University of Anbar

College of Science

Department of Applied Geology

First Year

General Physics

جامعة الانبار

كلية العلوم

قسم علوم الجيولجيا التطبيقية

المرحلة الاولى

الفيزياء العامة

Chapter Ninth

Electrical physics

الفصل التاسع

الفيزياء الكهربائية

(Part 1)

Dr. Israa Kamil Ahmed

د . اسراء كامل احمد

Part one in this Chapter

نحن محاطون بأجهزة تعتمد على فيزياء الكهرومغناطيسية ، وهي مزيج من الظواهر الكهربائية والمغناطيسي

هذه الفيزياء هي جذر أجهزة الكمبيوتر والتلفزيون والراديو والاتصالات السلكية واللاسلكية والإضاءة المنزلية وحتى قدرة التفاف الطعام على التشبث بالحاوية. هذه الفيزياء هي أيضا أساس العالم الطبيعي. فهو لا يجمع فقط جميع الذرات والجزيئات في العالم ، بل ينتج أيضا البرق والشفق القطبي وقوس قزح.

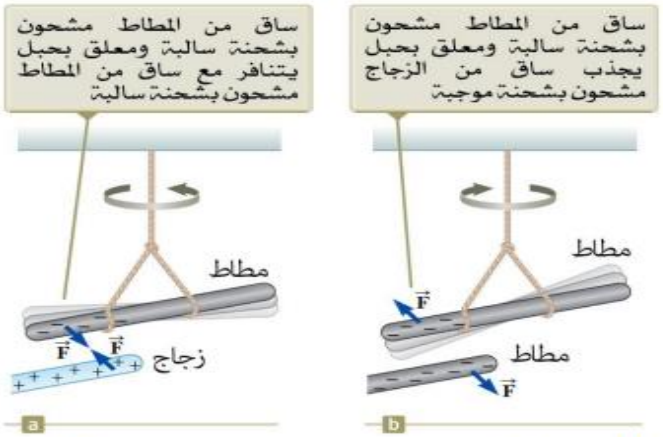
تمت دراسة فيزياء الكهرومغناطيسية لأول مرة من قبل الفلاسفة اليونانيين الأوائل ، الذين اكتشفوا أنه إذا تم فرك قطعة من العنبر ثم جلبها بالقرب من أجزاء من القش ، فإن القش سوف يقفز إلى العنبر, نحن نعلم الآن أن الجذب بين العنبر والقش يرجع إلى قوة كهربائية.

الشحنة الكهربائية Electrical Charge

في الطقس الجاف ، يمكنك إحداث شرارة عن طريق المشي على أنواع معينة من السجاد ثم إحضار أحد أقربائك بالقرب من مقبض الباب المعدني الدليل على وجود شحنة كهربية على جسمك يمكن الكشف عنه بلمس زميلك. عند الظروف المناسبة سوف تلاحظ شرارة وكذلك ستشعر بوخزة خفيفة, يمكنك أيضًا إنتاج شرارات متعددة عند سحب سترة من جسمك أو ملابسك من المجفف ، على سبيل المثال

شكل1 (التصاق ثابت) ، ظاهرة كهربائية تصاحب الطقس الجاف ، تجعل هذه القطع من الورق تلتصق ببعضها البعض وبالمشط البلاستيكي ، اوتلتصق ملابسك بجسمك.

تكشف هذه الأمثلة أن لدينا شحنة كهربائية في أجسادنا ، وسترات ، وسجاد ، ومقابض أبواب ، وصنابير ، وأجهزة كمبيوتر. ، يحتوي كل جسم على كمية هائلة من الشحنة الكهربائية. الشحنة الكهربائية هي خاصية جوهرية للجسيمات الأساسية التي تتكون منها تلك الأجسام ؛ أي أنها خاصية تأتي تلقائيًا مع تلك الجسيمات أينما وجدت.



الشكل 1.1 القوى الكهربية بين (a) جسمين مشحونين بشحنة مختلفة (b) وجسمين مشحونين بشحنات متشابهة.

الدليل على وجود شحنة كهربية على جسمك يمكن الكشف عنه بلمس زميلك. عند الظروف المناسبة سوف تلاحظ شرارة وكذلك ستشعر بوخزة خفيفة. مثل هذه التجارب تعمل بشكل جيد في يوم جاف لان وجود الرطوبة في الهواء تجعل الشحنة المتراكمة تتسرب من جسمك إلى الأرض.

في سلسلة من تجارب بسيطة وجد العلماء ان هناك نوعين من الشحنات الكهربية،

والتي أعطي لها العالم بنجيمين فرانكلين Benjamin Franklin اسم موجب positive وسالب negative (1706–1790). عرفت الالكترونات بامتلاكها شحنة سالبة والبروتونات شحنة موجبة. للتقق من وجود نوعين من الشحنات افترض ان ساق من المطاط تم دلكه بقطعة من الفرو وعلق بواسطة خيط كما هو موضح في الشكل 1.1. عندما تقوم بدلك ساق من الزجاج بقطعة من الحرير ووضع بجوار الساق المطاطي المعلق فان الساقين ينجذبان نحو بعضهما البعض (الشكل 1.1 a). على الجانب الأخر اذا شحن ساقين من المطاط (أو ساقين من الزجاج) بالدلك وقرب من بعضهما البعض كما هو موضح في الشكل 2.1 b فانهما يتنافران. هذه الملاحظات تثبت ان كلا من المطاط والزجاج امتلكا نوعين مختلفين من الشحنات عليهما. على أساس هذه الملاحظات نستنتج ان **الشحنات المتشابهة تتنافر مع بعضها البعض والشحنات المختلفة تتجاذب مع بعضها البعض.**

باستخدام الاصطلاح الذي اقترحه فرانكلين Franklin ان الشحنة على ساق الزجاج تكون موجبة والشحنة على ساق المطاط شحنة سالبة. لهذا أي جسم مشحون ينجذب لساق المطاط المشحون (او يتنافر مع ساق الزجاج المشحون) يجب ان يمتلك شحنة موجبة، واي جسم مشحون يتنافر مع ساق المطاط المشحون (او ينجذب نحو ساق الزجاج المشحون) يجب ان يمتلك شحنة سالب.

باستخدام الاصطلاح الذي اقترحه فرانكلين Franklin ان الشحنة على ساق الزجاج تكون موجبة والشحنة على ساق المطاط شحنة سالبة. لهذا أي جسم مشحون ينجذب لساق المطاط المشحون (او يتنافر مع ساق الزجاج المشحون) يجب ان يمتلك شحنة موجبة، واي جسم مشحون يتنافر مع ساق المطاط المشحون (او ينجذب نحو ساق الزجاج المشحون) يجب ان يمتلك شحنة سالب.

جانب اخر مهم نستنتجه من هذه التجارب هو ان الشحنة الكهربية دائما محفوظة في النظام المعزول. أي انه عندما نقوم بدلك جسمين مع بعضهما البعض فان الشحنة المتكونة لا تنشأ من العدم. حالة التكهرب (عملية الشحن) هي نتيجة لانتقال الشحنة من جسم إلى أخر. يكتسب جسم شحنة سالبة محددة في حين ان الجسم الثاني يكتسب شحنة موجبة بنفس المقدار. على سبيل المثال عندما يم دلك ساق من الزجاج بقطعة من الحرير كما هو موضح في الشكل 2.1 فان الحرير يحصل على شحنة سالبة تساوي في المقدار الشحنة الموجبة التي تكونت على ساق الزجاج. نحن الان نعرف من فهمنا للتركيب الذري ان الالكترونات تنتقل خلال عملية الدلك من الزجاج إلى الحرير. بالمثل عندما يتم دلك ساق من المطاط في قطعة من الفرو، فان الالكترونات تنتقل من

الفرو إلى المطاط مما يظهر على المطاط شحنة سالبة وعلى الفرو شحنة موجبة. تتم هذه العملية لان المواد المتعادلة الغير مشحونة تحتوي على عدد من الشحنات الموجبة (بوتونات داخل نواة الذرة) مساويا لعدد الشحنات السالبة (الالكترونات).

في العام 1909 اكتشف العالم روبرت مليكان Robert Millikan (1868–1953) ان الشحنة الكهربية المتكونة بالشحن عبارة عن عدد صحيح من شحنة الالكترون.

بالتعريف العصري نقول ان الشحنة الكهربية q مكممة، حيث ان q هي الرمز المستخدم للشحنة. هذا يعني ان الشحنة الكهربية تتواجد كحزم متقطعة ويمكننا ان نكتب ان $q = \pm Ne$ حيث ان N هي عدد صحيح. تجارب أخرى أجريت في نفس الفترة بينت ان الالكترون يمتلك شحنة $e-$ وان البروتون يمتلك شحنة مساوية لشحنة الالكترون ولكن باشارة معاكسة $e+$. بعض الجسيمات مثل النيوترون لا يمتلك شحنة.

بسبب الحفاظ على الشحنة، كل الكترون يضيف شحنة سالبة لقطعة الحرير وشحنة موجبة تبقى على ساق الزجاج بالمقابل

من المناسب ان نصنف المواد بدلالة قدرة الكتروناتها على الحركة داخل المادة:

الموصلات الكهربية electric conductor وهي المواد التي فيها بعض الالكترونات هي الكتروانت حرة ليست مرتبطة بالذرات ويمكنها ان تتحرك بحرية داخل المادة، والمواد العازلة كهربيا electric insulator وهي المواد التي تكون فيها كل الالكترونات مرتبطة مع الذرات ولا تستطيع الحركة بحرية داخل المادة.

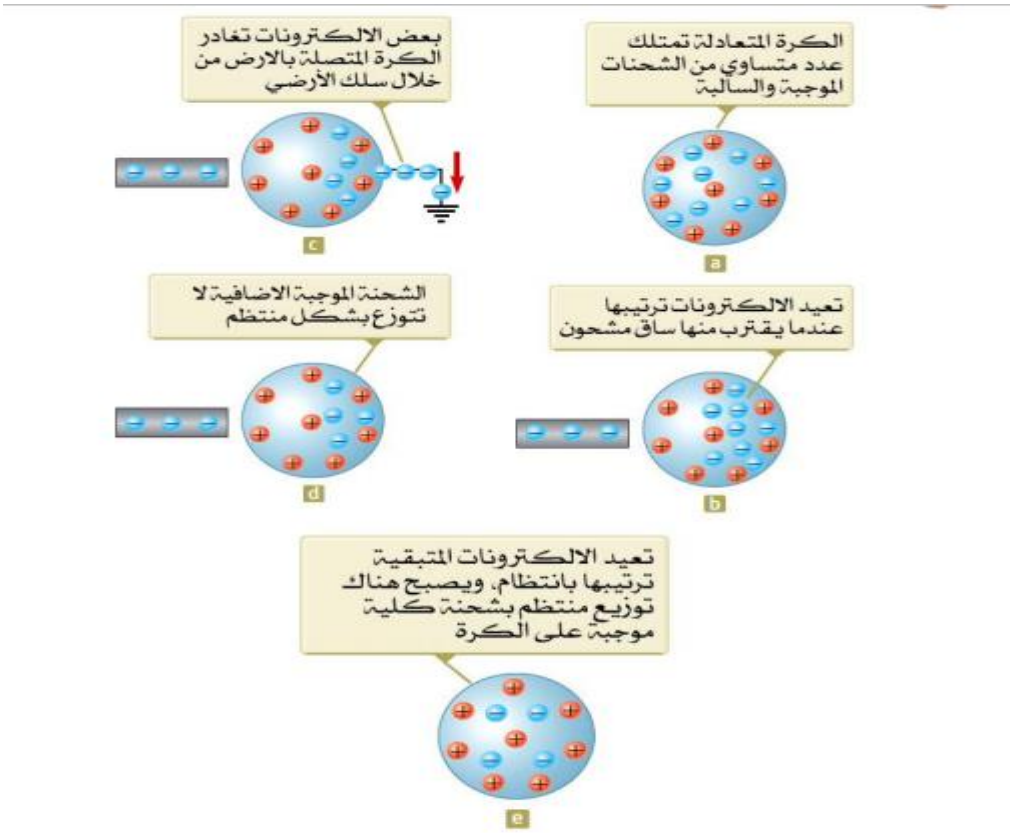
المواد مثل الزجاج والمطاط والخشب الجاف كلها تصنف على انها من المواد العازلة كهربيا. عندما يتم شحن مثل هذه المواد بالدلك فان المنطقة التي تعرضت للدكل تصبح مشحونة والجسيمات المشحونة لا تتستطيع الحركة من منطقة إلى أخرى على المادة.

بالمقابل، المواد مثل النحاس والالومنيوم والفضة هي مواد موصلة جيدا للكهرباء. عندما يتم شحن هذه المواد فان الشحنة توزع نفسها على كامل سطح المادة.

المواد شبه الموصلة semiconductor هي الفئة الثالثة من المواد وخواصها الكهربية تقع بين المواد العازلة والمواد الموصلة. السليكون والجرمانيوم هي امثلة على اشباه الموصلات وتستخدم في صناعة الرقائق الالكترونية المستخدمة في أجهزة الكمبيوتر، والهواتف النقالة وأنظمة الصوتيات والفيديو المنزلية. الخواص الكهربية لاشباه

الموصلات يمكن ان تتغير بإضافة مقادير محددة من الذرات لهذه المواد.

لفهم كيفية شحن مادة موصلة فان هذا يتم من خلال علمية تسمى الحث induction، اعتبر كرة موصلة غير متعادلة كهربيا (غير مشحونة) معزولة عن الأرض كما هو موضح في الشكل a. هناك عدد متساوي من الالكترونات والبروتونات في الكرة اذا كانت الشحنة على الكرة تساوي صفر تماما. عندما نقوم بشحن ساق من المطاط بشحنة سالبة وتقريب الساق من الكرة فان الالكترونات على الكرة الأقرب من الساق تتعرض لقوة تنافر وتبتعد إلى الجهة المقابلة للكرة. هذا الابتعاد للالكترونات يترك الجانب المواجه للساق المطاطية مشحونا بشحنة موجبة بسبب ابتعاد الالكترونات في هذه المنطقة كما هو في الشكل b. (الجانب الايسر من الكرة في الشكل b موجب الشحنة كما لو ان الشحنات الموجبة تحركت الى هذه المنطقة ولكن تذكر ان الالكترونات هي القابلة للحركة فقط). هذه العملية تحدث حتى اذا لم يلمس الساق الكرة. اذا أجريت نفس التجربة مع سلك من مادة موصلة يصل الكرة مع الأرض كما في الشكل ، فان بعض الالكترونات في الموصل سوف تتنافر بقوة بسبب وجود الالكترونات السالبة على الساق المطاطية وتتحرك خارج الكرة عبر السلك ومن ثم تتسرب إلى الأرض. الرمز ⏚ الموضح في الشكل c في نهاية السلك يشير إلى ان السلك موصلا بالأرض،



الشكل . ـ شحن جسم معدني بواسطة الحث. (a) كرة معدنية متعادلة. (b) ساق مطاطية مشحونة وضعت بجوار الكرة. (c) الكرة متصلة مع الأرض. (d) إزالة الاتصال مع الأرض. (e) ابعاد الساق المطاطية.

وهذا يعني ان الأرض تعمل كمستودع للشحنات حيث يمكنها ان تستقبل الكترونات من الاجسام الأخرى او تعطي للاجسام الأخرى دون ان تتأثر خواصها الكهربية. اذا ازيل السلك المتصل مع الأرض كما في الشكل ' ˜ d فان الكرة الموصلة تحتوي على شحنة موجبة مستحثة إضافية لانها تمتلك الكترونات اقل لتلغي تأثير الشحنة الموجبة للبروتونات. عندما يبتعد الساق المطاطية عن الكرة كما في الشكل ' ˆ e، فان الشحنة الموجبة المستحثة هذه تبقى على الكرة الغير متصلة بالأرض. لاحظ ان الساق المطاطية لا تفقد أي من شحنتها السالبة اثناء هذه العملية.

يتطلب شحن جسم بالحث عدم وجود اتصال مع الجسم الموفر للشحنة. هذا بالمقارنة مع الشحن بواسطة الدلك (أي بواسطة التوصيل)، والذي يتطلب اتصال بين الجسمين.

3.1 قانون كولوم Coulomb's Law

قاس العالم تشارلز كولوم Charles Coulomb مقدار القوى الكهربية بين الاجسام المشحونة باستخدام ميزان اللي الموضح في الشكل 5.1 الذي اخترعه كولوم. مبدأ عمل ميزان اللي مشابه للادوات التي استخدمها كافيدنش Cavendish لقياس ثابت الجاذبية، الا ان كولوم استبدل الكرتين المتعادلتين كهربيا بكرتين مشحونتين. القوة الكهربية بين الكرة A والكرة B في الشكل 5.2 تتسبب في تجاذب او تنافر الكرتين مع بعضهما البعض، وينتج عن ذلك حركة تتسبب في التواء خيط التعليق. لان الازدواج الناتج هنا يتناسب طرديا مع زاوية الدوران، لذا فان قياس هذه الزاوية يعطي قياس للقوة التجاذب أو التنافر الكهربية. بمجرد شحن الكرتين بالدل فان القوة الكهربية تصبح اكبر بكثير من قوى الجاذبية بين كتلتيهما وبالتالي نهمل قوى الجاذبية بين الكرتين.

من تجارب كولوم، نستطيع ان نعمم خواص القوة الكهربية (وفي بعض الأحيان تعرف باسم القوة الكهروستاتيكية electrostatic force) بين جسمين مشحونين مستقريين.

نستخدم شحنة نقطية للإشارة إلى جسيم مشحون حجمه صفر، وبالتالي يمكن دراسة السلوك الكهربي للالكترونات والبروتونات باعتبارها شحنات نقطية. من الملاحظات العملية وجد ان مقدار القوة الكهربية (وتعرف أيضا بقوة كولوم Coulomb force) بين شحنتين نقطيتين يعطى بقانون كولوم Coulomb's law.

$$F_e = k_e \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \qquad (\quad$$

حيث ان k_e هو ثابت يعرف بثابت كولوم. وتعتبر القوى الكهربية قوى محفوظة مثلها مثل قوى الجاذبية.

قيمة ثابت كولوم تعتمد على اختيار الوحدات. وحدة الشحنة الكهربية هي الكولوم ويرمز لها بالرمز C. وثابت كولوم k_e بالوحدات القياسية SI له القيمة

$$k_e = 8.9876 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

كما يمكن كتابة الثابت k_e على النحو التالي

$$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}$$

حيث ان الثابت ε_o (الرمز اليوناني ابسيلون) يعرف بثابت السماحية للفراغ permittivity of free space وله القيمة

$$\varepsilon_o = 8.8542 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$$

اصغر وحدة للشحنة الحرة في الطبيعة هي شحنة الالكترون e وتكون $-e$ للالكترون و$+e$ للبروتون ولها القيمة التالية

$$e = 1.60218 \times 10^{-19} \text{ C}$$

لهذا فان مقدار 1 C من الشحنة يعادل تقريبا شحنة 6.24×10^{18} الكترون او بروتون.

الجدول 1 شحنة وكتلة كلا من الالكترون والبروتون والنيوترون

الجسيم	الشحنة (C)	الكتلة (kg)
الكترون (e)	$-1.6021765 \times 10^{-19}$	9.1094×10^{-31}
بروتون (p)	$+1.6021765 \times 10^{-19}$	1.67262×10^{-27}
نيوترون (n)	0	1.67262×10^{-27}

مثال 1.1 ذرة الهيدروجين The Hydrogen atom

المسافة التي تفصل بين الالكترون والبروتون في ذرة الهيدروجين تقدر بـ 5.3×10^{-11} m. أوجد مقدار القوة الكهربية وقوة الجاذبية بينهما.

باستخدام قانون كولوم لايجاد مقدار القوة الكهربية:

$$F_e = k_e \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = (8.99 \times 10^9 N.\frac{m^2}{C^2}) \frac{(1.6 \times 10^{-19} C)^2}{(5.3 \times 10^{-11} m)^2}$$

$$= 8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

باستخدام قانون نيوتن للجذب العام والجدول 1.1 لكتل الجسيمات لايجاد مقدار القوة الجاذبية بين الالكترون والبروتون:

$$F_g = G \frac{m_e m_p}{r^2}$$

$$= (6.67 \times 10^{-11} N.\frac{m^2}{kg^2}) \frac{(9.11 \times 10^{-31} kg)(1.67 \times 10^{-27} kg)}{(5.3 \times 10^{-11} m)^2}$$

$$= 3.6 \times 10^{-47} \text{ N}$$

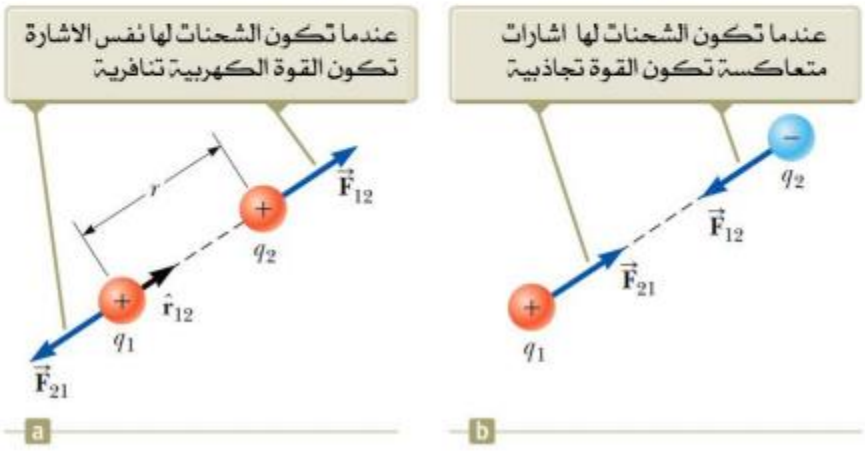
النسبة بين $F_e/F_g \approx 2 \times 10^{39}$. لهذا فان القوة الجاذبية بين الجسيمات الذرية المشحونة مهملة عندما نقارنها مع القوة الكهربية. لاحظ ان شكل قانون نيوتن للجذب العام يشبه قانون كولوم للقوة الكهربية.

الصيغة الاتجاهية لقانون كولوم

عندما نتعامل مع قانون كولوم تذكر ان القوة هي كمية متجهة ويجب ان نتعامل معها على هذا الأساس. يعبر عن قانون كولوم في صورته الاتجاهية من خلال القوة الكهربية المبذولة على الشحنة q_1 على الشحنة q_2 نعبر عنها على النحو التالي:

$$\vec{\boldsymbol{F}}_{12} = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{\boldsymbol{r}}_{12}$$

حيث $\hat{\boldsymbol{r}}_{12}$ هو متجه الوحدة ويتجه من الشحنة q_1 إلى الشحنة q_2 كما هو موضح في الشكل a. حيث ان القوة الكهربية تخضع لقانون نيوتن الثالث فان القوة الكهربية المبذولة بواسطة الشحنة q_2 على الشحنة q_1 تساوي في المقدار القوة الكهربية المبذولة بواسطة الشحنة q_1 على الشحنة q_2 وفي الاتجاه المعاكس أي ان $\vec{\boldsymbol{F}}_{12} = -\vec{\boldsymbol{F}}_{21}$.



REFERENCE

1- Based Physics I by Jeffrey W. Schnick Copyright 2005-2008, Jeffrey W. Schnick, Creative Commons Attribution Share-Alike License 3.0. You can copy, modify, and rerelease this work under the same license provided you give attribution to the author. See http://creativecommons

2- FUNDAMENTALS OF PHYSICS HALLIDAY & RESNICK 9^{th} EDITION Jearl Walker Cleveland State University