اعداد

م.م. احمد محمد خضر م.م. عبير ابراهيم اعشوي

المحاضرة الثالثة

الفيزياء العامة

المواد الموصّلة والمواد العازلة وشبه الموصلة

(Conductors ,Insulators and Semiconductor)

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

المواد الموصّلة (Conductors)

وهي المواد التي تنتقل خلالها الشحنة الكهربائية في الحال ، وتعتبر المعادن (Metals) من أجود المواد إيصالا للكهربائية وعلى رأسها الفضة ثم يليه النحاس فالألمنيوم وذلك يعود إلى التركيب البلوري (Crystal Structure) لهذه المعادن حيث يتراصف عدد من الذرات مكونا نظاما هندسيا معينا يسمى التنظيم البلوري (Crystal Lattice) ، حيث يكون ارتباط إلكترونات المدارات الخارجية بنواة الذرة ضعيفا أي تكون حرة في التنقل داخل التركيب البلوري للمعدن ولهذا تدعى أيضا بالإلكترونات الطليقة (Free Electrons) وبتنقلها هذا تجعل المعادن متميزة عن غيرها في قابليتها للتوصيل الكهربائي .

المواد العازلة (Insulators)

وهي المواد التي لا تنقل خلالها الشحنة الكهربائية في الحال لعدم إحتوائها على إلكترونات طليقة ، حيث أن جميع إلكترونات المدار الخارجي للذرة تكون مرتبطة بالتنظيم البلوري أو التركيب الجزيئي للمادة ، ومن أمثلة هذه المواد هي المايكا والكبريت والزجاج والبلاستك .

المواد شبه الموصلة (Semiconductors)

وهي تلك المواد التي لها خواص وسطية بين الموصّلات والعوازل من حيث قابليتها في التوصيل الكهربائي ، حيث يمكن زيادة قابلية التوصيل الكهربائي لها من خلال زيادة درجة حرارتها أو بإضافة كميات صغيرة من الشوائب إليها ومن أشهرها الجيرمانيوم والسليكون اللذان لهما أهمية خاصة في التكنولوجيا لإستعمالهما في صناعة الترانزسترات والخلايا الشمسية .

تركيب الذرة

تتكون الذرة من البروتونات والنيوترونات التي تُشكل النواة، والإلكترونات التي تُحيط بالنواة، وعليه تُعد النواة أكثر أجزاء الذرة كثافةً، ومن الجدير بالذكر أنّ البناء الذري ككل يعتمد على نواة الذرة وتوزيع الإلكترونات حولها، كما يُساوي العدد الذري لعنصرٍ ما عدد البروتونات الموجودة في ذرته، بالإضافة إلى أنّ التركيب الذري يختلف من عنصر لآخر ممّا يعطي لكل عنصر خصائص فيزيائية وكيميائية مميزة.[٤] وتُعرف الجسيمات تحت الذرية أو دون الذرية بأنّها الجسيمات التي تُكوّن الذرة، وعليه تُوضّح ماهية هذه الجسيمات على النحو الآتي:

1- **البروتونات:** تُعد البروتونات جسيمات تحت ذرية موجبة الشحنة موجودة في أنوية الذرات، ويُذكر أنها اكتُشفت على يد رذرفورد تجريبياً باستخدام أنابيب الأشعة المهبطية في الفترة ما بين 1911-1919م.

2- **الإلكترونات:** تُعد الإلكترونات جسيمات تحت ذرية سالبة الشحنة، وهي موجودة خارج النواة وتُحيط بها، ومن الجدير بالذكر أنّ الإلكترون يحمل شحنة سالبة تُساوي 1.602×10^{-19} كولوم، كما تُعدّ كتلته صغيرة جداً مقارنة بالبروتونات والنيوترونات؛ إذ تُساوي 9.10938×10^{-31} كغم، أي تقريباً 5×10^{-4} من كتلة البروتون.

3- **النيوترونات:** تُعد النيوترونات جسيمات تحت ذرية متعادلة الشحنة، وهي أكبر الجسيمات تحت الذرية كتلةً، ويُذكر أنّها تُوجد في نواة الذرة، وتربطها بالبروتونات قوة تسمى القوة النووية القوية، كما يُذكر أنّها المسؤولة عن إشعاع الذرات حتى ولو لم تُؤثّر على شحنتها. ويجدر الذكر أنّ كتلة البروتون تساوي 99.86% من كتلة النيوترون، وأنّ عدد البروتونات يختلف من عنصر لآخر؛ فالكربون مثلاً يملك 6 بروتونات، بينما يملك الهيدروجين بروتونًا واحدًا فقط، كما أنّ عدد البروتونات يتحكم في خصائص العنصر الفيزيائية والكيميائية، فضلاً عن أنّ العناصر بشكل عام مرتبة في الجدول الدوري حسب العدد الذري تصاعدياً.

أنواع الذرات

تتعدّد أنواع الذرات على النحو الآتي:

1- الذرات المتعادلة: هي ذرات يتساوى فيها عدد البروتونات التي في النواة مع عدد الإلكترونات التي حولها.
2- الأيونات: هي ذرات مشحونة بسبب فقد أو كسب الإلكترونات.
3- النظائر: تُعرّف النظائر بأنّها ذرات لها نفس عدد البروتونات لكن تختلف في عدد النيوترونات.
4- الذرات المشعة: هي الذرات التي تصدر فيها النيوترونات إشعاعاً في محاولة الوصول نحو الاستقرار.
5- **الشحنة الكهربائية**

تُعرف الشحنة الكهربائية بأنّها إحدى الخصائص التي تحملها جزيئات المادة، والتي لها الأهميّة في تأثُّر جزيئات المادة بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية المُحيطة، وتتكوّن الشحنة الكهربائية من نوعين رئيسيين

ينفصل كل منهما عن الآخر في الطبيعة وهما؛ شحنة كهربائية موجبة، وشحنة كهربائية سالبة، وتُؤثر الشحنات الكهربائية على بعضها البعض بقوتين أساسيتين هما كالآتي

1- **قوة التجاذب:** تتكوّن قوة التجاذب بين الشحنات القريبة من بعضها البعض عند اختلاف نوع الشحنات؛ أي أن تكون إحداهما شحنة موجبة، والأُخرى شحنة سالبة.

2- **قوة التنافر:** تتكوّن قوة التنافر بين الشحنات القريبة من بعضها البعض عند تشابه نوع الشحنات؛ أيّ أن تكون جميع الشحنات موجبة، أو جميعها سالبة.

خصائص الشحنة الكهربائية

تتخذ الشحنة الكهربائية العديد من الخصائص أهمها ما يأتي:

1- **الشحنة الكهربائية مُكمّاة**: ينُص مبدأ تكميم الشحنة على أنّ شحنة الجسم تُساوي عدد صحيح من مضاعفات شحنة الإلكترون؛ بحيث لا يُمكن أن يُوجد جسم مشحون بربع شحنة الإلكترون، أو نصفها، أو أيّ عدد كسري منها، وتُساوي قيمة شحنة الإلكترون 1.602×10^{-19} كولوم.

2- **الشحنة الكهربائية محفوظة**: تتواجد الشحنات الكهربائية في الكون بشكل دائم، إذ لا يمكنها أن تفنى أو تُستحدث، بحيث تبقى كما هي ويمكن للشحنة أن تنتقل من شكل إلى آخر أو تندمج الشحنات فيما بينها، لكن تبقى الكمية الإجمالية للشحنة ثابتة دون تغيير.

قانون كولوم (Coulombs Law)

من المعروف أن المادة تتألف من جسيمات تحمل شحنات كهربائية موجبة ($PositiveCharges$) وأخرى سالبة ($NegativeCharges$) وينتج عن قوى التجاذب ($Attraction$) والتنافر($Repel$) بين هذه الجسيمات العديد من خواص المادة وتلعب دورا متميزا في تقييد الإلكترونات بالشحنات الموجبة للقوى مكونة الأنواع المختلفة من الذرات ، وهي المسؤولة أيضا عن تكوين الجزيئات .

إذن يعتمد الفهم الكامل لخواص المادة والعلاقة بين المادة والكهربائية على معرفة طبيعة القوى الكهربائية الحقيقية بين أي جسمين يحملان شحنتين كهربائيتين وهذا ما حققه العالم الفرنسي شارل كولوم سنة 1785 م في قانونه الذي ينص على

((تتناسب قوة التجاذب أو التنافر بين شحنتين كهربائيتين طرديا مع حاصل ضرب مقدار كل منهما وعكسيا مع مربع البعد بين مركزيهما)) ، ويمكن التعبير عنها رياضيا بالصيغة الآتية :

$$\vec{F}_E \alpha \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$\vec{F}_E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_\circ}\frac{q_1 q_2}{r^2} \ldots (1-12)$$

حيث أن :

$\vec{F}_E$: القوة الكهربائية (تجاذب (-) ، تنافر (+)) .

$\varepsilon_\circ$: السماحية الكهربائية ($ElectricPermeability$) للوسط ويساوي ($8.85x10^{-12} C^2/N.m^2$) .

q_1 : مقدار الشحنة الأولى (كولوم (C)) .

q_2 : مقدار الشحنة الثانية (كولوم (C)) .

r^2 : مربع المسافة بين مركزي الشحنتين (م2 (m^2)) .

ويمكن كتابة المعادلة أعلاه بالصيغة الآتية :

$$\vec{F}_E = k\frac{q_1 q_2}{r^2} \ldots (2-12)$$

حيث أن :

k : ثابت التناسب وقيمته ($8.988x10^9 Nm^2/C^2$) وسوف نستخدمها مقرّبة إلى القيمة ($9x10^9 Nm^2/C^2$) .

ملاحظة : عند تعويض مقدار الشحنات الكهربائية في قانون كولوم يؤخذ بنظر الإعتبار إشارات الشحنات ، وعليه تصبح إشارة قوة التنافر (**موجبة**) بينما إشارة قوة التجاذب (**سالبة**) .

مثال : شحنتان كهربائيتان نقيتان موجبتان مقدار الشحنة الاولى (2µc) ومقدار الشحنة الثانية (6µc) قوالتنافر بينهما (60N) جد مقدار البعد بينهما علما $K=9\times10^9\ Nm^2/c^2$

مثال : وضعت شحنة كهربائية نقطية موجبه مقدارها 3nc على بعد 6cm من شحنة نقطية موجبة أخرى حيث كانت قوة التنافر بينهما 90 N احسب مقدار الشحنة الثانية. علما $K=9\times10^9\ Nm^2/c^2$

مثال : شحنتان نقطيتان البعد بينهما ($30cm$) ، مقدار الشحنة الأولى ($+3\mu C$) ومقدار الشحنة الثانية ($+6\mu C$) ، أوجد مقدارالقوة الكهربائية الناشئة بينهما ؟ وما نوعها ؟

الحل :

$$q_1 = +3\mu C = +3x10^{-6} C$$

$$q_2 = +6\mu C = +6x10^{-6} C$$

$$r = 30cm = 0.3m$$

$$\vec{F}_E = k\frac{q_1 q_2}{r^2} ...(2-12)$$

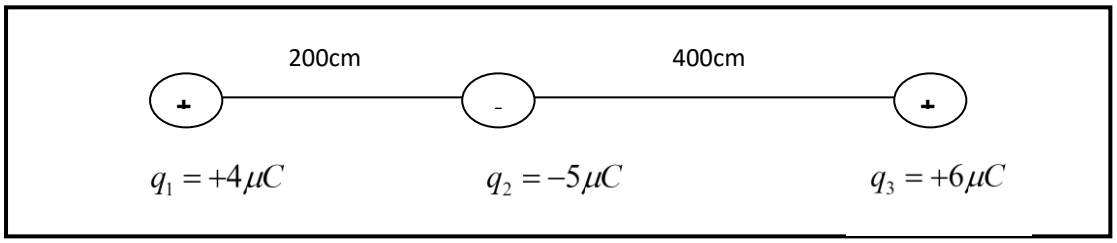
$$\vec{F}_E = (9x10^9).\frac{(+3x10^{-6})(+6x10^{-6})}{(0.3)^2}$$

$$\boxed{\vec{F}_E = +1.8N}$$

و الإشارة الموجبة تشير إلى أن نوع القوة الناشئة بين الشحنتين هي (**قوة تنافر**).

مثال : أوجد مقدار محصلة القوة المؤثرة على مركز الشحنة ($q_2 = -5\mu C$) المرسومة في الشكل الآتي :

الحل :



1 - نحسب مقدار القوة الناشئة بين الشحنة الأولى والشحنة الثانية :

$$\vec{F}_E = k\frac{q_1 q_2}{r^2} ...(2-12)$$

$$\vec{F}_{E\,1,2} = k.\frac{q_1 q_2}{r_{1,2}^{\,2}}$$

$$\vec{F}_{E\,1,2} = (9x10^9).\frac{(+4x10^{-6})(-5x10^{-6})}{(200x10^{-2})^2}$$

$$\boxed{\vec{F}_{E\,1,2} = -0.0450N}$$

و الإشارة السالبة تشير إلى أن نوع القوة بين الشحنتين هي (**قوة تجاذب**).

2 - نحسب مقدار القوة الناشئة بين الشحنة الثالثة والشحنة الثانية :

$$\vec{F}_E = k\frac{q_1 q_2}{r^2}...(2-12)$$

$$\vec{F}_{E\ 3,2} = k.\frac{q_3 q_2}{r_{3,2}^{\ 2}}$$

$$\vec{F}_{E\ 3,2} = (9x10^{9}).\frac{(+6x10^{-6})(-5x10^{-6})}{(400x10^{-2})^2}$$

$$\boxed{\vec{F}_{E\ 3,2} = -0.0169N}$$

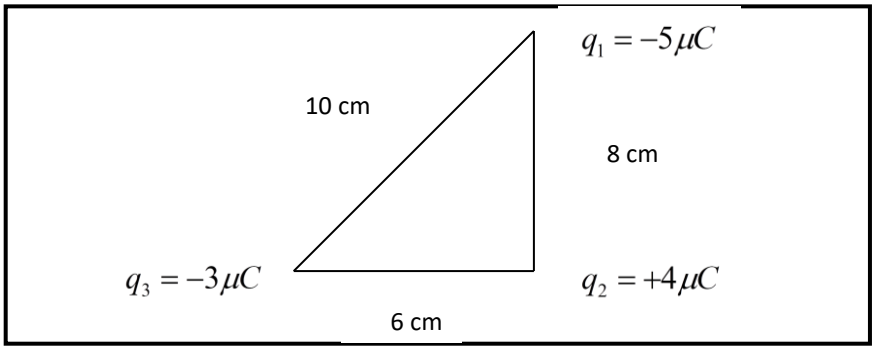
و الإشارة السالبة تشير إلى أن نوع القوة بين الشحنتين هي (**قوة تجاذب**).

إذا القوة الكلية المؤثرة على مركز الشحنة الثانية بواسطة القوتين المتعاكستين في الإتجاه هي (بدون إستخدام إشارات الشحنات الكهربائية لأننا نريد مقدار القوة فقط) :

$$\vec{F}_{E\,Total} = \vec{F}_{E1,2} - \vec{F}_{E3,2}$$

$$\vec{F}_{E\,Total} = (0.0450) - (0.0169) \boxed{\Rightarrow \vec{F}_{E\,Total} = 0.0281N}$$

مثال : إحسب مقدار وإتجاه محصلة القوى المؤثرة على الشحنة ($q_2 = +4\mu C$) الموضّحة في الشكل الآتي :



الحل : -

1 - نحسب مقدار القوة الناشئة بين الشحنة الأولى والشحنة الثانية :

$$\vec{F}_E = k\frac{q_1 q_2}{r^2}...(2-12)$$

$$\vec{F}_{E\,1,2} = k.\frac{q_1 q_2}{r_{1,2}^{\ 2}}$$

$$\vec{F}_{E\,1,2} = (9x10^{9}).\frac{(-5x10^{-6})(+4x10^{-6})}{(8x10^{-2})^{2}} \boxed{\Rightarrow \vec{F}_{E\,1,2} = -28.125N}$$

وإتجاهها من الشحنة الثانية (الموجبة) إلى الشحنة الأولى (السالبة) ، و الإشارة السالبة تشير إلى أن نوع القوة بين الشحنتين هي (**قوة تجاذب**).

2 - نحسب مقدار القوة الناشئة بين الشحنة الثالثة والشحنة الثانية :

$$\vec{F}_E = k\frac{q_1 q_2}{r^2}...(2-12)$$

$$\vec{F}_{E\,3,2} = k.\frac{q_3 q_2}{r_{3,2}^{\ 2}}$$

$$\vec{F}_{E\,3,2} = (9x10^{9}).\frac{(-3x10^{-6})(+4x10^{-6})}{(6x10^{-2})^{2}}$$

$$\boxed{\vec{F}_{E\,3,2} = -30N}$$

وإتجاهها من الشحنة الثانية (الموجبة) إلى الشحنة الثالثة (السالبة) ، و الإشارة السالبة تشير إلى أن نوع القوة بين الشحنتين هي (**قوة تجاذب**).

لإيجاد مقدار محصلة القوى المؤثرة على الشحنة ($q_2 = +4\mu C$) ، يلاحظ أن القوتين تؤثران في إتجاهين متعامدين ، أي أن

$$R = \sqrt{(\vec{F}_{E1,2})^2 + (\vec{F}_{E3,2})^2}$$

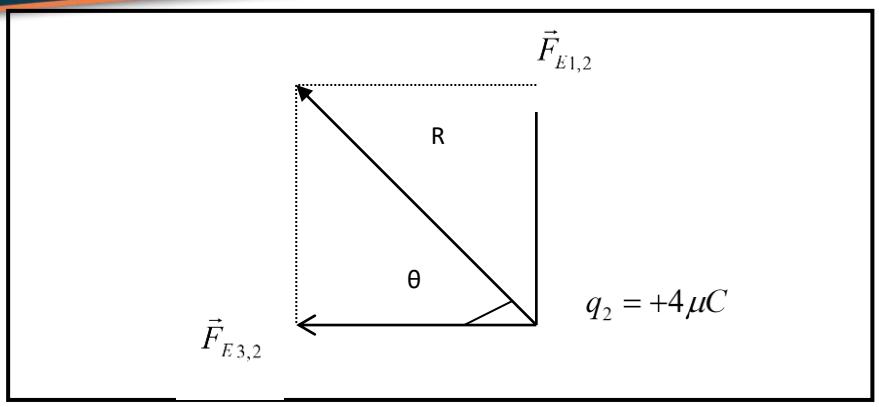
$$R = \sqrt{(28.125)^2 + (30)^2}$$

$$\boxed{R = 41.1N}$$

أما إتجاه محصلة القوى المؤثرة على الشحنة ($q_2 = +4\mu C$) :

$$\tan\theta = \frac{\vec{F}_{E1,2}}{\vec{F}_{E3,2}} \Rightarrow \theta = \tan^{-1}\frac{\vec{F}_{E1,2}}{\vec{F}_{E3,2}}$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{(28.125)}{(30)} \boxed{\Rightarrow \theta = 43.152^{\circ}}$$


$\vec{F}_{E1,2}$
R
θ
$q_2 = +4\mu C$
$\vec{F}_{E3,2}$