

الفيزياء

للفصل الثالث الثانوي - الفصل الدراسي الثاني



دليل المعلم

Original Title:

Physics

Teacher Wraparound Edition

By:

Paul W. Zitzewitz

Todd George Elliott

David G. Haase

Kathleen A. Harper

Michael R. Herzog

Jane Bray Nelson

Jim Nelson

Charles A. Schuler

Margaret K. Zorn

الفيزياء

أعدّ النسخة العربية : شركة العبيكان للتعليم

التحرير والمراجعة والمواءمة

د. أحمد محمد رفيع

ربحي سعيد حميدي

خلدون سليمان المصاروة

زهير يوسف حداد

عبد الرحمن بن علي العريني

التعريب والتحرير اللغوي

نخبة من المتخصصين

www.macmillanmh.com



English Edition Copyright © 2009 the McGraw-Hill Companies, Inc.
All rights reserved.

Arabic Edition is published by Obeikan under agreement with
The McGraw-Hill Companies, Inc. © 2008.



حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل ©، ٢٠٠٩م.

الطبعة العربية: مجموعة العبيكان للاستثمار
وفقاً لاتفاقيتها مع شركة ماجروهل © ٢٠٠٨م / ١٤٢٩هـ.

لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو نقله في أي شكل أو واسطة، سواءً أكانت إلكترونية أو ميكانيكية، بما في ذلك التصوير بالنسخ «فوتوكوبي»، أو التسجيل، أو التخزين والاسترجاع، دون إذن خطي من الناشر.

أخي المعلم/ أختي المعلمة



يأتي دليل المعلم لكتاب الفيزياء للصف الثالث الثانوي في إطار مشروع تطوير مناهج الرياضيات والعلوم وتحديثها في المملكة العربية السعودية، والذي يهدف إلى إحداث تطور نوعي في تعليم تلك المادتين وتعلمهما.

لقد وضع هذا الدليل بحيث يرتبط مباشرة بكتاب الطالب، ويتضمن كمًّا كبيرًا من المعلومات والإرشادات المتعلقة باستراتيجيات التدريس والتقويم والمعلومات الإضافية، والعروض العملية بأشكالها المختلفة، فضلاً عن المصادر التقنية واستعمال الإنترنت، مما يوفر لك خيارات لا حصر لها في إنجاح عملية التعليم والتعلم وتنفيذها وفق أحدث الأساليب التربوية. وإننا نرجو منك خلال تنفيذك للدروس التركيز على مشاركة الطلاب الفاعلة، ومنها التعلم الذاتي، والعمل في مجموعات، والمشاركة في النقاشات، والنشاطات العملية، والعروض الصفية، والمشاريع البحثية وغيرها. ونحن إذ نضع بين يديك هذا الدليل، لنأمل أن يكون لك مرشداً ومصدراً مهماً في تخطيط الدروس، وتنفيذها، بما يتلاءم مع مستويات الطلاب، والبيئة الصفية، وأهداف المنهاج، وفي الوقت نفسه نرجو ألا يقيدك هذا الدليل، بل يكون مساعداً على تنمية مهاراتك التعليمية، وإبراز قدراتك الإبداعية في وضع البدائل، حيثما رأيت ذلك مناسباً.

والله نسأل أن يحقق هذا الدليل الأهداف المتوخاة منه، وأن يوفق الجميع لما فيه خير الوطن وتقدمه وازدهاره.

المخاطر والاحتياطات اللازم مراعاتها

رموز السلامة	المخاطر	الأمثلة	الاحتياطات	العلاج
 التخلص من المخلفات	مخلفات التجربة قد تكون ضارة بالإنسان.	بعض المواد الكيميائية، والمخلوقات الحية.	لا تتخلص من هذه المواد في المفضلة أو في سلة المهملات.	تخلص من المخلفات وفق تعليمات المعلم.
 ملوثات حيوية بيولوجية	مخلوقات ومواد حية قد تسبب ضرراً للإنسان.	البكتيريا، الفطريات، الدم، الأنسجة غير المحفوظة، المواد النباتية.	تجنب ملامسة الجلد لهذه المواد، وارتد كمامة وقفازين.	أبلغ معلمك في حالة حدوث ملامسة للجسم، واغسل يديك جيداً.
 درجة الحرارة المؤذية	الأشياء التي قد تحرق الجلد بسبب حرارتها أو برودتها الشديتين.	غليان السوائل، السخانات الكهربائية، الجليد الجاف، النيتروجين السائل.	استعمال قفازات واقية.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
 الأجسام الحادة	استعمال الأدوات والزجاجات التي تجرح الجلد بسهولة.	المقصات، الشفرات، السكاكين، الأدوات المدببة، أدوات التشريح، الزجاج المكسور.	تعامل بحكمة مع الأدوات، واتبع إرشادات استعمالها.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
 الأبخرة الضارة	خطر محتمل على الجهاز التنفسي من الأبخرة.	الأمونيا، الأستون، الكبريت الساخن، كرات العث (النفثالين).	تأكد من وجود تهوية جيدة، ولا تشم الأبخرة مباشرة، وارتد كمامة.	اترك المنطقة، وأخبر معلمك فوراً.
 الكهرباء	خطر محتمل من الصعقة الكهربائية أو الحريق.	تأريض غير صحيح، سواحل متسكة، تماس كهربائي، أسلاك معرّة.	تأكد من التوصيلات الكهربائية للأجهزة بالتعاون مع معلمك.	لا تحاول إصلاح الأعطال الكهربائية، واستعن بمعلمك فوراً.
 المواد المهيجة	مواد قد تهيج الجلد أو الغشاء المخاطي للفتاة التنفسية.	حبوب اللقاح، كرات العث، سلك المواعين، ألياف الزجاج، برمنجنات البوتاسيوم.	ضع واقياً للفتاة، وارتد قفازين، وتعامل مع المواد بحرص شديد.	اذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
 المواد الكيميائية	المواد الكيميائية التي قد تتفاعل مع الأنسجة والمواد الأخرى وتلتفها.	المبيضات مثل فوق أكسيد الهيدروجين والأحماض كحمض الكبريتيك، القواعد كالأمونيا وهيدروكسيد الصوديوم.	ارتد نظارة واقية، وقفازين، والبس معطف المختبر.	اغسل المنطقة المصابة بالماء، وأخبر معلمك بذلك.
 المواد السامة	مواد تسبب التسمم إذا ابتلعت أو استنشقت أو لمست.	الزئبق، العديد من المركبات الفلزية، اليود، النباتات السامة.	اتبع تعليمات معلمك.	اغسل يديك جيداً بعد الانتهاء من العمل، واذهب إلى معلمك طلباً للإسعاف الأولي.
 مواد قابلة للاشتعال	بعض الكيماويات يسهل اشتعالها باللهب، أو بالشرر، أو عند تعرضها للحرارة.	الكحول، الكيروسين، الأستون، برمنجنات البوتاسيوم، الملايس، الشعر.	تجنب مناطق اللهب عند استخدام الكيماويات.	أبلغ معلمك طلباً للإسعاف الأولي، واستخدم مطفأة الحريق إن وجدت.
 اللهب المشتعل	ترك اللهب مفتوحاً يسبب الحريق.	الشعر، الملايس، الورق، المواد القابلة للاشتعال.	اربط الشعر إلى الخلف (للطالبات)، ولا تلبس الملايس الفضفاضة، واتبع تعليمات المعلم عند إشعال اللهب أو إطفائه.	أبلغ معلمك طلباً للإسعاف الأولي، واستخدم مطفأة الحريق إن وجدت.

 سلامة العين	 غسل اليدين	 نشاط إشعاعي	 وقاية الملابس	 سلامة العين
يجب دائماً ارتداء نظارة واقية عند العمل في المختبر.	اغسل يديك بعد كل تجربة بالماء والصابون قبل نزع النظارة الواقية.	يظهر هذا الرمز عند استعمال مواد مشعة.	يظهر هذا الرمز عندما تسبب المواد بقعاً أو حريقاً للملابس.	يجب دائماً ارتداء نظارة واقية عند العمل في المختبر.

أدوات تدريس الفيزياء

جدول المحتويات

5B نسخة الطالب
5F نسخة دليل المعلم
5H مصادر المعلم في غرفة الصف
5J السلامة في المختبر
5L قائمة التجهيزات
5Q مواد إثرائية داعمة

التهيئة

كتاب الفيزياء: يوضح للطلاب كيفية ارتباط الفيزياء بحياتهم وبالعالم من حولهم، ولقد جاء التصميم جذاباً وسهل المتابعة، ومن خلال العرض سيتم مراجعة الرياضيات ومهارات حل المسائل وتعزيزها.

بعد دراستك لهذا الفصل ستكون قادراً على تقديم أهداف الفصل.

الأهمية توفر إجابة مقنعة للسؤال الآتي: لماذا نتعلم هذا؟

فكر يُطرح فيه سؤال يربط محتويات الفصل بالحياة اليومية وفق ما جاء في صورة غلاف الفصل.



تطوير المهارات الرياضية

استراتيجيات حل المسألة

وحدات hc وطاقة الفوتون

يُزوّدنا تحويل الكمية hc إلى وحدة $eV \cdot nm$ بمعادلة مبسطة يمكن أن تستخدم لحل المسائل التي تتضمن الطول الموجي للفوتون.

1. تعطى طاقة فوتون طوله الموجي λ بالمعادلة $E = hf$.

2. لأن $f = c/\lambda$ ، فإنه يمكن كتابة هذه المعادلة على شكل $E = hc/\lambda$.

3. عند استخدام المعادلة $E = hc/\lambda$ ، إذا كان مقدار hc بوحدة $eV \cdot nm$ مقسوماً على λ بوحدة nm فسوف تحصل على الطاقة بوحدة eV ؛ لذا من المفيد أن تعلم مقدار hc بوحدة $eV \cdot nm$.

4. يتم تحويل وحدة قياس hc إلى وحدة $eV \cdot nm$ على النحو الآتي:

$$hc = (6.626 \times 10^{-34} \text{ J/Hz}) (2.998 \times 10^8 \text{ m/s})$$

$$\left(\frac{1 \text{ eV}}{(1.602 \times 10^{-19} \text{ J})} \right) \frac{10^9 \text{ nm}}{1 \text{ m}} = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$$

5. بتعويض $hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$ في معادلة طاقة الفوتون تحصل على المعادلة التالية؛

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(1240 \text{ eV} \cdot \text{nm})}{\lambda} \quad \text{حيث } \lambda \text{ بوحدة } nm \text{ والطاقة } E \text{ بوحدة } eV$$

6. استخدم المعادلة أعلاه لحل مسائل طاقة الفوتون عندما تكون الطاقة مطلوبة بوحدة eV .

استراتيجية حل المسائل تُركز انتباه الطلاب على الأساليب التي تجعل حل المسائل أكثر سهولة.

دليل الرياضيات تُركّز على المهارات الرياضية المستخدمة في حل المسائل الرياضية.

نسخة الطالب

التدريب على حل المسائل

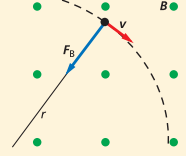
الأمثلة توفر للطالب نماذج لأمثلة محلولة على بعض المسائل الواردة في النص، وتوفر الاستراتيجيات باللون الأزرق أفكاراً مفيدة لحل المسائل.

المسائل التدريبية تعزز المفاهيم الواردة في النص بالإضافة إلى المفهوم في الأمثلة المحلولة.

مسائل التحفيز تزود الطالب بالفرصة لتطبيق المبادئ التي تعلمها على أمثلة أكثر تعقيداً.

مثال 1

نصف قطر المسار يتحرك إلكترون كتلته $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ بسرعة $2.0 \times 10^6 \text{ m/s}$ داخل أنبوب أشعة المهبط عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره $3.5 \times 10^{-2} \text{ T}$. فإذا فصل المجال الكهربائي، فما مقدار نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الإلكترون؟



1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم مسار الإلكترون، وثبت عليه السرعة v .
- ارسم المجال المغناطيسي متعامداً مع السرعة.
- حدّد اتجاه القوة المؤثرة في الإلكترون، وأضف نصف قطر المسار الذي يسلكه الإلكترون إلى رسمك.

المجهول

$r = ?$

المعلوم

$$v = 2.0 \times 10^6 \text{ m/s}$$

$$B = 3.5 \times 10^{-2} \text{ T}$$

$$m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$q = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم القانون الثاني لنيوتن في الحركة لوصف حركة الإلكترون في أنبوب أشعة المهبط والمعرض لمجال مغناطيسي.

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

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

$$r = \frac{(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(2.0 \times 10^6 \text{ m/s})}{(3.5 \times 10^{-2} \text{ T})(1.602 \times 10^{-19} \text{ C})}$$

$$r = 3.3 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$v = 2.0 \times 10^6 \text{ m/s}, B = 3.5 \times 10^{-2} \text{ T}$$

$$q = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

3 تقويم الجواب

هل الوحدات صحيحة؟ وحدة نصف قطر المسار الدائري هي وحدة قياس الطول، ويقاس الطول بالمتر.

مسائل تدريبية

افترض أن الجسيمات المشحونة جميعها تتحرك عمودياً على المجال المغناطيسي المنتظم.

1. يتحرك بروتون بسرعة $7.5 \times 10^6 \text{ m/s}$ عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره 0.60 T . احسب نصف قطر مساره الدائري. لاحظ أن الشحنة التي يحملها البروتون مساوية للشحنة التي يحملها الإلكترون، إلا أنها موجبة.
2. تتحرك إلكترونات خلال مجال مغناطيسي مقداره $6.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ ، قد اترنت بفعل مجال كهربائي مقداره $3.0 \times 10^3 \text{ N/C}$. ما مقدار سرعة الإلكترونات عندئذ؟
3. احسب نصف قطر المسار الدائري الذي تسلكه الإلكترونات في المسألة السابقة في غياب المجال الكهربائي.
4. عبرت بروتونات مجال مغناطيسي مقداره 0.60 T فلم تنحرف بسبب انزياحها مع مجال كهربائي مقداره $4.5 \times 10^3 \text{ N/C}$.

ربط الفيزياء بالحياة الواقعية

الإثراء العلمي يتناول الموضوعات التي يراها الطالب مثيرة للاهتمام، وتحتوي مواد هذه الموضوعات على مفاهيم فيزيائية متقدمة. كيف تعمل الأشياء نصوص توضح للطالب كيف تُستخدم مبادئ الفيزياء في الأدوات والأجهزة المألوفة.

الإنشاء العلمي

الإنسان أفضل كثيراً من الحواسيب في هذا المجال. ومع تحسين الرؤية قد يكون بمقدور الذكاء الاصطناعي التحكم في حركة السيارات على الأرض، أو يمكن الروبوتات التحكم من استكشاف كوكب آخر دون الحاجة إلى رواد فضاء.

يستخدم الذكاء الاصطناعي أيضاً لإنشاء أنظمة حاسوبية خبيرة ترمج المعرفة حول مواضيع محددة؛ حيث يكون بإمكان الإنسان أن يخبر الحاسوب بتفاصيل حالة معينة، ثم يقوم الحاسوب بحساب مسار العمل الأكثر منطقية. ويمكن استخدام الأنظمة الخبيرة في المجال الطبي لتشخيص الاضطرابات بدقة عالية؛ حيث يقوم الذكاء الاصطناعي بموازنة ومقارنة الحقائق عن الحالة، ثم يستنتج الإجراءات الأكثر ملاءمة. ومع ذلك فإن الذكاء الاصطناعي يعمل فقط مع وقائع زوّدها الحاسوب، ويتعين على مستخدمي الحاسوب أن يكونوا على علم دائم بهذه القيود للأنظمة الخبيرة.

يقرر كيفية تحنيط العبيات.

الذكاء الاصطناعي في العديد من المجالات أكثر في المستقبل. فعندما الشطرنج فإنه يبحث عن مئات الملة قبل أن يختار أفضل حركة. عي حالياً لتعرف الصوت؛

كيف يعمل

المجهر الأنبوبي الماسح؟

Scanning Tunneling Microscope?

اخترع العالمان جيرد بينج وهنرش روهريز عام 1981م المجهر الأنبوبي الماسح (STM)، وحصلوا بعد خمس سنوات على جائزة نوبل في الفيزياء. والمجهر الأنبوبي الماسح قادر على تصوير سطوح المواد بقوة تمييز تصل إلى المستوى الذري. وقد تمكن هذا العلماء من تكوين صور للذرات، كصورة ذرات السليكون الظاهرة على الشاشة أدناه. كيف يعمل STM؟

يحرك نظام تحكم المجس فوق سطح العينة إلى الخلف والأمام وإلى أعلى وأسفل لمسحها. ويتثبت المسافة بين المسطح ورأس المجس بتوليد تيار كهربائي ثابت. تُسجل حركة رأس المجس إلى أعلى وأسفل وتحويل إلى صورة.

يخلق هذه المساحة 90% من التيار ينتج قمع $d = 1 \text{ nm}$

يطبق فرق جهد على العينة المراد إظهارها. ويجب أن تكون العينة مادة موصلة.

تكون صورة حاسوبية

نظام تحكم

مجس المجهر

سطح العينة

V

التجارب العملية

يوفر كتاب الفيزياء خبرة عملية من خلال عدة تجارب مختارة، تعكس طبيعة العلم بصورة عامة، وتزداد معها ثقة طلابك وتنمو خبراتهم لاستكشاف تقدم العلم وتطبيق مبادئ الفيزياء التي تعلموها.

تجارب قصيرة

تجربة استهلاكية توضع في بداية كل فصل، وهي طريقة فعالة وسهلة مهمتها تقديم محتويات الفصل للطالب.

تجربة توجد في كتاب الطالب وأخرى إضافية في كتاب المعلم، وهي أنشطة سهلة العمل، وتساعد الطالب على فهم المبادئ الفيزيائية. ويمكن أن تجد تجربة واحدة على الأقل من هذا النوع في كل فصل.

تجارب متكاملة (مختبر الفيزياء)

يحتوي كل فصل على صفحتين من التجارب المتكاملة التي تستغرق حصة كاملة أو أكثر.

تحذير: احمل أنبوب الغاز بحذر شديد لتجنب تحطمه، ولا تلمس أي فلز معرض للإضاءة في أثناء تشغيل مصدر القدرة؛ لأن فرق الجهد المستخدم خطر. وقم دائماً بفصل مصدر القدرة قبل تغيير أنابيب الغاز.

أطفئ أنوار الغرفة

1. صف اللون الذي تلاحظه.
2. لاحظ أنبوب غاز التفريغ من خلال محزوز الحيوذ.
3. اختبر نتائج مشاهدة أنبوب غاز التفريغ من خلال محزوز الحيوذ.
4. توقع ما إذا كان الطيف الملاحظ سيتغير عندما تتم مشاهدة أنبوب غاز التفريغ من خلال محزوز الحيوذ.
5. اختبر توقعاتك.

التحليل والاستنتاج

6. اختبر نتائج مشاهدة أنبوب غاز التفريغ من خلال محزوز الحيوذ.
7. فسر سبب وجود اختلاف بين الطيفين.

مختبر الفيزياء

تيار الدايود وجهد

تصنع أدوات أشباه الموصلات كالدايودات والترانزستورات باستخدام شبه موصل مصنوع من مادة من النوع P ومادة من النوع N. وتسمى المادة شبه الموصلية المعالجة بالذرات المانحة شبه الموصل من النوع N، في حين تسمى المادة شبه الموصلية المعالجة بعنصر يترك فجوات في بنية الشبكة البلورية شبه موصل من النوع P. يصنع الدايود بمعالجة المناطق المتجاورة في شبه الموصل بذرات المانح والمستقبل، مكوناً وصلة pn. سنتقصى في هذه التجربة خصائص جهد وتيار الدايود.

سؤال التجربة: كيف نقارن بين خصائص التيار-الجهد لكل من الدايود والدايود المشع للضوء ومقاوم؟

الأهداف:

- جمع وتنظيم بيانات الجهد والتيار لكل من الدايود والدايود المشع للضوء.
- تقصير التيار المار عبر الدايود والدايود المشع للضوء كدالة رياضية في الجهد.
- تقارن خصائص التيار-الجهد لقاروم مع دايودات.
- احتياطات السلامة: استخدم التحذير المرفق مع التوصيلات الكهربائية، وتجنب لمس القاروم؛ لأنه قد يصبح ساخناً.
- صل مصادر القدرة مع مقبس GFCI المحمي لتجنب خطر الصدمة الكهربائية.

المواد والأدوات:

- مصدر قدرة مستمر 0-12 VDC
- دايود مشع للضوء الأحمر
- مقاوم 100 Ω
- 0-100 mA DC أميتر
- 1 W أو 1/2 W، 10 Ω فريستتر
- 0-5 VDC فولتميتر
- أسلاك توصيل معزولة
- دايود 1N4002

الخطوات

1. أشر جدول بيانات مماثلاً للجدول الموضح في الصفحة التالية.
2. صل القطب السالب لمصدر القدرة مع الطرف السالب للدايود، كما هو موضح في الرسم.
3. صل طرف الدايود المغطى بشرط الفضة مع الطرف الموجب للاميتر.
4. صل أحد طرفي المقاوم 100Ω مع الطرف الحر للدايود.
5. صل سلكاً من الطرف الحر للمقاوم 100Ω مع القطب الموجب لمصدر القدرة.
6. صل سلكاً من الطرف الموجب لجهاز الفولتميتر مع طرف الدايود الموصول مع المقاومة، كما هو موضح في الرسم.
7. وصل الطرف السالب للفولتميتر مع طرف الدايود المغطى بشرط الفضة الموصول مع الأميتر.

الجدول البيانات

جهد الجهد (V)	تيار الدايود (mA)	تيار الدايود المشع للضوء (mA)
0		
0.1		
0.2		
1.9		
2.0		

7. يجب أن تكون دائرة الدايود مماثلة للجزء (a) من الرسم التخطيطي. تأكد من أن مؤشر مفتاح مصدر القدرة عند الصفر، ثم صله بمقبس الكهرباء. ابدأ بتدوير مفتاح مصدر القدرة ببطء، وذلك من أجل زيادة الجهد غير الدايود من 0 حتى 0.8 V، وزيادة جهد مقدارها 0.1 V في كل مرة، ثم دوّن قيمة التيار المقابلة لكل قيمة جهد. تحليلاً: إذا أصبح التيار أكبر مما يتحملة جهاز الأميتر الذي تستخدمه فلا تعمل على زيادة الجهد إلى قيمة أكبر، وتوقف عن أخذ القراءات. حرك مفتاح مصدر القدرة إلى الصفر، ثم افصله عن مقبس الكهرباء.

8. استعمل الدايود المشع للضوء بدل الدايود 1N4002، وذلك بقلب الجزء (b) من الرسم التخطيطي.

9. صل طرف التوصيل القصير للدايود المشع للضوء مع الطرف الموجب للاميتر (الطرف السالب للفولتميتر)، وهي النقطة التي وصل بها الطرف المغطى بشرط الفضة للدايود.

10. صل مصدر القدرة بمقبس الكهرباء، ابدأ بتدوير مفتاح مصدر القدرة ببطء، وذلك لزيادة الجهد غير الدايود المشع للضوء من 0 حتى 0.5 V، وزيادة جهد مقدارها 0.1 V في كل مرة، ثم دوّن قيمة التيار المقابلة لكل قيمة جهد. وشاهد الدايود المشع للضوء، ودوّن ملاحظاتك حول.

التحليل

1. أنشئ الرسوم البيانية واستخدمها باستخدام ورقة رسم بياني وأحده، ارمس وتوّن الرسم البياني للتيار مقابل الجهد في الجهد لكل من الدايود والدايود المشع للضوء، مثل التيار على المحور Y والجهد في الجهد على المحور X. ما شكل هذين المنحنيين البيانيين؟
2. صياغة الاستنتاج باستخدام قانون أوم احسب وحدد على الرسم البياني نفسه علاقة الجهد-التيار للمقاوم 100 Ω من الجهد 0 حتى 2 V، وسمّ هذا الخط بالمقاوم 100 Ω. ما شكل هذا المخطط؟

الاستنتاج والتطبيق

1. قارن بين المنحنيات البيانية التيار-الجهد للدايود والدايود المشع للضوء والمقاوم.
2. أي هذه الأدوات تحقق قانون أوم؟
3. الاستنتاج والتحليل: توصف الدايودات بأن لها نقطة تحوّل في الجهد. ما نقطة التحول للدايود المصنوع من السليكون، وللدايود المشع للضوء الذي استخدمته؟
4. فسر لماذا يصبح للدايود خاصية التبعات الضوء عند تيار محدد 20 mA مثلاً؟

التوسع في البحث

ما الذي يمكن فعله للحصول على أفضل قياسات تيار الدايود؟

الفيزياء في الحياة

يسرى تيار مقداره 75-150 mA في المصابيح الكهربائية الصغيرة المتألّفة عند جهد معين. لماذا تفضل الشركات الصانعة استخدام الدايودات المشعة للضوء في أجهزة تشغيل الأقراص المدمجة أو مشغلات MP3 التي تعمل على البطاريات؟

التقويم

يقدم لك كتاب الفيزياء الأدوات التي تحتاج إليها لتهيئ طلابك للنجاح في أي اختبار. وستجد مسائل وأنشطة تقييمية متنوعة في كل درس.

مسائل تدريبية

تشير مسائل المراجعة إلى مدى استعداد طلابك للانتقال إلى الدرس اللاحق.

دليل مراجعة الفصل

مراجعة سريعة تلخص المفردات والمفاهيم الأساسية، بالإضافة إلى أهم المعادلات في كل جزء من الفصل.

تقويم الفصل

يحتوي ثلاث إلى ست صفحات من المسائل والتمارين التي تتنوع بين تطوير المفاهيم وتطبيقها والتفكير الناقد والكتابة في الفيزياء.... إلخ. ويستطيع المعلم اختيار نوع المسائل ومستواها المناسب للطلاب.

اختبار مقنن

تقوم مسائل الاختبار المقنن في نهاية كل فصل مدى تمكن الطالب من المفاهيم والمهارات. ويشتمل دليل المعلم على إجابات كل من أسئلة الاختيار من متعدد، وسلم التقدير لأسئلة الإجابات المفتوحة، وبقية المسائل.



لمحة عن مخطط الدروس

كتاب المعلم هو دليلك إلى مصادر التعلم في كتاب الفيزياء، بالإضافة إلى استراتيجيات التدريس وبعض الاقتراحات.

أدوات التخطيط

مخطط الفصل يوفر التخطيط للتجارب والعروض.

نظرة عامة إلى الفصل مقدمة توضع بجوار صورة الفصل بحيث تصف محتوياته.

فكر الإجابة عن السؤال الموجود في كتاب الطالب وربطه بمادة الفصل.

المفردات الرئيسية قائمة بأهم المفاهيم والمصطلحات مرتبة كما سترد في الفصل.

الفصل 7
الكهر ومغناطيسية

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- معرفة كيفية استخدام المجالات الكهربائية والمجالات المغناطيسية المتفاعلة معًا لتحديد كتل كل من الإلكترونات والذرات والجزيئات.
- توضيح كيفية توليد الموجات الكهر ومغناطيسية وانتشارها في الفراغ واستقبالها.

الأهمية

تؤدي العديد من الموجات الكهر ومغناطيسية - بدءًا من موجات الراديو والفلو وحتى موجات الميكرويف والفسوء المرئي والأشعة السينية - دورًا حيويًا في حياتنا. مستطلات القطع الكافئ تصنع أطباق الراديو من الأقمار الاصطناعية التي تدور على بعد مئات الكيلومترات فوق سطح الأرض، ومن الأجسام الموجودة خارج النظام الشمسي.

فكر

حصلت أطباق القطع الكافئ على اسمها من شكل السطح العاكس الذي يكون في صورة قطع مكافئ. لذا تكون أطباق القطع الكافئ، اللاطعة مناسبة جدًا لاستقبال إشارات التلفاز الضعيفة؟

www.obckeducation.com

نظرة عامة إلى الفصل

ستتوسع في هذا الفصل في استكشاف المجالات الكهربائية والمغناطيسية، وستوضح الموجات الكهر ومغناطيسية، ومنها موجات الراديو وأشعة جاما، بدلالة اهتزاز الموجات الكهربائية والموجات المغناطيسية. وعلى الرغم من أن معظم الإشعاع في الكون خارج حدود الإدراك الحسي للإنسان، إلا أنه قد اخترعت أدوات لإنتاج وقياس جميع أنواع الموجات الكهر ومغناطيسية.

فكر

المساحة السطحية لأطباق الاستقبال كبيرة لتكون قادرة على تجميع الإشارات الضعيفة القادمة وتركيزها، مما يجعلها أسهل للكشف والاستقبال.

المفردات الرئيسية

- النظر
- مطايف الكتلة
- الموجات الكهر ومغناطيسية
- العوازل الكهربائية
- الهوائي
- الطيف الكهر ومغناطيسي
- الإشعاع الكهر ومغناطيسي
- الكهرياء الإجهادية
- المستقبل

تجربة استهلاكية

الهدف توضيح فكرة انتقال الموجات الكهر ومغناطيسية وبثها مسافات بعيدة.

المواد والأدوات مذياع FM/AM، وخرائط للمنطقة المحلية والمناطق المجاورة.

استراتيجيات التدريس

- تجرى التجربة في يوم فيه برق فإذا لم يكن هناك برق فاتصل بهاتف خلوي من هاتف آخر. اطلب إلى الطلاب ضبط المذياع على تردد، بحيث لا يكون هناك بث لأي محطة، واطلب إليهم الإصغاء لتشويش يشبه الضجيج مدة 10-5 دقائق. يجب أن يسمع الطلاب خشخشات وفروقات ناتجة عن التفريغات الكهربائية للبرق.
- توفّر العديد من مواقع الإنترنت معلومات حول إشارات بعض المحطات الإذاعية وتردداتها وأسائها ومواقعها.
- ستؤثر القدرة التي تبث فيها المحطة في النتائج أيضًا.

8

مستويات التعلم وأنماطه

طرائق تدريس متنوعة

وُضعت رموز المستويات في دليل المعلم لمساعدتك على التعامل مع الطلاب من مختلف المستويات.

المستوى 1: **1م** أنشطة مناسبة للطلاب ذوي صعوبات التعلم.

المستوى 2: **2م** أنشطة مناسبة للطلاب ذوي المستوى المتوسط.

المستوى 3: **3م** أنشطة مناسبة للطلاب المتفوقين (فوق المتوسط).

وقد أُدرجت أنماط التعلم المناسبة بعد الرموز **1م** ، **2م** ، **3م** ، وهي:

- حسي - حركي: يتعلم الطلاب من خلال اللمس والحركة واللعب بالأشياء.
- بصري-مكاني: يتعلم الطلاب من خلال الصور، والصور التوضيحية، والنماذج.
- منطقي-رياضي: يستوعب الطلاب الأرقام بسهولة ويمتلكون مهارات تفكير على درجة عالية من التطور.
- لغوي: يكتب الطلاب بوضوح ويستوعبون الكلمات المكتوبة بسهولة.
- سمعي: يتذكر الطلاب الكلمات المنطوقة، ويمكنهم عمل إيقاعات وألحان.
- متفاعل: يستوعب الطلاب ويتعلمون بشكل جيد من خلال العمل مع الآخرين.
- ذاتي: يفيد في تحليل مواطن القوة والضعف لدى الطلاب الذين يميلون إلى العمل بمفردهم.

طرائق تدريس متنوعة

نشاط

طرائق تدريس متنوعة أنشطة تظهر استراتيجيات تدريس متنوعة صُممت لمساعدتك على مواجهة الاحتياجات الخاصة للطلاب الذين لديهم ضعف في الرؤية، أو السمع، أو لديهم إعاقات حركية.

تحفيز

نشاط

تحفيز أنشطة تمكّن الطلاب الموهوبين من تطبيق معارفهم، واستخدام تفكير أكثر تعقيداً فيها، وفي مشاريع الأبحاث بوصفها امتداداً لمفاهيم الفصول.

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم توفر تلميحات لتعليم أي طالب يعاني من صعوبة في استيعاب المفاهيم الأساسية.

دورة التعليم الفعال

- تم ترتيب عناصر نسخة المعلم بما يتناسب مع كل درس في نسخة الطالب وتنظيمها في ثلاث خطوات تشكّل دورة التعليم هي:
1. التركيز عناصر لتقديم الدرس.
 2. التدريس عناصر تزودك بمقترحات للتعليم، وتساعدك على توصيل محتوى الدرس للطلاب.
 3. التقويم عناصر تساعدك على مراقبة تطور معرفة الطلاب.
- سوف تشتمل كل خطوة من دورة التعليم على بعض العناصر الموضحة أدناه أو جميعها:

1. التركيز

نشاط محفّز عرض قصير أو نشاط يوضح محتوى الدرس، ويجذب انتباه الطلاب.

الربط مع المعرفة السابقة يربط الدرس الحالي بالفصول أو الدروس السابقة.

2. التدريس

نشاط يعزز المفاهيم المهمة من خلال التجريب اليدوي.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة تناقش الأفكار غير الصحيحة التي تكونت لدى الطلاب حول بعض المفاهيم العلمية.

استخدام الشكل التركيز على الأشكال التي تتطلب مساعدة المعلم في تفسيرها، أو التي تصلح أن تكون موضوعاً للمناقشة، أو النشاط بين الطلاب.

مثال صفي مسائل تظهر دائماً بجانب الأمثلة في نسخة الطالب. استخدم هذه المسائل لتعزيز المفاهيم الواردة في الفصل.

تطوير المفهوم استراتيجيات التدريس تزيد من فهم الطالب لموضوع ما.

التفكير الناقد أسئلة تشجع الطلاب على تحليل المفاهيم التي يعرفونها، أو يقرؤون عنها، واستخلاص نتائج جديدة حولها.

تعزيز الفهم أنشطة تؤكد على المفردات والمفاهيم والعلاقات التي ترد في الفصل.

1. التركيز

نشاط محفّز

نموذج السحابة الإلكترونية للذرة اطلب إلى الطلاب تشكيل مخطط توضيحي عن المفاهيم المتعلقة بنموذج السحابة الإلكترونية للذرة الذي تم نقله في حصص الكيمياء أو الفيزياء سابقاً. اسمح للطلاب بمناقشة مفاهيمهم، ثم استخدم المناقشة نقطة بداية لوصف خصائص الإلكترون في الذرة بدلالة الأطوال الموجية المحتملة. **12- بصري- مكاني**

الربط مع المعرفة السابقة

تطوير النموذج الكمي للذرة استخدمت علاقة دي بروي ومبدأ اللاتحديد لهايزنبرج اللذان تمت مناقشتها من قبل عند تعريف النموذج الكمي الميكانيكي للذرة.

2. التدريس

التفكير الناقد

المستويات غير المستقرة اسأل الطلاب عن تفسير ظاهرة الموجة في الحالة غير المستقرة الموضحة في الشكل 13-9. **التداخل الهدام 24**

مصادر المعلم في غرفة الصف

تطبيق الفيزياء

◀ الطيف الكهرومغناطيسي - كما لاحظت سابقاً - مستخدم على نطاق واسع في أجهزة الإرسال، والاستقبال، ولتجنب التداخل تضع وزارة الإعلام في كل دولة ترددات محددة لكل مرسل (محطة إذاعية). ▶

مناقشة

سؤال أسأل الطلاب: كيف يعمل المحول؟ واطلب إليهم أن يحددوا الجزء الكهربائي، والجزء المغناطيسي فيه.

3. التقييم

التحقق من الفهم

فرق الجهد أسأل الطلاب ماذا يحدث لقراءة فولتметр موصول مع طرفي وصلتين متصلتين معاً من السليكون، إحداها من النوع n والأخرى من النوع P؟ **ستكون قراءة الفولتметр صفراً؛ لأنه لن يكون هناك شحنة كلية على أي من القطعتين.** ^{2م}

التوسع

مشعات الحرارة أزل الغطاء الخارجي عن وحدة معالجة جهاز حاسوب شخصي، وأشر إلى مشعاع الحرارة المثبت فوق رقاقة المعالج. واسأل الطلاب: ما الغرض الذي يؤديه هذا المشعاع؟ **يوفر مشعاع الحرارة مساراً للمقاومة الحرارية المنخفضة. تزيد مشعات الحرارة الإلكترونية من معدل نقل الحرارة من الأدوات الإلكترونية كالترانزستور أو الدائرة المتكاملة إلى الهواء المحيط. إن رقاقات السليكون الخاصة بالحاسوب تحدث أخطاءً أو تتوقف عن العمل إذا أصبحت ساخنة جداً؛ لأن الناقلات الحرارية تزداد بازدياد درجة الحرارة.** ^{2م}

استخدام النماذج نشاط يقوم الطالب من خلاله بعمل أو استخدام نموذج لتوضيح مفاهيم مجردة.

استخدام التشابه استخدام المقارنة مع أحداث شائعة لجعل المفاهيم المجردة أكثر رسوخاً لدى الطلاب.

المناقشة تشتمل على سؤال يمكن أن يناقش من قبل مجموعات صغيرة أو من طلاب الصف، وتحتاج الإجابة إلى التفكير الناقد وتطبيق المفاهيم التي وردت في الفصل.

تطبيق الفيزياء تقدم معلومات تشكل خلفية نظرية و/ أو استراتيجية تدريس، ترتبط بالموضوع الوارد في نسخة الطالب.

الفيزياء في الحياة تلقي الضوء على أمثلة تطبيقية للفيزياء من الحياة الواقعية. **مهن في الحياة** تصف المهن التي تشتمل على الفيزياء.

من معلم لآخر تقدم أفكاراً تعليمية صحيحة ومجربة، واستراتيجيات تدريس أو أنشطة قام بها معلمو الفيزياء وطبقوها بنجاح في غرف الصف.

الخلفية النظرية للمحتوى تقدم معلومات إضافية حول مفهوم لم يرد في نسخة الطالب. ربما تكون المعلومات ذات مستوى عالٍ لتقدمها للطلاب، لكنها تساعد على توضيح لماذا يحدث شيء ما؟

مشروع فيزياء نشاط يستمر فترة طويلة نسبياً يقوم فيه الطالب بالبحث في موضوعات أو مفاهيم معينة.

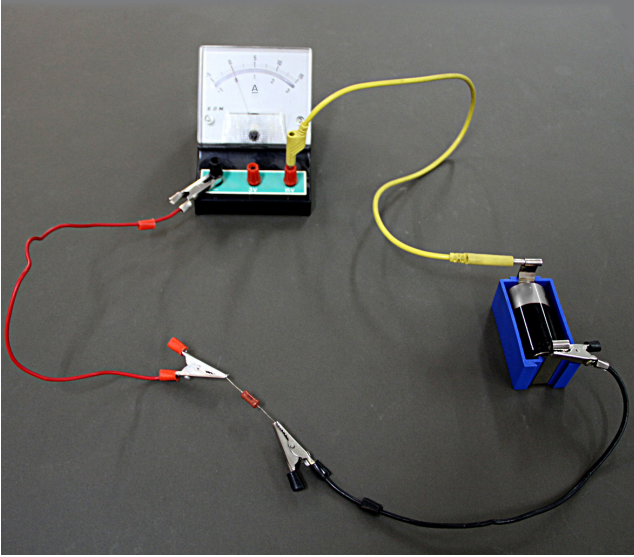
3. التقييم

التحقق من الفهم سؤال أو نشاط يمكنك القيام به لإجراء تقييم سريع لاختبار مدى تعلم الطلاب لمفهوم معين.

إعادة التدريس يقترح استراتيجية لعرض المادة بطريقة مختلفة لمساعدة الطلاب على استيعاب محتوى الدرس.

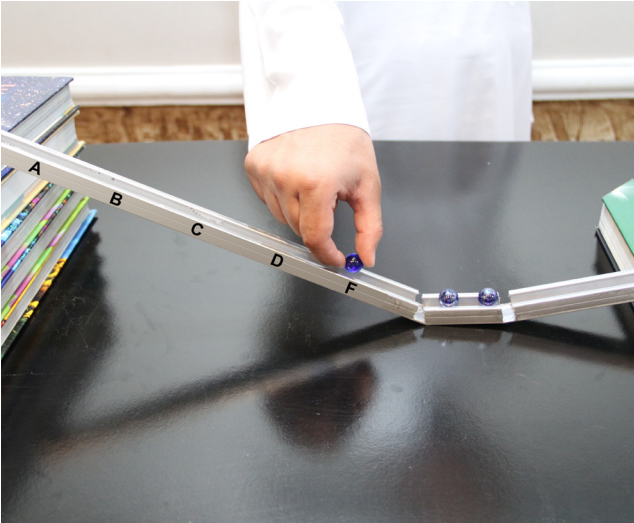
التوسع يقدم سؤالاً أو نشاطاً ذا مستوى متقدم تتطلب معرفته التركيز بعمق أكبر على مفهوم معين.

إدارة الأنشطة في مختبر الفيزياء



يُعد مختبر الفيزياء مكاناً آمناً لإجراء التجارب إذا ما تم اتخاذ تدابير الحيلة والحذر. وعليك أن تتحمل مسؤولية سلامتك وسلامة طلابك، وتقدم لهم قواعد السلامة التالية لتجنب وقوع أي حادثة في المختبر:

1. يجب أن يستخدم مختبر الفيزياء للعمل الجاد.
2. لا تقم بإجراء أي من التجارب غير المصرح بها، واحصل دائماً على إذن من معلمك.
3. ادرس التجربة قبل مجيئك إلى المختبر، واسأل معلمك إذا كان لديك شك أو استفسار حول أي خطوة.
4. استخدم أدوات السلامة المقدمة لك، واعرف مكان طفاية الحريق، والبطانية المقاومة للحريق، وقواطع الكهرباء وقائمة بمواد السلامة، وموقع غسل العيون، وصندوق الإسعافات الأولية.
5. ارتد دائماً أدوات السلامة المناسبة كالنظارات الواقية، ومعطف المختبر، وارتد أحذية السلامة.
6. بلّغ معلمك على الفور عن أي حادث أو إصابة أو أي خطأ في الخطوات.
7. أحمّد النيران باستخدام بطانية مقاومة للحريق، وإذا تعرضت الملابس للحريق فأخمدها بالبطانية أو بمعطف، أو ضعها تحت الدش، دون أن تركز على الإطلاق.
8. تعامل مع المواد السامة والقابلة للاشتعال أو المشعة بإشراف مباشر من معلمك. وإذا سكبت حامضاً أو مادة كيميائية تسبب التآكل فأزلها حالاً باستخدام الماء. ولا تتذوق أي مادة كيميائية، ولا تسحب أي مادة سامة بواسطة أنبوب زجاجي باستخدام الفم، واحفظ المواد القابلة للاشتعال بعيداً عن مصادر اللهب.
9. ضع الزجاج المكسور والمواد الصلبة في الحاويات المخصصة لها. واحتفظ بالمواد غير الذائبة في الماء خارج المغسلة.
10. استخدم الأدوات الكهربائية تحت إشراف معلمك فقط. وتأكد أن المعلم قد تفحص الدائرة الكهربائية قبل أن تُغلقها.
11. تأكد من إغلاق صنبور الماء وأسطوانة الغاز، وفصل التوصيلات الكهربائية بعد الانتهاء من التجربة، ونظّف مكان عملك، وأعد جميع المواد التي استخدمتها إلى أماكنها المناسبة.



الإسعافات الأولية في المختبر

إذا كان مختبر الفيزياء يتطلب احتياطات سلامة خاصة به فسوف يشار إلى ذلك من خلال رموز السلامة، انظر رموز السلامة في بداية الكتاب.

اطلب إلى الطلاب تقديم تقرير عن الحوادث والجروح والمواد المسكوبة جميعها أينما لزم.

وعلى الطالب أن يعرف:

- أساليب السلامة في العمل المختبري.
- كيفية تقديم تقرير بحادث، أو إصابة أو جرح أو مادة مسكوبة؟ ومتى يقدمه؟
- مكان مواد الإسعافات الأولية ومستلزماتها، وإنذار الحريق، والهاتف، والمسؤول في إدارة المدرسة.

الموقف	الاستجابة الآمنة
الحروق	سكب الماء على الإصابة بشكل كثيف.
الجروح والكدمات	اتباع التعليمات والإرشادات الموجودة في صندوق الإسعافات الأولية.
الصدمة الكهربائية	تزويد المصاب بالهواء المنعش، ووضع به بشكل مائل بحيث يكون رأس المصاب منخفضاً عن باقي الجسم، وإجراء عملية التنفس الاصطناعي إذا كان ذلك ضرورياً، وتغطية المصاب ببطانية ليبقى دافئاً.
الإغماء أو الانهيار	استدعاء الإسعاف فوراً.
الحريق	إغلاق صناديق الغاز وإخماد ألسنة اللهب جميعها، ولف الشخص المحترق ببطانية الحريق، واستعمال طفاية الحريق لإخماد النار. استدعاء رجال الإطفاء عند الحاجة. لا يجب استخدام الماء لإطفاء الحريق. لأن الماء ربما يتفاعل مع المواد المحترقة مما يتسبب في ازدياد الحريق.
وجود مادة مجهولة في العين	اغسلها بكمية كبيرة من الماء مدة 15 دقيقة على الأقل، وقم بإرسال المصاب إلى المستشفى.
التسمم	ملاحظة العامل السام المشتبه به، والاتصال بمركز مراقبة السموم للحصول على مضاد التسمم (الترياق).
النزف الشديد	استخدام قفازات مطاطية خاصة، والضغط باليد أو بمادة ضاغطة مباشرة على الجرح، وطلب المساعدة الطبية في الحال.
الحروق الناتجة عن انسكاب مواد حامضية	غسل المنطقة المصابة بالحمض بكمية كبيرة من الماء، واستخدام رشاش ماء آمن، واستخدام كربونات الصوديوم، أو صودا الخبيز (بيكربونات الصوديوم NaHCO_3)
الحروق الناتجة عن انسكاب مواد قاعدية	استخدام حمض البوريك H_3BO_3 ، وغسل المنطقة بكمية كافية من الماء.
أجسام حادة تخترق الجلد	لا تنزع الجسم المخترق، واحفظ المصاب ساكناً، وسيطر على النزف واطلب المساعدة الطبية.

قائمة التجهيزات

هذه قوائم الأدوات التي يمكن أن تساعدك على إعداد مختبرات الفيزياء للسنة كاملة. والكميات المذكورة في الجدول أدناه لمختبر الفيزياء والتجربة والتجارب الصغيرة الإضافية، وهي الكميات القصوى اللازمة لمجموعة واحدة من الطلاب لعام كامل والكميات الخاصة بالتجارب الاستهلاكية هي الكميات القصوى التي ستحتاج إليها لعمل العروض كافة. الأجزاء (البندود) التي يلزمك استخدام الأداة فيها موضوعة بين قوسين في القائمة. ارجع إلى مخطط الفصل قبل الحصول على قائمة بالأجهزة والأدوات لكل نشاط مختبري في كل فصل.

مواد غير مستهلكة

المادة (الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض)	مختبر الفيزياء	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	تجربة استهلاكية
مصباح كهربائي شفاف مع قاعدته			ف(8)
مفتاح تحكم			ف(8)
ثلاث كرات فلزية	ف(8)		
محزوز حيود		ف(9) (9-1) ف9 (9-2)	ف(8)
مجرى على شكل حرف U	ف(8)	ف(8) (8-1)	
كتب مختلفة	ف(8)	ف(8) (8-1)	
مسطرة مترية	ف(8) ف(9) ف(11)		
وعاء مخبري 100 ml		ف(8) (8-1)	
مصباح كهربائي وماض		ف(8) (8-1)	
مرشحات ضوئية حمراء، وخضراء، وزرقاء		ف(8) (8-1)	
ميزان حساس مدرج بستمجرام أو ميليغرام		ف(8) (8-1)	
جهاز عرض شرائح		ف(9) (9-1)	
4 علب أفلام بلاستيكية صغيرة وغير شفافة ومدرجة		ف(8) (8-1)	
كشاف كهربائي		ف(8) (8-1)	
شريط من الزنك أبعاده 2 cm و 10 cm		ف(8) (8-1)	
مصدر ضوء فوق بنفسجي		ف(8) (8-1)	
منشفة أو قطعة قماش كبيرة	ف(9)		
سكين		ف(9) (9-1)	

قائمة التجهيزات

المادة (الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض)	مختبر الفيزياء	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	تجربة استهلاكية
شاشة		ف(9) (9-1) ف(9) (9-2)	
قطع معدنية مختلفة			ف(9)
كرة فولاذية نصف قطرها 12mm		ف(9) (9-1)	
أنابيب تفريق الغاز		ف(9) (9-1)	
مروحة طاولة كهربائية		ف(9) (9-1)	
مؤشر ليزر		ف(9) (9-1)	
3-6 مغناط سيراميك أسطوانية			ف(11)
3-6 أقراص من الخشب أو الألمونيوم حجمها مماثل للمغناط			ف(11)
50 قطعة نقدية فلزية		ف(11) (11-2)	
أنبوب جايغر مع العداد		ف(11) (11-2)	
كأس كبيرة		ف(11) (11-2)	
مصادر مشعة اصطناعية مختومة (ألفا وبيتا وجاما)	ف(11)	ف(11) (11-3)	
عداد إشعاع أو جهاز رصد الإشعاع	ف(11)		
ساعة إيقاف	ف(10) ف(11)		
غرفة سحابة إلكترونية صغيرة		ف(11) (11-3)	
مصدر ألفا على إبرة		ف(11) (11-3)	
أنبوب الأشعة المهبطية		ف(7) (7-1)	
ملف تسلا الحثي (ملف رومكورف)		ف(7) (7-2)	
خلية شمسية متصلة بقطبين كهربائيين		ف(10) (10-2)	
ساعة صوت مزود بأسلاك توصيل		ف(7) (7-2)	
قضيب مغناطيسي عدد 6		ف(7) (7-1)	
كرات فولاذية صغيرة أقطارها (6 mm ، 9 mm)		ف(7) (7-2)	

قائمة التجهيزات

المادة (الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض)	مختبر الفيزياء	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	تجربة استهلاكية
مذياع AM.FM يعمل بالبطارية	ف(7)	ف(7) (7-2)	ف(7)
مصباح كهربائي صغير عدد 2 مع قاعدة لكل منهما		ف(7) (7-2)	ف(7)
جهاز تحكم عن بعد للتلفاز		ف(7) (7-1)	
ملف سلكي		ف(7) (7-1)	
صندوق من أسلاك مشبكة	ف(7)		
مغناطيس قوي		ف(7) (7-1) ف(7) (7-2)	
جلفانوميتر مخصص للعرض		ف(7) (7-1)	
مسطرة طولها (30 cm) وبها مجرى		ف(7) (7-1)	
راسم ذبذبات		ف(7) (7-1)	
صندوق فلزي	ف(7)		
شاشة فلزية	ف(7)		
مكبس ورق	ف(7)		
شبكة سياج		ف(7) (7-2)	
أسطوانة مدرجة 500 mL		ف(10) (10-1)	ف(10)
مصدر قدرة متردد 9-12 V AC			ف(10)
مقاوم 330Ω ، 470Ω			ف(10)
دايود مشع للضوء ذي لونين أحمر - أخضر قدرته 1W أو $\frac{1}{2} W$		ف(10) (10-1)	
أسلاك توصيل			ف(10)
جهاز ستروبوسكوب يدوي		ف(10) (10-1)	
خلية ضوئية		ف(10) (10-1)	
جهاز أوميتر		ف(10) (10-1)	

قائمة التجهيزات

مواد مستهلكة

المادة (الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض)	مختبر الفيزياء	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	تجربة استهلاكية
أقلام ترقيم ملونة	ف(8)		
لاصقات ملونة	ف(8)		
كحول إيزوبروبيلي	ف(8)		
ماء		ف(8) (8-1)	
فلورسين 10 g		ف(8) (8-1)	
حلقات معدنية		ف(8) (8-1)	
كرة معدنية		ف(8) (8-1)	
مواد لشحن الكشاف بشحنة موجبة وأخرى بشحنة سالبة		ف(8) (8-1)	
صندوق كرتون	ف(9)		
ثلاث كؤوس ورقية صغيرة ومتماثلة	ف(9)		
200 كرة صغيرة	ف(9)		
قطع ورقية كبيرة مثل ورقة صحيفة طولها مثلاً عرضها	ف(9)	ف(9) (9-1)	
طبق قليل العمق		ف(9) (9-1)	
شفافيات		ف(9) (9-1)	
قطع من الورق المقوى		ف(9) (9-1)	
شريط لاصق ذو وجهين		ف(11) (11-1)	
ورق		ف(11) (11-1)	
شريط لاصق	ف(11)	ف(11) (11-1)	
صفيحة رقيقة من الألومنيوم والرصاص		ف(11) (11-1)	
2 كيلو جرام ثلج جاف		ف(11) (11-1)	
أقلام رصاص ملونة		ف(11) (11-1)	

قائمة التجهيزات

المادة (الكمية لكل مجموعة أو تجربة عرض)	مختبر الفيزياء	التجربة أو التجربة الإضافية أو العرض السريع	تجربة استهلاكية
كحول		ف11 (11-1)	
خرائط للمنطقة المحلية والمناطق المجاورة			ف(7)
كرات صلصال		ف(7) (7-1)	
شريط لاصق	ف(8) ف(7)		
لفافة من رقائق الألومنيوم	ف(7)		
أكياس تحمي من التفريغ الكهربائي	ف(7)		
صندوقان صغيران من الكرتون	ف(7)		
قفازات جلدية	ف(7)		

مواد إثرائية داعمة



يقدم دليل المعلم للفيزياء مادة مساندة وغنية تمكّنه من إثراء المادة التعليمية أثناء شرحها.

الملف الخاص بمصادر الفصول يشتمل كل كتاب منها على ما يلي:

- ورقة عمل التجربة
- ورقة عمل مختبر الفيزياء
- دليل مراجعة الفصل
- اختبار قصير للقسم
- تعزيز الفهم
- الإثراء
- الشرائح وأوراق العمل
- تقويم الفصل متضمناً ثلاثة مستويات من الصعوبة

دليل التجارب العملية

يشتمل دليل التجارب العملية على تجارب إضافية، حيث تُبرز نسخة المعلم قائمة المواد، ومعلومات حول احتياطات السلامة في المختبر، وثوابت وقواعد فيزيائية مفيدة، وإجابات التجارب.



مواد إثرائية داعمة



الحلول والمسائل

الإجابات

يشتمل دليل حلول المسائل على الإجابات والحلول بالتفصيل لكل من المسائل التدريبية، ومسائل التحفيز، ومسائل التقويم، إضافة إلى مسائل إضافية في نهاية كل فصل من فصول الكتاب.

اختبار مقنن تدريبي

اختبارات الفيزياء التحضيرية يشتمل على صفحتين من أسئلة الاختيار من متعدد لكل فصل من فصول الكتاب. وحلولها متضمنة في نهاية الكتاب.



دعم الرياضيات

ربط الرياضيات مع الفيزياء يساعد الطلاب على تطبيق معلومات رياضية رئيسية، ومهارات في حل مسائل فيزيائية.



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قائمة المحتويات

الفصل 7

8	الكهرومغناطيسية
9	تجربة استهلاكية
	من أين تبث محطات الإذاعة؟
9	7-1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة
17	7-2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء
26	مختبر الفيزياء
	حجب الموجات الكهرومغناطيسية

الفصل 8

36	نظرية الكم
37	تجربة استهلاكية
	ماذا يشبه طيف المصباح الكهربائي المتوهج؟
37	8-1 النموذج الجسيمي للموجات
49	8-2 موجات المادة
52	مختبر الفيزياء
	نمذجة التأثير الكهروضوئي

الفصل 9

62	الذرة
63	تجربة استهلاكية
	تحديد نوع قطعة نقدية فلزية تدور كنموذج لتعرف نوع الذرات.
63	9-1 نموذج بور الذري
77	9-2 النموذج الكمي للذرة
84	مختبر الفيزياء
	إيجاد حجم الذرة

قائمة المحتويات

الفصل 10

94	إلكترونيات الحالة الصلبة
95	تجربة استهلاكية
	كيف يوصل الدايد الكهرياء؟
95	10-1 التوصيل الكهرياء في المواد الصلبة
107	10-2 الأدوات الإلكترونية
114	مختبر الفيزياء
	تيار الدايد وجهده

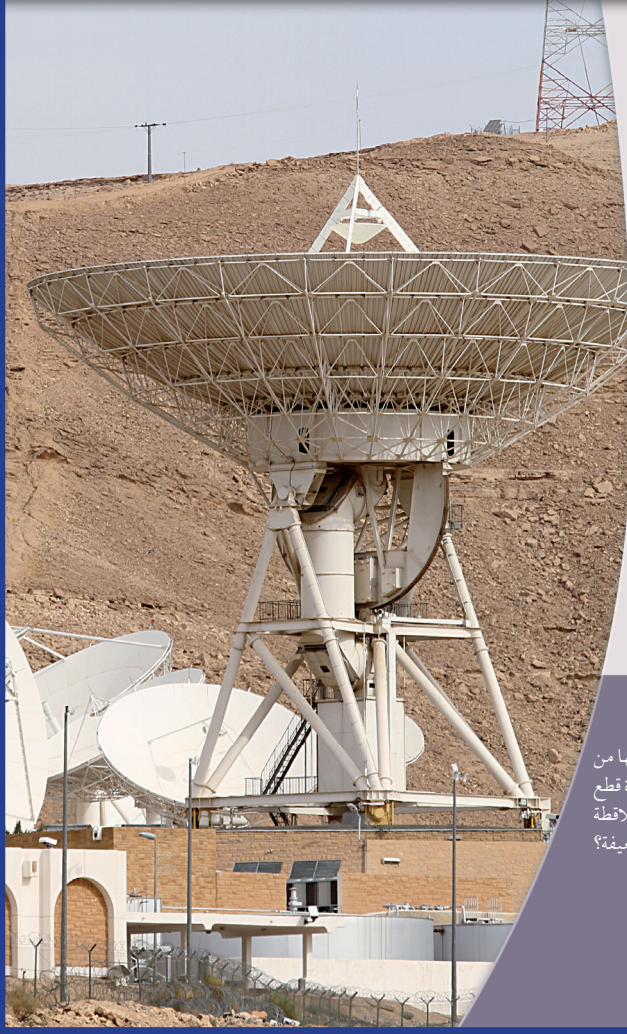
الفصل 11

124	الفيزياء النووية
125	تجربة استهلاكية
	كيف يمكنك عمل نموذج للنواة؟
125	11-1 النواة
132	11-2 الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية
141	11-3 وحدات بناء المادة
150	مختبر الفيزياء
	استكشاف الإشعاع
161	الجدول
164	المصطلحات
168	الجدول الدوري

الأهداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
7-1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة	
<ol style="list-style-type: none"> 1. تصف عمل أنبوب الأشعة المهبطية. 2. تحلّ مسائل تتضمن التفاعل بين الجسيمات المشحونة والمجالات الكهربائية والمغناطيسية في أنبوب الأشعة المهبطية ومطياف الكتلة. 3. توضح كيف يعمل مطياف الكتلة على فصل الأيونات ذات الكتل المختلفة. 	<p>تجارب الطالب</p> <p>تجربة استهلاكية مذياع FM / AM، وخرائط للمنطقة المحلية والمناطق المجاورة.</p> <p>تجربة إضافية أنبوب أشعة مهبطية صغير مع مصدر قدرة، وقضيب مغناطيسي ضعيف.</p> <p>عرض المعلم</p> <p>تجربة كرة صلصال، ومسطرة طولها 30 cm وفيها مجرى، وكرة فولاذية قطرها 6 mm، ومغناطيس قوي.</p> <p>عرض سريع راسم ذبذبات قديم صالح للاستعمال، ومغناطيس قوي.</p>
7-2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء	
<ol style="list-style-type: none"> 4. تصف كيف تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء. 5. تحلّ مسائل تتضمن خصائص الموجات الكهرومغناطيسية. 6. تصف العوامل المؤثرة في قدرة الهوائي على التقاط موجة كهرومغناطيسية بطول موجي محدد. 7. تحلّ مسائل تتضمن انتشار الموجات الكهرومغناطيسية في المواد العازلة للكهرباء. 	<p>تجارب الطالب</p> <p>تجربة إضافية خلية شمسية مع قطبين كهربائيين، وسّاعة صغيرة مزوّدة بأسلاك توصيل، وورقة، وجهاز تحكم في التلفاز، وجهاز راسم ذبذبات (اختياري).</p> <p>مختبر الفيزياء مذياع AM-FM صغير يعمل بالبطارية، صندوقان صغيران من الكرتون، صندوق فلزي أو علبة بغطاء، ورق ألومنيوم، أكياس تحمي من التفريغ الكهربائي (كالمستخدمة في حماية قطع الحاسوب)، أسلاك مشبكة، شريط لاصق، قفازات جلدية، مكبس.</p> <p>عرض المعلم</p> <p>عرض سريع مذياع AM محمول، وقطعة من شبك السياج.</p> <p>عرض سريع مغناطيس كبير، وجلفانومتر مخصّص للعرض، وملفّ سلكي.</p>

1م أنشطة مناسبة للطلاب 2م أنشطة مناسبة للطلاب 3م أنشطة مناسبة للطلاب
ذوي صعوبات التعلّم. ذوي المستوى المتوسط. المتفوقين (فوق المتوسط).

التقنية	شرائح ومصادر قابلة للنسخ
تتضمن أعمال المعلم: نسخة المعلم التفاعلية، تخطيط الدرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.	<p>الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11، الفصل 7.</p> <p>دليل مراجعة الفصل، ص 12-17</p> <p>ورقة عمل التجربة ص 7</p> <p>اختبار قصير 1-7، ص 18</p> <p>شريحة التدريس 1-7 ص 23</p> <p>شريحة التدريس 2-7 ص 25</p> <p>ربط الرياضيات مع الفيزياء</p> <p>دليل التجارب العملية، ص 14</p>
مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: Obeikaneducation.com	<p>الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11، الفصل 7.</p> <p>دليل مراجعة الفصل، ص 12-17</p> <p>اختبار قصير 2-7، ص 19</p> <p>تعزيز الفهم ص 20</p> <p>الإثراء، ص 21</p> <p>شريحة التدريس 3-7 ص 27</p> <p>شريحة التدريس 4-7 ص 29</p> <p>ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 8</p> <p>ربط الرياضيات مع الفيزياء</p>
مصادر التقويم	
<p>التقنية</p> <p>الموقع الإلكتروني</p> <p>Obeikaneducation.com</p>	<p>الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11، الفصل 7</p> <p>تقويم الفصل 7 ص 31</p> <p>اختبارات الفيزياء التحضيرية</p>



ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- معرفة كيفية استخدام المجالات الكهربائية والمجالات المغناطيسية المتفاعلة معًا لتحديد كتل كل من الإلكترونات والذرات والجزيئات.
- توضيح كيفية توليد الموجات الكهرومغناطيسية وانتشارها في الفراغ واستقبالها.

الأهمية

تؤدي العديد من الموجات الكهرومغناطيسية - بدءًا من موجات الراديو والتلفاز وحتى موجات الميكروويف والضوء المرئي والأشعة السينية - دورًا حيويًا في حياتنا. مستقبلات القطع المكافئ تصمم أطباق القطع المكافئ للاقطة لاستقبال موجات الراديو من الأقمار الاصطناعية التي تدور على بعد مئات الكيلومترات فوق سطح الأرض، ومن الأجسام الموجودة خارج النظام الشمسي.

فكر

حصلت أطباق القطع المكافئ على اسمها من شكل السطح العاكس الذي يكون في صورة قطع مكافئ. لماذا تكون أطباق القطع المكافئ اللاقطة مناسبة جدًا لاستقبال إشارات التلفاز الضعيفة؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية
www.obeikaneducation.com

نظرة عامة إلى الفصل

ستتوسع في هذا الفصل في استكشاف المجالات الكهربائية والمغناطيسية، وستوضح الموجات الكهرومغناطيسية، ومنها موجات الراديو وأشعة جاما، بدلالة اهتزاز الموجات الكهربائية والموجات المغناطيسية. وعلى الرغم من أن معظم الإشعاع في الكون خارج حدود الإدراك الحسي للإنسان، إلا أنه قد اخترعت أدوات لإنتاج وقياس جميع أنواع الموجات الكهرومغناطيسية.

فكر

المساحة السطحية لأطباق الاستقبال كبيرة لتكون قادرة على تجميع الإشارات الضعيفة القادمة وتركيزها، مما يجعلها أسهل للكشف والاستقبال.

المفردات الرئيسية

- النظر
- مطياف الكتلة
- الموجات الكهرومغناطيسية
- العوازل الكهربائية
- الهوائي
- الطيف الكهرومغناطيسي
- الإشعاع الكهرومغناطيسي
- الكهرباء الإجهادية
- المستقبل



تجربة استهلاكية

الهدف توضيح فكرة انتقال الموجات الكهرومغناطيسية وبثها مسافات بعيدة.

المواد والأدوات مذياع FM/AM، وخرائط للمنطقة المحلية والمناطق المجاورة.

استراتيجيات التدريس

- 10-5 دقائق. يجب أن يسمع الطلاب خشخشات وفرقعات ناتجة عن التفرغيات الكهربائية للبرق.
- توفر العديد من مواقع الإنترنت معلومات حول إشارات بعض المحطات الإذاعية وتردداتها وأسمائها ومواقعها.
- ستؤثر القدرة التي تبث فيها المحطة في النتائج أيضًا.

- تجرى التجربة في يوم فيه برق فإذا لم يكن هناك برق فاتصل بهاتف خلوي من هاتف آخر. اطلب إلى الطلاب ضبط المذياع على تردد، بحيث لا يكون هناك بث لأي محطة، واطلب إليهم الإصغاء لتشويش يشبه الضجيج مدة

7-1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة

1. التركيز

نشاط محفز

مسار الإلكترون أحضر راسم ذبذبات قديماً لا يعمل، ثم أزل الغطاء الخارجي عنه، وانزع جميع المكثفات (صل طرفي المكثف بسلك لعمل دائرة قصر، مما يجعل فرق الجهد بين طرفي المكثف قريباً من الصفر). اطلب إلى الطلاب إنشاء رسم تخطيطي يوضح كيفية انبعاث حزمة الإلكترونات. يجب أن تتضمن الرسوم صفائح الانحراف الأفقية والرأسية. اسأل الطلاب كيف يتغير مسار الإلكترون؟ يمكن التحكم في مسار الإلكترون عن طريق تغيير الجهد المطبق على صفائح الانحراف.

2م بصري-مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

ما يحتاج الطلاب إلى معرفته مفاهيم الكتلة، والشحنة، والقوى من المجالات الكهربائية. وعلى الطلاب فهم الموجات قبل البدء في هذا البند. وسيستخدم الطلاب أيضاً معادلات الحركة الدائرية.

تجربة استهلاكية

من أين تبت محطات الإذاعة؟

سؤال التجربة إشارات الراديو موجات كهرومغناطيسية. كم تبعد أجهزة الإرسال التي تبت إشارات محطة الإذاعة على حزمة موجات AM والتي يمكنك الاستماع إليها؟

الخطوات

1. مدى تردد موجات الراديو في حزمة AM يكون بين 540 kHz و 1690 kHz. اعمل جدولاً للبيانات يتضمن أعداداً لكل من التردد (kHz)، واسم محطة الإذاعة، وقوة الإشارة، والموقع، والبعد (km).
2. شغل المذياع، واضبطه على التردد 540 kHz، واضبط ارتفاع الصوت عند مستوى معتدل.
3. **جمع البيانات ونظمها** عدّل التردد ببطء إلى أن تسمع محطة إذاعة تبت بوضوح. أصغ إلى البث فترة قصيرة لتسمع ما إذا ذكرت المحطة إشارتها واسمها. ودون في جدول البيانات كلاً من: تردد المحطة، وقوة الإشارة من خلال جودة الصوت (قوية، متوسطة، ضعيفة) واسم المحطة.

4. كرر الخطوة 3 حتى تصل إلى أعلى تردد في حزمة AM لموجات الراديو، 1690 kHz.
5. حدّد المكان الذي تبت منه كل محطة إشارتها، ودون اسم المدينة التي تبت منها كل محطة في جدول البيانات.
6. **قس باستعمال الوحدات الدولية SI** باستخدام الخرائط، حدّد مواقع المدن التي تبت منها محطات الإذاعة، وقدر بُعد هذه المدن عنك، ودون ذلك في جدول البيانات.

التحليل

ما بُعد محطة راديو عنك يمكنك التقاط موجاتها؟ وهل يؤثر بُعد محطة الإرسال في قوة إشارتها؟

التفكير الناقد يؤثر تغيير موقع الهوائي غالباً في قوة إشارة المحطة. ما دلالة ذلك على طبيعة موجات الراديو؟



7-1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة

Interactions of Electric and Magnetic Fields and Matter

الأهداف

- تصف عمل أنبوب الأشعة المهبطية.
- تحل مسائل تتضمن التفاعل بين الجسيمات المشحونة والمجالات الكهربائية والمغناطيسية في أنبوب الأشعة المهبطية ومطيف الكتلة.
- توضح كيف يعمل مطيف الكتلة على فصل الأيونات ذات الكتل المختلفة.

المفردات

النظر
مطيف الكتلة

لعلك استخدمت أو سمعت ببعض الرموز والمصطلحات، مثل موجات الراديو القصيرة، وموجات الميكروويف، وإشارات التلفاز UHF و VHF، رغم أنك قد لا تعرف المعنى الدقيق لها؛ فكل منها يستخدم لوصف أحد أنواع الموجات الكهرومغناطيسية التي تبت عبر الهواء لتزوّدك بأشكال مختلفة من الاتصالات منها المذياع والتلفاز. وجميع هذه الموجات تتكون من مجالات كهربائية ومغناطيسية تنتشر في الفضاء. ومفتاح فهم سلوك هذه الموجات هو فهم طبيعة الإلكترون. لماذا؟ لأن الموجات الكهرومغناطيسية تنتج عن مسارعة الإلكترونات؛ فشحنة الإلكترون تنتج مجالات كهربائية، وتنتج حركته مجالات مغناطيسية. تبت هذه الموجات وتلتقط بالهوائيات؛ وهي أدوات مصنوعة من مواد تحتوي على إلكترونات أيضاً. لذا يعدّ تعرف خصائص الإلكترون الخطوة المنطقية الأولى لفهم كيفية توليد الموجات الكهرومغناطيسية وانتشارها واستقبالها واستخدامها في العديد من الأجهزة.

النتائج المتوقعة ستختلف نتائج الطلاب؛ لأن انتشار موجات الراديو تتأثر بعدة عوامل، منها: الوقت خلال اليوم، والموقع، والتفاعل الشمسي مع طبقة الغلاف الجوي المتأينة (الأيونوسفير). وعموماً يجب أن تكون المحطات الأقرب هي الأقوى. وقد تكون المحطات البعيدة أحياناً أقوى من تلك القريبة، على الرغم من أن إشاراتها تضعف وتتلاشى تدريجياً.

التحليل قد تسمع في النهار بعض المحطات التي تبعد مئات الكيلومترات، وعادة ما تكون الإشارات القادمة من المحطات القريبة هي الأقوى، في حين تضعف الإشارات الصادرة عن المحطات البعيدة وتتلاشى. تبت الموجات من محطات الإذاعة في الاتجاهات جميعها، ويلتقط هوائي المذياع آلاف الموجات من مرسلات عديدة.

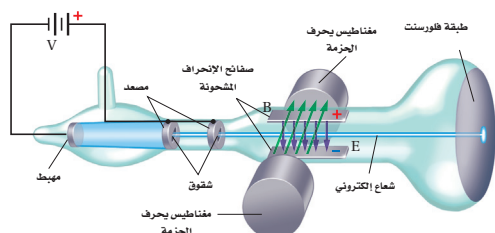
التفكير الناقد يضبط الهوائي ليكون في أفضل وضع لالتقاط المزيد من موجات الراديو المنتشرة في الفضاء حوله؛ ليتم اختيار التردد المطلوب. أشر إلى أن موجة الراديو مستقطبة بقوة، ويجب أن يكون الهوائي في نفس اتجاه المجال الكهربائي للموجة؛ للتفاعل مع الإشارة.

2. التدريس

Mass of an Electron كتلة الإلكترون

كيف يمكن قياس كتلة جسم صغير جداً لا يمكن رؤيته بالعين المجردة، ولا يمكن قياسها بأكثر الموازين حساسية؟ كان هذا هو التحدي (تحديد كتلة الإلكترون)؛ فقد واجه الفيزيائيون هذا التحدي في أواخر القرن التاسع عشر، وتطلب الحل سلسلة من الاكتشافات، وكشف العالم روبرت ميليكان أول قطعه من الأحجية حيث تمكن ميليكان من تعليق قطرة زيت مشحونة داخل مجال كهربائي، وموازنتها فيه ليتسكن بعدها من تحديد شحنة الإلكترون q ، وهي تساوي (1.602×10^{-19}) . ثم تمكن العالم البريطاني تومسون من تحديد نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته m بـ q/m . وبمعرفة كل من شحنة الإلكترون q ، ونسبة شحنته إلى كتلته تمكن تومسون من حساب كتلة الإلكترون.

تجارب تومسون مع الإلكترونات في عام 1897 أجرى تومسون أول قياس تجريبي لنسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته باستخدام أنبوب أشعة المهبط، وهو جهاز يولد حزمة إلكترونات. يبين الشكل 1-7 الإعدادات المستخدمة في التجربة. ولتقليل التضامات بين الإلكترونات وجزيئات الهواء؛ فرَّغ تومسون الأنبوب من الهواء بدرجة كبيرة.



■ الشكل 1-7 قيست نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته أولاً باستخدام تعديلات تومسون على أنبوب الأشعة المهبطية. وقد استخدم كلاً من المغناطيس الكهربيائية وصفائح الانحراف المشحونة للتحكم في مسار حزمة الالكترونات.

باستخدام فرق جهد كبير يبرر المهيض (الكاثود) والمصعد (الأنود) داخل أنبوب أشعة المهيض يتولد مجال كهربائي، فتنبعث الإلكترونات من المهيض، وتتسارع نحو المصعد بالجبال الكهربائي، تمر بعض هذه الإلكترونات من خلال شقوق موجودة في المصعد لتشكل حزمة ضيقة، وعندما تصل هذه الإلكترونات إلى نهاية الأنبوب تصطدم بطلاء فلورسنت فتسبب توهجا.

استخدم تومسون مجالات كهربائية وأخرى مغناطيسية لتوليد قوة تؤثر في حزمة الإلكترونات المارة في الأنبوب وتحرفها. ويكون المجال الكهربائي E - الذي تم توليده عن طريق صفيحتين مشحونتين ومتوازيتين - متعامداً مع اتجاه حزمة الإلكترونات، وينتج قوة مقدارها qE تؤثر في الإلكترونات وتحرفها إلى أعلى نحو الصفيحة الموجبة. أما المجال المغناطيسي الناتج عن مغناطيسين كهربائيين فهو متعامد مع كل من اتجاه الحزمة واتجاه المجال الكهربائي. ولعلك تتذكر مما درسته سابقاً أن القوة الناتجة عن المجال المغناطيسي تتعامد مع كل من المجال المغناطيسي واتجاه حركة الإلكترونات، لذلك ينتج المجال المغناطيسي B قوة تساوي Bqv (حيث تمثل v سرعة الإلكترون) تؤثر في الإلكترونات، وتحرفها إلى أسفل.

نشاط



مسار الإلكترون اسأل الطلاب
أن يتفحصوا الشكل 1-7 بعناية،
هل يسمح أنبوب الأشعة المهبطية
للعلماء برؤية الإلكترونات؟ لا، يرون
فقط الضوء المنبعث نتيجة اصطدام
الإلكترونات بالطلاء الفلوري. إن
الإلكترونات صغيرة جداً إلى درجة أن
العين البشرية لا يمكنها كشفها أو رؤيتها.
ووجودها معروف من الملاحظات غير
المباشرة. اطلب إلى الطلاب رسم مسار
الإلكترونات تحت ظروف مختلفة، مثل
إزالة صفيحة الانحراف الموجبة الشحنة أو
إزالة صفيحة الانحراف السالبة الشحنة.

1م بصری-مکانی

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

الجسيمات المشحونة اسأل الطلاب: هل يتأثر الجسيم المشحون الساكن الموضوع بين مغناطيسين بقوة محصلة؟ لا؛ لأن الجسيم الساكن المشحون لا يتأثر بأى قوة محصلة من المغناطيسين. **2م**

استخدام الشكل 7-1

اسأل الطلاب: ما الغرض من الشقوق الموجودة في صفيحة المصعد؟ تعمل الشقوق على إيقاف جميع الإلكترونات ما عدا المتحركة على الخط نفسه المارّ بتلك الشقوق. وتشكّل الإلكترونات المارّة من الشقوق حزمة خطيّة مستقيمة. **2م**

7-1 إدارة المصادر

اختبار قصر 1-7 ص 18

شريحة التدريس 1-7 ص 23

شريحة التدريس 2-7 ص 25

ربط الرياضيات مع الفيزياء

الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11

تقويم الفصل 7 ص 31

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 8

أثر المجالات الكهربائية والمغناطيسية



الهدف توضيح أثر المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الشحنات الكهربائية المتحركة خلالها.

المواد والأدوات أنبوب أشعة مهبطية صغير مع مصدر قدرة، وقصيب مغناطيسي ضعيف.

الخطوات

1. صل أنبوب الأشعة المهبطية CRT بمصدر القدرة.
2. أمسك المغناطيس بالقرب من أنبوب الأشعة المهبطية بموازاة الطاولة.
3. اطلب إلى الطلاب ملاحظة تأثير المغناطيس في حزمة الإلكترونات داخل أنبوب الأشعة المهبطية.
4. اعكس المغناطيس، واطلب إلى الطلاب ملاحظة حزمة الإلكترونات مرة أخرى. ينتج أنبوب الأشعة المهبطية CRT حزمة إلكترونات يمكن ملاحظتها عند اصطدامها بالسطح الداخلي المفسر الموجود داخل الأنبوب. عند الإمساك بالمغناطيس بالقرب من أنبوب الأشعة المهبطية بموازاة الطاولة فإنه يولد مجالاً مغناطيسياً أفقياً داخل الأنبوب، وهذا يجعل حزمة الإلكترونات تنحرف إلى أعلى أو إلى أسفل. وعند عكس المغناطيس سوف يظهر تأثير متجه القوة المغناطيسية.

التقويم اطلب إلى الطلاب تلخيص مشاهداتهم، يجب أن تعكس الإجابات فهمًا يبين أن أحد طرفي المغناطيس له مجال مغناطيسي يجذب الإلكترونات، ولذلك فهو موجب، والعكس صحيح بالنسبة للطرف الآخر للمغناطيس.

مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 1-7

الموقع الإلكتروني www.obekaneducation.com.sa



ويمكن تعديل المجالين الكهربائي والمغناطيسي بحيث تسلك حزمة الإلكترونات مساراً مستقيماً دون انحراف. وعند ها تكون القوة المغناطيسية مساوية للقوة الكهربائية ومعاكسة لها في الاتجاه. ورياضياً يمكن تمثيل ذلك بما يأتي: $Bqv = qE$

$$Bqv = qE \Rightarrow Bv = E \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

تبين هذه المعادلة أن القوى تكون متزنة فقط للإلكترونات ذات السرعة المحددة v . وإذا أزيل المجال الكهربائي فستبقى القوة الناتجة عن المجال المغناطيسي فقط. وهي عمودية على اتجاه حركة الإلكترونات، مما يؤدي إلى خضوع الإلكترونات لتسارع مركزي، فتسلك الإلكترونات مساراً دائرياً نصف قطره يساوي r . ويمكن كتابة المعادلة الآتية لوصف مسار الإلكترون؛ وذلك باستخدام القانون الثاني لنيوتن في الحركة. $Bqv = \frac{mv^2}{r}$

وبحل المعادلة لإيجاد q/m نحصل على المعادلة الآتية:

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

نسبة الشحنة إلى الكتلة في أنبوب تومسون $\frac{q}{m} = \frac{v}{Br}$ تساوي سرعة الإلكترون مقسومة على حاصل ضرب مقدار المجال المغناطيسي في نصف قطر المسار الدائري للإلكترون.

حسب تومسون سرعة الإلكترونات في المسار المستقيم v باستخدام القيم المقاسة في المجالين E و B ، ثم قاس المسافة بين البقعة المتكونة بواسطة الحزمة غير المنحرفة للإلكترونات والبقعة المتكونة عندما أثر المجال المغناطيسي في تلك الحزمة. وبالمستعانة بهذه المسافة أو وجد نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الإلكترون r . وبمعرفة قيمة r تمكن تومسون من إيجاد النسبة q/m . وبعد إيجاد المتوسط الحسابي لعدة محاولات تجريبية وجد أن $q/m = 1.759 \times 10^{11} \text{ C/kg}$ ، وباستخدام القيمة للنسبة q/m وتعويض مقدار q المعروف يمكن حساب كتلة الإلكترون.

$$m = \frac{q}{q/m} = \frac{1.602 \times 10^{-19} \text{ C}}{1.759 \times 10^{11} \text{ C/kg}} = 9.107 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m \approx 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

تجارب تومسون مع البروتونات استخدم تومسون أنبوب أشعة المهبط أيضاً لتحديد نسبة شحنة الأيونات الموجبة إلى كتلتها. واستغل حقيقة أن الجسيمات المشحونة بشحنة موجبة تخضع لانحرافات معاكسة للانحرافات التي تحدث للإلكترونات المتحركة داخل المجالات الكهربائية أو المغناطيسية. ويمكن ملاحظة الاختلاف بين انحراف الإلكترونات والأيونات الموجبة من خلال الشكل 2-7.

لمسار الجسيمات ذات الشحنة الموجبة في منطقة الانحراف، عكس تومسون المجال الكهربائي بين المهبط والمصدر، كما أضاف كمية قليلة من غاز الهيدروجين إلى الأنبوب، فعمل المجال الكهربائي على انتزاع الإلكترونات من ذرات الهيدروجين، فحوّلها إلى أيونات موجبة، ثم سارعها أيونات الهيدروجين أو البروتونات من خلال شق ضيق في المصدر، فمرت الحزمة الناتجة خلال المجالين الكهربائي والمغناطيسي في طريقها نحو نهاية الأنبوب.

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

أنبوب الأشعة المهبطية (CRT) أنبوب أشعة المهبط أنبوب زجاجي محكم الإغلاق، فيه قطبان فلزيّان، وهو شبه مفرغ من الهواء. وداخل هذا الأنبوب تُثار الإلكترونات الخارجة من القطب، وتتركز وتتسارع عن طريق مجال كهربائي قوي، ثم تمر بين صفائح فلزية أفقية ورأسية مشحونة. ويعمل تغيير فرق الجهد المطبق على الصفائح على انحراف حزمة الإلكترونات، واصطدامها بالنهاية الداخلية للأنبوب في مناطق مختلفة، وفي أنبوب الأشعة المهبطية المستخدم في التلفاز تظهر الصورة نتيجة فتح وإغلاق دائرة حزمة الإلكترونات بسرعة كبيرة في أثناء حركة الحزمة أفقياً ورأسياً إلى مقدمة أنبوب التلفاز.

مثال صفي

سؤال يتحرك إلكترون كتلته

$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ رأسياً وأفقيًا خلال أنبوب تلفاز بسرعة $3.0 \times 10^5 \text{ m/s}$ في مجال مغناطيسي مقداره $6.3 \times 10^{-2} \text{ T}$. افترض أن المجال الكهربائي غير موجود، وحدد نصف قطر المسار الدائري للإلكترون.

الجواب

$$Bqv = mv^2/r$$

$$r = \frac{mv}{qB} = \frac{(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(3.0 \times 10^5 \text{ m/s})}{(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(6.3 \times 10^{-2} \text{ T})}$$

$$r = 2.7 \times 10^{-5} \text{ m}$$

عرض سريع

انحراف الإلكترون

الزمن المقدّر 10 دقائق

المواد والأدوات راسم ذبذبات قديم صالح للاستعمال، مغناطيس قوي.

الخطوات

1. عدّل أدوات التحكم للحصول على أثر ثابت على الشاشة.

2. قَرّب المغناطيس القوي من راسم الذبذبات لبيان كيفية انحراف الإلكترونات بمسار منحنٍ.

مسائل تدريبية

1. $1.3 \times 10^{-4} \text{ m}$

2. $5.0 \times 10^4 \text{ m/s}$

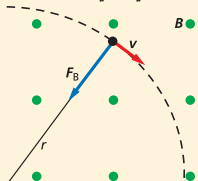
3. $4.7 \times 10^{-6} \text{ m}$

4. $7.5 \times 10^3 \text{ m/s}$

باستخدام هذه التقنية أمكن حساب كتلة البروتون؛ أي بالطريقة نفسها التي حسب بها كتلة الإلكترون، ووجد أن كتلة البروتون $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$. واستمر تومسون في استعمال هذه التقنية لتحديد كتل الأيونات الثقيلة المنتجة بعد انتزاع الإلكترونات من غازات منها: الهيليوم والنيون والأرجون.

مثال 1

نصف قطر المسار يتحرك إلكترون كتلته $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ بسرعة $2.0 \times 10^5 \text{ m/s}$ داخل أنبوب أشعة المهبط عموديًا على مجال مغناطيسي مقداره $3.5 \times 10^{-2} \text{ T}$. فإذا فصل المجال الكهربائي، فما مقدار نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الإلكترون؟



1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم مسار الإلكترون، وثبت عليه السرعة v .
- ارسم المجال المغناطيسي متعامدًا مع السرعة.
- حدّد اتجاه القوة المؤثرة في الإلكترون، وأضف نصف قطر المسار الذي يسلكه الإلكترون إلى رسمك.

المجهول

$$r = ?$$

المعلوم

$$v = 2.0 \times 10^5 \text{ m/s}$$

$$B = 3.5 \times 10^{-2} \text{ T}$$

$$m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$q = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم القانون الثاني لنيوتن في الحركة لوصف حركة الإلكترون في أنبوب أشعة المهبط والمعرض لمجال مغناطيسي.

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

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

$$r = \frac{(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(2.0 \times 10^5 \text{ m/s})}{(3.5 \times 10^{-2} \text{ T})(1.602 \times 10^{-19} \text{ C})}$$

$$r = 3.3 \times 10^{-5} \text{ m}$$

بالتعويض عن $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

$$v = 2.0 \times 10^5 \text{ m/s}, B = 3.5 \times 10^{-2} \text{ T}$$

$$q = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

3 تقويم الجواب

• هل الوحدات صحيحة؟ وحدة نصف قطر المسار الدائري هي وحدة قياس الطول، ويقاس الطول بالمتر.

مسائل تدريبية

افترض أن الجسيمات المشحونة جميعها تتحرك عموديًا على المجال المغناطيسي المنتظم.

1. يتحرك بروتون بسرعة $7.5 \times 10^3 \text{ m/s}$ عموديًا على مجال مغناطيسي مقداره 0.60 T . احسب نصف قطر مساره الدائري. لاحظ أن الشحنة التي يحملها البروتون مساوية للشحنة التي يحملها الإلكترون، إلا أنها موجبة.
2. تتحرك إلكترونات خلال مجال مغناطيسي مقداره $6.0 \times 10^{-2} \text{ T}$. قد انزنت بفعل مجال كهربائي مقداره $3.0 \times 10^3 \text{ N/C}$ ما مقدار سرعة الإلكترونات عندئذ؟
3. احسب نصف قطر المسار الدائري الذي تسلكه الإلكترونات في المسألة السابقة في غياب المجال الكهربائي.
4. عبرت بروتونات مجال مغناطيسي مقداره 0.60 T فلم تنحرف بسبب اتزانها مع مجال كهربائي مقداره $4.5 \times 10^3 \text{ N/C}$ ما مقدار سرعة هذه البروتونات؟

تحفيز

نشاط

الرسوم البيانية الخاصة بمطياف الكتلة اطلب إلى الطلاب البحث في الناتج النموذجي لمطياف الكتلة، وتبسيطه على شكل رسم بياني باستعمال القطع المستقيمة. يبين هذا الرسم التيار النسبي الناتج عن الأيونات التي تكون نسبة كتلتها إلى شحنتها (الكتلة/الشحنة) متغيرة. يمثل التدرج الرأسي التيار المستقبلي من قبل أداة التسجيل، وكذلك عدد الأيونات الواصلة إلى جهاز كشف الإشعاع، وكلما كان التيار أكبر كانت الأيونات أكثر غزارة. اطلب إلى الطلاب أن يذكروا مثالًا على الرسم البياني بالقطع المستقيمة لعنصر. يجب أن يفسروا معنى الرسم، وأن يعرضوا كيف تستخدم البيانات لمعرفة متوسط الكتلة الذرية للعنصر. **3 م لغوي**

تطوير المفهوم

مسار البروتون اطلب إلى الطلاب مقارنة مسار البروتون بمسار الإلكترون عند حركتهما داخل مجال مغناطيسي. واطلب إليهم استخدام معرفتهم عن كيفية تأثير الإلكترون بالمجال المغناطيسي، ثم أشر إلى أن شحنة البروتون مخالفة لشحنة الإلكترون. سيكون مقدار القوة الكهربائية مساوياً لمقدار القوة المغناطيسية في الحالتين؛ فعلى الرغم من أن الإلكترون والبروتون سينحرفان في اتجاهين متعاكسين، لأن كتلة البروتون أكبر كثيراً من كتلة الإلكترون، إلا أن مسار البروتون سيكون أقل انحناءً. م 2

التفكير الناقد

تسارع ذرات الهيدروجين أسأل الطلاب عما إذا كان تومسون قد استعمل ذرات هيدروجين متعادلة لمسارعتها في الأنبوب المفرغ، بدلاً من الإلكترون أو البروتون. ثم وضح لهم أن ذلك غير ممكن مطلقاً؛ لأن الذرات المتعادلة لا تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية. م 2

مصادر الفصول 7-11

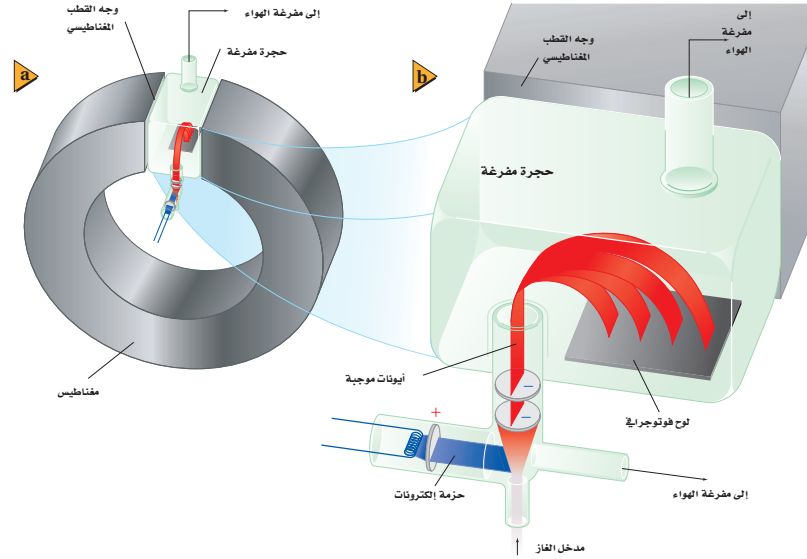
شريحة التدريس 7-2

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

مطياف الكتلة The Mass Spectrometer

حدث شيء مثير للاهتمام عندما وضع تومسون غاز النيون في أنبوب الأشعة المهبطية، فقد لاحظ توهج نقطتين مضيئتين على الشاشة بدلاً من نقطة واحدة. وكل نقطة تتوافق مع نسبة من نسب الشحنة إلى الكتلة؛ لذلك تمكن من حساب قيمتين مختلفتين للمقدار q/m . وخلص تومسون إلى أن الذرات المختلفة من العنصر نفسه لها خصائص كيميائية متماثلة؛ لكن لها كتلاً مختلفة. ويطلق على الأشكال المختلفة للذرة والتي لها الخصائص الكيميائية نفسها ولكنها مختلفة الكتل النظائر.

ويستعمل الجهاز المائل لأنبوب أشعة المهبط لتومسون والذي يستخدم لدراسة النظائر وقياس النسبة بين الأيون الموجب وكتلته مطياف الكتلة. وتسمى المادة التي قيد الفحص والاستقصاء مصدر الأيون، وتستخدم لإنتاج الأيونات الموجبة. ويجب أن يكون مصدر الأيون هذا غازاً أو مادة يمكن تسخينها لتشكل بخاراً. وتشكل الأيونات الموجبة عند اصطدام الإلكترونات المسرعة بالغاز أو بذرات البخار؛ حيث تؤدي تلك التصادمات إلى تحرير إلكترونات من الذرات لتتشكل الأيونات الموجبة. يولّد فرق الجهد V بين الأقطاب مجالاً كهربائياً يستخدم لمسارعة الأيونات. ويوضح الشكل 3-7 أحد أنواع أجهزة مطياف الكتلة.



الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

فصل نظائر اليورانيوم اقترح إرنست لورنتز عام 1941م أنه يمكن فصل نظائر اليورانيوم باستعمال مطياف كتلة ضخيم، وهو جهاز يُسمى كالوترون. وقد استُكمل بناؤه في ديسمبر عام 1941م، واستُعمل لفصل اليورانيوم $U-235$ عن اليورانيوم $U-238$ ثم استعملت المئات من هذه الأجهزة من 1943م حتى 1945م لإنتاج يورانيوم عالي التخصيب $U-238$ ، وهو ضروري لمشروع منهاتن، مما أدى إلى تطوير القنبلة الذرية. وتستخدم هذه الأجهزة نفسها اليوم لإنتاج النظائر المشعة للأغراض الطبية.

تجربة

عمل نموذج لمطياف الكتلة

الهدف يلاحظ كيف يعتمد نصف قطر المسار المنحني على سرعة الجسيم.

المواد والأدوات كرة صلب، ومسطرة طولها 30 cm وفيها مجرى، وكرة فولاذية قطرها 6 mm، ومغناطيس قوي.

النتائج المتوقعة كلما كانت سرعة تدحرج الكرة أكبر كان انحناء المسار أقل. يعتمد انحناء هذا المسار على طول الفترة الزمنية التي أثرت بها قوة التجاذب بين المغناطيس والكرة، وعندما تتحرك الكرة بسرعة أكبر تكون مدة تأثير قوة المغناطيس أقل، مما يجعل انحراف المسار أقل.

التحليل والاستنتاج

5. نعم، النتائج الملاحظة متوافقة، ومع ذلك ففي هذه الحالة يكون مسار الجسيمات المشحونة في المجال المغناطيسي أقل انحناءً لأن $r = \frac{mv}{qB}$ وليس لأن المجال أثر فيها فترة زمنية أقل.

تعزيز الفهم

تسارع الأجسام اطلب إلى الطلاب البحث عن تقديرات تسارع أجسام مختلفة تتضمن السيارات الرياضية، وكرة التنس (عند الإرسال) وإلكترونًا موضوعًا داخل مجال كهربائي مقداره 100 N/C.

القيم النموذجية:

السيارة الرياضية 8 m/s^2

كرة التنس 500 m/s^2

الإلكترون $1 \times 10^{13} \text{ m/s}^2$

2م لغوي

تجربة

عمل نموذج لمطياف

الكتلة

هين مستوى مائلًا بوضع كرة من الاتصال تحت أحد طريفي مسطرة فيها أخدود. ثم ضع كرة فلزية قطرها 6 mm في منتصف المنحدر واتركها.

1. لاحظ الكرة في أثناء تدحرجها إلى أسفل المنحدر وعلى طول سطح الطاولة.

2. جرب وضع مغناطيسًا قويًا بالقرب من المسار الذي تسلكه الكرة على سطح الطاولة. اجعل المغناطيس قريبًا من المسار بحيث تنحرف الكرة في مسار منحني على ألا تصطدم بالمغناطيس. كرر الخطوة 1 وفق الحاجة.

3. توقع ماذا يحدث لمسار الكرة إذا تركت لتتدحرج من مكان أعلى أو من مكان أقل ارتفاعًا من السابق على المنحدر؟

4. اختبر توقعك.

التحليل والاستنتاج

5. وضح ما إذا كانت النتائج الملاحظة تتفق مع الملاحظات الخاصة بالجسيمات المشحونة عند حركتها داخل المجال المغناطيسي.

لاختيار أيونات بسرعة محددة تمرر الأيونات داخل مجالات كهربائية ومغناطيسية والأيونات التي تعبر المجالين دون حدوث انحراف لمسارها تدخل منطقة تتعرض فيها لمجال مغناطيسي منتظم فقط، حيث تتحرك الأيونات في مسارات دائرية. وتستخدم أنصاف أقطار تلك المسارات لتحديد نسبة شحنة الأيونات إلى كتلتها. ويمكن حساب نصف القطر r لمسار الأيون بالقانون الثاني لنيوتن في الحركة.

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

وبحل المعادلة السابقة بالنسبة إلى r نجد أن:

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

يمكن حساب سرعة الأيون غير المنحرف من علاقة الطاقة الحركية للأيونات المتسارعة من السكون خلال فرق جهد معلوم V .

$$KE = \frac{1}{2} mv^2 = qV$$

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

ويعطي تعويض قيمة v في المعادلة $r = mv / qB$ نصف قطر المسار الدائري.

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

$$= \frac{m}{qB} \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

$$= \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2Vm}{q}}$$

بتبسيط المعادلة عن طريق ضرب كلا طرفيها في المقدار B نحصل على:

$$Br = \sqrt{\frac{2mV}{q}}$$

ويمكن استخدام هذه المعادلة لحساب نسبة شحنة الأيون إلى كتلته.

نسبة شحنة الأيون إلى كتلته في مطياف الكتلة

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

نسبة شحنة أيون إلى كتلته في مطياف الكتلة تساوي مثلث فرق الجهد مقسومًا على حاصل ضرب مربع مقدار المجال المغناطيسي في مربع نصف قطر المسار الدائري للأيون.

كما يوضح الشكل 3-7 أن الأيونات تصطدم بصفائح أفلام فوتوجرافية تاركة نقطة (علامة). ويمكن قياس قطر مسار المنحني الذي يسلكه الأيون في الحجرة المفرغة بسهولة؛ لأنه يمثل المسافة بين تلك النقطة على الفيلم والشق الموجود في القطب. ولذلك يكون نصف قطر المسار r هو نصف هذه المسافة المقاسة.

مهن في الحياة اليومية

معلومة للمعلم

فني الإرسال الإذاعي يتطلب عمل الشخص بوصفه خبيرًا فنيًا (تقنيًا) في محطة تلفاز، معرفة واسعة في مجال الإلكترونيات، وبرامج الحاسوب لمراقبة الأجهزة وضبطها، فضلًا عن تحديد أعطال الأجهزة، وإصلاحها تحت ظروف عالية التوتر، والشهادة التي يجب أن يمتلكها الفني، أو المهنة الملائمة التي يجب أن تكون خلفيتها من مدرسة مهنية أو صناعية. إن معرفة أحكام وقوانين وقواعد الاتصالات، وشروط منح الشهادات من المؤهلات الضرورية لهذه المهنة.

مثال صفي

سؤال يُتَرج مطياف كتلة معيّن حزمةً من ذرات النيون ثنائية التأين $(+2)$ بكتلة مقدارها $3.3 \times 10^{-26} \text{ kg}$ إذا سُرّعت بفرق جهد مقداره 30.0 V ومَرّت الأيونات خلال مجال مغناطيسي مقداره 0.025 T فأوجد نصف قطر مسارها؟

الجواب

بداية اشتق العلاقة

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

$$r^2 q = \frac{(m_{\text{نيون}})(2V)}{B^2} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{(m_{\text{نيون}})(2V)}{q B^2}}$$

ثم حلّ المعادلة:

$$r = \sqrt{\frac{(3.3 \times 10^{-26} \text{ kg})(2)(30.0 \text{ V})}{(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(0.025 \text{ T})^2}}$$

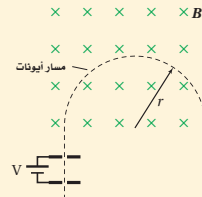
$$= 0.020 \text{ m} = 2.0 \times 10^{-2} \text{ m}$$

مسائل تدريبية

5. $2.7 \times 10^{-26} \text{ kg}$
6. $6.8 \times 10^{-26} \text{ kg}$
7. $4.0 \times 10^5 \text{ m/s}$
8. 3 mm

مثال 2

كتلة ذرة النيون ينتج مشغل مطياف الكتلة حزمة ذرات نيون ثنائية التأين $(+2)$. حيث تُسرّع هذه الحزمة أولاً بواسطة فرق جهد مقداره 34 V ، ثم يتم إدخالها في مجال مغناطيسي مقداره 0.050 T ، فتتحرف في مسار دائري نصف قطره 0.53 mm . أوجد كتلة ذرة النيون إلى أقرب عدد صحيح من كتلة البروتون.



1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم مساراً دائرياً للأيونات، وحدّد عليه نصف القطر.
- ارسم فرق الجهد بين القطبين وحدّه.

المعلوم

$$\begin{aligned} V &= 34 \text{ V} & m_{\text{بروتون}} &= 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg} \\ B &= 0.050 \text{ T} & q &= 2(1.60 \times 10^{-19} \text{ C}) \\ r &= 0.053 \text{ m} & &= 3.20 \times 10^{-19} \text{ C} \end{aligned}$$

2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم معادلة نسبة شحنة الأيون إلى كتلته في مطياف الكتلة.

بالتعويض عن

$$q = 3.20 \times 10^{-19} \text{ C}, V = 34 \text{ V}, r = 0.053 \text{ m}, B = 0.050 \text{ T}$$

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

$$m_{\text{نيون}} = \frac{q B^2 r^2}{2V}$$

$$m_{\text{نيون}} = \frac{(3.2 \times 10^{-19} \text{ C})(0.050 \text{ T})^2 (0.053 \text{ m})^2}{2(34 \text{ V})}$$

$$m_{\text{نيون}} = 3.3 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

بقسمة كتلة النيون على كتلة البروتون نجد عدد البروتونات.

$$N_{\text{بروتون}} = \frac{m_{\text{نيون}}}{m_{\text{بروتون}}} = \frac{3.3 \times 10^{-26} \text{ kg}}{1.67 \times 10^{-27} \text{ kg/بروتون}} \cong 20 \text{ بروتون}$$

3 تقييم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ تقاس الكتلة إما بالجرام أو بالكيلوجرام، وعدد البروتونات ليس له وحدة.
- هل الجواب منطقي؟ النيون له نظيران بكتل تساوي تقريباً 20 و 22 ضعف كتلة البروتون.

مسائل تدريبية

5. تمر حزمة من ذرات الأكسجين الأحادية التأين $(+1)$ خلال مطياف الكتلة. فإذا كانت: $B = 7.2 \times 10^{-2} \text{ T}$ ، $V = 110 \text{ V}$ ، $r = 0.085 \text{ m}$ ، $q = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$.
6. يجلل مطياف كتلة ويزود ببيانات عن حزمة من ذرات أرجون ثنائية التأين $(+2)$. إذا كانت قيم كل من V ، r ، q ، B كما يأتي: $V = 66.0 \text{ V}$ ، $B = 5.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ ، $r = 0.106 \text{ m}$ ، $q = 2(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})$.
7. تمر حزمة من ذرات ليثيوم أحادية التأين $(+1)$ خلال مجال مغناطيسي مقداره $1.5 \times 10^{-3} \text{ T}$ متعامد مع مجال كهربائي مقداره $6.0 \times 10^2 \text{ N/C}$ ولا تتحرف. أوجد سرعة ذرات الليثيوم التي تمر خلال المجالين؟
8. تم تحديد كتلة نظير النيون في المثال 2. فإذا وجد أن هناك نظيراً آخر للنيون كتلته تعادل كتلة 22 بروتوناً فما المسافة بين نقطتي سقوط النظيرين على الفيلم الفوتوجرافي الحساس؟

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

استعمال مطياف الكتلة خذ كرتين لهما القطر نفسه تقريباً، مختلفتين في الكتلة، ثم اطلب إلى أحد الطلاب أن يمسك كرة بكل يد، وأن يفترض أنها مكونتان من المادة نفسها (لهما خصائص كيميائية متماثلة). وضح أنه باستخدام قوة مغناطيسية مؤثرة في جسيم مشحون متحرك، يمكن لمطياف الكتلة قياس الكتل، والتراكيز النسبية للذرات والجزيئات، وبذلك تنفصل النظائر المتماثلة كيميائياً، والمختلفة في الكتلة. **14 حركي**

3. التقويم

التحقق من الفهم

نصف قطر مسار الانحناء اكتب على السبورة معادلة نصف قطر مسار الانحناء لجسيم مشحون متحرك في مجال مغناطيسي $r = \frac{mv}{qB}$ ، ثم وَّزَّع طلاب الصف إلى أربع مجموعات، وعيّن لكل مجموعة متغيراً واحداً من المتغيرات الموجودة عن يمين المعادلة، ثم اطلب إلى كل مجموعة أن تحدّد كل متغير في المعادلة، وأن تذكر الوحدات التي تعبّر عن المتغير. واسأل الطلاب عن كيفية تغير نصف قطر انحناء مسار الجسيم المشحون الموضوع داخل المجال المغناطيسي، عند كل حالة من الحالات الآتية: تقليل m إلى النصف، مضاعفة v للمثلين، مضاعفة B ثلاث مرات، تقليل q إلى النصف.

تقليل m إلى النصف سيقلل r إلى النصف، $(r = \frac{mv}{2qB})$.
مضاعفة v للمثلين سيضاعف r للمثلين، $(r = \frac{2mv}{qB})$.
مضاعفة B ثلاث مرات سيقلل r إلى الثلث $(r = \frac{mv}{3qB})$.
تقليل q إلى النصف سيضاعف r للمثلين. $r = \frac{mv}{(\frac{1}{2}q)(B)} = 2\frac{mv}{qB}$

2م بين الأشخاص

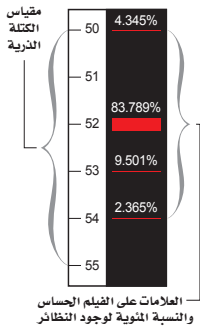
التوسع

مطيافية الكتلة اطلب إلى الطلاب أن يبحثوا في تطبيقات مطياف الكتلة في واقع الحياة، وتجميع النتائج التي توصلوا إليها في صورة وسيلة عرض صفية.

2م لغوي

تحليل النظائر يوضح الشكل 4-7 المسافات التقريبية بين العلامات التي تتركها عينة كروم متأينة (Cr) على الفيلم. وعلى الرغم من أن جميع أيونات الكروم التي اصطدمت بالفيلم لها الشحنة نفسها؛ حيث تعتمد شحنتها على عدد الإلكترونات التي فقدت من الذرات المتعادلة التي استخدمت مصدراً للأيونات، إلا أن العلامات الأربع الحمراء تشير إلى أن عينة الكروم تحتوي على أربعة نظائر. ويدل عرض العلامة على توافر وجود النظير. لاحظ أن النظير 52 هو النظير الأكثر وجوداً، وأن مجموع نسب النظائر يساوي 100%. وكما تتذكر من الكيمياء فإن كتلة كل عنصر من العناصر المدرجة في الجدول الدوري تمثل في الحقيقة متوسط كتل جميع النظائر المستقرة لذلك العنصر.

الربط مع الكيمياء



الشكل 4-7 يستخدم مطياف الكتلة على نطاق واسع لتحديد نسب نظائر العنصر. ويبين التمثيل أعلاه نتائج تحليل العلامات الظاهرة على الفيلم بنظائر الكروم.

وتذكر أن الأيونات تتكون عند استخدام الإلكترونات متسارعة في تحرير الإلكترونات الذرات المتعادلة. وعند تحرير أول إلكترون نحصل على ذرة أحادية التأين (+1). وهناك حاجة إلى طاقة أكبر لتحرير الإلكترون الثاني من الذرة للحصول على ذرة ثنائية التأين (+2). ويمكن توفير هذه الطاقة الإضافية عن طريق مسارعة الإلكترونات إلى درجة كبيرة بتعريضها لمجال كهربائي كبير، أي أن الإلكترونات المتسارعة ذات الطاقة العالية يمكنها إنتاج أيونات أحادية وأيونات ثنائية. بهذه الطريقة يعمل مشغل مطياف الكتلة على اختيار شحنة الأيون لدراستها.

تطبيقات أخرى لمطياف الكتلة استخدامات متعددة. فمثلاً يمكن استخدام مطياف الكتلة لفصل عينة من اليورانيوم إلى النظائر المكونة لها. ويستخدم أحياناً مطياف الكتلة لالتقاط وتحديد أثر كميات الجزيئات في عينة ما، وهذا التطبيق يستخدم على نطاق واسع في علوم البيئة والعلوم الجنائية. ويكون الجهاز حساساً جداً، بحيث يستطيع الباحثون فصل أيونات ذات كتل تختلف في جزء من عشرة آلاف جزء من واحد في المائة، ويتمكنون أيضاً من تحديد وجود جزيء واحد في عينة تحتوي على عشرة مليارات جزيء.

7-1 مراجعة

- أنبوب الأشعة المهبطية صف كيف يعمل أنبوب أشعة المهبط على تكوين حزمة الإلكترونات؟
- المجال المغناطيسي يحسب نصف قطر المسار الدائري لأيون في مطياف الكتلة بالعلاقة: $r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mV}{q}}$. استخدم هذه العلاقة لبيان كيف يعمل مطياف الكتلة على فصل الأيونات ذات الكتل المختلفة بعضها عن بعض.
- المجال المغناطيسي باستعمال مطياف الكتلة الحديث يمكن تحليل الجزيئات التي تعادل كتلتها كتلة مائة بروتون. إذا تم إنتاج أيونات أحادية التأين من هذه الجزيئات باستخدام الجهد المسارع نفسه فكيف يجب أن يكون التغير في المجال المغناطيسي للمطياف بحيث تصطدم الأيونات بالفيلم؟
- نصف قطر المسار يتحرك بروتون بسرعة $4.2 \times 10^4 \text{ m/s}$ لحظة مروره داخل مجال مغناطيسي مقداره 1.20 T . احسب نصف قطر مساره الدائري.
- الكتلة تم تسريع حزمة ذرات أكسجين ثنائية التأين (+2) بتطبيق فرق جهد مقداره 232 V ، وعندما عبرت مجالاً مغناطيسياً مقداره 75 mT ، سلكت مساراً منحنياً نصف قطره 8.3 cm . أوجد مقدار كتلة ذرة الأكسجين.
- التفكير الناقد بغض النظر عن طاقة الإلكترونات المستخدمة لإنتاج الأيونات لم يتمكن تومسون مطلقاً من تحرير أكثر من إلكترون واحد من ذرة الهيدروجين. ما الذي استنتجه تومسون عن الشحنة الموجبة لذرة الهيدروجين؟

www.obeikaneduction.com عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني

7-1 مراجعة

- تنبعث الإلكترونات من الكاثود وتتسارع بواسطة فرق الجهد وتمر خلال الشقوق لتكوين حزمة الشعاع.
- مع افتراض أن الأيونات جميعها لها الشحنة نفسها سيكون المتغير الوحيد غير الثابت في المعادلة هو كتلة الأيون m ؛ لذا إذا زادت كتلة الأيون m فسيزداد أيضاً نصف قطر مسار الأيون. وهذا يؤدي إلى فصل مسارات الأيونات ذات الكتل المختلفة.
- لأن $r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2Vm}{q}}$ فعند زيادة m يجب أن تزداد B أيضاً. فإذا زادت m بمعامل مقداره 10 فإن B تزداد بمعامل مقداره 3؛ فلإبقاء على r ثابتة يجب أن تزداد B بمقدار \sqrt{m} .
- $3.7 \times 10^{-4} \text{ m}$
- $2.7 \times 10^{-26} \text{ kg}$
- يجب أن تكون شحنتها أحادية فقط.

7-2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء

1. التركيز

نشاط محفز

الموجات المتعامدة لتصوير شكل القوتين المتعامدتين للموجة الكهرومغناطيسية دع أحد الطلاب يهز حبلاً مربوطاً إلى الحائط طوله 6-4 أمتار إلى أعلى وإلى أسفل في صورة موجة جيبية موازية للحائط. وتحقق من أن كل شخص يقف بحيث يرى بوضوح، وأنه لا يوجد أي عائق أمام حركة الحبل. اطلب إلى طالب آخر الوقوف بجانب الطالب الأول، والانحناء إلى أسفل ليهز حبلاً آخر جانبياً بموازية الأرضية، وتحقق مرة أخرى من عدم وجود أي عائق أمام حركة الحبلين، وأن الحبلين لا يتداخلان معاً. بين أن كلا من الموجة الكهربائية والمغناطيسية تهتزان متعامدتين إحداهما على الأخرى، ومتعامدتين أيضاً مع اتجاه حركتهما في الفضاء. **1٢ بصري-مكاني**

الربط مع المعرفة السابقة

خصائص الموجات يحتاج الطلاب هنا إلى استدعاء معلوماتهم عن تعريف الموجة، وطول الموجة، كما يكون مفيداً لهم تذكر المعلومات المتعلقة بخصائص الموجات والمتمثلة في السرعة، والسعة، وفرق الطور، والزمن الدوري.

2. التدريس

■ استخدام الشكل 5-7

اطلب إلى الطلاب تأمل الشكل 5c-7، ثم وصف اتجاه المجال الكهربائي بالنسبة إلى المجال المغناطيسي. ويمكنك أن تستخدم هذا الفهم لمساعدة الطلاب في الشكل 7-7. **2٢ بصري-مكاني**

7-2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء

Electric and Magnetic Fields in Space

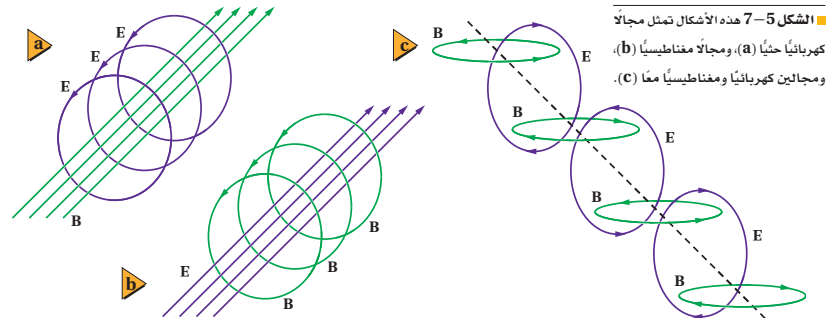
على الرغم من أنك قد لا تدرك الموجات الكهرومغناطيسية إلا أنك تعتمد عليها يومياً. فبث الإشارات من محطات الإذاعة والتلفزة، والأقمار الاصطناعية التي تدور حول الأرض، وحتى تلك الموجات الصادرة عن المجرات البعيدة، تعد جميعها موجات كهرومغناطيسية. وتستخدم الموجات الكهرومغناطيسية أيضاً في منتجات استهلاكية شائعة مثل أفران الميكروويف، وأجهزة التحكم عن بُعد، والهواتف الخلوية وغيرها. وسنتعلم في هذا الجزء عن المجالات التي تعمل بالموجات الكهرومغناطيسية، وكيفية إنتاج هذه الموجات واستقبالها.

الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic Waves

حدث تقدم كبير في فهم الموجات الكهرومغناطيسية خلال القرن التاسع عشر، وأدت هذه التطورات إلى تطوير أجهزة وتقنيات جديدة كان لها أثر كبير في المجتمع الحديث.

سلسلة من الإنجازات في عام 1821 م بينا كان العالم الدنماركي أورستيد يقدم عرضاً لطلابه لاحظ انحراف إبرة البوصلة عند اقترابها من سلك يسري فيه تيار كهربائي، وأدرك أن ملاحظته تعرض ربطاً أساسياً بين الكهرباء والمغناطيسية. وتوصل أورستيد إلى أن التيار المار في موصل يولد مجالاً مغناطيسياً، وأن التيار المتغير يولد مجالاً مغناطيسياً متغيراً. ولقد أحدثت هذه الاكتشافات ثورة في الأوساط العلمية، وقاد إلى سيل من البحوث الجديدة.

وبعد مرور إحدى عشرة سنة على هذه التجارب، اكتشف كل من العالمين مايكل فارادي وجوزيف هنري - كل على حدة - الحث الكهرومغناطيسي. والحث الكهرومغناطيسي هو إنتاج مجال كهربائي بسبب مجال مغناطيسي متغير. ومن المثير للاهتمام أن المجالات الكهربائية الحثية تتولد حتى لو لم يكن هناك أسلاك. كما هو موضح في الشكل 5a-7. لذا فإن المجال المغناطيسي المتغير يولد مجالاً كهربائياً متغيراً مائثلاً. لاحظ أن خطوط المجال الكهربائي الحثي تشكل حلقات مغلقة، كما هو موضح في الشكل 5a-7؛ وذلك لأنه لا توجد شحنات عند النقاط التي تبدأ منها خطوط المجال، أو عند النقاط التي تنتهي فيها، خلافاً للمجال الكهروستاتيكي.



■ الشكل 5-7 هذه الأشكال تمثل مجالات كهربائية حثية (a)، ومجالاً مغناطيسياً (b)، ومجالين كهربائياً ومغناطيسياً معاً (c).

7-2 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 11-7

اختبار قصير 2-7 ص 19

شريحة التدريس 3-7 ص 27

شريحة التدريس 4-7 ص 29

ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 7 ص 31

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 8

تعزير الفهم

الطول الموجي، والتردد، والطاقة عزز فهم الطلاب أنه من الدقة وصف الموجات الكهرومغناطيسية بأطوالها الموجية، وتردداتها، وطاقتها، لكن الاتفاقات العلمية، صنفت موجات الراديو بدلالة التردد بملايين الهرتز، وصنفت الموجات الضوئية والأشعة تحت الحمراء بدلالة أطوالها الموجية بالنانومتر (10^{-9}). أما الأشعة السينية وأشعة جاما فصنفت بدلالة طاقتها بوحدة إلكترون فولت (eV).

تطوير المفهوم

انتقال الموجة أسأل الطلاب أن يوضحوا لماذا تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ في حين لا يمكن لموجات الصوت ذلك؟ **موجات الصوت هي موجات ضغط، تُنتج بواسطة اهتزاز الجسيمات. والفضاء فراغ لا يحتوي على ذرات أو جزيئات غاز يمكنها أن تهتز. أما الموجات الكهرومغناطيسية فيمكنها أن تنتشر خلال الفراغ؛ وذلك لأنها لا تحتاج إلى وسط لتنتقل فيه.**

مسائل تدريبية

15. $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$

16. $5.26 \times 10^{-7} \text{ m}$

17. $3.7 \times 10^{-7} \text{ m}$

18. $1.4 \times 10^{10} \text{ Hz}$

افترض الفيزيائي الإسكتلندي جيمس ماكسويل في عام 1860م أن عكس الحث صحيح أيضًا؛ فالتغير في المجال الكهربائي يولد مجالاً مغناطيسيًا متغيرًا. وهذا موضح في الشكل 7-5b. واقترح ماكسويل أيضًا أن الشحنات الكهربائية ليست ضرورية؛ فالمجال الكهربائي المتغير وحده يمكن أن يولد مجالاً مغناطيسيًا. ثم توقع ماكسويل أن كلاً من الشحنات المتسارعة والمجالات المغناطيسية المتغيرة تولد مجالات كهربائية ومغناطيسية تتحرك معًا في الفضاء.

ويسمى المجالان المغناطيسي والكهربائي المنتشران معًا في الفضاء الموجات الكهرومغناطيسية، أو موجة EM. ويوضح الشكل 7-5c اتجاهات المجالات التي تكون موجة كهرومغناطيسية. وفي عام 1887م أثبت الفيزيائي الألماني هنريش هرتز عملياً صحة نظرية ماكسويل. كما أدت نظرية ماكسويل إلى وضع تصور كامل للكهرباء والمغناطيسية.

خصائص الموجات الكهرومغناطيسية وجد مؤخرًا أن سرعة الموجة الكهرومغناطيسية تساوي تقريباً $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ ، ويرمز لها بالرمز c، وهي سرعة الضوء. وتنتقل الموجات الكهرومغناطيسية - ومنها الضوء - في الفضاء بسرعة c. ويرتبط كل من طول الموجة الكهرومغناطيسية وترددها وسرعتها بالعلاقة الآتية:

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad \text{العلاقة بين الطول الموجي والتردد لموجة}$$

الطول الموجي للموجة يساوي مقدار سرعتها مقسوماً على ترددها.

في هذه المعادلة يقاس الطول الموجي λ بوحدة m، وتقاس السرعة v بوحدة m/s، ويقاس التردد f بوحدة Hz. ولاحظ أن السرعة v لأي موجة كهرومغناطيسية تنتقل في الفراغ تساوي سرعة الضوء c، ولذلك فإن العلاقة الخاصة بالموجة الكهرومغناطيسية تصبح:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$$

لاحظ أن حاصل ضرب الطول الموجي في التردد لأي موجة كهرومغناطيسية هو مقدار ثابت ويساوي c. ولذلك عندما يزداد الطول الموجي يقل التردد، والعكس صحيح. أي أن الموجة الكهرومغناطيسية ذات الطول الموجي الكبير لها تردد صغير، بينما الموجة الكهرومغناطيسية ذات الطول الموجي الصغير لها تردد كبير.

مسائل تدريبية

15. ما مقدار سرعة موجة كهرومغناطيسية في الهواء إذا كان ترددها $3.2 \times 10^{10} \text{ Hz}$ ؟

16. ما طول موجة الضوء الأخضر إذا كان تردده $5.70 \times 10^{14} \text{ Hz}$ ؟

17. ما طول موجة كهرومغناطيسية ترددها $8.2 \times 10^{14} \text{ Hz}$ ؟

18. ما تردد موجة كهرومغناطيسية طولها الموجي $2.2 \times 10^{-2} \text{ m}$ ؟

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

ماكسويل طور جيمس كلارك ماكسويل نموذجًا يبين كيف يمكن لخطوط المجال أن تنقل القوى الكهربائية والمغناطيسية، وتمكن من ترجمة ذلك إلى معادلات تصف المجالات الكهربائية والمغناطيسية E و B. وشملت هذه المعادلات قانون كولوم، وقانون أمبير، وقانون فارادي، والقانون الذي يُرجع وجود المجالات المغناطيسية إلى عدم وجود قطب مغناطيسي منفرد. وعند دمج المعادلات الممثلة للقوانين، كان التوقع هو أن الشحنة المهتزة ستولد مجالاً كهربائيًا وآخر مغناطيسيًا ينتقلان في الفراغ بسرعة تعطى بالعلاقة $v = \sqrt{E_0 \mu_0}$ وعند تعويض القيم نجد أن النتيجة هي $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ وهي تساوي سرعة الضوء. لقد قاد عمل ماكسويل هذا إلى توقع وجود الموجات الكهرومغناطيسية، وأن الضوء ضمن هذه الموجات.

استخدام النماذج

انتشار موجات الراديو اطلب إلى الطلاب أن يصمموا نموذجًا يوضحون من خلاله كيفية انتشار موجات الراديو من مصدر نقطي. ثم اطلب إليهم أن يثبتوا كرة زجاجية في مركز قطعة من لوح فلين، ثم يرسموا حلقات دائرية، تتحرك حولها مبتعدة عن الكرة الزجاجية، وضع الغراء على هذه الخطوط، ثم اطلب إليهم رش الرمل على الغراء بلطف. سيبدو المظهر مشابهًا تمامًا للموجات الناتجة عن عملية إلقاء حجر في بركة ماء ساكنة. **م 2 حركي**



موجات الراديو

الزمن المقدّر 15 دقيقة

المواد والأدوات مذياع AM يمكن نقله، وقطعة من شبك السياج.

الخطوات

1. شغل المذياع على محطة إذاعة معينة.
2. اعمل غطاءً من السلك المشبك على أن يكون كافياً لتغطية المذياع.
3. ضع الغطاء فوق المذياع، ستلاحظ أن صوت الإذاعة قد ضعف.
4. حرّك الغطاء بحيث يظهر الهوائي، ستلاحظ أن صوت الإذاعة عاد مرة أخرى. اسأل الطلاب عما إذا كانت الموجات الكهرومغناطيسية المختلفة لها قدرات مختلفة لاختراق المواد. نعم. اسأل: هل يمكن إيقاف موجات الراديو بسهولة؟ سيستجيب الطلاب أنه يمكن إيقاف موجات الراديو بسهولة نسبياً، أشر أيضاً إلى أن الأطوال الموجية المختلفة لها قدرات مختلفة على اختراق المواد. ثم جرّب هذا العرض باستخدام هاتف خلوي، لمعرفة هل يمكن إيقاف هذه الموجات.

انتشار الموجات الكهرومغناطيسية خلال مادة يمكن أن تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية خلال المادة أيضاً؛ فسقوط أشعة الشمس على كأس زجاجية بها ماء مثال على انتقال موجات الضوء خلال ثلاث مواد مختلفة؛ الهواء والزجاج والماء، وهي مواد غير موصلة للكهرباء، وتسمى العوازل الكهربائية. وتكون سرعة الموجة الكهرومغناطيسية خلال العازل دائماً أقل من سرعتها في الفراغ، ويمكن حسابها بالعلاقة:

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}}$$

في هذه المعادلة تقاس سرعة الموجة v بوحدته m/s ، وتقاس سرعة الضوء c بوحدته m/s ، وقيمتها تساوي $3.00 \times 10^8 m/s$. أما ثابت العزل الكهربائي النسبي K فليس له وحدات. وفي الفراغ $K=1.00000$ وسرعة الموجة في الفراغ تساوي c . وفي الهواء $K=1.00054$ ، ولذلك تنتقل الموجة الكهرومغناطيسية في الهواء أبطأ قليلاً من c .

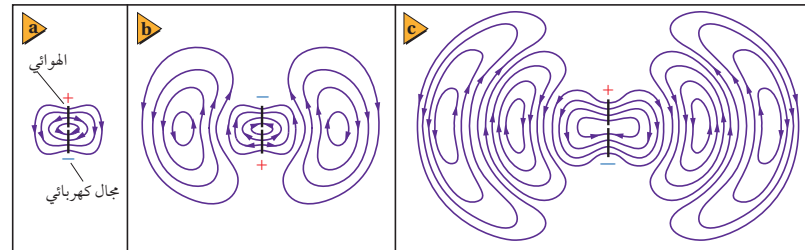
مسائل تدريبية

19. ما مقدار سرعة الموجة الكهرومغناطيسية المنتقلة في الهواء؟ استخدم $c = 299792458 m/s$ في حساباتك.
20. إذا كان ثابت العزل الكهربائي للماء 1.77 فما مقدار سرعة انتقال الضوء في الماء؟
21. إذا كانت سرعة الضوء خلال مادة $2.43 \times 10^8 m/s$ ، فما مقدار ثابت العزل الكهربائي للمادة؟

الشكل 6-7 يوضح مصدر التيار

المتناوب الموصول بالهوائي فوق جهد متغيراً في الهوائي، وهذا التغير في فرق الجهد يولد مجالاً كهربائياً متغيراً (a). يولد المجال الكهربائي المتغير مجالاً مغناطيسياً متغيراً. والمجال المغناطيسي المتولد بدوره يولد مجالاً كهربائياً. وتستمر هذه العملية فتنتشر الموجة الكهرومغناطيسية مبتعدة عن الهوائي. (b) و (c).

انتشار الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية كما في الشكل 6-7. والهوائي هو سلك يتصل بمصدر تيار متناوب مصمّم لبث واستقبال الموجات الكهرومغناطيسية. ويولد المصدر المتناوب فرق جهد متغيراً في الهوائي الذي يهتز بتردد مساوٍ لتردد مصدر التيار المتناوب، ويولد فرق الجهد المتناوب هذا مجالاً كهربائياً متغيراً مماثلاً؛ منتشراً ومبتعداً عن الهوائي. والمجال الكهربائي المتغير يولد أيضاً مجالاً مغناطيسياً متغيراً متعامداً مع الصفحة. وعلى الرغم من أن المجال المغناطيسي غير ظاهر في الشكل 6-7 إلا أنه ينتشر مبتعداً عن الهوائي. وينشأ عن ترابط المجالات الكهربائية والمجالات المغناطيسية معاً موجات كهرومغناطيسية تنتشر في الفضاء بسرعة الضوء.



مسائل تدريبية

19. $2.99712 \times 10^8 m/s$

20. $2.25 \times 10^8 m/s$

21. 1.52

مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 3-7

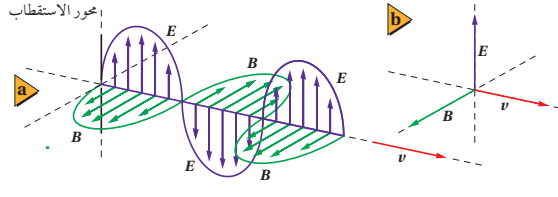
الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

طرائق تدريس متنوعة

نشاط

إعاقة جسدية للتعبير عن طبيعة ومدى الطيف الكهرومغناطيسي، دون استخدام الحبل أو النابض، اطلب إلى الطلاب تصور الموجات استناداً إلى مشاهداتهم اليومية. في البداية تخيل وجود موجة طولها يساوي طول المدرسة، تتحرك بسرعة كبيرة جداً، بحيث تدور حول الأرض سبع دورات في الثانية. بعد الاستماع إلى إجابات الطلاب، وضح لهم أن هذه الصورة تصف موجة الراديو. ثم اطلب إليهم تكرار ذلك مع موجة أخرى تنتقل بالسرعة نفسها لكن طولها الموجي يعادل عرض الإصبع، ثم وضح لهم أن هذه الصورة تمثل موجة الميكروويف. ويمكن للطلاب إجراء عدة جولات في هذا النشاط، وستجدهم يعصفون ذهنياً لتصور موجات كهرومغناطيسية أخرى ذات أطوال موجية مختلفة. ١٢ بصري-مكاني

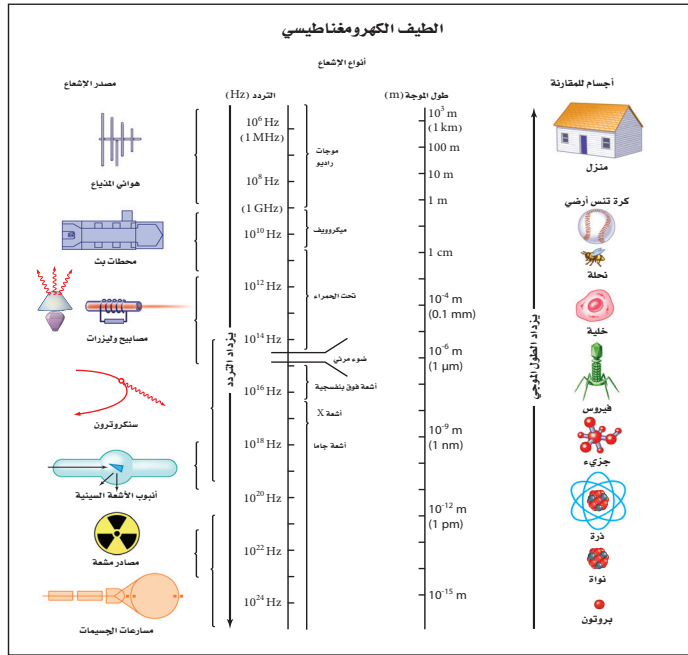
استخدام الشكل 7-8



الشكل 7-7 أجزاء من المجالين الكهربائي والمغناطيسي المتولدتين بواسطة الهوائي قد تبدو في لحظة ما، كما هو موضح (a). لاحظ أن المجالين الكهربائي والمغناطيسي متعامدان، وعموديان على اتجاه سرعة الموجة (b).

لو أمكن رؤية الموجات الكهرومغناطيسية القادمة فستظهر المجالات المتغيرة، كما في الشكل 7-7. حيث يتذبذب المجال الكهربائي إلى أعلى وإلى أسفل، بينما يتذبذب المجال المغناطيسي بزوايا قائمة مع المجال الكهربائي. وكلا المجالين متعامدان على اتجاه انتشار الموجة. لاحظ أن الموجة الكهرومغناطيسية الناتجة بواسطة الهوائي مستقطبة؛ وذلك لأن المجال الكهربائي مواز لموصل الهوائي.

الشكل 7-8 المخطط يبين أنواعاً من الإشعاعات الكهرومغناطيسية وأطوالها الموجية.



م 2

التفكير الناقد

ضوء الليزر أسأل الطلاب عن أوجه الشبه بين استخدام الليزر في مشغلات DVD وطابعات الحاسوب. تستخدم كل من مشغلات DVD، وطابعة الليزر الموجات الكهرومغناطيسية لضوء الليزر لنقل المعلومات. في مشغلات DVD يعمل الليزر على تحويل المعلومات الثنائية المشفرة الموجودة على سطح القرص إلى إشارات كهربائية استناداً إلى التغيرات في شدة الضوء المنعكس. أمّا في طابعة الليزر فسيتمّ تعريض الأسطوانة الحساسة للضوء إلى أشعة الليزر، وهذا يغيّر الشحنة الكهربائية للنقاط الموجودة على الأسطوانة، والذي بدوره يحدّد ما إذا كانت النقطة على الأسطوانة ستجذب الحبر لعمل بقعة على الورقة أم لا. م 2

مهن في الحياة اليومية

معلومة للمعلم

هيرتز استخدم هنريش هرتز كرتين فلزيّتين تفصل بينهما مسافة صغيرة، متصلتين بمحول ذي جهد كبير ليختبر نظرية ماكسويل. عندما أصبح فرق الجهد (ΔV) بين الكرتين كبيراً إلى درجة كافية شاهد شرارة كهربائية تقفز بينهما، وشاهد الأيونات تهتز بينهما. ثم استخدم كرتين فلزيّتين (بينهما مسافة صغيرة) في نهايتي سلك دائري ليري ما إذا كانت الأيونات المهتزة تولّد أمواجاً كهرومغناطيسية قابلة للالتقاط (الاستقبال) أم لا. وقد توقع أن تولّد الموجات تيارات حثية في السلك تسبّب تولّد فرق الجهد بين الكرتين، مما يؤدي إلى تكوّن الشرارة. ستحدث الشرارة حتى لو كان الباعث يبعد أمتاراً. ووجد أن سرعة هذه الموجات هو $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ، وهي التي كان ماكسويل قد توقعها من قبل. وبعد أقل من 20 سنة تمكن ماركوني من إرسال موجات كهرومغناطيسية عبرت المحيط الأطلسي، وأدت إلى ظهور مجالات الراديو والتلفاز.



مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 7-4

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

● تجربة إضافية

مشاهدة وسماع إشارات الموجات

الكهرومغناطيسية

الهدف مشاهدة وسماع إشارات الموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة من جهاز التحكم عن بعد. **المواد والأدوات** خلية شمسية مع قطبين كهربائيين، وسماعة صغيرة مزودة بأسلاك توصيل، وورق، وجهاز التحكم في التلفاز، وجهاز راسم ذبذبات (اختياري).

الخطوات

1. صل أسلاك السماعة بالخلية الشمسية.
2. شغل السماعة، وأصغ إلى الصوت الناتج عن سقوط ضوء الغرفة على الخلية الشمسية.
3. ضع ورقة أو ورقتين فوق الخلية لحجب الضوء، حتى لا تسمع أي صوت من السماعة.
4. احمل جهاز التحكم من بعد 50 cm فوق الخلية، ووجهه نحوها.
5. اضغط أحد الأزرار في جهاز التحكم، وأصغ بعناية.
6. لمشاهدة الإشارات صل الخلية مع جهاز راسم الذبذبات.

التقويم يجب أن يسمع الطلاب نبضات صوت سريعة، ومتعاقبة عند الضغط على زرّ جهاز التحكم. ستكون الأصوات الناتجة عن أزرار مختلفة متشابهة؛ لأن الأذن غير حساسة بدرجة كافية لتمييز الفرق بين الأصوات.

● مسألة تحفيز

الجدول 1-7	
ألوان موجات الضوء المرئي	اللون
الطول الموجي (nm)	
390 حتى 455	نيلي-بنفسجي
455 حتى 492	أزرق
492 حتى 577	أخضر
577 حتى 597	أصفر
597 حتى 622	برتقالي
622 حتى 700	أحمر

يشكل الضوء المرئي جزءاً بسيطاً فقط من الطيف الكهرومغناطيسي. وأطوال الموجات لبعض ألوان الضوء المرئي موضحة في الجدول 1-7.

1. أي ألوان الضوء له أكبر طول موجي؟
2. أي الألوان ينتقل أسرع في الفراغ؟
3. تحيد الموجات ذات الطول الموجي الأكبر حول الأجسام التي تعترض مساراتها أكثر من الموجات ذات الطول الموجي الأقصر. أي الألوان سيحيد بدرجة أكبر، وأيهما سيحيد بدرجة أقل؟
4. احسب مدى التردد لكل لون من ألوان الضوء المعطاة في الجدول 1-7.

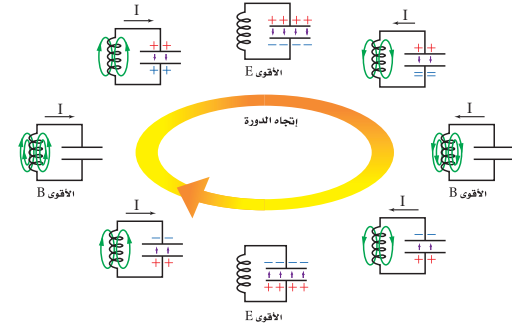
توليد الموجات الكهرومغناطيسية

Producing Electromagnetic Waves

الموجات من مصدر متناوب تعلمت أنه يمكن لمصدر متناوب متصل بهوائي أن يرسل موجات كهرومغناطيسية، ويكون تردد الموجة مساوياً لتردد دوران مولد التيار المتناوب AC، ويُحدد بـ 1 kHz تقريباً. ويوضح الشكل 8-7 مدى الترددات والأطوال الموجية التي تشكل جميع أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي، وتسمى الطيف الكهرومغناطيسي.

الموجات الناتجة عن ملف ومكثف كهربائي الطريقة الشائعة لتوليد موجات كهرومغناطيسية ذات ترددات كبيرة هي استخدام ملف (محث) ومكثف كهربائي يتصلان معاً على التوالي. فإذا شُحن المكثف بطارية فسوف يُخزن فيه شحنات كهربائية وبذلك يُنتج فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه مجالاً كهربائياً. وعند فصل البطارية يفقد المكثف شحنته عن طريق تدفق الإلكترونات المختزنة فيه خلال الملف، مولدة مجالاً مغناطيسياً. وعندما يفقد المكثف شحنته ينهار المجال المغناطيسي للملف، فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية عكسية، ويعاد شحن المكثف في اتجاه معاكس، وتكرر العملية. وعند توصيل هوائي بالمكثف تُبث مجالات المكثف في الفضاء. ويوضح الشكل 9-7 دورة اهتزازية كاملة.

الشكل 9-7 يوضح الشكل دورة اهتزازية كاملة لدائرة مكثف كهربائي وملف. ويحدد حجم كل من المكثف والملف عدد الاهتزازات كل ثانية للدائرة، والتي تساوي تردد الموجة الناتجة.



● مسألة تحفيز

1. أحمر $5.20 \times 10^{14} \text{ Hz}$ حتى $6.10 \times 10^{14} \text{ Hz}$
2. تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية جميعها بالسرعة نفسها في الفراغ.
3. حيود الضوء الأحمر هو الأكبر، أما البنفسجي فسيحيد بدرجة أقل.
4. البنفسجي من $6.59 \times 10^{14} \text{ Hz}$ حتى $7.69 \times 10^{14} \text{ Hz}$
- الأزرق من $6.10 \times 10^{14} \text{ Hz}$ حتى $6.59 \times 10^{14} \text{ Hz}$
- الأخضر من $5.20 \times 10^{14} \text{ Hz}$ حتى $6.10 \times 10^{14} \text{ Hz}$
- الأصفر من $5.03 \times 10^{14} \text{ Hz}$ حتى $5.20 \times 10^{14} \text{ Hz}$
- البرتقالي من $4.82 \times 10^{14} \text{ Hz}$ حتى $5.03 \times 10^{14} \text{ Hz}$
- الأحمر من $4.29 \times 10^{14} \text{ Hz}$ حتى $4.82 \times 10^{14} \text{ Hz}$

تطبيق الفيزياء

الطيف الكهرومغناطيسي - كما لاحظت سابقاً - مستخدم على نطاق واسع في أجهزة الإرسال، والاستقبال، ولتتبع التداخل تضع وزارة الإعلام في كل دولة ترددات محدّدة لكل مرسل (محطة إذاعية).

مناقشة

سؤال أسأل الطلاب: كيف يعمل المحول؟ واطلب إليهم أن يحدّدوا الجزء الكهربائي، والجزء المغناطيسي فيه.

الإجابة تعمل المحوّلات الكهربائية على تحويل القدرة المتردّدة من جهد محدّد إلى جهد آخر بالتردد نفسه، ويوجد داخل المحوّل عدة ملفّات ملفوفة على قلب مغناطيسي. توصل الخطوط الداخلة إليه بالملفّ الابتدائي، بينما توصل الخطوط الخارجة منه بالملفّ الثانوي، وهذه الطريقة تخرج خطوط القدرة الكهربائية من المحطة الفرعية إلى الحيّ. ويولّد التيار المار في الملفّ الابتدائي تدفقاً مغناطيسياً متغيّراً حول القلب المغناطيسي، يغيّر اتجاهه كل دورة مولداً تياراً متناوباً AC في الملفّات الثانوية. يعتمد التغيّر في الجهد على عدد اللّفات في كل من الملفّين. 2م

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

أفران الميكروويف قد يعتقد بعض الطلاب أن موجات الميكروويف في فرن الميكروويف تثير الرنين الطبيعي في الماء وتهيجّه. إن تردد فرن الميكروويف أقلّ من أيّ رنين طبيعي في جزيئات الماء المعزولة. وفي الماء يكون هذا الرنين مشوّهاً إلى درجة يصعب جداً معها ملاحظته، تماماً كعزف الآلة الوترية تحت الماء؛ فإنه لا يمكنك سماع الصوت المنبعث من الوتر بوضوح؛ لأن الماء يحدّد من اهتزازات الوتر. ففي فرن الميكروويف تتعرض جزيئات الماء للمجالات الكهرومغناطيسية الكثيفة والمركزة، وغير الرنانة لذلك تسخن المواد التي تحوي جزيئات ماء، أما المواد التي لا تحتوي جزيئات ماء كالصحن والأكواب فلا تسخن لعدم احتوائها على جزيئات الماء.

تطبيق الفيزياء

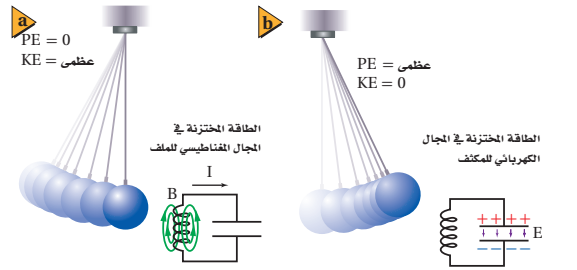
الترددات

تحدّد الوزارة المعنية في كل دولة موجة حاملة بترددات محددة لكل محطة من محطات الإذاعة أو التلفاز التي تبث من أراضيها. تبث المحطة عن طريق تغيير موجاتها الحاملة. وعند التقاط الموجة بالمذياع أو التلفاز تنفصل الموجة الحاملة بعيداً، وتعالج المعلومات التي تحملها الموجة، بحيث يمكنك السماع أو المشاهدة.

يمكن مقارنة العملية التي تحدث في دائرة الملف والمكثف بالدورات الاهتزازية لنبندول متأرجح، كما هو موضح في الشكل 10-7. افترض أن الإلكترونات في الملف والمكثف تمثل بكرة البندول. سيكون لكرة البندول المتحركة أكبر سرعة عند أخفض نقطة في مسارها؛ حيث تكون طاقتها الحركية KE أكبر ما يمكن، أما طاقة وضعها PE الناتجة عن الجاذبية فتساوي صفراً. وهذه النقطة في حركة البندول الموضحة في الشكل 10a-7 تماثل تماماً القيمة العظمى للتيار المار في الملف عندما تبلغ شحنة المكثف صفراً. وعندما تصل كرة البندول إلى قمة مسار تأرجحها تصبح كل من إزاحتها الرأسية وطاقة وضعها PE قيماً عظمى، في حين تكون طاقتها الحركية صفراً؛ لأن سرعتها صفر. وهذه النقطة في الحركة الموضحة في الشكل 10b-7 تشبه الحالة التي يكون فيها للمكثف أكبر شحنة، في حين يكون التيار في الملف صفراً.

الطاقة في دائرة المكثف والملف كما درست في الفقرة السابقة تكون طاقة الوضع PE لنبندول أكبر ما يمكن عندما تكون إزاحتها الرأسية أكبر ما يمكن. وتكون طاقته الحركية KE أكبر ما يمكن عندما تصبح سرعته المتجهة أكبر ما يمكن. ويكون مجموع KE و PE - الطاقة الكلية - ثابتاً خلال حركة البندول. في دائرة الملف والمكثف، يحتوي كل من المجال المغناطيسي المتولد في الملف والمجال الكهربائي المتولد في المكثف على طاقة. عندما يكون للتيار قيمة عظمى يكون للطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي قيمة عظمى، وعندما يصبح التيار صفراً يكون للمجال الكهربائي في المكثف قيمة عظمى، وتصبح الطاقة جميعها ممثلة في المجال الكهربائي. وتكون الطاقة الكلية للدائرة (مجموع طاقتي المجالين الكهربائي والمغناطيسي والطاقة الحرارية الضائعة في الأسلاك، والطاقة المحمولة بعيداً بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية المتولدة) مقداراً ثابتاً. وتسمى الطاقة التي تحمل أو تنشع على شكل موجات كهرومغناطيسية الإشعاع الكهرومغناطيسي.

كما يتوقف البندول المتأرجح في نهاية المطاف إذا ترك وحده، فإن الذبذبات الناتجة عن دائرة الملف والمكثف تتخامد بعد فترة بسبب مقاومة الدائرة. ويمكن المحافظة على الاهتزازات في النظامين عن طريق إضافة مصدر طاقة؛ فالتأثير بدفعات خفيفة في أوقات مناسبة سيحافظ على تأرجح البندول واستمراره في الاهتزاز. ويحدث أكبر سعة للتأرجح عندما يتطابق تردد الدفعات مع تردد حركة التأرجح، وهذا هو شرط الرنين.



الشكل 10-7 حركة البندول مماثلة لفعل الإلكترونات في دائرة الملف والمكثف. فحركة كرة البندول مماثلة لسريان التيار في الدائرة (a). النقطة التي تتوقف عندها حركة البندول في النهاية مماثلة لحالة انعدام التيار في الدائرة (b).

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

أشباه الموصلات مصادر موجات لقد كان للمصادر شبه الموصلة الدور الأكبر في إحلال مصادر الميكروويف ذات القدرة المتوسطة محل مصادر ميكروويف أخرى ذات قدرة منخفضة. ومن هذه المصادر "مذبذب غان"، وهو شبه موصل غير نقي من نوع n أمكن صنعه ليهتز عند التأثير فيه بمجال كهربائي قوي. وعندما يكون منحازاً كهربائياً فإنه يبدي مقاومة سالبة (زيادة الجهد تسبب نقصان التيار). هناك مصادر أخرى للميكروويف تصنع من أشباه موصلات تتضمن ترانزستور ميكروويف ودايود. وتستخدم الأنابيب المفرغة في صناعة المذبذبات ذات القدرة الكبيرة، كتلك الموجودة في أفران الميكروويف.

عرض سريع



توليد تيار حثي بين ملفّات

الزمن المقدّر 5 دقائق

المواد والأدوات مغناطيس كبير، وجلفانومتر مخصّص للعرض، وملفّ سلّكي.

الخطوات

1. صلّ الملفّ بالجلفانومتر.
 2. مرّر الملفّ بين قطبي المغناطيس.
 3. اطلب إلى الطلاب ملاحظة قراءات الجلفانومتر.
 4. اطلب إلى الطلاب الاستمرار في ملاحظة القراءات على الجلفانومتر، عند تغيير موقع الملفّ بالنسبة إلى المغناطيس.
- إن وجود قراءة للجلفانومتر تدلّ على أن التيار يتولّد عند إمرار الملفّ بين قطبي المغناطيس. ويجب أن يلاحظ الطلاب كيفية تغيير القراءة عندما يتحرك الملفّ.

تعزيز الفهم

التداخل الهدمي أسقط هرتز في إحدى تجاربه موجات راديو على صحيفة فلزيّة، وقارن شدة الإشارة على أبعاد مختلفة من الصحيفة الفلزيّة. وقد وجد أن الأماكن التي ضعفت فيها الإشارات كانت على أبعاد متساوية من الصحيفة. اطلب إلى الطلاب تقديم تفسير لهذه النتائج. **الأماكن التي ضعفت فيها الإشارة يحدث فيها تداخل هدمي (نقاط العقد).** 2م

نشاط



الكهرباء الإجهادية أمسك رقاقة تعمل

بالكهرباء الإجهادية متّصلة مع مصباح نيون صغير. عتّم الغرفة، ثم اضغط الرقاقة لإضاءة المصباح. تفسّر ذلك أن الشغل المبذول لضغط الرقاقة تحوّل إلى طاقة كهربائية عملت على إضاءة المصباح، وتعمل بعض المصابيح الصغيرة بالطريقة نفسها. 2م

بصري - مكاني



الشكل 11 - 7 في المحول تكون الذنبية الكبيرة الناتجة عن الملف الثانوي في حالة رنين مع دائرة الملف والمكثف، وتحافظ على استمرار حدوث الاهتزازات.

وبالمثل إذا زودت دائرة الملف والمكثف بنبضات جهد بترددات مناسبة فإنها تحافظ على استمرار حدوث الاهتزازات في الدائرة. وهناك طريقة لعمل ذلك تتمثل في إضافة ملف آخر إلى الدائرة لتشكيل محول كهربائي. ففي المحول الموضح في الشكل 11-7 يزداد التيار المتناوب الحثي الناتج في الملف الثانوي بواسطة مضخم، ويعاد إلى الملف والمكثف. في هذا النوع من الدوائر يمكن توليد ترددات تصل إلى 400 MHz تقريباً.

الموجات الناتجة يمكن زيادة تردد الاهتزاز الناتج بواسطة دائرة الملف والمكثف عن طريق تقليل حجم كل من الملف والمكثف المستخدمين. ومع ذلك لا تستخدم الملفات أو المكثفات المفردة للترددات التي تزيد على 1 GHz؛ حيث يستخدم التجويف الرنان لتوليد الموجات الميكروية ذات الترددات الكبيرة التي تتراوح بين 1 GHz و 100 GHz. والتجويف الرنان صندوق على شكل متوازي مستطيلات يعتمد في عمله على الملف والمكثف معاً. ويحدد حجم الصندوق تردد الاهتزاز. فأفران الميكروويف مثلاً لها تجاويف رنانة تولد موجات ميكروويف تستخدم في طهي الطعام.

ولتوليد أعلى تردد للموجات تحت الحمراء يجب تصغير حجم التجويف الرنان ليصبح بحجم الجزيء. فالإلكترونات المهتزة التي تولد موجات تحت حمراء هي في الحقيقة ضمن أبعاد الجزيئات. أما موجات الضوء المرئي والموجات فوق البنفسجية فتتولد بواسطة الإلكترونات الموجودة داخل الذرات. وأما الأشعة السينية X-ray وأشعة جاما فتنشأ عن مسارعة الشحنات في نوى الذرات. وجميع الموجات الكهرومغناطيسية تنشأ عن مسارعة الشحنات، وتنتشر بسرعة الضوء.

الموجات الناتجة بالكهرباء الإجهادية لا تعدّ الملفات والمكثفات الطريقة الوحيدة لتوليد الجهود المتذبذبة. فبلورات الكوارتز تنشّو عند تطبيق جهد كهربائي عبرها، وتعرف هذه الخاصية باسم **الكهرباء الإجهادية**. فعند تطبيق جهد متناوب على مقطع عرضي من بلورة كوارتز تنتج اهتزازات مستمرة. وتكون العلاقة بين سمك البلورة وتردد الاهتزازة خطية عكسية، تماماً كما في اهتزاز قطعة فلزية عند ثنيها وتركها تهتز؛ حيث يمكن قطع بلورة الكوارتز وتطبيق جهد معين عليها، فتنشّو وتبدأ في الاهتزاز بترددات محدّدة. وتولد خاصية الكهرباء الإجهادية أيضاً قوة دافعة كهربائية عندما تنشّو البلورة. ولأن هذه القوة الدافعة الكهربائية تنتج بتردد مساوٍ لتردد البلورة نفسها، فإنه يمكن تضخيمها وإعادة توليد البلورة للمحافظة على استمرار الاهتزاز. وتستخدم بلورات الكوارتز عادة في الساعات؛ لأن ترددات اهتزازاتها ثابتة تقريباً.

مشروع فيزياء

نشاط

مشاهدة غير المرئي تنجّز معظم أبحاث الفلك، باستخدام الموجات غير المرئية للعين البشرية. اطلب إلى الطلاب البحث عن صور للمجرات والعناقيد النجمية، وبعض الظواهر الأخرى التي التقطت عبر مستقبلات الراديو، والأشعة تحت الحمراء، والأشعة السينية، وإحضارها إلى غرفة الصف، ليتبادلوها معاً في الصف. وينبغي أن يحدّدوا الصورة، ونوع الجسم الفلكي، وكيف تمّ الحصول على الصورة، وبعد الجسم الفلكي عن الأرض، وأي معلومات أخرى مثيرة للاهتمام أو ذات صلة. 2م **لغوي**

مناقشة

سؤال أسأل الطلاب: لماذا يكون للهوائي القادر على ضبط الترددات المطلوبة مساحة فعّالة أكبر، ومن ثم أدائه أفضل من الهوائي غير القادر على ضبط تلك الترددات؟

الإجابة يوجد تشويش دائماً في الجزء الأمامي للمستقبل؛ نتيجة تداخل المصادر، ومنها الإشعاعات الكونية، ويجب أن تكون الطاقة التي يلتقطها الهوائي أكبر بدرجة كافية من الطاقة الناتجة عن التشويش لتسيطر عليها وتلغي أثرها. والموجات المحددة الملتقطة تحمل دائماً مقداراً محدّداً من الطاقة والتردد؛ لذلك يجب أن يكون للهوائي المضبوط مع تلك الموجة مساحة فعّالة أكبر من الهوائي غير المضبوط مع ذلك التردد؛ حتى يصدر رنيناً مع تردد الموجة القادمة، وكلما كان ضبط الهوائي أقرب للتردد المطلوب كان الاقتران بين الطاقة والرنين أكبر، وتحدث قمة الرنين عندما يضبط الهوائي تماماً مع الموجة القادمة. (لاحظ أيضاً أن أداء الهوائي يعتمد على طريقة توجيهه نحو الموجة القادمة). **2م**

استخدام التشابه

التقاط الموجات لبعض أنواع القطط آذان كبيرة على شكل قطع مكافئ، تمكّنها من التقاط موجات الصوت الضعيفة، وتشبه هذه الآذان الهوائي الكبير، الذي يكون على شكل قطع مكافئ؛ ليلتقط موجات الراديو الضعيفة. وللعديد من الحيوانات – ومنها الكلاب والبوم والأرانب البرية – آذان دوّارة متحركة لتحديد مصدر الموجة الكهرومغناطيسية.

استقبال الموجات الكهرومغناطيسية Reception of Electromagnetic Waves

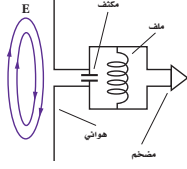
الآن وبعد أن عرفت كيفية توليد الموجات الكهرومغناطيسية وبثها، كيف تتوقع طريقة استقبالها؟ إن التقاط هذه الموجات يتطلب هوائياً. كما هو موضح في الشكل 12-7، حيث تعمل المجالات الكهربائية للموجات على تسارع إلكترونات المادة المكونة للهوائي، ويكون التسارع أكبر ما يمكن عندما يواجه الهوائي في اتجاه استقطاب الموجة نفسه. وهذا يحدث عندما يكون الهوائي موازياً لاتجاه المجالات الكهربائية للموجة؛ حيث يتذبذب فرق الجهد بين طرفي الهوائي بتردد الموجة الكهرومغناطيسية نفسه. ويصبح للجهد قيمة عظمى عندما يكون طول الهوائي مساوياً لنصف الطول الموجي للموجة التي نريد التقاطها. لذلك يصمم طول الهوائي بحيث يساوي نصف الطول الموجي للموجة التي يفترض التقاطها. فالهوائي المصمم لالتقاط موجات الراديو وموجات التلفاز أطول كثيراً من الهوائي المصمم لالتقاط موجات الميكروويف.

إن استخدام هوائي مكون من سلك واحد يمكننا من الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية إلا أن استخدام عدة أسلاك أكثر فاعلية؛ حيث يتكون هوائي التلفاز غالباً من سلكين أو أكثر تفصل بينهما مسافة تعادل ربع الطول الموجي للموجة. وتكون المجالات الكهربائية الناتجة عن الأسلاك منفردة أنماط تداخل بناء تعمل على زيادة قوة الإشارة.

من المهم أن نعرف أن جميع الموجات الكهرومغناطيسية لها خصائص الانعكاس والانكسار والحيود. ولذلك لا نستغرب أن الأطباق اللاقطة تعكس الموجات الكهرومغناطيسية القصيرة جداً، تماماً كما تعكس المرايا القطع المكافئ موجات الضوء المرئي. وتكون مساحة سطح طبق اللاقطة كبيرة؛ وذلك لجمع الموجات وتركيزها، وهذه المساحة تجعله قادراً على التقاط موجات الراديو الضعيفة. ويعمل طبق اللاقط على عكس الموجات التي يستقبلها، وتركيزها على قطعة أو جهاز يسمى اللاقط. ويثبت اللاقط بثلاثة قوائم فوق طبق. ويتوي اللاقط على هوائي قصير ثنائي القطب، يرسل إشارات إلى المستقبل وهو جهاز يتكون من جهاز هوائي ودائرة ملف ومكثف وكاشف لفك شفرة الإشارة وتحليلها بالإضافة إلى مضخم.

اختيار الموجات هناك العديد من محطات الإذاعة والتلفاز التي تبث الموجات الكهرومغناطيسية المختلفة في الوقت نفسه. فإذا أردنا أن نستقبل المعلومات التي تبث من محطة ما فإنه يجب اختيار الموجات الخاصة بهذه المحطة، واختيار موجات ذات تردد معين (ورفض باقي الموجات) يستخدم الموالف؛ وهو دائرة مكثف وملف متصل بهوائي. وتعدل السعة الكهربائية للمكثف حتى يصبح تردد اهتزازات الدائرة مساوياً لتردد الموجة المطلوبة. وعندما يحدث ذلك تعمل الموجات ذات التردد المطلوب اهتزازات محددة للإلكترونات في الدائرة.

الطاقة من الموجات تحمل الموجات الطاقة والمعلومات؛ فالموجات التي تردداتها ضمن منطقة الأشعة تحت الحمراء وأشعة الميكروويف تعمل على مسارة الإلكترونات في الجزيئات؛ حيث تتحول طاقة الموجات إلى طاقة حرارية في الجزيئات. وهذه هي طريقة عمل فرن الميكروويف في تسخين الطعام. ويمكن لموجات الضوء أيضاً نقل الطاقة إلى الإلكترونات؛ فمثلاً يستفاد من هذه الحقيقة في الأفلام الفوتوغرافية؛ حيث تعمل الطاقة في موجات الضوء على إحداث تفاعلات كيميائية داخل الفيلم، فتكون النتيجة تسجيلاً دائماً للضوء القادم من الجسم، والساقط على الفيلم. وفي الترددات الكبيرة – ومنها الأشعة فوق البنفسجية UV – تسبب الإشعاعات حدوث العديد من التفاعلات الكيميائية، ومنها تلك التي تحدث في الخلايا الحية وتسبب حروق الشمس وسرعة الجلد، والأمراض الخطيرة أحياناً.



الشكل 12-7 المجالات الكهربائية المتغيرة لإشارة محطة البث الإذاعية تعمل على مسارة الإلكترونات الموجودة في الهوائي. ثم تحلل المعلومات المحمولة على الموجة الإذاعية وتضخمها ثم تستخدم لتشغيلها في سماعة أو مكبر صوت.

الربط مع الأحياء

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

كشف التيار المتردد من ضوء الفلورسنت صل خلية شمسية مع مضخم وسماعة. عرّض الخلية لضوء فلورسنت، ينبغي أن تسمع طيناً تردده 60 Hz من السماعة. أطفئ مصدر الضوء وشغله أو غطّ الخلية واكشفها، ولاحظ الفرق. ثم حاول تسليط ضوء آخر من الجهاز الوّماض بتردد مقداره 59 Hz أو 61 Hz، وأصغ إلى الأصوات. ارجع إلى الوسائل البصرية التي توضح الموجات، وتداخلها البناء (لاحظ أن الاهتزاز يحدث عند التردد 120 Hz وليس عند التردد 60 Hz، لذلك حاول أن تجعل الجهاز الوّماض يعمل عند 120 Hz تقريباً). **1م**

تعزيز الفهم

الربط مع علم الأحياء قسّم طلاب الصف إلى مجموعات صغيرة، واطلب إليهم توضيح أثر الأشعة السينية في الأنسجة الحية، واسألهم: كيف يمكن أن تكون الأشعة السينية مفيدة في علاج بعض الأمراض؟

2م بين الأشخاص

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلاب أن يفتحوا كتبهم، وأن ينظروا إلى صورة الصفحة الافتتاحية للفصل، واسألهم: هل يجب أن يختلف وضع الطبقات باختلاف الطول الموجي؟ لا، تنعكس الموجات جميعها بالكيفية نفسها، وتتجمع في النقطة نفسها.

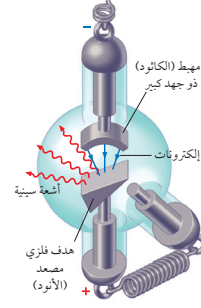
2م بصري-مكاني

إعادة التدريس

أمسك مذياع AM وهاتفًا خلويًا، ثم اطلب إلى الطلاب مقارنة السرعة، والطول الموجي للموجات المستخدمة في هذه الأجهزة. الموجات القصيرة والطويلة جميعها تنتشر بالسرعة نفسها.

1م

الأشعة السينية X Rays



الشكل 7-13: تنبعث الأشعة السينية عند اصطدام إلكترونات ذات طاقة كبيرة بهدف فلزي داخل أنبوب الأشعة السينية. ويمكن تغيير الهدف لإنتاج أشعة سينية بأطوال موجية مختلفة.

أسقط الفيزيائي الألماني وليام رونتجن عام 1895م إلكترونات خلال أنبوب مفرغ مماثل للأنبوب الموضح في الشكل 7-13. واستخدم فرق جهد كبيرًا جدًا خلال الأنبوب لإكساب الإلكترونات طاقات حركية كبيرة. وعند اصطدام الإلكترونات بهدف فلزي (الأنود) داخل الأنبوب لاحظ رونتجن توهج شاشة فوسفورية قريبة. واستمر التوهج حتى عند وضع قطعة خشب بين الأنبوب والشاشة، فاستنتج رونتجن أن هناك نوعًا من الأشعة ذات نفاذية كبيرة خرجت من الأنبوب.

ولأن رونتجن لم يعرف هذه الإشعاعات الغريبة فقد سهاها الأشعة السينية. وبعد أسابيع قليلة لاحظ رونتجن أن الألواح الفوتوجرافية أصبحت معتمة بسبب الأشعة السينية، كما اكتشف أيضًا أن أنسجة الجسم اللينة كانت شفافة بالنسبة للأشعة السينية، في حين لا تنفذ الأشعة السينية من العظام. ولقد عمل صورة بالأشعة السينية لكف زوجته. وفي غضون أشهر استفاد الأطباء من الاستعمالات الطبية القيمة لهذه الظاهرة.

ومن المعلوم الآن أن الأشعة السينية هي موجات كهرومغناطيسية ذات تردد كبير. وفي أنبوب الأشعة السينية تُسرّع الإلكترونات أو لأبواطة فرق جهد كبير يصل إلى 20000 V، أو أكثر لإكسابها سرعات كبيرة جدًا. وعندما تصطدم الإلكترونات بالمادة تتحول طاقاتها الحركية الكبيرة إلى موجات كهرومغناطيسية ذات تردد كبير تسمى الأشعة السينية.

وتسارع الإلكترونات في أنابيب الأشعة السينية يشبه تسارعها في أنبوب الأشعة المهبطية كأنبوب تكوّن الصور في التلفاز القديم CRT. فعندما تصطدم الإلكترونات بالسطح الداخلي لشاشة التلفاز تتوقف فجأة مسببة توهج الفوسفور الملون. ويمكن لهذا التوقف المفاجئ للإلكترونات أيضًا توليد أشعة سينية ضارة، ولذلك يحتوي السطح الداخلي لشاشة التلفاز على مادة الرصاص لإيقاف الأشعة السينية وحماية المشاهدين.

7-2 مراجعة

22. انتشار الموجات وضح كيف يمكن للموجات الكهرومغناطيسية أن تنتشر في الفضاء؟
23. التردد ما تردد موجة كهرومغناطيسية طولها الموجي $1.5 \times 10^{-5} \text{ m}$ ؟
24. إشارات التلفاز تحتوي هوائيات التلفاز عادة على قضبان فلزية أفقية. استنادًا إلى هذه المعلومات ما استنتاجك حول اتجاهات المجالات الكهربائية في إشارات التلفاز؟
25. تصميم الهوائي لبعض قنوات التلفاز ترددات أقل من ترددات حزمة FM في المذياع، في حين أن قنوات أخرى لها ترددات أكبر كثيرًا. ما الإشارة التي تحتاج إلى هوائي أطول: القنوات ضمن المجموعة الأولى، أم القنوات ضمن المجموعة الثانية؟ علل إجابتك.
26. ثابت العزل الكهربائي إذا كانت سرعة الضوء في مادة مجهزة هي $1.98 \times 10^8 \text{ m/s}$ فما مقدار ثابت العزل الكهربائي للمادة المجهزة، علما بأن سرعة الضوء في الفراغ تساوي $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ ؟
27. التفكير الناقد تحجب معظم الأشعة فوق البنفسجية UV الناتجة عن الشمس بطبقة الأوزون في الغلاف الجوي للأرض. وقد اكتشف العلماء في السنوات الأخيرة أن طبقة الأوزون فوق القطب الجنوبي وفوق المحيط المتجمد الشمالي أصبحت رقيقة. استخدم ما تعلمته عن الموجات الكهرومغناطيسية والطاقة لتوضح لماذا يشعر بعض العلماء بقلق بالغ من استنزاف طبقة الأوزون؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

7-2 مراجعة

22. يولّد تغيّر المجال الكهربائي مجالًا مغناطيسيًا، ويولّد تغيّر المجال المغناطيسي مجالًا كهربائيًا، ولذلك تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية عندما يولّد كل من المجالين الآخر.
23. $2.0 \times 10^{13} \text{ Hz}$
24. يجب أن تكون أفقية أيضًا.
25. القنوات ضمن المجموعة الأولى. الموجات التي لها تردد أقل تكون

مختبر الفيزياء

الزمن المقدر حصّة مختبر واحدة.

المهارات العملية الملاحظة، وجمع البيانات، وتفسير البيانات.

احتياطات السلامة كن حذرًا في أثناء استخدام الغطاء المصنوع من الأسلاك المشبكة؛ لأن حوافه قد تخدش أو تجرح، واطلب إلى الطلاب ارتداء القفازات عند الإمساك بالغطاء أو حمله.

المواد والأدوات البديلة يمكن استخدام ستيرو AM/FM شخصي مع المذياع الصغير على أن تبقى سماعات الأذن والأسلاك داخل الوعاء، ويمكن استخدام أسلاك مشبكة أو صفيحة فلزيّة بدلاً من الغطاء.

استراتيجيات التدريس

● إذا استخدم الستيرو الشخصي فإنه يجب وضع سماعات الأذن لكل مذياع داخل الوعاء الحاجب إلى جانب المذياع؛ لأن أسلاك السماعات تعمل عملاً مزدوجاً، كأسلاك هوائي لمذياع FM.

● قد يكون الطلاب مهتمين باختبار فاعلية المواد الإضافية للحجب، وقد يرغبون في استقصاء جودة استقبال المذياع في مواقع مختلفة حول المدرسة. (لاحظ أن الكثير من الفولاذ عادة يستخدم في بناء الأرضيات والأسقف في المباني).

عينة بيانات

الحزمة	التردد	الحاجب	الملاحظات
AM	610 kHz	ذراع شخص	صوت المذياع قوي
AM	610 kHz	صندوق كرتون	صوت المذياع قوي
AM	610 kHz	صندوق كرتون مغطى بالومنيوم	لا يوجد صوت
AM	610 kHz	صندوق الأسلاك المشبكة	لا يوجد صوت، يوجد تشويش
AM	610 kHz	صندوق فلزي	لا يوجد صوت
AM	610 kHz	أكياس تحمي من التفريغ الكهربائي	صوت قليل أو لا يوجد صوت

مختبر الفيزياء

حجب الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic Wave Shielding

يتكون الطيف الكهرومغناطيسي من عدة أنواع من الإشعاعات الكهرومغناطيسية. ويمكن تصنيف هذه الإشعاعات وفق تردداتها أو أطوالها الموجية؛ فاشعة جاما الأكبر تردداً والأكثر طاقة، طولها الموجي يشكل جزءاً من النانومتر. والإشعاعات التي تلي أشعة جاما يزداد طولها الموجي (يقل كل من ترددها وطاقتها)، وهي على الترتيب: الأشعة السينية، الأشعة فوق البنفسجية، الضوء المرئي، الأشعة تحت الحمراء، موجات الميكروويف، وموجات الراديو. والعين البشرية يمكنها فقط رؤية الأطوال الموجية الواقعة ضمن مدى الضوء المرئي فقط، بينما جميع الأشكال الأخرى للإشعاعات غير مرئية. مستقبلات الموجات الكهرومغناطيسية - كتلك الموجودة في المذياع والتلفاز - تكشف الموجات باستخدام الهوائي. ولأن كل جهاز كهربائي يغيّر مقدار التيار أو يعمل على تيار متناوب، يُصدر موجات كهرومغناطيسية؛ فالموجات المنبعثة من هذه المصادر يمكن أن تتداخل مع الإشارات المستقبلية المطلوبة. وبعض المواد فاعلية في إيقاف أو حجب موجات الراديو. وسوف تستقصي في هذه التجربة قدرة المواد المختلفة على حجب موجات الراديو.

سؤال التجربة

ما المواد التي تحجب الموجات الكهرومغناطيسية (موجات الراديو)؟

الأهداف

- تجرب مواد مختلفة لمعرفة فاعليتها في حجب الموجات الكهرومغناطيسية.
- تلاحظ وتستنقج أنواع المواد التي تحجب موجات الراديو.
- تجمع وتحلل بيانات عن أنواع الحجب.

المواد والأدوات

مذياع AM-FM صغير يعمل بالبطارية، صندوق صغير من الكرتون، صندوق فلزي أو علبة بغطاء، ورق ألومنيوم، أكياس تحمي من التفريغ الكهربائي (كالخدمة في حماية قطع الحاسوب)، أسلاك مشبكة، شريط لاصق، قفازات جلدية، مكبس.

الخطوات

1. غلف السطح الخارجي لأحد الصندوقين بورق الألومنيوم وغلف الغطاء وحده بحيث يمكن إزالته ودفعه بسهولة.
2. حضر صندوقاً مصنوعاً من أسلاك مشبكة. وذلك بطي قطعة منها، بحيث تصبح على هيئة صندوق له أربعة أوجه ومفتوح الطرفين. استخدم المكبس لتثبيت نهايات قطعة الأسلاك المشبكة ببعضها البعض، وتأكد أن الصندوق واسع وكبير بحيث يمكن إدخال المذياع فيه. ثم اقطع جزءاً من الأسلاك المشبكة بحيث تغلق بها أحد طرفي الصندوق المفتوح بإحكام، ثم استخدم قطعة أخرى من الأسلاك المشبكة لتغلق الطرف الآخر للصندوق بحيث يصبح كالإبواب يمكن فتحه أو إغلاقه.
3. شغل المذياع ووالفه مع أقوى إشارة من محطة AM. دَوّن تردد المحطة، حيث يمكنك معرفة التردد من خلال مؤشر المذياع أو من خلال الاستماع إلى بث المحطة؛ فقد يذكر التردد.

احتياطات السلامة

- استخدم دائماً نظارة واقية ومعطفاً.
- البس القفازين عند شني سلك الشاشة أو حمله.
- كن حذراً عند استعمال الدبابيس لتجنب خدش الجلد.



الحزمة	التردد	الحاجب	الملاحظات
FM	94.7MHz	ذراع شخص	صوت المذياع قوي
FM	94.7MHz	صندوق كرتون	صوت المذياع قوي
FM	94.7MHz	صندوق كرتون مغطى بالومنيوم	لا يوجد صوت
FM	94.7MHz	صندوق الأسلاك المشبكة	لا يوجد صوت، يوجد تشويش
FM	94.7MHz	صندوق فلزي	لا يوجد صوت
FM	94.7MHz	أكياس تحمي من التفريغ الكهربائي	صوت قليل أو لا يوجد صوت

التحليل

1. تحجب الفلّزّات موجات الراديو.

2. ستختلف الإجابات (عيّنة إجابات).

$$f=610 \text{ kHz}=498 \text{ m}, f=94.7 \text{ MHz}=3.17 \text{ m}$$

3. اتساع الفتحة صغير مقارنة بطول موجة الراديو.

4. المواد المصنوعة من الفلّزّات موصلات، وتعمل

المجالات الكهربائية للموجات الكهرومغناطيسية على مسارعة الإلكترونات داخل الفلّزّات، ولذلك تنقل طاقة الموجات إلى الفلّزّ بدلاً من جعلها تذهب إلى المذياع.

الاستنتاج والتطبيق

1. تُمتصّ طاقة المجال الكهربائي على سطح

الفلّزّ من قبل الإلكترونات الحرة الحركة.

2. تُنفذ موجات الراديو من خلال جسم الإنسان

ومن خلال الأجسام غير الفلزيّة، مع حدوث امتصاص قليل جداً، والمواد غير الفلزيّة؛ كالأشجار والإنسان لا تعدّ موصلات جيدة.

3. يكون طول هوائي الإرسال المستخدم للاتصال

مع الغوّاصات طويلاً للغاية، ويكون طول الهوائي الصحيح مساوياً لنصف الطول الموجي 5000 km تقريباً. ويكون الموقع ذو الكثافة السكانية القليلة مرغوباً فيه أكثر بوصفه موقعاً لمثل هذا الإرسال؛ لأنه لن يؤثر كثيراً في المناطق المأهولة بالسكان المتمثل بالمخاطر المحتملة على الصحة والبيئة والقبول العام.

التوسع في البحث

لفرن الميكروويف النموذجي طول موجة راديو تساوي 12.5 cm [2.4 GHz] وهو أكبر كثيراً من حجم الثقب، وبسبب ذلك يحدث تسرب صغير في الفرن.

الفيزياء في الحياة

يجب أن تركز إجابات الطلاب على تغليف الأقراص بإداة توقف نفاذ الموجات الكهرومغناطيسية وتحجبها. وعلى الطلاب أن يأخذوا في الحسبان أن المجال المغناطيسي للموجة الكهرومغناطيسية ضعيف جداً مقارنة بالمجال الكهربائي؛ ولذلك فإن حماية الأقراص في أثناء الشحن

الجزمة	التردد (Hz)	الحاجب	الملاحظات
AM		ذراع شخص	
AM		صندوق كرتون	
AM		صندوق كرتون مغطى بالومنيوم	
AM		صندوق الأسلاك المشبكة	
AM		صندوق فلزي	
AM		أكياس تحمي من التفريغ الكهربائي	

4. صُمّ المذياع إلى صدرك وأحطه بذراعيك، وأهمل انخفاض الصوت؛ لأنك تغطي الساعة. كيف تأثر استقبال المذياع للإشارة بذلك؟ دوّن ملاحظاتك.
5. ضع المذياع داخل صندوق الكرتون، وضع غطاء الصندوق، وأصغ إلى المذياع هل تأثر استقباله للإشارة؟ ودوّن ملاحظاتك.
6. كرر الخطوة 5 أربع مرات أخرى باستخدام الصندوق المغطى بالألومنيوم، والصندوق المصنوع من الأسلاك المشبكة (المغلق الباب)، والصندوق الفلزي (المغلق الغطاء) والكيس الذي يحمي من التفريغ الكهربائي على الترتيب.
7. غيّر مؤشر المذياع إلى حزمة FM، ووالفه مع أقوى محطة. ودوّن تردد المحطة. ثم كرر الخطوات 4-6.

التحليل

1. التلخيص أي المواد أكثر فاعلية لحجب موجات الراديو؟
2. استخدام الأرقام احسب الطول الموجي لكل تردد استخدمته في المذياع. وتذكر أن $c=f\lambda$ ، حيث c سرعة الموجات الكهرومغناطيسية وتساوي $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$.
3. قارن ما العلاقة بين الطول الموجي للموجة المستخدمة في المذياع واتساع الفتحة أو الفتحات في المواد المستخدمة لحجب موجات الراديو؟
4. تفسير البيانات ما الصفات المشتركة بين المواد التي تعمل على حجب موجات الراديو؟

الاستنتاج والتطبيق

1. اشرح قدم شرحاً حول ما قد يحدث للمجالات الكهربائية والمغناطيسية لموجات الراديو التي منعت من الوصول إلى



تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية هذه التجربة قد تصبح بسهولة تجربة استقصاء بأسئلة الطلاب فقد يرغب الطلاب في تقصي صناديق أخرى تحجب جزئياً كنهانذج المباني التي تحتوي على فلّزّات تقوية للأرضيات والأسقف. فمثلاً قد تعمل الهوائيات الخلوية بصورة جيدة في بعض المناطق من هذه المباني، في حين لا تعمل في مناطق أخرى. ولذلك على الطلاب تقصي المادة الحاجة للإشارات في المبنى. ستساعد هذه التجربة على تطوير مهارات التفكير الناقد من خلال تطبيق مفاهيم الفيزياء في واقع الحياة.

النموذجي لا تشكّل مشكلة أبداً، فعلى سبيل المثال تكون الرقائق المغلفة للرسائل فعالة في حجب الموجات الكهرومغناطيسية وتمنع محو البيانات المسجلة على الأقراص.

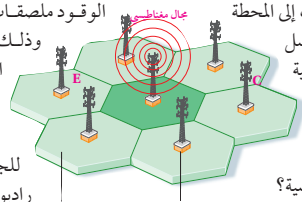
التقنية والمجتمع

الهواتف الخلوية Cellular Phones

أنت والشخص الذي تتحدث معه متحركين. فعندما تتحرك تنتقل من خلية إلى أخرى. وتعمل المحطات الأساسية آلياً على إرسال الإشارة إلى المحطة الأساسية الصحيحة في النظام.

مخاطر استعمال الهواتف الخلوية لا يخلو استخدام الهاتف الخلوي من بعض المخاطر، فالتحدث بالهاتف في أثناء قيادة السيارة مثلاً خطر، ويسبب حوادث مرورية؛ وقد بينت الدراسات أن عدد الحوادث المرورية التي تحدث مع الأشخاص الذين يستخدمون الهاتف في أثناء القيادة تزيد أربع مرات على الحوادث التي تحدث مع الأشخاص الذين لا يستخدمون الهاتف في أثناء القيادة. وتضع بعض محطات الوقود ملصقات تحذر من استعمال الهاتف الخلوي؛ وذلك لأن الكهراء الساكنة الناتجة عن الهاتف الخلوي قد تعمل على إشعال بخار البنزين المتصاعد.

وهناك خطر آخر محتمل أكثر إثارة للجدل، وهو أن الهاتف يبعث موجات راديوية، لذا تنبعث منه طاقة كهرومغناطيسية تعرف بالتردد الراديوي RF. وهناك بعض الأدلة على أن الهواتف الخلوية تبعث من الإشعاع ما يكفي لتسبب مشاكل صحية خطيرة، منها سرطان الدماغ، ومرض الزهايمر. وحتى الآن لم يعرف أحد يقيناً الآثار الصحية على المدى الطويل التي يسببها استعمال الهواتف الخلوية، إن وجدت.



هل لديك هاتف خلوي؟ كان الهاتف الخلوي (الجوال) في الماضي القريب نادر الاستعمال وباهظ الثمن. أما الآن فقد أصبح شائعاً ومتوافراً، ويستخدمه معظم الناس.

شبكات الجوال الخلوي أخذ الهاتف الخلوي هذا الاسم من طريقة تقسيم الشبكات للمدن إلى مناطق صغيرة تسمى الخلايا، ولكل خلية شكل سداسي خلال شبكة سداسية كبيرة. وتكون مساحة الخلايا عادة 26 كيلومتراً مربعاً، وتتغير وفق طبيعة المنطقة، وعدد مالكي الأجهزة الخلوية في المنطقة. ويوجد في كل خلية محطة أساسية تتكون من برج وصناديق أو غرف تحتوي على معدات وأجهزة راديوية. عندما تجري مكالمة فإنك تُرسل الإشارة من هاتفك إلى المحطة الأساسية الواقعة في خليتك، ثم ترسل هذه الإشارة من المحطة الأساسية المحلية إلى المحطة الأساسية الواقعة في المنطقة التي يكون فيها الشخص الذي اتصلت به. كيف تتواصل الهواتف الخلوية مع المحطات الأساسية؟

تستخدم الهواتف الخلوية موجات راديوية لإرسال المعلومات واستقبالها من المحطات الأساسية وإليها. ويعمل الهاتف الخلوي مرسلاً ومستقبلاً للموجات الراديوية في آن واحد، فيعمل جهاز الإرسال في الهاتف على تحويل الصوت إلى موجة مشفرة في صورة موجة ترددية راديوية، ثم يرسل الموجة الراديوية إلى أقرب محطة أساسية. تستقبل المحطة الأساسية الموجة المشفرة من هاتفك، وتحللها وترسلها إلى المحطة الأساسية المطلوبة في صورة موجات راديوية. وعند استقبال الموجة يعمل الهاتف على التقاط الموجة الراديوية وتحويلها إلى موجة صوتية مسموعة يمكنك فهمها. وباستخدام ترددين مختلفين (تردد للتحدث وتردد للسمع) يمكن لشخصين أن يتحدث أحدهما إلى الآخر في اللحظة نفسها.

ويمكن لأنظمة شركات الهواتف الخلوية من خلال محطاتها الأساسية أن تبث مكالمتك في جميع أنحاء البلاد، حتى إذا كنت

التفكير الناقد

1. استخدم التفسير العلمي من أين اكتسبت الهواتف الخلوية هذا الاسم؟
2. قارن فيم تشابه أجهزة المذياع AM/FM والهواتف الخلوية وفيم تختلف؟
3. التفكير الناقد فسر لماذا تعدّ المرسلات القليلة القدرة المستخدمة في الهواتف الخلوية، مهمة في المحافظة على إبقاء وزن الهواتف الخلوية خفيفة؟

الخلفية النظرية

تُعَدّ الهواتف الخلوية (الجوال) سبباً رئيساً للحوادث المروية. ولذلك فرضت معظم الدول مخالفات على استعمالها في أثناء القيادة. إلا أن الشركات المصنّعة للهواتف الخلوية اعترضت على هذا التشريع. ولقد ادعت تلك الشركات أن الهواتف الخلوية لا تُعدّ آمنة للاستخدام في أثناء القيادة فحسب، وإنما تسهم أيضاً في سلامة السائقين من خلال إتاحة الإبلاغ عن السيارات المعطلة أو الحوادث أو حالات الطرق الخطيرة، أو حالات الطوارئ الطبية، والجرائم. ومع منافع السلامة والأمان هذه إلا أن هناك عيوباً ومعوقات، فمثلاً بعض محطات الاستجابة والردّ على حالات الطوارئ تبين أنها قد تتلقى أكثر من 100 تقرير عن الحادث الواحد، وهذا يفوق طاقتها، ويجعل الشبكات غير متاحة للإبلاغ عن الحالات الطارئة الأخرى.

استراتيجيات التدريس

- قبل إجراء هذا النشاط، على المعلمين أن يأخذوا الإذن من مدير المدرسة؛ إذ إن بعض المدارس تحظر على الطلاب استخدام الهاتف الخلوي.
- اسأل الطلاب من منهم لديه هاتف خلوي ليحضره للمدرسة، أو استعِر بعض الهواتف الخلوية من الناس الذين تعرفهم، وناقش ميزات هذه الهواتف داخل الصف.

نشاط

إرسال موجات الراديو واستقبالها احصل على بطارية جديدة 9V وقطعة نقد، ثم اضبط مذياع AM بحيث لا تسمع بث أي محطة، ثم أمسك البطارية بالقرب من الهوائي، وبسرعة صل قطبي البطارية بقطعة النقد فترة قصيرة. سوف يسمع الطلاب صوت خشخشة في المذياع. يتّجّ صوت الخشخشة عند وصل القطبين معاً، وفصلهما بواسطة قطعة النقد. وتعمل البطارية وقطعة النقد على بثّ موجة راديو.

التفكير الناقد

1. أخذ الهاتف الخلوي اسمه من نظام التواصل بين الهاتف الخلوي وأبراج الاتصالات الذي أعدته شركات الاتصالات، حيث يتم استقبال المكالمات ونقلها داخل الخلايا، بالإضافة إلى تبديل التواصل بين الهاتف وبرج الاتصال مع برج آخر عند الانتقال من خلية إلى أخرى.
2. كلاهما يستخدم موجات الراديو لإرسال المعلومات واستقبالها.
3. لا تحتاج المرسلات ذات القدرة المنخفضة إلى الكثير من قدرة البطارية حتى تعمل، وهذا يجعل الهاتف الخلوي يحتاج إلى بطاريات صغيرة وخفيفة الوزن.

المفاهيم الرئيسية

يمكن أن يستخدم الطلاب العبارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسية في الفصل.



قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:
www.obeikaneducation.com

7-1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة

Interactions of Electric and Magnetic Fields and Matter

المفاهيم الرئيسية	المفردات
<ul style="list-style-type: none"> قيست النسبة بين شحنة الإلكترون وكتلته من قبل تومسون باستخدام الاتزان بين مجالين كهربائي ومغناطيسي في أنبوب أشعة المهبط. يمكن إيجاد كتلة الإلكترون بربط نتائج تومسون بقياسات مليكان لشحنة الإلكترون. يمكن أن يكون لذرات العنصر الواحد كتل مختلفة. يستخدم مطياف الكتلة المجالين الكهربائي والمغناطيسي لقياس كتل الذرات المتأينة والجزيئات. يمكن استخدام مطياف الكتلة أيضًا لتحديد نسبة شحنة أي أيون إلى كتلته. 	<ul style="list-style-type: none"> النظير مطياف الكتلة

7-2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء

Electric and Magnetic Fields in Space

المفاهيم الرئيسية	المفردات
<ul style="list-style-type: none"> تقتل الموجات الكهرومغناطيسية بمجالين كهربائي ومغناطيسي متغيرين، ومتحركين معًا في الفضاء. الطول الموجي للموجة يساوي سرعتها مقسومة على ترددها. 	<ul style="list-style-type: none"> موجة كهرومغناطيسية عوازل كهربائية هوائي طب كهرمغناطيسي إشعاع كهرومغناطيسي الكهرباء الإجهادية مُستقبل
<p>أما الموجة الكهرومغناطيسية التي تنتشر في الفراغ فإن السرعة في المعادلة السابقة v تساوي سرعة الضوء c.</p> <ul style="list-style-type: none"> سرعة الموجات الكهرومغناطيسية ومنها الضوء في العوازل الكهربائية أقل من سرعتها في الفراغ. يستعمل التيار الكهربائي المتغير في هوائي الإرسال لتوليد موجات كهرومغناطيسية. ينقل الإشعاع الكهرومغناطيسي الطاقة أو المعلومات في الأوساط المادية أو الفراغ. الكهرباء الإجهادية خاصية للبلورات تسبب لها انحناء أو تشوهها، وتولد اهتزازات كهربائية عند تطبيق فولتية خلالها. تحول الهوائيات المستقبلية الموجات الكهرومغناطيسية إلى مجالات كهربائية متغيرة في الموصلات. يمكن الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية من خلال القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في الهوائي. ويمكن اختيار الترددات المحددة للموجات باستخدام دائرة رنين ملف ومكثف تعرف باسم الموالف. يحصل المستقبل على المعلومات من الموجات الكهرومغناطيسية. طول معظم الهوائيات الفعالة يعادل نصف الطول الموجي للموجة المراد التقاطها. يمكن لموجات الميكروويف، والأشعة تحت الحمراء، مسارعة الإلكترونات خلال الجزيئات، ولذلك يمكنها توليد طاقة حرارية. الأشعة السينية موجات كهرومغناطيسية ذات تردد كبير تنبعث باستخدام إلكترونات متسارعة وسريعة. 	

خريطة المفاهيم

28. انظر الصفحة المقابلة من كتاب الطالب والمتضمنة في هذا الدليل.

إتقان المفاهيم

29. كتلة الإلكترون تساوي $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ وشحنته $-1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$.

30. النظائر: ذرات للعنصر نفسه (العدد الذري متساوٍ) مختلفة الكتلة.

31. الزوايا قائمة.

32. مولّد AC يُزوّد بمجال كهربائي متغيّر، وهو بدوره يولّد مجالاً مغناطيسيّاً متغيّراً، أمّا مولّد DC فسيولّد مجالاً كهربائيّاً متغيّراً لحظة تشغيله أو إطفائه فقط.

33. انظر دليل حلول المسائل.

34. تنحني بلّورة الكوارتز أو تتشوّه عند تطبيق الفولتية خلالها، ثم تهتز بعد ذلك بمجموعة تردّدات.

35. بتعديل السعة الكهربائية لدائرة الهوائي يصبح تردّد اهتزاز الدائرة مساوياً لتردّد موجات الراديو المطلوبة. وتستقبل تلك الموجة، أما سواها فتخامدها يحدث رنيناً، مما يؤدي إلى اهتزاز الإلكترونات في الدائرة بذلك التردّد.

36. اللوح العلوي سي شحن بشحنة موجبة.

تطبيق المفاهيم

37. سيكون اتجاه المجال المغناطيسي خارجاً في مستوى الورقة.

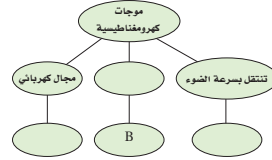
$$\frac{E}{B} = \frac{\frac{N}{C}}{\frac{N}{A.m}} = \frac{A.m}{C} \quad 38.$$

$$\frac{E}{B} = \frac{C.m}{s.C} = \frac{m}{s} \quad \text{ولأن } 1\text{C/s} = 1\text{A} \text{ فإن}$$

39. عند استخدام قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي نجد أن اتجاهه يجب أن يكون

خريطة المفاهيم

28. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات والرموز الآتية: E , c ، مجال مغناطيسي .

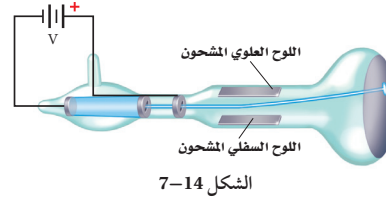


إتقان المفاهيم

29. ما مقدار كل من كتلة الإلكترون وشحنته؟
30. ما النظائر؟

31. ما الزاوية بين اتجاه المجال المغناطيسي الحثي واتجاه المجال الكهربائي المتغير دائماً؟
32. لماذا يجب استخدام مولّد تيار متناوب لتوليد الموجات الكهرومغناطيسية؟ وإذا استخدم مولّد مستمر فمتى يمكنه توليد موجات كهرومغناطيسية؟

33. يث سلك هوائي رأسي موجات راديو. ارسم الهوائي وكلاً من المجالين الكهربائي والمغناطيسي المتولدين؟
34. ماذا يحدث لبلورة الكوارتز عند تطبيق فولتية خلالها؟
35. كيف تعمل دائرة استقبال الهوائي على التقاط موجة كهرومغناطيسية بتردد محدد ورفض سائر الموجات الأخرى؟
36. تنطلق الإلكترونات في أنبوب تومسون من اليسار إلى اليمين، كما هو موضح في الشكل 7-14. أي اللوحين سي شحن بشحنة موجبة لجعل حزمة الإلكترونات تنحرف إلى أعلى؟



الشكل 7-14

تطبيق المفاهيم

37. يستخدم أنبوب تومسون الموضح في المسألة السابقة المجال المغناطيسي لحرف حزمة الإلكترونات. ما اتجاه المجال المغناطيسي اللازم لحرف الحزمة إلى أسفل؟
38. بين أن وحدات E/B هي وحدات السرعة نفسها.
39. الشكل 7-15 يبيّن الحجرة المفرغة في مطياف كتلة. إذا اختبرت عينة من غاز النيون المتأين في هذا المطياف فما اتجاه المجال المغناطيسي اللازم لجعل الأيونات تنحرف بشكل نصف دائري في اتجاه عقارب الساعة؟



الشكل 7-15

40. إذا تغيرت إشارة شحنة الجسم في المسألة السابقة من الموجبة إلى السالبة فهل يتغير اتجاه أحد المجالين أو كليهما للحفاظ على الجسبيات دون انحراف؟ وضح إجابتك.
41. أي من موجات الراديو، وموجات الضوء، والأشعة السينية له قيمة عظمى من:
a. الطول الموجي
b. التردد
c. السرعة

42. موجات التفاضل إذا كان تردد الموجات التي تبث على إحدى القنوات في التلفاز 58 MHz، بينما تردد الموجات على قناة أخرى 180 MHz فأَي القناتين تحتاج إلى هوائي أطول؟

43. افترض أن عين شخص ما أصبحت حساسة لموجات الميكروويف، فهل تتوقع أن تكون عينه أكبر أم أصغر من عينك؟ ولماذا؟

خارجاً من الورقة وعمودياً على مستواها.

40. يمكنك أن تغيّر كلا المجالين، أو لا تغيّر أيّاً منهما، ولكن لا يمكنك أن تغيّر مجالاً واحداً فقط.

41. a. موجات راديو

b. أشعة سينية

c. جميعها تنتقل بالسرعة نفسها.

42. تحتاج القناة الأولى إلى هوائي أطول.

43. ستكون عينه أكبر؛ لأن الطول الموجي لموجات الميكروويف أكبر كثيراً من الطول الموجي للضوء المرئي.

تقويم الفصل 7

إتقان حل المسائل

7-1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية

والمادة

44. 0.16 T

45. $6.9 \times 10^6 \text{ m/s}$

46. $9.4 \times 10^{-3} \text{ m}$

47. $4.5 \times 10^{-3} \text{ T}$

48. $3.9 \times 10^{-26} \text{ kg}$

49. a. $1.5 \times 10^7 \text{ m/s}$

b. $7.0 \times 10^{-13} \text{ J}$

c. $2.2 \times 10^6 \text{ V}$

50. $\frac{1}{1750} \%$

51. $5.7 \times 10^{-26} \text{ kg}$

7-2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في

الفضاء

52. طولها 1.0 cm

53. 1.1 m

تقويم الفصل 7

إتقان حل المسائل

7-1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة

44. تتحرك إلكترونات بسرعة $3.6 \times 10^4 \text{ m/s}$ خلال مجال كهربائي مقداره $5.8 \times 10^3 \text{ N/C}$. ما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن يتعرض له مسار الإلكترونات حتى لا تنحرف؟

45. يتحرك بروتون في مسار دائري نصف قطره 0.20 m في مجال مغناطيسي مقداره 0.36 T ، كما موضح في الشكل 7-16. احسب مقدار سرعته؟



الشكل 7-16

46. دخل بروتون مجالاً مغناطيسياً مقداره $6.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ بسرعة $5.4 \times 10^4 \text{ m/s}$. ما مقدار نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه؟

47. تسارع إلكترون خلال فرق جهد مقداره 4.5 kV . ما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن يتحرك فيه الإلكترون لينحرف في مسار دائري نصف قطره 5.0 cm ؟

48. حصلنا على المعلومات الآتية من مطياف الكتلة حول ذرات صوديوم ثنائية التآين ($2+$):
 $q = 2(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})$, $B = 8.0 \times 10^{-2} \text{ T}$
 $V = 156 \text{ V}$ و $r = 0.077 \text{ m}$
 احسب كتلة ذرة الصوديوم.

49. تحرك جسيم ألفا كتلته $6.6 \times 10^{-27} \text{ kg}$ وشحنته $2+$ في مجال مغناطيسي مقداره 2.0 T فسللك مساراً دائرياً نصف قطره 0.15 m . ما مقدار كل مما يأتي؟

- سرعة الجسيم.
 - طاقته الحركية.
 - فرق الجهد اللازم لإنتاج هذه الطاقة الحركية.
50. استخدم مطياف كتلة لتحليل كربون 12 يحتوي على جزيئات كتلتها تعادل 175×10^3 من كتلة البروتون. ما النسبة اللازمة للحصول على عينة من الجزيئات تحتوي على الكربون 12 ولا تظهر فيها أي جزيئات من الكربون 13؟

51. نظائر السليكون سلكت ذرات السليكون المتأينة المسارات الموضحة في الشكل 7-17 في مطياف الكتلة. فإذا كان نصف القطر الأصغر يتوافق مع كتلة البروتون 28، فما كتلة النظير الآخر للسليكون؟



الشكل 7-17

7-2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء

52. موجات الراديو انعكست موجات راديو طولها الموجي 2.0 cm عن طبق قطع مكافئ. ما طول الهوائي اللازم للكشف عنها؟

53. انتفاذ نقلت إشارة تلفاز على موجات حاملة ترددها 66 MHz . فإذا كانت أسلاك الالتقاط في الهوائي تتباعد $\frac{1}{4}$ فأوجد البعد الفيزيائي بين أسلاك الالتقاط في الهوائي.

تقويم الفصل 7

تقويم الفصل 7

54. $4.6 \times 10^{14} \text{ Hz}$

55. 1.480 m

56. $1.98 \times 10^8 \text{ m/s}$

57. 0.0938 m

مراجعة عامة

58. 1.59 m

59. $9.0 \times 10^8 \text{ Hz}$

60. $1.25 \times 10^7 \text{ C/kg}$

التفكير الناقد

61. 26.4 m/s

62. لترى، يجب أن تستكشف الضوء، وهذا

يعني أن الضوء سوف يمتص أو ينعكس بصورة أساسية، سيكون الشخص غير المرئي شفافاً؛ لذلك سيمر الضوء خلال العين دون امتصاص أو انعكاس.

63. انظر دليل حلول المسائل، عند تصميم

مطياف الكتلة يمكنك أن تختار أي قيمة لـ V و B بحيث لا تقل عن 500.0 V ، ولأن q/m ثابتة فإن V ستتناسب مع $B^2 r^2$.

54. **الماسح الضوئي لشريط الشيفرة** يستخدم الماسح الضوئي لشريط الشيفرة مصدر ضوء ليزر طوله الموجي 650 nm . أوجد تردد مصدر شعاع الليزر.
55. ما طول الهوائي اللازم لاستقبال إشارة راديو ترددها 101.3 MHz ؟
56. موجة كهرومغناطيسية EM ترددها 100 MHz تبث خلال كابل محوري ثابت العزل الكهربائي له 2.30 . ما مقدار سرعة انتشار الموجات؟
57. **الهاتف الخليوي** يعمل جهاز إرسال هاتف خلوي على موجات حاملة ترددها $8.00 \times 10^8 \text{ Hz}$. ما طول هوائي الهاتف الأمثل لالتقاط الإشارة؟ لاحظ أن الهوائيات ذات الطرف الواحد تولد قوة دافعة كهربائية عظمى عندما يكون طول الهوائي فيه مساوياً ربع الطول الموجي للموجة.

مراجعة عامة

58. **الذبياع** محطة إذاعية FM تبث موجاتها بتردد 94.5 MHz . ما مقدار طول الهوائي اللازم للحصول على أفضل استقبال لهذه المحطة؟
59. إذا كان طول هوائي هاتف خلوي 8.3 cm فما مقدار التردد الذي يرسل ويستقبل عليه هذا الهاتف؟ لعلك تذكر من المسألة 57 أن الهوائيات ذات الطرف الواحد - ومنها المستخدم في الهاتف الخليوي - تولد قوة دافعة كهربائية عظمى عندما يكون طولها مساوياً ربع الطول الموجي للموجة التي ترسلها وتستقبلها.
60. **سُرْع جسيم** مجهول بتطبيق فرق جهد مقداره $1.50 \times 10^6 \text{ V}$. إذا دخل هذا الجسيم مجالاً مغناطيسياً مقداره 50.0 mT وسلك مساراً منحنياً نصف قطر 9.80 cm فما مقدار النسبة q/m ؟

التفكير الناقد

61. **تطبيق المفاهيم** تستخدم العديد من محطات الشرطة الرادار لضبط السائقين الذين يتجاوزون السرعة المسموح بها. والرادار جهاز يستعمل إشارة

كهرومغناطيسية ذات تردد كبير لقياس سرعة جسم متحرك، وتردد إشارة الرادار المرسل معلوم، وعندما تنعكس هذه الإشارة المرسل عن الجسم المتحرك تلتقط من قبل الرادار. ولأن الجسم متحرك بالنسبة إلى الرادار لذا يكون تردد الإشارة المستقبلة مختلفاً عن تردد الإشارة المرسل. وتسمى هذه الظاهرة إزاحة دوبلر. فإذا كان الجسم متحركاً نحو الرادار كان تردد الموجة المستقبلة أكبر من تردد الموجة المرسل. ما مقدار سرعة الجسم المتحرك إذا كان تردد الموجة المرسل 10.525 GHz وكان للموجة المستقبلة إزاحة دوبلر مقدارها 1850 Hz ؟

$$v_{\text{دوبلر}} = c \frac{f_{\text{دوبلر}}}{f_{\text{بث}}}$$

حيث $v_{\text{دوبلر}}$: سرعة الهدف (m/s)
 c سرعة الضوء (m/s)

$f_{\text{دوبلر}}$: إزاحة تردد دوبلر (Hz)

$f_{\text{بث}}$: تردد الموجة المرسل (Hz)

62. **تطبيق المفاهيم** كتب طارق قصة خيال علمي تسمى (الرجل الخفي)، وفيها يشرب الرجل جرعة دواء فيصبح غير مرئي. ثم يستعيد طبيعته مرة أخرى. وضح لماذا لا يستطيع الرجل غير المرئي الرؤية؟
63. **تصميم تجربة** إذا طلب إليك أن تصمم مطياف كتلة باستخدام المبادئ التي نوقشت في هذا الفصل، لكن باستخدام أداة إلكترونية بدل الفيلم الفوتوجرافي. وتريد فصل الجزيئات الأحادية التأين ($1+$) ذات الكتلة الذرية 175 بروتوناً عن الجزيئات ذات الكتلة الذرية 176 بروتوناً، وكانت المسافة الفاصلة بين الخلايا المتجاورة في الكاشف الذي تستخدمه 0.10 mm ، ويجب أن تُسرّع الجزيئات بتطبيق فرق جهد 5000 V على الأقل؛ حتى يتم الكشف عنها، فما قيم كل من r ، B ، V التي يجب أن تكون لجهازك؟

تقويم الفصل 7

الكتابة في الفيزياء

64. تستخدم أجهزة التحكم مدًى محدداً من ترددات الأشعة تحت الحمراء المعدلة، والمضمّنة في صورة نبضات، ويولّد كلّ زر في الجهاز سلسلة خاصة من النبضات القصيرة أو الطويلة. إن المدى الواسع للترددات المستخدمة في أجهزة التحكم المختلفة المصنّعة من قبل شركات مختلفة، ورموز النبضات الفريدة من نوعها التي يستخدمها كل جهاز عن بعد يجعل من المستبعد أن تتداخل هذه الأجهزة معاً.

مراجعة تراكمية

65. 0.016 T

66. شمال

تقويم الفصل 7

الكتابة في الفيزياء

64. اكتب تقريراً في صفحة أو صفحتين تبيّن فيه عمل جهاز التحكم عن بعد لكل من التلفاز والفيديو وجهاز DVD. والذي يعمل بالأشعة تحت الحمراء. اشرح لماذا لا يحدث تداخل بين الأجهزة عند استخدام جهاز التحكم عن بعد المتعدد الأغراض. يجب أن يحوي تقريرك مخططات وأشكالاً.

مراجعة تراكمية

65. سلك طوله 440 cm يحمل تياراً مقداره 7.7 A عمودياً على مجال مغناطيسي. فإذا كانت القوة المؤثرة في السلك 0.55 N ، فما مقدار المجال المغناطيسي؟
66. إذا حُرّك سلك يمتد من الشمال إلى الجنوب نحو الشرق داخل مجال مغناطيسي يتجه إلى أسفل نحو الأرض، فما اتجاه التيار الحثي المتولد في السلك؟

اختبار مقنن

سَلَم تقدير

يمثل الجدول الآتي نموذجاً لسَلَم تقدير إجابات الأسئلة الممتدة.

الدرجات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهماً كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، فيمكن أن تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهماً للموضوعات الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتظهر فهماً أساسياً، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهماً جزئياً للموضوعات الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل، أو قدّم حلاً صحيحاً، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسية.
1	يُظهر الطالب فهماً محدوداً جداً للموضوعات الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدم الطالب حلاً غير صحيح تماماً، أو لا يستجيب على الإطلاق.

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

4. تبت محطة راديوية موجاتها بطول موجي 2.87m ما مقدار تردد هذه الموجات؟

1.04×10⁸ Hz (C) 9.57×10⁻⁹ Hz (A)

3.00 × 10⁸ Hz (D) 3.48×10⁻¹ Hz (B)

5. في أي الحالات الآتية لا تتولد موجة كهرومغناطيسية؟

(A) فولتية تيار مستمر DC يطبق على بلورة كوارتز لها خاصية الكهرباء الإجهادية.

(B) تيار يمر في سلك داخل أنبوب بلاستيكي.

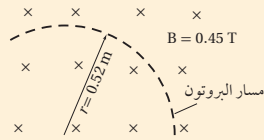
(C) تيار يمر في دائرة ملف ومكثف يعد تجويفاً رناناً في حجم الجزيء.

(D) إلكترونات ذات طاقة كبيرة تصطدم بالهدف الفلزي في أنبوب أشعة سينية.

6. تتحرك حزمة بروتونات عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره 0.45 T في مسار دائري نصف قطره 0.52m، فإذا كانت كتلة كل بروتون تساوي 1.67×10⁻²⁷kg فما مقدار سرعة البروتونات المكونة للحزمة؟

2.2×10⁷ m/s (C) 1.2 m/s (A)

5.8 × 10⁸ m/s (D) 4.7×10³ m/s (B)



1. عندما يتحرك جسم مشحون في مسار دائري فإن:

(A) القوة المغناطيسية تكون موازية للسرعة المتجهة، وموجهة نحو مركز المسار الدائري.

(B) القوة المغناطيسية قد تكون متعامدة مع السرعة المتجهة وموجهة بعيداً عن مركز المسار الدائري.

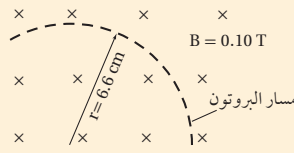
(C) القوة المغناطيسية تكون دائماً موازية للسرعة المتجهة وموجهة بعيداً عن مركز المسار الدائري.

(D) القوة المغناطيسية تكون دائماً عمودية على السرعة المتجهة وموجهة نحو مركز المسار الدائري.

2. إذا كان نصف قطر مسار حركة بروتون يتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.10T يساوي 6.6 cm فما مقدار السرعة المتجهة للبروتون؟

6.3×10⁷m/s (C) 6.3×10⁵m/s (A)

2.0 × 10¹² m/s (D) 2.0×10⁶ m/s (B)



3. إذا كان ثابت العزل الكهربائي للميككا 5.4، فما مقدار سرعة الضوء في الميككا؟

5.6×10⁷ m/s (C) 3.2×10⁸ m/s (A)

1.3 × 10⁸ m/s (D) 9.4×10⁴ m/s (B)

أسئلة الاختيار من متعدد

D.3

C.6

A.2

A.5

D.1

C.4

اختبار مقنن

الأسئلة الممتدة

7. يتحرك ديوترون (نواة الديتريوم) كتلته 3.34×10^{-27} kg وشحنته $+e$ في مسار دائري نصف قطره 0.0400 m داخل مجال مغناطيسي مقداره 1.50 T ، ما مقدار سرعته؟

✓ إرشاد

راقب الكلمات البسيطة والصغيرة

ضع خطأً تحت كلمات مثل: مطلقاً، دائماً، على الأقل، لا، ما عدا - عندما تجدها في الأسئلة؛ إذ تؤثر هذه الكلمات الصغيرة في معنى السؤال كثيراً.

الأسئلة الممتدة

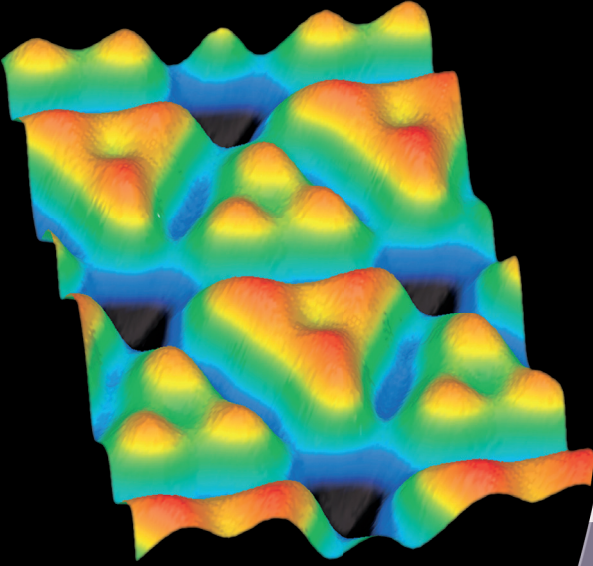
$$\begin{aligned} 7. \quad v &= \frac{Brq}{m} \\ &= \frac{(1.50 \text{ T})(0.0400 \text{ m})(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})}{3.34 \times 10^{-27} \text{ kg}} \\ &= 2.87 \text{ m/s} \end{aligned}$$

الأهداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
8-1 النموذج الجسيمي للموجات	
<ol style="list-style-type: none"> 1. تصف الطيف المنبعث من جسم ساخن. 2. تفسر التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون. 3. تحل مسائل تتضمن التأثير الكهروضوئي. 	<p>تجارب الطالب</p> <p>تجربة استهلاكية مصباح كهربائي شفاف مع قاعدته، مفتاح تحكم، محزز حيود، أقلام ملونة.</p> <p>تجربة مخبر مدرج سعته 100ml، و 90ml ماء، 10g فلوروسين، مصباح كهربائي وماض، مرشحات ضوئية حمراء، وخضراء وزرقاء.</p> <p>تجربة إضافية ميزان حساس، 4 علب أفلام بلاستيكية صغيرة غير شفافة، حلقات معدنية.</p> <p>عرض المعلم</p> <p>عرض سريع مجرى (أخدود) على شكل حرف U طوله 1m، 14 كتاباً متاثلاً، كرة معدنية.</p> <p>عرض سريع كشاف كهربائي، مواد لشحن الكشاف الكهربائي بشحنة موجبة وأخرى بشحنة سالبة، شريط من الزنك أبعاده 2 cm × 10 cm. مُزال عنه طبقة التأكسد، مصدر ضوء فوق بنفسجي.</p>
8-2 موجات المادة	
<ol style="list-style-type: none"> 4. تصف دليلاً على الطبيعة الموجية للمادة. 5. تطبق معادلة دي برولي في حل مسائل عددية. 6. تصف الطبيعة المزدوجة للموجات والجسيمات، وأهمية مبدأ عدم التحديد. 	<p>تجارب الطالب</p> <p>مختبر الفيزياء ثلاث كرات فولاذية، مجرى أو مسار فيه أخدود (قناة) على شكل حرف U أو داعم رف، كتب، أقلام تخطيط حمراء، برتقالية، صفراء، خضراء، زرقاء، وبنفسجية (أو لاصقات ملونة)، مسطرة مترية، كحول إيزوبروبيلي.</p>

طرائق تدريس متنوعة

1م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي صعوبات التعلم. 1م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي المستوى المتوسط. 3م أنشطة مناسبة للطلاب المتفوقين (فوق المتوسط).

التقنية	شرائح ومصادر قابلة للنسخ
تتضمن أعمال المعلم: نسخة المعلم التفاعلية، تخطيط الدرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.	الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11، الفصل 8. دليل مراجعة الفصل، ص 43-48 اختبار قصير 1-8، ص 49 شريحة التدريس 1-8 ص 54 شريحة التدريس 2-8 ص 56 ورقة عمل التجربة ص 38 ربط الرياضيات مع الفيزياء دليل التجارب العملية، ص 20
مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: Obeikaneducation.com	الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11، الفصل 8. دليل مراجعة الفصل ص 43-48 اختبار قصير 2-8 ص 50 تعزيز الفهم ص 51 الإثراء، ص 52 شريحة التدريس 3-8 ص 58 شريحة التدريس 4-8 ص 60 ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 39 ربط الرياضيات مع الفيزياء
مصادر التقويم	
التقنية الموقع الإلكتروني Obeikaneducation.com	الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11، الفصل 8 تقويم الفصل 8 ص 62 اختبارات الفيزياء التحضيرية



ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- معرفة أن الضوء يسلك سلوك الجسيمات التي لها عزم وطاقة.
- معرفة أن الجسيمات المادية الصغيرة تسلك سلوك الموجات؛ فيحدث لها حيود وتداخل.

الأهمية

تُروّنا نظرية الكم بمبدأ عمل جهاز مهم، وهو المجهر الأنوبي الماسح (STM) Sanning Tunneling Microscop؛ حيث يعدّ هذا الجهاز ضرورياً جداً للباحثين المهتمين بدراسة الحمض النووي DNA، وميكانيكية التفاعل الكيميائي، ويستخدم أيضاً في تطوير أجهزة الحاسوب الأصغر حجماً والأكثر سرعة.

صور على المستوى الذري يمكن مشاهدة نوعين من ذرات السليكون، يظهران باللونين الأحمر والأزرق في صورة السليكون التي نحصل عليها باستخدام جهاز STM.

فكر

استخدم المجهر الأنوبي الماسح للحصول على هذه الصورة لسطح السليكون. وهو يستخدم مقدرة الإلكترونات على القفز عبر حاجز كيف تحدث عملية القفز هذه التي تعدّ مستحيلة وفق قانون حفظ الطاقة؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية
www.obeikaneducation.com

نظرة عامة إلى الفصل

يعرض الجزء الأول مبدأ الكم، وذلك بمناقشة طيف انبعاث الجسم المتوهّج، والتأثير الكهروضوئي، وتشتت كومبتون، واستخدمت لتعزيز نموذج الفوتون للضوء. واختتم الفصل بعرض أدلة على الخصائص الموجية للمادة ذات الحجم المتناهي في الصغر.

فكر

استخدم جهاز ميكروسكوب المسح الأنوبي STM خصائص المادة التي توقعها ميكانيكا الكم، فاعتبر موجات المادة دالة رياضية تصف احتمالية وجود الإلكترون عند أي موقع وعند أي زمن معين. والحاجز ليس حاجزاً مادياً، ولكنه حاجز لطاقة الجهد، والإشارة الضمنية لخصائص موجة الإلكترونات توحى بوجود احتمالية بعيدة، لكنها محدودة لإمكانية عبور الإلكترون خلال حاجز الطاقة ليتم الكشف عنه.

المفردات الرئيسية

• طيف انبعاث

• مكّمة

• التأثير الكهروضوئي (الانبعاث الكهروضوئي)

• تردد العتبة

• الفوتون

• اقتران (دالة) الشغل

• تأثير كومبتون

• طول موجة دي برولي

• مبدأ عدم التحديد



تجربة استهلاكية

الهدف ملاحظة التغيرات على طيف الانبعاث لمصباح متوهّج بزيادة قدرته. **المواد والأدوات** مصباح كهربائي شفاف مع قاعدته، مفتاح تحكم، محزوز حيود، وأقلام ملونة.

استراتيجيات التدريس إن محزوزات الحيود الهيلوجرافية أكثر سهولة في الاستخدام لمشاهدة الطيف من السبكتروسكوب التقليدي.

النتائج المتوقعة يجب أن يشاهد الطلاب طيف الضوء المرئي كاملاً.

التحليل الطيف متصل، وشدة سطوع الألوان تزداد عند نهاية الأزرق-البنفسجي للطيف.

التفكير الناقد مصدر الطاقة هو الأيونات المهتزة في المعدن، التي يتكوّن منها فتيل المصباح. درجة حرارة المصباح الكهربائي تزداد.

8-1 النموذج الجسيمي للموجات

1. التركيز

نشاط محفز

تحذير: يجب أن يحذر الطلاب لمس مصابيح الإضاءة الساخنة.

الضوء واللون صل مصباح إضاءة عادياً وشفافاً بغض النظر عن حجمه، بمصدر قدرة متردد AC مثل محول سيارة، ثم زد الجهد، واطلب إلى الطلاب ملاحظة التغير في لون الفتيل من اللون الأحمر الخافت أولاً، ومن ثم التغير التدريجي في اللون ليصبح أبيض. أسأل الطلاب أن يتذكروا تغيرات اللون في الحلقات المعدنية المستخدمة في اختبارات اللهب عند دراسة الكيمياء في الصفوف السابقة. ما الذي تذكره الطلاب عن تغيرات لون الضوء المنبعث من الفتيلة بتغير درجة حرارتها؟ **الإجابة المحتملة:** يتغير لون الضوء من الأحمر إلى الأبيض باستمرار زيادة ارتفاع درجة حرارة الفتيل.

2م بصري-مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

التأثير الكهروضوئي درس الطلاب سابقاً موجات الضوء والعلاقة بين الشغل والشحنة وفرق الجهد. سوف يستخدم الطلاب هذه المعرفة في تفسير التأثير الكهروضوئي.

تجربة استهلاكية

ماذا يشبه طيف المصباح الكهربائي المتوهج؟

سؤال التجربة: ما ألوان الضوء المرئي المنبعثة من مصباح كهربائي متوهج وساطع؟

الخطوات

1. ثبت المصباح الكهربائي المتوهج في قاعدته.
2. صل المصباح مع مصدر جهد كهربائي يمكن التحكم فيه بمفتاح تحكم، وأضئ المصباح بحيث يصدر ضوءاً خافتاً. تحذير: تجنب لمس المصباح المتوهج؛ لأنه يؤدي إلى إحداث حروق عندما يكون ساخناً.
3. أطفئ المصابيح الأخرى في الغرفة أو اجعل إضاءتها خافتة.
4. قف على بُعد 1-2 m من المصباح الكهربائي، وأمسك بمحزوز حيود هولوجرافي؛ بحيث يكون قريباً من عينك، وشاهد المصباح من خلاله. تحذير: لا تنظر مباشرة إلى المصباح الكهربائي الساطع دون استخدام محزوز الحيود؛ لأن ذلك يؤدي إلى إلحاق الأذى بقدرتك على الرؤية.
5. أنشئ رسوماً توضيحية علمية واستخدمها استعمل



A Particle Model of Waves

8-1 النموذج الجسيمي للموجات

الأهداف

- تصف الطيف المنبعث من جسم ساخن.
- تفسر التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون.
- تحل مسائل تتضمن التأثير الكهروضوئي.

المفردات

طيف انبعاث	مكابة
التأثير الكهروضوئي	تردد العتبة
(الانبعاث الكهروضوئي)	الفوتون
اقتزان (دالة) الشغل	تأثير كومبتون

أثبت هينرش هرتز صحة نظرية الموجات الكهرومغناطيسية للعالم ماكسويل، والتي درستها من قبل، من خلال تجاربه التي أجراها عام 1889م. واعتبر الضوء بعد ذلك موجات كهرومغناطيسية. وبدأ أن جميع الظواهر البصرية - ومنها التداخل والحيود والاستقطاب - قابلة للتفسير باستخدام نظرية الموجات الكهرومغناطيسية.

ورغم ذلك بقيت بعض المشكلات لدى الفيزيائيين بحاجة إلى حل؛ لأن ما أشارت إليه نظرية ماكسويل - أن الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية محضة - لم يستطع تفسير بعض الظواهر المهمة الأخرى. وتعلق هذه المشكلات عموماً بعملية امتصاص أو انبعاث الإشعاع الكهرومغناطيسي. ومن هذه المشكلات: الطيف المنبعث من جسم ساخن، وتفرغ الجسيمات المشحونة كهربائياً من سطح فلزي عند سقوط أشعة فوق بنفسجية عليه. وسوف نتعلم في هذا الفصل أن هاتين الظاهرتين يمكن تفسيرهما عندما ندرك أن الموجات الكهرومغناطيسية لها خصائص جسيمية إضافة إلى خصائصها الموجية.

8-1 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11

اختبار قصير 1-8، ص 49

شريحة التدريس 1-8 ص 54

شريحة التدريس 2-8 ص 56

ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 8، ص 62

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 39

2. التدريس

تجربة

التوهج في الظلام

الهدف ملاحظة تأثيرات الأطوال الموجية المختلفة للضوء على الفلوروسين.

المواد والأدوات مخبر مدرج سعته 90 ml، 100 m ماء، 10 g فلوروسين، مصباح كهربائي وماض، مرشحات ضوئية (حمراء، وخضراء، وزرقاء).

النتائج المتوقعة لا يتسبب الضوء الأحمر في توهج محلول الفلوروسين، بينما يسبب ذلك كلاً من اللونين الأخضر والأزرق.

التحليل والاستنتاج

7. للضوء الساقط طول موجي مساوٍ أو أقل من الطول الموجي للضوء الأخضر الذي لديه طاقة كافية ليحدث التوهج في الفلوروسين.

استخدام الشكل 1-8

اطلب إلى الطلاب الإجابة عن الأسئلة الآتية: كيف يرتبط التردد مع الطاقة العظمى لكل منحني بتغير درجة حرارة الجسم المتوهج؟ **يزداد التردد بزيادة درجة الحرارة.** كيف يتغير مدى الترددات للطاقة المنبعثة من الجسم المتوهج بتغير درجة الحرارة؟ **يزداد المدى بزيادة درجة الحرارة.** كيف تتغير شدة الإشعاع المرتبط بتردد الطاقة العظمى بتغير درجة الحرارة؟ **تزداد شدة الإشعاع بزيادة درجة الحرارة.**

التفكير الناقد

الإشعاع الكهرومغناطيسي أسأل الطلاب السؤال الآتي: إذا توهج الجسم المضاء باللون الأحمر، فما نوع معظم الطاقة الإشعاعية التي تصدر عنه؟ **أشعة تحت الحمراء**

مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 8-1

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

الإشعاع من الأجسام المتوهجة

Radiation from Incandescent Bodies

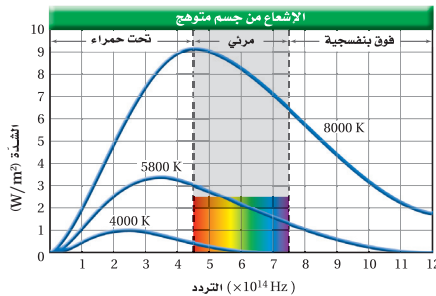
لماذا حتر الإشعاع المنبعث من الجسم الساخن الفيزيائي؟ لاحظ أنه يجب التعامل مع المشكلة من حيث شدة الإشعاع المنبعث - كمية الطاقة الإشعاعية التي تسقط عمودياً على وحدة المساحات خلال ثانية، وتقاس بوحدة W/m^2 - وتردده عند درجات حرارة مختلفة. لم تستطع نظرية الموجات الكهرومغناطيسية لمكسويل تفسير الإشعاعات المشاهدة المنبعثة من الأجسام الساخنة. إذن فما طبيعة الإشعاع المنبعث من الأجسام الساخنة؟

يعد المصباح الكهربائي الذي شاهدته في التجربة الاستهلالية في بداية الفصل مثالاً على الجسم الساخن. وكما يتوقع - بناءً على النظرية الكهرومغناطيسية - تبعث الجسيمات المشحونة المهتزة في فتيلة المصباح الكهربائي الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء، حيث توهج الفتيلة لأنها ساخنة؛ لذا يسمى المصباح الكهربائي بالمتوهج. وتعتمد الألوان التي تراها على الشدة النسبية للموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة ذات الترددات المختلفة، وعلى حساسية عينيك لهذه الموجات.

عندما يستخدم مفتاح التحكم لزيادة الجهد المطبق على المصباح فإن درجة حرارة الفتيلة المتوهجة تزداد. ونتيجة لذلك فإن اللون يتغير من الأحمر الداكن إلى البرتقالي، ثم إلى الأصفر وأخيراً إلى الأبيض. ويحدث تغير اللون هذا لأن الفتيلة ذات درجة الحرارة الأعلى تبعث إشعاعاً بتردد أعلى. إن الإشعاع ذا التردد الأعلى ينتج عن التردد الأعلى للفتيلة المرئي (اللون البنفسجي)، وهذا يؤدي إلى أن تظهر الفتيلة بيضاء.

ماذا تتوقع أن تشاهد إذا نظرت إلى الفتيلة المتوهجة من خلال محزوز جيد؟ عندما تشاهدها بهذه الطريقة فإنه يمكنك مشاهدة جميع ألوان قوس المطر. ويبعث المصباح أيضاً أشعة تحت الحمراء وأشعة فوق بنفسجية. لا يمكنك رؤيتها. ويسمى الرسم البياني لشدة الضوء المنبعث من جسم ساخن على مدى من الترددات طيف الانبعاث. ويوضح الشكل 1-8 أطياف الانبعاث لجسم متوهج عند درجات الحرارة 4000 K و 5800 K و 8000 K. لاحظ أنه عند كل درجة حرارة هناك تردد تبعث عنده كمية عظمى من الطاقة. وإذا قارنت موقع قمة كل منحني فستلاحظ أنه كلما ازدادت درجة الحرارة فلن التردد الذي تبعث عنده الكمية العظمى من الطاقة يزداد أيضاً.

إن القدرة الكلية المنبعثة من جسم ساخن تزداد أيضاً بازدياد درجة حرارته. تتناسب القدرة (الطاقة المنبعثة في كل ثانية) للموجات الكهرومغناطيسية طردياً مع درجة حرارة



تجربة

السطوع في الظلام



أسدّل الستائر، وأطفئ المصابيح في الغرفة، ثم سلط ضوء مصباح يدوي على إناء مختبري يحتوي على مادة الفلوريسين. ضع الآن مرشح ضوء أحمر على المصباح اليدوي لكي يسقط ضوء أحمر فقط على الإناء.

1. صف النتائج.
2. توقع كيف تتأثر النتائج عند استعمال مرشح ضوء أخضر بدلاً من المرشح الأحمر؟
3. اختبر توقعاتك.
4. فسّر النتائج.
5. توقع ما إذا كان الفلوريسين سيوهج عند استعمال مرشح ضوء أزرق مع ذكر تفسير لتوقعك.
6. اختبر توقعاتك.

التحليل والاستنتاج

7. اكتب تفسيراً مختصراً، تلخص وتوضح فيه مشاهداتك.

عملية

ما العلاقة بين لون الضوء المنبعث من دايود مشع للضوء والهيوط في الجهد خلاه؟ ارجع إلى دليل التجارب العملية

الشكل 1-8 يوضح الرسم البياني أطياف الانبعاث لجسم متوهج عند شلات درجات حرارة مختلفة.

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

درجة الحرارة ولون اللهب يمكن أن نخبرنا لون اللهب عن درجة حرارته. فاللهب الأكثر سخونة يشع مزيداً من الضوء الأخضر والأزرق. والمنطقة الصفراء في اللهب درجة حرارتها 400 °C تقريباً، بينما درجة حرارة المنطقة البرتقالية من 500 °C إلى 800 °C تقريباً. والمنطقة الزرقاء أكثر سخونة، فتكون درجة حرارتها أكثر من 1100 °C. تلك هي قمة لون الضوء الذي يشع بواسطة الجسم الأسود المثالي عند تلك الدرجات للحرارة. يطلق اللهب ضوءاً بكل الترددات، ولكن قمة طيفه لا ترتبط مع المنحنيات في الشكل 1-8؛ لأن اللهب ليس جسماً أسود مثالياً، وعلى الأغلب يتم وصف المصدر المشع غير المثالي بواسطة لون درجة حرارته. لكن بعض مصادر الضوء تكون درجة الحرارة الحقيقية لها أقل من درجة حرارة اللون، فدرجة حرارة اللون للشمعة 1650 °C تقريباً، ولكن درجة حرارة القمة الحقيقية 1400 °C تقريباً.

تطبيق الفيزياء

◀ في عام 1963م تم الكشف عن إشعاع أساسي من رتبة 10^{-2} m، والمنبعث من جميع الاتجاهات في الكون. مثل هذه القياسات للإشعاع تماثل تلك القياسات للجسم المتوهج عند درجة حرارة 2.7 K. قراءة درجة الحرارة هذه عززت نموذج الكون المتمدد في علم الفلك، واعتبرت دليلاً على نظرية الانفجار العظيم المتعلقة بتكوين الكون. اطلب إلى الطلاب استخدام مخطط الطيف الكهرومغناطيسي التي درستها في الفصل السابع لتصنيف الموجات الكهرومغناطيسية وفق الأطوال الموجية من رتبة 10^{-2} m. **موجات الميكروويف 2م**

التفكير الناقد

اللون ودرجة الحرارة أسأل الطلاب عما إذا كانت الجمرة البيضاء الساخنة أقل حرارة من الجمرة الحمراء الساخنة. **يحتوي الطيف الكهرومغناطيسي المنبعث من الجمرة البيضاء الساخنة على كثافات ضوئية لها ترددات أكبر من طيف الجمرة الساخنة الحمراء؛ لذلك فإن منحني الشدة - التردد للضوء المنبعث من الجمرة البيضاء الساخنة - سوف يقع أبعد لجهة اليمين من الضوء المنبعث من الجمرة الحمراء الساخنة، كما هو موضح في الشكل 8-1، وهذا يشير إلى درجة حرارة أعلى. 2م**

الربط مع الفلك

الجسم الساخن بوحدة كلفن مرفوعة للقوة الرابعة؛ أي $P \propto T^4$ ، لذا تشع الأجسام الأسخن قدرة أكبر مقارنة بالأجسام الأبرد. وتعد الشمس من أكثر الأمثلة شيوعاً على الأجسام الساخنة التي تشع كمية كبيرة من الطاقة. وهي كرة كثيفة من الغازات سخنت حتى توهجت؛ وذلك بسبب الطاقة الناتجة عن التفاعلات النووية فيها. تبلغ درجة حرارة سطح الشمس 5800 K، وتشع قدرة مقدارها 4×10^{26} W وهي كمية هائلة جداً. وفي المتوسط يستقبل كل متر مربع من سطح الأرض 1000 J من الطاقة كل ثانية؛ أي 1000 W. وتكون هذه الكمية كافية لإضاءة عشرة مصابيح كهربائية قدرة كل منها 100 W.

تكمّن مشكلة النظرية الكهرومغناطيسية لماكسويل في أنها غير قادرة على تفسير شكل الطيف الموضح في الشكل 8-1. وقد حاول كثير من الفيزيائيين خلال الفترة بين 1887 و 1900م تفسير شكل هذا الطيف باستخدام النظريات الفيزيائية الكلاسيكية التي كانت موجودة آنذاك، ولكنها فشلت جميعاً. وفي عام 1900م وجد الفيزيائي الألماني ماكس بلانك أن باستطاعته حساب الطيف اعتماداً على فرضية ثورية قدمها تنص على أن الذرات غير قادرة على تغيير طاقتها بشكل مستمر. وافترض بلانك أن طاقة اهتزاز الذرات في الجسم الصلب لها ترددات محددة فقط، كما هو موضح في المعادلة التالية:

$$E = nhf$$

طاقة الذرة المهتزة تساوي حاصل ضرب عدد صحيح في ثابت بلانك وفي تردد الاهتزاز.

في المعادلة أعلاه، يمثل f تردد اهتزاز الذرة، و h ثابت بلانك ومقداره 6.626×10^{-34} J/Hz، و n عدد صحيح مثل $0, 1, 2, 3, \dots$.

$$n = 0: E = (0) hf = 0$$

$$n = 1: E = (1) hf = hf$$

$$n = 2: E = (2) hf = 2 hf$$

$$n = 3: E = (3) hf = 3 hf \text{ وهكذا}$$

لذا فإن الطاقة E يمكن أن يكون لها المقادير hf و $2 hf$ و $3 hf$... وهكذا، ولكن لن يكون لها المقدار $\frac{2}{3} hf$ أو $\frac{3}{4} hf$. أي أن الطاقة مكتّبة، أي أنها توجد فقط على شكل حزم أو كميات معينة. ويُقَرَّب الثابت h عادة إلى 6.63×10^{-34} J/Hz لتبسيط إجراء الحسابات.

واقترح بلانك أيضاً أن الذرات لا تشع دائماً موجات كهرومغناطيسية عندما تكون في حالة اهتزاز، كما توقع ماكسويل، وبدلاً من ذلك اقترح بلانك أن الذرات تبعث إشعاعاً فقط عندما تتغير طاقة اهتزازها. فإذا تغيرت طاقة اهتزاز ذرة مثلاً من $3 hf$ إلى $2 hf$ فإن الذرة تبعث إشعاعاً. والطاقة المنبعثة تساوي التغير في طاقة اهتزاز الذرة، وهي تساوي hf في هذه الحالة.

وجد بلانك أن الثابت h له قيمة صغيرة جداً، وهذا يعني أن مراحل تغير الطاقة صغيرة جداً بحيث لا يمكن ملاحظتها في الأجسام العادية. وبقي تقديم مفهوم كمية الطاقة يمثل مشكلة كبيرة للفيزيائيين، وخصوصاً لبلانك نفسه. وكانت هذه أول إشارة إلى أن الفيزياء الكلاسيكية لنيتون وماكسويل قد تكون صحيحة تحت ظروف خاصة فقط. وتم تكريم العالم بلانك لنظريته في كمية الطاقة التي شكلت أساساً علمياً؛ وذلك بحصوله على جائزة نوبل عام 1918م.

نشاط

المنحنى البياني $T - f_{\text{عظمى}}$

اطلب إلى الطلاب تقريب تردد الشدة العظمى، $f_{\text{عظمى}}$ ، للإشعاع المنبعث من فتيل مصباح ضوئي عند درجة حرارة 2500 K. اقترح عليهم استخدام المنحنى الخطي أو الاستقراء لتحديد $T - f_{\text{عظمى}}$ للبيانات من الرسم التوضيحي في الشكل 8-1. **1.6 × 10¹⁴ Hz 3م منطقي - رياضي**

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

تحليل تركيب مادة باستخدام التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء لتحليل طيف الامتصاص للأشعة تحت الحمراء للمعادن أهمية في اكتساب المعرفة عن تركيب الجزيئات. فعندما تسقط حزمة من الأشعة تحت الحمراء من مصدر متوهج على محلول سائل من المادة المراد تحليلها، يقوم المنشور بفصل الأطوال الموجية للأشعة بعد عبورها خلال المحلول فيتحرك الكاشف عبر الطيف المتكوّن ليسجل الأطوال الموجية التي عندها يمتص المحلول الطاقة تحت الحمراء. تعتمد الطاقة الممتصة التي تزيد من الطاقة الاهتزازية للجزيئات على كتل الذرات في الجزيئات وعلى قوة الروابط التي تربط بينها. عادة تستخدم الأطوال الموجية من $5 \mu\text{m}$ إلى $10 \mu\text{m}$.



تكميم طاقة الوضع

الزمن المقدّر 10 دقائق

المواد والأدوات مجرى على شكل حرف U

طوله 1m و 14 كتابًا متماثلًا، وكرة فولاذية.

الخطوات اسند إحدى نهايتي المجرى U على

أربعة كتب لصنع منحدر. ثم اصنع منحدرًا

آخر على شكل درجات بوضع كتاب واحد

ثم كتابين، ثم ثلاثة كتب وأخيرًا أربعة كتب

جنبًا إلى جنب لتصنع مجموعة من الدرجات

التنازلية. ضع كرة عند أعلى المنحدر الأول،

واطلب إلى الطلاب مشاهدة الكرة عندما تفلتها

من أعلى المنحدر. ساعد الطلاب على التوصل

إلى أن طاقة الوضع التجاذبية للكرة تتناقص

بانتظام على طول المنحدر. الآن انتقل للمنحدر

الثاني (الدرجات). ادفع الكرة، بلطف على

الدرجة الأولى له لتتحد على الدرجات اطلب

إلى الطلاب مشاهدة الكرة، وأن يفكروا بطاقة

الوضع للكرة على طول المنحدر الجديد. ذكّر

الطلاب بأن طاقة الوضع التجاذبية للكرة

تبقى ثابتة على كل طول أفقي لكل درجة؛ لأن

الدرجة مستوية والكرة تبقى عند الارتفاع

نفسه، ولأن كل درجة تقع على ارتفاع مختلف

فإن للكرة طاقة وضع تختلف بعد أن تسقط من

درجة إلى أخرى، وبسبب ثبات الارتفاع بين

كل درجة والأخرى فإن التغير في طاقة الوضع

لكل درجة حرارة يكون ثابتًا. أشر إلى أن طاقة

الإلكترونات والأيونات الاهتزازية في الجسم

الساخن ليست مستمرة ولكنها على شكل

سلسلة من القيم الثابتة التي تختلف بقيم محددة.

استخدام النماذج

طاقة الإلكترون أشر إلى أن نموذج الكرة- على

الدرجات - للطاقات الاهتزازية للإلكترون محددة؛

لأن للكرة مدى مستمرًا من طاقة الوضع PE عندما

تتحرك من درجة إلى أخرى. وعندما ينتقل الإلكترون

من مستوى طاقة اهتزازية إلى أخرى، فإن التغير في

طاقته يكون مقادير محددة من الطاقة وليس سلسلة

متصلة من الطاقة.

التأثير الكهروضوئي The Photoelectric Effect

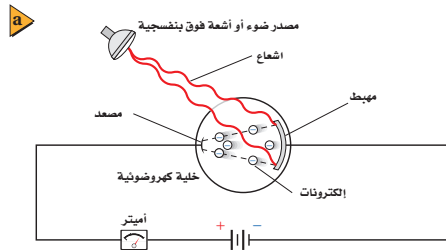
واجه الفيزيائيون في بداية القرن العشرين أيضًا بعض التحديات المتعلقة ببعض النتائج العملية التي لا يمكن تفسيرها من خلال النظرية الموجية لماكسويل؛ حيث لوحظ أنه عند سقوط أشعة فوق بنفسجية على لوح زنك مشحون بشحنة سالبة فإنه يفقد شحنته. أما عند سقوط ضوء مرئي عادي على اللوح المشحون نفسه فإنه لا يفقد شحنته. وهذا النتيجة مناقضة للنظرية الكهرومغناطيسية؛ حيث إن كلاً من الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي يتكونان من إشعاع كهرومغناطيسي، فلماذا إذن يفقد لوح الزنك شحنته بأحدهما ولا يفقدها بالآخر؟ ولماذا لا يفقد لوح الزنك الموجب الشحنة شحنته بطريقة مماثلة؟ وقد بيّنت دراسات إضافية أن لوح الزنك السالب الشحنة يفقد شحنته نتيجة انبعاث أو فقد إلكترونات. ويسمى انبعاث إلكترونات عند سقوط إشعاع كهرومغناطيسي على جسم التأثير الكهروضوئي.

يمكن دراسة التأثير الكهروضوئي باستخدام خلية ضوئية، كذلك الموضحة في الشكل 2-8؛ حيث تحتوي الخلية على قطبين كهربائيين فلزيين في أنبوب مفرغ من الهواء ومحكم الإغلاق. والهدف من الأنبوب المفرغ هو منع تأكسد سطوح الفلزيين، ومنع الإلكترونات من التباطؤ أو التوقف نتيجة تفاعلها مع الجسيمات الموجودة في الهواء. وعادة يطل القطب الأكبر (المهبط) بهادة السيزيوم، أو أي فلز قلوي آخر، في حين يصنع القطب الأصغر (المصعد) من سلك رفيع؛ لكي يحجب كمية قليلة فقط من الإشعاع. ويصنع الأنبوب عادة من الكوارتز؛ لكي يسمح للأطوال الموجية للأشعة فوق البنفسجية بالنفاذ من خلاله. ويؤدي تطبيق فرق جهد على القطبين إلى جذب الإلكترونات في اتجاه المصعد.

لا يسري تيار في الدائرة الكهربائية إذا لم يسقط إشعاع مناسب على المهبط، لكن عندما يسقط الإشعاع عليه ينتج تيار كهربائي يتم قياسه بجهاز الأميتر، كما هو موضح في الشكل 2-8. وينتج هذا التيار لأن التأثير الكهروضوئي أدى إلى تحرير إلكترونات - تسمى الإلكترونات الضوئية - من المهبط، وتدفق الإلكترونات هذا عبارة عن تيار كهربائي في الدائرة؛ حيث تدفق الإلكترونات في اتجاه المصعد (القطب الموجب).

تردد العتبة ليس كل إشعاع يسقط على المهبط يولد تيارًا كهربائيًا؛ فالإلكترونات تنبعث من المهبط فقط عندما يكون تردد الإشعاع الساقط أكبر من قيمة صغرى معينة، تسمى تردد العتبة f_0 . ويتغير تردد العتبة بتغير نوع الفلز. فمثلاً تُحرر كل الأطوال الموجية للضوء المرئي - ما عدا الضوء الأحمر - إلكترونات من السيزيوم، بينما لا يُحرر أي طول موجي للضوء المرئي إلكترونات من الزنك؛ حيث إننا نحتاج إلى الأشعة فوق البنفسجية ذات التردد العالي لحدوث التأثير الكهروضوئي في الزنك.

■ الشكل 2-8 في الخلية الضوئية الموضحة، تدفق الإلكترونات المحررة من المهبط إلى المصعد، ومن ثم تكتمل الدائرة الكهربائية، ويتولد تيار كهربائي (a). يعمل مقياس الضوء اليدوي بسبب التأثير الكهروضوئي، ويستخدمه مصورو الفوتوجرافيا لقياس مستويات الضوء (b).



الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

مكتشف التأثير الكهروضوئي اكتشف هنري هيرتز في عام 1887م التأثير الكهروضوئي في أثناء إجراء تجاربه على الموجات الكهرومغناطيسية، فقد لاحظ أن توليد ومضة بين كرتين معدنيتين مفصولتين بفجوة صغيرة من الهواء أكثر سهولة عندما يشع ضوءًا فوق بنفسجيًا على القطب السالب، ولأن هيرتز ركّز اهتمامه على ظاهرة انتقال موجات الراديو فلم يولِ هذا الاكتشاف أهمية كبيرة.

نمذجة التكمية

الهدف استخدام نموذج التكميم في قياس كتل القطع النقدية من خلال العمل في مجموعات صغيرة. **المواد والأدوات** زود كل مجموعة بميزان حساس بالإضافة إلى أربع علب بلاستيكية صغيرة غير شفافة يجب أن تحتوي كل علبة صغيرة على عدد مختلف من القطع النقدية المعدنية (على الأقل اثنتان). يجب أن تحتوي واحدة على الأقل على عدد فردي وأخرى على عدد زوجي من القطع النقدية، ويجب كتابة كتلة كل علبة على غطاها.

الخطوات

1. اطلب إلى الطلاب عدم فتح العلب الصغيرة. واطلب إليهم قياس وزن كل علبة وتحديد الكتلة الكلية للقطع النقدية بداخلها.
 2. اطلب إلى كل مجموعة استخدام بياناتهم لحساب كتلة القطعة النقدية الواحدة.
- التقويم** يقوم الطلاب بمناقشة كيف نُكَمِّم الكتلة في العلبة الصغيرة حيث إنها توجد في حزم منفصلة، والكتلة الكلية تساوي العدد الكلي للقطع مضروباً في كتلة كل قطعة. أشر إلى أنه في المستوى الذري فإن الطاقة أيضاً كمّاء، وتوجد على شكل حزم منفصلة تسمى الكمات.

استخدام التشابه

موجات الماء قد يفهم الطلاب ظاهرة التأثير الكهروضوئي بصورة أفضل بمقارنتها بتأثير موجات الماء. افترض أن موجات صغيرة في بحيرة تصطدم بكرة شاطئ على سطح الماء. ستوقع أن التأثير في الكرة سيكون قليلاً. الآن تخيل أن موجات كبيرة ناتجة عن حركة زورق ذي محرك تصطدم بكرة الشاطئ نفسها، ستوقع أن التأثير في الكرة سيكون كبيراً، وهو كذلك. وهذا ما يمكن أن يتوقعه الطلاب بديهياً بالنسبة للضوء، ولكن الضوء يسلك طريقة مختلفة في التأثير الكهروضوئي، فزيادة شدة الضوء تستطيع زيادة عدد الإلكترونات المنبعثة، ولكن جميع الإلكترونات التي تبدأ عند مستوى الطاقة نفسه تمتلك المقدار نفسه من طاقة الحركة بعد الانبعث، بغض النظر عن شدة الضوء الساقط.

يكون الإشعاع الساقط على فلز غير قادر على تحرير إلكترونات منه مهما كانت شدة هذا الإشعاع إذا كان تردده أقل من f_0 . في حين يؤدي سقوط إشعاع شدته قليلة جداً وتردده مساوٍ أو أكبر من تردد العتبة إلى تحرير إلكترونات من الفلز مباشرة. عندما يكون تردد الإشعاع الساقط مساوياً أو أكبر من تردد العتبة فإن زيادة شدة هذا الإشعاع تؤدي إلى زيادة تدفق الإلكترونات الضوئية.

كيف تفسّر نظرية الموجات الكهر ومغناطيسية التأثير الكهروضوئي؟ إنها غير قادرة على ذلك؛ فبناءً على نظرية الموجات الكهر ومغناطيسية فإن المجال الكهربائي يحرر الإلكترونات من الفلز ويسرّعها، وترتبط شدة المجال الكهربائي مع شدة الإشعاع (لا مع تردده). ولذلك فإن الإلكترونات في الفلز يمكن أن تمتص طاقة من مصدر ضوء خافت فترة زمنية طويلة جداً لتكتسب طاقة كافية لتحررها. لكن كما درست قبل قليل فإن ما يحدث غير ذلك؛ حيث تبين المشاهدات أن الإلكترونات تنطلق مباشرة حتى عندما يسقط على الفلز إشعاع ذو شدة منخفضة وتردده مساوٍ أو أكبر من تردد العتبة.

الفوتونات وتكمية الطاقة نشر العالم أينشتاين في عام 1905م نظرية جريئة تفسر التأثير الكهروضوئي. وبناءً على نظرية أينشتاين، يتكون الضوء والأشكال الأخرى من الإشعاع الكهر ومغناطيسي من حزم كمّاء ومنفصلة من الطاقة، تُسمى كل منها فيسفا بعد فوتون. وتعتمد طاقة الفوتون على تردده.

$$E = hf$$

طاقة الفوتون تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الفوتون.

في المعادلة أعلاه تمثل f التردد بوحدة Hz، و h ثابت بلانك. ولأن $1/s = \text{Hz}$ فإن وحدة J/Hz لثابت بلانك مكافئة أيضاً للكمية J.s. ولأن وحدة الجول وحدة طاقة كبيرة جداً لاستخدامها في الأنظمة ذات الحجم الذري، لذا فالوحدة الأكثر شيوعاً للطاقة هي وحدة الإلكترون فولت (eV). وكل إلكترون فولت يساوي طاقة إلكترون يتسارع عبر فرق جهد مقداره فولت واحد.

$$1 \text{ eV} = (1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(1 \text{ V})$$

$$= 1.60 \times 10^{-19} \text{ C.V}$$

$$= 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$$

يسمح استخدام تعريف الإلكترون فولت بإعادة كتابة معادلة طاقة الفوتون في شكل مبسّط، كما هو موضح أدناه.

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(1240 \text{ eV.nm})}{\lambda}$$

تساوي طاقة الفوتون حاصل قسمة 1240 eV.nm على الطول الموجي للفوتون.

يوضح في الصفحة التالية في استراتيجيات حل المسألة عملية اشتقاق هذه المعادلة وكيفية استخدامها.

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

قياسات الكتلة المكّمة باستخدام البيانات من التجربة الإضافية، اطلب إلى الطلاب رسم منحني بياني باستخدام الأعمدة لتمثيل كتل العلب الصغيرة الأربعة بترتيب تصاعدي، وارمز للعلب باستخدام الأحرف A، B، C، D على الترتيب على الرسم البياني. واطلب إليهم تذكر افتراضات النشاط: كل علبة تحتوي على قطعتين أو أكثر من القطع المعدنية، وعلى الأقل علبة واحدة تحتوي على عدد زوجي وعلبة أخرى تحتوي على عدد فردي من القطع المعدنية. واطلب إليهم ملاحظة الفرق في ارتفاعات أعمدة التمثيل البياني فذلك يقودهم لإدراك أن كل تغير في الارتفاع يمثل كتلة قطعة واحدة، أو قطعتين أو عدد آخر من القطع المعدنية. **١٢ بصري مكاني**



الظاهرة الكهروضوئية

الزمن المقدّر 15 دقيقة

المواد والأدوات كشاف كهربائي، ومواد لشحن الكشاف الكهربائي بشحنة موجبة وأخرى بشحنة سالبة. شريط من الزنك أبعاده $2 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ مصدر ضوء فوق بنفسجي.

الخطوات علّق شريط الزنك بطريقة آمنة بنهاية الكشاف الكهربائي. اشحن الكشاف الكهربائي والشريط المعلق بشحنة موجبة، ثم سلّط الضوء فوق البنفسجي على الشريط. **تحذير: الضوء فوق البنفسجي مضر للعين، لا تسمح لأي شخص بالنظر مباشرة إلى مصدر الضوء.** فرّغ الشحنة ومن ثم اشحن الشريط بشحنة سالبة، ثم سلّط الضوء فوق البنفسجي عليه. إن الشريط المشحون بشحنة موجبة لا يفرّغ، بينما الشريط المشحون بشحنة سالبة يفرّغ، بحيث يجعل ورقتي الكشاف تتلاصقان. يسبب الضوء فوق البنفسجي انبعاث الإلكترونات من سطح شريط الزنك المشحون بشحنة سالبة.

استراتيجيات حل المسألة

وحدات hc وطاقة الفوتون

نُريدنا تحويل الكمية hc إلى وحدة $\text{eV} \cdot \text{nm}$ بمعادلة مبسطة يمكن أن تستخدم لحل المسائل التي تتضمن الطول الموجي للفوتون.

1. تعطى طاقة فوتون طوله الموجي λ بالمعادلة $E = hf$.
2. لأن $f = c/\lambda$ ، فإنه يمكن كتابة هذه المعادلة على شكل $E = hc/\lambda$.
3. عند استخدام المعادلة $E = hc/\lambda$ ، إذا كان مقدار hc بوحدة $\text{eV} \cdot \text{nm}$ مقسوماً على λ بوحدة nm فسوف نحصل على الطاقة بوحدة eV ؛ لذا من المفيد أن تعلم مقدار hc بوحدة $\text{eV} \cdot \text{nm}$.
4. يتم تحويل وحدة قياس hc إلى وحدة $\text{eV} \cdot \text{nm}$ على النحو الآتي:

$$hc = (6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}) (2.998 \times 10^8 \text{ m/s})$$

$$\left(\frac{1 \text{ eV}}{1.602 \times 10^{-19} \text{ J}} \right) \frac{10^9 \text{ nm}}{1 \text{ m}} = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$$

5. بتعويض $hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$ في معادلة طاقة الفوتون نحصل على المعادلة التالية:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(1240 \text{ eV} \cdot \text{nm})}{\lambda}$$

6. استخدم المعادلة أعلاه لحل مسائل طاقة الفوتون عندما تكون الطاقة مطلوبة بوحدة eV .

من المهم ملاحظة أن نظرية أينشتاين للفوتون أشمل وأعم من نظرية بلانك للإشعاع المنبعث من الأجسام الساخنة. فبينما توقع بلانك أن الذرات المهتزة تبعث إشعاعاً كهرومغناطيسياً بطاقة تساوي nhf ، فإنه لم يتوقع أن الضوء والأشكال الأخرى للإشعاع الكهرومغناطيسي تسلك سلوك الجسيمات. أما نظرية أينشتاين للفوتون فتعيد تفسير نظرية بلانك للإشعاع المنبعث من الأجسام الساخنة وتوسعها.

تستطيع نظرية أينشتاين للتأثير الكهروضوئي تفسير وجود تردد العتبة كما يلي: يلزم فوتون له أقل تردد f_0 ، وأقل طاقة hf_0 ، ليحرر إلكترونًا من فلز. أما إذا كان تردد الفوتون الساقط أقل من f_0 فلن يكون له الطاقة الكافية لتحرير الإلكترون. ولأن فوتوناً واحداً فقط يتفاعل مع إلكترون واحد فإن الإلكترون لا يستطيع تجميع طاقة فوتونات تردداتها أقل من تردد العتبة حتى يكون له الطاقة الكافية اللازمة لتحريره. أما الإشعاع الذي تردده أكبر من f_0 فإن له طاقة أكبر من الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون؛ فتتحول هذه الطاقة الزائدة $hf - hf_0$ إلى طاقة حركية للإلكترونات المتحررة.

$$KE = hf - hf_0$$

الطاقة الحركية للإلكترون كهروضوئي
الطاقة الحركية للإلكترون المتحرر تساوي الفرق بين طاقة الفوتون الساقط hf والطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون من الفلز hf_0 .

تحفيز

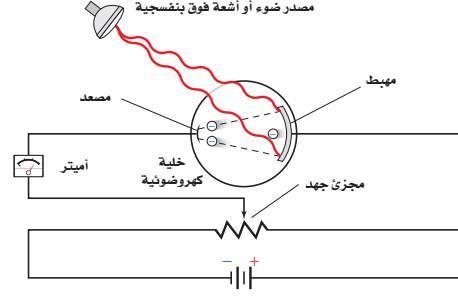
نشاط

اقتران الشغل وطاقة التأين اطلب إلى الطلاب استخدام بعض المراجع العلمية مثل "كتب الكيمياء والفيزياء" للتعرف على اقتران الشغل وطاقة التأين لبعض العناصر مثل: الصوديوم، الباريوم، النحاس، الذهب، والزنك، ثم عمل مقارنة بين القيم وتفسير الفروق بين تلك القيم. **طاقات التأين تُقاس بصورة أساسية للذرات المنفردة في الحالة الصلبة، لكن اقترانات الشغل تقاس للعناصر في الحالة الصلبة؛ لأن الذرات في الحالة الصلبة تتفاعل مع الذرات المجاورة، فإن مستويات طاقة الإلكترون تتغير.** **3م** **منطقي-رياضي**

تطوير المفهوم

طاقة الفوتون يتضح في ظاهرة التأثير الكهروضوئي الموضحة في الشكل 4-8 أن العديد من الفوتونات المنبعثة من مصدر الضوء لا تمتلك طاقة كافية لتسبب انبعاث إلكترونات، لكنها تحول الطاقة إلى طاقة حرارية.

■ الشكل 3-8 يمكن قياس الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة من المهبط باستخدام هذا الجهاز، حيث يقيس الأميتر التيار المار في الدائرة. ويتعديل مجزئ الجهد يمكن للشخص الذي يجري التجربة تحديد فرق الجهد الذي يصبح عنده التيار المار في الدائرة صفرًا. عندها يمكن قياس الطاقة الحركية العظمى الممكنة للإلكترونات المتحررة.



اختبار النظرية الكهروضوئية كيف يمكن اختبار نظرية أينشتاين؟ يمكن قياس الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة بطريقة غير مباشرة بواسطة جهاز خاص بذلك، كالموضح في الشكل 3-8. يستخدم فرق جهد كهربائي متغير لتعديل فرق الجهد المطبق عبر الأنبوب. عندما يعدل فرق الجهد لجعل المصعد سالبًا فإن الإلكترونات المتحررة تخسر طاقة للوصول إلى المصعد. وسيصل إليه فقط الإلكترونات المتحررة من المهبط ذات الطاقة الحركية الكافية.

وكما هو موضح في الشكل 3-8، يتم اختيار ضوء بتردد معين لإضاءة المهبط. يقوم الشخص الذي يجري التجربة بزيادة فرق الجهد المعاكس تدريجيًا، بحيث يجعل المصعد أكثر سالبية. وكلما ازداد فرق الجهد المعاكس، لزمت طاقة حركية أكبر للإلكترونات للوصول إلى المصعد، لذا يصل إليه عدد أقل من الإلكترونات لتكمل الدائرة. وعند فرق جهد معين يسمى جهد الإيقاف أو القطع، لن تكون هنالك إلكترونات لها طاقة حركية كافية للوصول إلى المصعد، وعندها يتوقف سريان التيار.

عند جهد الإيقاف تكون الطاقة الحركية للإلكترونات عند المهبط مساوية للشغل المبذول من المجال الكهربائي لإيقافها. ويعبر عن هذا بالمعادلة: $KE = -qV_0$ ، حيث تمثل V_0 مقدار جهد الإيقاف بوحدة الفولت J/C ، و q شحنة الإلكترون، وهي $-1.60 \times 10^{-19} C$. لاحظ أن الإشارة السالبة في المعادلة والمقدار السالب للشحنة q ينتجان مقدارًا موجبًا للطاقة الحركية KE .

تطبيقات يستخدم التأثير الكهروضوئي في التطبيقات اليومية المختلفة. فالألواح الشمسية الموضحة في الشكل 4-8 تستخدم التأثير الكهروضوئي لتحويل ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية. كما تحتوي فالتحات أبواب مواقف السيارات على حزم من الأشعة تحت الحمراء تشع تيارًا في المستقبل من خلال التأثير الكهروضوئي. فإذا قطعت حزمة الضوء هذه بجسم في أثناء إغلاق باب الموقف فإن التيار يتوقف في المستقبل، مما يؤدي إلى فتح الباب. ويستخدم التأثير الكهروضوئي أيضًا في التحكم في إضاءة مصابيح الشوارع وإطفائها آليًا اعتمادًا على ما إذا كان الوقت نهاريًا أو ليليًا.



مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 2-8

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 3-8

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

مشروع فيزياء

نشاط

الخلايا الكهروضوئية اطلب إلى الطلاب البحث في الأدوات والأجهزة التي توظف الخلايا الكهروضوئية. اقترح أن يقوم الطلاب بإجراء عصف ذهني لذكر الحالات التي تستخدم فيها هذه الخلايا، وما وظيفتها في الأجهزة. بعد تحديد الجهاز الذي يستخدم الخلية الكهروضوئية، اطلب إليهم البحث في آلية عمل الخلايا. يستطيع الطلاب عرض ما توصلوا إليه في تقارير مكتوبة، أو ملصقات، أو نماذج. في جميع الحالات فإن أهمية الخلية الكهروضوئية في تشغيل الجهاز يجب أن تحدّد بوضوح. **2م منطقي**

مثال صفي

سؤال إذا كان جهد الإيقاف (القطع) لمهبط بوتاسيوم 2.24 V ، فما الطاقة القصوى للإلكترونات المتحررة بفعل الضوء الساقط بوحدة الجول؟

الجواب

$$\begin{aligned} KE &= -qV_0 \\ &= -(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(2.24 \text{ V}) \\ &= 3.58 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

مسائل تدريبية

1. $3.7 \times 10^{-19} \text{ J}$

2. $1.1 \times 10^2 \text{ eV}$

3. $9.0 \times 10^5 \text{ m/s}$

4. 5.7 eV

5. $5.1 \times 10^{-19} \text{ J}$

مناقشة

سؤال لماذا يُتوقع أن استخدام الفلزات لتوضيح التأثير الكهروضوئي أفضل من استخدام المواد الصلبة البلورية؟

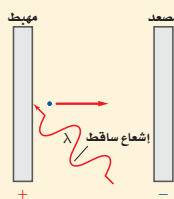
الإجابة قوة ربط الإلكترونات في الفلزات أقل منها في المواد الصلبة البلورية. م 2

مثال 1

الطاقة الحركية للإلكترونات الضوئية إذا كان جهد الإيقاف لخلية ضوئية معينة 4.0 V فما مقدار الطاقة الحركية التي يُكسبها الضوء الساقط للإلكترونات المتحررة؟ عبّر عن إجابتك بوحدة الجول والإلكترون فولت.

1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم المهبط والمصدر والإشعاع الساقط واتجاه حركة الإلكترونات المتحررة.
- لاحظ أن جهد الإيقاف يحول دون تدفق الإلكترونات عبر الخلية الضوئية.



المجهول
المعلوم
 KE (بوحدة J و eV) = ?
 $V_0 = 4.0 \text{ V}$
 $q = -1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$

2 إيجاد الكمية المجهولة

يُبذل المجال الكهربائي شغلًا على الإلكترونات. عندما يكون الشغل المبذول W يساوي سالب الطاقة الحركية الابتدائية KE فإن الإلكترونات لا تتدفق عبر الخلية الضوئية.

$$KE + W = 0 \text{ J}$$

$$KE = -W$$

$$= -qV_0$$

$$= -(-1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(4.0 \text{ V})$$

$$= +6.4 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$KE = (+6.4 \times 10^{-19} \text{ J}) \left(\frac{1 \text{ eV}}{1.60 \times 10^{-19} \text{ J}} \right)$$

$$= 4.0 \text{ eV}$$

حوّل وحدة قياس الطاقة الحركية من جول إلى إلكترون فولت

$$W = qV_0$$

$$V_0 = 4.0 \text{ V}, q = -1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ الجول والإلكترون فولت كلاهما وحدات قياس للطاقة.
- هل للإشارات معنى؟ الطاقة الحركية دائمًا موجبة.
- هل الجواب منطقي؟ الطاقة بوحدة الإلكترون فولت تساوي في المقدار فرق جهد الإيقاف بوحدة فولت.

مسائل تدريبية

1. ما طاقة إلكترون بوحدة الجول إذا كانت طاقته 2.3 eV ؟
2. إذا كانت سرعة إلكترون $6.2 \times 10^6 \text{ m/s}$ فما طاقته بوحدة eV ؟
3. ما سرعة الإلكترون في المسألة 1؟
4. إذا كان جهد الإيقاف لخلية كهروضوئية 5.7 V فاحسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة بوحدة eV .
5. يلزم جهد إيقاف مقداره 3.2 V لمنع سريان التيار الكهربائي في خلية ضوئية. احسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المتحررة بوحدة الجول.

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

أهمية ظاهرة التأثير الكهروضوئي كان اكتشاف ظاهرة التأثير الكهروضوئي مهمًا لعدة أسباب. أولاً: زودتنا بمعلومات أكثر عن الإشعاع الكهرومغناطيسي ساعدت في ترسيخ مفهومه، وبينت أن الإشعاع يتكون من جسيمات منفصلة، أو كمات تسمى فوتونات تشع طاقتها فقط في كمات أو قيم منفصلة. ثانيًا: كانت دليلًا آخر على وجود الإلكترونات في الفلزات، فقد بين أينشتاين أن لكل فلز حدًا أدنى لتردد الضوء الساقط عليه تكون طاقة الكم له وتساوي اقتران الشغل له، وأنه مهما كان الضوء ساطعًا فإن الضوء ذا التردد الأقل من ذلك التردد لن يسبب انبعاثًا ضوئيًا من هذا الفلز. ثالثًا: ساعدت على التحقق من صحة نظرية الكم. فقد أكد روبرت ميليكان النظرية الكمية، وذلك بقياس ثابت بلانك في مدى 0.5% .

تطوير المفهوم

شدة الضوء والتيار الكهروضوئي إن زيادة شدة الضوء من المصدر الضوئي (اعتبر أن التردد أعلى من تردد العتبة) لا يزيد من طاقة الإلكترونات المنبعثة. لكن زيادة شدة الضوء تزيد التيار الكهروضوئي الذي يمثل معدل انبعاث الإلكترونات. فالضوء الأزرق الخافت مثلاً يسبب انبعاث إلكترونات ضوئية طاقتها أكبر من طاقة الإلكترونات المنبعثة بواسطة الضوء الأحمر الساطع إذا كان تردد الضوء أعلى من تردد العتبة للفلز المستخدم. بينما الضوء الأحمر الأكثر سطوعاً سوف يتسبب فقط في انبعاث الإلكترونات الضوئية بمعدل أكبر.

تطوير المفهوم

حفظ الطاقة أكد على أن حفظ الطاقة في ظاهرة التأثير الكهروضوئي تبدأ بتأكيد أن الإشعاع الساقط هو السبب، بينما انبعاث الإلكترونات يمثل النتيجة. ثم اكتب على السبورة عبارة على النحو الآتي: $E_{\text{ناتج}} = E_{\text{ساقط}}$. اطلب إلى الطلاب تعريف الطاقة الساقطة بالمقدار hf التي تمثل طاقة الفوتون. ثم أسألهم: ما تأثير هذه الطاقة على الإلكترون الموجود في المادة؟ هذه الطاقة تساوي مجموع الطاقة اللازمة لانبعاث الإلكترون من الفلز وطاقة الحركة له بعد أن يتحرر. فإذا كانت الطاقة التي تحرر الإلكترون -وهي اقتران الشغل- تمثل بالصيغة hf_0 ، فإن: $hf = hf_0 + KE$ **2أ لغوي**

مسألة تحفيز

افترض أن قطعة نقدية كتلتها 5.0 g معلقة بنابض تهتز إلى أعلى وإلى أسفل، وكانت السرعة القصوى لهذه القطعة في أثناء اهتزازها 1.0 cm/s. اعتبر أن قطعة النقد المهتزة تمثل الاهتزازات الكمومية للإلكترونات في الذرة، حيث تعطى طاقة الاهتزازات بالمعادلة $E = nhf$.

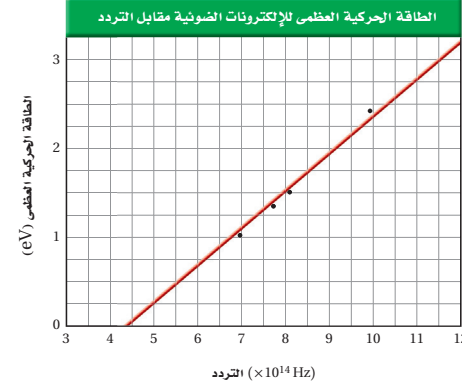


- احسب الطاقة الحركية العظمى للجسم المهتز.
- يبعث الجسم المهتز طاقة على شكل ضوء بتردد 5.0×10^{14} Hz إذا كانت هذه الطاقة تُبعث في مرحلة واحدة فاحسب الطاقة التي يفقدها الجسم.
- حدد عدد المراحل التي ستقل فيها طاقة الجسم بمقادير متساوية حتى يفقد طاقته كلها.

الرسم البياني لطاقتات حركة الإلكترونات التي تتحرر من فلز مقابل ترددات الفوتونات الساقطة عبارة عن خط مستقيم، كما هو موضح في الشكل 5-8. للفلزات جميعها رسوم بيانية متشابهة لها الميل نفسه، وهذا الميل يساوي النسبة بين ارتفاع الخط المستقيم وامتداده الأفقي، والذي يساوي ثابت بلانك h .

$$\frac{\text{التغير في الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المحررة}}{\text{التغير في تردد الإشعاع الساقط}} = \frac{\text{الرأسي}}{\text{الأفقي}} = \frac{\Delta KE}{f} = h$$

تختلف الرسوم البيانية للفلزات المختلفة فقط في تردد العتبة اللازم لتحرير الإلكترونات. في الشكل 5-8 تردد العتبة f_0 هو النقطة التي تكون عندها $KE = 0$. وفي هذه الحالة تقع f_0 على نقطة تقاطع الخط المستقيم مع المحور x، ويساوي هنا 4.4×10^{14} Hz تقريباً. ويرتبط تردد العتبة مع اقتران الشغل للفلز. اقتران الشغل لفلز هو الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون الأضعف ارتباطاً بالفلز، ومقداره يساوي hf_0 . وعندما يسقط فوتون تردده f_0 على فلز تكون طاقته كافية لتحرير الإلكترون فقط، دون تزويده بأي طاقة حركية.



أجرى العالم الأمريكي روبرت ميليكان بين عامي 1905 و 1916م مجموعة من التجارب الجيدة، حاول من خلالها أن يدحض النظرية الكهروضوئية لأينشتاين. ومع أن نتائج تجاربه أكدت صحة معادلة أينشتاين إلا أنه لم يقبل فكرة أينشتاين عن الفوتون. وقد ساهمت تجارب ميليكان في حصول أينشتاين على جائزة نوبل عام 1921م عن النظرية الكهروضوئية. وفي عام 1923م حصل ميليكان على جائزة نوبل عن تجربته لحساب شحنة الإلكترون وعن أبحاثه في التأثير الكهروضوئي.

مسألة تحفيز

$$\begin{aligned} 1. \quad KE &= \left(\frac{1}{2}\right)mv^2 \\ &= \left(\frac{1}{2}\right)(5.0 \times 10^{-3} \text{ kg}) \\ &\quad (1.0 \times 10^{-2} \text{ m/s})^2 \\ &= 2.5 \times 10^{-7} \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad E &= hf \\ &= (6.63 \times 10^{-34} \text{ J/Hz}) \\ &\quad (5.0 \times 10^{14} \text{ Hz}) \\ &= 3.3 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \quad \frac{2.5 \times 10^{-7} \text{ J}}{3.3 \times 10^{-19} \text{ J/مرحلة}} \\ = 7.6 \times 10^{11} \text{ مرحلة} \end{aligned}$$

استخدام التشابه

أنماط السلوك المزدوج من الأفضل أن يفهم الطلاب النمط المزدوج للسلوك إذا اعتبروا أن الماء أيضًا يمكن أن يسلك سلوك جسيم أو سلوك موجة. إذا شاهد الطلاب تدفق الماء باستخدام ضوء ستروب ومّاض فإنهم سيشاهدون الطبيعة الجسيمية للماء، كما أن موجات الماء ستُظهر بوضوح أن الماء يسلك سلوكًا موجيًا.

مثال صفي

سؤال إذا كان اقتران الشغل لمهبط من البوتاسيوم 2.24 eV فما مقدار طاقة الإلكترونات الضوئية بوحدة eV إذا أضيء المهبط بضوء طوله الموجي 425 nm ؟

الجواب

$$\begin{aligned} E &= 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm} / \lambda \\ &= 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm} / 425 \text{ nm} \\ &= 2.92 \text{ eV} \\ KE &= E - W = 2.92 \text{ eV} - 2.24 \text{ eV} \\ &= 0.680 \text{ eV} \end{aligned}$$

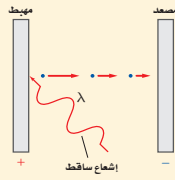
مسائل تدريبية

6. 4.0 eV , $9.7 \times 10^{14} \text{ Hz}$
7. 0.960 eV
8. 2.9 eV
9. 276 nm

مثال 2

اقتران الشغل والطاقة تستخدم خلية ضوئية مهبطًا من الصوديوم. فإذا كان طول موجة العتبة λ_0 لمهبط الصوديوم 536 nm :
 a. فاحسب اقتران الشغل للصوديوم بوحدة eV .
 b. إذا سقط إشعاع فوق بنفسجي طوله الموجي 348 nm على الصوديوم فما طاقة الإلكترونات المتحررة بوحدة eV ؟

1 تحليل المسألة ورسمها



• ارسم المصعد والمهبط، والإشعاع الساقط، واتجاه الإلكترون المتحرر.

$$\begin{aligned} W &= ? & \lambda_0 &= 536 \text{ nm} \\ KE &= ? & hc &= 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm} \\ & & \lambda &= 348 \text{ nm} \end{aligned}$$

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. استخدم ثابت بلانك وطول موجة العتبة لإيجاد اقتران الشغل.

$$\begin{aligned} W &= hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0} \\ &= \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{536 \text{ nm}} = 2.31 \text{ eV} \end{aligned}$$

بالتعويض $\lambda_0 = 536 \text{ nm}$, $hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$

b. استخدم معادلة التأثير الكهروضوئي لأينشتاين لحساب طاقة الإشعاع الساقط.

$$\begin{aligned} E &= \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{\lambda} \\ &= \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{348 \text{ nm}} = 3.56 \text{ eV} \end{aligned}$$

بالتعويض $\lambda = 348 \text{ nm}$

لحساب طاقة الإلكترون المتحرر ا طرح اقتران الشغل من طاقة الإشعاع الساقط.

$$\begin{aligned} KE &= hf - hf_0 = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} \\ &= E - W \\ &= 3.56 \text{ eV} - 2.31 \text{ eV} \\ &= 1.25 \text{ eV} \end{aligned}$$

دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستخدام الأرقام المعنوية ص 164 و 165.

$$\begin{aligned} W &= \frac{hc}{\lambda_0}, E = \frac{hc}{\lambda} \\ \text{بالتعويض } E &= 3.56 \text{ eV}, W = 2.31 \text{ eV} \end{aligned}$$

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ إجراء التحليل البعدي على الوحدات يؤكد أن وحدة eV هي الوحدة المناسبة للطاقة الحركية KE .
- هل للإشارة معنى؟ الطاقة الحركية موجبة دائمًا.
- هل الجواب منطقي؟ ينبغي أن تكون الطاقات مقادير قليلة من الإلكترون فولت.

مسائل تدريبية

6. احسب تردد العتبة للزنك بوحدة Hz واقتران الشغل بوحدة eV إذا كان طول موجة العتبة للزنك 310 nm .
7. ما مقدار الطاقة الحركية بوحدة eV للإلكترونات المتحررة من السيزيوم عندما يسقط عليه ضوء بنفسجي طوله الموجي 425 nm إذا كان اقتران الشغل له 1.96 eV ؟
8. تتحرر من فلز إلكترونات بطاقات 3.5 eV عندما يضاء بإشعاع فوق بنفسجي طوله الموجي 193 nm . ما مقدار اقتران الشغل لهذا الفلز؟
9. إذا كان اقتران الشغل لفلز 4.50 eV فما مقدار أكبر طول موجي للإشعاع الساقط عليه، بحيث يكون قادرًا على تحرير إلكترونات منه؟

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

التحكم الآلي للأبواب كثير من أبواب المجمعات التجارية تفتح آليًا عندما يقترب منها الناس. تعمل هذه الأبواب غالبًا بطريقة دوائر إلكترونية تحتوي على خلايا كهروضوئية، حيث تعمل بدائرتين كهربائيتين، الأولى تحوي خلية كهروضوئية يسقط عليها الضوء باستمرار لينتج تيار كهربائي في الدائرة، وفيها كذلك أداة للتحكم الآلي (مُرْحَل)، وهي عبارة عن مغناطيس كهربائي يتحكم في فتح وإغلاق الدائرة الثانية التي تتحكم في فتح الباب وإغلاقه. في الوضع الطبيعي تكون الدائرة الأولى مغلقة بسبب سقوط الضوء على الخلية الكهروضوئية، والدائرة الثانية مفتوحة والباب مغلق. وعندما يمر شخص أو جسم ينقطع الضوء عن الخلية فيفقد المغناطيس الكهربائي مغناطيسيته ويتوقف عن جذب ذراع المفتاح، فيعمل نابض على سحب ذراع المفتاح فتغلق الدائرة الثانية، وعندما يفتح الباب.

تعزير الفهم

تغيرات زخم الفوتون يفقد الإلكترون جزءاً من زخمه عندما يتباطأ، لكن الفوتون لا يتباطأ لأنه ينتقل بسرعة الضوء في ذلك الوسط. ولكن زخمه يتناقص عندما يزداد طوله الموجي.

استخدام التشابه

تأثير كومبتون يدرس الطلاب التشابه الميكانيكي التالي لتأثير كومبتون: إن تفاعل فوتون أشعة-X والذرة يشبه ارتداد حبة البازلاء عن كرة البولينج؛ حيث يكون تأثير كرة البولينج ضعيفاً نتيجة التصادم؛ بسبب كتلتها الكبيرة جداً بالنسبة لحبة البازلاء. لكن التفاعل بين فوتون أشعة-X والإلكترون يشبه كثيراً التصادم بين كرتي بلياردو؛ حيث مقدار زخم كل منهما هو نفسه.

تطوير المفهوم

■ **دلالة الفوتون** الظاهرة الكهروضوئية وتأثير كومبتون هما الظاهرتان الرئيستان اللتان تُظهران الخصائص الجسيمية للإشعاع الكهرومغناطيسي. إن مبدأ التكميم الذي قدمه بلانك كحل رياضي لهذه المسألة المحيرة كان قد استخدمه أينشتاين للتعبير عن النموذج الجسيمي للضوء.

■ إسهامات كومبتون في الحرب العالمية

الثانية كان كومبتون أحد العلماء القياديين في مشروع منهاتن لتطوير القنبلة الذرية؛ فقد أشرف كومبتون على البحث في الطرائق الخاصة لإنتاج البلوتونيوم.

The Compton Effect تأثير كومبتون

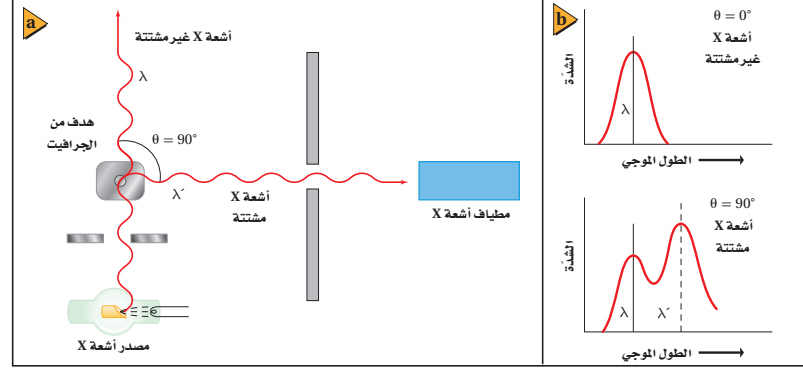
يُظهر التأثير الكهروضوئي أن للفوتون - رغم أنه ليس له كتلة - طاقة حركية، تماماً كما للجسيمات. وفي عام 1916م اقترح أينشتاين أن الفوتون يجب أن يكون له خاصية جسيمية أخرى، هي الزخم. ويُنَّ أن زخم الفوتون يجب أن يساوي E/c . ولأن $E = hf$ و $f/c = 1/\lambda$ فإن زخم الفوتون يعطى بالمعادلة:

$$p = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

زخم الفوتون يساوي حاصل قسمة ثابت بلانك على الطول الموجي للفوتون.

اختبرت تجارب أجراها الفيزيائي الأمريكي آرثر هولي كومبتون عام 1922م نظرية أينشتاين. وقد دعمت نتائج تجارب كومبتون النموذج الجسيمي للضوء. سلط كومبتون أشعة X ذات طول موجي معلوم على هدف من الجرافيت، كما هو موضح في الشكل 8-6a، وقاس الأطوال الموجية لأشعة X التي شتتها الهدف. لاحظ كومبتون أن بعض أشعة X المشتتة لم يتغير طولها الموجي، في حين أصبح لبعضها الآخر طول موجي أكبر مما للإشعاع الساقط. وُضحت هذه النتائج في الشكل 8-6b. لاحظ أن الطول الموجي المقابل لأشعة X شدة أشعة X غير المشتتة يتطابق مع مثيله لأشعة X الساقطة، بينما الطول الموجي المقابل لأشعة X المشتتة أكبر من مثيله لأشعة X الساقطة.

تذكر أن معادلة طاقة الفوتون $E = hf$ يمكن كتابتها أيضاً على شكل $E = hc/\lambda$. تظهر المعادلة الثانية أن طاقة الفوتون تتناسب عكسياً مع طول الموجي. إذن الزيادة في الطول الموجي الذي لاحظته كومبتون تعني أن فوتونات أشعة X قد فقدت طاقة وزخماً. تسمى الإزاحة في طاقة الفوتونات المشتتة تأثير كومبتون. وهذه الإزاحة في الطاقة صغيرة جداً، 10^{-3} nm تقريباً، ولها تأثير قابل للقياس فقط عند استخدام أشعة X بأطوال موجية في حدود 10^{-2} nm أو أقل.



مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

منحنى I-f لتأثير كومبتون لمساعدة الطلاب على فهم أن الفوتونات المشتتة لها طاقة أقل من الفوتونات غير المشتتة، ارسم المنحنيين البيانيين الموضحين في الشكل 8-7 كمنحنى I-f الموضح في الرسم البياني في الشكل 8-1. اقترح على الطلاب مناقشة تفسير هذه المنحنيات من حيث مناقشة ربطها بالرسم البياني في الشكل 8-1. واطلب إليهم ملاحظة أن التردد الذي تنبعث عنده أقصى كمية من الطاقة بواسطة فوتونات أشعة-X التي تشتتت عند زاوية 90° أقل من التردد الذي تنبعث عنده الكمية العظمى من الطاقة بواسطة فوتونات أشعة-X التي تشتتت عند زاوية 0°؛ وذلك لأن طاقة فوتون أشعة-X ترتبط مباشرة مع الطول الموجي لأشعة-X، وطاقة الفوتونات المشتتة أقل من طاقة الفوتونات غير المشتتة. **1٤ بصري-مكاني**

مناقشة

سؤال هل تشبه الطبيعة النظرية للضوء حقيقة حدوث المد والجزر؟
الإجابة نعم، لأن المد والجزر لا يحدثان في الوقت نفسه.

3. التقويم

التحقق من الفهم

ظاهرة التأثير الكهروضوئي أسأل الطلاب الأسئلة التالية: إذا شع مصدر ضوئي أحادي التردد على سطح حساس للضوء فإنه يولد تياراً من الإلكترونات المنبعثة. ماذا يحدث للتيار إذا ازدادت شدة المصدر الضوئي؟ يزداد التيار أيضاً. إذا نقص تردد الضوء الذي يشع على السطح فماذا يحدث للتيار؟ سيقبل. وعند تردد معين، يسمى تردد العتبة، ينخفض التيار الضوئي إلى الصفر بشكل مفاجئ. 2 م

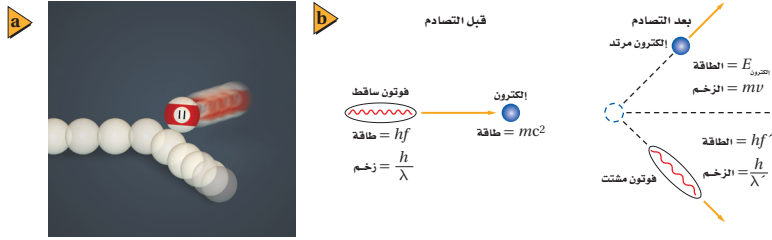
إعادة التدريس

حفظ الطاقة ذكر الطلاب أن الطاقة محفوظة في التأثير الكهروضوئي، واكتب العبارة التالية: الطاقة الداخلة تساوي الطاقة الناتجة. أشر إلى أن الطاقة الداخلة هي طاقة الفوتون hf ، ثم اطلب إلى الطلاب تحديد الطاقة الناتجة. الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون (اقتران الشغل، hf_0) والطاقة الحركية للإلكترون المتحرر KE .

$$E_{\text{ناجمة}} = E_{\text{داخلة}}$$

$$hf = hf_0 + KE$$

1 م نقوي



الشكل 8-7 تصادم كرتي بلياردو (a) يشبه تماماً ما يحدث عند اصطدام فوتون بإلكترون، حيث إن الطاقة والزخم اللذين يكتسبهما الإلكترون يساويان الطاقة والزخم اللذين يفقدتهما الفوتون (b).

في التجارب الأخيرة، لاحظ كومبتون تحرك إلكترونات من حاجز الجرافيت خلال إجراء التجربة، فاقترح أن فوتونات أشعة X اصطدمت بالإلكترونات الموجودة في هدف الجرافيت، ونقلت الطاقة والزخم إليها. اعتقد كومبتون أن تصادمات الفوتون-إلكترون هذه مشابهة تماماً لتصادمات المرن في كرات البلياردو، كما هو موضح في الشكل 8-7. واختبر هذه الفكرة من خلال قياس طاقة الإلكترونات المتحررة، ووجد كومبتون أن الطاقة والزخم اللذين تكتسبهما الإلكترونات يساويان الطاقة والزخم اللذين تفقدتهما الفوتونات، لذا فإن الفوتونات تحقق قانوني حفظ الزخم والطاقة عندما تصطدم بجسيمات أخرى.

8-1 مراجعة

10. التأثير الكهروضوئي لماذا يكون الضوء ذو الشدة العالية والتردد المنخفض غير قادر على تحرير إلكترونات من فلز، في حين يكون الضوء ذو الشدة المنخفضة والتردد العالي قادراً على ذلك؟ فسر إجابتك.
11. تردد إشعاع الجسم الساخن وطاقته كيف يتغير تردد الإشعاع المقابل لأعلى شدة عندما ترتفع درجة حرارة الجسم؟ وكيف تتغير الكمية الكلية للطاقة المنبعثة؟
12. التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون سلط عالم أشعة X على هدف، فانطلق إلكترون من الهدف دون أن ينبعث أي إشعاع آخر. وضح إذا كان هذا الحدث ناتجاً عن التأثير الكهروضوئي أم عن تأثير كومبتون.
13. التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون ميز بين التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون.
14. التأثير الكهروضوئي اصطدم ضوء أخضر $\lambda = 532 \text{ nm}$ بفيلز ما، فحرر إلكترونات منه. إذا تم إيقاف هذه الإلكترونات باستخدام فرق جهد 1.44 V ، فما مقدار اقتران الشغل للفيلز بوحدة eV ؟
15. طاقة فوتون تبعث فوتونات طولها الموجي 650 nm من مؤشر ليزر. ما مقدار طاقة هذه الفوتونات بوحدة eV ؟
16. التأثير الكهروضوئي امتصت أشعة X في عظم، وحررت إلكترونات. إذا كان الطول الموجي لأشعة X 0.02 nm تقريباً، فقدر طاقة الإلكترون بوحدة eV .
17. تأثير كومبتون أسقطت أشعة X على عظم، فاصطدمت بالإلكترون فيه وتشتت. كيف تقارن بين الطول الموجي لأشعة X المشتتة والطول الموجي لأشعة X الساقطة؟
18. التفكير الناقد تخيل أن تصادم كرتي بلياردو يمثل التفاعل الذي يحدث بين فوتون وإلكترون خلال تأثير كومبتون. افترض أن بروتوناً-كتلته أكبر كثيراً من كتلة الإلكترون-وضع بدلاً من الإلكترون، فهل تكون الطاقة التي يكتسبها البروتون نتيجة التصادم مساوية لتلك التي يكتسبها الإلكترون؟ وهل تكون الطاقة التي يفقدها الفوتون مساوية لتلك التي يفقدها عندما يتصادم بالإلكترون؟

www.obeikaneduction.com عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني

8-1 مراجعة

10. ترتبط الطاقة مباشرة مع التردد، إذ ليس للضوء ذي التردد المنخفض طاقة كافية لتحرير إلكترون، بينما الضوء ذو التردد العالي يستطيع تحقيق ذلك.
11. إن كلاً من تردد قمة الشدة والطاقة الكلية المنبعثة تزداد. تردد قمة الشدة بدلالة T ، بينما تزداد الطاقة الكلية بدلالة T^4 .
12. إنه ناتج عن التأثير الكهروضوئي، وهو عبارة عن التقاط فوتون بواسطة إلكترون في المادة وانتقال طاقة الفوتون إلى الإلكترون.
13. تأثير كومبتون عبارة عن تشتت الفوتون بواسطة المادة، منتجاً فوتوناً له طاقة وزخم أقل. التأثير الكهروضوئي هو انبعاث الإلكترونات من الفيلز عندما يسقط عليه إشعاع ذو طاقة كافية.
14. 0.890 eV
15. 1.9 eV
16. $6.0 \times 10^4 \text{ eV}$
17. أشعة X-المشتتة لها طول موجة أكبر من الأشعة الساقطة.
18. إن الإجابة عن السؤالين هي لا، تستطيع كرة التنس نقل طاقة حركية أكثر للكرة اللينة من الطاقة التي تنقلها كرة البولينج.

1. التركيز

نشاط محفّز

خصائص الموجات اطلب إلى الطلاب عنونة ثلاثة أعمدة على النحو الآتي: خصائص الجسيمات، خصائص الموجات، خصائص جسيمية للموجات. ثم كتابة أمثلة تحت كل عنوان. وبعد مناقشة قوائم الأمثلة، أشر إلى أن العمود الثالث يتضمن تصنيفاً آخر يعتمد على العمودين الأول والثاني، وهو خصائص موجية للجسيمات. وأخبر الطلاب أن هذا الجزء من الفصل يهتم بهذه الخصائص. **1٢ نفوي**

الربط مع المعرفة السابقة

الحيود - دليل السلوك الموجي درس الطلاب العلاقة بين الحيود والطول الموجي، والعلاقة بين الطول الموجي وزخم الفوتونات. سيستخدم الطلاب هذه المعرفة للتحقق من نتائج حيود الجسيمات.

2. التدريس

التفكير الناقد

التداخل اسأل الطلاب: لماذا من الصعب مشاهدة أنماط تداخل الشق المفرد لكرات السلة؟ **يجب أن يكون عرض الشق في المدى 10^{-32} - 10^{-34} m، هو أصغر كثيراً جداً (أصغر من 10^{31} - 10^{33} مرة تقريباً) من قطر كرة السلة. 3م**

تطوير المفهوم

الطاقة والزخم وضح للطلاب أن كلاً من الجسيمات والموجات الكهرومغناطيسية يمكن أن يكون لها طاقة وزخم. أما للجسيمات فإن كلاً منهما مرتبط مع الكتلة، وأما في الموجات فإن كلاً منهما مرتبط مع المجال الكهرومغناطيسي.

استخدام الشكل 8 - 8

وضّح أن هذا النمط من التداخل الثنائي الأبعاد للإلكترون ينتج لأن ترتيب الذرات في البلورة يشبه محزوز ثلاثي الأبعاد.

أظهر كل من التأثير الكهروضوئي وتشتت كومبتون أن للموجات الكهرومغناطيسية العديمة الكتلة زخم وطاقة كالجسيمات. إذا كان للموجات الكهرومغناطيسية خصائص جسيمية، فهل يمكن للجسيمات أن تسلك سلوك الموجات، وذلك بأن تظهر التداخل والحيود؟ أي: هل للجسيمات خصائص موجية؟ توقع العالم دي بروي عام 1923م أن للجسيمات المادية خصائص موجية. وكان هذا التوقع غير عادي، وقد قوبل بالرفض من علماء آخرين حينها، حتى قرأ أينشتاين أبحاث دي بروي العلمية وأيده في ذلك.

موجات دي بروي De Broglie Waves

تذكر أن زخم الجسم يساوي كتلته مضروبة في سرعته $p = mv$. وقياساً على زخم الفوتون $p = h/\lambda$ ، توقع دي بروي أن زخم الجسيم يعبر عنه بالمعادلة التالية:

$$p = mv = \frac{h}{\lambda}$$

يمثل الطول الموجي في العلاقة أعلاه الطول الموجي المصاحب للجسيم المتحرك، ويسمى طول موجة دي بروي. وتعطي المعادلة التالية طول موجة دي بروي مباشرة.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

طول موجة دي بروي المصاحبة لجسيم متحرك تساوي حاصل قسمة ثابت بلانك على زخم الجسيم.

اعتماداً على نظرية دي بروي، ينبغي أن تُظهر جسيمات مثل الإلكترونات والفوتونات خصائص موجية. إلا أنه لم يسبق أن لوحظت تأثيرات مثل التداخل والحيود للجسيمات. لذا كان إنجاز دي بروي عظيمًا، رغم وجود شك كبير في نظريته. وفي عام 1927م أجريت تجربتان مستقلتان أثبتت نتائجهما أن الإلكترونات تحيد تمامًا كالضوء. ففي إحدى التجربتين سلّط العالم الإنجليزي جورج تومسون حزمة من الإلكترونات على بلورة رقيقة جداً؛ وذلك لأن ذرات البلورات مرتبة بنمط منتظم يجعلها تعمل عمل محزوز حيود. وكوّنت الإلكترونات التي حدث لها حيود الأنماط نفسها التي تكوّن أشعة X التي لها الطول الموجي نفسه. ويوضح الشكل 8-8 النمط الذي يكوّنه حيود الإلكترونات. وفي الولايات المتحدة الأمريكية أجرى كلينتون دافيسون ولاستر جيرمر تجربة مشابهة مستخدمين إلكترونات منعكسة ومحاددة عن بلورات سميكة. وأثبتت التجربتان أن للجسيمات المادية خصائص موجية.

إن الطبيعة الموجية للأجسام التي تراها وتتعامل معها يومياً لا يمكن ملاحظتها لأن أطوالها الموجية قصيرة جداً. فمثلاً، لكي ندرس طول موجة دي بروي المصاحبة لكرة مضرب كتلتها 0.145 kg وسرعتها لحظة مغادرة المضرب 38 m/s.

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}}{(0.145 \text{ kg})(38 \text{ m/s})} = 1.2 \times 10^{-34} \text{ m}$$

فإن هذا الطول الموجي أصغر كثيراً من أن يكون له تأثيرات ملاحظة. لكن كما ستري في المثال التالي، فللجسيمات الصغيرة جداً - كالإلكترون مثلاً - طول موجي يمكن ملاحظته وقياسه.

الشكل 8-8 تظهر أنماط حيود الإلكترونات - كهذا النمط الخاص ببلورة زركونيوم مكعبة - الخصائص الموجية للجسيمات.



8-2 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11

اختبار قصير 2-8، ص 50

شريحة التدريس 3-8 ص 58

شريحة التدريس 4-8 ص 60

ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 8، ص 62

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 39

تعزير الفهم

دليل السلوك الموجي أسأل الطلاب: ما تفاعل الموجات الذي يسبب نمط الحلقات المضيفة والمعتمة في الشكل 8-8؟ **التداخل**. **2م** بصري - مكاني

مثال صفي

سؤال ما طول موجة دي برولي (بوحدّة النانومتر) لإلكترون يتسارع خلال فرق جهد مقداره 0.90 V؟

الجواب

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}mv^2 &= -qV \\ \frac{1}{2}(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(v^2) &= (1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(0.90 \text{ V}) \\ v &= 5.6 \times 10^5 \text{ m/s} \\ p &= mv \\ &= (9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(5.6 \times 10^5 \text{ m/s}) \\ p &= 5.1 \times 10^{-25} \text{ kg}\cdot\text{m/s} \\ \lambda &= \frac{h}{p} \\ &= 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} / 5.1 \times 10^{-25} \text{ kg}\cdot\text{m/s} \\ \lambda &= 1.3 \times 10^{-9} \text{ m} = 1.3 \text{ nm} \end{aligned}$$

مسائل تدريبية

19. **a.** $1.1 \times 10^{-35} \text{ m}$

b. الطول الموجي قصير جداً لإحداث تأثيرات يمكن مشاهدتها.

20. $9.4 \times 10^6 \text{ m/s}$ ، $7.7 \times 10^{-11} \text{ m}$

21. 96.5 V

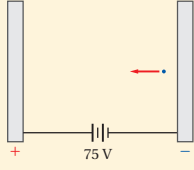
22. $4.2 \times 10^{-2} \text{ eV}$

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

الموجة والجسيم أسأل الطلاب عما إن كان صحيحاً القول: إن إلكترونًا يسلك سلوك جسيم تحت بعض الظروف، وسلوك موجة تحت ظروف أخرى؟ **لا**. يجب اعتبار الخصائص الجسيمية والموجية معاً، ومجرد ظروف معينة هي التي تُظهر إحدى الخاصيتين أكثر من الأخرى.

مثال 3

طول موجة دي برولي إذا تسارع إلكترون خلال فرق جهد 75 V، فما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة له؟



1 تحليل المسألة ورسمها

• ضمّن رسمك اللوحين الموجب والسالب.
المطلوب
 $V = 75 \text{ V}$ $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
 $q = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
المجهول
 $\lambda = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

اكتب علاقيتين لطاقة حركة الإلكترون؛ الأولى بدلالة فرق الجهد، والأخرى بدلالة الحركة، واستخدمهما لحساب سرعة الإلكترون

$$KE = -qV, KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = -qV$$

$$v = \sqrt{\frac{-2qV}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{-2(-1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(75 \text{ V})}{(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})}}$$

$$= 5.1 \times 10^6 \text{ m/s}$$

$$p = mv$$

$$= (9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(5.1 \times 10^6 \text{ m/s})$$

$$= 4.6 \times 10^{-24} \text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}}{4.6 \times 10^{-24} \text{ kg}\cdot\text{m/s}}$$

$$= 1.4 \times 10^{-10} \text{ m} = 0.14 \text{ nm}$$

ساو بين علاقتي الطاقة الحركية KE.

حل بالنسبة إلى المتغير v

$$m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$q = -1.60 \times 10^{-19} \text{ C}, V = 75 \text{ V}$$

حل بالنسبة إلى العزم

$$m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$v = 5.1 \times 10^6 \text{ m/s}$$

حل بالنسبة إلى طول موجة دي برولي

$$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

$$p = 4.6 \times 10^{-24} \text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

دليل الرياضيات

فصل المتغير ص 175.

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ التحليل البعدي للوحدات يثبت أن وحدة m/s للسرعة v، ووحدة nm للطول الموجي λ.
- هل للإشارات معنى؟ القيم الموجبة متوقعة لكل من v و λ.
- هل الجواب منطقي؟ الطول الموجي قريب من 0.1 nm، والذي يقع في منطقة الطول الموجي لأشعة X في الطيف الكهرومغناطيسي.

مسائل تدريبية

- تدحرج كرة بولنج كتلتها 7.0 kg بسرعة 8.5 m/s، أجب عما يلي:
 - ما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة للكرة؟ **b.** لماذا لا تُظهر كرة البولنج سلوكاً موجياً ملاحظاً؟
- إذا تسارع إلكترون خلال فرق جهد 250 V، فاحسب مقدار سرعته وطول موجة دي برولي المصاحبة له.
- ما مقدار فرق الجهد اللازم لمسارعة إلكترون بحيث يكون طول موجة دي برولي المصاحبة له 0.125 nm؟
- طول موجة دي برولي للإلكترون في المثال 3 يساوي 0.14 nm. ما مقدار الطاقة الحركية بوحدّة eV لبروتون ($m = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$) إذا كان له الطول الموجي نفسه؟

طرائق تدريس متنوعة

نشاط

ضعاف السمع لتوضيح مبدأ عدم التحديد، اطلب إلى الطلاب ضعاف السمع محاولة تحديد مواقع لأجسام مختلفة صغيرة، وخفيفة الوزن وغير قابلة للكسر، وذلك بدرجة كرة مطاطية على سطح الأرض في اتجاهها. عندما تصطدم الكرة بجسم وتدفعه بعيداً عن موقعها السابق، أسأل الطلاب ما الذي كشفه تفاعل الكرة والجسم بالنسبة لموقع الجسم؟ **إنه يكشف أين كان موقع الجسم قبل التأثير فيه، وليس أين هو الآن.** فسّر التماثل التالي: عند محاولة تحديد موقع جسيم ذري بدقة باستخدام الضوء، فإن تفاعل الجسيم مع فوتون نشط يسبب عدم تحديد في قياس آخر للجسم، وهو زخمه. **2م حركي**

تطوير المفهوم

مبدأ عدم التحديد في القياسات مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج ينص على أن حاصل ضرب الأخطاء في قياس أزواج معينة من الكميات الفيزيائية كالزخم والموقع، أو الطاقة والزمن، يساوي تقريباً ثابت بلانك.

3. التقويم

التحقق من الفهم

موجات المادة أسأل الطلاب لماذا لا نرى أمثلة على السلوك الشبيه بالسلوك الموجي للأجسام التي نتعامل معها يومياً؟ لأن أطوال موجة دي برولي لتلك الأجسام صغيرة جداً؛ بحيث لا يمكن كشف تأثيرها في سلوك المادة. 2م

التوسع

عدم التحديد اقترح على الطلاب الرجوع إلى أي كتاب أو مقالة أو بحث أو أي موقع إلكتروني يبحث في موضوع عدم التحديد والعلماء الذين كتبوا عن هذا الموضوع واكتب ملخصاً عن ذلك.

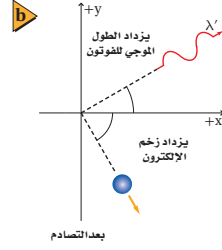
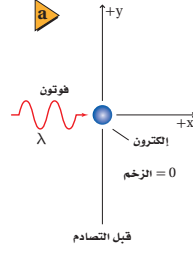
1م بصري-مكاني

مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 4-8

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

الجسيمات والموجات Particles and Waves



الشكل 9-8 يمكن أن يرى الجسيم فقط عندما يثبث الضوء عنه. لذا فإن الإلكترون يثبث غير محدد (Δ). حتى يصطدم به فوتون (b). يثبث التصادم كلا من الفوتون والإلكترون ويغير من زخميهما.

هل الضوء جسيم أم موجة؟ تشير الدلائل إلى أن كلا من النموذج الجسيمي والنموذج الموجي يلزمان لتفسير سلوك الضوء. وقد قادت نظرية الكم والطبيعة المزدوجة للإشعاع الكهر ومغناطيسي إلى مبادئ علمية وتطبيقات رائعة، كما سنكتشف لاحقاً. والمجهر الأنوبي المساح (STM) من هذه التطبيقات، وسوف يتم مناقشته في جزء "كيف تعمل".

تحديد الموقع والزخم من المنطقي أن تفكر أنه حتى تحدد خصائص جسيم ما بدقة فسوف تكون بحاجة إلى أن تبتكر تجربة تقيس مباشرة الخصائص المطلوبة. فمثلاً لا تستطيع أن تقرر ببساطة أن جسيماً في موقع ما يتحرك بسرعة محددة. وبدلاً من ذلك، يجب أن تجري تجربة لتحديد موقع الجسيم وتقيس سرعته.

كيف يمكنك تحديد موقع جسيم؟ لتصنع ذلك عليك أن تلمسه، أو أن تعكس ضوءاً عنه. إذا استخدم ضوء فإنه يجب تجميع الضوء المنعكس عن الجسيم بجهاز أو بالعين المجردة. إلا أنه بسبب تأثيرات الحيود فإن الضوء المستخدم لتحديد موقع الجسيم ينتشر، مما يجعل من المستحيل تحديد موقعه بدقة. غير أن استخدام ضوء أو إشعاع ذي طول موجي أقصر يقلل من الحيود، مما يسمح بتحديد موقع الجسيم بدقة أكبر.

مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج نتيجة تأثير كومبتون فإنه عندما يصطدم إشعاع طوله الموجي قصير وطاقته عالية بجسيم فإن زخم الجسيم يتغير، كما في الشكل 9-8. وبناء على ذلك، يؤثر تحديد موقع الجسيم بدقة في تغير زخمه. وكلما زادت الدقة في تحديد موقع جسيم ازداد عدم التحديد في قياس زخمه. وبالطريقة نفسها إذا تم قياس زخم الجسيم بدقة فإن موقعه يتغير ويصعب أقل تحديداً. ألخصت هذه الحالة في مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج، والذي ينص على أنه من غير الممكن قياس زخم جسيم وتحديد موقعه بدقة في الوقت نفسه. إن هذا المبدأ - والذي سُمي باسم الفيزيائي الألماني فيرنر هيزنبرج - هو نتيجة للطبيعة المزدوجة للضوء والمادة، ويجبرنا مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج أن هناك حداً للدقة في قياس الموقع والزخم.

8-2 مراجعة

23. الخصائص الموجية صف التجربة التي أثبتت أن للجسيمات خصائص موجية.
24. الطبيعة الموجية فسر لماذا لا تظهر الطبيعة الموجية للمادة؟
25. طول موجة دي برولي ما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة لإلكترون يتسارع خلال فرق جهد 125 V؟
26. الأطوال الموجية للمادة والإشعاع عندما يصطدم إلكترون بجسيم ثقيل فإن سرعة الإلكترون وطول موجته يتناقصان. بناء على ذلك، كيف يمكن زيادة الطول الموجي لفوتون؟
27. مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج عندما يمر ضوء أو حزمة

غير المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

8-2 مراجعة

23. عندما تسقط حزمة من الإلكترونات على قطعة من الكريستال فإن الكريستال يعمل كمحزوز حيود؛ بحيث يجعل الإلكترونات تشكل نمط حيود. إن حيود الإلكترونات (الجسيمات) يشبه حيود الضوء (الموجات) خلال المحزوز.
24. الأطوال الموجية لمعظم الأجسام أصغر جداً من أن يتم الكشف عنها.
25. 0.110 nm.
26. إذا كان الفوتون يخضع لتشتت كومبتون مع هدف ثابت فإن الطول الموجي للفوتون سيزداد.
27. إذا استطعت تحديد الموقع الدقيق لفوتون أو ذرة عندما تعبر خلال الشق فإنك لن تستطيع معرفة زخمه بدقة. لذلك فإنك لن تكون متأكداً من أي الشقوق قد عبرت الحزمة الناتجة عن توزيع الفوتونات أو الذرات التي يمكن مشاهدتها في نمط التداخل.
28. لمحزوز الحيود يكون $\lambda = d \sin \theta$ ، حيث d البعد بين الشقوق و θ الفصل الزاوي بين القمم المتتالية؛ لذلك فإن طول موجة دي برولي $\lambda = (250 \text{ nm}) \sin \theta$. إذا اعتبرنا أن $\sin \theta$ يساوي 0.1 تقريباً فإن طول موجة دي برولي تساوي بضع عشرات من النانومتر.

مختبر الفيزياء

مختبر الفيزياء

نمذجة التأثير الكهروضوئي

تعرف عملية انبعاث الإلكترونات من جسم عندما يسقط إشعاع كهرومغناطيسي عليه بالتأثير الكهروضوئي. وتحرر الإلكترونات من الجسم فقط عندما يكون تردد الإشعاع أكبر من قيمة صغيرة محددة، تسمى تردد العتبة. سوف تتم نمذجة هذا الاستقصاء التأثير الكهروضوئي باستعمال كرات فولاذية. وسوف تختبر لماذا تحرر أنواع محددة فقط من الإشعاع الكهرومغناطيسي إلكترونات ضوئية.

سؤال التجربة

كيف يمكن استعمال كرات فولاذية لنمذجة التأثير الكهروضوئي؟

الأهداف

- تصمم نموذجاً لاستقصاء التأثير الكهروضوئي.
- تصف كيف ترتبط طاقة الفوتون مع تردده.
- تستخدم التفسيرات العلمية لتفسير لماذا لا تستطيع الظواهر الجاهرية (الماكروسكوبية) تفسير السلوك الكمي للذرة.

المواد والأدوات

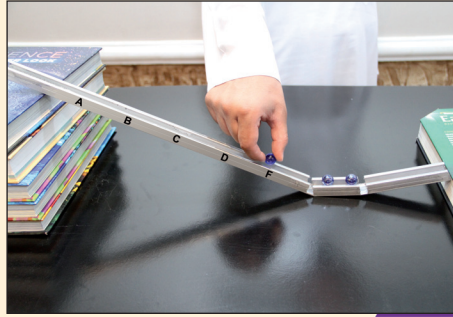
ثلاث كرات فولاذية، مجرى أو مسار فيه أبعاد (قناة) على شكل حرف U، أو داعم رف)، كتب، أقلام تخطيط حراء، وبرتقالية، وصفراء، وخضراء، وزرقاء، وبنفسجية (أو لاصقات ملونة)، مسطرة متريّة، كحول أيزوبروبيلي.

الخطوات

1. شكّل المجرى أو القناة كما هو موضح في الصورة، واستعمل عدة كتب لدعمها، كما هو موضح. تأكد أن الكتب لا تغلق نهايتي المجرى.
2. اكتب الحرف R باستعمال قلم التخطيط الأحمر على القناة على ارتفاع 4 cm فوق الطاولة كما هو موضح. تمثل R الأحمر.
3. اكتب الحرف V باستعمال قلم التخطيط البنفسجي على القناة على ارتفاع 14 cm فوق الطاولة كما هو موضح. الرمز V يمثل اللون البنفسجي. استعمال أقلام التخطيط الملونة الأخرى لوضع علامات للأزرق B، وللأخضر G، وللأصفر Y، وللبرتقالي O على مسافات متساوية بين العلامتين R و V، كما هو موضح في الصورة.
4. ضع كرتين فولاذيتين عند أخفض نقطة على القناة. تمثل هاتان الكرتان إلكترونات التكافؤ للذرة.
5. أمسك كرة فولاذية، وضعها عند الموقع R على القناة. تمثل هذه الكرة الفوتون الساقط للضوء الأحمر. لاحظ أن طاقة فوتون الضوء الأحمر أقل من طاقة ألوان الضوء الأخرى التي تم نمذجتها.
6. أفلت الكرة الفولاذية (الفوتون)، ولاحظ ما إذا كان لها طاقة كافية لتحرير إلكترون تكافؤ من الذرة؛ أي راقب ما

احتياطات السلامة

- احفظ الكحول الأيزوبروبيلي بعيداً عن اللهب المشتعل.
- لا تبتلع الكحول الأيزوبروبيلي.
- يسبب الكحول الأيزوبروبيلي جفاف الجلد.



عينة بيانات

ملاحظات	اللون
تتحرك كرة واحدة، لكنها لا تغادر المسار	أحمر
تتحرك كرة واحدة، لكنها لا تغادر المسار	برتقالي
تتحرك كرة واحدة، لكنها لا تغادر المسار	أصفر
كرة واحدة تغادر المسار، ولكن الكرة الأخرى تبقى على المسار	أخضر
كرة واحدة تغادر المسار، ولكن الكرة الأخرى تبقى على المسار	أزرق
كرة واحدة تغادر المسار، ولكن الكرة الأخرى تبقى على المسار	بنفسجي
كرة واحدة تتحرك قليلاً، ولكنها لا تغادر المسار	أقل من الأحمر
كرة واحدة تغادر المسار، ولكن الكرة الأخرى تبقى على المسار	أعلى من البنفسجي

الزمن المقدر حصّة مختبر واحدة. (حصتا مختبر إذا طبقت بوصفها تجربة استقصاء بديلة).

المهارات العملية الملاحظة، والاستنتاج، والمقارنة، وتفسير البيانات، والتنبؤ.

احتياطات السلامة تأكد أن الطلاب يستخدمون القفازات، والنظارات الواقية ومعطف المختبر، وحافظ على أن بقاء الكحول الأيزوبروبيلي بعيداً عن مصادر اللهب. واحذر أن يتلع الطلاب الكحول الأيزوبروبيلي عن طريق الخطأ؛ فهذا الكحول قد يسبب جفاف الجلد.

المواد والأدوات البديلة يمكن أن تستخدم الكرات الرخامية بدلاً من الكرات الفولاذية.

استراتيجيات التدريس

● ذكّر الطلاب ألا يدفعوا الكرة إلى أسفل المسار.

● اطلب إلى الطلاب أن يناقشوا محددات هذا النموذج، فمثلاً يمثل النموذج إلكترونات التكافؤ لذرة مفردة بدلاً من إلكترونات التوصيل في الفلزات التي تتحرك بحرية في الفلز.

التحليل

1. أخضر، أزرق، بنفسجي.
2. لا، حتى البنفسجي يحرق إلكترونات واحداً فقط.
3. تحت الحمراء.
4. فوق البنفسجي.
5. لا؛ حيث يتضمن الضوء المرئي أجزاء صغيرة جداً فقط من الطيف الكهرومغناطيسي. الضوء ذو التردد العالي، مثل الضوء فوق البنفسجي يستطيع تحرير إلكترون من المواد؛ ولذلك يجب أخذه في الحسبان.
6. تتناسب طاقة فوتونات الضوء تحت الحمراء، والمرئي، وفوق البنفسجي طردياً مع تردد الضوء. فكلما ازداد التردد ازدادت في المقابل طاقة الفوتونات. الفوتونات العالية الطاقة احتمالية أن تحرر إلكترونات ضوئية أكبر.

الاستنتاج والتطبيق

1. يحرك التصادم كلاً من الكرتين الفولاديتين، ولكنها تبقى على المسار.
2. أوجد طريقة لربط الكرتين الفولاديتين معاً برفق في النهاية السفلى للمسار، أو اجعل النهاية السفلى للمسار أكثر طولاً أو شديدة الانحدار.

3. تتحول الطاقة إلى حرارة تُسخن المادة.

التوسع في البحث

الأحمر:

$$f = 4.5 \times 10^{14} \text{ Hz}, E = hf = 3.0 \times 10^{-19} \text{ J};$$

الأزرق:

$$f = 7.5 \times 10^{14} \text{ Hz}, E = hf = 5.0 \times 10^{-19} \text{ J};$$

الفيزياء في الحياة

يستخدم مصورو الفوتوجرافيا الضوء الأحمر؛ لأن فوتونات الضوء الأحمر لها طاقة قليلة بحيث لا تسبب حدوث تفاعل كيميائي في الفيلم المعرض للضوء. أما فوتونات الضوء الأزرق فلها طاقة أكبر، من شأنها أن تحدث تفاعلاً كيميائياً في الفيلم.

لون أو طاقة الفوتون	الملاحظات
أحمر	
برتقالي	
أصفر	
أخضر	
أزرق	
بنفسجي	
أقل من الأحمر	
أكبر من البنفسجي	

- إذا أفلتت أباً من الكرتين من القناة. سجل مشاهداتك في جدول البيانات.
7. أزل الكرة الفولاذية التي تمثل الفوتون الساقط من الجزء السفلي من القناة. وأعد الكرتين الفولاديتين اللتين استعملتهما لتمثيل إلكترونات التكافؤ إلى مكانيهما (أخفض نقطة على القناة).
8. كرر الخطوات 5-7 لكل لون من الألوان التي حددتها على القناة. تأكد دائماً عندما تكرر الخطوات أن تكون الكرتان الفولاديتان عند أخفض نقطة على القناة. لاحظ أن طاقة فوتون الضوء البنفسجي أكبر من طاقة ألوان الضوء الأخرى التي تم نمذجتها. سجل مشاهداتك في جدول البيانات.
9. كرر الخطوات 5-7، ولكن أفلت الكرة الفولاذية التي تمثل الفوتون الساقط من نقطة أخفض قليلاً من الموقع R. سجل مشاهداتك في جدول البيانات.
10. كرر الخطوات 5-7، ولكن أفلت الكرة الفولاذية التي تمثل الفوتون الساقط من نقطة أعلى قليلاً من الموقع V. سجل مشاهداتك في جدول البيانات.
11. أجب عن السؤال 1 في بند الاستنتاج والتطبيق، ثم اختر توقعك.
12. عندما تنتهي من تنفيذ التجربة أعد جميع المواد إلى الأماكن التي حددها لك معلمك. أزل الحروف التي كتبها على القناة باستعمال الكحول الأيزوبروبيلي (أو أزل اللاصقات الملونة التي وضعتها على القناة).

التوسع في البحث

استخدم الصيغة $E = hf$ ، حيث h ثابت بلانك، و f تردد الإشعاع الكهرومغناطيسي، لحساب طاقة فوتون الضوء الأحمر، وقارنها بطاقة فوتون الضوء الأزرق.

الفيزياء في الحياة

يستخدم مصورو الفوتوجرافيا عادةً إضاءة حمراء في غرفهم المظلمة، فلماذا لا يستخدمون الضوء الأزرق؟

الفيزياء

عبر المواقع الإلكترونية

لمزيد من المعلومات عن نظرية الكم ارجع إلى الموقع الإلكتروني obeikaneducation.com.

التحليل

1. **فسر البيانات** أي ألوان فوتونات الضوء حررت إلكتروناتاً واحداً على الأقل في نموذجك؟
2. **فسر البيانات** هل لأي من الفوتونات طاقة كافية لتحرير أكثر من إلكترون واحد؟ إذا كان كذلك فحدد لون الفوتون.
3. **استخدم التماذج** في الخطوة 9، ما نوع الفوتون الذي تمثله

تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية اسأل الطلاب كيف يمكنهم نمذجة التأثير الكهروضوئي. اطلب إليهم اختيار المواد الخاصة بهم، وأن يطوروا خطوات عملية لإيجاد حلول للمسائل أعلاه. يجب أن يناقش الطلاب خطتهم واحتياجات السلامة الضرورية معك قبل البدء، واسمح لهم بحصة مختبر أخرى لإكمال التجربة.

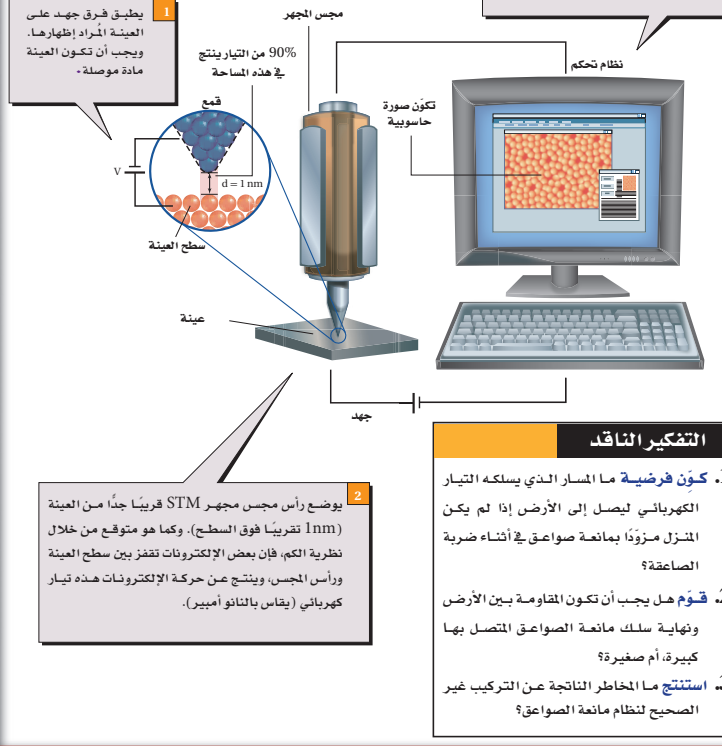
كيف يعمل

كيف يعمل

المجهر الأنبوبي الماسح؟

Scanning Tunneling Microscope?

اخترع العالمان جيرد بينج وهنرش روهريش عام 1981م المجهر الأنبوبي الماسح (STM)، وحصلوا بعد خمس سنوات على جائزة نوبل في الفيزياء. والمجهر الأنبوبي الماسح قادر على تصوير سطوح المواد بقوة تميز تصل إلى المستوى الذري. وقد مكّن هذا العلماء من تكوين صور للذرات، وكصورة ذرات السليكون الظاهرة على الشاشة أدناه. كيف يعمل STM؟



الهدف

يتعلم الطلاب كيف يوظف المجهر الأنبوبي الماسح لمعرفة خصائص إلكترونات الكمية.

الخلفية النظرية

يكون الإلكترون المرتبط مع الذرة مستقرًا؛ لأن طاقة وضعه تكون عند الحد الأدنى في مستواه. وبناءً على النموذج الجسيمي للإلكترون فإن وجوده يكون مقتصرًا على هذه المنطقة من الفراغ لأنه ليس له الطاقة الكافية لينتقل إلى مستوى طاقة أعلى، أو أن يتحرر من الذرة. لذلك فإن احتمالية وجود الإلكترون خارج مستواه تكون صفرًا.

بناءً على نموذج ميكانيكا الكم للإلكترون في الذرة فإن المستوى هو منطقة فراغ تكون احتمالية وجود الإلكترون فيها كبيرة. وعلى الرغم من الاحتمالية القليلة لوجود الإلكترون خارج مستواه إلا أنها موجودة. فعندما يبتعد رأس المجهر الأنبوبي مسافة 1 nm تقريبًا عن سطح الذرات، فإنه يمكن للمجهر الكشف عن وجود الإلكترونات خلف هذه المستويات تمامًا.

التعليم البصري

وفر خرائط طوبوجرافية للطلاب لتفحصها. اربط بين الخطوط الكتورية في الخرائط الطوبوجرافية مع الخطوط الكتورية الظاهرة في المجهر النفقي الماسح.

التوسع

اطلب إلى الطلاب دراسة مبادئ وعمليات كل من مجهر النقل الإلكتروني TEM ومجهر المسح الإلكتروني SEM والمقارنة بينهما وبين المجهر الأنبوبي الماسح STM. سيكون من المفيد مقارنة الصور المتكونة باستخدام الأنواع الثلاثة المختلفة من أجهزة المجهر.

التفكير الناقد

1. $I = \frac{q}{t}$; $q = It = (1.0 \times 10^{-9} \text{ A})(1 \text{ s}) = 1 \times 10^{-9} \text{ C}$
 $(1 \text{ C/s/A})(1 \text{ s}) = 1 \times 10^{-9} \text{ C}$
 $(6.25 \times 10^{18} \text{ e}^-/\text{C}) q = 6 \times 10^9 \text{ e}^-$
2. $I = I_0 e^{-kd} = \frac{I_0}{e^{kd}}$ وبصورة عامة إذا زادت K و $I_0 < 0$ وزادت d فإن e^{kd} تزداد؛ لذا فإن $\frac{I_0}{e^{kd}}$ تقل.
3. يؤين المادة.

المفاهيم الرئيسية

يمكن أن يستخدم الطلاب العبارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسية في الفصل.



عبر المواقع الإلكترونية

الفيزياء

قم بزيارة الموقع الإلكتروني التالي:

www.obeikaneducation.com

8-1 النموذج الجسيمي للموجات A Particle Model of Waves

المفاهيم الرئيسية	المفردات
<ul style="list-style-type: none"> تبعث الأجسام التي تسخن لدرجة التوهج ضوءاً بسبب اهتزازات الجسيمات المشحونة الموجودة في ذراتها. يُغطي طيف الأجسام المتوهجة مدى واسعاً من الأطوال الموجية. ويعتمد الطيف على درجة حرارة الأجسام المتوهجة. فسّر العالم بلانك طيف الجسم المتوهج مفترضاً أن للجسيمات مقادير محددة من الطاقة فقط، وهي تساوي مضاعفات ثابت بلانك. 	<ul style="list-style-type: none"> طيف انبعاث مكثاة التأثير الكهروضوئي تردد العتبة الفوتون اقتران الشغل تأثير كومبتون
$E = nhf$	
<ul style="list-style-type: none"> فسّر أينشتاين التأثير الكهروضوئي مفترضاً أن الضوء موجود على شكل حزم من الطاقة تسمى الفوتونات. 	
$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(1240 \text{ eV} \cdot \text{nm})}{\lambda}$	
<ul style="list-style-type: none"> التأثير الكهروضوئي هو انبعاث إلكترونات من فلزات معينة عندما تتعرض لإشعاع كهرومغناطيسي. 	
$KE = hf - hf_0$	
<ul style="list-style-type: none"> تمكن العلماء من حساب قيمة ثابت بلانك h اعتماداً على التأثير الكهروضوئي. يُقاس اقتران الشغل - والذي يكافئ طاقة ربط الإلكترون - باستخدام تردد العتبة في التأثير الكهروضوئي. يبيّن تأثير كومبتون أن للفوتون زخماً كما توقع أينشتاين. 	
$p = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$	
<ul style="list-style-type: none"> تسير الفوتونات بسرعة الضوء. ورغم أنه ليس لها كتلة إلا أن لها طاقة وزخماً. 	

8-2 موجات المادة Matter Waves

المفاهيم الرئيسية	المفردات
<ul style="list-style-type: none"> اقترح العالم دي بروي الطبيعة الموجية للجسيمات المادية، وتم التحقق منها عملياً عن طريق حيود الإلكترونات خلال البلورات. ولكل الجسيمات المتحركة طول موجي، يعرف بطول موجة دي بروي. 	<ul style="list-style-type: none"> طول موجة دي بروي مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج
$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$	
<ul style="list-style-type: none"> تتكامل الطبيعتان الجسيمية والموجية معاً لوصف الطبيعة الكاملة لكل من المادة والطاقة. ينص مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج على أنه من غير الممكن تحديد موقع وزخم أي جسيم ضوئي أو مادي بدقة في آن واحد. 	

الفصل 8 التقويم

التقويم

خريطة المفاهيم

29. انظر الصفحة المقابلة من كتاب الطالب والمتضمنة في هذا الدليل.

إتقان المفاهيم

30. يصبح الضوء أكثر احمرارًا.

31. تكميم الطاقة يعني أن الطاقة يمكن أن توجد على شكل مضاعفات صحيحة لكمية ما.

32. إن الطاقة الاهتزازية للذرات المتوهجة مكتملة.

33. الفوتون.

34. كل فوتون يحرر إلكترونًا ضوئيًا. الضوء ذو الشدة العالية يحتوي على فوتونات أكثر لكل ثانية؛ لذا يسبب تحرير عدد إلكترونات ضوئية أكثر لكل ثانية.

35. الفوتونات ذات التردد الأقل من تردد العتبة ليس لها طاقة كافية لتحرير إلكترون. إذا ازدادت شدة الضوء فإن عدد الفوتونات يزداد ولكن طاقتها لا تزداد، وتبقى الفوتونات غير قادرة على تحرير إلكترون.

36. فوتونات الضوء الأحمر ليس لها طاقة كافية لإحداث تفاعل كيميائي للفيلم الذي يتعرض له.

37. تنقل التصادمات المرنة كلاً من الزخم والطاقة فقط إذا كان للفوتونات زخم يمكنها من تحقيق المعادلات.

38. لا. لأن استخدام هذه المعادلة يجعل زخم الفوتون صفرًا؛ لأن الفوتونات مهملة الكتلة. وهذه النتيجة غير صحيحة؛ لأن الفوتونات المهملة الكتلة زخمها ليس صفرًا.

39. a. وازن بين قوة الجذب مع قوة المجال الكهربائي المؤثرتين في الشحنة.

b. وازن بين قوة المجال الكهربائي مع قوة المجال المغناطيسي لإيجاد m/q ، ثم استخدم قيمة q المقاسة.

c. شتت الإلكترونات عن سطح الكريستال وقم بقياس زوايا الحيود.

خريطة المفاهيم

29. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: الطبيعة المزدوجة، الكتلة، الخصائص الموجية، الزخم، الحيود.



إتقان المفاهيم

30. الضوء المتوهج يضبط مصباح كهربائي متوهج باستخدام مفتاح تحكم. ماذا يحدث للون الضوء الصادر عن المصباح عند إدارة مفتاح التحكم إلى أقل قراءة؟

31. وضح مفهوم تكمية الطاقة.

32. ما الذي تم تكميته في تفسير ماكس بلانك لإشعاع الأجسام المتوهجة؟

33. ماذا تسمى كميات الضوء؟

34. سلط ضوء على مهبط خلية ضوئية، وكان تردد الضوء أكبر من تردد العتبة لفلز المهبط. كيف تفسر نظرية أينشتاين للتأثير الكهروضوئي حقيقة زيادة تيار الإلكترونات الضوئية كلما زادت شدة الضوء؟

35. وضح كيف فسرت نظرية أينشتاين حقيقة أن الضوء الذي تردده أقل من تردد العتبة لفلز لا يحرر إلكترونات ضوئية منه، بغض النظر عن شدة الضوء؟

36. افيلم الفوتوجرافي لأن أنواعاً معينة من أفلام الأبيض والأسود ليست حساسة للضوء الأحمر، فإنه يمكن تغميضها في غرفة مظلمة مضاء بضوء أحمر. فسّر ذلك بناءً على نظرية الفوتون للضوء.

37. كيف أظهر تأثير كومبتون أن للفوتونات زخماً، كما أن لها طاقة؟

38. الزخم p لجسيم مادي يعطى بالمعادلة $p = mv$. هل تستطيع حساب زخم فوتون مستخدماً المعادلة نفسها؟ وضح إجابتك.

39. وضح كيف يمكن قياس الخصائص التالية للإلكترون؟

a. الشحنة

b. الكتلة

c. الطول الموجي

40. وضح كيف يمكن قياس الخصائص التالية للفوتون؟

a. الطاقة

b. الزخم

c. الطول الموجي.

تطبيق المفاهيم

41. استخدم طيف الانبعاث لجسم متوهج عند ثلاث درجات حرارة مختلفة، كما في الشكل 8-1 للإجابة عن الأسئلة الآتية:

a. عند أي تردد تكون شدة الانبعاث أكبر ما يكون لكل من درجات الحرارة الثلاث؟

b. ماذا تستنتج عن العلاقة بين التردد الذي تكون عنده شدة الإشعاع المنبعث أكبر ما يمكن وبين درجة حرارة الجسم المتوهج؟

c. بأي معامل تتغير شدة الضوء الأحمر المنبعث عندما تزداد درجة الحرارة من 4000 K إلى 8000 K؟

42. وضع قضيبان من الحديد في النار، فتوهج أحدهما باللون الأحمر الداكن، بينما توهج الآخر باللون البرتقالي الساطع. أي القضيبين:

a. أكثر سخونة؟

b. يشع طاقة أكبر؟

40. a. قس الطاقة الحركية KE للإلكترونات المتحررة من الفلز بطولين موجيين اثنين مختلفين على الأقل. أو قس الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة من معدن معلوم عند طول موجي واحد فقط.

b. قس التغير في الطول الموجي لأشعة X المشتتة بواسطة المادة.

c. قس زاوية الحيود عندما ينفذ الضوء خلال شقين أو محزوز حيود، وفسر عرض نمط الحيود للشق المفرد، أو قس الزاوية التي ينحرف الضوء عندها عند نفاذه خلال المنشور.

تطبيق المفاهيم

41. a. $4000\text{K}: \sim 2.5 \times 10^{14}\text{Hz}$, $5800\text{K}: \sim 3.5 \times 10^{14}\text{Hz}$, $8000\text{K}: \sim 4.6 \times 10^{14}\text{Hz}$

b. يزداد تردد الذروة (أكبر تردد) بزيادة درجة الحرارة.

c. تزداد الشدة في الجزء الأحمر من الطيف من 0.5 إلى 9.2 تقريباً، وتكون الزيادة بمعامل أكبر قليلاً من 18.

b. البرتقالي الساطع

a. 42. البرتقالي الساطع

تقويم الفصل 8

تقويم الفصل 8

43. ليس ضرورياً، يتناسب عدد الإلكترونات المنبعثة طردياً مع عدد الفوتونات الساقطة أو مع شدة الضوء، وليس تردده.

44. a. الضوء الأزرق له تردد وطاقة أقل من الضوء فوق البنفسجي؛ لذلك فإن التنجستون له تردد عتبة أكبر.
b. التنجستون.

45. قطر كرة البيسبول 0.10 m تقريباً، بينما طول موجة دي برولي 10^{-34} m، وبذلك تكون كرة البيسبول أكبر بـ 10^{33} مرة من طول الموجة دي برولي.

إتقان حل المسائل

8-1 النموذج الجسيمي للموجات

46. 8.21×10^{14} Hz

47. 3.0 V

48. 1.7×10^{-27} kg. m/s

49. a. 5.0 eV b. 8.0×10^{-19} J

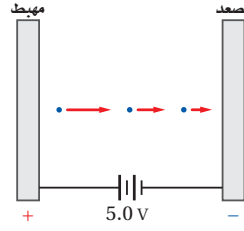
50. 1.07×10^{-19} J

51. 2.9×10^{-19} J

52. 3.7×10^{-19} J

53. 1.8 eV

49. جهد الإيقاف لإلكترونات فلز معين موضح في الشكل 8-11. ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية بدلالة الوحدات التالية؟
a. الإلكترون فولت
b. الجول

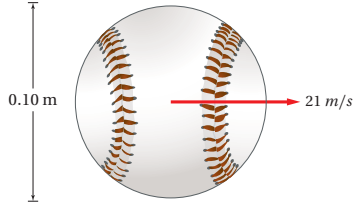


الشكل 8-11

50. تردد العتبة لفلز معين 3.00×10^{14} Hz. ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة إذا أضيء الفلز بضوء طول موجي 6.50×10^2 nm؟
51. ما مقدار الشغل اللازم لتحرير إلكترون من سطح الصوديوم إذا كان تردد العتبة له 4.4×10^{14} Hz؟
52. إذا سقط ضوء تردده 1.00×10^{15} Hz على الصوديوم في المسألة السابقة، فما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية؟

53. مقياس الضوء يستعمل مقياس الضوء الفوتوجرافي خلية ضوئية لقياس الضوء الساقط على الجسم المراد تصويره. كم يجب أن يكون اقتران الشغل لمادة المهبط حتى تكون الخلية الضوئية حساسة للضوء الأحمر ($\lambda = 680$ nm)، كحساسيتها للألوان الأخرى للضوء؟

43. هل يمر ضوء تردده كبير عدداً أكبر من الإلكترونات من سطح حساس للضوء مقارنة بضوء تردده أقل، إذا افترضنا أن كلا الترددين أكبر من تردد العتبة؟
44. تنبعث إلكترونات ضوئية من البوتاسيوم عندما يسقط عليه ضوء أزرق، في حين تنبعث إلكترونات ضوئية من التنجستون عندما يسقط عليه أشعة فوق بنفسجية. أي الفلزين:
a. له تردد عتبة أكبر؟
b. له اقتران شغل أكبر؟
45. قارن طول موجة دي برولي المصاحبة لكرة البيسبول الموضحة في الشكل 8-10 بقطر الكرة.



الشكل 8-10

إتقان حل المسائل

8-1 النموذج الجسيمي للموجات

46. اعتسداً على نظرية بلانك، كيف يتغير تردد اهتزاز ذرة إذا بعثت طاقة مقدارها 5.44×10^{-19} J عندما تغيرت قيمة n بمقدار 1؟
47. ما مقدار فرق الجهد اللازم لإيقاف إلكترونات طاقتها الحركية العظمى 4.8×10^{-19} J؟
48. ما زخم فوتون الضوء البنفسجي الذي طول الموجي 4.0×10^2 nm؟

تقويم الفصل 8

تقويم الفصل 8

8-2 موجات المادة

54. لكل عام

a. $1 \times 10^{10} \text{ J/m}^2$

b. $2 \times 10^2 \text{ m}^2$

55. 0.24 nm

56. $2.4 \times 10^6 \text{ m/s}$

57. a. $4.2 \times 10^7 \text{ m/s}$

b. $1.7 \times 10^{-11} \text{ m} = 0.017 \text{ nm}$

58. a. $1.96 \times 10^3 \text{ m/s}$

b. $2.03 \times 10^{-10} \text{ m}$

59. a. $2.19 \times 10^6 \text{ m/s}$

b. 0.332 nm

c. 3.26 nm المحيط يساوي تقريباً 10 أطوال

موجية مكتملة.

60. a. 47 V

b. 0.025 V

مراجعة عامة

61. 3.8 eV

62. $5.3 \times 10^{-19} \text{ J}$

63. $5.3 \times 10^{-19} \text{ J}$

64. $8.0 \times 10^{-12} \text{ m}$

65. a. $2.6 \times 10^2 \text{ nm}$

b. 3.6 eV

66. 501 nm

67. a. $1.82 \times 10^3 \text{ m/s}$

b. $9.43 \times 10^{-6} \text{ eV}$

54. الطاقة الشمسية يُستهلك $4 \times 10^{-11} \text{ J}$ من الطاقة

كل عام في الاستخدامات المنزلية في دولة ما. إذا كانت أشعة الشمس تسقط على بعض أجزاء هذه الدولة لمدة 3000 h كل عام، فأجب عما يلي:

a. ما مقدار الطاقة الشمسية التي تسقط على المتر المربع الواحد كل عام؟

b. إذا كان من الممكن تحويل هذه الطاقة الشمسية إلى طاقة مفيدة بكفاءة 20%، فما مقدار المساحة التي يجب استخدامها لإنتاج طاقة مساوية لتلك التي تستهلك في المنازل؟

8-2 موجات المادة

55. ما مقدار طول موجة برومي المصاحبة للإلكترون يتحرك بسرعة $3.0 \times 10^6 \text{ m/s}$ ؟

56. ما مقدار السرعة التي يجب أن يتحرك بها إلكترون لتكون طول موجة دي برومي المصاحبة له $3.0 \times 10^{-10} \text{ m}$ ؟

57. يتسارع إلكترون في أنبوب أشعة مهيطة من السكون خلال فرق جهد $5.0 \times 10^3 \text{ V}$. ما مقدار:

a. سرعة الإلكترون؟
b. الطول الموجي المصاحب للإلكترون؟

58. احتُجز نيوترون طاقته الحركية 0.02 eV فقط. a. ما سرعة النيوترون؟
b. أوجد طول موجة دي برومي المصاحبة للنيوترون.

59. إذا كانت الطاقة الحركية للإلكترون ذرة الهيدروجين 13.65 eV فاحسب:

a. مقدار سرعة الإلكترون.

b. مقدار طول موجة دي برومي المصاحبة للإلكترون.

c. محيط ذرة الهيدروجين ثم قارنه بطول موجة دي برومي المصاحبة للإلكترون الذرة. علماً بأن نصف قطر ذرة الهيدروجين 0.519 nm .

60. إذا كان طول موجة دي برومي المصاحبة للإلكترون 0.18 nm :

a. فما مقدار فرق الجهد الذي تحرك خلاله إذا بدأ الحركة من السكون؟

b. إذا كان طول موجة دي برومي المصاحبة لبروتون 0.18 nm فما مقدار فرق الجهد الذي تحرك خلاله إذا بدأ الحركة من السكون؟

مراجعة عامة

61. ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة من فلز إذا كان جهد إيقافها 3.8 V ؟

62. إذا كان تردد التعتبة لفلز $8.0 \times 10^{14} \text{ Hz}$ ، فما اقتران الشغل له؟

63. إذا سقط ضوء تردده $1.6 \times 10^{15} \text{ Hz}$ على الفلز في المسألة السابقة، فما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية؟

64. احسب طول موجة دي برومي المصاحبة لديوترون (نواة نظير الهيدروجين ^2H) كتلته $3.3 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ويتحرك بسرعة $2.5 \times 10^4 \text{ m/s}$.

65. إذا كان اقتران الشغل للحديد 4.7 eV :

a. فما مقدار طول موجة التعتبة له؟
b. وإذا أسقط إشعاع طوله الموجي 150 nm على الحديد، فما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة بوحدة eV ؟

66. إذا كان اقتران الشغل للباريوم 2.48 eV ، فما أكبر طول موجي للضوء يستطيع تحرير إلكترونات منه؟

67. طول موجة دي برومي المصاحبة للإلكترون المرئي. احسب مقدار:

a. سرعة الإلكترون.
b. طاقة الإلكترون بوحدة eV .

تقويم الفصل 8

68. $3.77 \times 10^{-3} \text{ eV}$

69. a. $2.5 \times 10^{-7} \text{ m}$

b. $8.0 \times 10^{-19} \text{ J}$

c. 2.4 eV

التفكير الناقد

70. a. $3.14 \times 10^{-19} \text{ J}$

b. $2 \times 10^{15} \text{ photons/s}$

71. a. $5.8 \times 10^{-16} \text{ W}$

b. 1600 photons/s

72. حوّل الطول الموجي إلى تردد، ثم حدد أفضل

ميل للخط المستقيم

القيمة المقبولة هي: $C = 4.18 \times 10^{-15} \text{ J/Hz}$

$$\frac{h}{e} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J/Hz}}{1.60 \times 10^{14} \text{ Hz}}$$

$$= 4.14 \times 10^{-15} \text{ J/Hz} \cdot C.$$

من خلال الرسم البياني يكون تردد العتبة

$$f_0 = 4.99 \times 10^{14} \text{ Hz}, \text{ وطول موجة العتبة:}$$

$$\lambda = \frac{C}{f_0} = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{4.99 \times 10^{14} \text{ Hz}} = 601 \text{ nm}$$

$$w = hf_0 \quad \text{واقتران الشغل}$$

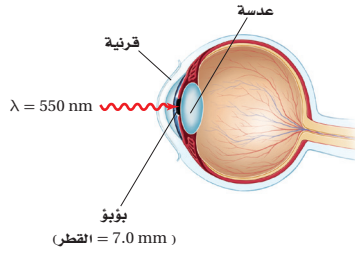
$$= (6.63 \times 10^{-34} \text{ J/Hz})(4.99 \times 10^{14} \text{ Hz})$$

$$= 3.31 \times 10^{-19} \text{ J}$$

تقويم الفصل 8

71. تطبيق المفاهيم يدخل الضوء المرئي الذي شدته $1.5 \times 10^{-11} \text{ W/m}^2$ بصعوبة إلى عين إنسان، كما في الشكل 8-13.

a. إذا سلط هذا الضوء على عين الإنسان ومر خلال بؤبؤ عينه، فما مقدار القدرة التي تدخل عينه بوحدة الواط؟
b. استخدم الطول الموجي المُعطى للضوء المرئي والمعلومات المعطاة في الشكل 8-14 لكي تحسب عدد الفوتونات التي تدخل العين في كل ثانية.



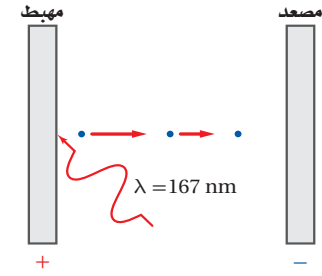
الشكل 8-13

72. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها أكمل طالب تجربة التأثير الكهروضوئي، وسجّل جهد الإيقاف كدالة رياضية في الطول الموجي، كما في الجدول 8-1. وكان مهبط الخلية الضوئية مصنوعاً من الصوديوم. عيّّن البيانات (جهد الإيقاف مقابل التردد) واستعمل الآلة الحاسبة لرسم أفضل خط مستقيم. استخدم الميل والمقطع وأوجد اقتران الشغل، وطول موجة العتبة، ومقدار $\frac{h}{q}$ في هذه التجربة. قارن قيمة $\frac{h}{q}$ مع القيمة المقبولة.

68. المجهر الإلكتروني يعدّ المجهر الإلكتروني مفيداً لأنه يمكن جعل الأطوال الموجية لموجات دي بروي المصاحبة للإلكترونات أقصر من الطول الموجي للضوء المرئي. ما مقدار الطاقة (بوحدة eV) اللازم تزويدها للإلكترون حتى يكون طول موجة دي بروي المصاحبة له 20.0 nm؟

69. سقط إشعاع على قصدير، كما في الشكل 8-12. إذا كان تردد العتبة للقصدير $1.2 \times 10^{15} \text{ Hz}$ فما مقدار:

a. طول موجة العتبة للقصدير؟
b. اقتران الشغل للقصدير؟
c. الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة بوحدة eV، إذا كان الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي الساقط 167 nm؟



الشكل 8-12

التفكير الناقد

70. تطبيق المفاهيم يبعث مصدر ليزر هيليوم-نيون فوتونات طولها الموجي 632.8 nm.

a. احسب مقدار الطاقة بوحدة الجول لكل فوتون يُبعث من الليزر.

b. إذا كانت قدرة مصدر ليزر صغير تقليدي 0.5 mW (تكافئ $5 \times 10^{-4} \text{ J/s}$)، فما عدد الفوتونات المنبعثة من مصدر الليزر في كل ثانية؟

الكتابة في الفيزياء

73. ستتنوع الأبحاث وتختلف الإجابات باختلاف مصادر البحث.

74. $5.0 \times 10^1 \mu T$

الجدول 8-1	
جهد الإيقاف مقابل الطول الموجي	
V_0 (eV)	λ (nm)
4.20	200
2.06	300
1.05	400
0.41	500
0.03	600

الكتابة في الفيزياء

73. في ضوء ما درسته عن مبدأ عدم التحديد. أبحث عن الحتمية وعدم التحديد في الفيزياء لـ هيزنبرج وأكتب بحثاً عن ذلك.

مراجعة تراكمية

74. يتحرك شعاع من الإلكترونات بسرعة 2.8×10^8 m/s في مجال كهربائي مقداره 1.4×10^4 N/C ما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن تتحرك خلاله الإلكترونات حتى تحافظ على حركتها فيه دون انحراف؟

اختبار مقنن الفصل 8-

سَلَم تقدير

يمثل الجدول الآتي نموذجاً لسلم تقدير إجابات الأسئلة الممتدة.

الدرجات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهماً كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، وقد تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهماً للموضوعات الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتظهر فهماً أساسياً، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهماً جزئياً للموضوعات الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل، أو قدّم حلاً صحيحاً، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسية.
1	يُظهر الطالب فهماً محدوداً جداً للموضوعات الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدم الطالب حلاً غير صحيح تماماً، أو لا يستجيب على الإطلاق.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي،

1. يتغير مستوى الطاقة لذرة عندما تمتص وتبعث طاقة. أي الخيارات الآتية لا يمكن أن يمثل مستوى طاقة لذرة؟

- (A) $\frac{3}{4} hf$ (B) hf (C) $3 hf$ (D) $4 hf$

2. كيف يرتبط تردد العتبة مع التأثير الكهروضوئي؟
(A) أنه أقل تردد للإشعاع الساقط اللازم لتحرير الذرات من مصعد الخلية الضوئية.

(B) أنه أكبر تردد للإشعاع الساقط اللازم لتحرير الذرات من مصعد الخلية الضوئية.

(C) أنه تردد الإشعاع الساقط، والذي يحرر إلكترونات من الذرة عند ترددات أقل منه.

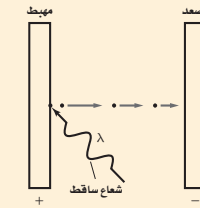
(D) أنه أقل تردد للإشعاع الساقط اللازم لتحرير إلكترونات من الذرة.

3. ما طاقة فوتون تردده $1.14 \times 10^{15} \text{ Hz}$ ؟

- (A) $8.77 \times 10^{-16} \text{ J}$ (B) $5.82 \times 10^{-49} \text{ J}$ (C) $1.09 \times 10^{-12} \text{ J}$ (D) $7.55 \times 10^{-19} \text{ J}$

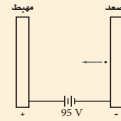
4. يسقط إشعاع طاقته 5.17 eV على خلية ضوئية، كما هو موضح في الشكل أدناه. إذا كان اقتران الشغل لمادة المهبط 2.31 eV فما مقدار طاقة الإلكترون المتحرر؟

- (A) 0.00 eV (B) 2.23 eV (C) 2.86 eV (D) 7.48 eV



5. يتسارع إلكترون خلال فرق جهد 95.0 V ، كما هو موضح في الشكل أدناه. ما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة للإلكترون؟

- (A) $5.02 \times 10^{-22} \text{ m}$ (B) $1.26 \times 10^{-10} \text{ m}$ (C) $2.52 \times 10^{-10} \text{ m}$ (D) $5.10 \times 10^6 \text{ m}$



6. ما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة للإلكترون يتحرك بسرعة 391 km/s (كتلة الإلكترون $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)؟

- (A) $3.5 \times 10^{-25} \text{ m}$ (B) $4.79 \times 10^{-15} \text{ m}$ (C) $4.8 \times 10^{-15} \text{ m}$ (D) $1.86 \times 10^{-9} \text{ m}$

7. اقتران الشغل لفلز هو:

(A) هو مقياس مقدار الشغل الذي يستطيع أن يبذله إلكترون متحرر من الفلز.

(B) يساوي تردد العتبة.

(C) مقدار الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون الداخلي للفلز.

(D) مقدار الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون الأضعف ارتباطاً في الذرة.

الأسئلة الممتدة

8. تحرك جسم بسرعة 45 m/s ، فكان طول موجة دي برولي المصاحبة له $2.3 \times 10^{-34} \text{ m}$ ، ما كتلة الجسم بوحدة kg ؟

إرشاد

ارتد ساعة

إذا كنت تخضع لاختبار ذي وقت محدد فنظم وقتك. لا تقض وقتاً كبيراً جداً في مسألة واحدة. اترك المسائل الصعبة، ثم عد إليها بعد أن تحبب عن المسائل السهلة.

61

أسئلة الاختيار من متعدد

1. A 2. D 3. B 4. C 5. B 6. D 7. D

الأسئلة الممتدة

8. $\lambda = h/mv$

$$m = h/\lambda v$$

$$= \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})}{(2.3 \times 10^{-34} \text{ m}) (45 \text{ m/s})}$$

$$= 6.4 \times 10^{-2} \text{ kg}$$

الأهداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
9-1 نموذج بور الذري	
<ol style="list-style-type: none"> 1. تصف تركيب نواة الذرة. 2. تقارن بين طيف الانبعاث المستمر وطيف الانبعاث الخطي. 3. تحل مسائل باستخدام نصف قطر المستوى ومعادلات مستويات الطاقة. 	<p>تجارب الطالب</p> <p>تجربة استهلاكية قطع نقدية معدنية مختلفة.</p> <p>تجربة إضافية قطع ورقية كبيرة مثل ورقة صحيفة طولها ضعف عرضها، وعاء صغير قليل العمق، 10-20 كرة فولاذية نصف قطرها 12 mm.</p> <p>تجربة أنابيب تفريغ غاز، مصدر طاقة لتفريغ الغاز، مجموعة من محزوزات الحيود.</p> <p>عرض المعلم</p> <p>عرض سريع جهاز عرض شرائح، شفافيات، قطع من الورق المقوى، سكين، شاشة، محزوز حيود.</p> <p>عرض سريع مروحة مكتب كهربائية.</p>
9-2 النموذج الكمي للذرة	
<ol style="list-style-type: none"> 4. تصف أوجه القصور في نموذج بور الذري. 5. تصف النموذج الكمي للذرة. 6. توضح كيف يعمل الليزر. 7. تصف خصائص ضوء الليزر. 	<p>تجارب الطالب</p> <p>تجربة إضافية مؤشر ليزر أو أي مصدر ليزر متدني الطاقة، محزوز حيود، شاشة بيضاء.</p> <p>مختبر الفيزياء صندوق كرتون، ثلاث كؤوس ورقية صغيرة ومتماثلة، 200 كرة صغيرة، مسطرة، منشقة أو قطعة قماش كبيرة.</p>

طرائق تدريس متنوعة

1م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي صعوبات التعلم. **2م** أنشطة مناسبة للطلاب ذوي المستوى المتوسط. **3م** أنشطة مناسبة للطلاب المتفوقين (فوق المتوسط).

التقنية	شرائح ومصادر قابلة للنسخ
تتضمن أعمال المعلم: نسخة المعلم التفاعلية، تخطيط الدرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.	<p>الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11، الفصل 9.</p> <p>دليل مراجعة الفصل، ص 74-79</p> <p>اختبار قصير 1-9 ص 80</p> <p>شريحة التدريس 1-9 ص 85</p> <p>شريحة التدريس 2-9 ص 87</p> <p>ورقة عمل التجربة ص 69</p> <p>ربط الرياضيات مع الفيزياء</p> <p>دليل التجارب العملية، ص 25</p> <p>دليل التجارب العملية، ص 29</p>
مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: Obeikaneducation.com	<p>الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11، الفصل 9.</p> <p>دليل مراجعة الفصل، ص 74-79</p> <p>اختبار قصير 2-9 ص 81</p> <p>تعزيز الفهم ص 82</p> <p>الإثراء، ص 83</p> <p>شريحة التدريس 3-9 ص 89</p> <p>شريحة التدريس 4-9 ص 91</p> <p>ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 70</p> <p>ربط الرياضيات مع الفيزياء</p>

مصادر التقويم

<p>التقنية</p> <p>الموقع الإلكتروني</p> <p>Obeikaneducation.com</p>	<p>الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11، الفصل 9</p> <p>تقويم الفصل 9 ص 93</p> <p>اختبارات الفيزياء التحضيرية</p>
--	--



ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- تعلم كيفية اكتشاف مكونات الذرة.
- تحدد طاقات ذرة الهيدروجين.
- تعلم كيف قادت نظرية الكم إلى النموذج الذري الحديث.
- تعلم كيف يعمل الليزر، وتطبيقاته.

الأهمية

يفسر النموذج الكمي للذرة وانتقال الإلكترونات بين مستويات الطاقة كثيرًا من سلوك ومشاهدات المواد. طيف الانبعاث هذه الأنابيب مملوءة بأنواع مختلفة من الغازات، وكل منها يبعث طيفًا واحدًا مميزًا من الألوان. وينبعث الضوء المتوهج عندما تنتقل إلكترونات الغاز إلى مستويات طاقة أدنى.

فكر

لماذا تكون ألوان الإنشاءات مختلفة؟ وكيف تستطيع تحديد نوع الغاز المستخدم في كل أنبوب؟

القضايا عبر المواقع الإلكترونية
www.obeikaneducation.com

نظرة عامة إلى الفصل

يبدأ الفصل بمناقشة نموذجين قديمين للذرة: نموذج تومسون الذري، ونموذج رذرفورد النووي. كما يناقش نموذج بور للذرة المرتبط مع أطيايف العناصر، الذي يستخدم في إجراء حسابات متعددة. يركز الجزء الثاني من الفصل على النموذج الكمي الحديث للذرة والليزر.

فكر

اطلب إلى الطلاب ملاحظة أن أطيايف الانبعاث الموضحة هنا غير متصلة؛ فهي تتضمن أطوالاً موجية محددة فقط. تختلف الأطيايف الخطية من عنصر إلى آخر بسبب اختلاف مستويات طاقة إلكترون ذرات الغازات المستخدمة في أنابيب التفريغ من عنصر إلى آخر. ويمكن تعرف نوع الغاز المستخدم في كل أنبوب باستخدام الطيف المميز المنبعث من كل عنصر.

المفردات الرئيسية

- جسيمات ألفا
- نيوكليون
- طيف الامتصاص
- مستوى الطاقة
- حالة الاستقرار
- حالة الإثارة
- عدد الكم الرئيس
- النموذج الكمي
- السحابة الإلكترونية
- ميكانيكا الكم
- الضوء المترابط
- الضوء غير المترابط
- الانبعاث (المستحث)
- الليزر



تجربة استهلاكية

تدور. صنف القطع النقدية بناء على زيادة درجة الصوت كما يأتي (5,10,25,50) فلس. **التحليل** تختلف الإجابات؛ فكل من لون القطعة وحجمها والصوت الصادر عنها، عندما تدور يمكن أن يساعد على تحديد نوعها. ويمكن استخدام جهاز راسم الذبذبات ومضخم صوت للمساعدة على قياس درجة الصوت للقطع النقدية. **التفكير الناقد** يمكن استخدام الأطوال الموجية المميزة للضوء المنبعث لتعرف نوع الذرة المثارة. ويمكن استخدام المطيايف لقياس الأطوال الموجية لخطوط الطيف.

الهدف نمذجة الطاقة الصوتية المنبعثة من قطعة نقد دوارة، وطاقة الضوء المنبعثة، بواسطة ذرات مثارة. **المواد والأدوات** قطع نقدية معدنية مختلفة. **استراتيجيات التدريس** • استخدم القطع النقدية لتبين أنه بالإمكان إنتاج طيف متسع من الأصوات. • أشر إلى أنه يمكن دراسة الذرات على الرغم من أن الذرة صغيرة جدًا وغير مرئية. **النتائج المتوقعة** يتوصل الطلاب إلى تحديد نوع القطعة النقدية عن طريق درجة (حدة) الصوت الذي تصدره القطعة النقدية عندما

1. التركيز

نشاط محفز

نموذج بور الكواكبي للذرة لمساعدة الطلاب على تصوّر نموذج بور للذرة اطلب إليهم رسم النظام الشمسي (الشمس والكواكب من حولها). واطلب إليهم تعيين الشمس كنواة موجبة الشحنة، والكواكب كإلكترونات سالبة الشحنة. وضح لهم أنه على الرغم من أن كل كوكب يتخذ مسارًا إهليلجيًا محددًا في أثناء دورانه حول الشمس، إلا أن وجود الإلكترون لا يقتصر على مستوى واحد فقط. ارسم المسارات الإضافية على السبورة.

2م بصري-مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

ذرة بور إن مفاهيم تكيم الطاقة، وانبعاث وامتصاص الفوتون، وجهاز المطياف التي سبقت دراستها سوف تستخدم في تطوير نموذج بور للذرة لتفسير خصائص الفوتونات المنبعثة والامتصة، ولحساب أنصاف أقطار مستويات الطاقة التي يوجد فيها الإلكترون، وحساب طاقة المستويات، وطاقة الفوتون المنبعث، وطول موجته.

تجربة استهلاكية

تحديد نوع قطعة نقدية فلزية تدور كنموذج لتعرّف نوع الذرات.

سؤال التجربة عندما تدور أي من القطع النقدية من فئات 5، 10، 25، 50، أو 100 هللة، على سطح الطاولة، فما الخصائص التي تمكنك من تعرّف نوع القطعة النقدية التي تدور؟

الخطوات

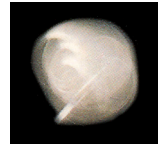
1. ضع قطعة نقدية فلزية من فئة 50 هللة رأسياً على سطح طاولة. ولتثبيتها المسها بطرف إصبعك ثم انقر طرفها بسبابتك لتجعلها تدور بسرعة. لاحظ مظهر القطعة الدوّارة وصوتها إلى أن تقترب من التوقف عن الدوران على سطح الطاولة.
2. كرر الخطوة 1 ثلاث مرات مستخدماً قطعاً من فئات (25، 50) هللة على التوالي.
3. اطلب إلى زميلك تدوير القطع النقدية، قطعة واحدة في كل مرة بترتيب عشوائي. شاهد كل قطعة في أثناء دورانها فقط، ثم حاول تحديد نوع تلك القطعة.

4. كرر الخطوة 3، وحاول تحديد نوع كل من القطع النقدية الدوّارة على أن تكون عينك مغمضتين.

التحليل

ما مدى نجاحك في تحديد نوع القطع النقدية من خلال الاستماع إلى الأصوات التي تصدرها هذه القطع؟ ما خصائص القطعة الدوّارة التي يمكن أن تستخدم لتحديد نوعها؟ ما الأدوات التي يمكن أن تجعل عملية تحديد نوع القطعة النقدية أكثر سهولة؟

التفكير الناقد تبعث الذرات الماثرة لعنصر ما في أنبوب غاز التفريغ طاقة عن طريق انبعاث الضوء. كيف يمكن للضوء المنبعث أن يساعدك على تحديد نوع الذرة في أنبوب التفريغ؟ وما الأدوات التي يمكن أن تساعدك على ذلك؟



The Bohr Model of the Atom

9-1 نموذج بور الذري

الأهداف

- تصف تركيب نواة الذرة.
- تقارن بين طيف الانبعاث المستمر وطيف الانبعاث الخطي.
- تحل مسائل باستخدام نصف قطر المستوى ومعادلات مستويات الطاقة.

المفردات

جسيمات ألفا	نواة
طيف الامتصاص	مستوى الطاقة
حالة الاستقرار	حالة الإثارة
عدد الكم الرئيسي	

في نهاية القرن التاسع عشر اتفق معظم العلماء على وجود الذرات. وقد أعطى اكتشاف ثومبسون للإلكترون دليلاً مقنعاً على أن الذرة تتكون من جسيمات دون ذرية. وقد وجد أن كل ذرة اختبرها ثومبسون تحتوي على إلكترونات سالبة الشحنة، وأن لهذه الإلكترونات كتلة صغيرة جداً. ولأن الذرات التي كانت معلومة لها كتلة أكبر من الكتلة التي تم حسابها بواسطة الإلكترونات التي تحويها، فقد بدأ العلماء بالبحث عن الكتلة المفقودة التي يجب أن تكون جزءاً من كتلة الذرة الكلية. ما طبيعة الكتلة التي سيتم اكتشافها لاحقاً بوصفها جزءاً من الذرة؟ وكيف تتوزع هذه الكتلة داخل الذرة؟ إضافة إلى ذلك، فمعلوم أن الذرة متعادلة كهربائياً، وحتى تلك الفترة تم تحديد إلكترونات سالبة الشحنة داخل الذرة، فكيف تتوزع الإلكترونات السالبة الشحنة في الذرة؟ وما مصدر تعادل الذرة؟ وهل هناك جسيمات موجبة الشحنة أيضاً في الذرة؟ كان فهم العلماء الكامل عن الذرة لا يزال بعيداً قبل الإجابة عن تلك التساؤلات. من هنا بدأ العلماء في البحث عن إجابة على العديد من الأسئلة التي وضعتهم في تحدّ.

9-1 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11

اختبار قصير 1-9، ص 80

شريحة التدريس 1-9 ص 85

شريحة التدريس 2-9 ص 87

ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 9، ص 93

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 70

2. التدريس

● تجربة إضافية

الفضاء الفارغ في الذرة

الهدف بناء نموذج لتصادم جسيمات ألفا مع النواة لفهم تجربة صفيحة الذهب لردفورد.

المواد والأدوات قطع ورقية كبيرة مثل ورقة صحيفة طولها ضعف عرضها، ووعاء صغير قليل العمق 10-20 كرة فولاذية نصف قطرها 12 mm.

الخطوات

1. أبسط قطعة الورق الكبيرة (تمثل صفيحة الذهب) على طاولة كبيرة أو على الأرض فوق الطبق الصغير القليل العمق المقلوب (يمثل النواة).
2. دحرج الكرات الفولاذية (تمثل جسيمات ألفا) على قطعة الورق (يلتقط الطلاب الكرات التي تعبر الصفحة الورقية).
3. **التقويم** معظم الكرات الفولاذية ستعبر الصفحة الورقية دون انحراف، وبعض الكرات ستتحرف بواسطة الإناء. ناقش مشاهداتك. **بينما معظم جسيمات ألفا (الكرات الفولاذية) تعبر خلال الفضاءات الفارغة في الذرة (الورقة) فإن بعضها ينحرف بواسطة البروتونات الموجودة في النواة (الوعاء).**

The Nuclear Model النموذج النووي

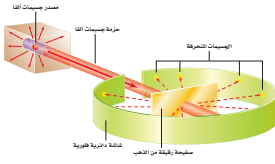
كثير من التساؤلات واجهت الباحثين حول طبيعة الذرة. ما الذي يسبب انبعاث ضوء من الذرات؟ كيف تتوزع الإلكترونات في الذرة؟ بحث فيزيائيون وكيميائيون من دول مختلفة عن حلول لهذه الألغاز (الأسئلة). لم تزودنا النتائج التي توصلوا إليها بالمعرفة عند تركيب الذرة فقط، ولكنها زودتنا بنهج جديد لفهم كل من الفيزياء والكيمياء. وأصبح تاريخ البحث في طبيعة الذرة من أكثر القصص إثارة في القرن العشرين.

اعتقد تومبسون أن المادة الثقيلة الموجبة الشحنة تملأ الذرة. وقد صور الإلكترونات السالبة الشحنة على أنها تتوزع خلال هذه المادة الموجبة الشحنة، تمامًا مثل حبات الزبيب في الفطيرة المسطحة. وقد شارك العالم إرنست رادفورد كلاً من هانز جايغر وإرنست ماردسن في إجراء سلسلة من التجارب أظهرت نتائجها أن للذرة تركيباً مختلفاً تماماً.

أجريت تجربة رادفورد باستخدام مركبات مشعة تصدر أشعة نافذة. وقد وجد أن بعض هذه الانبعاثات جسيمات موجبة الشحنة وثقيلة، وتحرك بسرعات عالية. وسميت هذه الجسيمات فيما بعد جسيمات ألفا، ورُمز لها بالرمز α . ويمكن الكشف عن هذه الجسيمات في تجربة رادفورد بواسطة ومضات ضوئية تنبعث عندما تصطدم الجسيمات مع شاشة مطليّة بطبقة من كبريتات الزنك. كما يتضح من الشكل 1-9، فقد قذف رادفورد حزمة من جسيمات ألفا على صفيحة رقيقة جدًا من الذهب، وكان مهتمًا بنموذج تومبسون للذرة، وتوقع حدوث انحرافات بسيطة جدًا فقط لجسيمات ألفا عندما تعبر خلال صفيحة الذهب الرقيقة، واعتقد أن مسار جسيمات ألفا الثقيلة ذات السرعة العالية سوف يتغير بمقدار ضئيل عندما يعبر خلال الشحنة الموجبة الموزعة بانتظام والتي تكون كل ذرة الذهب.

وكانت نتائج التجربة مذهشة؛ فقد عبر معظم جسيمات α خلال صفيحة الذهب دون انحراف أو مع انحراف قليل عن مسارها، إلا أن بعضها ارتدّ بزوايا كبيرة جدًا (تزيد على 90°). والرسم التوضيحي لهذه النتائج موضح في الشكل 2-9. قارن رادفورد نتائج هذه التجربة بإطلاق قذيفة مدفع 15 بوصة على منديل ورقي فارتدت القذيفة إلى الخلف واصطدمت به.

الشكل 1-9 بعد قذف رقيقة الفلز بجسيمات ألفا، استنتج فريق رادفورد أن معظم كتلة الذرة كانت متمركزة في النواة.



الشكل 3-9 تطور النظرية الذرية الحديثة.

إن فهمنا الحالي لخواص الذرات والجسيمات المكونة لها وسلوك هذه الذرات والجسيمات يقوم على عمل العلماء من مختلف أنحاء العالم خلال القرنين الماضيين.

1918 تسلم العالم بلاتك جائزة نوبل على نظريته في تكمية الطاقة التي شكلت أساساً علمياً لدراسة الذرة.



1911م من خلال تجربة صفيحة الذهب تمكن رذرفورد من تحديد خواص النواة، وتشمل الشحنة، والحجم، والكثافة.

1910

1885

1860

1913م نشر نيلز بوهر نظرية عن تركيب الذرة تربط التوزيع الإلكتروني للذرات بخواصها الكيميائية.



1897م باستعمال أنبوب أشعة المهبط اكتشف تومبسون الإلكترونات، وحدد نسبة كتلة الإلكترون إلى شحنته الكهربائية.



مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

تفسير نتائج رذرفورد إذا وجد الطلاب صعوبة في تنفيذ تجربة رذرفورد، فيمكن مساعدتهم على تفسير النتائج باستخدام القانونين الثاني والثالث لنيوتن في الحركة. فاعتماداً على القانون الثالث فإن القوة التي تؤثر بها جسيمات ألفا في نواة الذهب تساوي القوة التي تؤثر بها نواة الذهب في جسيمات ألفا. ولكن اعتماداً على القانون الثاني، فإن تسارع جسيمات ألفا أكبر كثيراً لأن كتلتها أقل كثيراً من كتلة أنوية الذهب؛ ولذلك فإن جسيمات ألفا يمكن أن تنحرف بزوايا كبيرة، بينما تبقى معظم أجزاء صفيحة الذهب دون تغيير نتيجة التصادمات. **١٦ لغوي**



مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 9-1

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

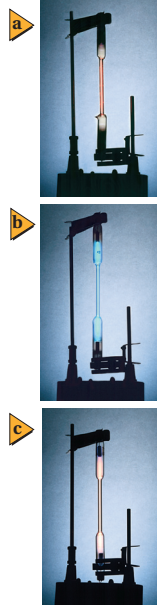
استخدام التشابه

حركة جسيمات ألفا إن حركة جسيمات ألفا في تجربة صفيحة الذهب تشبه حركة كرة رخامية على سطح فيه تل شديد الارتفاع. كرة الرخام التي تمر بعيداً عن التل تتدحرج إلى مسافة كبيرة خاضعة لانحراف بسيط أو لا تنحرف. أما الكرة التي تتحرك مباشرة في اتجاه مركز التل فإنها تتدحرج عائدة إلى مسارها (إذا كان النقص في طاقتها الحركية كافياً لمقاومة ارتفاعها). ويمكن نمذجة ارتفاع التل h ، بالعلاقة $h \propto 1/r$ ؛ حيث r المسافة من مركز التل. فعندما تقترب r من الصفر فإن ارتفاع هذا التل يصبح لا نهائياً. والكرة الرخامية لا تستطيع أن تتدحرج إلى ارتفاع التل اللانهائي.

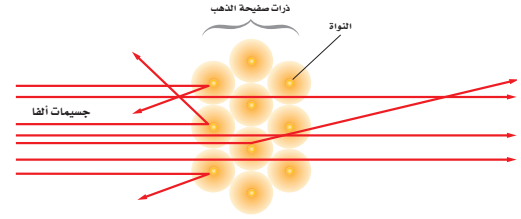
استخدام الشكل 3-9

اطلب إلى الطلاب دراسة الشكل، وإعداد تقرير حول تراكمية المعرفة العلمية، وأهمية نشر ما يتوصل إليه كل عالم ليستفيد منه الآخرون. وكيف يستفيد العلماء من نتائج أبحاث ودراسات وتجارب واكتشافات من سبقوهم من العلماء. وأن يتخلل التقرير أمثلة لعلماء اعتمدوا على ما توصل إليه من سبقهم من علماء آخرين لاستنتاج أن المعرفة العلمية تراكمية.

ستختلف التقارير باختلاف المصادر والعلماء الذين تناولوا كل تقرير.



الشكل 4-9 عند تطبيق فرق جهد عال على عينة غاز يبعث الغاز ضوءاً ذا توهج خاص به؛ فيتوهج غاز الهيدروجين بضوء أحمر مزرق (a)، ويتوهج غاز الزئبق بضوء أزرق (b)، ويتوهج غاز النيون بضوء برتقالي - وردي اللون (c).



الشكل 2-9 معظم جسيمات ألفا الموجهة إلى صفيحة رقيقة من الذهب عبرت خلالها دون انحراف. وجسيم واحد من كل 20000 يرتد بزاوية كبيرة.

استنتج رذرفورد - مستخدماً قانون القوة لكولوم وقوانين نيوتن في الحركة - أن النتائج يمكن تفسيرها فقط إذا كانت جميع شحنة الذرة متركزة في حيز صغير وثقل، يسمى النواة. لذلك سمي نموذج النموذج النووي. وقد حدّد مجموعة من العلماء أن الشحنة الموجبة للذرة وأكثر من 99.9% من كتلة الذرة موجودة في النواة. أما الإلكترونات التي لا تساهم بكمية كبيرة من كتلة الذرة فتكون موزعة خارجاً وبعيداً عن النواة. لذلك فإن الفراغ الذي تشغله الإلكترونات يحدد الحجم الكلي أو قطر الذرة. ولأن قطر الذرة أكبر 10000 مرة تقريباً من قطر النواة فإن معظم حجم الذرة يكون فراغاً. وتتابع بعد ذلك تطور النظرية الذرية الحديثة على يد العديد من العلماء، لاحظ الشكل 3-9.

طيف الانبعاث كيف تتوزع الإلكترونات حول نواة الذرة؟ تم التوصل إلى أحد مفاتيح الإجابة عن هذا السؤال من خلال دراسة الضوء المنبعث من الذرات. تذكر - من الفصل السابق - أن مجموعة الأطوال الموجية الكهر ومغناطيسية التي تنبعث من الذرة تسمى طيف الانبعاث الذري.

كما هو موضح في الشكل 4-9، يمكن استخدام ذرات عينة غاز لتبعث ضوءاً في أنبوب تفريغ الغاز. وأنت غالباً معتاد على رؤية إشارات النيون الملونة التي تستخدم في بعض الأعمال؛ فهذه الإشارات تعمل على المبادئ نفسها التي تعمل عليها أنابيب تفريغ الغاز.

1960م أصبح واضحاً أن البروتونات والنيوترونات والبيوتونات ليست جسيمات أولية، بل مكونة من مجموعة من جسيمات تسمى الكواركات.

1932م قام العلماء بتطوير مسرع الجسيمات لإطلاق بروتونات على أنوية الليثيوم، لتفتتها إلى أنوية هيليوم وتحرير الطاقة.

1985

1960

1968م قدم العلماء أول دليل تجريبي على وجود الجسيمات المكونة للذرة والتي عرفت بالكواركات.

1932م أثبتت جيمس شادويك وجود النيوترونات.

1928م افترض بول ديراك وجود جسيم مماثل للإلكترون لكنه يحمل شحنة سالبة، ثم أثبت وجوده أندرسون وسماه بوزيترون.

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

تجربة التشتت إن أصل تجارب تشتت جسيمات ألفا كان نتيجة بحث مقترح قدمه رذرفورد إلى مهتمين طلبوا الاطلاع على موضوع البحث لمساعدته؛ حيث سأل رذرفورد زميله هانز جايجر "لماذا لا ندعه يرى ما إذا كان باستطاعة أي من جسيمات ألفا أن تشتت بزوايا كبيرة؟"، ثم نقل جايجر السؤال إلى مساعده إرنست مارسدن. ثم أجرى جايجر ومارسدن عدة تجارب، فوجدا أنها قادران على "... الحصول على بعض جسيمات ألفا المرتدة بالإضافة إلى تلك التي تشتت بزوايا كبيرة".

تطوير المفهوم

الحيود اطلب إلى الطلاب أن يتذكروا أن الضوء الذي يمر من خلال الشقوق الضيقة لمحزوز الحيود يتداخل لتكوين طيف.

عرض سريع

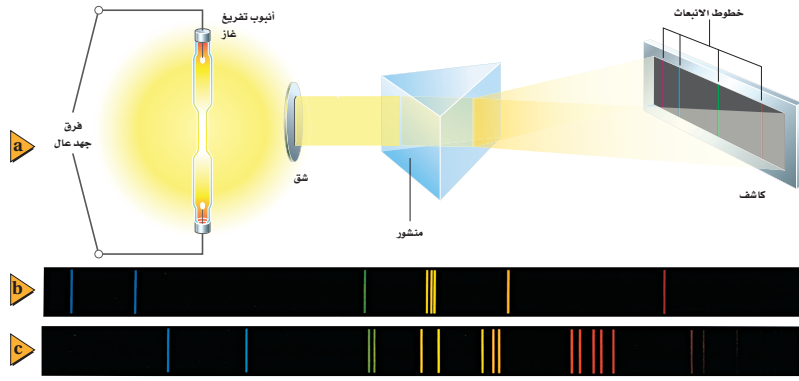
الطيف المتصل

الزمن المقدّر 10 دقائق

المواد والأدوات جهاز عرض شرائح، شفافيات، قطع من الورق المقوى، سكين، شاشة، محزوز حيود.

الخطوات قبل إجراء التجربة، اصنع شقًا عرضه 2 mm في قطعة الكرتون، وثبت تلك القطعة على جهاز عرض الشرائح ثم عتّم الغرفة، وقم بتشغيل جهاز العرض، ووجه الضوء على الشاشة أو على الحائط. إذا كانت هناك ضرورة فعدّل وضعها لكي يصنع الضوء النافذ من الشق الضيق خطًا أبيض عموديًا على الشاشة أو الحائط. اطلب إلى الطلاب مشاهدة الشاشة في أثناء تثبيتك لمحزوز الحيود أمام جهاز العرض؛ فقد تحتاج إلى تعديل وضع المحزوز لمشاهدة الطيف على الحائط (وليس على السقف أو على الأرض) عندما يعبر الضوء الأبيض الساقط من جهاز العرض خلال الشق على قطعة الكرتون. عند وضع محزوز الحيود أمام جهاز العرض يتحلل الضوء القادم من جهاز العرض إلى الألوان التي يتكوّن منها، منتجًا طيفًا متصلًا على كلا جانبي الخط الأبيض على الشاشة أو على الحائط.

أشر إلى أن الطيف المنبعث من الجسم المتوهج -كفتيلة مصباح جهاز العرض مثلاً- يتضمن ضوءًا بمدى من الأطوال الموجية التي تقع في الطيف المرئي وفي المنطقة تحت الحمراء، ثم اسأل الطلاب إذا شوهدت حزمتان ضوئيتان من الألوان المختلفة المتميزة عند وضع محزوز حيود أمام مصدر ضوء. فماذا يستنتجون؟ إن المصدر الذي ينتج الضوء له أطوال موجية في منطقة الطيف المرئي، والتي تتوافق فقط مع حزم اللونين المشاهدين.



الشكل 5-9 يمكن استخدام منشور المطيف لمشاهدة طيف الانبعاث (a). طيف الانبعاث؛ للزئبق (b)، وللباريوم (c) يظهران بخطوط مميزة.

حيث يحتوي أنبوب تفريغ الغاز على غاز ذي ضغط منخفض محصور في أنبوب زجاجي له قطبان فلزيان مثبتان عند طرفيه. ويتوهج الغاز عند تطبيق فرق جهد عال عبر الأنبوب. أما الأمر الذي أثار اهتمام العلماء كثيرًا فتلك الحقيقة التي تبين أن كل غاز يتوهج بضوء مختلف خاص به. ويوضح الشكل 4-9 التوهج المميز المنبعث عن بعض الغازات.

نحصل على طيف الانبعاث للذرة عندما يمر الضوء المنبعث من الغاز خلال منشور أو محزوز حيود. ويمكن دراسة طيف الانبعاث بتفصيل أكبر باستخدام جهاز يسمى المطيف. وكما هو موضح في الشكل 5a-9، فإن الضوء في منشور المطيف يعبر خلال الشق، ثم تشتت عندما يعبر خلال المنشور، ثم تعمل عدسة النظام - غير الموضحة في الرسم - على تجميع الضوء المشتت لكي تتمكن من مشاهدته أو تسجيله على شاشة فوتوجرافية، أو على كاشف إلكتروني، فيكون الطيف صورة الشق عند مواقع مختلفة لكل طول موجي.

إن الطيف المنبعث عن جسم ساخن، أو عن مادة صلبة متوهجة، مثل فتيلة المصباح الكهربائي؛ هو حزمة متصلة من ألوان الطيف من الأحمر إلى البنفسجي. لكن طيف الغاز يكون سلسلة من الخطوط المنفصلة ذات ألوان مختلفة. وخطوط طيفي الانبعاث لغازي الزئبق والباريوم موضحان في الشكل 5b-9 والشكل 5c-9 على التوالي. وكل خط ملون يرتبط مع الطول الموجي المحدد للضوء المنبعث من ذرات ذلك الغاز.

يعدّ طيف الانبعاث أيضًا وسيلة تحليلية مفيدة، فيمكن استخدامه لتحديد نوع عينة غاز مجهولة؛ حيث يوضع الغاز المجهول في أنبوب تفريغ الغاز لبيعت ضوءًا. والضوء المنبعث يحتوي على أطوال موجية مميزة لذرات ذلك الغاز. لذا يمكن تحديد الغاز المجهول بمقارنة أطواله الموجية بالأطوال الموجية الموجودة في أطياف العينات المعروفة.

ويمكن كذلك استخدام طيف الانبعاث لتحليل خليط من الغازات. فعندما يتم تصوير طيف الانبعاث لخليط من العناصر فإن تحليل الخطوط في الصورة يمكن أن يشير إلى نوع العناصر الموجودة والتركيز النسبية لها. وإذا كانت العينة قيد الاختبار تحتوي على كمية أكبر من عنصر معين فإن خطوط ذلك العنصر تكون أكثر كثافة في الصورة من العناصر الأخرى. ومن خلال إجراء المقارنة بين كثافات الخطوط يمكن تحديد التركيب النسبي للمادة.

تجربة
عملية
ماذا يمكن أن تتعلم من طيف
الانبعاث؟
ارجع إلى دليل التجارب العملية

مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 2-9

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

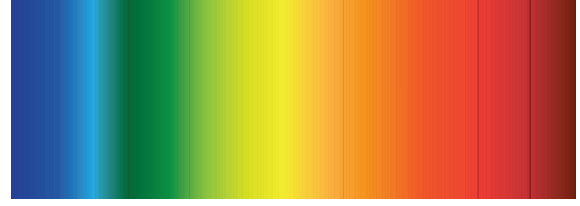
تعزير الفهم

أطياف الامتصاص والانبعث أكد على مبدأ أن كل عنصر يبعث طيفاً مميزاً له، أي أنه يبعث ضوءاً بترددات محددة. أطياف الانبعث والخطوط الساطعة تنتج عندما يسخن العنصر ويتوهج ويبعث فوتونات. أما طيف الامتصاص -وهو الطيف الذي يظهر بترددات مفقودة وبخطوط معتمة- فينتج عندما يعبر ضوء من خلال غازات باردة نسبياً. وتُمتص فوتونات عند ترددات محددة بواسطة الغاز. الخطوط المعتمة تمثل الترددات الممتصة. **2م بصري-مكاني**

المنافشة

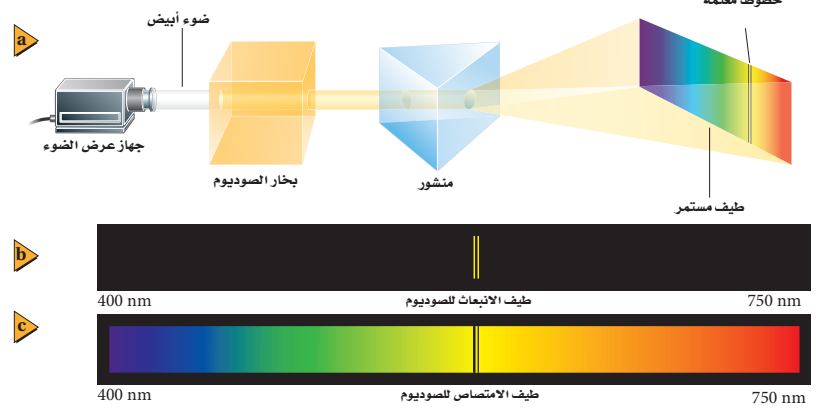
سؤال: لماذا يبعث مصباح الفلورسنت المتوهج كلاً من الطيف المتصل وسلسلة من خطوط الانبعث؟
الإجابة: قد يشير الطلاب إلى أن المصباح يحتوي على مادة صلبة متوهجة وغاز متوهج. تنتج خطوط الانبعث بواسطة الغاز الساخن (الزئبق)، بينما ينتج الطيف المتصل عن مادة الفلورسنت. في هذه العملية يمتص مسحوق الفوسفور الموجود داخل المصباح الضوء فوق البنفسجي الذي يبعثه الزئبق، ومن ثم يبعث الفلورسنت طيف متصل من الضوء المرئي. **1م بصري-مكاني**

الشكل 6-9 تظهر خطوط فرنهوفر في طيف الامتصاص للشمس. توجد خطوط كثيرة، إلا أن بعض هذه الخطوط خافت وبعضها قاتم جداً؛ اعتماداً على تراكيز العناصر في الشمس.



طيف الامتصاص في عام 1814م لاحظ جوزيف فون فرنهوفر وجود بعض الخطوط المعتمة تتخلل طيف ضوء الشمس. تُعرف هذه الخطوط المعتمة الآن بخطوط فرنهوفر، وهي موضحة في الشكل 6-9. وقد علل ذلك بأن ضوء الشمس يعبر خلال الغلاف الغازي المحيط بالشمس، وتمتص هذه الغازات أطوالاً موجية مميزة محددة، وامتصاص هذه الأطوال الموجية يُنتج هذه الخطوط المعتمة في الطيف المرئي. ومجموعة الأطوال الموجية الممتصة بواسطة الغاز تسمى طيف الامتصاص للغاز. وقد أمكن تحديد مكونات الغلاف الشمسي بمقارنة الخطوط المفقودة في الطيف المرئي مع طيف الانبعث المعلوم للعناصر المختلفة، وتم كذلك تحديد مكونات العديد من النجوم باستخدام هذه التقنية.

تستطيع مشاهدة طيف الامتصاص بتمرير ضوء أبيض خلال عينة غاز ومطياف، كما هو موضح في الشكل 7a-9. ولأن الغاز يمتص أطوالاً موجية محددة فإن الطيف المستمر المرئي للضوء الأبيض سيحتوي على خطوط معتمة محددة بعد مروره في غاز ما. وتحدث الخطوط المعتمة لطيف الانبعث والخطوط المعتمة لطيف الامتصاص لأي غاز غالباً عند الأطوال الموجية نفسها، كما هو موضح في الشكل 7b-9 والشكل 7c-9، على التوالي، لذلك فإن العناصر الغازية الباردة تمتص الأطوال الموجية نفسها التي تبعثها عندما تثار. وكما يمكن أن تتوقع، فإنه يمكن تحديد مكونات غاز ما من الأطوال الموجية للخطوط المعتمة في طيف الامتصاص لهذا الغاز.



مهن في الحياة اليومية

معلومة للمعلم

مصنفة الأطياف النجمية ولدت الفيزيائية الأمريكية ويلميña فليمنج في سكوتلندا عام 1857م، ثم انتقلت إلى بوسطن وبدأت بالعمل مع مدير مرصد جامعة هارفرد خادمة. فبدأت تترك عنده انطباعات عن شدة ذكائها، فقدّمت أعمالاً كتابية، وأنجزت مهمات حسابية في أوقات العمل الإضافية، وبعد خمس سنوات من انضمامها إلى فريق العمل الدائم في المرصد أصبحت مشرفة البرنامج الجديد لتصنيف النجوم وفق أطيافها، فقد حلّلت بعض الصور الفوتوجرافية، وأشرفت على فريق نسائي للبحث في تصنيف الأطياف النجمية بوصفهن مساعدات. وفي عام 1908م تم انتخابها عضوة في جمعية الفلك الملكية بوصفها من مجموعة قليلة من النساء اللواتي تم اختيارهن لتمييزها في هذا المجال.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

الإلكترون المتسارع اقرأ الجملة الآتية "يتسارع الإلكترون بانتظام في المستوى في اتجاه النواة". قد يفهم بعض الطلاب من هذه الجملة أن الإلكترون يتحرك قطعياً إلى الداخل. أشر إلى أن أي جسم يتحرك في مسار دائري يكون له تسارع في اتجاه المركز؛ نتيجة للقوة المحصلة، وهذه القوة لا تسبب تحرك الجسم إلى الداخل، وإنما تغير من اتجاه حركته بطريقة معينة، بحيث يتحرك في مسار دائري وبسرعة ثابتة. **2م**

استخدام الشكل 8-9

وضّح للطلاب أنه يمكن استخدام التحليل الطيفي للكشف عن حركة الكواكب والنجوم، والمجرات. ولأن معظم النجوم تحتوي على الهيدروجين فإن معظم مكونات الأطياف النجمية يجب أن تحوي أربعة خطوط كالموضحة في الشكل 8-9. ومع ذلك لم يلاحظ المراقبون الأوائل للمجرات البعيدة هذه الخطوط، ولكنهم لاحظوا خطين عند طول موجي 615 nm و 651 nm. وتم الكشف عن أن هذين الخطين يمثلان الطولين الموجيين القصيرين للضوء في الطيف المرئي للهيدروجين (410 nm و 434 nm) اللذين أزيحا في اتجاه المنطقة الحمراء من الطيف. اعتقد الفلكيون أن هذا التغير كان نتيجة لإزاحة دوبلر، الذي يعود إلى حركة المجرة بعيداً عن الأرض. اطلب إلى الطلاب مراجعة إزاحة دوبلر في الترددات الضوئية. واكتب المعادلة التالية على السبورة، وبين أنها إزاحة دوبلر للطول الموجي للضوء من المصدر المتحرك عندما يقاس من قبل مشاهد متحرك.

$$\text{ثابت} = \frac{\Delta\lambda/\lambda}{\sqrt{1-v/c}} - 1 = \frac{\sqrt{1+v/c}}{\sqrt{1-v/c}} - 1$$

بيّن أن الإزاحة للون لأحمر تفسر مشاهدة الخطين 615 nm و 651 nm في الطيف النجمي للهيدروجين على النحو الآتي: $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_{410}} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{434}}$ **2م سمعي.**

التحليل الطيفي يعدّ كل من طيفي الانبعاث والامتصاص وسيلة علمية مفيدة؛ فنتيجة للأطياف المميزة للعنصر استطاع العلماء تحليل وتحديد وحساب كمية المواد المجهولة عن طريق ملاحظة الأطياف التي تبعثها أو تمتصها. ولأطياف الانبعاث والامتصاص أهمية بالغة في الصناعة كما في البحوث العلمية. تقوم مصانع الحديد مثلاً بإعادة معالجة كميات كبيرة من حديد الخردة الذي يحتوي على تراكيب مختلفة، فيتم التحديد الدقيق لهذه التراكيب في دقائق بالتحليل الطيفي. كما يمكن تعديل تركيب الحديد ليناسب مع المواصفات التجارية؛ وتقوم محطات معالجة الغلات - ومنها الألومنيوم والزنك ومعادن أخرى - بتطبيق الطريقة نفسها.

إن دراسة الأطياف تعدّ فرعاً من العلم المعروف باسم التحليل الطيفي. ويعمل الباحثون في هذا العلم في مؤسسات الأبحاث والمؤسسات الصناعية. وقد تم إثبات أن علم التحليل الطيفي أداة فعالة لتحليل الفلزات الموجودة على الأرض، وهو الأداة المتوفرة الوحيدة حالياً لدراسة مكونات النجوم على مدى الفضاء المتسع.

نموذج بور للذرة The Bohr Model of the Atom

في القرن التاسع عشر، حاول بعض العلماء استخدام الأطياف الذرية لتحديد مكونات الذرة. وتمت دراسة الهيدروجين بدقة؛ لأنه العنصر الأخف، وله أبسط طيف؛ حيث يتكون الطيف المرئي للهيدروجين من أربعة خطوط: الأحمر، والأخضر، والأزرق، والبنفسجي، كما هو موضح في الشكل 8-9. وأي نظرية علمية تفسر مكونات الذرة يجب أن تأخذ في الحسبان هذه الأطوال الموجية وتدعم النموذج النووي. ومع ذلك فإن النموذج النووي الذي اقترحه راذرفورد لم يخل من السلبيات؛ حيث افترض أن الإلكترونات تدور حول النواة تماماً، كما تدور الكواكب حول الشمس. فكانت هناك ثغرة خطيرة في نموذج الكواكب هذا.

سلبيات نموذج الكواكب يتسارع الإلكترون في مستواه مع استمرار دورانه حول النواة. وكما درست سابقاً فإن الإلكترونات المتسارعة تشع طاقة عن طريق انبعاث موجات كهرومغناطيسية. وسرعة معدل فقد الإلكترون الدائر حول النواة لطاقته يجعل مساره لولبياً حتى يسقط في النواة خلال 10^{-9} s. لذلك فإن نموذج الكواكب لا يتفق مع قوانين الكهرومغناطيسية. إضافة إلى ذلك يتوقع نموذج الكواكب أن الإلكترونات المتسارعة سوف تشع طاقتها عند كل الأطوال الموجية، لكن كما درست، فإن الضوء المنبعث من الذرات يُشع عند أطوال موجية محددة فقط.

انتقل الفيزيائي الدنماركي نيلز بور إلى بريطانيا عام 1911م، وانضم إلى مجموعة راذرفورد ليعمل في تحديد تركيب الذرة. وحاول توحيد النموذج النووي مع مستويات الطاقة المكملة لبلانك ونظرية أينشتاين في الضوء. فكانت هذه فكرة جريئة؛ لأنه منذ عام 1911م لم تكن أي من هذه الأفكار الجريئة مفهومة على نطاق واسع، أو مقبولة.



الشكل 8-9 هناك أربعة خطوط في طيف الانبعاث للذرة الهيدروجين.

تحفيز

نشاط

الطيف المميز للهيدروجين استخدم علاقة ثابت $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ التي تمثل إزاحة دوبلر للضوء. اطلب إلى الطلاب حساب إزاحة الطول الموجي للموجتين المتبقيتين في الطيف المرئي للهيدروجين الموضح في الشكل 8-9، ثم أسأل عما إذا كانت هذه الأطوال الموجية توجد في منطقة فوق البنفسجي، أو المرئي، أو تحت الحمراء للطيف المميز للهيدروجين.

الخطوط 984 nm; 656 nm; 729 nm; 486 nm موجودة في المنطقة تحت الحمراء.

3م منطقي-رياضي

استخدام النمادج

مستويات الطاقة في الذرة اطلب إلى الطلاب تذكر ما إذا كانوا قد استخدموا درجات مماثلة لتلك الموضحة في الشكل 9-10 عند نزولهم درجات سلم كهربائي متوقف في مركز تجاري أو في بناية للمكاتب. واطلب إليهم تذكر كيفية التباعد العمودي بين الدرجات. وكذلك التباعد بين مستويات طاقة الوضع التجاذبية لشخص ما ينزل على الدرجات، لتصبح أقل ثم أقل كلما نزلوا على الدرج. ثم اسألهم عن النموذج المماثل لنزولهم على درجات سلم كهربائي متوقف.

الطاقة المنبعثة عند انتقال الإلكترونات المثارة. م 2

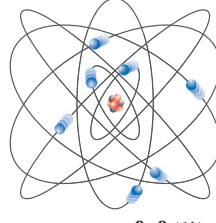
بصري- مكاني.

المناقشة

سؤال ماذا يحدث عندما تنتقل إلكترونات عنصر معين من مستوى طاقة كمي أعلى إلى مستوى طاقة كمي أقل؟

الإجابة عندما تعود الإلكترونات في الذرة هابطة إلى مستوى طاقة كمي أقل تنبعث فوتونات. ونتيجة لهذا الانتقال يمكن مشاهدة طيف انبعاث ذري للعنصر.

1 م بصري- مكاني.



الشكل 9-10 نموذج الكواكب لبور في الذرة اعتمد على فرضية أن الإلكترونات تدور في مدارات ثابتة حول النواة.

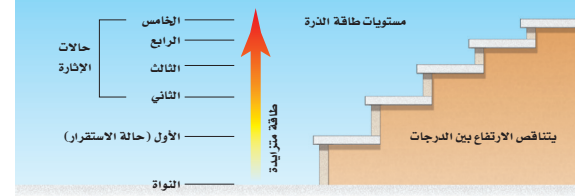
تكمية الطاقة Quantized Energy

بدأ بور بالترتيب الكواكبي للإلكترونات، كما هو موضح في الشكل 9-9. لكنه قدّم نظرية جريئة تنص على أن قوانين الكهر ومغناطيسية لا تطبق على داخل الذرة. فافترض أن الإلكترونات في المدار المستقر لا تشع طاقة رغم أنها تتسارع، واعتبر أن هذا هو شرط استقرار الذرة. وذهب إلى افتراض أن حالة الاستقرار للذرات تكون فقط عندما تكون كميات الطاقة فيها محددة؛ أي أنه اعتبر أن مستويات الطاقة في الذرة مكمية.

وكما هو موضح في الشكل 9-10 فإن تكمية الطاقة في الذرات يمكن تشبيهها بدرجات سلم؛ بحيث يتناقص البعد بين كل درجتين كلما صعدنا إلى أعلى. وحتى تصعد إلى درجات أعلى للسلم يجب أن تنتقل من الدرجة الأدنى إلى الدرجة الأعلى، ومن المستحيل الوقوف عند نقطة تقع بين درجتين. والذرات لها كميات مكمية من الطاقة كل منها يسمى مستوى طاقة، فكما أنه لا يمكنك أن تشغل مكاناً بين درجتين سلم فإن طاقة الذرة لا يمكن أن يكون لها قيمة بين طاقتي مستويين من مستويات الطاقة المسموح بها. وعندما تكون طاقة الذرة عند أقل مقدار مسموح به يقال إنها في حالة استقرار. وعندما تمتص الذرة كمية محددة من الطاقة فإنها تنتقل إلى مستوى طاقة أعلى، أي مستوى طاقة أعلى من مستوى الاستقرار. وهذه الحالة تسمى حالة الإثارة.

طاقة الذرة ما الذي يحدد طاقة الذرة؟ طاقة الذرة تساوي مجموع طاقة حركة الإلكترونات وطاقة الوضع الناتجة عن قوة التجاذب بين الإلكترونات والنواة. وطاقة الإلكترون في المستويات القريبة من النواة أقل من طاقة الإلكترون في المستويات البعيدة عنها؛ لأنه يجب أن يبذل شغل لنقل الإلكترونات بعيداً عن النواة. وهكذا تكون الذرات في حالة إثارة عندما تكون إلكتروناتها عند مستويات طاقة أعلى؛ أي في مستويات أبعد عن النواة. ولأن الطاقة مكمية وترتبط برقم المستوى فإن طاقة المستوى مكمية أيضاً. يعرف نموذج الذرة الذي تم وصفه آنفاً، والذي يبين وجود نواة مركزية وإلكترونات لها مستويات طاقة مكمية تدور حولها بنموذج بور للذرة.

إذا كان بور مصيباً في افتراضه أن الذرات المستقرة لا تبعث طاقة، فمن المسؤول إذن عن طيف الانبعاث المميز للذرة؟ للإجابة عن هذا السؤال، اقترح بور أن طاقة كهر ومغناطيسية تنبعث عندما تتغير حالة الذرة من حالة استقرار إلى حالة استقرار أخرى. ومن نظرية التأثير الكهروضوئي لأينشتاين أدرك بور أن طاقة كل فوتون تعطى بالمعادلة $E_{\text{فوتون}} = hf$ ، ثم افترض أنه عندما تمتص الذرة فوتوناً فإنها تصبح مثارة، وتزداد طاقتها بمقدار يساوي طاقة ذلك الفوتون، ثم تنتقل هذه الذرة المثارة إلى مستوى طاقة أقل عندما تشع فوتوناً.



الشكل 9-10 هذه الدرجات التي يتناقص البعد بينها تماثل مستويات الطاقة المتاحة في الذرة. لاحظ كيف أن فرق الطاقة بين مستويات الطاقة المتجاورة يتناقص كلما زاد بعد مستوى الطاقة.

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

التركيب الكيميائي للنجوم والكواكب تستخدم الأطياف غالباً لتحديد مكونات الكواكب والنجوم؛ حيث يوجّه الضوء المجمّع بواسطة التلسكوب إلى المطياف بدلاً من عين المراقب أو الفيلم. تم اكتشاف أن عنصر الهيليوم يشكل جزءاً من الطيف الشمسي قبل أن يتم اكتشافه على الأرض. إن تحليل الطيف الشمسي المنعكس عن كوكب المشتري يشير إلى أن غلافه الجوي يحتوي على الميثان، وهذا التوقع تم تأكيده بعد عدة سنوات عندما اقتربت المجسات الفضائية من الكوكب العملاق. ولأن تلسكوب هابل الفضائي يقع فوق غازات الغلاف الجوي الذي يمتص أطياف الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء كما في الطيف المرئي فإنه يستطيع اكتشاف امتصاص هذه الأطوال الموجية.



حركة الإلكترون

الزمن المقترح 5 دقائق.

المواد والأدوات مروحة مكتب كهربائية.

الخطوات شغل المروحة على سرعة عالية واطلب إلى الطلاب مشاهدة الريش الدوّارة.

تحذير: لا تدع أي طالب يلمس الريش

المتحركة. ريش المروحة غير مميزة المعالم. أشر إلى

أنه بمشاهدة بسيطة فإنه من غير الممكن تحديد شكل

كل ريشة في أثناء دوران المروحة بسرعة كبيرة.

وأشر كذلك إلى أن عدم وضوح الصورة ناتج

عن عدم قدرة العين على التقاط الحركة السريعة.

إن عدم القدرة على تحديد موقع إلكترون بدقة

في الذرة هو نتيجة عدم القدرة على مشاهدة

الإلكترون دون إحداث تشويش في حركته.

ذكرهم بمبدأ عدم التحديد لهيزنبرج الذي تمت

مناقشته سابقاً، والذي يبين أن تحديد موقع الجسم

بدقة أكبر يعني دقة أقل في معرفة زخمه. ولدراسة

الذرة فإن الأمر الأكثر أهمية هو معرفة مقدار طاقة

الإلكترون، لا تحديد أين يوجد الإلكترون فعلياً

وبدقة كبيرة.

عندما يحدث انتقال في الذرة من مستوى طاقة ابتدائي E_i ، إلى مستوى طاقة نهائي E_f فإن التغير في طاقة الذرة ΔE يعطى بالمعادلة:

$$\Delta E_{\text{ذرة}} = E_f - E_i$$

وكما هو موضح في الشكل 11-9، فالتغير في طاقة الذرة يساوي طاقة الفوتون المنبعث.

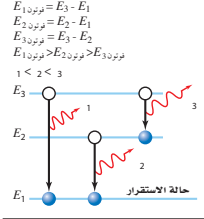
$$E_{\text{فوتون}} = \Delta E_{\text{ذرة}} \quad \text{أو} \quad E_{\text{فوتون}} = E_f - E_i$$

تلتصّص المعادلة أدناه العلاقة بين التغير في حالات الطاقة للذرة ولطاقة الفوتون المنبعث.

$$\Delta E_{\text{ذرة}} = E_{\text{فوتون}} = hf \quad \text{أو} \quad E_{\text{فوتون}} = hf$$

طاقة الفوتون المنبعث تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الفوتون المنبعث.

طاقة الفوتون المنبعث تساوي النقص في طاقة الذرة.



الشكل 11-9 طاقة الفوتون المنبعث تساوي الفرق في الطاقة بين مستويات الطاقة الابتدائية والنهائية للذرة.

تنبؤات نموذج بور Predictions of the Bohr Model

يجب أن تقدم النظرية العلمية أكثر من المسلمات الموجودة سابقاً، وأن تسمح بإجراء توقعات قابلة للاختبار، ومقارنتها مع النتائج التجريبية. والنظرية الجيدة كذلك يمكن تطبيقها على عدة مشكلات مختلفة، وفي النهاية يمكنها تقديم تفسير موحد لجزء من العالم المادي.

استخدم بور نظريته لحساب الأطوال الموجية للضوء المنبعث من ذرة الهيدروجين، فكانت الحسابات متوافقة جداً مع قيم مقاسة حددها علماء آخرون. ونتيجة ذلك تم قبول نموذج بور على نطاق واسع. لكن - لسوء الحظ - فقد طُبّق هذا النموذج على ذرة الهيدروجين فقط، ولم يكن باستطاعته توقع طيف الهيليوم الذي يمثل العنصر البسيط التالي بعد الهيدروجين. إضافة إلى ذلك لم يقدم النموذج تفسيراً جيداً لبعض المسائل، مثل لماذا يمكن تطبيق قوانين الكهر ومغناطيسية في كل مكان إلا داخل الذرة. لذلك لم يكن بور نفسه يعتقد أن نموذجيه يمثل نظرية متكاملة عن تركيب الذرة. وعلى الرغم من عيوب نموذج بور فإنه يصف مستويات الطاقة والأطوال الموجية للضوء المنبعث والممتص من ذرات الهيدروجين بصورة جيدة.

تطور نموذج بور طور بور نموذجيه بتطبيق قانون نيوتن الثاني في الحركة $F = ma$ على الإلكترون، والقوة المحصلة المحسوبة بواسطة قانون كولوم للتفاعل بين الإلكترون ذي الشحنة $-q$ والبروتون ذي الشحنة $+q$ أحدهما على بعد r من الآخر؛ حيث تحسب القوة بالمعادلة: $F = -k q^2 / r^2$. إن تسارع الإلكترون في مدار دائري حول البروتون الذي كتلته أكبر كثيراً من كتلة الإلكترون يعطى بالمعادلة: $a = -v^2 / r$ حيث تشير الإشارة السالبة إلى أن الاتجاه نحو الداخل. وهكذا حصل بور على العلاقة:

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

في المعادلة أعلاه، k تمثل ثابت كولوم، وقيمته $9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$.

تعزيز الفهم

طاقة الفوتون ذكّر الطلاب أن الموجات الضوئية

بالقرب من النهاية الحمراء للطيف المرئي لها طول

موجي أكبر من الموجات الضوئية بالقرب من النهاية

البنفسجية. ثم اسألهم عن لون الضوء الذي يكون

لفوتوناته أكبر طاقة؟ ولماذا؟ **طاقة الفوتون** $E_{\text{فوتون}} = hf$

ولأن تردد الموجات الضوئية للضوء البنفسجي أكبر

من تردد الموجات الضوئية للضوء الأحمر، فإن طاقة

فوتون الضوء البنفسجي أكبر من طاقة فوتون الضوء

الأحمر. 2م بصري-مكاني

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

نموذج بور الكواكبي أشر إلى أن نموذج بور الكواكبي يبين أن ذرة الهيدروجين لها إلكترون وحيد يدور حول البروتون، ويشبه كثيراً الكوكب الذي يدور حول نجم، وكذلك دوران القمر الاصطناعي حول الأرض.

ذكّر الطلاب بما درسوه سابقاً، أن للقمر الاصطناعي في المدار الدائري حول الأرض تسارعاً مركزيّاً. إن القوة المحصلة التي تسبب التسارع هي قوة الجاذبية F_g المؤثرة فيه،

$$F_g = F_{\text{محصلة}}; \frac{Gm_s m_E}{r^2} = \frac{m_s v^2}{r^2}$$

والتي توصف بقانون نيوتن للجذب العام F في نموذج بور هي القوة بين الإلكترون والبروتون، كما

وصفت بقانون كولوم بالعلاقة: **1م منطقي-رياضي** $F = K(q_A q_B / r^2)$

تجربة

طيف الضوء اللامع (الساطع)

تحذير: يجب حمل أنابيب تفريغ الغاز بحذر شديد؛ فهي قابلة للكسر. وكذلك فإن الدهون الموجودة على الإبهام الملتصق بالزجاج، تسبب تكوّن بقع ساخنة تقلل من عمر الأنبوب. يجب أن تضيء الأنابيب فترة زمنية كافية لإجراء القياسات.

الهدف: ملاحظة طيف الضوء اللامع - الساطع - المميز المنبعث من أنابيب تفريغ لغازات مختلفة. **المواد والأدوات:** أنابيب تفريغ غاز، مصدر طاقة لتفريغ الغاز، ومجموعة من محزوزات حيود. **النتائج المتوقعة:** سيلاحظ الطلاب الفرق بين مجموعات الخطوط اللامعة المميزة من كل أنبوب.

التحليل والاستنتاج

- تختلف الألوان والفراغات الفاصلة بين الخطوط الطيفية بناءً على نوع غاز أنابيب تفريغ الغاز المستخدمة.
- يلاحظ وجود طيفين مختلفين لأن مستويات الطاقة لذرات الغاز في الأنبوبين مختلفة.

تجربة

طيف الضوء اللامع (الساطع)

شغل مصدر القدرة المتصل مع أنبوب تفريغ الغاز بحيث يضيء الأنبوب.

تحذير: احمل أنبوب الغاز بحذر شديد لتجنب تحطمه، ولا تلمس أي فلز معرض للإضاءة في أثناء تشغيل مصدر القدرة؛ لأن فرق الجهد المستخدم خطر. وقم دائماً بفصل مصدر القدرة قبل تغيير أنابيب الغاز.

أطفئ أنوار الغرفة

- صف اللون الذي تلاحظه.
- لاحظ أنبوب غاز التفريغ من خلال محزوز الحيود.
- اختبر نتائج مشاهدة أنبوب غاز التفريغ من خلال محزوز الحيود.
- توقع ما إذا كان الطيف الملاحظ سيتغير عندما تتم مشاهدة أنبوب غاز التفريغ من خلال محزوز الحيود.
- اختبر توقعاتك.
- اختبر نتائج مشاهدة أنبوب غاز التفريغ من خلال محزوز الحيود.
- فسر سبب وجود اختلاف بين الطيفين.

أخذ بور بعد ذلك في الحسبان الزخم الزاوي للإلكترون الذي يدور حول النواة، والذي يساوي حاصل ضرب زخم الإلكترون في نصف قطر مساره الدائري، فتوصل إلى أن الزخم الزاوي للإلكترون يعطى بالعلاقة: mvr . ثم افترض أن الزخم الزاوي للإلكترون له قيم محددة، وأن تلك القيم المسموح بها تكون مضروبة في المقدار $h/2\pi$ ؛ حيث h ثابت بلانك. وباستخدام n لتمثل عدداً صحيحاً، اقترح بور أن $mvr = nh/2\pi$. وباستخدام العلاقة $\frac{mv^2}{r} = \frac{kq^2}{r^2}$ وبإعادة ترتيب معادلة الزخم الزاوي وجد بور أن أنصاف أقطار مستويات الإلكترونات في ذرة الهيدروجين تعطى بالمعادلة التالية:

$$r_n = \frac{h^2 n^2}{4 \pi^2 k m q^2}$$

نصف قطر مستوى إلكترون ذرة الهيدروجين n نصف قطر مستوى n للإلكترون يساوي حاصل ضرب مربع ثابت بلانك في مربع العدد الصحيح n مقسوماً على الكمية المتكونة من حاصل ضرب 4 في مربع π ، مضروبة في الثابت k ، مضروبة في كتلة الإلكترون ومربع شحنته.

تستطيع حساب نصف قطر المستوى الأقرب إلى النواة في ذرة الهيدروجين - الذي يعرف أيضاً بنصف قطر بور - وذلك بتعويض القيم المعروفة، وقيمة $n = 1$ في المعادلة أعلاه.

$$r_1 = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s})^2 (1)^2}{4 \pi^2 (9.0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2) (9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}) (1.60 \times 10^{-19} \text{ C})^2}$$

$$= 5.3 \times 10^{-11} \text{ J}^2 \cdot \text{s}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}$$

$$= 5.3 \times 10^{-11} \text{ m, أو } 0.053 \text{ nm}$$

بتطبيق قوانين الجبر البسيطة تستطيع التوصل إلى أن الطاقة الكلية للذرة يعبر عنها بحاصل جمع طاقة حركة الإلكترون وطاقة وضعه، وإذا عوضنا $r_n = \frac{h^2 n^2}{4 \pi^2 k m q^2}$ في المعادلة $E_n = -\frac{kq^2}{2r}$ ينتج أن:

$$E_n = \frac{-2 \pi^2 k^2 m q^4}{h^2} \times \frac{1}{n^2}$$

وبتعويض القيم العددية للثوابت تستطيع حساب مقدار الطاقة الكلية للذرة بوحدة الجول، فنتج المعادلة:

$$E_n = -2.17 \times 10^{-18} \text{ J} \times \frac{1}{n^2}$$

وبتحويل العلاقة لوحدات الإلكترون فولت تنتج المعادلة:

$$E_n = -13.6 \text{ eV} \times \frac{1}{n^2}$$

طاقة ذرة الهيدروجين
الطاقة الكلية للذرة عدد الكم الرئيس لها n ، تساوي حاصل ضرب -13.6 eV في مقلوب n^2 .

إن كلاً من نصف قطر المستوى للإلكترون وطاقة الذرة مكافئة. ويسمى العدد الصحيح n الذي يظهر في المعادلات عدد الكم الرئيس، ويمكن من خلاله حساب القيم المكافئة لكل من r و E . وبصورة مختصرة، فإن نصف القطر r يزداد بزيادة مربع n ، بينما تعتمد الطاقة E على $1/n^2$.

تحفيز

نشاط

الطاقة الكلية للذرة بين الطلاب أن معادلة الطاقة المكتملة للذرة تنتج عن الصيغة الرياضية التالية:

$$E = \frac{-Kq^2}{2r} = \frac{-Kq^2}{2} r^{-1} = \left(\frac{-Kq^2}{2} \right) \left(\frac{h^2 n^2}{4 \pi^2 K m q^2} \right)^{-1} = \left(\frac{-Kq^2}{2} \right) \left(\frac{4 \pi^2 K m q^2}{h^2 n^2} \right)$$

$$E = \frac{-2 \pi^2 K^2 m q^4}{h^2} \times \frac{1}{n^2} \quad \text{بين للطلاب أن وحدة قياس } E_n \text{ هي J}$$

$$\frac{K^2 m q^4}{h^2} ; \frac{(\text{N.m}^2/\text{C}^2)^2 (\text{Kg})(\text{C})^4}{(\text{J.s})^2} = \frac{(\text{N}^2)(\text{m}^4)(\text{Kg})(\text{C}^4)}{(\text{C}^4)(\text{J}^2)(\text{s}^2)}$$

$$= (\text{kg})(\text{m/s}^2)(\text{m}) = \text{N.m} = \text{J} \quad \text{3 م}$$

استخدام الشكل 12-9

اسأل الطلاب عن السمة المشتركة في جميع حالات الانتقال للسلاسل الطيفية الخاصة لكل من (بالمر، وليمان، باشن). **المستوى الأخير للطاقة**. ما السلسلة التي لفوتونات أعلى طاقة؟ **ليمان**. ما السلسلة التي لفوتونات أقل طاقة؟ **باشن**. م 2

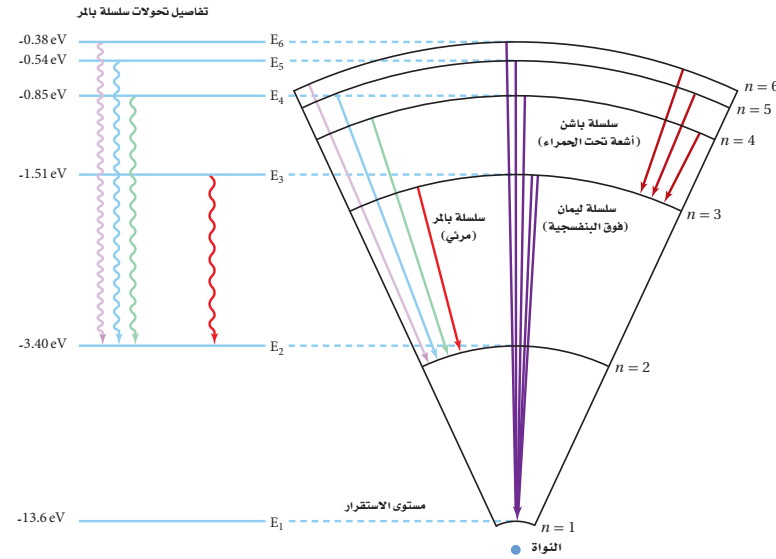
التفكير الناقد

الانتقال بين مستويات الطاقة كل سلسلة من السلاسل المبينة في الشكل 12-9 يحدث فيها انتقال للإلكترون مثار من مستوى الطاقة $n = 6$. اسأل الطلاب لماذا لا تبعث جميع السلاسل الطول الموجي نفسه للضوء. لا تعتمد طاقة الفوتون المنبعث على مستوى الطاقة الابتدائي الذي انتقل منه الإلكترون، ولكنها تعتمد على مستويي الطاقة الابتدائي والنهائي اللذين انتقل بينهما الإلكترون. ولأن مستوى الطاقة النهائي في كل سلسلة مختلف فإن ΔE للإلكترون المنبعث من مستوى الطاقة $n = 6$ مختلف. ولأن الطول الموجي للفوتون المنبعث يرتبط مع ΔE فإن الطول الموجي للضوء لكل سلسلة سوف يكون مختلفاً. م 3

الطاقة وانتقال الإلكترون ربما تتساءل لماذا تكون طاقة الذرة في نموذج بور ذات قيمة سالبة. تذكر مما درست أن فروق الطاقة فقط ذات معنى. وطاقة مستوى اللانهائية يمكن اعتبارها صفراً، وتسمى الطاقة الصفريّة، وتعرف بأنها طاقة الذرة عندما يكون الإلكترون بعيداً جداً عن الذرة وليس له طاقة حركة. وتحدث هذه الحالة عندما تصبح الذرة متأينة، أي عندما يُسزَع إلكترون من الذرة. ولأنه يجب بذل شغل لتأين الذرة فإن طاقة الذرة مع الإلكترون الدائر فيها يجب أن يكون أقل من صفر، لذلك فإن طاقة الذرة ذات قيمة سالبة. وعندما يحدث انتقال في الذرة من مستوى طاقة أقل إلى مستوى طاقة أعلى فإن الطاقة الكلية تصبح أقل سالبة، ولكن مجموع التغير الكلي في الطاقة يبقى موجباً.

بعض مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين ومستويات الطاقة التي قد يتم الانتقال إليها موضحة في الشكل 12-9. لاحظ أن ذرة الهيدروجين المثار يمكنها أن تبعث مدى واسعاً من الطاقة الكهرومغناطيسية كالأشعة تحت الحمراء، والضوء المرئي، أو الأشعة فوق البنفسجية بحسب حالات الانتقال التي تحدث؛ حيث تبعث الأشعة فوق البنفسجية عندما ينتقل إلكترون من مستوى حالة الإثارة إلى مستوى الطاقة الأول. وتنتج الخطوط الأربعة المرئية في طيف الهيدروجين عندما يحدث الانتقال في الذرة من مستوى الطاقة $n = 3$ أو مستوى أعلى إلى مستوى الطاقة $n = 2$.

الشكل 12-9 تعرف مجموعة الخطوط الملونة التي تكون طيف ذرة الهيدروجين المرئي بسلسلة بالمر. إن هذا الضوء المرئي ناتج عن الفوتونات المنبعثة عندما تعود الإلكترونات إلى مستوى الطاقة الثاني $n = 2$. ونتيجة لانتقال إلكترونات أخرى لذرة الهيدروجين تنبعث كل من الأشعة فوق البنفسجية (سلسلة ليمان) والأشعة تحت الحمراء (سلسلة باشن)، وهي أشعة كهرومغناطيسية.



مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

نصف قطر مستويات الطاقة للإلكترون ذرة الهيدروجين وصّح للطلاب خطوة بخطوة التعويضات التي تم استخدامها في اشتقاق معادلة نصف قطر مستويات الطاقة للإلكترون ذرة الهيدروجين.

$$\frac{Kq^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r}; \quad \frac{Kq^2}{r} = mv^2 \quad \text{عوض } v = nh/2\pi mr;$$

$$Kq^2 = rm(nh/2\pi mr)^2 = \frac{rmn^2h^2}{4\pi^2 m^2 r^2} = \frac{n^2h^2}{4\pi^2 mr}$$

$$Kq^2 = \frac{n^2h^2}{4\pi^2 mr} \quad \text{حل المعادلة بالنسبة للمتغير } r \text{ في المعادلة:}$$

$$r_n = \frac{n^2h^2}{4\pi^2 Kmq^2} \quad \text{ينتج 1م منطقي-رياضي}$$

مثال صفحي

سؤال احسب فرق الطاقة بين مستويات الطاقة E_1 و E_3 في ذرة الهيدروجين.

الجواب

$$E_1 = -13.6 \text{ eV} \times 1/(1)^2$$

$$E_3 = -13.6 \text{ eV} \times 1/(3)^2$$

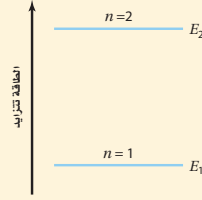
$$\Delta E = E_3 - E_1$$

$$= -1.51 \text{ eV} - (-13.6 \text{ eV})$$

$$= 12.1 \text{ eV}$$

مثال 1

مستويات الطاقة تختص ذرة الهيدروجين طاقة تسبب انتقال إلكترونها من مستوى الطاقة الأدنى $n=1$ إلى مستوى الطاقة الثاني $n=2$. احسب طاقة كل من مستوى الطاقة الأول ومستوى الطاقة الثاني، ثم احسب الطاقة الممتصة بواسطة الذرة.



1 تحليل المسألة ورسمها

- مثل بالرسم مستويات الطاقة E_1 و E_2 .
- وضح اتجاه تزايد الطاقة في الرسم التوضيحي.

المجهول

المعلوم

- عدد الكم لمستوى الطاقة الأول، $n=1$ طاقة المستوى E_1 ؟
- عدد الكم لمستوى الطاقة الثاني $n=2$ طاقة المستوى E_2 ؟
- فرق الطاقة ΔE ؟

2 إيجاد الكمية المجهولة

استخدم معادلة طاقة الإلكترون في مستواه، لحساب طاقة كل مستوى.

$$E_n = -13.6 \text{ eV} \times \frac{1}{n^2}$$

$$E_1 = -13.6 \text{ eV} \times \frac{1}{(1)^2}$$

$$E_1 = -13.6 \text{ eV}$$

$$E_n = -13.6 \text{ eV} \times \frac{1}{(2)^2}$$

$$E_2 = -3.40 \text{ eV}$$

دليل الرياضيات

الأرقام الصغيرة واستخدام الأسس السالبة ص 172 و 173.

بالتعويض $n=1$

بالتعويض $n=2$

إن الطاقة الممتصة بواسطة الذرة ΔE تساوي فرق الطاقة بين مستوى الطاقة النهائي للذرة E_f ومستوى الطاقة الأولي للذرة E_i .

$$\Delta E = E_f - E_i$$

$$= E_2 - E_1$$

$$= -3.40 \text{ eV} - (-13.6 \text{ eV})$$

$$= 10.2 \text{ eV}$$

طاقة الفوتون المنبعثة

$$E_i = E_1, E_f = E_2$$

$$E_1 = -13.6 \text{ eV}, E_2 = -3.40 \text{ eV}$$

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ إن قيم طاقة المستويات يجب أن تقاس بوحدة الإلكترون فولت.
- هل الإشارة صحيحة؟ إن فرق الطاقة موجب عندما تتحرك الإلكترونات من مستويات طاقة منخفضة إلى مستويات طاقة أعلى.
- هل الجواب منطقي؟ إن الطاقة اللازمة لتحريك إلكترون من مستوى الطاقة الأول إلى مستوى الطاقة الثاني يجب أن يساوي 10 eV تقريباً، وهذا يساوي الطاقة المطلوبة.

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

المستويات الإهليلجية لم تفسر نظرية بور الكمية مجموعات من الخطوط المتقاربة التي تشكل تركيب ذرة الهيدروجين؛ لأنها افترضت أن شكل المستوى دائري. ثم قدم العالم A. J. W. سومرفيلد وصفاً رياضياً للمستويات الإهليلجية مستخدماً نظرية الكم، ثم أثبت أن هناك مستويات محددة يمكن أن يوجد فيها الإلكترون عند الأخذ في الحسبان التغير النسبي في كتلة الإلكترون الدوار. هذا التركيب لمستويات الطاقة الدائرية والإهليلجية للإلكترون نجح في توضيح بعض تراكيب طيف ذرة الهيدروجين.

مثال صفي

سؤال ما طول موجة الفوتون المنبعث عندما ينتقل إلكترون ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة الثالث $n = 3$ إلى مستوى الطاقة الأول $n = 1$ ؟

الجواب

$$\begin{aligned}\Delta E &= E_1 - E_3 \\ &= -13.6 \text{ eV} - (-1.51 \text{ eV}) \\ &= -12.1 \text{ eV} \\ \lambda &= hc / \Delta E \\ &= 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm} / 12.1 \text{ eV} \\ &= 103 \text{ nm}\end{aligned}$$

مسائل تدريبية

1. $E_2 = -3.40 \text{ eV}$
 $E_3 = -1.51 \text{ eV}$
 $E_4 = -0.850 \text{ eV}$
2. 1.89 eV
3. 2.55 eV
4. $r_2 = 2.1 \times 10^{-10} \text{ m}$ أو 0.21 nm
 $r_3 = 4.8 \times 10^{-10} \text{ m}$ أو 0.48 nm
 $r_4 = 8.5 \times 10^{-10} \text{ m}$ أو 0.85 nm
5. $2 \times 10^3 \text{ m}$

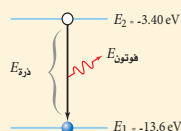
مسائل تدريبية

1. احسب طاقة المستويات التالية لذرة الهيدروجين: الثاني والثالث والرابع.
2. احسب فرق الطاقة بين مستوى الطاقة E_3 ومستوى الطاقة E_2 في ذرة الهيدروجين.
3. احسب فرق الطاقة بين مستوى الطاقة E_4 ومستوى الطاقة E_2 في ذرة الهيدروجين.
4. النص الآتي يمثل حل المعادلة $r_n = \frac{h^2 n^2}{4 \pi^2 k m q^2}$ عندما $n = 1$ ، فإن نصف القطر يكون هو الأصغر لمستويات ذرة الهيدروجين. لاحظ أنه - ماعدا n^2 - فإن كل المعطيات الأخرى في المعادلة ثابتة. وقيمة r_1 تساوي $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$ أو 0.053 nm . استخدم هذه المعلومات في حساب أنصاف أقطار مستويات الطاقة الثاني والثالث والرابع في ذرة الهيدروجين.
5. قطر نواة ذرة الهيدروجين $2.5 \times 10^{-15} \text{ m}$ ، والمسافة بين النواة والإلكترون الأول $5 \times 10^{-11} \text{ m}$ تقريباً. إذا استخدمت كرة قطرها 7.5 cm لتمثل النواة، فكم يكون بُعد الإلكترون؟

مثال 2

تردد وطول موجة الفوتونات المنبعثة ينتقل إلكترون ذرة هيدروجين مثارة من مستوى الطاقة الثاني $n = 2$ إلى مستوى الطاقة الأول $n = 1$. احسب الطاقة والطول الموجي للفوتون المنبعث. استخدم قيم E_2 و E_1 من المسألة 1.

1 تحليل المسألة ورسمها



دليل الرياضيات

فصل المتغير ص 175.

- ارسم رسماً توضيحياً لمستويات الطاقة E_2 و E_1 .
 - وضح اتجاه تزايد الطاقة، ووضح انبعاث الفوتون في الرسم.
- | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| المجهول | المعلوم |
| التردد، $f = ?$ | مستوى الطاقة $E_1 = -13.6 \text{ eV}$ |
| الطول الموجي، $\lambda = ?$ | مستوى الطاقة $E_2 = -3.40 \text{ eV}$ |
| فرق الطاقة $\Delta E = ?$ | |

2 إيجاد الكمية المجهولة

طاقة الفوتون المنبعث تساوي ΔE ، فرق الطاقة بين مستوى الطاقة الثاني E_2 ومستوى الطاقة الأول E_1 .

$$\begin{aligned}\Delta E &= E_f - E_i \\ &= E_1 - E_2 \\ &= -13.6 \text{ eV} - (-3.40 \text{ eV}) \\ &= -10.2 \text{ eV}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{بالتعويض } E_f &= E_1, E_i = E_2 \\ E_1 &= -13.6 \text{ eV}, E_2 = -3.40 \text{ eV}\end{aligned}$$

لحساب الطول الموجي للفوتون، استخدم المعادلات الآتية:

$$\Delta E = hf \quad \text{لذا فإن، } f = \frac{\Delta E}{h}$$

- حل معادلة الفوتون بالنسبة إلى التردد

$$c = \lambda f \quad \text{لذا فإن، } \lambda = \frac{c}{f}$$

- حل معادلة الطول الموجي التردد بالنسبة إلى الطول الموجي

$$\lambda = \frac{c}{(\Delta E/h)} = \frac{hc}{\Delta E}$$

$$f = \frac{\Delta E}{h} \quad \text{بالتعويض}$$

$$= \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{10.2 \text{ eV}} = 122 \text{ nm}$$

$$hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}, \Delta E = 10.2 \text{ eV} \quad \text{بالتعويض}$$

مسائل تدريبية

6. $\lambda = 6.58 \times 10^{-7} \text{ m}$

$= 658 \text{ nm}$

$\lambda = 4.88 \times 10^{-7} \text{ m}$

$= 488 \text{ nm}$

7. a. 2.15 eV

b. $5.78 \times 10^{-7} \text{ m} = 578 \text{ nm}$

8. -50.3 eV

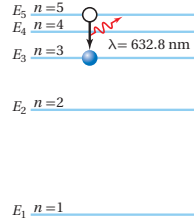
3. تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ تقاس الطاقة بوحدة الإلكترون فولت. البادئة نانو تعادل إلى وحدة متر، وهي وحدة القياس الأساسية في النظام SI. والتي تمثل الوحدة الصحيحة للطول الموجي.
- هل الإشارة صحيحة؟ تنتج الطاقة عندما تبعث الذرة فوتوناً خلال عملية الانتقال من مستوى الطاقة الثاني إلى مستوى الطاقة الأول، ولذلك فإن فرق الطاقة سالب.
- هل الجواب منطقي؟ الطاقة الناتجة عن عملية الانتقال تنتج ضوءاً في مدى الأشعة فوق البنفسجية، وهو أقل من 400 nm.

مسائل تدريبية

6. أوجد الطول الموجي للضوء المنبعث في المسائل 2 و 3. أي الخطوط في الشكل 8-9 ترتبط مع كل عملية انتقال؟
7. في عملية انتقال محدد، تسقط طاقة ذرة الزئبق من مستوى طاقة 8.82 eV إلى مستوى طاقة 6.67 eV.
- a. ما مقدار طاقة الفوتون المنبعث من ذرة الزئبق؟
- b. ما مقدار الطول الموجي للفوتون المنبعث من ذرة الزئبق؟
8. في حالة استقرار أيون الهيليوم تكون الطاقة 54.4 eV-. ولكي يتم التحول إلى حالة الاستقرار انبعث فوتون طوله الموجي 304 nm. ما مقدار طاقة الإثارة؟

مسألة تحفيز



على الرغم من أن نموذج بور للذرة يفسر بدقة سلوك ذرة الهيدروجين، إلا أنه لم يكن قادراً على تفسير سلوك أي ذرة أخرى. تحقق من جوانب القصور في نموذج بور؛ وذلك بتحليل انتقال إلكترون في ذرة النيون. فخلافاً لذرة الهيدروجين فإن لذرة النيون عشرة إلكترونات، وأحد هذه الإلكترونات ينتقل بين مستوى الطاقة $n = 5$ ومستوى الطاقة $n = 3$ ، باعثاً فوتوناً في هذه العملية.

1. اعتبر أنه يمكن معاملة إلكترون ذرة النيون كإلكترون في ذرة الهيدروجين، فما طاقة الفوتون التي يتوقعها نموذج بور؟
2. اعتبر أنه يمكن معاملة إلكترون ذرة النيون كإلكترون في ذرة الهيدروجين، فما الطول الموجي الذي يتنبأ به نموذج بور؟
3. الطول الموجي الحقيقي للفوتون المنبعث خلال عملية الانتقال 632.8 nm، ما نسبة الخطأ المتري لتنبؤ نموذج بور للطول الموجي للفوتون؟

مسألة تحفيز

1. $\Delta E = E_i - E_f = (-13.6 \text{ eV}) \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{3^2} \right) = 0.967 \text{ eV}$

2. $\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{1240 \text{ eV.nm}}{0.967 \text{ eV}} = 1280 \text{ nm}$

3. الخطأ النسبي = $\frac{\text{القيمة المقبولة} - \text{القيمة المتوقعة}}{\text{القيمة المقبولة}} \times 100$

$100 \times \frac{632.8 \text{ nm} - 1280 \text{ nm}}{632.8 \text{ nm}} = 103\%$

3. التقويم

التحقق من الفهم

نموذج بور اسأل الطلاب كيف فسر نموذج بور امتصاص ذرة الهيدروجين للفوتونات ذات الأطوال الموجية المحددة فقط؟ لأن إلكترون ذرة الهيدروجين يوجد في مستويات طاقة مكمة، وانتقال الإلكترون من مستوى طاقة أقل إلى مستوى طاقة أعلى يحدث فقط نتيجة امتصاص فوتون له طاقة تساوي أو أكبر من الفرق بين طاقتي المستويين. ولأن الطول الموجي للضوء يرتبط مع فرق الطاقة هذا بالمعادلة $\lambda = hc / \Delta E$ فإن فوتونات الضوء الممتص هي فقط ذات أطوال موجية محددة. **2م لغوي**

التوسع

التحول من حالة الاستقرار إلى حالة الإثارة لمساعدة الناس على الخروج من البناية عند تعطل مصدر الطاقة فإن السلام وغرفة السلام تطل أحياناً بطلاء ذي وميض فوسفوري يستمر في اللمعان بعد توقف الإضاءة بواسطة أي ضوء مرئي طبيعي أو اصطناعي. اطلب إلى الطلاب وصف نموذج ذري قادر على تفسير الوميض الفوسفوري. تمتص إلكترونات ذرات المادة فوتونات الضوء بأطوال موجية مختلفة من الطيف المرئي وتتحرك من حالة الاستقرار إلى حالة الإثارة. وتحافظ الإلكترونات على حالة الإثارة ثواني أو ساعات، ثم تبعث فوتونات ضوئية بأطوال موجية للطيف المرئي عندما تعود إلى حالة الاستقرار. **3م**

يعدّ نموذج بور الأساس الذي مكّن العلماء من فهم تركيب الذرة. بالإضافة إلى حساب طيف الانبعاث، كان بور وطلبيه قادرين على حساب طاقة التأين لذرة الهيدروجين. وطاقة تأين الذرة هي الطاقة اللازمة لتحرير إلكترون بصورة كاملة من الذرة تتفق مع قيمة التأين التي تم حسابها بصورة كبيرة مع النتائج العملية. وقدم نموذج بور أيضاً توضيحاً لبعض الخصائص الكيميائية للعناصر. إن الفكرة التي تبين أن للذرات ترتيبات إلكترونية خاصة بكل عنصر تعدّ الأساس لمعظم معرفتنا بالتفاعلات والروابط الكيميائية. حاز العالم نيلز بور - الذي تم تخليد إنجازاته في إصدار بعض الطوابع البريدية - على جائزة نوبل عام 1922م.

1-9مراجعة

9. نموذج راذرفورد النووي، لخص تركيب الذرة بناء على نموذج راذرفورد النووي.
10. الأطياف، فيم تختلف أطياف الانبعاث الذرية للمواد الصلبة المتوهجة والغازات، وفيم تتشابه؟
11. نموذج بور، فسر كيف تحفظ الطاقة عندما تمتص ذرة فوتون الضوء؟
12. نصف قطر المستوى، يسلك أيون الهيليوم سلوك ذرة الهيدروجين، ونصف قطر مستوى طاقة الأيون الأدنى يساوي 0.0265 nm. اعتياداً على نموذج بور، ما مقدار نصف قطر مستوى الطاقة الثاني؟
13. طيف الامتصاص، وضح كيفية حساب طيف الامتصاص لغاز ما. وضح أسباب ظهور الطيف.
14. نموذج بور، تم الكشف عن تحوّل ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة 101 إلى مستوى الطاقة 100. ما مقدار الطول الموجي للإشعاع؟ أين يقع هذا الانبعاث في الطيف الكهرومغناطيسي؟
15. التفكير الناقد، نصف قطر نواة ذرة الهيدروجين 1.5×10^{-15} m تقريباً. إذا كنت راغباً في بناء نموذج لذرة الهيدروجين باستخدام كرة بلاستيك $r = 5$ cm لتمثل النواة فأين تضع إلكترونًا في مستوى $n = 1$ ؟ هل يكون موقعه في غرفة صفك؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneduction.com

1-9مراجعة

9. جميع الذرات موجبة الشحنة، ومعظم كتلتها في النواة الصغيرة الواقعة في مركز الذرة، حيث تدور حولها إلكترونات سالبة الشحنة وفق النموذج النووي لردرفورد.
10. المواد الصلبة المتوهجة تنتج حزمة متصلة من الألوان، بينما تنتج الغازات مجموعة من الخطوط الطيفية المنفصلة. وتتكوّن جميع الأطياف نتيجة تحولات في مستوى الطاقة في الذرة.
11. المجموع الأولي لطاقة الإلكترون في الذرة مضافاً إليها طاقة الفوتون الساقط تساوي الطاقة النهائية للإلكترون في الذرة.
12. يعتمد نصف قطر مستوى الإلكترون على n^2 ؛ لذلك فإن $r_2 = 4r_1 = 0.106$ nm.
13. ينفذ ضوء أبيض من خلال عينة من الغاز ثم من خلال جهاز سبكتروسكوب. ولأن الغاز يمتص أطوالاً موجية محددة فإن الطيف المستمر العادي يحتوي على
- خطوط معتمدة.
14. $4.63 \text{ cm} = 4.63 \times 10^6 \text{ nm}$ ميكروويف.
15. يمكن أن يوجد الإلكترون في مدار بور $n = 1$ على بعد 1.8 km من الكرة اللينة، وهذا يتجاوز الغرفة الصفية، ومن المحتمل أن يتجاوز محيط (حدود) المدرسة أيضاً.

9-2 النموذج الكمي للذرة

1. التركيز

نشاط محفز

نموذج السحابة الإلكترونية للذرة اطلب إلى الطلاب تشكيل مخطط توضيحي عن المفاهيم المتعلقة بنموذج السحابة الإلكترونية للذرة الذي تم نقله في حصص الكيمياء أو الفيزياء سابقاً. اسمح للطلاب بمناقشة مفاهيمهم، ثم استخدم المناقشة نقطة بداية لوصف خصائص الإلكترون في الذرة بدلالة الأطوال الموجية المحتملة. **14 بصري-مكاني**

الربط مع المعرفة السابقة

تطوير النموذج الكمي للذرة استخدمت علاقة دي برولي ومبدأ الاتحاد لهنريج اللذان تمت مناقشتها من قبل عند تعريف النموذج الكمي الميكانيكي للذرة.

2. التدريس

التفكير الناقد

المستويات غير المستقرة أسأل الطلاب عن تفسير ظاهرة الموجة في الحالة غير المستقرة الموضحة في الشكل 9-13. **2م** التداخل الهدام

The Quantum Model of the Atom 9-2 النموذج الكمي للذرة

الأهداف

- تصف أوجه القصور في نموذج بور الذري.
- تصف النموذج الكمي للذرة.
- توضح كيف يعمل الليزر.
- تصف خصائص ضوء الليزر.

المفردات

- النموذج الكمي
- سحابة إلكترونية
- ميكانيكا الكم
- الضوء المترابط
- الانبعاث المحفز
- الليزر

لا يمكن تفسير الفرضيات التي قدمها بور على أساس المبادئ الفيزيائية المقبولة في تلك الفترة. فالنظرية الكهرومغناطيسية مثلاً تتطلب أن تبعث الجسيمات المتسارعة طاقة، مما يؤدي إلى إنهيار سريع للذرة. بالإضافة إلى ذلك فإن الفكرة التي تقول إن الإلكترون الدائر له مستوى محدد بنصف قطر معين تتعارض مع مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج. فكيف يمكن وضع نموذج بور على أساس متين؟

من مستويات الطاقة إلى السحابة الإلكترونية

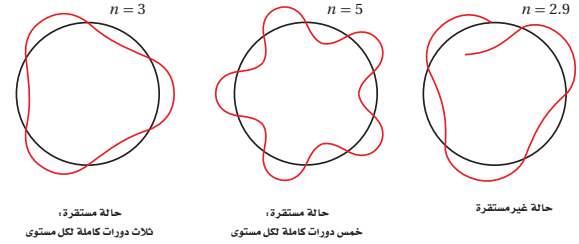
From Orbits to an Electron Cloud

إن التلميح الأول لحل هذه المسائل قدمه لويس دي برولي. تذكر من الفصل السابق أن دي برولي اقترح أن للجسيمات خصائص موجية، تماماً كما للضوء خصائص جسيمية.

تم حساب طول موجة دي برولي لجسيم زخمه mv بالمعادلة: $\lambda = h/mv$. ويمكن تحديد الزخم الزاوي للجسيم بالمعادلة: $mvr = hr/\lambda$. وهكذا فإن نموذج بور يشترط أن يكون الزخم الزاوي مكتملاً: $mvr = nh/2\pi$. ويمكن كتابتها بالصيغة التالية:

$$n\lambda = 2\pi r \quad \text{أو} \quad \frac{hr}{\lambda} = \frac{nh}{2\pi}$$

لذلك فإن محيط مستوى بور $2\pi r$ يساوي العدد الصحيح n مضروباً في طول موجة دي برولي λ . والشكل 9-13 يوضح هذه العلاقة. استخدم العالم النمساوي إرنست شرودنجر عام 1926م نموذج موجة دي برولي للوصول إلى نظرية الكم للذرة اعتياداً على الموجات. هذه النظرية لم تقترح النموذج الكلاسيكي البسيط للذرة، كما في نموذج بور، وخاصة أن نصف قطر مسار الإلكترون لم يكن يشبه نصف قطر مدار الكوكب حول الشمس. وينص مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج على أنه من المستحيل معرفة كل من موقع وزخم إلكترون في اللحظة نفسها، لذا فإن النموذج الكمي يتوقع احتمالية وجود الإلكترون في منطقة محددة فقط. ومن المثير للاهتمام أن النموذج الكمي للذرة تنبأ بأن المسافة الأكثر احتمالية بين الإلكترون والنواة لذرة الهيدروجين هي نصف القطر نفسه الذي تم توقعه من خلال نموذج بور.



9-2 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11

اختبار قصير 2-9، ص 81

شريحة التدريس 3-9 ص 89

شريحة التدريس 4-9 ص 91

ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 9، ص 93

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 70



نشاط

■ المستوى المستقر اقطع صفحات

من ورق الطباعة المعياري (A4) إلى أشرطة عرض كل منها ربع عرض الصفحة. أعط كل طالب ثلاثة شرائط. يقوم الطلاب بعناية بشني كل أشرطة بالنصف طولياً. أخبر الطلاب أنهم سيشكلون نموذج مدار الحالة المستقرة الذي افترضه بور؛ وذلك بتمثيل الإلكترون بواسطة موجة دي برولي. ارجع إلى الشكل 9-13.

راجع معهم مفهوم الموجة المستقرة التي درسوها في الصفوف السابقة، واطلب إليهم رسم مخطط توضيحي لنموذج قمة الموجة المستقرة على طول أحد الأشرطة المثنية، وبعد ذلك اقلب الشريط، وارسم المخطط ثانية في الجانب المثني الآخر. اطلب إليهم رسم مخطط لنموذج الموجة المستقرة الثانية والثالثة على التوالي مستخدمين أشرطة الورق المتبقية.

يقوم الطلاب بفض الشرائط وتشكيل دائرة من كل شريط وذلك بالإمساك بنهايتي الشريط المتقابلتين، ومن ثم ربط الطول الموجي للموجة المستقرة مع محيط الدائرة المشكلة. أحد النماذج سوف يرتبط مع المخطط الأول في الشكل 9-13 عند $n = 3$. **2م حركي**

■ استخدام الشكل 9-14

ذكر الطلاب أن الكثافة القصوى للسحابة المحتملة لمستوى الطاقة ($n = 1, 2, 3, \dots$) تحدث على بعد من النواة يعتمد على نصف قطر مدار الإلكترون في مستوى الطاقة نفسه.

اسأل الطلاب: ما البعد من النواة الأكثر احتمالية لوجود الإلكترون في مستوى الطاقة $n = 1$ ؟ والمستوى

$$\text{الطاقة } n = 2. \quad r_1 = 0.053 \text{ nm}$$

$$\text{2م } r_2 = n^2 r_1 = (4) (0.053 \text{ nm}) = 0.21 \text{ nm}$$

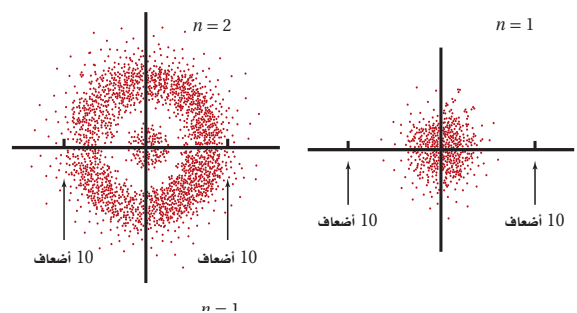
إن احتمالية وجود الإلكترون عند نصف قطر محدد يمكن حسابه ، وكذلك يمكن تكوين تمثيل ثلاثي الأبعاد لتوضيح مناطق الاحتمالات المتساوية.

والمنطقة ذات الاحتمالية العالية لوجود الإلكترون فيها تسمى سحابة إلكترونية. والشكل 9-14 يوضح مقطعاً لسحابة إلكترونية تمثل حالي الطاقة الأقل في ذرة الهيدروجين.

وعلى الرغم من صعوبة تصور النموذج الكمي للذرة فإن ميكانيكا الكم - وهي دراسة خصائص المادة باستخدام خصائصها الموجية - قد حققت نجاحاً هائلاً في توقع الكثير من المعلومات التفصيلية لتركيب الذرة. فقد كان من الصعب جداً حساب تلك التفاصيل بدقة إلا للذرات البسيطة؛ وكانت الحسابات التقريبية العالية الدقة للذرات الثقيلة تتم من خلال الحواسيب المتطورة فقط. لكن ميكانيكا الكم تمكنت من جعل تراكيب بعض الجزيئات قابلة للحساب، مما أتاح للكيميائيين القدرة على تحديد ترتيب الذرات في الجزيئات.

واسترشاداً بميكانيكا الكم استطاع الكيميائيون تحضير جزيئات جديدة ومفيدة لم تكن موجودة أصلاً في الطبيعة. وتستخدم ميكانيكا الكم أيضاً لتحليل تفاصيل امتصاص وانبعث الضوء من الذرات. ونتيجة لنظرية ميكانيكا الكم تم تطوير مصدر جديد للضوء.

■ الشكل 9-14 هذه الرسومات تظهر احتمالية وجود الإلكترون في ذرة الهيدروجين عند مسافة تساوي عشرة أضعاف نصف قطر بور من النواة لكل من مستويي الطاقة الأول والثاني، وترتبط كثافة توزيع النقاط مع احتمالية وجود الإلكترون. لاحظ أن نصف قطر بور $= 0.053 \text{ nm}$.



مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 9-3

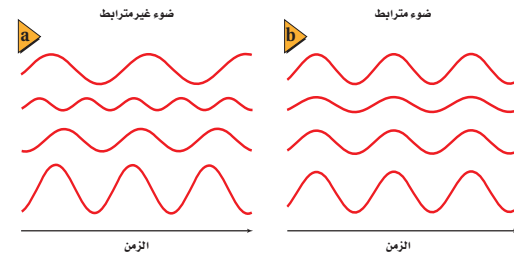
الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

الليزرات Lasers

كما تعلم فإن الضوء المنبعث عن مصدر متوهج يتكون من سلسلة متتالية من الأطوال الموجية، في حين أن الضوء الناتج عن الغاز الذري يتكون من بعض الأطوال الموجية المميزة للغاز. إن الضوء المنبعث من كلا المصدرين ينتقل في جميع الاتجاهات. وبالإضافة إلى ذلك ليس من الضروري أن تنتقل الموجات الضوئية المنبعثة من الذرات عند إحدى نهايتي أنبوب غاز التفريغ بالطور نفسه أو أن تتزامن الموجات مع موجات الطرف الآخر للأنبوب. لذلك فليس من الضرورة وجود جميع الموجات عند النقطة نفسها في اللحظة نفسها خلال دورتها. وتذكر مما درسته سابقاً أن الموجات التي تنتقل بالطور نفسه وتتوافق عند الحدود الدنيا والحدود القصوى تكون مترابطة. ويشار إلى أن موجات الضوء المترابطة تكون ضوءاً مترابطاً، بينما تنتج موجات الضوء المختلفة في الطور ضوءاً غير مترابط. ويوضح الشكل 15-9 نوعي هذه الموجات.

ينبعث الضوء من الذرات المثارة. وقد درست حتى الآن طريقتين يمكن أن تثار الذرات بهما، وهما: الإشارة الحرارية، وتصادم الإلكترون. لكن يمكن للذرات أن تثار أيضاً نتيجة تصادمها مع فوتونات ذات طاقة محددة.

الشكل 15-9 يوضح موجات الضوء غير المترابطة (a) وموجات الضوء المترابطة (b).



الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

المميزات إن تضخيم الانبعاث المحفز تحقق في البداية باستخدام موجات الميكروويف. وسمي هذا التأثير بالميزر. وكلمة ميزر اختصار لعبارة تضخيم موجات الميكروويف للانبعاث المحفز بالإشعاع. وظهر هذا التأثير أول مرة عام 1953م على يد الفيزيائي الأمريكي جارلز كارلس توينر. وتحقق المفهوم نفسه بعد ذلك للضوء (الليزر) عام 1959م على يد العالم ثيودور هارولد ميمن. وقد حصل العالم توينر مع الفيزيائيين الروسيين نيكولاي. ب. بواسوف وألكسندر م. بروكروف على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1964م عن إنجازهم في "العمل الأساسي في إلكترونيات الكم، التي تقود إلى بناء المذبذبات والمضخمات اعتماداً على مبدأ ميزر-ليزر".

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

التداخل البنائي اطلب إلى الطلاب عمل رسم تخطيطي لنموذج موجة الضوء المنبعث من ليزر He-Ne. سيرسم معظم الطلاب سلسلة من الموجات المتوازية المترابطة. والمماثلة لتلك التي في

الشكل 9-15b.

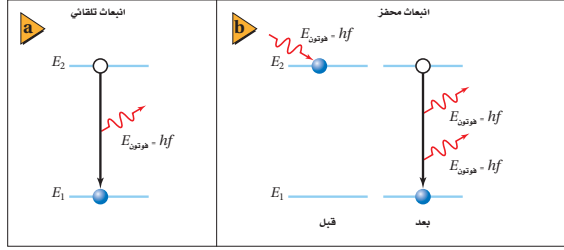
أشر إلى أن مثل هذه الحالة لن تكون موجودة، بسبب إحدى الخصائص الموجية وهي التداخل. وضح أن الموجات لن توجد مستقلة، ولكنها تخضع للتداخل البنائي. فعندما تعبر قمة أو بطن إحدى الموجات خلال قمة أو بطن موجة أخرى تتكون موجة ضوئية ذات شدة أعلى، بحيث تساوي سعتها مجموع سعتي الموجتين.

تعزيز الفهم

الفوتونات المترابطة أكد أن الفوتون الذي يحفز ذرة مثارة له الطاقة نفسها والطول الموجي نفسه للفوتون المنبعث؛ لأنه انبعث بواسطة إلكترون مثار عند مستوى الطاقة نفسه في ذرة مماثلة. 2م

تطوير المفهوم

الانعكاس والانتقال وضح أيضًا أنه يمكن تفسير كل من انعكاس الضوء داخل جهاز الليزر، وانتقال شعاع الليزر خارجه بواسطة كل من الطبيعة الموجية والجسيمية للضوء؛ لذلك سيكون من السهل على الطلاب تخيل انعكاس الضوء إلى الخلف وإلى الأمام في الغاز المليزر ليكون توضيحًا للطبيعة الجسيمية للضوء، وانتقال الضوء خلال المرآة العاكسة جزئيًا ليكون توضيحًا للطبيعة الموجية للضوء. 2م بصري-مكاني



■ الشكل 16-9 خلال الانبعاث التلقائي، ينتقل إلكترون من حالة الإشارة E_2 إلى حالة الاستقرار E_1 . فينبعث تلقائيًا فوتون طاقتة hf (a). وخلال الانبعاث المحفز تصطدم ذرة بفوتون ساقط طاقتة $E_2 - E_1$. فتنتقل الذرة إلى حالة الاستقرار وتبعث فوتونًا. وكل من الفوتون الساقط والفوتون المنبعث لهما الطاقة نفسها (b) $E_{\text{الفوتون}} = E_2 - E_1$.

الانبعاث التلقائي والانبعاث المحفز ماذا يحدث بعد أن تصبح الذرة في حالة إثارة؟ تعود الذرة بعد وقت قصير عادة إلى حالتها المستقرة باعثة فوتونًا له الطاقة نفسها التي كان قد امتصها، كما هو موضح في الشكل 16a-9، وهذه العملية تسمى الانبعاث التلقائي.

فكر أينشتاين عام 1917م فيما يحدث لذرة مثارة أصلاً، اصطدمت بفوتون طاقتة تساوي فرق الطاقة بين حالة الإثارة وحالة مستقرة، فبين حينها أن هذه الحالة للذرة تسمى الانبعاث المحفز؛ حيث تعود الذرة إلى حالة الاستقرار وتبعث فوتون طاقتة تساوي فرق الطاقة بين الحالتين. بينما لا يتأثر الفوتون الذي سبب أو حفز الانبعاث. ثم يغادران الذرة معًا ليس بالتردد نفسه فقط، بل يكون لها الطور نفسه، ويكونان مترابطين كذلك، كما هو موضح في الشكل 16b-9، وقد يصطدم أي من هذين الفوتونين بذرات أخرى مثارة، ومن ثم ينتج فوتونات أخرى؛ بحيث يكون لها الطور نفسه مع الفوتونات الأصلية. وقد تستمر هذه العملية منتجة سيلًا من الفوتونات التي لها الطول الموجي نفسه، حيث يكون لها جميعا حدود قصوى وحدود دنيا في اللحظة نفسها.

هذه العملية محددة بالشروط التالية حتى تحدث. أولاً: يجب أن تكون هناك ذرات أخرى مثارة. ثانياً: يجب أن تبقى الذرات مثارة لفترة زمنية كافية حتى يحدث التصادم. ثالثاً: يجب السيطرة على الفوتونات وتوجيهها لتكون قادرة على إحداث تصادم مع الذرات المثارة.

في عام 1959م تم ابتكار أداة تسمى ليزر، وقد حققت جميع الشروط اللازمة لإنتاج ضوء مترابط. وكلمة ليزر هي اختصار للعبارة "تضخيم الضوء بواسطة الانبعاث المحرض للإشعاع". والذرة التي تبعث الضوء عندما تكون مثارة في الليزر تسمى ذرة ليزرية.

إشارة الذرة الذرات في الليزر يمكن أن تثار أو تضخ، كما هو موضح في الشكل 17-9. حيث يمكن لومضة كثيفة من الضوء ذات طول موجي أقصر من الليزر أن تستخدم لضخ الذرات. وتنتج الفوتونات ذات الطول الموجي الأقصر والطاقة الأكبر بواسطة الومضة التي تصطدم بذرات الليزر لتصبح مثارة. وعندما تنتقل إحدى الذرات المثارة إلى مستوى الطاقة الأدنى بانبعث فوتون، يبدأ انبعاث سيل من الفوتونات. وهذه نتيجة عملية لانبعث ومضة صغيرة أو نبضة من ضوء الليزر. كما يمكن للذرات الليزرية أن تثار نتيجة التصادم مع ذرات أخرى. ففي أجهزة ليزر هيليوم-نيون التي نشاهدها غالبًا في الغرف الصفية فإن التفريغ الكهربائي هو الذي يثير ذرات الهيليوم، حيث تصطدم ذرات الهيليوم المثارة مع ذرات النيون لتصبح مثارة، وتتحول إلى ذرات ليزرية. وضوء الليزر الناتج عن هذه العملية يكون مستمرًا وليس على شكل نبضات.

مشروع فيزياء

نشاط

ميكانيكا الكم والميكانيكا الكلاسيكية يمكن للطلاب المهتمين في ميكانيكا الكم البحث في الدراسة العلمية التي طُورت لتفسير السلوك دون المجهرى؛ لأن الميكانيكا التي تعتمد على قوانين نيوتن (الميكانيكا الكلاسيكية) فشلت في تحقيق ذلك. اطلب إلى الطلاب مناقشة صحة القوانين التقليدية للميكانيكا الكلاسيكية بوصفها تقريبًا لقوانين ميكانيكا الكم؛ لبحث ازدواجية موجة - جسيم، واعتبارات الطاقة التي لها أهمية كبيرة في المستوى دون المجهرى، وأهميتها على المستوى المجهرى. 3م لغوي

● تجربة إضافية

حيود ضوء الليزر

الهدف استقصاء الأطوال الموجية لضوء الليزر.
المواد والأدوات مؤشر ليزر أو أي مصدر منخفض الطاقة. محزوز حيود، شاشة بيضاء.

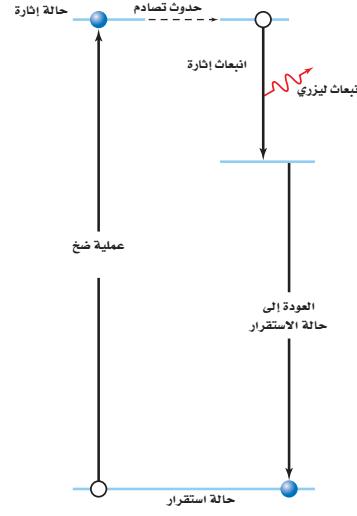
تحذير: حذّر الطلاب من النظر مباشرة إلى شعاع الليزر أو إلى الانعكاسات الساطعة. وعلى الطلاب خلع الخواتم والساعات لأنها قد تعكس الشعاع عرضياً في اتجاه عين الآخرين.

الخطوات

1. اطلب إلى الطلاب توقع ما يشاهدون عند ملاحظة ضوء الليزر يسطع خلال محزوز الحيود.

2. سلّط ضوء الليزر على شاشة بيضاء على بعد 30 cm تقريباً، واطلب إلى الطلاب ملاحظة الضوء المنعكس من خلال محزوز الحيود. سيلاحظ الطلاب الضوء الأحمر فقط (أو لوناً أحادياً آخر إذا كان الليزر المستخدم غير الأحمر) من خلال محزوز الحيود.

التقويم اسأل الطلاب الأسئلة التالية: هل الليزر ضوء أحادي اللون؟ **نعم**. هل يحتوي على أطوال موجية لأي لون غير الأحمر؟ **لا**. يتوقع الطلاب كيف تكون المشاهدات متشابهة أو مختلفة إذا كان الليزر المستخدم هو الضوء الأخضر. **يمكن مشاهدة الضوء الأخضر فقط، ولكن في موقع مختلف لأن الطول الموجي للضوء الأخضر مختلف عما للضوء الأحمر.**

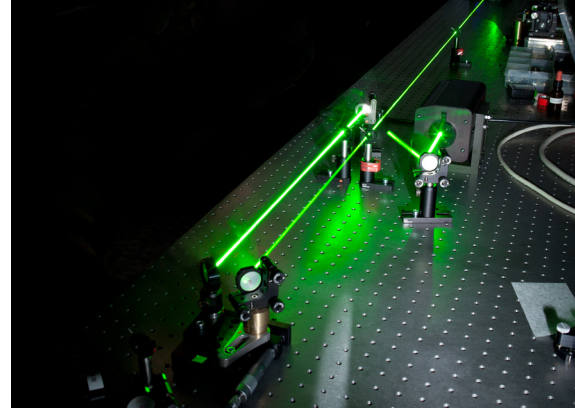


الشكل 17-9 عندما يصطدم فوتون مع ذرة مثارة فإنه يحفز الذرة لتبعث فوتوناً مترابطاً ثانياً لتعود الذرة إلى حالتها الأولى.

الشكل 18-9 ينتج مصدر الأرجون هذا شعاعاً من ضوء مترابط.

إنتاج الليزر: الفوتونات المنبعثة من الذرات الليزرية تبقى محتواة عن طريق حصر تلك الذرات في أنبوب زجاجي على طرفيه المتقابلين مرآيا مستوية متوازية وسطوحها العاكسة متقابلة. إحدى هذه المرايا عاكسة بمقدار يزيد على 99.9%، وتعكس كل الضوء الساقط عليها تقريباً، بينما المرآة الأخرى عاكسة جزئياً، وتسمح لـ 0.1% من الضوء الساقط عليها بالمرور من خلالها. حيث تنعكس الفوتونات التي تبعث في اتجاه نهايتي الأنبوب مرتدة إلى الغاز بواسطة المرايا، وتصطدم الفوتونات المنعكسة بذرات أكثر محرّرة فوتونات أكثر عند كل عبور بين المرايا. وباستمرار العملية تتكوّن كثافة أكبر من الفوتونات، ثم تخرج الفوتونات من الأنبوب خلال المرآة الجزئية الانعكاس منتجاً شعاع ليزر. الشكل 18-9 يوضح الليزر المستخدم في المختبر.

ولأن جميع فوتونات الإثارة تبعث في الطور نفسه مع الفوتونات التي تصطدم بالذرات فإن ضوء الليزر يكون مترابطاً. وكذلك فإن ضوء الليزر له الطول الموجي نفسه (أحادي اللون) بسبب انتقال الإلكترونات بين زوج واحد فقط من مستويات الطاقة، وفي نوع واحد من الذرات. المرايا المتوازية المستخدمة في الليزر والتي ينتج عنها انبعاث ضوء الليزر تكون موجهة بدقة عالية جداً. ومن جهة أخرى، فإن ضوء الليزر لا ينحرف مهما ابتعد عن مصدره. ولأن شعاع الليزر التقليدي صغير جداً، لا يتجاوز قطره 2 mm فإن الضوء يكون عالي الكثافة. ويمكن تصنيع بعض المواد الصلبة والسائلة والغازية لتصبح ليزرية. من ناحية أخرى فإن معظم المواد تنتج ضوء ليزر بطول موجي واحد. ويمكن إعادة ضبط الضوء الصادر من بعض مصادر الليزر على مدى معين من الأطوال الموجية.



مهن في الحياة اليومية

معلومة للمعلم

فني ليزر يمكن لفني الليزر أن ينتج ويختبر ويُسجّل و/ أو يعمل صيانة لأجهزة الليزر. ويمكن لفني الليزر أن يعمل في المستشفيات، وشركات الألياف البصرية، ومختبرات البحث، ومحطات توليد الكهرباء، والتصنيع في المجالات العسكرية، وبرامج الفضاء، أو في المواقع الإنشائية. وبعض فنيي الليزر مسؤولون عن تحديد العيوب في قطع غيار الآلات، وتشخيص مشكلات طبية، أو صناعة أجهزة الهولوجرام لبعض التطبيقات ومنها البطاقات المشحونة. يحتاج الفني إلى دراسة تقنية الليزر سنتين إلى أربع سنوات حتى يصبح محترفاً في مجاله.

تطبيق الفيزياء

إكسايمر (Excimer) اختصار لكلمتين excite و dimer) يعني جزيئات تحتوي على ذرتين إحداها على الأقل في حالة إثارة. ولا تكون ذرتا الجزيء في حالة استقرار. وهذه الجزيئات هي هاليدات غاز مثالي تحتوي على فلوريد الأرجون، أو فلوريد الكربتون، أو كلوريد الزينون .

والطاقة المنبعثة بواسطة فوتونات ليزر الإكسايمر لا تتلف الأنسجة المحيطة؛ لأنها لا تولّد حرارة، لكنها تحوّلها مباشرة إلى غاز، وذلك بتحطيم الروابط الكيميائية. ومن تطبيقات ليزر الإكسايمر استخدامها في عمليات القسطرة لعلاج انسداد الشرايين، والأوعية الدموية، وعمليات الترقيع للشرايين التالفة، وأجهزة ضبط نبضات القلب، والمشكلات المتعلقة بنظام الدورة الدموية.

المناقشة

سؤال ما الأمثلة على تطبيقات تقنية الليزر المعتمدة على ضوء الليزر عندما يكون (a) أحادي اللون (b) مترابطاً (c) موجّهاً بدقة عالية (d) ذا شدة عالية؟

الجواب قد تتضمن الإجابات (a) التحليل الطيفي (b) هولوغرافيا (تقنية التصوير التجسيمي باستخدام الضوء المتشتت)، والألياف البصرية، والاتصالات. (c) التشخيص (d) الجراحة بالليزر، والحفر.

2م منطقي - رياضي

الجدول 1-9		
مصادر الليزر الشائعة		
النوع	الطول الموجي (nm)	الوسط
نبض	248 (فوق بنفسجي)	كربتون - فلوريد ميثان (غاز krf)
نبض	337 (فوق بنفسجي)	نيتروجين (غاز N ₂)
مستمر	420	نيتريد جاليوم والاندنيوم (بلورة InGaN)
مستمر	476.5, 488.0, 514.5	أيون الأرجون (غاز Ar ⁺)
مستمر	632.8	النيون (غاز Ne)
مستمر	635, 680	زرنيخات الجاليوم والألمنيوم (بلورة GaAlAs)
مستمر	840-1350 (تحت حمراء)	زرنيخات الجاليوم (بلورة GaAs)
نبض	1064 (تحت حمراء)	نيوبيوم (بلورة Nd:YAG)
مستمر	10600 (تحت حمراء)	ثاني أكسيد الكربون (غاز CO ₂)

تطبيقات الليزر Laser Applications

عندما تشغل جهاز تشغيل القرص المدمج CD أو DVD فإنك بذلك تستخدم الليزر. وأجهزة الليزر هذه تشبه تلك المستخدمة في مؤشرات الليزر، وهي مصنوعة من مواد صلبة شبه موصلة. فمصدر الليزر في مشغل القرص المدمج مصنوع من طبقات من زرنيخات الجاليوم (GaAs)، ومن جاليوم ألومنيوم وزرنيخات (GaAlAs).

ويبلغ سمك الطبقة الليزرية 200 nm فقط. وطول كل جانب من البلورة 1-2 mm فقط. وتضخ ذرات المادة شبه الموصلة الصلبة بواسطة تيار كهربائي وتضخم الفوتونات الناتجة كلها ارتدت بين نهايات البلورة المصقولة. يوضح الجدول 1-9 الطول الموجي، ونوع وشكل الليزر، وهل هو نبض أو مستمر لبعض أنواع الليزر الشائعة.

معظم مواد الليزر ليست شديدة الفاعلية. فمثلاً لا تزيد الطاقة الكهربائية المتحوّلة إلى طاقة ضوئية في غاز الليزر على 1%. على الرغم من أن الليزر البلوري له فاعلية 20% تقريباً، فغالباً ما يكون له قدرة أقل كثيراً مقارنة بالليزر الغازية. وعلى الرغم من عدم فاعليته فإن خصائص ضوء الليزر المميزة جعلته يدخل في كثير من التطبيقات. وحزمة أشعة الليزر ضيقة وموجهة بدقة كبيرة، ولا تشتت على مدى المسافات الكبيرة، ولهذا السبب يستخدم الباحثون حزم الليزر في بعض التطبيقات كاختبار استقامة الأنفاق والأنابيب.

عندما هبط رواد الفضاء على سطح القمر قاموا ب تثبيت مرايا على سطحه، وهذه المرايا استخدمت لتعكس حزم الليزر التي ترسل من الأرض، وبذلك أمكن حساب المسافة بين القمر والأرض بدقة عالية، وكذلك تتبع مواقع القمر من مناطق مختلفة على الأرض، وقياس حركة الصفائح التكتونية الأرضية.

يستخدم ضوء الليزر كثيراً في اتصالات الألياف البصرية؛ حيث يعمل سلك الليف البصري على الانعكاسات الداخلية الكلية لنقل الضوء داخل السلك على طول مسافات تمتد عدة كيلومترات بخسارة بسيطة لطاقة الإشارة. وجهاز الليزر الذي يعمل على طول موجي 1300-1500 nm يتصل وينفصل بتتابع سريع جداً فينقل المعلومات كسلسلة من النبضات خلال الليف. وقد حلت الألياف البصرية على مستوى العالم محل الأسلاك النحاسية لنقل المكالمات التليفونية، وبيانات الحاسوب، أو حتى الصور التليفزيونية.

تطبيق الفيزياء

جراحة العين بالليزر
يستخدم الليزر المثار في جراحة العين، لأن طاقة الفوتونات التي تبعثها قادرة على تدمير النسيج غير الطبيعي دون إحداث أذى بالأنسجة السليمة المحيطة. لذلك يستطيع الجراح الماهر - باستخدام الليزر - إزالة طبقات رقيقة جداً من الأنسجة لإعادة شكل الشبكية.

مشروع فيزياء

نشاط

تقنية الليزر اطلب إلى الطلاب البحث في مجموعتين عن تقنيات الليزر، المجموعة الأولى تبحث في استخدام الليزر لتطوير التقنية القديمة، مثل استخدام ضوء الليزر في عملية التشخيص، والحفر، والجراحة. المجموعة الثانية تبحث في استخدام الليزر لإنتاج تقنية جديدة ومنها تقنية التصوير التجسيمي باستخدام الضوء المتشتت والاتصالات البصرية. اطلب إلى كل طالب من كل مجموعة اختيار موضوع معين، ثم يعرض بحثه على شكل ملصق، أو نص إخباري تلفازي، أو تقرير مكتوب. **2م لغوي**



مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 4-9

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

3. التقويم

التحقق من الفهم

كثافة السحابة الإلكترونية أسأل الطلاب: ماذا تمثل كثافة توزيع النقاط في نموذج السحابة الإلكترونية؟ **تمثل الكثافة احتمالية وجود الإلكترون في ذلك الموقع. 2م بصري-مكاني**

إعادة التدريس

سحابات الإلكترون والاحتمالية اطلب إلى الطلاب تذكر مشهد توزيع الماء من مرشحات الحشائش الدوارة. كما يمكنك رسم مخطط لشكل المرشاش على شكل رقم 8 أفقياً على السبورة. ظلل الشكل - تعميق التظليل ثم تفتيحه ثم تعميقه ثم تفتيحه ثانية، وبانتظام من اليسار إلى اليمين - وأشر إلى أن كثافة التظليل تمثل كثافة قطرات الماء في المرشاشات، تماماً كما تزداد فرص بلل الطلاب بالماء في أثناء عبورهم من خلالها. وبطريقة مماثلة فإن كثافة توزيع النقاط في السحابة الإلكترونية تمثل فرصهم في الكشف عن وجود الإلكترون. 2م بصري-مكاني



الشكل 19-9 فوتونات الأشعة فوق البنفسجية المنبعثة من جهاز الليزر هذا قادرة على نزع الإلكترونات من ذرات أنسجة الهدف؛ حيث تحطم الفوتونات الروابط الكيميائية وتبخر الأنسجة.

الشكل 20-9 يتشكل الهولوجرام عندما يسجل تداخل شعاعي الليزر كلاً من كثافة وطور الضوء المنبعث من الجسم على الفيلم.



وكذلك فإن الطول الموجي الأحادي للضوء الصادر عن أجهزة الليزر يجعلها تستخدم في أجهزة المطياف. حيث يستخدم ضوء الليزر لإثارة ذرات أخرى، ثم تعود الذرات بعد ذلك إلى حالة الاستقرار وتبعث طيفاً مميزاً. ويمكن للعينات ذات عدد الذرات الصغير جداً أن تحلل بهذه الطريقة. وقد تم الكشف عن ذرات مفردة وتم تثبيتها بلا حراك تقريباً عن طريق الإثارة بالليزر.

تستخدم الطاقة المركزة لضوء الليزر بطرائق متعددة. ففي الطب مثلاً يستخدم الليزر في إعادة تشكيل قرنية العين. ويمكن استخدامه في الجراحة أيضاً، كما هو موضح في الشكل 19-9. ويستخدم الليزر بدلاً من المشرط أو الشفرة لقطع الأنسجة بفقدان السير من الدم. ويستخدم الليزر في الصناعة أيضاً لقطع المعادن مثل الفولاذ وتلحيم المواد معاً. ومن المحتمل في المستقبل أن يستخدم الليزر في إنتاج اندماج نووي لإيجاد مصدر للطاقة.

جهاز الهولوجرام الموضح في الشكل 20-9، عبارة عن مسجل فوتوجرافي لكل من كثافة وطور الضوء. وقد أصبح إنتاج أجهزة الهولوجرام ممكناً بفضل الطبيعة المترابطة لضوء الليزر. وبإستطاعة أجهزة الهولوجرام هذه تكوين صور ثلاثية الأبعاد. وهناك تطبيقات أخرى تستخدم في الصناعة لدراسة اهتزازات المعدات الحساسة ومكوناتها.

9-2 مراجعة

16. أجهزة الليزر أي أجهزة الليزر في الجدول 1-9 تبعث ضوءاً أكثر احمراراً (ضوءاً مرئياً ذا طول موجي كبير)، وأيها تبعث ضوءاً أزرق، وأيها تبعث حزماً ضوئية لا يمكن رؤيتها بالعين؟
17. ضخ الذرات وضخ ما إذا كان يمكن استخدام الضوء الأخضر لضخ ضوء ليزر أحمر. لماذا لا يستخدم الضوء الأحمر لضخ الضوء الأخضر؟
18. محددات نموذج بور ما أوجه القصور في نموذج بور، على الرغم من توقعه سلوك ذرة الهيدروجين بدقة؟
19. النموذج الكمي وضخ لماذا تعارض نموذج بور للذرة مع مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج، بينما لم يتعارض النموذج الكمي معه.
20. أجهزة الليزر وضخ كيف يعمل ليزر الانبعاث المحفز على إنتاج ضوء مترابط.
21. ضوء الليزر ما الخصائص الأربعة لضوء الليزر التي تجعله مفيداً؟
22. التفكير الناقد افترض أنه تم الحصول على سحابة صغيرة جداً من الإلكترونات، بحيث تكون الذرة بحجم النواة تقريباً. استخدم مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج لتوضيح لماذا تستهلك كمية هائلة من الطاقة في هذه الحالة.

غير المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneduction.com

9-2 مراجعة

16. N_2 و Ar^+ و $InGaAs$ و $GaAlAs$
17. نعم، للفوتونات الحمراء طاقة أقل من طاقة الفوتونات الخضراء، ليس للفوتونات الحمراء طاقة كافية حتى تبعث من الذرات.
18. لأنه يستطيع فقط أن يتوقع سلوك ذرات الهيدروجين، لكن لا يستطيع أن يفسر لماذا لا تطبق القوانين الكهرومغناطيسية.
19. وفق مبدأ عدم التحديد لا يمكن أن تحدد موضع الجسيم وزخمه بدقة في الوقت نفسه، مثل مدار بور. النموذج الكمي يتنبأ فقط باحتمالية أن نصف قطر مستوى الإلكترون سوف يكون له قيمة ما معطاة.
20. يستطيع الفوتون أن يحفز ذرة مثارة لبعث فوتون بالطاقة نفسها بالتزامن مع الفوتون المسبب، ويبقى الفوتون المسبب دون تغير. وهكذا تنتج حزمة ضوء مترابط وتزداد أكثر فأكثر في الخطوة نفسها.
21. ضوء مركّز ذو طاقة كبيرة؛ وموجه؛ وذو طول موجي مُوحد، ومترابط.
22. السحابة الأصغر تعني معرفتنا بدقة أكبر لموقع الإلكترون. إذا كان موقع الجسيم محددًا بدقة فإن زخمه الخطي يكون غير محدد بدقة. قد يكون عدم تحديد الزخم الخطي كبيراً فقط إذا كان الزخم الخطي كبيراً؛ لذلك فإن الطاقة الحركية للإلكترون يجب أن تكون كبيرة أيضاً، مما يتطلب طاقة كبيرة.

مختبر الفيزياء

مختبر الفيزياء

إيجاد حجم الذرة

استخدم العالم إرنست رادرفورد التحليل الإحصائي والاحتمالات للمساعدة على تحليل نتائج تجربة صفيحة الذهب الرقيقة. في هذه التجربة سوف تشكل نموذجاً لصفيحة رقيقة من الذهب مستخدماً كرات صغيرة وكؤوساً.

ثم تحلل نتائجك عن طريق الاحتمالات لتقدير حجم جسم لا يمكن رؤيته.

سؤال التجربة

كيف يمكن استخدام الاحتمالات لتحديد حجم جسم لا يمكن رؤيته؟

الخطوات

1. استخدم المسطرة لقياس طول وعرض الصندوق من الداخل. دَوِّن القياسات في جدول النتائج.
2. استخدم المسطرة لقياس قطر فوهة إحدى الكؤوس. دَوِّن القياس في جدول النتائج.
3. ضع الصندوق عند وسط المنشقة المطوية، بحيث تمتد المنشقة على الأقل 30 cm حول جوانب الصندوق.
4. ضع الكؤوس الورقية الثلاث عشوائياً على قاعدة الصندوق.
5. يقوم أحد زملائك بإسقاط 200 كرة صغيرة عشوائياً في الصندوق. تأكد أن يوزع زميلك الكرات الصغيرة بانتظام على مساحة الصندوق. لاحظ أن بعض الكرات الصغيرة قد تسقط خارج الصندوق على المنشقة.
6. احسب عدد الكرات الصغيرة التي سقطت في الكؤوس، ودَوِّن القيمة في جدول النتائج.

التحليل

1. احسب مساحة صندوق الكرتون. مساحة الشكل المستطيل تعطى بالمعادلة: المساحة = الطول × العرض.
2. احسب مساحة فوهة الكأس باستخدام القطر الذي قسسته. مساحة الدائرة تعطى بالمعادلة: $\text{المساحة} = \frac{\pi (\text{القطر})^2}{4}$
3. احسب المساحة الكلية للكؤوس؛ وذلك بضرب مساحة إحدى الكؤوس في العدد الكلي للكؤوس.
4. احسب النسبة المئوية المشغولة من الصندوق بالكؤوس الثلاث، وذلك بقسمة المساحة الكلية للكؤوس على مساحة الصندوق، ثم اضرب الناتج في العدد 100.

- تفسير البيانات لتحديد احتمالية تصادم الكرات الصغيرة مع الجسم غير المرئي.
- حساب حجم الجسم غير المرئي اعتماداً على الاحتمالات.

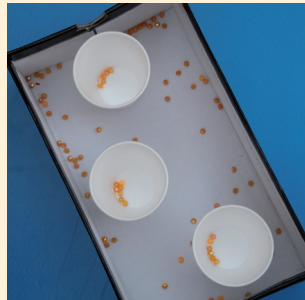


احتياطات السلامة

- تأكد من التقاط الكرات الصغيرة فور سقوطها على الأرض.

المواد والأدوات

- صندوق كرتون.
- ثلاث كؤوس ورقية صغيرة متماثلة.
- 200 كرة صغيرة.
- مسطرة.
- منشفة أو قطعة قماش كبيرة.



الزمن المقدر حصّة مختبر كاملة.

المهارات العملية التفسير، واستخدام النماذج، وجمع وتنظيم الملاحظات، والتحليل والاستنتاج.

احتياطات السلامة اطلب إلى الطلاب فوراً جمع أي حبيبات صغيرة تسقط على الأرض؛ لأن سقوط الحبيبات الصغيرة قد يؤدي إلى الانزلاق أو السقوط.

المواد والأدوات البديلة يمكن استخدام الخرز الموجود في كيس القماش الذي يستخدمه الأطفال في اللعب بدلاً من الحبيبات الصغيرة؛ لأنه أسهل في التفريغ.

استراتيجيات التدريس

- التأكيد على الطبيعة العشوائية في التحليل الاحتمالي.
- وضح أن نتائج نماذج الاحتمالية تتحسن عموماً كلما ازداد عدد البيانات المجمعة.
- التأكيد من أن الحبيبات الصغيرة تسقط عشوائياً؛ بحيث يقوم الطالب بإسقاط الحبيبات وهو ينظر بعيداً.

عينّة بيانات

200	عدد الحبيبات الساقطة	17.0	طول صندوق الكرتون (cm)
19	عدد الحبيبات في الكؤوس	20.0	عرض صندوق الكرتون (cm)
9.50	نسبة الحبيبات في الكؤوس	3.40×10^2	مساحة صندوق الكرتون (cm ²)
9.50	نسبة صندوق الكرتون المشغول بالكؤوس التي تعتمد على الاحتمالية	3.8	نصف القطر المقيس للكأس (cm)
32.3	مساحة الكؤوس الكلية التي تعتمد على الاحتمالية (cm ²)	11	المساحة المحسوبة للكأس (cm ²)
3	عدد الكؤوس	3	العدد الكلي للكؤوس
10.8	مساحة الكأس الواحدة التي تعتمد على الاحتمالية (cm ²)	33	مساحة الكؤوس الكلية المحسوبة (cm ²)
		9.7	نسبة صندوق الكرتون المشغولة بالكؤوس

التحليل

الخطوات من 1 إلى 9 انظر عينة البيانات.

10. 1.8%

الاستنتاج والتطبيق

1. سوف تختلف إجابات الطلاب اعتمادًا على قيمة الخطأ النسبي. يمكن للقيمة القصوى للخطأ النسبي أن تنتج عن تقنيات المختبر غير الكافية التي تعطي توزيعًا غير منتظم للحبيبات الصغيرة.

2. تتضمن مصادر الخطأ قياس أطوال غير صحيحة وتوزيعات غير منتظمة للحبيبات الساقطة. يعد العامل الأخير المصدر الرئيس للخطأ.

التوسع في البحث

كلما ازدادت مساحة فوهات الكؤوس تناقض الخطأ العشوائي الناتج عن التوزيع غير المنتظم للحبيبات الساقطة. لذلك فإن الكؤوس الأكبر تسمح باستخدام عدد أقل من الحبيبات.

الفيزياء في الحياة

تزداد دقة الاستطلاع كلما ازداد عدد الطلاب الذين شملهم الاستطلاع.

جدول البيانات					
بياناتك	بيانات المجموعة 2	بيانات المجموعة 3	بيانات المجموعة 4	بيانات المجموعة 5	متوسط الصف
طول الصندوق (cm)					
عرض الصندوق (cm)					
مساحة الصندوق (cm ²)					
القطر المقيس للكأس الورقية (cm)					
المساحة المحسوبة لفوهة الكأس (cm ²)					
العدد الكلي للكؤوس	3	3	3	3	3
المساحة الكلية المحسوبة لفوهات الكؤوس (cm ²)					
النسبة المئوية المحتلة للصندوق والمشغولة بالكؤوس (%)					
عدد الكرات الصغيرة الساقطة.	200	200	200	200	200
عدد الكرات الصغيرة في الكؤوس.					
النسبة المئوية للكرات الصغيرة في الكؤوس.					
النسبة المئوية للصندوق والمشغولة بالكؤوس اعتمادًا على الاحتمالات.					
المساحة الكلية لكؤوس اعتمادًا على الاحتمالات.	3	3	3	3	3
عدد الكؤوس					
مساحة كأس واحدة اعتمادًا على الاحتمالات (cm ²)					

الاستنتاج والتطبيق

1. هل كنت قادرًا على تحديد دقيق للحيز الذي تشغله الكؤوس اعتمادًا على الاحتمالات؟ فسر ذلك من حيث نسبة الخطأ.

2. اكتب قائمة بمصادر محتملة للخطأ في هذه التجربة واصفًا تأثيرها في نتائجك.

التوسع في البحث

إذا استخدمت كؤوسًا ذات أحجام أكبر من الكؤوس التي استخدمتها في تجربتك، فهل تتوقع أن تحتاج إلى عدد أكبر من الكرات، أم عدد مساوٍ، أم عدد أقل من عدد الكرات التي استخدمتها لتحصل على نتائج أكثر دقة.

الفيزياء في الحياة

أجرى معلمك استطلاعًا في الصف من أجل تأجيل موعد امتحان. هل تعتمد دقة الاستطلاع على عدد الطلاب الذين تم استطلاعهم؟ وضع ذلك.

الفيزياء

تزيد من المعلومات عن الفكرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني obeikaneducation.com

5. احسب النسبة المئوية للكرات الصغيرة التي سقطت في الكأس بقسمة عدد الكرات الصغيرة في الكؤوس على عدد الكرات الصغيرة الساقطة، ثم اضرب الناتج في العدد 100.

6. حدد النسبة المئوية للصندوق والمشغولة بالكؤوس، اعتمادًا على الاحتمالات. لاحظ أن هذه النسبة المئوية (تشبيهاً) تمثل النسبة المئوية للكرات التي سقطت في الكؤوس.

7. احسب المساحة الكلية للكؤوس اعتمادًا على الاحتمالات. لحساب هذه القيمة أوجد حاصل ضرب النسبة المئوية للصندوق والمشغولة بالكؤوس في مساحة الصندوق.

8. احسب مساحة كل كأس اعتمادًا على الاحتمالات. وذلك بإيجاد حاصل قسمة المساحة الكلية للكؤوس مقسومًا على ثلاثة.

9. دوّن نتائجك التجريبية من المجموعات الأخرى في جدول النتائج، ثم احسب معدلات الصف لجميع النتائج.

10. **تحليل الخطأ** قارن حساباتك لمساحة الكأس اعتمادًا على الاحتمالات (قيمة تجريبية) بمساحة الكأس المحسوبة من القطر المقيس (قيمة مقبولة). ما نسبة الخطأ المئوي في قيمتك اعتمادًا على الاحتمالات؟ احسب نسبة الخطأ المئوي مستخدمًا المعادلة التالية: النسبة المئوية للخطأ

$$= \frac{\text{القيمة المقبولة} - \text{القيمة التجريبية}}{\text{القيمة المقبولة}} \times 100$$

تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة بديلة ناقش التقنية التجريبية التي استخدمت في تجربة صفيحة الذهب لرذرفورد، واطلب إلى الطلاب تطوير الخطوات التجريبية الخاصة بهم لنمذجة هذه التجربة. اسمح للطلاب بصياغة بعض الأسئلة التي تظهر بخصوص الاحتمالية، أو الموضوعات الأخرى. قم بمراجعة خطوات الطلاب للتأكد من إجراءات السلامة وخطوات تنفيذ التجربة.

الخطوات الأولى في تطوير الليزر الذري؛ فقد طُوروا طريقة لقذف نبضات صغيرة (بين 100000 و 1000000 ذرة) من ذرات مترابطة من تكاثف بوز-أينشتاين في حزمة.

في هذا الليزر الذري الأول، يمكن لنبضات الذرات المترابطة الانتقال في اتجاه واحد فقط، بينما تسلك الذرات المنبعثة سلوك الجسيمات تمامًا، بحيث تتبع المسار القوسي إلى أسفل؛ نتيجة تأثير الجاذبية. وكما هو موضح في الصورة فإن الذرات المترابطة في كل نبضة تميل إلى الانتشار بعيدًا عندما تنتشر الحزمة.

وفي عام 1999م وجد وليم فيلبس طريقة لإرسال نبضات من الذرات المترابطة في أي اتجاه، وكيفية منع الذرات من الانتشار بعيدًا عندما تنتشر الحزمة. ويتكوّن سلسلة تكوين حزمة مستمرة من الذرات المترابطة.

المستقبل سيتم استخدام تكاثف بوز-أينشتاين والليزر الذري في دراسة الخصائص الأساسية لميكانيكا الكم والموجات المادية. ويتوقع العلماء أن تكون الليزر الذرية مفيدة في صناعة الساعات الذرية العالية الدقة، وفي صناعة دوائر إلكترونية صغيرة. ويمكن أن تستخدم الليزر الذرية أيضًا في علم القياس بالتداخل الضوئي الذري لقياس قوى التجاذب بدقة عالية، واختبار النسبية.

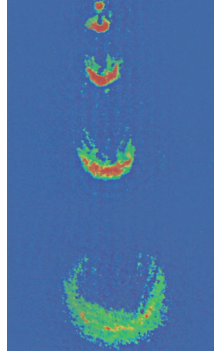
التطور الحديث تقنية الليزر الذري التي طُورت مؤخرًا لها مستقبل واعد. فبخلاف أجهزة الليزر التقليدية التي تصدر حزمًا أو نبضات من الفوتونات المترابطة، فإن الليزر الذري تصدر حزمًا أو نبضات من الذرات المترابطة. وكما سيوضح لاحقًا، فإن الفوتونات المترابطة تختلف عن الذرات المترابطة التي تكوّن المادة الطبيعية.

تاريخ توقع العالم برولي عام 1923م أن جميع الجسيمات خصائص موجية، ويتناسب طولها الموجي عكسيًا مع كتلة وسرعة الجسيم، وهو قصير جدًا بحيث يصعب ملاحظته عند درجة حرارة الغرفة، لكن عند تبريد الذرة تقل سرعتها، ويزداد طولها الموجي.

بحث العالمان أينشتاين والعالم بوز في عام 1920م في جسيمات تسمى بوزونات. وقد توقعوا أنه إذا كان بالإمكان تبريد البوزونات إلى أدنى مستوى طاقة ممكن فإن كل تلك الجسيمات سيكون لها نفس الطور والطول الموجي. أي أن هذه الجسيمات سيكون لها خصائص مترابطة. ويسمى الطور غير الطبيعي هذا تكاثف بوز-أينشتاين.

إن أول تكاثفات بوز-أينشتاين أُنتجت عام 1995م؛ حيث قام بإنتاجها العالمان إيرك كورنل وكارل ويهان، وقام بإنتاجها كذلك بشكل منفصل العالم فولجانج كيرتل، الذي قام بإجراء بحث آخر، حيث وضع عيتين منفصلتين لتكاثف بوز-أينشتاين إحداهما بجانب الأخرى، ولاحظ أنماط التداخل من الذرات في هذه التكاثفات. فذهب إلى تأكيد أن جميع الذرات في حالة التكاثف لها نفس الطول الموجي والطور. وكانت الذرات في التكاثف مترابطة تمامًا، كما توقع ذلك كل من بوز وأينشتاين.

الليزر الذري الأول أعلن العالم كيرتل ومساعدوه عام 1997م



يبحث الليزر الذري نبضات من ذرات الصوديوم المترابطة. تحتوي كل نبضة على 10^5 إلى 10^6 من الذرات، وتتسارع النبضات إلى أسفل نتيجة تأثير الجاذبية. وتنتشر النبضات بسبب تأثير قوى التناثر.

التوسع

1. بحث ابحت في ماهية الفرميونات. وهل باستطاعتها تكوين تكاثف بوز-أينشتاين؟ (توضيح: انظر كيف يطبق مبدأ باول في الاستبعاد على الفرميونات).
2. التفكير الناقد تعمل الليزر الذرية في منطقة تفريغ عالية جدًا. ترى، ما سبب صحة ذلك؟

الخلفية النظرية

تظهر الصورة 10^5 إلى 10^6 نبضة لذرات صوديوم مترابطة لذرة الليزر الأولى. تنتقل الذرات من تكاثف بوز-أينشتاين كل 5 ms بواسطة نبضة ذات تردد راديوي قصيرة. وكلما سقطت نبضة بسبب الجاذبية فإنها تنتشر بعيدًا نتيجة قوى التنافر بين الذرات.

استراتيجيات التدريس

- راجع مع الطلاب خصائص الضوء المترابط الناتج بواسطة الليزر. أشر إلى أن "الترابط" يعود إلى الخاصية الموجية.
- ناقش كيف يمكن أن يستخدم شعاع ضيق من الجسيمات لرسم دائرة إلكترونية. أشر إلى أن تشتت الشعاع سوف يحدد الدقة التي يمكن بواسطتها رسم عناصر الدائرة.

المناقشة

تسارع النبضة أسأل الطلاب: ما الدليل في الصورة الذي يشير إلى أن نبضات ذرات الصوديوم تسارع؟ إن زيادة البعد الرأسي بين النبضات يشير إلى أن النبضات تسارع إلى اتجاه الأسفل.

التأثير التقني أكد أنه بسبب حداثة تقنية الذرة الليزرية، من غير المعروف كيفية تأثيرها في المجتمع التقني حتى الآن. اطلب إلى الطلاب مناقشة الطرائق التي أثر فيها ضوء الليزر في العالم. قد يذكر الطلاب جراحة العين باستخدام الليزر، ومشغلات القرص المدمج CD، وآلات حفر الأسنان، وطابعات الليزر.

التوسع

1. الفرميونات التي تحتوي على الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات والليبتونات والكواركات هي جسيمات لها دوران كسري فردي تستطيع تكوين تكاثف بوز-أينشتاين.
2. إذا اصطدمت الجسيمات المتحركة بسرعة عالية كجزيئات في درجة حرارة هواء الغرفة مع تكاثف بوز-أينشتاين فإن ذلك يؤدي إلى تسخين التكاثف ويحطمه.

المفاهيم الرئيسية

يمكن أن يستخدم الطلاب العبارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسية في الفصل.



9-1 نموذج بور الذري The Bohr Model of the Atom

المفاهيم الرئيسية	المفردات
<ul style="list-style-type: none"> • قذف العالم إرنست رادرفورد جسيمات ألفا الموجبة الشحنة ذات السرعات العالية على صفيحة رقيقة من الذهب. ومن دراسته لمسارات الجسيمات المنحرفة استنتج أن معظم حجم الذرة فراغ. كذلك توقع وجود نواة ثقيلة وصغيرة جداً وذات شحنة موجبة في مركز الذرة. • يمكن استخدام الطيف الناتج عن ذرات العنصر لتحديد عينة مجهولة من ذلك العنصر. • إذا عبر ضوء أبيض خلال غاز فإن الغاز يمتص الأطوال الموجية نفسها التي سوف يبعثها عندما يثار. وإذا عبر الضوء بعد ذلك خلال منشور فإن طيف الامتصاص للغاز يكون مرئياً. • أظهر نموذج نيلز بور للذرة بصورة صحيحة أن طاقة الذرة لها قيم محددة فقط، لذلك فإنها مكثاة. وأن طاقة ذرة الهيدروجين في مستوى n تساوي حاصل ضرب -13.6 eV ومعكوس n^2. 	<ul style="list-style-type: none"> • جسيمات ألفا • نواة • طيف الامتصاص • مستوى الطاقة • حالة الاستقرار • حالة الإثارة • عدد الكم الرئيس
<ul style="list-style-type: none"> • اعتماداً على نموذج بور، ينتقل الإلكترون بين مستويات الطاقة المسموح بها، وهذه الطاقة تمتص أو تبعث على شكل فوتونات (موجات كهرومغناطيسية). وطاقة الفوتون تساوي الفرق بين الحالتين الابتدائية والنهائية للذرة. 	
$E_n = -13.6 \text{ eV} \times \frac{1}{n^2}$	
<ul style="list-style-type: none"> • اعتماداً على نموذج بور، فإن نصف قطر مدار الإلكترون يكون له قيم محددة (مكثاة). نصف قطر مدار الإلكترون في مستوى الطاقة n لذرة الهيدروجين يعطى بالمعادلة: 	
$E_{\text{فوتون}} = E_f - E_i$	
$r_n = \frac{h^2 n^2}{4 \pi^2 k m e^2}$	

9-2 النموذج الكمي للذرة The Quantum Model of the Atom

المفاهيم الرئيسية	المفردات
<ul style="list-style-type: none"> • في النموذج الكمي - الميكانيكي للذرة، لطاقة الذرة قيم محددة فقط، قيم مكثاة. • في النموذج الكمي - الميكانيكي للذرة، يمكن تحديد احتمالية إيجاد الإلكترون في منطقة محددة فقط في ذرة الهيدروجين، فالمسافة الأكثر احتمالية للإلكترون عن النواة تساوي نصف قطر مستوى الإلكترون في نموذج بور. • نجحت ميكانيكا الكم إلى حد كبير في تحديد خصائص الذرات والجزيئات والمواد الصلبة. • تنتج أجهزة الليزر ضوءاً أحادي اللون ومتربطاً وموجهاً وطاقة عالية. وكل خاصية تمنح الليزر تطبيقات مفيدة. 	<ul style="list-style-type: none"> • النموذج الكمي • السحابة الإلكترونية • ميكانيكا الكم • الضوء المترابط • الضوء غير المترابط • الانبعاث المحفز • الليزر

الفصل 9 التقويم

التقويم

خريطة المفاهيم

23. انظر الصفحة المقابلة من كتاب الطالب والمتضمنة في هذا الدليل.

إتقان المفاهيم

24. وجه شعاع جسيمات ألفا في اتجاه صفيحة رقيقة من الذهب وقاس عدد الجسيمات المنحرفة. العدد الصغير المنحرف بزوايا كبيرة يدل على نواة مركزة.

25. إن طاقة الفوتون المنبعث أو الفوتون الممتص تساوي التغير في الطاقة التي يمكن فقط أن يكون لها قيم محددة.

26. عندما تخضع الإلكترونات لتسارع مركزي، فإنها سوف تخسر طاقة فتتخذ مساراً حلزولياً نحو النواة، وتشتع عند جميع الأطوال الموجية.

27. الحالات المستقرة (مستويات الطاقة المكمّنة)، وتبعث الذرة أو تمتص الإشعاع فقط عندما تغير حالاتها، والزخم الزاوي مكمم.

28. تنتقل الطاقة إلى الغاز؛ مما يسبب إثارة الإلكترونات، فتنتقل إلى مستويات طاقة أعلى. ثم تتخلص الإلكترونات من فرق الطاقة بين مستويات الطاقة عندما تسقط عائدة إلى المستوى الأقل إثارة. ترتبط فروق الطاقة بين المستويات مع الخطوط الطيفية.

29. تحدد الأطوال الموجية للفوتون بواسطة الفروق في طاقات المستويات المسموح بها.

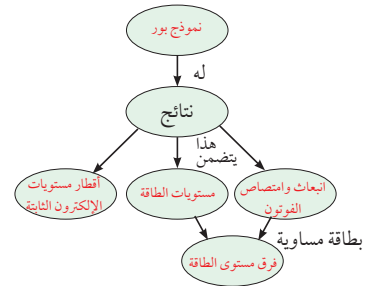
30. كل عنصر له تكوين مختلف من الإلكترونات ومستويات الطاقة.

31. يتركز الضوء في حزمة ضيقة، بدلاً من أن ينتشر على مساحة واسعة.

32. تضخيم الموجات الميكروية باستعمال الانبعاث المحفز بالإشعاع.

خريطة المفاهيم

23. أكمل خريطة المفاهيم التالية مستخدماً ما يلي: مستويات الطاقة، أقطار الإلكترون الثابتة، نموذج بور، انبعاث وامتصاص الفوتون، فرق مستوى الطاقة.



إتقان المفاهيم

24. وضح كيف حدد راذرفورد أن الشحنة الموجبة في الذرة متركزة في منطقة صغيرة جداً، وليست منتشرة في الذرة.

25. كيف فسر نموذج بور لماذا يتضمن طيف الامتصاص للهيدروجين نفس ترددات طيف الانبعاث؟

26. راجع نموذج الكواكب للذرة. ما المشكلات المتعلقة بهذا النموذج؟

27. حلل وانتقد نموذج بور للذرة. ما الافتراضات الثلاثة التي قدمها بور لتطوير نموذج؟

28. أنابيب الغاز المفروضة وضح كيف تنتج الأطياف الخطية في أنابيب الغاز المفرغة؟

29. كيف قدم نموذج بور تفسيراً لطيف المنبعث من الذرات؟

30. فسر لماذا تختلف الأطياف الخطية الناتجة عن أنابيب التفريغ لغاز الهيدروجين عن تلك الأطياف الناتجة عن أنابيب التفريغ لغاز الهيليوم.

31. الليزر إن مصدر طاقة جهاز الليزر المختبري 0.8 mW ($8 \times 10^{-4} \text{ W}$) فقط. لماذا يبدو أنه أكثر قدرة من ضوء مصباح كهربائي 100 W ؟

32. جهاز مشابه لليزر يبعث إشعاع موجات ميكروويف يسمى الميزر. ما الكلمات المرجعية التي تكوّن هذا الاختصار؟

33. ما خصائص ضوء الليزر التي أدت إلى استخدامه في أجهزة العرض الضوئية؟

تطبيق المفاهيم

34. يختلف مستوى التعقيد لمستويات الطاقة من ذرة إلى أخرى. كيف تتوقع أن يؤثر ذلك في الأطياف التي تنتجها؟

35. الأضواء الشمائية تحدث الأضواء الشمائية بواسطة جسيمات ذات طاقة عالية قادمة من الشمس عندما تصطدم بذرات في الغلاف الغازي للأرض. إذا نظرت إلى هذه الأضواء بمنظار طيفي فهل تشاهد طيفاً متصلاً، أم طيفاً خطياً؟ فسر.

36. إذا انبعث ضوء أبيض من سطح الأرض وشاهده شخص من الفضاء، فهل يظهر الطيف بحيث يكون متصلاً؟ فسر.

37. هل تعدّ قطع النقود مثلاً جيداً للتكمية؟ هل يعدّ الماء كذلك؟ فسر.

38. ذرة لها أربعة مستويات للطاقة، E_1 مستوى الطاقة الأعلى، و E_4 مستوى الطاقة الأدنى. إذا حدثت انتقالات بين أي مستويين للطاقة، فما عدد الخطوط الطيفية التي تستطيع الذرة أن تبعث بها؟ وما الانتقال الذي يبعث فوتوناً بأعلى طاقة؟

الغازات في الغلاف الغازي؛ لذلك سوف يحتوي الطيف على خطوط امتصاص.

37. نعم، النقود تأتي بقيم محددة. لا، يأتي الماء في أي كمية محتملة.

38. ستة خطوط محتملة والفوتون ذو الطاقة الأعلى ينتج فقط بين المستويين $E_4 \rightarrow E_1$.

33. الليزر موجات ضوئية موجّهة ومركزة وذات أطوال موجية موحدة وأحادية اللون.

تطبيق المفاهيم

34. تصبح الأطياف أكثر تعقيداً.

35. طيف خطي - الضوء القادم من الغاز مكون من عناصر محددة.

36. لا، طاقات معينة سوف تمتص بواسطة

تقويم الفصل 9

39. لا؛ لأنها تحتاج إلى طاقة 5.43 eV لنقل الإلكترون إلى مستوى الطاقة E_4 . و 6.67 eV لنقل الإلكترون إلى مستوى الطاقة E_5 . تمتص الذرة فقط الفوتونات التي لها طاقة محددة فقط.

40. الطاقة العظمى 13.6 eV وهذه أيضًا طاقة التأين لذرة الهيدروجين. سوف يغادر الإلكترون النواة.

41. لنموذج بور أقطار مدارية ثابتة ويسمح بالحسابات فقط لذرات الهيدروجين. يعطي النموذج الحالي احتمالية وجود إلكترون في موقع ما، ويمكن أن يستخدم لجميع الذرات.

42. الضوء الأزرق.

إتقان حل المسائل

9-1 نموذج بور الذري

43. 556 nm

44. 1.15 eV

45. E_3

46. 2.23 eV

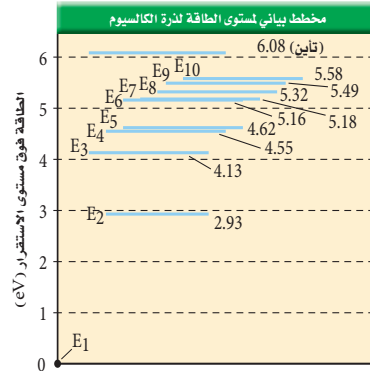
47. $E_7 = -0.278 \text{ eV}$; $E_2 = -3.40 \text{ eV}$

48. 3.12 eV

49. a. 2.68 eV .b. 3.06 eV

تقويم الفصل 9

حركة الإلكترون المنبعث من الذرة؟
45. ذرة كالسيوم مثارة إلى مستوى طاقة E_2 طاقته 2.93 eV فوق مستوى الاستقرار. اصطدم بها فوتون طاقته 1.20 eV فامتصته. إلى أي مستوى طاقة تنتقل ذرة الكالسيوم؟ ارجع إلى الشكل 9-22.



الشكل 9-22

46. ذرة كالسيوم مثارة عند مستوى طاقة E_6 . ما مقدار الطاقة المحررة عندما تسقط الذرة إلى مستوى الطاقة E_2 ؟ ارجع إلى الشكل 9-22.

47. احسب الطاقة المرتبطة بمستويات الطاقة E_2 و E_7 لذرة الهيدروجين.

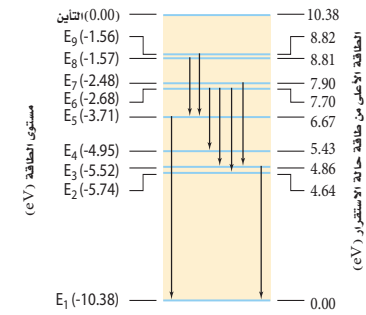
48. احسب الفرق في مستويات الطاقة في المسألة السابقة.

ارجع إلى الشكل 9-21 لحل المسألتين 49 و 50.

49. ذرة زئبق مثارة عند مستوى طاقة E_6 .
a. ما مقدار الطاقة اللازمة لتأين الذرة؟
b. ما مقدار الطاقة المتحررة عندما تسقط الذرة إلى مستوى الطاقة E_2 ؟

39. من الشكل 9-21، يدخل فوتون طاقته 6.2 eV ذرة زئبق في حالة استقرار. هل تمتصه الذرة؟ فسر.

شكل مستوى الطاقة لذرة الزئبق



الشكل 9-21

40. ينبعث فوتون عندما ينتقل إلكترون ذرة الهيدروجين المثارة خلال مستويات طاقة أدنى. ما مقدار الطاقة العظمى التي يمكن أن تكون للفوتون؟ وإذا مُنحت كمية الطاقة هذه لذرة في حالة الاستقرار، في الذي يحدث؟

41. قارن بين نظرية الكم الميكانيكية للذرة ونموذج بور.

42. أي الليزر - الأحمر أو الأخضر أو الأزرق - ينتج فوتونات طاقته أكبر؟

إتقان حل المسائل

9-1 نموذج بور الذري

43. ينتقل إلكترون ذرة كالسيوم من مستوى طاقة 5.16 eV فوق مستوى الاستقرار إلى مستوى طاقته 2.93 eV فوق مستوى الاستقرار. ما الطول الموجي للفوتون المنبعث؟

44. إذا دخل فوتون ضوء برتقالي طوله الموجي $6.00 \times 10^2 \text{ nm}$ في ذرة كالسيوم مثارة عند مستوى الطاقة E_6 فتأينت الذرة، فما مقدار طاقة

تقويم الفصل 9

50. $1.24 \text{ eV}; 2.99 \times 10^{14} \text{ Hz}$

51. $E_2 = -3.40 \text{ eV}; E_3 = -1.51 \text{ eV}$

$E_4 = -0.850 \text{ eV}; E_5 = -0.540 \text{ eV}$

$E_6 = -0.378 \text{ eV}$

52. **a.** 0.166 eV **b.** 1.13 eV

c. 2.55 eV **d.** 2.86 eV

e. 0.97 eV

53. **a.** $4.01 \times 10^{13} \text{ Hz}$

b. $2.73 \times 10^{14} \text{ Hz}$

c. $6.15 \times 10^{14} \text{ Hz}$

d. $6.90 \times 10^{14} \text{ Hz}$

e. $2.3 \times 10^{14} \text{ Hz}$

54. **a.** $7.48 \times 10^{-6} \text{ m} = 7480 \text{ nm}$

b. $1.10 \times 10^3 \text{ nm}$

c. 488 nm

d. 435 nm

e. $1.3 \times 10^3 \text{ nm}$

55. 6

56. **a.** $4.77 \times 10^{-10} \text{ m}$

b. $1.01 \times 10^{-9} \text{ N}$

c. $1.11 \times 10^{21} \text{ m/s}^2$

d. 0.24% من c أو $7.28 \times 10^5 \text{ m/s}$

9-2 نموذج الذرة الكمي

57. 1.50 eV

58. **a.** 428 nm **b.** أزرق

95. 0.117 eV

60. **a.** 1.97

b. $2.1 \times 10^{16} \text{ photons/s}$

61. **a.** $1.96 \text{ eV}, 2.28 \text{ eV}, 1.08 \text{ eV}$

b. أحمر، أخضر، تحت حمراء على التوالي.

تقويم الفصل 9

58. أدخل ليزر GaInNi بين مستويات طاقة مفصولة بطاقة مقدارها 2.90 eV .

a. ما الطول الموجي للضوء المنبعث من الليزر؟

b. في أي جزء من الطيف يقع هذا الضوء؟

59. ينبعث ليزر ثاني أكسيد الكربون بفوتون أشعة تحت حمراء طاقته عالية جدًا. ما مقدار فرق الطاقة بوحدة eV بين مستويات الطاقة للليزرية؟ ارجع إلى الجدول 9-1.

60. طاقة حزمة ليزر تساوي حاصل ضرب طاقة كل فوتون منبعث في عدد الفوتونات لكل ثانية.

a. إذا أردت الحصول على ليزر عند طول موجي

840 nm بحيث يكون له القدرة نفسها لليزر

طول موجته 427 nm ، فكم مرة يتضاعف عدد

الفوتونات في كل ثانية؟

b. أوجد عدد الفوتونات لكل ثانية في ليزر قدرته

5.0 mW وطوله الموجي 840 nm .

61. **ليزرات HeNe** يمكن صنع الليزرات HeNe

المستخدمة بوصفها مؤشرات يستخدمها

المحاضرون، بحيث تنتج ليزرًا عند الأطوال الموجية

الثلاثة: 632.8 nm ، 543.4 nm ، 1152.3 nm .

a. أوجد فرق الطاقة بين كل وضعين متضمنين في

حزمة كل طول موجي.

b. حدد لون كل طول موجي.

50. ذرة زئبق مثارة طاقتها 4.95 eV ، امتصت فوتونًا

فأصبحت في مستوى الطاقة الأعلى التالي. ما مقدار

طاقة الفوتون؟ وما مقدار تردده؟

51. ما الطاقات المرتبطة مع مستويات الطاقة لذرة

الهيدروجين E_2 ، E_3 ، E_4 ، E_5 و E_6 ؟

52. باستخدام القيم المحسوبة في المسألة 51، احسب

فروق الطاقة بين مستويات الطاقة التالية:

a. $E_6 - E_5$

b. $E_6 - E_3$

c. $E_4 - E_2$

d. $E_5 - E_2$

e. $E_5 - E_3$

53. استخدم القيم في المسألة 52 لحساب تردد الفوتونات المنبعثة عندما ينجز إلكترون ذرة الهيدروجين

تغيرات في مستويات الطاقة المذكورة أعلاه.

54. احسب الطول الموجي للفوتونات ذات الترددات

التي قمت بحسابها في المسألة 53.

55. تبعث ذرة هيدروجين فوتونًا طول موجي

94.3 nm عندما تصل إلى حالة الاستقرار. من أي

مستوى طاقة انتقل إلكترونها؟

56. ذرة هيدروجين مثارة إلى $n = 3$. وفق نموذج بور،

أوجد كلا مما يلي:

a. نصف قطر المستوى.

b. القوة الكهربائية بين البروتون والإلكترون.

c. التسارع المركزي للإلكترون.

d. السرعة الدورانية للإلكترون (قارن بين هذه

السرعة وسرعة الضوء).

9-2 نموذج الذرة الكمي

57. مشغل القرص المدمج CD تستخدم ليزرات زرنبيخات

الجالسيوم كثيرًا في مشغلات القرص المدمج. إذا بعث

مثل هذا الليزر عند طول موجي 840 nm ، فما

مقدار الفرق بوحدة eV بين مستويات الطاقة؟

تقويم الفصل 9

مراجعة عامة

62. 0.4 eV

63. $r_5 = 1.33 \times 10^{-9} \text{ m}$

$r_6 = 1.91 \times 10^{-9} \text{ m}$

64. a. 3.40 eV اللازمة.

$E = 3.74 \text{ eV}$ لذلك فإنها تتأين

b. $5.4 \times 10^{-20} \text{ J}$

65. 12.1 eV

66. 243 nm

التفكير الناقد

67. 436 nm (2.84 eV) من E_3 إلى E_6

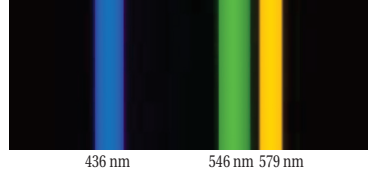
546 nm (2.27 eV) من E_4 إلى E_6

579 nm (2.14 eV) من E_5 إلى E_8

68. لا، الخطوط الطيفية الثلاثة الأعلى طاقة تغادر الذرة في الحالات فوق حالة الاستقرار (فوق البنفسجية). التغير من E_4 إلى E_2 تنتج فوتوناً تحت الحمراء.

69. الأقطار: ضعف الأكبر؛ الطاقات: نصف الكبيرة؛ الأطوال الموجية: مثلي النصف؛ الضوء المنبعث من E_2 إلى E_1 سوف يكون 242 nm .

تقويم الفصل 9



الشكل 9-23

68. تفسير الرسوم التوضيحية بعد انبعاث الفوتونات المرئية التي تم وصفها في المسألة 67، تستمر ذرة الزئبق في بعث فوتونات حتى تصل إلى حالة الاستقرار. من خلال اختبار الشكل 9-22 حدد ما إذا كانت هذه الفوتونات مرئية أم لا. فسر ذلك.

69. التحليل والاستنتاج: تتكون ذرة البوزوترونوم من إلكترون وضديد مادتها النسبي (بوزترون) يرتبطان معاً. وعلى الرغم من أن فترة الحياة لهذه الذرة قصيرة جداً (معدل فترة حياتها $\frac{1}{7} \mu\text{s}$) فإنه يمكن قياس مستويات طاقتها. يمكن استخدام نموذج بور لحساب الطاقات مع استبدال كتلة الإلكترون بمقدار نصف كتلتها. صف كيف تتأثر أقطار المستويات والطاقات لكل مستوى. كم يكون الطول الموجي عند الانتقال من E_2 إلى E_1 ؟

مراجعة عامة

62. يدخل فوتون طاقته 14.0 eV ذرة هيدروجين في حالة الاستقرار فيونتها. ما مقدار الطاقة الحركية للإلكترون المتحرر من الذرة؟

63. احسب نصف قطر المستوى لكل من مستويي الطاقة E_3 و E_6 لذرة الهيدروجين.

64. ذرة هيدروجين في المستوى $n = 2$:

a. إذا اصطدم فوتون طوله الموجي 332 nm بهذه الذرة فهل تتأين؟ وضح ذلك.

b. عندما تتأين الذرة، افترض أن إلكترونًا يكتسب الطاقة الزائدة عن التأين، فكم تكون الطاقة الحركية للإلكترون بوحدة الجول؟

65. وجهت حزمة من الإلكترونات إلى عينة من غاز الهيدروجين الذري. ما أقل طاقة للإلكترونات تلزم لينبعث ضوء أحمر ينتج عندما ينتقل إلكترون ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة $n = 3$ إلى مستوى الطاقة $n = 2$ ؟

66. تستخدم أكثر تجارب المطياف دقة تقنيات (فوتونين)؛ حيث يوجه فوتونان بأطوال موجية متكافئة على ذرات الهدف من اتجاهين متعاكسين. كل فوتون له نصف الطاقة اللازمة لإثارة الذرات من حالة الاستقرار إلى مستوى الطاقة اللازم. ما طول موجة الليزر الذي يلزم لإنجاز دراسة دقيقة لفرق الطاقة بين $n = 1$ و $n = 2$ في الهيدروجين؟

التفكير الناقد

67. تطبيق المفاهيم يوضح الشكل 9-23 نتيجة إسقاط طيف مصباح غاز الزئبق ذي الضغط العالي على حائط في غرفة مظلمة. ما فروق الطاقة لكل من الخطوط المرئية الثلاثة؟

تقويم الفصل 9

الكتابة في الفيزياء

70. يجب أن يتضمن البحث نموذج ثومسون (فطيرة البرقوق) والنموذج المداري الكلاسيكي نموذج بور والنموذج الكمي.

71. يستخدم نبضات ليزر Nd عند 1064 nm. توضع IR داخل بلورة مضاعف التردد. ينتج الضوء بنصف ذلك الطول الموجي أو 532 nm.

مراجعة تراكمية

72. a. لا، $V = \frac{E}{B}$. لذلك فإن النسبة هي نفسها لقيمة v المعطاة.

b. للكتلة الأكبر، يجب أن تكون B كبيرة لتبقى r ثابتة.

73. $1.2 \times 10^{-18} \text{ J}$

تقويم الفصل 9

الكتابة في الفيزياء

70. اكتب بحثًا عن تاريخ تطور نماذج الذرة. واصفًا كل نموذج باختصار، ومحددًا أوجه القوة والضعف فيه.

71. بعث مؤشر ليزر أخضر ضوءًا طوله الموجي 532 nm. اكتب بحثًا في نوع الليزر الذي استخدم في هذا النوع من المؤشرات، وصف طريقة عمله، وحدد ما إذا كان الليزر على شكل نبضات أم مستمرًا.

مراجعة تراكمية

72. فكّر في التعديلات التي يحتاج إليها ثومسون لجعل أنبوبه يسارع بروتونات بالإضافة إلى الإلكترونات، ثم أجب عن الأسئلة التالية:

a. لتحديد جسيمات لها السرعة نفسها، هل ستتغير النسبة $\frac{E}{B}$ ؟ فسر ذلك.

b. للمحافظة على الانحراف نفسه الذي يسببه المجال المغناطيسي، هل يجب أن يكون المجال المغناطيسي أكبر أم أقل؟ فسر ذلك.

73. جهد الإيقاف اللازم لاستعادة جميع الإلكترونات المنبعثة من فلز 7.3 V. ما مقدار الطاقة الحركية القصوى للإلكترونات بوحدة الجول؟

اختبار مقنن الفصل 9-

سَلَم تقدير

يمثل الجدول الآتي نموذجاً لسلم تقدير إجابات الأسئلة الممتدة.

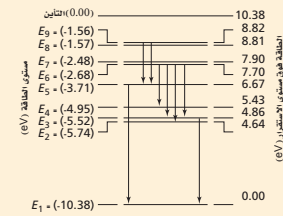
الدرجات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهماً كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، وقد تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهماً للموضوعات الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتظهر فهماً أساسياً، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهماً جزئياً للموضوعات الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل، أو قدّم حلاً صحيحاً، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يُظهر الطالب فهماً محدوداً جداً للموضوعات الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدّم الطالب حلاً غير صحيح تماماً، أو لا يستجيب أبداً.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

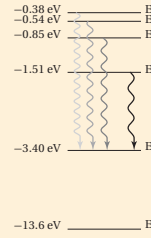
اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

- أي نماذج الذرة الآتية تعتمد على تجربة صفيحة الذهب الرقيقة لراذرفورد؟
(A) نموذج بور
(B) النموذج النووي
(C) نموذج فطيرة الخوخ
(D) النموذج الكمي الميكانيكي
- تبعث ذرة زئبق ضوءاً أطول موجته 405 nm. ما مقدار فرق الطاقة بين مستويي الطاقة في هذا الانبعاث؟
(A) 0.22 eV
(B) 2.14 eV
(C) 3.06 eV
(D) 4.05 eV
- يبيّن الرسم أدناه مستويات طاقة ذرة الزئبق. ما طول موجة الضوء المنبعث عندما تحدث تحولات في الذرة من مستوى الطاقة E_7 إلى المستوى E_4 ؟
(A) 167 nm
(B) 251 nm
(C) 500 nm
(D) 502 nm



- أي الجمل الآتية عن النموذج الكمي للذرة غير صحيحة؟
(A) مستويات الطاقة المسموح بها للذرة مكملة.
(B) مواقع الإلكترونات حول النواة معروفة بدقة.
(C) تحدد سحابة الإلكترونات المساحة التي يجتمل أن يوجد فيها الإلكترون.
(D) ترتبط مستويات الإلكترون المستقرة مع طول موجة دي برولي.

حل المسألتين 5 و 6 ارجع إلى الرسم التوضيحي الذي يبين سلسلة بالمر لانتقال الإلكترون في ذرة الهيدروجين.



- أي تحوّل مسؤول عن انبعاث ضوء بأكبر تردد؟
(A) E_3 إلى E_2
(B) E_2 إلى E_3
(C) E_6 إلى E_5
(D) E_5 إلى E_6
- ما مقدار تردد خط سلسلة بالمر المرتبط بتحول مستوى الطاقة من E_4 إلى E_2 ؟
(A) 2.55×10^{14} Hz
(B) 4.32×10^{14} Hz
(C) 6.15×10^{14} Hz
(D) 1.08×10^{15} Hz

الأسئلة الممتدة

- حدد الطول الموجي للضوء المنبعث عندما تنجز ذرة الهيدروجين تحوّلًا من مستوى طاقة $n = 5$ إلى مستوى طاقة $n = 2$ ؟

إرشاد

التعثر ليس كالسقوط

أحياناً قد تواجه سؤالاً ليس لديك فكرة عن إجابته، وحتى بعد أن تقرأ السؤال عدة مرات قد لا تتكون عندك فكرة منطقية عن الإجابة. إذا كان السؤال من نوع الاختيار من متعدد، فركّز على جزء من السؤال تعرف شيئاً عنه، واستثن أكبر عدد ممكن من الخيارات، واختر أحد الخيارات المتبقية، وانتقل إلى سؤال آخر.

أسئلة الاختيار من متعدد

1. B
2. C
3. D
4. B
5. D
6. C

الأسئلة الممتدة

7. 435 nm

الأهداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل 10-1 التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة	
<ol style="list-style-type: none"> 1. تصف حركة الإلكترون في الموصلات وأشباه الموصلات الكهربائية. 2. تقارن بين أشباه الموصلات من النوع n وأشباه الموصلات من النوع p. 	<p>تجارب الطالب</p> <p>تجربة استهلاكية مصدر قدرة متردد 9-12 VAC، مقاومة $100\ \Omega$، دايود مشع للضوء LED ذو لونين (أحمر-أخضر) قدرته $\frac{1}{2}$ W أو 1 W، أسلاك توصيل معرّاة، جهاز ستروبوسكوب يدوي.</p> <p>عرض المعلم</p> <p>عرض سريع خلية ضوئية مصنوعة من كبريتات الكاديوم، جهاز أوميتر.</p>
10-2 الأدوات الإلكترونية	
<ol style="list-style-type: none"> 3. تصف كيف يعمل الدايود على جعل التيار الكهربائي يسري في اتجاه واحد فقط. 4. توضح كيف يمكن للترانزستور العمل على زيادة أو تضخيم تغيرات الجهد. 	<p>تجارب الطالب</p> <p>تجربة مصدر قدرة مستمر قابل للضبط من 0 V حتى 12 V، مقاومة مقدارها $470\ \Omega$، دايود مشع للضوء الأحمر، أسلاك توصيل.</p> <p>مختبر الفيزياء مصدر قدرة مستمر DC قابل للضبط 0-12 V DC، مقاومة مقدارها $100\ \Omega$، دايود 1N4002 قدرته $\frac{1}{2}$ W أو 1 W، دايود مشع للضوء الأحمر، جهاز أوميتر DC (0-100 mA)، جهاز فولتمتر DC (0-5 V)، أسلاك توصيل معزولة ومعرّاة الطرفين، فولتمتر رقمي.</p> <p>عرض المعلم</p> <p>عرض سريع خليتان 1.5 V، دايود مشع للضوء الأحمر، مقاومة مقدارها $100\ \Omega$.</p>

طرائق تدريس متنوعة

1م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي صعوبات التعلم. **2م** أنشطة مناسبة للطلاب ذوي المستوى المتوسط. **3م** أنشطة مناسبة للطلاب المتفوقين (فوق المتوسط).

التقنية	شرائح ومصادر قابلة للنسخ
تتضمن أعمال المعلم: نسخة المعلم التفاعلية، تخطيط الدرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.	الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11، الفصل 10. دليل مراجعة الفصل، ص 105-110 اختبار قصير 1-10، ص 111 شريحة التدريس 1-10 ص 117 شريحة التدريس 2-10 ص 119 شريحة التدريس 3-10 ص 121 ورقة عمل التجربة ص 100 ربط الرياضيات مع الفيزياء
مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: Obeikaneducation.com	الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11، الفصل 10. دليل مراجعة الفصل، ص 105-110 اختبار قصير 2-10، ص 112 تعزيز الفهم ص 113 الإثراء، ص 115 شريحة التدريس 4-10 ص 123 ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 101 ربط الرياضيات مع الفيزياء دليل التجارب العملية، ص 33
مصادر التقويم	
التقنية الموقع الإلكتروني www.Obeikaneducation.com	الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11، الفصل 10 تقويم الفصل 10 ص 125 اختبارات الفيزياء التحضيرية

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- التمييز بين الموصلات وأشباه الموصلات والعوازل الكهربائية.
- معرفة كيفية تعديل أشباه الموصلات النقية لإكسابها خصائص كهربائية معينة.
- المقارنة بين الدايودات والترانزستورات.

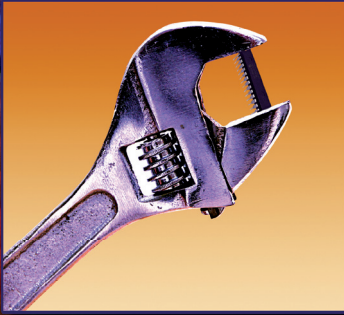
الأهمية

لأشباه الموصلات خصائص كهربائية تمكنها من العمل موصلات في اتجاه واحد لتضخيم الإشارات الكهربائية الضعيفة في العديد من الأجهزة الإلكترونية الشائعة. الرياضيات السريعة تستخدم أجهزة الحاسوب والأدوات الإلكترونية الحركة المضبوطة لكل من الإلكترونيات والفجوات في أشباه الموصلات لتنفيذ العمليات الحسابية والمنطقية بسرعة.

فكر

قد تكون رقاقة السيليكون الميكروية صغيرة، إلا أنها قد تحتوي على الملايين من المقاومات والدايودات والترانزستورات. فكيف يمكن لهذا المستوى من التعقيد أن يوجد في مثل هذا التركيب الصغير؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية
www.obeikaneducation.com



نظرة عامة إلى الفصل

تستخدم نظرية الأحزمة للمواد الصلبة لتفسير سلوك كل من العوازل الكهربائية، والموصلات وأشباه الموصلات. وقد تم توضيح الفرق بين أشباه الموصلات النقية وغير النقية في هذا الفصل. وقد تناول الفصل تطبيقات تقنية على أشباه الموصلات، ومنها المجسات الحرارية ومقاييس الضوء. وعرض القسم الثاني من هذا الفصل مبدأ عمل الدايودات والترانزستورات، بالإضافة إلى كيفية تركيب الدوائر المتكاملة.

فكر

تسمح تقنية الدوائر المتكاملة بتجميع ملايين أدوات الحالة الصلبة ضمن حيز صغير. وكانت تقنية الدوائر المتكاملة فاتحة للعصر الرقمي أيضًا، هذا بالإضافة إلى تأثيرها الكبير في كيفية تواصل الناس، وتعلمهم، والقيام بأعمالهم، وحتى اللعب أيضًا. ولذلك يقول بعض الناس إننا نعيش الآن في مجتمع السيليكون.

المفردات الرئيسية

- أشباه الموصلات
- نظرية الأحزمة
- أشباه الموصلات النقية
- الشوائب
- أشباه الموصلات غير النقية
- الدايود
- طبقة النضوب
- الترانزستور
- رقاقة ميكروية

تجربة استهلاكية

استراتيجيات التدريس

- يمكن للطلاب أن يحرك إحدى يديه أمام الدايود المشع للضوء إلى أعلى وإلى أسفل على أن تكون أصابع اليد مفتوحة بدلاً من استخدام جهاز الستروبوسكوب.
- يمكن إجراء هذا بوصفه عرضًا توضيحيًا ينفذ داخل الغرفة الصفية، عندما يكون الدايود الذي لديك مضيئًا بقدر كافٍ.
- قد يصبح المقاوم دافئًا أو حتى ساخنًا بعد فترة من التشغيل؛ لذا حذر الطلاب

الهدف التعريف بالدايودات المشعة للضوء LEDs، واستكشاف كيف يمكن للدايود المشع للضوء أن يكون له القدرة على إنتاج لونين من الضوء.

المواد والأدوات مصدر قدرة متردد 9-12 V AC، مقاومة 100Ω ، دايود مشع للضوء ذو لونين (أحمر-أخضر) قدرته $\frac{1}{2}$ W أو 1 W، أسلاك توصيل معرّة الطرفين، جهاز ستروبوسكوب يدوي.

10-1 التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة

1. التركيز

نشاط محفز

المقاومة ودرجة الحرارة استخدام المجس الحراري والأوميتر لتوضيح كيفية تغير المقاومة مع درجة الحرارة في بعض المواد، ويجب أن يقرأ مؤشر المجس الحراري عند درجة حرارة الغرفة، ثم يغمر في الماء الساخن مدة 30 s وتؤخذ قراءة المؤشر مرة أخرى. ولمعظم المجسات الحرارية معامل درجة حرارة سالب، وهذا يعني أن هناك هبوطاً في المقاومة مع زيادة درجة الحرارة.

وتظهر أشباه الموصلات هذه الخصائص، أما الموصلات فتظهر معامل درجة حرارة موجباً، فمثلاً المصباح الكهربائي الصغير جداً 12 V، يمكن أن يقيس 15Ω عند درجة حرارة الغرفة ويوصل تياراً مقداره 100 mA. لكن تزداد مقاومته إلى 120Ω عند درجة الحرارة في أثناء تشغيله. **1م**

بصري-مكاني

الربط مع المعرفة السابقة

المنحنيات البيانية (فرق الجهد-التيار) تَعَلَّم الطلاب أن منحني (فرق الجهد-التيار) البياني للمادة أو الأداة التي تخضع لقانون أوم يكون خطاً مستقيماً. وتظهر منحنيات (فرق الجهد-التيار) البيانية للأدوات المصنوعة من مواد شبه موصلة سلوكيات غير أومية.

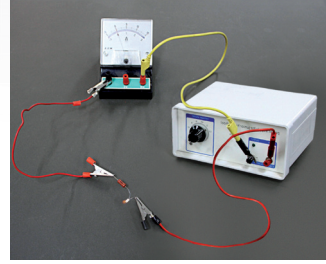
تجربة استهلاكية

كيف يوصل الدايدود الكهربائي؟

سؤال التجربة ما طريقة توصيل دايدود مشع لضوء ثنائي اللون؟

الخطوات

1. احصل على دايدود مشع للضوء ذي لونين (أحمر-أخضر) ومصدر جهد كهربائي متناوب 9-12 V أو محوّل كهربائي.
2. صل مقاوم 100Ω والدايدود على التوالي مع مصدر الجهد.
3. احذر عند توصيل مصدر الجهد لكيلا تتعرض لصدمة كهربائية، ولا تلمس المقاوم لأنه قد يكون ساخناً. صل مصدر الجهد بمقبس موصول به قاطع التفريغ الأرضي.
4. دوّن ملاحظاتك عن الدايدود المشع للضوء.
5. ضع قرص ستروبوسكوب أمام الدايدود ودوّره، ثم دوّن ملاحظاتك عن الدايدود المشع للضوء عندما تشاهده من خلال القرص.



Conduction in Solids

10-1 التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة

الأهداف

- تصف حركة الإلكترون في الموصلات وأشباه الموصلات الكهربائية.
- تقارن بين أشباه الموصلات من النوع n وأشباه الموصلات من النوع p.

المفردات

- أشباه الموصلات
- نظرية الأحزمة
- أشباه الموصلات النقية
- الشوائب
- أشباه الموصلات غير النقية

لا تعتمد الأدوات الإلكترونية على الموصلات والعوازل الطبيعية فقط، ولكنها تعتمد أيضاً على مواد أخرى صممت وأنتجت بجهد وعمل مشترك من العلماء والمهندسين. سوف يبدأ هذا الفصل بدراسة كيفية توصيل المواد للكهرباء.

يعود الفضل في عمل جميع الأدوات الإلكترونية إلى أنابيب التفريغ التي استخدمت في بدايات القرن العشرين؛ حيث تندفق الإلكترونات خلال الفراغ في أنابيب التفريغ لتكبير الإشارات الكهربائية الضعيفة وضبطها. وكانت أنابيب الغازات المخلخلة المستخدمة كبيرة، مما يتطلب قدرة كهربائية كبيرة، وبسبب احتوائها على فتائل التسخين فهي تنتج كمية كبيرة من الحرارة، مما يتطلب استبدالها خلال سنة إلى خمس سنوات.

في أواخر الأربعينيات من القرن الماضي اخترعت أدوات الحالة الصلبة، والتي يمكن أن تقوم بوظيفة أنابيب التفريغ نفسها. وصُنعت هذه الأدوات من مواد تعرف بأشباه الموصلات، ومنها: السليكون والجرمانيوم.

ونبّههم إلى ضرورة عدم لمس المقاوم.

النتائج المتوقعة

الدايدود المشع للضوء باللون الأصفر (مزيج بين الضوء الأحمر والأخضر). يوجد دايدودان في هذه المجموعة من الدايدودات يضيئان بصورة متبادلة في كل نصف دورة للتيار المتردد. وسوف يتيح استخدام جهاز الستروبوسكوب للطلاب مشاهدة أحد الدايدودين المشعين للضوء أو الآخر وهو يعمل.

التحليل

بعد توصيل مصدر القدرة بقابس

الكهرباء، يصبح الدايدود المشع للضوء أصفر اللون. ويشاهد الدايدود عند النظر إليه من خلال قرص الستروبوسكوب بطريقة متناوبة بين اللونين الأحمر والأخضر.

التفكير الناقد

ستختلف الإجابات. ينتج الضوء الأصفر عن مزج الضوءين الأحمر والأخضر معاً. وعلى الطلاب لاحقاً في هذا الفصل فهم كيفية عمل الدايدود المشع للضوء على أنه أداة توصيل الكهرباء في اتجاه واحد فقط.

2. التدريس

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

الموصلية والإلكترونات قد يعتقد الطلاب أن المواد التي تحتوي على إلكترونات أكثر من غيرها يكون لها موصلية أكبر. أشر إلى أن الكبريت يحتوي على عدد أكبر من الإلكترونات الموجودة في عنصر النحاس بمقدار 1.07 مرة لكل وحدة كتلة.

■ استخدام الشكل 10-1

أشر إلى أن الشغل المبذول على الأجسام المشحونة بشحنة متماثلة (مثل الإلكترونات) لتقريب بعضها إلى بعض يزيد من طاقة وضعها. اسأل الطلاب كيف يبدو هذا الشكل للموصلات ذات التوصيل الجيد كالنحاس مثلاً؟ ستتقاطع الخطوط الرأسية المتقطعة في المنطقة التي تتداخل فيها الأحزمة، ولن تكون هناك فجوات طاقة بين حزمة التوصيل وحزمة التكافؤ. **2م بصري-مكاني**

وتعمل هذه الأدوات على تضخيم الإشارات الكهربائية الضعيفة جداً وضبطها، من خلال حركة الإلكترونات داخل منطقة بلورية صغيرة. وتعمل الأدوات المصنوعة من أشباه الموصلات بقدرة كهربائية صغيرة، وذلك بسبب قلة عدد الإلكترونات المتدفقة خلالها، بالإضافة إلى أنها لا تحتوي على فتائل. وهذه الأدوات صغيرة جداً، ولا تولد حرارة كبيرة، وتكلفة صنعها قليلة، ويقدر عمرها الافتراضي بعشرين عاماً أو أكثر.

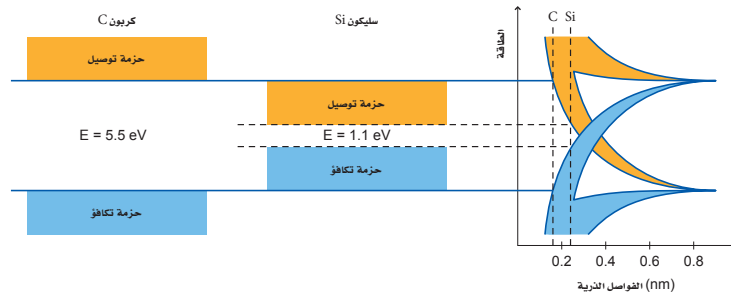
نظرية الأحزمة للمواد الصلبة Band Theory of Solids

تتحرك الشحنات الكهربائية بسهولة في الموصلات، في حين لا تتحرك كذلك في العوازل. وعندما تختبر هذين النوعين من المواد على المستوى الذري يصبح الفرق بينهما - من حيث مقدارتهما على نقل الشحنات - أكثر وضوحاً.

كذلك تتكون المواد الصلبة البلورية من ذرات مرتبطة معاً بترتيبات منتظمة، وتتكون الذرة من نواة كثيفة موجبة الشحنة محاطة بسحابة من الإلكترونات سالبة الشحنة. وتوجد هذه الإلكترونات في مستويات طاقة محددة مسموح بها فقط. وفي معظم الظروف تشغل الإلكترونات في الذرة أدنى مستويات ممكنة للطاقة، ويشار إلى هذا بحالة الاستقرار. ولأن الإلكترونات لها كم محدد من الطاقة فإن أي تغييرات في الطاقة تكون مكلفة؛ أي أن تغييرات الطاقة تحدث بكميات محددة.

حزم الطاقة افترض أنه يمكنك تكوين مادة صلبة عن طريق تجميع ذرات بعضها مع بعض الواحدة تلو الأخرى، فإن عليك أن تبدأ بذرة في حالة استقرار. ويوضح الشكل 10-1 مستويي طاقة منفصلين للذرة عندما تكون الفراغات البينية بين الذرات كبيرة (أكبر من 0.8 nm). وعندما تبدأ البلورة الصلبة في التشكل بتقريب ذرات إلى الذرة الأولى، فإن المجالات الكهربائية لهذه الذرات تؤثر في مستويات طاقة إلكتروناتها، وتكون النتيجة أن مستويات الطاقة لحالة الاستقرار في كل ذرة في البلورة الصلبة تنجزاً إلى مستويات

■ الشكل 10-1 تتجزأ مستويات طاقة الذرة إلى عدة أجزاء عند تقريب ذرات أخرى إليها، وتكون النتيجة تكون فجوة طاقة بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل.



مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 10-1

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

10-1 إدارة المصادر

اختبار قصير 1-10، ص 111	الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11
شريحة التدريس 1-10 ص 117	تقويم الفصل 10، ص 125
شريحة التدريس 2-10 ص 119	ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 101
شريحة التدريس 3-10 ص 121	
ربط الرياضيات مع الفيزياء	

تعريف المفهوم

الموصلية تتعزز كل من الموصلية الكهربائية، والموصلية الحرارية بواسطة الإلكترونات الحرة في المواد، على الرغم من اختلاف تفاعلات الإلكترونات المؤثرة في كل نوع من الموصلية بصورة تامة. وتعدّ الفلزّات أفضل الموصلات الكهربائية والموصلات الحرارية عمومًا. والفضة لها أكبر موصلية كهربائية وحرارية من بين جميع الفلزّات. ويصنّف النحاس على أنه ثاني أفضل الموصلات الكهربائية، ويعدّ أيضًا موصلًا جيدًا جدًا للحرارة. أما الفلزّات عند درجة حرارة معينة فإنّ الموصليتين الحرارية، والكهربائية تشكّان نسبة ثابتة، إلا أن زيادة درجة حرارة الفلزّ تزيد من موصلية الحرارية، في حين تقلل من موصلية الكهربائية؛ بسبب اختلاف الآليات المؤثرة في كل نوع من نوعي التوصيل.

تطوير المفهوم

إلكترونات التكافؤ اطلب إلى الطلاب توضيح العلاقة بين إلكترونات التكافؤ وإلكترونات التوصيل. يتذكر الطلاب أن إلكترونات التكافؤ تحتل مستويات الطاقة الأعلى للذرات، وهي تسهم في جميع التفاعلات الكيميائية أيضًا. أما إلكترونات التوصيل فهي إلكترونات تكافؤ في المواد الصلبة اكتسبت طاقة كافية لتحرك بحرية بين الذرات.

2 متفاعل

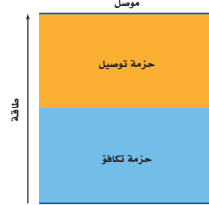
طاقة متعددة بسبب المجالات الكهربائية للذرات المجاورة لها. ولذلك سيوجد الكثير من هذه المستويات القريبة جدًا بعضها إلى بعض، التي لا تبدو منفصلة، ولكنها تظهر كحزم طاقة، كما في الشكل 1-10. وحزم الطاقة ذات مستويات الطاقة الدنيا أو حزم التكافؤ تكون مملوءة بالإلكترونات مرتبطة في البلورة، أما مستويات الطاقة العليا أو حزم التوصيل فيكون انتقال الإلكترونات فيها من ذرة إلى أخرى متاحًا.

لاحظ من الشكل 1-10 أن الفواصل الذرية للسليكون البلوري والكربون البلوري (الأماس) تتحول إلى حزم تكافؤ وحزم توصيل يفصل بعضها عن بعض فجوات طاقة. ولا يوجد في هذه الفجوات مستويات طاقة متاحة للإلكترونات، لذا تسمى هذه الفجوات مناطق الطاقة الممنوعة أو المحظورة. ويسمى هذا الوصف لحزمي التكافؤ والتوصيل المنفصلتين بفجوات الطاقة الممنوعة نظرية الأحزمة للمواد الصلبة، ويمكن استخدامها من أجل فهم أفضل للتوصيل الكهربائي. فمثلاً يشير الشكل 1-10 إلى الحاجة إلى طاقة كبيرة لنقل الإلكترونات التكافؤ من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل في حالة الكربون البلوري (التركيب الماسي)، مقارنة بالسليكون. ويعدّ الكربون في شكله الجرافيتي موصلًا جيدًا؛ لأن ترتيب الذرات فيه يمنحه فجوة طاقة أقل مقارنة بحالة الماس.

وللسليكون البلوري فجوة طاقة صغيرة مقارنة بفجوة الطاقة للماس. وعند درجة حرارة الصفر المطلق تكون حزمة تكافؤ السليكون مملوءة كليًا بالإلكترونات، وتكون حزمة التوصيل فارغة تمامًا. أما عند درجة حرارة الغرفة، فيكون لعدد معين من الإلكترونات التكافؤ طاقة حرارية كافية لتقفز هذه الإلكترونات عن الفجوة 1.1 eV لتصل إلى حزمة التوصيل، وتكوّن نواقل للشحنة. وعندما تزداد درجة الحرارة، وتكتسب المزيد من الإلكترونات طاقة كافية للقفز عن الفجوة، تزداد موصلية السليكون. وللجرمانيوم فجوة طاقة مقدارها 0.7 eV، وهي أقل من فجوة طاقة السليكون، وهذا يعني أن الجرمانيوم أكثر موصلية من السليكون عند أي درجة حرارة، ويعني أيضًا أن الجرمانيوم حساس جدًا للحرارة في معظم التطبيقات الإلكترونية. تسبب التغيرات الطفيفة نسبيًا في درجة الحرارة تغيرات كبيرة في موصلية الجرمانيوم، مما يجعل عملية ضبط الدوائر الكهربائية واستقرارها أمرًا صعبًا.

وللرصاص فراغات تبلغ 0.27 nm بين ذراته. يبين الشكل 1-10، أن هذا من شأنه أن يترجم إلى مخطط الحزم - الفجوة الذي تتداخل فيه حزمة التوصيل مع حزمة التكافؤ. وهذا من شأنه أن يقود إلى توقع بأن الرصاص موصلًا جيدًا، وهو كذلك فعلاً. وتعدّ المواد التي يوجد فيها تداخل بين حزمها المملوءة جزئيًا مواد موصلية، كما في الشكل 2-10.

الشكل 2-10 في المادة جيدة التوصيل، تكون حزمة التوصيل مملوءة جزئيًا. وتبين المنطقة المظلمة بالأزرق منطقة الطاقة المشغولة بالإلكترونات.



الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

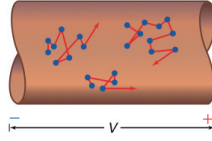
فيزياء الحالة الصلبة تعدّ دراسة فيزياء الحالة الصلبة المدخل إلى مجموعة مذهلة من الوظائف. ففي أحد الجوانب المتعددة من هذه الوظائف، يقوم العلماء بإجراء البحوث الأساسية على المادة المكثفة، وعلى الأغشية الرقيقة. وكذلك تُعنى هذه الدراسات بنمو البلورات، وتطوير السبائك المتعددة التبلور، وترسيب الفلزّات. يعتمد التقدم المهم في مجال تقنية الأجهزة الإلكترونية غالبًا على هذه البحوث الأساسية. وفي الجانب الآخر يشارك المهندسون والفنيون المشاركون في الصناعات الضخمة في تصميم أدوات الحالة الصلبة هذه وتصنيعها.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

الموصلية والإلكترونات التكافؤ قد يعتقد الطلاب أن المواد التي تحتوي على إلكترونات تكافؤ أكثر من غيرها سوف تكون من أفضل الموصلات. أشر إلى أن الفضة والنحاس هما أفضل الموصلات الكهربائية، على الرغم من أن ذرات هذين الفلزّين تحتوي على إلكترون تكافؤ واحد فقط في كل منهما. لكن مستويات الطاقة للفضة تحتوي على إلكترونات وفق الترتيب الآتي: 2. 8. 18. 18. 1. بينما مستويات الطاقة الخاصة بالنحاس مملوءة وفق الترتيب الآتي: 2. 8. 18. 1.

الموصلات الكهربائية Conductors

عند تطبيق فرق جهد عبر مادة ما يؤثر المجال الكهربائي الناتج بقوة في الإلكترونات، فتتسارع وتكتسب طاقة، وبذلك يبذل المجال شغلاً عليها. وعند وجود حزم مملوءة جزئياً فقط في المادة تكون هناك مستويات طاقة متاحة طاقتها أكبر قليلاً من طاقة الإلكترونات في مستويات الاستقرار. ونتيجة لذلك، فإن الإلكترونات التي اكتسبت طاقة من المجال الكهربائي يمكنها أن تتحرك من ذرة إلى الذرة التالية. وتسمى حركة الإلكترونات هذه التيار الكهربائي، وتعرف العملية كاملة بالتوصيل الكهربائي. والمواد ذات الحزم المملوءة جزئياً كالفلزات - ومنها الألومنيوم والرصاص والنحاس - توصل الكهرباء بسهولة.



الشكل 3-10 تتحرك الإلكترونات في الموصل بسرعة وبصورة عشوائية. وإذا طُبّق مجال كهربائي عبر السلك، فإن الإلكترونات تندفع نحو إحدى نهايتي السلك في اتجاه معاكس لاتجاه حركة التيار الاصطلاحي.

الحركة العشوائية تتحرك الإلكترونات في الموصلات بسرعة وبصورة عشوائية، حيث تتغير اتجاهاتها عندما تصطدم بالذرات. أما إذا طُبّق مجال كهربائي على طول معين من سلك فلزي فستؤثر قوة محصلة تدفع الإلكترونات في اتجاه واحد. وعلى الرغم من أن حركتها لا تتأثر كثيراً، إلا أنها تتحرك حركة بطيئة وموجهة بتأثير المجال الكهربائي، كما هو موضح في الشكل 3-10. وتستمر الإلكترونات في التحرك بسرعة 10^6 m/s في اتجاهات عشوائية، وتتحرك ببطء شديد بسرعة تساوي 10^{-5} m/s أو أقل في اتجاه النهاية الموجبة للسلك. ويسمى هذا النموذج من الموصلات نموذج إلكترون - غاز. وعندما ترتفع درجة الحرارة تزداد سرعة الإلكترونات، ومن ثم تزداد تصادماتها بالذرات. لذا فإنه عندما ترتفع درجة حرارة الفلز فإن موصليته تقل. والموصلية هي مقلوب المقاومة، لذا كلما قلت موصلية المادة ازدادت مقاومتها.

مثال 1

كثافة الإلكترونات الحرة في موصل ما عدد الإلكترونات الحرة في السنتيمتر المكعب من النحاس ($\text{free e}^-/\text{cm}^3$)؟ علماً بأن كثافة النحاس $\rho = 8.96 \text{ g/cm}^3$ ، والكتلة الذرية للنحاس $M = 63.54 \text{ g/mol}$ ، وعدد الذرات في كل مول نحاس $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ atom/mol}$ وأن كل ذرة تشارك بالإلكترون واحد.

1 تحليل المسألة ورسمها

• حدد القيم المعروفة والقيم المجهولة.

المجهول

$$\text{free e}^-/\text{cm}^3 = ?$$

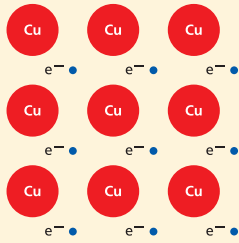
المعلوم

للنحاس: إلكترون حر واحد e^- في كل ذرة

$$\rho = 8.96 \text{ g/cm}^3$$

$$M = 63.54 \text{ g/mol}$$

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ atom/mol}$$



الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

الموصلية والمقاومة النوعية يُطلق على الكمية المستخدمة للتعبير عن نسبة كثافة التيار لكل وحدة مجال كهربائي مطبقة الموصلية الكهربائية، ويرمز لها بالرمز σ . والموصلية هي إحدى خصائص المادة، وتختلف باختلاف درجة الحرارة. أما المقاومة النوعية ρ ، فهي مقلوب الموصلية. ومقاومة المادة في تركيب هندسي معين تتناسب طردياً مع المقاومة النوعية. فقضيب من النحاس مثلاً قطره 1 cm وطوله أكبر بليون مرة من المسافة بين الأرض والشمس تكون مقاومته أقل من قطعة من الكوارتز لها القطر نفسه وطولها 0.1 mm فقط.

مثال صفي

سؤال ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في 2.55 cm^3 من الحديد؟ علمًا أن للحديد إلكترون تكافؤ.

الإجابة

$$\frac{(2 \text{ free } e^-)}{1 \text{ atom}} = \text{عدد } e^- \text{ free}$$

$$\left(\frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atom}}{1 \text{ mol}} \right) \left(\frac{1 \text{ mol}}{55.8 \text{ g}} \right) \left(\frac{7.86 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} \right)$$

$$(2.55 \text{ cm}^3) = 4.32 \times 10^{23} \text{ free } e^- \text{ في } 2.55 \text{ cm}^3 \text{ من الحديد}$$

مسائل تدريبية

1. $1.31 \times 10^{23} \frac{\text{free } e^-}{\text{cm}^3}$

2. $5.85 \times 10^{22} \frac{\text{free } e^-}{\text{cm}^3}$

3. $5.90 \times 10^{22} \frac{\text{free } e^-}{\text{cm}^3}$

4. $1.81 \times 10^{23} \frac{\text{free } e^-}{\text{cm}^3}$

5. $1.90 \times 10^{26} \frac{\text{free } e^-}{\text{cm}^3}$

دليل الرياضيات

حساب الوحدات من 177.

$$\frac{\text{free } e^-}{\text{cm}^3} = \frac{(\text{free } e^-)}{\text{atom}} (N_A) \left(\frac{1}{M} \right) (\rho)$$

$$= \left(\frac{1 \text{ free } e^-}{1 \text{ atom}} \right) \left(\frac{6.02 \times 10^{23} \text{ atoms}}{1 \text{ mol}} \right) \left(\frac{1 \text{ mol}}{63.54 \text{ g}} \right) \left(\frac{8.96 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} \right)$$

$$= 8.49 \times 10^{22} \text{ free } e^- / \text{cm}^3 \text{ في النحاس}$$

2 إيجاد الكمية المجهولة

بالتعويض

$$\text{free } e^- / 1 \text{ atom} = 1 \text{ free } e^- / 1 \text{ atom}$$

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ Atoms/mol}$$

$$M = 63.54 \text{ g/mol}$$

$$\rho = 8.96 \text{ g/cm}^3$$

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ يؤكد تحليل الوحدات على تحديد عدد الإلكترونات الحرة في كل cm^3 بدقة.
- هل الجواب منطقي؟ يتوقع وجود عدد كبير من الإلكترونات في cm^3 .

مسائل تدريبية

- إذا علمت أن كثافة عنصر الخارصين 7.13 g/cm^3 وكتلته الذرية 65.37 g/mol ، وله إلكترونان حران في كل ذرة، فما عدد الإلكترونات الحرة في كل سنتيمتر مكعب من الخارصين؟
- إذا علمت أن هناك إلكترونًا حرًا واحدًا في كل ذرة لعنصر الفضة فاستخدم ملحق الجداول، واحسب عدد الإلكترونات الحرة في كل سنتيمتر مكعب من الفضة.
- لعنصر الذهب إلكترون واحد حر في كل ذرة. استخدم ملحق الجداول، واحسب عدد الإلكترونات الحرة في كل سنتيمتر مكعب من الذهب.
- لعنصر الألومنيوم ثلاثة إلكترونات حرة في كل ذرة. استخدم ملحق الجداول، واحسب عدد الإلكترونات الحرة في كل سنتيمتر مكعب من الألومنيوم.
- صنعت قبة نصب تذكاري من 2835 g من الألومنيوم. استخدم المسألة السابقة وحدد عدد الإلكترونات الحرة في قبة هذا النصب.

العوازل Insulators

تكون حزمة التكافؤ في المادة العازلة مملوءة، في حين تكون حزمة التوصيل فارغة. وكما هو موضح في الشكل 4-10، فإنه يتعين أن يكتسب الإلكترون كمية كبيرة من الطاقة لكي ينتقل إلى مستوى الطاقة التالي. وفي العوازل يكون أدنى مستوى للطاقة في حزمة التوصيل فوق أعلى مستوى للطاقة في حزمة التكافؤ بمقدار $5-10 \text{ eV}$ ، كما هو موضح في الشكل 4a-10. وتوجد في العوازل فجوات طاقة مقدارها 5 eV على الأقل، وهذه الطاقة ليست لدى الإلكترونات.

على الرغم من أن للإلكترونات بعض الطاقة الحركية الناتجة عن طاقتها الحرارية، إلا أن متوسط الطاقة الحركية للإلكترونات عند درجة حرارة الغرفة لا تكفيها لكي تقفز عن الفجوة الممنوعة. وإذا طبق مجال كهربائي صغير على عازل فإن الإلكترونات غالبًا

الخلية الضوئية

الزمن المقترح دقيقتان.

المواد والأدوات خلية ضوئية مصنوعة من

كبريتيد الكاديوم، جهاز أوميتر.

الخطوات تعدّ خلية كبريتيد الكاديوم الضوئية

نوعاً من أنواع كواشف التوصيل الضوئي،

حيث تنشئ الإلكترونات - التي لها طاقة كافية

لاجتياز فجوة الطاقة بين حزمة التكافؤ وحزمة

التوصيل - ناقلات إضافية، فيؤدي ذلك إلى

هبوط في المقاومة. بعض الناقلات تتوافر عند

درجة حرارة الغرفة، حتى لو لم يكن هناك ضوء،

مما ينتج مقاومة الظلام، ويكون مقدار هذه

المقاومة كبيراً، ولكن لا يصل إلى ما لا نهاية.

غطّ نافذة الخلية الضوئية، وقس مقاومة الظلام

الخاصة بها. ستكون حوالي $500 \text{ k}\Omega$ تقريباً.

عرّض جزءاً من نافذة الخلية للضوء، ثم قس

مقاومتها مرة أخرى. سوف تكون أقل من مقاومة

الظلام. عرّض نافذة الخلية كلها للضوء، ثم

قس مقاومتها مرة أخرى. سوف تكون $10 \text{ k}\Omega$

تقريباً في الضوء الساطع.

المناقشة

سؤال تصنع بعض المقاومات من الكربون. ويستخدم الكربون في صناعة الأقطاب، وصناعة الوصلات ذات الأجزاء المنزقة، كفرشاتي المحرك. إذا كان الكربون موصلاً بمقدار كافٍ في هذه التطبيقات، فلماذا يعدّ الماس عازلاً؟

الإجابة الماس في حالته النقية عبارة عن كربون بلوري. في الشكل غير البلوري للعنصر لا تكون جميع إلكترونات التكافؤ محجوزة في حزمة التكافؤ، وهذا يسمح للكربون غير البلوري بالتوصيل. لكن إلكترونات التكافؤ في الماس مربوطة بشدة ولا تتحرك بسهولة إلى حزمة التوصيل، ولذلك يسلك الماس سلوك العوازل. 2م منطقي-رياضي

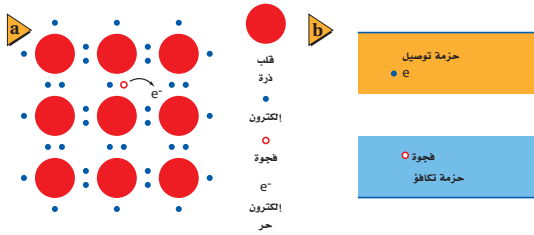
لا تكتسب طاقة كافية للوصول إلى حزمة التوصيل، ولذلك لا يتولد تيار كهربائي. ولكي تنتقل الإلكترونات إلى حزمة التوصيل في العازل فإنه يجب أن تزود هذه الإلكترونات بكمية كبيرة من الطاقة. ونتيجة لذلك، فإن الإلكترونات في المادة العازلة تميل إلى أن تبقى في أماكنها، لذا فإن المادة العازلة لا توصل التيار الكهربائي.

أشباه الموصلات Semiconductors

تتحرك الإلكترونات بحرية أكبر في أشباه الموصلات مقارنة بحركتها في العوازل، ولكن حركتها ليست حرة كما في الموصلات. وكما هو موضح في الشكل 4b-10، فإن فجوة الطاقة بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل تساوي 1 eV تقريباً. كيف يفسّر تركيب أشباه الموصلات خصائصها الإلكترونية؟ لذرات أشباه الموصلات الأكثر شيوعاً كالسليكون Si والجرمانيوم Ge أربعة إلكترونات تكافؤ. وتساهم هذه الإلكترونات الأربعة في ربط الذرات معاً في المادة الصلبة البلورية. وتشكل إلكترونات التكافؤ حزمة مملوءة، كما في العوازل، في حين تكون الفجوة الممنوعة بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل أصغر كثيراً مقارنة بالعوازل. ولذلك فإن نقل أحد إلكترونات ذرة السليكون ووضعه في حزمة التوصيل لا يحتاج إلى طاقة كبيرة، كما هو موضح في الشكل 5a-10. وتكون الفجوة صغيرة جداً، بحيث يمكن لبعض الإلكترونات أن تصل إلى حزمة التوصيل نتيجة لطاقتها الحركية الحرارية وحدها فقط. ولذلك فإن الحركة العشوائية للذرات والإلكترونات تزود بعض الإلكترونات بطاقة كافية للتحرك من ذراتها الأصلية وتنتقل حول بلورة السليكون.

وإذا طبّق مجال كهربائي على مادة شبه موصلة فإن الإلكترونات الموجودة في حزمة التوصيل تتحرك خلال المادة الصلبة بحسب اتجاه المجال الكهربائي المطبق. وعلى النقيض من التأثير في الفلز، فإن زيادة درجة حرارة أشباه الموصلات يزيد من عدد الإلكترونات القادرة على الوصول إلى حزمة التوصيل، ومن ثم تزداد الموصلية.

عندما يتحرر إلكترون من ذرة يترك مكانه فجوة. وكما هو موضح في الشكل 5b-10، فإن الفجوة عبارة عن مستوى طاقة فارغ في حزمة التكافؤ، وتصح الشحنة الكلية للذرة



الشكل 5-10 لبعض الإلكترونات في أشباه الموصلات طاقة حركية حرارية كافية لكي تتحرر وتنتقل خلال البلورة، كما هو موضح في التركيب البلوري (a) وفي الحزم (b).

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

الطباعة الضوئية الطباعة الضوئية عملية تستخدم الآن لصنع معظم الدوائر المتكاملة. وقد تطورت هذه العملية من عدم القدرة على تحديد المعالم التي عرضها أصغر من $10 \mu\text{m}$ إلى القدرة على تحديد المعالم التي يقل عرضها عن $1 \mu\text{m}$ في الوقت الحاضر. وتدل خصائص الضوء على أن الأطوال الموجبة الأقصر تظهر تفاصيل أوضح، وتوفر الطباعة بواسطة الأشعة فوق البنفسجية قدرًا أكبر من كثافة الدوائر الكهربائية مقارنة بالطباعة بواسطة الضوء المرئي، وهذا يجعل الدوائر المتكاملة قابلة للتصنيع بأحجام صغيرة وتكلفة أقل. وتختبر البحوث التي تجري الآن أساليب أخرى، منها الطباعة بواسطة شعاع الإلكترون، أو استخدام مصادر ليزر أو الأشعة السينية. ويوماً ما ستصبح معالم الدائرة التي عرضها أصغر من 10 nm ممكنة الوجود في الأجهزة ذات حجم الإنتاج الكبير.

مثال صفي

سؤال ما عدد الإلكترونات الحرة في طبقة السليكون النقي ذات الأبعاد

$$1.03 \text{ mm} \times 15.9 \text{ mm} \times 3.33 \text{ mm}$$

عند درجة 0 K؟ وما عددها عند درجة حرارة الغرفة؟

الجواب

لا توجد إلكترونات حرة عند درجة حرارة الصفر المطلق؛ لأن الإلكترونات جميعها تكون في حالة سكون. أما عند درجة حرارة الغرفة فتساوي:

عدد الإلكترونات الحرة

$$\text{free } e^- = \left(\frac{1.45 \times 10^{23} \text{ free } e^-}{\text{cm}^3} \right) (0.103 \text{ cm})(1.59 \text{ cm})(0.333 \text{ cm})$$

$$7.91 \times 10^{20} = \text{عند درجة حرارة الغرفة}$$

استخدام التشابه

حركة الإلكترون يمكن لحبيبات الرمل في الساعة الرملية أن تنزلق بسهولة بعضها فوق بعض، وأن تتدفق من قمة الإناء الزجاجي إلى قاعدته. وإذا كان الرمل رطبًا، فإن الحبيبات يلتصق بعضها ببعض، ويصبح تدفقها صفرًا. تحتوي جميع المواد على إلكترونات، لكنها لا تستطيع الانتقال بسهولة من موقع إلى آخر دائمًا.

موجبة. ويمكن للإلكترون موجود في حزمة التوصيل أن يقفز داخل هذه الفجوة ليصبح مرتبطًا مع الذرة مرة أخرى. وعندما يعاد اتحاد الفجوة مع الإلكترون الحر فإن شحنتيهما المختلفتين تعادل كل منهما الأخرى.

غير أن الإلكترون ترك خلفه فجوة في موقعه السابق. لذا تتحرك الإلكترونات الحرة السالبة الشحنة في اتجاه واحد، في حين تتحرك الفجوات الموجبة الشحنة في الاتجاه المعاكس. وتسمى أشباه الموصلات النقية التي توصل نتيجة لتحرير الإلكترونات والفجوات حراريًا أشباه الموصلات النقية. ولأن عددًا قليلًا جدًا من الإلكترونات والفجوات متوافر لحمل الشحنة فإن التوصيل في أشباه الموصلات النقية منخفض جدًا، مما يجعل مقاومتها كبيرة جدًا.

مثال 2

بعض الإلكترونات الحرة في أشباه الموصلات النقية بسبب الطاقة الحركية الحرارية للسليكون الصلب عند درجة حرارة الغرفة، فإنه يوجد 1.45×10^{10} إلكترون حر في كل cm^3 . ما عدد الإلكترونات الحرة في كل ذرة سليكون عند درجة حرارة الغرفة؟ علمًا أن كثافة عنصر السليكون 2.33 g/cm^3 ، وكتلته الذرية 28.09 g/mol

1 تحليل المسألة ورسمها

• حدد القيم المعروفة والقيم المجهولة.

المعلوم

$$\rho = 2.33 \text{ g/cm}^3$$

$$M = 28.09 \text{ g/mol}$$

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ atoms/mol}$$

$$1.45 \times 10^{10} \text{ free } e^- / \text{cm}^3 \text{ للسليكون}$$

المجهول

$$\text{free } e^- / \text{atom} = ?$$

دليل الرياضيات

إجراء العمليات الرياضية بدالاتها العلمية ص 172.

2 إيجاد الكمية المجهولة

بالتعويض

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ atoms/mol}$$

$$M = 28.09 \text{ g/mol}$$

$$\rho = 2.33 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{free } e^- / \text{cm}^3 \text{ Si} = 1.45 \times 10^{10} \text{ free } e^- / \text{cm}^3$$

3 تقويم الجواب

• هل الوحدات صحيحة؟ يؤكد تحليل الوحدات أن الوحدات صحيحة.

• هل الجواب منطقي؟ في أشباه الموصلات النقية، كالسليكون مثلاً عند درجة حرارة الغرفة، يكون لعدد قليل جدًا من الذرات إلكترونات حرة.

مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 10-2

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

مسائل تدريبية

6. $5.19 \times 10^{-10} \text{ free e}^-/\text{atom}$

7. $3.78 \times 10^{-18} \text{ free e}^-/\text{atom}$ عند -73°C

8. $1.85 \times 10^{-32} \text{ free e}^-/\text{atom}$ عند -173°C

9. $2.67 \times 10^{-13} \text{ free e}^-/\text{atom}$

10. $8.00 \times 10^{-23} \text{ free e}^-/\text{atom}$

مسائل تدريبية

6. كثافة عنصر الجرمانيوم النقي 5.23 g/cm^3 وكتلته الذرية 72.6 g/mol . ويوجد فيه $2.25 \times 10^{13} \text{ free e}^-/\text{cm}^3$ عند درجة حرارة الغرفة، ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة؟
7. لعنصر السليكون $1.89 \times 10^5 \text{ free e}^-/\text{cm}^3$ عند درجة حرارة 200.0 K . ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة عند هذه الدرجة؟ كم تكافئ درجة الحرارة هذه بالسلسيوس؟
8. لعنصر السليكون $9.23 \times 10^{-10} \text{ free e}^-/\text{cm}^3$ عند درجة حرارة 100.0 K . ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة عند هذه الدرجة؟ كم تكافئ درجة الحرارة هذه بالسلسيوس؟
9. لعنصر الجرمانيوم $1.16 \times 10^{10} \text{ free e}^-/\text{cm}^3$ عند درجة حرارة 200.0 K . ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة عند هذه الدرجة؟
10. لعنصر الجرمانيوم $3.47 \text{ free e}^-/\text{cm}^3$ عند درجة حرارة 100.0 K . ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة عند هذه الدرجة؟

أشباه الموصلات المعالجة Doped Semiconductors

يجب أن تزداد موصلية أشباه الموصلات النقية بمقدار كبير من أجل صنع أدوات عملية. لذا تضاف ذرات مانحة أو مستقبلة للإلكترونات بتركيز قليلة إلى أشباه الموصلات النقية تسمى الشوائب، تعمل على زيادة موصليتها، وذلك بتوفير إلكترونات أو فجوات إضافية. وأشباه الموصلات التي تعالج بإضافة شوائب تسمى أشباه الموصلات غير النقية (المعالج).

أشباه الموصلات من النوع السالب (n) إذا كانت المادة المانحة للإلكترون ما خماسية التكافؤ كالزرنيخ As الذي يستخدم في معالجة السليكون، فإن الناتج يكون مادة شبه موصلة من النوع n. ويوضح الشكل 10-6a الموقع الذي احتلته الذرة المعالجة As محل إحدى ذرات السليكون Si في بلورة السليكون. حيث ترتبط أربعة من إلكترونات التكافؤ الخمسة مع ذرات السليكون المجاورة. ويسمى الإلكترون الخامس للذرة As الإلكترون المانح. وتكون طاقة الإلكترون المانح قريباً جداً من طاقة حزمة التوصيل، بحيث تكون الطاقة الحرارية كافية لنقل هذا الإلكترون بسهولة من الذرة المعالجة إلى حزمة التوصيل، كما هو موضح في الشكل 10-7a. ويزداد توصيل أشباه الموصلات من النوع n بتوافر عدد أكبر من هذه الإلكترونات المانحة وانتقالها إلى حزمة التوصيل.

مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 10-3

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

مهن في الحياة اليومية

معلومة للمعلم

صناعة أشباه الموصلات يعمل علماء الرياضيات والفيزيائيون والكيميائيون والمهندسون كلهم في فريق واحد في مجال صناعة أشباه الموصلات. وهم يتعاونون معاً في البحث والتطبيقات الحديثة وتقنيات التصنيع المحسنة، بل هناك تنافس عالمي شديد في صناعة أشباه الموصلات؛ لأنها تسهم في جزء كبير من الناتج القومي الإجمالي في العديد من الدول؛ لكونها تقنية متاحة للجميع، ومن ثم فإنها تقود التطور والكفاءة في القطاعات الأخرى.

تعريف الفهم

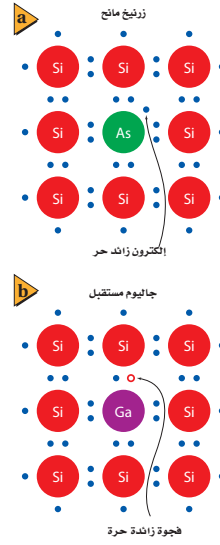
استعمال الشوائب الموصلية الكهربائية خاصة حرجة للمواد المستخدمة في صناعة أدوات أشباه الموصلات. لا تعدّ أشباه الموصلات النقية ذات فائدة عظيمة في العديد من التطبيقات؛ وذلك لقصور موصليتها عن الحد المطلوب. ويمكن أن تزداد موصليتها بصورة كبيرة جدًا عن طريق إضافة ذرات مانحة (نوع n) أو ذرات مستقبلة (نوع p) التي تسمى المعالجات أو الشوائب. اطلب إلى الطلاب توضيح السبب وراء زيادة موصلية المواد شبه الموصلة بمقدار كبير جدًا عند إضافة القليل من ذرات الشوائب لكل مليون ذرة من ذرات المادة شبه الموصلة. **في أشباه الموصلات النقية هناك عدد قليل من الإلكترونات في حزمة التوصيل في أي وقت؛ لذا فإن إضافة نسبة صغيرة نسبيًا من الشوائب إلى المادة تؤدي إلى زيادة مصدر إلكترونات التوصيل بصورة كبيرة. 2م**

التفكير الناقد

اختيار الشوائب اسأل الطلاب: لماذا لا تستخدم بعض المواد مثل الثاليوم (مجموعة 13) والبيزموت (المجموعة 15) لصنع السليكون غير النقي من النوع p والسليكون من النوع n؟ **إن ذرات الثاليوم والبيزموت أكبر كثيرًا من ذرات السليكون، وسوف تسبب تمزقات في التركيب البلوري إذا استخدمت بوصفها شوائب. 2م**

نشاط

استخدام الجدول الدوري اطلب إلى الطلاب استقصاء الجدول الدوري وتحديد مواقع المواد المستقبلية المحتملة في المجموعة 13 والمواد المانحة المحتملة في المجموعة 15. **المواد المستقبلية المحتملة الشائعة للسليكون والجرمانيوم هي البورون والجالسيوم والإنديوم. أما المواد المانحة الشائعة فهي الفوسفور والزرنيخ والقصدير. تحقق أيضًا من ملاحظة الطلاب أن السليكون والجرمانيوم من عناصر المجموعة 4. 2م بصري-مكاني**



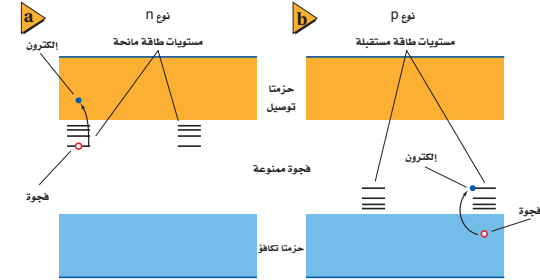
الشكل 6-10 تحليل ذرة الزرنيخ المانحة مع إلكترونات التكافؤ الخمسة الخاصة بها محل ذرة السليكون وتنتج إلكترونًا غير مرتبط. في بلورة السليكون (A)، وتنشئ ذرة الجاليوم المستقبلية مع إلكترونات التكافؤ الثلاثة الخاصة بها فجوة في البلورة (B).

الشكل 7-10 في النوع n من أشباه الموصلات (A)، مستويات الطاقة المانحة للإلكترونات تضع الإلكترونات في حزمة التوصيل. في النوع p من أشباه الموصلات (B)، تُنتج مستويات الطاقة المستقبلية فجوات في حزمة التكافؤ.

أشباه الموصلات من النوع الموجب (p) إذا كانت المادة المستقبلية لإلكترون ما ثلاثية التكافؤ كالجاليوم Ga الذي يستخدم في معالجة السليكون، فإن الناتج يكون مادة شبه موصلة من النوع p. وعندما تحل ذرة الجاليوم Ga محل ذرة السليكون Si في بلورة السليكون ترتبط إلكترونات التكافؤ الثلاثة مع ذرات السليكون المجاورة، وينقص إلكترون واحد، مما يحدث فجوة في بلورة السليكون كما هو موضح في الشكل 6b-10. ويمكن للإلكترونات في حزمة التكافؤ أن تسقط بسهولة في هذه الفجوات، محدثةً فجوات جديدة. ومما يعزز التوصيل في أشباه الموصلات من النوع p وجود وفرة في الفجوات التي تنتجها ذرات المستقبل المعالج، كما موضح في الشكل 7b-10.

تكون كل من أشباه الموصلات من النوع p والنوع n متعادلة كهربائيًا. وإضافة ذرات معالجة من كلا النوعين لا تضيف أي شحنة محصلة إلى المادة شبه الموصلة. وكلا النوعين من أشباه الموصلات يستخدمان للإلكترونات والفجوات في عملية التوصيل. ولا يتطلب سوى القليل من الذرات المعالجة لكل مليون ذرة سليكون مثلًا لزيادة موصلية أشباه الموصلات بمعامل مقداره 1000 أو أكثر.

يُعالج السليكون بوضع بلورة نقية منه في فراغ مع عينة من المادة المعالجة. ثم يُسخّن المعالج حتى يتبخّر، وتكاثف ذراته على السليكون البارد. حيث ينتشر المعالج في السليكون بالتسخين، وتبخر طبقة رقيقة من الألومنيوم أو الذهب على البلورة المعالجة. ويُلمّح سلك بطبقة الغزل هذه، مما يسمح للمعالج بتطبيق فرق جهد على السليكون المعالج بالشوائب.



الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

الألماس والإلكترونيات لقد درُست أشباه موصلات الألماس بتوسع. فالألماس في حالته النقية مادة غير موصلة. ومع ذلك فإن أعشية الألماس الرقيقة المعالجة بالبورون تظهر خصائص مماثلة لخصائص أشباه الموصلات من النوع p. ومن الصعوبة تكوين أشباه موصلات الألماس من النوع n. وعلى الرغم من ذلك فقد صُنِع العديد من نماذج ترانزستورات الألماس والدايودات المشعة للضوء. ومن المعلوم أنه لا يمكن لأدوات السليكون العمل عند درجات حرارة أكبر من 150°C؛ لأنها محدودة في تبديد القدرة بيد أنه يمكن لأدوات الألماس العمل عند درجات حرارة أكبر من ذلك بكثير، وعند مستويات طاقة أكبر كثيرًا. ويمكن تصنيع أدوات الألماس أصغر من أدوات السليكون.

سؤال تعالج طبقة السليكون الأساسية المثالية بواسطة 10^{15} من ذرات الزرنيخ لكل سنتيمتر مكعب عند صناعة سليكون من النوع n. ما نسبة الناقلات المعالجة إلى الناقلات الحرارية عند درجة حرارة الغرفة؟

الجواب نسبة الناقلات المعالجة إلى الحرارية =

$$\frac{(1.0 \times 10^{15} \text{ معالج } e^- / \text{cm}^3)}{(1.45 \times 10^{10} \text{ حراري } e^- / \text{cm}^3)} = 6.9 \times 10^4$$

سؤال ما نسبة عدد ذرات السليكون إلى عدد ذرات الزرنيخ؟

الإجابة إن نسبة عدد ذرات السليكون إلى عدد ذرات الزرنيخ =

$$\frac{(4.99 \times 10^{22} \text{ atom Si} / \text{cm}^3)}{(1.0 \times 10^{15} \text{ atom As} / \text{cm}^3)} = 5.0 \times 10^7$$

تجربة إضافية

العازل الضوئي

الهدف يثبت إمكانية نقل الإشارات الكهربائية من دائرة إلى أخرى بواسطة عزل كهربائي.

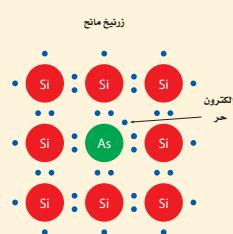
المواد والأدوات دايمود مشع للضوء Led. خلية ضوئية Cds، شريط لاصق أسود، مقاوم 330Ω ، مفتاح كهربائي، بطارية 9 V، جهاز أوميتر.

الخطوات ثبت الدايمود الباعث للضوء بنافذة الخلية الضوئية Cds. ثم استخدم الشريط اللاصق الأسود لتغطية النافذة، مع ترك مدخل لأسلاك الدايمود. صل المقاومة 330 W على التوالي مع الدايمود، والمفتاح والبطارية 9 V جميعاً، على أن يوصل القطب السالب للبطارية مع مهبط الدايمود. استخدم جهاز الأوميتر لتلاحظ الهبوط في مقاومة الخلية الضوئية Cds عندما يغلق المفتاح الكهربائي.

التقويم ما سبب انخفاض مقاومة الخلية الضوئية CdS؟ توفر الإضاءة فوتونات تحرر إلكترونات التوصيل في الخلية الضوئية CdS، فتقل مقاومتها وتزداد موصليتها.

المجسات الحرارية إن الموصلية الكهربائية لأشباه الموصلات النقية و غير النقية حساسة لكل من درجة الحرارة والضوء، ويعكس الفلزات التي تنخفض موصليتها بارتفاع درجة حرارتها، فإن زيادة درجة حرارة أشباه الموصلات تسمح بوصول المزيد من الإلكترونات إلى حزمة التوصيل، فتزداد الموصلية وتقل المقاومة. وقد صُمم جهاز شبه موصل سُيَّي المجس الحراري، بحيث تعتمد مقاومته بدرجة كبيرة على درجة الحرارة. ويمكن استخدام المجس الحراري مقياساً حساساً لدرجة الحرارة، وللكشف عن تغيرات درجة الحرارة للمكونات الأخرى للدائرة الكهربائية. ويمكن استخدامه أيضاً للكشف عن الموجات الراديوية والأشعة تحت الحمراء والأنواع الأخرى من الإشعاع.

مثال 3



موصلية السليكون المُعالج يعالج السليكون بفلز الزرنيخ، بحيث يُستبدل بذرة واحدة من كل مليون ذرة سليكون ذرة زرنيخ واحدة. وتمنح كل ذرة زرنيخ حزمة التوصيل إلكتروناتاً واحداً.

a. ما كثافة الإلكترونات الحرة؟

b. ما النسبة بين كثافة الإلكترونات الحرة في السليكون غير النقي والسليكون النقي إذا علمت أن كثافتها للسليكون النقي $1.45 \times 10^{10} \text{ free } e^- / \text{cm}^3$ ؟

c. هل يعتمد التوصيل على إلكترونات السليكون أم على إلكترونات الزرنيخ؟

1 تحليل المسألة ورسمها

• حدد القيم المعروفة والقيم المجهولة.

المجهول

1 As atom / 10^6 Si atoms
1 free e^- / As atom
عدد الإلكترونات الحرة التي يمنحها الزرنيخ
4.99 $\times 10^{22}$ Si atoms/cm³
بالنسبة إلى الإلكترونات الحرة
1.45 $\times 10^{10}$ free e^- / cm³
في شبه الموصل النقي = ؟

المعلوم

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. بالتعويض

$$\left(\frac{\text{free } e^-}{\text{cm}^3} \text{ من As} \right) = \left(\frac{\text{free } e^-}{\text{As atom}} \right) \left(\frac{\text{Si atoms}}{\text{Si atoms}} \right) \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{cm}^3} \right)$$

$$\left(\frac{\text{free } e^-}{\text{cm}^3} \right) = \left(\frac{1 \text{ free } e^-}{1 \text{ As atom}} \right) \left(\frac{1 \text{ As atom}}{1 \times 10^6 \text{ Si atoms}} \right) \left(\frac{4.99 \times 10^{22} \text{ Si atoms}}{\text{cm}^3} \right)$$

$$= 4.99 \times 10^{16} \text{ free } e^- / \text{cm}^3$$

$$= 1 \text{ free } e^- / 1 \text{ As atom}$$

$$\text{As atoms} / \text{Si atoms}$$

$$= 1 \text{ As atom} / 1 \times 10^6 \text{ Si atoms}$$

$$\text{Si atoms} / \text{cm}^3$$

$$= 4.99 \times 10^{22} \text{ Si atoms} / \text{cm}^3$$

مشروع فيزياء

نشاط

السليكون فائق النقاوة اطلب إلى الطلاب البحث في كيفية تحضير السليكون ذي النقاوة العالية لصناعة أدوات أشباه الموصلات. استخدم حديثاً ترسيب البخار الكيميائي لإنشاء طبقة سليكون ذات نقاوة عالية فوق رقاقة سليكون قطعت من سبيكة. وتستخدم تلك الطبقة لصناعة الأدوات بعد ذلك، وهكذا فإن زيادة نقاوة سبائك السليكون أصبحت أقل أهمية في صناعة الإلكترونيات الدقيقة. اطلب إلى الطلاب إعداد مخطط يتضمن الخطوات العريضة لعرض تقديمي حول موضوع صناعة أشباه الموصلات بهدف عرضه داخل الصف، وينبغي أن يستخدموا هذا المخطط لتنظيم أي وسائل بصرية يستخدمونها، مثل لوحات العرض أو الملصقات أو شرائح العرض التقديمي المعدّ بالحاسوب. **3م لغوي**

مسائل تدريبية

$$\frac{As \text{ atom}}{Si \text{ atom}} = 2.91 \times 10^{-9} \quad 11.$$

$$\frac{As \text{ atom}}{Ge \text{ atom}} = 2.59 \times 10^{-6} \quad 12.$$

$$38.4 \quad 13.$$

$$1.10 \times 10^4 \quad 14.$$

15. لا تعمل أدوات الجermanيوم جيداً عند درجة الحرارة هذه؛ لأن نسبة النواقل المعالجة إلى النواقل الحرارية قليلة جداً، في حين يكون لدرجة الحرارة تأثير كبير في الموصلية، فالسليكون أفضل كثيراً.

b.

بالتعويض $4.99 \times 10^{16} \text{ free e}^- / \text{cm}^3$ في Si المعالج
 $1.45 \times 10^{10} \text{ free e}^- / \text{cm}^3$ في Si النقي

$$\left(\frac{\text{في Si المعالج } \text{free e}^- / \text{cm}^3}{\text{في Si النقي } \text{free e}^- / \text{cm}^3} \right) = \text{النسبة}$$

$$= \left(\frac{4.99 \times 10^{16} \text{ free e}^- / \text{cm}^3}{1.45 \times 10^{10} \text{ free e}^- / \text{cm}^3} \right)$$

$$= 3.44 \times 10^6$$

c. التوصيل أساسه إلكترونات الزرنيخ المانحة بسبب وجود أكثر من ثلاثة ملايين إلكترون زرنيخ مقابل كل إلكترون موجود أصلاً.

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ التحليل يؤكد صحة الوحدات .
- هل الجواب منطقي؟ النسبة كبيرة بدرجة كافية، بحيث إن الإلكترونات الموجودة أصلاً لا تساهم تقريباً في الموصلية.

مسائل تدريبية

11. إذا أردت الحصول على 1×10^4 من إلكترونات الزرنيخ المعالج كإلكترونات حرة في السليكون عند درجة حرارة الغرفة، فما عدد ذرات الزرنيخ التي يجب أن توجد لكل ذرة سليكون؟
12. إذا أردت الحصول على 5×10^3 من إلكترونات الزرنيخ المعالج بوصفها إلكترونات حرة في الجermanيوم شبه الموصل الذي وصف في المسألة 6 فما عدد ذرات الزرنيخ التي يجب أن توجد لكل ذرة جermanيوم؟
13. للجermanيوم 1.13×10^{15} ناقل حراري حر في كل cm^3 عند درجة حرارة 400.0 K . إذا عولج الجermanيوم بواسطة ذرة زرنيخ واحدة لكل مليون ذرة جermanيوم، فما نسبة الناقلات المعالجة إلى الناقلات الحرارية؟
14. للسليكون 4.54×10^{12} ناقل حراري حر في كل cm^3 عند درجة حرارة 400.0 K . إذا عولج السليكون بواسطة ذرة زرنيخ واحدة لكل مليون ذرة سليكون، فما نسبة الناقلات المعالجة إلى الناقلات الحرارية؟
15. في السؤال 14 كيف تتوقع أن يكون سلوك الأدوات المصنوعة من الجermanيوم مقارنة بتلك المصنوعة من السليكون عند درجات حرارة تزيد على درجة حرارة غليان الماء؟

مقاييس الضوء تعتمد التطبيقات المفيدة الأخرى لأشباه الموصلات على حساسيتها للضوء. فعندما يسقط الضوء على المادة شبه الموصلة، فإنه يعمل على إثارة إلكترونات حزمة التكافؤ، فتنقل إلى حزمة التوصيل بالطريقة نفسها التي تعمل بها مصادر الطاقة الأخرى على إثارة الذرات. وبذلك تتناقص المقاومة مع زيادة شدة الضوء. ويمكن تصميم أشباه الموصلات المعالجة للاستجابة لأطوال موجية محددة من الضوء، ويتضمن ذلك مناطق الأشعة تحت الحمراء ومنطقة الضوء المرئي من الطيف. بالإضافة إلى ذلك، تعد بعض المواد كالسليكون وكبريتيد الكادميوم مقاومات يعتمد مقدارها على الضوء، وتستخدم في مقاييس الضوء التي يستخدمها مهندسو الإضاءة في إثارة المحال التجارية والمكاتب والمنازل، ويستخدمها أيضاً المصورون الفوتوغرافيون لتعديل آلات التصوير لالتقاط أفضل الصور.

3. التقويم

التحقق من الفهم

فرق الجهد اسأل الطلاب ماذا يحدث لقراءة فولتметр موصول مع طرفي وصلتين متصلتين معاً من السليكون، إحداهما من النوع n والأخرى من النوع P؟ **ستكون قراءة الفولتметр صفراً؛ لأنه لن يكون هناك شحنة كلية على أي من القطعتين. م²**

التوسع

مشعات الحرارة أزل الغطاء الخارجي عن وحدة معالجة جهاز حاسوب شخصي، وأشر إلى مشعاع الحرارة المثبت فوق رقاقة المعالج. واسأل الطلاب: ما الغرض الذي يؤديه هذا المشعاع؟ **يوفر مشعاع الحرارة مساراً للمقاومة الحرارية المنخفضة. تزيد مشعات الحرارة الإلكترونية من معدل نقل الحرارة من الأدوات الإلكترونية كالترانزستور أو الدائرة المتكاملة إلى الهواء المحيط. إن رقاقات السليكون الخاصة بالحاسوب تحدث أخطاءً أو تتوقف عن العمل إذا أصبحت ساخنة جداً؛ لأن الناقلات الحرارية تزداد بازدياد درجة الحرارة. م²**

10-1 مراجعة

16. **حركة الناقل** في أي المواد الموصلة أو شبه الموصلة أو العوازل يُرجَّح أن تبقى الإلكترونات في الذرة نفسها؟
17. **أشباه الموصلات** إذا زادت درجة الحرارة يزداد عدد الإلكترونات الحرة في أشباه الموصلات النقية. فمثلاً زيادة درجة الحرارة بمقدار درجات سيليزية (8°C) يضاعف عدد الإلكترونات الحرة في السليكون. فهل المرجح أن تعتمد موصلية الموصل النقي، أم شبه الموصل غير النقي، على درجة الحرارة؟ وضح إجابتك.
18. **عازل أم موصل؟** يستخدم ثاني أكسيد السليكون على نطاق واسع في صناعة أدوات الحالة الصلبة. وبيّن مخطط حزم الطاقة الخاص به فجوة طاقة بمقدار 9 eV بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل. فهل ثاني أكسيد السليكون مفيد أكثر بوصفه عازلاً أم موصلاً؟
19. **موصل أم عازل؟** لأكسيد الماغنسيوم فجوة ممنوعة مقدارها 8 eV. فهل هذه المادة موصلة أم عازلة أم شبه موصلة؟
20. **أشباه الموصلات النقية وغير النقية** إذا كنت تصمم دائرة متكاملة باستخدام بلورة سليكون، وأردت أن تحصل على منطقة ذات خصائص عازلة جيدة نسبياً، فهل يجب أن تعالج هذه المنطقة أم تتركها بوصفها شبه موصل نقي؟
21. **التفكير الناقد** يتضاعف عدد الناقلات الحرارية الحرة التي ينتجها السليكون عند كل زيادة في درجة الحرارة مقدارها 8°C ، ويتضاعف عدد الناقلات الحرارية الحرة التي ينتجها الجرمانيوم عند كل زيادة في درجة الحرارة مقدارها 13°C . يبدو أن الجرمانيوم أفضل للتطبيقات ذات درجة الحرارة الكبيرة، ولكن العكس هو الصحيح. وضح ذلك.

10-1 مراجعة

16. **العوازل**
17. **شبه الموصل النقي؛** لأن مصدر موصليتها جميعها هو الإلكترونات المحررة حرارياً، بينما تعتمد المادة شبه الموصلة المعالجة على الشحنات التي يكون مصدرها المعالجات (الشوائب)، والتي تعتمد قليلاً على درجة الحرارة. .
18. **عازل**
19. **عازل**
20. **نتركها كشبه موصل نقي.**
21. **إن السليكون يُظهر نواقل محررة حرارياً أقل كثيراً عند أي درجة حرارة، حتى لو كان معدل تغير إنتاج الناقل الحراري كبيراً بالنسبة له.**

1. التركيز

نشاط محفز

الترانزستورات صل خلية 1.5 V على التوالي مع مكبر صوت ومقاوم مقداره 390Ω . أغلق الدائرة وافتحها. سيكون الصوت ضعيفاً جداً بسبب المقاومة والتيار الصغير الناتج. صل القطب الموجب للخلية مع أحد طرفي مكبر الصوت، وصل طرفه الآخر مع جامع ترانزستور NPN، عندما يكون الجانب المسطح من غلاف الترانزستور مواجهاً لك على أن تشير أطراف الترانزستور إلى أسفل، وسيكون الجامع عن اليمين والباعث عن اليسار. صل باعث الترانزستور مع القطب السالب للخلية. لن يكون هناك صوت مسموع؛ لأن الترانزستور مغلق. صل أحد طرفي المقاوم 390Ω بطرف القاعدة الخاصة بالترانزستور، وصل الطرف الآخر بطرف الجامع. سيكون الصوت عالياً نسبياً (عندما تصل وصلة القاعدة وتفتحها)، وهذا يعود إلى تضخيم تيار الترانزستور من دائرة القاعدة إلى دائرة الجامع. **1م سمعي.**

الربط مع المعرفة السابقة

المقاومات تذكر كيف يرتفع وينخفض فرق الجهد في الدوائر الموصولة على التوالي. إن مقاومة الجامع في مضخم الترانزستور تخفّف جزءاً من جهد المصدر، ويهبط كذلك في الأجزاء الأخرى عبر دائرة الجامع-الباعث الخاصة بالترانزستور.

10-2 الأدوات الإلكترونية Electronic Devices

الأهداف

- تصف كيف يعمل الدايود على جعل التيار الكهربائي يسري في اتجاه واحد فقط.
- توضح كيف يمكن للترانزستور العمل على زيادة أو تضخيم تغيرات الجهد.

المفردات

- الدايود
- طبقة النضوب
- الترانزستور
- رقاقة ميكروية

تعتمد الأجهزة الإلكترونية في عصرنا الحاضر - ومنها المذياع والتلفاز ومشغلات الأقراص المدمجة CD والحواسيب الصغيرة - على أدوات مصنوعة من أشباه الموصلات، تتجمع في رقائق من السليكون لا يتجاوز عرضها بضعة ملمترات. وفي هذه الأدوات يتغير كل من التيار والجهد بطرائق أكثر تعقيداً عما وصف قانون أوم.

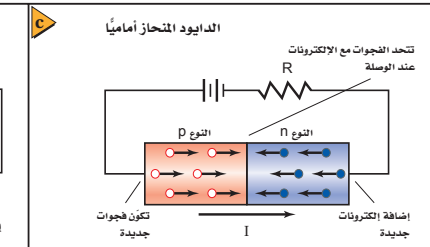
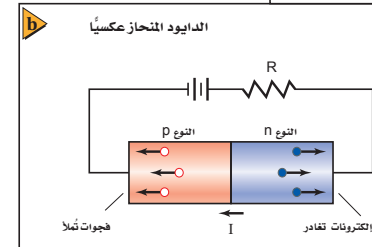
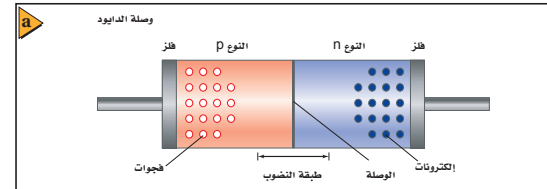
الدايودات Diodes

يعدّ الدايود (الوصلة الثنائية) أبسط الأدوات المصنوعة من أشباه الموصلات. وهو يتكوّن من قطعة صغيرة من مادة شبه موصلة من النوع p موصولة بقطعة أخرى من النوع n. وبدلاً من استخدام قطعتين منفصلتين من السليكون المعالج، ومن ثم وصلهما معاً، تؤخذ عينة واحدة من السليكون النقي ثم تعالج أولاً بالمعالج p، ومن ثم تعالج بالمعالج n. وتُطلّى منطقة الوصل الفلزية في كل منطقة، بحيث يمكن وصل الأسلاك بها، كما هو موضح في الشكل 10-8a. ويطلق على الحد الفاصل بين شبه الموصل من نوع p وشبه الموصل من نوع n بالوصلة، لذا تسمى الأداة الناتجة بالدايود نوع pn.

تنجذب الإلكترونات الحرة في الطرف n من الوصلة نحو الفجوات الموجبة في الطرف p، حيث تتحرك الإلكترونات بسهولة إلى المنطقة p وتتحد مع الفجوات. وبطريقة مماثلة تتحرك الفجوات من الطرف p إلى المنطقة n، حيث تتحد مع الإلكترونات، ونتيجة لهذا التدفق يكون للمنطقة n شحنة كلية موجبة، بينما يكون للمنطقة p شحنة كلية سالبة.

الشكل 8-10 الرسم التوضيحي

لدايود نوع pn (a) يوضح أن طبقة النضوب لا تحتوي على ناقلات للشحنة. قارن مقدار التيار في كل من الدايود المنحاز عكسياً (b) والدايود المنحاز أمامياً (c).



10-2 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11

اختبار قصير 2-10 ص 112

شريحة التدريس 4-10 ص 123

ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 10 ص 125

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 101

2. التدريس

تطوير المفهوم

■ **رمز الدايود** يُستخدم الخط المستقيم رمزاً يمثل المهبط أو الجانب ذا الشحنة السالبة الكبرى في حالة الانحياز الأمامي للدايود. وللمجموعات الدايود خطأ أو حزمة خطوط عند نهاية المهبط. أما المصعد، أو الجانب ذو الشحنة الموجبة الكبرى في حالة الانحياز الأمامي فيُمثّل بالسهم.

■ **الانحياز العكسي** وُضح للطلاب كيف أن الانحياز العكسي يعني أن شحنة المهبط ذي الشحنة الموجبة أكبر من شحنة مصعد الدايود. وتحت ظرف الانحياز العكسي، يوجد تيار إشباع عكسي صغير خلال الدايود لا يعتمد على الجهد العكسي، والذي عادةً ما يكون أصغر عدة مرات من التيارات الأمامية المثالية.

■ **جهد الانهيار** يؤدي الإفراط في زيادة جهد الانحياز العكسي المطبق على الدايود إلى ارتفاع شديد ومفاجئ في التيار العكسي. ويسمى هذا الظرف أحياناً "الانهيار التيهوري"، وقد صممت أداة تسمى دايود زينر لتعمل بطريقة صحيحة تحت هذا الظرف.

■ **مقاومة التوالي** يتعين ألا توصل الدايودات أبداً بما في ذلك الدايودات المشعة للضوء مع مصدر الجهد مباشرة من دون أن توصل بمقاومة على التوالي تُحد من قوة التيار، وإلا فإن الارتفاع السريع في درجة الحرارة سوف يتلف الأداة.

وتنتج هذه الشحنات قوى في الاتجاه المعاكس، مما يؤدي إلى توقف حركة المزيد من ناقلات الشحنة. وتترك المنطقة المحيطة بالطبقة الفاصلة دون فجوات أو إلكترونات حرة، فتتصب فيها ناقلات الشحنة، لذلك تسمى طبقة النضوب. ولأن طبقة النضوب لا تحتوي على ناقلات الشحنة، فإنها تعدّ رديئة التوصيل للكهرباء ولذلك، يتكون الدايود من موصلين جيدي التوصيل نسبياً عند الطرفين بينهما منطقة رديئة التوصيل.

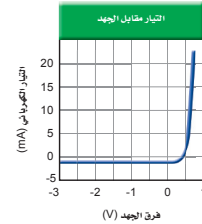
عندما يوصل الدايود في الدائرة الكهربائية بالطريقة الموضحة في الشكل 8b-10، فإن كلاً من الإلكترونات الحرة في المادة شبه الموصلة من النوع n والفجوات في المادة شبه الموصلة من النوع p تنجذب نحو البطارية، فيزداد عرض طبقة النضوب، ولا تتلاقى ناقلات الشحنة. ويكاد لا يمر تيار كهربائي من خلال الدايود، لذا فإنه يعمل عمل مقاوم كبير جداً. ويسمى الدايود الموصول بهذه الطريقة الدايود المنحاز عكسياً.

أما إذا عكس اتجاه توصيل البطارية، كما موضح في الشكل 8c-10، فإن ناقلات الشحنة تُدفع في اتجاه طبقة النضوب. وإذا كان جهد البطارية كبيراً بدرجة كافية - 0.7 V عند استعمال دايود السليكون - فإن الإلكترونات تصل إلى الطرف p وتملأ الفجوات. وتضمحل طبقة النضوب، ويعبر التيار من خلال الدايود. وتستمر البطارية في تزويد الطرف n بالإلكترونات. وتزيل الإلكترونات من الطرف p، وبذلك تعمل البطارية عمل مزوّد للفجوات. وبزيادة متواصلة في الجهد من البطارية يزداد التيار. ويسمى الدايود الموصول بهذه الطريقة الدايود المنحاز أمامياً.

يبين الرسم البياني الموضح في الشكل 9-10 التيار الكهربائي المار في دايود السليكون كدالة رياضية في الجهد المطبق عليه. فإذا كان الجهد المطبق عليه سالباً، فإن الدايود المنحاز عكسياً يعمل عمل مقاومة ذات مقدار كبير جداً، ووفقاً لذلك يمر تيار صغير جداً فقط (10^{-11} A تقريباً لدايود السليكون).

وإذا كان الجهد موجباً فإن الدايود يكون منحازاً أمامياً، ويعمل عمل مقاوم صغير، وعلى الرغم من ذلك فإن الدايود لا يحقق قانون أوم. إن إحدى الاستخدامات الرئيسة للدايود هي تحويل الجهد المتناوب AC إلى جهد مستمر DC بقطبية واحدة فقط. وعندما يستخدم الدايود في دائرة كهربائية تقوم بهذه الوظيفة، فعندئذ تسمى المقوم. ويبين السهم المرسوم على رمز الدايود - والذي نشاهده في المثال 4 - اتجاه التيار الاصطلاحي.

■ الشكل 9-10 يشير الرسم البياني إلى خصائص التيار-الجهد لوصلة دايود مصنوع من السليكون.



تحفيز

نشاط

مصباح الدايود المشعة للضوء هي دايودات تشع ضوءاً مرئياً. اطلب إلى الطلاب اقتراح نموذج دائرة لمصباح الدايود الذي يعمل بالبطارية. الدايود المثالي ذو الضوء الأبيض المصمم لهذا الغرض سوف يعطي إضاءة جيدة، وعمر تشغيل طويلاً عند مستوى تيار 25 mA، وسيكون له هبوط جهد مقداره 3.5 V في حالة الانحياز الأمامي. على الطلاب تحديد مكونات البطارية وشكلها. ومقاومة التوالي، ومعدلات قدرة هذا المصباح. من ذلك؛ دائرة توالٍ تحتوي على أربع خلايا 1.5 V من شأنها توفير مصدر جهد مقداره 6 V. إن الجهد عبر مقاومة التوالي سيكون $6.0 \text{ V} - 3.5 \text{ V} = 2.5 \text{ V}$. وستعطي مقاومة توالٍ قدرتها 100.0 W تياراً شدته 25 mA. ويتعين أن يعمل هذا المقاوم بالمقدار الآتي:

$$p = (0.025 \text{ A})^2 (100.0 \text{ W}) = 0.063 \text{ W} \quad \text{3م بصري-مكاني}$$

مثال صفي

سؤال وُصل دايود مشع للضوء ومقاوم مقداره 330Ω وبطارية 9.0 V معاً على التوالي. ما مقدار التيار. افترض أن الهبوط في الجهد عبر الدايود يساوي 2.2 V؟

الجواب

أوجد أولاً الهبوط في الجهد عبر المقاوم:

$$V_R = 9.0 \text{ V} - 2.2 \text{ V} = 6.8 \text{ V} \quad \text{ثم استخدم}$$

قانون أوم لإيجاد التيار:

$$I = V / R = 6.8 \text{ V} / 330 \Omega = 21 \text{ mA}$$

مسائل تدريبية

22. 1.7 V

23. 2.2 V

24. يوصل مصعد إحدى الدايودات مع مهبط الدايود الآخر؛ لذا يتعين أن يوصل المصعد غير الموصل مع الطرف الموجب للدائرة.

25. سيكون من المستحيل الحصول على تيار مقداره 2.5 mA مع أي جهد لمصدر قدرة منطقي؛ لأن أحد الدايودات سيكون منحازًا عكسيًا.

26. 6.0 V

عرض سريع

الدايودات المشعة للضوء

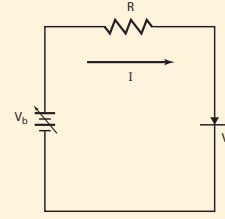
الهدف يثبت أن الدايود يوصل التيار في اتجاه واحد فقط.

المواد والأدوات خليتان 1.5 V، ودايود مشع للضوء الأحمر، ومقاوم مقداره 100Ω .

الخطوات صل الخلايا على التوالي لتكوين مصدر جهد 3.0 V. ثم صل الدايود المشع للضوء الأحمر على أن يكون منحازًا أماميًا على التوالي مع المقاوم 100Ω ومصدر الجهد. سيضيء الدايود المشع للضوء. اعكس قطبية مصدر الجهد. وعندها لن يكون هناك ضوء. للدايودات التي تشع الضوء الأخضر وللدايودات التي تشع الضوء الأزرق كلها هبوط جهد أمامي كبير (3.4 V تقريبًا مقابل 1.6 V للدايودات التي تشع الضوء الأحمر)، إذا كان أحد الدايودات التي تشع الضوء الأخضر أو الأزرق متوافرة فاستخدمها لإثبات أن الدايود لن يوصل التيار في أي اتجاه عندما يكون جهد المصدر منخفضًا جدًا.

مثال 4

دايود في دائرة كهربائية بسيطة دايود مصنوع من السليكون له خصائص I/V موضحة في الشكل 9-10، وموصل بمصدر قدرة ومقاوم مقداره 470Ω . إذا عمل مصدر القدرة على انحياز الدايود إلى الأمام، وتُعدّل جهده حتى أصبح التيار المار في الدايود 12 mA. فما مقدار جهد مصدر القدرة؟



1 تحليل المسألة ورسمها

• ارسم مخططاً توضيحياً للدائرة الكهربائية التي وصل بها الدايود والمقاومة 470Ω ومصدر القدرة. ثم يبين اتجاه التيار.

المجهول

$$V_b = ?$$

المعلوم

$$I = 0.012 \text{ A}$$

$$V_d = 0.70 \text{ V (من الشكل)}$$

$$R = 470 \Omega$$

دليل الرياضيات

ترتيب العمليات من 173 و 174.

2 إيجاد الكمية المجهولة

يُعطى المخطط في الجهد عبر المقاوم من خلال المعادلة $V = IR$ ، وجهد مصدر القدرة يساوي مجموع الهبوط في الجهد في المقاوم والدايود.

$$V_b = IR + V_d$$

$$= (0.012 \text{ A})(470 \Omega) + 0.70 \text{ V}$$

$$= 6.3 \text{ V}$$

$$I = 0.012 \text{ A}, R = 470 \Omega, V_d = 0.70 \text{ V}$$

بالتعويض

3 تقويم الجواب

• هل الوحدات صحيحة؟ فرق جهد مصدر القدرة مقيس بوحدة الفولت.

• هل الجواب منطقي؟ تتفق مع التيار والمقاومة.

مسائل تدريبية

22. ما جهد البطارية اللازم لتوليد تيار كهربائي مقداره 2.5 mA في الدايود الوارد في المثال 4؟

23. ما جهد البطارية اللازم لتوليد تيار كهربائي مقداره 2.5 mA إذا وصل دايود آخر مماثل على التوالي مع الدايود الوارد في المثال 4؟

24. صف كيف يجب أن يوصل الدايودان معًا في المسألة السابقة؟

25. صف ما يحدث في المسألة 23 إذا وصل الدايودان على التوالي في اتجاه غير صحيح.

26. يبلغ مقدار الهبوط في الجهد للدايود المصنوع من الجرمانيوم 0.40 V عند مرور تيار كهربائي مقداره 12 mA خلاله. فإذا وصل مقاوم مقداره 470Ω على التوالي مع الدايود فما جهد البطارية اللازم؟

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

تشابهات التضخيم يمكن أن يكون التضخيم مفهومًا صعبًا. حاول عمل تشابه بين التضخيم وبعض الإجراءات الصغيرة التي تضبط شيئًا كبيرًا. ويعدّ مقود موجه حركة السيارة الحديث أحد التشابهات المحتملة. وبسبب وجود المضخم الهيدروليكي في السيارة، تكون القوة اللازمة لتدوير المقود أقل كثيرًا من القوة التي ستلزم لتدوير العجلات الأمامية للسيارة بطريقة مباشرة. ويعدّ استخدام الرافعة بوصفها مضاعفًا للقوة تشابهًا آخر أكثر وضوحًا. **1٢ منطقي-رياضي**

استخدام النماذج

برنامج محاكاة الدوائر تستند برامج المحاكاة الحاسوبية للدوائر الإلكترونية على المصطلح SPICE الذي يعني "برنامج محاكاة مع تأكيد الدوائر المتكاملة". ونماذج SPICE متوافرة للدوائر والترانزستورات والدوائر المتكاملة. كان تشغيل برنامج محاكاة SPICE يتطلب حواسيب مركزية، أما الآن فيمكن أن تعمل بواسطة الحواسيب الشخصية، وقد أصبحت أداة قياسية لكل من الهواة والمحترفين على حد سواء.

التفكير الناقد

الضوء الأبيض والدايودات المشعة للضوء تعدّ
الدايودات المشعة للضوء مصادر أحادية اللون، أسأل الطلاب: كيف يمكن صنع الدايودات المشعة للضوء لتنتج ضوءاً أبيض؟. إحدى الطرائق تكون بتركيب مخرجات الدايودات المشعة للضوء الأحمر، والأخضر، والأزرق. وتستند الطريقة الأخرى إلى تقنية التحويل التي يتم فيها تركيب رقاقات InGaN الزرقاء مع محوّل فلوري مناسب. م2

المناقشة

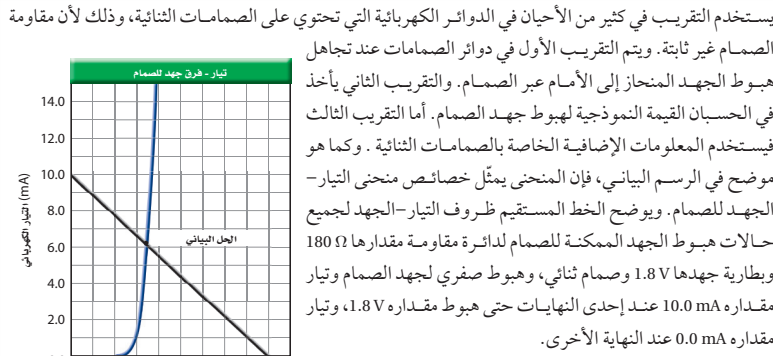
سؤال ما الذي يميز أنابيب التفريغ عن الترانزستورات؟
الإجابة هناك عدة إجابات: (1) يمكن أن تعمل أنابيب التفريغ عند جهود عالية مما يجعلها قادرة على إنتاج عدة كيلواطات من القدرة، وهي لا تزال تستخدم في التطبيقات التي تعمل بقدرة عالية ومنها المذياع والتلفاز والميكروويف. (2) يمكنها تحمّل تغيرات الجهد المفاجئة بصورة أفضل. (3) يمكنها الإبقاء على نبضة كهرومغناطيسية كبيرة. م2

الدايودات المشعة للضوء تبعث الدايودات المصنوعة من مزيج الجاليوم والألومنيوم مع الزنك والفوسفور ضوءاً عندما تكون منحازة أمامياً. فعندما تصل الإلكترونات إلى الفجوات في الوصلة فإنها تتحد معاً مجدداً، وتطلق الطاقة الفائضة على هيئة ضوء بأطوال موجية محددة. وتعرف هذه الدايودات بالدايودات المشعة للضوء، أو LEDs. وقد شكلت بعض الدايودات المشعة للضوء لتبعث حزمة ضيقة من ضوء الليزر المترابط الأحادي اللون. وتُعد دايودات الليزر هذه مصادر قوية للضوء، وتستخدم في مشغلات الأقراص المدمجة CD ومؤشرات الليزر وفي الماسحات الضوئية لأشرطة الترميز المستخدمة في الأسواق التجارية الموضحة في الشكل 10-10 كما وتستخدم في شاشات التلفاز الحديثة والإضاءة وغيرها من الاستخدامات الواسعة. ويمكن للدايودات استشعار الضوء والكشف عنه، مثل قدرتها على بعثه. والضوء الساقط على وصلة الدايود من النوع pn المنحاز عكسياً يحزّر إلكترونات ويكون فجوات، مما يؤدي إلى سريان تيار كهربائي يعتمد على شدة الضوء الساقط.



الشكل 10-10 تعمل صمامات الليزر عمل باعث للضوء، وكاشفات لأشرطة الترميز.

مسألة تحفيز



استخدم دائرة الصمام في المثال 4 على أن تكون $V_0 = 1.8 \text{ V}$ ، ولكن مع مقاومة مقدارها $R = 180 \Omega$.

1. حدد تيار الصمام الثنائي مستخدماً التقريب الأول.
2. حدد تيار الصمام الثنائي مستخدماً التقريب الثاني، وافترض هبوط جهد مقداره 0.70 V للصمام.
3. حدد تيار الصمام الثنائي مستخدماً التقريب الثالث، وذلك باستخدام الرسم البياني المرافق للصمام.
4. قدر الخطأ لكل من التقريبات الثلاثة، ونجاهل البطارية والمقاومة. ثم ناقش أثر الجهود الكبيرة للبطارية في الأخطاء.

مسألة تحفيز

1. $I = V/R = 1.8 \text{ V}/180 \Omega = 1.0 \times 10^1 \text{ mA}$
2. $I = V/R = (1.8 \text{ V} - 0.70 \text{ V})/180 \Omega = 6.1 \text{ mA}$
3. يمثل الخط المستقيم حالات هبوط جهد الدايود المحتملة كلها، والمقاوم 180Ω . والبطارية 1.8 V (من هبوط جهد الدايود الذي يساوي 0.0 V عند تيار مقداره 10.0 mA على أحد الأطراف إلى هبوط جهد يساوي 1.8 V عند تيار مقداره 0.0 mA على الطرف الآخر). إن الحل هو تقاطع كلا الخطين وهذا يحدث عند $I = 6.3 \text{ mA}$.
4. الخطأ التقريبي الأول هو $16.1 \text{ mA} / (10.0 \text{ mA} - 6.1 \text{ mA})$ أو 64% (عندما يكون الهبوط الحقيقي في جهد الدايود 0.70 V). يتناقض هذا الخطأ عندما يكون جهد البطارية أكبر. التقريب الثاني: إن مصدر الخطأ هو أي انحراف عن الجهد 0.70 V بوصفه هبوطاً حقيقياً في جهد الدايود. في حين لا يمكن تحديده بالضبط، ولكنه أقل كثيراً من 64% . وهذا الخطأ يتناقض عند جهود كبيرة للبطارية أيضاً. التقريب الثالث: إن الخطأ ناتج عن تحليل الرسم البياني ودقته ولا يتأثر بجهد البطارية.

تطبيق الفيزياء

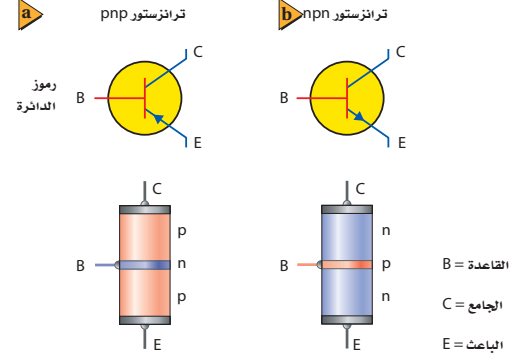
◀ خلافاً لليزر الغاز أو ليزر الياقوت، ينتج دايود الليزر حزمة أشعة يتباعد بعضها عن بعض بصورة كبيرة، ويصحح ذلك بواسطة عدسة لتوليد حزمة أشعة متوازية ومجمّعة عادة. ويكون العرض المثالي لحزمة الأشعة $1 \mu\text{m}$. يُعدّ تضيق حزمة الأشعة أمراً ضرورياً في الأجهزة مثل مشغل الأقراص المدمجة والألياف الضوئية. اطلب إلى الطلاب توضيح سبب ذلك؟ في مشغل الأقراص المدمجة ينعكس ضوء الليزر عن الثقوب الموجودة على سطح القرص المدمج، وتكون المسافة المثالية الفاصلة بين الثقوب $0.85 \mu\text{m}$ ، وعرض كل فجوة يساوي $0.5 \mu\text{m}$ تقريباً. لذا يكون شعاع ليزر عرضه $1 \mu\text{m}$ ضيقاً بمقدار كافٍ ليسمح بانعكاس الضوء من فجوة واحدة في كل مرة. إن نصف القطر المثالي للألياف البصرية الأساسية يساوي 5 ميكرونات إلى 100 ميكرون. ولأن شعاع دايود الليزر أضيق من هذا فإن الشعاع يمكن أن يوجّه بدقة كبيرة إلى ليف بصري واحد.

■ استخدام الشكّلين 10 - 11 و 10 - 12
عندما توصل الترانزستورات بوصفها مضخمات فإن توصيل الدايود بين الجامع - القاعدة يكون منحازاً عكسياً، وبين القاعدة - الباعث يكون عادة منحازاً أمامياً. وسوف يتطلب أن يكون لكلا المصدرين قطبية معكوسة لتحويل الشكل 10-12 من أجل استخدامه مع ترانزستور npn.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

تيار الجامع قد لا يفهم الطلاب أحياناً لماذا يصل معظم تيار الباعث إلى الجامع. أشر إلى أن طبقة القاعدة رقيقة جداً ومعالجة (مشوبة) بمقدار قليل جداً، لذلك فإن احتمالية عثور ناقلة الشحنة على نقيضها قليلة جداً.

■ الشكل 10-11 يُقارن بين رمزي الدائرتين الكهربائيتين المستخدمتين لتمثيل ترانزستور npn (a). وترانزستور npn (b).



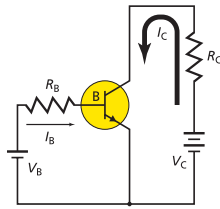
الترانزستورات والدوائر المتكاملة

Transistors and Integrated Circuits

يعدّ الترانزستور أداة بسيطة مصنوعة من مادة شبه موصلة معالجة؛ حيث يتكون ترانزستور npn من طبقتين من مادة شبه موصلة من النوع n على طرفي طبقة رقيقة مصنوعة من مادة شبه موصلة أيضاً من النوع p. وتسمى هذه الطبقة المركزية القاعدة، أما الطبقتان الأخريان فتسمى إحداهما الباعث، والأخرى الجامع. ويوضح الشكل 10-11 الرسمين التخطيطيين لنوعي الترانزستور، ويوضح السهم المرسوم على الباعث اتجاه التيار الاصطلاحي.

يوضح الشكل 10-12 طريقة عمل ترانزستور npn. ويمكن اعتبار وصليتي pn في الترانزستور تشكلاً مبدئياً لدايودين موصولين معاً بصورة عكسية. وتعمل البطارية الموضوعة على اليمين V_C على إبقاء الجامع ذي شحنة موجبة أكبر من شحنة الباعث. ويكون الدايود الموجود بين القاعدة والجامع منحازاً عكسياً، وتكون طبقة النضوب عريضة، ولذلك لا يسري تيار من الجامع إلى القاعدة. وعندما توصل البطارية الموضوعة عن يسار V_B تكون القاعدة ذات شحنة موجبة أكبر من شحنة الباعث، هذا من شأنه أن يجعل الدايود الموجود بين القاعدة والباعث منحازاً أمامياً، فيؤدي ذلك إلى السماح للتيار I_B بالمرور من القاعدة إلى الباعث.

إن القاعدة الرقيقة جداً جزء من كلا الدايودين في الترانزستور. يقلل تدفق الشحنات بواسطة التيار I_B من الانحياز العكسي للدايود الذي بين القاعدة والجامع، بحيث يسمح للشحنة بالتدفق من الجامع إلى الباعث. لذا يُنتج التغير القليل في التيار I_B تغيراً كبيراً في التيار I_C . بسبب تيار الجامع هبوطاً في الجهد عبر المقاوم R_C . وتنتج التغيرات الصغيرة في الجهد V_B



■ الشكل 10-12 تظهر الدائرة التي تستخدم ترانزستور npn كيف يمكن تضخيم الجهد.

عملية
كيفية يمكن لجهاز الحاسوب اتخاذ القرارات؟
ارجع إلى دليل التجارب العملية

طرائق تدريس متنوعة

نشاط

إعاقة بصرية زوّد الطلاب بجهاز قياس كهربائي رقمي متعدد الأغراض، مزوّد بفاحص الدايود، وبمنبه مسموع (العديد من أجهزة الملتزم توفر هذه الميزة). اطلب إلى الطلاب فحص العديد من الدايودات والأسلاك والمقاومات والترانزستورات. يمكن ثني أطراف سلك المقاومة على شكل حرف U، وعندها يمكن تمييزها من الدايودات. اطلب إلى الطلاب استخلاص النتائج المتعلقة بكيفية تأثير أدوات أشباه الموصلات في تيار الدائرة الكهربائية ومقاومتها. 1م سمعي.

الضوء الأحمر

الهدف يكتشف الخاصية الكهربائية للدايود.

المواد والأدوات مصدر قدرة مستمر قابل للضبط

من 0V وحتى 12V، ومقاوم مقداره 470Ω ،

ودايود مشع للضوء الأحمر، وأسلاك توصيل.

النتائج المتوقعة لن يتوهج الدايود المشع

للضوء عندما يُعكس التيار.

التحليل والاستنتاج

3. سيسمح الدايود المشع للضوء بمرور التيار

في اتجاه واحد فقط.

تطوير المفهوم

قانون مور جوردن مور يعدّ أحد مؤسسي شركة

إنتل عام 1965م، وله دور بارز في تطويرها وتنشيط

الثورة التقنية التي نعيشها اليوم، والمتمثلة في التطور

السريع لأجهزة الحاسوب وأنظمتها. وقد لاحظ

مور تضاعف عدد الترانزستورات على شريحة

المعالج كل سنتين تقريباً، وأن هذه الزيادة تؤدي

إلى زيادة كفاءة أداء الحاسوب الذي يؤدي ملايين

العمليات في الثانية الواحدة. مما جعل الشركة

تستخدم السليكون في صناعاتها الإلكترونية.

فأصبحت الدوائر المتكاملة أقل كلفة في إنتاجها،

وأكثر كفاءة في أدائها، وأوفر في الأسواق، وأكثر

تواجداً في حياتنا اليومية. كما دخلت في تطوير شتى

المجالات؛ ومنها: ألعاب الأطفال، والإشارات

الضوئية، وأجهزة التحكم، والأجهزة المنزلية،

وغيرها. وأدت ملاحظات مور كذلك إلى زيادة

سرعة المعالج، وزيادة سعة تخزين المعلومات

الحاسوبية، وزيادة عدد الخلايا (البكسل) في آلات

التصوير الرقمية، مع خفض التكلفة. وأطلق على

ما توصل إليه مور "قانون مور". وتوقع الباحثون

استمرار زيادة عدد الترانزستورات بهذه الكيفية

لعقود من الزمن. ولا تزال ملاحظات مور "قانون

مور" حول زيادة عدد الترانزستورات على شريحة

الدوائر المتكاملة قائمة حتى اليوم.

تجربة

الضوء الأحمر

رُكّب دائرة كهربائية تحتوي على

مصدر قدرة مستمر DC ومقاوم

مقداره 470Ω ودايود مشع للضوء

الأحمر متصلة معاً على التوالي.

صل السلك القصير الخاص

بالدايود الباعث للضوء مع القطب

السالب لمصدر القدرة الموصول

بمقيس GFCI المحمي. ثم صل

السلك الآخر الخاص بالدايود

بالمقاوم. ثم صل الطرف الآخر

للمقاوم مع القطب الموجب

لمصدر القدرة، ثم زد الجهد

بالتدريج حتى يبدأ الدايود المشع

للضوء في التوهج.

لاحظ قراءة الجهد على مصدر

القدرة.

1. ضع فرضية حول ما يحدث إذا

عكست اتجاه التيار.

2. جرب عن طريق عكس التوصيلات

مع البطارية.

3. وضع ملاحظتك بدلالة خصائص

الدايود المشع للضوء.

تعزيز الفهم

السلوك الأومي أسأل الطلاب عما إذا كانت دائرة

الجامع لأي ترانزستور تخضع لقانون أوم أم لا؟ لا

تخضع. يحدد تيار الجامع غالباً بواسطة تيار القاعدة

لا بواسطة جهد الجامع. م2

المطبّق على القاعدة تغيرات كبيرة في تيار الجامع، مما يؤدي إلى تغيرات في الهبوط في الجهد عبر المقاوم R_E . ونتيجة لذلك فإن الترانزستور يضخم تغيرات الجهد الصغيرة إلى تغيرات أكبر كثيراً. وإذا كانت الطبقة المركزية مصنوعة من مادة شبه موصلة من النوع n فإن الأداة عندئذ تسمى ترانزستور npn. ويعمل هذا الترانزستور بطريقة مماثلة لطريقة عمل ترانزستور npn، إلا أن قطبي كل من البطارتين معكوسان.

كسب التيار يعدّ كسب التيار من دائرة القاعدة إلى دائرة الجامع مؤشراً مفيداً على أداء الترانزستور. وعلى الرغم من أن تيار القاعدة صغير جداً إلا أنه يعتمد على جهد القاعدة-الباعث الذي يتحكم في تيار الجامع. فمثلاً، إذا أزيل الجهد V_B في الشكل 12-10، فسوف يهيّط تيار الجامع إلى الصفر. وإذا ازداد الجهد V_B ازداد تيار القاعدة I_B ، وازداد أيضاً تيار الجامع I_C ولكن بصورة كبيرة (من المحتمل أن يزيد 100 مرة أو أكثر). يتراوح مدى كسب التيار من القاعدة إلى الجامع من 50 إلى 300 للاستخدامات العامة للترانزستورات.

في جهاز التسجيل، تُضخم التغيرات الصغيرة في الجهد الحثي في الملف الناتجة عن المناطق الممغنطة الموجودة على الشريط؛ لتحريك ملف السماعة. وفي الحواسيب يمكن للتيارات الصغيرة في دوائر القاعدة-الباعث تشغيل وإيقاف التيارات الكبيرة في دوائر الجامع-الباعث. وبالإضافة إلى ذلك يمكن وصل العديد من الترانزستورات معاً لتنفيذ عمليات منطقية، أو لإضافة أرقام معاً. في هذه الحالات تعمل الترانزستورات عمل مفاتيح تحكم سريعة الأداء بدلاً من عملها مضخمات.

الرقائق الميكروية دوائر متكاملة يسمّى كل منها رقاقة ميكروية تتكوّن من آلاف الترانزستورات والدايودات والمقاومات والموصلات، وطول كل منها لا يتجاوز الميكرومتر الواحد. ويمكن صناعة كل هذه المكونات بمعالجة السليكون وتشويبه (إضافة شوائب) بذرات مانحة أو مستقبلة. وتبدأ الرقاقة الميكروية ببلورة واحدة من السليكون عالية النقاوة، يتراوح نصف قطرها بين 10 cm و 30 cm وطولها بين 1 m و 2 m، ثم يقطع السليكون بواسطة منشار مطلي بالماس إلى شرائح سمكها أقل من 1 mm، ثم تبني الدائرة طبقة بعد أخرى على سطح هذه الشريحة.

وتُنتج آلاف الدوائر المتماثلة في شريحة واحدة تسمى عادة الرقاقة. ثم تفحص هذه الرقائق، وتقطع إلى شرائح منفردة، وتوضع في حامل، ثم توصل الأسلاك بوصلاتها، وعند التجميع النهائي يغلف المنتج بإحكام بمواد بلاستيكية حافظة. إن الحجم الصغير للرقائق الميكروية الموضحة في الشكل 13-10 يسمح بوضع الدوائر المعقدة في مساحة صغيرة. ولأن الإشارات الإلكترونية تنتقل خلال مسافات قصيرة جداً فقد زاد هذا من سرعة الحواسيب. وتستخدم الرقائق الآن في الأجهزة الكهربائية وفي السيارات، كما تستخدم في الحواسيب.

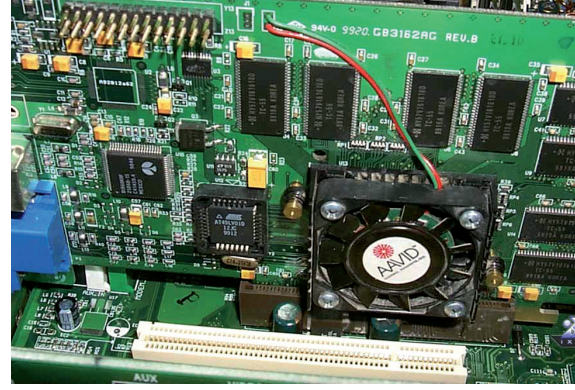
3. التقويم

التحقق من الفهم

تركيب الترانزستور أسأل الطلاب: كيف يكون تركيب الترانزستور مشابهاً لتركيب الديود؟ يمكن افتراض أن الترانزستور دايودان متصلان معاً بصورة متعكسة. ما الفرق بين ترانزستورات npn و ترانزستورات pnp؟ في الترانزستور npn توجد منطقتا n مفصولتان بمنطقة p الرقيقة. بينما في الترانزستور pnp توجد منطقتا p مفصولتان بمنطقة n الرقيقة. 2م متفاعل

التوسع

ترانزستورات أكسيد الفلز شبه الموصل قد يرغب بعض الطلاب المهتمين في البحث حول ترانزستورات أكسيد الفلز شبه الموصل، والتي يمكن التحكم فيها بواسطة بوابة جهد بدلاً من تيار القاعدة. أسأل الطلاب: لماذا تكون هذه الترانزستورات فعالة؟ يمكن تشغيلها بواسطة تيارات صغيرة جداً، ولذلك فهي تستخدم قدرة قليلة جداً. 3م لغوي



الشكل 10-13 تشكل الرقائق الميكروية قلب وحدة المعالجة المركزية في أجهزة الحاسوب.

تطلب إلكترونيات أشباه الموصلات عمل الفيزيائيين والكيميائيين والمهندسين معاً في فريق واحد؛ حيث يساهم الفيزيائيون بمعرفتهم لحركة الإلكترونات والفجوات في أشباه الموصلات. ويعمل الفيزيائيون والكيميائيون معاً على إضافة كميات مضبوطة ودقيقة من المعالجات (الشوائب) إلى السليكون ذي النقاوة الكبيرة. ويطور المهندسون وسائل إنتاج الرقائق التي تحتوي على الآلاف من الدايودات والترانزستورات المصغرة. ويتكاتف جهودهم معاً استطاعوا نقل عالمنا هذا إلى العصر الإلكتروني.

10-2 مراجعة

27. دائرة الترانزستور تيار الباعث في دائرة الترانزستور يساوي دائماً مجموع تيار القاعدة والجامع: $I_E = I_B + I_C$. فإذا كان كسب التيار من القاعدة إلى الجامع يساوي 95، فما النسبة بين تيار الباعث إلى تيار القاعدة؟
28. هبوط جهد الدايود إذا كان الدايود في الشكل 9-10 متحازاً إلى الأمام بواسطة بطارية ومقاوم موصول معه على التوالي، وتكون تيار يزيد على 10 mA، وهبوط في الجهد دائماً 0.70 V تقريباً - افترض أن جهد البطارية زاد بمقدار 1 V - احسب:
 - a. مقدار الزيادة في الجهد عبر الدايود أو الجهد عبر المقاوم.
 - b. مقدار الزيادة في التيار المار في المقاوم.
29. مقاومة الدايود قارن بين مقداري مقاومة الدايود نوع pn عندما يكون متحازاً إلى الأمام وعندما يكون متحازاً عكسياً.
30. قطبية الدايود في الدايود المشع للضوء، ما الطرف الذي يجب أن يوصل مع الطرف p لجعل الدايود يضيء؟
31. كسب التيار إذا قيس تيار القاعدة في دائرة الترانزستور فكان 55 μA ، وكان تيار الجامع 6.6 mA، فاحسب مقدار كسب التيار من القاعدة إلى الجامع.
32. التفكير الناقد هل يمكن أن تستبدل ترانزستور npn بدايودين منفصلين يوصلان معاً من الطرف p لكل منهما؟ وضع إجابتك.

مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 10-4

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

10-2 مراجعة

27. 96 إلى 1
28. a. لأن الجهد عبر الدايود يساوي 0.70 V دائماً فإن الجهد عبر المقاومة يزداد بمقدار 1 V.
- b. يزداد التيار بمقدار $I = 1 V / R$.
29. توصل بطريقة أفضل عندما تكون متحازة إلى الأمام؛ لأن مقاومتها تكون أقل كثيراً.
30. يتعين أن يكون الدايود المشع للضوء متحازاً إلى الأمام، عندها يتعين أن يكون القطب الموجب موصولاً مع النهاية p.
31. 120
32. لا، إن منطقة p للترانزستور npn يجب أن تكون رقيقة لدرجة كافية لكي تسمح للإلكترونات بالعبور من خلال القاعدة إلى الجامع.

مختبر الفيزياء

مختبر الفيزياء

تيار الدايود وجهده

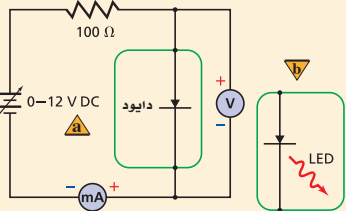
تصنع أدوات أشباه الموصلات كالدايودات والترانزستورات باستخدام شبه موصل مصنوع من مادة من النوع p ومادة من النوع n. وتسمى المادة شبه الموصلة المعالجة بالذرات المانحة شبه الموصل من النوع n، في حين تسمى المادة شبه الموصلة المعالجة بعنصر يترك فجوات في بنية الشبكة البلورية شبه موصل من النوع p. يصنع الدايود بمعالجة المناطق المتجاورة في شبه الموصل بذرات المانح والمستقبل، مكوناً وصلة pn. تستقصي في هذه التجربة خصائص جهد و تيار الدايود.

سؤال التجربة

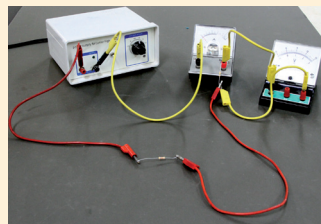
كيف تقارن بين خصائص التيار-الجهد لكل من الدايود والدايود المشع للضوء ومقاوم؟

الأهداف

1. أنشئ جدول بيانات مماثلاً للجدول الموضح في الصفحة التالية.
2. صل القطب السالب لمصدر القدرة مع الطرف السالب للأميتر، كما هو موضح في الرسم.



3. صل طرف الدايود المغطى بشرائط الفضة مع الطرف الموجب للأميتر.
4. صل أحد طرفي المقاوم $100\ \Omega$ مع الطرف الحر للدايود.
5. صل سلكاً من الطرف الحر للمقاوم $100\ \Omega$ مع القطب الموجب لمصدر القدرة.
6. صل سلكاً من الطرف الموجب لجهاز الفولتметр مع طرف الدايود الموصول مع المقاوم، كما موضح في الرسم. وصل الطرف السالب للفولتметр مع طرف الدايود المغطى بشرائط الفضة الموصول مع الأميتر.



المواد والأدوات

مصدر قدرة مستمر 0-12 V DC
مقاوم $100\ \Omega$
دايود مشع للضوء الأحمر
أميتر DC 0-100 mA
فولتметр 0-5 V DC
أسلاك توصيل معزولة
دايود 1N4002
قدرة 1 W أو 1/2 W

عينة بيانات

تيار الدايود المشع للضوء (mA)	تيار الدايود (mA)	الجهد (V)
0	—	1.4
0	—	1.5
1	—	1.6
2	—	1.7
5	—	1.8
10	—	1.9
17	—	2.0

تيار الدايود المشع للضوء (mA)	تيار الدايود (mA)	الجهد (V)
0	14	0.7
0	140	0.8
0	—	0.9
0	—	1.0
0	—	1.1
0	—	1.2
0	—	1.3

تيار الدايود المشع للضوء (mA)	تيار الدايود (mA)	الجهد (V)
0	0	0
0	0	0.1
0	0	0.2
0	0	0.3
0	0	0.4
0	0	0.5
0	1	0.6

الزمن المقدر حصّة مختبر واحدة.

المهارات العملية إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها، تشكيل النماذج، المقارنة، التحليل والاستنتاج، التوضيح.

احتياطات السلامة يمكن أن يصبح المقاوم ساخناً عند جهود مرتفعة.

المواد والأدوات البديلة يمكن استخدام الفولتметр الرقمي بدلاً من الفولتметр التناثلي (العادي).

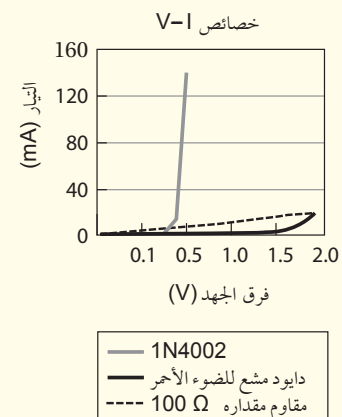
استراتيجيات التدريس

- لا تغفل حد التيار الذي يتحمله المقاوم، فزيادة التيار بصورة كبيرة يمكن أن يتلف الدايودات، والدايودات المشعة للضوء.

- زود مجموعات العمل المتعددة في المختبر بدايودات مشعة للضوء مختلفة الألوان إذا كان ذلك متوافراً. وينبغي أن تختلف جهود التشغيل قليلاً من لون إلى آخر.

التحليل

1. و 2



الاستنتاج والتطبيق

1. قد تختلف الإجابات. يتعين أن يعرف الطلاب أن المقاومات أدوات خطية ولديها علاقة خط مستقيم $V-I$ ، على أن يمثل ميل هذا الخط المقاومة. تظهر الدايودات ارتفاعاً أسياً للتيار مع الجهد، مبتدئاً من نقطة التشغيل.
2. للمقاوم منحنى بياني خطي للعلاقة $V-I$ ، ويخضع لقانون أوم. للدايود منحنى أسّي للعلاقة $V-I$ ، ولا يخضع لقانون أوم.
3. جهد التشغيل لدايود السليكون يساوي $0.7V$ تقريباً. وجهد التشغيل للدايود المشع للضوء المستخدم يساوي $1.8V$ إلى $2.0V$ تقريباً.
4. الدايود المشع للضوء خافت جداً؛ إذ يتدفق خلاله تيار صغير جداً (أجزاء من الملي أمبير). ولكنه يكون ساطعاً تماماً عند التيار 17 mA إلى 20 mA . وسيتم الحصول على الناتج المحدد عندما يصل التيار إلى المقدار الذي وصف.

التوسع في البحث

تختلف الإجابات، وقد يعلق الطلاب بأن مصدر القدرة الذي يضبط بسهولة يمكن أن يعطي نتائج أكثر دقة، وخصوصاً إذا واجهوا صعوبة في رفع الجهد بمقادير صغيرة. واستخدام الأميتر ذي مدى القياسات الأكبر يتيح للطلاب الحصول على العديد من القراءات الإضافية للدايود.

الفيزياء في الحياة

تختلف الإجابات، ويتعين على الطلاب أن يعلقوا بأن العديد من الدايودات المشعة للضوء تستهلك تياراً صغيراً عند الجهد نفسه الذي يعمل عنده المصباح الكهربائي ليضيء؛ لذلك فالقدرة $p = IV$ المستخدمة بواسطة الدايودات المشعة للضوء سوف تكون أقل، ولن تُستهلك البطارية سريعاً. والدايودات المشعة للضوء تبقى أكثر برودة مقارنة بالمصابيح الكهربائية، وقد يكون هذا أمراً مهماً بالنسبة للشركات الصانعة.

التحليل

1. أنشئ الرسوم البيانية واستخدمها باستخدام ورقة رسم بياني واحدة، ارسم وعيّن الرسم البياني للتيار مقابل الهبوط في الجهد لكل من الدايود والدايود المشع للضوء مثل التيار على المحور V والهبوط في الجهد على المحور x . ما شكل هذين المنحنيين البيانيين؟

2. صياغة التماذج باستخدام قانون أوم احسب وحدد على الرسم البياني نفسه علاقة الجهد-التيار للمقاوم $100\ \Omega$ من الجهد 0 حتى 2 V ، وسمّ هذا الخط المقاوم $100\ \Omega$. ما شكل هذا المخطط؟

الاستنتاج والتطبيق

1. قارن بين المنحنيات البيانية التيار-الجهد للدايود والدايود المشع للضوء والمقاوم.
2. أي هذه الأدوات تحقق قانون أوم؟
3. الاستنتاج والتحليل توصف الدايودات بأن لها نقطة تحول في الجهد. ما نقطة التحول للدايود المصنوع من السليكون، وللدايود المشع للضوء الذي استخدمته؟
4. فسر لماذا يصبح للدايود خاصية انبعاث الضوء عند تيار محدد 20 mA مثلاً؟

التوسع في البحث

ما الذي يمكن فعله للحصول على أفضل قياسات لتيار الدايود؟

الفيزياء في الحياة

يسرى تيار مقداره 150 mA – 75 mA في المصابيح الكهربائية الصغيرة المثالية عند جهد معين. لماذا تفضل الشركات الصانعة استخدام الدايودات المشعة للضوء في أجهزة تشغيل الأقراص المدمجة أو مشغلات MP3 التي تعمل على البطاريات؟



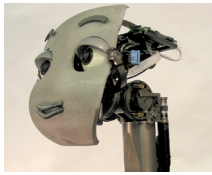
جدول البيانات	تيار الدايود (mA)	تيار الدايود المشع للضوء (mA)
هبوط الجهد (V) عبر الدايود		
0		
0.1		
0.2		
1.9		
2.0		

7. يجب أن تكون دائرة الدايود مماثلة للجزء (a) من الرسم التخطيطي. تأكد من أن مؤشر مفتاح مصدر القدرة عند الصفر، ثم صله بمقيس الكهرباء. ابدأ بتدوير مفتاح مصدر القدرة ببطء، وذلك من أجل زيادة الهبوط في الجهد عبر الدايود من 0 حتى 0.8 V ، وبزيادة جهد مقدارها 0.1 V في كل مرة، ثم دوّن قيمة التيار المقابلة لكل قيمة جهد. تحذير: إذا أصبح التيار أكبر مما يتحمله جهاز الأميتر الذي تستخدمه فلا تعمل على زيادة الجهد إلى قيمة أكبر، وتوقف عن أخذ القراءات. حرّك مفتاح مصدر القدرة إلى الصفر، ثم افصله عن مقيس الكهرباء.
8. استعمل الدايود المشع للضوء بدل الدايود 1N4002، وذلك يقابل الجزء (b) من الرسم التخطيطي.
9. صل طرف التوصيل القصير للدايود المشع للضوء مع الطرف الموجب للأميتر (الطرف السالب للفولتметр)؛ وهي النقطة التي وصل بها الطرف المغلف بشرائط الفضة للدايود. صل الطرف الطويل للدايود المشع للضوء مع المقاوم ومع الطرف الموجب للفولتметр.
10. صل مصدر القدرة بمقيس الكهرباء، ابدأ بتدوير مفتاح مصدر القدرة ببطء؛ وذلك لزيادة الهبوط في الجهد عبر الدايود المشع للضوء من 0 حتى 2.0 V ، وبزيادة جهد مقدارها 0.1 V في كل مرة، ثم دوّن قيمة التيار المقابلة لكل قيمة جهد. وشاهد الدايود المشع للضوء، ودوّن ملاحظاتك حوله.

تجربة استقصاء بديلة

لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية غير السؤال إلى الصيغة الآتية: كيف يتغير التيار في الدايود بواسطة الجهد المطبق؟ عندما يسمح الوقت، يمكن أن يجمع الطلاب البيانات حول المقاوم $100\ \Omega$. ويمكن السماح لهم بأن يحددوا كيفية وصل الدايود في الدائرة. إذا وضع الدايود على أن يكون منحازاً إلى الأمام، فسيمر التيار عند الوصول إلى جهد التشغيل كما وصف. أما إذا وضع الدايود على أن يكون منحازاً عكسياً، فلن يمر تيار عند أي جهد. تحذير: إذا ازداد تيار الجهد على حد المواصفات الخاصة بالدايود فقد يتلف. دع الطلاب يستكشفوا أسئلة أخرى متوقعة من خلال هذه التجربة.

الإنسان أفضل كثيرًا من الحواسيب في هذا المجال. ومع تحسين الرؤية قد يكون بمقدور الذكاء الاصطناعي التحكم في حركة السيارات على الأرض، أو يمكن الروبوتات الآلية من استكشاف كوكب آخر دون الحاجة إلى رواد فضاء. يُستخدم الذكاء الاصطناعي أيضًا لإنشاء أنظمة حاسوبية خبيرة تبرمج بالمعرفة حول مواضيع محددة؛ حيث يكون بإمكان الإنسان أن يخبر الحاسوب بتفاصيل حالة معينة، ثم يقوم الحاسوب بحساب مسار العمل الأكثر منطقية. ويمكن استخدام الأنظمة الخبيرة في المجال الطبي لتشخيص الاضطرابات بدقة عالية؛ حيث يقوم الذكاء الاصطناعي بموازنة ومقارنة الحقائق عن الحالة، ثم يستنتج الإجراءات الأكثر ملائمة. ومع ذلك فإن الذكاء الاصطناعي يعمل فقط مع وقائع زوّدها الحاسوب، ويتعين على مستخدمي الحاسوب أن يكونوا على علم دائم بهذه القيود للأنظمة الخبيرة.

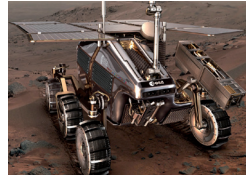


يعرض هذا الروبوت الآلي تعابير وجه الإنسان.

مهم إن دراسة الرياضيات، والمنطق الرياضي ولغات برمجة الحاسوب مهمة لتطوير الأنظمة التي يمكنها اتخاذ قرارات منطقية. ويؤكد علم النفس على أن هذه القرارات يمكن أن تأخذ طابعًا إنسانيًا.

الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence

استخدمت عبارة الذكاء الاصطناعي لأول مرة عام 1955م. وعُرِّفت على أنها "الفهم العلمي لآليات التفكير الضمني والسلوك الذكي وتضمينها في الآلات". فقد تحتاج المهمة أحيانًا إلى ذكاء اصطناعي لكي تكون منطقية جدًا، وأحيانًا أخرى تحتاج إلى ذكاء اصطناعي للتفكير والتصرف وفقًا لرغبات الإنسان. ويهدف الذكاء الاصطناعي إلى تطوير أنظمة يمكنها أداء المهام المنطقية والتصرف وفقًا لرغبات الإنسان معًا.



نموذج للطوافة مارس وهي تقرر كيفية تخطي العقبات.

تطبيقات يستخدم الذكاء الاصطناعي في العديد من المجالات، وسيكون له أهمية أكثر في المستقبل. فعندما يلعب الحاسب الآلي لعبة الشطرنج فإنه يبحث عن مئات الآلاف من الحركات المحتملة قبل أن يختار أفضل حركة. يستخدم الذكاء الاصطناعي حاليًا لتعرّف الصوت؛ حتى يسمح بإجراء الاتصال باستخدام الهواتف النقالة دون استخدام الأيدي، ولإنجاز المعاملات عبر الهاتف التفاعلي، إلا أنها غير قادرة تمامًا حتى الآن على فهم اللغة التي يخاطب بها الجهاز بشكل تام ودقيق، ولكن هذا في ذاته يشكل هدفًا مستقبليًا.

وتمثل الرؤية الثلاثية الأبعاد في الحاسوب إحدى التطبيقات المستقبلية الأخرى لمحاكاة المدخلات الحسية والسلوك البشرية، وتحتاج الحواسيب إلى استخلاص واقع ثلاثي الأبعاد عوضًا عن الصور الثنائية الأبعاد. وقد أحرز تقدم في هذا المجال، ولكن حتى الآن لا يزال دماغ

الخلفية النظرية

إن بعض الفروع الرئيسية في بحوث الذكاء الاصطناعي الحالية في مجال المنطق هي (اتخاذ القرار استنادًا إلى الحقائق)، والبحث (اختبار مجموعة كبيرة من الحقائق لاتخاذ القرار)، وتعرّف النمط وتمييزه (البحث عن مجموعة من الميزات)، والتمثيل (تمثيل الحقائق بلغة المنطق)، والاستدلال (اتخاذ القرار استنادًا إلى معرفة غير كاملة بالحقائق)، والمعرفة الحسية السليمة والاستنتاج، والتعلم من خلال الخبرة والتجربة، والتخطيط (اتخاذ قرارات للوصول إلى الهدف المحدد).

استراتيجيات التدريس

■ اربط بين الذكاء الاصطناعي والتقنيات الموجودة في واقع الحياة. ثم اطلب إلى الطلاب التفكير في بعض التطبيقات الممكنة في المجالات المالية، والصناعات الثقيلة، والبحث العلمي، والترفيه. ■ اطلب إلى الطلاب إجراء عصف ذهني للتفكير في مجالات أخرى قد يكون فيها استخدام الذكاء الاصطناعي مفيدًا. فمثلاً هل من الممكن أن تساعد الروبوتات على تقديم الرعاية للإنسان؟

نشاط

المخطط الانسيابي وضح أن برنامج الحاسوب يعمل كالمخطط الانسيابي أو شجرة القرار. اطلب إلى الطلاب تصميم مخطط انسيابي لعملية اتخاذ القرار، ومن ذلك: ما الملابس التي ينبغي أن ترتديها في يوم معين؟ ستكون قرارات الطلاب على الأغلب مستندة إلى أحوال الطقس والنشاطات المخطط القيام بها في ذلك اليوم، وهكذا.

التوسع

1. قد يتحدث الطلاب عن خطورة إعطاء قدر كبير من السيطرة والتحكم لأنظمة الذكاء الاصطناعي. وهناك قضية أخلاقية أخرى قد تثار وهي استخدام الذكاء الاصطناعي في الحروب.
2. قد ينتج القرار الخاطئ عن مدخلات الإنسان غير الصحيحة أو غير الكافية، أو قد تنتج من برمجة غير صحيحة. والعوامل المتغيرة التي يتعامل معها برنامج الذكاء الاصطناعي قد تكون

هي المسؤولة أيضًا.

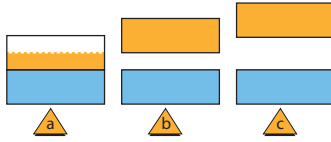
3. يتعين أن يكون الذكاء الاصطناعي عقلاً بشرياً ورشيداً تماماً عند حل المشكلات أو إجراء الحسابات الهندسية. وينبغي أن يأخذ الذكاء الاصطناعي الرغبات الإنسانية في الحسبان عند اتخاذ القرارات المتعلقة بالأسئلة التي يكون لها العديد من الإجابات المحتملة.

المفاهيم الرئيسية

يمكن أن يستخدم الطلاب العبارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسية في الفصل.

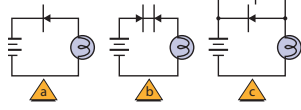


10-1 التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة Conduction in Solids	
<p>المفاهيم الرئيسية</p> <ul style="list-style-type: none"> • إن مستويات الطاقة المسموح بها في المواد الصلبة للإلكترونات الخارجية في الذرة تتوزع في حزم واسعة بواسطة المجالات الكهربائية للإلكترونات الذرات المجاورة. • تنفصل حزم التكافؤ والتوصيل بواسطة فجوات طاقة ممنوعة، وذلك يعني أن هناك مناطق في مستويات الطاقة لا توجد الإلكترونات فيها. • في الموصلات، يمكن للإلكترونات أن تتحرك خلال المواد الصلبة لأن حزم التوصيل مملوءة جزئيًا. • تُعالج أشباه الموصلات من النوع n بذرات مانحة للإلكترونات، ويمكنها التوصيل نتيجة استجابة الإلكترونات الممنوحة لفروق الجهد المطبقة. • تُعالج أشباه الموصلات من النوع p بذرات مستقبلة للإلكترونات، ويمكنها التوصيل بواسطة الفجوات، على أن تكون متاحة للإلكترونات في حزمة التوصيل. 	<p>المفردات</p> <ul style="list-style-type: none"> • أشباه الموصلات • نظرية الأحزمة • أشباه الموصلات النقية • الشوائب • أشباه الموصلات غير النقية (المعالجة)
10-2 الأدوات الإلكترونية Electronic Devices	
<p>المفاهيم الرئيسية</p> <ul style="list-style-type: none"> • يوصل الدايود الشحنات الكهربائية في اتجاه واحد فقط. ويمكن استخدامه في دوائر التقويم لتحويل التيار المتردد AC إلى تيار مستمر DC. • تتحد الإلكترونات والفجوات القريبة من إحدى جوانب وصلة الدايود لتنتج منطقة خالية من ناقلات الشحنات وتعرف هذه المنطقة بطبقة النضوب. • إن تطبيق فرق جهد ذي قطبية محددة عبر الدايود يؤدي إلى زيادة عرض طبقة النضوب بصورة كبيرة، فلا يلاحظ أي تيارات خلالها. ويسمى الدايود في هذه الحالة الدايود المنحاز عكسيًا. • إن عكس القطبية للجهد المطبق عبر الدايود يقلل من عرض طبقة النضوب بصورة كبيرة، فيلاحظ التيار خلالها، ويسمى الدايود في هذه الحالة الدايود المنحاز أماميًا. • يعمل الترانزستور مضخمًا ومقويًا للإشارات، وهو عبارة عن شريحة مكوّنة من ثلاث طبقات من المادة شبه الموصلة تكون على شكل طبقات npn أو pnp، وتكون طبقة القاعدة المركزية رقيقة جدًا مقارنةً بالطبقات الأخرى؛ أي الباعث والجامع. 	<p>المفردات</p> <ul style="list-style-type: none"> • الدايود • طبقة النضوب • الترانزستور • الرقاقة الميكروية



الشكل 10-15

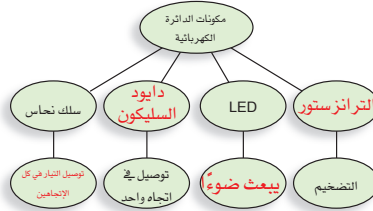
41. في مخططات حزم الطاقة الموضحة في الشكل 10-15 أيها له حزم توصيل نصف ممثلة؟
42. في مخططات حزم الطاقة الموضحة في الشكل 10-15 أيها يمثل أشباه موصلات؟
43. تتناقص مقاومة الجرافيت عندما ترتفع درجة الحرارة. فهل توصيل الجرافيت للكهرباء أكثر من النحاس أم السليكون؟
44. أي المواد الآتية تعمل عوازل جيدة: مادة لها فجوة ممنوعة عرضها 8 eV، أم مادة ليس لها فجوة ممنوعة عرضها 3 eV، أم مادة ليس لها فجوة ممنوعة؟
45. بالنسبة لذرات المواد الثلاث الواردة في السؤال السابق، أي هذه المواد أكثر صعوبة عند انتزاع إلكترون منها؟
46. حدد إذا كان المصباح الكهربائي في كل من الدوائر a, b, c الموضحة في الشكل 10-16 مضيئاً أم لا.



الشكل 10-16

خريطة المفاهيم

33. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات الآتية: الترانزستور، دايود السليكون، يبعث ضوءاً، يوصل الكهرباء في كلا الاتجاهين.



إتقان المفاهيم

34. كيف تختلف مستويات الطاقة في بلورة عنصر معين عن مستويات الطاقة في ذرة مفردة من ذلك العنصر؟
35. لماذا يؤدي تسخين أشباه الموصلات إلى زيادة موصليتها؟
36. ما الناقل الرئيس للتيار في المادة شبه الموصلة من النوع P؟
37. يطبق جهاز الأوميتر فرق الجهد عبر الأداة لفحصها، ويقاس التيار، ويبيّن مقاومة الأداة. إذا قمت بتوصيل الأوميتر عبر الدايود، فهل يعتمد التيار الذي تقيسه على أي طرف للدايود يوصل مع القطب الموجب لجهاز الأوميتر؟ وضع إجابتك.
38. ما معنى رأس السهم على الباعث في رمز دائرة الترانزستور؟
39. صف تركيب الدايود المنحاز أمامياً. ووضح كيفية عمله.

تطبيق المفاهيم

40. في مخطط حزم الطاقة الموضح في الشكل 10-15 أي منها تمثل المادة التي لها أكبر مقاومة؟

خريطة المفاهيم

33. انظر الصفحة المقابلة من كتاب الطالب والمتضمنة في هذا الدليل.

إتقان المفاهيم

34. تمتلك مستويات الطاقة للذرة المفردة قيماً منفصلةً ووحيدةً، أما مستويات الطاقة في البلورة فتتملك مدى صغيراً حول القيم الموجودة في الذرة المفردة.
35. تعطي درجة الحرارة العالية طاقةً إضافيةً للإلكترونات؛ مما يسمح بوصول المزيد من الإلكترونات إلى حزمة التوصيل.
36. ثقب ذات شحنة موجبة.
37. نعم، هناك طريقة واحدة لجعل الدايود منحازاً إلى الأمام، أما الطريقة الأخرى فتجعله منحازاً عكسياً.
38. رأس السهم هو الذي يوضح اتجاه التيار الاصطلاحي.

تطبيق المفاهيم

40. c
41. a
42. b
43. أكثر شبهاً بالسليكون Si.
44. مادة تمتلك فجوةً ممنوعةً عرضها 8 eV.
45. مادة تمتلك فجوةً ممنوعةً عرضها 8 eV.
46. الدائرة a: لا، الدائرة b: لا، الدائرة c: نعم.
47. L_1 مضاء، L_2 غير مضاء.

39. يحتوي الدايود المنحاز إلى الأمام على طبقة شبه موصلة من النوع p، وطبقة شبه موصلة من النوع n، وهاتان الطبقتان موصولتان من نهايتهما بأسلاك بواسطة أغشية فلزية. وتكون الطبقة من النوع p موصولة مع القطب الموجب للبطارية. تنشأ ثقب في الطبقة من النوع p، وتتحرك هذه الثقب نحو الحد الفاصل بين المادتين شبه الموصلتين. في حين تضاف إلكترونات جديدة إلى الطبقة من النوع n، وتتحرك هذه الإلكترونات نحو الحد الفاصل بين المادتين شبه الموصلتين، وعندما تتحد الثقب والإلكترونات معاً، تكتمل الدائرة ويتدفق تيار، بحيث يكون اتجاهه من الطبقة شبه الموصلة من النوع p إلى الطبقة شبه الموصلة من النوع n.

تقويم الفصل 10

48. B, Al, Ga, In

49. يظهر مقاومة أقل عندما يكون منحازًا إلى الأمام.

50. جهد مرتفع، موجب أكثر.

51. لقد أنتجت مقاومة؛ لأنه لا توجد وصلة.

52. انظر دليل حلول المسائل.

إتقان حل المسائل

10-1 التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة

53. $2.54 \times 10^{22} \text{ free e}^- / \text{cm}^3$

54. $3.22 \times 10^{13} \text{ atom} / \text{free e}^-$

10-2 الأدوات الإلكترونية

55. a. $2.0 \times 10^1 \text{ mA}$

b. $2.0 \times 10^1 \text{ mA}$

56. 160Ω

57. 4.8 V

تقويم الفصل 10

إتقان حل المسائل

10-1 التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة

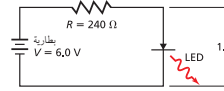
53. ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في سنتيمتر مكعب من الصوديوم؟ علمًا أن كثافته تساوي 0.971 g/cm^3 ، وكتلته الذرية تساوي 22.99 g/mol ، عندما يوجد إلكترون حر واحد في كل ذرة.

54. تحدد طاقة حرارية $1.55 \times 10^9 \text{ e}^- / \text{cm}^3$ في السليكون النقي عند درجة حرارة 0°C ، إذا علمت أن كثافة السليكون تساوي 2.33 g/cm^3 ، والكتلة الذرية للسليكون تساوي 28.09 g/mol فما نسبة الذرات التي تحتوي على إلكترونات حرة؟

10-2 الأدوات الإلكترونية

55. LED إذا كان هبوط الجهد عبر الدايود المشع للضوء المتوهج يساوي 1.2 V تقريبًا. وفي الشكل 10-19، فإن هبوط الجهد عبر المقاومة هو الفرق بين جهد البطارية وهبوط الجهد عبر الدايود المشع للضوء. ما مقدار التيار الكهربائي المارّ خلال كل مما يأتي؟

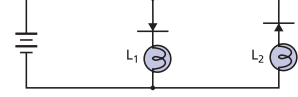
a. الدايود المشع للضوء LED
b. المقاومة



الشكل 10-19

56. أراد عمر زيادة التيار المارّ خلال الدايود المشع للضوء في المسألة السابقة ليصبح $3 \times 10^1 \text{ mA}$ على أن تكون إضاءته أكثر سطوعًا. افترض أن هبوط الجهد عبر الدايود المشع للضوء بقي 1.2 V ، فما مقدار المقاومة التي ينبغي له استخدامها؟

47. في الدائرة الموضحة في الشكل 10-17، حدد ما إذا كان أحد المصباحين L_1 و L_2 مضيئًا، أم كلاهما مضيء، أم كلاهما غير مضيء.



الشكل 10-17

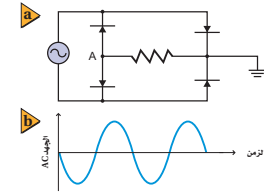
48. استخدم الجدول الدوري لتحديد أي العناصر الآتية يمكن أن يضاف إلى الجرمانيوم لتكوين شبه موصل من النوع p: B, C, N, P, Si, Al, Ge, Ga, As, In, Sn, Sb.

49. هل يُظهر جهاز الأوميتر مقاومة أكبر عندما يكون الصمام من نوع pn منحازًا أماميًا أم منحازًا عكسيًا؟

50. إذا أظهر جهاز الأوميتر في المسألة السابقة مقاومة متدنية فهل يكون سلك توصيل الأوميتر عند رأس سهم الصمام الثنائي ذا جهد مرتفع أم ذا جهد منخفض؛ مقارنة بالسلك الآخر الموصول بالأوميتر؟

51. إذا قمت بمعالجة الجرمانيوم النقي بعنصر الجاليوم وحده، فهل تنتج مقاومة، أم دايودًا، أم ترانزستورًا؟

52. ارسم الشكل الموجي للزمن مقابل الاتساع للنقطة A في الشكل 10-18a مفترضًا أن الشكل الموجي للتيار المتردد AC الداخل، كما هو موضح في الشكل 10-18b



الشكل 10-18

تقويم الفصل 10

تقويم الفصل 10

58. a. تكون دائرة القاعدة مفتوحة؛ لذا يكون تيار القاعدة صفراً.

b. عندما يكون تيار القاعدة صفراً، فإن تيار الجامع صفراً أيضاً.

c. 15 V؛ عندما لا يكون هناك تدفق للتيار، فإن الهبوط عبر مقاومة الجامع يكون صفراً، وستهبط الـ 15 V جميعها عبر الترانزستور.

59. a. $2.3 \times 10^{-5} \text{ A}$

b. $5.1 \times 10^{-3} \text{ A}$

c. 7.3 V

مراجعة عامة

60. 1100 nm قريباً من الطول الموجب للأشعة تحت الحمراء.

61. $8.2 \mu\text{A}$

62. $380 \mu\text{A}$

63. 2.25 eV

64. a. 0.70 V

b. 0 A

c. 42 mA

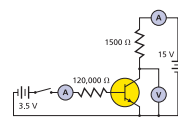
57. الدايدود وصل دايدود من السليكون ذو الخصائص I/V الموضحة في الشكل 9-10 مع بطارية من خلال مقاومة مقدارها 270Ω . إذا كان الدايدود منحازاً إلى الأمام بواسطة بطارية، وكان تيار الدايدود يساوي 15 mA، فما مقدار جهد البطارية؟

58. افترض أن المفتاح الموضح في الشكل 10-20 مفتوح، وحدد كلاً من:

a. تيار القاعدة.

b. التيار الجامع.

c. قراءة جهاز الفولتميتر.



الشكل 10-20

59. افترض أن المفتاح الموضح في الشكل 10-20 مغلق، وهبوط الجهد عبر وصلة القاعدة-الباعث يساوي 0.70 V، وكسب التيار من القاعدة للجامع يساوي 220، وحدد كلاً من:

a. تيار القاعدة.

b. تيار الجامع.

c. قراءة الفولتميتر.

مراجعة عامة

60. الموجات الكهرومغناطيسية التي تصطدم بالسليكون تحرك الإلكترونات من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل عندما تكون الفجوة الممنوعة فيه 1.1 eV. ما أكبر طول موجي للإشعاع الذي يمكن أن يثير الإلكترون بهذه الطريقة؟ تذكر أن $E = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm} / \lambda$.

61. صمام الـ Si يظهر دايدود السليكون الخاص عند درجة حرارة 0°C تياراً كهربائياً مقداره 1.0 nA عندما يكون منحازاً عكسياً. ما التيار الذي يمكن توقعه إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 104°C ؟ افترض أن جهد القاعدة العكسي بقي ثابتاً. (إنتاج الناقل الحراري للسليكون يتضاعف لكل زيادة في درجة الحرارة مقدارها 8°C).

62. صمام الـ Ge يظهر دايدود الجرمانيوم الخاص عند درجة حرارة 0°C تياراً كهربائياً مقداره $1.5 \mu\text{A}$ عندما يكون منحازاً عكسياً. ما التيار الذي يمكن توقعه إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 104°C ؟ افترض أن جهد القاعدة العكسي بقي ثابتاً. (إنتاج الناقل الحراري للجرمانيوم يتضاعف لكل زيادة في درجة الحرارة مقدارها 13°C).

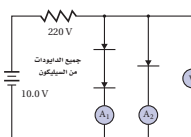
63. LED ينتج الدايدود المشع للضوء ضوءاً أخضر طوله الموجي 550 nm عندما تتحرك الإلكترونات من حزمة التوصيل إلى حزمة التكافؤ. احسب عرض الفجوة الممنوعة بوحدة eV في هذا الدايدود.

64. ارجع إلى الشكل 10-21 وحدد كلاً من:

a. قراءة الفولتميتر.

b. قراءة A1.

c. قراءة A2.



الشكل 10-21

تقويم الفصل 10

التفكير الناقد

65. a.

b.

c.

d. الدائرة في الفرع a لها ميزة إيجابية، وهي بساطتها، أما خاصيتها السلبية، فهي هبوط في الجهد مقداره 0.70 V ، والتي يمكن أن تكون مهمة في دوائر الجهد المنخفض. الدائرة في الفرع b لها ميزة إيجابية، وهي عدم ضياع 0.70 V ، ولها خاصية سلبية، وهي أنه ينبغي تبديل المنصهرات. الدائرة في الفرع c لها ميزة إيجابية، وهي أنها دائمة العمل بغض النظر عن قطبيتها، وخاصيتها السلبية تتمثل في ضياع

1.4 V

66. $160\ \Omega$ ، $180\ \Omega$

67. $140\ \Omega$

الكتابة في الفيزياء

68. ستختلف الإجابات.

69. ستختلف الإجابات.

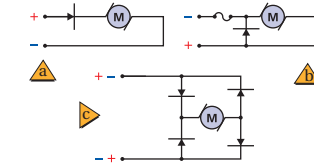
مراجعة تراكمية

70. 0.03 m

تقويم الفصل 10

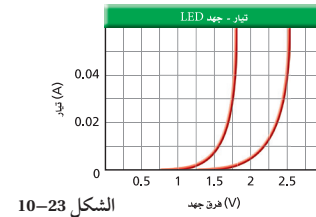
التفكير الناقد

65. تطبيق المفاهيم هناك بعض المحركات في الشكل 10-22، تدور في اتجاه عند تطبيق قطبية معينة وتدور في الاتجاه المعاكس عند عكس القطبية. a. أي دائرة (a، b، c) ستسمح للمحرك بالدوران في اتجاه واحد فقط؟ b. أي دائرة ستؤدي إلى تلف المنصهر الكهربائي (الفيزوز) عند تطبيق قطبية غير صحيحة؟ c. أي دائرة تنتج اتجاه دوران صحيح بغض النظر عن القطبية المطبقة؟ d. ناقش مزايا وعيوب كل من الدوائر الثلاث.



الشكل 10-22

66. تطبيق المفاهيم يوضح الشكل 10-23 خصائص I/V لاثنتين من الدايودات المشعة للضوء والتي تتوهج بألوان مختلفة. يتعين أن يوصل كل دايود ببطارية جهدها 9.0 V من خلال مقاومة. إذا كان كل دايود يشغل بتيار مقداره 0.040 A ، فما مقدار المقاومات التي ينبغي اختيارها لكل دايود؟



الشكل 10-23

اختبار مقنن

سَلَم تقدير

يمثل الجدول الآتي نموذجًا لسلم تقدير إجابات الأسئلة الممتدة.

الدرجات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، فيمكن أن تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تُعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهمًا للموضوعات الفيزيائية التي درسها، واستجابته صحيحة وتظهر فهمًا أساسيًا، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهمًا جزئيًا للموضوعات الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل، أو قدّم حلًا صحيحًا، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًا للموضوعات الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدّم الطالب حلًا غير صحيح تمامًا، وقد لا يستجيب مطلقًا.

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي،

6. أي الصفوف في الجدول الآتي تمثل الوصف الأفضل لأشياء موصلات السليكون لكل من النوع n والنوع p؟

- | | |
|---------|---------------------|
| النوع n | (A) معالج بالجاليوم |
| النوع p | (B) إلكترونات مضافة |
| | (C) معالج بالزرنين |
| | (D) فجوات مضافة |
| | (E) معالج بالجاليوم |

7. أي الصفوف الآتية تمثل أفضل وصف لسلوك أشباه الموصلات النقية -سليكون نقي- عند زيادة درجة الحرارة؟

- | | |
|----------|-----------|
| الموصلية | (A) تزداد |
| المقاومة | (B) تزداد |
| | (C) تقل |
| | (D) تقل |

8. يتضاعف إنتاج الإلكترون حراريًا في السليكون لكل ارتفاع في درجة الحرارة مقداره 8°C . يظهر صمام السليكون تيارًا 2.0 nA عند درجة حرارة 0°C عندما يكون منحازًا عكسيًا. كم يكون مقدار التيار عند 112°C إذا كان جهد القاعدة العكسي ثابتًا؟

- | | |
|---------------------|---------------------|
| (A) $11\mu\text{A}$ | (C) $44\mu\text{A}$ |
| (B) $33\mu\text{A}$ | (D) $66\mu\text{A}$ |

1. أي العبارات الآتية الخاصة بالدايود تعدّ غير صحيحة؟ يمكن للدايود.....

- | | |
|--------------------|--------------------------|
| (A) تضخيم الجهد | (C) أن يبعث ضوءًا |
| (B) الكشف عن الضوء | (D) تقويم التيار المتردد |

2. تحتوي كل ذرة كاديوم على إلكترونين حريين. ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في 1 cm^3 لعنصر الكاديوم، علمًا أن كثافة الكاديوم تساوي 8650 kg/m^3 ؟

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| (A) 1.24×10^{21} | (C) 9.26×10^{24} |
| (B) 9.26×10^{22} | (D) 1.17×10^{27} |

3. إذا كان تيار القاعدة في دائرة الترانزستور يساوي $45\mu\text{A}$ وتيار الجامع يساوي 8.5 mA ، فما مقدار كسب التيار من القاعدة إلى الجامع؟

- | | |
|---------|---------|
| (A) 110 | (C) 205 |
| (B) 190 | (D) 240 |

4. في المسألة السابقة إذا زاد تيار القاعدة بمقدار $5\mu\text{A}$ ، فما مقدار الزيادة في تيار الجامع؟

- | | |
|--------------------|----------------------|
| (A) $5\mu\text{A}$ | (C) 10 mA |
| (B) 1 mA | (D) $190\mu\text{A}$ |

5. تبين دائرة ترانزستور أن تيار الجامع 4.75 mA ، وكسب التيار من القاعدة إلى الجامع 250، فما مقدار تيار القاعدة؟

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| (A) $1.19\mu\text{A}$ | (C) 4.75 mA |
| (B) $18.9\mu\text{A}$ | (D) 1190 mA |

122

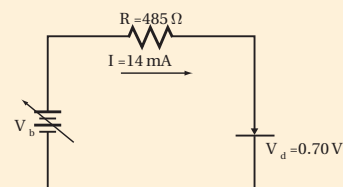
أسئلة الاختيار من متعدد

- | | | |
|------|------|------|
| 1. A | 2. B | 3. B |
| 4. B | 5. B | 6. C |
| 7. B | 8. B | |

اختبار مقنن

الأسئلة الممتدة

9. وصل دايود السليكون في اتجاه منحاز إلى الأمام مع مصدر قدرة من خلال مقاوم مقداره 485Ω ، كما موضح أدناه، إذا كان هبوط جهد الدايود يساوي 0.70 V ، فما مقدار جهد مصدر القدرة عندما يكون تيار الدايود 14 mA ؟



✓ إرشاد

ركّز.

إذا تحدّث الطلاب الجالسون إلى جوارك أثناء الاختبار، فيتعين عليك أن تنتقل إلى مكان آخر. فقط انتبه إلى تعليمات المعلم أثناء الاختبار؛ لأن الحديث أثناء الاختبار إلهاء ومضيعة للوقت، فضلاً عن أن المعلم قد يعتقد أنك تغش، فلا تتحدث مع الآخرين وركّز في الاختبار.

123

الأسئلة الممتدة

$$V_b = IR + V_d \quad .9$$

$$= (0.014 \text{ mA})(485 \Omega) + 0.70 \text{ V} = 7.5 \text{ V}$$

الأهداف	المواد والأدوات
افتتاحية الفصل	
11-1 النواة	
<ol style="list-style-type: none"> 1. تحدد عدد النيوترونات والبروتونات في النواة. 2. تعرف طاقة الربط النووية للنواة. 3. تربط الطاقة الناتجة عن التفاعل النووي مع التغير في طاقة الربط النووية في أثناء التفاعل. 	<p>تجارب الطالب</p> <p>تجربة استهلاكية 3 إلى 6 مغناط سيراميك أسطوانية، 3 إلى 6 أقراص من الخشب أو الألومنيوم ذات حجم مماثل للمغناط، شريط لاصق ذو وجهين.</p>
11-2 الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية	
<ol style="list-style-type: none"> 4. تصف ثلاثة أنواع للاضمحلال الإشعاعي. 5. تحل معادلات نووية. 6. تحسب كمية المادة المشعة المتبقية، ونشاطيتها بعد فترة زمنية محددة. 7. تعرف الاندماج النووي والانشطار النووي. 8. تصف عمل المفاعل النووي. 	<p>تجارب الطالب</p> <p>تجربة إضافية أنبوب جايجر مع العداد، ورق، شريط لاصق.</p> <p>تجربة 50 قطعة نقدية، كأس كبير.</p> <p>عرض المعلم</p> <p>عرض سريع مصادر مشعة اصطناعية مختومة (ألفا، بيتا، جاما)، عداد جايجر، ورق، صفيحة رقيقة من ألومنيوم، رصاص.</p>
11-3 وحدات بناء المادة	
<ol style="list-style-type: none"> 9. تصف عمل مسارعات الجسيمات وكواشف الجسيمات. 10. تصف النموذج المعياري للمادة وتفسر دور حاملات القوة. 	<p>تجارب الطالب</p> <p>مختبر الفيزياء مصادر جاما وبيتا، عداد إشعاع أو جهاز رصد الإشعاع للطالب، مسطرة مترية، شريط لاصق، ساعة وقف.</p> <p>عرض سريع غرفة سحابة صغيرة، كحول، 2 كيلوجرام من جليد جاف، ومصدر ألفا على إبرة.</p>

طرائق تدريس متنوعة

1 م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي صعوبات التعلم.
3 م أنشطة مناسبة للطلاب ذوي المستوى المتوسط.
3 م أنشطة مناسبة للطلاب المتفوقين (فوق المتوسط).

التقنية	شرائح ومصادر قابلة للنسخ
تتضمن أعمال المعلم: نسخة المعلم التفاعلية، تخطيط الدرس مع مفكرة، التقويم، ارتباطات بمواقع إلكترونية.	
	الملف الخاص بمصادر الفصول 1-7، الفصل 11. دليل مراجعة الفصل ص 13-16 اختبار قصير 1-11، ص 144 شريحة التدريس 1-11 ص 150 ورقة عمل التجربة ص 132 ربط الرياضيات مع الفيزياء دليل التجارب العملية ص 39
مسألة الأسبوع على الموقع الإلكتروني: Obeikaneducation.com	الملف الخاص بمصادر الفصول 11-7، الفصل 11. دليل مراجعة الفصل ص 137-143 اختبار قصير 2-11 ص 145 شريحة التدريس 2-11 ص 152 شريحة التدريس 3-11 ص 154 شريحة التدريس 4-11 ص 156 دليل التجارب العملية، ص 43
	الملف الخاص بمصادر الفصول 11-7، الفصل 11. دليل مراجعة الفصل ص 137-143 اختبار قصير 3-11 ص 146 تعزيز الفهم ص 147 الإثراء ص 148 شريحة التدريس 5-11 ص 158 ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 133 ربط الرياضيات مع الفيزياء

مصادر التقويم

التقنية	الملف الخاص بمصادر الفصول 11-7، الفصل 11
الموقع الإلكتروني	تقويم الفصل 11 ص 160 اختبارات الفيزياء التحضيرية
Obeikaneducation.com	



ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- وصف مكوّنات النواة، وكيف يؤثر الاضمحلال الإشعاعي في هذه المكوّنات.
- حساب الطاقة الناتجة عن التفاعلات النووية.
- دراسة كيفية إنتاج واستخدام النظائر المشعة والطاقة النووية.
- فهم التركيب البنائي للمادة.

الأهمية

للفيزياء النووية العديد من التطبيقات التي تتضمن: الأبحاث الطبية، وإنتاج الطاقة، ودراسة تركيب المادة. الطب تُستخدم النظائر المشعة لتكوين صورة للدماغ، وأجهزة الجسم الأخرى؛ للتشخيص الطبي والبحث العلمي.

فكر

كيف تساعد الأشعة المنبعثة من النظائر المشعة العلماء والأطباء على تتبع العمليات التي تجري في جسم الإنسان؟

الفيزياء عبر المواقع الإلكترونية
www.obeikaneducation.com

نظرة عامة إلى الفصل

في نهاية القرن التاسع عشر، تم اكتشاف بعض المواد غير المستقرة التي تشع جسيمات. وقادت البحوث إلى النموذج النووي للذرة، الذي يفترض وجود مركز صغير يحتوي على معظم كتلة الذرة. وتم اكتشاف ثلاثة أنواع من التفاعلات النووية. وأدى العمل في الكواشف والمسرعات العالية الطاقة إلى النموذج المعياري الذي يعتمد على ثلاثة أنواع من الجسيمات الأولية.

فكر

الطاقة المكتشفة والمنبعثة من النظائر المشعة ترتبط بجزيئات الجسم، وتسمح بتتبع هذه الجزيئات في مجموعة متنوعة من الأنسجة. وهذه تطبيقات مهمة في التشخيص الطبي. وستتعرف على بعض هذه التطبيقات في سياق الفصل.

المفردات الرئيسية

- العدد الذري
- التفاعل النووي
- وحدة الكتلة الذرية
- عمر النصف
- العدد الكتلي
- النشاط الإشعاعي
- النويدات (نواة النظير)
- الانشطار النووي
- القوة النووية القوية
- التفاعل المتسلسل
- النيوكليونات
- الاندماج النووي
- طاقة الربط النووية
- الكواركات
- فرق الكتلة
- الليبتونات
- المواد المشعة
- النموذج المعياري
- اضمحلال ألفا
- حاملات القوة
- اضمحلال بيتا
- إنتاج الزوج
- اضمحلال جاما
- القوة النووية الضعيفة

تجربة استهلاكية

الهدف بناء نموذج للقوى القوية داخل النواة. **المواد والأدوات** 3 إلى 6 مغناط سيراميك أسطوانية، 3 إلى 6 أقراص من الخشب أو الألومنيوم ذات حجم مماثل للمغناط، شريط لاصق ذو وجهين. **استراتيجيات التدريس** تأكد من أن كل الأقطاب الشمالية للمغناط متجهة إلى أعلى. **النتائج المتوقعة** قوة التنافر بين المغناط تعبر عن قوة التنافر بين البروتونات. وتستخدم الأقراص الخشبية أو أقراص الألومنيوم للتعبير عن النيوترونات التي لا تتأثر بقوة التنافر. ولا تحدث القوة القوية (الشريط المزدوج الوجه) إلا عندما تتلامس البروتونات والنيوترونات بعضها ببعض. **التحليل** يؤثر الشريط اللاصق ذو الوجهين بقوة فقط عندما يُلمَس، ولذلك فهو نموذج جيد. بالإضافة إلى ذلك، فهي تمثل القوة نفسها بين بروتونين، وبين نيوترونين، أو بين بروتون ونيوترون. **التفكير الناقد** تضيف النيوترونات ثباتية لهذا النظام بطريقتين؛ الأولى تسمح للبروتونات بأن يكون بعضها أبعد عن بعض؛ لذلك تقلل من قوة التنافر بينها. والثانية أنها تضيف مواقع إضافية، حيث يمكن للشريط ذي الوجهين أن يؤثر بقوة تجاذب بين النيوكليونات.

1. التركيز

نشاط محفز

المواد المشعة استخدم عداد جايجر ذا صوت النقر المسموع (الدق) لتبيين وجود الإشعاع في بعض الأجسام والمواد الطبيعية. وإن أمكن فاحصل على كاشف دخان يحتوي على الأمريسيوم (وهو أحد العناصر ويسمى الأمريسيوم). عدده الذري 95 وعدده الكتلي 243 ورمزه الكيميائي (Am)، وساعة قديمة ذات قرص مدرج بالراديو، وفانوس ذي فتيلة تحتوي على الثوريوم (التي تخلصت منها بعض الشركات المصنعة تدريجياً). وقطعة فخار مطلية بلون فوسفوري، وقطعة صخرية تحتوي على خام اليورانيوم. سوف تسبب كل من هذه المواد زيادة في معدل النقر كلما أصبح عداد جايجر قريباً منها. **1م - سماعي - موسيقي**

الربط مع المعرفة السابقة

مفاهيم الفيزياء الحديثة يستند هذا الجزء على مفاهيم الشحنة المكتملة، التي نوقشت سابقاً والنظرية الكمية التي تم عرضها في الفصل الأول والنظرية الذرية للمادة التي تمت دراستها سابقاً.

تجربة استهلاكية

كيف يمكنك عمل نموذج للنواة؟

سؤال التجربة فيم تشابه القوة التي يؤثر بها شريط ذو وجهين لاصقين مع القوة النووية القوية؟

الخطوات

1. غلّف الأوجه الخارجية لـ 3-6 أقراص مغناطيسية باستخدام الشريط اللاصق ذي الوجهين، ثم كرر الشيء نفسه لـ 3-6 أقراص من الخشب أو الألومنيوم مماثلة لها في الحجم. تمثل المغناطيس البروتونات، وتمثل الأقراص الأخرى النيوترونات.
2. رتب المغناطيس بحيث تكون أقطابها الشبالية متقابلة.
3. صف القوة المؤثرة في بروتون في أثناء تقريبه من بروتون آخر حتى يتلامسا.
4. صف القوة المؤثرة في نيوترون في أثناء تقريبه من نيوترون آخر أو من بروتون حتى يتلامسا.

التحليل

تهبط القوة النووية القوية إلى الصفر عندما يبتعد مركزا النيوكليونين أحدهما عن الآخر مسافة تزيد على نصف قطريهما. كيف يمكن مقارنة ذلك مع مدى قوة الشريط اللاصق؟ القوة النووية متساوية لكل من النيوترونات والبروتونات. هل يصف هذا المثال ما يحدث في النواة؟

التفكير الناقد تحتوي النواة المستقرة عادةً على عدد من النيوترونات يزيد على عدد البروتونات. لماذا يسلك هذا المثال الطريقة نفسها التي تحدث داخل النواة؟



The Nucleus 11-1 النواة

الأهداف

- تحدد عدد النيوترونات والبروتونات في النواة.
- تعرف طاقة الربط النووية للنواة.
- تربط الطاقة الناتجة عن التفاعل النووي مع التغير في طاقة الربط النووية في أثناء التفاعل.

المفردات

العدد الذري	وحدة الكتلة الذرية
العدد الكتلي	النوية
القوة النووية القوية	النيوكليونات
طاقة الربط النووية	فرق الكتلة

لم يثبت العالم إرنست رذرفورد وجود النواة فقط، بل أجرى أيضاً بعض التجارب المبكرة بهدف اكتشاف تركيبها. من الأهمية أن تدرك أن تجارب رذرفورد والتجارب التي أجراها العلماء بعده لم يتم فيها مراقبة الذرة مباشرة؛ فقد تم استخلاص الاستنتاجات من المشاهدات التي توصل إليها الباحثون. تذكر أن فريق رذرفورد أجرى بعناية قياسات دقيقة لانحراف جسيمات ألفا عندما اصطدمت بشريحة الذهب. ويمكن تفسير هذه الانحرافات إذا كان معظم حجم الذرة فراغاً. وقد أظهرت التجارب كذلك أن الذرة تحتوي على مركز صغير جداً ذي كثافة كبيرة وشحنة موجبة تتركز فيه كتلة الذرة، ومحاط بالكثير من الكتلة تقريباً.

بعد أن اكتشف العالم بيكرل عام 1896م النشاط الإشعاعي اتجه البحث إلى التأثيرات الناتجة عن اضمحلال النواة نتيجة التحلل الإشعاعي الطبيعي. ثم اكتشف كل من ماري وبيير كوري عنصراً جديداً (الراديو)، وجعلوا منه عنصراً متوافقاً للباحثين في كافة أنحاء العالم؛ مما أثرى دراسة النشاط الإشعاعي. ثم اكتشف العلماء إمكانية تحويل نوع من الذرات إلى نوع آخر من خلال النشاط الإشعاعي، ومن ثم فلا بد أن الذرات تتكون من أجزاء أصغر. ثم استخدم كل من إرنست رذرفورد وفريدريك سودي النشاط الإشعاعي لدراسة مركز الذرة (النواة).

11-1 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11

اختبار قصير 1-11، ص 144

شريحة التدريس 1-11 ص 150

ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 11 ص 160

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 133

2. التدريس

مناقشة

سؤال لماذا تظهر انبعاثات الأشعة السينية بأطوال موجية مختلفة عندما تُقذف ذرات الهدف ذات الأعداد الذرية

المختلفة بالإلكترونات، كما في تجارب موسلي؟

الإجابة إن حزمة الإلكترونات التي تصطدم بالهدف تستطيع نقل الطاقة إلى معظم الإلكترونات المرتبطة في ذرات الهدف فتحررها من الذرة، أي أنها تؤين الذرات. والنواة ذات الشحنة الكبرى Z تعني بالضرورة طاقة ربط أكبر لهذه الإلكترونات. يحل إلكترون من الذرة نفسها سريعاً محل الإلكترون الذي تحرر خارج الذرة، ونتيجة لذلك يتحرر فوتون طاقته تساوي الطاقة التي فقدها الإلكترون. وهذا الفوتون يقع في منطقة الأشعة السينية من الطيف؛ لذا فإن طول موجة الأشعة السينية مرتبط مع شحنة نواة الذرة. **2م**

التفكير الناقد

انبعاث الأشعة السينية من المواد هناك تقنيات متعددة لسبر المواد، تتضمن تشتت وانبعاث الأشعة السينية. إحدى هذه الطرائق تسمى تفلور الأشعة السينية. تستخدم هذه التقنية الأشعة السينية لإثارة الإلكترونات من مستويات الطاقة المتدنية. عندما تعود الإلكترونات إلى حالتها الأصلية فإنها تبعث أشعة سينية بطول موجي يعتمد على مستويات الطاقة للذرة. يمكن استخدام الأشعة السينية هذه لتحديد العناصر (وخاصة المواد الفلزية) الموجودة في معظم العينات، بغض النظر عن التركيب الكيميائي للمادة. اسأل الطلاب كيف يمكن ذلك؟ **تؤدي عملية فلورة الأشعة السينية إلى إثارة إلكترونات من مستوى الطاقة المتدني التي لا تتأثر طاقاتها بطبيعتها الكيميائية أو تركيبها؛ حيث تؤثر الروابط الكيميائية فقط في الإلكترونات ذات الطاقة العالية (إلكترونات التكافؤ).** **2م منطقي رياضي**

وصف النواة Description of Nucleus

هل تتكوّن النواة من جسيمات مشحونة بشحنة موجبة فقط؟ بداية تم تعرّف كتلة النواة، وحقيقة أن شحنتها موجبة فقط. كما عُرف مقدار شحنة النواة نتيجة تجارب تشتت الأشعة السينية التي أجراها هنري موسلي أحد أعضاء فريق رذرفورد. وأظهرت النتائج أن البروتونات موجبة الشحنة، وأنها مسؤولة عن نصف كتلة النواة. وافترضت إحدى الفرضيات أن الكتلة الإضافية هي نتيجة لوجود البروتونات، وأن في النواة إلكترونات تقلل من قيمة الشحنة التي لوحظت. ومع ذلك واجهت هذه الفرضية بعض المشكلات الأساسية. وفي عام 1932م حلّ العالم الإنجليزي جيمس شادويك هذه المشكلة عندما اكتشف وجود جسيم متعادل كتلته تساوي كتلة البروتون تقريباً داخل النواة، عُرف بالنيوترون، وهو المسؤول عن الكتلة المفقودة للنواة دون زيادة شحنتها.

كتلة النواة وشحنتها البروتون هو الجسيم الوحيد المشحون داخل النواة. والعدد الذري Z للذرة هو عدد البروتونات. لذا فإن شحنة النواة الكلية تساوي عدد البروتونات مضروباً في الشحنة الأساسية:

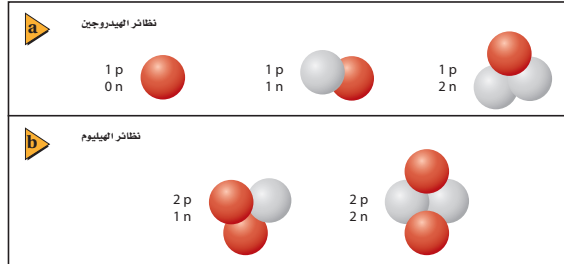
$$Ze = \text{شحنة النواة}$$

ولكل من البروتون والنيوترون كتلة تساوي تقريباً $1u$ ؛ حيث u وحدة الكتلة الذرية، وتعادل $1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ، وتزيد حوالي 1800 مرة على كتلة الإلكترون. ولتحديد الكتلة التقريبية للنواة احسب حاصل ضرب مجموع عدد النيوترونات والبروتونات أو العدد الكتلي A في وحدة الكتل الذرية u .

$$A(u) \cong \text{كتلة النواة}$$

حجم النواة أظهرت نتائج رذرفورد القياسات الأولى لحجم النواة فقد، وجد أن قطر النواة يساوي 10^{-14} m تقريباً. وبذلك يكون للذرة المثالية نصف قطر أكبر 10000 مرة من حجم النواة.

وعلى الرغم من أن النواة تحتوي على كل كتلة الذرة تقريباً، إلا أنها تشغل حيزاً في الذرة أقل من الحيز الذي تشغله الشمس في النظام الشمسي. والنواة مركزة بطريقة غير مُتخيّلة؛ فكتافتها $1.4 \times 10^{18} \text{ kg/m}^3$ تقريباً. فإذا افترضنا أن حجم النواة مستمر مكعب واحد فسوف تكون كتلتها بليون طن تقريباً.



الشكل 1-11 تظهر نويات الهيدروجين (a) والهيلوم (b) لجميع نويات العنصر العدد نفسه من البروتونات (باللون الأحمر)، وعددًا مختلفًا من النيوترونات (باللون الرمادي).

تعزير الفهم

العدد الكتلي والعدد الذري يلزم عددان لتحديد النوييدة (نواة النظير)، العدد الذري والعدد الكتلي.

العدد الذري يساوي عدد البروتونات. جميع ذرات العنصر الواحد لها عدد البروتونات نفسه؛ لذلك فإن الرمز الكيميائي والعدد الكتلي كافيان لتحديد هوية النوييدة. لتأكد من فهم الطلاب للعلاقات، اطلب إليهم تحديد نوع نوييدة عندما تحدد رمزاها الكيميائي وعددها الكتلي. مثل: "ما العدد الذري للعنصر؟ وما عدد النيوترونات في نواته في كل من ^{143}Ce ؟ ^{15}N ؟ ^{137}Cs ؟

58-85، 7-8، 55-82 مشيرًا إلى كل من العدد الكتلي والعدد الذري لجميع النوييدات. وهذا أمر ضروري لتتبع ما يجري عند كتابة التفاعل النووي (انظر الجدول الدوري). **2م**

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

النظائر والنشاط الإشعاعي الطبيعي لدى كثير من الناس فكرة غير صحيحة أن النشاط الإشعاعي دائمًا "غير طبيعي". إن بعض النوييدات الموجودة في الطبيعة غير مستقرة؛ فالعديد من العناصر الشائعة جدًا في الطبيعة تحتوي على نوييدات مشعة (غير مستقرة). فمثلًا، النظائر ^{41}K ، ^{40}K ، ^{39}K ، توجد في البوتاسيوم الطبيعي، ووفرتها، % 93.08، % 0.01، و % 6.91 على الترتيب. النظير الثاني من هذه النظائر مشع قليلًا، ويضمحل إلى نظير الأرجون ^{40}Ar المستقر ونظير الكالسيوم ^{40}Ca المستقر.

مسائل تدريبية

1. 146، 143، 142 نيوترون على التوالي.
2. 7 نيوترون
3. 120 نيوترون
4. ^1H ، ^2H ، ^3H

هل لجميع العناصر العدد الكتلي نفسه؟

Do all elements have the same mass numbers?

بالنظر إلى الجدول الدوري ستلاحظ أن العناصر الأربعة الأولى لها عدد كتلي A قريب من العدد الصحيح على الرغم من أن كتلة البورون 10.84 u. فلو كانت النواة تتكون من البروتونات والنيوترونات فقط وكانت كتلة كل منها 1 u تقريبًا، فإن الكتلة الكلية لأي ذرة يجب أن تكون عددًا صحيحًا.

إن إشكالية كون الكتلة الذرية لا تساوي عددًا صحيحًا تم حله باستخدام جهاز مطياف الكتلة. لقد تعلمت كيف يُظهر مطياف الكتلة إمكانية وجود كتل مختلفة لذرات العنصر الواحد. ففي تحليل عينة نقية من النيون مثلاً لم تظهر بقعة واحدة فقط، بل ظهرت بقعتان على شاشة مطياف الكتلة، وهما ناتجتان عن ذرات نيون مختلفة الكتلة. وقد وجدت ذرة نيون واحدة لها كتلة 20 u، بينما كتلة النوع الثاني 22 u. إن ذرة النيون الطبيعية تحتوي على عشرة بروتونات وعشرة إلكترونات في الذرة، لكن وجد أنه بينما تحتوي أنوية أنواع من ذرات النيون على 10 نيوترونات في كل منها، فإن أنواعاً أخرى تحتوي نواتها على 12 نيوترونًا. وهذان النوعان من الذرات يسميان نظائر النيون. وتسمى نواة النظير النوييدة. وجميع نوييدات العنصر لها العدد نفسه من البروتونات، ولكن لها أعدادًا مختلفة من النيوترونات، كما في نوييدات الهيدروجين والهيلسيوم الموضحة في الشكل 1-11. علمًا بأن جميع نظائر العنصر المتعادل كهربائيًا لها العدد نفسه من الإلكترونات حول النواة، وكذا السلوك الكيميائي.

متوسط الكتلة الكتلة المقبسة لغاز النيون هي 20.183 u. وهذا الرقم يعرف بمتوسط كتلة نظائر النيون الموجودة طبيعيًا. وعلى الرغم من أن كتلة ذرة النيون المفردة قريبة من العدد الصحيح لوحدات الكتلة، فإن الكتلة الذرية المحسوبة من متوسط الكتل للنيون ليست كذلك. ولمعظم العناصر أشكال متعددة من النظائر التي تنتج طبيعيًا. وتستخدم كتلة أحد نظائر الكربون (كربون-12) بوصفها وحدة الكتلة الذرية؛ فوحدة الكتلة الذرية الواحدة u تساوي $\frac{1}{12}$ من كتلة نظير الكربون 12. ولوصف النظير يستخدم الرمز Z المنخفض عن يسار رمز العنصر ليمثل العدد الذري أو الشحنة، بينما يكتب الرمز العلوي A عن يسار رمز العنصر أيضًا ليمثل العدد الكتلي، بحيث يأخذ هذا الترميز الشكل ^A_ZX ؛ حيث X رمز العنصر. فيكتب الكربون-12 مثلاً $^{12}_6\text{C}$ ، ويكتب نظير النيون اللذان عددهما الذري 10 في صورة $^{20}_{10}\text{Ne}$ و $^{22}_{10}\text{Ne}$.

مسائل تدريبية

1. الأعداد الكتلية لنظائر اليورانيوم هي 234، 235، و238. والعدد الذري لليورانيوم هو 92. ما عدد نيوترونات نواة كل نظير؟
2. العدد الكتلي لنظير الأوكسجين 15. ما عدد نيوترونات نواة هذا النظير؟
3. ما عدد نيوترونات نظير الزئبق ^{200}Hg ؟
4. اكتب رموز نظائر الهيدروجين الثلاثة التي تحتوي على صفر، واحد، واثنين من النيوترونات.

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

النيوترونات اعتقد رذرفورد وفيزيائيون آخرون أن النواة تتكوّن من بروتونات وإلكترونات. ولقد دُعِمَت هذه النظرية بانبعثات الإلكترونات من النواة في أثناء اضمحلال بيتا. اقترح رذرفورد عام 1920م أن البروتون والإلكترون مرتبطان معًا بشدة، بحيث يمكن اعتبارها جسيمًا واحدًا. وقد فشلت هذه النظرية لعدة أسباب، منها أن ميكانيكا الموجة ومبدأ عدم التحديد أظهر أن الإلكترون الذي ينحصر وجوده في منطقة بحجم البروتون له طاقة حركية أكبر من الطاقة الحركية التي تظهر نتيجة انبعث بيتا. وكذلك لا يمكن تفسير الزخم الزاوي والمغناطيسي بواسطة نموذج بروتون-إلكترون.

تطبيق الفيزياء

أوجدت نسبة قوة التجاذب الكهربائية إلى قوة التجاذب الأرضية لزوج الإلكترون-البوزترون في حالة السكون عندما يبعدان أحدهما عن الآخر مسافة r بقسمة قوتي كولوم والتجاذب الأرضية على الشحنة الأولية e (شحنة الإلكترون) وكتلة الإلكترون m_e

$$\frac{\frac{Ke^2}{r^2}}{\frac{Gm_e^2}{r^2}} = \frac{Ke^2}{Gm_e^2}$$

$$= \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2) \dots}{(6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2) \dots}$$

$$\frac{\dots (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{\dots (9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})^2}$$

$$= 4.2 \times 10^{42}$$

نشاط



استقصاء طاقة الربط النووية اطلب إلى الطلاب إعداد جدول على صفحة إكسل في الحاسوب يحتوي على الأعمدة التالية: اسم العنصر ورمزه الكيميائي وعدده الكتلي، والعدد الذري، وعدد النيوترونات، ومجموع كتل الجسيم، والكتلة الذرية، وفرق (نقص) الكتلة، وطاقة الربط النووية لكل نوية. يمكن أن تحصل على بعض المعلومات لهذه الأعمدة من الجدول الدوري. أو إجراء بحث إضافي للحصول على بعض المعلومات اللازمة. على الطلاب تكوين صيغ رياضية لحساب مجموع كتل الجسيم ونقص الكتلة وطاقة الربط لكل نوية. يملأ الطلاب عشرة أسطر تقريباً عن النويدات وينظرون ما إذا كان يمكنهم تعيين نقاط في الرسم البياني في الشكل 2-11. **3م منطقي** **رياضي**

ما الذي يحافظ على نيوكليونات النواة معاً؟ What holds the nucleus to gether?

تبقى الإلكترونات السالبة الشحنة المحيطة بنواة الذرة الموجبة الشحنة في مكانها بتأثير قوة التجاذب الكهرومغناطيسية. ولأن النواة تتكون من البروتونات الموجبة الشحنة والنيوترونات المتعادلة الشحنة فربما تسبب قوة التنافر الكهرومغناطيسية بين البروتونات تباعد بعضها عن بعض. ولأن هذا لا يحدث فيجب أن توجد قوة تجاذب متبادلة وقوية داخل النواة.

القوة النووية القوية The Strong Nuclear Force

تسمى كذلك القوة القوية؛ وهي القوة التي تؤثر بين البروتونات والنيوترونات الموجودة في النواة والقريبة جداً بعضها إلى بعض. وهذه القوة تزيد 100 مرة على القوة الكهرومغناطيسية. إن مدى هذه القوة قصير، ويساوي نصف قطر البروتون فقط؛ أي $1.4 \times 10^{-15} \text{ m}$ تقريباً. كما أنها قوة تجاذب، وهي القوة نفسها التي تؤثر بين البروتونات والنيوترونات، وكذلك بين البروتونات والنيوترونات، وأيضاً بين النيوترونات والنيوترونات.

تسمى كل من النيوترونات والبروتونات النيوكليونات. تحافظ القوة النووية الهائلة على بقاء النيوكليونات في النواة. ولإخراج النيوكليون خارج النواة يجب بذل شغل للتغلب على قوة التجاذب، وهذا الشغل يضاف إلى النظام. لذلك فإن طاقة النواة المجمعة أقل من مجموع طاقات البروتونات والنيوترونات المنفردة التي تتكون منها النواة. ويتحول فرق الطاقة للنواة إلى طاقة ربط نووية. ولكن النواة المجمعة ذات طاقة أقل، فإن طاقات الربط جميعها تكون سالبة.

طاقة الربط النووية Binding Energy of the Nucleus

بين أينشتاين أن كلاً من الكتلة والطاقة متكافئتان. لذلك يمكن التعبير عن طاقة الربط على شكل كمية مكافئة من الكتلة بالمعادلة التالية:

$$E = mc^2$$

الطاقة المكافئة للكتلة

الطاقة المحتواة في المادة تساوي حاصل ضرب الكتلة في مربع سرعة الضوء في الفراغ.

ولأنه يجب أن تضاف طاقة لإفلات نيوكليون من النواة، فإن ذلك يعني أن كتلة النواة المجمعة أقل من مجموع كتل النيوكليونات التي تحويها.

فمثلاً تحوي نواة الهيليوم ${}^4\text{He}$ على بروتونين ونيوترونين. وكتلة البروتون 1.007276 u ، بينما كتلة النيوترون 1.008665 u . فإذا كانت كتلة نواة الهيليوم تساوي مجموع كتل بروتونين ونيوترونين فسوف نتوقع أن كتلة النواة 4.031882 u . لكن القياس الدقيق يُظهر أن كتلة نواة الهيليوم الفعلية 4.002603 u فقط، وهي أقل من كتل النيوكليونات المكونة لها بمقدار 0.029279 u . ويسمى الفرق بين مجموع كتل النيوكليونات المنفردة المكونة للنواة والكتلة الفعلية لها فرق الكتلة.

ويقاس جهاز مطياف الكتلة عادة كتل النظائر؛ وهي النويدات مع جميع إلكتروناتها. وعند حساب فرق الكتلة للنويدات يجب أن تتأكد من حساب كتلة الإلكترونات بصورة دقيقة. لذلك فإن كتلة الهيدروجين (بروتون واحد وإلكترون واحد) تذكر عادة في مسائل فرق

تطبيق الفيزياء

القوى

البوزترون عبارة عن إلكترون موجب الشحنة. وقوة التجاذب الكهرومغناطيسية بين الإلكترون والبوزترون أكبر من قوة التجاذب الثقالية بمقدار 4.2×10^{42} مرة.

مشروع فيزياء

نشاط

القوى الأربعة الأساسية في الطبيعة يقوم الطلاب بتحضير ملصقات معلوماتية عن كل من القوى الأربع الأساسية. وهذه القوى (مرتبة وفق قوتها النسبية)، القوة النووية القوية، القوة الكهرومغناطيسية، القوة النووية الضعيفة، قوة التجاذب الأرضية. يبحث الطلاب فرادى، أو يتم تقسيمهم إلى مجموعات لبحثوا في كل من هذه القوى. يجب أن يقوم طالب على الأقل أو مجموعة صغيرة بالبحث في تطور نظرية توحيد المجالات. وأن يتضمن البحث توحيد الكهرومغناطيسية والتفاعلات الضعيفة في تفاعلات الكهروضعيفة، ويتضمن كذلك عمل أينشتاين على الجاذبية، ونظريات الأوتار الحديثة. **2م لغوي**

تطوير المفهوم

أساس العلاقة $E = mc^2$ بين أينشتاين أن $E = mc^2$. لكن من أين أتت هذه العلاقة؟ يمكن إيجاد التفسير الكامل للعلاقة في العديد من المراجع العلمية في الفيزياء. التفسير المختصر التالي قد يساعد الطلاب الذين لديهم حب الاستطلاع على فهم هذه العلاقة بصورة أفضل، ويسعوا إلى المزيد من المعلومات من تلقاء أنفسهم. وضح أن النظرية النسبية الخاصة تظهر أن قياس الكميات الفيزيائية الأساسية- الزمن والمسافة والزخم والطاقة- جميعها عرضة للتحويل لتصبح مهمة أو كبيرة عندما تكون السرعة النسبية للمشاهد والمُشاهد قريبة من سرعة الضوء. درست سابقاً أنه عند السرعات الصغيرة تكون الطاقة الحركية والزخم مرتبطين معاً بالمعادلة $KE = p^2 / 2m$ وبين أينشتاين أن الزخم يرتبط فعلياً مع الطاقة الكلية للجسم والطاقة الحركية، بالإضافة إلى طاقة الجسم حتى في حالة السكون. هذه الطاقة السكونية تعطى بالعلاقة $E_0 = mc^2$. ويمكن التفكير في الطاقة السكونية على أنها طاقة وضع للكتلة نفسها.

استخدام الشكل 11-2

وضح للطلاب أن كلاً من اندماج العناصر الخفيفة وانشطار العناصر الثقيلة سوف يحرر طاقة نووية. وغالباً ما يساء فهم طاقة الربط على أنها تلك الطاقة التي يجب أن تضاف للحصول على نواة أكثر استقراراً، لكن العكس هو الصحيح؛ فهي الطاقة المتحررة عندما يزيد فرق الكتلة لكل نوية، وتتحول النويات إلى تركيب أكثر استقراراً. والتركيب الأكثر استقراراً قريب من نظير عنصر الحديد $^{56}_{26}\text{Fe}$. **2م**

بصري-مكاني

الكتلة. وتقاس الكتلة عادةً بوحدة الكتلة الذرية، لذا من المفيد تحديد مقدار الطاقة المكافئة لـ 1u ($1.6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$). ولتحديد الطاقة يجب أن تضرب الكتلة في مربع سرعة الضوء في الفراغ $2.9979 \times 10^8 \text{ m/s}$ ، ويعبر عن الناتج بخمسة أرقام معنوية.

$$E = mc^2 = (1.6605 \times 10^{-27} \text{ kg}) (2.9979 \times 10^8 \text{ m/s})^2$$

$$= 1.4924 \times 10^{-10} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$= 1.4924 \times 10^{-10} \text{ J}$$

ومن أكثر الوحدات سهولة في الاستخدام وحدة الإلكترون فولت.

$$E = (1.4924 \times 10^{-10} \text{ J}) (1 \text{ eV} / 1.60217 \times 10^{-19} \text{ J})$$

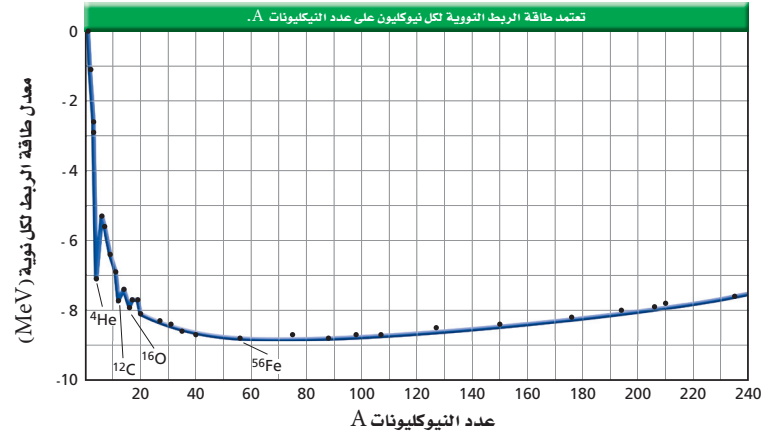
$$= 9.3149 \times 10^8 \text{ eV} = 931.49 \text{ MeV}$$

وهذا يعني أن 1u من الكتلة تكافئ 931.49 MeV من الطاقة، والشكل 11-2 يبين كيف تعتمد طاقة ربط النوية على كتلة النواة (فرق الكتلة 1u) (طاقة الربط النووية لـ 1u). إن الأنوية الثقيلة ترتبط بقوة أكبر من الأنوية الخفيفة ما عدا القليل منها. وطاقة الربط النووية لكل نوية تصبح أكثر سالبية كلما ازداد العدد الكتلي A حتى القيمة 56، وبعد الحديد Fe . ونواة الحديد $^{56}_{26}\text{Fe}$ من أكثر الأنوية ترابطاً، لذلك تصبح الأنوية أكثر استقراراً كلما اقترب عددها الكتلي من العدد الكتلي للحديد. أما الأنوية ذوات الأعداد الكتلية الأكبر من ذلك تكون أقل ترابطاً، لذا تكون أقل استقراراً.

ويحدث التفاعل النووي طبيعياً إذا تحررت طاقة نتيجة التفاعل، وهذا يعني أنه إذا تحول موقع نواة إلى موقع أقرب من النقطة الدنيا للمنحنى البياني عند $A = 56$ والتي هي أقل من العدد الكتلي لنواة $^{56}_{26}\text{Fe}$ ، يكون أكثر استقراراً. ويحدث لها تفاعل نووي طبيعي إذا زاد العدد الكتلي لها.

ويتحول الهيدروجين في الشمس والنجوم الأخرى إلى هيليوم وكربون وبعض العناصر الأثقل الأخرى في تفاعلات تحرر طاقة مولدة إشعاعاً كهرومغناطيسياً، والذي تعلم - من خلال خبرتك - أنه ليس مجرد ضوء مرئي بل هو أوسع من ذلك.

الشكل 11-2 طاقة الربط النووية لكل نيوكليون تعتمد على عدد النيوكليونات A .



مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

نشاط

وحدات الكتلة والطاقة تظهر صعوبات لدى بعض الطلاب فيما يتعلق بوحدات الكتلة والطاقة. إن استخدام وحدات معينة ليست من النظام الدولي للوحدات SI، ومنها وحدة الكتلة الذرية u ، والإلكترون فولت eV ، وافترض تكافؤ الكتلة-الطاقة يمكن أن يكون مربكاً جداً. أكد أن كلاً من وحدات الكتلة والطاقة يمكن استخدامها بالتبادل. فمثلاً،

$$1.000u = 1.6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$= \frac{931.49 \text{ MeV}}{c^2} = 1.4924 \times 10^{-10} \text{ J}$$

أسأل الطلاب: ما الفائدة من التعبير عن الكتلة المكافئة بوحد u والطاقة بوحد MeV ؟

إنهما من نظام قياس أكثر ملاءمة في العمليات الحسابية. **1م** منطقي-رياضي

مناقشة

سؤال عند بداية الجدول الدوري يكون للأنوية المستقرة تقريباً أعداد متساوية من البروتونات والنيوترونات. وبزيادة العدد الذري للأنوية المستقرة فإنها تميل إلى أن يكون فيها عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات. لماذا؟

الإجابة تتنافر البروتونات معاً، أما النيوترونات فلا تتنافر. والطاقة اللازمة لإضافة المزيد من البروتونات تزداد فعلياً كلما ازدادت Z. بينما الطاقة اللازمة لإضافة النيوترونات فلا تعتمد على التغلب على قوة التنافر؛ لذلك تضاف نيوترونات أكثر للنواة المستقرة للمحافظة على استمرار استقرارها. بالإضافة إلى ذلك فإن إضافة نيوترونات أكثر تزيد من الفراغ بين البروتونات، ومن ثم تقلل من قوى التنافر بينها. **2 م**

مثال صفي

سؤال قارن بين كل من فرق الكتلة وطاقة الربط النووية لنوات الديوتيريوم ${}^2_1\text{H}$ و الهيليوم ${}^4_2\text{He}$. إذا علمت أن كتلة ${}^2_1\text{H}$ تساوي 2.014102 u وكتلة ${}^4_2\text{He}$ تساوي 4.002603 u .

الجواب

لنظير ${}^2_1\text{H}$ ، اجمع كتلة نيوترون واحد مع كتلة بروتون واحد لتحصل على الكتلة الكلية.

$$= 1.008665 \text{ u} + 1.007825 \text{ u}$$

$$= 2.016490 \text{ u}.$$

نقص الكتلة ${}^2_1\text{H}$ هو

$$= 2.016490 \text{ u} - 2.014102 \text{ u}$$

$$= 0.0023880 \text{ u}$$

لذلك فإن طاقة الربط

$$= (931.49 \text{ MeV/u}) (-0.002388 \text{ u})$$

$$= -2.2244 \text{ MeV}$$

للهيليوم ${}^4_2\text{He}$ ، اجمع كتلة نيوترونين وبروتونين لتحصل على الكتلة الكلية.

$$2.017330 \text{ u} + 2.015650 \text{ u}$$

$$= 4.032980 \text{ u}$$

نقص الكتلة للهيليوم ${}^4_2\text{He}$ تساوي

$$= 4.032980 \text{ u} - 4.002603 \text{ u}$$

$$= 0.030377 \text{ u}$$

لذلك فإن طاقة الربط

$$= (931.49 \text{ MeV/u}) (0.030377 \text{ u})$$

$$= -28.296 \text{ MeV}$$

يوجد فرق شاسع بين طاقة الربط النووية للديوتيريوم ${}^2_1\text{H}$ والهيليوم ${}^4_2\text{He}$.

عند الأعداد الكتلية الأكبر من 56 يحدث تفاعل نووي طبيعي إذا نقص العدد الكتلي. وعندما يضمحل اليورانيوم 238 إلى الثوريوم 234 تكون نواة الثوريوم الناتجة أكثر استقراراً من نواة اليورانيوم، وتتحلل الطاقة على شكل جسيم مشع ذي كتلة وطاقة حركية. ولن يتحول الثوريوم تلقائياً إلى اليورانيوم؛ لأنه يجب إضافة طاقة إلى النواة لحدوث ذلك. وقد تولدت أنوية العناصر الثقيلة في الجدول الدوري بهذه الطريقة، وباندماج الأنوية الصغيرة باستخدام المسارعات الجسيمية. وعموماً فإن العناصر الثقيلة قد تكون لعدة أجزاء من الثانية فقط قبل أن تضمحل إلى أنوية أصغر وأكثر استقراراً. وعندما تكتسب الأنوية الصغيرة نيوكليونات تكون طاقة الربط النووية للنواة الأكبر أكثر سلبية، لذا تكون أكثر استقراراً من مجموع طاقات الربط للأنوية الأنحف.

في الجزء القادم، سوف نستخدم حسابات طاقة الربط النووية لفهم التفاعلات النووية. وطاقة الربط النووية تفسر تحرر الطاقة عند اندماج الأنوية الصغيرة، كما يحدث في النجوم، وانقسام الأنوية الكبيرة كما في اضمحلال العناصر المشعة.

مثال 1

فرق الكتلة وطاقة الربط النووية أوجد فرق الكتلة وطاقة الربط النووية للترينيوم ${}^3_1\text{H}$ ، إذا كانت كتلة نظير الترينيوم 3.016049 u ، وكتلة ذرة الهيدروجين 1.007825 u ، وكتلة النيوترون 1.008665 u .

1 تحليل المسألة ورسمها

المعلوم	المجهول
كتلة ذرة الهيدروجين الواحدة = 1.007825 u	كتلة النيوكليونات والإلكترون الكلية = ؟
كتلة النيوترون الواحد = 1.008665 u	فرق الكتلة = ؟
كتلة الترينيوم = 3.016049 u	طاقة الربط النووية للترينيوم = ؟
طاقة الربط النووية $1 \text{ u} = 931.49 \text{ MeV}$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

دليل الرياضيات

الأرقام الصغيرة واستخدام الأسس السالبة ص 172 و 173.

اجمع كتل ذرة الهيدروجين (بروتون واحد وإلكترون واحد) ونيوترونين.

$$1.007825 \text{ u} + 2.017330 \text{ u}$$

$$3.025155 \text{ u}$$

كتلة النيوكليونات الكلية:

فرق الكتلة يساوي كتلة الترينيوم الفعلية ناقص مجموع كتل مكوناته

$$3.016049 \text{ u} - 3.025155 \text{ u}$$

$$-0.009106 \text{ u}$$

فرق الكتلة:

طاقة الربط النووية هي الطاقة المكافئة لمقدار فرق الكتلة.

(فرق الكتلة (u) طاقة الربط النووية لـ 1 u)

$$E = (931.49 \text{ MeV/u}) (-0.009106 \text{ u})$$

$$E = -8.4821 \text{ MeV}$$

بالتعويض عن فرق الكتلة = -0.009106 u

$$\text{طاقة الربط لكل } 1 \text{ u} = 931.49 \text{ MeV}$$

تحفيز

نشاط

مقارنة طاقة الربط النووية والطاقة الكيميائية حفز الطلاب أن يفسروا لماذا لا تقود التفاعلات الكيميائية طبيعياً إلى تفاعلات نووية. فمثلاً، عندما يحترق الهيدروجين تكون حرارة الاحتراق 286 kJ/mol وهذا يعني أن كل مول من الهيدروجين المحترق يحرر طاقة 286 kJ . اطلب إلى الطلاب أن يحسبوا الطاقة بوحدة eV المحررة من كل ذرة.

286 kJ/mol من الذرات = 1.3 eV/atom . ومقارنة هذه الطاقة بطاقة الربط النووية للهيدروجين. نقص الكتلة للهيدروجين 0.002388 u ؛ لذلك فإن طاقة الربط 2.224 MeV . فالطاقة المحررة نتيجة احتراق الهيدروجين أقل كثيراً من طاقة الربط النووية لنواة الهيدروجين. **3 م** منطقي-رياضي

مسائل تدريبية

5. **a.** -0.098940 u **b.** -92.161 MeV
6. **a.** -0.002388 u **b.** -2.2244 MeV
7. **a.** -0.113986 u **b.** -106.18 MeV
8. **a.** -0.137005 u **b.** -127.62 MeV

3. التقويم

التحقق من الفهم

طاقة الربط النووية مجموع كتل نيوترونين منفردين وبروتونين منفردين وإلكترونين منفردين متساوي 4.032980 u . لكن كتلة ذرة الهيليوم التي تحتوي على هذه الجسيمات قيس فكانت 4.002603 u أسأل الطلاب: أين ذهبت الكتلة الزائدة؟ **تمثل خسارة الكتلة الشغل الذي يجب أن يبذل للتغلب على قوة التنافر حينما تزال النيوكليونات من النواة.** هذه هي **طاقة الربط النووية للذرة. 2م منطقي-رياضي**

التوسع

جدول النشاطية الإشعاعية للنويدات يزودنا جدول النويدات بمعلومات موسعة عن جميع النظائر المعروفة لكل عنصر. وهو نسخة موسعة عن الجدول الدوري. اطلب إلى الطلاب أن يستخدموا جدول النويدات لإيجاد الكتلة والوفرة النسبية لثلاثة نظائر توجد في الطبيعة للنيتون.

90.48%	19.992440 amu	$^{20}_{10}\text{Ne}$
0.27%	20.9938467 amu	$^{21}_{10}\text{Ne}$
9.25 %	21.991385 amu	$^{22}_{10}\text{Ne}$

3م منطقي-رياضي

3 تقويم الجواب

- هل الوحدات صحيحة؟ تقاس الكتلة بوحدة u ، وتقاس الطاقة بوحدة MeV .
- هل للإشارة معنى؟ يجب أن تكون طاقة الربط سالبة.
- هل الجواب منطقي؟ اعتياداً على الشكل 2-11 فإن طاقة الربط لكل نيوكليون في المدى بين -2 MeV و -3 MeV ، لذلك فالجواب للنوكليونات الثلاثة منطقي.

مسائل تدريبية

- استخدم القيم المبينة لحل المسائل التالية:
- كتلة الهيدروجين 1.007825 u ، وكتلة النيوترون 1.008665 u ، و $1 \text{ u} = 931.49 \text{ MeV}$
- كتلة نظير الكربون $^{12}_6\text{C}$ 12.0000 u . احسب:
 - فرق الكتلة.
 - طاقة الربط النووية بوحدة MeV .
 - نظير الهيدروجين الذي يحتوي على بروتون واحد ونيوترون واحد يسمى ديوتيريوم، كتلته 2.014102 u . ما مقدار:
 - نقص كتلته؟
 - طاقة الربط للديوتيريوم بوحدة MeV ؟
 - يحتوي نظير النيتروجين $^{15}_7\text{N}$ على سبعة بروتونات وثمانية نيوترونات، وكتلته 15.010109 u . احسب:
 - فرق الكتلة لهذه النواة.
 - طاقة الربط النووية لهذه النواة.
 - إذا كانت الكتلة النووية لنظير الأكسجين $^{16}_8\text{O}$ تساوي 15.994915 u . ما مقدار:
 - فرق الكتلة لهذا النظير؟
 - طاقة الربط النووية لهذا النظير؟

بعض المعارف الأساسية في مجالات محددة في الفيزياء قادت إلى إجراء تطبيقات بصورة سريعة كما في مجال الفيزياء النووية، فبدأ استخدام عنصر الراديوم المشع في الطب خلال عشرين عامًا من اكتشافه. واستخدمت مسارعات البروتون في التطبيقات الطبية بعد أقل من عام من اختراعها. وبدأ التطبيق العسكري للانشطار النووي (انقسام الأنوية) وكان تحت التطوير قبل أن تعرف الأساسيات الفيزيائية. وقد تبعها التطبيقات السلمية بعد عشر سنوات أو أقل.

11-1 مراجعة

- الأنوية لاحظ أزواج الأنوية التالية: $^{12}_6\text{C}$ ، $^{13}_6\text{C}$ ، $^{11}_5\text{B}$ ، $^{10}_5\text{B}$. فيم يشابه كل زوج منها، وفيم يختلف؟
- طاقة الربط النووية عندما يضمحل نظير التريتيوم ^3H فإنه يطلق جسيم بيتا ويصبح ^3He . أي نواة تتوقع أن يكون لها أكبر طاقة ربط نووية سالبة؟
- الطاقة النووية القوية مدى الطاقة النووية القوية قصير جدًا؛ بحيث إن النيوكليونات القريبة جدًا بعضها من بعض تتأثر بهذه القوة. استخدم هذه الحقيقة في تفسير سبب تغلب قوة التنافر الكهرومغناطيسية على قوة التجاذب القوية في الأنوية الثقيلة، مما يجعل النواة غير مستقرة.
- فرق الكتلة أي النواتين في المسألة 10 لها نقص كتلة أكبر؟
- فرق الكتلة وطاقة الربط إذا علمت أن كتلة نظير الكربون المشع $^{14}_6\text{C}$ تساوي 14.003074 u .
 - فما مقدار فرق الكتلة لهذا النظير؟
 - وما مقدار طاقة الربط النووية لهذا النظير؟
- التفكير الناقد في النجوم المتقدمة في العمر، لا ينتج فقط الهيليوم والكربون عن طريق اتحاد أنوية مترابطة معًا بشدة، ولكن ينتج أيضًا الأكسجين ($Z = 8$) والسليكون ($Z = 14$). ما العدد الذري للنواة الثقيلة التي يمكن أن تتكون بهذه الطريقة؟ فسر.

عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneduction.com

11-1 مراجعة

- الزوج الأول له عدد البروتونات نفسه وعدد مختلف من النيوكليونات. الزوج الثاني له العدد نفسه من النيوكليونات وعدد مختلف من البروتونات.
- نواة التريتيوم؛ لأن التريتيوم يُطلق جسيمًا له كتلة وطاقة حركية نتيجة لاضمحلاله.
- للقوة الكهربائية مدى كبير، لذلك جميع البروتونات تتنافر معًا حتى في الأنوية الثقيلة. القوة القوية لها مدى قصير؛
- لذلك فإن البروتونات المتجاورة فقط تتجاذب. تزداد قوة التنافر بزيادة حجم النواة بمعدل أسرع من القوة القوية.
- نواة التريتيوم
- a.** -0.113196 u **b.** -105.44 MeV
- 26 وهو الحديد؛ لأن طاقة الربط النووية لها أكبر.

11-2 الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية

11-2 الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية Nuclear Decay and Reactions

في عام 1896م استعمل بيكرل مركبات تحتوي على عنصر اليورانيوم. و فوجئ أن لون الصفائح الفوتوجرافية التي كانت تغطي اليورانيوم وتحجب الضوء عنه أصبح ضبابياً، وهو ما حدث أيضاً للصفائح التي تعرضت جزئياً لليورانيوم القريب من موقع اليورانيوم. ودل هذا اللون الضبابي على أن نوعاً من الأشعة المنبعثة من اليورانيوم قد نفذت من الصفائح التي تغطيها. ووجد أن بعض المواد الأخرى غير اليورانيوم أو مركباته قادرة على أن تطلق مثل هذه الأشعة النافذة. والمواد التي تطلق مثل هذا النوع من الإشعاع تسمى المواد المشعة. وبسبب انبعاث جسيمات من هذه المواد فإنها تسمى بالاضمحلال، وتضمحل النواة عندما تنتقل تلقائياً من حالة أقل استقراراً إلى حالة أكثر استقراراً.

الاضمحلال الإشعاعي Radioactive Decay

في عام 1899م اكتشف العالم رذرفورد ورفاقه أن عنصر الرادون يتحول تلقائياً إلى نواة أخف ونواة هيليوم خفيفة. وفي العام نفسه اكتشف أيضاً أن مركبات اليورانيوم تنتج ثلاثة أنواع مختلفة من الإشعاع فصل بينها تبعاً لقدرتها على اختراق المواد. وقد أطلق عليها اسم إشعاعات α (ألفا)، و β (بيتا)، و γ (جاما). حيث يمكن إيقاف جسيمات ألفا عند اصطدامها بصفحة رقيقة من الورق، بينما يلزم سمك 6 mm من الألومنيوم لإيقاف معظم جسيمات بيتا، ويلزم سمك عدة سنتيمترات من الرصاص لإيقاف إشعاع جاما.

اضمحلال ألفا جسيم ألفا عبارة عن نواة هيليوم ${}^4_2\text{He}$. وعملية انبعاث جسيم ألفا من النواة تسمى **اضمحلال ألفا**. العدد الكتلي لجسيم ألفا ${}^4_2\text{He}$ هو 4، والعدد الذري له 2. فعندما تطلق النواة جسيم ألفا فإن عددها الكتلي A ينقص بمقدار 4، بينما ينقص عددها الذري Z بمقدار 2، فيتحول العنصر إلى عنصر مختلف. وعلى سبيل المثال يتحول اليورانيوم ${}^{238}_{92}\text{U}$ إلى ثوريوم ${}^{234}_{90}\text{Th}$ نتيجة اضمحلال ألفا.

اضمحلال بيتا جسيمات بيتا عبارة عن إلكترونات تنبعث من النواة، ولكن النواة لا تحتوي على إلكترونات. فمن أين تأتي هذه الإلكترونات؟ يحدث اضمحلال بيتا عندما يتحول النيوترون إلى بروتون داخل النواة. وفي جميع التفاعلات يجب أن تبقى الشحنة محفوظة، لذا يجب أن تساوي الشحنة قبل التفاعل الشحنة بعد التفاعل؛ فعندما تحدث عملية اضمحلال بيتا يتحول النيوترون إلى بروتون وينتج أيضاً إلكترون. وفي هذا الاضمحلال تنتهي نواة عدد نيوتروناتها N وعدد بروتوناتها Z متحوّلة إلى نواة جديدة عدد نيوتروناتها N-1 وعدد بروتوناتها Z+1، مع ظهور جسيم آخر يدعى أنتي نيوترينو مرافق لاضمحلال بيتا.

اضمحلال جاما ينتج اضمحلال جاما نتيجة إعادة توزيع الطاقة داخل النواة. وإشعاع γ عبارة عن فوتونات ذات طاقة عالية. ونتيجة لذلك لا يتغير العدد الكتلي أو العدد الذري للنواة المضمحلة. ويرافق إشعاع جاما عادة اضمحلال ألفا أو بيتا. وقد تم تلخيص أنواع الاضمحلال الثلاثة للإشعاع في الجدول 11-1.

تمر العناصر المشعة خلال سلسلة الاضمحلالات الإشعاعية لتكوّن نواة مستقرة في النهاية؛ فاليورانيوم ${}^{238}_{92}\text{U}$ مثلاً يخضع إلى 14 اضمحلالاً قبل أن ينتج نظير الرصاص ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ المستقر.

الأهداف

- تصف ثلاثة أنماط للاضمحلال الإشعاعي.
- تحل معادلات نووية.
- تحسب كمية المادة المشعة المتبقية ونشاطها بعد فترة زمنية محددة.
- تعرف الاندماج النووي والانشطار النووي.
- تصف عمل المفاعل النووي.

المفردات

- المواد المشعة
- اضمحلال ألفا
- اضمحلال بيتا
- اضمحلال جاما
- المفاعل النووي
- عمر النصف
- النشاط الإشعاعي
- الانشطار النووي
- التفاعل المتسلسل
- الاندماج النووي

التدريب

كيف أحمي نفسي من النشاط الإشعاعي؟
ارجع إلى دليل التجارب العملية

1. التركيز

نشاط محفّز

الملح المشع احصل على عداد جايجر ووعاء يحتوي على كلوريد البوتاسيوم (هذه المادة آمنة جداً، وتستخدم غالباً بديلاً عن الملح عند الضرورة، ويمكن شراؤها من البقالة). يجب وضع أنبوب عداد جايجر قريباً جداً من 100 g من المادة تقريباً. شغل العداد واحمل الأنبوب أولاً في الهواء لكي يحصل الطلاب على درجة معدل النقر المستخدم، ثم ضع الأنبوب قريباً من كلوريد البوتاسيوم. اسأل الطلاب الأسئلة التالية:

ماذا حدث لمعدل العد؟ ماذا يعني هذا؟ **ازداد معدل العد عند وضع أنبوب العداد بالقرب من الملح.** وهذا يثبت أن هناك على الأقل بعض الذرات غير المستقرة في العينة العادية من كلوريد البوتاسيوم. **14 سماعي - موسيقي**

الربط مع المعرفة السابقة

النويدات وطاقة الربط هذا الجزء مبني على مفهوم النويدات التي تم شرحها في بداية الفصل، ووصف تحولاتها في التفاعلات النووية؛ والتغيرات في طاقة الربط التي وصفت في بداية الفصل، وتفسير انبعاث الطاقة خلال تفاعلات الانشطار والاندماج النووي.

2. التدريس

تعزيز الفهم

ألفا وبيتا وجاما هذه هي أسماء الأحرف الثلاثة الأولى الأبجدية الإغريقية، وأيضاً أسماء ثلاثة أنواع رئيسة من الإشعاع. عند انبعاث جسيم ألفا يقل عدد البروتونات وبروتونين وعدد النيوترونات نيوترونين، لذلك يقل العدد الكتلي بمقدار 4. أما انبعاث الإلكترون -ويسمى جسيم بيتا- من النواة فينقص شحنة سالبة، من دون أن يتغير العدد الكتلي.

11-2 إدارة المصادر

اختبار قصير 2-11 ص 145	الملف الخاص بمصادر الفصول 11-7
شريحة التدريس 2-11 ص 152	تقويم الفصل 11، ص 160
شريحة التدريس 3-11 ص 154	ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 133
شريحة التدريس 4-11 ص 156	
ربط الرياضيات مع الفيزياء	

مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 1-11

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

تجربة إضافية

ماذا يحوي الفضاء؟

الهدف تحديد نوع الإشعاع الموجود في الفضاء المحيط بنا.

المواد والأدوات أنبوب جايجر مع العداد، ورق، شريط لاصق.

الخطوات

ضع أنبوب جايجر على سطح طاولة المختبر بعيداً عن أي مصدر مشع. شغل العداد وسجل عدد العدادات خلال ثلاث دقائق، ألصق قطعة من الورق حول الأنبوب، بحيث تغطي نافذة الأنبوب، وأعد تشغيل العداد، وسجل عدد العدادات مدة ثلاث دقائق. إذا كان لديك وقت كافٍ، فأعد التجربة وسجل عدد العدادات خلال ساعة كاملة بدلاً من ثلاث دقائق، وسجل العدادات الجديدة.

التقويم سوف يحدث تغير عشوائي في معدل العد خلال ثلاث دقائق. ويجب ألا يكون هناك فرق إحصائي بوجود أو عدم وجود الغطاء الورقي على نافذة العداد. ونسبة تحديد الخطأ للعد العشوائي تساوي الجذر التربيعي لعدد العدادات المسجلة. لذلك فإن عدتين تعدان مختلفتين إحصائياً فقط إذا كان مقدار الاختلاف بينهما يساوي مضاعفات نسبة الخطأ في كل عدة. العد لفترة ساعة (أو أكثر) سيجعل من السهل تحديد ما إذا كان لديك اختلاف. الفضاء المحيط بنا يحتوي مبدئياً على إشعاعات جاما قادمة من الفضاء الكوني والتي لا يمكن إيقافها بواسطة القطعة الورقية.

مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 11-2

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 11-3

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

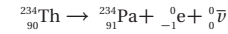
الجدول 1-11

أنواع الإشعاع الثلاثة		
جسيم ألفا	جسيم بيتا	إشعاع جاما
شحنة +2	شحنة -1	متعاد
أقل نفاداً	متوسطة	أكبر نفاداً
تحويلات النواة، $A \rightarrow A-4$ $Z \rightarrow Z-2$ $N \rightarrow N-2$	تحويلات النواة، $A \rightarrow A$ $Z \rightarrow Z+1$ $N \rightarrow N-1$	تحويلات في الطاقة فقط، $A \rightarrow A$ $Z \rightarrow Z$ $N \rightarrow N$

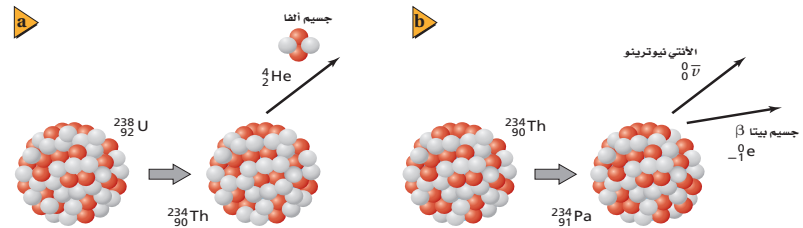
التفاعلات والمعادلات النووية

Nuclear Reactions and Equations

يحدث التفاعل النووي عندما تتغير طاقة النواة أو عدد النيوترونات أو عدد البروتونات فيها. إن بعض التفاعلات النووية ينتج عنها طاقة، كما يحدث في التفاعلات الكيميائية، بينما تحدث تفاعلات أخرى فقط عندما تزود النواة بطاقة. وأحد أنواع التفاعل النووي هو انبعاث جسيمات بواسطة النشاط الإشعاعي للنواة المشعة. ويطلق التفاعل طاقة زائدة على شكل طاقة حركية للجسيمات المنبعثة، وبين الشكل 3-11 نوعي التفاعلات. ويمكن وصف التفاعلات النووية باستخدام الكتل، والتمثيل البياني، أو المعادلات. والرموز المستخدمة للأنوية المشاركة في المعادلات النووية تجعل حسابات العدد الذري والعدد الكتلي في التفاعلات النووية أكثر سهولة؛ حيث يمكن التعبير عن التفاعل النووي الموضح في الشكل 3a-11 كما يلي: $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{234}_{90}\text{Th} + ^4_2\text{He}$ مجموع العدد الكلي للجسيمات النووية يبقى ثابتاً خلال التفاعل. لذلك فإن مجموع الأعداد العلوية في كل طرف يجب أن يتساوى: $4 + 234 = 238$. والشحنة الكلية أيضاً محفوظة، لذلك فإن مجموع الأعداد السفلية في كل طرف يجب أن يتساوى أيضاً: $2 + 90 = 92$. وخلال اضمحلال بيتا ينتج إلكترون $^0_{-1}\text{e}$ ، أني نيوتريو $^0_0\bar{\nu}$. (رمز النيوتريو هو الحرف الإغريقي نيو مرفقاً بالخط الصغير أعلاه، والذي يشير إلى جسيم ضديد المادة). وعملية تحول ذرة الثوريوم بانبعاث جسيم بيتا أيضاً الموضحة في الشكل 3b-11 يمكن التعبير عنها كما يلي:



لاحظ أن مجموع الأعداد العلوية في طرف المعادلة الأيسر يساوي مجموع الأعداد العلوية في الطرف الأيمن للمعادلة. وهناك أيضاً مساواة بين الأعداد السفلية في طرفي المعادلة.



طرائق تدريس متنوعة

نشاط

ضعاف البصر وضعاف السمع إن أجهزة العد الإشعاعي معدات جيدة ومفيدة لمساعدة كل من الطلاب ضعاف البصر وضعاف السمع الذين يدرسون الفيزياء. الأجيال القديمة لعدادات جايجر كانت تعطي نقرات مسموعة ومقياساً ميكانيكياً يشير إلى معدل العد. إذا قمت بشراء جهاز جديد، فتأكد من الحصول على جهاز يحتوي على مكبر صوت للحصول على نقرات مسموعة ومقياس عددي للإنتاج المرئي. والتوصيل مع مكبر الصوت الخارجي قد يكون مفيداً بسبب أن مكبرات الصوت هذه يمكن أن تقدم استجابة ملموسة للطلاب الذين يعانون من ضعف السمع. **1م سمعي.**

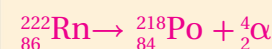
مثال صفي

سؤال اكتب معادلة التفاعل النووي لاضمحلال النظير المشع $^{87}_{37}\text{Rb}$ إلى $^{87}_{38}\text{Sr}$ بانبعث جسيم بيتا وأنتينو تريون.

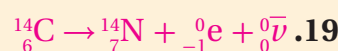
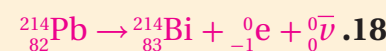
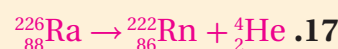
الجواب

سؤال اكتب معادلة التفاعل النووي لانحلال النظير المشع $^{222}_{86}\text{Rn}$ إلى $^{218}_{84}\text{Po}$ بانبعث جسيم ألفا.

الجواب



مسائل تدريبية



تطوير المفهوم

التفاعلات الكيميائية مقابل التفاعلات النووية في التفاعلات الكيميائية يعاد ترتيب الذرات في الجزيئات؛ فالجزيئات تتغير ولكن الذرات لا تتغير. أما في التفاعلات النووية فيعاد ترتيب البروتونات والنيوترونات داخل النواة. وبالإضافة إلى ذلك يمكن أن يتحول البروتون والإلكترون كل منهما إلى الآخر. ولا يتغير مجموع الشحنة والأعداد الكتلية.

مثال 2

اضمحلال ألفا وضمحل بيتا اكتب المعادلة النووية لكل من العمليات الإشعاعية التالية:

- a. نظير الراديوم المشع $^{226}_{88}\text{Ra}$ ، يشع جسيم ألفا ليتحول إلى نظير الرادون $^{222}_{86}\text{Rn}$
b. نظير الرصاص المشع $^{209}_{82}\text{Pb}$ ، يشع جسيم بيتا وأنتي نيوتريون ليتحول إلى نظير البزموت $^{209}_{83}\text{Bi}$

1 تحليل المسألة ورسمها

- المعلوم**
a. $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow \alpha + ^{222}_{86}\text{Rn}$ هل هذا الاضمحلال ممكن؟
 $\alpha = ^4_2\text{He}$
b. $^{209}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{209}_{83}\text{Bi} + \beta$ أنتي نيوتريون + جسيم بيتا هل هذا الاضمحلال ممكن؟
 $\beta = ^0_{-1}\text{e}$ أنتي نيوتريون ، $\bar{\nu}$ جسيم بيتا

2 إيجاد الكمية المجهولة

- a. $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$ عوض ^4_2He بجسيم α
b. $^{209}_{82}\text{Pb} \rightarrow ^{209}_{83}\text{Bi} + ^0_{-1}\text{e} + ^0_0\bar{\nu}$ عوض $^0_{-1}\text{e}$ بجسيم β و $^0_0\bar{\nu}$ ثلاثي نيوتريون

3 تقويم الجواب

- هل عدد النيوكليونات محفوظ؟
a. $4 + 222 = 226$ ، لذلك فإن العدد الكتلي محفوظ. b. $0 + 0 + 209 = 209$ ، لذلك فإن العدد الكتلي محفوظ.
- هل الشحنة محفوظة؟
a. $88 = 2 + 86$ ، لذلك فإن الشحنة محفوظة. b. $82 = 83 - 1 + 0$ ، لذلك فإن الشحنة محفوظة.

مسائل تدريبية

15. اكتب المعادلة النووية لتحول نظير اليورانيوم المشع $^{234}_{92}\text{U}$ إلى نظير الثوريوم المشع $^{230}_{90}\text{Th}$ بانبعث جسيم ألفا.
16. اكتب المعادلة النووية لتحول نظير الثوريوم المشع $^{230}_{90}\text{Th}$ إلى نظير الراديوم المشع $^{226}_{88}\text{Ra}$ ، بانبعث جسيم ألفا.
17. اكتب المعادلة النووية لتحول نظير الراديوم المشع $^{226}_{88}\text{Ra}$ إلى نظير الرادون المشع $^{222}_{86}\text{Rn}$ ، بانبعث جسيم α .
18. يمكن أن يتحول نظير الرصاص المشع $^{214}_{82}\text{Pb}$ إلى نظير البزموت المشع $^{214}_{83}\text{Bi}$ ، بانبعث جسيم β ونيوتريون. اكتب المعادلة النووية.
19. يحدث اضمحلال لنظير الكربون المشع $^{14}_6\text{C}$ عندما ينبعث منه جسيم β فيتحول إلى نظير النيتروجين $^{14}_7\text{N}$. اكتب المعادلة النووية التي توضح ذلك.

عند اضمحلال جسيمات ألفا وبيتا تظهر في الطرف الأيسر من المعادلة نواة واحدة تضمحل إلى نواة أخرى، بالإضافة إلى جسيم واحد أو أكثر من الجسيمات المشعة التي تظهر في الطرف الأيمن من المعادلة. مثال آخر على التحول، يحدث عندما يصطدم جسيم مع نواة ينتج عنه غالباً انبعث جسيمات أخرى، كما في المعادلة $^{13}_7\text{N} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^{12}_6\text{C} + \dots$ ومثل هذه التفاعلات موضحة في المثال التالي، وكذلك في مناقشة موضوع الانشطار النووي لاحقاً في هذا الفصل.

مساعدة الطلاب ذوي صعوبات التعلم

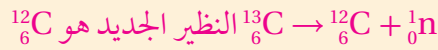
نشاط

مخططات الإشعاع المرجعية قد يكون تتبع تفاصيل الأنواع المختلفة من الإشعاع صعباً على بعض الطلاب. لمساعدتهم اطلب إليهم أن يعمل كل منهم جداول ومخططات خاصة به تلخص أسماء ورموز وخصائص والتغيرات المرافقة في العدد الكتلي والعدد الذري لأنواع الثلاثة الشائعة للاضمحلال الإشعاعي، ثم اطلب إليهم استخدام مخططاتهم المرجعية هذه لكتابة عدة أمثلة على معادلات تفاعلات الاضمحلال النووي. **1٢ لغوي**

مثال صفي

سؤال يستخدم أحد أنواع مصادر النيوترونات في الأبحاث، ويعرف باسم مدفع النيوترون. عندما تمتص أنوية البريليوم (الهدف) جسيمات ألفا ذات الطاقة العالية المنبعثة من مصدر البلوتينيوم الموجود في مدفع النيوترونات فإنها تتحول إلى ذرة ^{13}C المثارة إلى حالة الاستقرار ثم تتحول ثانية خلال انبعاث النيوترون. وعندما تعود بعض ذرات ^{13}C المثارة إلى حالة الاستقرار فإنها تتحول ثانية خلال انبعاث النيوترون. ما النظير الجديد الناتج؟

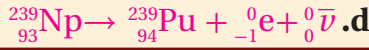
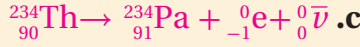
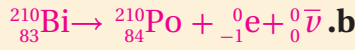
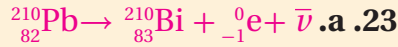
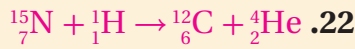
الجواب



مسائل تدريبية

20. **a.** ^{14}N

b. ^{55}Mn



استخدام الشكل 4-11

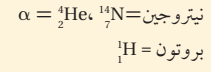
اطلب إلى الطلاب استخدام الشكل 4-11 لحساب نسب الأنوية المتبقية غير المضمحلة لفترات زمنية متعددة. أولاً، يستخدم الطلاب عدد أعمار النصف لتكون وحدة للزمن، واطلب إليهم تعويض قيمة عمر النصف من الجدول 2-11 وإعادة التمرين. مثلاً، ما نسبة الكسر التي يقل بها الجزء المتبقي من الأنوية غير المضمحلة من 1.5 إلى 2.5 عمر نصف؟ $\frac{1}{2} = \frac{3}{8} / \frac{3}{16}$. عوض الآن قيمة عمر النصف للنظير ^{14}C لعدد أعمار النصف. 1.5 عمر نصف تعادل 8595 سنة؛ 2.5 عمر نصف تعادل 14325 سنة. نسبة الكسر التي يقل بها الجزء المتبقي من النوية من 8595 سنة إلى 14325 سنة هو $\frac{1}{2}$. **2م بصري-مكاني.**

مثال 3

حل المعادلات النووية عندما تُذف غاز النيتروجين بجسيمات α انبعثت بروتونات ذات طاقة عالية. ما النظير الجديد الناتج؟

1 تحليل المسألة ورسمها

المعلوم



المجهول
ما النظير الذي يتولد في الطرف الأيمن للمعادلة؟

دليل الرياضيات

حل المعادلات ص 174 و 175.

2 إيجاد الكمية المجهولة

اكتب معادلة التفاعل النووي.

حل المعادلة بالنسبة للعدد Z والعدد A.

$$Z = 2 + 7 - 1 = 8$$

$$A = 4 + 14 - 1 = 17$$

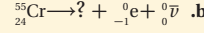
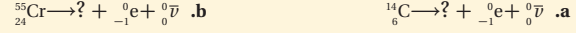
استخدم الجدول الدوري. العنصر ذو العدد الذري $Z = 8$ هو الأكسجين. والنظير يجب أن يكون $^{17}_8\text{O}$.

3 تقويم الجواب

• هل المعادلة موزونة؟ عدد النيوكليونات محفوظة: $4 + 14 = 1 + 17$. الشحنة محفوظة: $2 + 7 = 1 + 8$.

مسائل تدريبية

20. استخدم الجدول الدوري لإكمال المعادلتين النوويتين التاليتين:



21. اكتب المعادلة النووية لتحويل نظير السيزورجيم $^{263}_{106}\text{Sg}$ إلى نظير روثرفورديوم $^{259}_{104}\text{Rf}$ بانبعث جسيم ألفا.

22. اصطدم بروتون بنظير النيتروجين $^{15}_7\text{N}$ ، فتكوّن نظير جديد وجسيم ألفا. ما النظير الناتج؟ اكتب معادلة نووية تبين ذلك.

23. اكتب المعادلات النووية لاضمحلال بيتا للنظائر التالية:



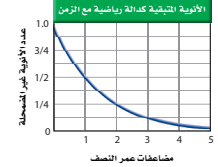
عمر النصف

الفترة الزمنية اللازمة لاضمحلال نصف ذرات أي كمية من نظير العنصر المشع تسمى عمر النصف لذلك العنصر. بعد مرور كل عمر نصف يقل عدد الأنوية غير المضمحلة إلى النصف، كما هو موضح في الشكل 4-11. ولكل نظير مشع عمر نصف خاص به.

فعمر النصف لنظير الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ مثلاً 1600 سنة. وبذلك فإن كل 1600 سنة يضمحل نصف الكمية المعطاة من الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ إلى عنصر آخر، هو الرادون، وبعد 1600 سنة أخرى يضمحل نصف عينة الراديوم المتبقية. أي أنه بعد مرور 3200 سنة يبقى ربع الكمية الأصلية. وفي المقابل، تضمحل عينة من البولونيوم - 210 إلى ربع الكمية الأصلية خلال 276 يوماً فقط.

الشكل 4-11 اضمحلال النواة

المنحنية إلى حالات أكثر استقراراً.



الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

التأريخ الإشعاعي بعد فترة وجيزة من بداية القرن العشرين، بدأ الجيولوجيون إجراء قياسات دقيقة على محتوى الصخور من المواد المشعة. قدّم العالم رذرفورد عام 1904م محاضرة بيّن فيها أن الطاقة المتحررة من باطن الأرض تعود إلى الاضمحلال الإشعاعي، وأصبح تقدير العمر ممكناً في تلك الفترة القصيرة جداً؛ حيث بيّن رذرفورد أيضاً أن أعمار معادن اليورانيوم يمكن أن تحدد بدقة؛ وذلك بقياس نتائج الاضمحلال داخل الصخور. في الوقت الحاضر، يستخدم الجيولوجيون أنظمة اضمحلال متعددة تبدأ بالنظائر المشعة الطبيعية، متضمنة $^{87}_{37}\text{Rb}$ و $^{40}_{19}\text{K}$ وبعض نظائر اليورانيوم والثوريوم وذلك للحصول على تواريخ أكثر دقة للصخور.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

النشاطات الإشعاعية الطبيعية وعمر النصف كثيرًا
ما يندهش الطلاب حين يدرسون أن بعض العناصر الشائعة يوجد لها نظائر مشعة في الطبيعة، وذات أعمار نصف طويلة ومستويات متدنية من النشاطية الإشعاعية. ونظائر العناصر المشعة الطبيعية هي $^{40}_{19}\text{K}$ ، $^{87}_{37}\text{Rb}$ ، و $^{238}_{92}\text{U}$ وأعمار النصف لها 4.75×10^{10} سنة، و 1.23×10^9 سنة، و 4.51×10^9 سنة على التوالي. ولأن هذه النظائر توجد الآن في الطبيعة فيجب أن يكون لها أعمار نصف طويلة جدًا؛ لأنها كانت موجودة منذ تكون المواد التي تشكل الأرض.

مسائل تدريبية

24. 0.25 g

25. 0.25 g

26. $5 \times 10^5 \text{ Bq}$

27. ست سنوات تساوي نصف فترة عمر النصف للتريتيوم الذي عمر النصف له 12.3 سنة. لذلك فإن التوهج يساوي $\frac{1}{2}$ ، أو $\frac{7}{10}$ تقريبًا من التوهج الأصلي.

عرض سريع

إشعاع الإيقاف

الزمن المقدّر 10 دقائق.

المواد والأدوات مصادر مشعة تعليمية مختومة (ألفا، بيتا، جاما). عداد جايجر، ورق، صفيحة رقيقة من الألومنيوم، رصاص. **الخطوات** ضع عداد جايجر بحيث يكون قريبًا من مصدر ألفا. بعد ذلك وبالتسلسل، قم بتحريك كل من قطعة ورق والألومنيوم والرصاص بين المصدر المشع وأنبوب جايجر. أعد الخطوات لمصادر بيتا جاما. **العدّات الناتجة** عن مصدر ألفا ستكون بطيئة بصورة ملحوظة لهذه الحواجز الثلاثة. سوف يبطئ الألومنيوم والرصاص العدّات الناتجة عن مصدر بيتا. بينما الرصاص سيبطئ قليلاً العدّات الناتجة عن مصدر جاما.

من خلال أعمار النصف للنظائر المختارة الموضحة في الجدول 11-2. إذا عرفت الكمية الأصلية للمادة المشعة وعمر نصفها فإنك تستطيع حساب الكمية المتبقية بعد عدد معين من أعمار النصف.

عمر نصف الكمية المتبقية = الكمية الأصلية $(1/2)^t$

كمية النظير المشع المتبقية في عينة تساوي حاصل ضرب الكمية الأصلية مضروبة في الثابت $(1/2)^t$ مرفوعاً للأس t؛ حيث t عدد أعمار النصف التي انقضت.

تستخدم أعمار النصف للنظائر المشعة لتحديد عمر الأجسام. فيمكن إيجاد عمر عينة من مادة عضوية بقياس كمية الكربون 14 المتبقية. ويمكن حساب عمر الأرض اعتمادًا على اضمحلال اليورانيوم إلى الرصاص.

ويسمى معدل الاضمحلال، أو عدد انحلال المادة المشعة كل ثانية النشاط الإشعاعي. ويتناسب النشاط الإشعاعي طرديًا مع عدد الذرات المشعة الموجودة. لذلك فإن النشاط الإشعاعي لعينة تقل أيضًا بمقدار النصف خلال عمر نصف واحد. تأمل النظير $^{131}_{53}\text{I}$ الذي عمر النصف له 8.07 أيام. فإذا كان النشاط الإشعاعي لعينة من اليود-131 تساوي 4×10^5 اضمحلال/ثانية، فسوف يكون نشاطها الإشعاعي بعد انقضاء 8.07 أيام أخرى 2×10^5 اضمحلال/ثانية؛ فالنشاط الإشعاعي لعينة يرتبط أيضًا مع عمر النصف. فعمر النصف الأقصر يعني نشاطًا إشعاعيًا أكبر. فإذا عرفت النشاط الإشعاعي لمادة معينة وكتلة تلك المادة فإنك تستطيع تحديد عمر النصف لها. ووحدة اضمحلال لكل ثانية في النظام العالمي للوحدات SI هي البيكرل (Bq).

الجدول 11-2			
عمر النصف لنظائر مختارة			
العنصر	النظير	عمر النصف	الإشعاع الناتج
هيدروجين	^3_1H	12.3 سنة	β
كربون	$^{14}_6\text{C}$	5730 سنة	β
كوبلت	$^{60}_{27}\text{Co}$	5.27 سنة	β, γ
يود	$^{131}_{53}\text{I}$	8.07 أيام	β, γ
رصاص	$^{212}_{82}\text{Pb}$	10.6 ساعات	β, γ
بولونيوم	$^{194}_{84}\text{Po}$	0.7 ثانية	α
بولونيوم	$^{210}_{84}\text{Po}$	138 يومًا	α, γ
يورانيوم	$^{238}_{92}\text{U}$	7.1×10^8 سنة	α, γ
يورانيوم	$^{235}_{92}\text{U}$	4.51×10^9 سنة	α, γ
بلوتونيوم	$^{239}_{94}\text{Pu}$	2.85 سنة	α
بلوتونيوم	$^{244}_{94}\text{Pu}$	3.79×10^5 سنة	α, γ

مسائل تدريبية

ارجع إلى الشكل 11-4 والجدول 11-2 لحل المسائل التالية:

24. تولدت عينة تريتيوم ^3_1H كتلتها 1.0 g. ما كتلة التريتيوم التي تبقى بعد مرور 24.6 سنة؟

25. عمر النصف لنظير النبتونيوم $^{238}_{93}\text{Np}$ هو 2.0 يوم. فإذا أنتجت عينة كتلتها 4.0 g من النبتونيوم يوم الإثنين، فما الكتلة التي ستبقى منه يوم الثلاثاء من الأسبوع التالي؟

26. تم شراء عينة من البولونيوم $^{210}_{84}\text{Po}$ بتاريخ 1/9، وكان نشاطها الإشعاعي $2 \times 10^6 \text{ Bq}$. استخدمت العينة لإجراء تجربة في 1/6 من السنة التالية. ما النشاط الإشعاعي المتوقع للعينة؟

27. استخدم التريتيوم ^3_1H في البداية في بعض ساعات اليد لتوليد التوهج الفلوري؛ لكي تستطيع قراءة الوقت في الظلام. إذا كان سطوع التوهج يتناسب طرديًا مع النشاط الإشعاعي للترتيوم، فكيف يكون سطوع هذه الساعة، بالمقارنة مع سطوعها الأصلي عندما يكون عمر الساعة ست سنين؟

تدريبية
عملية
كيف تستطيع إيجاد عمر النصف
لنظير مشع ذي فترة حياة قصيرة؟
ارجع إلى دليل التجارب العملية

مصادر الفصول 7-11

شريحة التدريس 11-4

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa

تطبيق الفيزياء

يستخدم نظير الكوبلت $^{60}_{27}\text{Co}$ في الطب لأنه يطلق إشعاعين من أشعة جاما القوية في الجزء العالي من طيف الطاقة (1.17 MeV و 1.33 MeV). ونحصل عليها بواسطة قذف $^{59}_{27}\text{Co}$ بالنيوترونات في المفاعل النووي. لكن من الخطورة جداً أن تحملها بيديك. إن حبيبة صغيرة منها نصف قطرها 1 mm يلزمها مئات الكيلوجرامات من دروع الحماية لحملها بأمان لتوجيه الحزمة المشعة العلاجية.

استخدام التشابه

نصف المسافة اطلب إلى طالبين أن يقفا متقابلين بحيث تكون المسافة بينهما 8 أمتار. وعلى بعد متر واحد منهما يقف طالبان آخران المسافة بينهما 4 أمتار، ثم آخران المسافة بينهما متران، ثم آخران المسافة بينهما متر واحد. إن المسافة بين كل طالبين متقابلين نقصت إلى نصف المسافة بالنسبة للمجموعة التي سبقتها. اطلب إلى الطلاب أن يتخيلوا مجموعات بمثل هذا الترتيب. إن مجموعة الأنوية المشعة تنقص إلى النصف بعد مرور كل عمر نصف بطريقة متماثلة. ولكن هذا التماثل ليس تاماً؛ لأن الأنوية تأتي منفصلة بدلاً من الأرقام المستمرة. أسأل الطلاب عما إذا كان من الممكن الوصول إلى (نقطة الصفر) إذا استمر تناقص المسافة بين الطالبين بهذه الطريقة. لا؛ لأن قياس المسافة المقيسة مستمر، فسيكون هناك دائماً نقطة منتصف المسافة بين الطالبين. أسأل الطلاب عما إذا كان عدد الأنوية المنفصلة غير المستقرة سوف يضمحل إلى الصفر. يمكن ذلك، إذا كانت مجموعة الأنوية غير المستقرة صغيرة بمقدار كافٍ، واحتمالية الاضمحلال عالية بمقدار كافٍ أيضاً. ومع ذلك فإن عدد الأنوية عادة كبير جداً بحيث لا يحدث هذا. **2م بصري-مكاني.**

النشاط الإشعاعي الاصطناعي Artificial Radioactivity

يمكن إنتاج نظائر مشعة من النظائر المستقرة بقذفها بجسيمات α ، أو بروتونات، أو إلكترونات أو أشعة جاما؛ حيث تطلق الأنوية غير المستقرة الناتجة إشعاعات، حتى تتحول إلى نظائر مستقرة. ويمكن للأنوية المشعة أن تبعث جسيمات ألفا، وجسيمات بيتا، وإشعاع جاما. بالإضافة إلى النيوترونات، والأنتي نيوترونات، والبوزترونات (البوزترون عبارة عن إلكترون موجب الشحنة e^+).

النظائر المشعة المنتجة اصطناعياً تستخدم غالباً في البحوث الدوائية والطبية. ففي العديد من التطبيقات الطبية يعطى المرضى نظائر مشعة تمتصها أعضاء محددة من الجسم. ويستخدم الأطباء عدّاد الإشعاع لمراقبة الإشعاع في العضو الذي يخضع للعلاج. وبعض النظائر المشعة تتعلق بالجزيء الذي سيُمتص في منطقة العلاج، كما يحدث في تطبيق انبعاث البوزترون في عملية التصوير الإشعاعي المقطعي الذي يعرف بشكل أفضل بمسح PET (التصوير الطبقي) للدماغ، كما هو موضح في الشكل 5-11.

وكثيراً ما يستخدم الإشعاع لتدمير الخلايا السرطانية؛ فهذه الخلايا أكثر حساسية لتأثيرات التدمير الإشعاعي؛ لأنها تنقسم غالباً أكثر من الخلايا الطبيعية. وتستخدم أشعة جاما المنبعثة من نظير الكوبلت $^{60}_{27}\text{Co}$ لعلاج مرضى السرطان، كما يحقن نظير اليود المشع في الغدة الدرقية المصابة بالسرطان.

وفي تطبيق ثالث، توجه الجسيمات الناتجة في مسارع الجسيمات على شكل شعاع إلى داخل النسيج بطريقة معينة، بحيث تضمحل في النسيج المصاب بالسرطان، فتدمر خلاياه.

الانشطار النووي Nuclear Fission

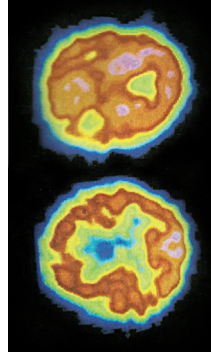
تمت مناقشة إمكانية الحصول على أشكال مفيدة للطاقة الناتجة عن التفاعلات النووية عام 1930م، وجاءت معظم النتائج الواعدة نتيجة قذف المواد بالنيوترونات. وفي إيطاليا عام 1934م أنتج كل من العالمين أنريكو فيرمي، وأميليو سيرجي العديد من النظائر المشعة الجديدة؛ وذلك بقذف اليورانيوم بالنيوترونات. ويُن كل من الكيميائي الألماني أوتو هان وفرتز ستراسبمان عام 1939م أن الذرات الناتجة سلكت كيميائياً سلوك عنصر الباريوم. وبعد أسبوع آخر توقع ليز ميتنر وأوتو فرش أن قذف نواة اليورانيوم بالنيوترونات يسبب انقسامها إلى نواتين أصغر مع إنتاج طاقة كبيرة جداً. ويسمى مثل هذا الانقسام للنواة الثقيلة إلى نواتين أو أكثر الانشطار النووي. وقد أدرك الكثير من العلماء على الفور إمكانية ألا يكون الانشطار النووي مصدراً للطاقة فقط، ولكنه أيضاً يمكن أن يكون أسلحة متفجرة.

ويحدث الانشطار النووي لليورانيوم عندما تنشطر النواة إلى نواتين أو أكثر محررة نيوترونات وطاقة. فنواة نظير اليورانيوم تنشطر إلى نواتي عنصري الباريوم والكريبتون عند قذفها بالنيوترونات، وهذه نتائج مثالية للانشطار. والمعادلة النووية التالية توضح هذا التفاعل: $^1_0\text{n} + ^{235}_{92}\text{U} \rightarrow ^{92}_{36}\text{Kr} + ^{141}_{56}\text{Ba} + 3^1_0\text{n} + 200\text{ MeV}$. ويمكن إيجاد الطاقة المحررة نتيجة كل انشطار بحساب كتل الذرات في كل من طرفي المعادلة. ففي تفاعل اليورانيوم 235، تكون الكتلة الكلية في الطرف الأيمن للمعادلة أقل بمقدار 0.215 u من الكتلة الكلية في الطرف الأيسر. والطاقة المكافئة لهذه الكتلة هي $3.21 \times 10^{-11}\text{ J}$ ، أو $2.00 \times 10^7\text{ MeV}$. وهذه الطاقة تظهر على شكل طاقة حركية لنتائج الانشطار.

تطبيق الفيزياء

العلاج بالأشعة

أشعة جاما تدمر الخلايا السرطانية والخلايا السليمة، لذلك يجب أن يوجه الإشعاع مباشرة إلى الخلايا السرطانية فقط.



الشكل 5-11 إجراء مسح PET يحقن الأطباء الجسم بسائل يحوي نظائر مشعة مثل ^{18}F ترتبط مع الجزيء الذي سينتشر في الأنسجة الخاضعة للعلاج. وعندما يضمحل ^{18}F ينتج بوزترونات تفنى عندما تتحد مع الإلكترونات منتجة أشعة جاما، التي يكشف عنها بجهاز مسح PET. بعد ذلك يكون الحاسوب خريطة ثلاثية الأبعاد لتوزيع النظير. والصورة العليا دماغ طبيعي أما الصورة السفلية فهي لدماغ شخص يعاني من داء الخرف، وهما مختلفان.

مهن في الحياة اليومية

معلومة للمعلم

الفيزياء الطبية والفيزياء الصحية على الرغم من أن اسمي هذين المجالين متشابهان، إلا أنها يمثلان مسارين مهنيين مختلفين. تستخدم الفيزياء الطبية المفاهيم والطرائق الفيزيائية للمساعدة على تشخيص ومعالجة أمراض الإنسان؛ حيث تستخدم النظائر المشعة وأجهزة التصوير الطبية لتزويد الطبيب بالمعلومات التي يحتاج إليها من أجل التشخيص والمعالجة. في المقابل تحتص الفيزياء الصحية بالتأثيرات والحماية من التعرض الإشعاعي بجميع أنواعها. ويعمل العاملون في الفيزياء الصحية في محطات الطاقة النووية، وصناعات المواد النووية، أو في المواقع الطبية.

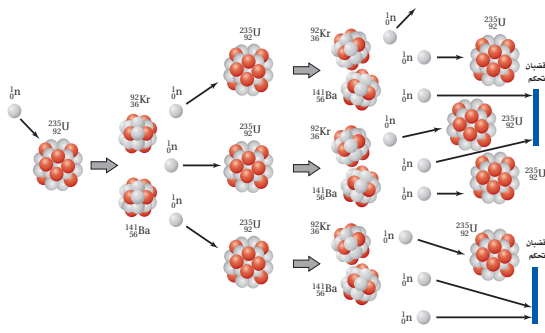
استخدام النماذج

عرض التفاعل المتسلسل حصل على درزن (دسته) (12) أو أكثر من مصائد الفتران، وعلى العدد نفسه من كرات تنس الطاولة بالإضافة إلى كرة تنس إضافية، وعلى صندوق كبير بمقدار كافٍ لوضع المصائد. ومن الأفضل استخدام حوض سمك زجاجي بدلاً من الصندوق - إن وجد - حتى يتمكن الطلاب من مشاهدة ما يحدث داخل الصندوق. جهز المصائد بعناية ثم ضع طعمًا "كرة تنس طاولة" لكل منها. إن إسقاط كرة تنس واحدة (تمثل النيوترون) بدقة في الصندوق يسبب بدء عمل نموذج التفاعل النووي المتسلسل. واستخدام عدد أكبر من المصائد يجعل النموذج أكثر تعبيرًا.

التفكير الناقد

تخصيب اليورانيوم تعمل المفاعلات النووية على التفاعل المتسلسل (المضبوط) المسيطر عليه لوقود اليورانيوم؛ حيث تكون نسبة اليورانيوم المخصب $^{235}_{92}\text{U}$ قليلة جدًا، إذ من المحتمل أن تبلغ فقط من 3% إلى 5% من 0.7% من المكونات الطبيعية لليورانيوم الطبيعي. لكن القذائف النووية تنفجر بتفاعل متسلسل غير مضبوط. ومن الصعب تصنيع يورانيوم إلى المستوى المطلوب للأسلحة النووية؛ لأنه يجب أن يخصَّب إلى 90% من $^{235}_{92}\text{U}$. أسأل الطلاب: لماذا يلزم يورانيوم عالي التخصيب لتصنيع القنبلة النووية المعتمدة على اليورانيوم؟ لأن التفاعل غير مضبوط؛ لذا يجب أن يحدث سريعًا جدًا. والنسبة الكبيرة جدًا من $^{235}_{92}\text{U}$ الموجودة سوف تمتص الكثير من النيوترونات البطيئة دون أن تُحدث انشطارًا وتمنع حدوث التفاعل المتسلسل.

2م منطقي-رياضي.



الشكل 6-11 تفاعل الانشطار النووي المتسلسل لليورانيوم-235 الذي يحدث في قلب المفاعل النووي.

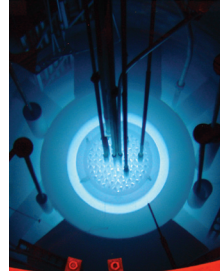
النيوترونات اللازمة لإحداث الانشطارات الإضافية لنوى اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ يمكن أن تكون هي ذاتها النيوترونات التي نتجت عند بدء عملية الانشطار. فعندما يُحدث النيوترون الواحد انشطارًا نوويًا يجر ذلك الانشطار ثلاثة نيوترونات، كل منها يستطيع أن يُحدث انشطارًا جديدًا، وهكذا. وهذه العملية المستمرة في تفاعلات الانشطار المتكررة التي تسبب تحرير نيوترونات من تفاعلات الانشطار السابقة تسمى التفاعل المتسلسل. ويوضحها الشكل 6-11.

المفاعلات النووية Nuclear Reactors

لإحداث تفاعل متسلسل تحت السيطرة بحيث تستخدم الطاقة الناتجة عنه، تحتاج النيوترونات إلى التفاعل مع اليورانيوم المنشطر بمعدل مناسب؛ فمعظم النيوترونات المحررة نتيجة انشطار ذرات اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ تتحرك بسرعات عالية جدًا، لذا تسمى النيوترونات السريعة. وبالإضافة إلى ذلك فاليورانيوم الذي يوجد طبيعيًا يحتوي على أقل من 1% من نظير اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ وأكثر من 99% من نظير اليورانيوم $^{238}_{92}\text{U}$. وعندما تمتص نواة $^{238}_{92}\text{U}$ نيوترونًا سريعًا لا تنشط، ولكنها تصبح نظيرًا جديدًا $^{239}_{92}\text{U}$. إن امتصاص النيوترونات بواسطة $^{238}_{92}\text{U}$ يمنع معظم النيوترونات من الوصول إلى ذرات $^{235}_{92}\text{U}$ الانشطارية. ومن ثم فمعظم النيوترونات المحررة نتيجة انشطار $^{235}_{92}\text{U}$ غير قادرة على إحداث انشطار لذرة أخرى من $^{235}_{92}\text{U}$.

وللسيطرة على التفاعل تفتت اليورانيوم إلى قطع صغيرة توضع في مهدئ؛ وهو مادة يمكن أن تبطئ النيوترونات السريعة. وعندما يصطدم النيوترون بذرة خفيفة ينقل عزمه وطاقته إلى تلك الذرة. وهذه الطريقة يخسر النيوترون طاقة. وهكذا فإن المهدئ يبطئ الكثير من النيوترونات السريعة إلى سرعات يمكن عندها امتصاصها بسهولة أكثر بواسطة $^{235}_{92}\text{U}$ مقارنة مع $^{238}_{92}\text{U}$. والعدد الأكبر من النيوترونات البطيئة يزيد إلى حد كبير من احتمال انشطار نواة $^{235}_{92}\text{U}$ ، وقد يحدث تفاعلًا آخر. وإذا توافرت كمية كبيرة من نظير اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ في العينة يمكن أن يحدث تفاعل متسلسل. ولزيادة نظير اليورانيوم القابل للانشطار يمكن تخصيب اليورانيوم؛ وذلك بإضافة كمية أكبر من $^{235}_{92}\text{U}$ ، علمًا بأن نوعي اليورانيوم يستخدمان في المفاعلات النووية.

الشكل 7-11 يعود التوهج إلى تأثير كرينكوف، الذي يحدث عندما تدخل جسيمات إلى الماء بسرعة عالية جدًا تتجاوز سرعة الضوء في الماء. وتبعث الإلكترونات فوتونات تسبب توهجًا للماء عندما توضع قضبان الوقود داخله. ولا ينتج هذا التوهج عن النشاط الإشعاعي.



تحفيز

نشاط

الكتلة الحرجة اطلب إلى الطلاب دراسة الظروف اللازم توافرها لاستمرار التفاعلات المتسلسلة المضبوطة وغير المضبوطة. فالأسلحة النووية مثلًا التي تحتاج إلى كميات محددة (الكتلة الحرجة) من اليورانيوم العالي التخصيب $^{235}_{92}\text{U}$ لكي يبدأ التفاعل المتسلسل غير المضبوط. اطلب إلى الطلاب أن يفسروا ذلك. إذا كانت كتلة $^{235}_{92}\text{U}$ ليست كبيرة بالقدر الكافي (أقل من الكتلة الحرجة) فإن الكثير من النيوترونات ستغادر المادة قبل أن يكون بإمكانها بدء الانشطار في ذرات أخرى، عندما يتم جمع ما يكفي من $^{235}_{92}\text{U}$ معًا، فإن النيوترونات البطيئة الأولية سوف تُحدث انشطارات أكثر ونيوترونات أكثر قبل أن تغادر المادة والبدء في التفاعل المتسلسل. **3م منطقي-رياضي.**

تجربة

نمذجة الاضمحلال الإشعاعي

الهدف بناء نموذج الانحلال الإشعاعي.

المواد والأدوات 50 قطعة نقدية، وكأس كبيرة تتسع لأي مزج من القطع النقدية. تأكد أن الطلاب يفهمون أن القطع النقدية المختلفة لا تمثل عناصر مختلفة.

النتائج المتوقعة سيتم إزالة نصف القطع النقدية تقريباً عند كل رمية. سيلزم سبع رميات تقريباً قبل أن تختفي كل القطع النقدية التي وجه الشعار فيها إلى أعلى.

التحليل والاستنتاج

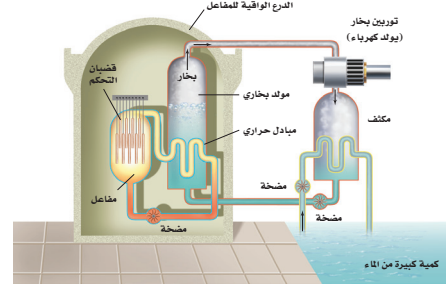
4. يجب أن يشابه الرسم البياني للاضمحلال الرسم الموجود في الشكل 4-11. ابدأ عند النقطة 50 لعمر النصف صفر، ثم ابدأ في إنقاص النقاط حتى الصفر.

بيانات العينة : 0، 2، 3، 9، 19، 28، 50

5. سيتشابه الرسم البياني في الرسوم البيانية الفردية، ولكن قد يختلف تدريج المحور العمودي. ستبقى تأخذ 7 مضاعفات لعمر النصف ولعدد الشعارات حتى تتناقص إلى الصفر.

6. إن إضافة النتائج تزيد عدد القطع النقدية في كل رمية. والأعداد الكبيرة تخفف من حدة التغيرات الإحصائية؛ لذلك فإن تجميع أكبر عدد من البيانات يعني أن الرسم البياني يصبح أقرب لما هو متوقع نظرياً.

الشكل 8-11 في محطة الطاقة النووية تتحول الطاقة الحرارية المتحررة من التفاعلات النووية إلى طاقة كهربائية.



مفاعل الماء المضغوط هو أحد أنواع المفاعلات النووية، ويحتوي على 200 طن متري من اليورانيوم مغلفة بإحكام بمئات القضبان الفلزية. ويتم غمر القضبان في الماء، كما في الشكل 7-11. ولا يعمل الماء مهادناً فقط، بل ينقل أيضاً الطاقة الحرارية بعيداً عن انشطار اليورانيوم. وتوضع قضبان من فلز الكادميوم بين قضبان اليورانيوم، فيمتص الكادميوم النيوترونات بسهولة فيعمل مهادناً أيضاً. وتتحرك قضبان الكادميوم إلى داخل وخارج المفاعل للتحكم في معدل التفاعل المتسلسل؛ لذلك تسمى هذه القضبان قضبان التحكم. وعندما يتم إدخال قضبان التحكم كلياً داخل المفاعل تمتص عدداً كافياً من النيوترونات المتحررة نتيجة التفاعلات الانشطارية، وبذلك تمنع حدوث تفاعل متسلسل آخر. وعند رفعها من المفاعل يزداد معدل الطاقة المحررة؛ بسبب توافر نيوترونات حرة أكثر كافية لاستمرار حدوث التفاعل المتسلسل.

وتسخن الطاقة المتحررة من الانشطار الماء المحيط بقضبان اليورانيوم، لكن الماء نفسه لا يغلي؛ لأنه تحت ضغط كبير جداً، يزداد من درجة غليانه. وكما هو موضح في الشكل 8-11. يضخ هذا الماء إلى مبادل الحرارة، فيسبب غليان ماء آخر منتجاً بخاراً يعمل على إدارة التوربينات. وهذه التوربينات موصولة بمولدات لتوليد الطاقة الكهربائية.

إن انشطار نواة $^{235}_{92}\text{U}$ ينتج ذرات كربتون Kr ، وباريوم Ba وبعض الذرات الأخرى في قضبان الوقود. ومعظم هذه الذرات مشعة. وبعد سنة تقريباً يجب استبدال بعض قضبان اليورانيوم التي لا يمكن إعادة استخدامها في المفاعل، لكنها تبقى مشعة بمقدار كبير، لذا يجب أن تخزن في موقع آمن. وحالياً يتم تطوير أساليب دائمة لتخزين هذه المخلفات الإشعاعية الناتجة.

الاندماج النووي Nuclear Fusion

في عملية الاندماج النووي تندمج أنوية كتلتها صغيرة لتكوين نواة ذات كتلة كبيرة، كما في الشكل 9-11؛ حيث تتحرر طاقة نتيجة هذه العملية. وقد درست في هذا الفصل أن النواة الأكبر تكون طاقة ربطها أكبر، لذا تكون كتلتها أقل من مجموع كتل النيوكليونات الأصغر. وهذا النقص في الكتلة يعتمد على مقدار الطاقة المحررة.

والعمليات التي تحدث في الشمس مثال على عملية الاندماج النووي؛ حيث تندمج أربع أنوية هيدروجين (بروتونات) خلال عدة مراحل لتكوين نواة هيليوم واحدة. إن

الفيزياء في الحياة

نشاط

تشكيل العناصر إن تشكيل العناصر الأثقل من الهيدروجين يتطلب عملية اندماج نووي. اسأل الطلاب: من أين تأتي كل المادة الموجودة في الكون؟ من القواعد الروتينية أن النجوم تنتج تفاعلات نووية ساخنة جداً ومتفجرة عندما يندمج الهيدروجين ويتحول إلى هيليوم. الأنوية الثقيلة ومنها السليكون تنتج في بطون النجوم. وعندما تحدث بعض الحالات النادرة بالقرب من نهاية نشوء النجوم فإن مجموعة معقدة من التفاعلات النووية الحرارية العالية الطاقة التي ترافق انهيار النجم سريعاً تؤدي إلى نشوء نجوم مسعرة أو انفجار نجم فوق مستعر. وتتكون العناصر الثقيلة حتى اليورانيوم في مثل هذه الانفجارات.

2م بصري-مكاني

3. التقويم

التحقق من الفهم

الطاقة الكيميائية مقابل الطاقة النووية إن

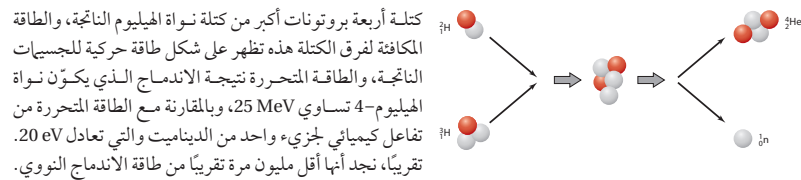
نسبة الطاقة المتحررة من الاندماج النووي لنواة الهيليوم إلى تلك الطاقة المتحررة بواسطة جزيء واحد ثلاثي من TNT المتفجر كيميائياً تساوي تقريباً 1.25×10^6 . اسأل الطلاب ما كتلة TNT (كتلته المولية 227 g/mol) التي تكافئ طاقة الانفجار لاندماج 1.00 g من الهيليوم. (الكتلة المولية للهيليوم 4.00 g/mol) $1.00 \text{ g من الهيليوم He}$ تكافئ 0.250 mol. طاقة الانفجار نفسها سوف تنتج $(0.250 \text{ mol}) (1.25 \times 10^6) = 3.13 \times 10^5 \text{ mol}$

من مادة TNT؛ حيث

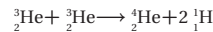
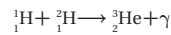
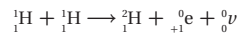
$(3.13 \times 10^5 \text{ mol}) (227 \text{ g/mol}) = 7.09 \times 10^7 \text{ g}$
أو 71000 kg من TNT. **2م** منطقي-رياضي

التوسع

الرادون تعتبر النظائر التي تحدث طبيعياً لبعض العناصر الثقيلة كاليورانيوم والثوريوم هي أساساً لسلاسل الاضمحلال الإشعاعي المتعددة. نظير اليورانيوم $^{238}_{92}\text{U}$ (عمر النصف 4.51×10^9 سنة) ينحل خلال عدة مراحل إلى الرادون $^{222}_{86}\text{Rn}$ (عمر النصف 3.82 أيام)، الذي يكون غازاً في درجة حرارة الغرفة. تعاني بعض المنازل من بعض المشكلات بسبب هذا الغاز المشع الذي ينتج عن تحلل طبيعي للراديوم في القشرة الأرضية حيث يدخل ويتراكم في المساحة الداخلية للمنزل ويستنشقه المقيمون في المنزل. اسأل الطلاب: كيف يكون لهذه المنازل مشكلة مع الرادون على الرغم من أن عمر النصف له لا يتجاوز أربعة أيام؟ لأن الرادون ناتج عن تحلل اليورانيوم، الذي له عمر نصف طويل جداً، ويتم استخراج الرادون دائماً من تحت سطح الأرض وبالقرب من المنازل المتضررة. لمزيد من المعلومات يبحث الطلاب عن مفهوم التوازن الإشعاعي أو التوازن العالمي (معدل الإنتاج يساوي معدل الاضمحلال). **3م** بصري-مكاني



البروتون باللون الأحمر، والنيوترون باللون الرمادي في الشكل.



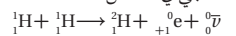
وأول تفاعلين يجب أن يحدثا مرتين لإنتاج جسيمين ^3_2He يلزمان لإحداث التفاعل الأخير. والنتيجة النهائية (حذف البروتونين الناتجين في المرحلة الأخيرة)، هي أن أربعة بروتونات تنتج ذرة ^4_2He واحدة وبوزيترونين وجسيمين نيوتريو.

إن قوة التنافر بين النوى المشحونة تتطلب أن تكون طاقة النوى المندمجة عالية جداً؛ لذلك لا تحدث تفاعلات الاندماج إلا عندما يكون للنوى كمية هائلة من الطاقة الحرارية. وتحتاج سلسلة بروتون-بروتون إلى درجة حرارة $2 \times 10^7 \text{ K}$ ، كتلك التي وجدت في مركز الشمس. وبنفس الكيفية تحدث تفاعلات الاندماج في القنبلة الهيدروجينية، أو القنبلة الحرارية النووية. فنحصل على درجة الحرارة العالية الضرورية لإحداث التفاعل الاندماجي في هذه القنبلة من انشطار اليورانيوم أو القنبلة الذرية.

11-2 مراجعة

نواقي ديوتيريوم ^2H ، ويحتوي جزيء الديوتيريوم على ذرتي ديوتيريوم. لماذا لا تتعرض الذرات لعملية الاندماج؟

33. طاقة احسب الطاقة المتحررة في أول تفاعل نووي اندماجي في الشمس.



34. التفكير الناقد تستخدم بواص ألفا في كواشف التدخين. فيوضع باعث على أحد ألواح المكثف. وتصطدم جسيمات α باللوح الآخر، ونتيجة لذلك يتولد فرق في الجهد بين اللوحين. فسر وتوقع أي اللوحين يكون له جهد موجب أكبر.

28. اضمحلال بيتا كيف يمكن إطلاق إلكترون من النواة في اضمحلال بيتا إذا لم تحتو هذه النواة على الإلكترونات؟

29. التفاعلات النووية تخضع نظير البولونيوم $^{210}_{84}\text{Po}$ لاضمحلال ألفا. اكتب معادلة التفاعل.

30. عمر النصف استخدم الشكل 4-11 والجدول 11-2 لتقدير عدد الأيام اللازمة لانخفاض نشاطية نظير اليود $^{131}_{53}\text{I}$ إلى ثلاثة أثمان الكمية الأصلية.

31. المفاعل النووي يستخدم الرصاص واقياً من الإشعاع. لماذا لا يمكن اعتباره خياراً جيداً ليكون مهدئاً في المفاعل النووي؟

32. الاندماج النووي يحتوي تفاعل اندماجي واحد على



المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneduction.com

11-2 مراجعة

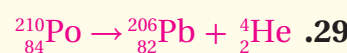
النيوترونات لذلك يمكن أن تمتص بواسطة المواد الانشطارية.

32. يجب أن تتحرك الأنوية داخل الجزيء بسرعة كبيرة جداً حتى تخضع للاندماج.

33. 0.931 MeV

34. اللوحة التي تتعرض للقذف بجسيمات ألفا لها جهد موجب كبير لأن جسيمات ألفا الموجبة تحرك الشحنة الموجبة من لوحة الباعث إلى لوحة القذف.

28. في النواة يتحول النيوترون إلى بروتون ويطلق إلكترون (بيتا) وأنتينيوترينو.



30. من خلال الرسم البياني، يتبقى 3/8 بعد مرور 1.4 عمر نصف. من الجدول عمر النصف 8.07 أيام، لذلك سوف يستغرق 11 يوماً.

31. يستخدم الرصاص درعاً إشعاعياً؛ لأنه يمتص الإشعاع متضمناً النيوترونات، بينما المهدي يجب فقط أن يبطئ

1. التركيز

نشاط محفز

انحراف الجسيمات استخدم جهاز راسم الذبذبات وقضيين مغناطيسيين لإظهار الطرائق التي يتم بواسطتها التحكم في حزم الجسيمات في المسارعات. إذا لم يكن جهاز راسم الذبذبات متوافقاً فمن الممكن إيضاح انحراف حزم الجسيمات؛ وذلك بتقريب القضيب المغناطيسي إلى جانب أي أنبوب أشعة كاثود (CRT) في جهاز التلفاز أو شاشة الحاسوب. استخدم تلفازاً (أبيض - أسود) قديماً إذا كان متوافقاً؛ لأن هذا التلفاز يعود إلى وضعه الطبيعي بينما التلفاز الملون أو الشاشة الملونة لا يعودان. **2م بصري- مكاني**

الربط مع المعرفة السابقة

الفيزياء الذرية والفيزياء النووية الكثير من المصطلحات والمفاهيم الفيزيائية الواردة في هذا الجزء قد مرت بك في الجزئين 11-2، 11-1 وفي بعض الفصول السابقة من هذا الكتاب، ويكثر استخدامها عند دراسة فرعي الفيزياء الذرية والفيزياء النووية، وأهمها: إشعاع ألفا، بيتا، وجاما، والمجال الكهربائي، والجهد، والسرعة، والتسارع، والإلكترون فولت، والمجال المغناطيسي، والتأين، وحفظ الطاقة والزخم، والقوة النووية القوية.

2. التدريس

تطوير المفهوم

- **طاقة الجسيم** أشر إلى أنه قد عرّف الإلكترون فولت eV على أنه يساوي $1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$.
- **المسارعات الدائرية** تستخدم كل من المسارعات الخطية والمسارعات الدائرية طرائق تسارع متماثلة؛ لكن في الآلات الدائرية تُستخدم المجالات المغناطيسية لتجعل مسار الجسيمات منحنيًا كالشكل الدائري. والمسارعات الدائرية أكثر إحكامًا.

الأهداف

- تصف عمل مسارعات الجسيمات وكواشف الجسيمات.
- تصف النموذج المعياري للمادة، وتفسر دور حاملات القوة.

المفردات

- الكواركات
- الليبتونات
- النموذج المعياري
- حاملات القوة
- إنتاج الزوج
- القوة النووية الضعيفة

■ الشكل 10-11 المسارع الخطي في جامعة ستانفورد طوله 3.3 km ويعمل على تسريع الإلكترونات إلى طاقات 20 GeV (a). تسارع بروتونات في مسارع خطي عن طريق تغيير الشحنة في الأنابيب في أثناء حركة البروتونات (b). (القياسات لا تعتمد مقياسًا).

عندما درس الفيزيائيون الأوائل النواة بواسطة الجسيمات ذات السرعات العالية، كان عليهم استخدام جسيمات ألفا من مصادر مشعة. وقد استخدم مجربون آخرون الأشعة الكونية التي تنتج عن عمليات لم تفهم بصورة كاملة حتى الآن في النجوم والمجرات. وفي بداية عام 1930م طُورت أول أجهزة مختبرية استطاعت مسارعة البروتونات وجسيمات ألفا لتكسيها طاقة كبيرة كافية لاختراق نواة الهدف. وفي الوقت الحاضر يستخدم جهازان لهذا الغرض هما: المسارع الخطي، والسنترون بشكل منتظم.

المسارعات الخطية Linear Acceleration

يستخدم المسارع الخطي لمسارعة البروتونات أو الإلكترونات، ويتكون المسارع من سلسلة من الأنابيب المجوفة داخل حجرة طويلة مفرغة، وهذه الأنابيب موصولة بمصدر جهد متناوب عالي التردد يولد مجالاً كهربائياً، كما في الشكل 10-11. وتُنْتِج البروتونات في مصدر أيوني. وعندما يطبق جهد سالب على الأنبوب الأول تتسارع البروتونات الداخلة له. ولا يوجد مجال كهربائي داخل الأنبوب لكن المجال الكهربائي يوجد في الفجوات بين الأنابيب، لذلك تتحرك البروتونات داخله بسرعة ثابتة. ويعدل كل من طول الأنبوب وتردد الجهد، بحيث عندما تصل البروتونات إلى النهاية البعيدة له يصبح جهد الأنبوب الثاني سالباً بالنسبة للأنبوب الأول. فيعمل المجال الكهربائي المتكوّن في الفجوة بين الأنابيب على مسارعة البروتونات في الفجوات قبل دخولها إلى داخل الأنبوب الثاني. تستمر هذه العملية بحيث تبقى البروتونات تتسارع في الفجوات بين كل زوج من الأنابيب. تزداد طاقة البروتون بمقدار 10^6 eV بتأثير كل تسارع. وتركب البروتونات على قمة موجة المجال الكهربائي، كما تركب الموجة في المحيط. وفي نهاية المسارع تكون البروتونات قد اكتسبت عدة ملايين أو بلايين الإلكترون فولت من الطاقة.

وهناك طرائق أخرى ماثلة تستخدم لمسارعة الإلكترونات. لاحظ أن هذا النوع من المسارعات يعمل على تسارع الجسيمات المشحونة فقط.



11-3 إدارة المصادر

الملف الخاص بمصادر الفصول 7-11

اختبار قصير 3-11 ص 146

شريحة التدريس 5-11 ص 158

ربط الرياضيات مع الفيزياء

تقويم الفصل 11 ص 160

ورقة عمل مختبر الفيزياء ص 133

استخدام التشابه

التأرجح تستقبل الجسيمات في جهاز السنكروترون دفعات من المجال الكهربائي المتناوب بعدد صحيح من المرات حتى تزداد الطاقة تدريجيًا. هذا الجانب للسنكروترون يتشابه مع طفل يُدفع على أرجوحة عند تردد الرنين. عند هذا التردد تعزز الدفعات التسارع الأقصى لمجال الجاذبية الأرضية في كل دورة. وتكون النتيجة زيادة تدريجية في طاقة نظام الطفل -الأرجوحة.

التفكير الناقد

مصادر الجسيمات المصدر المعتاد للبروتونات المستخدمة في المسارعات هو غاز الهيدروجين المتأين. اسأل الطلاب: ما الذي يمكن أن يشكل مصدرًا مناسبًا لجسيمات ألفا؟ ذرات غاز الهيليوم، التي تتحول إلى جسيمات ألفا عندما تتأين ثنائيًا. **2 م منطقي-رياضي**

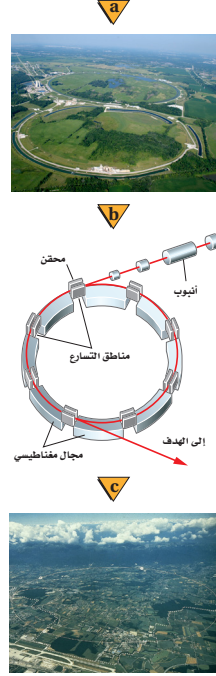
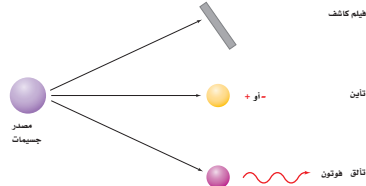
The Synchrotron السنكروترون

يمكن أن يصنع المسارع ليكون أصغر باستخدام المجال المغناطيسي لثني مسار الجسيمات فيصبح دائريًا. في جهاز السنكروترون تفصل مناطق الثني المغناطيسي بمناطق تسارع، كما في الشكل 11-11b. في المناطق المستقيمة يسارع الجهد المتناوب العالي التردد الجسيمات، إن شدة المجال المغناطيسي وطول المسار يتم اختيارهما بحيث تصل الجسيمات إلى موقع المجال الكهربائي المتناوب بالضبط عندما تعمل قطبية المجال على تسارعها. إن إحدى أجهزة السنكروترون الضخمة التي تعمل الآن موجودة في مختبر مسارع فيرمي الوطني بالقرب من شيكاغو، الموضح في الشكل 11-11a حيث تصل طاقة البروتونات فيه إلى $1 \text{ TeV } (10^{12} \text{ eV})$. ينتقل شعاع البروتون وشعاع ضديد البروتون في اتجاهات متعاكسة في المسار الدائري (ضديد البروتون جسيم له كتلة البروتون نفسها لكن شحنته معاكسة)، فتتصادم الأشعة في مناطق تفاعلات متعددة، وتدرس النتائج. يبين الشكل 11-11c منظرًا خارجيًا للمسارع سيرين الأوروبي وهو أكبر مختبر للفيزياء الحديثة في العالم أما باقي المسارع فهو موجود تحت الأرض وفي هذا المسارع أجريت تجربة تصادم البروتونات التي نتج عنها مضاد (أنتي) بروتون.

كواشف الجسيمات Paricle Detectors

عندما تنتج الجسيمات لا بد من الكشف عن نتائج التصادم؛ أي أنها تحتاج إلى التفاعل مع مادة بطريقة معينة بحيث نستطيع الإحساس بها بحواسنا الإنسانية المحدودة نسبيًا. في ذلك توقف جسيم α ، رغم عدم إحساسك بأن الجسيم قد ارتطم بها. وفي اللحظة التي تقرأ فيها هذه العبارة، تعبر بلايين نيوترونات neutrinos الشمسية خلال جسمك دون أن تشعر بها. لذلك ابتكر العلماء في القرن الماضي أدوات لكشف وتمييز نواتج التفاعلات النووية.

درست أن عينات اليورانيوم كوّنت طبقة ضبابية على الصفائح الفوتوجرافية؛ فعندما اصطدمت جسيمات α أو جسيمات β أو أشعة جاما بالصفحة الفوتوجرافية أصبح لون الصفحة ضبابيًا. لذلك يمكن استخدام تلك الصفائح للكشف عن الإشعاع. تستخدم أجهزة أخرى عديدة للكشف عن الجسيمات المشحونة وأشعة جاما. ومعظم هذه الأجهزة تعمل على مبدأ الاستفادة من حقيقة أن تصادم الذرات مع جسيمات ذات سرعة عالية تعمل على تحرير الإلكترونات من الذرات، أي أن الجسيمات العالية السرعة تؤين المادة التي يُقذف بها. بالإضافة إلى ذلك تتألق (تلمع) بعض المواد، أو تبعث فوتونات عند تعرضها لأنواع معينة من الإشعاع. وهكذا فإن المواد الفلورية يمكن أن تستخدم أيضًا للكشف عن الإشعاع. وإليك الطرائق الثلاث للكشف عن الإشعاع موضحه في الشكل 11-12.



■ الشكل 11-11 سنكروترون مختبر فيرمي نصف قطره 2 km (a). السنكروترون عبارة عن مسارع دائري، تستخدم فيه المغناطيس لضبط المسار وتسارع الجسيمات (b) مسارع سيرين في أوروبا وهو أكبر مسارع في العالم (c).

■ الشكل 11-12 يمكن الكشف عن الجسيمات عندما تتفاعل مع المادة، أو تتعرض لفيلم كاشف، أو تشحن المادة، أو تسبب انبعاث فوتونات من المادة.

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

النتداوي بالبروتون أُخترع المسرع الدائري الأول (السيكلترون) عام 1929م على يد العالم إرنست لورنس، الذي نال لاحقًا جائزة نوبل لاختراعه. وما زال السيكلترون مستخدمًا حتى الآن كطريقة للنتداوي بالبروتون لعلاج الأورام الخبيثة، ومن ذلك العلاج باستخدام أشعة X والكوبلت؛ فالنتداوي بالبروتون يستخدم حزمة خارجية لنقل الإشعاع المؤين للأنسجة المصابة في داخل الجسم. ويمكن توجيه حزمة البروتونات للهدف بدقة أكبر مقارنة بالتقنيات الأخرى؛ لأنه عند سرعة محددة يختلف اختراق البروتونات بمقدار قليل جدًا. بالإضافة إلى ذلك فإن حزمة البروتونات مركزة جدًا ويمكن أن تتشكل في ثلاثة أبعاد لتناسب مع الورم، وتقلل الضرر للأنسجة السليمة المحيطة.

تعزير الفهم

الكشف الاستراتيجي الأساسية للكشف عن الجسيم
تتمثل في تنظيم طريقة ما لجمع الشحنة الناتجة عندما تتفاعل الجسيمات مع المادة. اسأل الطلاب: ما العملية الفيزيائية التي تحدث لتنتج النقطة المسموعة في مكبر الصوت عندما يؤين الجسم المشحون أو أشعة جاما الذرة في الأنبوب المملوء بالغاز المتصل مع عداد جايجر بواسطة أسلاك جهد عالٍ؟ يسارع المجال الكهربائي الإلكترون الذي نتج عن التأين الأول للجزيء، فيصطدم ذلك الإلكترون مع جزيء آخر ويؤينه وفي النهاية يتكون سيل من الأيونات. تنتج الشحنة نبضة كهربائية يتم تضخيمها وتشكيلها فتحرك ملف الصوت في مكبر الصوت. **2 م**

مصادر الفصول 7-11

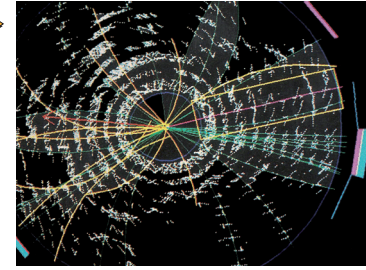
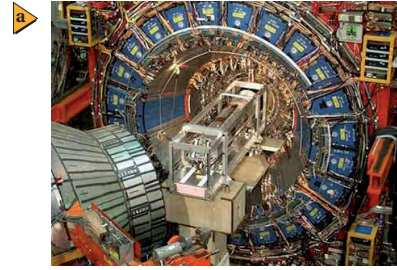
شريحة التدريس 11-5

الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com.sa



الشكل 11-13 تظهر صورة حجرة فقاصة اللون الوهمية مسارات الجسيمات المشحونة.

الشكل 11-14 في مختبر فيرمي، يسجل الكاشف التصادمي المسارات الناتجة عن بلايين التصادمات (a). صورة حاسوبية للكاشف التصادمي في مختبر فيرمي لحالة الكوارك العلوي (b).



عداد جايجر يحتوي أنبوب عداد جايجر - مولر على أسطوانة نحاسية ذات شحنة سالبة. يوضع أسفل مركز هذه الأسطوانة سلك شبك موجب الشحنة، بحيث يبقى فرق الجهد المطبق على السلك والأسطوانة دون النقطة التي يحدث عندها التفريغ التلقائي للشحنات أو الومضة. عندما يدخل جسيم مشحون أو أشعة جاما إلى الأنبوب، يؤين ذرة غاز بين أسطوانة النحاس والسلك، فيتسارع الأيون الموجب الناتج في اتجاه الأسطوانة تحت تأثير فرق الجهد، فيتسارع إلكترون في اتجاه السلك الموجب. وتولد حركة الجسيمات المشحونة في اتجاه الأقطاب سيلًا من الجسيمات المشحونة، فتولد نبضة التيار خلال الأنبوب.

مسارات التكايف أول جهاز استخدم للكشف عن الجسيمات كان حجرة غيمة ولسون. تحتوي هذه الحجرة على منطقة مشبعة ببخار الماء أو بخار الإيثانول. وعندما تنتقل الجسيمات المشحونة خلال الحجرة تترك أثرًا من الأيونات في مسارها، فيتكاثف البخار على شكل قطرات صغيرة على تلك الأيونات. وبهذه الطريقة تتكون مسارات مرئية من القطرات، أو الضباب. وفي الكشف المماثل الذي لا يزال يستخدم حتى الآن، والمسمى بحجرة الفقاعة، تعبر الجسيمات المشحونة خلال سائل تبقى درجة حرارته فوق درجة الغليان. في هذه الحالة فإن مسار الأيونات يسبب تكوّن فقاعات بخار تحدد مسارات الجسيمات، كما في الشكل 11-13.

أنتجت التقنية الحديثة حجرات كشف تسمى حجرات سلك تشبه أنابيب جايجر - مولر العملاقة. وتفصل الصفائح الكبيرة بفجوة صغيرة مملوءة بغاز ذي ضغط منخفض. يحدث التفريغ الكهربائي في مسار الجسيم الذي يعبر خلال الحجرة فيكشف الحاسوب عن التفريغ، ويسجل موقعه لتحليل التالي.

الجسيمات المتعادلة كهربائيًا لا تغادر المسارات؛ لأنها لا تُحدث تفريغًا. ويمكن استخدام قوانين حفظ الطاقة وحفظ الزخم في التصادمات لتبين ما إذا أنتجت جسيمات متعادلة. وتستخدم كواشف أخرى لتقيس طاقة الجسيمات. تستخدم مجموعة متكاملة من أجهزة الكشف في تجارب المسارعات العالية الطاقة، ومنها الكاشف التصادمي في مختبر فيرمي، الذي يصل ارتفاعه إلى ارتفاعه إلى بناء من ثلاث طوابق، كما هو موضح في الشكل 11-14a. صمم الكاشف التصادمي في مختبر فيرمي لرصد ربع مليون تصادم للجسيم في الثانية. يعمل الكاشف كأداة تصوير كتلتها 5000 طن، لتكوين صورة حاسوبية لحالات التصادم، كما هو موضح في الشكل 11-14b.

مشروع فيزياء

نشاط

كواشف الحالة الصلبة تستخدم بلورة السليكون أو الجرمانيوم التي صنعت لكي تعمل كدايود كبير في كاشف الحالة الصلبة. فعندما يطبق جهد عكسي على مثل هذا الكاشف فإن أشعة جاما التي تدخله سوف تولد أزواجًا (إلكترون- فجوة) يمكنه أن ينتقل كالنبضات الكهربائية إلى محلل النبضات العالية، فيعمل المحلل على جمع النبضات، وتصنيفها وفق المقدار، فيعرض طيفًا لطاقة أشعة جاما. اطلب إلى الطلاب كتابة بحث عن هذا النظام، ويجب أن يفسروا أهمية أن نعرف بدقة طاقات أشعة جاما الموجودة في العينة. **يسمح هذا**
بتحديد هوية النويدات التي تشكل مصدر أشعة جاما. 2 م منطقي-رياضي



حجرة الضباب

الزمن المقدّر عشرة دقائق

المواد والأدوات حجرة ضباب صغيرة،

كحول، 2 كيلو جرام من جليد جاف، ومصدر ألفا على إبرة.

تحذير: تجنب التعرض للمصدر المشع (لفترة طويلة) وتعامل معه بحذر شديد.

الخطوات حضر حجرة الضباب بغمر قطعة من القماش في الكحول. ضع الإبرة المشعة بجانب حجرة الضباب، ومن ثم ضع الحجرة في كتلة من الجليد الجاف. عندما تصبح الحجرة باردة جدًا يجب أن تكون قادرًا على مشاهدة مسارات الإشعاع. سوف تنطلق جسيمات ألفا بعيدًا عن الإبرة، مخلّفة وراءها نفاثات لحظية في بخار الكحول.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

مكونات الذرة أكدت الدروس العلمية في السنوات السابقة على أن الجسيمات الذرية الأساسية هي: البروتون والنيوترون والإلكترون. لكن منذ عام 1940م، تم اكتشاف العديد من الجسيمات دون النووية.

ضديد المادة Antimatter

في بداية عام 1920م توقع بول ديراك وجود ضديد جسيم خاص بكل نوع من الجسيمات. والإلكترون الموجب الذي يسمى بوزترون مثال على ضديد الجسيم. ولالإلكترون والبوزترون نفس الكتلة ومقدار الشحنة، ومع ذلك فإن إشارتي شحنتيهما متعاكستان. وعندما يصطدم إلكترون وبوزترون معًا فإن كلاهما يُفني الآخر، وينتج عن ذلك طاقة على شكل أشعة جاما، كما هو موضح في الشكل 11-15.

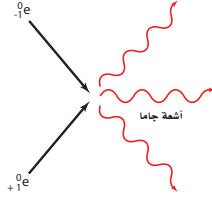
الجسيمات Particles

لقد كان نموذج الذرة الذي اكتشف عام 1930م بسيطًا للغاية؛ فالذرة فيه مكونة من بروتونات ونيوترونات محاطة بالإلكترونات. ثم عملت الدراسات العميقة للاضمحلال الإشعاعي على تشويش هذه الصورة البسيطة. فبينما جسيمات ألفا وأشعة جاما التي تنبعث من النواة المشعة لها طاقات أحادية تعتمد على النواة المضمحلة، فإن جسيمات بيتا تنبعث بمدى واسع من الطاقات. وقد يظن البعض أن طاقة جسيمات بيتا تتساوى الفرق بين طاقة النواة قبل الاضمحلال وطاقة النواة الناتجة عن الاضمحلال. والحقيقة أن المدى الواسع لطاقات الإلكترونات المنبعثة خلال اضمحلال بيتا نهت العالم نيلز بور إلى وجود جسيم آخر يمكن أن يشارك في التفاعل النووي؛ حيث يحمل جزءًا من الطاقة. توقع العالمان باولي عام 1931م وفيرمي عام 1934م وجود جسيم متعادل غير مرئي ينبعث مع جسيم بيتا. وقد أطلق عليه فيرمي اسم النيوتريينو، ويعني في الإيطالية "جسيم صغير متعادل". ولكن في الواقع فإن هذا الجسيم كان أنثي نيوتريينو، ولم يلاحظ مباشرة حتى عام 1956م. أظهرت دراسات أخرى وجود جسيمات أخرى، منها الميون الذي يبدو كالإلكترون خفيف، وقد اكتشف عام 1937م. ففي عام 1935م شجعت فرضية الفيزيائي الياباني هيديكي يوكاوا الجديدة بالاهتمام على إجراء بحوث كثيرة في السنوات التالية؛ حيث افترض يوكاوا وجود جسيم جديد يستطيع حل القوة النووية خلال الفراغ، تمامًا كما يحمل الفوتون القوة الكهرومغناطيسية. وفي عام 1947م اكتشف الجسيم المفترض وهو البيون. وعلى الرغم من أنه لم يكن يحمل القوة النووية القوية، لكنه كان نوعًا جديدًا من المادة.

لقد نتج عن التجارب التي أجريت على مسارات الجسيم معرفة المزيد عن جسيمات أخرى جديدة، بعضها ذو كتلة متوسطة، وبعضها الآخر ذو كتلة أكبر من كتلة البروتون. وتحمل شحنات موجبة أو سالبة، أو لا تحمل شحنة، وبعضها له فترة حياة 10^{-23} s، وبعضها الآخر فترة حياة غير محددة. من جهة أخرى سئل العالم فيرمي أن يجدد مسار جسيم ما عند نقطة معينة فأجاب "لو أستطيع أن أتذكر أسماء جميع هذه الجسيمات فعندئذ سأكون عالم نبات".

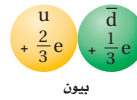
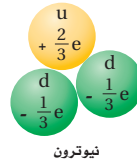
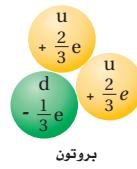
النموذج المعياري The Standard Model

لقد أصبح واضحًا في أواخر عام 1960م أن البروتونات والنيوترونات والبيونات ليست جسيمات أولية، بل مكونة من مجموعة من جسيمات تسمى الكواركات (quarks)، كما في الشكل 11-16. تنتمي الإلكترونات والنيوترونات إلى عائلة مختلفة تسمى ليبتونات (leptons). ويعتقد العلماء الآن وجود ثلاث عائلات من الجسيمات الأولية: الكواركات، واللبتونات وحاملات القوة (force carriers)، وتسمى أيضًا البوزونات. وهذا النموذج من مكونات بناء المادة يسمى النموذج المعياري. الجسيمات مثل البروتونات والنيوترونات التي تتكون من ثلاثة كواركات تسمى الباريونات.



الشكل 11-15 نتائج تصادم البوزترون والإلكترون في عملية إنتاج أشعة جاما

الشكل 11-16 بالرغم من أن للكواركات شحنات جزئية فإن جميع الجسيمات التي تتكون منها لها عدد صحيح من الشحنات.



الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

الليبتونات والهادرونات الليبتونات جسيمات وضديد الجسيمات التي لا تستجيب للقوة النووية القوية، ولكنها تستجيب لقوى الجاذبية، والقوة الكهرومغناطيسية، والقوة الضعيفة. الإلكترون والنيوتريينو والميون هي ليبتونات. تستجيب الهادرونات للقوة النووية القوية، وتنقسم إلى بايرونات وميزونات. ومن الأمثلة على الباريونات البروتون والنيوترون. ومن الأمثلة على الميزونات البيون والكيون. والهادرونات ذات حجم قابل للقياس وتتكون من كواركات.

المناقشة

سؤال لماذا لا تتحلل البروتونات والنيوترونات إلى كواركات تحت الظروف العادية؟

الإجابة تتماسك الكواركات معاً ضمن النيوترونات والبروتونات بقوى تتزايد عند فصل الكواركات كما في قوة النابض. إذا أضيفت طاقة كافية فإن (النابض) فاعلية الروابط تتكسر؛ حيث ينتج زوج الكوارك-ضديد الكوارك في موقع الكسر. والكواركات الحرة لا يمكن أبداً إنتاجها مهما زادت الطاقة. **م 2**

تطوير المفهوم

كتلة الفوتون لا يبدو أن إجراء تجربة - للتحقق من أن للفوتونات والبوزونات الأخرى كتلة سكونية- ممكناً. لكن من الممكن من خلال تجربة وضع حد أعلى لكتلة الفوتون. أظهرت نتائج التجارب أن الحد الأعلى هذا يكون حوالي 10^{-54} kg.

■ الجدول 3-11 يبين كيف تقسم الكواركات واللبتونات المعروفة إلى ثلاث عائلات، ويتكون عالم اليوم من جسيمات من عائلة اليد اليسرى (u, d, e) والجسيمات في المجموعة الوسطى (c, s, μ). موجودة في الأشعة الكونية، وتنتج بطريقة روتينية في مسرعات الجسيم، ويعتقد أن عائلة اليد اليمنى (b, t, τ) مستثارة قليلاً خلال اللحظات المبكرة للانفجار العظيم، وتوجد نتيجة التصادمات العالية الطاقة. ويحمل مقياس البوزونات القوى الكهرومغناطيسية الضعيفة والقوية وقوى التجاذب الكتلي، ويعبر عن الكتلة بمعادلات الطاقة المعطاة بمعادلة أينشتاين: $E = mc^2$

البوزونات	الكواركات واللبتونات	كتلة (MeV)
Z	الكوارك العلوي، الكوارك Top quark	$10^5 - 10^6$
W	الكوارك العلوي، الكوارك Top quark	$10^4 - 10^5$
	الكوارك السفلي، الكوارك Bottom quark	$10^3 - 10^4$
	الكوارك العلوي، الكوارك charm	$10^2 - 10^3$
	الكوارك العلوي، الكوارك strange	$10^1 - 10^2$
	الكوارك السفلي، الكوارك down quark	$10^0 - 10^1$
	الكوارك العلوي، الكوارك up quark	$10^{-1} - 10^0$
	الكوارك العلوي، الكوارك up quark	$10^{-7} - 10^{-1}$
	الكوارك السفلي، الكوارك down quark	$10^{-8} - 10^{-7}$
	الكوارك العلوي، الكوارك up quark	$10^{-9} - 10^{-8}$

الزوج المكون من الكوارك وضديد الكوارك؛ مثل البون الذي يسمى ميزوناً أيضاً. وهناك نوع جديد من الجسيمات يتكون من أربعة كواركات وضديد كوارك واحد، يسمى بنتاكوارك، ومن المحتمل أن يكون قد شوهد مؤخراً. وهناك جسيمات تتكون من ستة كواركات وستة لبتونات. والكواركات واللبتونات تشكل المادة، بينما حاملات القوة جسيمات تنقل القوى. فمثلاً تحمل الفوتونات القوة الكهرومغناطيسية، وتحمل الجلوونات الثمانية القوى النووية القوية التي تربط الكواركات في الباريونات والميزونات. أما جلوونات الثلاثة الضعيفة فهي متضمنة في إشعاع بيتا.

الجرافيتون اسم يطلق على حامل قوة الجاذبية الأرضية الذي لم يكتشف حتى الآن. وقد تم تلخيص خصائص الجسيمات الأولية التي تمثل أساس النموذج المعياري في الجدول 3-11 حيث أشير باللون الأحمر إلى الكواركات واللون الأخضر إلى اللبتونات بينما أشار اللون الأزرق إلى حاملات القوة.

البروتونات والنيوترونات Protons and Neutrons

نموذج الكوارك يصف النيوكليونات (البروتونات والنيوترونات)، بوصفه تجمعاً من الكواركات. وكل نيوكليون مكون من ثلاثة كواركات، فيتكون البروتون من اثنين من الكواركات العلوية (up quarks) (شحنة $+\frac{2}{3}e$)، وكوارك سفلي واحد (down quarks) (شحنة $-\frac{1}{3}e$)، ويعبر عن البروتون بالرمز $p = uud$. فشحنة البروتون عبارة عن مجموع شحنات ثلاثة كواركات $(\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3})e = +e$. بينما يتكون النيوترون من كوارك واحد علوي واثنين من الكواركات السفلية $n = udd$ ؛ فشحنة النيوترون صفر. $(\frac{2}{3} + -\frac{1}{3} + -\frac{1}{3})e = 0$. لا يمكن مشاهدة الكواركات الحرة المنفردة؛ لأن القوة القوية التي تربطها مجتمعة معاً تصبح أكبر كلما اندفعت الكواركات ليلتعد بعضها عن بعض. في مثل هذه الحالة، تعمل القوة القوية كقوة النابض، فهي لا تشبه القوة الكهربائية التي تصبح أضعف كلما تحركت الجسيمات مبتعدة بعضها عن بعض. وتنقل القوة القوية في نموذج الكوارك بواسطة الجلوونات.

الخلفية النظرية للمحتوى

معلومة للمعلم

المادة وضديد المادة اكتشف علماء الفيزياء الفلكية أن الكون في الوقت الحاضر يحتوي على كمية من المادة أكبر كثيراً من ضديد المادة، مبددين بذلك الفكرة القائلة إنه إذا كان هناك تماثل متأصل بين المادة وضديد المادة في الانفجار الأعظم فسوف يستمر الإفناء المتبادل حتى تبقى الطاقة فقط. وهذا التباين الذي ربما يكون قد بدأ خلال 10^{-35} s تماماً بعد بداية الكون كما نعرفه، فسره الفيزيائي الروسي أندريه سيخوروف بأنه نتيجة لعدم تحقق مخالفة الشحنة المرافقة C لمعكوس الشحنة الكهربائية وكل الأعداد الكمية الداخلية، وتكافؤ الثابتية P، ومعكوس الإحداثيات الفضائية ماعدا الزمن.

استخدام الشكل 11-18

يشير الرسم إلى الظروف التي قد تنشأ فيها الجسيمات. اسأل الطلاب عما إذا كان من الممكن للجسيم المنفرد أن يُجسد من طاقة. لا. الجسيم المنفرد لا يتجسد من طاقة، مع ذلك إذا كانت الطاقة المتوافرة أكبر أو تساوي $2mc^2$ (في هذه الصيغة، m هي كتلة الجسيم) فإن الجسيم وضديد الجسيم الخاص به يمكن أن ينشأ؛ لأن للجسيم وضديده شحنتين متساويتين، ولكنهما مختلفتان في الإشارة. وجميع قوانين الحفظ متحققة. 2م

تعزيز الفهم

حفظ الكتلة / الطاقة اطلب إلى الطلاب أن يحسبوا الطاقة اللازمة لإنتاج زوج النيوترون-ضديد النيوترون $E = 2(1.67 \times 10^{-27} \text{ kg})(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = 3.01 \times 10^{-10} \text{ J}$
 $E = (3.01 \times 10^{-10} \text{ J})(1 \text{ eV}/1.6 \times 10^{-19} \text{ J}) = 1880 \text{ MeV}$

2م منطقي-رياضي

التحولات بين الكتلة والطاقة

Conversions Between Mass and Energy

يمكن حساب كمية الطاقة التي تتولد نتيجة فناء جسيم باستخدام معادلة أينشتاين لتكافؤ الطاقة والكتلة $E = mc^2$. إن كتلة الإلكترون $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ وتساوي كتلة البوزترون. لذلك فإن الطاقة المكافئة للبوزترون والإلكترون معاً يمكن حسابها كما يلي:

$$E = 2(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})^2$$

$$E = (1.64 \times 10^{-13} \text{ J})(1 \text{ eV}/1.60 \times 10^{-19} \text{ J})$$

$$E = 1.02 \times 10^6 \text{ eV أو } 1.02 \text{ MeV}$$

عندما يكون كل من البوزترون والإلكترون في حالة سكون فإن كلاً منهما يفنى الآخر. ومجموع طاقات أشعة جاما المنبعثة هو 1.02 MeV . ويمكن أن يحدث أيضاً معكوس الفناء، أي أن الطاقة يمكن أن تتحول مباشرة إلى مادة. فإذا عبر شعاع جاما بطاقة 1.02 MeV على الأقل بالقرب من نواة فقد ينتج زوج من البوزترون والإلكترون.

$$\gamma \rightarrow e^- + e^+$$

يسمى تحويل الطاقة إلى زوج الجسيمات "مادة وضديد المادة" إنتاج الزوج. ولا يمكن أن تحدث التفاعلات منفردة مثل تفاعل $\gamma \rightarrow e^- + \gamma$ ؛ لأن مثل هذه التفاعلات لا تحقق قانون حفظ الشحنة. وكذلك تفاعلات $\gamma \rightarrow e^- + p$ لا تحدث أيضاً. فالزوج يجب أن يكون الجسيم وضديد الجسيم الخاص به.

جسيمات المادة وضديد المادة توجد في أزواج. ويوضح الشكل 11-17 إنتاج زوج بوزترون - إلكترون؛ حيث يعمل المجال المغناطيسي حول حجرة الفقاعة على ثني مسارات الجسيمات المتعاكسة الشحنة لتتحرك في اتجاهات متعاكسة. ولا تتبع أشعة جاما المنتجة المسار. وإذا كانت طاقة أشعة جاما أكبر من 1.02 MeV فإن الفائض في الطاقة يظهر على شكل طاقة حركية للبوزترون والإلكترون، فيتصادم البوزترون في الحال مع إلكترون آخر، ويفنى كل منهما الآخر، وينتج إشعاعان أو ثلاثة إشعاعات جاما لا تقل طاقتها الكلية عن 1.02 MeV .

حفظ الجسيم، كل كوارك وكل لبوتون أيضاً له ضديد جسيم. يتماثل ضديد الجسيمات مع الجسيمات إلا في نوع الشحنة؛ حيث تكون الشحنتان متعاكستين. فالكوارك العلوي u مثلاً شحنته $+\frac{2}{3}$ ، بينما ضديد الكوارك العلوي \bar{u} شحنته $-\frac{2}{3}$ ، وشحنة البروتون uud هي $+1$ ، وشحنة ضديد البروتون $\bar{u}\bar{u}\bar{d}$ هي -1 . وعندما يصطدم الجسيم وضديده فإن كلاً منهما يفنى الآخر، ويتحولان إلى فوتونات أو إلى زوج من جسيم وضديد جسيم أخف وإلى طاقة. العدد الكلي للكواركات والعدد الكلي لللبوتونات في الكون ثابتة؛ حيث إن الكواركات واللبوتونات توجد أو تفنى فقط بوصفها زوج جسيم وضديد الجسيم. ومن جهة أخرى فإن حاملات القوى ومنها الجرافيتونات والفوتونات والجلونات والبوزونات الضعيفة قد توجد أو تفنى إذا كان هناك طاقة كافية.

يمكن أن يوجد ضديد للبروتونات أيضاً. فلضديد البروتون كتلة تساوي كتلة البروتون، ولكن شحنته سالبة. وكتلة البروتون تساوي كتلة 1836 إلكترون. وهكذا فإن الطاقة اللازمة لتكوين زوج من البروتون وضديد البروتون كبيرة نسبياً. وقد تم إنتاج وملاحظة زوج البروتون وضديد البروتون أول مرة في باركلي، في كاليفورنيا عام 1955م.



الشكل 11-17 عندما ينتج الجسيم هان ضديد هذا الجسيم ينتج أيضاً، هنا تضحل أشعة جاما إلى زوج من الإلكترون والبوزترون.

مهن في الحياة اليومية

معلومة للمعلم

فيزيائيو الجسيمات إن هدف فيزياء الجسيمات هو استقصاء وفهم تكوين المادة وتفاعلاتها. هناك ثلاثة أنواع من فيزيائيي الجسيمات: الفيزيائيون النظريون، والتجريبيون والحسابيون. يتعاون العاملون في هذه المجالات الثلاثة لتطوير واختبار الأفكار النظرية. فقد قدم فيزيائيو الجسيمات - مثلاً - برهاناً من خلال النظريات والتجارب على وجود الكواركات. وتتضمن مجالات البحث الأخرى التي تهتم فيزيائيي الجسيمات مجموعة من النظريات المتعلقة بعملية تكوّن الكون وطبيعة القوى الأساسية.

مسائل تدريبية

35. **a.** $1.50 \times 10^{-10} \text{ J}$

b. $9.36 \times 10^8 \text{ eV}$

c. $1.87 \times 10^9 \text{ eV}$

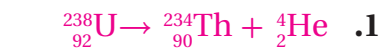
36. 0.438 MeV

37. **a.** 939.56 eV

b. 1879.1 MeV

38. 105.2 MeV

مسألة تحفيز



2. $A = 234$

مسائل تدريبية

35. كتلة البروتون $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

a. أوجد الطاقة المكافئة لكتلة البروتون بوحدة الجول. **b.** حوّل هذه القيمة إلى وحدة eV.

c. أوجد الطاقة الكلية الأصغر لأشعة جاما التي يمكن أن تؤدي إلى تكون زوج من البروتون وضديد البروتون.

36. يمكن لكل من البوزترون والإلكترون أن يفني أحدهما الآخر، وينتج ثلاثة إشعاعات جاما. تم الكشف عن اثنين من إشعاعات جاما، فكانت طاقة أحدها 225 keV وطاقة الآخر 357 keV . ما طاقة إشعاع جاما الثالث؟

37. كتلة النيوترون 1.008665 u .

a. أوجد الطاقة المكافئة لكتلة النيوترون بوحدة MeV.

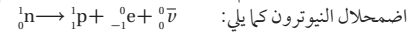
b. أوجد الطاقة الكلية الصغرى لأشعة جاما التي يمكن أن تؤدي إلى تكون زوج من النيوترون وضديد النيوترون.

38. كتلة الميون 0.1135 u ، وهو يضمحل إلى إلكترون ونيوترينو. ما مقدار الطاقة الناتجة عن هذا الاضمحلال؟

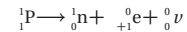
اضمحلال بيتا والتفاعل الضعيف

Beta Decay and the weak interaction

لا توجد إلكترونات عالية الطاقة منبعثة من اضمحلال بيتا للنواة المشعة داخل النواة. إذن من أين جاءت هذه الإلكترونات؟ في عملية اضمحلال النيوترون يتحول النيوترون إلى بروتون، في حين لا يضمحل النيوترون داخل النواة المستقرة. بل الذي يمكن أن يضمحل إلى بروتون وينبعث جسيم بيتا هو النيوترون الحر في النواة غير المستقرة. ويشارك الأنتي نيوترينو في الطاقة الناتجة مع البروتون وجسيم بيتا. والأنتي نيوترينو جسيم كتلته صغيرة جدًا، وهو عديم الشحنة، ولكنه كالفوتون؛ له زخم وطاقة. وتكتب معادلة اضمحلال النيوترون كما يلي:



وعندما يضمحل النظير بإطلاق بوزترون تحدث عملية شبيهة باضمحلال بيتا. وعلى الرغم من أنه لم يشاهد اضمحلال البروتون الحر فإنه يمكن للبروتون داخل النواة أن يتحول إلى نيوترون مع إطلاق بوزترون ${}_1^0\text{e}$ ونيوترينو ${}_0^0\nu$.



إن انحلال النيوترونات إلى بروتونات، وانحلال البروتونات إلى نيوترونات لا يمكن تفسيره بواسطة القوة القوية.

إن وجود انحلال بيتا يشير إلى أنه يجب أن يكون هناك تفاعل آخر، وهو القوة النووية الضعيفة التي تؤثر في النواة. وهذه القوة أضعف كثيرًا من القوة النووية القوية.

مسألة تحفيز

يضمحل ${}_{92}^{238}\text{U}$ بانبعث α وبانبعاثين متتاليين لـ β ويتحول ثانية إلى نظير لليورانيوم.

1. وضح معادلات الاضمحلال النووي الثلاث.

2. احسب العدد الكتلي لليورانيوم المتكوّن.

تحفيز

نشاط

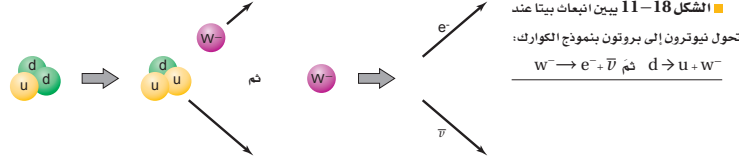
الوميض والكشف عن بيتا اطلب إلى الطلاب تقديم تقرير عن الطرائق التي تستخدم في الكشف عن جسيمات بيتا. تعرف إحدى الطرائق بالعد الوميضي للسائل، وهي تسمح بقياس إشعاعات بيتا التي في المحلول السائل. الإلكترونات المنبعثة نتيجة انبعاث بيتا للنظير الموجود في المحلول تثير جزيء المذيب وتنتقل الطاقة إلى المذاب. والوميض الصغير جدًا للفوتونات يُلتقط ويتحول إلى إشارة كهربائية. اسأل الطلاب: كيف يمنع نظام السائل الوميضي الضوء الناتجة عن التداخل بين العدات الخلفية مع العدات الحقيقية؟ **يُضخّم** المضاعف الضوئي الوميض الصغير بمقدار كبير جدًا إلى إشارة كهربائية يمكن قراءتها. يستخدم العد التطاقي مع اثنين من المضاعفات الضوئية لتقليل الضوء. **م 3 لغوي.**

تطوير المفهوم

أنماط انبعاث بيتا توجد ثلاثة أنماط مختلفة لاضمحلال بيتا: انبعاث إلكترون (β^-)، وأسر الإلكترون، وانبعاث البوزترون (β^+). يناقش اضمحلال بيتا عمومًا كانبعاث إلكترون يرافقه انبعاث انتينيوترينو بعد أن يتحول النيوترون إلى بروتون. ولكن النواة تستطيع أسر إلكترون مداري، محولة البروتون إلى نيوترون. ويحدث أيضًا انبعاث البوزترون من النواة، مصحوبًا بتحول البروتون إلى نيوترون مصاحبًا لانبعاث النيوترينو.

التفكير الناقد

إيقاف النيوتريونات أسأل الطلاب عما إذا كان ممكنًا بناء درع واقٍ ضد النيوتريونات. سوف يكون ذلك صعبًا جدًا؛ لأن النيوتريونات يمكنها الانتقال خلال المادة مع احتمال بسيط جدًا للتفاعل مع جسيمات المادة. إن احتمالية تفاعلها معًا منخفضة جدًا فمن بين 100000 نيوترينو قادمة من الشمس يمكن ملاحظة واحد منها فقط. **2 م**



نموذج الكوارك لاضمحلال بيتا إن الفرق بين البروتون uud، والنيوترون udd كوارك واحد فقط. حيث يحدث اضمحلال بيتا في نموذج الكوارك على مرحلتين، كما يتضح من الشكل 11-18. أولاً: كوارك d واحد في النيوترون يتحول إلى كوارك u مع انبعاث بوزون w^- حيث w^- أحد ثلاثة حاملات قوة ضعيفة. وفي الخطوة الثانية يتحول البوزون إلى إلكترون وضديد النيوترينو، وبالمثل في تحلل البروتون في النواة ينبعث نيوترون وبوزون w^+ ، ومن ثم ينحل البوزون w^+ إلى بوزترون ونيوترينو.

إن انبعاث حامل القوة الضعيفة الثالث بوزون Z^0 لا يترافق مع تحول من كوارك إلى آخر. يحدث البوزون Z^0 تفاعلاً بين النيوكليونات والإلكترونات في الذرات المائتة، ولكنه أضعف كثيراً من القوة الكهرومغناطيسية التي تحافظ على الذرة متماسكة؛ حيث تم الكشف عن هذا التفاعل أول مرة عام 1979 م. وتمت مشاهدة البوزونات w^+ و w^- و Z^0 مباشرة أول مرة عام 1983 م.

لقد ساد الاعتقاد طويلاً أن كلاً من النيوتريونات وضديد النيوتريونات عديمة الكتلة، إلا أن التجارب الأخيرة التي التقطت النيوتريونات المنبعثة من الشمس ومن المسارعات الطويلة أظهرت أن للنيوتريونات كتلة. على الرغم من أن هذه الكتل أقل كثيراً من كتلة أي جسيم معروف.

اختبار النموذج المعياري Testing the Standard Model

تستطيع أن تلاحظ من الشكل 11-18 أن الكواركات واللبتونات تنفصل إلى ثلاث عائلات؛ فالعالم المحيط بنا يتكون من جسيمات في عائلة اليد اليسرى (بروتونات ونيوترونات وإلكترونات)، وجسيمات في المجموعة الوسطى توجد في الأشعة الكونية وتنتج بطريقة روتينية في مسارعات الجسيمات، وجسيمات عائلة اليد اليمنى التي يعتقد أنها كانت مستثارة قليلاً خلال اللحظات الأولى للانفجار العظيم، ونتجت عن تصادمات عالية الطاقة. ما الذي يحدد كتل الكواركات واللبتونات؟ إن بوزون هيغ الذي يفترض أنه جسيم يحدد كتل اللبتونات والكواركات لم يتم الكشف عنه حتى الآن. فالنموذج المعياري ليس نظرية؛ لأنه لا يفسر كتل الجسيمات، ولا يفسر لماذا توجد ثلاث عائلات من الكواركات واللبتونات.

لماذا توجد أربع قوى؟ إن الاختلافات بين التفاعلات الرئيسة الأربعة واضحة؛ فقد تؤثر القوى بكميات مختلفة في الشحنة أو الكتلة، وقد يكون لها تبعات مختلفة على المسافات، وحاملات القوى لها خصائص مختلفة. وعلى أي حال، هناك بعض التماثل بين التفاعلات. فمثلاً القوى بين الجسيمات المشحونة، والتفاعلات الكهرومغناطيسية تحمل بواسطه الفوتونات بطريقة مماثلة لحمل البوزونات الضعيفة للتفاعل الضعيف. والقوى الكهربائية تؤثر في مدى واسع؛ لأن كتلة الفوتونات صفر، بينما القوى الضعيفة تؤثر في مسافات قصيرة لأن كتل البوزونات w و Z كبيرة نسبياً. إن التركيب الرياضي لنظريات التفاعل الضعيف والتفاعل الكهرومغناطيسي متماثلان.

الفيزياء في الحياة

معلومة للمعلم

الكشف عن النيوتريينو قام الفيزيائيون ببناء خزانات ضخمة مملوءة بالماء في دهايز منجم وتجهيزها بكاشفات حساسة جداً على أمل رؤية دليل على النيوتريينو. إن من الأهداف في بناء مثل هذه الخزانات دراسة الآثار المترتبة على نظرية من نظريات المجال الموحد والتي تبين أن البروتون يجب أن ينحل بعمر نصف حوالي 10^{31} سنة. ولم تعطِ هذه التجارب نتائج نهائية، لكن كاشفات النيوتريينو لاحظت وتحققت من انبعاثات النيوتريينو من انفجار النجم الأعظم البعيد. وقد تم توقع انبعاث النيوتريينو من النجم الأعظم نظرياً.

3. التقويم

التحقق من الفهم

وحدات البناء أسأل الطلاب: عما إذا كانت جميع المواد المعروفة تتكون من كواركات وليبتونات. الإجابة نعم، باستثناء البوزونات التي ربما يجب أن تدرج أيضًا. ويرجع الفيزيائيون إلى الليبتونات والمركبات التي تحوي كواركات بوصفها وحدات بناء المادة. ولكن حاملات القوة، والفوتونات، والجلونات، وبوزونات W و Z يمكن ملاحظتها بوصفها جسيمات ولها كتلة؛ لذلك يمكن أن تعدّ مادة. **2م لغوي**

إعادة التدريس

الجسيمات والقوى الخصائص والمقادير النسبية للقوى الأساسية والتفاعلات بين الجسيمات دون النووية تعدّ أساس الكون، كما قدمتها الفيزياء. اطلب إلى الطلاب: عمل قائمة بهذه القوى، والجسيم الذي يحمل كلاً منها في ترتيب تنازلي من الأقوى إلى الأضعف. القوة القوية، والجلون، والكهر ومغناطيسية، والفوتون، والقوة الضعيفة، البوزونات W^+ ، W^- و Z^0 ، والجاذبية، حاملات الجاذبية (الجرافيتونات).

3م منطقي-رياضي



تشير النظريات الفلكية الفيزيائية للنجم فوق المستعر إلى حدوث تفاعلين متماثلين خلال الانفجارات النجمية الهائلة، كذلك الموضحة في الشكل 19-11. أما النظريات الحالية المتعلقة بأصل الكون فتتوقع أن القوتين كانتا متماثلتين خلال اللحظات المبكرة للكون كذلك. لهذا السبب، كانت القوى الكهر ومغناطيسية والقوى الضعيفة متحدتين في قوة واحدة تسمى قوة كهربائية ضعيفة. بالطريقة نفسها تبين أن القوى الكهر ومغناطيسية والقوة الضعيفة متحدتان في قوة كهربائية ضعيفة خلال عام 1970م. كذلك توصل الفيزيائيون الآن إلى تطوير نظريات تتضمن القوة القوية أيضًا، ولا يزال العمل غير مكتمل. وما زالت النظريات تتطور، ويتم التخطيط لاختبار هذه النظريات الآن. ونظرية الاتحاد التام التي تتضمن التجاذب تحتاج إلى المزيد من العمل.

وقد ظهر ارتباك كبير نتيجة الدراسات التي أجريت على المجرات والتي تنوِّع أن المادة التي تم وصفها بالنموذج المعياري تكوّن فقط جزءًا صغيرًا من كتلة الكون. والجزء الأكبر من المادة شكلت المادة المعتمة؛ وقد سميت بذلك لأنها لا تتفاعل مع الفوتونات أو المادة العادية، لكنها قوة التجاذب. والتي تبدو كطاقة معتممة، وقوة غير معروفة تعمل على تسارع تمدد الكون.

لذلك فإن الدراسات المتعلقة بالجسيمات المتناهية في الصغر التي تكوّن الأنوية تتصل مباشرة مع البحوث المتعلقة بالأنظمة الكبيرة والمجرات التي تكوّن الكون. وقد اعتاد فيزيائيو الجسيمات الأولية وعلماء الكون أن يكونوا في النهايتين المتعاكستين لمقياس الطول. والآن يتساءلون معًا: "ما وحدات البناء الأساسية التي يتكون منها العالم؟". قد يستطيعون الإجابة عن هذا السؤال في المستقبل.

11-3 مراجعة

39. قذف النواة لماذا يحتاج البروتون إلى طاقة أكثر من النيوترون عندما يستخدم لقذف النواة؟
40. مسار الجسيمات تتحرك البروتونات في مسار مختبر فيرمي الشكل 11-11 في اتجاه عكس عقارب الساعة. ما اتجاه المجال المغناطيسي في مغناط ثنائي؟
41. إنتاج الزوج يوضح الشكل 11-18 إنتاج أزواج الإلكترون-البوزترون. لماذا تنتهي مجموعة المسارات السفلية أقل من انثناء زوج المسارات العلوية؟

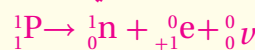
عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

11-3 مراجعة

39. لأن كلاً من البروتون والنواة له شحنة موجبة فإنهما يتنافران معًا. ويجب أن يكون للبروتون طاقة حركية كافية للتغلب على طاقة الوضع الناتجة عن التنافر. لا يتأثر النيوترون بقوة التنافر هذه.
40. إلى أسفل، في اتجاه داخل الأرض.
41. لزوج الإلكترون/البوزترون في الأسفل أكبر طاقة حركية.
42. تتضمن الإجابات: في النموذج المعياري

العديد من المعطيات تم الحصول عليها فقط من خلال التجارب. جسيمات هيجز التي حددت مقياس الطاقة لمجموعة لم يُعثر عليها. وهذه النتائج لم تكن نظرية ولم تكتمل، ويعدّ كل من التماثل الأقصى ونظرية الوتر هما البديلان الممكنان.

43. لأن البروتون له كوارك u واحد أكثر مما يحتويه النيوترون فإن المعادلة ستكون على النحو التالي:



مختبر الفيزياء

صمم تجربتك

الزمن المقدر حصتها مختبر (واحدة للتصميم، والأخرى للإجراء).

المهارات العملية التجريب؛ استخدام المتغيرات، الثوابت والضوابط؛ الملاحظة والاستنتاج؛ جمع وتنظيم البيانات؛ المقارنة وإيجاد أوجه الاختلاف، تكوين واستخدام الرسوم البيانية.

احتياطات السلامة على الطلاب توخي الحذر في التعامل مع المواد المشعة وعدم الأكل أو الشرب أو استخدام مساحيق التجميل في المختبر. ومن الإجراءات الاحترازية غسل أيديهم عند نهاية التجربة. ويجب أيضاً توخي الحذر في التعامل مع الأجهزة التي توصل مع مصدر جهد متردد 120 V.

المواد والأدوات البديلة إذا لم تكن مصادر جاما ومصادر بيتا متوفرة فإن بعض المصادر الأخرى تحتوي على المواد المشعة، ومنها أغشية فوانيس التخميم القديمة (تلك التي تحتوي على الثوريوم)، قطع الفخار الأحمر القديم (ذو درجة اللون البرتقالي-الأحمر، تحتوي على أكاسيد اليورانيوم)، أو بديل الملح يحتوي على كلوريد البوتاسيوم (نظائر البوتاسيوم المشعة).

استراتيجيات التدريس

● إذا كان الحد الأدنى من الأجهزة متوافراً فإنه يمكن للمجموعات الصغيرة جمع البيانات، ثم تبادلها مع المجموعات الأخرى؛ لأن عملية تكوين الرسم البياني تستغرق بعض الوقت.

● إن توصيل مؤقت إلكتروني أتوماتيكي مع عداد جايجر سيسرع عملية جمع البيانات. يمكن أن يضبط المؤقت للعد لدقيقة واحدة أو أقل ثم يعدل العد إلى cpm (عدة لكل دقيقة).

● من الأفضل تثبيت أنبوب جايجر-مولر (إذا كان منفصلاً) على سطح الطاولة بواسطة شريط لاصق، وتحريك المصادر المشعة. سيقبل هذا من حمل الأنبوب، وقد يقلل من خطر تعرضه للضرر.

● قم بتثبيت أنبوب جايجر-مولر على سطح العداد. ضع المسطرة المترية على طول سطح العداد. خذ قراءة الإشعاع الأساسي على

مختبر الفيزياء • صمم تجربتك

استكشاف الإشعاع

تستخدم كاشفات الإشعاع طرائق مختلفة للكشف عن وجود الإشعاع. من الأنواع الشائعة للكواشف المستخدمة أنبوب جايجر-مولر. وهو يتكون من أنبوب فلزي مملوء بغاز عند ضغط منخفض وسلك شبك طويل على طول محور الأنبوب. ينحصر السلك لفرق جهد عال 400-800 V بالنسبة إلى الأنبوب الفلزي. ويوجد عند إحدى نهايتي الأنبوب نافذة رقيقة وهشة. عندما يدخل فوتون أو جسيم مشحون بطاقة عالية إلى الأنبوب من خلال النافذة فإن جزءاً من الغاز يصبح مؤيناً، فتجذب إلكترونات التأين في اتجاه السلك وتزداد سرعتها، ومن ثم تؤين ذرات إضافية مكونة نبضة من الشحنات تصطدم بالسلك. وتتحوّل نبضة الشحنة هذه إلى نبضة جهد، ثم تُضخَّم وتُعدَّل أو تُرسل إلى مكبر الصوت. تعلمت سابقاً أن الضوء والإشعاع الكهرومغناطيسي ينتشر في جميع الاتجاهات، ويسير في خطوط مستقيمة من المصدر، كالشمس مثلاً. في هذه التجربة سوف تستكشف العلاقة بين المسافة من مصدر جاما وبيتا المشع، وشدة الإشعاع المقيس.

سؤال التجربة

ما العلاقة بين المسافة من مصدر إشعاع جاما وبيتا وشدة الإشعاع؟



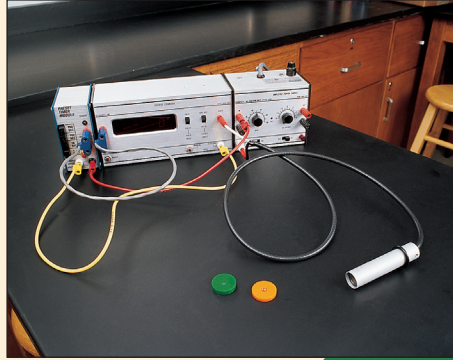
احتياطات السلامة

- إذا استخدمت عداد جايجر فحافظ على بقاء الأيدي والأقدام وغيرها من الأشياء بعيدة عن نهاية أنبوب جايجر؛ فنافذة الأنبوب رقيقة وهشة جداً.
- صل الأجهزة في المقابس المحمية فقط؛ تجنباً لخطر الصدمة الكهربائية.

- لا تأكل أو تشرب في أثناء العمل بالمواد المشعة.
- كن حذراً من تمزق فتحة الحافظة البلاستيكية الحامية للمادة المشعة. فإذا حدث ذلك فأبلغ معلمك فوراً.

المواد والأدوات

- مصادر بيتا وجاما.
- عداد إشعاعي أو كاشف إشعاعي.
- مسطرة مترية.
- شريط لاصق.
- ساعة وقف.



cpm = عدة لكل دقيقة.

الإشعاع الأساسي = 4 cpm

عينة بيانات

المسافة (cm)	نشاطية بيتا المقيسة (cpm)	نشاطية بيتا المصححة (cpm)	نشاطية جاما المقيسة (cpm)	نشاطية جاما المصححة (cpm)
2	423	419	243	239
4	123	119	86	82
6	79	75	56	52
8	61	57	42	38
10	37	34	26	22
12	32	28	21	17
14	26	22	17	13

بعد متر واحد على الأقل من الأنبوب. من الممكن وضع المصادر المشعة بعد ذلك على بعد 20-2 cm من نافذة أنبوب جايجر-مولر. ابدأ جميع البيانات على مسافة 2 cm. وحرك المصدر مبتعداً حتى تصبح النشاطية المقاسة عند مستوى العد الخلفي. قد يختار الطلاب وضع العينة في موقع معين، ثم تحريك أنبوب جايجر-مولر.

التحليل

1. قد تختلف الإجابات. ومع ذلك على الطلاب أن يأخذوا في الحسبان الإشعاع الأساسي (المنبعث عن الشمس وبعض مصادر الإشعاع الكوني، الأخرى) وربما مواد بناء الأبنية، الغلاف الجوي، والأرض.
2. يجب أن يظهر الرسم البياني منحنى هبوط؛ ينخفض معدل العد مع النسبة $1/d^2$.
3. يجب أن ينتج الرسم البياني علاقة خطية (خط مستقيم).

الاستنتاج والتطبيق

1. إن مجموعة الرسوم البيانية للنشاطية مقابل المسافة لكل من مشعات بيتا وجاما متشابهة وتظهر هبوطاً في معدل العد مع المسافة. إن مجموعة معدل عد إشعاع بيتا وجاما مقابل $1/d^2$ سوف تنتج خطاً مستقيماً يشير إلى أن العلاقة بين معدل العد والمسافة علاقة تربيع عكسي.
2. كلما ازداد الارتفاع، وجب أن يزداد معدل الإشعاع وذلك لوجود كثافة أقل للغلاف الجوي تقلل من الأشعة الكونية القادمة.
3. يجب أن يكون معدل العد $\frac{1}{9}$ تقريباً كحد أعلى.

التوسع في البحث

قد تختلف الإجابات، وعلى الطلاب أن يأخذوا في الحسبان العوامل التالية: الجاذبية، المجالات المغناطيسية، المجالات الكهربائية، شدة الضوء، شدة الصوت.

الفيزياء في الحياة

ستكون أكثر أماناً عند زيادة المسافة بينك وبين المصدر المشع؛ لأن الإشعاع ينخفض وفق قانون التربيع العكسي.

جدول البيانات				
الإشعاع الخلفي (عدت لكل دقيقة = cpm)		cpm		
المسافة (cm)	بيتا - المقيسة معدل الإشعاع (cpm)	بيتا - المصححة معدل الإشعاع (cpm)	جاما - المقيسة معدل الإشعاع (cpm)	جاما - المصححة معدل الإشعاع (cpm)
2				
4				
6				
8				
10				
12				
14				

الخطوات

3. مثل بيانياً واستخدم الرسوم البيانية عيّناً نقاطاً على الرسم البياني تمثل معدل الإشعاع المصحح لكل من بيتا وجاما مقابل $1/d^2$.

الاستنتاج والتطبيق

1. وضع قيم يتشابه المنحنيان؟ وما العلاقة بين البعد ومعدلات العد؟
2. وضع كيف يتغير معدل العد الأولي لشخص عندما ينتقل من الساحل في مستوى سطح البحر مقارنة بمستوى قمة جبل؟
3. صف ما يحدث لمعدل عد بيتا عندما يتحرك أنبوب جايجر - ميلر إلى الخلف ثلاثة أمثال المسافة الأولية. على سبيل المثال 18 cm مقارنة بـ 6 cm.

التوسع في البحث

ما الظواهر الفيزيائية الأخرى التي تتبع أنماطاً مماثلة؟

الفيزياء في الحياة

اشرح كيف يشكل قربك من المواد المشعة خطراً محتملاً لك أو للآخرين؟



التحليل

1. لاحظ واستنتج ما مقدار الإشعاع الأولي في هذه التجربة؟
2. مثل بيانياً واستخدم الرسوم البيانية عيّناً نقاطاً على الرسم البياني تمثل معدل إشعاع جاما مقابل بُعد، ثم عيّن البعد على المحور الأفقي ومعدل العد المصحح للعينة على المحور الرأسي. إذا كانت معدلات العد متماثلة فعين معدل عد بيتا على الرسم البياني نفسه، وميز الرسم البياني لكل مجموعة بيانات.

تجربة استقصاء بديلة

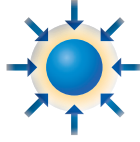
لتحويل هذه التجربة إلى تجربة استقصائية دع الطلاب يكتشفوا أسئلة أخرى تظهر من خلال إجراء هذه التجربة. يجب التأكد من الموافقة على خططهم وإجراءات السلامة. إن إجراء هذه التجربة سوف يعزز معايير تعليم العلوم الوطنية في فهم التفسير العلمي وتطوير محتوى العلوم الفيزيائية للتركيب الذري وتفاعلات الطاقة والمادة.

تقنية المستقبل

Thermonuclear Fusion الاندماج النووي والحراري

الحرارية للكتلة فتتفجر سريعاً. وبصورة متزامنة يُضغَط المتبقي من الكتلة ويسخن إلى درجة كبيرة يبدأ عندها الاندماج النووي.

تعمل الطاقة الناتجة عن اندماج الكتل على زيادة الطاقة التي تُستخدم لتسخين الكتلة، فيندمج سيل من الكريات الواحدة تلو الأخرى للحصول على تحفيز مستمر، ويتم تجميع الحرارة الناتجة لإنتاج بخار لتشغيل التوربينات.



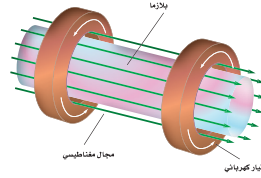
في العزل بالقصور الذاتي، يسخن الضوء أو الأشعة السينية الناتجة عن الليزر سطح الكريات بسرعة، مكونة غلافاً يحيط بالبلازما. أما الوقود المتبقي فيضغَط بنفخ المواد السطحية الساخنة.

المستقبل في الوقت الذي لا يزال الاندماج الحراري النووي مستمراً في كلا النوعين من المفاعلات النووية، يواجه الباحثون صعوبة في تحقيق التفاعل المتعادل (أي أن الطاقة الناتجة عن التفاعل تزيد على الطاقة اللازمة للمحافظة على استمرار التفاعل). والتقدم الذي يتم إنجازه في تصميم المفاعل الحراري النووي العملي يعدّ مكلفاً وبطيئاً، إلا أن الأمل في تحقيق ذلك كبير. ولا يخلو مفاعل الاندماج تماماً من المخلفات المشعة الخطرة؛ لأن النيوترونات تنتج في مفاعلات الاندماج، لكن لأن الوقود غير مشع بنفسه فإنه يمكن تجاهل المخلفات النووية.

لعدة عقود مضت بحث الفيزيائيون في إيجاد ودعم تفاعل الاندماج الذي يولد طاقة أكبر من تلك الطاقة التي يستهلكها. يولد المفاعل الحراري النووي حرارة هائلة جداً من كميات صغيرة من الديوتيريوم ^2H ، والتريتيوم ^3H ، والذي يمكن استخلاصه من مياه البحر.

لبدء تفاعل الاندماج يجب أن يسخن خليط من الديوتيريوم والتريتيوم ويضغَط تحت ظروف معيارية مشابهة لتلك الموجودة في الشمس. وسوف تحطم الحرارة المتوافرة محتويات العبوات المستخدمة في محطات الانشطار النووي. وبعد احتجاز البلازما من مشكلات التصميم الرئيسية للمفاعلات الاندماجية.

العزل المغناطيسي في مفاعلات العزل المغناطيسي، يعبر تيار قوي خلال وعاء يحوي غاز الديوتيريوم والتريتيوم، فتضغَط البلازما داخل الجزء الدائري. وتحدد المجالات المغناطيسية الإضافية شكل سبيل البلازما لتعزلها بعيداً عن جوانب الوعاء، كما في الشكل. يحافظ أحد التركيبات الإلكترونية الفضل على بقاء البلازما على شكل حلقي، مما يعطي فائدة عظيمة بعدم وجود نهايات تتطلب أن تحتم.



العزل المغناطيسي: تضغَط البلازما وتعزل بواسطة المجال المغناطيسي.

العزل بالقصور الذاتي إذا نظرت إلى قوس كهربائي (تفريغ كهربائي مستمر في صورة شرر متكرر)، يتحرك سريعاً بحركة شبيهة بحركة وتر فستلاحظ أن هناك صعوبة كبيرة في أن تحافظ على البلازما في شكل ثابت.

في مفاعل العزل بالقصور الذاتي فإن كرتة صغيرة الحجم من الديوتيريوم-التريتيوم المتجمد تضاع من كل الجوانب بواسطة حزم ليزر قوية جداً. تُسخّن حزم الليزر هذه الطبقة

الخلفية النظرية

يسرّ المفاعل النووي الحراري بتوفير طاقة غير محدودة. لكن الأبحاث على تطوير المفاعلات النووية الحرارية ما زال مستمراً منذ أكثر من خمسين عاماً، مستهلكة مليارات الدولارات في العديد من الدول. وعلى الرغم من أن مفاعلات الاندماج النووي تبقى طويلاً، إلا أنه ليس هناك بعد مفاعل ينتج طاقة أكثر مما يستهلك. لكن النظرية تبدو أنها سليمة، ولكنها تحتاج إلى تقنيات جديدة أجلت النجاح في هذا المجال. ومن الجدير بالذكر أن العديد من التقنيات الناتجة في نهاية الأمر (كالمحرك البخاري ومولد الطاقة الكهربائية) أيضاً تطورت ببطء وبطريقة مثيرة.

استراتيجيات التدريس

■ البحوث الإضافية مفيدة هنا. راجع بعناية أي مصادر لها علاقة، ومنها قصة "الاندماج البارد". وما كتب عن العلوم الخيالية وفنون الخداع البصري التي ارتبطت مع هذا الموضوع. ■ تعدّ قصة الاندماج البارد مثلاً جيداً لكيفية بناء العلم لسياساته الجيدة ذاتياً. ناقش لماذا يجب أن تحتوي الأوراق العلمية على معلومات كافية حتى تمكن الآخرين من إجراء المزيد من التجارب التي تم وصفها؟

التوسع

نشاط

زجاجة البلازما ابحث عن زجاجة بلازما واعرضها على الطلاب، واطلب إليهم ملاحظة كيف أن تيارات البلازما بطبيعتها غير مستقرة تماماً. وهذا يعطي فكرة عن المشكلات المتعلقة بطريقة العزل المغناطيسي.

1. تنتج مفاعلات الاندماج النووي القليل من النفايات النووية، فهي لا تستخدم ولا تنتج الوقود المشع. تبدو المفاعلات النووية الحرارية أنها حل جيد لبعض المخاطر المصاحبة للمفاعلات الانشطارية واستخدام الوقود الأحفوري.

2. جميع المحطات الحرارية تحوي مراجل لتُمكن البخار والتوربينات من الحصول على الطاقة من البخار. جميعها تستخدم نوع المولدات نفسه، وتعمل على تكثيف البخار (وهذا للتخلص من الحرارة المتبددة) بواسطة مياه التبريد عادة.

المفاهيم الرئيسية

يمكن أن يستخدم الطلاب العبارات التلخيصية لمراجعة المفاهيم الرئيسية في الفصل.



11-1 النواة The Nucleus

المفاهيم الرئيسية	المفردات
<ul style="list-style-type: none"> • إن عدد البروتونات في النواة يمثل بالعدد الذري Z. • إن مجموع عدد البروتونات والنيوترونات في النواة يساوي العدد الكتلي A. • الذرات التي لها العدد نفسه من البروتونات وعدد نيوترونات مختلف تسمى النظائر. • تربط القوة النووية القوية مكونات النواة معًا. • تحسب الطاقة المتحررة في التفاعل النووي بحساب فرق الكتلة، وهو الفرق بين كتلة الجسيمات قبل التفاعل وبعده من العلاقة $E = mc^2$. • طاقة الربط النووية هي الطاقة المكافئة لفرق الكتلة. 	<ul style="list-style-type: none"> • العدد الذري • وحدة الكتلة الذرية • العدد الكتلي • نواة النظير • القوة النووية القوية • النيوكليونات • طاقة الربط النووية • فرق الكتلة

11-2 الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية Nuclear Decay and Reactions

المفاهيم الرئيسية	المفردات
<ul style="list-style-type: none"> • تضمحل النواة غير المستقرة متحوّلة إلى عنصر آخر. • يُنتج الاضمحلال الإشعاعي ثلاثة أنواع من الجسيمات، هي: جسيمات ألفا (α) وهي أنوية هيليوم، وجسيمات بيتا (β)، وهي إلكترونات عالية السرعة، وأشعة جاما (γ)، وهي أشعة مكوّنة من فوتونات عالية الطاقة. • في التفاعلات النووية، لا يتغير مجموع العدد الكتلي A، ولا الشحنة الكلية Z. • عمر النصف للنظير المشع هو الزمن اللازم لتحول نصف عدد أنويته. وبعد t من أعمار النصف تحسب بالعلاقة: المتبقي = الأصلي $(1/2)^t$. • إن عدد اضمحلال العينة المشعة لكل ثانية تمثل النشاطية الإشعاعية. • في الانشطار النووي تنقسم نواة اليورانيوم إلى نواتين أصغر وينبعث نيوترونات وطاقة. • تستخدم المفاعلات النووية الطاقة المتحررة من الانشطار النووي لتوليد طاقة كهربائية. 	<ul style="list-style-type: none"> • المواد المشعة • اضمحلال ألفا • اضمحلال بيتا • اضمحلال جاما • التفاعل النووي • عمر النصف • النشاطية • الانشطار النووي • تفاعل متسلسل • الاندماج النووي

11-3 وحدات بناء المادة The Building Blocks of Matter

المفاهيم الرئيسية	المفردات
<ul style="list-style-type: none"> • المسارات الخطية والسنكروتونات تنتج جسيمات عالية الطاقة. • يستخدم عداد جايجر-مولر، وحجرة السحابة، وكواشف الجسيمات الأخرى، التأين الناتج عن شحن الجسيمات عند عبورها خلال المادة. • تبدو المادة كلها أنها تتكون من الكواركات واللبتونات. • تتفاعل المادة مع مادة أخرى عن طريق جسيمات تسمى حاملات القوة. • النموذج المعياري يتضمن الكواركات واللبتونات وحاملات الطاقة. • عندما تتحد جسيمات ضديد المادة المماثلة مع جسيمات المادة تتحول كتلتها وطاقتها إلى طاقة أو إلى مادة أخف -زوج من ضديد الجسيم. 	<ul style="list-style-type: none"> • الكواركات • اللبتونات • النموذج المعياري • حاملات القوة • إنتاج الزوج • القوة النووية الضعيفة

خريطة المفاهيم

44. انظر الصفحة المقابلة والمتضمن في هذا الدليل.

إتقان المفاهيم

45. قوة التنافر الكهربائية؛ القوة النووية القوية.

46. فرق (نقص) الكتلة هو الفرق بين مجموع كتل الجسيمات المنفردة للنواة وكتلة النواة. ويرتبط مع طاقة الربط النووية من خلال المعادلة $E = mc^2$.

47. الأنوية الثقيلة تكون غير مستقرة بصورة عامة. الأعداد الكبيرة من البروتونات يجعل قوة التنافر الكهربائية تتغلب على القوة القوية.

48. كلاهما له العدد نفسه من البروتونات.

49. الاضمحلال هو عملية تغير عنصر ما إلى عنصر آخر بواسطة التفاعل النووي. فمثلاً، يضمحل $U-238$ إلى $Th-234$ وجسيم ألفا.

50. نواة الهيليوم، إلكترون، وفوتون ذو طاقة عالية.

51. العدد الذري لحفظ الشحنة، العدد الكتلي لحفظ عدد النيوكليونات.

52. كثيراً من النيوترونات يجب أن تتحرر بواسطة النواة المنشطرة وتمتص من قبل الأنوية المجاورة، مما يجعلها تنشط.

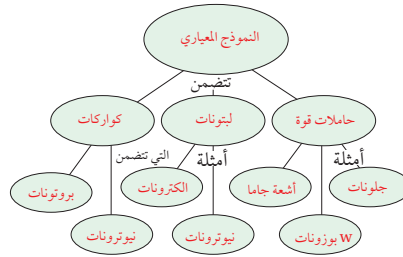
53. يبطئ المهدي النيوترونات السريعة، مما يزيد من احتمالية امتصاصها.

54. عندما تخضع ذرة كبيرة لانشطار نووي فإن كتلة النواتج تكون أقل من كتلة النواة الأصلية. كمية الطاقة المكافئة لفرق الكتلة تتحرر. عندما تندمج الأنوية الصغيرة مكونة أنوية أكبر تكون الكتلة الأكبر أكثر تماسكاً من النواة الأقل كتلة. والكتلة الزائدة تظهر على شكل طاقة.

55. لأنها تُسرّع الجسيمات المشحونة باستخدام القوة الكهربائية، والنيوترون لا يحمل شحنة كهربائية.

خريطة المفاهيم

44. نظم المصطلحات التالية في خريطة المفاهيم: النموذج المعياري، أشعة جاما، حاملات القوة، البروتونات، النيوترونات، الليبتونات، بوزونات، نيوتريونات، إلكترونات، جلوونات.



إتقان المفاهيم

45. ما القوة التي تدفع النيوكليونات داخل النواة لئلا يتباعد بعضها عن بعض؟ وما القوة التي تعمل على ربط مكونات النواة معاً داخل النواة؟
46. عرّف فرق كتلة النواة. ما سببها؟
47. أي الأنوية أكثر استقراراً عموماً: الصغيرة أم الكبيرة؟
48. ما النظير الذي له عدد أكبر من البروتونات: اليورانيوم-235 أم اليورانيوم-238؟
49. عرّف مفهوم الاضمحلال، كما يستخدم في الفيزياء، واذكر مثالاً عليه.
50. الجسيم المشع ما الأساء الشائعة لكل من جسيم α ، وجسيم β ، وإشعاع γ ؟
51. ما الكميتان اللتان يجب أن تكونا محفوظتين دائماً في أي تفاعل نووي؟
52. الطاقة النووية ما سلسلة العمليات التي يجب أن تحدث حتى يحدث التفاعل المتسلسل؟

53. الطاقة النووية ما الدور الذي يؤديه المهدي في مفاعل الانشطار؟
54. الانشطار النووي والاندماج النووي عمليتان متعاكستان. كيف يمر كل منهما الطاقة؟
55. فيزياء الطاقة القوية لماذا لا يعمل المسارع الخطي بالنيوترونات؟
56. القوى في أي التفاعلات الأربعة التالية (القوية، الضعيفة، الكهرومغناطيسية، التجاذب) تشارك الجسيمات التالية؟
a. إلكترون
b. بروتون
c. نيوتريون
57. ماذا يحدث للعدد الذري والعدد الكتلي للنواة التي تشع بوزوناً؟
58. ضديد المادة ماذا يحدث إذا سقط حجر نيزكي يتكوّن من ضديد بروتونات، وضديد نيوتريون وبوزونات على الأرض؟

تطبيق المفاهيم

59. الانشطار يدعى أحد المواقع الإلكترونية أن العلماء سيكونون قادرين على إخضاع الحديد للانشطار النووي. هل يمكن أن يكون هذا الادعاء صحيحاً؟ فسر.
60. استخدم الرسم البياني لطاقة الربط لكل نوية في الشكل 11-2 لتحديد ما إذا كان التفاعل ${}^3_1\text{H} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + \text{energy}$ ممكناً من حيث الطاقة؟
61. انشطار وضح الفرق بين النظائر المشعة التي تنتج اصطناعياً وتلك التي تنتج طبيعياً.
62. المفاعل النووي في المفاعل النووي، يتدفق الماء الذي يعبر من قلب المفاعل خلال حلقة واحدة، بينما يتدفق الماء الذي يولّد البخار لتحريك التوربينات خلال الحلقة الثانية. لماذا توجد حلقتان؟

المعادن ترابطاً؛ لذا فإن نواته الأكثر استقراراً، ولا تستطيع الاضمحلال عن طريق الانشطار.

60. طاقة الربط الابتدائية أقل من طاقة الربط النهائية؛ ولذلك فإن التفاعل ممكن بفاعلية كبيرة.

61. المادة المشعة الطبيعية هي تلك المادة التي تبين أنها توجد في الخامات الطبيعية. تخضع المواد المشعة الاصطناعية للاضمحلال الإشعاعي بعد قذفها بواسطة الجسيمات.

62. لأن الماء الذي يتدفق من خلال القلب يكون عند ضغط عالٍ؛ ولذا فإنه لا

56. a. الكهرومغناطيسية، القوة الضعيفة، الجاذبية.

b. القوة القوية، الكهرومغناطيسية، الجاذبية.

c. القوة الضعيفة.

57. يقل العدد الذري بمقدار 1، ولا تغير على العدد الكتلي.



58. تنفى بكمية مكافئة من المادة منتجة كمية كبيرة من الطاقة.

تطبيق المفاهيم

59. إنها ليست صحيحة، الحديد من أكثر

تقويم الفصل 11

إتقان حل المسائل

11-1 النواة

64. 47 إلكترونًا، 47 بروتونًا، 62 نيوترونًا.

65. $^{64}_{30}\text{Zn}$

66. a. -0.29177 u

b. -271.78 MeV

c. نيوكليون / -8.4931 MeV

67. a. نيوكليون / -6.1556 MeV

b. إنها تحتاج إلى طاقة أكبر لإزالة النيوكليون

من نواة $^{14}_7\text{N}$

68. 58 N

69. 4.00 u

11-2 الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية

70. $^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow ^{218}_{84}\text{Po} + ^4_2\text{He}$

71. $^{89}_{36}\text{Kr} \rightarrow ^{89}_{37}\text{Rb} + ^0_{-1}\text{e} + ^0_0\bar{\nu}$

72. a. $^{225}_{89}\text{Ac} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{221}_{87}\text{Fr}$

b. $^{227}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^0_{-1}\text{e} + ^{227}_{89}\text{Ac} + ^0_0\bar{\nu}$

c. $^{65}_{29}\text{Cu} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{66}_{29}\text{Cu} \rightarrow ^1_1\text{p} + ^{65}_{28}\text{Ni}$

d. $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{96}_{40}\text{Zr} + 3(^1_0\text{n}) + ^{136}_{52}\text{Te}$

73. a. 25 %

b. 13 %

c. 6.3 %

74. لتتخفض النشاط الإشعاعي إلى $\frac{1}{8}$ من الكمية الأصلية، يجب أن تنتظر ثلاثة أعمار نصف، أو 9 أيام.

75. a. الكربون

b. $^{11}_5\text{B} + ^1_1\text{p} \rightarrow ^{11}_6\text{C} + ^1_0\text{n}$

c. $^{11}_6\text{C} \rightarrow ^{11}_5\text{B} + ^0_{+1}\text{e} + ^0_0\bar{\nu}$

76. 1.2 kg

77. نيوترون

78. 500 سنة تقريبًا.

تقويم الفصل 11

11-2 الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية

70. اكتب المعادلة النووية الكاملة لاضمحلال ألفا للنظير $^{222}_{86}\text{Rn}$.

71. اكتب المعادلة النووية الكاملة لاضمحلال بيتا للنظير $^{89}_{36}\text{Kr}$.

72. أكمل المعادلات النووية التالية:

a. $^{229}_{89}\text{Ac} \rightarrow ^4_2\text{He} + \text{_____}$

b. $^{227}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^0_{-1}\text{e} + \text{_____} + \text{_____}$

c. $^{65}_{29}\text{Cu} + ^1_0\text{n} \rightarrow \text{_____} \rightarrow ^1_1\text{p} + \text{_____}$

d. $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{96}_{40}\text{Zr} + 3(^1_0\text{n}) + \text{_____}$

73. عمر النصف لنظير معين 3.0 أيام. ما النسبة المتبقية للمادة الأصلية التي ستبقى بعد:

a. 6.0 أيام؟ b. 9.0 أيام؟ c. 12.0 يومًا؟

74. في إحدى حوادث مختبر أبحاث، انسكب نظير مشع عمر النصف له ثلاثة أيام. وكان الإشعاع ثانية أضعاف الكمية العظمى المسموح بها. كم يجب أن ينتظر العاملون قبل أن يستطيعوا الدخول إلى المختبر؟

75. عندما يُقذف نظير البورون $^{11}_5\text{B}$ ببروتونات فإنه يمتص بروتونًا ويطلق نيوترونًا.

a. ما العنصر المتكوّن؟

b. اكتب المعادلة النووية لهذا التفاعل.

c. النظير المتكوّن مشع ويضمحل بانبعاث بوزترون. اكتب المعادلة النووية الكاملة لهذا التفاعل.

76. حررت القنبلة الذرية الأولى طاقة تعادل 2.0×10^4 كيلو طن من مادة TNT. فإذا كان كل كيلو طن واحد من TNT يكافئ 5.0×10^{12} J. وكان اليورانيوم-235 يحترق ذرة / 3.21×10^{-11} J، فكم كانت كتلة اليورانيوم 235 التي خضعت للانفجار لتوليد طاقة القنبلة؟

77. خلال تفاعل الاندماج يتحد ديوترون ^2_1H لتكوين نظير الهيليوم ^3_2He . ما الجسيم الآخر الذي تكوّن؟

78. عمر النصف لنظير البولونيوم $^{209}_{84}\text{Po}$ 103 سنة. كم تستغرق عينة 100g حتى تضمحل لبقى منها 3.1g؟

63. انشطار نواة اليورانيوم واندماج أنوية الهيدروجين الأربعة لإنتاج نواة الهيليوم كلاهما ينتجان طاقة.

a. أيهما ينتج طاقة أكبر؟

b. في أي الحالتين التاليتين تكون الطاقة الناتجة أكبر: انشطار كيلو جرام واحد من أنوية اليورانيوم، أم اندماج كيلو جرام من الهيدروجين؟

c. لماذا تختلف إجابة الجزأين a و b؟

إتقان حل المسائل

11-1 النواة

64. ما الجسيمات التي تكوّن ذرة $^{109}_{47}\text{Ag}$ ؟ وما عدد كل منه؟

65. ما رمز النظير (الذي يستخدم في التفاعلات النووية) لذرة زنك مكوّنة من 30 بروتونًا و 34 نيوترونًا؟

66. نظير الكبريت $^{32}_{16}\text{S}$ له كتلة نووية مقدارها 31.97207 u ما مقدار:

a. فرق الكتلة للنظير؟

b. طاقة الربط النووية لنواة الكبريت؟

c. طاقة الربط لكل نيوكليون؟

67. لنظير النيتروجين $^{12}_7\text{N}$ كتلة نووية مقدارها 12.0188 u ما مقدار:

a. طاقة الربط لكل نيوكليون؟

b. أيهما يحتاج إلى طاقة أكبر: فصل النيوكليون من نواة $^{12}_7\text{N}$ ، أو من نواة $^{14}_7\text{N}$ ؟ علّم بأن كتلة $^{14}_7\text{N}$ تساوي 14.00307 u .

68. يتبعد بروتونان موجبا الشحنة في نواة الهيليوم أحدهما عن الآخر مسافة $2.0 \times 10^{-15} \text{ m}$ تقريبًا. استخدم قانون كولوم لإيجاد القوة الكهربائية للتنافر بين البروتونين. سوف تعطيك الإجابة مؤشرًا عن مقدار القوة النووية القوية.

69. إذا كانت طاقة الربط النووية لنواة الهيليوم ^4_2He 28.3 MeV - فاحسب كتلة نظير الهيليوم بوحدة الكتلة الذرية.

يغلي. تحمل الدورة الثانية الماء عند ضغط منخفض منتجة البخار.

63. a. نواة اليورانيوم (200 MeV).

b. اندماج كيلو جرام من الهيدروجين.

c. على الرغم من أن انشطار نواة

يورانيوم واحدة تنتج طاقة أكبر

من اندماج أربع أنوية هيدروجين

لإنتاج الهيليوم، فهناك عدد من أنوية

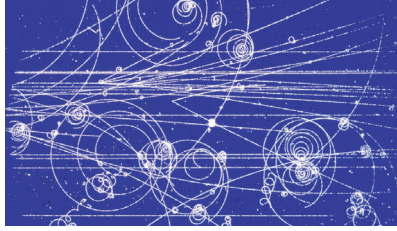
الهيدروجين في الكيلو جرام أكثر

200 مرة من عدد أنوية اليورانيوم

الموجودة في الكيلو جرام.

تقويم الفصل 11

تقويم الفصل 11



الشكل 11-20

مراجعة تراكمية

85. كل الأنوية التالية تستطيع أن تمتص جسيم α . افترض أنه لا تنبعث جسيمات ثانوية من النواة، أكمل المعادلات التالية:
- a. $^{14}_7\text{N} + ^4_2\text{He} \rightarrow \dots$
- b. $^{27}_{13}\text{Al} + ^4_2\text{He} \rightarrow \dots$
86. عمر النصف للرادون $^{211}_{86}\text{Rn}$ 15h. ما الكمية المتبقية من العينة بعد مرور 60 h؟
87. إحدى تفاعلات الاندماج البسيطة تتضمن إنتاج الديوتيريوم ^2_1H (2.014102 u) من نيوترون وبروتون. اكتب تفاعل الاندماج الكامل، وأوجد مقدار الطاقة المتحررة.
88. كتلة نواة اليورانيوم $^{232}_{92}\text{U}$ 232.0372 u، ويضمحل إلى الثوريوم $^{228}_{90}\text{Th}$ ، الذي كتلته 228.0287 u، وانبعاث جسيم α الذي كتلته 4.0026 u، وطاقته الحركية 5.3 MeV، كم يجب أن تكون الطاقة الحركية لنواة الثوريوم المتكونة؟

التفكير الناقد

89. استنتج لأشعة جاما زخم. وزخم شعاع جاما ذي الطاقة E يساوي E/c ، حيث c سرعة الضوء. عندما يضمحل زوج إلكترون-بوزترون إلى إشعاعي جاما فإن كلا من الزخم والطاقة يجب أن يكونا محفوظين. إذا كان مجموع طاقات أشعة

11-3 وحدات بناء المادة

79. ما شحنة الجسيم الذي يتكون من ثلاثة كواركات علوية؟
80. شحنة ضديد الكوارك معاكسة لشحنة الكوارك. يتكون البيون من كوارك علوي ومن ضديد الكوارك السفلي $u\bar{d}$. ما شحنة هذا البيون؟
81. تتكون البيونات من كوارك وضديد الكوارك. أوجد شحنة البيون الذي يتكون من:
- a. $u\bar{u}$
- b. $d\bar{u}$
- c. $d\bar{d}$
82. الباريونات جسيمات تتكون من ثلاثة كواركات. أوجد الشحنة على كل من الباريونات التالية:
- a. نيوترون ddu
- b. ضديد بروتون $\bar{u}\bar{u}\bar{d}$
83. نصف قطر السنكروترون في مختبر فيرمي 2.0 km، وتتحرك البروتونات التي تدور داخله بسرعة تساوي سرعة الضوء في الفراغ تقريباً.
- a. ما الفترة الزمنية التي يحتاج إليها البروتون حتى يكمل دورة كاملة.
- b. تدخل البروتونات الحلقة بطاقة 8.0 GeV فتكتسب طاقة 2.5 MeV في كل دورة. ما عدد الدورات التي يجب أن يكملها قبل أن تصل طاقتها إلى 400.0 GeV؟
- c. ما الفترة الزمنية التي تحتاج إليها البروتونات حتى تتسارع إلى 400.0 GeV؟
- d. ما المسافة التي تقطعها البروتونات التي تنقل خلال هذا التسارع؟
84. الشكل 11-20 يبين مسارات في حجرة الفقاعة. ما بعض الأسباب التي تسبب انحراف أحد المسارات أكثر من المسارات الأخرى؟

11-3 وحدات بناء المادة

79. 2 + جسيمات مشحونة أولية.

80. 1 + جسيم مشحون أولي.

81. a. 0 شحنة

b. -1 شحنة

c. 0 شحنة

82. a. 0

b. -1

83. a. $2.1 \times 10^{-5} \text{ s}$

b. دورة 1.6×10^5

c. 3.4 s

d. $1.0 \times 10^9 \text{ m}$ أو 1 مليون كيلومتر تقريباً.

84. تنحني مسارات الجسيمات الأسرع بشكل أقل.

مراجعة عامة

85. a. $^{14}_7\text{N} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{18}_9\text{F}$

b. $^{27}_{13}\text{Al} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{31}_{15}\text{P}$

86. يبقى $\frac{1}{16}$

87. $^1_0\text{n} + ^1_1\text{p} \rightarrow ^2_1\text{H} + 1.7130 \text{ MeV}$

88. 0.2 MeV

التفكير الناقد

89. لأن العزم الابتدائي صفر فإن هذا يجب أن يكون العزم النهائي؛ لذلك فإن شعاعي جاما يجب أن يكون لهما عزمان متساويان في المقدار ومختلفان في الإشارة. مقدار العزم $2.72 \times 10^{-22} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

تقويم الفصل 11

تقويم الفصل 11

90. لحفظ الزخم فإن إشعاعات جاما الثلاثة يجب أن تكون في المستوى نفسه وبزايا 120° بينها.

91. s/تفاعل 10^{38} .

92. 4 دقائق تقريباً.

الكتابة في الفيزياء

93. % 25 تقريباً من الكون مادة معتمدة، وهناك حاجة لتفسير دوران المجرة وتمدد الكون. وبناءً على إحدى النظريات فإن المادة المعتمدة ليست مصنوعة من المواد العادية التي يشملها النموذج المعياري. قد تتفاعل مع المواد العادية فقط من خلال الجاذبية والقوى النووية الضعيفة.

94. اقترح العلماء النظريون وجود صفة مميزة للكواركات، وأدركوا أن الكواركات توجد على شكل أزواج. وجد الكوارك السفلي عام 1977م، أما الكوارك العلوي فلم يُعثر عليه حتى عام 1995م.

مراجعة تراكمية

95. a. $1.82 \times 10^3 \text{ m/s}$
b. $9.43 \times 10^{-6} \text{ eV}$

96. 0.4 eV

الكتابة في الفيزياء

93. ابحث في الفهم الحالي للمادة المعتمدة في الكون، وما أهمية هذه المادة لعلماء الكونيات؟ وما مكونات هذه المادة؟
94. ابحث في تعقّب الكوارك العلوي. لماذا افترض الفيزيائيون وجوده؟

مراجعة تراكمية

95. إلكترون طول موجة دي بروي له 400.0 nm .
(الطول الموجي الأقصر في الضوء المرئي).
a. أوجد سرعة الإلكترون.
b. احسب طاقة الإلكترون بوحدة eV .
96. يدخل فوتون طاقته 14.0 eV ذرة هيدروجين في حالة استقرار ويؤينها. ما مقدار الطاقة الحركية التي ينطلق بها الإلكترون من الذرة؟

جاما تساوي 1.02 MeV ، وكان كلّ من البوزترون والإلكترون مبدئياً في حالة سكون، فكم يجب أن يكون مقدار واتجاه زخم إشعاعين من أشعة جاما؟
90. استنتج إذا كان زوج إلكترون-بوزترون مبدئياً في حالة سكون، ويستطيع أن يضمحل إلى ثلاثة إشعاعات جاما، وكانت إشعاعات جاما الثلاثة لها طاقات متساوية، فكيف يجب أن تكون اتجاهاتها النسبية؟ وضح بالرسم.
91. قدّر يُطلق تفاعل اندماجي واحد في الشمس طاقة 25 MeV تقريباً. قدّر عدد التفاعلات التي تحدث في ثانية من سطوع الشمس الذي يكون عنده معدل الطاقة المنبعثة $4 \times 10^{26} \text{ W}$.
92. تفسيرا البيانات يُراقب نظير يخضع لاضمحلال إشعاعي بواسطة كاشف إشعاعي، فيسجل عدد العدادات كل خمس دقائق. وبحسب النتائج الموضحة في الجدول 11-4 أزيلت العينة بعد ذلك، وسجل الكاشف الإشعاعي 20 عدة ناتجة عن الأشعة الكونية خلال 5 دقائق. أوجد عمر نصف النظير. لاحظ أنه يجب أن تطرح 20 عدة أولية من كل نتيجة. ثم عيّن العدادات كدالة رياضية مع الزمن برسم بياني، وحدد عمر النصف.

الجدول 11-4	
قياسات الاضمحلال الإشعاعي	
الزمن (دقيقة)	العدادات (لكل 5 دقائق)
0	987
5	375
10	150
15	70
20	40
25	25
30	18

سَلَم تقدير

يمثل الجدول الآتي نموذجًا لسلم تقدير إجابات الأسئلة الممتدة.

الدرجات	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا كاملاً لموضوع الفيزياء الذي يدرسه، وقد تتضمن الاستجابة أخطاءً ثانوية لا تعيق إظهار الفهم الكامل.
3	يُظهر الطالب فهمًا للموضوعات الفيزيائية التي درسها، والاستجابة صحيحة وتظهر فهمًا أساسيًا، لكن دون الفهم الكامل للفيزياء.
2	يُظهر الطالب فهمًا جزئيًا للموضوعات الفيزيائية، وربما يكون قد استعمل الطريقة الصحيحة للوصول إلى الحل، أو قدّم حلًا صحيحًا، لكن العمل يفتقر إلى استيعاب المفاهيم الفيزيائية الرئيسة.
1	يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًا للموضوعات الفيزيائية، والاستجابة غير تامة (ناقصة)، وتظهر أخطاء كثيرة.
0	يقدم الطالب حلًا غير صحيح تمامًا، أو لا يستجيب على الإطلاق.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي،

1. ما عدد البروتونات، النيوترونات، والإلكترونات في نظير النيكل $^{60}_{28}\text{Ni}$ ؟

البروتونات	النيوترونات	الإلكترونات
(A) 28	32	28
(B) 28	28	32
(C) 32	28	28
(D) 32	32	28

2. ما الذي يحدث في التفاعلات التالية؟



(A) اضمحلال ألفا
(B) اضمحلال بيتا
(C) اضمحلال جاما
(D) فقد بروتون

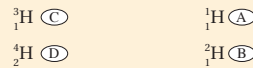
3. ما الناتج عندما يخضع البولونيوم-210 $^{210}_{84}\text{Po}$ لاضمحلال ألفا؟



4. تبعث عينة من اليود-131 المشع جسيمات بيتا بمعدل $2.5 \times 10^8 \text{ Bq}$. إذا كان عمر النصف لليود 8 أيام. فما النشاطية بعد مرور 16 يومًا؟

(A) $1.6 \times 10^7 \text{ Bq}$
(B) $6.3 \times 10^7 \text{ Bq}$
(C) $1.3 \times 10^8 \text{ Bq}$
(D) $2.5 \times 10^8 \text{ Bq}$

5. حدد النظير المجهول في هذا التفاعل:
 $^{14}_6\text{C} + ? \rightarrow ^{14}_7\text{N} + \text{نيوترون}$



6. أي نوع من الاضمحلال لا يغير عدد البروتونات أو النيوترونات في النواة؟

(A) البوزترون
(B) ألفا
(C) بيتا
(D) جاما

7. نظير البولونيوم-210 له عمر نصف 138 يومًا. ما مقدار الكمية المتبقية من عينة 2.34 kg بعد مرور أربعة أعوام؟

(A) 0.644 mg
(B) 1.50 mg
(C) 1.51 g
(D) 10.6 g

8. يتصادم إلكترون وبوزترون فيفني كل منهما الآخر، ويطلقان طاقتهم على شكل أشعة جاما. ما أقل طاقة لأشعة جاما؟ (الطاقة المكافئة لكتلة الإلكترون 0.51 MeV).

(A) 0.51 MeV
(B) 1.02 MeV
(C) 931.49 MeV
(D) 1863 MeV

9. يبين الرسم التوضيحي أدناه المسارات في حجرة الفقاعة التي تنتج عندما تضمحل أشعة جاما إلى بوزترون وإلكترون. لماذا لا تغادر أشعة جاما المسار؟



(A) تنتقل أشعة جاما بسرعة عالية جدًا خلال مساراتها لكي يتم اكتشافها.
(B) أزواج من الجسيمات فقط يمكن أن تغادر المسارات في حجرة الفقاعة.
(C) يجب أن يكون للجسيم كتلة حتى يتفاعل مع السائل ويغادر المسار، وأشعة جاما عديمة الكتلة فعليًا.
(D) أشعة جاما متعادلة كهربائيًا، لذلك فلا تؤين السائل.

أسئلة الاختيار من متعدد

- | | | |
|------|------|------|
| 1. A | 2. B | 3. A |
| 4. B | 5. A | 6. D |
| 7. C | 8. B | 9. D |

اختبار مقنن

الأسئلة الممتدة

10. يطلق انشطار نواة يورانيوم - 235 طاقة $3.2 \times 10^{-11} \text{ J}$ تقريباً. ويحرر طن واحد من مادة TNT طاقة $4 \times 10^9 \text{ J}$ تقريباً. ما عدد أنوية اليورانيوم - 235 في قنبلة الانشطار النووي الذي يطلق طاقة تكافئ 20000 طن من مادة TNT؟

✓ إرشاد استطلع

ابحث في الظروف التي ستقدم فيها الامتحان. هل حدد موعده أم لا؟ هل يسمح لك باستخدام الآلة الحاسبة أو أي أدوات أخرى؟ هل التوابيت الفيزيائية ستكون مرفقة مع ورقة الامتحان؟ إن معرفة هذه الأشياء مسبقاً قد تمكنك من تجريب تقديم الامتحان تحت ظروف مشابهة.

الأسئلة الممتدة

$$10. \text{ عدد الأنوية} = (20.000 \text{ T}) \left(\frac{4 \times 10^9 \text{ J}}{\text{T}} \right) \left(\frac{1 \text{ نواة}}{3.2 \times 10^{-11} \text{ J}} \right) = 2 \times 10^{24}$$



• الجداول

• المصطلحات

الوحدات الأساسية SI		
الكمية	الوحدة	رمز الوحدة
الطول	meter	m
الكتلة	kilogram	kg
الزمن	second	s
درجة الحرارة	kelvin	K
مقدار المادة	mole	mol
التيار الكهربائي	ampere	A
شدة الإضاءة	candela	cd

وحدات SI المشتقة				
القياس	الوحدة	رمز الوحدة	معبّر بالوحدات الأساسية	معبّر بوحدات SI أخرى
التسارع		m/s ²	m/s ²	
المساحة		m ²	m ²	
الكثافة		kg/m ³	kg/m ³	
الشغل، الطاقة	joul	J	kg.m ² /s ²	N.m
القوة	newton	N	kg.m/s ²	
القدرة	watt	W	kg.m ² /s ³	J/s
الضغط	bascal	Pa	kg/m.s ²	N/m ²
السرعة		m/s	m/s	
الحجم		m ³	m ³	

تحويلات مفيدة		
1 in = 2.54 cm	1 kg = 6.02 × 10 ²⁶ u	1 atm = 101 kPa
1 mi = 1.61 km	1 oz ↔ 28.4 g	1 cal = 4.184 J
	1 kg ↔ 2.21 lb	1 eV = 1.60 × 10 ⁻¹⁹ J
1 gal = 3.79 L	1 lb = 4.45 N	1 kWh = 3.60 MJ
1 m ³ = 264 gal	1 atm = 14.7 lb/in ²	1 hp = 746 W
	1 atm = 1.01 × 10 ⁵ N/m ²	1 mol = 6.022 × 10 ²³

ثوابت فيزيائية			
القيمة التقريبية	المقدار	الرمز	الكمية
$1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.66053886 \times 10^{-27} \text{ kg}$	u	وحدة كتلة الذرة
$6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	$6.0221415 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	N_A	عدد أفوجادرو
$1.38 \times 10^{-23} \text{ Pa.m}^3/\text{K}$	$1.3806505 \times 10^{-23} \text{ Pa.m}^3/\text{K}$	k	ثابت بولتزمان
$8.31 \text{ Pa.m}^3/\text{mol.K}$	$8.314472 \text{ Pa.m}^3/\text{mol.K}$	R	ثابت الغاز
$6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$	$6.6742 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$	G	ثابت الجاذبية

البادئات		
البادئة	الرمز	الدلالة العلمية
femto	f	10^{-15}
baico	p	10^{-12}
nano	n	10^{-9}
micro	μ	10^{-6}
mile	m	10^{-3}
cm	c	10^{-2}
disa	d	10^{-1}
dica	da	10^1
hecto	h	10^2
kilo	k	10^3
mega	M	10^6
giga	G	10^9
terra	T	10^{12}
beta	P	10^{15}

درجات الانصهار والغليان لبعض المواد		
المادة	درجة الانصهار (°C)	درجة الغليان (°C)
ألومنيوم	660.37	2467
نحاس	1083	2567
جرمانيوم	937.4	2830
ذهب	1064.43	2808
إنديوم	156.61	2080
حديد	1535	2750
رصاص	327.5	1740
سليكون	1410	2355
فضة	961.93	2212
ماء	0.000	100.000
خارصين	419.58	907

كثافة بعض المواد الشائعة	
المادة	الكثافة (g/cm ³)
ألومنيوم	2.702
كادميوم	8.642
نحاس	8.92
جرمانيوم	5.35
ذهب	19.31
هيدروجين	8.99×10^{-5}
إنديوم	7.30
حديد	7.86
رصاص	11.34
زئبق	13.546
أكسجين	1.429×10^{-3}
سليكون	2.33
فضة	10.5
ماء (4 °C)	1.000
خارصين	7.14

السعة الحرارية النوعية لبعض المواد الشائعة			
المادة	السعة الحرارية النوعية (J/kg.K)	المادة	السعة الحرارية النوعية (J/kg.K)
ألومنيوم	897	رصاص	130
نحاس أصفر	376	ميثانول	2450
كربون	710	فضة	235
نحاس	385	بخار	2020
زجاج	840	ماء	4180
جليد	2060	خارصين	388
حديد	450		

الحرارة الكامنة للانصهار والحرارة الكامنة للتبخير لبعض المواد الشائعة		
المادة	الحرارة الكامنة للانصهار (J/kg)	الحرارة الكامنة للتبخير (J/kg)
نحاس	2.05×10^5	5.07×10^6
ذهب	6.30×10^4	1.64×10^6
حديد	2.66×10^5	6.29×10^6
رصاص	2.04×10^4	8.64×10^5
زئبق	1.15×10^4	2.72×10^5
ميثانول	1.09×10^5	8.78×10^5
فضة	1.04×10^5	2.36×10^6
ماء (جليد)	3.34×10^5	2.26×10^6

أ

أشباه الموصلات **Semiconductors** مواد موصلة مثل السليكون والجرمانيوم، وعندما تصنع منها أدوات الحالة الصلبة، فإنها تعمل على تضخيم الإشارات الكهربائية الضعيفة جداً وضبطها، من خلال حركة الإلكترونات داخل منطقة بلورية صغيرة.

أشباه الموصلات غير النقية **Extrinsic Semiconductors** أشباه الموصلات التي يكون توصيلها كبيراً بسبب احتوائها على شوائب.

أشباه الموصلات النقية **Intrinsic Semiconductors** أشباه الموصلات النقية التي توصل نتيجة لتحرير الإلكترونات والفجوات حرارياً.

الإشعاع **Radiation** الانتقال الحراري للطاقة بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية خلال الفراغ في الفضاء.

انبعاث ألفا **Alpha decay** عملية اضمحلال إشعاعي ينبعث فيها جسيم ألفا من النواة.

انبعاث بيتا **beta decay** عملية اضمحلال إشعاعي يتحول فيها نيوترون إلى بروتون يبقى في النواة وجسيم بيتا وأنتي نيوترينو.

انبعاث جاما **Gamma Decay** عملية اضمحلال إشعاعي يتم فيها إعادة توزيع الطاقة داخل النواة، لكن دون تغير في العدد الكتلي أو مقدار الشحنة.

اقتران الشغل **Work Function** الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون الأضعف ارتباطاً من العنصر، ويقاس بتردد العتبة في التأثير الكهروضوئي.

الانبعاث المحفز **stimulated emission** عملية تحدث عندما تصطدم ذرة مثارة بفوتون طاقته تساوي الفرق بين طاقتي مستوى الإثارة وطاقة مستوى الاستقرار، فتعود الذرة إلى حالة الاستقرار، وينبعث فوتون طاقته تساوي الفرق بين طاقتي المستويين.

إنتاج الزوج **Pair Production** تحوّل الطاقة إلى جسيمات مزدوجة "مادة وضديد المادة".

الاندماج النووي **Fusion** عملية يتم فيها اندماج أنوية صغيرة لإنتاج نواة أكبر وتحرير طاقة.

الانشطار النووي **Fission** العملية التي تنقسم فيها النواة إلى نواتين أو أكثر ونيوترونات وطاقة.

ت

التأثير الكهروضوئي **Photoelectric Effect** انبعاث إلكترونات من سطوح الفلزات عند سقوط إشعاع كهرومغناطيسي مناسب عليها.

تأثير كومبتون **Compton Effect** الإزاحة في طاقة الفوتونات المشتتة.

الترانزستور **Transistor** أداة بسيطة مصنوعة من مادة شبه موصلة معالجة بالشوائب، ويعمل كمضخم، ومقوّل للإشارات الضعيفة.

تردد العتبة **Threshold Frequency** أقل تردد للأشعة الساقطة يمكنها تحرير إلكترونات من العنصر.

التفاعل المتسلسل **Chain Reaction** عملية مستمرة ومتكررة من تفاعلات الانشطار سببها تحرير نيوترونات من تفاعل الانشطار الأول.

التفاعل النووي **Nuclear Reaction** عملية تحدث عندما يتغير عدد النيوترونات أو عدد البروتونات في النواة. وقد تحدث عندما تقذف النواة بأشعة جاما، أو بروتونات، أو نيوترونات، أو جسيمات ألفا، أو إلكترونات.

ج

جسيمات ألفا **Alpha Particles** جسيمات موجبة الشحنة وثقيلة، وتتحرك بسرعات عالية، ويرمز لها بالرمز α .

ح

حالة الإثارة **Excited State** أي مستوى طاقة للذرة أعلى من مستوى الاستقرار.
حالة الاستقرار **Ground State** حالة الذرة عندما تمتلك أقل مقدار مسموح به من الطاقة.
حاملات القوة **Force Carriers** جسيمات تنقل أو تحمل القوى في المادة.

د

الدايود **Diode** شبه موصل بسيط يوصل الشحنات باتجاه واحد، ويتكوّن من قطعة صغيرة من أشباه الموصلات من النوع **p** موصولة بقطعة أخرى من النوع **n**.

ر

الرقاقة الميكروية **Microchip** دوائر متكاملة تتكوّن من آلاف الترانزستورات والدايودات والمقاومات والموصلات.

س

السحابة الإلكترونية **Electron Cloud** المنطقة ذات الاحتمالية العالية لوجود الإلكترون فيها.

ش

الشوائب **Dopants** ذرات مانحة أو مستقبلية للإلكترونات بتركيز قليلة تضاف إلى أشباه الموصلات النقية تسمى الشوائب فتعمل على زيادة موصليتها، وذلك بتوفير إلكترونات أو فجوات إضافية.

ض

الضوء المترابط **Coherent light** ضوء من مصدرين أو أكثر، يولد موجة ذات مقدمات منتظمة. أو موجات ضوء تكون متطابقة عند القمم والقيعان.
الضوء غير المترابط **Incoherent light** ضوء بمقدمات موجية غير متزامنة تضيء الأجسام بضوء أبيض منتظم. أو هو ضوء يتكون من موجات مختلفة في الطور، قممها وقيعانها غير متوافقة.

ط

طاقة الربط النووية **Binding Energy** الطاقة المكافئة لنقص كتلة النواة، وهي دائماً سالبة.
الطيف الكهرومغناطيسي **Electro magnetic Spectrum** طيف يتكون من مدى الترددات والأطوال الموجية التي تشكل جميع أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي.
طول موجة دي بروي **De Broglie Wavelength** طول الموجة الملازمة للجسم المتحرك.

طيف الامتصاص Absorption Spectrum مجموعة مميزة من الأطوال الموجية، تنتج عند امتصاص الغاز جزءاً من الطيف، وتستخدم للتعرف على نوع الغاز.

طيف انبعاث Emission Spectrum ضوء ينبعث من الأجسام الساخنة والمتوهجة في نطاق محدد من الترددات.

طبقة النضوب Depletion layer المنطقة المحيطة بالطبقة الفاصلة pn ولا يوجد فيها فجوات أو إلكترونات حرة فتتضرب فيها ناقلات الشحنة، وتصبح موصلاً ضعيفاً جداً.

ع

العدد الذري Atomic Number عدد البروتونات في نواة العنصر.

العدد الكتلي Mass Number عدد البروتونات والنيوترونات داخل نواة العنصر.

عدد الكم الرئيسي Principal quantum Number العدد الصحيح n الذي يحدد القيم المكملة لنصف القطر أو الطاقة لمستوى (مدار) الإلكترون _ يتضاعف نصف القطر عندما يتضاعف مربع n بينما تعتمد الطاقة على n^2 .

عمر النصف Half-life الفترة الزمنية اللازمة لاضمحلال نصف أي كمية من ذرات نظير عنصر مشع.

العوازل الكهربائية Dielectrics مواد غير موصلة - منها الزجاج والهواء والماء - تنتقل خلالها الموجات الكهرومغناطيسية بسرعة أقل من سرعة الضوء في الفراغ.

ف

الفوتون Photon حزمة مكملة منفصلة من الإشعاع الكهرومغناطيسي، لا كتلة لها، وتتحرك بسرعة الضوء، ولها طاقة وكمية تحرك.

ق

القوة النووية الضعيفة Weak Nuclear Force قوة ضعيفة تؤثر في انبعاث بيتا داخل النواة.

القوة النووية القوية Strong Nuclear Force قوة كبيرة جداً تربط مكونات النواة، وهي القوة نفسها بين البروتونات والبروتونات، أو بين البروتونات والنيوترونات، أو بين النيوترونات والنيوترونات.

ك

الكهرباء الإجهادية Piezoelectricity خاصية للبلورة تسبب انحناءها أو تشوهها فتولد تذبذبات كهربائية عند تطبيق فرق جهد عليها.

الكواركات quarks جسيمات صغيرة تكون البروتونات والنيوترونات والبيونات.

ل

الليبتونات leptons مجموعة من الجسيمات تكون الإلكترونات والنيوترينات.

ليزر laser أداة تنتج ضوءاً موحداً مترابطاً متفقاً في الطور يستخدم لإثارة ذرات أخرى، وينتج عن طريق الانبعاث المحفز بالإشعاع.



مبدأ عدم التحديد **Uncertainty Principle** ينص على أنه لا يمكن تحديد موقع جسيم وزخمه بدقة عالية، في اللحظة نفسها.

مستوى الطاقة **Energy level** كمية محددة من الطاقة توجد في كل مستوى للذرة.

مطياف الكتلة **Mass Spectrometer** جهاز يستخدم المجالين الكهربائي والمغناطيسي في قياس كتلة الذرات المتأينة والجزيئات ويحدد نسبة شحنة الأيون إلى كتلته.

المُستقبل **Receiver** جهاز يستعمل للحصول على معلومات من الموجات الكهرمغناطيسية، ويتكون من هوائي ودائرة ملف ومكثف وكاشف لفك شفرة الإشارة ومضخم.

كمّاة **Quantized** الطاقة الموجودة في حزمة محددة.

المواد المشعة **Radioactive** المواد التي تنبعث منها إشعاعات تلقائياً، وهذه الإشعاعات لها قدرة على النفاذ.

الموجة الكهرمغناطيسية **Electromagnetic Wave** موجة ناتجة عن التغير المزدوج في المجالين الكهربائي والمغناطيسي، وتنتقل في الفضاء.

ميكانيكا الكم **Quantum Mechanics** دراسة خصائص المادة باستخدام خصائصها الموجية.



النشاطية **Activity** معدل الاضمحلال، أو عدد انحلالات المادة المشعة كل ثانية.

النظير **Isotope** كل شكل من الأشكال المختلفة للذرة نفسها، له كتلة مختلفة والخصائص الكيميائية نفسها.

نقص الكتلة **Mass Defect** الفرق بين مجموع كتل مكونات النواة منفردة، وكتلتها الكلية مشتملة.

النموذج الكمي **Quantum Model** نموذج يتوقع احتمالية وجود الإلكترون في منطقة محددة فقط.

النموذج المعياري **Standard Model** نموذج بناء وحدات المادة، تتوزع فيه الجزيئات على ثلاث مجموعات هي الكواركات، واللبتونات، وحاملات القوة.

النويدة (نواة النظير) **Nuclide** جزء صغير جداً في مركز الذرة، موجب الشحنة، وتتركز فيه معظم كتلة الذرة.

النيوكليونات **Nucleons** البروتونات والنيوترونات.

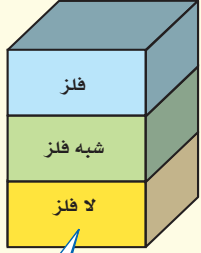


وحدة الكتلة الذرية **Atomic Mass Unit** وحدة كتلة u ، حيث u تساوي $1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$.



الهوائي **Antenna** سلك مصمّم لنقل أو استقبال الموجات الكهرمغناطيسية.

الجدول الدوري للعناصر



يدل لون صندوق كل عنصر على كونه فلزًا أو شبه فلز أو لافلز.

10			11	12	13	14	15	16	17	18
					Boron 5 B 10.811	Carbon 6 C 12.011	Nitrogen 7 N 14.007	Oxygen 8 O 15.999	Fluorine 9 F 18.998	Helium 2 He 4.003
					Aluminum 13 Al 26.982	Silicon 14 Si 28.086	Phosphorus 15 P 30.974	Sulfur 16 S 32.065	Chlorine 17 Cl 35.453	Neon 10 Ne 20.180
Nickel 28 Ni 58.693	Copper 29 Cu 63.546	Zinc 30 Zn 65.409	Gallium 31 Ga 69.723	Germanium 32 Ge 72.64	Arsenic 33 As 74.922	Selenium 34 Se 78.96	Bromine 35 Br 79.904	Krypton 36 Kr 83.798		
Palladium 46 Pd 106.42	Silver 47 Ag 107.868	Cadmium 48 Cd 112.411	Indium 49 In 114.818	Tin 50 Sn 118.710	Antimony 51 Sb 121.760	Tellurium 52 Te 127.60	Iodine 53 I 126.904	Xenon 54 Xe 131.293		
Platinum 78 Pt 195.078	Gold 79 Au 196.967	Mercury 80 Hg 200.59	Thallium 81 Tl 204.383	Lead 82 Pb 207.2	Bismuth 83 Bi 208.980	Polonium 84 Po (209)	Astatine 85 At (210)	Radon 86 Rn (222)		
Darmstadtium 110 Ds (281)	Roentgenium 111 Rg (272)	Ununbium * 112 Uub (285)	Ununtrium * 113 Uut (284)	Ununquadium * 114 Uuq (289)	Ununpentium * 115 Uup (288)	Ununhexium * 116 Uuh (291)		Ununoctium * 118 Uuo (294)		

* أسماء رموز العناصر 112، 113، 114، 115، 116، 118 مؤقتة، سيتم اختيار أسماء نهائية لها عند التأكد من اكتشافها.

Europium 63 Eu 151.964	Gadolinium 64 Gd 157.25	Terbium 65 Tb 158.925	Dysprosium 66 Dy 162.500	Holmium 67 Ho 164.930	Erbium 68 Er 167.259	Thulium 69 Tm 168.934	Ytterbium 70 Yb 173.04	Lutetium 71 Lu 174.967
Americium 95 Am (243)	Curium 96 Cm (247)	Berkelium 97 Bk (247)	Californium 98 Cf (251)	Einsteinium 99 Es (252)	Fermium 100 Fm (257)	Mendelevium 101 Md (258)	Nobelium 102 No (259)	Lawrencium 103 Lr (262)

جداول مرجعية

جداول مرجعية

العناصر في كل عمود تسمى مجموعة، ولها خواص كيميائية متشابهة.

غاز
سائل
صلب
مُصنع

الرموز الثلاثة العليا تدل على حالة العنصر في درجة حرارة الغرفة، بينما يدل الرمز الرابع على العناصر المكونة.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hydrogen 1 H 1.008	Beryllium 4 Be 9.012	Scandium 21 Sc 44.956	Titanium 22 Ti 47.867	Vanadium 23 V 50.942	Chromium 24 Cr 51.996	Manganese 25 Mn 54.938	Iron 26 Fe 55.845	Cobalt 27 Co 58.933
Lithium 3 Li 6.941	Magnesium 12 Mg 24.305	Yttrium 39 Y 88.906	Zirconium 40 Zr 91.224	Niobium 41 Nb 92.906	Molybdenum 42 Mo 95.94	Technetium 43 Tc (98)	Ruthenium 44 Ru 101.07	Rhodium 45 Rh 102.906
Sodium 11 Na 22.990	Calcium 20 Ca 40.078	Lanthanum 57 La 138.906	Hafnium 72 Hf 178.49	Tantalum 73 Ta 180.948	Tungsten 74 W 183.84	Rhenium 75 Re 186.207	Osmium 76 Os 190.23	Iridium 77 Ir 192.217
Potassium 19 K 39.098	Strontium 38 Sr 87.62	Barium 56 Ba 137.327	Rutherfordium 104 Rf (261)	Dubnium 105 Db (262)	Seaborgium 106 Sg (266)	Bohrium 107 Bh (264)	Hassium 108 Hs (277)	Meitnerium 109 Mt (268)
Rubidium 37 Rb 85.468	Cesium 55 Cs 132.905	Francium 87 Fr (223)	Actinium 89 Ac (227)	Radium 88 Ra (226)	Protactinium 91 Pa 231.036	Uranium 92 U 238.029	Neptunium 93 Np (237)	Plutonium 94 Pu (244)

صفوف العناصر الأفقية تسمى دورات. يزداد العدد الذري من اليسار إلى اليمين في كل دورة.

يدل السهم على المكان الذي يجب أن توضع فيه هذه العناصر في الجدول. وقد تم نقلها إلى أسفل الجدول توفيراً للمكان.

عناصر اللانثانيدات

عناصر الأكتينيدات

الرقم المحاط بقوسين هو العدد الكتلي للنظير الأطول عمراً للعنصر.

Cerium 58 Ce 140.116	Praseodymium 59 Pr 140.908	Neodymium 60 Nd 144.24	Promethium 61 Pm (145)	Samarium 62 Sm 150.36
Thorium 90 Th 232.038	Protactinium 91 Pa 231.036	Uranium 92 U 238.029	Neptunium 93 Np (237)	Plutonium 94 Pu (244)