

ملخص شامل وأوراق عمل لمادة

الفيزياء

الفصل الخامس : الكهرباء السكونية

الصف العاشر - الفصل الدراسي الثاني



إعداد وتنسيق الأستاذ

محمد بن عبد الله

Math and Science Teacher

0 7 9 5 3 6 0 0 0 3

الوحدة الرابعة : الكهرباء والمغناطيسية

الفصل الخامس : الكهرباء السكونية

(١-٥) الشحنة الكهربائية والتكهرب

مقدمة في بداية الفصل

الكهرباء السكونية:

هي فرع من فروع الكهرباء تهتم بدراسة العلاقات والتفاعلات بين الشحنات الكهربائية وهي في حالة السكون، ومنذ القدم لاحظ العلماء الكثير من الظواهر المتعلقة بالكهرباء السكونية مثل تجاذب وتنافر بعض المواد بعد دلكها مع مادة أخرى .

الشحنة الكهربائية:

هي خاصية فيزيائية للجسم مثل خاصية الحجم والكتلة تظهر وتبين هذه الخاصية مجموع الشحنات الموجبة والسالبة التي يحتويها الجسم، فكل الاجسام في الطبيعة هي اجسام مشحونة ولكن الأثر الكهربائي لهذه الشحنات لا يظهر إلا إذا كان عدد الشحنات الموجبة أكبر من الشحنات السالبة أو العكس , وعندها نقول ان الجسم مشحون .

• الشحن الكهربائي (التكهرب) :

إكساب الأجسام شحنة كهربائية موجبة أو سالبة.

• المادة في وضعها الطبيعي متعادلة كهربائياً أي ان عدد ما تحمله من شحنات موجبة (بروتونات) يكون مساوياً لعدد ما تحمله من شحنات سالبة (الكترونات) وهذا لا يعني ان الجسم لا يحتوي على شحنة .

• لاحظ العلماء من التجارب على الكهرباء السكونية ان بعض المواد تتجاذب وبعضها الآخر يتنافر فاستنتجوا أن الشحنات الكهربائية نوعان وللتمييز بينهما اطلق عليهما (العالم بنجامين فرانكلين) **الشحنات الموجبة والشحنات السالبة** ولا علاقة لهذا المفهوم بقيمة الشحنة فمثلاً شحنة الالكترون داخل النواة مساوية لشحنة البروتون مقداراً " ومخالفة لها نوعاً" .

• أثبتت التجارب والمشاهدات أن الشحنات الكهربائية **المتشابهة تتجاذب** والشحنات الكهربائية **المختلفة تتنافر**.

• الشحنة الكهربائية محفوظة وعملية الشحن الكهربائية لا تولد شحنات كهربائية جديدة وإنما هي فقط وسيلة لانتقال الشحنات الكهربائية السالبة من جسم إلى آخر .

• فلسفة توضيحية :

يفترض بشكل منطقي يخطر ببالكم سؤال ليش بس الشحنات الكهربائية السالبة إلي تنتقل ؟ احنا حكيما فوق أنو الشحنات السالبة يتمثل الإلكترونات والموجبة يتمثل البروتونات يعني هون المسئول عن نقل الشحنات الكهربائية والمسبب الرئيسي لعلمية الشحن الكهربائية هو الإلكترون إلي شحنته سالبة ..

الإلكترونات بتكون موجوده دائما في مدارات خارج النواة لهيك فيه سهوله في عملية انتقالها بين المواد بالمقارنة مع البروتونات المقيدة داخل النواة. يعني باختصار بسيط فقدان او اكتساب الإلكترونات يعتمد على طبيعة المادة وعلى قوى الترابط بين النواة و الإلكترونات الموجودة في المدارات البعيدة عن النواة.

- لأيمكن لجسم ان ينشحن او يظهر خواصاً كهربائية إلا إذا فقد او اكتسب عدد صحيح من الإلكترونات لأن الإلكترونات لا تتجزأ وبالتالي لا يمكن لجسم ان يفقد او يكتسب نصف الكترون او ربع الكترون , ويعرف هذا المبدأ بمبدأ كمية الشحنة .
- أصغر جسيم مشحون في الطبيعة هو الإلكترون وهو الشحنة الأساسية في الطبيعة ، ولهذا تعتبر شحنة الإلكترون هي اصغر شحنة حرة في الطبيعة وتساوي -1.6×10^{-19} كولوم .
- شحنة البروتون $= +1.6 \times 10^{-19}$ كولوم .

■ تُصنف المواد من حيث سماحياتها لانتقال الشحنات الكهربائية فيها إلى نوعين هما :

١- مواد موصلة ٢- مواد عازلة

• **المواد الموصلة :** هي مواد تنتقل فيها الشحنات الكهربائية بكل سهولة ومن الأمثلة عليها الفلزات والمحاليل الكهرلية.

- ◀ الفلزات مثل ← المنيوم ، حديد ، نحاس ، ذهب ، فضة
- ◀ المحاليل الكهرلية مثل ← محلول ملح الطعام بالماء
- ◀ من أجود وأفضل الموصلات الفلزية الكهربائية النحاس

• **المواد العازلة :** هي مواد لا يمكن أن تنتقل (تتحرك) فيها الشحنات الكهربائية بسهولة ومن الأمثلة عليها الزجاج والبلاستيك والمطاط والمحاليل الجزيئية .

- ◀ المحاليل الجزيئية مثل ← محلول السكر بالماء
- ◀ للمواد العازلة أهمية كبيرة في السلامة الكهربائية حيث تستخدم في تغطية الأسلاك الكهربائية ومقابض الأدوات الكهربائية .

? سؤال: علل العوازل مهمة في السلامة الكهربائية ؟

لأنها تستخدم في تغطية الأسلاك الكهربائية ومقابض الأدوات الكهربائية فعندما يلامس جسم مطاطي جسم مشحون فأن الشحنة الكهربائية لا تنتقل إلى المطاط.

سؤال: ما هي طرق الشحن الكهربائي (التكهرب) ؟

١- الشحن بالدلك ٢- الشحن بالتوصيل ٣- الشحن بالحث (التأثير)

الشحن بالدلك:

الشحن الذي يتم عند ذلك جسمين متعادلين (غير مشحونين) من مادتين مختلفتين حيث تظهر على الجسمين شحنتان متساويتان في المقدار ومختلفتان في النوع (موجبة وسالبة). أي أن أحدهما يفقد إلكترونات وتصبح شحنته موجبة والآخر يكسب إلكترونات وتصبح شحنته سالبة.

لكن كيف يمكننا تحديد أي المواد التي تفقد وأيها تكسب؟

سلسلة الدلك الكهربائي: سلسلة يتم ترتيب المواد فيها من حيث ميلها لإظهار شحنة كهربائية موجبة أو سالبة عند دلكها معاً.



سلسلة الدلك الكهربائي

◀ لاحظ في الشكل كلما اتجهنا نحو الأعلى زاد ميل المادة لإظهار شحنة موجبة (فقد إلكترونات)

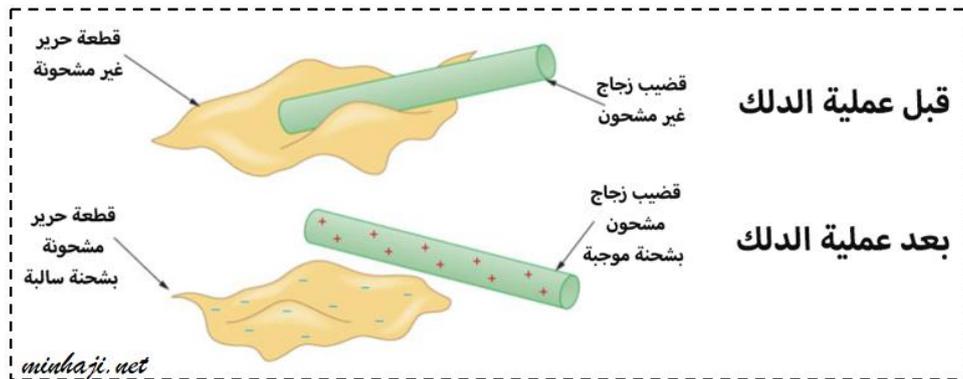
◀ لاحظ في الشكل كلما اتجهنا نحو الأسفل زاد ميل المادة لإظهار شحنة سالبة (كسب إلكترونات)

◀ كلما زاد البعد بين المادتين في سلسلة الدلك الكهربائي تكون الشحنة المتولدة أكبر عند دلكهما ببعض والعكس صحيح.

سؤال: وضح ماذا يحدث إذا قمنا بدلك مادتين من سلسلة الدلك ببعضهما البعض ؟

عند ذلك مادتين معاً مثلاً قضيب زجاج وقطعة حرير تصبح ذرات المادتين قريبة من بعضها فتنتهي الفرصة لانتقال الإلكترونات من مادة تميل لأن تفقد بشكل كبير إلى مادة تميل لأن تفقد بشكل أقل وحسب سلسلة الدلك الكهربائي فأن قطعة الزجاج تميل لأن تفقد الإلكترونات أي تميل لإظهار شحنة موجبة وبالتالي تصبح شحنتها موجبة وتصبح شحنة قطعة الحرير سالبة لأنها اكتسب الإلكترونات كونها تميل لإظهار شحنة سالبة ...

• لاحظ أن الزجاج أعلى من الحرير في سلسلة الدلك الكهربائي ...



سؤال: ما الشحنة التي تظهر على قضيب من الالمنيوم عند دلكه بكل من الصوف والقطن ؟

حسب سلسلة الدلك الكهربائي فأن الالمنيوم يميل لاكتساب الإلكترونات أي لإظهار شحنة سالبة لذلك عند دلك الالمنيوم بالصوف يكتسب الالمنيوم الكثرونات وتصبح شحنته سالبة على عكس الصوف الذي يفقد إلكترونات وتصبح شحنته موجبة. وعند دلك الالمنيوم بالقطن يفقد الالمنيوم الإلكترونات وتصبح شحنته موجبة على عكس الصوف الذي يكتسب إلكترونات وتصبح شحنته سالبة لأن القطن يميل إلى اكتساب الإلكترونات أي يميل إلى الشحنة السالبة أكثر من الالمنيوم حسب سلسلة الدلك الكهربائي.

سؤال: عدد ثلاثة أمثلة على الشحن بطريقة الدلك ؟

- ١- يتم شحن قضيب البلاستيك بدلكه بالصوف
- ١- يتم شحن قضيب الزجاج بدلكه بالحريير
- ١- يتم شحن مشط الشعر عند دلكه بالشعر

سؤال: دُلكت قطعة من المطاط بالحريير ثم في تجربة أخرى دُلكت بالصف في أي الحالتين تكون الشحنة المتولدة على المطاط أكبر ؟ فسر إجابتك؟

عند دلكه بالصوف ويظهر ذلك في سلسلة الدلك الكهربائي لأنه كلما زاد البعد بين الدالك والمدلوك زادت الشحنة الكهربائية.

سؤال: وضح ما هو المقصود بمبدأ حفظ الشحنة ؟

هو مبدأ ينص على "أن الشحنة الكهربائية محفوظة لا تفنى ولا تستحدث ولكن تنتقل من جسم إلى آخر".

سؤال: جسمان غير مشحونان (متعادلان) تم دلكهما ببعض ، إذا علمت أن الجسم الأول أصبحت شحنته تساوي +٤ كولوم ما هو مقدار شحنة الجسم الثاني مفسراً إجابتك ؟

شحنة الجسم الثاني هي (-٤ كولوم) لأن عدد الإلكترونات المفقودة تساوي عدد الإلكترونات المكتسبة وذلك لأن الشحنة الكهربائية محفوظة

• تظهر الشحنات على الجزء المدلوك من جسم المادة العازلة فقط ولا تتوزع على باقي أجزاء الجسم لأنه عازل غير موصل للإلكترونات.

■ الشحن بالتوصيل :

عملية شحن جسم متعادل (غير مشحون) من خلال توصيله مع جسم آخر مشحون حيث تنتقل الإلكترونات من جسم لآخر.

** نستخدم هذه الطريقة فقط لشحن الأجسام الموصلة.

سؤال: أعطي مثلاً على عملية الشحن باللمس ؟

الرعشة التي تشعر بها في يدك عند لمسك لمقبض باب غرفتك بعد سيرك على سجادة

سؤال: وضح ماذا يحدث إذا تلامس جسمان موصلان أحدهما مشحون بشحنة موجبة والآخر متعادل (غير مشحون)؟ وما الشحنة التي ستظهر على كل منهما بعد فصلهما؟

يُعاد توزيع الشحنة الكلية عليهما بالتساوي بحيث تنقل الإلكترونات من الجسم المتعادل إلى الجسم المشحون بشحنة موجبة حتى تصبح شحنة الجسمين موجبة

ملاحظة مهمة: مجموع الشحنات قبل التلامس = مجموع الشحنات بعد التواصل

$$\text{شحنة كل موصل بعد التلامس} = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

سؤال: تلامس موصلان متماثلان أحدهما مشحون بشحنة موجبة مقدارها (+6 كولوم) والآخر غير مشحون ما مقدار الشحنة على كل منهما بعد التلامس؟

بما أن الموصلان متماثلان ستتوزع الشحنات الكهربائية بالتساوي عليهما بعد التلامس

$$\text{وحسب القانون الآتي: شحنة كل موصل بعد التلامس} = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

$$\text{شحنة كل موصل بعد التلامس} = (6 + 0) / 2 = 3 \text{ كولوم}$$

سؤال: عند ملامسة موصلان متماثلان الأول شحنته مقدارها (+8 كولوم) والثاني شحنته (-2 كولوم) إلى بعضهما ثم فصلهما كم يصبح مقدار الشحنة على كل منهما؟

$$\text{شحنة كل موصل بعد التلامس} = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

$$\text{شحنة كل موصل بعد التلامس} = (8 - 2) / 2 = 3 \text{ كولوم}$$

سؤال: وضح ما هو المقصود بالتفريغ الكهربائي؟

هي العملية التي يفقد فيها الجسم المشحون شحنته بسبب اتصاله مع الأرض.

← يعني باختصار بسيط يتصل الجسم المشحون مع الأرض فتنتقل إلكتروناته إلى الأرض.

تُعد الأرض مستودعا للشحنات الكهربائية السالبة.

يمكن شحن الأجسام الموصلة بذلك كما هو الحال بالنسبة للمواد العازلة.

هل يمكن شحن جسم متعادل من ذلك بجسم آخر أو ملامسته لجسم مشحون؟
نعم يمكن من خلال طريقة الشحن بالحث (بالتأثير).

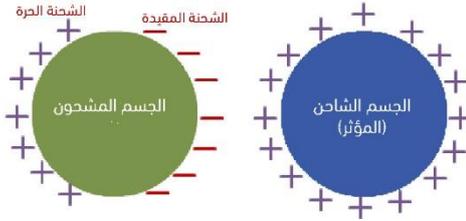
■ الشحن بالحث (التأثير):

عملية الشحن التي تتم عن طريق إعادة توزيع الشحنة الكهربائية في جسم ما بتأثير شحنات متجاورة أو يمكن تعريفها بشكل آخر بأن الشحن بالحث (التأثير) هي عملية شحن جسم من خلال تقريبه من جسم آخر مشحون.

؟ سؤال: وضح ما هي آلية شحن جسم بالحث (بالتأثير) ؟

عند تقريب جسم مشحون (الجسم المؤثر) من جسم موصل معزول (متعادل كهربائياً) تظهر على الجسم المتعادل شحنتان: الشحنة القريبة من الجسم المؤثر وتكون مخالفة لشحنته وتسمى بالشحنة المقيدة و الشحنة البعيدة عن الجسم المؤثر وتكون مشابهة لشحنته وتسمى بالشحنة الحرة.

فمثلاً: عند تقريب جسم مشحون شحنة موجبة من جسم موصل معزول (متعادل كهربائياً) فإن الشحنة الموجبة للجسم الأول (الشحنة المؤثرة) تؤثر على الموصل الثاني حيث تتجاذب الشحنة الموجبة للجسم الأول مع بعض الإلكترونات الحرة في الموصل الثاني فتتجمع هذه الإلكترونات عند طرفها القريب من الجسم المشحون وتتكون هناك شحنة سالبة. وبالعكس الوقت تتكون شحنة موجبة على الطرف البعيد للجسم المشحون.



الجسم المشحون: هو الجسم الذي يتأثر بالجسم الشاحن ويتكون عليه شحنة مقيدة وشحنة حرة بسبب تأثيره بالجسم الشاحن.

الجسم الشاحن (المؤثر): هو الجسم الذي يؤثر على الجسم المشحون ويكون على الجسم المشحون شحنة حرة وأخرى مقيدة بسبب تأثيره عليه.

الشحنة المقيدة: هي الشحنة الموجودة على الجسم المشحون وتخالف شحنة الجسم الشاحن وتنتج بفعل جذب الجسم الشاحن لها، وتتمركز على الجانب القريب من الجسم الشاحن.

الشحنة الحرة: هي الشحنة الموجودة على الجسم المشحون وتشابه شحنة الجسم الشاحن وتنتج بفعل التنافر مع شحنة الجسم الشاحن، وتتمركز على الجانب البعيد من الجسم الشاحن، وهي التي يتم تفريغها.

؟ سؤال: هل يبقى الجسم المشحون بالحث مشحوناً بعد زوال المؤثر ؟

تزول الشحنة المتولدة بالتأثير بعد زوال المؤثر

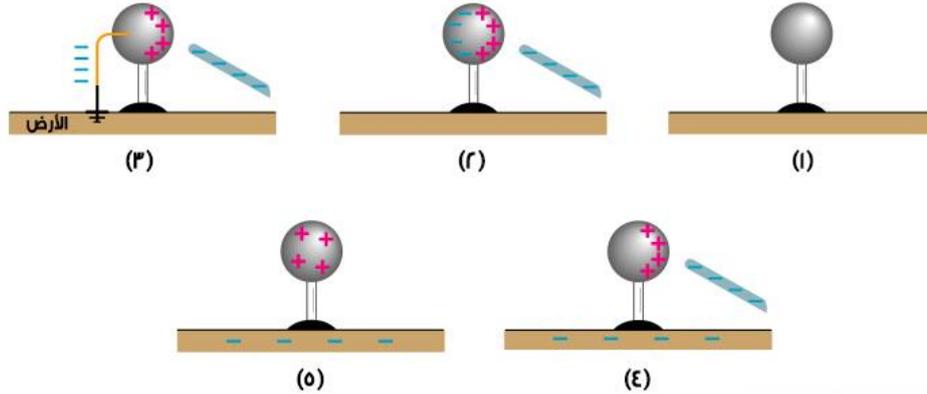
؟ سؤال: هل يمكن شحن جسم من مادة عازلة بالحث ؟ فسر إجابتك..

لا يمكن لأن المادة العازلة لا تسمح للإلكترونات بالانتقال من خلالها ولذلك عندما يقرب منها جسم مشحون فلن يحدث انتقال للإلكترونات داخلها وبالتالي لن تُشحن بالحث.

تكون الشحنة الناتجة عن عملية الشحن بالحث مؤقتة لأنه عند إبعاد المؤثر عن الجسم تستعيد الشحنتات توزيعها الكهربائي مرة أخرى وتختفي الشحنة عن الجسم.

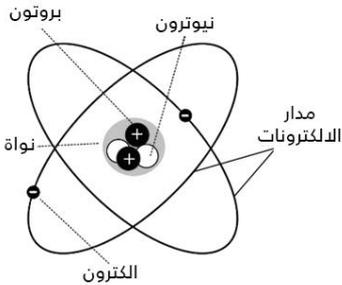
سؤال: هل يمكن شحن جسم بشحنة كهربائية دائمة بطريقة الحث؟ فسر إجابتك..

نعم يمكن وذلك من خلال وصل الطرف البعيد للكورة مع الأرض أو لمسه باليد في أثناء وجود المؤثر المشحون بالقرب منها



وفقا للنظرية الذرية:

فان المادة بشكل عام تتكون من ذرات وهذه الذرات تتكون من نواة تحتوي على بروتونات موجبة ونيوترونات متعادلة بينما يكون حول النواة الكتلونات سالبة وهذا يعني ان كل المواد في الطبيعة تحتوي على شحنتات كهربائية او تمتلك خصائص كهربائية



• تفسير التكهرب بطريقة الدك

- عند دك جسمين متعادلين من مادتين مختلفتين بعضهما ببعض فأن عدداً من الإلكترونات ينتقل من أحد الجسمين إلى الآخر.
- يكون مقدار ما يفقده الجسم الأول من إلكترونات مساوياً لما يكسبه الجسم الثاني.

سؤال: علل الشحنتات التي تنتقل عند عملية الشحن هي الإلكترونات فقط؟

ذلك سبب سهولة فقط أو اكتساب الإلكترونات على عكس الشحنتات الموجبة (البروتونات) لأنها مرتبطة داخل النواة.

سؤال: ما هو سبب اختلاف بعض المواد عن بعضها الآخر في ميلها للتكهرب؟

ميل المادة للتكهرب يعتمد على قدرة المادة على فقد أو اكتساب الإلكترونات وتعتمد عملية فقد الإلكترونات أو اكتسابها عند ذلك الأجسام على قوة ارتباط الإلكترونات بنواة الذرة في تلك الأجسام والمواد

سؤال: فسر ظهور شحنتات موجبة على الزجاج عند دلكه بالحريز، بالرغم من أن

الشحنتات الموجبة لم تنتقل؟

ذلك سبب انتقال الشحنتات السالبة من الزجاج إلى الحريز مما سبب ظهور شحنة موجبة على الزجاج.

سؤال: فسر لماذا يلتصق البلاستيك جيداً بأواني الخزف والزجاج بينما لا يحدث ذلك مع أواني الألمنيوم ؟

عند تغليف الطعام بغشاء بلاستيكي رقيق فإنه يلتصق بالإناء الخزفي ولا يلتصق بإناء الألمنيوم، لأن البلاستيك يحمل شحنة كهربائية فينجذب نحو الخزف العازل بينما في حالة تغليف الألمنيوم تتفرغ شحنة البلاستيك في الألمنيوم الموصل، ولا يبقى منجذباً.

سؤال: فسر ماذا يحدث عند تلامس جسمان موصلان أحدهما مشحون بشحنة موجبة والآخر غير مشحون ؟

عند تلامس جسمين الاول موجب الشحنة والثاني متعادل، فإن الشحنات السالبة (الإلكترونات) تنتقل من الجسم المتعادل إلى الجسم المشحون بشحنة موجبة، حتى تصبح شحنة الجسمين موجبة.

تمكن العالم ميليكان من قياس شحنة الإلكترون من خلال تجربة استخدم فيها رذاذ الزيت بعد أن شحنته بشحنات كهربائية سالبة.

سؤال: أكتب نص مبدأ تكمية (تكميم) الشحنة بالكلمات وعبر عنه بالرموز .

بالكلمات: شحنة أي جسم مشحون يجب أن تكون من مضاعفات شحنة الإلكترون

بالرموز ← $q_{\text{الجسم}} = n \times e$

$q_{\text{الجسم}}$: شحنة الجسم وتقاس بوحدة (كولوم)

n : عدد صحيح موجب يمثل عدد الالكترونات المفقودة او المكتسبة

e : شحنة الالكترون = 1.6×10^{-19} كولوم.

سؤال: أكتب نص مبدأ حفظ الشحنة بالكلمات وعبر عنه بالرموز .

بالكلمات: أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكنها تتحول من صورة إلى أخرى. وينص على أن: " يكون المجموع الكلي للشحنة ثابتاً خلال عملية الشحن

بالرموز ← $q_{\text{الجسم}} (\text{قبل الشحن}) = q_{\text{الجسم}} (\text{بعد الشحن})$

ملاحظات مهمة:

- الموجب والسالب يستخدمان لتحديد نوع الشحنة فقط وليس لتحديد قيمتها .
- الجسم الذي يفقد الكترونات تصبح شحنته موجبة والذي يكتسب الكترونات تصبح شحنته سالبة .
- لا داعي لتعويض شحنة الالكترون بالسالب في القانون كما ذكرنا سابقاً فهي لتحديد النوع .

سؤال: احسب عدد الالكترونات التي يجب ان يفقدها جسم لتصبح شحنته ٣,٢ ميكرو كولوم؟

لشدة الجسم = $n \times e$ ← $n = \frac{q_{\text{الجسم}}}{e} = \frac{3.2 \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2 \times 10^{13}$ الكترون

(وضعنا إشارة موجبة لأنه فقد)

سؤال ؟ : علل ما هو الفرق بين البرق والصاعقة ؟

إذا حدث تفريغ كهربائي بين غيمتين يسمى برقًا وإذا حدث تفريغ كهربائي على ارتفاعات منخفضة وسطح الأرض يسمى صاعقة.

سؤال ؟ : علل سبب شعورا بلسعة خفيفة عند لمس مقبض موصل لباب خشبي ؟

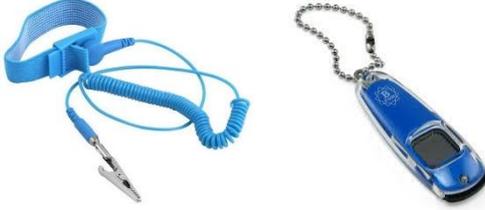
تنتج هذه اللسعة عند تفريغ الشحنات الكهربائية المتجمعة على أجسامنا في المقبض.

سؤال ؟ : علل يُنصح بتفريغ أجسامنا قبل التعامل مع الدارات الالكترونية الحساسة؟

لأن شحنة أجسامنا قد تتسبب في الضرر للدارات الالكترونية الحساسة مثل اللوحة الأم لجهاز الحاسوب أو الهاتف الذكي.

سؤال ؟ : عدد بعض أدوات تفريغ شحنة أجسامنا ذكراً استخداماتها وطريقة عملها ؟

(١) ميدالية مفاتيح



مكوناتها: مزودة بشاشة صغيرة لها طرف مطاطي

الاستخدام: تستخدم لتفريغ شحنة أجسامنا

آلية العمل: تبدأ العملية بتفريغ الشحنة بمجرد حك الجزء المطاطي من الميدالية في جسم موصل متصل بالأرض كالسيارة مثلاً وبعد عملية التفريغ تظهر على الشاشة على صورة ابتسامة.

(٢) الحزام المطاطي :

الاستخدام: نستخدمه في صيانة الإلكترونيات حول معصمه ويوصل طرفه الآخر مع الجهاز الإلكتروني المراد صيانته لمعادلة شحنة جسم الشخص مع شحنة الجهاز

سؤال ؟ : وضح كيفية الطلاء الكهرو سكوني (الطلاء بمساعدة الكهرباء السكونية)؟

يستخدم مرذاذ خاص يزود قطرات الطلاء بشحنات كهربائية سالبة عند خروجها منه فتتنافر متباعدة عن بعضها ويشحن الجسم بشحنة موجبة فتتجه قطرات الطلاء جميعها نحوه بسبب التجاذب الكهربائي ومن ميزات هذا الطلاء التجانس والوصول إلى الأجزاء وترشيد استخدام الطلاء .

مراجعة الأسس قبل بداية الدرس

صيغة تساعد في إجراء العمليات الحسابية على الأعداد الكبيرة والأعداد العشرية الصغيرة بشكل اسهل

الشكل العام للأسس ◀ المعامل \times الأساس الأسس (القوة)

■ قواعد هامة في الأسس:

١] الأسس في حالة الضرب تجمع

$$\begin{aligned} (٢) \quad ١٠^٥ &= ١٠^١ \times ١٠^٤ \\ (٤) \quad ١٠^{-٤} &= ١٠^{-١} \times ١٠^{-٣} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (١) \quad ١٠^٦ &= ١٠^٣ \times ١٠^٣ \\ (٣) \quad ١٠^٦ &= ١٠^{-٣} \times ١٠^٩ \end{aligned}$$

٢] الأسس في حالة القسمة تطرح

$$١٠^٣ = ١٠^{٣-٦} = \frac{١٠^٩}{١٠^٦}$$

٣] الأسس يوزع على ما داخل القوس بشرط أن يكون ما داخل القوس ضرب أو قسمة

$$\bullet (س \times ص)^ن = س^ن \times ص^ن \quad \bullet (س \pm ص)^ن \neq س^ن \pm ص^ن$$

٤] حالات أخرى

$$\bullet (س^ن)^ص = س^{ن \times ص}$$

$$\bullet س^{-ن} = \frac{١}{س^ن}$$

تذكر أن : $س^ن = س \times س \times س \times س \times س$ (ن من المرات)

القوانين

$$(١) \quad س^ن \times س^م = س^{ن+م} \quad \text{مثال: } ٣^٥ \times ٣^٢ = ٣^{٥+٢} = ٣^٧$$

$$(٢) \quad س^ن \div س^م = س^{ن-م} \quad \text{مثال: } ٣^٥ \div ٣^٢ = ٣^{٥-٢} = ٣^٣$$

$$(٣) \quad س^ن \times ص^ن = (س \times ص)^ن \quad \text{مثال: } ٤^٧ \times ٤^٧ = ٤^{٧ \times ٤}$$

$$(٤) \quad س^ن \div ص^ن = (س \div ص)^ن \quad \text{مثال: } ٤^٧ \div ٤^٧ = ٤^{٧ \div ٤}$$

$$(٥) \quad (س^ن)^م = س^{ن \times م} \quad \text{مثال: } ٤^٢ = ٤^{٢ \times ٢} = ٤^٤$$

$$(٦) \quad س^{-ن} = \frac{١}{س^ن} \quad \text{مثال: } ٣^{-٣} = \frac{١}{٣^٣} = ١$$

$$(٧) \quad س^{-ن} = \frac{١}{س^ن} \quad \text{مثال: } ٥^{-٣} = \frac{١}{٥^٣}$$

■ العمليات الجبرية على الأسس:

١ ضرب والقسمة

• الضرب: يمكن ضرب الأسس بشرط أن يكون الأساس لهم متساوي وهنا نجمع الأسس ونضرب المعاملات .

$$\text{مثال: } (٤ \times ١٠)^٢ \times (٥ \times ١٠)^٦ = ٢٠ \times ١٠^{١٢}$$

• القسمة: يمكن قسمة الأسس بشرط أن يكون الأساس لهم متساوي وهنا نطرح الأسس ونقسم المعاملات .

$$\text{مثال: } \frac{٤ \times ١٠^٩}{٥ \times ١٠^٥} = ٢ \times ١٠^٤$$

٢ الجمع والطرح

يشترط أن يكون الأساس لهما متساوي وأيضاً الأس لهما متساوي وتُجرى عملية الجمع والطرح على المعاملات فقط

$$\text{مثال: } ٤ \times ١٠^٢ + ٥ \times ١٠^٢ = (٤+٥) \times ١٠^٢ = ٩ \times ١٠^٢$$

نواجه مشكلة اختلاف الأسس في بعض المسائل المتعلقة بالجمع والطرح لذلك نلجأ إلى التلاعب في شكل الأسس " قيمها " لجعلها متساوية :

■ تحويل الأرقام إلى صيغة الأس:

◀ إذا حركنا الفاصلة إلى اليسار فان الرقم سوف (يقبل) ونتيجة لذلك فان الأس يزداد (س + الاس)

$$\text{مثال: } ٤٠٠٠ = ٤ \times ١٠^٣ \leftarrow \text{هون صغرنا الرقم ٣ اصفار إذن راح نزيد الأسس ٣.}$$

◀ إذا حركنا الفاصلة إلى اليمين فان الرقم سوف (يزداد) ونتيجة لذلك فان الأس يقل (س - الاس)

$$\text{مثال: } ٠,٠٠٠٨ = ٨ \times ١٠^{-٤} \leftarrow \text{هون كبرنا الرقم لما حركنا الفاصلة ٤ مرات إذن راح نطرح من الاس ٤.}$$

ملاحظة: تزداد وتقل قيمة الأس بعدد الخانات التي قمنا بتحريكها

■ ملاحظات مهمة:

◀ الأسس الفردية تحافظ على إشارة السالب للأساس , والأسس الزوجية تحول إشارة الأساس السالبة إلى موجبة .

◀ اسئلة الأسس في منهاج الفيزياء التوجيهي – غالباً – تكون متساوية الاساس وتاخذ انت العامل المشترك .

◀ أي عدد مرفوع لاس صفر = ١

◀ القوة السالبة تحول الرقم إلى بسط ومقام مرفوع لنفس العدد لكن يصبح موجب .

◀ الاس الكسري يتحول إلى جذر .

(٢-٥) قانون كولوم

سؤال ؟ ما هو المقصود بالشحنة النقطية ؟

هي شحنة صغيرة جداً لا أبعاد لها (مهملة الأبعاد) .
"يُفهم حجم الجسم الذي يحمل الشحنة لأنه يكون صغير جداً بالمقارنة مع البعد بينها وبين أي شحنة أخرى".

سؤال ؟ ما هو المقصود بكل من القوى الكهربائية وقوى المجال ؟

القوى الكهربائية : قوى تنشأ بسبب التجاذب والتنافر بين الشحنات الكهربائية التي تحملها الأجسام المشحونة.

قوى المجال : هي القوى التي تؤثر عن بعد

ملاحظة مهمة : تُصنف القوى الكهربائية من قوى المجال

سؤال ؟ كيف نستدل على وجود القوى الكهربائية بين الشحنات الكهربائية ؟

حركة الشحنات الكهربائية اقتراباً وابتعاداً عن بعضها يعد دليلاً على وجود القوى بينها.

قانون كولوم :

قانون كولوم يختص بحساب القوة الكهربائية المتبادلة بين الأجسام المشحونة، وتقسم هذه القوى إلى نوعين :



- قوى تجاذب : تنشأ بين الشحنات المختلفة في النوع .
- قوى تنافر : تنشأ بين الشحنات المتشابهة في النوع .

سؤال ؟ أكتب نص قانون كولوم وعبر عنه بالرموز ؟

بالكلمات : القوة المتبادلة بين شحنتين نقطيتين (q_1 و q_2) تفصل بينهما مسافة (ف) تتناسب طردياً مع مقدار كل من الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما (ف^٢)

■ قانون كولوم رياضياً (بالرموز) ← $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ وتقاس القوة الكهربائية بوحدة نيوتن

حيث :

q_1, q_2 : الشحنة النقطية الأولى والثانية

أ : ثابت كولوم التجريبي وهو يساوي في الفراغ $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9$

ف : المسافة بين الشحنتين

ε : السماحية الكهربائية للوسط وسنقتصر في دراستنا في التوجيهي على وسط الفراغ (الهواء)

حيث $\epsilon_0 \leftarrow$ سماحية وسط الهواء الكهربائية وتساوي $8,85 \times 10^{-12}$

سؤال ؟ ما هي العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية المتبادلة بين الأجسام المشحونة ؟

١- مقدار كل من الشحنتين . ٢- مربع المسافة بين الشحنتين . ٣- الوسط الفاصل بين الشحنتين .

سؤال ؟ كيف وصف كولوم القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين ؟ أو ما هي صفات القوة الكهربائية التي توصل إليها العالم كولوم ؟

- ١- يتناسب مقدارها طردياً مع حاصل ضرب مقداري الشحنتين.
- ٢- يتناسب مقدارها عكسياً مع مربع البعد بين الشحنتين.
- ٣- ينطبق خط عملها على الخط الواصل بين الشحنتين.
- ٤- يكون نوعها تنافر في حالة الشحنات المتشابهة وتجاذب في حالة الشحنات المتخالفة.

سؤال ؟ وضح ما هو المقصود بالكولوم ؟

مقدار الشحنة الكهربائية التي إذا وضعت على بعد (١ م) من شحنة أخرى مماثلة لها في الفراغ كانت القوة المتبادلة بينهما تساوي (٩ × ١٠^{-٩}) نيوتن.

 عند تطبيق قانون كولوم في حل المسائل الحسابية يجب مراعاة عدة أمور منها :

- ١- نهمل إشارة السالب عند التعويض لأن القوة الكهربائية كمية متجهة وليست قياسية.
- ٢- القوى الكهربائية بين أي شحنتين تكون على صورة زوجين فعل ورد فعل.

سؤال ؟ تكون القوى الكهربائية بين أي شحنتين على صورة زوجين وضح ذلك ؟

صورة زوجين تعنى وجود فعل ورد فعل أي أنه كل شحنة تؤثر في الشحنة الأخرى بقوة وتساوي هاتان القوتان في المقدار وتعاكسان في الاتجاه وينطبق عليهما القانون الثالث لنيوتن في الحركة.

سؤال ؟ شحنتان نقطيتان يفصلهما في الهواء مسافة ٦ سم بالاعتماد على الشكل

جد ما يلي :



١ - القوة التي تؤثر فيها الشحنة الأولى في الثانية .

$$ق_{٢١} = \frac{٩ \times ٤}{٦^2} = \frac{٣٦}{٣٦} = ١ \text{ نيوتن (س+)} \quad ق_{١٢} = \frac{٩ \times ٤}{٦^2} = \frac{٣٦}{٣٦} = ١ \text{ نيوتن (س-)}$$

٢ - القوة التي تؤثر فيها الشحنة الثانية في الأولى .

$$ق_{١٢} = \frac{٩ \times ٤}{٦^2} = \frac{٣٦}{٣٦} = ١ \text{ نيوتن (س-)} \quad ق_{٢١} = \frac{٩ \times ٤}{٦^2} = \frac{٣٦}{٣٦} = ١ \text{ نيوتن (س+)}$$

٣ - القوة الكهربائية المتبادلة بينهما .

$$ق_{١٢} = \frac{٩ \times ٤}{٦^2} = \frac{٣٦}{٣٦} = ١ \text{ نيوتن (قوة تجاذب)}$$

المتجهات

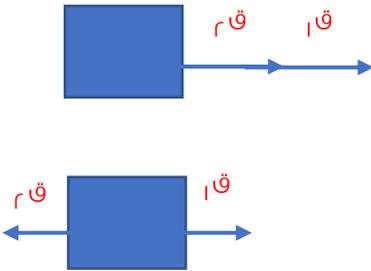
١ محصلة قوتين متلاقيتين على استقامة واحدة

• إذا كانت القوتان في الاتجاه نفسه فان محصلتهما :

مقداراً : [$ق_2 = ق_1 + ق_2$] اتجاهاً : [في نفس اتجاه القوتين]

• إذا كانت القوتان في اتجاهين متعاكسين فان محصلتهما :

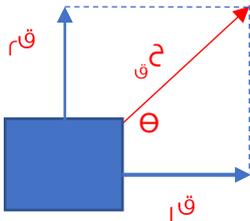
مقداراً : [$ق_2 = ق_1 - ق_2$] اتجاهاً : [في اتجاه الكبرى منهما]



٢ محصلة قوتين متلاقيتين متعامدتين بينهما زاوية ٩٠

• إذا كانت القوتان في الاتجاه نفسه فان محصلتهما :-

مقداراً : [$ق_2 = \sqrt{ق_1^2 + ق_2^2}$] اتجاهاً : [$\theta = \tan^{-1}(\frac{ق_2}{ق_1})$]

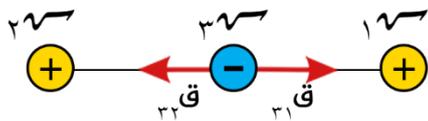


سؤال ؟ شحنتان نقطيتان الأولى (+٢) نانوكولوم ، والثانية (+٤) نانوكولوم ، والمسافة

الفاصلة بينهما (سم) إذا وضعت شحنة ثالثة مقدارها (٩٠) نانوكولوم على الخط الواصل بين الشحنتين بحيث تبعد مسافة

(٢ سم) عن الشحنة الأولى . احسب القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الثالثة ؟

الحل :



$$ق_1 = \frac{A}{F^2} = \frac{9 \times 10^{-9} \times 2 \times 10^{-9}}{(2 \times 10^{-2})^2} = 1.0 \times 10^{-6} \text{ نيوتن (نحو اليمين)}$$

$$ق_2 = \frac{A}{F^2} = \frac{9 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-9}}{(2 \times 10^{-2})^2} = 1.0 \times 10^{-6} \text{ نيوتن (نحو اليسار)}$$

$$القوة المحصلة = ق_2 - ق_1 = 1.0 \times 10^{-6} - 1.0 \times 10^{-6} = 3 \times 10^{-7} \text{ نيوتن (نحو اليمين)}$$

(٣-٥) المجال الكهربائي

طور العالم فارادي مفهوما يُعرف **بالمجال الكهربائي** لتسهيل دراسة القوة الكهربائية بين الشحنات الساكنة بحيث ساعده هذا المفهوم على دراسة القوة بين الشحنات الساكنة والتي تظهر بدون تلامس بين الشحنات.

سؤال : وضح ما هو المقصود بالمجال الكهربائي ؟

حيز إذا وضعت عند أي نقطة فيه شحنة كهربائية تأثرت بقوة كهربائية .

ملاحظة مهمة : المجال الكهربائي خاصية او تأثير في الحيز المحيط بالشحنة النقطية او بالجسم المشحون ولا يظهر إثر هذا المجال الا عند وضع شحنة أخرى في هذا الحيز ويكون هذا التأثير على شكل قوة كهربائية متبادلة.

سؤال : علل تعتبر القوة الكهربائية من قوى المجال ؟

تعتبر القوة الكهربائية من قوى المجال لان اثرها يظهر بدون حدوث تلامس بين الشحنات, بعكس قوة الاحتكاك مثلاً التي لا تظهر الا اذا كان الجسمين متلامسين.

سؤال : كيف يمكننا الكشف عن وجود المجال الكهربائي ؟

• للكشف عن المجال الكهربائي نستخدم **شحنة نقطية موجبة** ذات مقدار صغير جدا وتسمى شحنة الاختبار (q) حيث يتم وضع هذه الشحنة في النقطة التي نريد ان نعرف مقدار واتجاه المجال الكهربائي عندها فاذا تأثرت شحنة الاختبار بقوة (تجاذب او تنافر) فهذا يعني ان هنالك مجال كهربائي في تلك النقطة ومقدار هذا المجال هو حاصل قسمة القوة على مقدار شحنة الاختبار .

ينتج المجال الكهربائي عن الشحنات الكهربائية أو بصيغة ثانية تُعد الشحنات الكهربائية من مصادر المجال الكهربائي .

محور دراستنا في هذا الدرس هو **المجال الكهربائي غير المنتظم** يمكن الحصول عليه في الحيز حول شحنة نقطية موجبة او سالبة او مجموعة شحنات نقطية .

سؤال : وضح ما هو المقصود بالمجال الكهربائي عند نقطة ؟

القوة المؤثرة في وحدة الشحنات الكهربائية الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة.

$$\text{رياضيا : } \vec{E} = \frac{Q}{r^2}$$

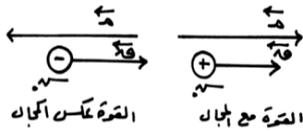
حيث \vec{E} : المجال الكهربائي ، Q : القوة الكهربائية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة

q : شحنة الاختبار (الشحنة الموضوعة)

- نستخدم هذا القانون لاشتقاق وحدة قياس المجال او لحساب مقدار المجال بدون معرفة الشحنات التي كانت سبب وجوده وبدون ذكر اي مسافة في السؤال. (اي بغض النظر عن مصدر المجال).
- نستخدم هذا القانون عند ذكر القوة والمجال في السؤال اي انها تربط بين القوة والمجال الكهربائي.

ملاحظات مهمة عند حل المسائل

- اي شحنة توضع في المجال الكهربائي هي شحنة الاختبار بغض النظر عن قيمتها.
- يقاس المجال بوحدة (نيوتن / كولوم) في النظام العالمي للوحدات وهي وحدة مشتقة.
- المجال كمية متجهة ، ويكون اتجاه المجال الكهربائي عند نقطة هو اتجاه القوة المؤثرة في شحنة الاختبار الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة.



- إذا كانت الشحنة سالبة فان اتجاه المجال يكون بعكس اتجاه القوة الكهربائية
- إذا كانت الشحنة موجبة فان اتجاه المجال يكون مع اتجاه القوة الكهربائية.
- إذا علم مقدار المجال في نقطة فإننا نستطيع معرفة مقدار القوة المؤثرة على اي شحنة توضع في تلك النقطة باعتبارها شحنة اختبار وبمعنى اخر فان مقدار المجال الكهربائي لا يعتمد على مقدار ونوع شحنة الاختبار.

سؤال ؟ ماذا نعني بأن المجال الكهربائي عند النقطة أ = ٢٠٠ نيوتن / كولوم؟

هذا يعني انه عند وضع شحنة مقدارها ١ كولوم عند النقطة أ فان مقدار القوة الكهربائية المؤثرة عليها ٢٠٠ نيوتن.

سؤال ؟ علل لماذا يجب ان تكون شحنة الاختبار (٠٤) ذات مقدار صغير جدا؟!

حتى لا تحدث مجالا كهربائياً يؤثر على المجال الاصلي الذي نريد قياسه او الكشف عنه.

سؤال ؟ وضعت شحنة اختبار موجبة (٠٤) مقدارها (٢ × ١٠^{-٩}) كولوم عند نقطة ما

في مجال كهربائي فتأثرت بقوة (ق) مقدارها (٦ × ١٠^{-٤}) نيوتن ، جد :

أ) مقدار المجال الكهربائي عند النقطة المذكورة

$$م = \frac{ق}{٠٤} = \frac{(٦ \times ١٠^{-٤})}{(٢ \times ١٠^{-٩})} = (٣ \times ١٠^{٥}) \text{ نيوتن / كولوم}$$

ب) إذا وضعت عن النقطة المذكورة شحنة (٠٤) مقدارها (-٤ × ١٠^{-٦}) كولوم احسب القوة المؤثرة فيها :

$$م = \frac{ق}{٠٤} \leftarrow ق = م \times ٠٤ = (٣ \times ١٠^{٥}) \times (-٤ \times ١٠^{-٦}) = (-١٢ \times ١٠^{-١}) = ١,٢ \text{ نيوتن}$$

وتكون القوة والمجال متعاكسان في الاتجاه لأن الشحنة السالبة.

سؤال ؟ ما هي العوامل التي يعتمد عليها المجال الكهربائي غير المنتظم ؟

- مقدار الشحنة الكهربائية المسببة (المولدة) للمجال (مصدر المجال).
- مربع المسافة بين الشحنة المولدة والنقطة المراد حساب المجال عندها.
- الوسط الكهربائي الفاصل بين الشحنتان.

سؤال ؟ اذا علمت ان قيمة المجال الكهربائي عند النقطة أ = ٢٠٠ نيوتن / كولوم باتجاه الشرق, جد :

$$\sqrt{١٩-١٠} \times ١,٦ = \text{بروتون}$$

١ - القوة المؤثرة في بروتون موضوع عند تلك النقطة

$$ق_ك = م \times \sqrt{١٩-١٠} = (٢٠٠) \times (١,٦ \times ١٠^{-١٩}) = (٣,٢ \times ١٠^{-١٧}) \text{ نيوتن نحو الشرق}$$

وتكون القوة والمجال في نفس الاتجاه لأن الشحنة موجبة.

٢ - القوة المؤثرة في شحنة نقطية مقدارها (-٢ نانو كولوم)

$$ق_ك = م \times \sqrt{١٩-١٠} = (٢٠٠) \times (٢ \times ١٠^{-٩}) = (٤ \times ١٠^{-٧}) \text{ نيوتن نحو الغرب}$$

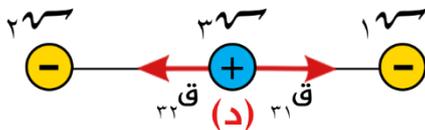
وتكون القوة والمجال متعاكسان في الاتجاه لأن الشحنة السالبة.

سؤال ؟ وضعت شحنة موجبة ($\sqrt{٣}$) = (٢×١٠^{-٦}) كولوم عند النقطة (د) بين شحنتين

سالبتين ($\sqrt{١}$ ، $\sqrt{٢}$) متساويتين مقداراً كما في الشكل فتأثرت بقوة كهربائية من

الشحنة الأولى ($ق_١$) تساوي (١×١٠^{-٣}) نيوتن نحو اليمين ومن الشحنة الثانية بقوة

كهربائية ($ق_٢$) مقدارها (٣×١٠^{-٣}) نيوتن نحو اليسار جد ما يأتي :



١ - القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الثالثة ($\sqrt{٣}$)

الحل :

$$ق_١ = (١ \times ١٠^{-٣}) ، ق_٢ = (٣ \times ١٠^{-٣}) \leftarrow \text{ق المحصلة} = \text{ق الأكبر} - \text{ق الأصغر}$$

$$\text{ق المحصلة} = ق_١ - ق_٢ = (١ \times ١٠^{-٣}) - (٣ \times ١٠^{-٣}) = ٢ \times ١٠^{-٣} \text{ نيوتن (نحو اليسار) (باتجاه القوة الكبرى)}$$

٢ - المجال الكهربائي عند النقطة (د).

الحل :

$$م_د = \frac{ق_ك}{\sqrt{٣}} = (٢ \times ١٠^{-٣}) \div (٢ \times ١٠^{-٦}) = (١ \times ١٠^{-٣}) \text{ نيوتن / كولوم}$$

خطوط المجال الكهربائي

سؤال ؟ : وضح ما هو المقصود بخط المجال الكهربائي ؟

هو المسار الذي تسلكه شحنة الاختبار الموجبة حرة الحركة عند وضعها في المجال الكهربائي.

سؤال ؟ : علل ما يلي :

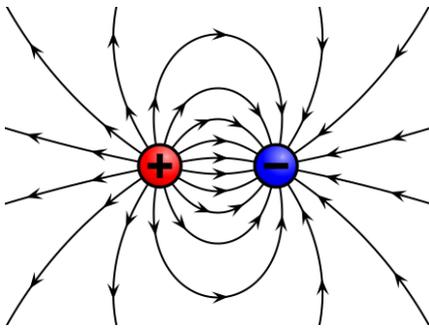
(١) - تبدو خطوط المجال خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة إلى السالبة.

لأن شحنة الاختبار الموجبة تتنافر مع الشحنة الموجبة فتبدو خارجة منها وتتجاذب مع الشحنة السالبة فتبدو داخله إليها.

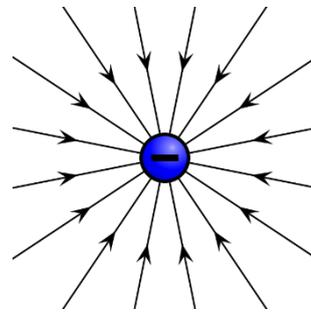
(٢) - خطوط المجال لا تتقاطع.

لأنها لو تقاطعت لأصبح للمجال أكثر من اتجاه (مماس) عند نفس النقطة وهذا خطأ

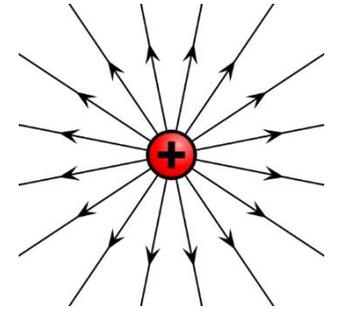
الرسومات الآتية توضح أشكال خطوط المجال الكهربائي لبعض الشحنات الكهربائية :



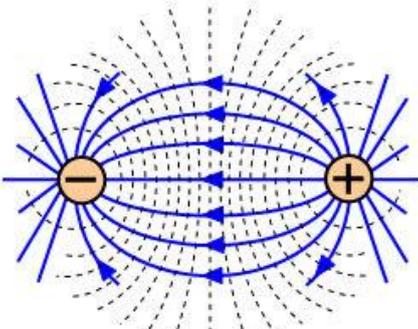
شحنتان نقطيتان متجاورتان ومختلفتان نوعاً ومقداراً



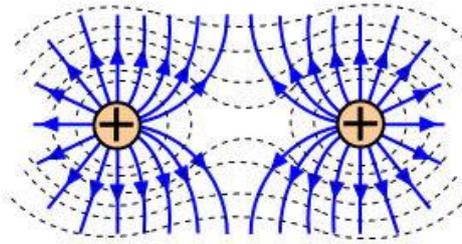
شحنة نقطية سالبة



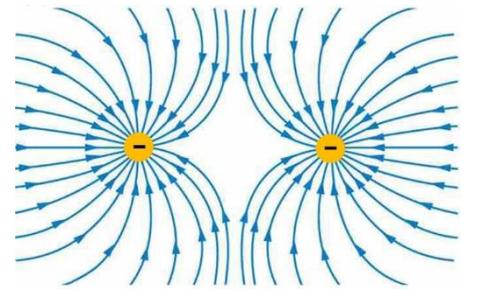
شحنة نقطية موجبة



شحنتان نقطيتان متجاورتان ومختلفتان نوعاً ومتساويتان مقداراً



شحنتان نقطيتان متماثلتان نوعاً ومقداراً



شحنتان مختلفتان متماثلتان نوعاً ومقداراً

سؤال ؟ كيف يمكننا الاستفادة من خطوط المجال في معرفة كل ما يلي ؟

(١) - مقدار المجال الكهربائي في منطقة ما :

تدل كثافة الخطوط (تقاربها او تباعدها) على مقدار المجال الكهربائي حيث يكون مقدار المجال كبيراً في المنطقة التي تتقارب فيها الخطوط ويكون صغيراً في المنطقة التي تتباعد فيها الخطوط.

(٢) - اتجاه المجال الكهربائي عند نقطة ما.:

يدل اتجاه المماس المرسوم عند أي نقطة على اتجاه المجال

سؤال ؟ ما هي خصائص خطوط المجال ؟

- خطوط المجال الكهربائي خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة في الشحنة السالبة.
- خطوط المجال لا تتقاطع.
- ترسم خطوط المجال بحيث يتناسب عددها تناسباً طردياً مع مقدار الشحنة.
- تكون خطوط المجال متراصة قريباً من الشحنة وتتباعدها كلما ابتعدت عن الشحنة.

سؤال ؟ وضعت شحنة اختبار موجبة عند نقطة داخل مجال كهربائي فتأثرت بقوة

باتجاه المحور الصادي السالب, اجب عما يلي:

١ - ما اتجاه المجال عند تلك النقطة ؟

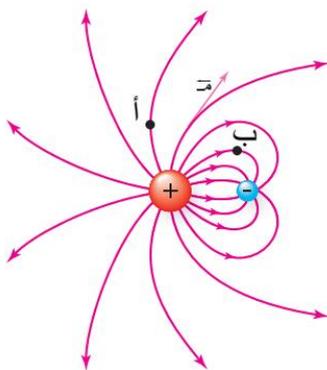
اتجاه المجال بنفس اتجاه القوة (ص+) لان شحنة الاختبار موجبة.

٢ - اذا وضعنا الكترونات بدلاً من شحنة الاختبار فهل يتغير مقدار المجال او اتجاهه عند تلك

النقطة ، فسر اجابتك ؟

لا يتغير مقدار او اتجاه المجال بتغيير شحنة الاختبار لان المجال كما سندرس لاحقاً لا يعتمد على نوع او مقدار شحنة الاختبار وانما يعتمد على الشحنة المسببة للمجال، الذي يتغير هو مقدار واتجاه القوة.

سؤال ؟ اجب عن الأسئلة مستعيناً بالشكل التالي :



(١) - أيهما أكبر مـ أ أم مـ ب ؟

مـ أ < مـ ب

(٢) - ما اتجاه المجال عند مـ أ و مـ ب ؟

مـ أ ← مماس (ص+) ، مـ ب ← مماس (س+)

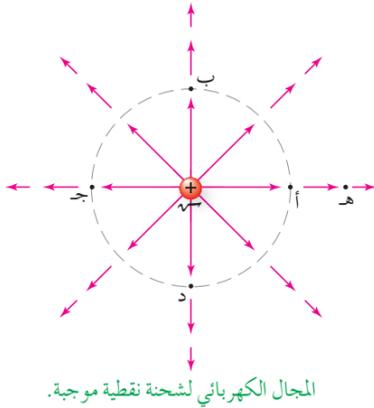
يمكننا وصف مجال الشحنة النقطية بأنه مجال كهربائي غير منتظم بسبب تغير مقداره واتجاهه داخل منطقة المجال.

سؤال ؟ ما هو المقصود بالمجال غير المنتظم ؟

هو المجال المتغير المقدار والاتجاه عند جميع النقاط في منطقة المجال.

سؤال ؟ كيف يمكننا الحصول على مجال غير منتظم ؟

يمكن الحصول عليه في الحيز حول شحنة نقطية موجبة او سالبة او مجموعة شحنات نقطية.



المجال الكهربائي لشحنة نقطية موجبة.

◀ في الشكل نلاحظ أن مقدار المجال الكهربائي عند جميع النقاط (أ، ب، ج، د) متساوياً لأن هذه النقاط تقع على نفس البعد إلا أن اتجاه المجال يختلف من نقطة إلى أخرى لذلك مجال غير منتظم.

◀ كذلك نلاحظ اتجاه المجال عند النقطة (هـ) هو نفسه اتجاه المجال عند النقطة (أ) إلا أنه $h < a$ لذلك يعد مجال غير منتظم.

سؤال ؟ مستعيناً بالشكل التالي , اجب عما يلي:

١ - هل يعد المجال الكهربائي في الشكل مجالاً منتظماً؟! فسر اجابتك
لا يعد مجال كهربائي منتظم وذلك لان مقداره غير ثابت وكذلك اتجاهه غير ثابت من نقطة إلى أخرى.

٢ - ماذا يحدث لإلكترون وضع عند النقطة (ن)؟! فسر اجابتك
يتعرض لقوة كهربائية تحركه عكس اتجاه المجال مبتعداً عن الشحنة السالبة لان الالكترون سالب الشحنة.

٣ - ماذا يحدث لبروتون وضع عند النقطة (م)؟! فسر اجابتك
يتعرض لقوة كهربائية تحركه مع اتجاه المجال مقترباً من الشحنة السالبة لان البروتون موجب الشحنة.

٤ - ماذا يحدث لنيوترون وضع عند النقطة (و)؟! فسر اجابتك
يبقى عن النقطة (و) ولا يتعرض لقوة كهربائية لأنه متعادل كهربائياً (الشحنة = صفر) فاشل كهربائياً.

ملاحظة مهمة عند حل المسائل

- نقتصر في دراستنا على أن يكون الوسط المحيط في الشحنات هو الهواء لذلك نستخدم ثابت كولوم في الهواء ($k = 9 \times 10^9$) .
- لتخطيط المجال الكهربائي عند نقطة نستخدم شحنة اختبار (شـ هـ) دائماً موجبة ويمنع التخطيط بسالبة لكن عند حل المسائل لحساب ق_{هـ} او مـ قد تكون شحنة الاختبار موجبة او سالبة.
- لا تعوض إشارة الشحنة السالبة سواء (شـ) او (شـ هـ) عند حساب ق_{هـ} او مـ لأنها كميات متجهة ويعبر عنها اتجاهها بعد المقدار.

المجال الكهربائي المنتظم (بين صفيحتين)

سؤال ؟ ما هو المقصود بالمجال الكهربائي المنتظم ؟

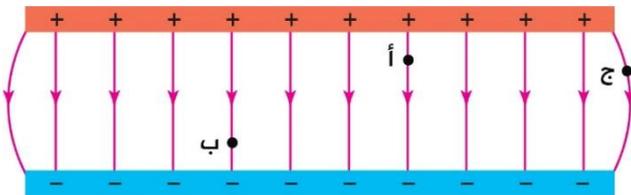
هو المجال الثابت المقدار والاتجاه عند جميع النقاط بين صفيحتين وبعيداً عن الأطراف.

سؤال ؟ كيف يمكن الحصول على المجال الكهربائي المنتظم ؟

يمكن الحصول على المجال المنتظم في الحيز بين صفيحتين مشحونتين موصلتين متوازيتين احدهما مشحونة بشحنة موجبة والاخرى سالبة بعيداً عن الأطراف.

سؤال ؟ يمثل الشكل الآتي ، خطوط المجال الكهربائي للوحين فلزيين مشحونين تمعن

الشكل ثم اجب عن الأسئلة التالية :



١ - على ماذا يدل توازي خطوط المجال الكهربائي

وعن ماذا تعبر كثافة الخطوط ؟

تدل على أن مقدار واتجاه المجال ثابتان وبالتالي مجال منتظم وتدل كثافة الخطوط على مقدار المجال حيث في الداخل يكون المجال أكبر من الأطراف .

٢ - على ماذا يدل انحناء خطوط المجال عند الأطراف ؟

يدل الانحناء على أن اتجاه ومقدار المجال غير ثابت وبالتالي مجال غير منتظم عند الأطراف .

٣ - حدد اتجاه المجال عند النقاط (أ ، ب ، ج) وقارن بين قيم المجال الكهربائي عند هذه النقاط .

اتجاه المجال عند : (أ ← مماس نحو ص -) ، (ب ← مماس نحو ص -) ، (ج ← مماس نحو ص -)

م أ = م ب لأنه في الداخل مجال منتظم .

م أ = م ب < م ج لأن النقطة ج تقع على الأطراف حيث يكون هناك المجال أقل .

عندما نقوم بوضع جسيم مشحون كتلته (ك) في مجال كهربائي منتظم فإنه يتأثر بقوة

كهربائية ثابتة مقداراً واتجاهاً ، فإذا تحرك الجسيم تحت تأثير هذه القوة فإنه سيكتسب تسارعاً (ت) ثابت مقداراً واتجاهاً ، والقوة الكهربائية لشحنة موضوعة في المجال الكهربائي

تساوي $Q \cdot E$

يكون اتجاه تسارع وحركة الجسيم مع اتجاه المجال في حال كانت شحنة الجسيم

موجبة وعكس اتجاه المجال في حال كانت شحنة الجسيم سالبة.

يكون اتجاه تسارع الجسيم المشحون داخل المجال الكهربائي المنتظم دائماً باتجاه

القوة الكهربائية

✍ في حالة التعامل مع الجسيمات الذرية الصغيرة المشحونة مثل (البروتونات والإلكترونات) فإننا نقوم بإهمال تأثير وزنها مقارنة بالقوة الكهربائية المؤثرة فيها لذلك فإن القوة الكهربائية تكون هي فقط القوة المحصلة.

محصلة القوة (ق محصنة) = الكتلة \times التسارع = ك \times ت

القوة الكهربائية (ق ك) = ك \times ت

$$ق ك = م \times \sqrt{ص} = ك ت \quad (\text{قانون تكميش})$$

وبالتالي ← $ت = \frac{م \sqrt{ص}}{ك}$ حيث يعبر هذا القانون عن تسارع جسيم مشحون له كتلة داخل مجال كهربائي منتظم.

◀ لا تعوض إشارة الشحنة السالبة في هذا القانون.

◀ إذا تسارع الجسم (ع أكبر من ع) نعوض التسارع (ت +) وإذا تباطأ الجسم (ع أصغر من ع) نعوض التسارع (ت -).

◀ يكون اتجاه تسارع الجسيم المشحون داخل المجال الكهربائي المنتظم دائما باتجاه القوة الكهربائية.

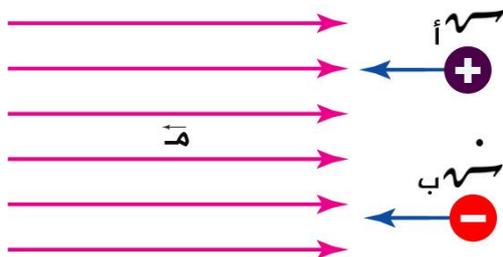
■ يكون تسارع الجسيم داخل المجال الكهربائي المنتظم تسارع ثابت المقدار والاتجاه لذلك يمكن استخدام معادلات الحركة بتسارع ثابت لحساب سرعة هذا الجسيم.

$$\begin{aligned} (ع - ع) &\leftarrow \text{السرعة النهائية للجسيم} \\ (ع - ع) &\leftarrow \text{السرعة الابتدائية للجسيم} \\ (\Delta س) &\leftarrow \text{الإزاحة التي يقطعها الجسم} \\ (ز - ز) &\leftarrow \text{الزمن اللازم للحركة} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ع - ع &= ع_1 + ت ز \\ ع - ع &= ع_1 + ع_2 ت \Delta س \\ \Delta س &= ع_1 ز + \frac{1}{2} ت ز^2 \end{aligned}$$

❓ سؤال : عند دخول الجسيمات المشحونة إلى مجال كهربائي فإنها تتأثر بقوة كهربائية ، يبين الشكل اتجاه الحركة لجسيمين (أ) موجب الشحنة و(ب) سالب الشحنة قبل دخولهما إلى مجال كهربائي منتظم ، وضح لكل جسيم :

١ - اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة فيه في أثناء حركته في المجال الكهربائي.



الجسيم (أ) ← مع اتجاه المجال لأن شحنته موجبة.
الجسيم (ب) ← عكس اتجاه المجال لأن شحنته سالبة.

٢ - أثر القوة الكهربائية في مقدار سرعة الجسيم.

سرعة الجسيم تزداد إذا تحرك الجسيم مع اتجاه القوة الكهربائية وتقل إذا تحرك عكس اتجاه القوة الكهربائية.

سؤال ؟ تحرك بروتون من السكون في مجال كهربائي منتظم مقداره (٥٠١) نيوتن/كولوم من نقطة عند الصفيحة الموجبة إلى نقطة عند الصفيحة السالبة كما في الشكل ، وأصبحت سرعة البروتون (١٠ × ١٠^{٥+} م/ث بعد قطعه إزاحة ، إذا علمت أن كتلة البروتون (١٠ × ١٠^{٢٧-} كغ وشحنته (١٠ × ١٠^{١٩-} كولوم ، فاحسب كل مما يلي :

١ - تسارع البروتون.

$$ت = \frac{\text{م-ش}}{\text{ك}} = (٥٠١) \div (١٠ \times ١٠^{-١٩}) \times (١٠ \times ١٠^{-٢٧}) = ٥٠١ \text{ م/ث}^٢$$

٢ - الزمن الذي يحتاجه البروتون لكي يصل إلى الصفيحة السالبة.

$$٢٤ = ١٤ + ت ز \leftarrow ١٤ = \text{صفر (تحرك من السكون)} \text{ و } ٢٤ = (١٠ \times ١٠^{-٥+}) \text{ م/ث}$$

$$ت = (١٠ \times ٤٥٥,٤٥) \text{ م/ث}^٢$$

$$ز = (١٤ - ٢٤) \div ت = (١٠ \times ١٠^{-٥+}) \div (١٠ \times ٤٥٥,٤٥) = ٣,٠٠٢٦ \text{ ث}$$

$$ز = (١٠ \times ٤٥٥,٤٥) \div (١٠ \times ١٠^{-٥+}) = ٣,٠٠٢٦ \text{ ث}$$

٣ - الإزاحة التي قطعها البروتون.

$$\Delta س = ١٤ ز + (٢/١) ت ز^٢ = ١٤ (٣,٠٠٢٦) + (١/٢) (١٠ \times ٤٥٥,٤٥) (٣,٠٠٢٦)^٢ = ١٥٣,١٥٣ \text{ م}$$

سؤال ؟ مجال كهربائي منتظم مقداره (١٠ × ٣^{٤+}) نيوتن/كولوم نحو الشرق ، أطلق فيه جسيم مشحون بشحنة موجبة مقدارها (١٠ × ٦^{٦-}) كولوم من السكون لمدة خمسة ثواني ، احسب ما يأتي بإهمال وزن الجسيم وعلى اعتبار أن كتلة الجسيم تساوي ٠,٢ كغ :

١ - تسارع الجسيم واتجاه تسارعه.

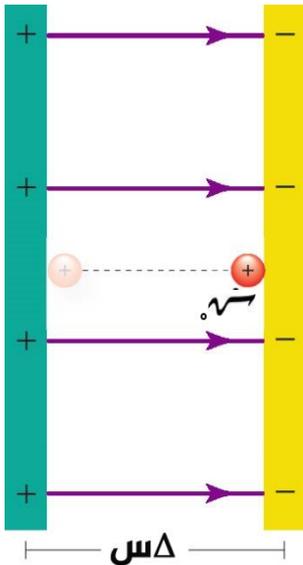
$$ت = \frac{\text{م-ش}}{\text{ك}} = (١٠ \times ٣^٤) \div (١٠ \times ٦^٦) \times (١٠ \times ٩^٢) = ٠,٩ \text{ م/ث}^٢$$

يتسارع الجسم نحو الشرق مع اتجاه المجال الكهربائي لأنه شحنته موجبة.

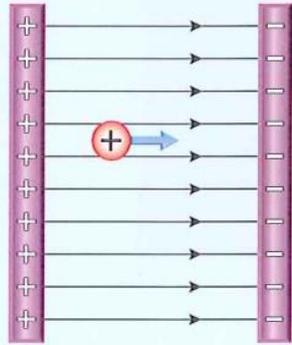
٢ - المسافة التي يقطعها الجسيم.

$$\Delta س = ١٤ ز + (٢/١) ت ز^٢ \leftarrow ١٤ = \text{صفر (تحرك من السكون)} \text{ والزمن } = (٥) \text{ ث}$$

$$\Delta س = ١٤ (٥) + (١/٢) (٠,٩) (٥)^٢ = ١١,٢٥ \text{ م}$$



سؤال ؟ جسيم كتلته (٢ مغ) يحمل شحنة كهربائية موجبة مقدارها (٥+) ميكروكولوم وضع بين لوحين موصلين متوازيين مشحونين بشحنتين مختلفتين بينهما مجال كهربائي منتظم افقي مقداره (٤ × ١٠^{٥+}) نيوتن/كولوم فتحرك الجسيم أفقيا من السكون كما في الشكل ، فاحسب كل مما يلي :



١ - القوة التي يؤثر بها المجال المنتظم في الجسيم المشحون.

$$ق = م \times ص = (٢ \times ١٠^{-٦}) \times (٤ \times ١٠^٥) = ٨ \times ١٠^{-١} = ٨ \times ١٠^{-٢} \text{ نيوتن}$$

ق = ٨ × ١٠^{-٢} نيوتن (اتجاه القوة مع اتجاه المجال لأن الشحنة موجبة)

٢ - التسارع الأفقي للجسيم.

$$ت = \frac{ق}{م} = \frac{٨ \times ١٠^{-٢}}{٢ \times ١٠^{-٦}} = ٤ \times ١٠^٤ = ٤٠٠٠٠ \text{ م/ث}^٢$$

$$ت = ٤٠٠٠٠ \times ١ = ٤٠٠٠٠ \text{ م/ث}^٢$$

٣ - سرعة الجسيم الأفقية بعد قطعه إزاحة أفقية مقدارها (٥ سم).

$$٤ = ٤٠٠٠٠ \times ٠.٠٥ = ٢٠٠٠ \text{ م/ث}$$

$$٤ = ٤٠٠٠٠ \times ٠.٠٥ = ٢٠٠٠ \text{ م/ث (تقريبا)}$$

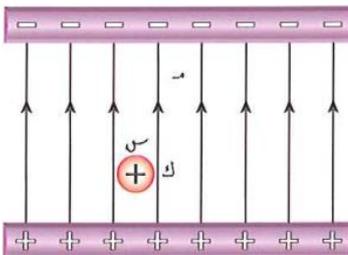
$$٤ = ٤٠٠٠٠ \times ٠.٠٥ = ٢٠٠٠ \text{ م/ث (تقريبا)}$$

٤ - الزمن المستغرق في قطع الإزاحة المذكورة.

$$٤ = ٤٠٠٠٠ \times ٠.٠٥ = ٢٠٠٠ \text{ م/ث}$$

$$٤ = ٤٠٠٠٠ \times ٠.٠٥ = ٢٠٠٠ \text{ م/ث}$$

سؤال ؟ وضع جسيم كتلته (ك) وشحنته موجبة () داخل مجال كهربائي منتظم (م) ما هي القوى المؤثرة في هذا الجسيم واكتب علاقة رياضية تعبر عن محصلة هذه القوى :



القوى المؤثرة في جسيم مشحون داخل المجال الكهربائي المنتظم هي :

← وزن الجسيم (الوزن = الكتلة × تسارع الجاذبية) = (ك × ج) باتجاه الأسفل

← القوة الكهربائية الناتجة عن المجال (ق = م × ص) باتجاه الأعلى لأن الشحنة موجبة

القوة المحصلة = و - ق = ك × ج - م × ص

(العملية طرح لأنهما عكس بعض)

ملاحظات مهمة عند حل المسائل

- في حالة التعامل مع الجسيمات الذرية الصغيرة المشحونة مثل (البروتونات والإلكترونات) فإننا نقوم بإهمال تأثير وزنها يعني (و = صفر)
- قوة الوزن = الكتلة × الجاذبية ويكون دائما اتجاهها للأسفل بغض النظر عن حالة الجسم سواء كان مستقيماً أو مائلاً في حركته.
- القوة الكهربائية (ق_ك) الناشئة عن جسيم في مجال كهربائي منتظم يتم حسابها من خلال قانون
- يكون اتجاه تسارع وحركة الجسيم مع اتجاه المجال في حال كانت شحنة الجسيم موجبة وعكس المجال في حال كانت شحنة الجسيم سالبة.
- يكون اتجاه تسارع الجسيم المشحون داخل المجال الكهربائي المنتظم دائما باتجاه القوة الكهربائية
- يكون تسارع الجسيم داخل المجال الكهربائي المنتظم تسارع ثابت المقدار والاتجاه لذلك يمكن استخدام معادلات الحركة بتسارع ثابت لحساب سرعة هذا الجسيم ومقدار الإزاحة التي تحركها أو زمن (مدة تحركه).

أوجه المقارنة	المجال الكهربائي المنتظم	المجال الكهربائي غير المنتظم
مصدره	صفيحتين أو لوديين مشحونين بشحنتين مختلفتين	شحنة نقطية
المقدار	ثابت لا يتغير مهما ابتعدنا ما دما بين الصفيحتين	يقل كلما ابتعدنا عن الشحنة
الاتجاه	ثابت	يختلف من نقطة إلى أخرى