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 فإن 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 وتمثل شحنة الإلكترون، وتبلغ قيمتها $1,6 \times 10^{-19}$ 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

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:

1. مقدار كل من الشحنتين ($ش_1$ ، $ش_2$): العلاقة طردية.
2. مربع البعد بينهما ($ف^2$): العلاقة عكسية.
3. السماحية الكهربائية للوسط الفاصل (ε): العلاقة عكسية.

ما العوامل التي يعتمد عليها ثابت كولوم (أ)؟

1. نوع مادة الوسط الفاصل بين الشحنتين (سماحية الوسط).
2. 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:

$$ق_ك = \frac{أ \times ش_1 \times ش_2}{ف^2}$$

حيث:

- $ق_ك$: القوة الكهربائية وتقاس بوحدة نيوتن.
- أ : ثابت كولوم $= ٩ \times ١٠^{٩}$ نيوتن . م^2 / كولوم^2.
- $ش_1$: الشحنة الكهربائية الأولى وتقاس بالكولوم.
- $ش_2$: الشحنة الكهربائية الثانية وتقاس بالكولوم.
- ف : المسافة بين الشحنتين النقطيتين.

ملحوظات مهمة:

عند حل الأسئلة الحسابية على قانون كولوم:

1. اقرأ السؤال جيداً.
2. ترجم السؤال إلى رسم ورموز وأرقام.
3. عند تعويض المسافة (ف) في القانون لا تنسَ تحويل وحدتها إلى (متر).
4. القوة الكهربائية كمية متجهة، ولذلك يجب أن نطبق قوانين محصلة القوى.
5. 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.

6. 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.

شحنتان نقطيتان، الأولى (+2) نانو كولوم، والثانية (+4) نانو كولوم، والمسافة الفاصلة بينهما (5 سم). إذا وضعت شحنة ثالثة مقدارها (–6) نانو كولوم على الخط الواصل بين الشحنتين، بحيث تبعد مسافة (2 سم) عن الشحنة الأولى. احسب القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الثالثة؟

الإجابة:

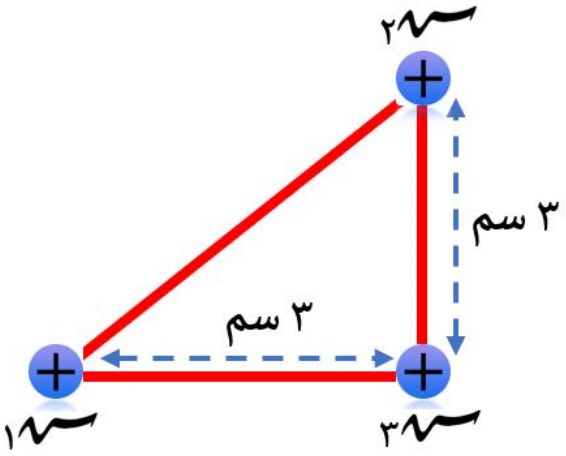
$ق_{31} = 27 \times 10^{-5}$ نيوتن، باتجاه اليمين.

$ق_{32} = 24 \times 10^{-5}$ نيوتن، باتجاه اليسار.

$ق_{المحصلة} = ق_{31} - ق_{32} = 3 \times 10^{-5}$ نيوتن، باتجاه اليمين.

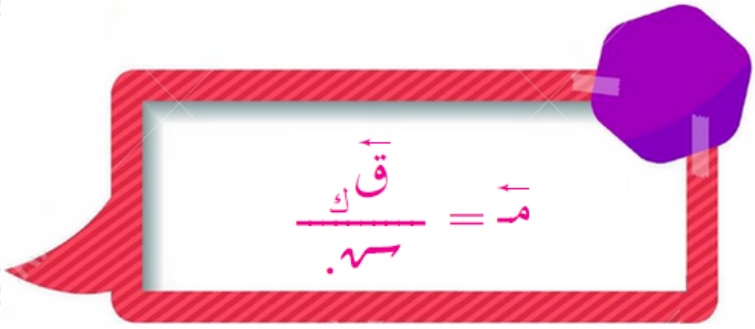
أثرت شحنة مقدارها (– 6 ميكرو كولوم) بقوة جذب مقدارها (480 نيوتن)، في شحنة ثانية تبعد عنها مسافة (3 سم)، ما مقدار الشحنة الثانية؟ وما نوعها؟ ($\overrightarrow{ق_{٢}} = 8 \times 10^{-6}$ نيوتن، موجبة).

وضعت ثلاث شحنات نقطية على رؤوس مثلث قائم الزاوية، كما هو موضّح في الشكل. احسب القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة $\overrightarrow{ق_{٣}}$ إذا علمت أن: $\overrightarrow{ق_{١}} = 2$ ميكرو كولوم، $\overrightarrow{ق_{٢}} = 1,5$ ميكرو كولوم، $\overrightarrow{ق_{٣}} = 2$ ميكرو كولوم.



المجال الكهربائي عند نقطة

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



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

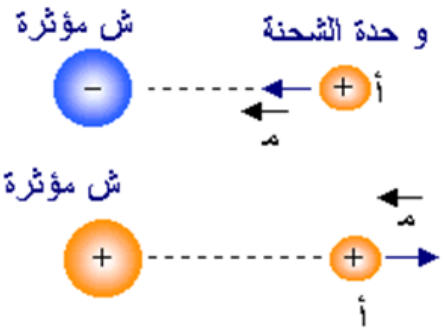
$$م = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{سم}{ف^{٢}}$$

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 كما هو موضح في الشكل:



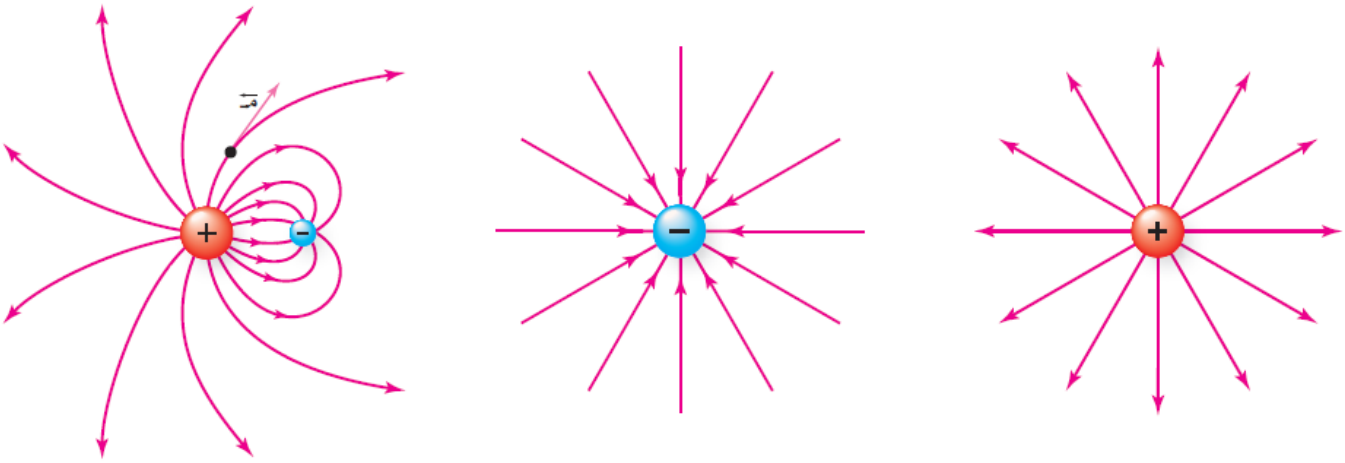
ومن المهم الانتباه:

1. أنها تتحرك بفعل التنافر بينها وبين الشحنة الموجبة على الكرة.
2. أن مسارها هو الخط الهندسي الذي نقطة بدئه هي (أ) والذي يقع على الخط الواصل بين الشحنتين.
3. يشير رمز السهم إلى اتجاه الحركة، ولو بقيت شحنة الاختبار حرة لظلت تتحرك إلى مسافات كبيرة.
4. إذا كانت النقطة المطلوب عندها حساب المجال مشحونة نهمل شحنتها ونعتبرها شحنة اختبارية صغيرة؛ لأن المجال الكهربائي لا يعتمد على مقدار شحنة الاختبار.
5. يكون اتجاه المجال بنفس اتجاه القوة المؤثرة عليها، ولكن إذا كانت الشحنة سالبة فإن القوة بعكس المجال.

خطوط المجال الكهربائي

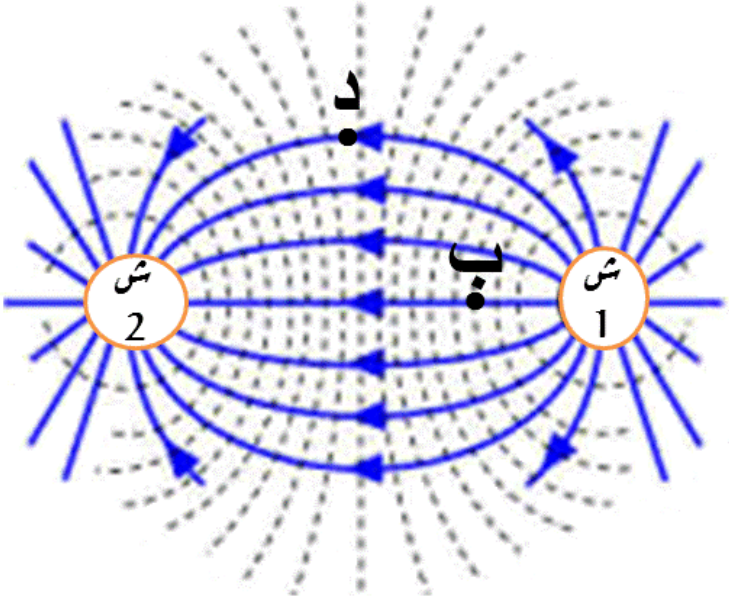
خط المجال الكهربائي: المسار الذي تسلكه شحنة اختبار موجبة حرّة الحركة، عند وضعها في مجال كهربائي.

خصائص خطوط المجال الكهربائي:



1. تتجه خطوط المجال الكهربائي خارجه من الشحنة الموجبة، وداخله في الشحنة السالبة.
2. خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع.
3. تدل كثافة خطوط المجال الكهربائي في منطقة ما (عدد الخطوط التي تخترق وحدة المساحة عموديًّا) على مقدار المجال الكهربائي؛ حيث يكون مقدار المجال الكهربائي كبيرًا في المنطقة التي تتقارب فيها الخطوط، بينما يكون مقداره صغيرًا في المنطقة التي تتباعد فيها الخطوط.
4. يُحدَّد اتجاه المجال الكهربائي عند نقطة ما برسم مماس لخط المجال الكهربائي عند تلك النقطة.
5. تكون خطوط المجال متراصة وقريبة من الشحنة وتتباعد عن بعضها كلما ابتعدت عن الشحنة.

يبين الشكل خطوط المجال الكهربائي حول شحنتين نقطيتين، تأمل الشكل ثم أجب عما يلي:



أ- ما نوع كل من الشحنتين ($\overrightarrow{ش_1}$ ، $\overrightarrow{ش_2}$)؟

ب- أي النقطيتين(ب، د) المجال الكهربائي أكثر مقداراً. ولماذا؟

ج- استنتج ثلاثة خصائص لخطوط المجال الكهربائي.

فسّر لماذا لا تشكل خطوط المجال الكهربائي مسارات مغلقة.

إن خط المجال الكهربائي هو المسار الوهمي لحركة شحنة الاختبار، والمسار المغلق يتطلب عودة شحنة الاختبار نحو الشحنة الموجبة التي خرج منه خط المجال، ولا يمكن أن يحدث ذلك بسبب تنافر شحنة الاختبار الموجبة مع الشحنة الموجبة المولدة للمجال.

لماذا لا تتقاطع خطوط المجال الكهربائي؟

لأنها لو تقاطعت يأخذ المجال في نقطة التقاطع أكثر من اتجاه وهذا مستحيل، يخالف مفهوم الكمية المتجهه.

كيف يمكن الكشف عن أن خط المجال يتجه من الشحنة الموجبة إلى الشحنة السالبة.

عند وضع شحنة اختبار موجبة على خط المجال نجدها تتحرك مبتعدة عن الشحنة الموجبة ومقتربة من الشحنة السالبة، فاتجاه المجال هو اتجاه حركة شحنة الاختبار

الموجبة.

ما الفرق بين الشحنة الكهربائية المولدة (المسببة) للمجال الكهربائي والشحنة الكهربائية المتأثرة (الموضوعة q_0)؟