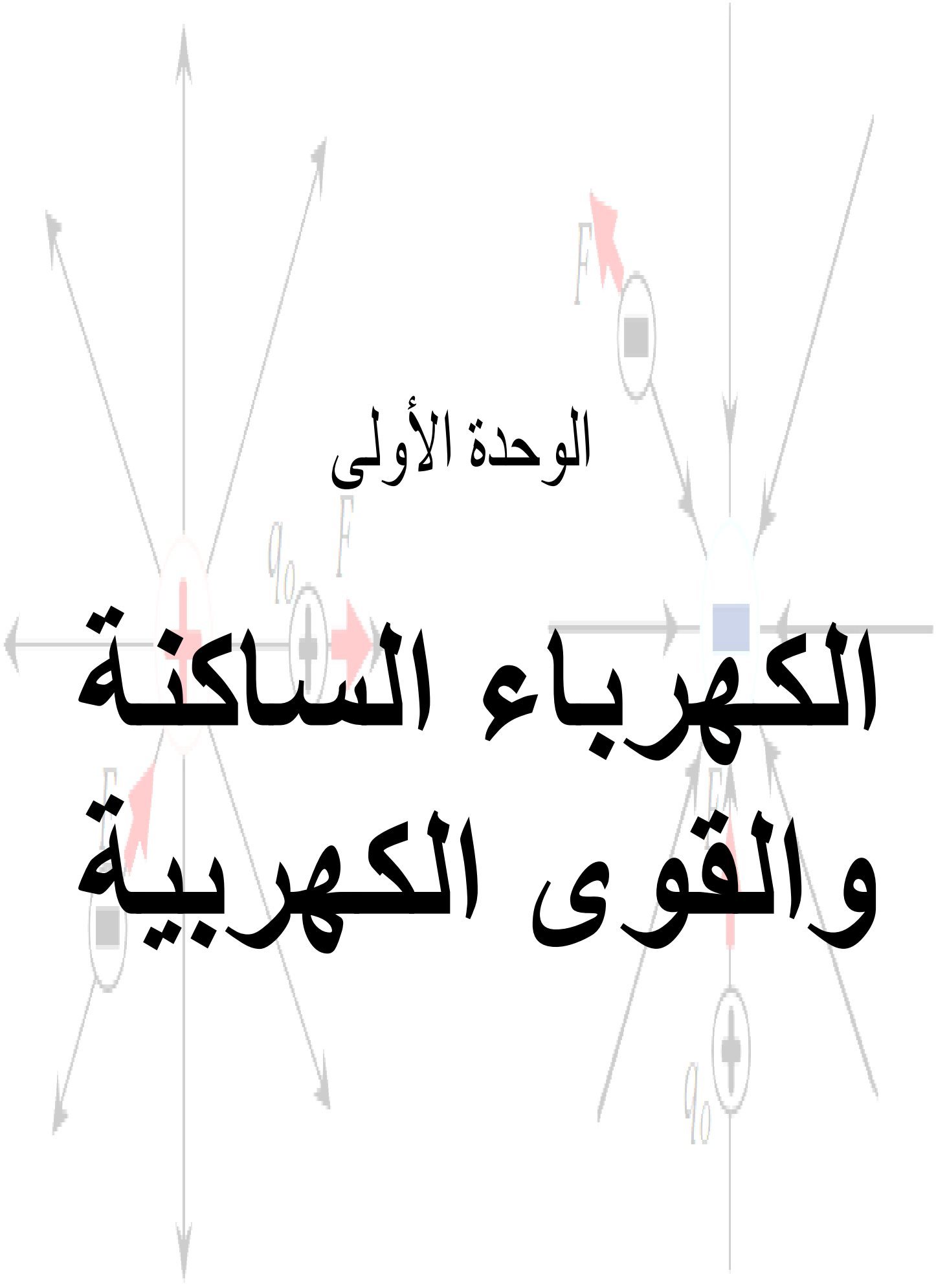
الوحدة الأولى

الكهرباء الساكنة والقوى الكهربية



Electrostatic charge الشحنات الكهربائية

G12CH.1.1

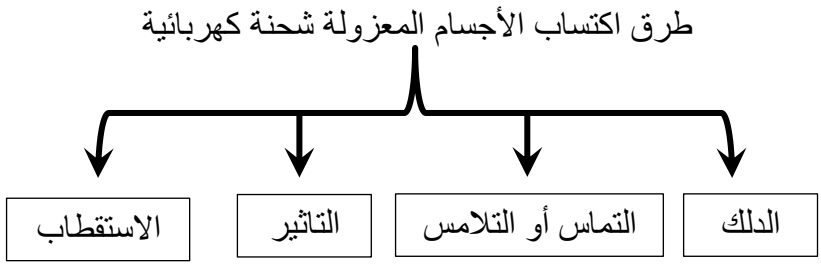
أنواع المادة كهربائيا . تنقسم المواد كهربائيا إلى ثلاث اقسام رئيسية هي

أنواع المادة كهربائيا

- مواد موصله جيدة وهي مواد غنية بالالكترونات الحره مثل الفلزات وهي تسمح بانتقال الإلكترونات خلالها بسهوله
- مواد شبه موصله وهي مواد بها عدد من الإلكترونات الحرة محدود وتسمح بانتقالها تحت شروط خاصة مثل السيليكون والكربون
- مواد عازل وهي مواد فقيرة في الإلكترونات الحرة ولا تسمح بانتقال الإلكترونات بسهولة مثل الزجاج والابونيت والحرير والصوف الجافين

أنواع الشحنات الكهربائية

- سالبة تتكون الشحنة السالبة عند تراكم أو اكتساب الإلكترونات على سطح المادة العازلة
- موجبة تتكون الشحنة الموجبة عند فقد الإلكترونات من سطح المادة العازلة
- المتعادلة تكون الشحنة متعادلة إذا تساوى عدد الإلكترونات السالبة مع عدد البروتونات الموجبة على سطح المادة العازلة



أولا : فكرة الشحن بالدلك : -

عرضنا فيما سبق أن أي مادة تحتوي على ذرات والذرات تتكون من نواة موجبة الشحنة يدور حولها إلكترونات سالبة الشحنة وأن الذرات متعادلة الشحن أي أن عدد البروتونات الموجبة في النواة يساوي عدد الإلكترونات السالبة التي تدور حولها . هنا يجب علينا أن نعرف أن قوة التجاذب بين الإلكترونات والنواة في بعض المواد تكون ضعيفة . لذا إذا اكتسب الجسم قليلا من الطاقة الحرارية قد يفقد بعض الإلكترونات وبذلك يصبح جسما مشحونا بشحنة موجبة بسبب نقص عدد الإلكترونات السالبة عن عدد البروتونات الموجبة . الإلكترونات المفقودة لا تذهب في الهواء ولكنها تستقر على سطح جسم أخر فيصبح جسما مشحونا بشحنة سالبة .

كيفية الشحن بالدلك : -

للتعرف على كيفية الشحن بالدلك لابد من أن نتعرف على بعض المواد غير الموصلة للكهرباء مثل :

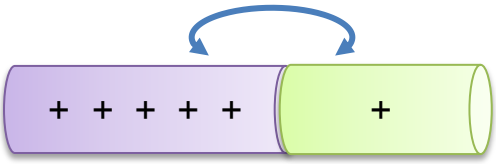
الزجاج – البلاستيك – الابونيت – الحرير الجاف – الصوف الجاف

يسمى الجسم الصلب مثل الزجاج و الابونيت (بالمدلوك) وتسمى المادة غير الصلبة مثل الحرير والصوف (بالدالكه) . عند حدوث الدلك تتولد طاقة حرارية نتيجة الاحتكاك ينتج عنها انطلاق إلكترونات من أحدهما إلى الآخر فيصبح احدهما مشحون بشحنه موجبة إذا فقد إلكترونات ويصبح الآخر مشحون بشحنة سالبة لأنه اكتسب إلكترونات . وشحنة الدالك تساوي شحنة المدلوك ولكنها تخالفها في النوع .

Magdy Awad 01061685999

ثانيا : الشحن بالتماس أو التلامس : -

ويتم ذلك عند تلامس جسمين أحدهما مشحون وآخر غير مشحون فينتقل جزء من الشحنة من الجسم المشحون إلى الجسم غير المشحون . يصبح الجسم الذي كان غير مشحون جسما مشحونا بنفس نوع شحنة الجسم الذي كان مشحونا



ملاحظة مهمة جدا : -

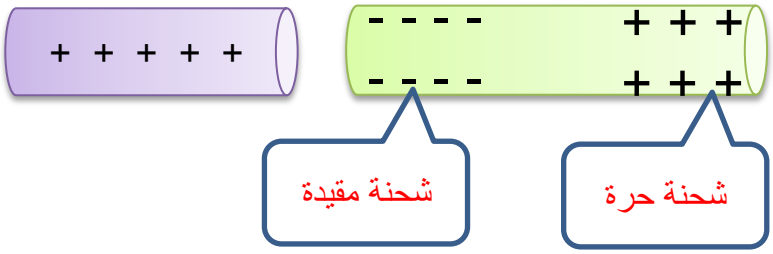
قد لا تتساوى شحن الجسم الأول مع شحنة الجسم الثاني إلا في حالات خاصة مثل تماثل الجسمين

ثالثا : الشحن بالتأثير :-

يتم هذا النوع من الشحن عند اقتراب جسم مشحون من جسم غير مشحون فتتكون شحن مخالفه عند الطرف القريب على الجسم غير المشحون وذلك نتيجة لجذب شحنات الجسم المشحون للشحنات المخالفة لها وتسمى الشحنة المتكونة على الطرف القريب للجسم المشحون (**بالشحنة المقيدة**) وذلك لاشتراط وجودها وجود الجسم المشحون . يتكون على الطرف البعيد شحنة مشابهه لشحنة الجسم المشحون وذلك بسبب حدوث التنافر وتسمى الشحنة المتكونة على الطرف البعيد بالشحنة (**الحرة**) لأنها يمكن أن تتسرب إلى الأرض في حالة توصيل هذا الطرف بالأرض .

①

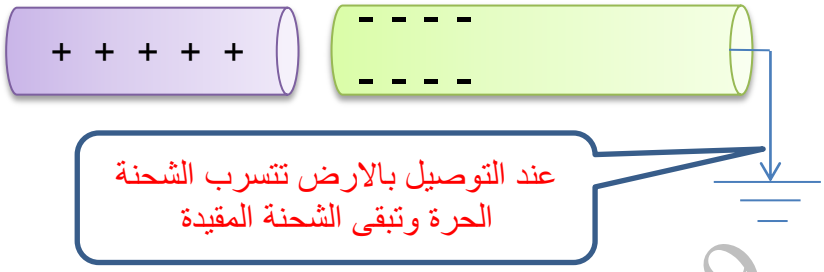
عند اقتراب الجسم المشحون من الجسم غير المشحون



Magdy Awad 0506168599

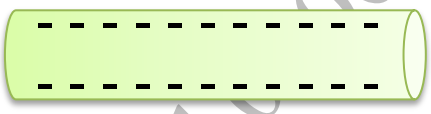
②

عند التوصيل بالأرض تتسرب الشحنة الحرةشحنة الحرة



③

عند رفع التوصيل بالأرض أولا ثم رفع الجسم المشحون تنتشر الشحنة المقيدة وهي شحنة مخالفة لشحنة الجسم المشحون



ملاحظة مهمة جدا : -

① عند توصيل الطرف البعيد بالأرض تنتشر الشحنة المتكونة على الطرف البعيد في وجود الجسم المشحون . تصبح شحنة الجسم غير المشحون سابقا شحنة مخالفة لشحنة الجسم المشحون .

② إذا قطع التوصيل بالأرض في وجود الجسم المشحون ثم رفع أو أبعد الجسم المشحون بعد ذلك تستقر الشحنة المخالفة على الجسم غير المشحون سابقا .

③ تستخدم هذه الطريقة لشحن جسم بشحنة مخالفة لجسم أخر .

④ إذا رفع أو ابعد الجسم المشحون قبل التوصيل بالأرض تتعادل الشحنات على الجسم الذي كان يحتوي الشحنتين المقيدة والحرة وذلك بسبب التجاذب بين الشحنات المختلفة على نفس الجسم

Magdy Awad 01068599

رابعا : الاستقطاب : -

الاستقطاب هو اكتساب شحنة سطحية مؤقته تتكون عند اقتراب جسم مشحون من جسم غير مشحون مثلما يحدث في الشحن بالتأثير حيث تتكون شحنة مخالفة على الطرف القريب وهي تزول مباشرة عقب زوال الجسم المشحون . إذا حدث تجاذب بين الجسم المشحون والجسم المستقطب في هذه اللحظة يحدث التلامس بين الجسم المستقطب والجسم المشحون فيكتسب الجسم المستقطب نفس شحنة الجسم المشحون فيحدث بعد ذلك تنافر بين الجسمين كما هو موضح في الصورة التالية .

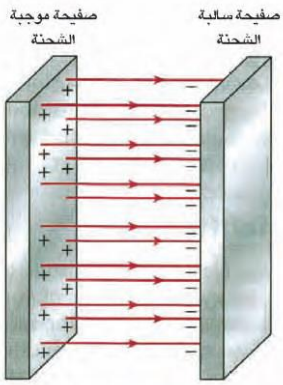
Magdy Awad

ويعرف **المجال الكهربائي Electric field** على أنه المنطقة التي يظهر فيها تأثير القوة الكهربائية على أي جسم مشحون يدخل هذه المنطقة (منطقة المجال الكهربي) .وعندما تكون هناك عدة أجسام مشحونة في المنطقة تتولد عدة قوى ومحصلة هذه القوى هي المجموع الاتجاهي لهذه القوى.

والمجال الكهربائي نوعان:

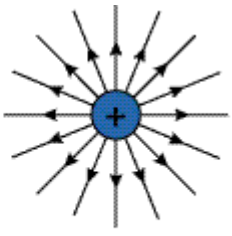
المجال الكهربائي المنتظم Uniform Electric field وهو المجال الذي تكون شدته ثابتة مقداراً واتجاهاً وتكون خطوطه مستقيمة ومتوازية ولها نفس الكثافة (نفس العدد في وحدة المساحات) .

طريقة الحصول على المجال الكهربائي : المجال الكهربائي ما بين لوحين معدنيين متوازيين مشحونين بشحنتين متساويتين إحداها موجبة والأخرى سالبة (**يسمى في هذه الحالة المكثف الكهربائي**).

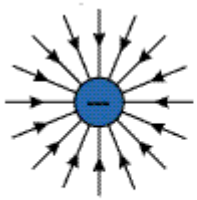


المجال الكهربي غير المنتظم Non uniform Electric field والذي يكون فيه خطوط المجال غير متوازية.

الشكل يمثل المجال الكهربائي لشحنتين مختلفتين في حالتين مختلفتين، والأسهم تعبر عن اتجاه المجال في كل حالة.



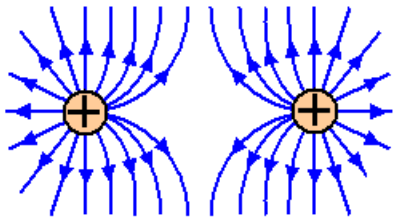
المجال الكهربي حول شحنة موجبة



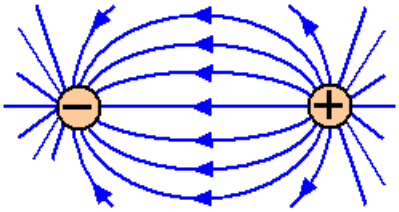
المجال الكهربي حول شحنة سالبة

Maghy 01685599

Coulomb's Law قانون كولوم



المجال الكهربي لشحنتين متشابهتين



المجال الكهربي لشحنتين مختلفتين

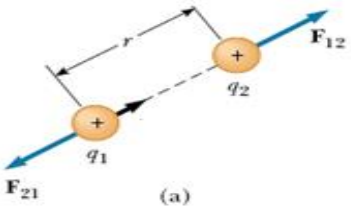
Coulomb's Law قانون كولوم

عند تقريب جسم مشحون من جسم مشحون آخر يحدث بينهما اما تجاذب أو تنافر . بذلك سوف يبتعد الجسم الثاني عن الأول أو يقترب منه . أي أن هناك قوة . هذه القوة اما انها قوة تجاذب أو قوة تنافر . وهي قوة متبادلة بين جسم مشحون وجسم آخر سواء كان مشحونا أو غير مشحون كما وضحنا سابقا في عملية الاستقطاب . تسمى هذه القوة المتبادلة بلقوة الكهربائية .

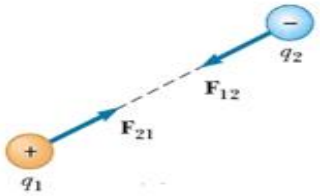
قانون كولوم

مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين يتناسب طردياً مع حاصل ضرب مقداريهما ويتناسب عكسياً مع مربع المسافة بين مركزيهما. ويختلف المقدار باختلاف الوسط الفاصل بينهما.

(لفظ شحنة نقطية يُقصد منه أنها شحنة كهربائية باعتبار أنها مركزة في نقطة واحدة)



في الشكل شحنتان نقطيتان q_1 و q_2 تفصلهما مسافة مقدارها r في الفراغ . فإن القوة الكهربية المتبادلة بينهما:



$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

ومنه:

$$F = \text{conctant} \times \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

مقدار ثابت قدره 8.99×10^9

G12SH.1.2

المصطلحات الأساسية

يتناسب طردياً
Directly proportional
يتناسب عكسياً
Inversely proportional
ثابت كولوم
Coulomb's constant K
الشحنات النقطية
Point Charges
معامل النفاذية الكهربائية للفراغ
Permittivity of Vacuum

Awad 0506168599

وجد أن الثابت في الفراغ هو

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} = \frac{1}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12}} = 9 \times 10^9 Nm^2/C^2$$

فتكون الصورة الرياضية لقانون كولوم

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

K ثابت كولوم وحدته Nm^2/C^2
r المسافة بين الشحنتين تقاس بالمتر m
q_1, q_2 مقدار الشحنتان ووحدتهما الكولوم C
F القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين تقاس بالنيوتن N
ϵ_o : معامل النفاذية الكهربائية للفراغ والهواء
وهو مقدار ثابت $\epsilon_o = 8.85 \times 10^{-12} C^2/Nm^2$

أولا : حساب القوة المتبادلة بين شحنتين : -

مثال :
ما مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين الأولى $2\mu c +$ والثانية $5\mu c +$ تفصلهما مسافة $2m$ ؟

الحل:

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

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{2^2} = 0.0225N$$

ملاحظة مهمة جدا : -

في المثال السابق يكون اتجاه تأثير القوة هو نفس اتجاه المجال الكهربي

مثال :
احسب المسافة بين إلكترونين إذا كانت قوة التنافر بينهما 1.0 N (اذا كانت شحنة الالكترون $q_e = 1.6 \times 10^{-19} C$.
الحل:

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

Magdy Awad 0500168599

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

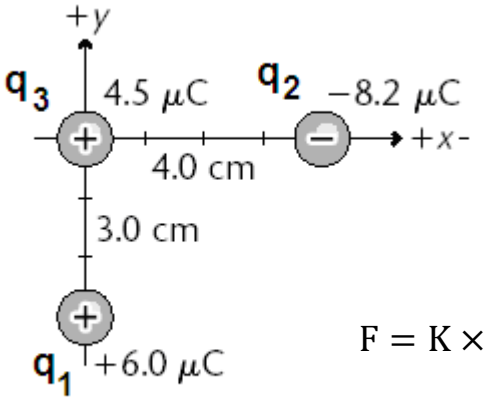
$$r^2 = 9 \times 10^9 \times \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{1} = 2.3 \times 10^{-28} m^2$$

$$r = \sqrt{2.3 \times 10^{-28}} = 4.8 \times 10^{-14} m$$

مثال:

ثلاث شحنات نقطية q_1, q_2, q_3 مواضعها تظهر في الشكل التالي. استخدم البيانات من الشكل لحساب مقدار محصلة القوى الكهربائية المؤثرة على الشحنة q_3.

الحل:



نحسب القوة التي تؤثر بها كل من الشحنتين q_1, q_2 على الشحنة q_3

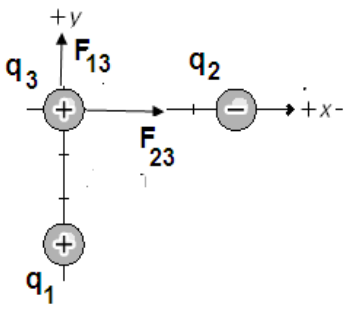
$$F = K \times \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F_{13} = K \times \frac{q_1 q_3}{r^2}$$

$$F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-6} \times 4.5 \times 10^{-6}}{0.03^2} = 270N$$

$$F_{23} = 9 \times 10^9 \times \frac{8{,}2 \times 10^{-6} \times 4.5 \times 10^{-6}}{0.04^2} = 207.5N$$

من الشكل التالي يتضح أن القوتان متعامدتان



فالمحصلة F

$$F = \sqrt{{F_{13}}^2 + {F_{23}}^2}$$

$$F = \sqrt{(270)^2 + (207.5)^2} = 340.5N$$

موصلان كرويان A وB وضع موصل مماثل لهما C بحيث يلامس الموصل A ، شحن كل من A و C بجسم مشحون ولكونهما يمتلكان نفس الحجم إذا كمية الشحنة على كل منهما واحدة ولنفرض أنها q

أي أن شحنتاهما q_A و q_B ، ولكي يدرس العلاقة بين القوة الكهربائية بينهما والمسافة بينهما حسب القوة اللازمة للي الخيط بزاوية معينة ، ثم شحن الموصلين A و C بشحنة متساوية وغير المسافة بينهما r بحيث عملت قوة التنافر على انحراف الموصل A بزاوية معينة من خلالها حسب كولوم قوة التنافر وبإعادة العملية عدة مرات مع تغير المسافة توصل إلى أن:

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

ولدراسة العلاقة بين القوة الكهربية وكمية الشحنة على كل موصل ، قام بشحن الموصلين A و C بنفس الشحنة السابقة ثم لامس الموصل C بموصل أخر مماثل في الحجم D غير مشحون فأصبحت شحنة C نصف ما كانت عليه أي شحنة C نصف شحنة A ، وبإزالة الموصل D ولكون المسافة r بين A و C لم تتغير وجد أن قوة التنافر قلت إلى النصف وبإعادة العملية عدة مرات توصل إلى أن

$$F \propto \frac{q_A q_B}{r^2}$$

بعدها توصل إلى القانون الذي سمي باسمه قانون كولوم

$$F = K \times \frac{q_A q_B}{r^2}$$

Magdy A... 00961698599

ملاحظة مهمة جدا جدا : -

في حاله وجود شحنة بين شحنتين وعلى استقامة واحدة

① في حاله وجود شحنة تقع بين شحنتين يكون اتجاه محصلة القوى في اتجاه القوة الكبرى .
② في حالة ما إذا كانت القوتين في اتجاه واحد تكون محصلة القوة حاصل جمع القوتين وهما لهما نفس الاتجاه
③ في حالة ما إذا كانت القوتين متعاكستين تكون محصلة القوة حاصل طرح
④ يكون الجسم في حالة اتزان بين قوتين اذا كانتا متساويتين ومتعاكستين

G12SH.1.3

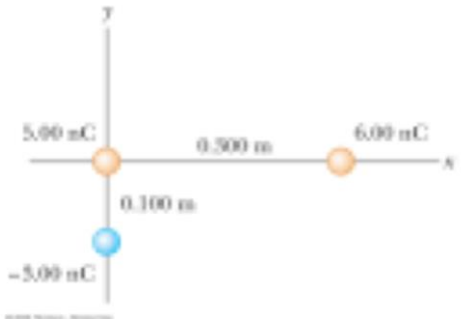
مسائل على قانون كولوم

1 – شحنة مقدارها 4.5×10^{-9} C تقع على بعد 3.2 m من شحنة أخرى مقدارها -2.8×10^{-9} C - ما مقدار القوة المتبادلة بين الشحنتين وحدد اتجاهها بالرسم

2 – شحنة مقدارها 2.0 C وضعت على بعد 1.5 m من شحنة أخرى مقدارها – 3.0 C ما مقدار القوة المتبادلة بين الجسمين وما نوعها واتجاهها

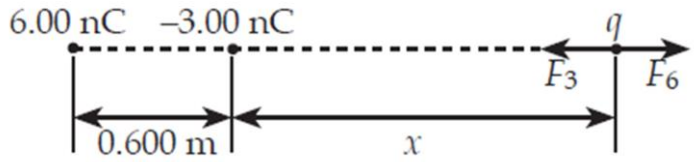
3 – قذف جسيم الفا الذي يحمل شحنة مقدارها (+ 2.0e) على نواة من الذهب تحمل شحنة مقدارها (+79e) احسب القوة المتبادلة بين جسيم الفا ونواة الذهب اذا كانت المسافة بينهما 2.0×10^{-14} m ثم حدد اتجاه القوة

4 – من الرسم التالي أوجد مقدار القوة المحصلة على الشحنة الموضوعة عند نقطة الأصل واتجاهها .



Nagdy Awad 01061685999

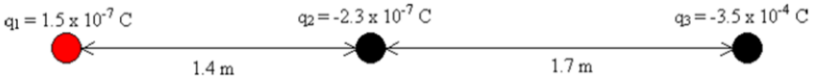
5 – احسب المسافة ونوع الشحنة ومقدارها التي يمكن التي يمكن وضعها بحيث تكون محصله القوة صفر . استعن بالمعلومات الموجودة على الرسم التالي



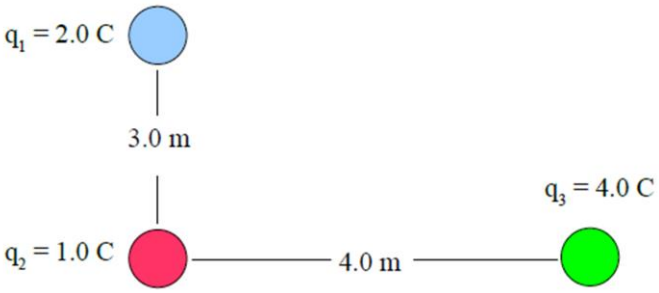
6 – كرة بينج بونج تم دلكها بقطعة من الصوف فاكتسبت شحنة موجبة مقدارها 1μC كم عدد الإلكترونات المفقودة نتيجة عملية الدلك .

7 – وضعت شحنتين متشابهتين إحداهما ضعف الأخرى بينهما مسافة 15 cm فإذا كان مقدار القوة الناتجة عن التنافر تقدر بـ 95 N أوجد مقدار شحنة كل جسم .

8 – تم وضع ثلاث شحنات حسب الترتيب الموضح بالرسم التالي احسب محصلة القوة المؤثرة على الشحنة الثالثة الواقعة اقصى اليمين



9 – تم وضع ثلاث شحنات كما هو موضح بالرسم التالي أوجد محصلة القوة الكهربائية واتجاهها .



10 – احسب مقدار المسافة التي يجب أن تكون بين شحنتين نقطيتين مقدارهما $q_1 = 26.0\mu C$ ، $q_2 = -47\mu C$ لكي تكون القوة المتبادلة فيما بينهما 5.70 N

البرق

البرق هو الضوء المبهر الذي يظهر فجأة في قلب السماء في الأيام التي تسوء فيها أحوال الجو, وهو عبارة عن الضوء الناشئ نتيجة تفريغ الشحنات الذي يحدث بين سحابتين أحدها تحمل الشحنة الكهربائية السالبة والأخرى تحمل الشحنة الكهربائية الموجبة ويعقب هذا الضوء صوت عالٍ قادم من السماء وهو ما يسمى بالرعد.

هناك نوعان من الكهربية:

1- الكهربية الساكنة (الاستاتيكيه) هي الكهرباء التي تنتج عن تراكم الشحنات الكهربائية على الأجسام (المعزولة) دون سريانها.

2- الكهرباء المتحركة (التيارية) هي الكهرباء الناتجة عن سريان الشحنات الكهربائية خلال الموصلات مكونه ما يسمي بالتيار الكهربائي.

تطبيقات على القوى الكهرواستاتيكية

هناك العديد من تطبيقات القوى الكهربائية على الجسيمات .وتستطيع هذه القوى مثلا تجميع (السناج السواد) الناتج عن الدخان من المداخن، ومن ثم تحد من تلوث الهواء . كما يمكن شحن قطرات الطلاء الصغيرة جدا بالحث واستعمالها في طلاء السيارات واجسام اخرى بصورة منظمة وموحدة جدا . وتستخدم الات التصوير الفوتوغرافي الكهرباء الساكنة لوضع الحبر الاسود على الورق بحيث يتم نسخ صورة طبق الأصل للوثيقة الاصلية

Magdy Awad 0506168599

G12 CH.1.2

توليد المجال الكهربائي وقياسه
Creating and Measuring Electric Field

ويعرف **المجال الكهربائي Electric field** على أنه المنطقة التي يظهر فيها تأثير القوة الكهربائية على أي جسم مشحون يدخل هذه المنطقة (منطقة المجال الكهربي) .وعندما تكون هناك عدة أجسام مشحونة في المنطقة تتولد عدة قوى ومحصلة هذه القوى هي المجموع الاتجاهي لهذه القوى.

شدة المجال الكهربائى عند نقطة : -

تعرف شدة المجال الكهربى E عند نقطة :

بأنه النسبة بين القوة المؤثرة على الشحنة الاختبارية ومقدار هذه الشحنة.
وتُعرف أيضاً بأنها القوة المؤثرة على وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة.

من خلال تعريف شدة المجال الكهربي نستنتج العلاقة التالية:

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

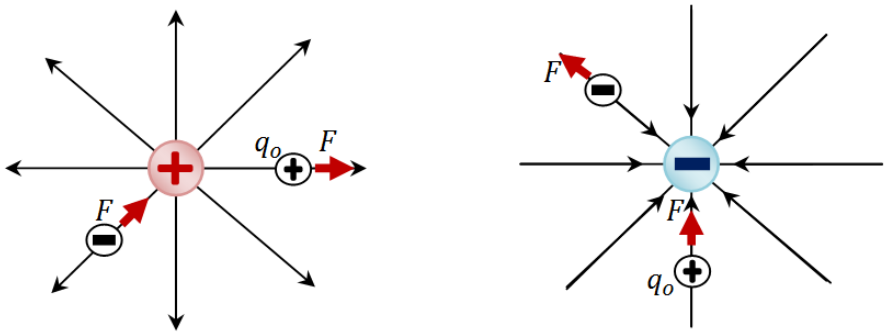
$$E = \frac{F}{q}$$

حيث:
F القوة الكهربائية ووحدتها نيوتن N
q الشحنة ووحدتها C
E شدة المجال ووحدتها N/C
وشدة المجال الكهربي كمية متجهه

Magdy Awad 01061685999

حركة جسيم مشحون في مجال كهربي : -

الشكل التالي يبين المجال الكهربي لشحنة نقطية موجبة وأخرى سالبة وسندرس تأثير هذين المجالين على شحنات موجبة وسالبة



الأسهم الحمراء تمثل اتجاه القوة الكهربية المؤثرة على شحنة موجبة وأخرى سالبة

من هذه الدراسة نجد:

1- في الحالتين القوة المؤثرة على الشحنة الموجبة تكون في اتجاه المجال الكهربي.

2- في الحالتين القوة المؤثرة على الشحنة السالبة تكون في اتجاه عكس اتجاه المجال الكهربي.

3- الشحنات المتشابه تتنافر والشحنات المختلفة تتجاذب تظهر في جميع الحالات في الشكل السابق .

4- المجال الكهربي حول الشحنات الموجبة أو السالبة يكون ثلاثي الأبعاد (في جميع الاتجاهات) .

5- المجال الكهربي حول الشحنات يُمَثَّل بخطوط تسمى خطوط المجال الكهربي أو خطوط القوة الكهربية واتجاهها يمثل اتجاه المجال وتراصها يمثل شدة المجال.
ويمكن تعريف **خط المجال** بأنه المسار الذي تسلكه الشحنة الموجبة q_o داخل المجال.

6- نعتبر دائماً أن اتجاه المجال يكون من الشحنة الموجبة باتجاه الشحنة السالبة.

7- تخضع القوى الكهربية بين الأجسام المشحونة لقانون نيوتن الثالث .

Magdy Awad 050616

تعريف المجال الكهربي : -

منطقة في الفضاء تحيط بجسم مشحون تظهر فيه اثار القوة الكهربائية .

تعريف شدة المجال الكهربائي

القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة اختبار صغيرة مقسومة على كمية شحنة الاختبار

خط المجال الكهربائي : -

خط وهمي يمثل مسار حركة شحنة اختبار عند وضعها حرة في المجال الكهربائي .

مثال:

شحنة كهربائية نقطية موجبة مقدارها $2 \times 10^{-9}\mathrm{C}$ وضعت عند نقطة في مجال كهربي فتأثرت بقوة مقدارها $4 \times 10^{-6}N$

احسب شدة المجال الكهربائي في تلك النقطة ؟

الحل :

$$\mathrm{E} = \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{q}}$$

$$\mathrm{E} = \frac{4 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-9}}$$

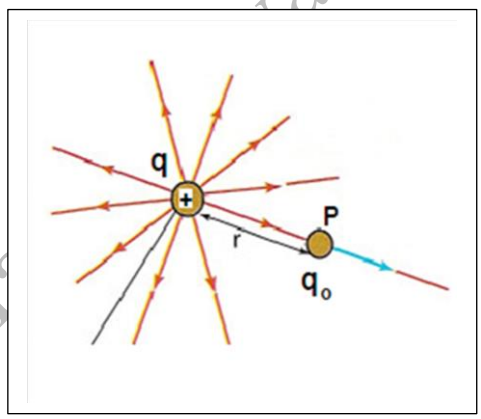
$$\mathrm{E} = 2 \times 10^{3} N/C$$

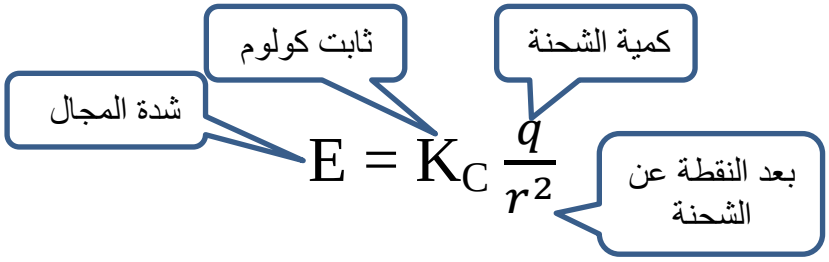
شدة مجال الشحنة النقطية : -

تعتمد على كمية الشحنة والبعد عنها .

شدة المجال الكهربائي لشحنة نقطية عند نقطه ما : -

يمكن حساب شدة المجال لشحنة عند نقطة ما من القانون التالي :





Mr Ahmad 0506168599

ملاحظة مهمة : -

① نوع مادة الوسط يؤثر على شدة المجال الكهربائي . أي أن شده المجال الكهربائي تتغير بتغير نوع الوسط المحيط بالشحنة .

② إذا وقعت نقطة ما في مجال أكثر من شحنة يجب ايجاد محصلة المجال الكلي عند هذه النقطة .

③ عدد خطوط المجال يتناسب طرديا مع شدة المجال الكهربائي .

مثال:

احسب شدة المجال عند نقطة تبعد $0.5m$ عن شحنة نقطية مقدارها $+4 \times 10^{-9}C$.

الحل:

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

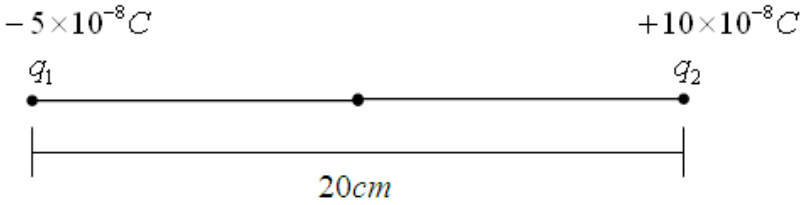
$$E = 9 \times 10^{9} \times \frac{4 \times 10^{-9}}{0.5^2} = 144N/C$$

مثال:

شحنتان مقدارهما $+10 \times 10^{-8}C$ و $-5 \times 10^{-8}C$ تفصلهما مسافة مقدارها $20cm$ كما في الشكل التالي:

1- أوجد مقدار شدة المجال الكهربائي واتجاهه عند منتصف المسافة بينهما ،

2- احسب مقدار القوة الكهربائية واتجاهها المؤثرة على الكترون وضع في هذه النقطة.



الحل:

1- نحسب شدتي المجال الكهربائي E_1 و E_2 للشحنتين q_1 و q_2 على انفراد عند منتصف المسافة بين الشحنتين كما يأتي :

$$E_1 = K \times \frac{q}{r^2} = 9 \times 10^{9} \times \frac{5 \times 10^{-8}}{0.1^2} = 4.5 \times 10^{4}N/C$$

Aragdy Awad 0506168599