

## ٢-٢ شدة المجال الكهربائي

## ٢-٢ شدة المجال الكهربائي

### ١-٢ المجال الكهربائي، ٢-٢ شدة المجال الكهربائي، ٣-٢ القوة المؤثرة على شحنة كهربائية

١-٢ يذكر أن المجال الكهربائي هو مثال على مجال القوة ويعرّف شدة المجال الكهربائي على أنه القوة لوحدة الشحنة الموجبة.

٢-٢ يمثل مجالاً كهربائياً باستخدام خطوط المجال.

٣-٢ يستخدم معادلة القوة المؤثرة على شحنة في مجال كهربائي:  $\vec{F} = Q\vec{E}$ .

٤-٢ يستخدم معادلة حساب شدة المجال الكهربائي المنتظم بين لوحين متوازيين مشحونين:  $\vec{E} = \frac{\Delta V}{\Delta d}$ .

٥-٢ يصف تأثير المجال الكهربائي المنتظم على حركة الجسيمات المشحونة.

## ٢-٢ شدة المجال الكهربائي

### مصطلحات علمية

شدة المجال الكهربائي (عند نقطة)

: Electric field strength

القوة لكل وحدة شحنة كهربائية والتي تؤثر على شحنة كهربائية موجبة ثابتة موضوعة عند تلك النقطة.

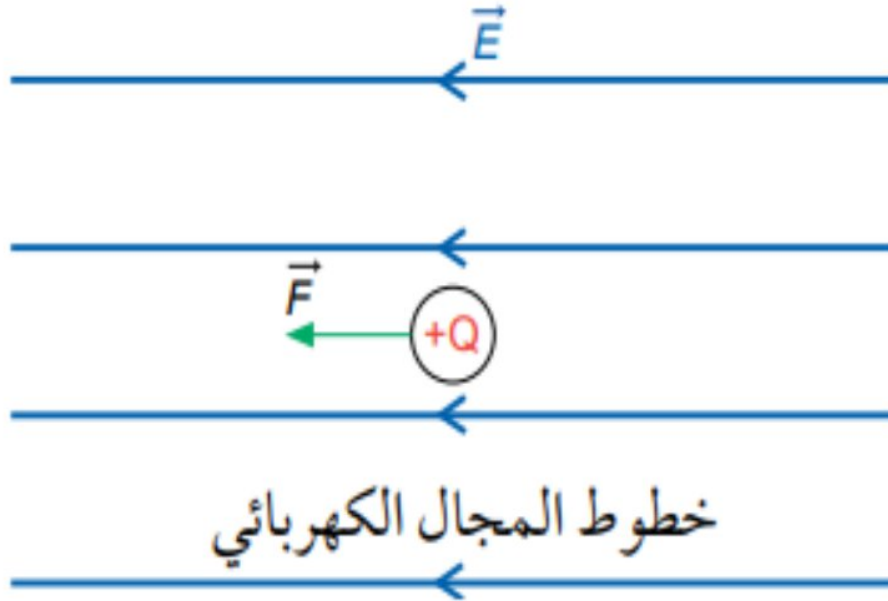
من هذا التعريف يمكننا كتابة معادلة شدة المجال الكهربائي  $(\vec{E})$ :

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

حيث  $(\vec{E})$  هي شدة المجال الكهربائي و  $(\vec{F})$  هي القوة المؤثرة على الشحنة الكهربائية

$(Q)$  هي الشحنة الكهربائية

وحدة شدة المجال الكهربائي هي نيوتن لكل كولوم  $(N C^{-1})$



الشكل ٢-٧ يؤثر مجال كهربائي شدته  $(\vec{E})$  بقوة  $(\vec{F})$  على الشحنة الكهربائية  $+Q$ .

ومن المهم إدراك أهمية استخدام شحنة اختبارية موجبة؛ لأن هذا يحدد اتجاه المجال الكهربائي



## ٢-٢ شدة المجال الكهربائي

### شدة المجال الكهربائي المنتظم

شدة المجال الكهربائي بين اللوحين تعتمد على عاملين:

- فرق الجهد الكهربائي ( $\Delta V$ ) بين اللوحين، فكلما زاد فرق الجهد كانت شدة المجال الكهربائي أكبر:  $\vec{E} \propto \Delta V$ .

- المسافة ( $\Delta d$ ) بين اللوحين، فكلما كانت المسافة بين اللوحين أكبر كانت شدة المجال الكهربائي أضعف:  $\vec{E} \propto \frac{1}{\Delta d}$ .

مقدار شدة المجال الكهربائي المنتظم بين لوحين فلزيين متوازيين.

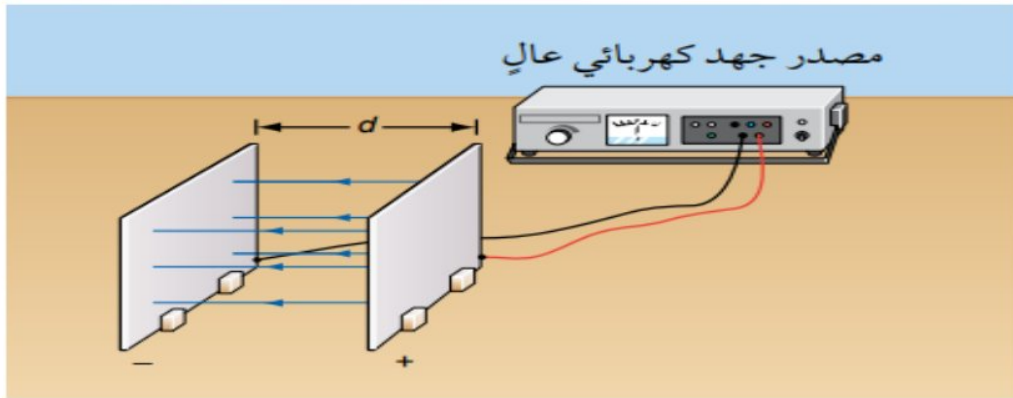
$$\vec{E} = \frac{\Delta V}{\Delta d}$$

التغير في الجهد

التغير في المسافة

وحدة شدة المجال الكهربائي بوحدة الفولت لكل متر ( $V m^{-1}$ )

$$1 V m^{-1} = 1 N C^{-1}$$



الشكل ٢-٨ ينشأ مجال كهربائي منتظم بين اللوحين المشحونين المتوازيين والمتصلين بمصدر جهد كهربائي عالٍ.

غالبًا ما تُحذف الإشارة السالبة في هذه المعادلة لأننا نهتم فقط بمقدار المجال وليس باتجاهه.

وتضمن الإشارة السالبة ببساطة -رياضيًا- أن يكون اتجاه شدة المجال الكهربائي صحيحًا عند الأخذ بالاعتبار اتجاه متجه الإزاحة بين اللوحين وفرق الجهد بينهما.

فمثلًا يزيد فرق الجهد ( $\Delta V$ ) عند تحريك الشحنة الاختبارية باتجاه اليمين (اللوح الموجب) في حين تؤثر القوة ( $\vec{F}$ ) بالاتجاه المعاكس، نحو اليسار (اللوح السالب).

## أمثلة ص 49

الخطوة ١: لدينا:

الشغل المبذول على الشحنة الكهربائية = الطاقة المنقولة للشحنة  
من تعريفات الشغل المبذول، يمكننا أن نكتب:

الشغل المبذول = القوة × المسافة

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

الطاقة المنقولة =  $VQ$

الخطوة ٢: بالتعويض عن معادلتى الشغل والطاقة  
المنقولة نحصل على:

$$\vec{F} \cdot \vec{d} = VQ$$

وبإعادة ترتيب المعادلة نحصل على:

$$\frac{F}{Q} = \frac{V}{d}$$

الخطوة ٣: الجانب الأيسر من المعادلة هو شدة المجال  
الكهربائي  $(\vec{E})$ . لذلك فإن:

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

## ٢-٢ شدة المجال الكهربائي

١. لوحان فلزيّان تفصل بينهما مسافة  $(d)$ ، وفرق الجهد الكهربائي بينهما  $(V)$ . سُحِبَت شحنة كهربائية موجبة  $(Q)$  بسرعة ثابتة وبقوة ثابتة  $(\vec{F})$  بدءاً من اللوح السالب في خط مستقيم إلى اللوح الموجب. باستخدام تعريف شدة المجال الكهربائي ومفهوم الشغل المبذول، بين أن مقدار شدة المجال الكهربائي  $(\vec{E})$  تُعطى بالمعادلة:

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



الخطوة ٢: لحساب القوة ( $\vec{F}$ )، عليك أولاً تحديد شدة المجال الكهربائي:

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

$$= \frac{5.0 \times 10^3}{2.0 \times 10^{-2}} = 2.5 \times 10^5 \text{ V m}^{-1}$$

الخطوة ٣: احسب الآن القوة المؤثرة على جسيم الغبار.

$$\vec{F} = \vec{E}Q$$

$$F = 2.5 \times 10^5 \times 8.0 \times 10^{-19}$$

$$= 2.0 \times 10^{-13} \text{ N}$$

٢. لوحان فلزيان متوازيان المسافة بينهما (2.0 cm) وفرق الجهد الكهربائي بينهما (5.0 kV). احسب القوة الكهربائية المؤثرة على جسيم من جسيمات الغبار يحمل شحنة كهربائية مقدارها ( $8.0 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) موضوع بين اللوحين.

الخطوة ١: اكتب الكميات المعطاة في السؤال:

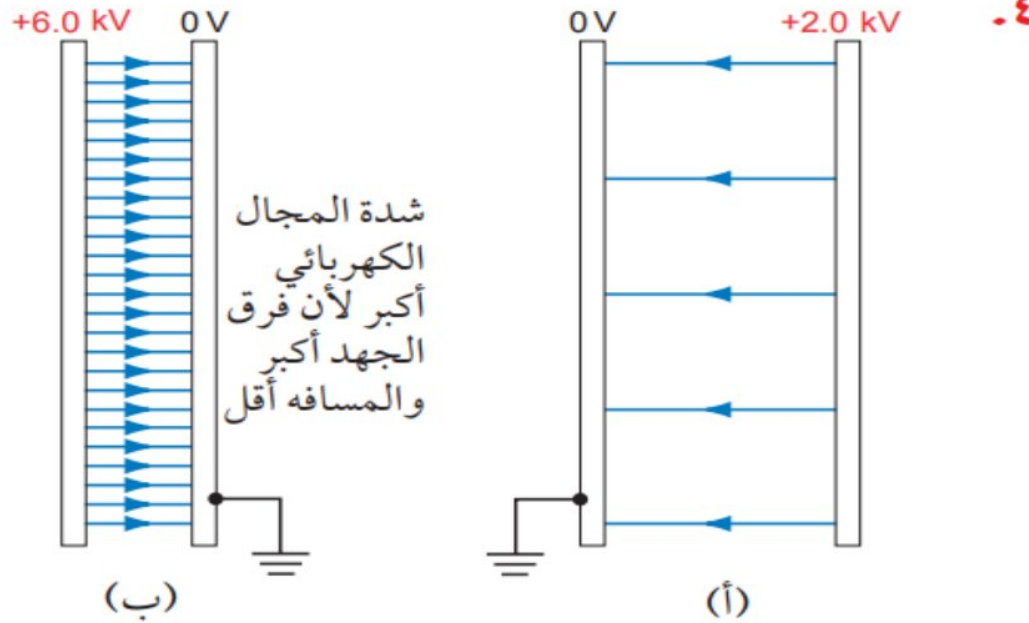
$$d = 2.0 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$V = 5.0 \times 10^3 \text{ V}$$

$$Q = 8.0 \times 10^{-19} \text{ C}$$

مساعدة: عند كتابة الكميات من المهم تضمين الوحدات وتحويلها إلى وحدات أساسية. وقد استخدمنا الأس العشري هنا.

## أسئلة ص 50



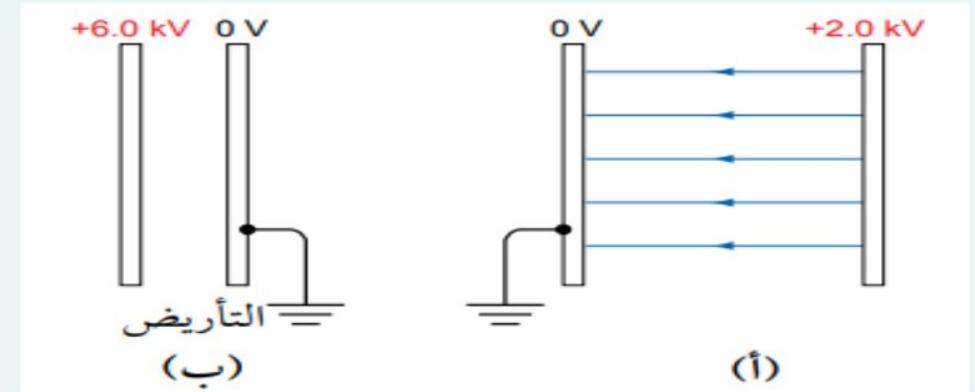
٥. شدة المجال الكهربائي:

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{150}{(20 \times 10^{-3})} = 7500 \text{ N C}^{-1}$$

بالاتجاه نفسه للقوة إلى الأسفل.

## ٢-٢ شدة المجال الكهربائي

٤. يبين الشكل ٩-٢ زوجين من الألواح المتوازية المشحونة، كل زوج منهما له فرق جهد كهربائي مختلف. تظهر خطوط المجال الكهربائي في الشكل (أ). انسخ الشكل (ب) وأكملة لإظهار خطوط المجال الكهربائي. انتبه للمسافة بين خطوط المجال الكهربائي حتى تستطيع تمييز شدة المجال الكهربائي في (ب).



الشكل ٩-٢ زوجان من الألواح المتوازية المشحونة.

٥. احسب شدة المجال الكهربائي واتجاهه عند نقطة موضوع فيها شحنة كهربائية مقدارها (20 mC) بحيث تتأثر بقوة رأسية إلى الأسفل مقدارها (150 N).

٦. شدة المجال الكهربائي:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{1000}{0.40} = 2500 \text{ V m}^{-1} = 2500 \text{ N C}^{-1}$$

٧. شدة المجال الكهربائي:

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{8 \times 10^{-16}}{(1.6 \times 10^{-19})} = 5000 \text{ N C}^{-1}$$

٦ احسب شدة المجال الكهربائي بين لوحين متوازيين مشحونين، تفصل بينهما مسافة مقدارها (40 cm)، وفرق الجهد الكهربائي بينهما (1000 V).

٧ تؤثر قوة كهربائية مقدارها ( $8 \times 10^{-16} \text{ N}$ ) على إلكترون موضوع في مجال كهربائي منتظم. ما شدة المجال الكهربائي المنتظم؟ (شحنة الإلكترون  $e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ).



## ٢-٢ شدة المجال الكهربائي

٨ الهواء عادة يكون عازلاً جيداً، ومع ذلك يمكن أن تقفز شرارة عبر الهواء الجاف عندما تكون شدة المجال الكهربائي أكبر من  $(40000 \text{ V cm}^{-1})$  تقريباً. وهذا ما يسمى الانهيار الكهربائي (electrical breakdown). تُظهر الشرارة أن الشحنة الكهربائية تمر عبر الهواء أي أن هناك تياراً كهربائياً (لا تخلط بين هذه الشرارة والشرارة الكيميائية، مثل التي تراها عند مشاهدة الألعاب النارية؛ في تلك الحالة تحترق جسيمات صغيرة من مادة كيميائية بسرعة).

أ. مولد فان دي جراف (الصورة ٢-٣) قادر على توليد شحنات ينتج عنها شرر يمكن أن يقفز عبر فجوة عرضها (4 cm). قدّر فرق الجهد الكهربائي الذي ينتجه المولد؟

ب. قدّر الجهد الكهربائي لسحابة رعدية ارتفاعها (100 m) والتي يضرب البرق منها الأرض.

### أسئلة ص 50



الصورة ٢-٣ ينتج مولد فان دي جراف فرق جهد كهربائي يحدث شرراً عبر الهواء.

أ. إعادة ترتيب المعادلة  $E = \frac{V}{d}$  بحيث يُعطى فرق الجهد الكهربائي المسبب للشرر بواسطة:

$$V = Ed = 40000 \times 4 = 160000 \text{ V}$$

وهذا مجرد تقدير  $= 1.6 \times 10^5 \text{ V} = 160 \text{ kV}$

$$\text{ب. } V = Ed = 40000 \times 10000 = 400 \text{ MV}$$

(تذكر أن شدة المجال أعطيت بالقولت لكل سنتيمتر).

## ٢-٢ شدة المجال الكهربائي نشاط ٢-٢ حساب القوة وشدة المجال الكهربائي ص 44

١. تحسب شدة المجال الكهربائي بالمعادلة:  $\vec{E} = \frac{F}{Q}$ .

أ.  $E$ : شدة المجال الكهربائي (الوحدة  $N C^{-1}$ )

$F$ : القوة الكهربائية (الوحدة  $N$ )

$q$ : الشحنة الكهربائية (الوحدة  $C$ )

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

ب.

ج. بما أن  $\vec{F} = m\vec{a}$  بالتعويض عنها نحصل على:

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

$$\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m} \text{ لذلك فإن}$$

## ٢-٢ شدة المجال الكهربائي نشاط ٢-٢ حساب القوة وشدة المجال الكهربائي ص 44

٢. أ. احسب شدة المجال الكهربائي عندما تؤثر قوة مقدارها  $(2.0 \times 10^{-9} \text{ N})$  على شحنة كهربائية مقدارها  $(4.5 \times 10^{-6} \text{ C})$ .

$$E = \frac{F}{q} = \frac{2.0 \times 10^{-9}}{4.5 \times 10^{-6}} = 4.4 \times 10^{-4} \text{ N C}^{-1}$$

ب. احسب مقدار القوة المؤثرة على إلكترون موضوع في مجال كهربائي شدته  $(2.0 \times 10^4 \text{ N C}^{-1})$ .

$$F = qE = 1.6 \times 10^{-19} \times 2.0 \times 10^4 \\ = 3.2 \times 10^{-15} \text{ N}$$



## نشاط ٢-٢ حساب القوة وشدة المجال الكهربائي ص 44

أ.  $E$ : شدة المجال الكهربائي (الوحدة  $\text{N C}^{-1}$ )

$V$ : فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين  
(الوحدة  $V$ )

$$E = \frac{V}{d} = \frac{5.0 \times 10^3}{20.0 \times 10^{-2}} = 2.5 \times 10^4 \text{ N C}^{-1} \text{ ب.}$$

ج. بما أن  $E = \frac{V}{d}$  فإن:

$$V = Ed = 500 \times 1.0 \times 10^{-2} = 5.0 \text{ V}$$

د. بتعويض  $E = \frac{V}{d}$  في  $F = qE$  تعطي:

$$F = \frac{qV}{d} = \frac{2.0 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 400}{0.140} = 9.1 \times 10^{-16} \text{ N}$$

هـ. بتعويض  $E = \frac{V}{d}$  في  $F = qE$  تعطي:

$$F = \frac{qV}{d} = \frac{2.0 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^3}{0.005} = 4000 \text{ N}$$

نحو الأسفل

## ٢-٢ شدة المجال الكهربائي

٣. شدة المجال الكهربائي هي نفسها في جميع النقاط الموجودة ضمن مجال كهربائي منتظم، ويمكن توليد مجال كهربائي منتظم عن طريق تطبيق فرق جهد كهربائي بين لوحين متوازيين، وتُعطى شدة المجال الكهربائي المنتظم بالمعادلة:  $E = \frac{V}{d}$ .

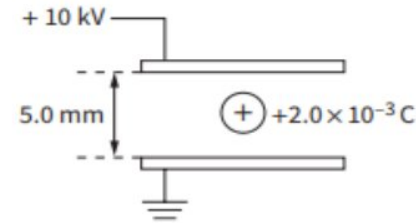
أ. اذكر الكميات التي تمثلها كل من الرموز ( $E$ ) و ( $V$ ) و ( $d$ )، وحدد وحدة قياس كل منها.

ب. احسب شدة المجال الكهربائي المتولد بين لوحين فلزيين متوازيين تفصل بينهما مسافة ( $20.0 \text{ cm}$ ) عند تطبيق فرق جهد كهربائي مقداره ( $5.0 \text{ kV}$ ) بينهما. يمكن لإجابتك أن تكون بالوحدة ( $\text{V m}^{-1}$ ) أو ( $\text{N C}^{-1}$ ) لأنهما وحدتان متكافئتان.

ج. ما مقدار فرق الجهد الكهربائي المطلوب لتوليد مجال كهربائي شدته ( $500 \text{ V m}^{-1}$ ) بين لوحين فلزيين متوازيين يبعد أحدهما عن الآخر بمقدار ( $1.0 \text{ cm}$ )؟

د. ما مقدار القوة التي ستؤثر على جسيم شحنته ( $+2e$ ) موضوع بين لوحين متوازيين مفصولين بمسافة ( $140 \text{ mm}$ ) عندما يكون بينهما فرق الجهد الكهربائي ( $400 \text{ V}$ )؟

هـ. احسب مقدار القوة المؤثرة على الشحنة الكهربائية الموضحة في الشكل ٢-٢ وحدد اتجاهها.



## ٢-٢ شدة المجال الكهربائي

