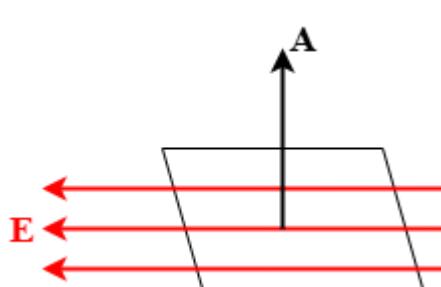


مـ اعتماداً على الشكل فإن العلاقة الصحيحة:

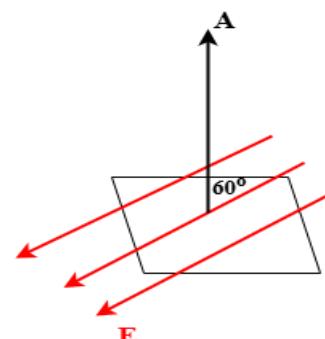
- $E_A = E_B, \Phi_A = \Phi_B$ -1
 - $E_A < E_B, \Phi_A = \Phi_B$ -2
 - $E_A > E_B, \Phi_A > \Phi_B$ -3
 - $E_A < E_B, \Phi_A < \Phi_B$ -5

H.W

ـ صفيحة مربعة الشكل طول ضلعها (60 cm) مغمورة في مجال كهربائي منتظم مقداره (8 × 10³ N/C). احسب التدفق الكهربائي في الحالات التالية:



②



①

④ عندما تصنع خطوط المجال الكهربائي زاوية (30) مع مستوى السطح

③ عندما توازي خطوط المجال الكهربائي متجه المساحة

ـ صفيحة مستطيلة طولها (2 cm) وعرضها (4 cm) وعرفها (2 cm) مغمورة في مجال كهربائي منتظم بحيث مستواها عمودي على خطوط المجال الكهربائي اذا كان التدفق الكهربائي الذي يخترقها (24 N·m²/C) فإن مقدار المجال الكهربائي:

ـ $3 \times 10^4 \text{ N/C}$

ـ 0 N/C

ـ 3 N/C

ـ $3 \times 10^3 \text{ N/C}$

الواضح في

قانون غاوس (Gauss's law)

↳ يوضح قانون غاوس العلاقة بين التدفق الكهربائي الكلي عبر سطح مغلق (Φ_E) والشحنة الكهربائية المحتواه داخله (q_{in})

↳ ينص على أن «التدفق الكهربائي عبر سطح مغلق يساوي الشحنة الكلية داخل السطح مقسومة على السماحية الكهربائية للهواء ϵ_0 (الوسط المحيط بالشحنة)».

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

↳ حيث:

q_{in} : الشحنة الكلية المحتواه داخل السطح.

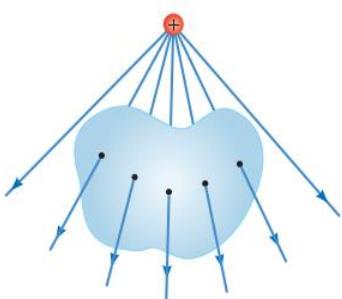
ϵ_0 : السماحية الكهربائية للهواء $\rightarrow 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$

مهم جداً

التدفق الكهربائي الكلي عبر سطح مغلق لا يعتمد على شكل السطح.

بعض الأمثلة على قانون غاوس

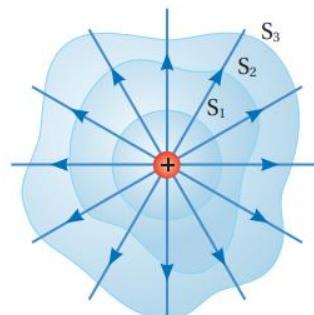
2



(ب): الشحنة المولدة للمجال تقع خارج السطح فيكون عدد الخطوط الداخلة إلى السطح مساوياً لعدد الخطوط الخارجة منه.

يوضح الشكل شحنة مولدة تقع خارج السطح ويكون التدفق الكهربائي الكلي عبر السطح المغلق يساوي صفرًا. لأن الشحنة خارج السطح ولأن عدد الخطوط الداخلة إلى السطح يساوي عدد الخطوط الخارجة منه.

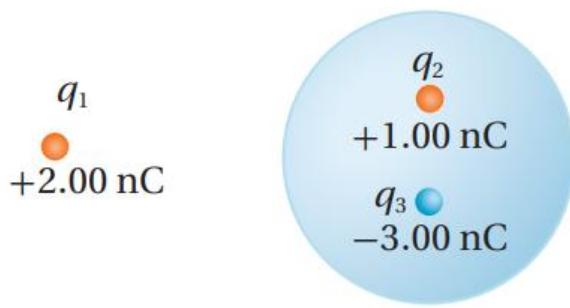
1



(أ): التدفق عبر سطح مغلق يعتمد على الشحنة الكلية داخل السطح، ولا يعتمد على شكل السطح.

يوضح الشكل ثلاثة أسطح مختلفة (S_1, S_2, S_3) تحيط بشحنة نقطية (q) ويكون التدفق الكلي متساوياً عبر الأسطح الثلاثة ($\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi_3$) لأن عدد الخطوط الكلي التي تختلف كلاً من الأسطح الثلاثة يكون متساوياً

المثال 2



الشكل (6): التدفق عبر سطح كروي
بداخله شحنات نقطية.

ثلاث شحنات نقطية موضوعة في الهواء، كما يبين الشكل (6)، معتمداً على البيانات المثبتة في الشكل؛ أحسب التدفق الكهربائي عبر السطح الكروي، علماً أن $(\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} C^2/N.m^2)$.

تمرين

سطح كروي مغلق يحتوى في داخله على (3) شحنات كهربائية هي

$$Q_1 = -2 \times 10^{-6} C \quad Q_2 = 4 \times 10^{-6} C \quad Q_3 = 6 \times 10^{-6} C$$

بـ- إذا تضاعفت الشحنة (Q_2) مرتين فاحسب التدفق الكهربائي عبر السطح الكروي

المغلق علماً أن $(\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} C^2/N.m^2)$

أـ- احسب التدفق الكهربائي عبر السطح

الكروي المغلق علماً أن $(\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} C^2/N.m^2)$

سطح غاوس كروي الشكل يحيط بشحنة نقطية (q)، موضوعة عند مركز السطح. أوضح ما يحدث للتدفق الكهربائي في الحالات الآتية:

ب- مضاعفة الشحنة داخل السطح ثلاثة مرات.

أ- إزاحة الشحنة عن المركز مع بقائهما داخل السطح.

د- استخدام مكعب يحيط بالشحنة (q) بدلاً من السطح الكروي.

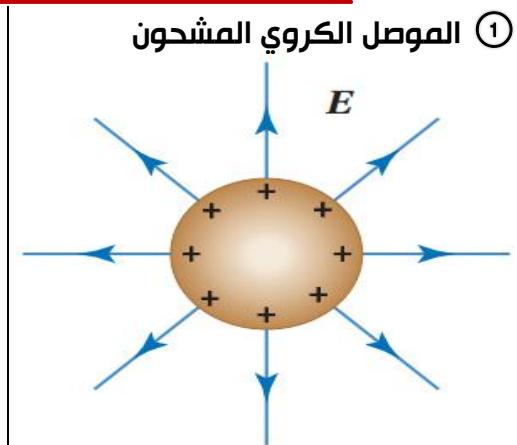
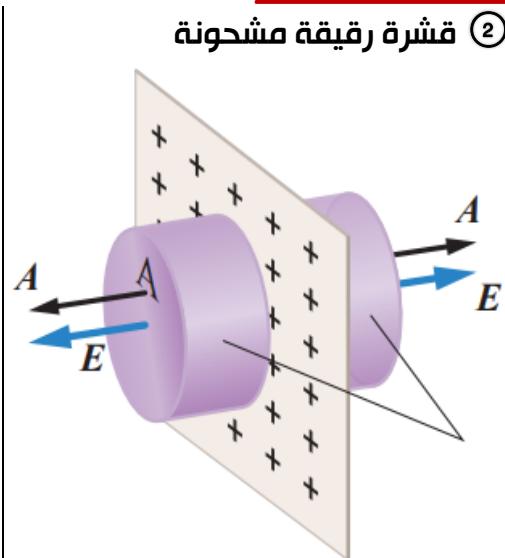
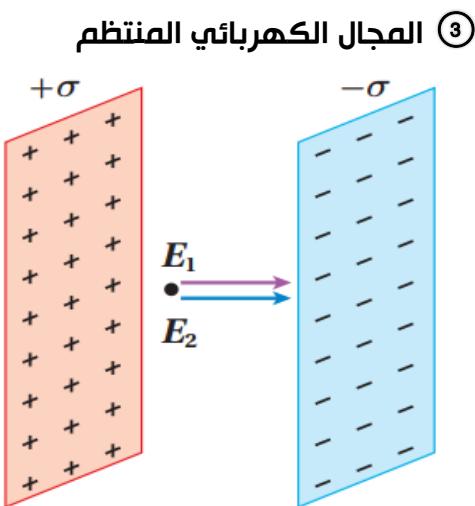
ح- مضاعفة نصف قطر السطح الكروي المحيط بالشحنة (q) مرتين.

المجالات الكهربائية لتوزيعات متصلة من الشحنات

Electric Fields of a Continuous Charge Distributions

من التطبيقات المهمة لقانون غاوس، استخدامه في حساب المجالات الكهربائية الناشئة عن توزيعات متصلة من الشحنات الكهربائية.

من الأمثلة على توزيع متصل من الشحنات:



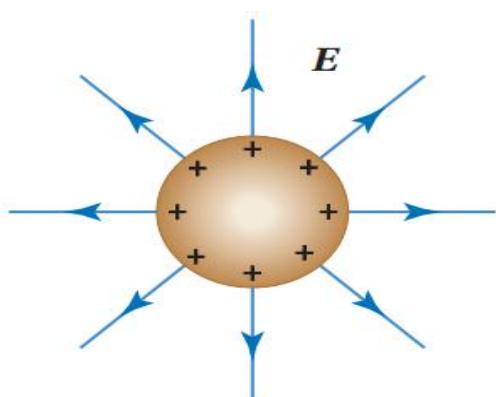
الشكل (14): المجال الكهربائي عند نقطة بين صفيحتين متوازيتين مشحونتين يساوي المجال المحصل الناتج عن الصفيحتين.

الشكل (13): قشرة رقيقة مستوية لا نهاية الأبعاد، مشحونة بشحنة موجبة.

الشكل (8): تتواء الشحنات الكهربائية على السطح الخارجي للموصل الكروي بانتظام؛ فتولّد حوله مجالاً كهربائياً، وترسم خطوط المجال الكهربائي عموديةً على سطح الموصل.

ملاحظة

عند شحن جسم موصل فإن الشحنات تبتعد عن بعضها البعض بسبب تناقضها وتسقّر على السطح الخارجي للموصل



أتحقق: لماذا تتواء الشحنات على السطح الخارجي للموصل المشحون، ولا تسقّر في الداخل؟

الواضح في

ملاحظة

σ : تلفظ (سيغما)

الكثافة السطحية للشحنة (Surface Charge Density)

رموزها (σ)

تقاس بوحدة C/m^2

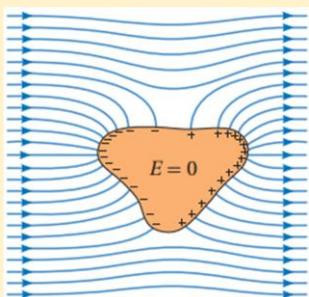
هي كمية الشحنة لكل وحدة مساحة

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

الربط بالเทคโนโลยيا

قفص فارادي؛ عبارة عن وعاء أو جسم موصل يمنع المجال الكهربائي من اختراقه. سُمّي قفص فارادي نسبة إلى العالم مايكل فارادي الذي ابتكر هذا القفص لأول مرة في عام 1836م.

وتتمثل آلية عمله في أن المجال الكهربائي الخارجي يتسبب في شحن القفص الفلزي بالحث، كما هو مبين في الشكل، فينشأ داخله مجال كهربائي مساو للمجال الخارجي ومعاكس له في الاتجاه؛ فيكون المجال المحصل داخل القفص صفرًا. من التطبيقات العملية على قفص فارادي؛ حماية الأجهزة الإلكترونية من المجالات الكهرومغناطيسية عن طريق تغليفها بمادة موصلة، كذلك؛ فإن هيكل السيارة أو الطائرة هو قفص فارادي يوفر الحماية لمن بداخلها في أثناء تعرضها إلى صاعقة برق.



ستقتصر دراستنا على حساب المجالات الكهربائية للتوزيعات الآتية:

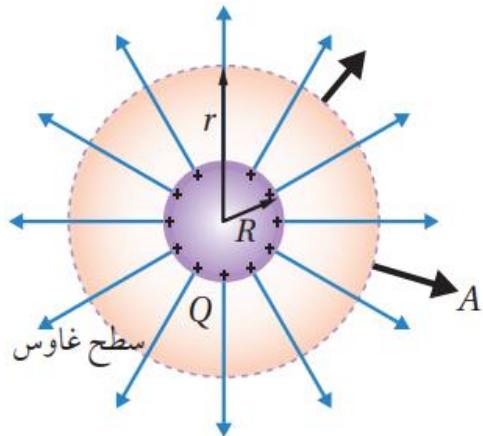
أولاً: موصل كروي مشحون

ثانياً: قشرة رقيقة مشحونة

ثالثاً: صفيحتان متوازيتان مشحونتان بشحنتين مختلفتين في النوع ومتتساويتين بالمقدار (مجال كهربائي منتظم)

أولاً: المجال الكهربائي لكرة موصولة مشحونة

Electric Field of a Charged Conducting Sphere



الشكل (9): بتطبيق قانون غالوس يمكن حساب المجال الكهربائي خارج الموصل الكروي المشحون.

يبين الشكل (9) كرة موصولة نصف قطرها (R), تتوزع على سطحها الخارجي شحنة (Q) بشكل منتظم. ولحساب المجال الكهربائي عند نقطة خارج الكرة وعلى بعد ($r > R$) من مركزها، تتبع الخطوات الآتية:

- نرسم سطح غالوس، وهو سطح كروي وهمي مغلق يحيط بالكرة، نصف قطره (r), بحيث يكون مركز السطح هو مركز الكرة الموصولة نفسه. ونلاحظ أن مقدار المجال (E) متساوي عند النقاط الواقعة على سطح غالوس جميعها.
- نرسم متوجه المساحة عند أي نقطة على السطح، فيكون متوجه المساحة في هذه الحالة موازيًّا للمجال عند النقاط الواقعة على السطح جميعها ($\theta = 0^\circ$), ويكون التدفق الكلي عبر السطح:

$$\Phi = EA$$

حيث مساحة سطح غالوس للكرة ($A = 4\pi r^2$)

- بتطبيق قانون غالوس، فإن التدفق الكهربائي عبر السطح ($\Phi = \frac{q_{in}}{\epsilon_0}$ ، وبذلك نعبر عن التدفق بالصورة الآتية:

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

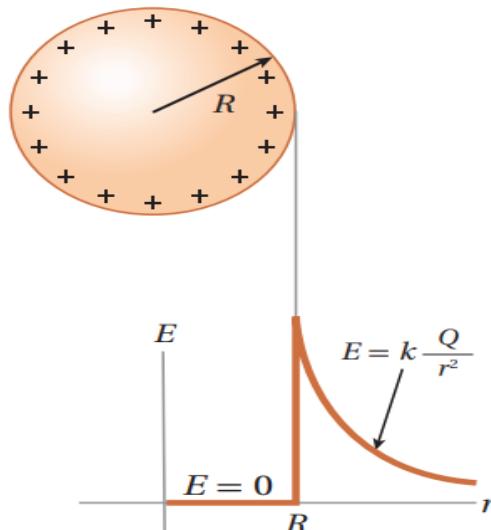
$$E(4\pi r^2) = \frac{q_{in}}{\epsilon_0}$$

- نعرض شحنة الكرة على أنها الشحنة داخل سطح غالوس ($q_{in} = Q$)؛ فنتوصل إلى أن المجال الكهربائي:

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

- يمكن التعبير عن الثوابت بالرمز ($\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = k$ ثابت كولوم، حيث $(K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2)$).

الواضح في



الشكل (10): العلاقة بين المجال الكهربائي والبعد عن مركز موصل كروي مشحون.

وبذلك يمكن التعبير عن المجال الكهربائي بالصورة الآتية:

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

تستخدم هذه العلاقة لحساب المجال الكهربائي عند نقطة تقع خارج الكرة الموصلة المشحونة، أو عند نقطة قريبة جداً من سطح الكرة. وتوضح هذه العلاقة أن المجال خارج الكرة يماثل مجال الشحنة النقطية (الذي درسته سابقاً). أما المجال داخل الكرة فيساوي صفرًا، ويبين الشكل (10) تمثيلاً بيانياً للعلاقة بين المجال الكهربائي والبعد عن مركز الكرة.

✓ أتحقق: ما العوامل التي يعتمد عليها المجال الكهربائي عند نقطة تقع خارج موصل كروي مشحون؟

أفكِر

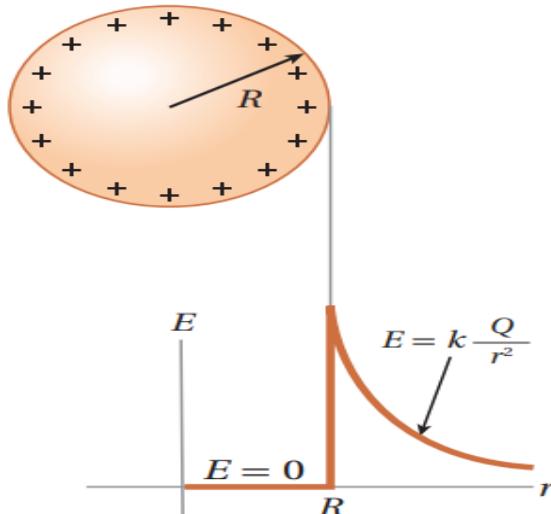
أثبت باستخدام قانون غاوس أن «المجال الكهربائي داخل الموصل الكروي المشحون يساوي صفرًا»

تقسيم الكرة إلى

العزلة

الموصولة

الواضح في



الشكل (10): العلاقة بين المجال الكهربائي والبعد عن مركز موصل كروي مشحون.

نلاحظ من الشكل ومن التمثيل البياني أن المجال الكهربائي يساوي صفرًا في مركز الموصل وداخله وعند سطح الموصل يكون له أكبر قيمة وكلما ابتعدنا من السطح نحو خارج الموصل يبدأ المجال الكهربائي بالتناقص تدريجياً

المختصر

داخل الموصل الكروي $E = 0$

عند نقطة قريبة جدًا من سطح الموصل الكروي $E = \frac{kQ}{r^2} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

عند نقطة تقع خارج الموصل الكروي المشحون $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \times \frac{R^2}{r^2}$

حيث:

يُقاس $E = \text{---} N/C$: المجال الكهربائي

$Q \rightarrow C$: الشحنة الكهربائية

$R \rightarrow m$: نصف قطر الموصل الكروي

$r \rightarrow m$: نصف قطر سطح غاوس

$\sigma \rightarrow C/m^2$: الكثافة السطحية للشحنة

$k = 9 \times 10^9 N \cdot m^2/C^2$: ثابت كولوم

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} C^2/N \cdot m^2$: السماحية الكهربائية للهواء

شحنة الالكترون $e = 1.6 \times 10^{-19} C$

ملاحظة

يجب حفظ وحدة قياس كل من k و ϵ_0

استخدم السماحية الكهربائية للهواء $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$ اينما يلزم

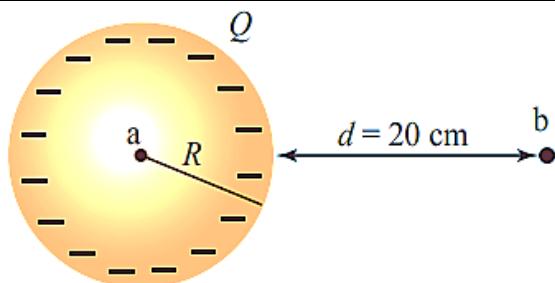
المثال 3

كرة موصولة معلقة نصف قطرها (R) موضوعة في الهواء، مشحونة بشحنة كهربائية موجبة موزعة على سطحها بانتظام بكثافة سطحية (σ).

ا- أثبت أن المجال الكهربائي عند نقطة خارج الكرة وعلى بعد (r) من مركزها يعطى

$$E = \frac{\sigma R^2}{\epsilon_0 r^2}$$

ب- إذا كانت الكثافة السطحية للشحنة ($3.1 \times 10^{-7} \text{ C/m}^2$), ونصف قطر الكرة (0.2 m), فما مقدار المجال الكهربائي عند نقطة خارج سطح الكرة وقريبة جدًا منه؟



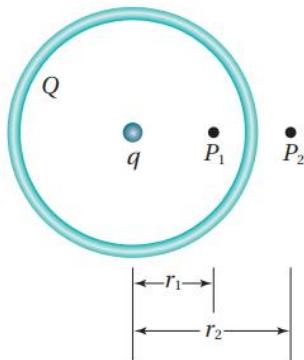
الشكل (11): كرة نحاسية مشحونة بشحنة سالبة.

تمرين

استخدم الارقام: يوضح الشكل (11) كرة نحاسية نصف قطرها (10 cm), موضوعة في الهواء ومشحونة بشحنة سالبة ($-12 \mu\text{C}$). مستعينا بالشكل، أجد المجال الكهربائي عند كل من النقطتين (b, a).

الواضح في

المثال 4



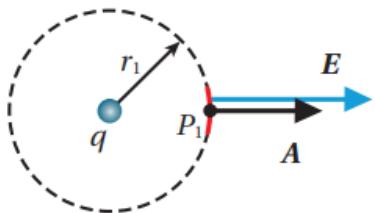
الشكل (12/أ): كرة موجفة وشحنة نقطية.

كرة بلاستيكية موجفة؛ نصف قطرها (10 cm) مشحونة بشحنة سالبة ($Q = -16 e$) موزعة على سطحها بانتظام. وضع عند مركزها شحنة نقطية ($q = +5 e$). ما مقدار المجال واتجاهه عند النقطتين (P_1) و (P_2) المبينتين في الشكل (12/أ)؟

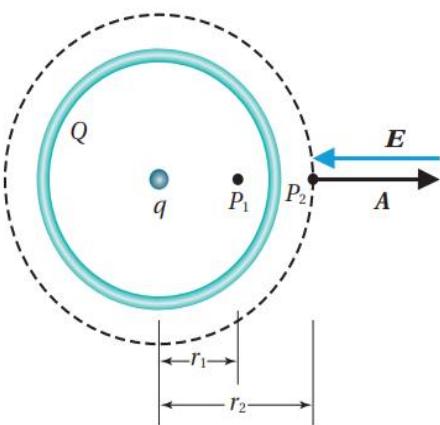
حيث ($r_2 = 12.0 \text{ cm}$) ، ($r_1 = 6.0 \text{ cm}$)

الحل:

لحساب المجال الكهربائي عند النقطة (P_1) نرسم سطح غاوس، وهو سطح كروي نصف قطره (r_1)، بحيث تقع (P_1) على السطح كما يبين الشكل (12/ب). ثم نرسم متوجه المجال عموديًا على السطح خارجا منه؛ لأن الشحنة الكلية داخل السطح موجبة ($q_{in} = q$). فتكون الزاوية بين متوجهي المجال والمساحة تساوي صفرًا ($\theta = 0^\circ$).



الشكل (12/ب): حساب المجال الكهربائي عند (P_1).



الشكل (12/ج): لحساب المجال عند (P_2) نرسم سطح غاوس بحيث تقع النقطة عليه.

نطبق قانون غاوس:

$$EA \cos 0^\circ = \frac{q_{in}}{\epsilon_0}$$

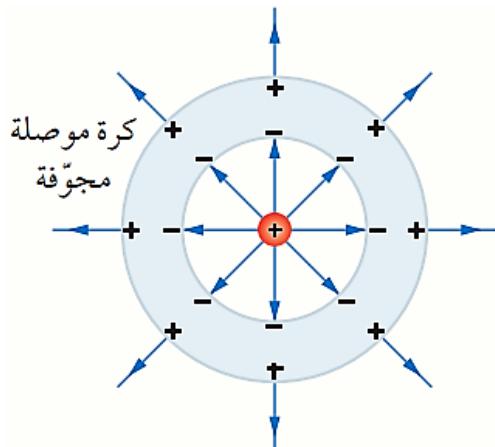
$$E(4\pi r_1^2) = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{5e}{4\pi\epsilon_0 \times (6.0 \times 10^{-2})^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 1.6 \times 10^{-19}}{36 \times 10^{-4}} = 2.0 \times 10^{-6} \text{ N/C}$$

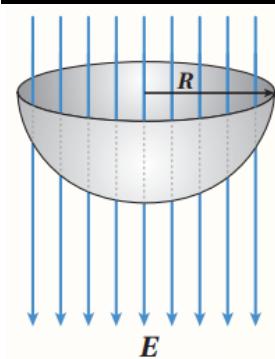
لحساب المجال الكهربائي عند النقطة (P_2)؛ تتبع الخطوات ذاتها، فنرسم سطح غاوس كما يبين الشكل (12/ج)، ونلاحظ أن الشحنة الكلية داخل سطح غاوس سالبة ($q_{in} = Q + q = -11e$)؛ فنرسم متوجه المجال داخلا في السطح، وتكون الزاوية بين متوجهي المجال والمساحة ($\theta = 180^\circ$). وبتطبيق قانون غاوس:

$$EA \cos(180^\circ) = \frac{q_{net}}{\epsilon_0} \rightarrow E = \frac{-11e}{4\pi\epsilon_0 \times (12.0 \times 10^{-2})^2} = 1.1 \times 10^{-6} \text{ N/C}$$

الواضح في



ـ التفكير الناقد: وضع شحنة نقطية $(+Q)$ في مركز كرة موصولة مجوفة ومتعدلة كهربائياً؛ فشحنت الكرة بالحث كما يبين الشكل المجاور. مستخدماً قانون غاوس؛ أصف المجال الكهربائي عند نقطة تقع داخل مادة الكرة، وعند نقطة تقع خارج الكرة.

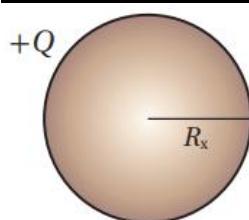


ـ سطح غاوس على شكل نصف كرة مجوفة نصف قطرها (R) ، كما هو مبين في الشكل، موضوعة في مجال كهربائي (E) باتجاه محور (y) . التدفق الكهربائي عبر السطح الجانبي لنصف الكرة:

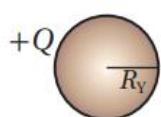
- ـ $-\pi R^2 E$ ـ $\pi R^2 E$
 ـ $-2\pi R E$ ـ $2\pi R E$

ـ كررة موصلية نصف قطرها (R), وكررة موصلية ثانية نصف قطرها $\left(\frac{R}{2}\right)$, تحملان شحنتين متساويتين, ولا تؤثران في بعضهما بعضاً. إذا كان المجال الكهربائي على بعد ($r > R$) من مركز الكررة الأولى (E_1); فإن المجال الكهربائي على بعد نفسه من مركز الكررة الثانية يعطى بالعلاقة:

$$E_2 = E_1 \rightarrow \quad E_2 = \frac{1}{4}E_1 \rightarrow \quad E_2 = \frac{1}{2}E_1 \rightarrow \quad E_2 = 2E_1 \rightarrow$$



ـ كرتان موصلتان (X, Y) مشحونتان بمقدار الشحنة نفسه. الكثافة السطحية للشحنة على سطح الكررة (X) تساوي (σ) إذا علمت أن نصف قطر الكررة (X) مثلي نصف قطر الكررة (Y), فإن مقدار المجال الكهربائي عند نقطة تقع بالقرب من سطح الكررة (Y) بدلالة (σ) يساوي:



$$\frac{2\sigma}{\epsilon_0} \rightarrow \quad \frac{4\sigma}{\epsilon_0} \rightarrow \\ \frac{\sigma}{4\epsilon_0} \rightarrow \quad \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \rightarrow$$

ـــ كـــرة مـــوصـــلة قـــطـــرها (2.4 m) مـــشـــدونـــة بـــشـــحـــنـــة مـــوـــجـــبـــة مـــوزـــعـــة عـــلـــى ســـطـــحـــهـــا بـــاـــنـــظـــامـــ، بـــكـــثـــافـــة ســـطـــحـــيـــة مـــقـــدـــارـــهـــا (80 $\mu C/m^2$). أـــجـــدـــ مـــاـــيـــأـــتـــيـــ:

- ـــ الشـــحـــنـــة الـــكـــلـــيـــة لـــلـــكـــرـــةـــ.
- ـــ مـــقـــدـــارـــ التـــدـــفـــ الـــكـــلـــيـــ الـــذـــي يـــخـــرـــجـــ مـــنـــ ســـطـــحـــ الـــكـــرـــةـــ.

ـــ تـــعـــدـــ الـــكـــرـــة الـــأـــرـــضـــة مـــوـــصـــلـــا كـــرـــوـــيـــا يـــحـــمـــلـــ شـــحـــنـــة كـــهـــرـــبـــائـــيـــة ســـالـــبـــةـــ، وـــالـــقـــيـــمـــة الـــمـــتـــوـــســـطـــة لـــمـــجـــالـــهـــاـــ الـــكـــهـــرـــبـــائـــيـــ تـــســـاـــوـــيـــ (150 N/C) وـــاتـــجـــاهـــ الـــخـــطـــوـــطـــ نـــحـــوـــ مـــرـــكـــزـــ الـــأـــرـــضـــ. إـــذـــا عـــلـــمـــتـــ أـــنـــ نـــصـــفـــ قـــطـــرـــ الـــأـــرـــضـــ (6367 km)؛ فـــأـــجـــيـــبـــ عـــمـــاـــيـــأـــتـــيـــ:

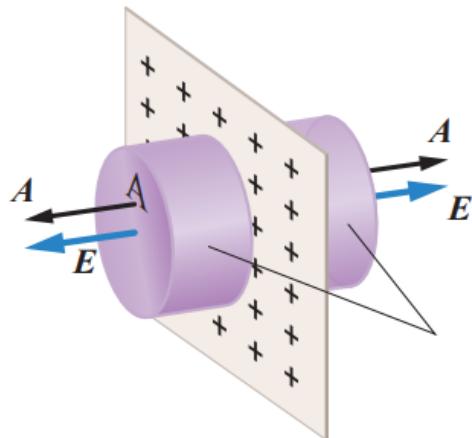
- ـــ مـــقـــدـــارـــ الـــكـــثـــافـــةـــ الســـطـــحـــيـــةـــ لـــلـــشـــحـــنـــةـــ الـــكـــهـــرـــبـــائـــيـــةـــ عـــلـــىـــ ســـطـــحـــ الـــأـــرـــضـــ؟
- ـــ مـــقـــدـــارـــ الشـــحـــنـــةـــ الـــكـــلـــيـــةـــ الـــذـــيـــ تـــحـــمـــلـــهـــاـــ الـــأـــرـــضـــ؟

ـــ كــــرـــة فـــلـــزـــيـــ نـــصـــفـــ قـــطـــرـــهـــا (20 cm) وـــكــــرـــة فـــلـــزـــيـــ ثـــانـــيـــةـــ نـــصـــفـــ قـــطـــرـــهـــا (10 cm)، تـــحـــمـــلـــانـــ شـــحـــنـــتـــيـــنـــ مـــتـــســـاوـــيـــتـــيـــنـــ وـــلـــا تـــؤـــثـــرـــانـــ فـــيـــ بـــعـــضـــهـــمـــاـــ. إـــذـــا كــــاـــنـــ الـــمـــجـــالـــ الـــكـــهـــرـــبـــائـــيـــ عـــلـــىـــ بـــعـــدـــ (30 cm) مـــنـــ مـــرـــكـــزـــ الـــأـــوـــلـــيـــ (E₁)؛ فـــإـــنـــ الـــمـــجـــالـــ الـــكـــهـــرـــبـــائـــيـــ عـــلـــىـــ الـــبـــعـــدـــ نـــفـــســـهـــ مـــنـــ مـــرـــكـــزـــ الـــكـــرـــةـــ الـــثـــانـــيـــ يـــعـــطـــىـــ بـــالـــعـــلـــاـــقـــةـــ:

$$E_2 = E_1 \quad \text{---} \quad E_2 = \frac{1}{4} E_1 \quad \text{---} \quad E_2 = \frac{1}{2} E_1 \quad \text{---} \quad E_2 = 2E_1$$

ثانياً: المجال الكهربائي لشارة موزعة على قشرة مستوية لا نهائية الأبعاد

Electric Field of an Infinite Plane Sheet of Charge



الشكل (13): قشرة رقيقة مستوية لا نهائية الأبعاد، مشحونة بشحنة موجبة.

يبين الشكل (13) مقطعاً من قشرة رقيقة مستوية لا نهائية الأبعاد، القشرة مشحونة بشحنة موجبة تتوزع على سطحها بكتافة سطحية منتومة (σ)، ويبيّن الشكل أن خطوط المجال الكهربائي عمودية على سطح القشرة، كما يبيّن الشكل أن اتجاه المجال على أحد جانبي القشرة عكس اتجاهه على الجانب الآخر. باستخدام قانون غاوس، يمكن حساب المجال الكهربائي الناتج عن القشرة، باتباع الخطوات الآتية:

- نختار جزءاً من القشرة مساحته (A ، ونرسم سطح غاوس الذي يحيط بهذا الجزء على شكل اسطوانة مساحة كل من قاعدتيها (A).
- نرسم متجه المساحة عمودياً على قاعدتي الأسطوانة، فيكون المتجه (A) موازياً للمجال (E) على جانبي القشرة، أما السطح الجانبي للإسطوانة فلا تخترقه خطوط المجال.
- نطبق قانون غاوس لحساب التدفق الكلي عبر سطح غاوس:

$$E(2A) = \frac{q_{in}}{\epsilon_0}$$

حيث يمثل ($2A$) مجموع مساحتتي وجهي الأسطوانة.

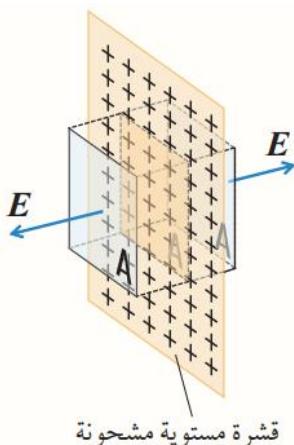
- نعرض الشحنة داخل سطح غاوس ($q_{in} = \sigma A$)؛ فننصل إلى أن المجال الكهربائي:

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

توضح هذه العلاقة أن المجال الكهربائي للقشرة الالهائية الأبعاد مجال منتظم لا يعتمد على بعد النقطة التي يقاس عندها المجال عن القشرة. وتستخدم لحساب مقدار المجال الكهربائي سواء كانت شحنة القشرة موجبة أو سالبة. حيث تعوض الكثافة السطحية للشحنة بدون الإشارة.

أتحقق: أصف خطوط المجال الكهربائي الناشئ عن قشرة رقيقة مستوية لا نهائية الأبعاد مشحونة بشحنة موجبة.

أفكر



هل يمكن التوصل إلى حساب المجال الكهربائي الناتج عن قشرة مشحونة لانهائية الأبعاد؛ بافتراض سطح غاوس الوهمي، على شكل مكعب مساحة وجهه (A)، كما في الشكل. أوضح إجابتي.

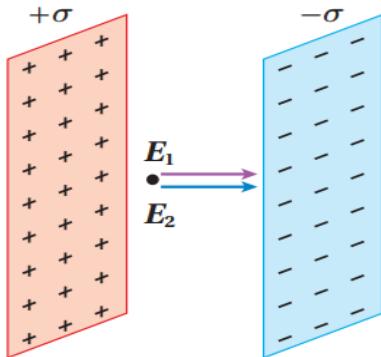
المثال 5

قشرة رقيقة مشحونة بشحنة كهربائية سالبة موزعة على سطحها بثافة سطحية $(8 \times 10^{-7} \text{ C/m}^2)$. إذا كانت أبعاد القشرة كبيرة، فأجد المجال عند نقطة قريبة جدًا من منتصف القشرة علماً أن السعادية الكهربائية للهواء $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$.

المثال 6

كرة صغيرة مشحونة، كتلتها $(10.0 \mu\text{g})$ وشحنتها $(0.700 \mu\text{C})$ ، تستقر ساكنة فوق قشرة رقيقة مستوية لا نهاية الأبعاد مشحونة بشحنة موجبة تتوزع على سطحها بانتظام، أحسب الكثافة السطحية للشحنة الموزعة على سطح القشرة ($g = 10.0 \text{ m/s}^2$) علماً أن السعادية الكهربائية للهواء $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$.

ثالثاً: المجال الكهربائي المنتظم



الشكل (14): المجال الكهربائي عند نقطة بين صفيحتين متوازيتين مشحونتين يساوي المجال المحصل الناتج عن الصفيحتين.

يمكن الحصول على مجال كهربائي منتظم بوضع صفيحتين موصلتين متماثلتين متوازيتين ومتقابلتين، وتفصل بينهما مسافة قصيرة مقارنة ببعادهما، كما يبين الشكل (14)، ثم شحنها بشحتين مختلفتين نوعاً، متساوين مقداراً.

يمكن حساب المجال الكهربائي في المنطقة الواقعية بين الصفيحتين، بافتراض أن كل صفيحة قشرة رقيقة، فيكون المجال الناشئ عن الصفيحة الموجبة (E_1)، والمجال الناشئ عن الصفيحة السالبة (E_2)، ويكون المجال المحصل (E) مساوياً لناتج جمع المجالين؛ لأنهما بالاتجاه نفسه.

$$\begin{aligned} E &= E_1 + E_2 \\ &= \frac{\sigma}{2 \epsilon_0} + \frac{\sigma}{2 \epsilon_0} \\ &\Leftarrow E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \end{aligned}$$

هذه العلاقة لحساب المجال الكهربائي المنتظم بين صفيحتين

تذكرة أن

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

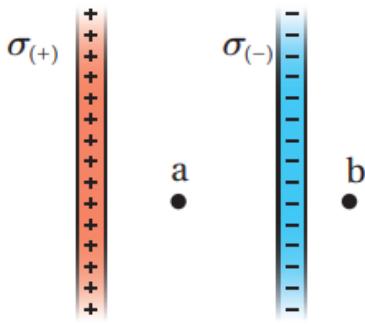
حيث:

تقاس $\sigma \rightarrow C/m^2$: مقدار الكثافة السطحية للشحنة على الصفيحة الواحدة
 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} C^2/N \cdot m^2$: السعادية الكهربائية للهواء

عليك أن تعلم

$$\text{القوة الكهربائية } F_E = Eq$$

أتحقق: كيف يمكن حساب المجال الكهربائي في الحيز بين صفيحتين متوازيتين مشحونتين بشحتين مختلفتين نوعاً متساوين مقداراً؟



الشكل (15/أ): صفيحتان متوازيتان مشحونتان.

يبين الشكل (15/أ) صفيحتان موصلتان مشحونتان بشحنتين كهربائيتين؛ إحداهما موجبة والأخرى سالبة، موزعة عليهما بانتظام؛ بكثافة سطحية $\sigma = 3.54 \times 10^{-7} C/m^2$ ، إذا كانت أبعاد الصفيحتين كبيرة بالنسبة للمسافة الفاصلة بينهما، أجد المجال الكهربائي عند كل من النقطتين (a)، و (b) علما أن السماحية الكهربائية للهواء

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} C^2/N \cdot m^2$$

ـ صفيحتان موصلتان مشحونتان بشحنتين كهربائيتين، إحداهما موجبة والأخرى سالبة، موزعة عليهما بانتظام بكثافة سطحية (σ)، إذا كان المجال الكهربائي بين الصفيحتين $(2 \times 10^4 N/C)$ ، وإذا علمت أن السماحية الكهربائية للهواء ($\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} C^2/N \cdot m^2$) احسب الكثافة السطحية للشحنة (σ)

✿ حركة جسيم مشحون في مجال كهربائي منتظم

Motion of a charged Particle in a Uniform Electric Field

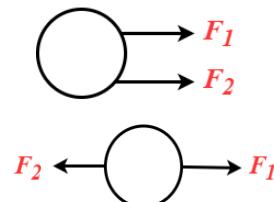
❖ قبل أن نبدأ تذكر:

القانون الثاني لنيوتن $\Rightarrow \sum F = ma$

حالات المحصلة

$$\left. \begin{array}{l} \sum F = F_1 + F_2 \\ \sum F = F_1 - F_2 \end{array} \right\}$$

عندما تكون القوى بنفس الاتجاه نجمع والاتجاه معهم
عندما تكون القوى عكس الاتجاه نطرح والاتجاه مع الأكبر



حيث:

معادلات الحركة بتسارع ثابت

$$\left. \begin{array}{l} V_f = V_i + at \\ V_f^2 = V_i^2 + 2a\Delta X \\ \Delta X = V_i t + \frac{1}{2}at^2 \end{array} \right\}$$

تقاس: محصلة القوى $\sum F \rightarrow N$

الكتلة $m \rightarrow kg$

التسارع $a \rightarrow m/s^2$

السرعة النهائية $V_f \rightarrow m/s$

السرعة الابتدائية $V_i \rightarrow m/s$

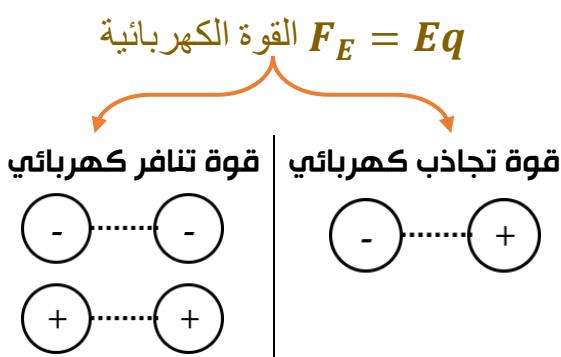
الזמן $t \rightarrow s$

الإزاحة $\Delta X \rightarrow m$

القوة الكهربائية $F_E \rightarrow N$

المجال الكهربائي $E \rightarrow N/C$

الشحنة الكهربائية $q \rightarrow C$



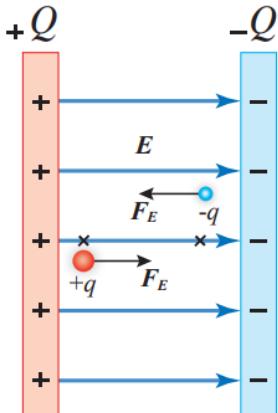
شحنة البروتون $q_p = 1.6 \times 10^{-19} C$

شحنة الالكترون $q_e = -1.6 \times 10^{-19} C$

من هنا نبدأ

عندما يوضع جسيم مشحون في مجال كهربائي منتظم، فإن المجال يؤثر في الجسيم المشحون بقوة ثابتة في المقدار والاتجاه أينما كان موقعه داخل المجال.

اتجاه القوة الكهربائية



الشكل (16): تتحرك الشحنة الموجبة والشحنة السالبة الموضوعتين في مجال كهربائي منتظم، باتجاهين متعاكسي.

إذا كان الجسيم موجب الشحنة فإن القوة الكهربائية

يكون اتجاهها بنفس اتجاه المجال الكهربائي

إذا كان الجسيم سالب الشحنة فإن القوة الكهربائية

يكون اتجاهها بعكس اتجاه المجال الكهربائي

- وهنا سنعمل وزن الجسيم مقارنة بالقوة الكهربائية
- وهنا القوة الكهربائية (F_E) هي القوة المحددة ($\sum F$) اي ان الجسيم يقع تحت تأثير القوة الكهربائية

يمكن تطبيق القانون الثاني لنيوتون لإيجاد تسارع الجسيم

حيث:

$$\sum F = F_E$$

$$F_E = Eq$$

$$\sum F = ma$$

↓

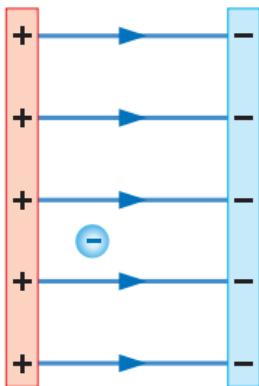
$$Eq = ma$$

$$a = \frac{Eq}{m}$$

ذكر التحويلات

$g \xrightarrow{\times 10^{-3}} kg$ $mg \xrightarrow{\times 10^{-6}} kg$	$m = 10^{-3}$ $\mu = 10^{-6}$ $n = 10^{-9}$ $P = 10^{-12}$	$cm = 10^{-2}$ $mm = 10^{-3}$
---	---	----------------------------------

المثال 8



جسيم كتلته (200 mg) يحمل شحنة مقدارها $-4.00 \times 10^{-6} \text{ C}$ ، وضع في حالة سكون داخل مجال كهربائي منتظم مقداره $5.40 \times 10^3 \text{ N/C}$. بإهمال قوة الجاذبية الأرضية بالنسبة إلى القوة الكهربائية، أحسب التسارع الذي يكتسبه الجسيم.

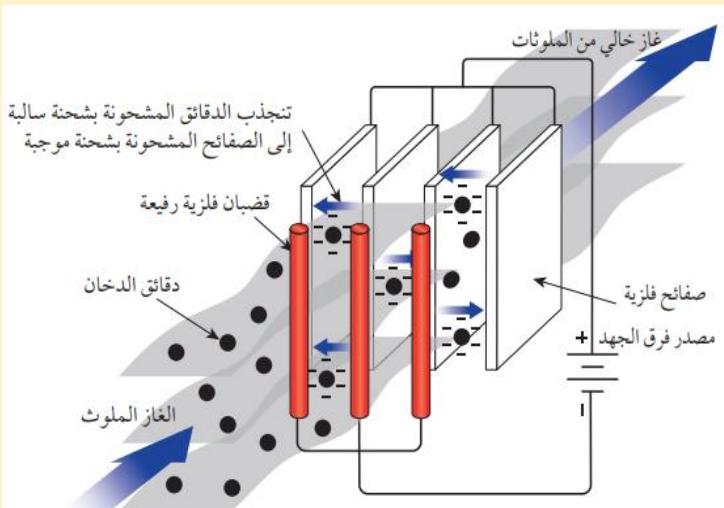
الشكل (17): جسيم مشحون في مجال كهربائي منتظم.

المثال 9

جسيم كتلته (40 mg) يحمل شحنة سالبة ($-5.0 \times 10^{-5} \text{ C}$)، دخل مجالاً كهربائياً منتظماً بسرعة ابتدائية (600 m/s ، باتجاه محور $(+x)$ ، إذا كان مقدار المجال الكهربائي $3.2 \times 10^3 \text{ N/C}$)، واتجاهه مع محور $(+x)$ ، وبإهمال تأثير قوة الجاذبية الأرضية؛ فاحسب الزمن اللازم لتوقف الجسيم عن الحركة.

الربط مع

المرشح الكهربائي هو جهاز تنقية يستخدم لإزالة الجسيمات الدقيقة مثل الدخان من الغاز المنبعث من مداخن المصانع.



يحتوي الجهاز على قضبان فلزية رفيعة وصفائح فلزية تشحن باستخدام مصدر فرق جهد عال؛ فينشأ حول القضبان مجال كهربائي يؤدي إلى إكساب دقائق الدخان شحنة سالبة في أثناء مرورها عبر الجهاز، فتتجلب نحو الصفائح الفلزية المشحونة بشحنة موجبة.

- م- أستخدم الأرقام:** صفيحتان فلزيتان مشحونتان بشحنتين كهربائيتين متساويتين، إحداهما موجبة والأخرى سالبة، موزعة عليهما بانتظام بكثافة سطحية (C/m^2) (7.1×10^{-7}), إذا كانت أبعاد الصفيحتين كبيرة مقارنة بالمسافة الفاصلة بينهما، فأجد:
- المجال عند نقطة بين الصفيحتين.
 - تسارع جسيم كتلته (10^{-4} kg) وشحنته ($2.0 \times 10^{-7} C$) عند وضعه بين الصفيحتين، بإهمال وزن الجسيم.

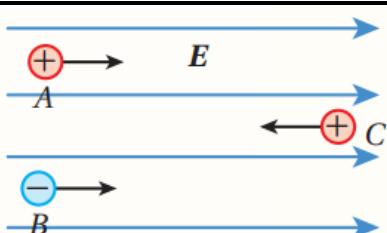
صـ صفيحتان متوازيتان مساحة كل منها (A) ، شحنتا بشحتتين مختلفتين نوعاً، ومقدار الشحنة على كل صفيحة (Q) ؛ فتولد في الحيز بينهما مجال كهربائي (E) . عند مضاعفة كل من (A) و (Q) ؛ فإن مقدار المجال الكهربائي يصبح:

$2E$ -s

E -h

$\frac{E}{2}$ -s

$\frac{E}{4}$ -ا



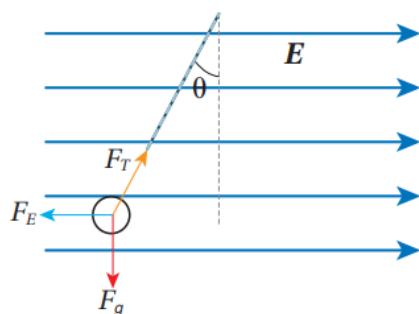
صـ ثلاثة جسيمات مشحونة أدخلت إلى مجال كهربائي منتظم بالسرعة الابتدائية نفسها، والشكل يبين اتجاه حركة كل جسيم لحظة دخوله إلى المجال. الجسيمان (A, C) موجباً الشحنة، والجسيم (B) شحنته سالبة. أي من الجسيمات ستزداد سرعته مباشرةً بعد دخوله إلى منطقة المجال؟

B و C -s

C و A -h

B و A -s

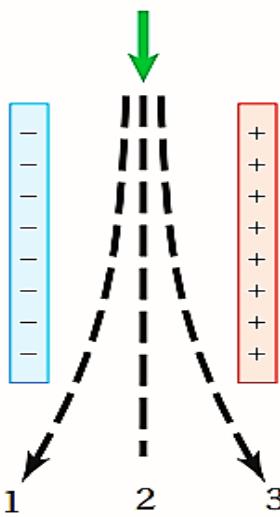
ـ A فقط



صـ كرة صغيرة مشحونة وزنها (F_g) ، علقت رأسياً بخيط داخل مجال كهربائي منتظم مقداره (E) ، فاتزنت كما هو مبين في الشكل. مقدار شحنة الكرة، ونوعها يساوي:

$\frac{F_g \tan \theta}{E}$ -s، سالبة $\frac{F_g \tan \theta}{E}$ -ا، موجبة $\frac{F_g \tan \theta}{E}$ -h، سالبة $\frac{E}{F_g \tan \theta}$ -s، موجبة $\frac{E}{F_g \tan \theta}$ -ا، سالبة

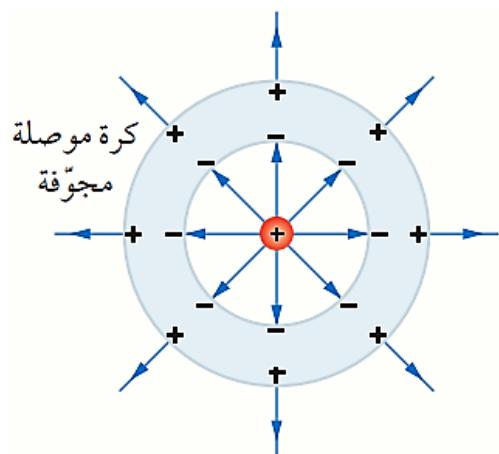
1. **الفكرة الرئيسية:** أصف المجال الكهربائي لموصل كروي مشحون، والمجال الكهربائي بين صفيحتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين متساويتين مقداراً و مختلفتين نوعاً.



2. **استنتاج:** يتحرك الإلكترون بسرعة ابتدائية باتجاه محور ($y -$), ويدخل إلى منطقة مجال كهربائي منتظم في الحيز بين صفيحتين متوازيتين، كما يبين الشكل المجاور. فيتأثر بقوة كهربائية تكسبه تسارعاً ثابتاً.
- أ- ما اتجاه كل من القوة الكهربائية، والتسارع؟
 - ب- أحدد أي المسارات (1، 2، 3) يمثل مسار حركة الإلكترون داخل المجال، أفسر إجابتي.
 - ج- عند دخول بوزترون (شحنته $+e$ وكتلته تساوي كتلة الالكترون) يتحرك بالسرعة نفسها إلى منطقة المجال نفسه، أي المسارات (1، 2، 3) يمثل مسار حركته داخل المجال؟

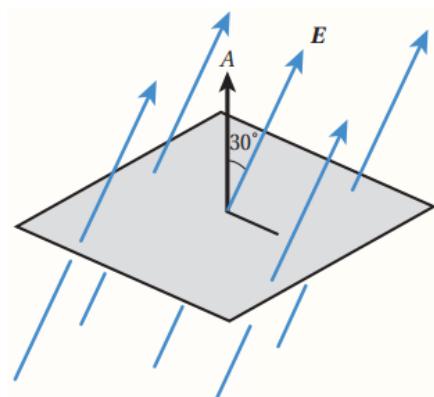
استخدم الأرقام: قشرة رقيقة تتوزع الشحنة على سطحها بانتظام وبكثافة سطحية $3.00 \times 10^{-12} \text{ C/m}^2$ – أحسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الإلكترون يوضع بالقرب من القشرة السماحية الكهربائية $8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2 (\epsilon_0)$.

3. **أستخدم الأرقام:** صفيحتان فلزيتان مشحونتان بشحنتين كهربائيتين متساويتين، إحداهما موجبة والأخرى سالبة، موزعة عليهما بانتظام بكثافة سطحية ($7.1 \times 10^{-7} C/m^2$ ، إذا كانت أبعاد الصفيحتين كبيرة مقارنة بمسافة الفاصلة بينهما، فما هي:
- المجال عند نقطة بين الصفيحتين.
 - تسارع جسيم كتلته ($5.0 \times 10^{-4} kg$) وشحنته ($2.0 \times 10^{-7} C$) عند وضعه بين الصفيحتين، بإهمال وزن الجسيم.



4. **التفكير الناقد:** وضعت شحنة نقطية (+Q) في مركز كرة موصلة مجوفة ومتعدلة كهربائياً، فشحنت الكرة بالحث كما يبين الشكل المجاور. مستخدماً قانون غاوس، أصلف المجال الكهربائي عند نقطة تقع داخل مادة الكرة، وعند نقطة تقع خارج الكرة.

5. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:



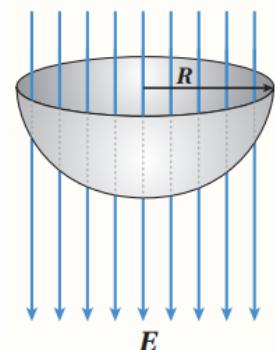
- ① مربع طول ضلعه (l)، تخترقه خطوط مجال كهربائي منتظم كما يبين الشكل المجاور، فيكون التدفق عبره (Φ). فإن مقدار المجال (E) يساوي:

بـ $\frac{\Phi}{l^2 \cos 30^\circ}$

جـ $\frac{\Phi}{l^2 \sin 30^\circ}$

دـ $\frac{\Phi}{l \cos 30^\circ}$

هـ $\frac{l^2 \cos 30^\circ}{\Phi}$



٢) سطح غاووس على شكل نصف كرة مجوفة نصف قطرها (R), كما هو مبين في الشكل، موضوعة في مجال كهربائي (E) باتجاه محور (y). التدفق الكهربائي عبر السطح الجانبي لنصف الكرة:

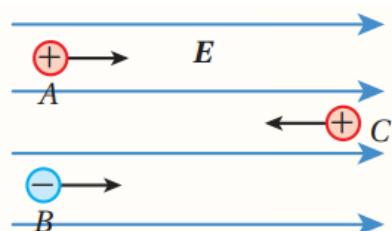
$$\begin{array}{r} -\pi R^2 E \\ -2\pi RE \end{array} \quad \begin{array}{r} \pi R^2 E \\ 2\pi RE \end{array}$$

٣) صفيحتان متوازيتان مساحة كل منهما (A), شحننا بشحتين مختلفتين نوعاً، ومقدار الشحنة على كل صفيحة (Q); فتولد في الحيز بينهما مجال كهربائي (E). عند مضاعفة كل من (A) و (Q); فإن مقدار المجال الكهربائي يصبح:

$$2E - s \quad E - \omega \quad \frac{E}{2} - \omega \quad \frac{E}{4} - \nu$$

٤ كرّة موصولة نصف قطرها (R), وكرّة موصولة ثانية نصف قطرها $\left(\frac{R}{2}\right)$, تحملان شحنتين متساويتين, ولا تؤثّران في بعضهما بعضاً. إذا كان المجال الكهربائي على بعد ($r > R$) من مركز الكرّة الأولى (E_1); فإن المجال الكهربائي على بعد نفسه من مركز الكرّة الثانية يعطى بالعلاقة:

$$E_2 = E_1 \text{ -s} \quad E_2 = \frac{1}{4} E_1 \text{ -s} \quad E_2 = \frac{1}{2} E_1 \text{ -s} \quad E_2 = 2E_1 \text{ -s}$$



٥) ثلث جسيمات مشحونة أدخلت إلى مجال كهربائي منتظم بالسرعة الابتدائية نفسها، والشكل يبين اتجاه حركة كل جسيم لحظة دخوله إلى المجال. الجسيمان (A, C) موجبا الشحنة، والجسيم (B) شحنته سالبة. أي من الجسيمات ستزداد سرعته مباشرة بعد دخوله إلى منطقة المجال؟

$$B \neq C \rightarrow \neg s \qquad C \neq A \rightarrow \neg s \qquad B \neq A \rightarrow \neg s \qquad \text{b}\ddot{\text{a}}\ddot{\text{a}} \neq A \rightarrow \neg s$$

الدرس الثاني: الجهد الكهربائي

الفكرة الرئيسية:

عندما يتحرك جسيم مشحون في مجال كهربائي، فإن المجال يؤثر فيه بقوة كهربائية يمكن أن تبذل شغلا على الجسيم. هذا الشغل يوصف باستخدام مفهومين هما: طاقة الوضع الكهربائية، وفرق الجهد الكهربائي.

الجهد الكهربائي (Electric Potential)

رمزه (V)

$V = J/C$ يقاس بوحدة فولت (V) حيث:

كمية قياسية

هو طاقة الوضع الكهربائية (P.E) لوحدة الشحنات الموضوّعة عند النقطة

$$V = \frac{W}{q_0} = \frac{P.E}{q_0}$$

حيث: $W = P.E$

ملاحظة

الجهد الكهربائي عند نقطة: هو خاصية للشحنة المولدة للمجال، ولا يعتمد على الشحنة الموضوّعة عند النقطة.

طاقة الوضع الكهربائية (Electric Potential Energy)

رمزها (P.E)

تقاس بوحدة الجول (J)

كمية قياسية

هي الشغل المبذول لنقل شحنة كهربائية في نظام (الشحنة - المجال الكهربائي) من الالانهاية الى نقطة ما داخل المجال الكهربائي

$$P.E = W$$

هي حاصل ضرب جهد النقطة في الشحنة الموضوّعة عند تلك النقطة

$$P.E = q_0 V$$

رمزها ($\Delta P.E$)

تقاس بوحدة جول (J)

كمية قياسية

هو الشغل المبذول لنقل شحنة كهربائية (q) بين أي نقطتين.

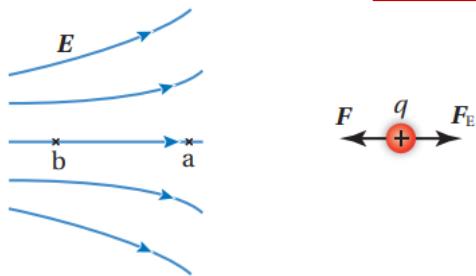
$$\Delta P.E = W$$

$$\Delta P.E = P.E_f - P.E_i$$

$$\Delta P.E = q(V_f - V_i)$$

$$\Delta P.E = q \Delta V$$

✿ الربط بين الجهد الكهربائي وطاقة الوضع الكهربائية

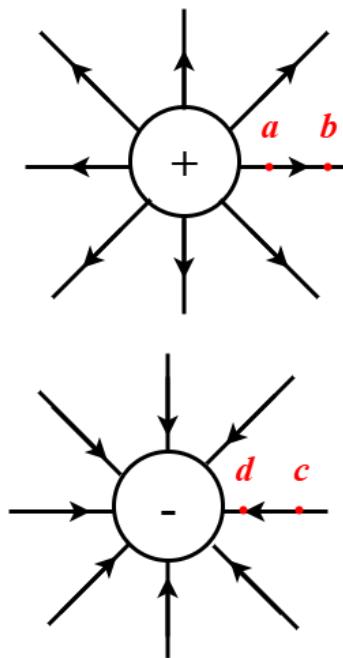


الشكل (18): نقل شحنة اختبار من اللانهاية إلى نقطة في مجال كهربائي.

تعلمت مسبقاً أنه عند نقل شحنة اختبار ($+q_0$) بسرعة ثابتة من اللانهاية إلى نقطة في مجال كهربائي، كما يبين الشكل (18)؛ فإنه يلزم التأثير في الشحنة بقوة خارجية، تبذل عليها شغلاً (W)، وبافتراض أن اللانهاية هي النقطة المرجعية التي تكون طاقة الوضع الكهربائية عندها صفراء؛ فإن هذا الشغل يخترن في نظام (الشحنة - المجال الكهربائي) على شكل طاقة وضع كهربائية (PE)، وسنشير إليها بأنها طاقة الوضع الكهربائية للشحنة الموضعية عند نقطة في المجال الكهربائي.

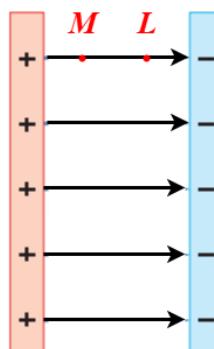
✓ **اتحقق:** ما الفرق بين الجهد الكهربائي وطاقة الوضع الكهربائية؟

الواضح في



عليك أن تعلم

الجهد الكهربائي عند نقطة: هو خاصية للشحنة المولدة للمجال، ولا يعتمد على الشحنة الموضوعة عند النقطة.



دائماً وابداً خطوط المجال الكهربائي باتجاه تناقص الجهد الكهربائي

عليك أن تعلم

سنتعامل مع أنظمة محافظة والطاقة الميكانيكية محفوظة ($M E_i = M E_f$) وهذا يعني ان الزيادة في الطاقة الحركية ($K.E$) يقابلها نقصان مساوي في طاقة الوضع الكهربائية ($P.E$) والعكس صحيح ($\Delta K.E = -\Delta P.E$)

توضيح:

إذا تحركت شحنة كهربائية (موجبة أو سالبة) من السكون تحت تأثير القوة الكهربائية فقط وباتجاهها، فإن ذلك يؤدي إلى زيادة طاقتها الحركية، مقابل نقصان مساوٍ في الطاقة الوضع الكهربائية؛ لأن القوة الكهربائية قوة محافظة ف تكون الطاقة الميكانيكية للنظام محفوظة أي ان النقصان في أحد شكلي الطاقة يقابلها زيادة مساوية في الشكل الآخر.

عليك أن تعلم

عندما يتحرك الجسم بسرعة ثابتة فإن ($\sum F = 0$) و ($a = 0$) و ($w_{tot} = 0$)

العلاقة بين الشغل والتغير في طاقة الوضع الكهربائية

تذكرة حفظ الطاقة الميكانيكية

عندما تكون القوة الكهربائية هي القوة الوحيدة المؤثرة في الشحنة فإن مجموع الطاقة الميكانيكية للنظام تكون محفوظة أي أن الطاقة الميكانيكية للنظام محفوظة

$$ME_i = ME_f$$

$$\Delta ME = 0$$

$$\Delta KE + \Delta P.E = 0$$

هذا يعني أن النقصان في الطاقة الحركية يقابلها زيادة في طاقة الوضع والعكس صحيح

$$\Delta KE = -\Delta P.E$$

ME : الطاقة الميكانيكية

ΔME : التغير في الطاقة الميكانيكية

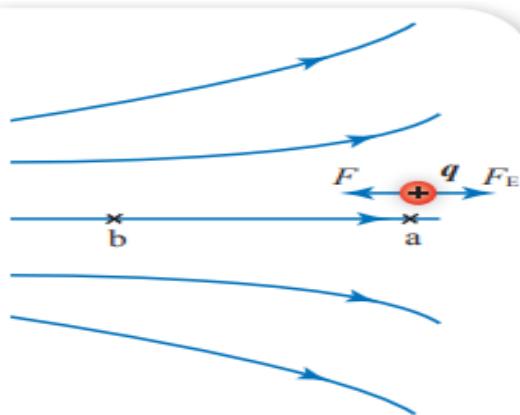
KE : الطاقة الحركية

ΔKE : التغير في الطاقة الحركية

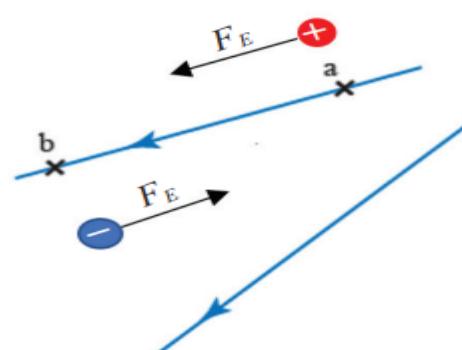
$P.E$: طاقة الوضع

$\Delta P.E$: التغير في طاقة الوضع

مهم جداً

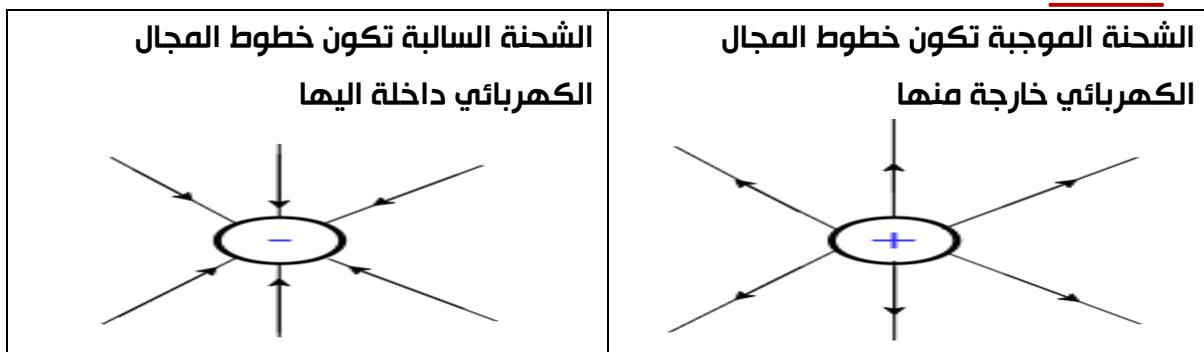


الشكل (36): عند نقل شحنة موجبة بسرعة ثابتة من النقطة (a) إلى النقطة (b) يلزم التأثير فيها بقوة خارجية مساوية في المقدار ومعاكس في الاتجاه للقوة الكهربائية. أصف التغيرات في طاقة الوضع الكهربائية والطاقة الحركية للشحنة عند انتقالها من (a) إلى (b).



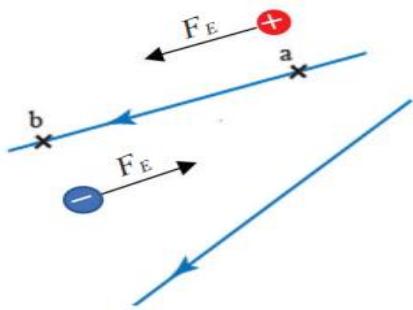
الشكل (35): الشحنة الموجبة تتأثر بقوة كهربائية باتجاه المجال والشحنة السالبة تتأثر بقوة كهربائية عكس اتجاه المجال. وحركة الشحنة باتجاه القوة الكهربائية يؤدي إلى نقصان طاقة الوضع الكهربائية مقابل زيادة مساوية في الطاقة الحركية.

٦ تذكر أن



الشغل المبذول لنقل الشحنة داخل المجال الكهربائي

١ شغل القوة الكهربائية



عندما تنتقل الشحنة الموضوعة (q) بين نقطتين تحت تأثير قوة المجال الكهربائي اي لوحدها دون تأثير قوة خارجية فإن هذه القوة تكون قوة كهربائية و تبذل شغلاً كهربائياً على الشحنة الموضوعة (q). ويكون مقدار الشغل الكهربائي موجباً

$$W = -W_E$$

$$W_{tot.} = 0$$

الشغل الكلي المبذول على الشحنة يساوي صفرأ

هنا يكون التغير في طاقة الوضع الكهربائية سالباً

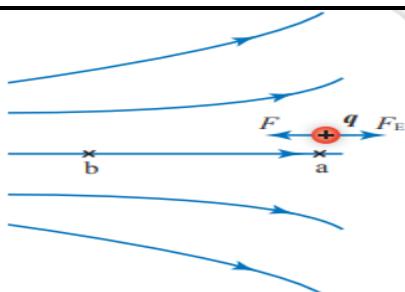
القانون:

$$W_E = -\Delta P.E$$

$$W_E = -q\Delta V$$

$$W_E = -q(V_f - V_i)$$

٢ شغل القوة الخارجية



رمزه (W)

يقاس بوحدة (J)

كمية قياسية

هنا يكون التغير في الطاقة الوضع الكهربائية موجباً

تأثير قوة خارجية بسرعة ثابتة أي ليست لوحدها و بعكس اتجاه قوة تأثير المجال الكهربائي فإن هذه القوة الخارجية تبذل شغلاً خارجياً على الشحنة الموضوعة (q) هنا يكون التغير في الطاقة الوضع الكهربائية موجباً. ويكون مقدار الشغل الخارجي سالباً

القانون:

$$W_F = +\Delta P.E$$

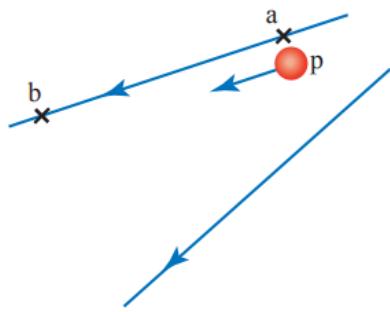
$$W_F = +q\Delta V$$

$$W_F = +q(V_f - V_i)$$

من المهم أنه تميز بين هاتين.

1 حركة الشحنة بتأثير القوة الكهربائية فقط، ف تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة لأن القوة الكهربائية قوة محافظة

2 حركة الشحنة بسرعة ثابتة، بتأثير قوة خارجية مساوية للقوة الكهربائية ومعاكسة لها في الاتجاه هنا يكون $(\sum F = 0)$ و $(a = 0)$ و $(w_{tot} = 0)$.



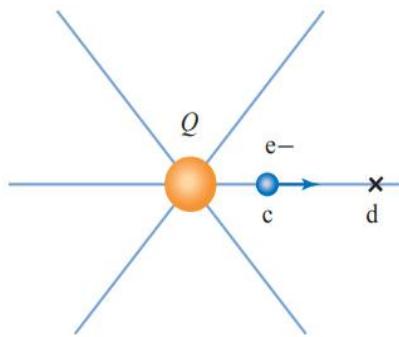
الشكل (37): حركة بروتون في مجال كهربائي.

المثال 1

تحرك بروتون من النقطة a إلى النقطة b باتجاه المجال الكهربائي كما في الشكل (37). إذا علمت أن فرق الجهد بين النقطتين $(V_b - V_a = -5 V)$ وشحنة البروتون $1.6 \times 10^{-19} C$ فأحسب:

- شغل القوة الكهربائية المبذولة لتحريك البروتون من a إلى b .
- التغير في طاقة الوضع الكهربائية للبروتون.

المثال 2

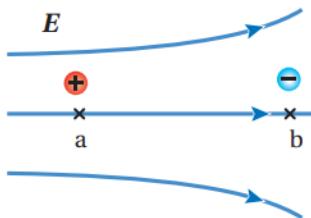


الشكل (38): إلكترون موضوع في مجال الشحنة Q .

وضع إلكترون في حالة السكون عند النقطة c ، في المجال الكهربائي للشحنة Q ؛ فتدرك بفعل قوة المجال الكهربائي إلى النقطة d كما في الشكل (38) ليخسر من طاقة وضعه الكهربائية J 3.2×10^{-18} إذا علمت أن شحنة الإلكترون C 1.6×10^{-19} ؛ فأجيب عما يأتي:

- ١- أحدد اتجاه خطوط المجال الكهربائي.
- ٢- أحسب مقدار فرق الجهد بين النقطتين ΔV_{cd} .
- ٣- أيهما أكبر، جهد النقطة c أم النقطة d ؟
- ٤- أحسب مقدار الشغل الذي بذلته القوة الكهربائية في تحريك الإلكترون من النقطة c إلى النقطة d .
- ٥- احسب جهد النقطة d علماً أن جهد النقطة c يساوي $6V$.

H.W



الشكل (19): حركة شحتين في مجال كهربائي باتجاه القوة الكهربائية.

شحتان نقطيتان $(+q)$ و $(-q)$ ، وضعتا في حالة السكون عند النقطتين (a) و (b) في مجال كهربائي، كما يبين الشكل (19)،

استعين بالشكل للإجابة عن الأسئلة الآتية:

أ- أي النقطتين (a) أم (b) الأعلى جهدًا؟ أفسر إجابتي.

ب- أحدد اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في كل من الشحتين.

ح- أصف التغير في كل من: طاقة الحركة، وطاقة الوضع الكهربائي للشحتين في أثناء حركتهما داخل المجال بداعي من السكون.

الحل:

أ- النقطة (a) أعلى جهدًا من النقطة (b)، لأن اتجاه خط المجال يكون دائمًا باتجاه تناقص الجهد؛ أي من النقطة الأعلى جهدًا إلى النقطة الأقل جهدًا.

ب- الشحنة $(+q)$ تتأثر بقوة كهربائية باتجاه محور (x) والشحنة $(-q)$ تتأثر بقوة كهربائية باتجاه محور $(-x)$.

ح- طاقة الحركة تزداد، وطاقة الوضع تقلّ لكلّ من الشحتين.

إذا تحركت شحنة كهربائية (موجبة أو سالبة) من السكون تحت تأثير القوة الكهربائية فقط وباتجاهها، فإن ذلك يؤدي إلى زيادة طاقتها الحركية، مقابل نقصان متساوٍ في الطاقة الوضع الكهربائية؛ لأن القوة الكهربائية قوة محافظة ف تكون الطاقة الميكانيكية للنظام محفوظة، $(\Delta K \cdot E + \Delta P \cdot E = 0)$ ؛ أي ان النقصان في أحد شكلي الطاقة يقابلها زيادة متساوية في الشكل الآخر.

أستنتج: في الشكل (19)، لنقل شحنة $(+q)$ من (a) إلى (b) بسرعة ثابتة يلزم التأثير فيها بقوة خارجية متساوية للقوة الكهربائية مقداراً ومعاكسة لها اتجاهًا.

أ- هل تبذل القوة الخارجية شغلاً موجباً أم سالباً؟

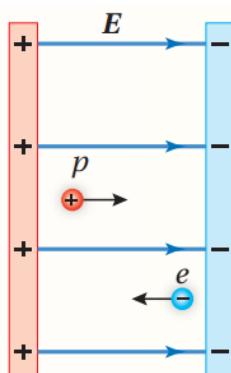
ب- ما الشغل الكلي المبذول على الشحنة؟ أفسر إجابتي مستخدماً مبرهنة (الشغل - الطاقة الحركية): $W_{Total} = \Delta KE$.

ح- أصف التغير في طاقة الوضع الكهربائي للشحنة المنقوله.

تصدر من القلب نبضات كهربائية صغيرة، يمكن الكشف عنها باستخدام جهاز تخطيط القلب (ECG) electrocardiogram).

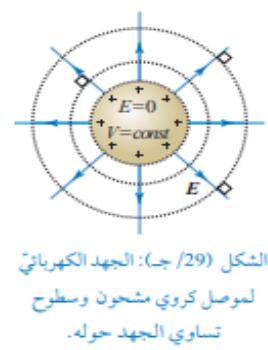
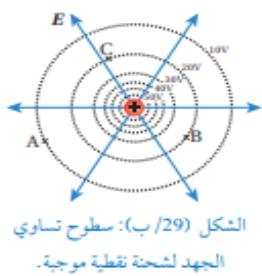
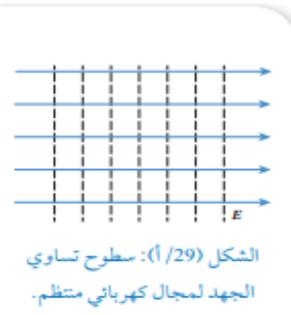


يقيس جهاز ECG إشارات الجهد الكهربائي التي ينتجها القلب مع كل نبضة، حيث تعمل هذه الإشارات على تنظيم عملية انقباض القلب لضخ الدم إلى الجسم. يقوم الجهاز بتسجيل هذه الإشارات وتحويلها إلى رسم بياني يظهر الأطماء في تقسم صحة القلب.



ـ صفيحتان متوازيتان (X, Y), شحنتا بشحنتين متساويتين مقداراً ومختلفتين في النوع فتولد في الحيز بينهما مجال كهربائي منتظم. تحرك الإلكترون من السكون باتجاه القوة الكهربائية من الصفيحة (X) إلى الصفيحة (Y)؛ فكانت الزيادة في طاقته الحركية ($J^{-19} \times 6.4$). نستنتج أن الجهد الكهربائي للصفيحة (X):

- أ- أعلى من جهد الصفيحة (Y) بمقدار ($4 V$).
 - ب- أقل من جهد الصفيحة (Y) بمقدار ($4 V$).
 - ج- أعلى من جهد الصفيحة (Y) بمقدار ($0.25 V$).
 - د- أقل من جهد الصفيحة (Y) بمقدار ($0.25 V$).



Equipotential Surfaces سطوح تساوي الجهد

تعلمت من دراستي للمجال الكهربائي المنتظم أن الجهد الكهربائي يكون متساوياً عند النقاط الواقعة جميعها على سطح عمودي على المجال، مثل هذا السطح يعرف بسطح تساوي جهد.

سطح تساوي الجهد **Equipotential Surface** هو السطح الذي يكون الجهد الكهربائي عند نقاطه جميعها متساوياً. ويبين الشكل (29/أ) سطوح تساوي الجهد لمجال كهربائي منتظم، حيث تبدو السطوح متوازية والمسافات بينها متساوية.

أما الشكل (29/ب)؛ فيبين سطوح تساوي الجهد لشحنة نقطية موجبة، وهي سطوح كروية متحددة المركز مع الشحنة، كذلك بين الشكل (29/ج) أن سطوح تساوي الجهد لموصل كروي مشحون تكون كروية الشكل، وتتعدد معه بالمركز، ويعد سطح الموصى المشحون سطح تساوي جهد.

يمثل كل سطح تساوي جهد مقداراً محدداً من الجهد الكهربائي كما هو مبين في الشكل (29/ب). ويكون فرق الجهد بين أي نقطتين على سطح تساوي الجهد متساوياً للصفر. ولا يلزم بذل شغل لنقل شحنة من نقطة إلى أخرى على سطح تساوي الجهد نفسه.

كما أن خطوط المجال الكهربائي خصائص معينة؛ فإن لسطح تساوي الجهد كذلك خصائص يمكن ملاحظتها من الشكل (29) وهي:

- سطوح تساوي الجهد التي يكون الفرق في الجهد بينها متساوياً؛ تتقارب كلما اقتربنا من الشحنة؛ لأن المجال الكهربائي يزداد مقداره وتتقارب خطوطه في أثناء الاقتراب من الشحنة، كذلك تبعثر سطوح تساوي الجهد كلما ابتعدنا عن الشحنة. وعموماً؛ كلما تقارب سطوح تساوي الجهد دلت على منطقة مجال كهربائي قوي.
- لا تتقاطع؛ لأنها لو تتقاطعت عند نقطة لوجدنا أكثر من قيمة للجهد الكهربائي عند تلك النقطة وهذا غير ممكن.
- تتعامد سطوح تساوي الجهد مع خطوط المجال الكهربائي.

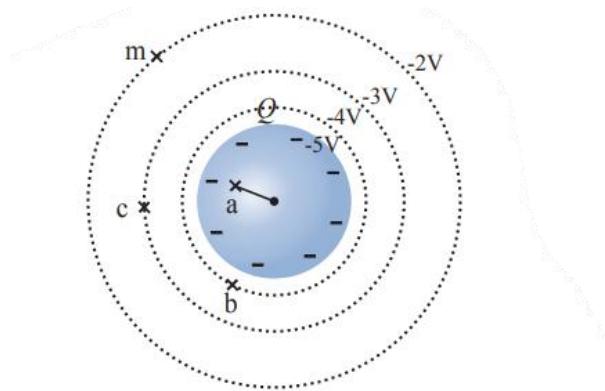
ملاحظة

دائماً سطوح تساوي الجهد عمودية على خطوط المجال الكهربائي

ما المقصود بسطح تساوي الجهد؟

الواضح في

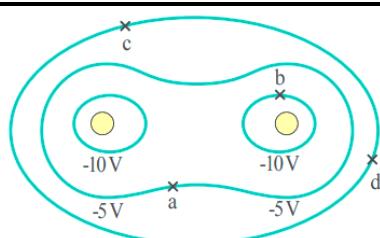
المثال 4



الشكل (30): سطوح تساوي الجهد حول موصل كروي مشحون.

بناءً على الشكل (30) الذي يمثل سطوح تساوي الجهد لموصل كروي مشحون بشحنة سالبة، أحسب:

- فرق الجهد $(V_a - V_b)$ و $(V_c - V_b)$.
- الشغل الذي تبذله القوة الخارجية؛ لنقل إلكترون بسرعة ثابتة من النقطة m إلى النقطة c .
- شحنة الموصل، علماً أن نصف قطره 9 cm .



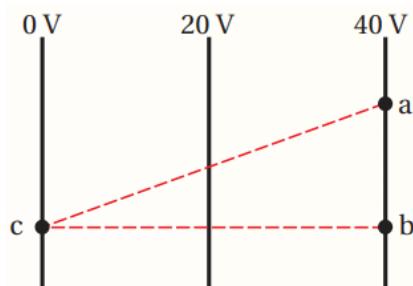
الشكل (31): سطوح تساوي الجهد لشحتين نقطيتين.

تمرين

استخدم الأرقام: يبين الشكل (31) سطوح تساوي الجهد لشحتين نقطيتين سالبتين متساويتين في المقدار. أجب عما يأتي:

- أحسب فرق الجهد $(V_a - V_b)$.
- هل يلزم بذل شغل لنقل بروتون من النقطة c إلى النقطة d ? أفسر إجابتي.

الواضح في



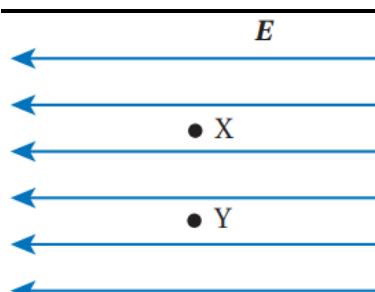
❖ يبين الشكل سطوح تساوي جهد كهربائي ناتج عن مجال كهربائي منتظم. بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل، أجب عن الفقرتين الآتتين:

① يكون اتجاه المجال الكهربائي باتجاه محور:

- | | | |
|-----|-----|-----|
| - x | - y | + x |
| - y | - | + y |

② تزداد طاقة الوضع الكهربائية لشحنة سالبة عند انتقالها من:

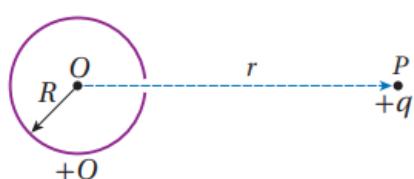
- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| ب- النقطة (b) إلى النقطة (c). | أ- النقطة (a) إلى النقطة (b). |
| د- النقطة (b) إلى النقطة (a). | ح- النقطة (c) إلى النقطة (a). |



❖ جسيمان (X, Y) مشحونان بشحنتين متساويتين، أطلقا من السكون داخل مجال كهربائي منتظم، من النقطة نفسها، كما يبين الشكل. وبعد مرور مدة من الزمن وجد أن سرعة الجسيم (X) أكبر من سرعة الجسيم (Y). المعلومة المؤكدة التي أستنجهها عن الجسيمين:

- | |
|---|
| أ- القوة الكهربائية المؤثرة في الجسيم (X) أقل من المؤثرة في الجسيم (Y). |
| ب- الطاقة الحركية للجسيم (X) أقل من الطاقة الحركية للجسيم (Y). |
| ح- كتلة الجسيم (X) أقل من كتلة الجسيم (Y). |
| د- شغل القوة الكهربائية على الجسيم (X) أقل من الشغل على الجسيم (Y). |

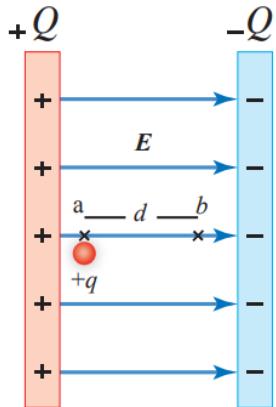
❖ شحنة نقطية (+q) موضعها عند نقطة (P) تبعد مسافة (r) عن مركز كرة مجوفة غير موصلة، نصف قطرها (R)، ومشحونة بشحنة (+Q) تتوزع على سطحها بانتظام، ويوجد على سطحها فتحة صغيرة كما هو مبين في الشكل. لنقل الشحنة (+q) من النقطة (P) إلى مركز الكرة (O) بسرعة ثابتة، بفعل قوة خارجية فإن شغل القوة الخارجية يساوي:



$$\begin{array}{l}
 \text{أ- } \frac{k qQ}{R} \\
 \text{د- } \frac{k qQ}{r} \\
 \text{ح- } k qQ \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) \\
 \text{س- } \frac{k (Q-q)}{R}
 \end{array}$$

فرق الجهد في المجال الكهربائي المنتظم

Potential Difference in a Uniform Electric Field



الشكل (20): فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم.

عند وضع شحنة موجبة $+q$ عند نقطة a مثل a في مجال كهربائي منتظم E كما في الشكل (20)، فإنها تتأثر بقوة كهربائية حسب العلاقة: $F_E = qE$ ، والشغيل الذي تبذله القوة الكهربائية لتحريك تلك الشحنة من النقطة a إلى النقطة b يعطى بالعلاقة:

$$W_{a \rightarrow b} = F \cdot d$$

حيث d الإزاحة من النقطة a إلى النقطة b . وبتعويض مقدار القوة الكهربائية فإن علاقة الشغيل تؤول إلى:

$$W_{a \rightarrow b} = q F \cdot d = qEd \cos \theta$$

وبما أن شغيل القوة الكهربائية يرتبط بفرق الجهد بالعلاقة الآتية:

$$W_{a \rightarrow b} = -q \Delta V = -q(V_b - V_a)$$

وبمساواة المعادلتين السابقتين للشغيل:

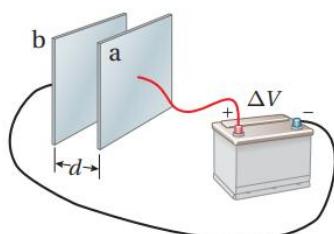
$$\Delta V = (V_b - V_a) = -Ed \cos \theta$$

تستخدم هذه العلاقة لحساب فرق الجهد $(V_b - V_a)$ بين نقطتين في المجال الكهربائي المنتظم فقط.

حيث E : مقدار المجال الكهربائي المنتظم.

d : مقدار الإزاحة من نقطة البداية a إلى نقطة النهاية b $(d_{a \rightarrow b})$.

θ : الزاوية بين اتجاه المجال E وإزاحة d $(0^\circ < \theta < 180^\circ)$.



الشكل (21): شحن صفيحتين متوازيتين بوصولهما بقطبي بطارية.

يمكن الحصول على مجال كهربائي منتظم في الحيز بين صفيحتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين متساويتين مقداراً ومختلفتين نوعاً، عندما تكون المسافة بين الصفيحتين صغيرة مقارنة بأبعاد الصفيحتين. ويمكن شحن الصفيحتين بوصولهما بقطبي بطارية، كما يبين الشكل (21)، فإذا كان فرق الجهد بين قطبي البطارية (ΔV) ؛ سينشأ بين الصفيحتين فرق جهد (ΔV) مساوٍ لفرق جهد البطارية.

باستخدام العلاقة $(V_b - V_a = -Ed \cos \theta)$ ؛ يمكن التوصل إلى أن مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين يعطى بالصورة الآتية:

$$E = \frac{|\Delta V|}{d}$$

حيث: $|\Delta V|$ القيمة المطلقة لفرق الجهد بين الصفيحتين.
 d البعد بين الصفيحتين.

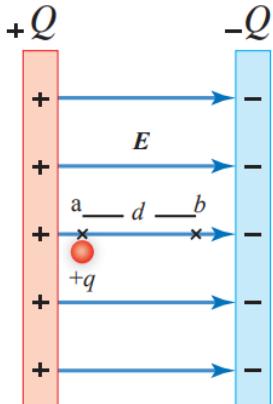
توضح هذه العلاقة أنه يمكن التعبير عن وحدة المجال الكهربائي بالصورة (V/m) ، وبذلك يمكن وصف المجال الكهربائي بأنه مقياس لتغير الجهد مع تغير الموضع.

أفكر

وحدة قياس المجال الكهربائي في النظام العالمي للوحدات هي (N/C) ، وبحسب العلاقة

$$1 N/C = 1 V/m$$

المختصر



الشكل (20): فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم.

$$W_{a \rightarrow b} = F \cdot d \cos \theta$$

$$= q E d \cos \theta$$

$$W_{a \rightarrow b} = -q \Delta V$$

$$W_{a \rightarrow b} = -q(V_b - V_a)$$

$$\Delta V = -E d \cos \theta$$

$$E = \frac{|\Delta V|}{d}$$

القوة الكهربائية $F \rightarrow N$

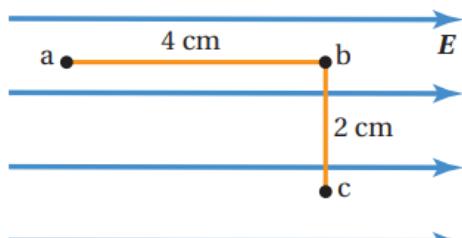
الإزاحة $d \rightarrow m$

الشحنة الموضعة $q \rightarrow c$

شغل القوة الكهربائية $W \rightarrow J$

فرق الجهد الكهربائي $\Delta V \rightarrow V$

المجال الكهربائي $E \rightarrow N/C$ أو V/m



المثال 5

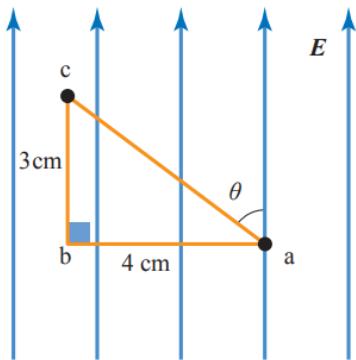
مجال كهربائي منتظم مقداره $(2 \times 10^4 V/m)$ تقع داخله ثلاثة نقاط (a, b, c) ، كما في الشكل (22)، أحسب:

الشكل (22): ثلاثة نقاط داخل مجال كهربائي منتظم.

أ- فرق الجهد الكهربائي $(V_b - V_a)$ ، $(V_b - V_c)$.

ب- التغير في طاقة الوضع الكهربائية لشحنة

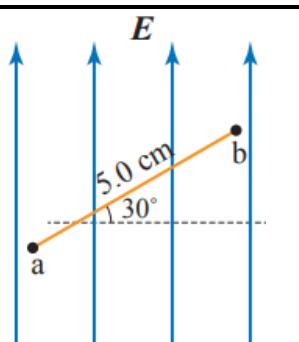
عند انتقالها من النقطة (a) إلى النقطة (b) $(q = 3 \times 10^{-9} C)$



الشكل (23): ثالث نقاط في مجال منتظم.

يعتبر الشكل (23) مجالاً كهربائياً منتظمًا، تقع داخله ثلاثة نقاط (a, b, c). إذا علمت أن فرق الجهد $(V_c - V_b = -600 \text{ V})$ ، أحسب ما يأتي:

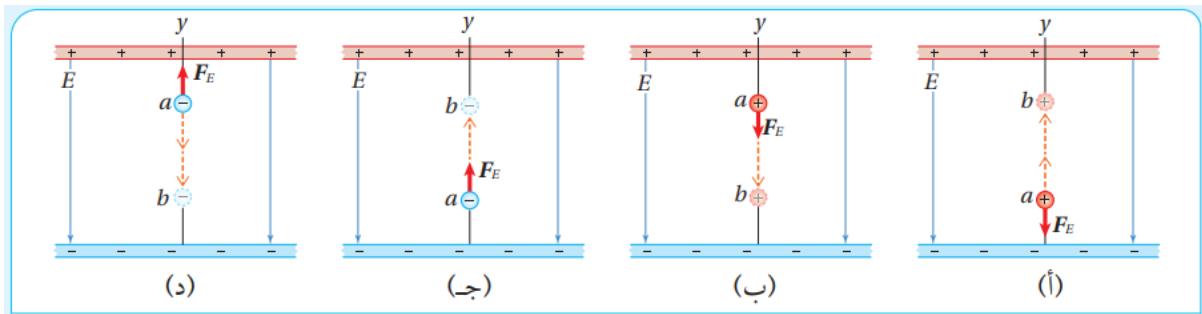
- مقدار المجال الكهربائي.
- فرق الجهد $(V_c - V_a)$.



نـ أستخدم الأرقام: مجال كهربائي منتظم مقداره $3.0 \times 10^4 \text{ N/C}$ كما في الشكل، مستعيناً بالشكل أحسب:

- فرق الجهد $(V_a - V_b)$.
- التغير في طاقة الوضع الكهربائية لشحنة مقدارها (-6.0 pC) عند انتقالها من النقطة a إلى النقطة b.

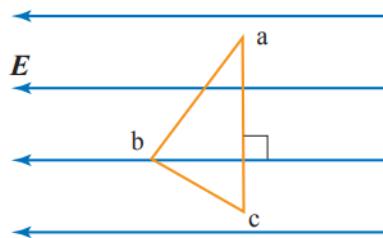
أربع شحنات تتحرك في مجال كهربائي منتظم، كما هو مبين في الشكل (24). حيث يدل السهم البرتقالي على اتجاه الحركة، والسهم الأحمر على اتجاه القوة الكهربائية (F_E) المؤثرة فيها في أثناء حركتها بين نقطتين (a) و (b). مستعيناً بالبيانات المثبتة في الشكل، أجب عن الأسئلة الآتية:



الشكل (24): أربع شحنات تتحرك في مجال كهربائي منتظم.

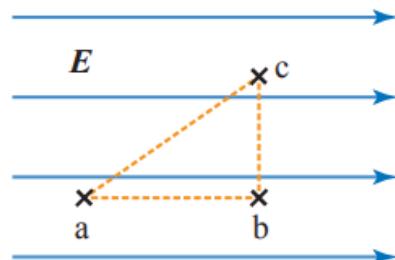
- ١- **أحدد:** هل تبذل القوة الكهربائية شغلاً موجباً أم سالباً لكل حالة من الحالات المبينة في الشكل؟
- ٢- **استنتج:** ماذا يحدث لطاقة الوضع الكهربائية المخزنة في الشحنة عند انتقالها بين النقطتين؟
- ٣- **استنتج:** العلاقة بين التغير في طاقة الوضع الكهربائية المخزنة في الشحنة، واتجاه حركتها في المجال.

الواضح في



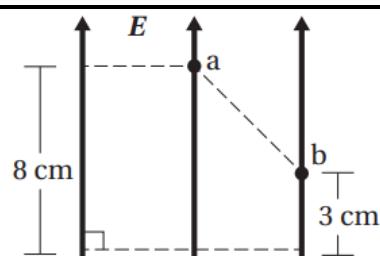
ـ التفكير الناقد: (3) نقاط (a, b, c) في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل، إذا بذلت القوة الكهربائية شغلا مقداره (J 100) لنقل بروتون من النقطة a إلى النقطة b، فأحسب:

- ـ التغير في طاقة الوضع الكهربائية عند انتقال البروتون من النقطة a إلى النقطة c.
- ـ الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل البروتون من النقطة c إلى النقطة b.



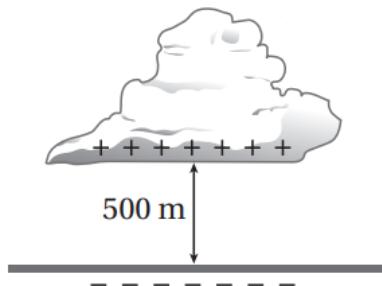
ـ تزداد طاقة الوضع الكهربائية لبروتون في مجال كهربائي منتظم، كما في الشكل، عند انتقاله:

- ـ من النقطة c إلى النقطة b.
- ـ من النقطة b إلى النقطة c.
- ـ من النقطة a إلى النقطة c.
- ـ من النقطة c إلى النقطة a.



ـ اعتماداً على البيانات المثبتة على الشكل، وإذا علمت أن مقدار المجال الكهربائي المنتظم (100 V/m)؛ فإن

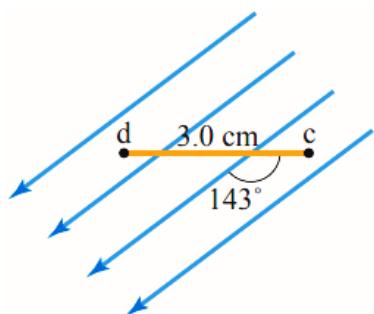
- ـ فرق الجهد ($V_a - V_b$) يساوي:
- | | |
|-------|-------|
| ـ 5 V | ـ 5 V |
| ـ 8 V | ـ 8 V |



يبين الشكل سحابة رعدية على ارتفاع (500 m) من سطح الأرض. فرق الجهد بين السطح السفلي للسحابة وسطح الأرض (200 MV). بافتراض المجال الكهربائي بين السحابة والأرض منتظماً، فإن القوة الكهربائية المؤثرة في قطرة ماء شحنتها ($4.0 \times 10^{-12} C$) موجودة في هذا الحيز تساوي:

$$0.40 \text{ N} \cdot \text{s} \quad 1.6 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m} \quad 8.0 \times 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m} \quad 1.6 \times 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m}$$

٦- استخدم الأرقام: جسيم مشحون بشحنة موجبة اكتسب طاقة وضع كهربائية مقدارها $1.6 \times 10^{-16} J$ خلال تحركه مسافة (3 cm) في مجال كهربائي منتظم مقداره $2 \times 10^4 V/m$. أحسب شحنة الجسيم.

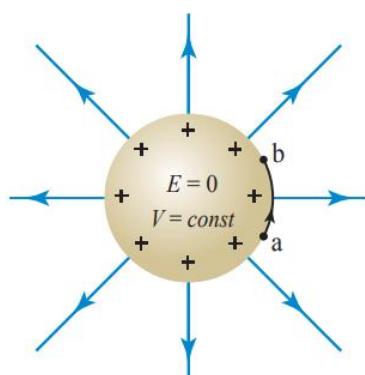


ـ استخدم الأرقام: نقطتان c و d في مجال كهربائي منتظم مقداره $(3.0 \times 10^3 \text{ V/m})$ كما في الشكل، أحسب:

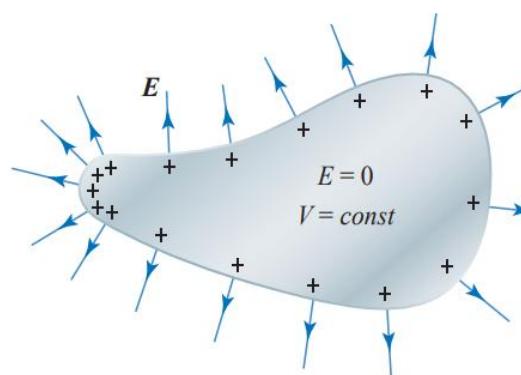
- ـ فرق الجهد الكهربائي $(V_c - V_d)$
- ـ الشغل المبذول بوساطة قوة خارجية لنقل بروتون من النقطة d إلى النقطة c بسرعة ثابتة، علماً بأن شحنة البروتون $(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$.

Electric Potential Due to a Charged Conductor

عند شحن موصل معزول؛ فإن الشحنات تتحرك مبتعدة عن بعضها تحت تأثير قوة التناحر الكهربائي، إلى أن تستقر على السطح الخارجي للموصل. ويختلف توزيع الشحنات على حسب شكل الموصل، فإذا كان الموصل غير منتظم الشكل، كما في الشكل (25/أ)؛ فإن الكثافة السطحية للشحنة تكون أكبر عند الرؤوس المدببة، وإذا كان الموصل منتظم الشكل مثل الموصل الكروي المبين في الشكل (25/ب)؛ فإن الشحنة تتوزع على سطحه بانتظام.



(ب): خطوط المجال الكهربائي لموصل كروي مشحون.



(أ): خطوط المجال الكهربائي لموصل مشحون غير منتظم الشكل.

الشكل (25): عند شحن موصل تستقر الشحنات على سطحه الخارجي.

إن استقرار الشحنات على سطح الموصل يجعل المجال الكهربائي داخله يساوي صفرًا، وهذا يعني أن الشغل الذي يبذله المجال لنقل شحنة بين أي نقطتين داخل الموصل، أو من نقطة داخل الموصل إلى نقطة على سطحه يساوي صفرًا. وبما أن الشغل يعطى بالعلاقة ($W = -q\Delta V$)؛ فإن فرق الجهد بين النقطتين يساوي صفرًا، مما يعني أن الجهد عند النقاط جميعها داخل الموصل متساوٍ، ويساوي الجهد عند سطح الموصل. وهذا يتفق مع استقرار الشحنات، فلو كان هناك فرق في الجهد بين أي نقطتين؛ لأدى ذلك إلى حركة الشحنات من النقطة ذات الجهد المرتفع إلى النقطة ذات الجهد المنخفض.

كذلك، يبين الشكل (25)، أن خطوط المجال الكهربائي تكون دائئما عمودية على سطح الموصل؛ فيعني ذلك أن المجال الكهربائي لا يبذل شغلا عند نقل شحنة من نقطة مثل (a) إلى نقطة (b) على سطح الموصل.

سنتعرف في هذا الدرس إلى كيفية حساب الجهد الكهربائي داخل موصل كروي مشحون وخارجه.

✓ **اتحقق:** أقدم دليلاً على أن الجهد الكهربائي يكون متساوياً عند جميع النقاط على سطح الموصل المشحون.

أفكرا

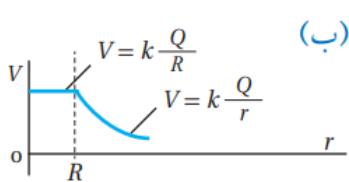
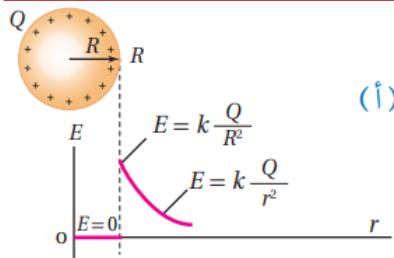
في الشكل (25/أ)، أي المناطق تكون كثافة خطوط المجال عندها أكبر؟ على ماذا يدل ذلك؟

مهم جداً

- إذا كان شكل الموصل غير منتظم فإن الكثافة السطحية للشحنة (σ) تكون أكبر عن الرؤوس المدببة.
- وإذا كان شكل الموصل منتظم مثل الموصل الكروي فإن الكثافة السطحية للشحنة (σ) متساوية.
- فرق الجهد بين أي نقطتين على سطح الموصل يساوي صفرأ ($\Delta V = 0$) لأن الجهد متساوي عند جميع النقاط على سطح الموصل.
- ويكون الشغل صفرأ عند نقل شحنة بين الي نقطتين على سطح الموصل.
- تكون خطوط المجال الكهربائي دائماً عمودية على سطح الموصل.

الجهد الكهربائي لموصل كروي مشحون

Electric Potential of a Charged Conducting Sphere



الشكل (26): تغيرات المجال الكهربائي، والجهد الكهربائي لموصل كروي مشحون بشحنة موجبة.

عند حساب الجهد الكهربائي الناشئ عن موصل كروي مشحون؛ فإننا نعد الشحنة وكأنها في مركز الكرة، فيكون الجهد الكهربائي عند أي نقطة خارج الكرة مماثلاً للجهد الناشئ عن شحنة نقطية (تعلمتُ مسبقاً حساب الجهد الناشئ عن شحنة نقطية).

وعليه؛ فإن الجهد الكهربائي عند أي نقطة خارج موصل كروي نصف قطره (R)، وشحنته (Q)، وعلى بعد ($r > R$) من مركزه يعطى بالعلاقة الآتية:

$$V = k \frac{Q}{r}$$

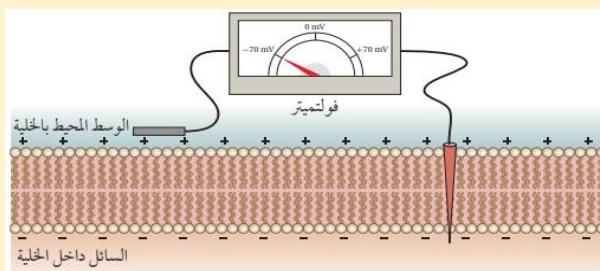
أما الجهد عند أي نقطة على سطح الموصى أو داخله حيث ($r \leq R$)؛ فمقداره ثابت ويُعطى بالعلاقة:

$$V = k \frac{Q}{R}$$

يبين الشكل (26/أ) تعميلاً بيانيًّا للتغير العصبي في المجال الكهربائي بتغير بعد النقطة عن مركز الموصى الكروي المشحون، أما الشكل (26/ب) فيبين تعميلاً بيانيًّا للتغير في الجهد الكهربائي بتغير بعد النقطة عن مركز الموصى نفسه.

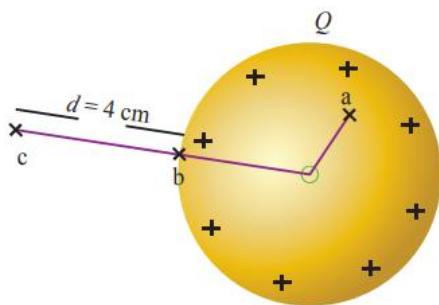
الربط بالعلوم

تحتوي الخلية العصبية أيونات موجبة مثل الصوديوم والبوتاسيوم وجزيئات بروتين سالبة الشحنة. تسمح قنوات خاصة في الغشاء الخلوي لأيونات الصوديوم والبوتاسيوم بالحركة عبر الغشاء الخلوي من داخل الخلية إلى خارجها، لكن جزيئات البروتين الأكبر حجمًا لا تتمكن من ذلك؛ فينتج عن ذلك أن يصبح داخل الخلية مشحونًا بشحنة سالبة، والسائل خارج الخلية مشحون بشحنة موجبة؛ فينشأ فرق في الجهد الكهربائي - بين داخل الخلية وخارجها - يولد مجالاً كهربائياً.



هذا المجال يؤثر في تدفق الأيونات من داخل الخلية إلى خارجها، وبالعكس في وقت الراحة وعند تعرُّض الخلية إلى منبه عصبي.

المثال 7



الشكل (27): الجهد الناشئ عن موصل كروي مشحون.

موصل كروي من النحاس نصف قطره (4 cm) مشحون ومعزول، موضوع في الهواء كما في الشكل (27)، إذا علمت أن جهد النقطة a يساوي (2000 V)؛ فاحسب:

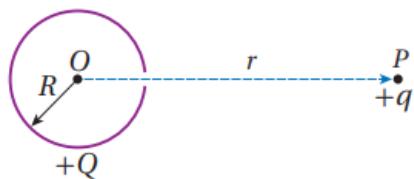
- جهد الموصل الكروي.
- شحنة الموصل.

ـ الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل شحنة $-8 nC$ من النقطة c إلى النقطة b .

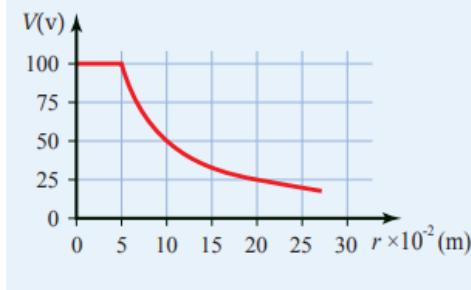
تمرين

استنتج: كرمة موصلةً ومشحونة نصف قطرها R وجهدتها V ، أجد بدلالة V جهد نقطة تبعد مسافة $4R$ عن مركزها.

شحنة نقطية $(+q)$ موضعها عند نقطة (P) تبعد مسافة (r) عن مركز كرة مجوفة غير موصلة، نصف قطرها (R) ، ومشحونة بشحنة $(+Q)$ تتوزع على سطحها بانتظام، ويوجد على سطحها فتحة صغيرة كما هو مبين في الشكل. لنقل الشحنة $(+q)$ من النقطة (P) إلى مركز الكرة (O) بسرعة ثابتة، بفعل قوة خارجية فإن شغل القوة الخارجية يساوي:



$$\frac{k qQ}{R} - \frac{k qQ}{r} - k qQ \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) - \frac{k (Q-q)}{R}$$



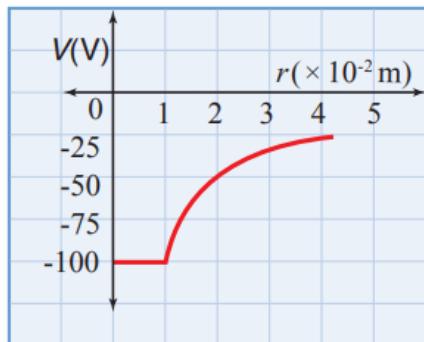
الشكل (28): العلاقة بين جهد موصل كروي مشحون والبعد عن مركزه.

المثال 8

يتمثل الرسم البياني في الشكل (28) العلاقة بين الجهد الكهربائي والبعد عن مركز موصل كروي مشحون. معتمداً على الشكل أجد:

- نصف قطر الموصل.
- الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد (20 cm) عن مركز الموصل.
- شحنة الموصل.

الواضح في



ـ استنتاج: يمثل الرسم البياني في الشكل، العلاقة بين

الجهد الكهربائي والبعد عن مركز موصل كروي

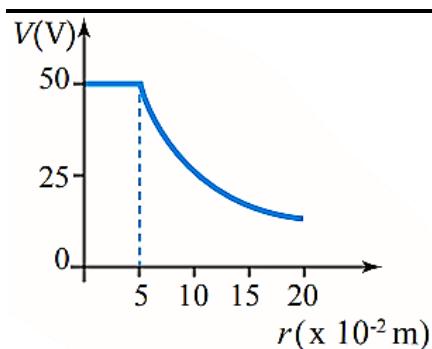
مشحون بشحنة سالبة، مستعيناً بالشكل أحسب:

ـ جهد الموصل الكروي.

ـ الشغل المبذول من قبل القوة الكهربائية لنقل شحنة

($+6.0 \text{ nC}$) من نقطة تبعد (4 cm) إلى نقطة أخرى

تبعد (2 cm) عن مركز الموصل.



ـ أستخدم الأرقام: كرة من النحاس مشحونة بشحنة

موجبة، مثلت العلاقة بين الجهد الكهربائي والبعد عن

مركز الكرة كما في الشكل، أحسب:

ـ الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد (4 cm) عن مركز

الكرة.

ـ شحنة الكرة.

ـ الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل شحنة

($6 \mu\text{C}$) من مركز الكرة إلى نقطة تبعد (8 cm) عن مركز الكرة.



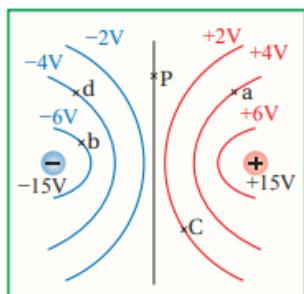
ملف تسلا جهاز اخترعه العالم الكرواتي نيكولا تسلا عام 1891م، يولد الملف جهدًا كهربائيًا عالٍ جدًا يمكن أن يصل إلى مليون فولت، ويعمل عن طريقه نقل الطاقة الكهربائية لاسلكيًّا، حيث يعمل الملف على تخزين طاقة وضع كهربائية، تطلق في صورة شرارة تشبه البرق.

يمكن استخدام ملف تسلا بوصفه ملف

اشتعال في آلات الاحتراق الداخلي في السيارات، بالإضافة إلى استخدامه في العروض التعليمية وفي مجال الترفيه لإنشاء البرق الاصطناعي.

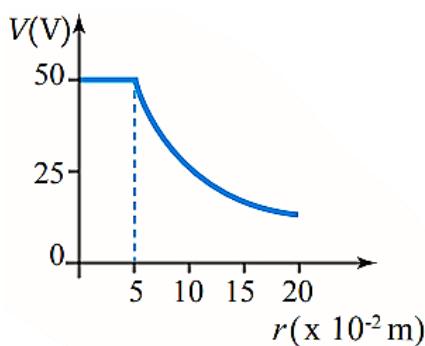
1. **الفكرة الرئيسية:** أصف التغيرات في الجهد الكهربائي للحالتين الآتتين:

- عند الانتقال بين نقطتين داخل مجال كهربائي منتظم باتجاه خط المجال.
- عند الانتقال من مركز موصل كروي مشحون إلى خارج الموصل.



2. **استنتاج:** يمثل الشكل سطوح تساوي الجهد لشحنتين متساويتين في المقدار و مختلفتين في النوع، أجيبي عما يأتي:

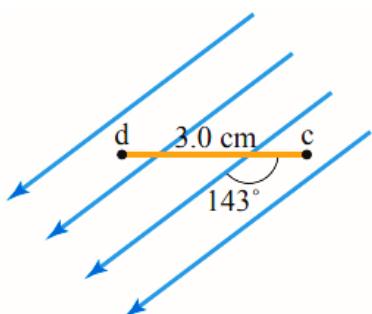
- أي النقاط جهدتها يساوي صفرًا.
- ما فرق الجهد $(V_a - V_c)$, $(V_b - V_d)$ ؟
- احسب الشغل الذي تبذله القوة الخارجية لنقل شحنة $(5 nC)$ من النقطة a إلى النقطة d .



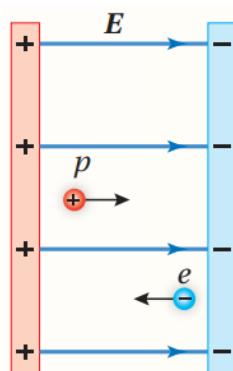
3. **استخدم الأرقام:** كرة من النحاس مشحونة بشحنة موجبة، مثلت العلاقة بين الجهد الكهربائي والبعد عن مركز الكرة كما في الشكل، أحسب:

- الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد (4 cm) عن مركز الكرة.
- شحنة الكرة.
- الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل شحنة $(6 \mu C)$ من مركز الكرة إلى نقطة تبعد (8 cm) عن مركز الكرة.

4. **استخدم الأرقام:** جسيم مشحون بشحنة موجبة اكتسب طاقة وضع كهربائية مقدارها $1.6 \times 10^{-16} \text{ J}$ خلال تحركه مسافة (3 cm) في مجال كهربائي منتظم مقداره $(2 \times 10^4 \text{ V/m})$. أحسب شحنة الجسيم.



5. **استخدم الأرقام:** نقطتان c و d في مجال كهربائي منتظم مقداره $(3.0 \times 10^3 \text{ V/m})$ كما في الشكل، أحسب:
- فرق الجهد الكهربائي $(V_c - V_d)$
 - الشغيل المبذول بوساطة قوة خارجية لنقل بروتون من النقطة d إلى النقطة c بسرعة ثابتة، علماً بأن شحنة البروتون $(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$.



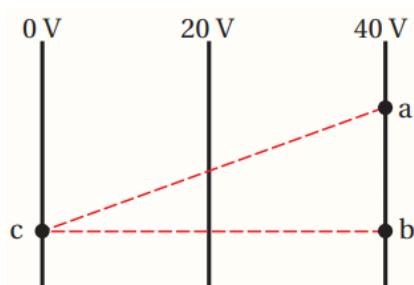
6. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:
- الكترون وبروتون بدأ بالحركة من السكون بالقرب من صفيحتين فلزيتين، كما هو مبين في الشكل المجاور، عندما يصل كل منهما إلى الصفيحة المقابلة نجد أن:
 - البروتون والإلكtron متساويان في السرعة.
 - سرعة البروتون أكبر من سرعة الإلكترون.
 - البروتون والإلكtron متساويان في الطاقة الحركية.
 - الطاقة الحركية للإلكترون أكبر من الطاقة الحركية للبروتون.

② يتحرك جسم كتلته (m), وشحنته (q) من السكون في مجال كهربائي منتظم بين نقطتين فرق الجهد بينهما (ΔV)؛ فتكون سرعته النهائية (v). عندما يتحرك جسم ثانٍ كتلته $\left(\frac{m}{2}\right)$, وشحنته ($2q$) من السكون بين نقطتين فرق الجهد بينهما ($2\Delta V$), فإن السرعة النهائية لهذا الجسم بدلالة (v) :

٤- $v = \sqrt{2} v$ ٥- $v = 4 v$ ٦- $v = 2\sqrt{2} v$ ٧- $v = \sqrt{2} v$

③ صفيحتان متوازيتان (X, Y), شحنتا بشحنتين متساويتين مقداراً ومختلفتين في النوع فتولد في الحيز بينهما مجال كهربائي منتظم. تحرك إلكترون من السكون باتجاه القوة الكهربائية من الصفيحة (X) إلى الصفيحة (Y)؛ فكانت الزيادة في طاقته الحركية (J) $10^{-19} \times 6.4$. نستنتج أن الجهد الكهربائي للصفيحة (X) :

- ١- أعلى من جهد الصفيحة (Y) بمقدار ($4 V$).
- ٢- أقل من جهد الصفيحة (Y) بمقدار ($4 V$).
- ٣- أعلى من جهد الصفيحة (Y) بمقدار ($0.25 V$).
- ٤- أقل من جهد الصفيحة (Y) بمقدار ($0.25 V$).



❖ يبين الشكل سطوح تساوي جهد كهربائي ناتج عن مجال كهربائي منتظم. بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل، أجب عن الفقرتين الآتتين:

④ يكون اتجاه المجال الكهربائي باتجاه محور:

- ١- $+x$
- ٢- $-x$
- ٣- $+y$
- ٤- $-y$

⑤ تزداد طاقة الوضع الكهربائية لشحنة سالبة عند انتقالها من:

- ١- النقطة (a) إلى النقطة (b).
- ٢- النقطة (b) إلى النقطة (c).
- ٣- النقطة (b) إلى النقطة (a).
- ٤- النقطة (c) إلى النقطة (a).

الدرس الثالث: المواسع الكهربائية

الفكرة الرئيسية:

تختلف المواسع الكهربائية في أشكالها ومقادير مواسعتها وطرائق توصيلها معاً، وتكون أهميتها في قدرتها على تخزين الطاقة الكهربائية، وستعمل في الكثير من التطبيقات العملية.

☞ **المواسع الكهربائي (capacitor):** هو جهاز يستعمل لتخزين الطاقة واستعمالها عند الحاجة.



الشكل (26): أنواع مختلفة من المواسع.

✿ تكون الأجهزة الكهربائية من دارات كهربائية ودارات الكترونية متنوعة

✿ ويلزم في كثير من الدارات وجود أداة تستخدم لتخزين الطاقة

✿ البطارية ليست الأداة الوحيدة لتخزين الطاقة، أيضاً المواسع الكهربائي يخزن الطاقة الكهربائية

✿ تختلف المواسع الكهربائية في أشكالها وأحجامها حسب استخدام كل منها كما يبين الشكل (26).

✿ معظم الأجهزة الالكترونية تحتوي على مواسع كما في لوحة الحاسوب المبينة في الشكل (32).



الشكل (32): لوحة حاسوب تحتوي على أنواع مختلفة من المواسع.

☞ **أنواع المواسع الكهربائي:**

1 المواسع ذات الصفيحتين المتوازيين

2 المواسع الأسطوانية

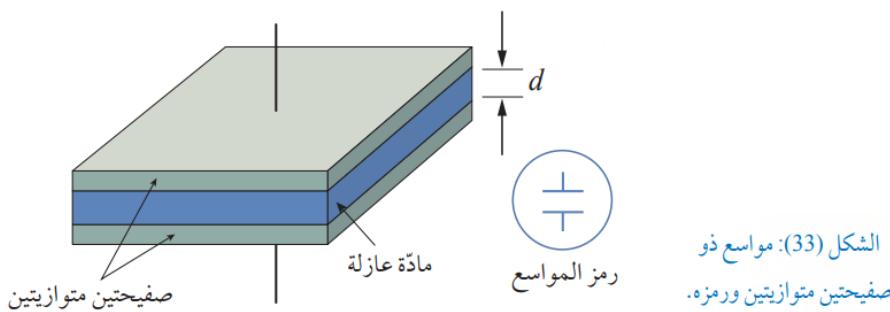
☞ ما الفرق بين المواسع الكهربائي والبطارية؟

ج المواسع الكهربائي يتميز عن البطارية بإمكانية شحنه وتفریغه بشكل أسرع.

☞ ما المقصود بالمواسع ذات الصفيحتين المتوازيتين؟

ج هو جهاز يخزن الطاقة ويكون على شكل صفيحتين متوازيتين تفصلهما طبقة من مادة عازلة.

❖ يرمز للمواسع ذات الصفيحتين بخطين متوازيين كما في الشكل



ملاحظات

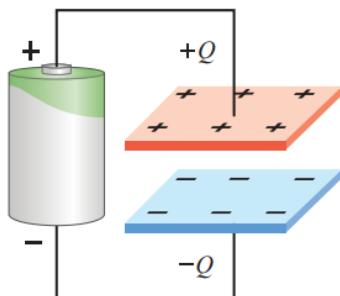
- يمكن أن يكون شكل الصفيحتين مربعاً أو مستطيلاً أو دائرياً حسب الاستعمال.
- المادة العازلة تكون من مادة مناسبة مثل البوليستر أو الپايكار أو الهواء.

❖ نحن سنتعامل مع مواسع ذات صفيحتين متوازيتين وال المادة العازلة بينهما هواء

تذكرة

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$$

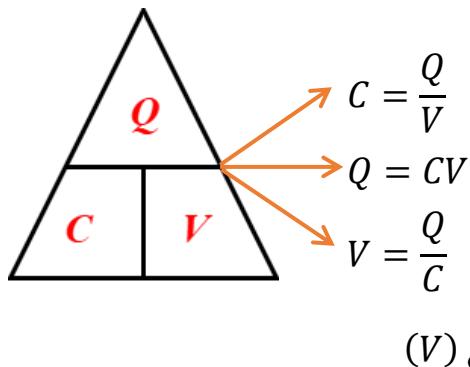
شحن المواسع ❖



عند وصل مواسع ذات صفيحتين متوازيتين مع بطارية، فإن البطارية تنقل الإلكترونات عبر الدارة من إحدى صفيحتي المواسع إلى الصفيحة الأخرى، فتعمل على شحن الصفيحة الموصولة بالقطب السالب بشحنة سالبة، بينما تشحن الصفيحة الموصولة مع القطب الموجب بشحنة موجبة كما في الشكل (34)، وبزيادة تراكم الشحنات على صفيحتي المواسع يزداد فرق الجهد بين الصفيحتين، وتستمر عملية الشحن حتى يُصبح فرق الجهد بين صفيحتي المواسع مساوياً لفرق جهد البطارية. والشغل الذي تبذله البطارية لنقل الشحنات يخترن في المواسع على شكل طاقة وضع كهربائية.

✓ **أتحقق:** إلى متى تستمر عملية شحن المواسع عند وصل صفيحتيه ببطارية؟ ما شكل الطاقة المخترنة فيه؟

المواسعة الكهربائية (Electrical Capacitance)



رمزها (C)

تقاس بوحدة الفاراد (F)

كمية قياسية

هي خاصية للمواسم الكهربائي

وهي الشحنة الكهربائية المخزنة (Q)

لوحدة فرق الجهد الكهربائي بين طرفي المواسع (V)

$$C = \frac{Q}{V}$$

حيث:

$Q \rightarrow C$: الشحنة الكهربائية على احدى الصفيحتين

$V \rightarrow C$: فرق الجهد بين الصفيحتين

$C \rightarrow F$: المواسعة الكهربائية

ملاحظة

المواسعة (C) لا تعتمد على شحنة المواسع (Q) او جهده (V) بل تعتمد على ابعاده الهندسية

ـ ما الوحدة التي تكافئ الفاراد (F)؟

C/V - و

V/C - ح

s/C - بـ

C/s - اـ

ـ ما المقصود بالفاراد؟

ـ جـ هو مواسعة مواسع يخزن شحنة كهربائية (1 C) عند تطبيق فرق جهد (1 V) بين صفيحتيه

ـ ماذا نعني بقولنا ان مواسعة مواسع (15 F)؟

ـ جـ هذا يعني ان مواسعة مواسع يخزن شحنة كهربائية (15 C) عند تطبيق فرق جهد (1 V) بين صفيحتيه

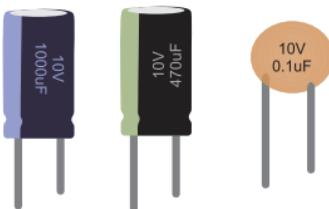
ـ ماذا نعني بقولنا ان مواسعة مواسع (35 F)؟

ملاحظة

وحدة الفاراد (F) كبيرة نسبياً، ومعظم قيم الموسوعات في الدارات الإلكترونية صغيرة جدًا، لذا تستعمل البادئات (p , n , μ)

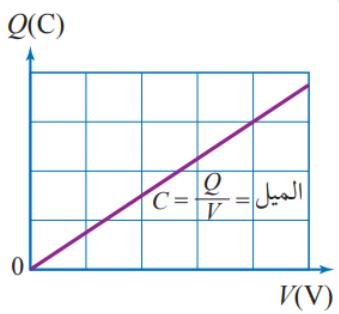
☞ **وتحذر:** $P = 10^{-12}$, $n = 10^{-9}$, $\mu = 10^{-6}$

أما الموسوعات فائقة التخزين فتصل موسوعاتها إلى مئات الآلاف من الفاراد



الشكل (36): موسوعات مختلفة الجهد
والموسعة.

✿ انظر إلى الشكل (36) الذي يبين موسوعات مختلفة، وعادة يكتب على الموسوع رقمين؛ الأول يبين موسوعته، والثاني يبين أكبر فرق جهد آمن يمكن تطبيقه بين صفيحتي الموسوع، فإذا تجاوز الجهد القيمة المحددة للموسوع، فإن ذلك يؤدي إلى تلفه.



الشكل (35): التمثيل البياني
للعلاقة بين شحنة الموسوع وجيده.

✿ في أثناء شحن الموسوع يزداد فرق الجهد بين صفيحتي الموسوع بزيادة الشحنات الكهربائية على صفيحتيه.

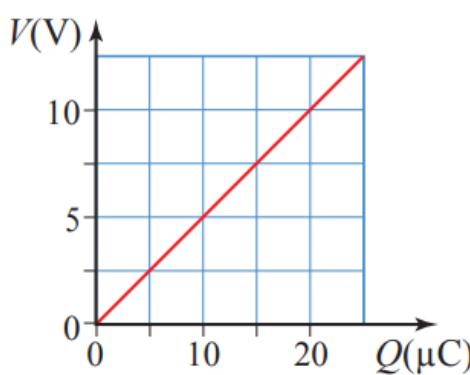
✿ وعند تمثيل العلاقة بين جهد الموسوع (V) وشحنته (Q) بيانياً نجد أنها علاقة خطية طردية.

✿ وهنا ميل الخط المستقيم يساوي مقدار ثابتًا ويمثل الموسعة الكهربائية

$$C = \frac{Q}{V}$$

☞ هل تعتمد الموسعة الكهربائية على فرق الجهد بين طرفي الموسوع وشحنته؟

عليك ان تعيز بين المنحنيين الآتيين:



$$\frac{V}{Q} = \text{الميل}$$

﴿ اي ان الميل يساوي مقلوب الموااسعة ﴾

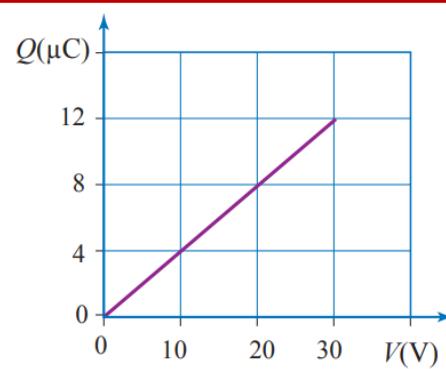
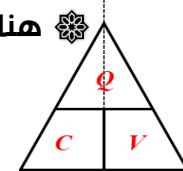
$$\frac{1}{C} = \frac{V}{Q} = \text{الميل}$$

﴿ كلما زاد الميل قلت الموااسعة ﴾

﴿ كلما قل الميل زادت الموااسعة ﴾

﴿ اعتماداً على الشكل أجب عن كل مما

يأتي: ﴾



$$\frac{Q}{V} = \text{الميل}$$

﴿ اي ان الميل يساوي الموااسعة ﴾

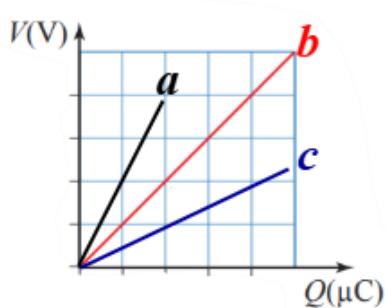
$$C = \frac{Q}{V} = \text{الميل}$$

﴿ كلما زاد الميل زادت الموااسعة ﴾

﴿ كلما قل الميل قلت الموااسعة ﴾

﴿ اعتماداً على الشكل أجب عن كل مما

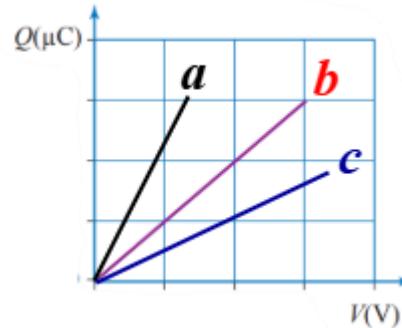
يأتي: ﴾



① أيهما اكبر موااسعة

② أيهما أقل موااسعة

③ أيهما أفضل لتخزين الطاقة



① أيهما اكبر موااسعة

② أيهما أقل موااسعة

③ أيهما أفضل لتخزين الطاقة

الواضح في

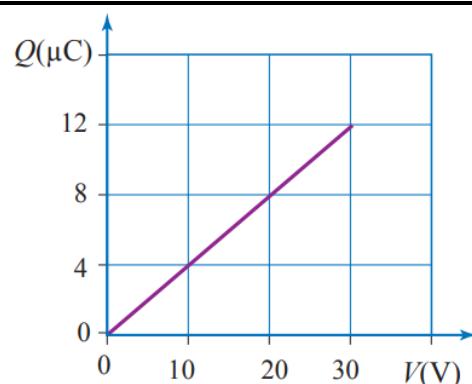
ـ مواضع كهربائي يختزن شحنة مقدارها ($6 \mu C$) عندما يطبق عليه جهد مقداره (5 V) احسب مواسعة الموسوع.



المثال 1

بناء على البيانات المثبتة على الموسوع المبين في الشكل (37)، أجب عما يأتي:
ـ أحـدد القيمة العظمى للشحنة التي يمكن تخزينها بأمان في الموسوع.

ـ هل يمكن تطبيق جهد مقداره (600 V) بين طرفي الموسوع؟ أوضح إجابتي.

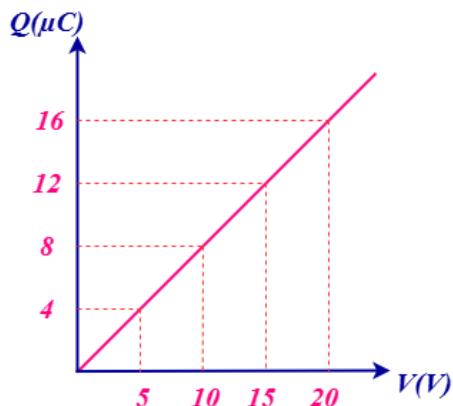


الشكل (39): التمثيل البياني للعلاقة بين شحنة الموسوع وجهده.

المثال 2

يمثل الرسم البياني في الشكل (39) العلاقة بين شحنة موسوع ذي صفيحتين متوازيتين وجهده، في أثناء عملية الشحن عند وصله مع بطارية جهدتها (40 V)، مستعينا بالشكل أحـسب:
ـ مواسعة الموسوع.
ـ شحنة الموسوع عندما يكون جهده (18 V).
ـ شحنة الموسوع بعد اكتمال عملية الشحن.

H.W



يمثل المنحنى التالي العلاقة بين الشحنة الكهربائية والجهد لمواسع كهربائي متصل مع بطارية فرق جهدتها (50 V) في أثناء عملية شحنه بالاعتماد على المنحنى أجب عن كل مما يأتي:

1 ماذا يمثل الميل.

2 احسب مواسعة المواسع.

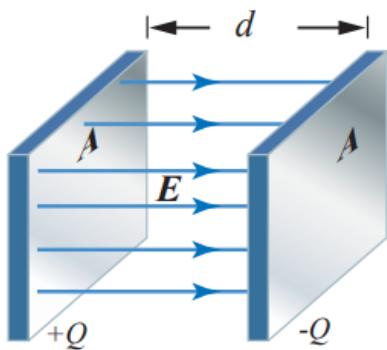
3 احسب شحنة المواسع عندما يكون فرق الجهد (15 V).

4 احسب شحنة المواسع عندما يكون فرق الجهد (13 V).

5 احسب شحنة المواسع عند اكتمال عملية الشحن.

مواسعة مواسع ذي صفيحتين متوازيتين

Capacitance of Parallel-Plate Capacitor



الشكل (38): مواسع ذو صفيحتين متوازيتين.

✿ تعلمنا ان مواسع المواسع (C) لا تعتمد على شحنته (Q) و فرق جهده (V) لأن العلاقة بين V و C خطية طردية

✿ لكن على ماذا تعتمد مواسع المواسع (C) لتعريف العوامل التي تعتمد عليها مواسع المواسع انظر إلى الشكل (38) الذي يبين مواسعاً ذي صفيحتين متوازيتين، مساحة كل منها (A) و تفصلهما مسافة (d) والوسط الفاصل بينهما فراغ (أو هواء)

✿ عند شحن المواسع ينشأ بين صفيحتيه مجال كهربائي منتظم مقداره

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

✿ ولكن الكثافة السطحية للشحنة (σ) تعطى بالعلاقة: $\sigma = \frac{Q}{A}$ ، ومن ثم: فإن:

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

✿ وبما ان جهد المواسع (V) يعطى بالعلاقة: $V = Ed$ فإنه يمكن التعبير عن مواسع المواسع على النحو الآتي:

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{Ed} = \frac{Q}{\frac{Q}{\epsilon_0 A} d}$$

$$C = \frac{A \epsilon_0}{d}$$

✿ اذكر العوامل التي تعتمد عليها مواسع المواسع (C)؟

$$C = \frac{A \epsilon_0}{d}$$

1 مساحة كل من الصفيحتين (A) (طردية)

2 المسافة الفاصلة بين الصفيحتين (d) (طردية)

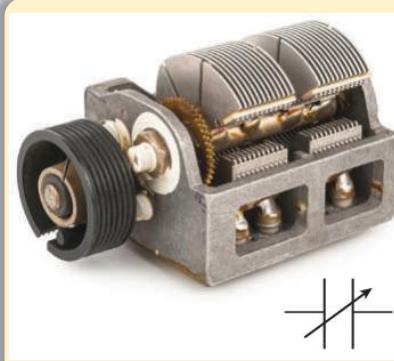
3 السماحية الكهربائية للوسط الفاصل بين الصفيحتين (ϵ) (طردية)

ستقتصر دراستنا على أن يكون الوسط الفاصل بين الصفيحتين هواء أو فراغ

أفكر

هل تؤدي زيادة جهد المواسع أو شحنته الكهربائية إلى زيادة مواسعته؟

تحقق: ما الطرق التي يمكن بوساطتها زيادة مواسعه المواسع ذي الصفيحتين المتوازيتين؟



الربط

توجد مواسعات متغيرة المواسعية تحتوي على عدة صفائح فلزية قابلة للدوران حول محور. ومن ثم، يمكن التحكم بمواسعه المواسع عن طريق تغيير عدد الصفائح أو مساحتها أو المسافة بينها، ويرمز له في الدارات الكهربائية بخطين متوازيين عليهما سهم، أنظر إلى الشكل.



الربط

استعمال المواسعات في لوحة مفاتيح الحاسوب يوضع موسع ذو صفيحتين متوازيتين أسفل كل حرف في لوحة مفاتيح الحاسوب؛ بحيث تثبت إحدى صفيحتي كل موسع بمفتاح والصفيحة الأخرى تكون ثابتة، وعند الضغط على المفتاح يقل البعد بين الصفيحتين فترتداد موسعة الموسع؛ وهذا يجعل الدارات الإلكترونية الأخرى في الحاسوب تتعرف إلى المفتاح الذي جرى الضغط عليه.

مواسع ذو صفيحتين متوازيتين، البعد بينهما (2 mm) ومساحة كل من صفيحتيه $(50 \times 10^{-4} m^2)$ ، يتصل بطارية جهدتها (50 V).

احسب كلا معاً ياتي علماً ان $(\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} C^2/N.m^2)$

ا- مواسعة المواسع.

ب- جهد المواسع (V) عندما يختزن شحنة (Q') مقدارها (100 pC).

ح- إذا تضاعفت المسافة بين الصفيحتين مع بقاء البطارية موصولة بالمواسع، فاحسب كلاً من شحنة المواسع (Q'') ومواسعته (C'').

تمرين

استخدم الأرقام: مواسع ذو صفيحتين متوازيتين مواسعته (0.04 nF) والمسافة بين صفيحتيه (0.25 cm)، شحن حتى أصبح جده (100 V).

احسب كلاً معاً ياتي علماً ان $(\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} C^2/N.m^2)$

ا- مساحة كل من صفيحتي المواسع.

ب- شحنة المواسع.

H.W

ـ مواضع ذو صفيحتين متوازيتين ، البعد بينهما (5 cm) ومساحة كل من الصفيحتين

(20 cm²) ، إذا علمت أن السماحية الكهربائية للوسط

($\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} C^2/N.m^2$) احسب:

ـ إذا تضاعفت المساحة فماذا يحدث لكل من مواضع المواقع وشحنته وجدهه مع بقاءه متصلة

ـ فرق الجهد الكهربائي عندما تكون الشحنة (1.77 pC)

ـ مواسعة المواقع

ـ مواضع ذو صفيحتين متوازيتين مواسعته (6 μF) ، ومساحة كل من صفيحتيه (18 cm²) ، علمًا أنه السماحية الكهربائية للوسط

($\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} C^2/N.m^2$) احسب كل

ـ مما يأتي:

ـ شحنة المواقع إذا شحن المواقع حتى أصبح جدهه (80 V)

ـ المسافة بين صفيحتي المواقع

أسئلة النسبة والرخوه

ـ مواضع ذو صفيحتين متوازيتين مواسعته (C), ومساحة كل من صفيحتيه (A) والمسافة بين صفيحتيه (d) متصل مع بطارية وضـ ماذا يحدث لمواسعته في كل من الحالات التالية:

٢ عند مضاعفة المسافة بين صفيحتيه أربع مرات ما كانت عليه

١ عند مضاعفة مساحة كل من صفيحتيه إلى ثلاثة أمثال ما كانت عليه

٤ عند نقصان المسافة بين صفيحتيه إلى النصف وزيادة مساحة كل من صفيحتيه إلى مثلي ما كانت عليه

٣ عند مضاعفة كل من مساحة الصفيحتين والمسافة بينهما إلى مثلي ما كانت عليه

ـ مواضع ذو صفيحتين متوازيتين، متصل ببطارية. عندما تزداد مساحة كل من صفيحتيه إلى مثلي ما كانت عليه ويقل البعد بينهما إلى النصف مع بقائه متصلـ بالبطارية، فإن الطاقة المخزنة فيه:

ـ تقلـ إلى النصف. ـ تزدادـ إلى المثـلين. ـ تزدادـ أربعـة أمـثال.

ـ مواضع ذو صفيحتين متوازيـين مواـسعـته C ، إذا ازدادـت مسـاحة كل من صـفيـحتـيه إلى مـثـلي ماـ كانتـ عـلـيـهـ، وـقـلـتـ المسـافـةـ بيـنـهـمـاـ إـلـىـ النـصـفـ؛ـ فـإـنـ مواـسـعـتهـ تـصـبـحـ:

ـ C

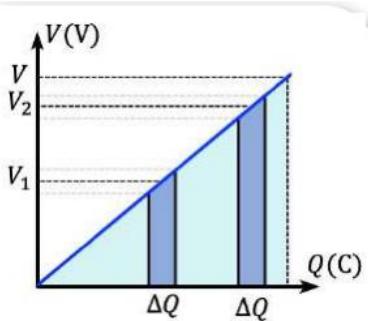
ـ $4C$

ـ $\frac{C}{4}$

ـ $\frac{C}{2}$

الطاقة المخزنة في المواسع Energy Stored in a Capacitor

يعد المواسع المشحون مخزناً لطاقة الوضع الكهربائية، فعند وصل طرفي بطارية مع صفيحتي مواسع؛ فإن البطارية تبذل شغلاً لنقل الشحنات إلى صفيحتيه، وهذا الشغل يساوي طاقة الوضع الكهربائية المخزنة فيه.



الشكل (40): الطاقة المخزنة في المواسع.

ذكرنا سابقاً أنه في أثناء شحن المواسع يزداد جهده بزيادة الشحنات عليه، والشكل (40) يوضح العلاقة بينهما.لاحظ أنه عند زيادة شحنة المواسع بمقدار ΔQ عند متوسط جهد مقداره V_1 فإن ذلك يتطلب شغلاً يساوي مساحة المستطيل: $V_1 \Delta Q$ ، وكلما ازدادت شحنة المواسع تزداد مساحة المستطيل $V_2 \Delta Q$ نتيجة لزيادة الجهد، وهذا يتطلب بذل شغل أكبر. والمساحة الكلية تحت المنحنى (المساحة المغلقة بين الخط المستقيم والمحور الأفقي) التي تمثل مساحة المثلث تساوي الشغل الكلي W المبذول في شحن المواسع إلى شحنة Q وجهد V : أي إذ:

$$W = \frac{1}{2} QV$$

هذا الشغل المبذول في شحن المواسع يساوي طاقة الوضع الكهربائية المخزنة في المواسع:

$$PE = \frac{1}{2} QV$$

وبما أن $Q = CV$ فإن:

$$PE = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

وإذا فصلت البطارية عن المواسع - بعد شحنه - ووصل طرفا المواسع بجهاز كهربائي ضمن دارة كهربائية؛ فإن الطاقة الكهربائية المخزنة في المواسع تحول إلى شكل آخر من الطاقة، إذ تنتقل الإلكترونات من صفيحة المواسع السالبة إلى الصفيحة الموجبة على شكل تيار كهربائي في الدارة؛ يتلاشى بالتدريج خلال مدة زمنية قصيرة لتصبح شحنة المواسع النهائية صفرًا، وتسمى هذه العملية تفريغ المواسع Discharging a Capacitor.

تحقق: ماذا تمثل المساحة الكلية تحت منحنى ($V - Q$)؟

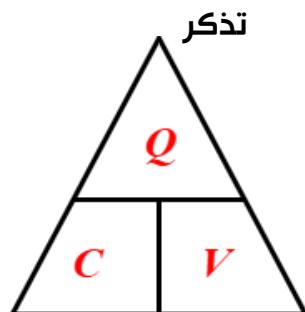
عند وصل طرفي مواضع مشحون ومعزول بمصباح، ماذا يحدث لكل من الكميات الآتية للمواضع: مساحتها، جهدها، شحنته، الطاقة الكهربائية المخزنة فيهما؟

الخلاصة

المساحة الممحضورة

تحت منحنى $(V - Q)$

والمحور الأفقي



$$P.E = \frac{1}{2} QV \quad \text{بوجه عام}$$

$$P.E = \frac{1}{2} CV^2 \quad \text{للتواري}$$

$$P.E = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \quad \text{للتوالي}$$

ـ ما العوامل التي تعتمد عليها الطاقة الكهربائية المخزنة في المواضع؟

ـ مواضع ذو صفيحتين متوازيتين مساحتها ($2 \mu F$) وصل مع بطارية جهدتها ($2V$)

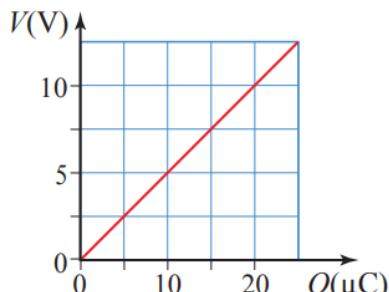
احسب:

ـ شحنة المواضع

ـ الطاقة الكهربائية المخزنة في المواضع

الواضح في

المثال 4



الشكل (36): العلاقة بين جهد المواضع وشحنته.

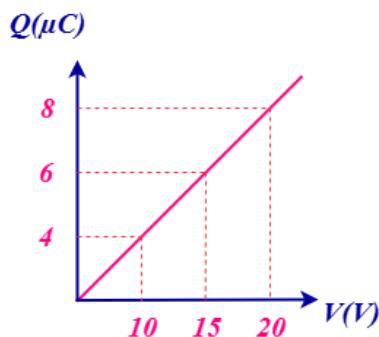
يعتبر الرسم البياني في الشكل (36) العلاقة بين جهد المواضع والشحنة الكهربائية المخزنة فيه، بناءً عليه أحسب:

- مواضع المواضع.
- الطاقة الكهربائية المخزنة في المواضع عندما يصبح جهده (10 V).



م- استخدم الأرقام: يستعمل مواضع مواضعه ($180 \mu F$) في وحدة إضاءة (فلاش) الكاميرا كما في الشكل لتخزين الطاقة الكهربائية؛ لتفريغ من المواضع خلال جزء من الثانية على شكل طاقة ضوئية في أثناء التقاط الصورة. إذا شحن المواضع حتى أصبح جهده (200 V) بوساطة بطارية؛ فأحسب:

- شحنة المواضع الكلية.
- الطاقة الكهربائية المخزنة في المواضع.



- ـ مواسم كهربائي ذو صفيحتين متوازيتين وصل مع مصدر فرق جهد (V) وشحن تفاماً اعتماداً على المنهنى الذي يمثل العلاقة بين شحنته وجهده احسب:
- ـ مواسعة المواسع
 - ـ الطاقة المخزنة في المواسع عندما يصبح جهده V

ـ ما التغير الذي يحدث للطاقة المخزنة في مواسع عند زيادة فرق الجهد بين صفيحتيه إلى المثليين مع بقاء مواسعته ثابتة؟

- ـ تقل إلى النصف.
 ـ تزداد إلى المثليين.
 ـ تزداد إلى أربعة أمثال.

الربط



جهاز الصدمة الكهربائية للقلب (AED).

جهاز الصدمة الكهربائية للقلب (AED) جهاز يستعمل لمساعدة الأشخاص الذين يعانون من توقف القلب المفاجئ، انظر إلى الشكل. وهو جهاز طبي متطور خفيف الوزن ومحمول وسهل الاستعمال، يمكنه تحليل نبضات القلب، وإذا اكتشف نبضاً غير طبيعي للقلب؛ فإنه يعمل على مساعدة القلب وإعادة تنظيم

ضرباته الطبيعية عن طريق صدمة كهربائية غير الصدر إلى القلب؛ إذ يطلب برنامج الجهاز من المستعمل الضغط على زر لإصدار صدمة كهربائية. وفي بعض الأجهزة المتطورة يجري ذلك تلقائياً من دون تدخل المستعمل.

ويجري توفير هذه الأجهزة في الأماكن العامة مثل القاعات الرياضية.

يتربك الجهاز من عدة أجزاء رئيسة منها مواسم كهربائي، وهو الجزء المسؤول عن تأمين الشحنات الكهربائية الالزمة لحدوث الصدمة؛ عن طريق تفريغ الشحنات بشكل لحظي، ويجري شحنه باستعمال بطارية مشحونة وجاهزة للاستعمال.

توصيل المواسنات Combining Capacitors

تصنع الموسنات بحيث تكون لها موسنة محددة، وتعمل على فرق جهد محدد، وقد يلزم أحياناً في دارة إلكترونية قيمة لموسنة غير متوفرة، عندئذ يمكن الحصول عليها بوصل مجموعة من الموسنات معاً. توصيل الموسنات معاً بعدة طرائق منها طريقتان بسيطتان وشائعتان، هما التوصيل على التوالي والتوصيل على التوازي أو الجمع بينهما، ويطلق على الموسنة الكلية لمجموعة موسنات تتصل معاً في دارة كهربائية **الموسنة المكافئة**

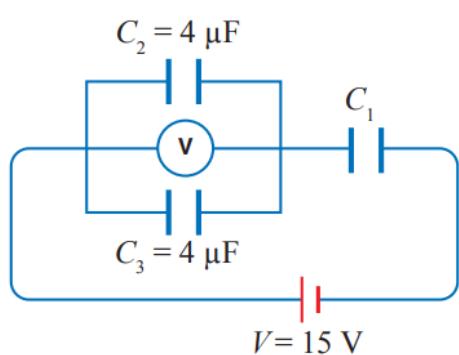
Equivalent Capacitance

توصيل الموسنات

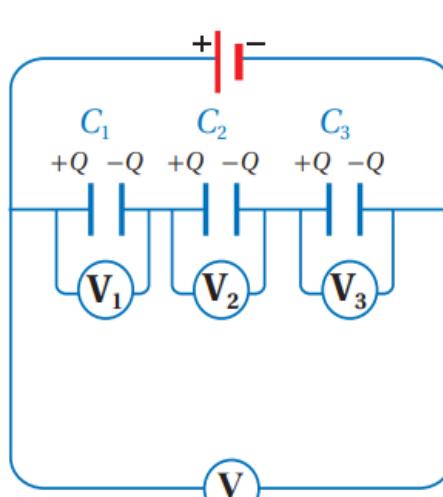
توازي وتوالي مع بعض

بالتوالي

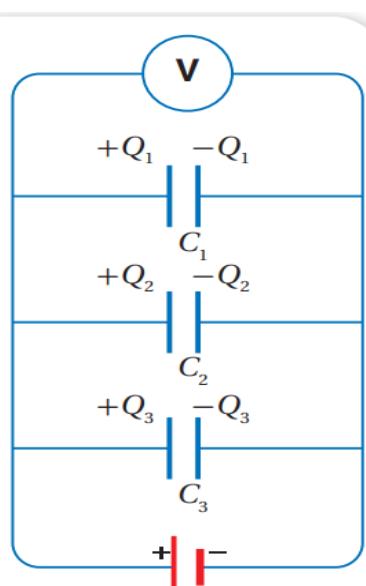
بتوازي



الشكل (41): الموسنة المكافئة.



الشكل (38): التوصيل على التوالي.



الشكل (37): التوصيل على التوازي.

عليك أن تعلم

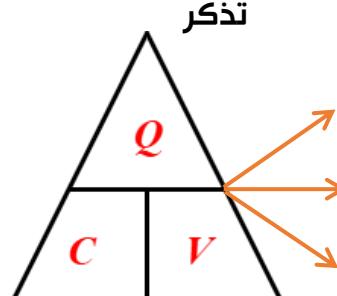
$$P.E = \frac{1}{2} QV$$

$$P.E = \frac{1}{2} CV^2$$

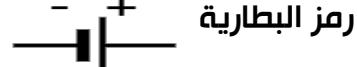
$$P.E = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

تذكرة
بوجه عام

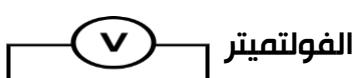
توازي
توالي



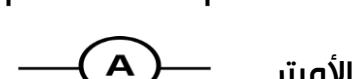
رمز البطارية



رمز الموسن



الفولتميتر



الأميتر

الواضح في

ملاحظة

هذه ليست عددة
إنما طعجة

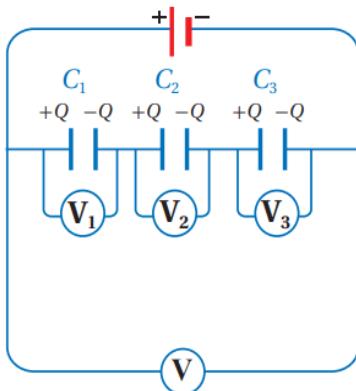


ملاحظة

T Z Y X العقد

خصائص طرق توصيل المواسعات

التوصيل بالتوازي



نلاحظ من الشكل ان
المواسعات لا تفصل
بينها نقاط تفرع
وتكون على نفس
السلك وتتصل
المواسعات التي على
الأطراف مع أقطاب
البطارية إداهما

تتصل صفيحته اليمنى مع القطب السالب والأخر تصل
صفيحته اليسرى مع القطب الموجب وبباقي الصفائح
للمواسعات تشحن بالبحث.

يكون فرق الجهد المكافئ (V_{eq}) مساوياً للمجموع
الجيري لفرق جهد كل مواسع (فرق الجهد يتجزأ)

$$V_{eq} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

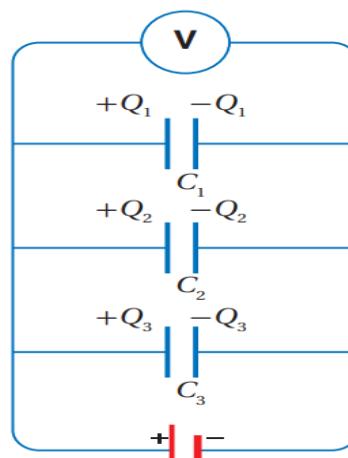
يكون الشحنة الكلية (Q_{eq}) المخزنة في
المواسعات متساوية لشحنة كل مواسع.

$$Q_{eq} = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots$$

يكون المواسعة المكافئة (C_{eq}) أقل من اقل
مواسعة في المجموعة

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

تستخدم هذه الطريقة للحصول على مواسعة صغيرة



نلاحظ من الشكل ان
المواسعات تفصل
بينها نقاط تفرع
(عقد) وليسوا على
نفس السلك وتتصل
صفيحتا كل مواسع.
مع قطبي البطارية
نفسها. بواسطة
سلك مباشرة أي أن
الصفائح المتصلة مع القطب الموجب للبطارية تشحن
بشحنة موجبة والصفائح المتصلة مع القطب السالب
تشحن بشحنة سالبة.

يكون فرق الجهد بين صفيحتي كل مواسع متساوياً
ويساوي جهد البطارية (V_{eq})

$$V_{eq} = V_1 = V_2 = V_3 = \dots$$

يكون الشحنة الكلية (Q_{eq}) المخزنة في المواسعات
تساوي المجموع الجيري للشحنتات في كل مواسع (أي
ان الشحنة تتوزع ولا تتساوى)

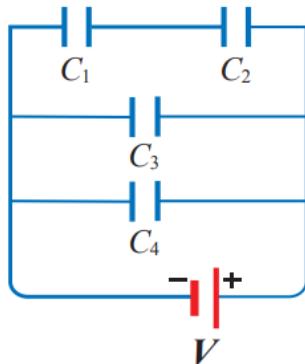
$$Q_{eq} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots$$

يكون المواسعة المكافئة (C_{eq}) أكبر من أكبر
مواسعة في المجموعة

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

تستخدم هذه الطريقة للحصول على مواسعة كبيرة

الواضح في



أتحقق: تتصل مجموعه مواسعات مع بطارية كما في الشكل، ✓

بناءً عليه أحدد:

- مواسعاً جهده يساوي جهد البطارية.
- مواسعين شحنتيهما متساوين.

المثال 5

مواسعان، مواسعة الأول ($5 \mu F$) والثاني ($10 \mu F$) وصلوا على التوازي مع بطارية جهدها ($30 V$)، أحسب:

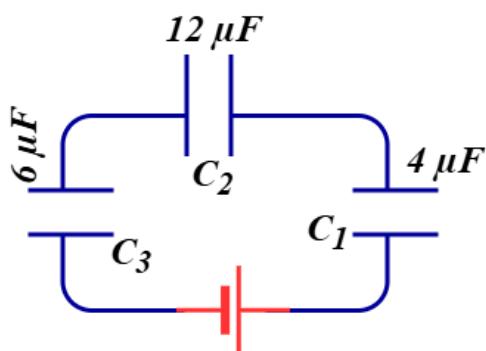
- المواسعة المكافئة.
- شحنة كل من المواسعين الأول والثاني.

مواسعان، مواسعة الأول ($2 nF$) ومواسعة الثاني ($8 nF$) وصلوا على التوالى مع بطارية،

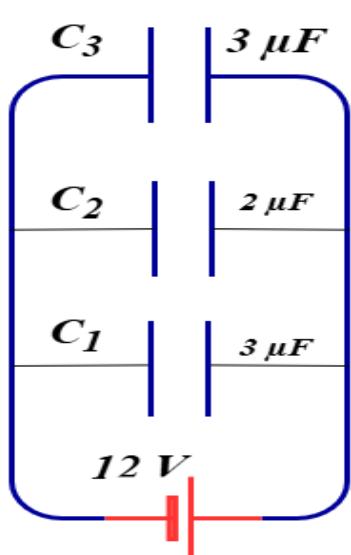
إذا علمت أن الشحنة المكافئة للمواسعين ($160 nC$)، أحسب:

- جهد كل من المواسعين الأول والثاني
- المواسعة المكافئة

الواضح في



ـ يمثل الشكل التالي دارة كهربائية معتمداً على البيانات المثبتة عليه احسب المواسعة المكافئة



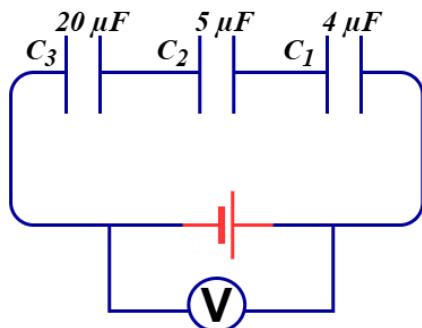
ـ تصل ثلاثة مواسع مع بطارية جهد (12 V) كما في الشكل معتمداً على البيانات المثبتة احسب:
أ- المواسعة المكافئة

ب- الشحنة الكلية المخزنة في المواسع.

ـ شحنة المواسع الثالث (Q_3)

ـ الطاقة الكهربائية المخزنة في المواسع الثاني

الواضح في



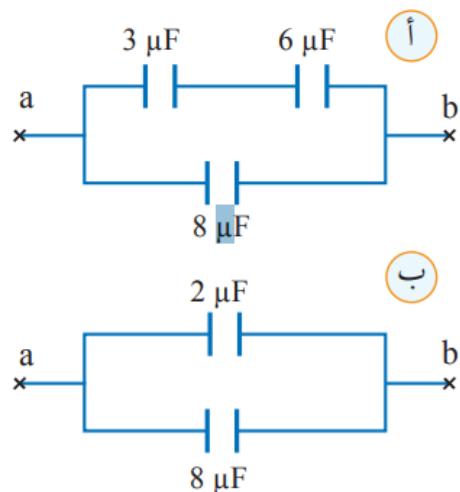
ـ تصل ثلاثة مواصع مع بطارية كما في الشكل، إذا علمت أن الشحنة الكلية المخزنة في المواصع $(18 \mu C)$ ومعتمداً على البيانات المثبتة على الشكل، احسب:

ـ قراءة الفولتميتر

ـ المواصعة المكافئة

ـ الطاقة المخزنة في المواصع الأول

ـ شحنة المواصع الأول



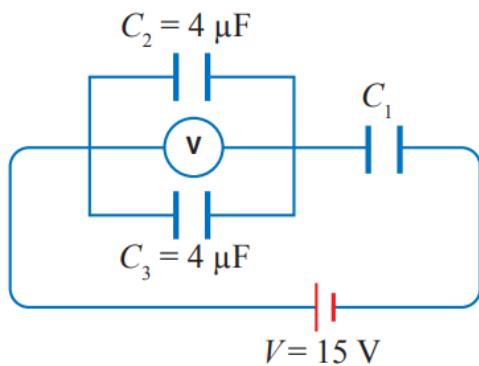
المثال 6

يمثل الشكل (40/أ) جزءاً من دارة كهربائية يحتوي على (3) مواصع، أحسب المواصعة المكافئة للمواصع الثلاثة.

الشكل (40): المواصعة المكافئة.

الواضح في

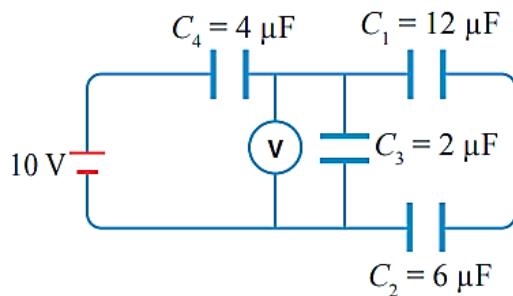
المثال 7



الشكل (41): المواصعة المكافئة.

يبين الشكل (41) ثلاثة مواصعات تتصل مع بطارية جهدتها (15 V)، إذا كانت قراءة الفولتميتر (10 V): فاحسب:

- أ- جهد المواصع C_1 .
- ب- الطاقة الكهربائية المخزنة في المواصع C_2 .
- ج- مواصعة المواصع C_1 .

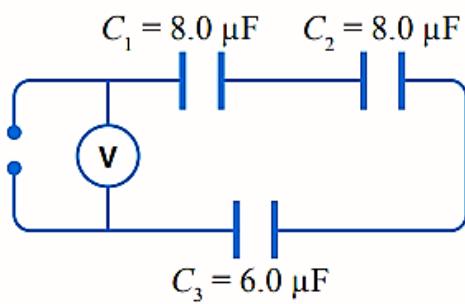


تمرين

أستخدم الأرقام: تتصل (4) مواصعات مع بطارية جهدتها (10 V) كما في الشكل، أحسب:

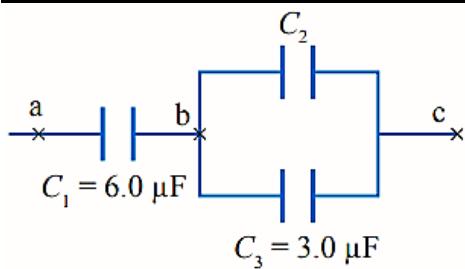
- أ- المواصعة المكافئة.
- ب- شحنة المواصع الرابع.
- ج- قراءة الفولتميتر.
- د- الطاقة الكهربائية المخزنة في المواصع الثالث.

الواضح في



م- أستخدم الأرقام: تتصل ثلاثة مواسعات مع مصدر طاقة كما في الشكل المجاور. إذا علمت أن شحنة المواسع C_3 تساوي $3.0 \times 10^{-5} C$ فأحسب:

- المواسعة المكافئة.
- قراءة الفولتميتر.

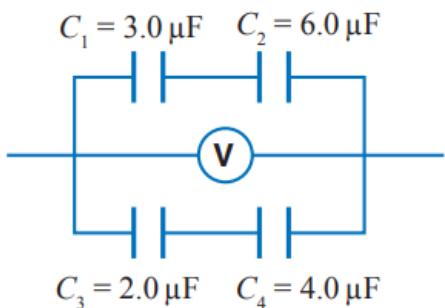


م- التفكير الناقد: يمثل الشكل المجاور جزءاً من دارة كهربائية تحتوي على ثلاثة مواسعات. إذا علمت أن فرق الجهد بين النقطتين a و c يساوي (20 V)، وبين النقطتين b و c يساوي (12 V)، فأحسب:

- شحنة المواسع C_1 .
- مواسعة المواسع C_2 .
- الطاقة الكلية المخزنة في المواسعات الثلاثة.

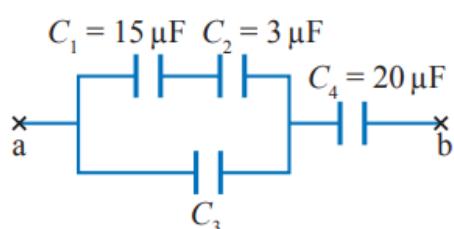
م- أستخدم الأرقام: أحسب الطاقة الكلية المخزنة في ثلاثة مواسعات مواسعة كل منها (30 μF) تتصل على التوازي مع بطارية جهدتها (12 V).

الواضح في

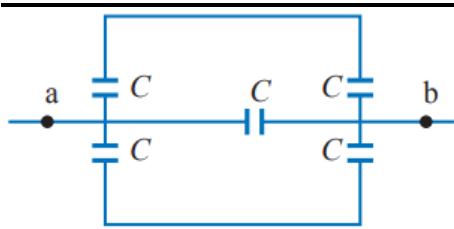


ـ استخدم الأرقام: يمثل الشكل جزءاً من دارة كهربائية، إذا علمت أن قراءة الفولتميتر (12 V)؛ فأحسب:

- ـ المواسعة المكافئة.
- ـ الطاقة الكلية المخزنة في المواسعات.

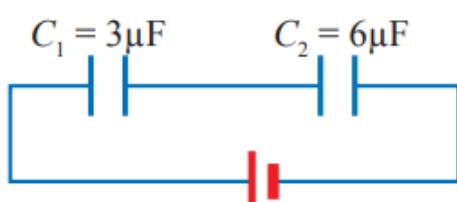


ـ أستخدم الأرقام: تتصل أربع مواسعات معاً في جزء من دارة كهربائية كما في الشكل. إذا علمت أن شحنة المواسع C_4 تساوي $30 \mu\text{C}$ ؛ وفرق الجهد بين النقطتين a و b يساوي 4.5 V ، أحسب المواسعة (C_3) .



ـ مقدار المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات بين النقطتين (a, b) في الشكل يساوي:

$$\text{ـ } C \quad \text{ـ } \frac{C}{2} \quad \text{ـ } 5C \quad \text{ـ } 2C$$

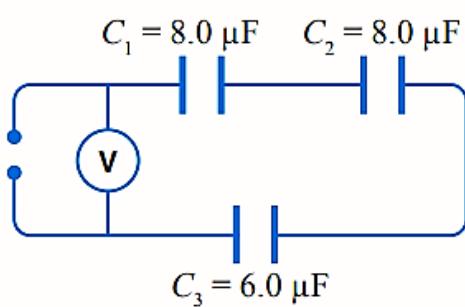


ـ مواسعن يتصلان مع بطارية كما في الشكل، عند المقارنة بين المواسعين؛ أي العبارات الآتية صحيحة؟

$$\text{ـ } V_2 = V_1 \quad \text{ـ } V_2 = 2V_1 \\ \text{ـ } Q_2 = Q_1 \quad \text{ـ } Q_2 = 2Q_1$$

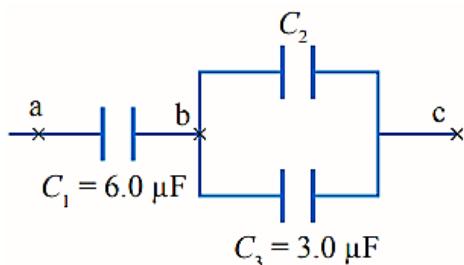
1. **الفكرة الرئيسية:** أوضح المقصود بكل من المفاهيم والمصطلحات الآتية: المواسع الكهربائي، المواسعة الكهربائية، المواسعة المكافئة.
2. **أستنتاج:** مواسع ذو صفيحتين متوازيتين، كيف يمكن زيادة مواسعته إلى (4) أضعاف؟
3. **أستنتاج:** ماذا نعني بقولنا مواسعة مواسع (5 μF)؟
4. **استخدم الأرقام:** أحسب الطاقة الكلية المخزنة في ثلاثة مواسعتين مواسعة كل منها (30 μF) تتصل على التوازي مع بطارية جهدتها (12 V).
5. **أصدر حكما** في أثناء عمل مهندس في صيانة الحواسيب، لزمه مواسع مواسعته (5 nF) وليس لديه سوى مواسعين مواسعة كل منها (10 nF). ما طريقة التوصيل الأنسب للمواسعين للحصول على المواسعة المطلوبة؟ أوضح إجابتي.

6. **استخدم الأرقام:** مواسع ذو صفيحتين متوازيتين مساحة كل من صفيحتيه $(6.0 \times 10^{-3} m^2)$ والبعد بينهما $(0.10 cm)$, مشحون بشحنة مقدارها $(6.0 nC)$ ومفصول عن مصدر الطاقة (البطارية)، أحسب:
- مواسعة المواسع.
 - جهد المواسع.
- ـ إذا أصبحت المسافة بين صفيحتيه نصف قيمتها الابتدائية، ماذا يحدث لكل من: مواسعة المواسع وجده، والطاقة الكهربائية المخزنة فيه.



7. **استخدم الأرقام:** تتصل ثلاثة مواسعات مع مصدر طاقة كما في الشكل المجاور. إذا علمت أن شحنة المواسع C_3 تساوي $3.0 \times 10^{-5} C$ فاحسب:
- المواسعة المكافئة.
 - قراءة الفولتميتر.

الواضح في



8. **التفكير الناقد:** يمثل الشكل المجاور جزءاً من دارة كهربائية تحتوي على ثلاثة مواسعت. إذا علمت أن فرق الجهد بين النقطتين a و c يساوي (20 V) ، وبين النقطتين b و c يساوي (12 V) ، فأحسب:
- أ- شحنة المواسع C_1 .
 - ب- مواسعة المواسع C_2 .
 - جـ- الطاقة الكلية المخزنة في المواسع الثلاثة.

9. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

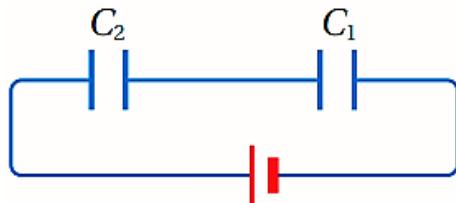
- ① مواسع ذو صفيحتين متوازيتين، متصل ببطارية. عندما تزداد مساحة كل من صفيحتيه إلى مثلي ما كانت عليه ويقل البعد بينهما إلى النصف مع بقائه متصل بالبطارية، فإن الطاقة المخزنة فيه:
- أ- تقل إلى النصف.
 - ب- تقل إلى الربع.
 - جـ- تزداد إلى المثليين.
 - دـ- تزداد أربعة أمثال.

- ② مواسعان مواسعتيهما ($C_1 = 6\text{ }\mu\text{F}$, $C_2 = 4\text{ }\mu\text{F}$) يتصلان على التوازي مع بطارية، إذا كانت الطاقة المخزنة في المواسع الأول ($3\text{ }\mu\text{J}$) فإن الطاقة المخزنة في المواسع الثاني بوحدة μJ :

أ- 2 ب- 4 جـ- 6 دـ- 3

- ③ مواسع ذو صفيحتين متوازيين مواسعته C ، إذا ازدادت مساحة كل من صفيحتيه إلى مثلي ما كانت عليه، وقلت المسافة بينهما إلى النصف؛ فإن مواسعته تصبح:

أ- $\frac{C}{2}$ ب- $\frac{C}{4}$ جـ- $4C$ دـ- C



4 -

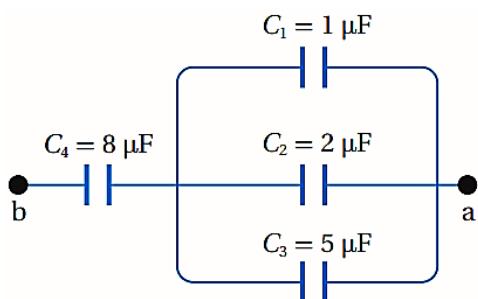
٤ في الشكل المجاور إذا كانت موازعة المواسع الثاني مثلي موازعة المواسع الأول فإن نسبة الطاقة المخزنة في المواسع الأول إلى الطاقة المخزنة في المواسع الثاني تساوي:

$$\frac{PE_1}{PE_2}$$

٢ -

$$\frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{4}$$



٥ أربع موازعات مشحونة تتصل معاً كما هو مبين في الشكل. معتقداً على الشكل وبياناته وإذا علمت أن قيمة الموازعة بالميكروفاراد، وأن الموازع (C4) شحنته تساوي (48 μC)، فإن فرق الجهد بين النقطتين (a) و (b) بوحدة (V) :

$$6 - 4$$

$$24 - 12$$

الواضح في

القانون	اسم القانون
$F_E = Eq$	القوة الكهربائية (F_E)
$E = \frac{F_E}{q}$	المجال الكهربائي (E)
$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$	المجال الكهربائي المنتظم (E)
$E = 0$	المجال الكهربائي لموصل كروي مشحون (E)
$E = \frac{kQ}{r^2} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$	
$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \times \frac{R^2}{r^2}$	
$\Phi_E = EA \cos \theta$	التدفق الكهربائي Φ_E
$\Phi_E = 0$	
$\Phi_E = \frac{q_{in}}{\epsilon_0}$	
$\sum F = ma$	القانون الثاني لنيوتن
$Eq = ma$	
$V_f = V_i + at$ $V_f^2 = V_i^2 + 2a\Delta X$ $\Delta X = V_i t + \frac{1}{2} at^2$	معادلات الحركة
$V = \frac{W}{q_o} = \frac{P \cdot E}{q_o}$	الجهد الكهربائي (V)
$V = -Ed \cos \theta$	
$\Delta V = \frac{\Delta P \cdot E}{q_o}$ $\Delta V = V_f - V_i$	فرق الجهد الكهربائي (ΔV)

الواضح في

	$\Delta P.E = P.E_f - P.E_i$ $= q(V_f - V_i)$ $= q(\Delta V)$ $\Delta P.E = -\Delta K.E$	التغير في طاقة الوضع الكهربائية ($\Delta P.E$)
	$K.E = \frac{1}{2} m V^2$	الطاقة الحركية ($K.E$)
	$\Delta K.E = K.E_f - K.E_i$ $= \frac{1}{2} m(V_f^2 - V_i^2)$ $\Delta K.E = -\Delta P.E$	التغير في الطاقة الحركية ($\Delta K.E$)
القانون العام للشغل	$W = Fd \cos \theta$	الشغل المبذول
عندما تنقل شحنة كهربائية بعكس اتجاه تأثير القوى الكهربائية (أي ليس لوحدها بل بفعل قوة خارجية)	$W_F = \Delta P.E$ $= +q\Delta V$ $= +q(V_f - V_i)$	الشغل الخارجي لنقل شحنة بين نقطتين في مجال كهربائي
عندما تنتقل شحنة كهربائية بفعل القوى الكهربائية (لوحدها دون تأثير قوة خارجية)	$W_E = -\Delta P.E$ $= -q\Delta V$ $= -q(V_f - V_i)$	الشغل الكهربائي لنقل شحنة بين نقطتين في مجال كهربائي
داخل الموصل الكروي	$V = \text{constant}$	الجهد الكهربائي لموصل كروي مشحون
يستخدم لحساب الجهد الكهربائي عند نقطة على سطح الموصل أو قريبة جداً من السطح ($r \leq R$)	$V = \frac{kQ}{R}$	
يستخدم لحساب الجهد الكهربائي عند نقطة تقع خارج الموصل وعلى بعد ($r > R$)	$V = \frac{kQ}{r}$	
	$E = \frac{ \Delta V }{d}$	المجال الكهربائي المنتظم
تكون العلاقة بين Q و V خطية طردية	$C = \frac{Q}{V}$	الموااسعة الكهربائية (C)
نستنتج العوامل التي تعتمد عليها موااسعة الموااسع من القانون	$C = \frac{A \epsilon_0}{d}$	
	$P.E = \frac{1}{2} Q V$ $P.E = \frac{1}{2} C V^2$ $P.E = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$	طاقة الوضع الكهربائية المخزنة في الموااسع

طرق توصيل المقاومات

بالتوالي

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

$$V_{eq} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

$$q_{eq} = q_1 = q_2 = q_3 = \dots$$

بالتوازي

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

$$V_{eq} = V_1 = V_2 = V_3 = \dots$$

$$q_{eq} = q_1 + q_2 + q_3 + \dots$$

ثوابت وزارية

$$k = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2$$

شحنة الالكترون $e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

شحنة البروتون $q_P = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

$$m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

التحويلات

$$\text{cm} = 10^{-2}$$

$$\text{cm}^2 = 10^{-4}$$

$$\text{mm} = 10^{-3}$$

$$\text{mm}^2 = 10^{-6}$$

$$\mu = 10^{-6}$$

$$n = 10^{-9}$$

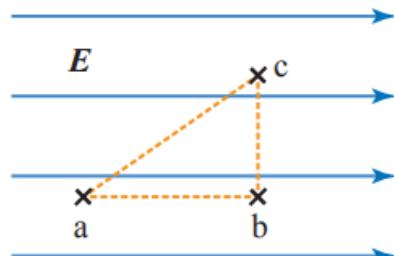
$$P = 10^{-12}$$

$$g \xrightarrow{\times 10^{-3}} \text{kg}$$

الكمية الفيزيائية	رمز الكمية	وحدة القياس
القوة الكهربائية	F_E	(N)
المجال الكهربائي	E	N/C
الشحنة الكهربائية	Q	كولوم
الشحنة الكهربائية الموضعية	q ، q_o	C
الشحنة الكهربائية داخل الموصل	q_{in}	C
الكثافة السطحية للشحنة	σ	C/m^2
بعد النقطة عن مركز الموصل	r	m
نصف قطر الموصل	R	m
المساحة	A	m^2
التدفق الكهربائي	Φ_E	$N \cdot m^2/C$
الكتلة	m	kg
التسارع	a	m/s^2
السرعة	V	m/s
الزمن	t أو Δt	(S)
الإزاحة	ΔX	متر
المسافة بين صفيحتين المواسع	d	m
الجهد الكهربائي	V	فولت
فرق الجهد الكهربائي	ΔV	V
طاقة الوضع الكهربائية	$P.E$	J
التغير في طاقة الوضع الكهربائية	$\Delta P.E$	جول
الطاقة الحركية	$K.E$	J
التغير في الطاقة الحركية	$\Delta K.E$	J
الشغل	W	J
الشغل الكهربائي	W_E	J
الشغل الخارجي	W_F	J
المواسعة الكهربائية	C	فارات

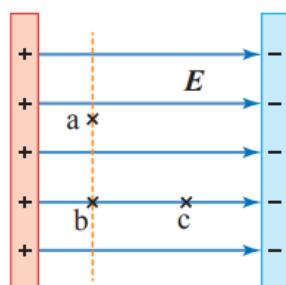
مراجعة الوحدة

١ أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:



١. تزداد طاقة الوضع الكهربائية لبروتون في مجال كهربائي منتظم، كما في الشكل، عند انتقاله:

- أ- من النقطة c إلى النقطة b .
- ب- من النقطة b إلى النقطة c .
- ج- من النقطة a إلى النقطة c .
- د- من النقطة c إلى النقطة a .

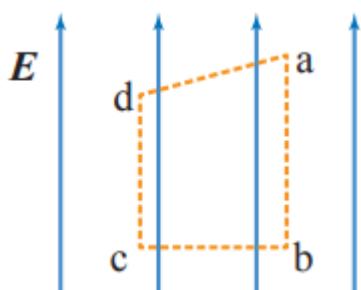


٢. ثلات نقاط في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل، أي المقارنات الآتية صحيحة بين جهد تلك النقاط:

- $V_a > V_b = V_c$ - ب- $V_a = V_b = V_c$ - أ-
 $V_a = V_b < V_c$ - د- $V_a = V_b > V_c$ - ج-

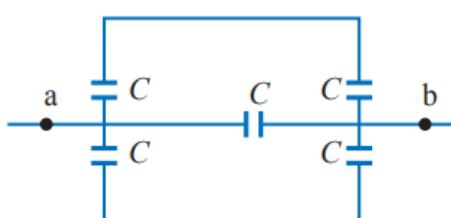
٣. الجهد الكهربائي عند نقطة تقع على سطح موصل كروي مشحون ومعزول نصف قطره R

- يساوي $(400 V)$. ما مقدار الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة $\frac{R}{2}$ عن مركزه؟
- أ- $200 V$ ب- $400 V$ ج- $800 V$ د- $0 V$



٤. يُبين الشكل (٤) نقاط على رؤوس شبه منحرف في مجال كهربائي منتظم، النقطتان اللتان يكون فرق الجهد بينهما يساوي صفرًا هما:

- أ- (a, b) ب- (c, d)
 ج- (d, a) د- (b, c)

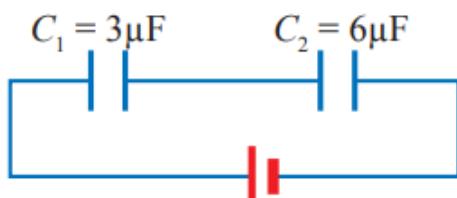


٥. مقدار المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات بين النقطتين (a, b) في الشكل يساوي:

- أ- $\frac{C}{2}$ ب- $5 C$
 ج- $2 C$ د-

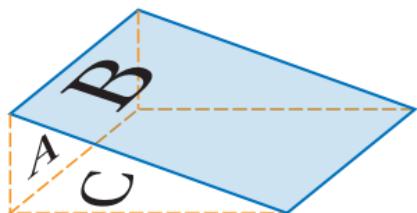
6. ما التغير الذي يحدث للطاقة المخزنة في مواسع عند زيادة فرق الجهد بين صفيحتيه إلى المثليين مع بقاء مواسعته ثابتة؟

- بـ- تقل إلى النصف.
- أـ- تزداد إلى المثليين.
- دـ- تقل إلى الربع.
- حـ- تزداد إلى أربعة أمثال.



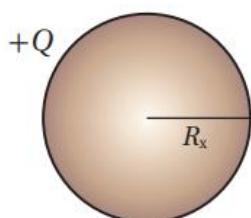
7. مواسعان يتصلان مع بطارية كما في الشكل، عند المقارنة بين المواسعين، أي العبارات الآتية صحيحة؟

- أـ- $V_2 = V_1$
- بـ- $V_2 = 2V_1$
- دـ- $Q_2 = Q_1$
- حـ- $Q_2 = 2Q_1$

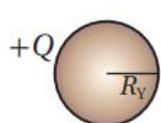


8. بين الشكل سطحاً مغلقاً على شكل منشور ثلاثي وضع في مجال كهربائي منتظم، فكان التدفق عبر الأسطح الثلاثة كما يأتي: التدفق عبر السطح (A) صفر، التدفق عبر السطح (B) سالب، التدفق عبر السطح (C) موجب، التدفق الكلي صفر. بناء على هذه النتيجة فإن اتجاه المجال يكون باتجاه محور:

- أـ- $+x$
- بـ- $-x$
- جـ- $+y$
- دـ- $-y$

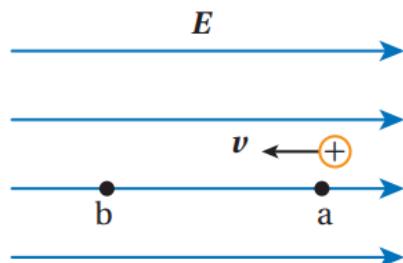


9. كرتان موصلتان (X, Y) مشحونتان بقدر الشحنة نفسه. الكثافة السطحية للشحنة على سطح الكرة (X) تساوي (σ) إذا علمت أن نصف قطر الكرة (X) مثلي نصف قطر الكرة (Y)، فإن مقدار المجال الكهربائي عند نقطة تقع بالقرب من سطح الكرة (Y) بدلالة (σ) يساوي:



- أـ- $\frac{4\sigma}{\epsilon_0}$
- بـ- $\frac{2\sigma}{\epsilon_0}$
- جـ- $\frac{\sigma}{4\epsilon_0}$
- دـ- $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

الواضح في



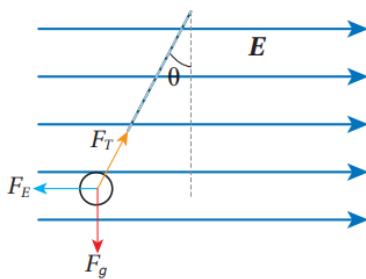
10. انطلق جسيم شحنته موجبة من النقطة (a) داخل مجال كهربائي منتظم بسرعة ابتدائية ($1 \times 10^5 \text{ m/s}$) بعد بالاتجاه المبين في الشكل، وتوقف عند النقطة (b) بعد مرور ($2.5 \times 10^{-6} \text{ s}$). باهتمال قوة الجاذبية الأرضية، فإن تسارع الجسيم مقداراً واتجاهًا يساوي:

أ- $2.5 \times 10^{11} \text{ m/s}^2, -x$

ب- $4 \times 10^{10} \text{ m/s}^2, -x$

ج- $2.5 \times 10^{11} \text{ m/s}^2, +x$

د- $4 \times 10^{10} \text{ m/s}^2, +x$

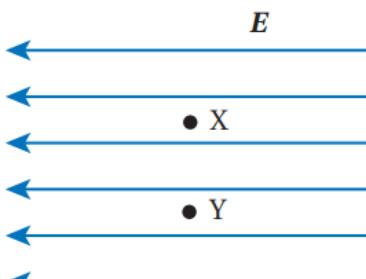


11. كرة صغيرة مشحونة وزنها (F_g)، علقت رأسيا بخيط داخل مجال كهربائي منتظم مقداره (E)، فاتزنت كما هو مبين في الشكل. مقدار شحنة الكرة، ونوعها يساوي:

أ- $\frac{F_g \tan \theta}{E}$ ، موجبة

ب- $\frac{E}{F_g \tan \theta}$ ، سالبة

ج- $\frac{F_g \tan \theta}{E}$ ، موجبة



12. جسيمان (X, Y) مشحونان بشحنتين متساويتين، أطلقان من السكون داخل مجال كهربائي منتظم، من النقطة نفسها، كما يبين الشكل. وبعد مرور مدة من الزمن وجد أن سرعة الجسيم (X) أكبر من سرعة الجسيم (Y). المعلومة المؤكدة التي أستنتجها عن الجسيمين:

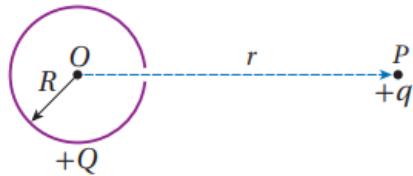
أ- القوة الكهربائية المؤثرة في الجسيم (X) أقل من المؤثرة في الجسيم (Y).

ب- الطاقة الحركية للجسيم (X) أقل من الطاقة الحركية للجسيم (Y).

ج- كتلة الجسيم (X) أقل من كتلة الجسيم (Y).

د- شغل القوة الكهربائية على الجسيم (X) أقل من الشغل على الجسيم (Y).

الواضح في



13. شحنة نقطية $(+q)$ موضعها عند نقطة (P) تبعد مسافة (r) عن مركز كرة مجوفة غير موصلة، نصف قطرها (R) ، ومشحونة بشحنة $(+Q)$ توزع على سطحها بانتظام، ويوجد على سطحها فتحة صغيرة كما هو مبين في الشكل. لنقل الشحنة $(+q)$ من النقطة (P) إلى مركز الكرة (O) بسرعة ثابتة، بفعل قوة خارجية فإن شغل القوة الخارجية يساوي:

$$k qQ \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) \rightarrow \frac{k (Q-q)}{R} \rightarrow \frac{k qQ}{R} \rightarrow \frac{k qQ}{r} \rightarrow$$

14. بالاعتماد على البيانات المثبتة على الموسوع الكهربائي المبين في الشكل فإن شحنة الموسوع وجده على الترتيب:

$$+6 \text{ V} \quad +3 \mu\text{C}$$

$$-6 \text{ V} \quad -3 \mu\text{C}$$

$$Q = 0, V = 0$$

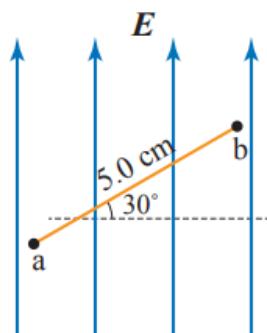
$$Q = 3 \mu\text{C}, V = 6 \text{ V}$$

$$Q = 6 \mu\text{C}, V = 12 \text{ V}$$

$$Q = 3 \mu\text{C}, V = 12 \text{ V}$$

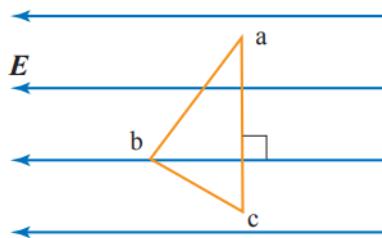
15. موسعان بعد بين صفيحتي كل منها متساوي، ومساحة كل من صفيحتي الأول (A) والثاني $(3A)$. وصلا مع بطارية على التوازي، إذا كان المجال الكهربائي بين صفيحتي الموسوع الأول (E) وشحنته (Q) ، فإن مقدار المجال والشحنة للموسوع الثاني:

$$\frac{1}{3} E, 3Q \rightarrow \frac{1}{3} E, Q \rightarrow E, 3Q \rightarrow E, Q \rightarrow$$



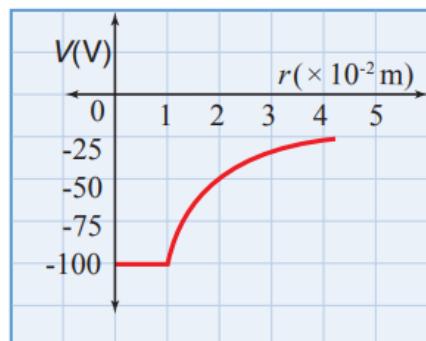
- 2) **استخدم الأرقام:** مجال كهربائي منتظم مقداره $3.0 \times 10^4 \text{ N/C}$ كما في الشكل، مستعينا بالشكل أحسب:
- فرق الجهد $(V_a - V_b)$.
 - التغير في طاقة الوضع الكهربائية لشحنة مقدارها (-6.0 pC) عند انتقالها من النقطة a إلى النقطة b .

الواضح في



٣ التفكير الناقد: (3) نقاط (a, b, c) في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل، إذا بذلت القوة الكهربائية شغلا مقداره (J 100) لنقل بروتون من النقطة a إلى النقطة b، فأحسب:

- أ- التغير في طاقة الوضع الكهربائية عند انتقال البروتون من النقطة a إلى النقطة c.
- ب- الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل البروتون من النقطة c إلى النقطة b.



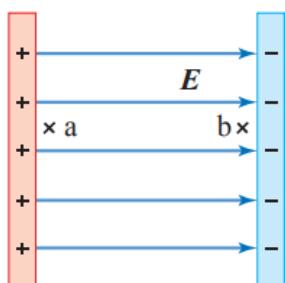
٤ استنتاج: يمثل الرسم البياني في الشكل، العلاقة بين الجهد الكهربائي والبعد عن مركز موصل كروي مشحون بشحنة سالبة، مستعينا بالشكل أحسب:

- أ- جهد الموصل الكروي.
- ب- الشغل المبذول من قبل القوة الكهربائية لنقل شحنة (+6.0 nC) من نقطة تبعد (4 cm) إلى نقطة أخرى تبعد (2 cm) عن مركز الموصل.



٥ **استخدم الأرقام:** يستعمل مواسع مواسعته ($180 \mu F$) في وحدة إضاءة (فلاش) الكاميرا كما في الشكل لتخزين الطاقة الكهربائية؛ لتفريغ من المواسع خلال جزء من الثانية على شكل طاقة ضوئية في أثناء التقاط الصورة. إذا شحن المواسع حتى أصبح جهده (200 V) بوساطة بطارية؛ فاحسب:

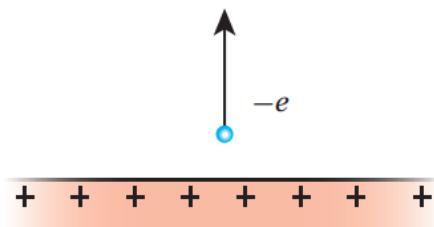
- شحنة المواسع الكلية.
- الطاقة الكهربائية المخزنة في المواسع.



٦ جسيم كتلته (m) وشحنته (q)، بدأ حركته من السكون داخل مجال كهربائي منتظم (E)، كما هو مبين في الشكل. الجسيم بدأ حركته من النقطة (a) بالقرب من الصفيحة الموجبة إلى الصفيحة السالبة. إذا علمت أن الإزاحة التي قطعها من (a) إلى (b) تساوي (d)، فأثبت أن سرعة الجسيم (v) لحظة وصوله إلى النقطة (b) تعطى بالعلاقة الآتية:

$$v = \sqrt{\frac{2qEd}{m}}$$

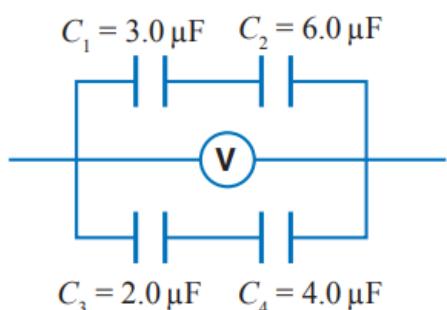
الواضح في



٧ **التفكير الناقد:** يبين الشكل قشرة رقيقة لا نهائية

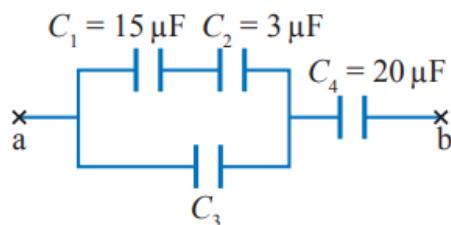
الأبعاد في وضع أفقي، مشحونة بشحنة موجبة تتوزع على سطحها بانتظام، وبكثافة سطحية (σ). أطلق الإلكترون من نقطة بالقرب من القشرة رأسياً إلى أعلى بسرعة ابتدائية ($2.0 \times 10^5 \text{ m/s}$), فكانت المدة الزمنية من لحظة إطلاقه إلى لحظة رجوعه إلى نقطة الإطلاق ($14.0 \times 10^{-12} \text{ s}$). (بإهمال الوزن، واعتبار أن القوة الوحيدة المؤثرة في الإلكترون هي القوة الكهربائية) أحسب:

- ١- تسارع الإلكترون
- ٢- الكثافة السطحية للشحنة (σ).



٨ **استخدم الأرقام:** يمثل الشكل جزءاً من دارة كهربائية، إذا علمت أن قراءة الفولتميتر (12 V)؛

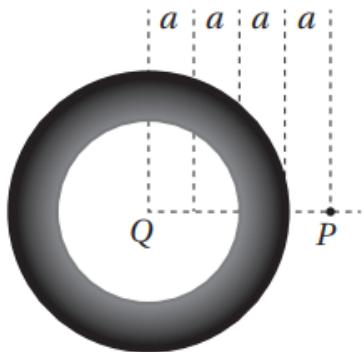
فأحسب:
 ١- المواسعة المكافئة.
 ٢- الطاقة الكلية المخزنة في المواسعات.



٩ **استخدم الأرقام:** تتصل أربع مواسعات معا في جزء من دارة كهربائية كما في الشكل. إذا علمت أن شحنة المواسع C_4 تساوي $30 \mu C$ ؛ وفرق الجهد بين النقطتين a و b يساوي $4.5 V$ ، أحسب المواسعة (C_3) .

أسئلة تفكير

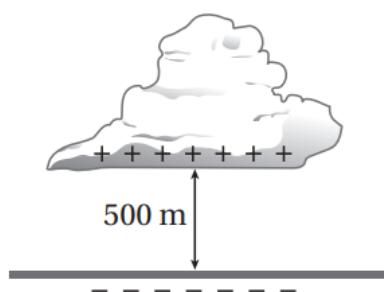
١ أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:



1. كرة موصولة غير مشحونة، نصف قطرها ($3a$)، تحتوي على تجويف نصف قطره ($2a$). وضع داخل التجويف شحنة نقطية (Q) عند مركز الكرة. مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (P) التي تبعد عن مركز الكرة ($4a$) يساوي:

$$\begin{array}{ll} \text{أ} & \frac{kQ}{16a^2} \\ \text{بـ} & \frac{kQ}{9a^2} \\ \text{جـ} & \frac{3kQ}{16a^2} \end{array}$$

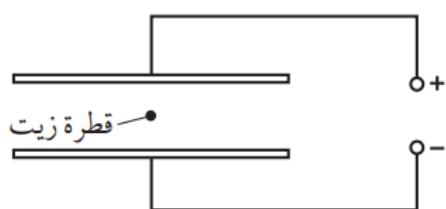
2. يبين الشكل سحابة رعدية على ارتفاع (500 m) من سطح



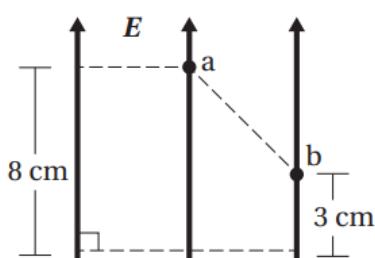
- الأرض. فرق الجهد بين السطح السفلي للسحابة وسطح الأرض (200 MV). بافتراض المجال الكهربائي بين السحابة والأرض منتظاماً، فإن القوة الكهربائية المؤثرة في قطرة ماء شحنتها ($4.0 \times 10^{-12}\text{ C}$) موجودة في هذا الحيز تساوي:

$$\begin{array}{ll} \text{أ} & 0.40\text{ N} \\ \text{بـ} & 1.6 \times 10^{-3}\text{ N} \\ \text{جـ} & 8.0 \times 10^{-4}\text{ N} \\ \text{دـ} & 1.6 \times 10^{-6}\text{ N} \end{array}$$

3. قطرة زيت مشحونة بشحنة سالبة تستقر ساكنة عند منتصف المسافة بين صفيحتين متوازيتين تتصلان بمصدر فرق جهد، كما هو مبين في الشكل. أي من الإجراءات الآتية لا تؤدي إلى زيادة مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في القطرة؟ (افتراض أن أبعاد الصفيحتين كبيرة بالنسبة للمسافة الفاصلة بينهما).



- انقص المسافة بين الصفيحتين.
- زيادة فرق الجهد الكهربائي للمصدر.
- زيادة مقدار الشحنة السالبة على القطرة.
- نقل الشحنة لتصبح أقرب إلى الصفيحة الموجبة.



4. اعتماداً على البيانات المثبتة على الشكل، وإذا علمت أن مقدار المجال الكهربائي المنتظم (100 V/m)؛ فإن فرق الجهد ($V_a - V_b$) يساوي:

$$\begin{array}{ll} \text{أ} & -5\text{ V} \\ \text{بـ} & 5\text{ V} \\ \text{جـ} & 8\text{ V} \\ \text{دـ} & -8\text{ V} \end{array}$$

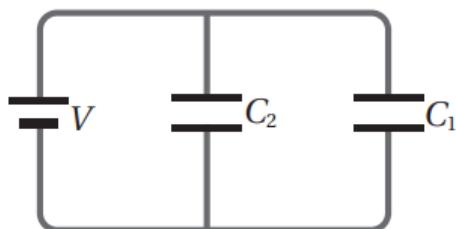
5. مواضع ذو صفيحتين متوازيتين، البعد بينهما (d)، وصل مع مصدر فرق جهد فنشأ بين صفيحتيه مجال كهربائي منتظم ($2.0 \times 10^3 N/C$). عند مضاعفة فرق الجهد بين صفيحتيه، وإنقصاص المسافة بينهما لتصبح $\left(\frac{d}{5}\right)$ ؛ فإن مقدار المجال الكهربائي بين صفيحتيه يصبح:

1. $1.6 \times 10^3 N/C$ - ج

2. $2.0 \times 10^4 N/C$ - ج

3. $8.0 \times 10^2 N/C$ - ج

4. $2.4 \times 10^3 N/C$ - ج



6. مواسعان (C_1, C_2) وصلوا مع مصدر فرق جهد كما في الشكل، إذا كانت الطاقة المخزنة في المواسع الثاني أربعة أمثال الطاقة المخزنة في الأول؛ فإن النسبة بين شحنتيهما $\left(\frac{q_1}{q_2}\right)$ تساوي:

1. 4 - ج

2. 2 - ج

3. $\frac{1}{4}$ - ج

4. $\frac{1}{8}$ - ج

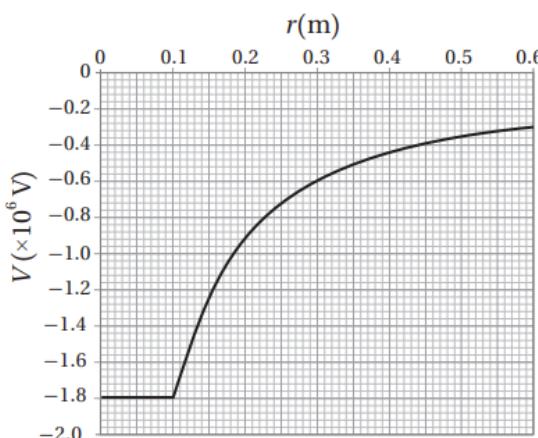
7. موصل كروي (A) مشحون ومعزول، نصف قطره ($10 cm$) وشحنته (Q)، والجهد الكهربائي عند نقطة على سطح الموصل يساوي (V). عند شحن موصل آخر (B) نصف قطره ($15 cm$) بعمرشان الشحنة نفسها (Q)، يكون الجهد الكهربائي عند نقطة على سطح الموصل (B):

1. $\frac{3}{2} V$ - ج

2. V - ج

3. $\frac{2}{3} V$ - ج

4. $\frac{V}{3}$ - ج



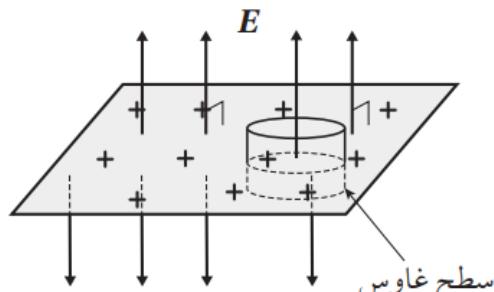
8. يمثل الرسم البياني المبين في الشكل العلاقة بين الجهد الكهربائي والبعد عن مركز موصل كروي مشحون. المجال الكهربائي على بعد $(0.3 m)$ من مركز الموصل:

1. $6 \times 10^5 V/m$ - ج

2. $2 \times 10^6 V/m$ - ج

3. $2 \times 10^5 V/m$ - ج

4. $6 \times 10^6 V/m$ - ج



5.30 cm^2

7.40 cm^2

14.8 cm^2

29.6 cm^2

9. قشرة رقيقة من مادة غير موصلية، مشحونة بشحنة موجبة تتوزع على سطحها بانتظام وبكثافة سطحية $(3 \times 10^4 \text{ pC/m}^2)$. إذا كان التدفق الكهربائي عبر سطح غاوس المغلق $(5.00 \text{ N.m}^2/\text{C})$ فإن مساحة الجزء المحاط بسطح غاوس:

10. أربعة مواسعات (a, b, c, d) متساوية في المروءة، وصلت مع بطارية كما هو مبين في

الشكل. الترتيب التصاعدي لهذه المواسعات وفقاً لشحنتها:

a = b < c < d

a = b = c = d

d < c < a = b

c < a = b < d

- ② التفكير الناقد: ثلاثة مواسعات متساوية في المروءة، عند وصلها معاً على التوازي؛ فإن مواسعتها المكافئة $(6\mu F)$. كيف يمكن وصل المواسعات للحصول على مواسعة مكافئة $(3\mu F)$ ؟

أ- أوضح بالرسم كيفية توصيل المواسعات للحصول على المواسعة المطلوبة.

ب- أتحقق من إجابتي رياضيا.

③ **أستخدم الأرقام:** كرة موصلة نصف قطرها (R), شحنت بحيث أصبح الجهد عند نقطة (X)

على بعد ($4R$) من مركزها ($54 V$), وال المجال الكهربائي عند النقطة نفسها

أحسب: ($30 V/m$)

أ- نصف قطر الكرة

ب- الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل الكترون من النقطة (X) إلى نقطة (Y) تقع

على سطح الكرة.

تجربة استهلاكية



تخطيط المجال الكهربائي المنتظم

المواد والأدوات: مصدر كهربائي عالي القدرة (0 – 3 kV) أو مولد فان دي غراف، طبق بتري زجاجي، قطبان كهربائيان من الألمنيوم، قطع بلاستيكية عازلة لثبت القطبين، زيت الخروع أو أي زيت نباتي قليل اللزوجة، بذور أعشاب صغيرة الحجم (مثل بذور البقدونس).

إرشادات السلامة: الحذر عند استعمال مولد فان دي غراف، وعدم لمس التوصيلات الكهربائية ومصدر الجهد.

تحذير: جهد كهربائي عال جداً يسبب صدمة كهربائية.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي: أنفذ الخطوات الآتية:

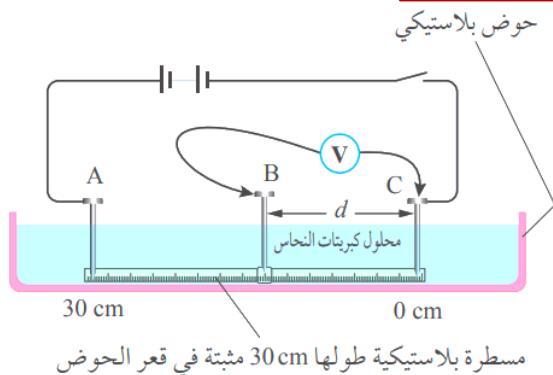
1. **أضع** كمية من الزيت في الطبق الزجاجي حتى ارتفاع (0.5 cm) تقريرياً، ثم أنثر فوقها كمية قليلة من بذور الأعشاب، وأحرك الزيت بقضيب زجاجي رفيع كي تنتشر بذور الأعشاب فوق الزيت.
2. **أثبت** القطبين الكهربائيين في العازل بحيث ينغمس طرفاها في الزيت، ثم أوصلهما بمصدر الطاقة الكهربائية أو بمولد فان دي غراف (عند استعماله بدلاً عن مصدر الطاقة عالي الجهد).
3. بمساعدة معلمي / معلمتى: **أضبط** مصدر الطاقة على جهد يقع بين (2,000 – 3,000 volts)، أو **أشغل** مولد فان دي غراف (عند استعماله بدلاً عن مصدر الطاقة عالي الجهد).
4. **الاحظ** اصطدام البذور في الحيز بين الصفيحتين، حيث يمثل النقط الذي أحصل عليه خطوط المجال الكهربائي في الحيز بين الصفيحتين.
5. بمساعدة معلمي / معلمتى: **أطفئ** مصدر الطاقة، أو **أوقف** مولد فان دي غراف **وأفرغ** شحنته، ثم **أغير** المسافة بين القطبين داخل الزيت، وأكرر خطوات التجربة.

التحليل والاستنتاج:

1. **أفسر** سبب استعمال زيت نباتي، وعدم استعمال الماء في الطبق الزجاجي.
2. **أصف** خطوط المجال الكهربائي في الحيز بين الصفيحتين، وأوضح إجابتي بالرسم.
3. **أفسر** سبب تأثر بذور الأعشاب بقوى كهربائية؛ على عدم شحنها قبل التجربة.

التجربة 1

العلاقة بين فرق الجهد الكهربائي وال المجال الكهربائي



المواد والأدوات: مصدر طاقة (تيار مستمر DC)، فولتميتر، أسلاك توصيل، (3) لواقط فلزية، مسطرة بلاستيكية (30 cm)، حوض بلاستيكي، محلول كهربائي قليل التركيز (محلول كبريتات النحاس)، (3) مسامير.

إرشادات السلامة: الحذر في التعامل مع محلول كبريتات النحاس.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أنفذ الخطوات الآتية:

- أثبت** كلا من المسطرة البلاستيكية أسفل الحوض، ومسماراً عند كل طرف من طرفي المسطرة في النقطتين (A و C)، ثم **أسكب** محلول كبريتات النحاس بحذر في الحوض بحيث تبقى قاعدة المسمارين بارزة فوق محلول كبريتات النحاس كما في الشكل.
- أصل** أجزاء الدارة الكهربائية؛ بحيث **أثبت** طرف السلك المتصل بالقطب الموجب للفولتميتر بقاعدة مسمار عند النقطة B قابل للحركة بين النقطتين (A و C).
- أتوقع**: كيف تتغير قراءة الفولتميتر كلما تحرك المسمار ب نحو النقطة A بعد إغلاق الدارة؟
- الاحظ**:أغلق الدارة وأحرك رأس المسمار B أفقياً بخط مستقيم إلى نقطة تبعد (3 cm) عن النقطة C وأدون كلا من قراءة الفولتميتر والإزاحة d في الجدول.
- أكرر الخطوة** (4) مرات عدده بزيادة الإزاحة d مقدار (3 cm) في كل مرة ($d = 6, 9, \dots, 27 \text{ cm}$)، وأدون نتائجي في الجدول.

التحليل والاستنتاج:

- أرسم** بيانياً العلاقة بين فرق الجهد الكهربائي (قراءة الفولتميتر) على محور y والإزاحة d على محور x ؛ بحيث يكون فرق الجهد بوحدة V (volt) والإزاحة بوحدة m (meter).
- استخدم الأرقام**: أحسب ميل الخط بين النقطتين ($d = 9 \text{ cm}$ و $d = 21 \text{ cm}$)؛ إذ يمكن افتراض المجال بينهما منتظمًا، والعلاقة بين فرق الجهد والإزاحة خطية تقريباً.
- استنتج**: ما العلاقة بين ميل الخط ومقدار المجال الكهربائي؟
- أتوقع** مصادر الخطأ المحتملة في التجربة.
- أفسر**: ما سبب استبعاد بداية الخط في الرسم البياني ونهايته؟

الواضح في

التجربة 2

رسم خطوط تساوي الجهد عملياً

المواد والأدوات: لوح رسم خرائط المجال الكهربائي، ورق رسم بياني، قلم رصاص، فولتميتر رقمي، مصدر طاقة (تيار مستمر DC) رقمي، كرتان فلزيتان صغيرتان، صفيحتان فلزيتان، أسلاك توصيل، مجس.

إرشادات السلامة: الحذر في التعامل مع التوصيلات الكهربائية أو تطبيق جهد كبير.

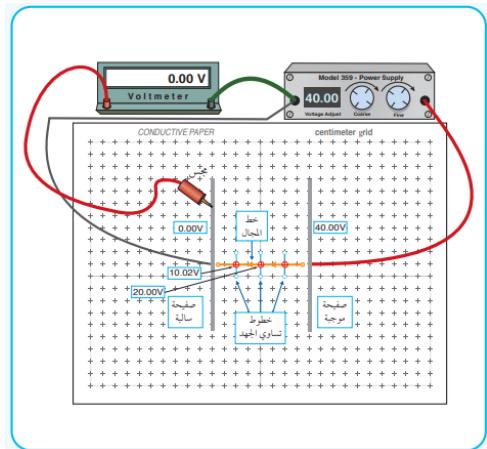
خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي: أنقذ الخطوط الآتية:

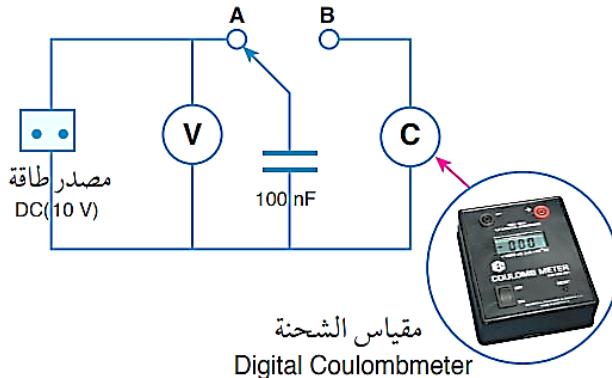
1. **أصل** الأدوات كما في الشكل وعدم غلق الدارة الكهربائية إلا بعد التأكد منها من قبل المعلم / المعلمة.
2. **أقيس:** أثبتت مصدر الجهد على جهد معين (40 V)، وأتأكد أن قراءة الفولتميتر تساوي صفراء عند ملامسة المجس للصفيحة السالبة كما في الشكل، ثم **أحرك** المجس المتصل بالقطب الموجب للفولتميتر مبتعداً عن الصفيحة السالبة حتى يقرأ الفولتميتر جهداً محدوداً (10 V مثلاً)، **وأحدد** موقع تلك النقطة باستعمال ورقة الرسم البياني.
3. **أحدد** موقع (4) نقاط أخرى متساوية لجهد النقطة السابقة، ثم **أرسم** الخط العار بالنقطات الخمس والذي يمثل خطأ من خطوط تساوي الجهد.
4. **أكرر** الخطوتين (2 – 3) مرات عدة باستعمال قراءات أخرى للفولتميتر ($20\text{ V}, 30\text{ V}$).
5. **أكرر** الخطوات (2 – 4)؛ باستعمال كرة فلزية بدلاً من إحدى الصفيحتين.

التحليل والاستنتاج:

1. **أتوقع** قراءة الفولتميتر عند وضع المجس على الصفيحة السالبة، ثم **أتأكد** من ذلك عملياً.
2. **أصنف** خطوط تساوي الجهد التي رسمتها.
3. **أرسم** خطوط المجال الكهربائي بناءً على خطوط تساوي الجهد.
4. **استخدم الأرقام:** أحسب مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين؛ باستعمال فرق الجهد والمسافة بينهما.



التجربة 3



قياس مواسعة مواضع عملياً

المواد والأدوات: مصدر طاقة (تيار مستمر DC)، فولتميتر، مواضع، مقياس الشحنة (Coulomb Meter) يقيس لغاية nC (2000)، أسلاك توصيل.

إرشادات السلامة: الحذر من تطبيق جهد أعلى من الجهد المكتوب على المواسع، ومن لمس طرفي المواسع بعد شحنه.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أخذ الخطوات الآتية:

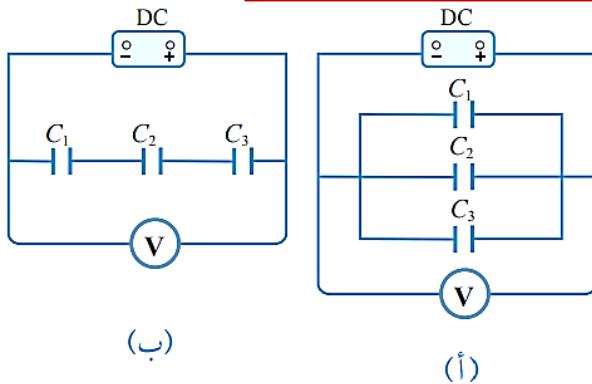
- أعير كلا من الفولتميتر ومقاييس الشحنة، ثم أصل أجزاء الدارة الكهربائية كما في الشكل، باستعمال جهد محدد (مثلاً 7 V) مع إبقاء الطرف الحر للمواسع غير متصل بأي طرف.
- أقيس: أصل الطرف الحر للمواسع مع الطرف A حتى يشحن المواسع، ثم أدون قراءة الفولتميتر في الجدول، التي تمثل فرق الجهد بين طرفي المواسع.
- أقيس: أفصل الطرف الحر للمواسع مع الطرف A، ثم أصله مع الطرف B مدة زمنية كافية لتفريغ شحنة المواسع خلال مقياس الشحنة، ثم أدون قراءته في الجدول، وهي تمثل مقدار الشحنة المختزنة في المواسع.
- استعمل مصدر الطاقة لتغيير قراءة الفولتميتر لعدة قيم (1 V, 1.5 V, 2 V, 2.5 V, 3 V) وأكرر الخطوتين الثانية والثالثة عند كل قراءة، وأدون نتائجي في الجدول.

التحليل والاستنتاج:

- رسم بيانياً العلاقة بين جهد المواسع (قراءة الفولتميتر) بوحدة (V) على محور x وشحنته (مقاييس الشحنة) بوحدة (C) على محور y ، ثم أرسم أفضل خط مستقيم يمر بمعظم النقاط.
- استخدم الأرقام: أحسب ميل الخط المستقيم $\left(\frac{\Delta Q}{\Delta V}\right)$. ما الكمية الفيزيائية التي يمثلها الميل؟
- أقارن النتيجة التي حصلت عليها للمواسعة مع مقدار المواسعة المكتوب على المواسع. ما سبب الاختلاف إن وجد؟

التجربة 4

المواسعة المكافئة لعدة مواسعات تتصل على التوالى، أو التوازى



المواد والأدوات: (3) مواسعات، مصدر طاقة (تيار مستمر DC)، فولتميتر، أسلاك توصيل، لواقط فلزية.

إرشادات السلامة: الحذر من رفع جهد المصدر إلى جهد عال، ما يؤدي إلى تلف المواسعات إضافة إلى خطورته.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي، أنفذ الخطوات الآتية:

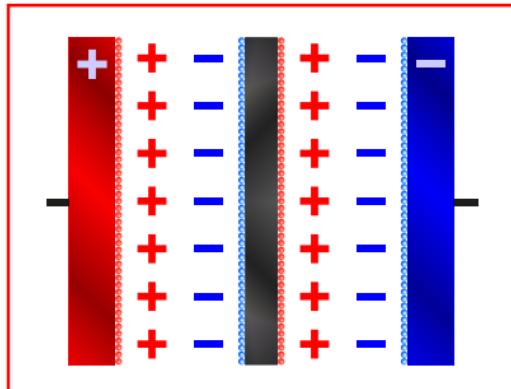
1. **تأكد** من أن المواسعات غير مشحونة ($V = 0$) عن طريق توصيل سلك سميك بين طرفي المواسع.
2. **أصل** المواسعات الثلاثة على التوازى كما في الدارة المبينة في الشكل (أ)، ثم **أغلق** الدارة.
3. **أقيس**: أرفع جهد مصدر الطاقة حتى تصبح قراءة الفولتميتر أقل من الجهد المكتوب على المواسع (10 مثلاً)، ثم **أفصل** الفولتميتر وأستعمله لقياس جهد كل مواسع من المواسعات الثلاثة، **وأدون** نتائجى في الجدول.
4. **أفصل** الدارة وأفرغ المواسعات من شحنتها، ثم **أعيد** توصيلها على التوالى كما في الشكل (ب)، **وأغلق** الدارة.
5. **أكرر** الخطوة (3)، **وأدون** نتائجى في الجدول.

التحليل والاستنتاج:

1. **أقارن** - عن طريق النتائج العملية - بين المواسعات في حالة التوصيل على التوازى والتوصيل على التوالى من حيث الشحنة والجهد. هل تتفق النتائج العملية مع ما تعلمنه نظرياً؟
2. **استخدم الأرقام**: أحسب المواسعة المكافئة المقيسة والمواسعة المكافئة المتوقعة، **وأقارن** بينهما.
3. **أتوقع** مصادر الخطأ المحتملة في التجربة. كيف يمكنني تجنبها؟

المواسع الفائقة Supercapacitor

المواسع الفائقة Ultracapacitors أو Supercapacitors كلها تسميات لنوع واحد من المواسع، وهي تكنولوجيا حديثة في مجال تخزين الطاقة. فما المواسع الفائقة؟ وما مميزاتها؟



بدأت عملية تطوير المواسع منذ عشرات السنين لتخزين طاقة أكبر عن طريق المواسع الفائقة، التي تدعى أحياناً المواسع ذات الطبقة المضاعفة DLC (Double layer capacitors) كونها الأكثر انتشاراً، انظر إلى الشكل المجاور. وهي مواسع ذات مروءة عالية جداً تصل إلى مئات الآلاف من الفاراد وبحجم مماثل للمواسع العادية، ولكن

جهدها قليل يتراوح بين (2.5 – 2.75 V) مقارنة مع جهود المواسع العادية كما في الشكل، ولكن يمكن توصيل عدة مواسع على التوالي للحصول على جهد أكبر.

عند المقارنة بين المواسع الفائقة والبطاريات المستعملة حالياً مثل بطارية الليثيوم؛ فإن المواسع الفائقة تتميز عن البطاريات بما يأتي:

- زمن الشحن والتفرير قليل جداً.
- عدد دورات الشحن والتفرير التي يمكن إجراؤها قد تصل إلى مليون دورة، بينما لا تصل في البطارية إلى أكثر من (1000) دورة.
- أمنة ولا تحتوي على مواد سامة في تركيبها.
- وتكلفتها العادية قليلة.
- قدرتها على تحمل تغير درجات الحرارة (-50°C) – (80°C)

