جامعة الموصل / كلية التربية للعلوم الصرفة / قسم الفيزياء

الكهربائية والمغناطيسية

المرحلة الأولى

مدرس المادة / م. بشار باسم جارو

المحاضرة الأولى

الشحنة والمادة

قانون حفظ الشحنة

الشحنة والمادة Charge & Matter

1-1 الشحنات الكهربائية Electric Charges

من المعروف جيداً أنه عند دلك مادتين ببعضهما فإن كل مادة منهما تمتلك خاصية جذب الأشياء الخفيفة. وعندئذ نقول بأن كلا الجسمين قد تكهرب electrified. أي إنه قد أكتسب شحنة كهربائية. هناك ظواهر عديدة تدل على التكهرب منها تكهرب، المشط وسماع طقطقة خفيفة أثناء تمشيط الشعر، وتعرضك لصعقة كهربائية خفيفة عندما تمسك مقبض باب السيارة بعد نزولك منها. وإن التجارب العديدة التي أجريت على دراسة هذه الظواهر دلت على أن هناك نوعين من الشحنات الكهربائية، شحنات موجبة وشحنات سالبة.

1-2 الشحنة والمادة Charge and Matter

تتركب ذرات المادة أساساً من ثلاث دقائق هامة هي البروتون والنيوترون والإلكترون، فالنيوترون كما هو معروف متعادل كهربائياً فهو لايحمل شحنة كهربائية أما البروتون فيحمل شحنة كهربائية تعادل الشحنة السالبة للإلكترون في المقدار. وتتكون الذرة من نواة تتكدس فيها البروتونات والنيوترونات فهي بذلك موجبة الشحنة محاطة بسحابة من الإلكترونات السالبة. والذرة الاعتيادية غير المشحونة تكون متعادلة كهربائيا نظراً لأنها تحتوي على عدد متساو من الإلكترونات والبروتونات. إن كتلة البروتون تقريبا مساوية لكتلة النيوترون كما مبين في الجدول (1-1)، على حين نجد أن كتلة الإلكترون الساكن أصغر بحوالي 1840 مرة من كتلة البروتون. لذا فإن كتلة الذرة تعد ممركزة في نواتها.

الجسيم	الكتلة	الشحنة
الإلكترون	9.1091×10^{-31} kg	-1.6021×10^{-19} C
البروتون	1.6725×10^{-27} kg	$+1.6021 \times 10^{-19}$ C
النيوترون	1.6748×10^{-27} kg	0

3-1 قانون حفظ الشحنة Charge Conservation

يتبين مما تقدم أن عملية الدلك لاتخلق الشحنة بل تيسير الأمر لإنتقالها من جسم لآخر فتخل بحالة التعادل الكهربائي للأجسام. وبذلك فان الشحنة لاتفنى ولا تستحدث. وهذا ما يعرف بقانون حفظ الشحنة. إن الأدلة التي تثبت صحة ذلك كثيرة نذكر منها على سبيل المثال، عندما يتحد الإلكترون Electron بالبوزترون Positron مكونا أشعة گاما Gamma Ray، فتتحول كلتا الدقيقتين إلى طاقة طبقاً لمعادلة إينشتاين المشهورة $E = mc^2$. فمن المعروف أن شحنة الإلكترون ويرمز لها $(-e)$ مساوية ومعاكسة لشحنة البوزترون ويرمز لها $(+e)$، وواضح جداً أن مجموع شحنتي الدقيقتين هو صفر قبل التفاعل وبعده. مثال آخر نورده للدلالة على صحة قانون حفظ الشحنة هو ما يحدث خلال التفاعلات النووية، فعندما يقصف البريليوم Beryllium بدقائق ألفا السريعة، ينبعث النيوترون تاركاً الكاربون نواة متبقية. ومن الممكن تمثيل هذا التفاعل بالمعادلة الآتية:

$$_2He^4 + {}_4Be^9 \longrightarrow {}_6C^{12} + {}_0n^1$$

ومن ملاحظة هذه المعادلة يتضح بان المجموع الجبري للأعداد الذرية قبل التفاعل (2+4) يساوي المجموع الجبري للأعداد الذرية الناتجة من التفاعل (6+0). مما يؤكد صحة قانون حفظ الشحنة.

المحاضرة الثانية

المواد الموصلة والعازلة

1-4 المواد الموصلة والمواد العازلة Conductors and Insulator

تختلف المواد من حيث قابليتها في نقل الشحنات الكهربائية خلالها وبصورة عامة يمكن تقسيمها إلى ثلاثة أصناف. المواد الموصلة:

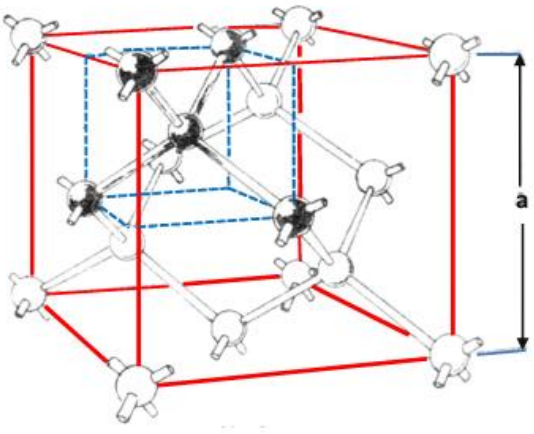
أ- المواد الموصلة:

وهي المواد التي تنتقل فيها الشحنة الكهربائية في الحال. وتعتبر المعادن من أجود المواد إيصالاً للكهربائية وعلى رأسها الفضة ويليه النحاس فالألمنيوم. إن ذلك يعود إلى التركيب البلوري Crystal Structure لهذه المعادن حيث يتراصف عدد من الذرات مكونا نظاماً هندسياً معيناً يسمى شبكة بلورية Crystal Lattice، ويتكرر هذا التنظيم في إتجاهات ثلاث متعامدة مكوناً الجسم الذي نراه. إن إلكترونات المدارات الخارجية للذرات التي تسمى إلكترونات التكافؤ (وعددها يتراوح بين 1 إلى 3 في المعادن) تكون جميعها مشتركة بين جميع الذرات فهي ليست تابعة لذرة معينة. على حين نجد ان إلكترونات المدارات الداخلية تكون مرتبطة بنواة ذراتها بقوى كهربائية قوية، وتسمى الإلكترونات المقيدة Bound Electrons. عليه فان إرتباط الإلكترونات الخارجية بنواة الذرة يكون ضعيفاً فهي حرة في التنقل داخل التركيب البلوري للمعدن ولهذا تدعى أيضاً بالإلكترونات الطليقة Free Electrons. وبتنقلها هذا تجعل المعادن متميزة عن غيرها في جودتها للتوصيل الكهربائي. وسوف نأتي إلى بحث هذه النقطة بالتفصيل في فصل قادم.

ب- المواد العازلة:

وهي المواد التي لاتنتقل خلالها الشحنة الكهربائية في الحال لعدم احتوائها على إلكترونات طليقة، إذ إن جميع إلكترونات المدار الخارجي لذرة مرتبطة بالشبيكة البلورية أو التركيب الجزيئي للمادة. من أمثال هذه المواد المايكا والكبريت والزجاج والبلاستيك. ولتوضيح ذلك لابد من دراسة التركيب البلوري للمادة العازلة ولنأخذ مثلا ألماس Diamond وذلك لبساطة تركيبه البلوري المكون من تراصف ذرات الكاربون بشكل هندسي منظم كما هو مبن في الشكل (3-1)

حيث نجد أن الذرات الخارجية تشكل مكعباً كبيراً، وان كل ذرة مربوطة بأواصر كيمياوية chemical Bonds



الشكل (3-1) التركيب البلوري للماس

المحاضرة الثالثة

المواد شبه الموصلة

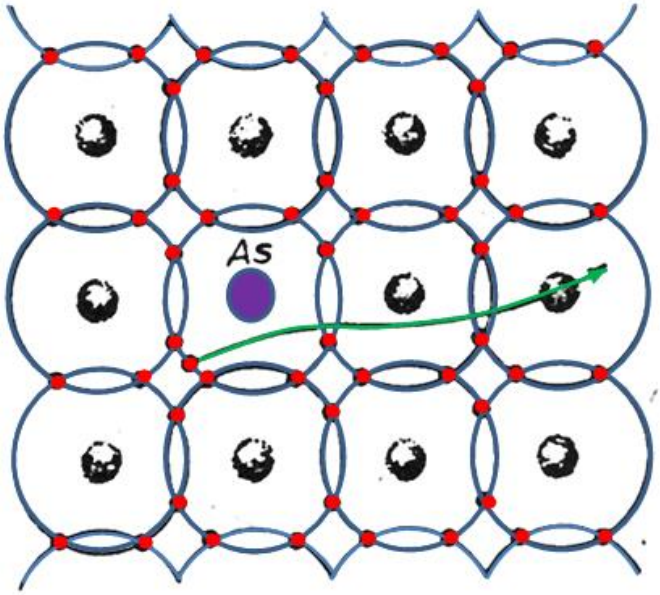
ج- المواد شبه الموصلة Semiconductors

وهي تلك المواد التي لها خواص وسطية بين الموصلات والعوازل من حيث قابليتها في التوصيل الكهربائي ومن أشهرها الجرمانيوم والسيلكون. ولهذين العنصرين أهمية خاصة في التكنولوجيا لإستعمالها في صناعة الترانزستورات والخلايا الشمسية. إن الجرمانيوم (كما بينا) رباعي التكافؤ مثله في ذلك مثل السيلكون والكاربون، كما أن له نفس التركيب البلوري للماس الموضح في الشكلين (3-1) و (4-1). فلو أخذنا بلورة نقية لعنصر الجرمانيوم وهي في درجة

حرارة منخفضة جدا وقريبة من الصفر المطلق. لوجدنا بأن جميع الإلكترونات مشدودة بواسطة الأواصر التي سبق ذكرها. وعلى هذا الأساس يمكن عد الجرمانيوم ومعظم أشباه الموصلات عوازلاً قوية. ولكن إذا إرتفعت درجة حرارة البلورة إلى درجة حرارة الغرفة الإعتيادية مثلا، فان الطاقة الحرارية التي تكتسبها الإلكترونات تكون كافية لكسر بعض الأواصر وتحرير قسم من الإلكترونات لتتجول داخل البلورة.

وكذلك بالإمكان زيادة قابلية التوصيل الكهربائي بإضافة كميات صغيرة من الشوائب Impurities إلى بلورة الجرمانيوم مثل الزرنيخ Arsenic أو القصدير Antimony أو أي عنصر خماسي التكافؤ.

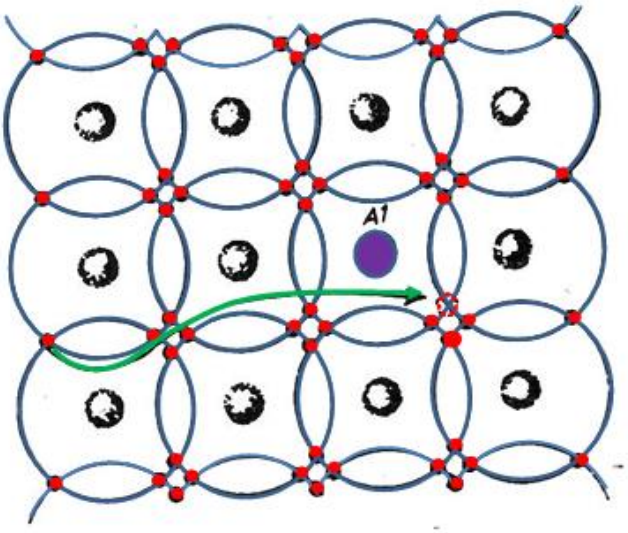
إن الشكل (5-1) يمثل رسماً تخطيطياً مسطحا لبلورة الجرمانيوم وقد حلت ذرة زرنيخ بدلاً من ذرة جرمانيوم، فكما هو موضح بالشكل فان كل ذرة زرنيخ ترتبط بذرات الجرمانيوم الأربع المجاورة لها (كما سبق شرحه) بأربعة إلكترونات فقط من الخمسة الموجودة في مدارها الخارجي.



الشكل (5-1) رسم تخطيطي مسطح لبلورة الجرمانيوم المشوبة بالزرنيخ

أما الإلكترون الخامس فيبقى طليقاً، ليقوم بمهمة التوصيل الكهربائي في المادة ولكن بدرجة أضعف مما هو عليه في المعادن. وتعد بلورة الجرمانيوم التي تحتوي على الزرنيخ مادة نصف موصلة من النوع السالب Negative – Type Semiconductor، نظراً لأن الإلكترونات السالبة هي المسؤولة عن توصيل الكهربائية في المادة.

كما يمكن زيادة التوصيل الكهربائي في الجرمانيوم بإضافة كمية صغيرة من أحد العناصر الثلاثية التكافؤ كالألمنيوم أو البورون إلى بلورة الجرمانيوم، فالشكل (6–1) يمثل رسماً مسطحاً لبلورة الجرمانيوم وقد إحتوت على ذرة المنيوم بدلاً من أحدى ذرات الجرمانيوم كمادة شائبة. إن عجز ذرة ألمنيوم عن تهيأة الإلكترون الرابع لكي تكتمل الشبيكة البلورية وترتبط ذرة الألمنيوم (الذي يحتوي مدارها الخارجي على ثلاثة إلكترونات) بذرات الجرمانيوم الأربع المجاورة كما هو موضح بالشكل، يولد فراغاً في البلورة يدعى الفجوة Hole. هذه الفجوة تكون على إستعداد لتقبل إلكترونا في الحال لكي يملأ الفجوة، والإلكترون الذي يملأ هذه الفجوة سيترك بدوره فجوة أخرى تكون مهيأة لإستقبال إلكترون آخر، وبهذا يتكون مايمكن إعتباره نمطاً لنقل الشحنات الكهربائية، فبدلاً من أن نتكلم عن هذه الإلكترونات، يبدو أنه أكثر ملائمة أن نتكلم عن الفجوات ونعاملها كشحنات مماثلة للإلكترونات ولكنها تحمل شحنة موجبة. ولذا فان بلورة الجرمانيوم التي تحتوي على الألمنيوم عنصراً شائباً تعد مادة نصف موصلة من النوع الموجب Positive – Type Semiconductor.



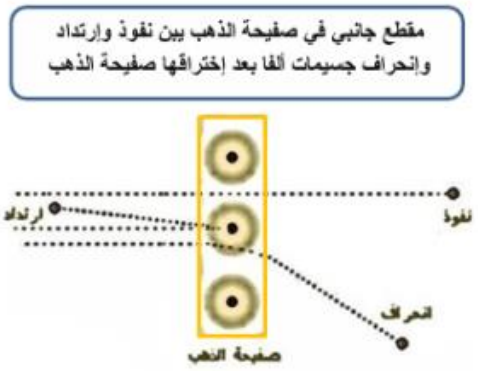
الشكل (6-1) رسم تخطيطي مسطح لبلورة الجرمانيوم المشوبة بالألمنيوم

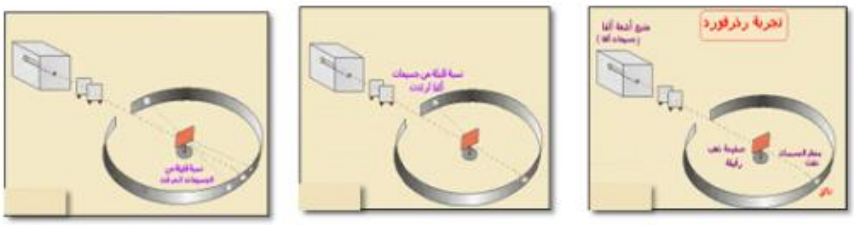
المحاضرة الرابعة

تجربة رذرفورد

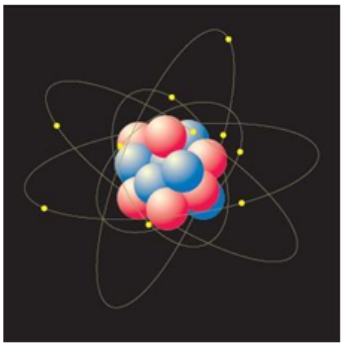
5-1- تجربة رذرفورد: Rutherford Experiment

أسقط رذرفورد حزمة سريعة من جسيمات ألفا ناظمياً على صفيحة رقيقة من الذهب، وتلقى الجسيمات التي إخترقت الذهب أو التي إرتدت بواسطة شاشة متألقة ومجهر دوّار.





نتائج تجربة رذرفورد:



(معظم جسيمات ألفا نفذت من الصفيحة بدون إنحراف) يدل ذلك أن معظم الذرة فراغ (نسبة قليلة من جسيمات ألفا ارتدت) يدل ذلك على إصطدامها بالنواة الكثيفة التي تتجمع فيها معظم كتلة الذرة (نسبة قليلة من جسيمات ألفا انحرفت عن مسارها) يدل ذلك على تنافر جسيمات ألفا مع النواة الموجبة.

تتألف الذرة حسب نموذج رذرفورد من:

نواة موجبة الشحنة تتركز فيها معظم كتلة الذرة إلكترونات سالبة تدور حول النواة على أبعاد شاسعة عنها فراغ يمثل معظم حجم الذرة (الذرّة متعادلة كهربائياً) مجموع الشحنات الموجبة للنواة يساوي مجموع الشحنات السالبة للإلكترونات.

المحاضرة الخامسة

قانون كولوم

1-6 قانون كولوم Coulomb's Law

كان العالم الفرنسي شارل أوغسطين كولوم (1736 – 1806) أول من قام بدراسة مستفيضة حول القوى بين الأجسام المشحونة وذلك في عام 1785. أما النتائج العملية لهذه الدراسة فيمكن تلخيصها بما يأتي:

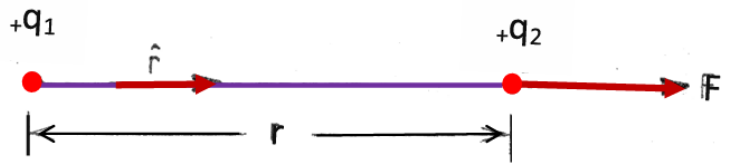
1 – الشحنات المتشابهة تتنافر والشحنات المختلفة تتجاذب.
2 – مقدار قوة التجاذب أو التنافر بين شحنتين تتناسب عكسياً مع مربع المسافة بينهما.
3 – مقدار قوة التجاذب أو التنافر بين شحنتين تتناسب طردياً مع حاصل ضرب الشحنتين.
4 – إتجاه القوة يقع على إمتداد الخط المستقيم الذي يصل بين الشحنتين.

إن هذه النتائج تعد صحيحة بالنسبة للشحنات النقطية Points Charge. وهي تلك الشحنات التي أبعادها صغيرة بالنسبة للمسافات الفاصلة بينها. ومن هذه النتائج إستنتج كولوم قانون التجاذب أو التنافر الكهربائي الذي يشبه قانون نيوتن في الجذب العام الذي وضع قبل تجارب كولوم بأكثر من 100 عام.

ينص قانون كولوم على أن القوة الكهروستاتيكية بين شحنتين نقطيتين في حالة سكون تتناسب طردياً مع حاصل ضرب مقدار الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما.

ويمكن وضع صيغته الرياضية بالشكل الآتي:

$$F = \frac{q_1\, q_2}{r^2} \qquad \cdots (1-1)$$



الشكل (1-7) قانون كولوم

إذ إن F كما مبين في الشكل (1–7) تمثل القوة الكهروستاتيكية المؤثرة على الشحنة النقطية q_2 من قبل الشحنة النقطية q_1 (وهي نفس القوة المؤثرة من قبل الشحنة q_2 على الشحنة q_1 ولكن بعكس الإتجاه)، و r تمثل المسافة بين الشحنتين.

Activate Windows
Go to Settings to activate

ولما كانت القوة هي كمية متجهة وكذلك الإزاحة هي الأخرى كمية متجهة، فمن الأفضل كتابة قانون كولوم بصيغة رياضية تشير إلى إتجاه القوة إضافة إلى مقدارها. وبعد تحويل التناسب في المعادلة (1–1) إلى مساواة يصبح قانون كولوم بالشكل الآتي:

$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \qquad \cdots (1-2)$$

إذ إن k تمثل مقدارا ثابتا تعتمد قيمته على نظام الوحدات المستعملة وكذلك على نوع الوسط الفاصل بين الشحنتين، كما أن الحرف الذي فوقه سهم يشير إلى كونه يمثل كمية إتجاهية، والرمز $\hat{r}$ هو متجه مقداره واحد وإتجاهه من q_1 إلى q_2 ويسمى وحدة المتجه Unit Vector.