دولة ليبيا

وزارة التعليم

مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الفيزياء

للسنة الثالثة من مرحلة التعليم الثانوي

القسم العلمي

الجزء الأول : الكهرباء والمغاطيسية والفيزياء الذرية

الدرس الثالث

المدرسة الليبية بفرنسا ـ تور

العام الدراسي

1441 / 1442 هـ . 2020 / 2021 م

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

4 – 1 المجال الكهربائي
Electric Field

القوى تكون ثنائية، وتعمل تبادليًا على جسمين في حالة تلامس. فالشخص الذي يدفع شخصًا آخر، والجسم الموضوع على المنضدة مثالين لقوى تماس.
غير أن القوة بين الشحنات الكهربائية تعمل عبر مسافة ما دون تلامس الشحنات معًا. وتتواجد تلك القوة غير التلامسية حتى عبر الفراغ.

قانون كولوم

كان كولوم أول من قام بإجراء مجموعة من التجارب العملية لإيجاد العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة الكهربية بين شحنتين واستنتج الأتي:

1) القوة الكهربية تناسب طرديا مع حاصل ضرب الشحنتين

$$F \propto Q_1 Q_2 \longrightarrow 1$$

2) القوة الكهربية تتاسب عكسيا مع مربع المسافة بين الشحنتين قانون التربيع العكسي

$$F \propto \frac{1}{R^2} \longrightarrow 2$$

من المعادلتين 1 ، 2 نستنتج أن:

$$F \propto \frac{Q_1 Q_2}{R^2} \longrightarrow 3$$

من المعادلة 3 نجد أن

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$$

حيث K يعرف بثابت كولوم ويساوي ($\frac{1}{4\pi\varepsilon}$)
حيث ε سماحية الوسط العازل

قانون كولوم ينص على :
القوة الكهربية المتبادلة بين أي شحنتين كهربائيتين نقطتين تتناسب طرديا مع حاصل ضرب مقدار كل منهما وعكسيا مع مربع المسافة بينهما.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والوحدة التربوية - ليبيا

لتصبح الصيغة الرياضية لقانون هي

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$$

وعندما ما يكون الوسط العازل هو الفراغ فإن سماحية الوسط لفراغ يرمز لها بالرمز (ε_0)

$$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2/Nm^2$$

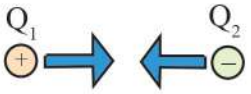
ويصبح المقدار $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ يسمى ثابت كولوم يساوي

$$K = 9 \times 10^9\ N.m^2/C^2$$

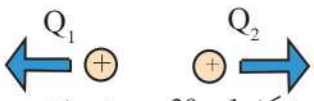
∴ القوة لكهربائية بين شحنتين في الفراغ

$$F = 9 \times 10^9 \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$$

والقوة كمية متجهة وتعمل على الخط الواصل بين الشحنتين، أما أتجاهها ألى الداخل في حالة الشحنات المختلفة كما بالشكل (شكل1 – **28** أ) و لإتجاهها للخارج في حالة الشحنات المتشابهة كما في الشكل (شكل1 – **28** ب)



شكل 1– 28 أ شحنات غير متماثلة



شكل 1 – 28 ب شحنات متماثلة

مثال محلول 1 – 1

أحسب قوة التناثر بين شحنة قدرها $2 \times 10^{-6}\ c$ وشحنة أخرى قدره $3\times10^{-6}\ C$ إذا كانت المسافة الفاصلة بينهما $10\ cm$.

الحل :

المعطيات :-

$$Q_1 = 2 \times 10^{-6}\ C$$

$$Q_2 = 3 \times 10^{-6}\ C$$

$$R = 10\ cm = 0.1\ m$$

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_.} \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$$

$$F = 9 \times 10^9 \times \frac{(2\times10^{-6})(3\times10^{-6})}{(0.1)^2}$$

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times 6 \times 10^{-12}}{(0.1)^2} = 5.4\ N$$

تذكر أن

$$F = 9 \times 10^9 \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$$

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مثال محلول 1 – 2

احسب قوة التجاذب بين ايوني الكلور والصوديوم في ملح الطعام عند إذابته في الماء علماً بأن المسافة بين الأيونين $3 \times 10^{-10}\ m$ وشحنة الالكتـــرون $1.6 \times 10^{-19}\ C$ والسماحية للماء قدر سماحية الهواء 80 مرة.

الحل:

المعطيات :–

$$Q_1 = -1.6 \times 10^{-19}\ C$$

$$Q_2 = +1.6 \times 10^{-19}\ C$$

$$\varepsilon = 80\ \varepsilon_0$$

$$R = 3 \times 10^{-10}\ m$$

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\ \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$$

$$\varepsilon = 80\ \varepsilon_0$$

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 \times 80} \times \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$$

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{80\ (3 \times 10^{-10})^2}$$

$$F = 3.2 \times 10^{-11}\ N$$

ويستخدم مفهوم المجال لشرح كون القوة الكهربائية قوة غير تلامسية.
افتـرض شـحنة منفصلـة Q_1 موضوعـة فـي فـراغ. إذا وضعنا شـحنة أخرى Q_2 بالقرب منها، فإن Q_2 ستتعرض لقوة ما نتيجة المجال الذي كونه Q_1.
وسـتتعرض Q_2 إما لقوة جذب إذا كانت شـحنتها عكس الشـحنة Q_1 (شـكل 1 – 28 أ)، أو قوة تنافر إذا كانت شحنتها نفس نوع Q_1 (شكل 1 – 28 ب) ولهذا،

تعريف المجال الكهربائي :

يتواجد **المجال الكهربائي** في منطقة من فضاء تتعرض فيها شحنة موجبة صغيرة لقوة كهربائية. ويُعرَّف **اتجاه** المجال بأنه اتجاه القوة المؤثرة على شحنة موجبة صغيرة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

المجال الكهربي

$$E = \frac{F}{q_0}$$

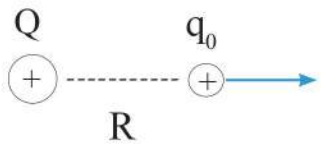
حيث

E شدة المجال الكهربي

F القوة الكهربية

q_0 مقدر الشحنة الإختبارية

من قانون كولوم



$$F = \frac{9 \times 10^9 Q\, q_0}{R^2} \quad \rightarrow (1)$$

$$\because E = \frac{9 \times 10^9 Q\, q_0}{R^2} \times \frac{1}{q_0}$$

$$\therefore E = \frac{9 \times 10^9 Q}{R^2}$$

وحدة قياس شدة المجال الكهربي E هي N/C (نيوتن / كولوم)

مثال محلول 1 - 3

أوجد شدة المجال الكهربي عند نقطة تبعد مسافة قدرها $50cm$

من شحنة موجبة مقدارها $2\mu C$

الحل

المعطيات :

$E = ?$

$R = 50\ cm = 0.5\ m$

$Q = 2\mu C = 2 \times 10^{-6} C$

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{R^2}$$

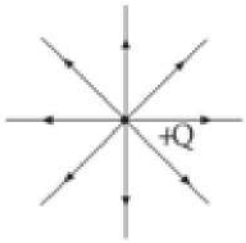
$$E = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6}}{(0.5)^2}$$

$$E = \frac{18 \times 10^{-3}}{0.25} = 72 \times 10^3\ N/C$$

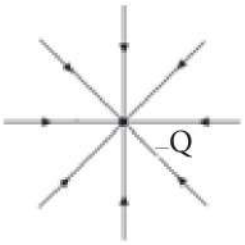
جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

تمثيل المجال الكهربائي

تستخدم خطوط القوة لتمثيل اتجاه المجال الكهربائي، فتتجه خطوط القوة ناحية الخارج للشحنة الموجبة، وناحية الداخل للشحنة السالبة. ويبين شكل(1 – 29)
(أ) خطوط المجال مشيرة للخارج على شحنة موجبة، ويبين شكل (1 – 29 أ)
(ب) خطوط المجال مشيرة للداخل على شحنة سالبة شكل (1 – 29 (ب) .



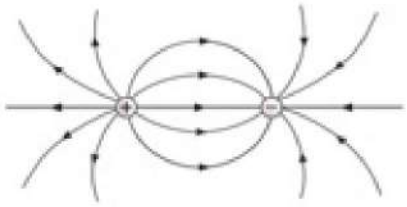
شكل 1– 29 (أ) خطوط المجال لشحنة موجبة



شكل 1 – 29 (ب) خطوط المجال لشحنة سالبة

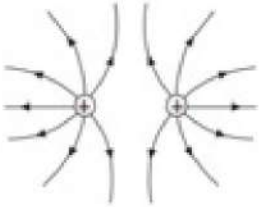
وتُبَيَّن **قوة** المجال الكهربائي بمدى اقتراب خطوط المجال من بعضها البعض. فكلما كانت خطوط المجال أقرب لبعضها، كلما كان المجال الكهربائي في هذه المنطقة أقوى. ونشاهد من شكلي 1 – 29 "أ" ، "ب" ، أن خطوط المجال تكون أقرب لبعضها عندما تكون بجوار الشحنات الكهربائية، مما يعني أن قوة المجال تكون أقوى كلما اقتربت من الشحنة ، وتتناقص إذا ابتعدت عن الشحنة.

ويبين شكل 1–30"أ" نمط المجال الذي تكوِّنه شحنة موجبة وشحنة سالبة موضوعتان بالقرب من بعض. ويبين شكل 1–30"ب" نمط المجال الذي كونته شحنتان موجبتان.

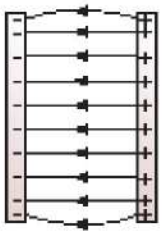


شكل 1 – 30 "أ" خطوط المجال نتيجة وضع شحنة موجبة وشحنة سالبة بالقرب من بعض

ويكون المجال الكهربائي بين صفيحتين متوازيتين متقابلتي الشحن منتظمًا عند منطقة الوسط، كما هو مبين في شكل 1 – 31. لاحظ أن خطوط المجال تبدأ من شحنات موجبة على صفيحة واحدة، وتنتهي في شحنات سالبة على الصفيحة الأخرى.



شكل 1 – 30 "ب" خطوط مجال نتيجة وضع شحنتين موجبتين بالقرب من بعض



شكل 1 – 31 خطوط مجال نتيجة صفائح مشحونة كهربائيًا ومتوازية.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والتقنية

5 – 1 بعض تطبيقات عملية، ومخاطر الكهرباء الساكنة

Some Practical Applications and Hazards of Electrostatics

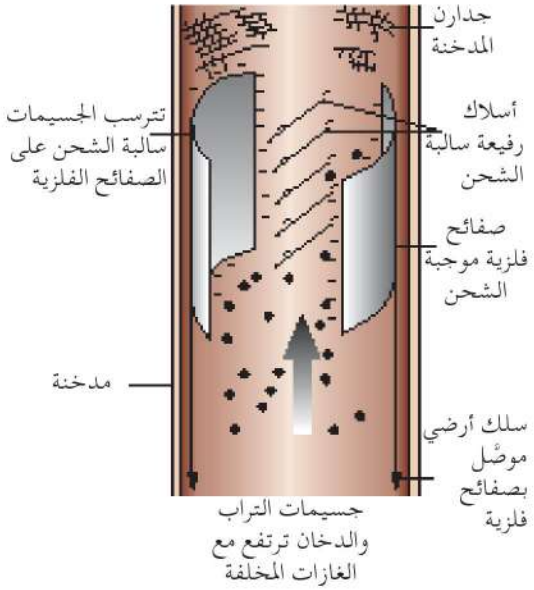
بعض تطبيقات الكهرباء الساكنة

1- إزالة رماد المدخنة

يعتبر إزالة رماد المدخنة (مخلوط من الدخان وجسيمات التراب) بواسطة مُرسِّب كهروستاتيكي من محطات القدرة الحديثة التي تعمل بالفحم تطبيقًا مهمًّا. ويتكون المرسب من عدد من الأسلاك والصفائح. وتكون الأسلاك سالبة الشحن حتى تشحن جسيمات التراب سلبًا عند المرور خلالها.

وتكون الصفائح المجمِّعة إيجابية الشحن لكي تجذب وتجمع جسيمات الرماد. تُرَجُّ بعد ذلك الصفائح آليًّا لإزالة الرماد المتجمع ويُستخدم كمنتج ثانوي.

إن تقنية الترسيب الكهروستاتيكي مهمة أيضًا في مصانع الفولاذ، والأسمنت، والمواد الكيميائية التي تطلق كميات كبيرة من غازات المدخنة.



شكل 1 – 32 مُرَسِّب كهروستاتيكي

2- المولِّدات الكهربائية ذات الفولت العالي

إن مولد فان دي جراف مولِّد شحنة كهربائية ساكنة مفيد جدًّا، ينتج فرق جهد أو شدة جهد كهربائي حتى 14 مليون فولت. ويستخدم في الأبحاث النووية لتسريع الجسيمات دون الذرية (الأصغر من الذرة).

شكل 1 – 33 مولِّد فان دي جراف

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

3- الطلاء بالرش

عندما يتطلب عمل ما تشغيلًا آليًّا على نطاق واسع، كما في خطوط إنتاج السيارات، يشيع استخدام الطلاء بالرش الكهروستاتيكي. فالجسم المطلوب رشه (جسم السيارة)، وفوهة أنبوب الرش (الطلاء) يُشحنا بشحنات متضادة. ويؤدي ذلك إلى التصاق الطلاء جيدًا بكل ركن في الجسم ليعطي طبقة طلاء منتظمة. وتعتبر تلك الطريقة فعّالة، واقتصادية، وذات كفاية عالية.

شكل 1 – 34 الطلاء بالرش

بعض أخطار الكهرباء الساكنة

1- البرق

من الشائع رؤية وميض البرق مباشرة قبل وأثناء أي عاصفة رعدية، ويرجع ذلك إلى تكوُّن كمية شحنة كهربائية كبيرة في السحب الرعدية الكثيفة. تُشحن السحب الرعدية باحتكاك جزيئات الماء داخلها مع جزيئات الهواء.

وعندما تكون الشحنة على السحب الرعدية كبيرة بشكل كافٍ، فإنها تؤين الهواء الذي يوفر عندئذ مسارًا موجِّهًا لكمية الشحنة الضخمة التي تُفرَّغ في أقرب جسم، أو في الجسم الأكثر حدة على الأرض.

ويفسر ذلك خطورة السباحة في البحر المفتوح، أو اللعب في الملاعب المكشوفة، أو الاختباء تحت شجرة أثناء العواصف الرعدية.

ويجب على الجنود الذين يحفرون الخنادق فوق قمم الجبال عدم استخدام صفائح الزنك كشكل من الحماية أثناء أي عاصفة رعدية.

ولمنع البرق من إتلاف البنايات العالية، تُستخدم موانع الصواعق. والغرض منها (انظر شكل 1 – 35) توفير مسار تفريغ ثابت لعدد الإلكترونات الضخم في الهواء حتى تسري من قمة البناية إلى الأرض، مما يقلل من فرص صواعق البرق (بسبب تفريغ الشحنة المفاجئ).

شكل 1 – 35 يمنع مانع الصواعق أي تلف محتمل لبناية خلال العواصف الرعدية.

2- الحرائق أو الانفجارات

قد تحدث الحرائق أو الانفجارات نتيجة التجمع الزائد للشحنات الكهربائية الناتجة عن الاحتكاك. فتتراكم على سبيل المثال الشحنات الكهربائية على أي طائرة أثناء طيرانها، وعلى الشاحنات عند نقلها سوائل قابلة للاشتعال. ويمكن اتخاذ بعض الخطوات الوقائية لتجنب مثل تلك الأخطار. تصنع إطارات الطَّيَّارات من مطاط موصل للكهربا بشكل طفيف، فتُفَرَّغ الكمية الكبيرة من الشحنة المكونة على هيكلها أثناء الطيران لحظة ملامسة الأرض من دون ضرر.

التربية الوطنية

ليبيا إحدى الدول الأقل عرضة للبرق في العالم، في حين تعتبر ماليزيا إحدى الدول الأكثر عرضة للبرق في العالم. فالبرق هو التفريغ الكهربائي الذي يحدث عندما تفرغ الكهرباء الساكنة المكونة في السحب شحنتها. ماذا تفعل إذا تعرضت لعاصفة رعدية؟

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية - ليبيا