Al sham University
Faculty of Informatic

جامعة الشام الخاصة
كلية الهندسة المعلوماتية

أسس الهندسة الكهربائية

لطلاب السنة الثانية

2018-2019

Dr. Ghada Aldahim

ghadadhem@gmail.com

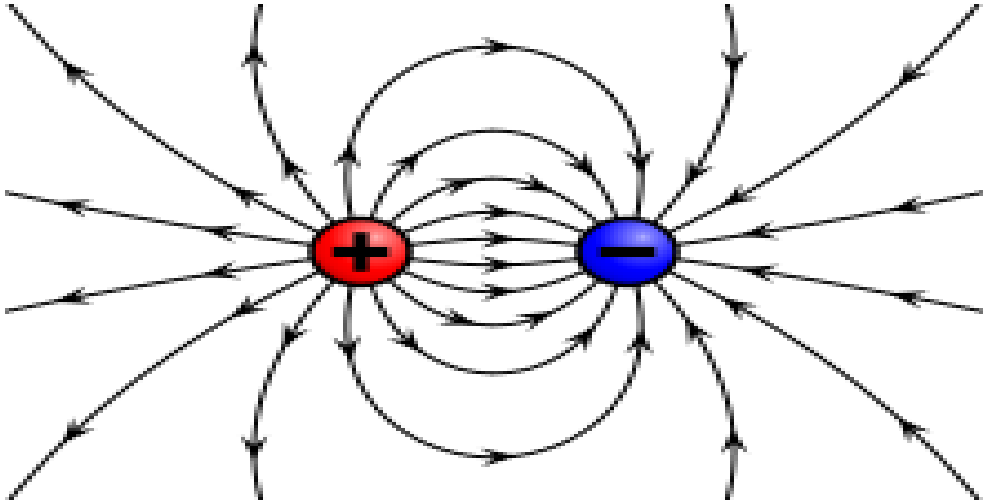
CHAPTER 1
STATIC ELECTRICITY

الفصل الأول
الكهرباء الساكنة

PART 2

الكهرباء الساكنة والحقل (المجال) الكهربائي الساكن

تكهرب الأجسام : هي الحالة التي يكتسب فيها جسم ما أو يفقد عدد من الإلكترونات بحيث تصبح حالته الكهربائية غير متعادلة ويمكن للأجسام أن تتكهرب بالطرق التالية : الدلك، اللمس، التأثير .



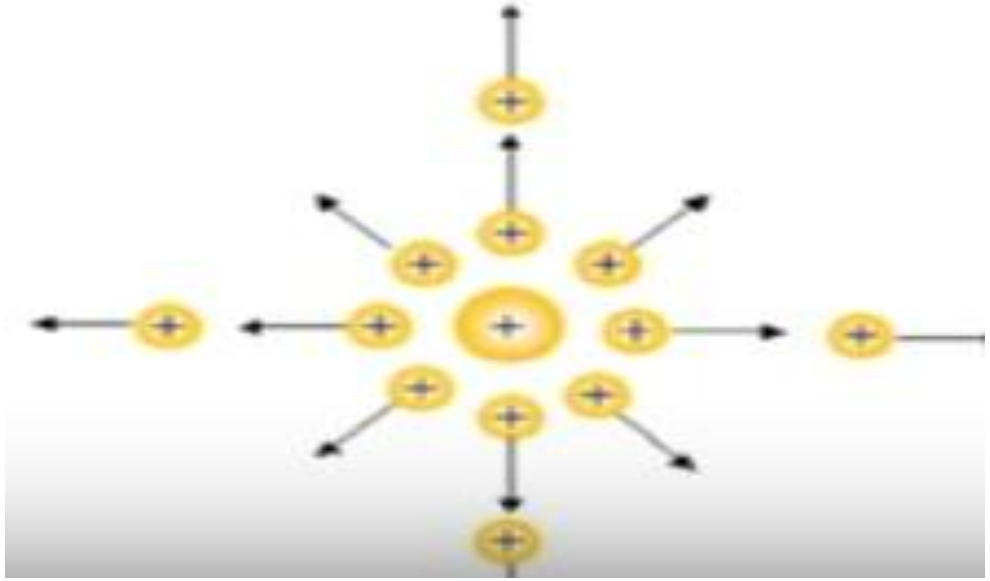
خطوط الحقل الكهربائي (شحنتين متعاكستين)

1

الجسم المشحون يولد حوله مجالاً كهربائياً في الفضاء المحيط به.

2

عندما يدخل جسم مشحون آخر هذا المجال فإنه يتفاعل مع مجال الجسم الأول فتنشأ قوى ذات طبيعة كهربائية.

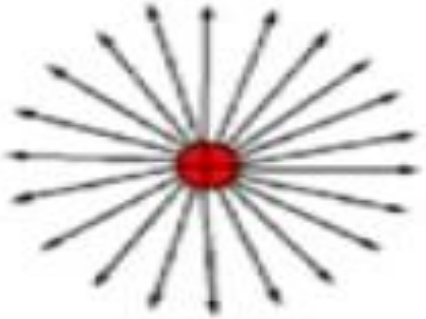


3

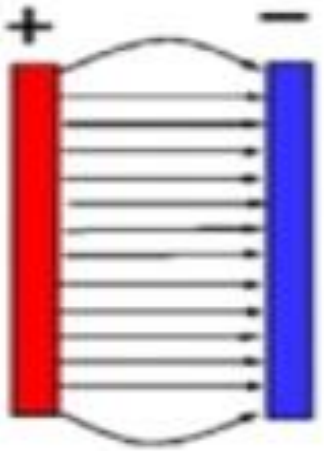
القوة الكهربائية قوة مجالية مثل قوة الجاذبية أي تحدث بدون تماس فعلي بين الأجسام.

إذاً:

المجال الكهربائي : منطقة في الفضاء تحيط بجسم مشحون تظهر فيها آثار القوة الكهربائية ..



A



B

و:

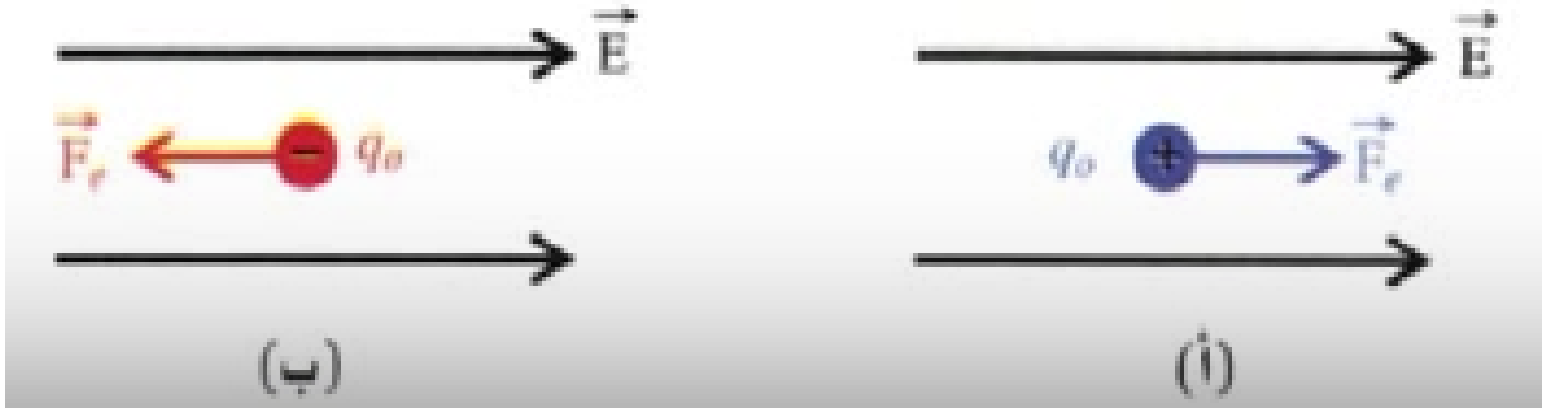
شدة الحقل (المجال) الكهربائي (E) : هوالقوة الكهربائية (F_e) المؤثرة في شحنة اختبار صغيرة مقسومة على شحنة الاختبار (q_o).

$$E = \frac{F_e}{q_o}$$

❖ وحدة قياس الحقل (المجال) هي وحدة القوة على وحدة الشحنة **نيوتن /كولوم**

$$E = \frac{F_e}{q_o}$$

❖ العلاقة بين اتجاه القوة واتجاه الحقل (المجال) الكهربائي يحدده **نوع الشحنة الموضوعة في المجال.**

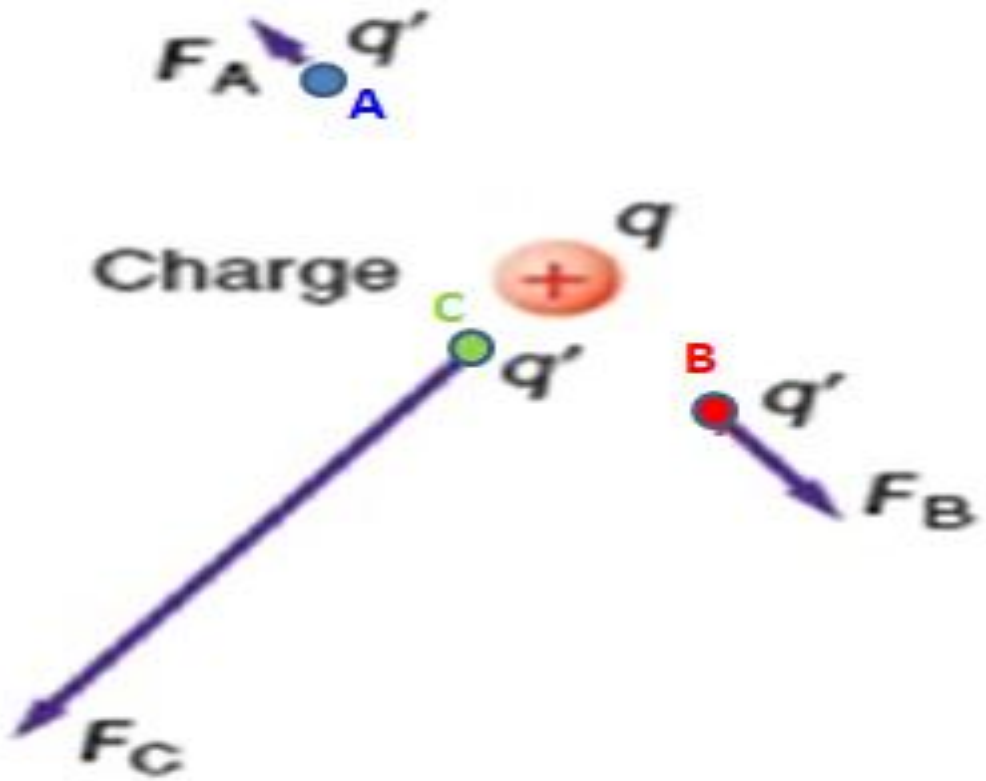


اتجاه المجال الكهربائي هو نفسه اتجاه القوة المؤثرة في شحنة الإختبار الموجبة.

ويعاكس اتجاه القوة إذا كانت شحنة الإختبار سالبة.

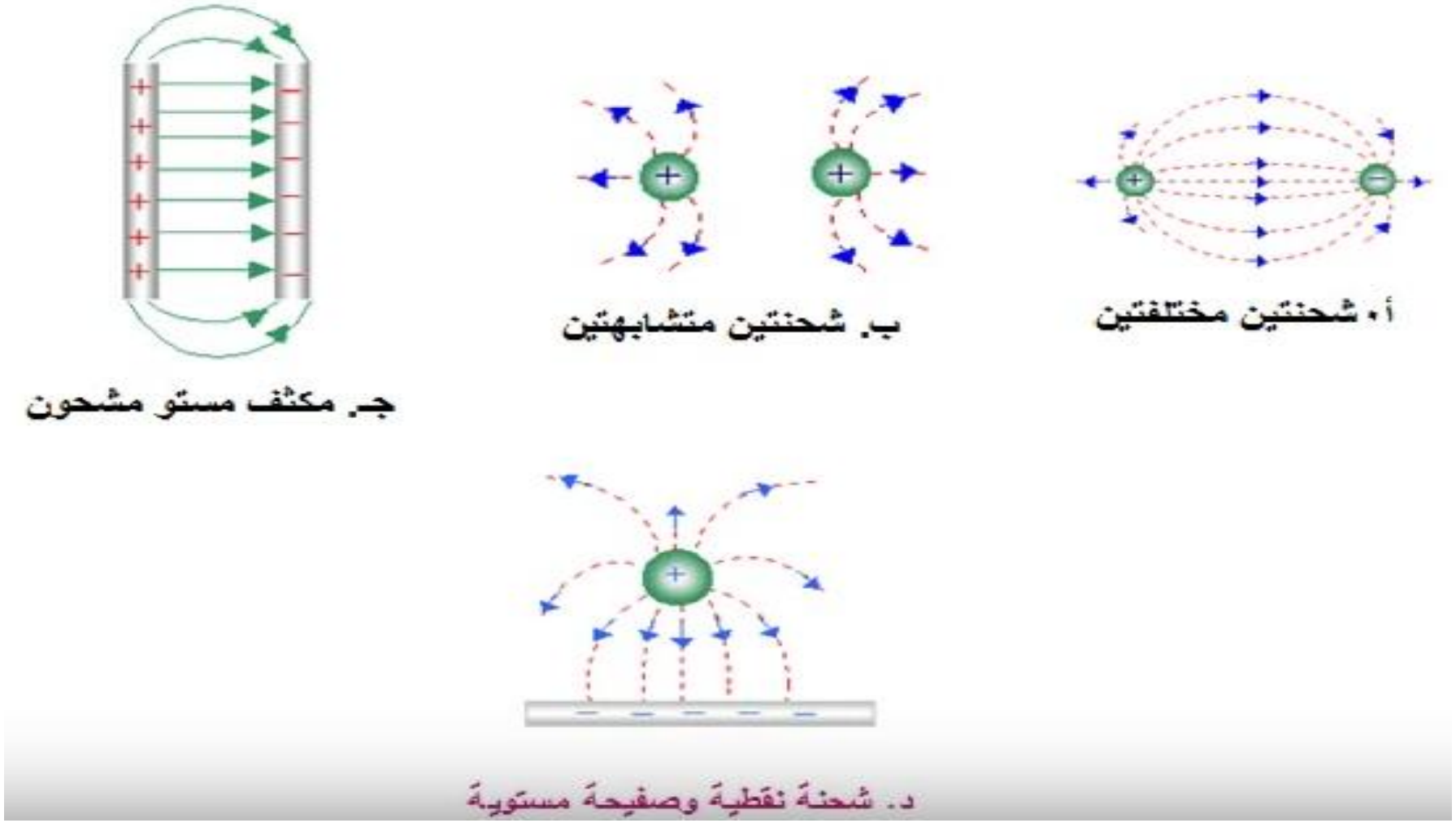
الحقل (المجال) الكهربائي: هو خاصية من خصائص الفراغ حول جسم مشحون يبذل قوة على أجسام أخرى مشحونة، قدم هذا المفهوم العالم مايكل فاراداي.

ليس بمقدورك رؤية الحقل (المجال) الكهربائي لكن توجد طرق للكشف عن وجوده.



ضع شحنة اختبار في موقع ما، إذا أثرت على شحنة الاختبار قوة كهربائية فعندئذٍ سيكون هناك مجال كهربائي عند تلك النقطة.

في هذه الشريحة مجموعة من الشحنات تظهر المجال الكهربائي حولها.



قانون كولوم

$$F_e = K \times \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين تتناسب طردياً مع حاصل ضرب مقداري الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما م

يعتمد مقدار الثابت على الوسط الفاصل بين الشحنتين ووحدات القياس المستخدمة .

قيمة الثابت في الفراغ

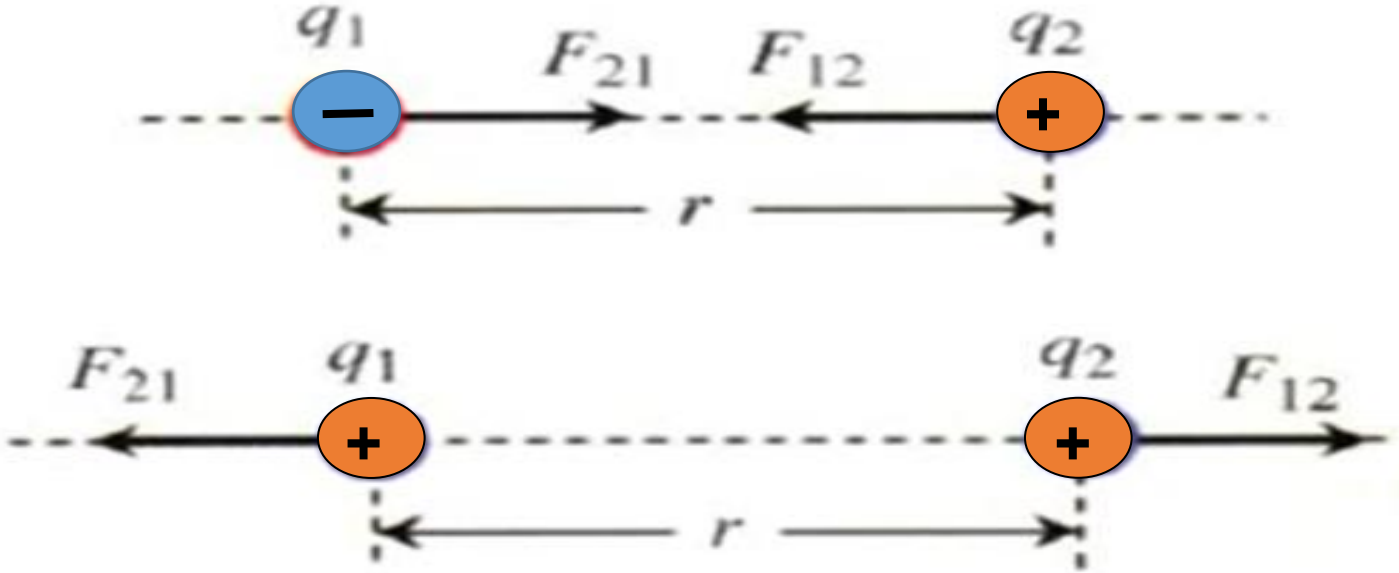
$$9 \times 10^9 N.m^2.C^{-2}$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_o} \Rightarrow E = K\frac{q}{r^2}$$

حيث q_o هي الشحنة الاختبارية

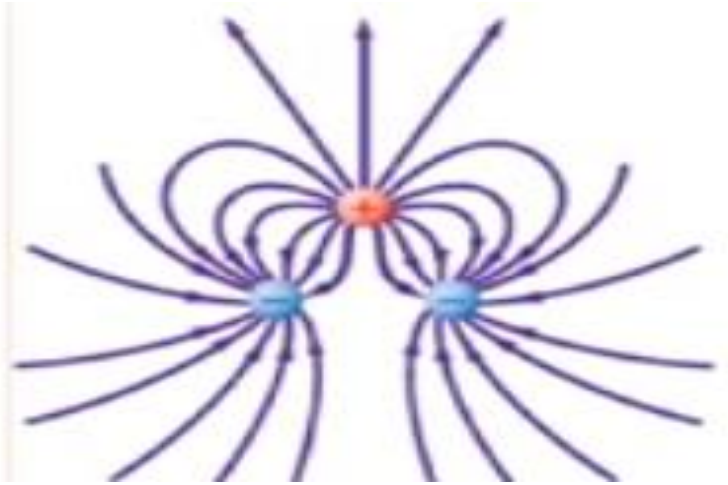
حيث q هي الشحنة المولدة للمجال

القوة الكهربائية كمية متجهة لها مقدار واتجاه . واتجاهها ينطبق على الخط الواصل بين الشحنتين أو امتداده .

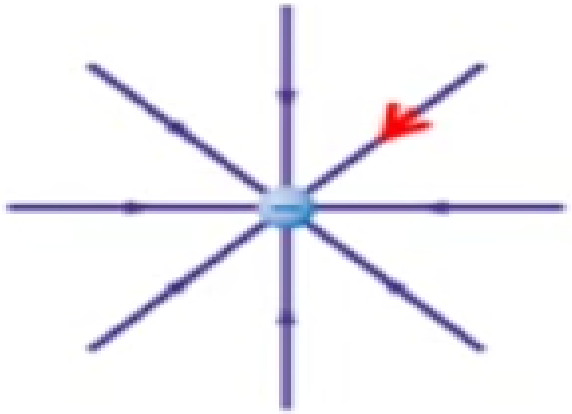


عند تطبيق قانون كولوم على الأجسام الكروية المشحونة فإن المسافة بين الشحنتين تساوي المسافة بين مركزي الجسمين الكرويين.

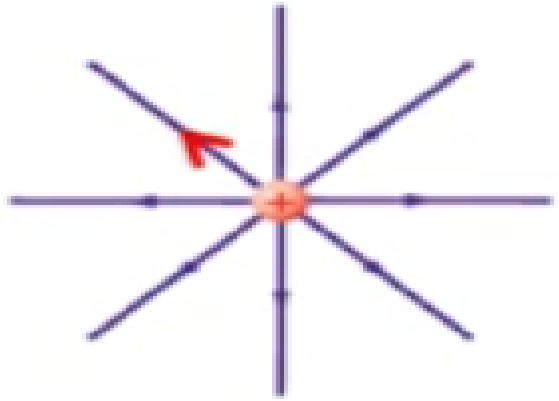
خطوط الحقل (المجال) الكهربائي



خطوط الحقل (المجال) الكهربائي لشحنات مختلفة.



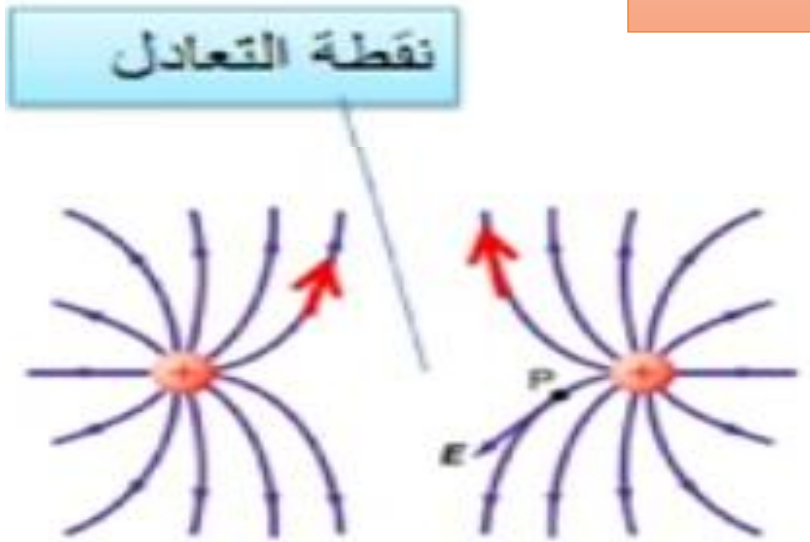
خطوط الحقل (المجال) الكهربائي لشحنة سالبة تتجه ناحية الشحنة



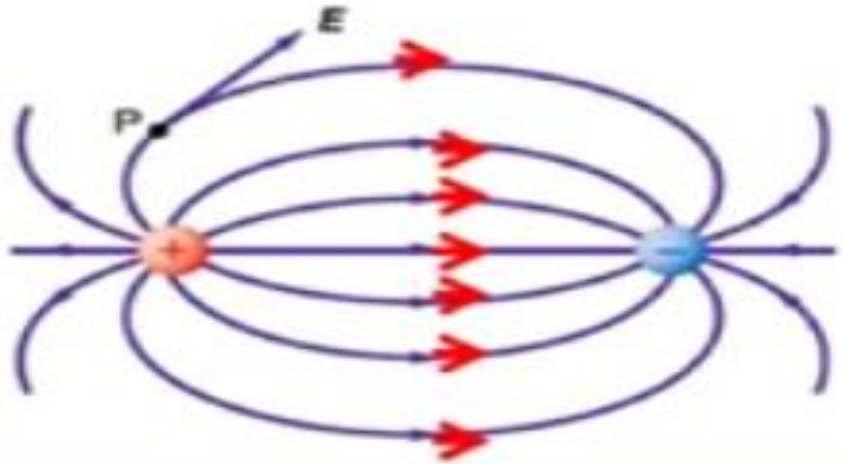
خطوط الحقل (المجال) الكهربائي لشحنة موجبة تتجه بعيداً عن الشحنة

يشير التباعد بين الخطوط إلى شدة الحقل (المجال) الكهربائي، حيث يكون الحقل أقوى في المكان الذي تقترب فيه الخطوط من بعضها ويكون الحقل أضعف في المكان الذي تتباعد فيه الخطوط عن بعضها البعض.

خطوط الحقل (المجال) الكهربائي



شحنتان متساويتان ومتشابهتان
خطوط المجال الكهربائي لا
تتصل إحداهما بالأخرى .في
المنطقة التي لا تحوي خطوط
مجال كهربائي لا توجد قوة
كهربائية



شحنتان متساويتان ومختلفتان
خطوط المجال الكهربائي تتجه من
الشحنة الموجبة إلى الشحنة السالبة .
ولا يمكن ان تتقاطع أبداً.
المجال أقوى عند تقارب الخطوط .

اتجاه الحقل (المجال) الكهربائي عند أي نقطة هو المماس لخط الحقل.

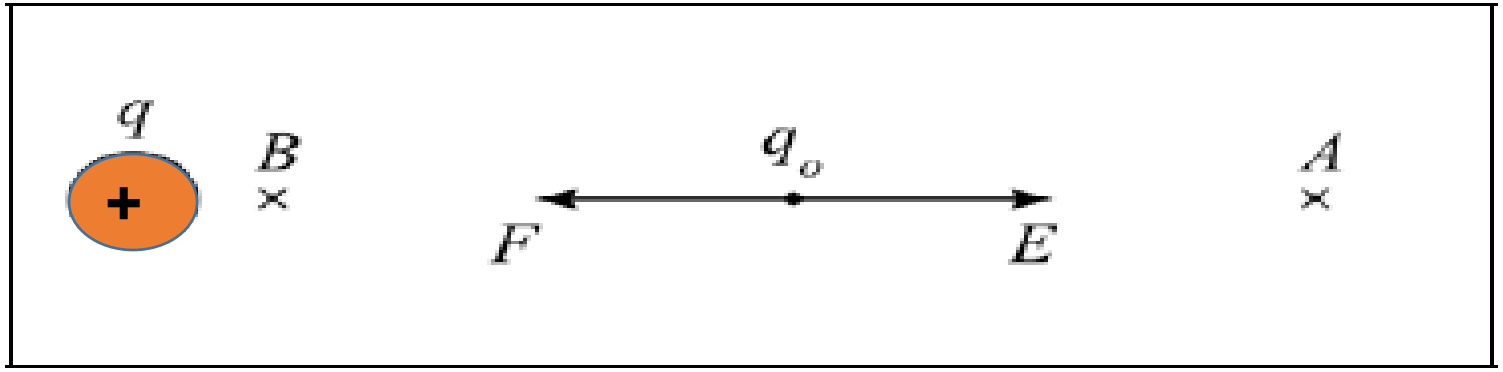
الجهد (التوتر) الكهربائي *The Electric Potential*

إذا قمنا بوصل جسمين مشحونين كهربائياً، فإن الشحنات تبدأ بالإنتقال من أحدهما إلى الآخر، وهذا لا يحدث إلا إذا كان الجهد الكهربائي لأحدهما أعلى من الآخر، إذاً:

1- ماذا نقصد بمفهوم الجهد الكهربائي؟

2- ماهي الكميات الفيزيائية التي يعتمد عليها الجهد الكهربائي؟

3- ماهي العلاقة بين الجهد الكهربائي في نقطة ما والحقل (المجال) الكهربائي لها ؟



شكل 2 فرق الجهد لشحنة كهربائية إختبارية q_o.

إذا تحركت الشحنة الكهربائية الإختبارية *test charge (q_o)* من النقطة A إلى النقطة B وبسرعة ثابتة داخل مجال تأثير الشحنة الموجبة *(q+)*، فإن مقداراً من **الشغل (العمل)** يبذل عليها ويختزن فيها على شكل طاقة تسمى **الطاقة الكهربائية الكامنة** *Electric potential energy*، **والمقدار الناتج عن قسمة الشغل (العمل) المبذول في تحريك هذه الشحنة الإختبارية بين نقطة البداية A ونقطة النهاية B على الشحنة الإختبارية ذاتها يسمى فرق الجهد بين هاتين النقطتين *Potential difference*.** ونستطيع التعبير رياضياً عن هذا المفهوم بالعلاقة الآتية:

تحريك الشحنة من A إلى B

$$V_{BA} = V_B - V_A = \frac{W_{A\to B}}{q_o}$$

$$W_{A\to B} = (V_B - V_A)q_o = \Delta W$$

حيث أن :

$W_{A\to B}$ العمل المبذول بواسطة القوة الخارجية *F* لنقل الشحنة q_o من *A* إلى *B*.

V_B الجهد الكهربائي عند النقطة B.

V_A الجهد الكهربائي عند النقطة A.

ΔW التغير في الطاقة الكامنة للشحنة q_o

وبناء على ما تقدم فإن فرق الجهد بين نقطتين $V_B - V_A$ يساوي مقدار التغير الحاصل في الطاقة الكامنة الكهربائية مقسوماً على مقدار الشحنة المنقولة، ومعنى ذلك:

$$V_B - V_A = \frac{\Delta W}{q_o} = \frac{W_B - W_A}{q_o}$$

ونستطيع الآن أن نعرف:

حاصل ضرب الشحنة في الجهد عند نقطة ما، بأنه الطاقة الكامنة للشحنة في تلك النقطة، فمثلاً الطاقة الكامنة للشحنة q_o عند النقطة B تساوي $V_B.q_o$

$$W_B = V_B \cdot q_o$$

وبصفة عامة يمكننا إيجاد مقدار العمل الكهربائي المبذول بين نقطتين داخل الحقل الكهربائي للشحنة النقطية q والمؤثرة على شحنة اختبارية q_o من العلاقة الرياضية:

$$W = F \cdot X$$

$$W = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{qq_o}{r^2}r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{qq_o}{r}$$

حيث (r) هي المسافة الفاصلة بين النقطتين A و B .

تعريف الجهد الكهربائي في نقطة: هو العمل المبذول لتحريك وحدة الشحنات الكهربائية (الكولوم) من اللانهاية إلى النقطة المطلوبة دون إحداث أي تغيير في طاقتها الحركية. ويقاس الجهد بوحدة ***(J/C)*** وهي عبارة عن الفولت ***(V)***.

الفولت: هو جهد نقطة يلزم جولاً واحداً لنقل كولوم واحد إليها من اللانهاية. وهو أيضاً فرق الجهد بين نقطتين يلزم جولاً واحداً لتحريك كولوماً واحدا بينهما.

بالمقارنة بين العلاقتين:

$$W = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{qq_o}{r^2}r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{qq_o}{r}$$

$$W = V \cdot q_o$$

$$V = K\frac{q}{r}$$

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

$$V = K \frac{q}{r}$$

$$W = V \cdot q_o$$

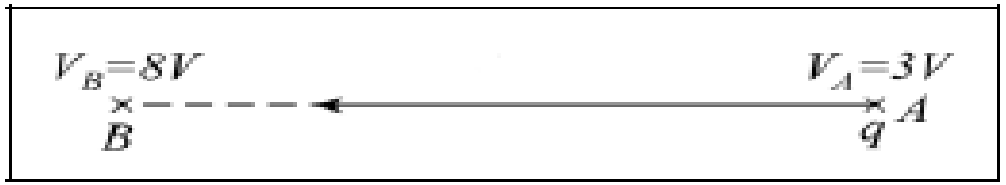
مثال 7

شحنة كهربائية مقدارها $4 \times 10^{-6}\ C$ موجودة في النقطة A التي جهدها $3\ V$ كما في الشكل ، أحسب ما يلي:

1- الطاقة الكامنة للشحنة الكهربائية.

2- مقدار العمل (الشغل) المطلوب لنقلها إلى نقطة أخرى يبلغ مقدار جهدها 8V .

3- مقدار التغير في الطاقة الكامنة للشحنة عند نقلها من الموضع A إلى الموضع B.



الحل:

1- الطاقة الكامنة: $W = qV$

$$W = 4 \times 10^{-6} \times 3 = 12 \times 10^{-6} J$$

2- العمل (الشغل) المطلوب لنقل الشحنة من A إلى B:

$$W = q(V_B - V_A)$$

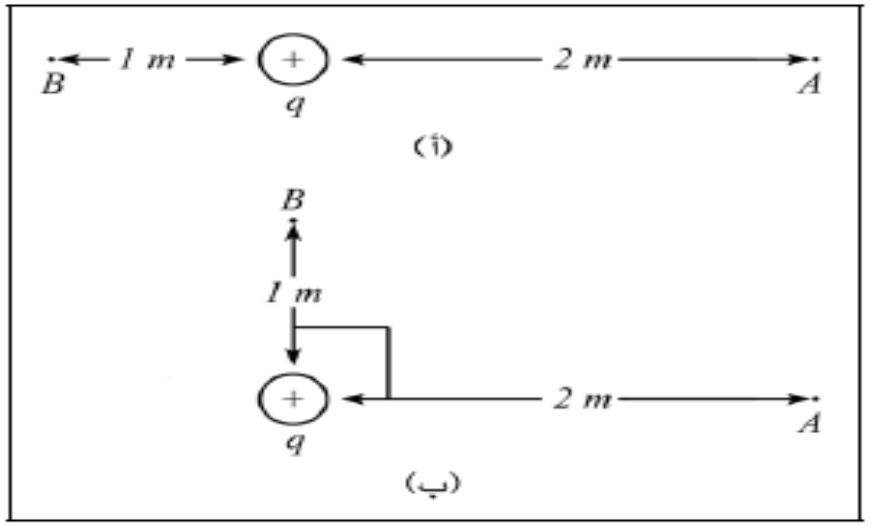
$$W = 4 \times 10^{-6} \times (8 - 3) = 20 \times 10^{-6} J$$

3- التغير في الطاقة الكامنة للشحنة:

$$W = 4 \times 10^{-6} \times (8 - 3) = 20 \times 10^{-6} J$$

مثال 8

إذا كان مقدار الشحنة النقطية الموضحة في الشكل يساوي 1 µc ، وتبعد النقطة A عنها مسافة قدرها 2 m ، أما النقطة B فتبعد 1 m.



1- أوجد فرق الجهد $(V_A - V_B)$ في الشكل أ.

2- أوجد فرق الجهد $(V_A - V_B)$ في الشكل ب.

الحل:

-1

$$(V_A - V_B) = K\frac{q}{r_A} - K\frac{q}{r_B}$$

$$(V_A - V_B) = Kq(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B})$$

$$(V_A - V_B) = (9 \times 10^9 Nm^2C^{-2})(1 \times 10^{-6}C)\left(\frac{1}{2m} - \frac{1}{1m}\right)$$

$$V_A - V_B = -4500V$$

2- بما أن الجهد الكهربائي يعتمد على مقدار المسافة (r) وليس على اتجاهها إذاً:

$$V_A - V_B = -4500V$$

مثال 9

شحنتان نقطيتان موجبتان قيمة الأولى ($12 \times 10^{-10}\ C$) وقيمة الثانية ($8 \times 10^{-10}\ C$) وتبعدان عن بعضهما مسافة (d=10 Cm) ، أوجد العمل الناتج عن تقريب الشحنتين من بعضهما مسافة 4 Cm.

الحل:

نفرض أن الشحنة الأولى بقيت ثابتة فيكون الكمون في نقطة تبعد عنها 0.1 m هو:

$$V_1 = 9 \times 10^9 \frac{12 \times 10^{-10}}{0.1} = 108\ V$$

والكمون في النقطة التي تبعد عنها 6 Cm هو:

$$V_2 = 9 \times 10^9 \frac{12 \times 10^{-10}}{0.06} = 180\ V$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 180 - 108 = 72\ V$$

$$W = q(V_2 - V_1)$$

$$W = 8 \times 10^{-10} \times 72 = 5.76 \times 10^{-8}\ J$$

مثال 10

أوجد الطاقة المصروفة عند انتقال شحنة مقدارها 25 C من نقطة كمونها 15 V - إلى نقطة كمونها 50 V ؟

الحل:

$$W = q(V_2 - V_1)$$

$$W = 25 \times [50 - (-15)] = 1625 \ J$$

مثال 11

شحنة نقطية مقدارها 100 µC . ماهو العمل (الشغل) اللازم لنقل واحدة الشحنات الموجبة من اللانهاية إلى نقطة تبعد 20 Cm عن الشحنة النقطية المفروضة.

الحل:

إن العمل اللازم هو عملياً وفيزيائياً الكمون الكهربائي:

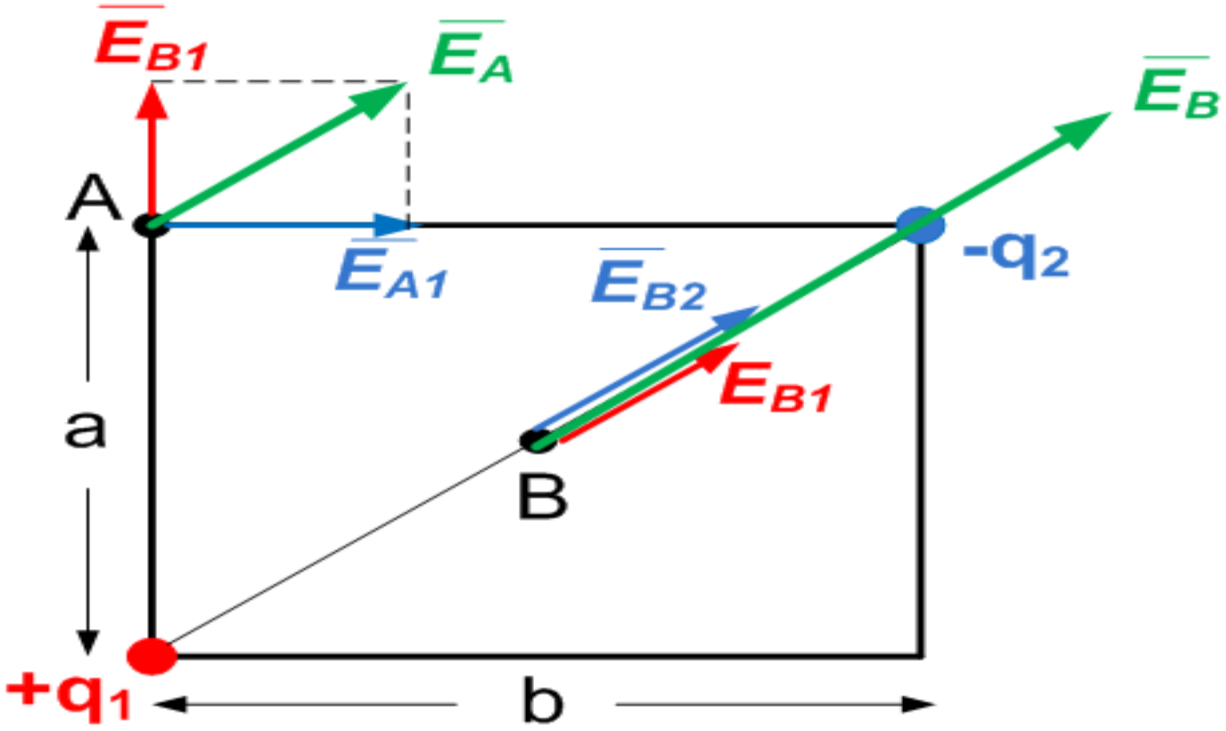
$$W = V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}.\frac{q}{r}$$

$$W = V = 9 \times 10^9.\frac{100 \times 10^{-6}}{0.2}$$

$$W = 4.5\ J$$

مثال 12 : وظيفة

لتكن لدينا شحنتان نقطيتان $q_1 = 3.2 \times 10^{-11}\ C$ و $q_2 = -4.26 \times 10^{-11}\ C$ متوضعتان في الفراغ على رأسين متقابلين لمستطيل طوله 8 Cm وعرضه 6 Cm والمطلوب: حساب ورسم شدة الحقل الكهربائي الناتج عن هاتين الشحنتين في كل من النقطتين A و B .



الأجوبة:

$$E_A = 100\ V/m$$

$$E_B = 50\ V/m$$