القوة الكهربائية والمجال الكهربائي Electric Force and Electric Field

تتكون المادة من ذرات ومن مكونات الذرة البروتونات موجبة الشحنة ، وإلكترونات سالبة الشحنة. وبما أن الذرة في الظروف العادية متعادلة كهربائياً فان عدد البروتونات الموجبة يساوي عدد الإلكترونات السالبة.ويصبح الجسم مشحوناً عندما يفقد عدداً صحيحاً من الإلكترونات أو يكسبها. لذلك **فالشحنة الكهربائية عبارة عن عدد صحيح من الإلكترونات السالبة أو البروتونات الموجبة**، وبالتالي فإن أصغر شحنة يمكن الحصول عليها هي شحنة إلكترون مفرد وقيمتها هو شحنة الإلكترون وتبلغ ١.٦ × ١٠^-١٩ كولوم ، وهذا ما ينص عليه مبدأ تكميم الشحنة :

مبدأ تكمية الشحنة: تكون شحنة أي جسم مساوية لشحنة الإلكترون أو مضاعفاتها.

شحنة أي جسم = مضاعفات صحيحة لشحنة الإلكترون أو البروتون) وبالتالي :

شحنة الجسم = عدد الإلكترونات × شحنة الإلكترون

$$س_{الجسم} = ن \times e$$

سؤال: جسم متعادل انتقل إليه ١٠^٩ إلكترون،ما مقدار الشحنة التي اكتسبها؟

تنشأ بين الأجسام المشحونة قوى كهربائية تكون تنافرًا أو تجاذباً، وقد تمكن العالم **(كولوم)**،من تحديد العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين،وهي:

١- مقدار كل من الشحنتين (ش١ ، ش ٢) : العلاقة طردية
٢- مربع البعد بينهما (ف٢) : العلاقة عكسية
٣- السماحية الكهربائية للوسط الفاصل (ε): العلاقة عكسية

ما العوامل التي يعتمد عليها ثابت كولوم (أ) ؟

١- نوع مادة الوسط الفاصل بين الشحنتين (سماحية الوسط) .
٢- وحدات القياس المستخدمة في القانون.

نص قانون كولوم :.

القوة المتبادلة بين شحنتين كهربائيتين تتناسب طردياً مع مقدار كلٍ منهما ، وعكسياً مع مربع المسافة بينهما. وبالرموز:

$$ق_ك = \frac{س_1 \times س_2}{ف^2}$$

حيث ق ك : القوة الكهربائية وتقاس بوحدة نيوتن،

س١ :الشحنة الكهربائية الأولى وتقاس بالكولوم

س٢ :الشحنة الكهربائية الثانية وتقاس بالكولوم

أ : ثابت كولوم = ٩ x ١٠^٩ نيوتن . م^٢ / كولوم^٢

ملحوظات مهمة عند حل الأسئلة الحسابية على قانون كولوم

١. اقرأ السؤال جيداً.

٢. ترجم السؤال إلى رسم ورموز وأرقام.

٣. عند تعويض المسافة (ف) في القانون لا تنسَ تحويل وحدتها إلى (متر).

٤. القوة الكهربائية كمية متجهة ، ولذلك يجب أن نطبق قوانين محصلة القوى.

٥. عند تعويض قيّم الشحنات قم بتعويض قيمتها المطلقة أي من دون إشارات سالبة،وهذا على كل الكميات المتجهة ؛لأن إشارة الشحنة تدل على نوعها وليس على مقدارها، ولكنها تؤخذ بعين الاعتبار في تحديد الاتجاه.

٦. قم بحلّ أكبر قدر ممكن من الأسئلة وأعد حلّ السؤال نفسه أكثر من مرة على فترات متباعدة حتى تتمكن جيداً وتصبح أكثر دقة وسرعة في الحل.

سؤال: شحنتان نقطيتان، الأولى (+٢) نانو كولوم، والثانية (+٤) نانو كولوم، والمسافة الفاصلة بينهما (٥ سم).إذا وضعت شحنة ثالثة مقدارها (–٦) نانو كولوم على الخط الواصل بين الشحنتين، بحيث تبعد مسافة (٢ سم) عن الشحنة الأولى. احسب القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الثالثة؟

الجواب:

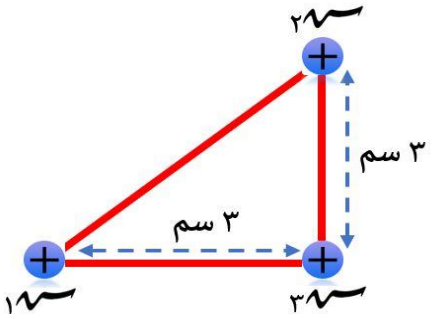
ق ٣١ = ٢٧ × ١٠^-٥ نيوتن،باتجاه اليمين.

ق ٣٢ = ٢٤ × ١٠^-٥ نيوتن،باتجاه اليسار.

ق المحصلة = ق ٣١ - ق ٣٢ = ٣ × ١٠^-٥ نيوتن،باتجاه اليمين.

.. أثرت شحنة مقدارها (– ٦ ميكرو كولوم) بقوة جذب مقدارها (٤٨٠ نيوتن)، في شحنة ثانية تبعد عنها مسافة (٣ سم)، ما مقدار الشحنة الثانية؟ وما نوعها؟ (ش٢ = ٨ × ١٠^-٦ نيوتن،موجبة).

سؤال: وضعت ثلاث شحنات نقطية على رؤوس مثلث قائم الزاوية، كما هو موضّح في الشكل. احسب القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة ش٣ إذا علمت أن: ش١ = ٢ ميكرو كولوم، ش٢ = ١.٥ ميكرو كولوم، ش٣ = ٢ ميكرو كولوم.



المجال الكهربائي عند نقطة

يعرف بأنه القوة الكهربائية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة. وبالرموز :

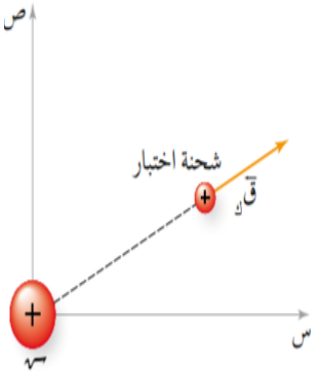
$$\vec{م} = \frac{\vec{ق_ك}}{ش}$$

لاحظ الأسهم التي تدل ان المجال الكهربائي والقوة الكهربائية كميتين متجهتين.ويمكن حساب المجال الكهربائي عند نقطة ما من العلاقة التالية:

$$م = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ش}{ف^{٢}}$$

سؤال : ما وحدة قياس المجال الكهربائي ؟

يقاس المجال الكهربائي بوحدة (نيوتن / كولوم) .



كيف يمكن تحديد اتجاه المجال الكهربائي؟

المجال الكهربائي كمية متجهة يحدد اتجاهه عند نقطة باتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة الاختبار الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة . ويمكن تحديده من خلال المسار الذي تتبعه وحدة الشحنة .

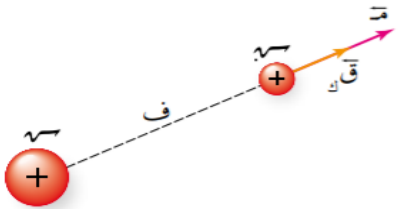
ما المقصود بشحنة الإختبار، وما أهميتها؟

شحنة نقطية موجبة (+١كولوم) صغيرة تستخدم في الكشف عن المجال الكهربائي،فإذا وضعت شحنة إختبارعند نقطة ضمن مجال كهربائي فإنها تتأثر بقوة كهربائية، ويكون اتجاه المجال في نفس اتجاه القوة المؤثرة عليها .

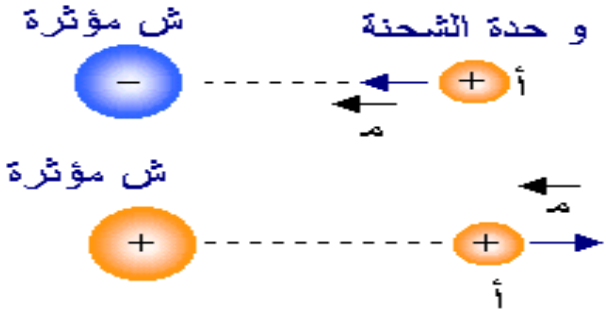
ما مصادر المجال الكهربائي؟

ينتج المجال الكهربائي عن الشحنات الكهربائية.

كيف يمكن تحديد اتجاه المجال الكهربائي؟



المجال الكهربائي كمية متجهة يحدد اتجاهه عند نقطة باتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة الاختبار الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة . ويمكن تحديده من خلال المسار الذي تتبعه وحدة الشحنة كما هو موضح في الشكل .



ما العوامل التي يعتمد عليها المجال الكهربائي عند نقطة تقع في مجال تلك الشحنة؟

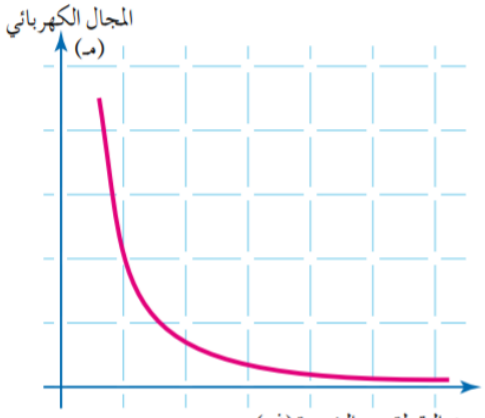
يبين الشكل نقطة تقع في المجال الكهربائي لشحنة نقطية (ش) على بعد (ف) منها، فإذا وضعت شحنة نقطية (ش.) عند تلك النقطة فإن المجال الكهربائي يؤثر فيها بقوة كهربائية (ق ك) وبما أن الشحنة الكهربائية المولدة للمجال الكهربائي نقطية، وكذلك الشحنة الكهربائية المتأثرة (ش.) فإنه طبقًا لقانون كولوم؛ تكون القوة الكهربائية المؤثرة في (ش.)

$$ق_ك = \frac{ش \times ش_.}{ف^2}$$

$$\overleftarrow{م} = \frac{ش \times ش_.}{ف^2 \times ش_.}$$ ،وباختصار (ش.) فإن:

$$\overleftarrow{م} = \frac{ش}{ف^2}$$

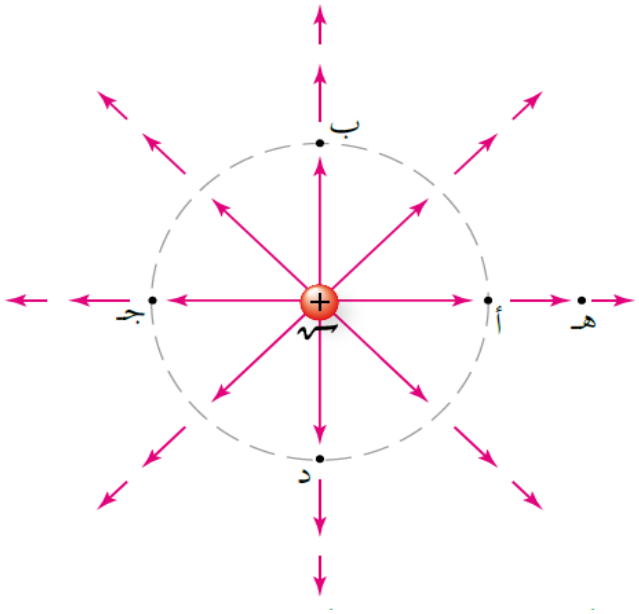
تبين العلاقة الأخيرة أن مقدار المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية عند نُقطة في الهواء يتناسب طردياً مع مقدار الشحنة الكهربائية المولدة للمجال الكهربائي (المصدر)، و عكسياً مع مربع المسافة بين الشحنة الكهربائية والنقطة المراد حساب المجال عندها. ويبين الشكل التمثيل البياني للعلاقة بين المجال الكهربائي الناشئ عند نُقطة وبعد هذه النقطة عن الشحنة .



منحنى (ف – مـ)

المجال الكهربائي غير منتظم

يعد المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية مجالًا غير منتظم أي أنه غير ثابت في المقدار والاتجاه. ففي الشكل يكون مقدار المجال الكهربائي عند النقاط (أ،ب،جـ،د) متساوياً؛ لأن لهذه النقاط البعد نفسه عن الشحنة النقطية (ســ) ، إلا أن اتجاه المجال الكهربائي عند كل منها مختلف، وكذلك فإن مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) أقل من مقداره عند النقطة (أ) بالرغم من أن للمجال الكهربائي الاتجاه نفسه عند هاتين النقطتين.



المجال الكهربائي لشحنة نقطية موجبة

كيف نحسب المجال الكهربائي عند نقطة ؟

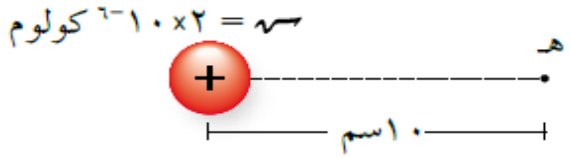
الجواب : نفرض وجود شحنة اختبار صغيرة موجبة في تلك النقطة .

ماذا نعني بقولنا أن المجال الكهربائي عند نقطة يساوي(٧.٥) نيوتن / كولوم ؟

الحل :أي أن كل كولوم عند تلك النقطة يتأثر بقوة كهربائية مقدارها (٧.٥) نيوتن

ما الفرق بين الشحنة الكهربائية المولدة (المسببة) للمجال الكهربائي والشحنة الكهربائية المتأثرة (الموضوعة ـــ).

مثال (١-١): يبين الشكل شحنة نقطية مقدارها ٢ × ١٠$^{-٦}$ كولوم ، وضعت في الهواء، اذا كانت (هـ) نقطة تقع في مجال الشحنة الكهربائية وعلى بعد (١٠) سم منها فجد عند النقطة (هـ) :



١- المجال الكهربائي مقداراً واتجاهاً.

٢- القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة مقدارها(٩$^{-}$ × ١٠$^{-٩}$) كولوم توضع عند هذه النقطة مقداراً واتجاهاً.

الحل:

١- نحسب مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) من العلاقة:

$$م_{١} = \frac{أ_{ـــ}}{ف^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٦}}{(١٠ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$$

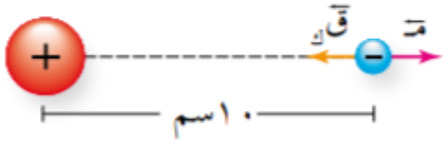
م = ١٨ × ١٠^{٤} نيوتن/ كولوم .

ونحدد اتجاه المجال الكهربائي باتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة اختبار موجبة نفترض وجودها عند النقطة (هـ)، فيكون اتجاه المجال الكهربائي باتجاه المحور السيني الموجب.

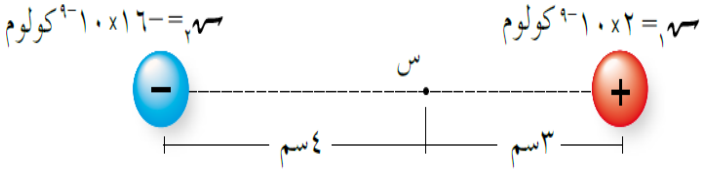
٢- يحسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة توضع عند النقطة (هـ) من العلاقة: **ق$_{ك}$ = م ـــ**

= ١٨ × ١٠^{٥} × ٢ × ١٠$^{-٩}$ = ٣٦ × ١٠$^{-٩}$ نيوتن.

لاحظ ان مقدار الشحنة الكهربائية يعوض من غير الإشارة ، وإذا كانت الشحنة المتأثرة سالبة،فإن اتجاه القوة الكهربائية يكون بعكس المجال الكهربائي؛ أي باتجاه المحور السيني السالب



مثال(١-٢): يبين الشكل شحنتين نقطيتين موضعتين في الهواء، بالاعتماد على البيانات المثبتة في الشكل، جد :



١- المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (س) مقداراً واتجاهاً.

٢- القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة مقدارها (٢) بيكو كولوم توضع عند النقطة (س) مقداراً واتجاهاً.

الحل:

١- نحسب مقدار المجالين الكهربائيين (مـ ١، مـ ٢)عند النقطة(س) الناشئتين عن الشحنتين (ش١، ش٢) على الترتيب من العلاقة :

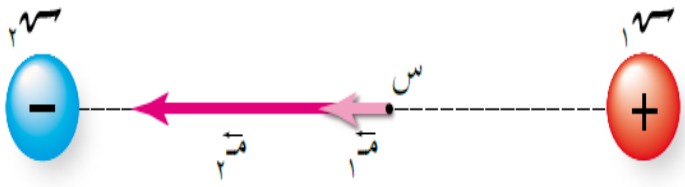
$$مـ_1 = \frac{أ\,ش_1}{ف_1^2} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٩}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^2}$$

= ٢ × ١٠^٤ نيوتن ، / كولوم باتجاه المحور السيني السالب

$$مـ_2 = \frac{أ\,ش_2}{ف_2^2} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ١٦ \times ١٠^{-٩}}{(٤ \times ١٠^{-٢})^2}$$

= ٩ × ١٠^٤ نيوتن/ كولوم ، باتجاه المحور السيني السالب

بما ان المجالين الكهربائيين (مـ١، مـ٢) بالاتجاه نفسه كما في الشكل فان المجال الكهربائي المحصل يساوي حاصل جمعهما:



مـ = مـ١ + مـ٢ = ١١ × ١٠^٤ نيوتن/كولوم باتجاه السيني الموجب

٢- تتأثر الشحنة الكهربائية (٢) بيكوكولوم الموضوعة عند النقطة (س) في المجال الكهربائي المحصل (مـ)، بقوة كهربائية محصلة

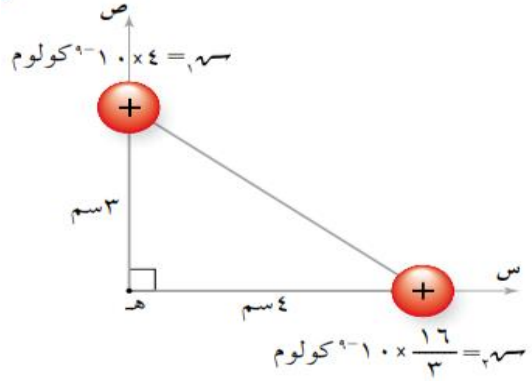
تحسب من العلاقة: **ق = مـ ش**.

= ١١ × ١٠^٤ × ٢ × ١٠^-١٢

= ٢٢ × ١٠^-٨ نيوتن.

ويكون اتجاه القوة الكهربائية مع اتجاه المجال الكهربائي المحصل؛ أي باتجاه المحور السيني السالب ؛ لأن الشحنة الكهربائية المتأثرة موجبة.

(١-٣): شحنتان نقطيتان موضعتان في الهواء، كما يبين الشكل. جد المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (هـ) مقداراً واتجاهاً.



الحل: $م_{١} = \frac{أ\ سـ_{١}}{ف_{١}^{٢}} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٤ \times ١٠^{-٩}}{٩ \times ١٠^{-٤}}$

$\overleftarrow{م_{١}} = ٤ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/ كولوم، باتجاه المحور السيني الموجب

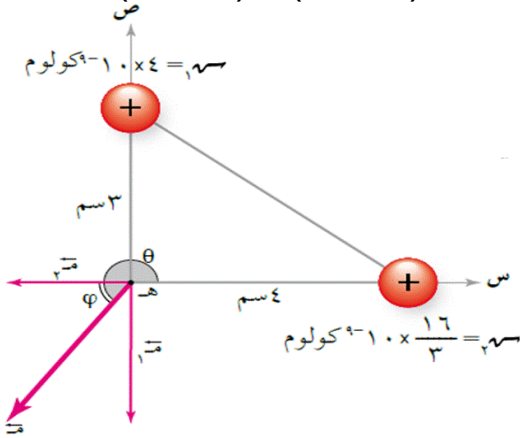
$م_{٢} = \frac{أ\ سـ_{٢}}{ف_{٢}^{٢}} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{\frac{١٦}{٣} \times ١٠^{-٩}}{١٦ \times ١٠^{-٤}}$

$\overleftarrow{م_{٢}} = ٣ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/ كولوم، باتجاه المحور السيني السالب

وبما أن المجالين الكهربائيين($\overleftarrow{م_{١}}$ ، $\overleftarrow{م_{٢}}$) متعامدان كما في الشكل التالي،فأن المجال الكهربائي المحصل يحسب من قاعدة فيثاغورس

$م_{هـ} = \sqrt{(م_{١})^{٢} + (م_{٢})^{٢}}$

$= \sqrt{(٤ \times ١٠^{٤})^{٢} + (٣ \times ١٠^{٤})^{٢}} = \sqrt{٢٥} \times ١٠^{٤} = ٥ \times ١٠^{٤}$ نيوتن / كولوم



ويبين الشكل السابق أن المجال الكهربائي المحصل يصنع زاوية (φ)

مع المحور السيني السالب،حيث ظا φ $= \frac{م_{١}}{م_{٢}} = \frac{٤}{٣}$ ،، فتكون φ $= ٥٣^{\circ}$

ويحدد اتجاه المجال الكهربائي المحصل بالزاوية المح صورة بين المحور السيني الموجب والمجال الكهربائي المحصل (θ)؛بعكس دوران عقارب الساعة،وعليه تكون:

$\theta = (١٨٠ + ٥٣) = ٢٣٣^{\circ}$

$\overleftarrow{م_{١}} = ٤ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/ كولوم، ٢٣٣°

سؤال١: شحنة اختبار مقدارها ٣ × ١٠$^{-٩}$ كولوم (لاحظ صغر مقدارها) تم وضعها عند نقطة (أ) مفروضة في مجال كهروستاتيكي.تبين بالقياس أن مقدار القوة المؤثرة عليها يساوي ١٢ × ١٠$^{-٨}$ نيوتن. احسب

١ـ شدة المجال عند (أ).

٢ـ القوة المؤثرة على شحنة مقدارها ١٨ كولوم تم وضعها عند النقطة (أ).

سؤال٢: شحنتان نقطتيتان (٢٥ × ١٠$^{-٣}$) ميكروكولوم ، (ـ٢٥ ×١٠$^{-٣}$) ميكروكولوم ، وضعتا في الهواء على بعد (٨) م من بعضهما ، احسب :

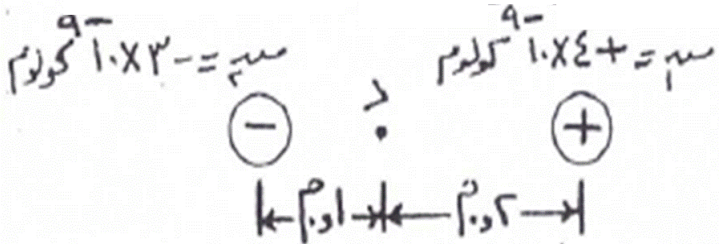
١. المجال الكهربائي عند نقطة على العمود المنصف للبعد بين الشحنتين وعلى بعد (٣) م منه .

٢. القوة التي يتأثر بها إلكترون يوضع عند النقطة السابقة ، علما بأن شالكترون =١.٦ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم.

سؤال٣: يمثل الشكل المجاور شحنتان نقطتيتان موضوعتان في الهواء، اعتماداً على البيانات المثبتة في الشكل، احسب :

١ـ القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين.

٢ـ المجال الكهربائي عند النقطة (د) مقدارًا واتجاهًا.



إعداد المعلم مصطفى دعمس