الفكرة الرئيسة

يمكن استخدام انحراف الجسيمات المتحركة في المجالات الكهربائية والمغناطيسية لمعرفة خصائص هذه الجسيمات.

الأسئلة الرئيسة

- كيف استطاع فيزيائيو القرن التاسع عشر قياس نسبة الشحنة إلى الكتلة وقياس كتلة الإلكترون؟
- كيف يمكنك تحديد سرعة الجسيمات في المجالات الكهربائية والمغناطيسية، وكيف يمكنك إيجاد نسبة شحنة هذه الجسيمات إلى كتلتها؟
- كيف يقوم مطياف الكتلة بفصل الأيونات ذات الكتل المختلفة؟

مراجعة المفردات

قانون نيوتن الثاني ينص على أن تسارع الجسم يتناسب طرديًا مع محصلة القوى المؤثرة عليه وعكسيًا مع كتلته

المفردات الجديدة

النظير isotope

مطياف الكتلة mass spectrometer

الفيزياء في حياتك

تشير الأخاديد الموجودة على سطح المريخ إلى أن المياه كانت تتدفق عليه في زمن من الأزمنة. وهناك دليل آخر اكتشفه مطياف الكتلة الموجود على متن مركبة الفضاء التي هبطت على المريخ. فعند تعريض تربة المريخ وغازاته إلى المجالات الكهربائية والمغناطيسية لمطياف الكتلة، ظهرت إشارات دالّة على وجود الماء.

تجارب طومسون

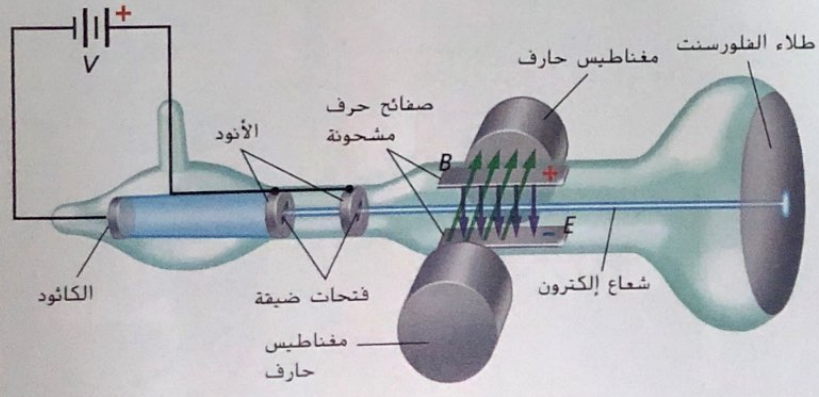
تعد الموجات الكهرومغناطيسية جزءًا لا يتجزأ من حياتنا اليومية. فهذه الموجات هي التي تحمل إليك رسائلك على الهاتف الخلوي. وهي التي تحمل الموسيقى التي تبثها أجهزة الراديو. وهي التي تمكنك من الرؤية. لكي نفهم طريقة اندماج المجالات الكهربائية والمغناطيسية لإنشاء موجات كهرومغناطيسية، علينا أن نفهم الإلكترون أولاً. هل تعرف لماذا؟ لأن الموجات الكهرومغناطيسية تنشأ بسبب تسارع الإلكترونات.

اكتشاف الإلكترون على مدار القرن التاسع عشر، كان العلماء يعتقدون أن الذرة هي أصغر وحدة في المادة. ثم تنامت الأدلة التي أكدت على أن الذرات تحتوي على جسيمات ذات شحنة سالبة. وفي عام 1894، أُطلق على هذه الجسيمات اسم الإلكترون. غير أن طبيعة الإلكترون في ذلك الوقت لم تكن معروفة، ولم يكن معروفًا كذلك ما إذا كان من الممكن فصل الإلكترونات من الذرة. وفي عام 1897، استطاع طومسون، أثناء قيامه بإجراء تجارب باستخدام أنبوب أشعة الكاثود، أن يستخرج الجسيمات ذات الشحنة السالبة من ذرات المواد المختلفة. فكيف فعل هذا؟

قام طومسون بتفريغ الهواء من أنبوب أشعة الكاثود، الشبيهة بالأنبوب الظاهر في **الشكل 1**. ووصل الأنبوب ببطارية ولدت فرق جهد كبير بين الكاثود والأنود. وفي طرف الأنبوب المواجه للكاثود لاحظ طومسون وجود بقعة مضيئة تسببت فيها حزمة غير مرئية (شعاع الكاثود) تسارعت من الكاثود نحو الأنود بفعل فرق الجهد. وأثناء انتقالها، مر شعاع الكاثود بالشقوق الموجودة في الأنود. وأدرك طومسون أن الشعاع يتكون من جسيمات ذات شحنة سالبة، وذلك من خلال الغازات الضئيلة المتبقية في الأنبوب.

www.almanahj.com

الشكل 1 في هذا الأنبوب، الشبيه بأنبوب أشعة الكاثود الذي استخدمه طومسون، يعمل فرق الجهد الموجود بين الأنود والكاثود على تسريع الإلكترونات باتجاه الأنود.



McGraw-Hill Education مؤسسة لصالح محفوظة © والتأليف الطبع حقوق

Scanned with CamScanner

على الرغم من أن طومسون لم يكن يعرف شحنة (q) ولا كتلة (m) الجسيمات الموجودة في شعاع الكاثود، إلا إنه استطاع تحديد نسبة شحنة هذه الجسيمات إلى كتلتها. وكانت النسبة التي وجدها طومسون مرتفعة جدًا، ربما لأن كتلة الجسيمات كانت صغيرة جدًا. كما اكتشف طومسون أن نسبة الشحنة إلى الكتلة قد ظلت ثابتة بغض النظر عن نوع الغاز الموجود في الأنبوب. واستنتج طومسون أن الجسيمات كانت مكونات سالبة لجميع الذرات - إلكترونات.

نسبة الشحنة إلى الكتلة إذا أمعنا النظر في تجربة طومسون فإننا نكتشف الطريقة التي استطاع بها طومسون تحديد نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته. ففي داخل أنبوب أشعة الكاثود، كما في **الشكل 1**، توجد لوحتان فلزيتان ذات شحنات متضادة تنتجان مجالاً كهربيًا. بينما تنتج المغانط الكهربائية مجالاً كهربائياً خارج الأنبوب. وبتغيير أحد المجالين، وجد طومسون أن بإمكانه تغيير مسار حزمة الإلكترون.

وجّه طومسون المجال الكهربائي في اتجاه متعامد على حزمة الإلكترونات. وولد هذا المجال (E) قوة (تساوي qE) جعلت الحزمة تنحرف إلى الأعلى باتجاه اللوح الموجب. ووجّه طومسون المجال المغناطيسي في اتجاه متعامد على حزمة الإلكترون والمجال الكهربائي. تذكر أن القوة المبذولة من قِبل المجال المغناطيسي تكون متعامدة على المجال وعلى اتجاه حركة الإلكترونات. وبالتالي فالمجال المغناطيسي في الأنبوب (B) قد ولّد قوة (تساوي Bqv، حيث v هي سرعة الإلكترون) جعلت حزمة الإلكترون تنحرف لأسفل.

التأكد من فهم النص التطبيق كيف يمكنك تغيير المجال المغناطيسي بحيث تنحرف الإلكترونات لأعلى؟

عدّل طومسون قوى المجالين الكهربائي والمغناطيسي إلى أن سارت حزمة الإلكترون في مسار مستقيم دون انحراف. وعندما حدث هذا، كانت قوة كلا المجالين متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه. ويمكن التعبير عن هذا الأمر رياضيًا على النحو التالي:

$$Bqv = Eq$$

وباشتقاق المعادلة لإيجاد قيمة v نحصل على التالي:

$$v = \frac{Eq}{Bq} = \frac{E}{B}$$

www.almanahj.com

توضّح المعادلة السابقة أن القوى كانت متوازنة فقط في حالة الإلكترونات ذات السرعة المحددة (v). إذا تم إيقاف المجال المغناطيسي، فلن تتبقى سوى القوة الناشئة عن هذا المجال. أنت تعرف أن اتجاه حركة الإلكترون يكون متعامدًا على القوة المغناطيسية. وبالتالي فالإلكترون في المجال المغناطيسي المنتظم يخضع لتسارع متجه نحو المركز ويسير في مسار دائري نصف قطره r. وباستخدام قانون نيوتن الثاني للحركة الدائرية، نجد أن المعادلة التالية تصف مسار الإلكترون:

$$Bqv = \frac{mv^2}{r}$$

وباشتقاق المعادلة لإيجاد قيمة $\frac{q}{m}$ نحصل على المعادلة التالية.

نسبة شحنة إلكترون في مجال مغناطيسي إلى كتلته
في المجال المغناطيسي، تكون نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته مساوية لنسبة سرعة الإلكترون مقسومة على ناتج ضرب شدة المجال المغناطيسي ونصف قطر المسار الدائري للإلكترون.

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{Br}$$

تجربة مصغرة

تحريك الجسيمات المشحونة

كيف تؤثر المجالات الكهربائية والمغناطيسية في تحريك الجسيمات المشحونة؟

Scanned with CamScanner

تجربة فيزيائية

كتلة الإلكترون

كيف يمكنك تحديد كتلة الإلكترون؟

كتلة الإلكترون لإيجاد قيمة نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته، قام طومسون بحساب سرعة (v) المسار المستقيم لحزمة الإلكترون باستخدام القيم المُقاسة لكل من E و B. ثم قام بإيقاف المجال الكهربائية وقاس المسافة بين البقعة المضيئة التي أحدثتها الحزمة غير المنحرفة على طلاء الفلورسنت وبين البقعة التي تكونت عندما كان المجال المغناطيسي هو وحده المؤثر على الحزمة. وباستخدام هذه المسافة، حسب طومسون نصف قطر (r) المسار الدائري لحزمة الإلكترون وأوجد قيمة q/m ووجدها تساوي $-1.759\times10^{11}\ \text{C/kg}$.

كان حساب نسبة الشحنة إلى الكتلة هي الخطوة الأولى في حساب كتلة الإلكترون. عندما كان طومسون يجري تجاربه، كان متوسط شحنة الإلكترون معروفًا من خلال تجارب التحليل الكهربائي التي أُجريت على العديد من الإلكترونات وكانت قيمتها $q = -1.602\times10^{-19}\ \text{C}$. وافترض طومسون إمكانية استخدام هذه القيمة للإلكترونات المفردة. ولاحقًا، في العام 1909، أكد روبرت ميليكان هذه القيمة، حيث وجد أن جميع الإلكترونات لها نفس الشحنة (e). وبالتالي أصبح من الممكن حساب كتلة (m_e) الإلكترون باستخدام المعادلة التالية

$$m_e = \frac{e}{q/m} = \frac{-1.602\times10^{-19}\ \text{C}}{-1.759\times10^{11}\ \text{C/kg}} = 9.107\times10^{-31}\ \text{kg}$$

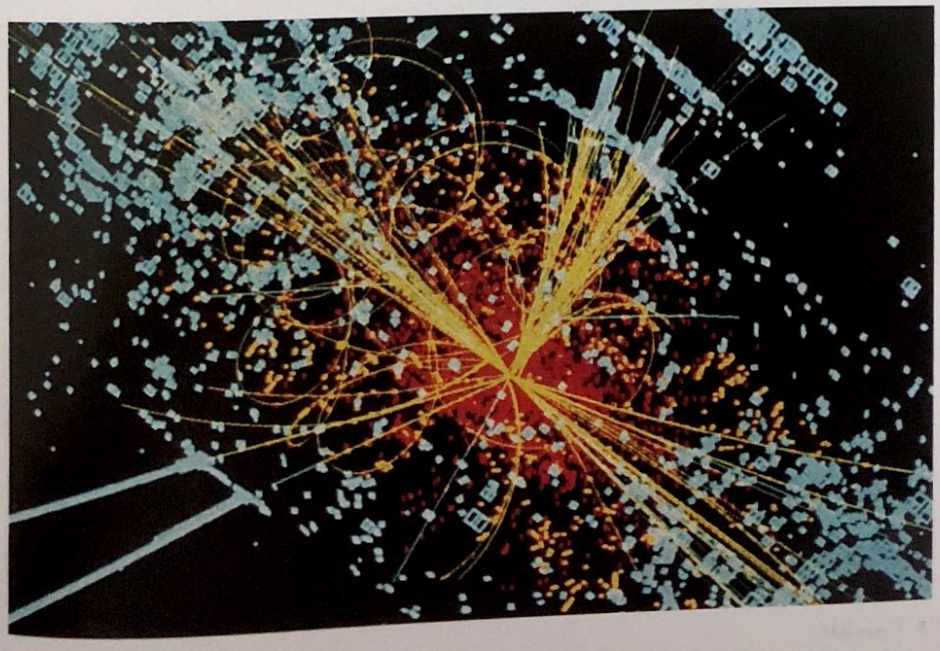
$$m_e = 9.11\times10^{-31}\ \text{kg}.$$

التجارب باستخدام الأيونات الموجبة استخدم طومسون كذلك أنبوب أشعة الكاثود لدراسة الأيونات الموجبة. يشير الأيون إلى ذرة مشحونة أو جزيء مشحون. عند مرور الجسيمات ذات الشحنة الموجبة عبر مجال الكهربائي أو مجال مغناطيسي، فإنها تنحرف في اتجاه متعاكس لاتجاه انحراف الإلكترونات، كما يظهر في **الشكل 2**.

كتلة البروتون لجعل الأيونات موجبة، أضاف طومسون مقدارًا ضئيلاً من غاز الهيدروجين إلى الأنبوب وعكس اتجاه المجال الكهربائية بين الكاثود والأنود. أدى المجال الكهربائي القوي إلى انتزاع إلكترونات من ذرات الهيدروجين، فأصبحت الذرات أيونات موجبة. ثم عمل المجال الكهربائي على تسريع مرور الأيونات عبر الشق الضيق إلى منطقة الانحراف في الأنبوب. ومرت حزمة الأيونات الناشئة عبر المجالات الكهربائية والمغناطيسية في طريقها وصولاً إلى شاشة الفلورسنت في طرف الأنبوب.

وحدد طومسون نسبة شحنة الأيونات الموجبة للهيدروجين (والتي أُطلق عليها لاحقًا اسم البروتونات) إلى كتلتها بنفس الطريقة التي حدد بها نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته. ومن هذه النسبة، استطاع إيجاد كتلة البروتون الواحد ووجد أنها تساوي $1.67\times10^{-27}\ \text{kg}$. واستمر طومسون في استخدام أنبوب أشعة الكاثود لتحديد كتل الأيونات الموجبة الناتجة عن انتزاع إلكترون أو أكثر من الغازات الثقيلة كالهيليوم والنيون والأرجون.

www.almanahj.com



الشكل 2 تنحني مسارات الجسيمات ذات الشحنات السالبة والموجبة عند مرورها عبر مجال مغناطيسي في اتجاهات متعاكسة. وتحاكي هذه الصورة المنتجة حاسوبيًا حالة التصادم في مصادم الهدرونات الكبير LHC.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

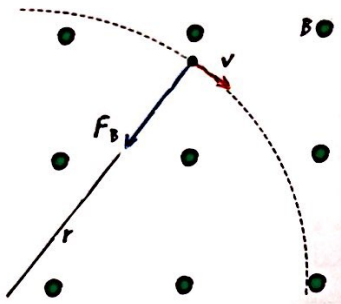
Scanned with CamScanner

مثال 1

مثال

نصف قطر المسار يتحرك إلكترون (كتلته 9.11×10^{-31} kg) في أنبوب أشعة الكاثود بسرعة 2.0×10^{7} m/s متعامدًا على مجال مغناطيسي شدته 3.5×10^{-3} T في غياب المجال الكهربائي. كم يبلغ نصف قطر المسار الدائري للإلكترون؟

1 حلل المسألة وارسمها



- ارسم مسار الإلكترون وضع تسمية على السرعة (v).
- ارسم المجال المغناطيسي متعامدًا على السرعة.
- ارسم القوة المؤثرة على الإلكترون. أضف القيمة r المجهولة لمسار الإلكترون.

المعلوم

$v = 2.0\times10^{7}$ m/s

$B = 3.5\times10^{-3}$ T

$m = m_e = 9.11\times10^{-31}$ kg

$q = e = -1.602\times10^{-19}$ C

المجهول

$r = ?$

2 حساب المجهول

استخدم قانون نيوتن الثاني لوصف إلكترون في أنبوب أشعة الكاثود يتعرض لمجال مغناطيسي.

$$Bqv = \frac{mv^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{Bq}$$

عوّض عن القيم $m = 9.11\times10^{-31}$ kg, $v = 2.0\times10^{7}$ m/s, $B = 3.5\times10^{-3}$ T, $q = -1.602\times10^{-19}$ C. ◄

$$= \frac{(9.11\times10^{-31}\text{ kg})(2.0\times10^{7}\text{ m/s})}{(3.5\times10^{-3}\text{ T})(-1.602\times10^{-19}\text{ C})}$$

$$= -3.2\times10^{-2}\text{ m}$$

www.almanahj.com

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** إن نصف قطر المسار الدائري هو قياس طولي، يُقاس بوحدة المتر.
- **هل القيم معقولة؟** تعد أنصاف الأقطار البالغ طولها سنتيمترات قليلة نموذجية لهذا النوع من الأجهزة ويمكن قياسها بسهولة. تعني الإشارة السالبة أن الدائرة تنحني في الاتجاه المعاكس لاتجاه الأيون الموجب.

تطبيق

تطبيق

بالنسبة للأسئلة التالية، سنفترض أن جميع الجزيئات المشحونة تتحرك باتجاه متعامد على مجال مغناطيسي منتظم.

1. يتحرك بروتون بسرعة 7.5×10^{4} m/s عند مروره عبر مجال مغناطيسي شدته 0.080 T. احسب نصف قطر مساره الدائري. لاحظ أن شحنة البروتون تكون مساوية لشحنة الإلكترون غير أن إشارتها موجبة.
2. تتحرك إلكترونات في مجال مغناطيسي شدته 3.0×10^{-3} T ومتوازنة بفعل مجال كهربائي شدته 2.4×10^{4} N/C.
   a. فكم تبلغ سرعة الإلكترونات؟
   b. إذا كان المجال الكهربائية ناشئًا عن لوحين مشحونين موضوعين على مسافة 0.50 cm من بعضهما البعض، فكم يبلغ فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين؟
   c. إذا تم إيقاف المجال الكهربائي، فكم سيبلغ نصف قطر المسار الدائري الذي ستسير فيه الإلكترونات؟
3. بروتونات تسير بدون انحراف في مجال مغناطيسي شدته 0.060 T ومتوازنة بفعل مجال كهربائي شدته 9.0×10^{3} V/m. فما هي سرعة البروتونات المتحركة؟
4. **التحدي** ما المسار الذي سيأخذه أيون موجب يتحرك في مجال مغناطيسي يزيد خطيًا مع الوقت؟

Scanned with CamScanner

مطياف الكتلة

حدث شيء لافت للانتباه عندما وضع طومسون غاز النيون في أنبوب أشعة الكاثود. حيث لاحظ طومسون وجود نقطتين مضيئتين على الشاشة بدلاً من نقطة واحدة. وبحساب قيمة q/m لكل نقطة على حدة، استنتج طومسون أن هناك ذرتين مختلفتين من النيون لهما نفس الخواص الكيميائية ولكن تختلفان في الكتلة. وتُعرف أشكال الذرة الواحدة المتشابهة في الخواص الكيميائية والمختلفة في الكتلة باسم **النظائر**.

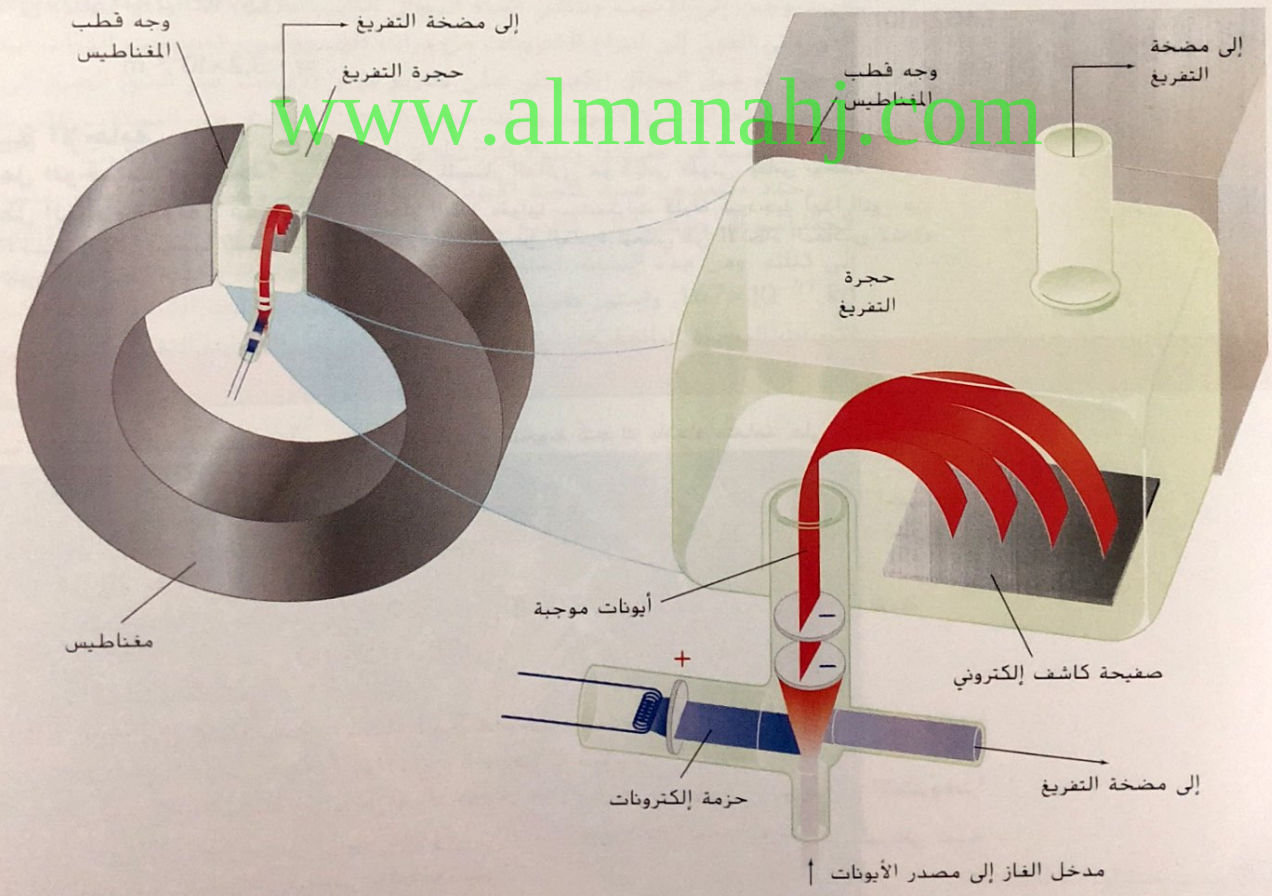
وكان فصل طومسون لنظائر النيون على أساس كتلتها هو التطبيق الأول لقياس الطيف الكتلي. **مطياف الكتلة** هو عبارة عن أداة تقيس نسبة شحنة الأيونات الموجبة في المادة إلى كتلتها. ومن هذه النسبة، يصبح من الممكن تحديد النظائر الذرية التي تتشكل منها المادة. ويظهر أحد أنواع مطياف الكتلة في **الشكل 3**.

يجب أن تكون المواد التي يتم إدخالها في مطياف الكتلة إما غازات في الأصل أو مواد تم تسخينها لتصل إلى الحالة الغازية. ويتم إدخال الغاز إلى مكوّن يُعرف باسم المصدر الأيوني. ويمكنك رؤيته في أسفل **الشكل 3**. وفي المصدر الأيوني، تتصادم حزمة نشطة من الإلكترونات مع ذرات الغاز وتنتزع منها إلكترون أو أكثر لنحصل على أيونات موجبة. ثم يعمل المجال الكهربائي-الناتج عن فرق الجهد بين إلكترودين في المصدر الأيوني-على تسريع الأيونات التي تدخل مجالاً مغناطيسيًا في حجرة التفريغ. يعمل المجال المغناطيسي المنتظم على تحريك الأيونات في مسار دائري قبل أن تصطدم بكاشف الإلكترونات.

الشكل 3 داخل مطياف الكتلة (الموجود على اليسار). يعمل المغناطيس على انحراف الأيونات الموجبة في حجرة التفريغ وفق كتلتها. وكل جسيم تكون له كتلة منفصلة يتم تسجيلها على اللوح الكاشف في غرفة التفريغ.

حدد القطب الشمالي للمغناطيس.

مطياف الكتلة



www.almanahj.com

Scanned with CamScanner

حساب نسبة الشحنة إلى الكتلة بمجرد أن تتحرك الأيونات في مطياف الكتلة في مجال مغناطيسي، فإنها تأخذ مسارًا دائريًا. ويعتمد نصف قطر هذا المسار على كتلة الأيون. فكلما كان الأيون أخف، زاد انحناؤه وقل نصف قطر مساره الدائري. ويمكن استخدام نصف قطر مسار كل أيون لتحديد نسبة الشحنة إلى الكتلة. يمكن حساب نصف قطر (r) مسار الأيون باستخدام قانون نيوتن الثاني للحركة:

$$Bqv = \frac{mv^2}{r}$$

وباشتقاق المعادلة لإيجاد قيمة r نحصل على المعادلة التالية:

$$r = \frac{mv}{qB}$$

ويمكن حساب سرعة الأيون المتسارع من معادلة الطاقة الحركية للأيونات المتحركة بعد سكون إذا عرفنا فرق الجهد (V_{accel}):

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = qV_{accel}$$

$$v = \sqrt{\frac{2qV_{accel}}{m}}$$

وبالتعويض عن هذا التعبير بقيمة v في المعادلة $r = \frac{mv}{qB}$ فإننا نحصل على نصف قطر المسار الدائري للأيون:

$$r = \frac{mv}{qB}$$

$$= \frac{m}{qB}\sqrt{\frac{2qV_{accel}}{m}}$$

$$= \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2V_{accel}m}{q}}$$

www.almanahj.com

يمكن تبسيط هذه المعادلة بضرب طرفيها في B لنحصل على المعادلة التالية:

$$Br = \sqrt{\frac{2mV_{accel}}{q}}$$

ويمكن إعادة ترتيب هذه المعادلة بالشكل الظاهر أدناه.

نسبة شحنة أيون في مطياف الكتلة إلى كتلته
تساوي نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته ضعف فرق الجهد المتسارع مقسومًا على ناتج ضرب مربع شدة المجال المغناطيسي ومربع نصف قطر المسار الدائري للأيون.

$$\frac{q}{m} = \frac{2V_{accel}}{B^2r^2}$$

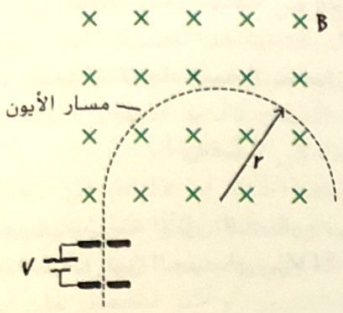
لحساب كتلة الأيون، يمكن قسمة شحنة الأيون على نسبة الشحنة إلى الكتلة المقاسة. شحنة البروتون تساوي شحنة الإلكترون غير أنها موجبة: 1.602×10^{-19} C. لاحظ أنه في حالة انتزاع أكثر من إلكترون من ذرات الغاز في المصدر الأيوني، يجب ضرب الشحنة في عدد الإلكترونات المنزوعة. ويمكن التحكم في هذا العدد —عدد الإلكترونات المنزوعة— من قِبل مشغل مطياف الكتلة.

التأكد من فهم النص الحساب ما هي شحنة الأيون الذي نُزعت منه ثلاثة إلكترونات؟

Scanned with CamScanner

مثال 2

كتلة ذرة النيون أنتج مشغل مطياف الكتلة حزمة من أيونات النيون التي انتُزع منها إلكترونان. أي أن هذه الأيونات متأينة بشكل مزدوج. وتم تسريع الأيونات في البداية بفرق جهد مقداره 34 V. عند مرورها عبر مجال مغناطيسي شدته 0.050 T، وكان نصف قطر مسارها يساوي 53 mm. احسب كتلة ذرة النيون مقربًا إلى أقرب عدد صحيح من كتل البروتونات.



1 حلل وارسم المسألة

- ارسم المسار الدائري الذي تتبعه الأيونات. ضع تسمية على نصف القطر.
- ارسم وضع تسمية على فرق الجهد بين الإلكترودين.

المعلوم

$V_{accel} = 34\ V$
$B = 0.050\ T$
$r = 0.053\ m$
$m_{بروتون} = 1.67\times10^{-27}\ kg$
$q = 2(1.602\times10^{-19}\ C)$
$= 3.20\times10^{-19}\ C$

المجهول

$m_{نيون} = ?$
$N_{بروتون} = ?$

2 حساب المجهول

استخدم معادلة نسبة شحنة الأيون في مطياف الكتلة إلى كتلته.

$$\frac{q}{m_{نيون}} = \frac{2V_{accel}}{B^2r^2}$$

$$m_{نيون} = \frac{qB^2r^2}{2V_{accel}}$$

عوّض عن القيم $q = 3.204\times10^{-19}\ C$, $B = 0.050\ T$, $r = 0.053\ m$, and $V_{accel} = 34\ v$ ◄

$$= \frac{(3.204\times10^{-19}\ C)(0.050\ T)^2(0.053\ m)^2}{2(34\ V)}$$

$$= 3.3\times10^{-26}\ kg$$

اقسم كتلة النيون على كتلة البروتون لإيجاد عدد كتل البروتون.

$$N_{بروتون} = \frac{m_{نيون}}{m_{بروتون}}$$

$$= \frac{3.3\times10^{-26}\ kg}{1.67\times10^{-27}\ kg}$$

$\cong$ 20 بروتون

www.almanahj.com

3 تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** يجب أن تُقاس الكتلة بالجرامات أو الكيلوجرامات. عدد البروتونات لا يُمثَّل بأي وحدة.
- هل هذا المقدار واقعي؟ لذرة النيون نظيران كتلتاهما التقريبية 20 و 22 من كتلة البروتون.

تطبيق

5. أُرسلت حزمة متأينة بشكل مفرد (+1) من ذرات الأكسجين عبر مطياف الكتلة. القيم هي $r = 0.085\ m$, $q = 1.602\times10^{-19}\ C$, $B = 7.2\times10^{-2}\ T$ و $V_{accel} = 110\ V$. احسب كتلة ذرة الأكسجين.

6. حلل مطياف الكتلة حزمة متأينة بشكل مزدوج (+2) من ذرات الأرجون وأظهر بياناتها. وكانت القيم الناتجة عن التحليل هي $r = 0.106\ m$, $B = 5.0\times10^{-2}\ T$, $q = 2(1.602\times10^{-19}\ C)$ و $V_{accel} = 66.0\ V$. احسب كتلة ذرة الأرجون.

7. تتسارع حزمة متأينة بشكل مفرد (+1) من ذرات الليثيوم ($m \approx 7m_{بروتون}$) بفرق جهد مقداره 320 V وتمر عبر مجال مغناطيسي شدته $1.5\times10^{-2}\ T$. فما نصف قطر مسار انحناء الحزمة في المجال المغناطيسي؟

8. **التحدي** بغض النظر عن طاقة الإلكترونات المستخدمة لإنتاج الأيونات، لم يستطع طومسون نزع أكثر من إلكترون واحد من ذرة الهيدروجين. فما الذي كان يمكن أن يستنتجه بشأن الشحنة الموجبة لذرة الهيدروجين؟

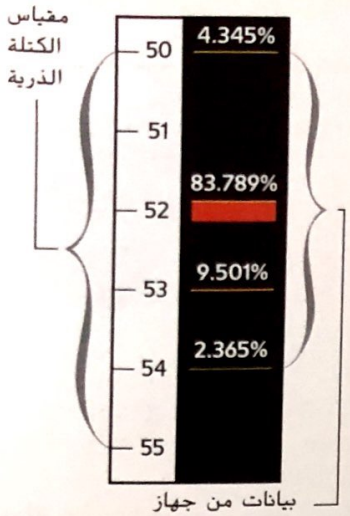
McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة
Scanned with CamScanner

تحليل النظائر تصطدم الأيونات في مطياف الكتلة في **الشكل 3** بالكاشف في أماكن مختلفة. وتعتمد أماكن اصطدام الأيونات بالكاشف على كتلتها. فكلما زادت كتلة الأيون، زاد قطر مساره المنحني. ويمكن قياس هذا القطر بسهولة لأنه عبارة عن المسافة بين موضع اصطدام الأيون والشق الموجود في الإلكترود. ونصف قطر (r) المسار يساوي نصف هذه المسافة المُقاسة.

المسافة التقريبية بين مواضع اصطدام أيونات عينة الكروم المتأينة بالكاشف كما هو موضَّح في **الشكل 4**. وتشير العلامات الأربعة البارزة إلى أن عينة الكروم في الأصل تتكون من أربعة نظائر. وتقاس وفرة كل نظير باتساع العلامة التي يخلفها على الكاشف.

جميع أيونات الكروم في **الشكل 4** ذات شحنة مفردة حيث تم انتزاع إلكترون واحد فقط من حزمة الكروم الأصلية في المصدر الأيوني. تعتمد الشحنة على عدد الإلكترونات المنزوعة من الذرات الأصلية (المحايدة). بانتزاع الإلكترون الأول والحصول على ذرة متأينة بشكل مفرد (+1)، يلزم طاقة أكبر لانتزاع الإلكترون الثاني للحصول على ذرة متأينة بشكل مزدوج (+2). وهذه الطاقة الإضافية يمكن الحصول عليها بزيادة المجال الكهربائية وهو ما يمنح حزمة الإلكترونات مزيدًا من الطاقة الحركية. يمكن لحزمة من الإلكترونات ذات الطاقة الأعلى أن تنتج أيونات ذات شحنة مفردة وأيونات ذات شحنة مزدوجة. وبهذه الطريقة، يمكن لمشغل مطياف الكتلة أن يختار شحنة الأيون الذي يريد دراسته.

التأكد من فهم النص **صف كيفية الحصول على أيون مشحون بشحنة ثنائية.**



الشكل 4 يشير عرض العلامات الأربعة التي خلفتها نظائر الكروم على كاشف الإلكترونات إلى وفرة النظائر. لاحظ أن نظير الكروم الذي تبلغ كتلته 52 بروتون هو الأكثر وفرة، وأن مجموع النسب المئوية للنظائر الأربعة تساوي 100%. ويشير المتوسط المرجح لكتل نظائر العنصر إلى كتلة العنصر في الجدول الدوري.

احسب متوسط كتلة نظائر الكروم.

تطبيقات قياس الطيف الكتلي يتمتع مطياف الكتلة بحساسية بالغة تجعل بإمكانه فصل الأيونات ذات الكتل المختلفة اختلافًا ضئيلاً يصل إلى واحد من عشرة آلاف في المائة. وبسبب هذه الدقة، يمكن للعلماء استخدام مطياف الكتلة للكشف عن وجود جزيء واحد في عينة بها 10 مليارات جزيء.

لمطياف الكتلة مجموعة واسعة من التطبيقات. فكما قرأت في بداية هذه الوحدة، يُستخدم مطياف الكتلة لتحليل الغلاف الجوي والتربة في المريخ وأجسام أخرى في النظام الشمسي. كما يشيع استخدام مطياف الكتلة في العلوم الجيولوجية والمستحضرات الدوائية والبيولوجية، وحتى علوم الطب الشرعي. وعلى سبيل المثال، يُستخدم مطياف الكتلة في المطارات للكشف عن آثار الجزيئات الموجودة في المتفجرات والتي يمكن أن يحملها المسافرون في أمتعتهم أو أيديهم أو أحذيتهم.

www.almanahj.com

القسم 1 مراجعة

9. **الفكرة الأساسية** يمكن معرفة نصف قطر المسار الدائري للأيون في مطياف الكتلة عن طريق المعادلة $r = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2V_{accel}m}{q}}$ استخدم هذه المعادلة لتفسير كيف يستطيع مطياف الكتلة فصل الأيونات ذات الكتل المختلفة.

10. **أنبوب أشعة الكاثود** صف كيف يمكن لأنبوب أشعة الكاثود الذي استخدمه طومسون إنشاء حزمة من الالكترونات.

11. **المجال المغناطيسي** يمكن لمطياف الكتلة تحليل الجزيئات التي تساوي كتلتها كتلة مئات البروتونات. إذا تم إنتاج أيونات ذات شحنة مفردة من هذه الجزيئات باستخدام نفس فرق الجهد المتسارع المستخدم مع الأيونات الأصغر، فكيف يجب تغيير المجال المغناطيسي لمطياف الكتلة بحيث تصطدم الأيونات بالكاشف؟

12. **نصف قطر المسار** يتحرك بروتون بسرعة 8.4×10^4 m/s أثناء مروره عبر مجال مغناطيسي شدته 12.0 mT. فكم يبلغ نصف قطر مساره الدائري؟

13. **الكتلة** تتسارع حزمة متأينة بشكل مزدوج (+2) من ذرات الأكسجين بفرق جهد مقداره 232 V ثم يدخل الأكسجين مجالاً مغناطيسيًا شدته 75 mT ويسير في مسار منحني نصف قطره 8.3 cm. فكم تبلغ كتلة ذرة الأكسجين؟

14. **التفكير الناقد** في المسألة المحلولة 2 (في الصفحة السابقة)، تم تحديد كتلة أحد نظائر النيون. وهناك نظير آخر من نظائر النيون تساوي كتلته كتلة 22 بروتون. فكم سيكون بعد المسافة بين هذين النظرين على الكاشف؟

Scanned with CamScanner