وزارة التربية والتعليم
Ministry of Education
المملكة العربية السعودية

دليل حلول المسائل

الصف الثالث الثانوي

قسم العلوم الطبيعية

العبيكان Obeikan

١٤٣٥ هـ - ٢٠١٤ م

Mc Graw Hill Education

الفيزياء ـ الصف الثالث الثانوي

Glencoe Sience

SOLUTIONS MANUAL

Physics

دليل حلول المسائل

أعدَّ النسخة العربية: شركة العبيكان للتعليم

www.obeikaneducation.com

Education

English Edition Copyright © 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©.

الطبعة العربية: مجموعة العبيكان للاستثمار
وفقًا 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 و الاسترجاع، دون إذن خطي من الناشر.

المحتويات

مقدمة للمعلم

الفصل 1: الكهرباء الساكنة 5

الفصل 2: المجالات الكهربائية 20

الفصل 3: الكهرباء التيارية 38

الفصل 4: دوائر التوالي والتوازي الكهربائية 53

الفصل 5: المجالات المغناطيسية 72

الفصل 6: الحث الكهرومغناطيسي 90

الفصل 7: الكهرومغناطيسية 106

الفصل 8: نظرية الكم 119

الفصل 9: الذرة 132

الفصل 10: إلكترونيات الحالة الصلبة 145

الفصل 11: الفيزياء النووية 159

ملاحق المسائل الإضافية:

ملحق الفصل 1: الكهرباء الساكنة 178

ملحق الفصل 2: المجالات الكهربائية 181

ملحق الفصل 3: الكهرباء التيارية 186

ملحق الفصل 4: دوائر التوالي والتوازي الكهربائية 189

ملحق الفصل 5: المجالات المغناطيسية 194

ملحق الفصل 6: الحث الكهرومغناطيسي 196

ملحق الفصل 7: الكهرومغناطيسية 198

ملحق الفصل 8: نظرية الكم 202

ملحق الفصل 9: الذرة 205

ملحق الفصل 10: إلكترونيات الحالة الصلبة 207

ملحق الفصل 11: الفيزياء النووية 211

إلى المعلم

يعدّ دليل **حلول المسائل** دليلاً شاملاً للمسائل الواردة في كتاب الطالب، ويشمل المسائل التدريبية، ومسائل مراجعة الدرس، ومسائل تقويم الفصل، فضلاً عن مسائل التحفيز الواردة في كل فصل وأضيف إلى الدليل ملاحق مسائل إضافية لكل فصل تشتمل مسائل في مستوى الكتاب واحيانًا أكثر صعوبة. ولقد أعيدت كتابة المسائل في هذا الدليل حتى لا يضطر المعلم إلى الرجوع إلى كتاب الطالب أو دليل المعلم عند استعراض المسائل مع الطلاب.

مراجعة القسم

1–1 الشحنة الكهربائية صفحة (14–9)

صفحة 14

1. **الأجسام المشحونة** بعد دلك مشط بسترة مصنوعة من الصوف يمكنه جذب قصاصات ورق صغيرة. لماذا يفقد المشط هذه القدرة بعد عدة دقائق؟

يفقد المشط شحنته في الوسط المحيط به، ويصبح متعادل من جديد.

2. **أنواع الشحنات** من خلال التجارب التي مرت في هذا القسم، كيف يمكنك أن تعرف أيّ الشريطين B أو T موجب الشحنة؟

قرّب قضيبًا زجاجيًّا مشحونًا بشحنة موجبة إلى كل من الشريطين، فيكون الشريط الذي يتنافر معه موجب الشحنة.

3. **أنواع الشحنات** كرة البيلسان كرة صغيرة مصنوعة من مادة خفيفة، مثل البوليسترين، وتكون عادة مطلية بطبقة من الجرافيت أو الألومنيوم. كيف يمكنك أن تحّدد ما إذا كانت كرة البيلسان المعلقة بخيط عازل متعادلة كهربائيًّا أو ذات شحنة موجبة أو ذات شحنة سالبة؟

أحضر جسمًا مشحونًا بشحنة معلومة، ولتكن سالبة، وقربه إلى كرة البيلسان، إذا تنافرت الكرة معه فإن شحنتها تكون مشابهة لشحنة الجسم المقرّب، وإذا انجذبت إليه فإن شحنتها إما تكون مخالفة لشحنة الجسم أو متعادلة. ولتحديد الشحنة الموجبة قرّب قضيبًا زجاجيًّا مشحونًا بشحنة موجبة إلى كرة البيلسان فإذا تنافرا؛ فإن شحنة الكرة تكون موجبة، أما إذا انجذب أحدهما إلى الآخرفإن كرة البيلسان تكون متعادلة الشحنة.

4. **فصل الشحنات** يُشحن قضيب مطاط بشحنة سالبة عند دلكه بالصوف. ماذا يحدث لشحنة الصوف؟ ولماذا؟

يصبح الصوف موجب الشحنة؛لأنه فقد الإلكترونات التي اكتسبها قضيب المطاط.

5. **شحن الموصلات** افترض أنك علّقت قضيبًا فلزيًّا طويلًا بخيوط حرير بحيث أصبح القضيب معزولاً، ثم لامست أحد طرفي القضيب الفلزي بقضيب زجاجي مشحون، فصف كيف يُشحن القضيب الفلزي؟ وما نوع الشحنات عليه؟

يجذب قضيب الزجاج الإلكترونات من القضيب الفلزي؛ لذا يصبح الفلز موجب الشحنة، وتتوزع الشحنات عليه بانتظام.

6. **الشحن بالدلك** يمكنك شحن قضيب مطاط بشحنة سالبة بدلكه بالصوف. ماذا يحدث عند دلك قضيب نحاس بالصوف؟

لأن النحاس مادة موصلة؛ لذا يبقى متعادلا ما دام ملامسًا ليدك.

7. **التفكير الناقد** يمكن أن يفترض أحدهم أن الشحنة الكهربائية نوع من الموائع تتدفق من أجسام لديها فائض في المائع إلى أجسام لديها نقص فيه. لماذا يكون نموذج التيار الثنائي الشحنة أفضل من نموذج المائع الأحادي؟

يمكن لنموذج التيار الثنائي الشحنة أن يوضح التنافر والتجاذب بطريقة أفضل، وهو يوضح أيضًا كيف يمكن أن تشحن الأجسام عند دلك بعضها ببعض. في حين يشير نموذج المائع الأحادي إلى أن الشحنة يجب أن تتساوى على الأجسام المتلامسة.

تابع الفصل 1

مسائل تدريبية

2–1 القوة الكهربائية صفحة (25–15)

صفحة 23

8. تفصل مسافة مقدارها 0.30 m بين شحنتين؛ الأولى سالبة ومقدارها 2.0×10^{-4} C، والثانية موجبة ومقدارها 8.0×10^{-4} C. ما القوة المتبادلة بين الشحنتين؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{r_{AB}^{\ 2}} = \frac{(9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.0\times10^{-4}\ \text{C})(8.0\times10^{-4}\ \text{C})}{(0.30\ \text{m})^2}$$

$$= 1.6\times10^{4}\ \text{N}$$

9. إذا أثرت الشحنة السالبة 0.6×10^{-6} C بقوة جذب مقدارها 65 N في شحنة ثانية تبعد عنها مسافة 0.050 m، فما مقدار الشحنة الثانية؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{r_{AB}^{\ 2}}$$

$$q_B = \frac{Fr_{AB}^{\ 2}}{Kq_A} = \frac{(65\ \text{N})(0.050\ \text{m})^2}{(9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(6.0\times10^{-6}\ \text{C})}$$

$$= 3.0\times10^{-6}\ \text{C}$$

10. في المثال 1، إذا أصبحت شحنة الكرة B تساوي $+3.0\mu$C، فارسم الحالة الجديدة للمثال، وأوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A.

مقادير جميع القوى تبقى كما هي،في حين يتغير اتجاه القوة إلى 42^o فوق محور السينات السالب، أي 138^o مع محور السينات الموجب.

11. وضعت كرة A شحنتها $+2.0\times10^{-6}$ C عند نقطة الأصل، في حين وضعت كرة B مشحونة بشحنة سالبة مقدارها 3.6×10^{-6} C عند الموقع $+0.60$ cm على المحور x. أما الكرة C المشحونة بشحنة مقدارها $+4.0\times10^{-6}$ C فقد وضعت عند الموقع $+0.80$ m على المحور x. احسب القوة المحصلة المؤثرة في الكرة A.

$$F_{\text{A على B}} = K\frac{q_A q_B}{r_{AB}^{\ 2}} = \frac{(9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\ (2.0\times10^{-6}\ \text{C})(3.6\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.60\ \text{m})^2} = 0.18\ \text{N}$$ **الاتجاه: نحو اليمين**

$$F_{\text{A على C}} = K\frac{q_A q_C}{r_{AC}^{\ 2}} = \frac{(9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.0\times10^{-6}\ \text{C})(4.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.80\ \text{m})^2} = 0.1125\ \text{N}$$ **الاتجاه: نحو اليسار**

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{A على B}} - F_{\text{A على C}} = (0.18\ \text{N}) - (0.1125\ \text{N}) = 0.0675\ \text{N}$$ **نحو اليمين**

تابع الفصل 1

12. في المسألة السابقة، أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة B.

$$F_{\text{B على A}} = K\frac{q_A q_B}{r_{AB}^2}$$

$$F_{\text{B على C}} = K\frac{q_A q_B}{r_{AB}^2}$$

$$F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{B على C}} - F_{\text{B على A}}$$

$$= K\frac{q_B q_C}{r_{BC}^2} - K\frac{q_A q_B}{r_{AB}^2}$$

$$= (9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\ \frac{(3.6\times10^{-6}\ \text{C})(4.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.20\ \text{m})^2} - (9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\ \frac{(2.0\times10^{-6}\ \text{C})(3.6\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.60\ \text{m})^2}$$

$$= \textbf{3.1 N باتجاه اليمين}$$

مراجعة القسم

2–1 القوة الكهربائية صفحة (25–15)

صفحة 25

13. **القوة والشحنة** كيف ترتبط القوة الكهربائية بالشحنة؟ صِف القوة عندما تكون الشحنات متشابهة، وصِفها عندما تكون الشحنات مختلفة.

تتناسب القوة الكهربائية طرديًا مع مقدار كل شحنة. الشحنات المتشابهة تتنافر، والشحنات المختلفة تتجاذب.

14. **القوة والمسافة** كيف ترتبط القوة الكهربائية مع المسافة؟ وكيف تتغير القوة إذا زادت المسافة بين شحنتين إلى ثلاثة أمثالها؟

تتناسب القوة عكسيًا مع مربع المسافة بين الشحنتين. القوة الجديدة ستساوي $\frac{1}{9}$ القوة الأصلية.

15. **الكشاف الكهربائي** عند شحن كشّاف كهربائي ترتفع ورقتاه الفلزيتان لتشكِّلا زاوية معينة، وتبقى الورقتان محافظتين على تلك الزاوية. لماذا لا ترتفع الورقتان أكثر من ذلك؟

في أثناء ابتعاد الورقتين إحداهما عن الأخرى تتناقص القوة الكهربائية بينهما إلى أن تتزن مع قوة الجاذبية الأرضية فتتطبق الورقتان.

16. **شحن كشّاف كهربائي** اشرح كيف يمكن شحن كشّاف كهربائي بشحنة موجبة باستخدام:

a. قضيب موجب.

لامس القضيب للكشّاف الكهربائي، فتنتقل الشحنات السالبة إلى القضيب، تاركة الكشّاف الكهربائي مشحونًا بشحنة موجبة.

b. قضيب سالب.

قرب القضيب السالب إلى الكشّاف الكهربائي دون لمسه، ثم اعمل على تأريض الكشّاف الكهربائي بلمسه بإصبعك للسماح للإلكترونات بالإنتقال إلى إصبعك، ثم أزِل التأريض وأبعد القضيب عن الكشّاف الكهربائي.

17. **جذب الأجسام المتعادلة** ما الخاصيتان اللتان تفسّران سبب انجذاب جسم متعادل إلى كل من الأجسام المشحونة بشحنة موجبة والأجسام المشحونة بشحنة سالبة؟

ينتج فصل الشحنات الكهربائية عن قوة التجاذب بين الشحنات المختلفة وقوة التنافر بين الشحنات المتشابهة. حيث تتحرك شحنات الجسم المتعادل باتجاه الشحنات المخالفة لها بالنوع في الجسم الآخر. والعلاقة العكسية بين القوة الكهربائية والمسافة بين الشحنات تبين أن الشحنات الأقرب تتأثر بقوة أكبر. فعند تقريب جسم مشحون من آخر متعادل تتباعد الشحنات المشابهة لشحنة الجسم المشحون وتنجذب الشحنات المخالفة لشحنة ذلك الجسم.

تابع الفصل 1

18. **الشـحن بالحث** ماذا يحدث عند شحن كشّاف كهربائي بالحث، وإبعاد قضيب الشحن قبل فصل تأريض القرص؟

تعود الشحنات التي فرِّغت إلى الأرض؛ لذا يبقى الكشاف الكهربائي متعادلًا.

19. **القوى الكهربائية** كرتان A و B مشحونتان، المسافة بين مركزيهمـا r. إذا كانت شـحنة الكرة A تسـاوي $+3\ \mu C$ وشـحنة الكرة B تسـاوي $+9\ \mu C$ فقارن بين القوة التي تؤثـر بها الكرة A في الكرة B والقوة التي تؤثر بها الكرة B في الكرة A.

القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.

20. **التفكيـر الناقد** افتـرض أنك تختبر صحـة قانون كولوم باستخدام كرة بلاستيكية صغيرة موجبة الشحنة وكرة فلزية كبيرة موجبة الشـحنة، فوفق قانون كولوم تتناسب القوة مع $\frac{1}{r^2}$ حيث تمثل r المسافة بين مركزيالكرتين. ولكن عند تقريب الكرتين إحداهما إلى الأخرى وجِد أن القوة بينهما أصغر مما هو متوقع من قانون كولوم. وضّح ذلك.

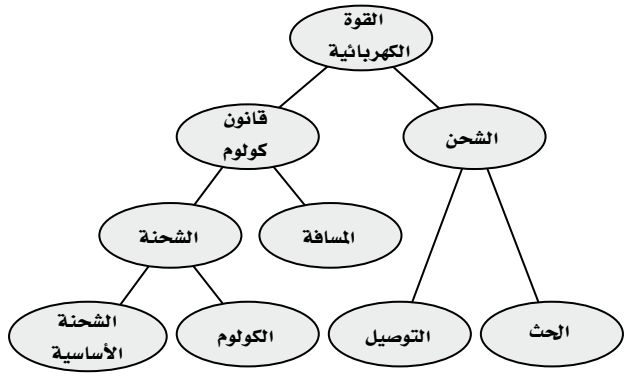
بعض الشحنات على الكرة الفلزية ستتنافر مع الشحنات على الكرة البلاستيكية، ممّا يؤدي إلى تحركها إلى الجهة البعيدة عن الكرة البلاستيكية، وهذا يجعل المسافة الفعلية بين الشحنات أكبر من المسافة بين مركزي الكرتين.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 30

21. أكمـل خريطـة المفاهيم أدناه باسـتخدام المصطلحات التالية: التوصيل، المسافة، الشحنة الأساسية.



إتقان المفاهيم

صفحة 30

22. إذا مشّـطت شعرك في يوم جاف فسوف يُشحن المشط بشحنة موجبة. هل يمكن أن يبقى شعرك متعادلاً؟ وضّح إجابتك.

لا. فوفق مفهوم حفظ الشحنة فإن شعرك يجب أن يصبح سالب الشحنة.

23. أعدّ قائمة ببعض المواد العازلة والمواد الموصلة.

سـتختلف إجابات الطـلاب، ولكنها قد تتضـمن العوازل: الهواء الجاف والخشب، والبلاستيك والزجاج والملابس، والمـاء المنـزوع الأيونـات. والموصـلات: الفلـزات وماء الصنبور وجسمك.

24. مـا الخاصيـة التي تجعل الفلز موصـلًا جيدًا، والمطاط عازلًا جيدًا؟

تحتوي الفلزات على إلكترونات حرة، أما المطاط فلا يحتوي إلكترونات حرّة؛ لأن قوة الإرتباط بين الإلكترونات والنواة كبيرة جدًا.

25. **غسّـالة الملابس** عندمـا نخـرج الجوارب مـن مجفّف الملابس تكون أحيانًا ملتصقة بملابس أخرى. لماذا؟

شُحنت بالدلك مع الملابس الأخرى، لذا فهي تنجذب إلى الملابس المتعادلة أو التي لها شحنة مخالفة.

26. **الأقراص المدمجة** لماذا يجذب قرص مدمج الغبار إذا مسحته بقطعة قماش نظيفة؟

إن عملية دلك القرص المدمج CD تؤدي إلى شحنه، فيجذب جسيمات متعادلة، كجسيمات الغبار.

27. **عملات معدنية** مجموع شحنة جميع إلكترونات عملة مصنوعة من النيكل يساوي مئات الآلاف من الكولوم. هل يخبرنا هذا بشيء عن صافي الشحنة على هذه العملة؟ وضّح إجابتك.

لا، إن صـافي الشـحنة هو الفرق بين الشـحنات الموجبة والسالبة. فيبقى صافي الشحنة على قطعة العملة المعدنية صفرًا.

تابع الفصل 1

28. كيف تؤثر المسافة بين شحنتين في القوة المتبادلة بينهما؟ وإذا قلّت المسافة و بقي مقدار الشحنتين كما هو فماذا يحدث للقوة؟

تتناسب القوة الكهربائية عكسيًا مع مربع المسافة بين الشحنتين. فعندما تقل المسافة ويبقى مقدار الشحنتين كما هو دون تغيير، فإن القوة تزداد بما يتناسب مع مربع المسافة.

29. اشرح كيف يمكنك شحن موصل بشحنة سالبة إذا كان لديك قضيب موجب الشحنة فقط.

حرك الموصل بحيث يصبح قريبًا من القضيب،ولكن دون أن يلامسه. صِل الموصل بالأرض بوجود القضيب المشحون، ثم أزِل التأريض قبل إزالة القضيب المشحون. فيكتسب القضيب شحنة سالبة.

تطبيق المفاهيم

صفحة 30

30. فيم تختلف شحنة الإلكترون عن شحنة البروتون؟ وفيم تتشابهان؟

مقدار شحنة البروتون تساوي تمامًا مقدار شحنة الإلكترون، ولكنها مختلفة عنها في النوع.

31. كيف يمكنك أن تحدّد ما إذا كان جسم ما موصلًا أم لا، باستخدام قضيب مشحون وكشّاف كهربائي؟

استخدم عازلا معروفًا لتمسك إحدى نهايتي الجسم بالقرب من الكشّاف الكهربائي. المس النهاية الأخرى للجسم بالقضيب المشحون، إذا انفرجت ورقتا الكشّاف الكهربائي فإن الجسم يكون موصلًا.

32. قُرّب قضيب مشحون إلى مجموعة كرات بلاستيكية صغيرة جدًّا، فانجذبت بعض الكرات إلى القضيب، إلا أنها لحظة ملامستها للقضيب اندفعت مبتعدة عنه في اتجاهات مختلفة. وضّح ذلك.

بدايةً، تنجذب الكرات المتعادلة إلى القضيب المشحون، وعندما تلامس الكرات القضيب تكتسب شحنة مشابهة لشحنته؛ لذا فإنها تتنافر معه.

33. **البرق** يحدث البرق عادة عندما تنتقل الشحنات السالبة في الغيوم إلى الأرض. فإذا كان سطح الأرض متعادلاً فما الذي يوفر قوة الجذب المسؤولة عن سحب الإلكترونات نحو الأرض؟

الشحنة في الغيمة تتنافر مع الإلكترونات على الأرض في المنطقة المقابلة لها، مما يؤدي إلى فصل الشحنات فتصبح شحنة هذه المنطقة القريبة من الغيمة موجبة، مما يؤدي إلى ظهور قوة تجاذب.

34. وضّح ما يحدث لورقتي كشّاف كهربائي مشحون بشحنة موجبة عند تقريب قضيب مشحون بالشحنات التالية إليه، مع مراعاة عدم لمس القضيب للكشّاف الكهربائي:

a. شحنة موجبة.

يزداد انفراج ورقتي الكشّاف.

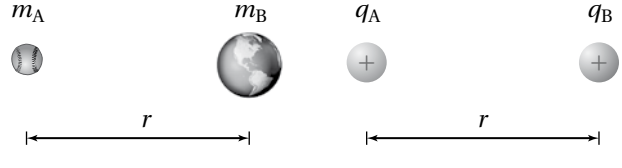
b. شحنة سالبة.

يقل انفراج ورقتي الكشّاف.

35. يبدو أن قانون كولوم وقانون نيوتن في الجذب العام متشابهان، كما هو موضح في **الشكل 13–1** . فيم تتشابه القوة الكهربائية وقوة الجاذبية؟ وفيم تختلفان؟

قانون كولوم **قانون الجذب العام**

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2} \qquad F = G\frac{m_A m_B}{r^2}$$



■ **الشكل 13–1 (الرسم ليس وفق مقياس الرسم)**

التشابه: يعتمد التربيع العكسي على المسافة، تتناسب القوة طرديًا مع حاصل ضرب كتلتين أو شحنتين.

الاختلاف: هناك إشارة واحدة فقط للكتلة لذا؛ فإن قوة الجاذبية دائمًا تجاذب، أما الشحنة فلها إشارتان لذا؛ فإن القوة الكهربائية يمكن أن تكون إما قوة تجاذب أو قوة تنافر.

36. قيمة الثابت K في قانون كولوم أكبر كثيرًا من قيمة الثابت G في قانون الجذب العام. علاّم يدل ذلك؟

القوة الكهربائية أكبر كثيرًا من قوة الجاذبية.

37. وَصَف هذا الفصل طريقة كولوم لشحن كرتين A وB، بحيث تكون الشحنة على الكرة B نصف الشحنة على الكرة A تمامًا. اقترح طريقة تطبقها لتصبح شحنة الكرة B مساوية لثلث شحنة الكرة A.

بعد شحن الكرتين A وB بشحنتين متساويتين اجعل الكرة B تلامس كرتين أخريين غير مشحونتين ومماثلتين لها في الحجم، وتلامس كل منها الأخرى. ستتوزّع الآن شحنة الكرة B بالتساوي على الكرات الثلاث، بحيث تحمل كل منها ثلث الشحنة الكلية.

38. قاس كولوم انحراف الكرة A عندما كان للكرتين A وB الشحنة نفسها، وتبعد إحداهما عن الأخر مسافة مقدارها r. ثم جعل شحنة الكرة B تساوي ثلث شحنة الكرة A. كم يجب أن تكون المسافة الجديدة بين الكرتين بحيث تنحرف الكرة A بمقدار مساوٍ لانحرافها السابق؟

لنحصل على القوة نفسها بثلث مقدار الشحنة الأصلية يجب تقليل المسافة بين الشحنتين بحيث تكون $r^2 = \frac{1}{3}$ أو تساوي 0.58 مرة ضعف المسافة الابتدائية بينهما.

39. يؤثر جسمان مشحونان أحدهما في الآخر بقوة مقدارها 0.145 N عندما كانا على بُعد مُعيّن أحدهما من الآخر. فإذا قُرِّب أحدهما إلى الآخر بحيث أصبحت المسافة بينهما رُبع المسافة السابقة فما مقدار القوة المؤثرة في كل منهما؟

$$F_1 \propto \frac{1}{r^2}$$

$$F_2 \propto \frac{1}{\left(\frac{r}{4}\right)^2} = \frac{16}{r^2},\ F_2 \propto \frac{16}{r^2}$$

أي أن القوة الناتجة أكبر من القوة الأصلية بـ 16 مرة.

40. القوى الكهربائية بين الشحنات كبيرة جدًّا عند مقارنتها بقوى الجاذبية بينها، ومع ذلك لا نشعر عادة بالقوى الكهربائية بيننا وبين المحيط من حولنا، إلا أننا نشعر بتأثيرات قوى الجاذبية مع الأرض. فسّر ذلك.

قوى الجاذبية قوى جذب فقط. أما القوى الكهربائية فهي إما قوى جذب أو قوى تنافر، ويكون شعورنا فقط بالمجموع الإتجاهي لها، والذي يكون عادة صغيرًا. أما شعورنا بكبر قوة الجاذبية الأرضية فيعود إلى كبر كتلة الأرض.

إتقان حل المسأل

2–1 القوة الكهربائية

(صفحة 32–31)

41. شحنتان كهربائيتان، q_A وq_B، تفصل بينهما مسافة r، ويؤثر كل منهما في الآخر بقوة مقدارها F. حلّل قانون كولوم، وحدّد القوة الجديدة التي تنتج تحت الظروف التالية:

a. مضاعفة الشحنة q_A مرتين.

$2q_A$، **تصبح القوة الجديدة** $2F$

b. تقليل الشحنتان q_A و q_B إلى النصف.

$\frac{1}{2}q_A$ **و** $\frac{1}{2}q_B$، **تصبح القوة الجديدة** $\left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{2}\right)F = \frac{1}{4}F$

c. مضاعفة r ثلاث مرات

$3r$ **فتصبح القوة الجديدة** $= \frac{F}{(3)^2} = \frac{1}{9}F$

d. تقليل r إلى النصف

$\frac{1}{2}r$ **فتصبح القوة الجديدة** $= \frac{F}{\left(\frac{1}{2}\right)^2} = 4F$

e. مضاعفة q_A ثلاث مرات وr مرتين

$3q_A$ **و** $2r$ **فتصبح القوة الجديدة** $= \frac{(3)F}{(2)^2} = \frac{3}{4}F$

42. البرق إذا نقلت صاعقة برق قوية شحنة مقدارها 25 C إلى الأرض فما عدد الإلكترونات المنقولة؟

$$(-25\ \text{C})\left(\frac{\text{1 إلكترون}}{-1.60\times10^{-19}\ \text{C}}\right) = \text{إلكترون } 1.6\times10^{20}$$

تابع الفصل 1

43. **الذرات** إذا كانت المسافة بين إلكترونين في ذرة $1.5\times10^{-10}\ \text{m}$ ، فما مقدار القوة الكهربائية بينهما؟

$$F=\frac{Kq_Aq_B}{r^2}=\frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{(1.5\times10^{-10}\ \text{m})^2}$$

$$=1.0\times10^{-8}\ \text{N}\text{، تنافر}$$

44. شحنتان كهربائيتان مقدار كل منهما $2.5\times10^{-5}\ \text{C}$، والمسافة بينهما 15 cm. أوجد القوة التي تؤثر في كل منهما؟

$$F=\frac{Kq_Aq_B}{r^2}=\frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.5\times10^{-5}\ \text{C})(2.5\times10^{-5}\ \text{C})}{(1.5\times10^{-1}\ \text{m})^2}$$

$$=2.5\times10^{2}\ \text{N}\text{، ويتجه كل من القوتين نحو الشحنة الأخرى}$$

45. إذا كانت القوة التي تؤثر في كل من الشحنتين $+8\times10^{-5}\ \text{C}$ و $+3\times10^{-5}\ \text{C}$ تساوي $2.4\times10^{2}\ \text{N}$ فاحسب مقدار المسافة بينهما.

$$F=\frac{Kq_Aq_B}{r^2}$$

$$r=\sqrt{\frac{Kq_Aq_B}{F}}=\sqrt{\frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(8.0\times10^{-5}\ \text{C})(3.0\times10^{-5}\ \text{C})}{2.4\times10^{2}\ \text{N}}}$$

$$=0.30\ \text{m}$$

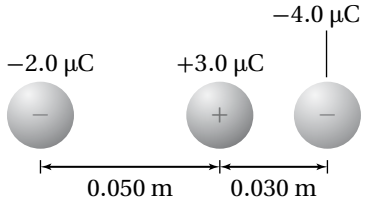
46. إذا أثرت شحنتان موجبتان متماثلتان كل منهما في الأخرى بقوة تنافر مقدارها $6.4\times10^{-9}\ \text{N}$، عندما كانت إحداهما تبعد عن الأخرى مسافة $3.8\times10^{-10}\ \text{m}$، فاحسب مقدار شحنة كل منهما.

$$F=\frac{Kq_Aq_B}{r^2}=\frac{Kq^2}{r^2}$$

$$q=\sqrt{\frac{Fr^2}{K}}=\sqrt{\frac{(6.4\times10^{-9}\ \text{N})(3.8\times10^{-10}\ \text{m})^2}{9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2}}$$

$$=3.2\times10^{-19}\ \text{C}$$

47. تُسحب شحنة موجبة مقدارها $+3.0\ \mu C$ بشحنتين سالبتين، كما هو موضح في **الشكل 14–1**. فإذا كانت إحدى الشحنتين السالبتين $-2.0\mu C$ تبعد مسافة $0.05\ m$ إلى الغرب، وتبعد الشحنة الأخرى $-4.0\ \mu C$ مسافة $0.030\ m$ إلى الشرق فما مقدار واتجاه القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الموجبة؟



الشكل 14–1 ■

$$F_1 = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(3.0\times10^{-6}\ \text{C})(2.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.050\ \text{m})^2}$$

$= 22\ \text{N}$، نحو الغرب (اليسار)

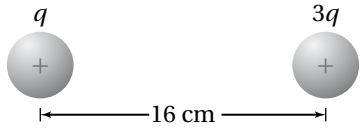
$$F_2 = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(3.0\times10^{-6}\ \text{C})(4.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.030\ \text{m})^2}$$

$= 120\ \text{N}$، نحو الشرق (اليمين)

$$F_{\text{المحصلة}} = F_2 - F_1 = (120\ \text{N}) - (22\ \text{N})$$

$= 98\ \text{N}$، نحو الشرق

48. يوضح **الشكل 15–1** كرتين مشحونتين بشحنتين موجبتين، شحنة إحداهما تساوي ثلاث أضعاف شحنة الأخرى، والمسافة بين مركزيهما $16\ cm$. إذا كانت القوة المتبادلة بينهما $0.28\ N$ فما مقدار الشحنة على كل منهما؟



الشكل 15–1 ■

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{r^2} = \frac{Kq_A3q_A}{r^2}$$

$$q_A = \sqrt{\frac{Fr^2}{3K}} = \sqrt{\frac{(0.28\ \text{N})(0.16\ \text{m})^2}{3(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)}} = 5.2\times10^{-7}\ \text{C}$$

$$q_B = 3q_A = 1.5\times10^{-6}\ \text{C}$$

تابع الفصل 1

49. **الشـحنة على عملة نقدية** ما مقدار الشـحنة المقيسـة بالكولوم للإلكترونات الموجودة في قطعة نقدية مصنوعة من النيكل؟ استخدم الطريقة التالية لتجد الإجابة:

a. اوجد عدد الذرات في قطعة النقد إذا كانت كتلة هذه القطعة 5 g و 75%منها نحاس، أما الـ 25% المتبقية منها فمن النيكل، لذا تكون كتلة كل مول من ذرات العملة 62 g.

$$\frac{(5\ \text{g})}{(62\ \text{g})} = 0.08\ \text{قطع العملة تكافئ، مول}$$

لذا؛ يكون عدد الذرات في قطعة العملة النقدية يساوي : $(0.08)(6.02\times10^{23}) = 5\times10^{22}$ **ذرة**

b. أوجد عدد الإلكترونات في قطعة النقد، علمًا أن متوسط عدد الإلكترونات لكل ذرة يساوي 28.75.

$(5\times10^{22}\ \text{ذرة})(28.75\ \text{إلكترون / ذرة}) = 1\times10^{24}\ \text{إلكترون}$

c. أوجد شحنة الإلكترونات بالكولوم.

$(1\times10^{24}\ \text{إلكترون})(1.6\times10^{-19}\ \text{كولوم / إلكترون}) = 2\times10^{6}\ \text{C}$

مراجعة عامة

صفحة 32

50. إذا لامَسَت كرة فلزية صغيرة شحنتها $1.2\times10^{-5}\ \text{C}$ كرة مماثلة متعادلة، ثم وُضعت على بُعد 0.15 m منها فما القوة الكهربائية بين الكرتين؟

تصبح شحنة كل من الكرتين متساوية بعد الملامسة وتساوي $6.0\times10^{-6}\ \text{C}$.

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2} = (9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\frac{(6.0\times10^{-6}\ \text{C})(6.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.15\ \text{m})^2}$$

$$= 14\ \text{N}$$

51. **الذرات** ما القوة الكهربائية بين إلكترون وبروتون يبعد أحدهما عن الآخر $5.3\times10^{-11}\ \text{m}$؟ هذه المسافة تساوي نصف القطر التقريبي لذرة الهيدروجين.

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$$

$$= (9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\frac{(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{(5.3\times10^{-11}\ \text{m})^2}$$

$$= 8.2\times10^{-8}\ \text{N}$$

52. تؤثر قوة مقدارها 0.36 N في كرة صغيرة شحنتها 2.4 μC، وذلك عند وضعها على بُعد 5.5 cm من مركز كرة ثانية مشحونة بشحنة غير معروفة. ما مقدار شحنة الكرة الثانية؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$$

$$q_B = \frac{Fr^2}{Kq_A} = \frac{(0.36\ \text{N})(5.5\times10^{-2}\ \text{m})^2}{(9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.4\times10^{-6}\ \text{C})} = 5.0\times10^{-8}\ \text{C}$$

تابع الفصل 1

53. كرتان متماثلتان مشحونتان، المسافة بين مركزيهما 12 cm. فإذا كانت القوة الكهربائية بينهما 0.28 N، فما شحنة كل كرة؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$$

لكن، $q_A = q_B$

$$q = \sqrt{\frac{Fr^2}{K}} = \sqrt{\frac{(0.28\ \text{N})(1.2\times 10^{-2}\ \text{m})^2}{(9.0\times10^9\ \text{N•m}^2/\text{C}^2)}}$$

$$= 6.7\times10^{-7}\ \text{C}$$

54. في التجربة المستخدم فيها جهاز كولوم، يبعد مركز كرة شحنتها 3.6×10^{-8} C مسافة 1.4 cm عن مركز كرة ثانية غير معلومة الشحنة. فإذا كانت القوة بين الكرتين 2.7×10^{-2} N ،فما شحنة الكرة الثانية؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$$

$$q_B = \frac{Fr^2}{Kq_A} = \sqrt{\frac{(2.7\times10^{-2}\ \text{N})(1.4\times10^{-2}\ \text{m})2}{(9.0\times10^9\ \text{N•m}^2/\text{C}^2)(3.6\times10^{-8}\ \text{C})}}$$

$$= 1.6\times10^{-8}\ \text{C}$$

55. إذا كانت القوة بين بروتون وإلكترون 3.5×10^{-10} N، فما المسافة بين الجسيمين؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$$

$$r = \sqrt{K\frac{q_A q_B}{F^2}}$$

$$= \sqrt{(9.0\times10^9\ \text{N•m}^2/\text{C}^2)\ \frac{(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.6\times10^{-19}\ \text{C})}{3.5\times10^{-10}\ \text{N}}} = 8.1\times10^{-10}\ \text{m}$$

التفكير الناقد

صفحة30

56. **تطبيق المفاهيم** احسب نسبة القوة الكهربائية إلى قوة الجاذبية بين الإلكترون والبروتون في ذرة الهيدروجين.

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{K\frac{q_e q_p}{r^2}}{G\frac{m_e m_p}{r^2}} = \frac{Kq_e q_p}{Gm_e m_p}$$

$$= \frac{(9.0\times10^9\ \text{N•m}^2/\ \text{C}^2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})^2}{(6.67\times10^{-11}\ \text{N•m}^2/\text{kg}^2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})}$$

$$= 2.3\times10^{39}$$

57. **حلّل واستنتج** وضعت الكرة A التي تحمل شحنة مقدارها 64+ μC عند نقطة الأصل، ووضعت كرة ثانية B تحمل شحنة مقدارها 16− μC عند النقطة 1.00 m+ على محور x. أجب عن الأسئلة التالية:

a. أين يجب وضع كرة ثالثة C شحنتها 12+ μC بحيث تكون القوة المحصلة المؤثرة فيها صفرًا؟

$$F_{AC} = K\frac{q_A q_C}{r_{AC}^2} = K\frac{q_B q_C}{r_{BC}^2} = F_{BC}$$

$$\frac{q_A}{r_{AC}^2} = \frac{q_B}{r_{BC}^2},\ 16r_{AC}^2 = 64r_{BC}^2 \qquad \text{أو} \qquad r_{AC}^2 = 4r_{BC}^2,\ r_{AC} = 2r_{BC}$$

لذا يجب وضع الكرة الثالثة C عند النقطة 2.00 m + على محور x، فتكون بعيدة عن الكرة الأولى مثليّ بعدها عن الكرة الثانية.

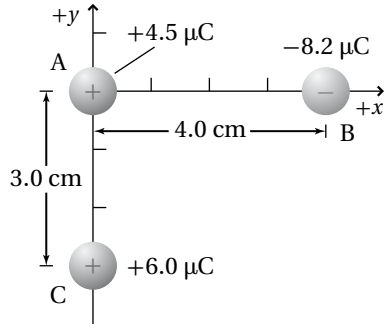
b. إذا كانت شحنة الكرة الثالثة C تساوي 6+ μC فأين يجب وضعها على أن تبقى محصلة القوى المؤثرة فيها صفرًا؟

الشحنة الثالثة q_c تُختصر من المعادلة، لذا فإن مقدارها ونوعها لا يؤثر.

c. إذا كانت شحنة الكرة الثالثة $-12\ \mu C$، فأين يجب وضعها على أن تبقى محصلة القوى المؤثرة فيها صفرًا؟

كما في الفرع b ، يكون مقدار شحنة الكرة الثالثة q_c ونوعها لا يؤثر.

58. وضعت ثلاث كرات مشحونة، كما هو موضح في **الشكل 16–1**. أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة B.



■ **الشكل 16–1**

$$F_1 = F_{\text{B على A}}$$

$$= \frac{Kq_Aq_B}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(4.5\times10^{-6}\ \text{C})(-8.2\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.040\ \text{m})^2}$$

$$= -208\ \text{N} = 208\ \text{N}, \text{نحو اليسار}$$

المسافة بين الشحنتين الأخرتين هي:

$$\sqrt{(0.040\text{m})^2 + (0.030\ \text{m})^2} = 0.050\ \text{m}$$

$$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{0.030\ \text{m}}{0.040\ \text{m}}\right) = 37^\circ$$

أي تميل القوة $F_{\text{B على C}}$ على محور x الموجب 217° أو تميل إلى أسفل محور x السالب 37° .

$$F_2 = F_{\text{B على C}}$$

$$= K\frac{q_Cq_B}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2\ \text{C})(-8.2\times10^{-6}\ \text{C})(6.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.050\ \text{m})^2}$$

$$= -177\ \text{N} = 177\ \text{N}, 217^\circ$$

أي تميل بزاوية مع محور x الموجب تساوي $(37^\circ + 180^\circ)$

مركبات القوة F_2 هي:

$$F_{2x} = F_2\cos\theta = (177\ \text{N})(\cos 217^\circ) = -142\ \text{N} = 142\ \text{N}, \text{ويتجه نحو اليسار}$$

$$F_{2y} = F_2\sin\theta = (177\ \text{N})(\sin 217^\circ) = -106\ \text{N} = 106\ \text{N}, \text{ويتجه نحو الأسفل}$$

مركبات القوة المحصلة هي:

$F_{\text{المحصلة } x} = -208\ \text{N} - 142\ \text{N} = -350\ \text{N} = 350\ \text{N}$، **نحو اليسار**

$F_{\text{المحصلة } y} = 106$، **وتتجه نحو الأسفل**

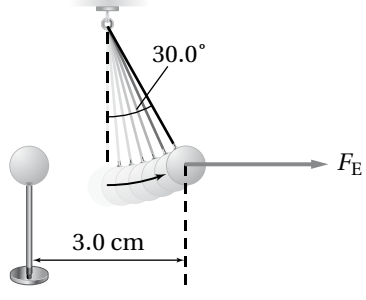
$$F_{\text{المحصلة}} = \sqrt{(350\ \text{N})^2 + (106\ \text{N})^2} = 366\ \text{N} \simeq 3.7\times10^2\ \text{N}$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{106\ \text{N}}{350\ \text{N}}\right) = 17°$$

أي تميل بزاوية $17°$ **أسفل محور** x **السالب**

$F_{\text{المحصلة}} = 3.7\times10^2\ \text{N}$ **أي تميل بزاوية** $197°$ **مع محور** x **الموجب،**

59. يوضح **الشكل 17–1** كرتي بيلسان، كتلة كل منهما 1.0 g، وشحنتاهما متساويتان، إحداهما معلّقة بخيط عازل، والأخرى قريبة منها ومثبتة على حامل عازل، والبعد بين مركزيهما 3.0 cm. فإذا اتزنت الكرة المعلّقة عندما شكّل الخيط العازل الذي يحملها زاوية مقدارها $30.0°$ مع الرأسي فاحسب كلًّا مما يأتي:



■ **الشكل 17–1**

a. F_g المؤثرة في الكرة المعلّقة.

$$F_g = mg = (1.0\times10^{-3}\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2) = 9.8\times10^{-3}\ \text{N}$$

b. F_E المؤثرة في الكرة المعلّقة.

$$\tan 30.0° = \frac{F_E}{F_g}$$

$$F_E = mg \tan 30.0°$$

$$= (1.0\times10^{-3}\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(\tan 30.0°)$$

$$= 5.7\times10^{-3}\ \text{N}$$

c. الشحنة عى كل من الكرتين

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{r^2} = \frac{Kq^2}{r^2}$$

$$q = \sqrt{\frac{Fr}{K}} = \sqrt{\frac{(5.7\times10^{-3}\ \text{N})(3.0\times10^{-2}\ \text{m}^2)}{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)}} = 2.4\times10^{-8}\ \text{C}$$

تابع الفصل 1

60. وضعت شحنتان نقطيتان ساكنتان q_A و q_B بالقرب من شحنة اختبار موجبة، q_T، مقدارها $+7.2\ \mu C$. فإذا كانت الشحنة الأولى q_A موجبة وتساوي $3.6\ \mu C$ وتقع على بُعد $2.5\ cm$ من شحنة الاختبار q_T عند زاوية $35°$، وكانت الشحنة q_B سالبة ومقدارها $-6.6\ \mu C$ وتقع على بُعد $6.8\ cm$ من شحنة الاختبار عند زاوية $125°$:

a. فحدّد مقدار كل قوة من القوتين اللتين تؤثران في شحنة الاختبار q_T.

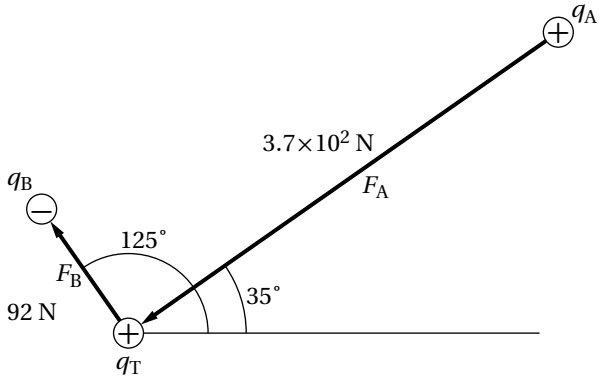
$$F_A = K\frac{q_T q_A}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ N\cdot m^2/C^2)(7.2\times10^{-6}\ C)(3.6\times10^{-6}\ C)}{(0.025\ m)^2}$$

$$= 3.7\times10^2\ N,\ (\text{وتتجه نحو الشحنة } q_T)$$

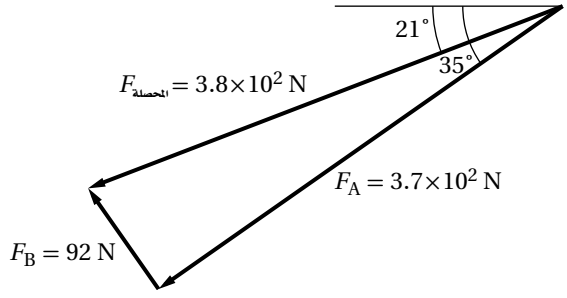
$$F_B = \frac{Kq_T q_B}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ N\cdot m^2/C^2)(7.2\times10^{-6}\ C)(6.6\times10^{-6}\ C)}{(0.068\ m)^2}$$

$$= 92\ N,\ (\text{وتتجه بعيدًا عن الشحنة } q_T)$$

b. ارسم مخطّط القوة.



c. حدّد بالرسم القوة المحصلة المؤثرة في شحنة الاختبار q_T.



الكتابة في الفيزياء

صفحة 31

61. **تاريخ العلم** ابحث في الأجهزة المختلفة التي كانت تستخدم في القرنين السابع عشر والثامن عشر في دراسة الكهرباء الساكنة. قد تتطرق مثلًا إلى قارورة ليدن وآلة ويمشورست. ناقش كيف تم بناؤهما، ومبدأ عمل كل منهما.

ستختلف الإجابات، ولكن يجب أن تتضمن المعلومات التالية: اخترعت قارورة ليدن في منتصف أربعينيات القرن الثامن عشر، وكانت أول مكثف يتم استخدامه. وقد استخدمت خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر لتخزين الشحنات الكهربائية المتعلقة بالتجارب والعروض. أما آلة ويمشورت فقد استخدمت في القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين لتوليد وتفريغ الشحنات الكهربائية الساكنة. واستُبدل بها مولد فان دي جراف في القرن العشرين.

تابع الفصل 1

62. هناك قوى بين جزيئات الماء تؤدي إلى أن يكون الماء أكبر كثافة عندما يكون سائلًا بين 0 °C و4 °C مقارنة بحالته عندما يكون صلبًا عند 0 °C. هذه القوى في طبيعتها ما هي إلا قوى كهروسكونية. ابحث في القوى الكهروسكونية بين الجزيئات، ومنها قوى فان درفال وقوى الاستقطاب، وصِف أثرها في المادة.

ستختلف الإجابات، ولكن يجب أن يصف الطلاب التفاعل بين الشحنات الموجبة والسالبة على المستوى الجزيئي. وعليهم أن يلاحظوا أن شدة هذه القوى هي المسؤولة عن الاختلافات في درجتي الانصهار والغليان، وعن خصوصية تمدّد الماء بين 0 °C و4 °C.

مراجعة تراكمية

صفحة31

63. إذا أثرت شحنتان $2.0\times10^{-5}\ \text{C}$ و$8.0\times10^{-6}\ \text{C}$ إحداهما في الأخرى بقوة مقدارها 9.0 N فاحسب مقدار البعد بينهما.

$$F = K\frac{(q_A q_B)}{r^2},$$

أي أن:

$$r = \sqrt{\frac{Kq_A q_B}{F}}$$

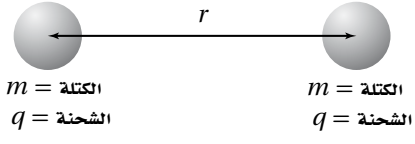
$$= \sqrt{\frac{(9.0\times10^9\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(2.0\times10^{-5}\ \text{C})(8.0\times10^{-6}\ \text{C})}{9.0\ \text{N}}}$$

$$= 0.40\ \text{m}$$

مسألة التحفيز

صفحة 23

يبين الشكل المجاور كرتين لهما الكتلة نفسها m،وشحنة كل منهما $+q$، والبعد بين مركزيهما r .



1. اشتق تعبيرًا للشحنة q التي يجب أن تكون على كلتا الكرتين لكي تكونا في حالة اتزان. هذا يعني أن هناك اتزانًا بين قوتي التجاذب والتنافر.

قوة التجاذب بين الكرتين هي قوة الجاذبية ، في حين قوة التنافر هي قوة كهربائية ، لذا فيعبر عنهما بالتساوي:

$$F_g = G\frac{m_A m_B}{r^2} = K\frac{q_A q_B}{r^2} = F_e$$

شحنة كل من الكرتين وكتلتهما متساوية، وتُختصر المسافة من التعبير الرياضي لذا؛

$Gm^2 = kq^2$, and

$$q = m\sqrt{\frac{G}{K}}$$

$$= m\sqrt{\frac{(6.67\times10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2)}{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)}}$$

$$= (8.61\times10^{-11}\ \text{C/kg})\text{m}$$

تابع الفصل 1

2. إذا تضاعفت المسافة بين الكرتين فكيف يؤثر هذا في قيمة الشحنة q التي حدّدتها في المسألة السابقة؟ وضّح ذلك.

المسافة بين الكرتين لا تؤثر على مقدار الشحنة q على كل من الكرتين لأن؛ كل من القوتين يتناسب عكسيًّا مع مربع المسافة بين الكرتين، والمسافة تُختصر من التعبير الرياضي.

3. إذا كانت كتلة كل من الكرتين 1.50 kg فحدّد قيمة الشحنة التي ينبغي أن تكون موجودة على كل منهما للحفاظ على حالة الاتزان.

$$q = (8.61\times10^{-11}\ \text{C/kg})(1.50\ \text{kg})$$

$$= 1.29\times10^{-10}\ \text{C}$$

مسائل تدريبية

2–1 توليد المجالات الكهربائية وقياسها(صفحة 42–35)

صفحة 39–38

1. يؤثر مجال كهربائي بقوة مقدارها $2.0\times10^{-4}\ \text{N}$ في شحنة اختبار موجبة مقدارها $5.0\times10^{-6}\ \text{C}$. ما مقدار المجال الكهربائي عند موقع شحنة الاختبار؟

$$E=\frac{F}{q}=\frac{2.0\times10^{-4}\ \text{N}}{5.0\times10^{-6}\ \text{C}}=4.0\times10^{1}\ \text{N/C}$$

2. وُضِعت شحنة سالبة مقدارها $2.0\times10^{-8}\ \text{C}$ في مجال كهربائي، فتأثرت بقوة مقدارها $0.060\ \text{N}$ في اتجاه اليمين. ما مقدار واتجاه المجال الكهربائي عند موقع الشحنة؟

$$E=\frac{F}{q}=\frac{0.060\ \text{N}}{2.0\times10^{-8}\ \text{C}}=3.0\times10^{6}\ \text{N/C}$$

باتجاه اليسار

3. وُضِعت شحنة موجبة مقدارها $3.0\times10^{-7}\ \text{C}$ في مجال كهربائي شدته $27\ \text{N/C}$ يتجه إلى الجنوب. ما مقدار القوة المؤثرة في الشحنة؟

$$E=\frac{F}{q}$$

$$F=Eq=(27\ \text{N/C})(3.0\times10^{-7}\ \text{C})$$

$$=8.1\times10^{-6}\ \text{N}$$

4. وُضِعت كرة بيلسان وزنها $2.1\times10^{-3}\ \text{N}$ في مجال كهربائي شدته $6.5\times10^{4}\ \text{C/N}$، يتجه رأسيًّا إلى أسفل. ما مقدار ونوع الشحنة التي يجب أن توضع على الكرة، بحيث توازِن القوة الكهربائية المؤثرة فيها قوة الجاذبية الأرضية، وتبقى الكرة معلّقة في المجال؟

بما أن الكرة معلقة في المجال أي لا تتحرك؛ فإن المجموع الجبري للقوة الكهربائية وقوة الجاذبية الأرضية يساوي صفرًا.

$$F_g+F_e=0,$$

أي $F_e=-F_g$

$$E=\frac{F_e}{q}$$

$$q=\frac{F_e}{E}=-\frac{F_g}{E}=-\frac{2.1\times10^{-3}\ \text{N}}{6.5\times10^{4}\ \text{N/C}}$$

$$=-3.2\times10^{-8}\ \text{C}$$

وبما أن القوة الكهربائية إلى أعلى (عكس المجال الكهربائي) لذا؛ فالشحنة سالبة.

5. يفحص زيد المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة مجهولة المقدار والنوع. فيرسم أولاً المجال بشحنة اختبار مقدارها $1.0\times10^{-6}\ C$، ثم يكرّر عمله بشحنة اختبار أخرى مقدارها $2.0\times10^{-6}\ C$.

a. هل يحصل زيد على القوى نفسها في الموقع نفسه عند استخدام شحنتي الاختبار؟ وضّح إجابتك.

لا، ستكون القوة المؤثرة في الشحنة $2.0\times10^{-6}\ C$ ضعفي القوة المؤثرة في الشحنة $1.0\times10^{-6}\ C$.

b. هل يجد زيد أن شدة المجال هي نفسها عند استخدام شحنتي الاختبار؟ وضّح إجابتك.

نعم، لأنه سيقسم القوة على مقدار شحنة الاختبار، والنتيجة ستكون نفسها.

6. ما مقدار المجال الكهربائي عند نقطة تبعد 1.2 m عن شحنة نقطية مقدارها $4.2\times10^{-6}\ C$؟

$$E=\frac{F}{q'}=K\frac{q}{r^2}$$

$$=(9\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\frac{(4.2\times10^{-6}\ \text{C})}{(1.2\ \text{m})^2}$$

$$=2.6\times10^{4}\ \text{N/C}$$

7. ما مقدار المجال الكهربائي عند نقطة تقع على بُعد يساوي ضعف البعد عن الشحنة النقطية الواردة في المسألة السابقة؟

لأن شدة المجال الكهربائي تتناسب عكسيًا مع مربع البعد عن الشحنة النقطية، فإن شدة المجال الجديدة تساوي $\frac{1}{4}$ شدة المجال الأصلي أي $6.5\times10^{3}\ N/C$.

8. ما شدة المجال الكهربائي عند نقطة تبعد 1.6 m إلى الشرق من شحنة نقطية مقدارها $+7.2\times10^{-6}\ C$ ؟

$$E=\frac{F}{q'}=K\frac{q}{r^2}$$

$$=(9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\frac{(7.2\times10^{-6}\ \text{C})}{(1.6\ \text{m})^2}$$

$$=2.5\times10^{4}\ \text{N/C}$$

ويكون اتجاه المجال الكهربائي نحو الشرق أي بعيدًا عن الشحنة النقطية الموجبة.

9. إذا كانت شدة المجال الكهربائي الناشئ على بُعد 0.25 m من كرة صغيرة مشحونة يساوي 450 N/C ويتجه نحو الكرة، فما مقدار ونوع شحنة الكرة؟

$$E=\frac{F}{q'}=K\frac{q}{r^2}$$

$$q=\frac{Er^2}{K}$$

$$=\frac{(450\ \text{N/C})(0.25\ \text{m})^2}{(9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)}=3.1\times10^{-9}\ \text{C}$$

الشحنة سالبة ؛ لأن المجال يتجه نحوها.

10. على أي بُعد من شحنة نقطية مقدارها $+2.4\times10^{-6}\ C$ يجب وضع شحنة اختبار للحصول على مجال كهربائي شدته 360 N/C؟

$$E=\frac{F}{q'}=K\frac{q}{r^2}$$

$$r=\sqrt{\frac{Kq}{E}}$$

$$=\frac{(9.0\times10\ 9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.4\times10^{-6}\ \text{C})}{360\ \text{N/C}}$$

$$=7.7\ \text{m}$$

مراجعة القسم

1–2 توليد المجالات الكهربائية وقياسها (صفحة 42–35)

صفحة 44

11. **قياس المجالات الكهربائية** افترض أنه طلب إليك قياس المجال الكهربائي في مكان أو فضاء معين، فكيف تستكشف وجود المجال عند نقطة معينة في ذلك الفضاء؟ وكيف تحدّد مقدار المجال؟ وكيف تختار مقدار شحنة الاختبار؟ وكيف تُحدِّد اتجاه المجال؟

يمكنك استكشاف المجال بوضع شحنة اختبار عند تلك النقطة، ثم تحدد ما إذا كانت هناك قوة تؤثر فيها. ولحساب مقدار المجال قسّم مقدار القوة المؤثرة في شحنة الاختبار على مقدار شحنة الاختبار. أما عن اختيار مقدار شحنة الاختبار فعليك مراعاة أن يكون مقدارها صغير جدًا مقارنة بمقادير الشحنات التي تولد المجال. بعد ذلك حدّد اتجاه القوة المؤثرة في شحنة الاختبار وذلك لتحديد اتجاه المجال.

تابع الفصل 2

12. **شدة المجال واتجاهه** تؤثر قوة كهربائية مقدارها $1.50\times10^{-3}\ N$ في اتجاه الشرق في شحنة اختبار موجبة مقدارها $2.40\times10^{-8}\ C$، أوجد المجال الكهربائي في موقع شحنة الاختبار.

$$E=\frac{F}{q}=\frac{1.50\times10^{-3}\ N}{2.40\times10^{-8}\ C}$$

$$=6.25\times10^{4}\ N/C \text{ في اتجاه الشرق}$$

13. **خطوط المجال الكهربائي في الشكل 4–2**، هل يمكنك تحديد أيّ الشحنتين موجبة، وأيّهما سالبة؟ ماذا تضيف لإكمال خطوط المجال؟

لا. يجب أن يكون لخطوط المجال رؤوس أسهم تشير إلى اتجاهها، حيث تكون خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة إلى الشحنة السالبة.

14. **المجال مقابل القوة** كيف يختلف تأثير المجال الكهربائي E في شحنة اختبار عن تأثير القوة F في شحنة الاختبار نفسها؟

يعد المجال خاصية لتلك المنطقة من الفضاء، ولا يعتمد على شحنة الاختبار المستخدمة في قياسه. بينما تعتمد القوة الكهربائية على مقدار شحنة الاختبار ونوعها.

15. **التفكير الناقد** افترض أن الشحنة العلوية في **الشكل 2c–2** هي شحنة اختبار موضوعة في ذلك المكان؛ لقياس محصلة المجال الناشئ عن الشحنتين السالبتين. هل الشحنة صغيرة بدرجة كافية للقيام بعملية القياس بدقة؟ وضّح إجابتك.

لا. هذه الشحنة كبيرة بمقدار كافٍ لتوليد مجال كهربائي قادر على تشويه المجال الناتج عن الشحنتين الأخريين.

مسائل تدريبية

2–2 تطبيقات المجالات الكهربائية صفحة (55–43) صفحة 49

16. شدة المجال الكهربائي بين لوحين فلزيين واسعين متوازيين ومشحونين $6000\ N/C$، والمسافة بينهما $0.05\ m$. احسب فرق الجهد الكهربائي بينهما.

$$\Delta V=Ed=(6000\ N/C)(0.05\ m)$$

$$=300\ J/C=3\times10^{2}\ V$$

17. إذا كانت قراءة فولتمتر متصل بلوحين متوازيين مشحونين $400\ V$، عندما كانت المسافة بينهما $0.020\ m$، فاحسب المجال الكهربائي بينهما.

$$\Delta V=Ed$$

$$E=\frac{\Delta V}{d}=\frac{400\ V}{0.020\ m}=2\times10^{4}\ N/C$$

18. عندما طُبّق فرق جهد كهربائي مقداره $125\ V$ على لوحين متوازيين، تولّد بينهما مجال كهربائي مقداره $4.25\times10^{3}\ N/C$. ما البعد بين اللوحين؟

$$\Delta V=Ed$$

$$d=\frac{\Delta V}{E}=\frac{125\ V}{4.25\times10^{3}\ N/C}=2.94\times10^{-2}\ m$$

19. ما الشغل المبذول لتحريك شحنة $3.0\ C$ خلال فرق جهد كهربائي مقداره $1.5\ V$؟

$$W=q\Delta V=(3.0\ C)(1.5\ V)=4.5\ J$$

20. يمكن لبطارية سيارة جهدها $12\ V$ ومشحونة بصورة كاملة أن تختزن شحنة مقدارها $1.44\times10^{6}\ C$. ما مقدار الشغل الذي يمكن أن تبذله البطارية قبل أن تحتاج إلى إعادة شحنها؟

$$W=q\Delta V=(1.44\times10^{6}\ C)(12\ V)$$

$$=1.7\times10^{7}\ J$$

21. يتحرك إلكترون خلال أنبوب الأشعة المهبطية لتلفاز، فتعرّض لفرق جهد مقداره $18000\ V$. ما مقدار الشغل المبذول على الإلكترون عند عبوره لفرق الجهد هذا؟

$$W=q\Delta V=(1.60\times10^{-19}\ C)(1.8\times10^{4}\ V)$$

$$=2.9\times10^{-15}\ J$$

22. إذا كان مقدار المجال الكهربائي في مُسارِع جسيمات يساوي $4.5\times10^{5}\ N/C$، فما مقدار الشغل المبذول لتحريك بروتون مسافة $25\ cm$ خلال هذا المجال؟

$$W=q\Delta V=qEd$$

$$=(1.60\times10^{-19}\ C)(4.5\times10^{5}\ N/C)(0.25\ m)$$

$$=1.8\times10^{-14}\ J$$

تابع الفصل 2

صفحة 50

23. تسقط قطرة زيت في جهاز ملّيكان دون وجود مجال كهربائي. ما القوى المؤثرة فيها؟ وإذا سقطت القطرة بسرعة متجهة ثابتة فصِف القوى المؤثرة فيها.

قوة الجاذبية الأرضية (الوزن) في اتجاه الأسفل، وقوة الاحتكاك مع الهواء في اتجاه الأعلى. وإذا سقطت القطرة بسرعة متجهة ثابتة تكون القوتان متساويتان في المقدار.

24. إذا عُلّقت قطرة زيت وزنها $1.9\times10^{-15}\ \text{N}$ في مجال كهربائي مقداره $6.0\times10^{3}\ \text{N/C}$ فما مقدار شحنة القطرة؟ وما عدد فائض الإلكترونات التي تحملها القطرة؟

$$F_g = Eq$$

$$q = \frac{F_g}{E} = \frac{1.9\times10^{-15}\ \text{N}}{6.0\times10^{3}\ \text{N/C}}$$

$$= 3.2\times10^{-19}\ \text{C}$$

$$\text{عدد الإلكترونات} = \frac{q}{q_e} = \frac{3.2\times10^{-19}\ \text{C}}{1.60\times10^{-19}\ \text{C}} = 2\ \bar{e}$$

25. تحمل قطرة زيت وزنها $6.4\times10^{-15}\ \text{N}$ إلكترونًا فائضًا واحدًا. ما مقدار المجال الكهربائي اللازم لتعليق القطرة ومنعها من الحركة؟

$$E = \frac{F}{q} = \frac{6.4\times10^{-15}\ \text{m}}{1.60\times10^{-19}\ \text{C}} = 4.0\times10^{4}\ \text{N/C}$$

26. عُلّقت قطرة زيت مشحونة بشحنة موجبة وزنها $1.2\times10^{-14}\ \text{N}$ بين لوحين متوازيين البعد بينهما $0.64\ \text{cm}$. إذا كان فرق الجهد بين اللوحين $240\ \text{V}$، فما مقدار شحنة القطرة؟ وما عدد الإلكترونات التي فقدتها ليكون لها هذه الشحنة؟

$$E = \frac{\Delta V}{r} = \frac{240\ \text{V}}{6.4\times10^{-3}\ \text{m}} = 3.8\times10^{4}\ \text{N/C}$$

$$E = \frac{F}{q}$$

$$q = \frac{F}{E} = \frac{1.2\times10^{-14}\ \text{N}}{3.8\times10^{4}\ \text{N/C}}$$

$$= 3.2\times10^{-19}\ \text{C}$$

$$\text{عدد الإلكترونات} = \frac{q}{q_e} = \frac{3.2\times10^{-19}\ \text{C}}{1.60\times10^{-19}\ \text{C}} = 2\ \bar{e}$$

صفحة 54

27. مكثف كهربائي سعته $27\ \mu F$ وفرق الجهد الكهربائي بين لوحيه $45\ \text{V}$. ما مقدار شحنة المكثف؟

$$q = C\Delta V = (27\times10^{-6}\ F)(45\ \text{V})$$

$$= 1.2\times10^{-3}\ \text{C}$$

28. مكثفان، سعة الأول $3.3\ \mu F$، وسعة الآخر $6.8\ \mu F$، إذا وصل كل منهما بفرق جهد $24\ \text{V}$ فأي المكثفين له شحنة أكبر؟ وما مقدارها؟

$$q = C\Delta V$$

المكثف الذي سعته أكبر تكون شحنته أكبر.

$$q = (6.8\times10^{-6}\ F)(24\ \text{V}) = 1.6\times10^{-4}\ \text{C}$$

29. إذا شحن كل من المكثفين في المسألة السابقة بشحنة مقدارها $3.5\times10^{-4}\ \text{C}$ فأي المكثفين له فرق جهد كهربائي أكبر بين طرفيه؟ وما مقداره؟

$$\Delta V = \frac{q}{C}$$

المكثف الذي سعته أصغر، يكون له جهد أكبر.

$$\Delta V = \frac{3.5\times10^{-4}\ \text{C}}{3.3\times10^{-6}\ F} = 1.1\times10^{2}\ \text{V}$$

30. شحن مكثف كهربائي سعته $2.2\ \mu F$ حتى أصبح فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه $6.0\ \text{V}$، ما مقدار الشحنة الإضافية التي يتطلبها رفع فرق الجهد بين طرفيه إلى $15.0\ \text{V}$؟

$$q = C\Delta V$$

$$\Delta q = C(\Delta V_2 - \Delta V_1)$$

$$= (2.2\times10^{-6}\ F)(15.0\ \text{V} - 6.0\ \text{V})$$

$$= 2.0\times10^{-5}\ \text{C}$$

31. عند إضافة شحنة مقدارها $2.5\times10^{-5}\ \text{C}$ إلى مكثف يزداد فرق الجهد بين لوحيه من $12.0\ \text{V}$ إلى $14.5\ \text{V}$، احسب مقدار سعة المكثف.

$$C = \frac{q}{\Delta V_2 - \Delta V_1} = \frac{2.5\times10^{-5}\ \text{C}}{14.5\ \text{V} - 12.0\ \text{V}}$$

$$= 1.0\times10^{-5}\ F$$

مراجعة القسم

2–2 تطبيقات المجالات الكهربائية صفحة (55–43)

صفحة 55

32. **فرق الجهد الكهربائي** ما الفرق بين طاقة الوضع الكهربائية وفرق الجهد الكهربائي؟

تتغير طاقة الوضع الكهربائية عندما يُبذل شغل لنقل شحنة في مجال كهربائي، كما أنها تعتمد على كمية الشحنة المنقولة. أما فرق الجهد الكهربائي فهو الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات في مجال كهربائي، وهو لا يعتمد على كمية الشحنة المنقولة.

33. **المجال الكهربائي وفرق الجهد** بيّن أن الفولت لكل متر هو نفسه نيوتن لكل كولوم.

$$\mathbf{V/m = J/C \cdot m = N \cdot m/C \cdot m = N/C}$$

34. **تجربة ملّيكان** عندما تتغير شحنة قطرة الزيت المعلّقة داخل جهاز مليكان تبدأ القطرة في السقوط. كيف يجب تغيير فرق الجهد بين اللوحين لجعل القطرة تعود إلى الاتزان من جديد؟

يجب زيادة فرق الجهد.

35. **الشحنة وفرق الجهد** إذا كان التغير في فرق الجهد الكهربائي في المسألة السابقة لا يؤثر في القطرة الساقطة فعلامَ يدل ذلك بشأن الشحنة الجديدة على القطرة؟

يدل على أن القطرة متعادلة كهربائيًا.

36. **السعة الكهربائية** ما مقدار الشحنة المختزنة في مكثف سعته $0.47\ \mu F$ عندما يُطبّق عليه فرق جهد مقداره 12 V؟

$$q = C\Delta V = (4.7\times10^{-7}\ F)(12\ \text{V})$$

$$= 5.6\times10^{-6}\ \text{C}$$

37. **توزيع الشحنات** عند ملامسة كرة موصلة صغيرة مشحونة بشحنة سالبة لكرة موصلة كبيرة مشحونة بشحنة موجبة، ماذا يمكن القول عن:

a. جهد كل من الكرتين.

سيكون جهدا الكرتين متساويًا.

b. شحنة كل من الكرتين.

ستكون شحنة الكرة الكبيرة أكبر من شحنة الكرة الصغيرة، ولكن سيكون لهما النوع نفسه.

38. **التفكير الناقد** بالرجوع إلى **الشكل 3a–2**، وضح كيف تستمر الشحنات في التراكم على القُبّة الفلزية لمولّد فان دي جراف، ولماذا لا تتنافر الشحنات لتعود إلى الحزام عند النقطة B؟

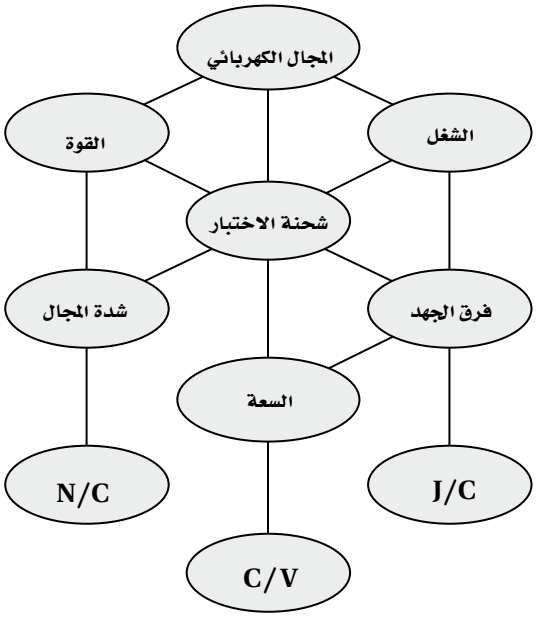
لا تولّد الشحنات الموجودة على القبة الفلزية مجالًا كهربائيًا داخلها، بل تنتقل الشحنات فورًا من الحزام إلى السطح الخارجي للقبة، حيث لا يكون لها تأثير في الشحنات الجديدة التي تصل إلى النقطة B.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 60

39. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: السعة، شدة المجال، J/C ، الشغل.



إتقان المفاهيم

صفحة 60

40. ما الخاصيتان اللتان يجب أن تكونا لشحنة الاختبار؟

يجب أن يكون مقدار شحنة الاختبار صغيرًا جدًا مقارنة مع مقادير الشحنات التي تولّد المجال الكهربائي، كما يجب أن تكون موجبة.

41. كيف يحدّد اتجاه المجال الكهربائي؟

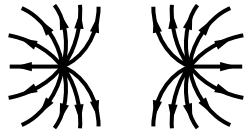
اتجاه المجال هو اتجاه القوة المؤثرة في شحنة موجبة موضوعة في المجال. وبهذا تكون خطوط المجال الكهربائي خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة في الشحنة السالبة.

42. ما المقصود بخطوط المجال الكهربائي؟

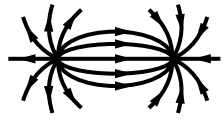
خطوط القوى الكهربائية

43. ارسم بعض خطوط المجال الكهربائي لكل من الحالات التالية:

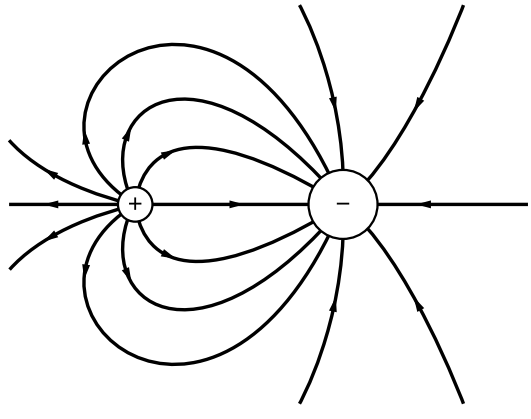
a. شحنتين متساويتين في المقدار ومتماثلتين في النوع.



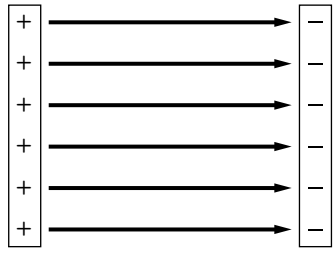
b. شحنتين مختلفتين في النوع ولهما المقدار نفسه.



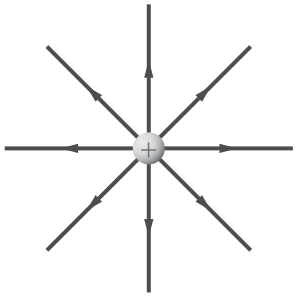
c. شحنة موجبة وأخرى سالبة مقدارها يساوي ضعف مقدار الشحنة الموجبة.



d. لوحين متوازين مختلفين في الشحنة.



44. في **الشكل 15–2**، أين تنتهي خطوط المجال الكهربائي الخارجة من الشحنة الموجبة؟



■ **الشكل 15–2**

تنتهي عند شحنات سالبة بعيدة موجودة في مكان ما خارج حواف الرسم التخطيطي.

45. كيف يتم الإشارة لشدة المجال الكهربائي من خلال خطوط المجال الكهربائي؟

كلما تقاربت خطوط المجال بعضها من بعض زادت قوة المجال الكهربائي.

46. ما وحدة قياس طاقة الوضع الكهربائية؟ وما وحدة قياس فرق الجهد الكهربائي، حسب النظام الدولي للوحدات SI؟

وحدة قياس طاقة الوضع الكهربائية هي الجول، ووحدة قياس فرق الجهد الكهربائي هو الفولت.

47. عرّف الفولت بدلالة التغير في طاقة الوضع الكهربائية لشحنة تتحرك في مجال كهربائي.

الفولت هو التغير في طاقة الوضع الكهربائية ΔPE الناتج عن انتقال وحدة شحنة اختبار q مسافة r مقدارها 1 m في مجال كهربائي E مقداره 1 N/C.

$$\Delta V = \frac{\Delta PE}{q} = Er$$

48. لماذا يفقد الجسم المشحون شحنته عند وصله بالأرض؟

لأن الجسم المشحون يشارك شحنته مع سطح الأرض التي تعدّ جسمًا ضخمًا جدًا.

49. وضع قضيب مطاطي مشحون على طاولة فحافظ على شحنته بعض الوقت. لماذا لا تُفرغ شحنة القضيب المشحون مباشرة؟

لأن الطاولة مادة عازلة ، أو على الأقل موصل رديء جدًا.

تابع الفصل 2

50. شُحن صندوق فلزي. قارن بين تركيز الشحنة على زوايا الصندوق وتركيزها على جوانب الصندوق.

يكون تركيز الشحنة عند الزوايا أكبر من تركيزها على جوانب الصندوق .

51. **أجهزة الحاسوب** لماذا توضع الأجزاء الدقيقة في الأجهزة الإلكترونية – كتلك الموضحة في **الشكل 16–2**– داخل صندوق فلزي موضوع داخل صندوق آخر بلاستيكي؟

■ الشكل 16–2

لأن الصندوق الفلزي يحمي هذه الأجزاء من المجالات الكهربائية الخارجية التي لا تنفذ إلى داخل الموصل الأجوف.

تطبيق المفاهيم

صفحة 61–60

52. ماذا يحدث لشدة المجال الكهربائي عندما تنقص شحنة الاختبار إلى نصف قيمتها؟

لا يحدث شيء؛ لأن القوة المؤثرة في شحنة الاختبار ستقل إلى النصف، أي أن النسبة $\frac{F'}{q'}$ والمجال الكهربائي تبقى هي نفسها.

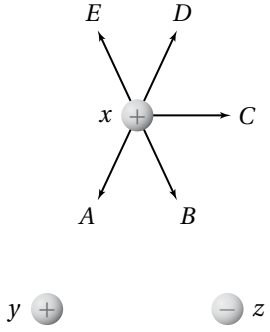
53. هل يلزم طاقة أكبر أم طاقة أقل لتحريك شحنة موجبة ثابتة خلال مجال كهربائي متزايد؟

تتناسب الطاقة طرديًا مع القوة، وتتناسب القوة طرديًا مع المجال الكهربائي، لذا يلزم طاقة أكبر.

54. ماذا يحدث لطاقة الوضع الكهربائية لجسم مشحون موجود داخل مجال كهربائي عندما يُطلق الجسيم ليصبح حرّ الحركة؟

ستتحول طاقة الوضع الكهربائية للجسيم إلى طاقة حركية له.

55. يبيّن **الشكل 17–2** ثلاث كرات مشحونة بالمقدار نفسه. أما أنواعها فموضّحة على الشكل. الكرتان y و z ثابتتان في مكانيهما، أما الكرة x فهي حرة الحركة. والمسافة بين الكرة x وكل من الكرتين y و z في البداية متساوية. حدّد المسار الذي ستبدأ الكرة x في سلوكه. افترض أنه لا يوجد أي قوى أخرى تؤثر في الكرات.



■ الشكل 17–2

ستسلك الكرة x المسار C؛ لأنها ستتأثر بالقوتين الموضّحتين بالمتجهين BوD، ومحصلتهما هي المتجه C.

56. ما وحدة قياس فرق الجهد الكهربائي بدلالة m، وkg، وs، وC؟

$$V = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{C}} = \frac{\mathrm{N \cdot m}}{\mathrm{C}} = \left(\frac{\mathrm{kg \cdot m}}{\mathrm{s^2}}\right)\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{C}}\right)$$
$$= \mathrm{kg \cdot m^2/s^2 \cdot C}$$

57. كيف تبدو خطوط المجال الكهربائي عندما يكون للمجال الكهربائي الشدة نفسها عند النقاط جميعها في منطقة ما؟

تكون متوازية، وتفصلها مسافات متساوية

58. **تجربة قطرة الزيت لملّيكان** يفضل عند إجراء هذه التجربة استخدام قطرات زيت لها شحنات صغيرة. هل يتعين عليك البحث عن القطرات التي تتحرك ببطء عندما يتم تشغيل المجال الكهربائي؟ وضّح إجابتك.

يتعين البحث عن القطرات التي تتحرك ببطء؛ فكلما كانت الشحنة أكبر كانت القوة المؤثرة فيها أكبر؛ لذا تكون سرعتها الحدية أكبر .

59. فـي تجربة قطرة الزيت لملّيـكان تم تثبيت قطرتي زيت في المجال الكهربائي.

a. هل يمكنك استنتاج أن شحنتيهما متماثلتان؟

لا. قد تكون كتلتاهما مختلفتين.

b. أي خصائص قطرتي الزيت نِسبُها متساوية؟

نسبة الشحنة إلى الكتلة $\frac{q}{m}$ أو نسبة الكتلة إلى الشحنة $\frac{m}{q}$.

60. يقف زيد وأخته ليلى على سطح مستوٍ معزول متلامسين بالأيدي عندما تم إكسابهما شحنة، كما هو موضّح في **الشكل 18–2**. إذا كانت المساحة السطحية لجسم زيد أكبر من ليلى فمن منهما يكون له كمية أكبر من الشحنات، أم سيكون لهما المقدار نفسه من الشحنات؟

■ الشكل 18–2

يمتلك زيد مساحة سطحية أكبر، لذا سيمتلك كمية أكبر من الشحنة.

61. إذا كان قطـرا كرتـي ألومنيـوم 1 cm و10 cm فأيّهما له سعة أكبر؟

للكرة التي قطرها 10 cm سعة كهربائية أكبر؛ لأن الشحنات يمكنها أن تبتعد بعضها عن بعض بصورة أكبر، وهذا يقلّل من ارتفاع جهدها عندما تُشحن.

62. كيـف يمكنـك تخزين كميـات مختلفة من الشـحنة في مكثف؟

بتغيير الجهد بين طرفي المكثف.

إتقان حل المسائل

2–1 توليد المجالات الكهربائية وقياسها

صفحة 62–61

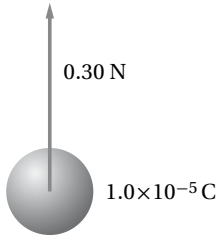
شحنة الإلكترون تساوي -1.60×10^{-19} C، استخدم هذه القيمة حيث يلزم.

63. ما مقدار شحنة اختبار إذا تعرضت لقوة مقدارها 1.4×10^{-8}N عند نقطة شدة المجال الكهربائي فيها 5.0×10^{-4} N/C ؟

$$E=\frac{F}{q}$$

$$q=\frac{F}{E}=\frac{1.4\times10^{-8}\ \text{N}}{5.0\times10^{-4}\ \text{N/C}}=2.8\times10^{-5}\ \text{C}$$

64. يوضّح **الشكل 19–2** شحنة موجبة مقدارها 1.0×10^{-5} C، تتعرض لقوة 0.30 N، عند وضعها عند نقطة معينة. ما شدة المجال الكهربائي عند تلك النقطة؟



■ الشكل 19–2

$$E=\frac{F}{q}=\frac{0.30\ \text{N}}{1.0\times10^{-5}\ \text{C}}=3.0\times10^{4}\ \text{N/C}$$

وفي اتجاه القوة الكهربائية نفسها (إلى أعلى)

65. إذا كان المجـال الكهربائي في الغلاف الجوي يسـاوي 150 N/C تقريبًا، ويتجه إلى أسفل، فأجب عما يلي:

a. ما اتجاه القوة المؤثرة في جسيم مشحون بشحنة سالبة؟

اتجاه القوة المؤثرة في الجسيم يكون إلى أعلى.

b. أوجـد القوة الكهربائية التـي يؤثر بها هذا المجال في إلكترون.

$$E=\frac{F}{q}$$

$$F=qE=(1.6\times10^{-19}\ \text{C})(150\ \text{N/C})$$

$$=2.4\times10^{-17}\ \text{N}$$

في اتجاه الأعلى $F=2.4\times10^{-17}$ N

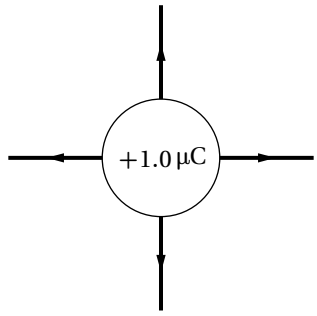
c. قارن بين القوة في الفرع b وقوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في الإلكترون نفسه. (كتلة الإلكترون تساوي 9.1×10^{-31} kg)

$$F = mg = (9.1\times10^{-31}\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 8.9\times10^{-30}\ \text{N}$$
$$F = 8.9\times10^{-30}\ \text{N (إلى أسفل)}$$

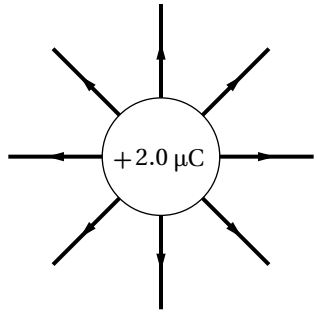
قوة الجاذبية أقل بأكثر من تريليون مرة من القوة الكهربائية.

66. ارسم بدقة الحالات التالية:

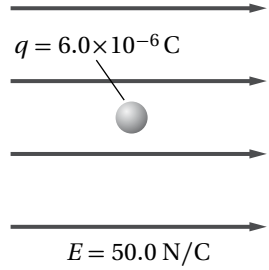
a. المجال الكهربائي الناتج عن شحنة مقدارها $+1.0\ \mu C$.



b. المجال الكهربائي الناتج عن شحنة $+2.0\ \mu C$ (اجعل عدد خطوط المجال متناسبًا مع التغير في مقدار الشحنة).



67. وضعت شحنة اختبار موجبة مقدارها 6.0×10^{-6} C في مجال كهربائي شدته 50.0 N/C، كما هو موضّح في **الشكل 20–2**. ما مقدار القوة المؤثرة في شحنة الاختبار؟

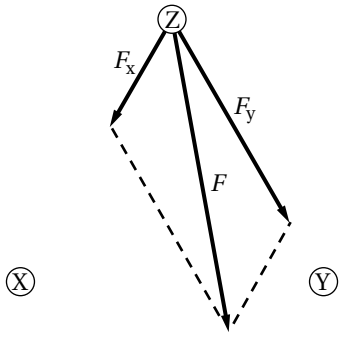


الشكل 20–2 ■

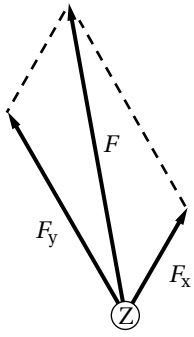
$$E = \frac{F}{q}$$
$$F = qE = (6.0\times10^{-6}\ \text{C})(50.0\ \text{N/C})$$
$$= 3.0\times10^{-4}\ \text{N}$$

68. ثلاث شحنات: X وY و Z يبعد بعضها عن بعض مسافات متساوية. إذا كان مقدار الشحنة X يساوي $+1.0\ \mu C$، ومقدار الشحنة Y يساوي $+2.0\ \mu C$، والشحنة Z صغيرة وسالبة:

a. فارسم سهمًا يُمثّل القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة Z.



b. إذا كانت الشحنة Z موجبة وصغيرة فارسم سهمًا يمثّل القوة المحصلة المؤثرة فيها.



69. تتسارع الإلكترونات في أنبوب الأشعة المهبطية في تلفاز نتيجة مجال كهربائي مقداره 1.00×10^5 N/C. احسب ما يلي:

a. القوة المؤثرة في الإلكترون.

$$E = \frac{F}{q}$$
$$F = Eq$$
$$= (-1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.00\times10^5\ \text{N/C})$$
$$= -1.60\times10^{-14}\ \text{N}$$

b. تسارع الإلكترون إذا كان المجال منتظمًا. اعتبر كتلة الإلكترون 9.11×10^{-31} kg.

$$F = ma$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{-1.60\times10^{-14}\ \text{N}}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}$$

$$= -1.76\times10^{16}\ \text{m/s}^2$$

70. أوجد شدة المجال الكهربائي على بُعد 20.0 cm من شحنة نقطية مقدارها 8.0×10^{-7} C .

$$E = \frac{F}{q'},\ F = \frac{Kqq'}{r^2}$$

أي:

$$E = \frac{Kq}{r^2}$$

$$= \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(8.0\times10^{-7}\ \text{C})}{(0.200\ \text{m})^2}$$

$$= 1.8\times10^5\ \text{N/C}$$

71. شحنة نواة ذرة رصاص تساوي شحنة 82 بروتونًا.

a. أوجد مقدار واتجاه المجال الكهربائي على بُعد 1.0×10^{-10} m من النواة.

$$Q = (\text{82 بروتون})(1.60\times10^{-19}\ \text{C/ بروتون})$$

$$= 1.31\times10^{-17}\ \text{C}$$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{1}{q}\left(\frac{KqQ}{r^2}\right) = \frac{KQ}{r^2}$$

$$= \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(1.31\times10^{-17}\ \text{C})}{(1.0\times10^{-10}\ \text{m}^2)}$$

$$= 1.2\times10^{13}\ \text{N/C}\ \text{في اتجاه بعيدًا عن النواة}$$

b. أوجد مقدار واتجاه القوة المؤثرة في إلكترون موضوع على البعد نفسه.

$$F = Eq$$

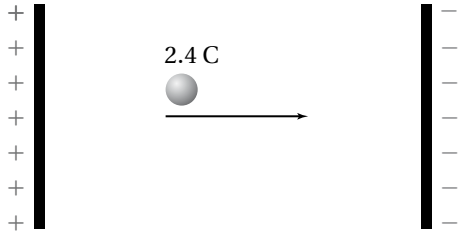
$$= (1.2\times10^{13}\ \text{N/C})(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})$$

$$= -1.9\times10^{-6}\ \text{N},\ \text{في اتجاه النواة}$$

2–2 تطبيقات المجالات الكهربائية

صفحة 63–62

72. إذا بُذل شغل مقداره 120 J لتحريك شحنة مقدارها 2.4 C من اللوح الموجب إلى اللوح السالب، كما هو موضّح في **الشكل 21–2**، فما فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين؟



الشكل 21–2 ■

$$\Delta V = \frac{W}{q} = \frac{120\ \text{J}}{2.4\ \text{C}} = 5.0\times10^1\ \text{V}$$

73. ما مقدار الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها 0.15 C خلال فرق جهد كهربائي مقداره 9.0 V؟

$$\Delta V = \frac{W}{q}$$

$$W = q\Delta V = (0.15\ \text{C})(9.0\ \text{V})$$

$$= 1.4\ \text{J}$$

74. بذلت بطارية شغلاً مقداره 1200 J لنقل شحنة كهربائية. ما مقدار هذه الشحنة المنقولة إذا كان فرق الجهد بين طرفي البطارية 12 V؟

$$\Delta V = \frac{W}{q}$$

$$q = \frac{W}{\Delta V} = \frac{1200\ \text{J}}{12\ \text{V}} = 1.0\times10^2\ \text{C}$$

75. إذا كانت شدة المجال الكهربائي بين لوحين متوازيين مشحونين 1.5×10^3 N/C، والبعد بينهما 0.060 m فما فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين بوحدة الفولت؟

$$\Delta V = Er$$

$$= (1.5\times10^3\ \text{N/C})(0.060\ \text{m})$$

$$= 9.0\times10^1\ \text{V}$$

76. تبيّن قراءة فولتمتر أن فرق الجهد الكهربائي بين لوحين متوازيين مشحونين 70.0 V. فإذا كان البعد بين اللوحين 0.020 m فما شدة المجال الكهربائي بينهما؟

$$\Delta V = Er$$

$$E = \frac{\Delta V}{r} = \frac{70.0\ \text{V}}{0.020\ \text{m}} = 3500\ \text{V/m}$$

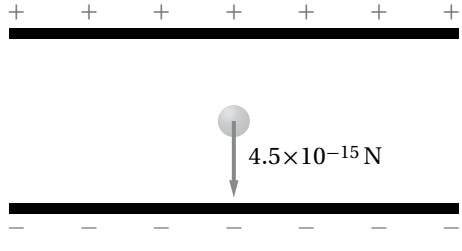
$$= 3500\ \text{N/C}$$

77. يختزن مكثف موصول بمصدر جهد 45.0 V شحنة مقدارها 90.0 μC، ما مقدار سعة المكثف؟

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$

$$C = \frac{q}{\Delta V} = \frac{90.0\times10^{-6}\ \text{C}}{45.0\ \text{V}} = 2.00\ \mu\text{F}$$

78. تم تثبيت قطرة الزيت الموضحة في **الشكل 22–2** والمشحونة بشحنة سالبة في مجال كهربائي شدته 5.6×10^{3} N/C. فإذا كان وزن القطرة 4.5×10^{-15} N:



■ **الشكل 22–2**

a. فما مقدار الشحنة التي تحملها القطرة؟

$$E = \frac{F}{q}$$

$$q = \frac{F}{E} = \frac{4.5\times10^{-15}\ \text{N}}{5.6\times10^{3}\ \text{N/C}}$$

$$= 8.0\times10^{-19}\ \text{C}$$

b. وما عدد الإلكترونات الفائضة التي تحملها القطرة؟

$$(8.0\times10^{-19}\ \text{C})\frac{\text{إلكترون 1}}{1.60\times10^{-19}\ \text{C}} = \text{إلكترونات 5}$$

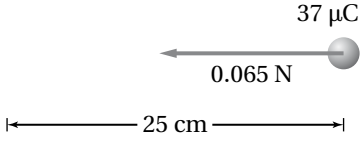
79. ما شحنة مكثف سعته 15.0 pF عند توصيله بمصدر جهد 45.0 V؟

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$

$$q = C\Delta V = (15.0\times10^{-12}\ F)(45.0\ \text{V})$$

$$= 6.75\times10^{-10}\ \text{C}$$

80. إذا لزم قوة مقدارها 0.065 N لتحريك شحنة مقدارها 37 μC مسافة 25 cm في مجال كهربائي منتظم، كما يوضّح **الشكل 23–2**، فما مقدار فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين؟



■ **الشكل 23–2**

$$W = Fr$$

$$\Delta V = \frac{W}{q} = \frac{Fr}{q}$$

$$= \frac{(0.065\ \text{N})(0.25\ \text{m})}{37\times10^{-6}\ \text{C}}$$

$$= 4.4\times10^{2}\ \text{V}$$

81. **آلة التصوير** يعبر عن الطاقة المختزنة في مكثف سعته C، وفرق الجهد الكهربائي بين طرفيه ΔV كما يلي: $W = \frac{1}{2}C\Delta V^2$. ومن التطبيقات على ذلك آلة التصوير الإلكترونية ذات الفلاش الضوئي، كالتي تظهر في **الشكل 24–2**. إذا شُحن مكثف في آلة تصوير مماثلة سعته F 10.0 μ، إلى أن أصبح فرق الجهد عليه 3.0×10^{2} V فما مقدار الطاقة المختزنة في المكثف؟

■ **الشكل 24–2**

$$W = \frac{1}{2}C\Delta V^2$$

$$= \frac{1}{2}(10.0\times10^{-6}\ F)(3.0\times10^{2}\ \text{V})^2$$

$$= 0.45\ \text{J}$$

تابع الفصل 2

82. افترض أن شحن المكثف في المسألة السابقة استغرق 25 s، فأجب عما يلي:

a. أوجد متوسط القدرة اللازمة لشحن المكثف خلال هذا الزمن.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{0.45\ \text{J}}{25\ \text{s}} = 1.8\times10^{-2}\ \text{W}$$

b. عند تفريغ شحنة هذا المكثف خلال مصباح الفلاش يفقد طاقته كاملة خلال زمن مقداره 1.0×10^{-4} s. أوجد القدرة التي تصل إلى مصباح الفلاش.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{0.45\ \text{J}}{1.0\times10^{-4}\ \text{s}} = 4.5\times10^{3}\ \text{W}$$

c. ما أكبر قيمة ممكنة للقدرة؟

تتناسب القدرة عكسيًا مع الزمن؛ فكلما قل زمن استهلاك كمية محددة من الطاقة زادت القدرة الناتجة.

83. **الليزر** تستخدم أجهزة الليزر لمحاولة إنتاج تفاعلات اندماج نووي مسيطر عليها. ويتطلب تشغيل هذه الليزرات نبضات صغيرة من الطاقة تُخزّن في غرف كبيرة مملوءة بالمكثفات. وتقدّر السعة الكهربائية لغرفة واحدة بـ $61\times10^{-3}\ F$ تشحن حتى يصل فرق الجهد عليها إلى 10.0 kV.

a. إذا علمت أن $W = \frac{1}{2}C\Delta V^2$ فأوجد الطاقة المختزنة في المكثفات.

$$W = \frac{1}{2}C\Delta V^2$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(61\times10^{-3}\ F)(1.00\times10^{4}\ \text{V})^2$$

$$= 3.1\times10^{6}\ \text{J}$$

b. إذا تم تفريغ المكثفات خلال 10 ns (أي 1×10^{-8} s) فما مقدار الطاقة الناتجة؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{3.1\times10^{6}\ \text{J}}{1.0\times10^{-8}\ \text{s}} = 3.1\times10^{14}\ W$$

c. إذا تم شحن المكثفات بواسطة مولّد قدرته 1.0 kW فما الزمن بالثواني اللازم لشحن المكثفات؟

$$t = \frac{W}{P} = \frac{3.1\times10^{6}\ \text{J}}{1.0\times10^{-3}\ \text{W}} = 3.1\times10^{3}\ \text{s}$$

مراجعة عامة

صفحة 64–63

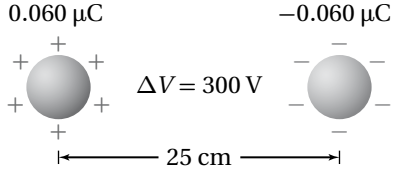
84. ما مقدار الشغل المبذول لتحريك شحنة مقدارها 0.25 μC بين لوحين متوازيين، البعد بينهما 0.40 cm، إذا كان المجال بين اللوحين 6400 N/C؟

$$W = q\Delta V = qEr$$
$$= (2.5\times10^{-7}\ \text{C})(6400\ \text{N/C})(4.0\times10^{-3}\ \text{m})$$
$$= 6.4\times10^{-6}\ \text{J}$$

85. ما مقدار الشحنات المختزنة في مكثف ذي لوحين متوازيين سعته 0.22 μ*F*، إذا كان البعد بين لوحيه 1.2 cm، والمجال الكهربائي بينهما 2400 N/C؟

$$q = C\Delta V = CEr$$
$$= (2.2\times10^{-7}\ F)(2400\ \text{N/C})(1.2\times10^{-2}\ \text{m})$$
$$= 6.3\ \mu\text{C}$$

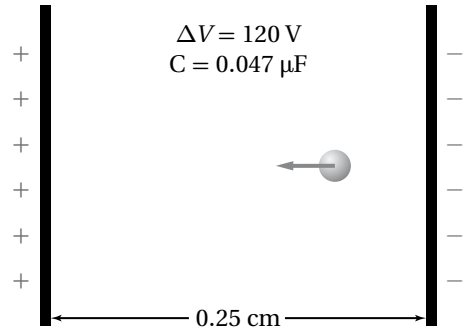
86. يبين **الشكل 25–2** كرتين فلزيتين صغيرتين متماثلتين، البعد بينهما 25 cm، وتحملان شحنتين مختلفتين في النوع، مقدار كل منهما 0.060 μC. فإذا كان فرق الجهد بينهما 300 V فما مقدار السعة الكهربائية للنظام؟



■ **الشكل 25–2**

$$C = \frac{q}{\Delta V} = \frac{6.0\times10^{-8}\ \text{C}}{300\ \text{V}} = 2\times10^{-10}\ F$$

ارجع إلى المكثف الموضح في **الشكل 26–2** عند حل **المسائل 90–87**.



■ **الشكل 26–2**

87. إذا شُحن هذا المكثف حتى أصبح فرق الجهد بين لوحيه 120 V فما مقدار الشحنة المختزنة فيه؟

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$

$$q = C\Delta V$$

$$= (4.7\times10^{-8}\ F)(120\ \text{V})$$

$$= 5.6\times10^{-6}\ \text{C} = 5.6\ \mu\text{C}$$

88. ما مقدار شدة المجال الكهربائي بين لوحي المكثف؟

$$\Delta V = Er$$

$$E = \frac{\Delta V}{r}$$

$$= \frac{120\ \text{V}}{2.5\times10^{-3}\ \text{m}} = 4.8\times10^{4}\ \text{V/m}$$

89. إذا وضع إلكترون بين لوحي المكثف فما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

$$E = \frac{F}{q}$$

$$F = qE = (4.8\times10^{4}\ \text{V/m})\ (1.6\times10^{-19}\ \text{C})$$

$$= 7.7\times10^{-15}\ \text{N}$$

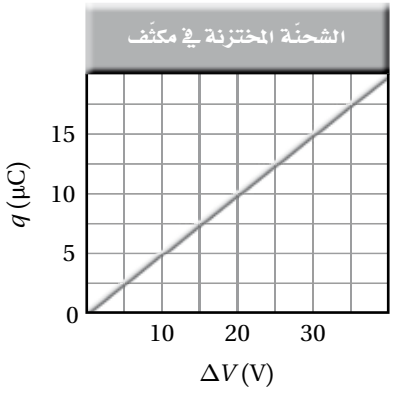
90. ما مقدار الشغل اللازم لتحريك شحنة إضافية مقدارها 0.010 μC بين لوحي المكثف عندما يكون فرق الجهد بينهما 120 V؟

$$\Delta V = \frac{W}{q}$$

$$W = q\,\Delta V$$

$$= (1.0\times10^{-8}\ \text{C})(120\ \text{V}) = 1.2\times10^{-6}\ \text{J}$$

ارجع إلى الرسم البياني الموضح في **الشكل 27–2** ،والذي يمثل الشحنة المختزنة في مكثف في أثناء زيادة فرق الجهد عليه، عند **حل المسائل 95–91** .



■ **الشكل 27–2**

91. ماذا يمثّل ميل الخط الموضّح على الرسم البياني؟

السعة الكهربائية للمكثف.

92. ما سعة المكثف الممثّل في هذا الشكل؟

$$C = \text{الميل} = 0.50\ \mu F$$

93. ماذا تمثّل المساحة تحت الخط البياني؟

الشغل المبذول لشحن المكثف.

94. ما مقدار الشغل اللازم لشحن هذا المكثف ليصبح فرق الجهد بين لوحيه 25 V؟

$$W = \text{المساحة} = \frac{1}{2}(\text{الطول} \times \text{العرض})$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(25\ \text{V})(12.5\ \mu\text{C})$$

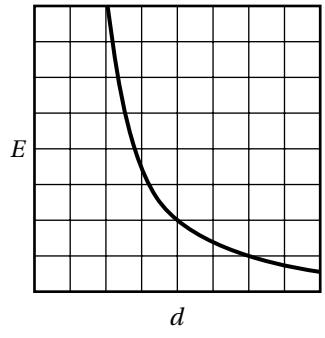
$$= 160\ \mu\text{J}$$

95. لماذا لا يساوي الشغل الناتج في المسألة السابقة المقدار $q\,\Delta V$؟

لأن فرق الجهد لا يكون ثابتًا في أثناء شحن المكثف، لذا يجب حساب المساحة تحت المنحنى البياني لإيجاد الشغل، وليس فقط من حسابات ضرب بسيطة.

تابع الفصل 2

96. مثّل بيانيًّا شدة المجال الكهربائي الناشئ بالقرب من شحنة نقطية موجبة، على شكل دالة رياضية في البعد عنها.



97. أين يكون المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية صفرًا؟

لا يوجد مكان، أو عند مسافة لانهائية من الشحنة النقطية.

98. ما شدة المجال الكهربائي على بُعد 0 m من شحنة نقطيـة؟ هل هنـاك شـيء يشـبه الشحنة النقطية تمامًا؟

لا نهائي. لا.

التفكير الناقد

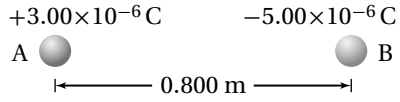
صفحة 65–64

99. **تطبيق المفاهيم** على الرغم من تصميم قضيب مانعة الصواعق ليوصل الشـحنات بأمان إلى الأرض، إلا أن هدفه الرئيس هو منع ضربة الصاعقة في المقام الأول، فكيف تعمل مانعة الصواعق ذلك؟

إن النقطة الحادة عند نهاية القضـيب تُسـرِّب شـحنات إلى الغلاف الجوي قبل أن ينتج عن تراكُمِها فرق جهد يكون كافيًا لحدوث ضربة صاعقة البرق.

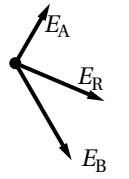
تابع الفصل 2

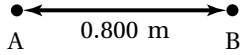
100. حلّل واستنتج وُضِعت الكرتان الصغيرتـان A وB على محور x، كما هو موضح في **الشكل 28–2**. فإذا كانت شحنة الكرة A تساوي 3.00×10^{-6} C،والكرة B تبعد مسافة مقـدارها 0.800 m عن يمين الكرة A، وتحمل شحنـة مقـدارها -5.00×10^{-6} C فما شـــدة المجال الكهربائي واتجاهه عند نقطة فوق المحور x، بحيث تشـكل هذه النقطة رأس مثلث متسـاوي الأضلاع مع الكرتين A و B؟



■ **الشكل 28–2**

تُرسم الكرات التي تمثل الشحنات وكذلك المتجهات التي تمثل المجال الكهربائي للشحنات عند النقطة المحددة.





$$E_A = \frac{F_A}{q'} = \frac{Kq_A}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(3.00\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.800\ \text{m})^2} = 4.22\times10^4\ \text{N/C}$$

$$E_B = \frac{F_B}{q'} = \frac{Kq_B}{r^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(5.00\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.800\ \text{m})^2} = 7.03\times10^4\ \text{N/C}$$

$$E_{Ax} = E_A \cos 60.0° = (4.22\times10^4\ \text{N/C})(\cos 60.0°) = 2.11\times10^4\ \text{N/C}$$

$$E_{Ay} = E_A \sin 60.0° = (4.22\times10^4\ \text{N/C})(\sin 60.0°) = 3.65\times10^4\ \text{N/C}$$

$$E_{Bx} = E_B \cos(-60.0°) = (7.03\times10^4\ \text{N/C})(\cos -60.0°) = 3.52\times10^4\ \text{N/C}$$

$$E_{By} = E_B \sin(-60.0°) = (7.03\times10^4\ \text{N/C})(\sin -60.0°) = -6.09\times10^4\ \text{N/C}$$

$$E_x = E_{Ax} + E_{Bx} = (2.11\times10^4\ \text{N/C}) + (3.52\times10^4\ \text{N/C}) = 5.63\times10^4\ \text{N/C}$$

$$E_y = E_{Ay} + E_{By} = (3.65\times10^4\ \text{N/C}) + (-6.09\times10^4\ \text{N/C}) = -2.44\times10^4\ \text{N/C}$$

$$E_R = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = 6.14\times10^4\ \text{N/C}$$

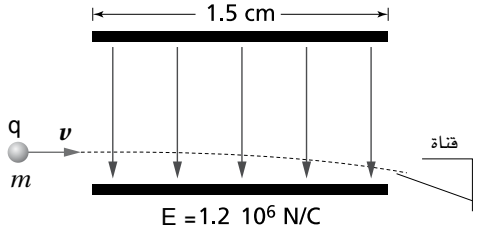
$$\tan\theta = \frac{E_y}{E_x}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{E_x}{E_y}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{-2.44\times10^4\ \text{N/C}}{5.63\times10^4\ \text{N/C}}\right)$$

$$= -23.4°$$

101. **حلّل واستنتج** في طابعة نفث الحبر، تُعطى قطرات الحبر كمية معيّنة من الشحنة قبل أن تتحرك بين لوحين كبيرين متوازيين، الهدف منهما توجيه الشحنات بحيث يتم إيقافها لتتحرك في قناة؛ لكي لا تصل إلى الورقة، كما هو موضّح في **الشكل 29–2**. ويبلغ طول كل لوح 1.5 cm، ويتولّد بينهما مجال كهربائي مقداره 1.2×10^{6} N/C. فإذا تحركت قطرات حبر، كتلة كلٍّ منها 0.10 ng، وشحنتها 1.0×10^{-16} C، أفقيًّا بسرعة 15 m/s في اتجاه موازٍ للوحين، كما في الشكل، فما مقدار الإزاحة الرأسية للقطرات لحظة مغادرتها اللوحين؟ لمساعدتك على إجابة السؤال أجب عن الأسئلة التالية:



■ **الشكل 29–2**

a. ما القوة الرأسية المؤثرة في القطرات؟

$$F = Eq$$

$$= (1.0\times10^{-16}\,\text{C})(1.2\times10^{6}\ \text{N/C})$$

$$= 1.2\times10^{-10}\,\text{N}$$

b. ما مقدار التسارع الرأسي للقطرات؟

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1.2\times10^{-10}\,\text{N}}{1.0\times10^{-13}\,\text{kg}} = 1.2\times10^{3}\ \text{m/s}^2$$

c. ما الزمن الذي بقيت فيه القطرات بين اللوحين؟

$$t = \frac{L}{v} = \frac{1.5\times10^{-2}\,\text{m}}{15\,\text{m/s}} = 1.0\times10^{-3}\,\text{s}$$

d. ما إزاحة القطرات؟

$$y = \frac{1}{2}at^2$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(1.2\times10^{3}\,\text{m/s}^2)(1.0\times10^{-3}\,\text{s})^2$$

$$= 6.0\times10^{-4}\,\text{m} = 0.60\,\text{mm}$$

تابع الفصل 2

102. تطبيق المفاهيم افترض أن القمر يحمل شحنة فائضة تساوي $-q$، وأن الأرض تحمل شحنة فائضة تساوي $+10\ q$، ما مقدار الشحنة q التي تنتج مقدار القوة نفسه الناتج عن قوة الجاذبية بين كتلتيهما؟

بمساواة العلاقتين الرياضيتين لقوة الجاذبية وقوة كولوم بين الأرض والقمر:

$$F = \frac{Gm_E m_M}{r^2} = \frac{Kq_E q_M}{r^2} = \frac{10Kq^2}{r^2}$$

حيث $-q$ الشحنة المحصلة (الصافية) التي يحملها القمر و q_E الشحنة الموجبة المحصلة (الصافية) التي تحملها الأرض وتساوي $+10\ q$.

وبحل المعادلة بالرموز ثم التعويض بالأرقام ينتج:

$$q = \sqrt{\frac{Gm_E m_M}{10\,K}}$$

$$= \sqrt{\frac{(6.67\times10^{-11}\ \mathrm{N\cdot m^2/kg^2})(6.00\times10^{24}\ \mathrm{kg})(7.31\times10^{22}\ \mathrm{kg})}{(10)(9.0\times10^{9}\ \mathrm{N\cdot m^2/C^2})}}$$

$$= 1.8\times10^{13}\ \mathrm{C}$$

الكتابة في الفيزياء

صفحة 65

103. اختر اسمًا لوحدة كهربائية، مثل: الكولوم، أو الفولت، أو الفاراد، وابحث عن حياة وعمل العالم الذي سُمِّيت باسمه. واكتب مقالة موجزة عن هذا العالم على أن تتضمن المقالة مناقشة العمل الذي برّر إطلاق اسمه على تلك الوحدة.

ستختلف إجابات الطلاب، بعض الأمثلة من العلماء الذين يمكن أن يختارهم الطلاب: فولتا، أو كولوم، أو أوم، أو أمبير.

مراجعة تراكمية

صفحة 65

104. إذا كانت القوة بين شحنتين Q و q تساوي F عندما كانت المسافة بينهما r، فما مقدار القوة الجديدة التي تنتج في كل حالة من الحالات التالية:

a. مضاعفة r ثلاث مرات.

$$\frac{F}{9}$$

b. مضاعفة Q ثلاث مرات.

$$3F$$

c. مضاعفة كل من r، وQ ثلاث مرات.

$$\frac{F}{3}$$

d. مضاعفة كل من r، وQ مرتين.

$$\frac{F}{2}$$

e. مضاعفة كل من r، وQ، وq ثلاث مرات.

$$F$$

تابع الفصل 2

مسألة التحفيز

صفحة 55

يجذب لوحا مكثّف كهربائي أحدهما الآخر لأنهما يحملان شحنتين مختلفتين، فإذا كانت المسافة بين لوحي مكثف متوازيين r، وسعته الكهربائية C فأجب عما يلي:

1. اشتق علاقة للقوة الكهربائية بين اللوحين عندما يكون للمكثف شحنة مقدارها q.

بما أن: $F = Eq$، $E = \frac{\Delta V}{r}$ ، $\Delta V = \frac{q}{C}$

أي: $F = Eq = \left(\frac{\Delta V}{r}\right)q = \left(\frac{\left(\frac{q}{C}\right)}{r}\right)q = \frac{q^2}{Cr}$

2. ما مقدار الشحنة التي يجب أن تخزّن في مكثف سعته $22\ \mu F$، والمسافة بين لوحيه $1.5\ mm$ لتكون القوة بين لوحيه $2.0\ N$؟

بما أن: $F = \frac{q^2}{Cr}$

أي: $q = \sqrt{FCr}$

$$= \sqrt{(2.0\ \text{N})(2.2\times10^{-5}\ F)(1.5\times10^{-3}\ \text{m})}$$

$$= 2.6\times10^{-4}\ \text{C}$$

مسائل تدريبية

3–1 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية (صفحة 84–73)

صفحة 77

1. إذا مرّ تيار كهربائي مقداره 0.50 A في مصباح كهربائي فرق الجهد بين طرفيه 125 V، فما المعدل الزمني لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية؟ افترض أن كفاءة المصباح 100%.

$$P = IV = (0.50\ \text{A})(125\ \text{V}) = 63\ \text{J/s} = 63\ \text{W}$$

2. تَوَلّد تيار مقداره 2.0 A في مصباح متصل ببطارية سيارة. ما مقدار القدرة المستهلكة في المصباح إذا كان فرق الجهد عليه 12 V؟

$$P = IV = (2.0\ \text{A})(12\ \text{V}) = 24\ \text{W}$$

3. ما مقدار التيار الكهربائي المار في مصباح قدرته 75 W متصل بمصدر جهد مقداره 125 V؟

$$P = IV$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{75\ \text{W}}{125\ \text{V}} = 0.60\ \text{A}$$

4. يمرّ تيار كهربائي مقداره 210 A في جهاز بدء التشغيل في محرك سيارة. فإذا كان فرق الجهد بين قطبي البطارية 12 V فما مقدار الطاقة الكهربائية التي تصل إلى جهاز بدء التشغيل خلال 10.0 s؟

$$P = IV$$

$$E = Pt \quad \text{و}$$

$$E = IVt = (210\ \text{A})(12\ \text{V})(10.0\ \text{s}) \quad \text{أي أن:}$$

$$= 2.5\times10^{4}\ \text{J}$$

5. مصباح كهربائي كُتب عليه 0.90 W. إذا كان فرق الجهد بين طرفيه 3.0 V فما مقدار شدة التيار المار فيه؟

$$P = IV$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$= \frac{0.90\ \text{W}}{3.0\ \text{V}} = 0.30\ \text{A}$$

صفحة 82

افترض في هذه المسائل جميعها أن جهد البطارية ومقاومات المصابيح ثابتة، بغض النظر عن مقدار التيار.

6. إذا وُصل محرك بمصدر جهد، وكانت مقاومة المحرك في أثناء تشغيله 32 Ω، ومقدار التيار المار في تلك الدائرة 3.8 A، فما مقدار جهد المصدر؟

$$V = IR = (3.8\ \text{A})(32\ \Omega) = 1.2\times10^{2}\ \text{V}$$

7. يمر تيار مقداره 2.0×10^{-4} A في مجسّ عند تشغيله ببطارية جهدها 3.0 V. ما مقدار مقاومة دائرة جهاز المجسّ؟

$$R = \frac{V}{I} = \frac{3.0\ \text{V}}{2.0\times10^{-4}\ \text{A}}$$

$$= 1.5\times10^{4}\ \Omega$$

8. يسحب مصباح تيارًا مقداره 0.5 A عند توصيله بمصدر جهد مقداره 120 V. احسب مقدار:

a. مقاومة المصباح.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{120\ \text{V}}{0.50\ \text{A}} = 2.4\times10^{2}\ \Omega$$

b. القدرة الكهربائية المستهلكة في المصباح.

$$P = IV = (0.50\ \text{A})(120\ \text{V}) = 6.0\times10^{1}\ \text{W}$$

9. وصِل مصباح كُتب عليه 75 W بمصدر جهد 125 V، احسب مقدار:

a. التيار المار في المصباح.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{75\ \text{W}}{125\ \text{V}} = 0.60\ \text{A}$$

b. مقاومة المصباح.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{125\ \text{V}}{0.60\ \text{A}} = 2.1\times10^{2}\ \Omega$$

10. في المسألة السابقة، إذا أُضيفت مقاومة للمصباح لتقليل التيار المار فيه إلى نصف قيمته الأصلية، فما مقدار:

a. فرق الجهد بين طرفي المصباح؟

التيار المار بالمصباح بعد إضافة المقاومة هو:

$$\frac{0.60\ \text{A}}{2} = 0.30\ \text{A}$$

$$V = IR = (0.30\ \text{A})(2.1\times10^{2}\ \Omega)$$

$$= 6.3\times10^{1}\ \text{V}$$

b. المقاومة التي أُضيفت إلى الدائرة؟

أصبحت المقاومة الكلية في الدائرة:

$$R_{\text{الكلية}} = \frac{V}{I} = \frac{125\ \text{V}}{0.30\ \text{A}} = 4.2\times10^{2}\ \Omega$$

لذلك

$$R_{\text{المضافة}} = R_{\text{الكلية}} - R_{\text{المصباح}}$$

$$= 4.2\times10^{2}\ \Omega - 2.1\times10^{2}\ \Omega$$

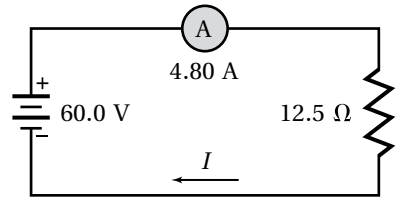
$$= 2.1\times10^{2}\ \Omega$$

c. القدرة الكهربائية التي يستهلكها المصباح الآن؟

$$P = IV = (0.30\ \text{A})(6.3\times10^{1}\ \text{V}) = 19\ \text{W}$$

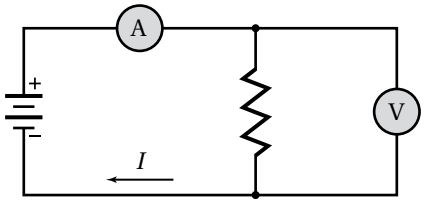
صفحة 84

11. ارسم رسمًا تخطيطيًّا لدائرة توالٍ تحتوي على بطارية فرق الجهد بين طرفيها 60.0V، وأميتر، ومقاومة مقدارها 12.5Ω، أوجد قراءة الأميتر، وحدّد اتجاه التيار.



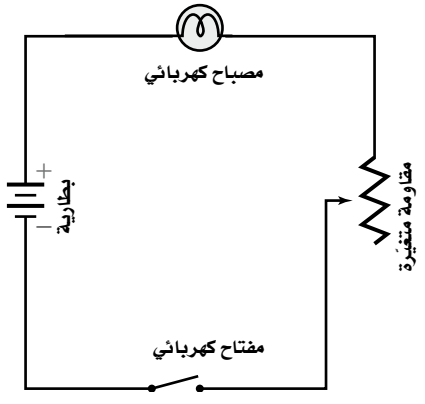
$$I = \frac{V}{R} = \frac{60.0\ \text{V}}{12.5\ \Omega} = 4.80\ \text{A}$$

12. أضف فولتمتر إلى الرسم التخطيطي للدائرة الكهربائية في المسألة السابقة لقياس فرق الجهد بين طرفي المقاومتين، ثم أعد حلّها.



وبما أن مقاومة الأميتر تعتبر صفرًا، فإن قراءة الفولتمتر ستكون 60.0 V.

13. ارسم دائرة على أن تستخدم بطارية ومصباحًا ومفتاحًا كهربائيًّا ومقاومة متغيرة لتعديل سطوع المصباح.

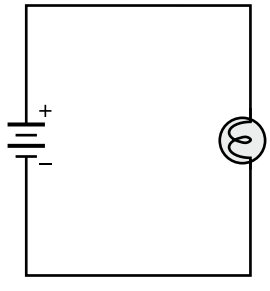


مراجعة القسم

1–3 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية (صفحة 84–73)

صفحة 84

14. **رسم تخطيطي** ارسم رسمًا تخطيطيًّا لدائرة كهربائية تحتوي على بطارية ومصباح كهربائي، وتأكد من أن المصباح الكهربائي سيضيء في هذه الدائرة .



15. **المقاومة الكهربائية** يدَّعي طارق أن المقاومة ستزداد بزيادة فرق الجهد؛ وذلك لأن $R = V/I$. فهل ما يدعيه طارق صحيح؟ فسر ذلك.

لا، تعتمد المقاومة على الجهاز، لذا؛ فعند زيادة الجهد V يزداد التيار I أيضًا.

16. **المقاومة الكهربائية** إذا أردت قياس مقاومة سلك طويل فبيّن كيف تركّب دائرة كهربائية باستخدام بطارية وفولتمتر وأميتر والسلك الذي تريد قياس مقاومته. حدّد ما الذي ستقيسه؟ وبيّن كيف تحسب المقاومة؟

أقيس التيار المارّ في السلك وفرق الجهد بين طرفيه، ثم أقسّم فرق الجهد على التيار لتحصل على مقاومة السلك.

17. **القدرة** تتصل دائرة كهربائية مقاومتها $12\ \Omega$ ببطارية جهدها $12\ V$. حدّد التغير في القدرة إذا قلّت المقاومة إلى $9.0\ \Omega$؟

$$P_1 = V^2/R_1 = (12\ V)^2/12\ \Omega = 12\ W$$

$$P_2 = V^2/R_2 = (12\ V)^2/9.0\ \Omega = 16\ W$$

$$P = P_2 - P_1 = 16\ W - 12\ W = 4.0\ W$$

يزداد 4.0 W

18. **الطاقة** تحوِّل دائرة كهربائية طاقة مقدارها $2.2\times10^3\ J$ عندما تُشغَّل ثلاث دقائق. حدّد مقدار الطاقة التي ستتحول عندما تُشغَّل مدة ساعة واحدة.

$$E = \left(\frac{2.2\times10^3}{3\ min}\right)(60.0\ min)$$

$$= 4.4\times10^4\ J$$

19. **التفكير الناقد** نقول إن القدرة تستهلك وتُستنفد في مقاومة. والاستنفاد يعني الاستخدام، أو الضياع. فما (الاستخدام) عند مرور شحنات في مقاومة كهربائية؟

تتناقص طاقة الوضع الكهربائية للشحنات عند مرورها خلال المقاومة، ويستخدم هذا النقص في طاقة الوضع في توليد حرارة فيها.

مسائل تدريبية

3–2 استخدام الطاقة الكهربائية (صفحة 91–85)

صفحة 87

20. يعمل سخّان كهربائي مقاومته $15\ \Omega$ على فرق جهد مقداره $120\ V$. احسب مقدار:

a. التيار المار في مقاومة السخان.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ V}{15\ \Omega} = 8.0\ A$$

b. الطاقة المستهلكة في مقاومة السخان خلال $30.0\ s$.

$$E = I^2Rt = (8.0\ A)^2(15\ \Omega)(30.0\ s)$$

$$= 2.9\times10^4\ J$$

c. الطاقة الحرارية الناتجة في هذه المدة.

الطاقة الحرارية الناتجة هي $2.9\times10^4\ J$ ؛لأن الطاقة الكهربائية تتحول في السخّان إلى طاقة حرارية.

21. إذا وُصِلت مقاومة مقدارها $39\ \Omega$ ببطارية جهدها $45\ V$ فاحسب مقدار:

a. التيار المار في الدائرة.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{45\ V}{39\ \Omega} = 1.2\ A$$

b. الطاقة المستهلكة في المقاومة خلال $5.0\ min$.

$$E = \frac{V^2}{R}t$$

$$= \frac{(45\ V)^2}{(39\ \Omega)}(5.0\ min)(60\ s/min)$$

$$= 1.6\times10^4\ J$$

22. مصباح كهربائي قدرته $100.0\ W$، وكفاءته 22%؛ أي أن 22% فقط من الطاقة الكهربائية تتحول إلى طاقة ضوئية.

a. ما مقدار الطاقة الحرارية التي ينتجها المصباح الكهربائي كل دقيقة؟

$$E = Pt$$

$$= (0.78)(100.0\ J/s)(1.0\ min)(60.0\ s/min)$$

$$= 4.7\times10^3\ J$$

b. مـا مقدار الطاقة التـي يحوّلها المصباح إلى ضوء كل دقيقة في أثناء إضاءته؟

$$E = Pt$$

$$= (0.22)(100.0\ \text{J/s})(1.0\ \text{min})(60\ \text{s/min})$$

$$= 1.3\times10^{3}\ \text{J}$$

23. تبلغ مقاومة عنصر التسخين في طبّاخ كهربائي عند درجة حرارة تشغيله 11 Ω .

a. إذا تـم توصيـل الطبّـاخ بمصدر جهد مقـداره 220 V فما مقدار التيار الكهربائي المار في عنصر التسخين؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{220\ \text{V}}{11\ \Omega} = 2.0\times10^{1}\ \text{A}$$

b. مـا مقـدار الطاقة التـي يحوّلها هذا العنصـر إلى طاقة حرارية خلال 30.0 s؟

$$E = I^2Rt = (2.0\times10^{1}\ \text{A})^2(11\Omega)(30.0\ \text{s})$$

$$= 1.3\times10^{5}\ \text{J}$$

c. استخدم العنصر في تسخين غلاية تحتوي على 1.20 kg مـن الماء. افترض أن الماء امتـص 65% من الحرارة الناتجة، فما مقـدار الارتفاع في درجة حرارته خلال 30.0 s؟

$$Q = mC\Delta T,\ Q = 0.65E$$

$$\Delta T = \frac{0.65E}{mC} = \frac{(0.65)(1.3\times10^{5}\ \text{J})}{(1.20\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg}\cdot^{\circ}\text{C})}$$

$$= 17^{\circ}\text{C}$$

24. اسـتغرق سـخان ماء كهربائي جهده 120 V زمنًا مقداره 2.2 h لتسخين حجم معيّن من الماء إلى درجة الحرارة المطلوبة. احسب المدة اللازمة لإنجاز المهمة نفسها، وذلك باستخدام سخّان آخر جهده 240 V مع بقاء التيار نفسه.

$$E = IVt = I(2V)\left(\frac{t}{2}\right)$$

مضـاعفة الجهـد لإعطاء كمية الحرارة نفسـها؛ سـيقلل الزمن إلى النصف.

$$t = \frac{2.2\ \text{h}}{2} = 1.1\ \text{h}$$

صفحة 91

25. يمر تيار كهربائي مقداره 15.0 A في مدفأة كهربائية عند وصلها بمصدر فرق جهد 120 V. فإذا تم تشغيل المدفأة بمتوسّط 5.0 h يوميًّا فاحسب:

a. مقدار القدرة التي تستهلكها المدفأة.

$$P = IV = (15.0\ \text{A})(120\ \text{V})$$

$$= 1800\ \text{W} = 1.8\ \text{kW}$$

b. مقدار الطاقة المستهلكة في 30 يومًا بوحدة kWh.

$$E = Pt = (1.8\ \text{kW})(5.0\ \text{h/day})(30\ \text{days})$$

$$= 270\ \text{kWh}$$

c. تكلفة تشغيلها مدة 30 يومًا، إذا كان ثمن الكيلوواط. ساعة 0.12 ريال.

$$\text{التكلفة} = (0.12\ \text{ريال/kWh})(270\ \text{kWh})$$

$$= 32.40\ \text{ريال}$$

26. تبلغ مقاومة ساعة رقمية 12,000 Ω، وهي موصولة بمصدر فرق جهد مقداره 115 V. احسب:

a. مقدار التيار الذي يمر فيها.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{115\ \text{V}}{12000\ \Omega} = 9.6\times10^{-3}\ \text{A}$$

b. مقدار القدرة الكهربائية التي تستهلكها الساعة.

$$P = VI = (115\ \text{V})(9.6\times10^{-3}\ \text{A}) = 1.1\ \text{W}$$

c. تكلفـة تشـغيل السـاعة 30 يومًـا، إذا كان ثـمـن الكيلـوواط.ساعة 0.12 ريال.

$$\text{التكاليف} = (1.1\times10^{-3}\ \text{kWh})(0.12\ \text{ريال/kWh})(30\ \text{days})(24\ \text{h/day})$$

$$= 0.10\ \text{ريال}$$

تابع الفصل 3

27. تنتج بطارية سيارة تيارًا مقداره 55 A لمدة 1.0 h، وذلك عندما يكون فرق جهدها 12 V. ويتطلب إعادة شحنها طاقة أكبر 1.3 مرّة من الطاقة التي تزوّدنا بها؛ لأن كفاءتها أقل من الكفاءة المثالية. ما الزمن اللازم لشحن البطارية باستخدام تيار مقداره 7.5 A؟ افترض أن فرق جهد الشحن هو نفسه فرق جهد التفريغ.

طاقة الشحن: $E_{\text{شحن}} = (1.3)IVt$

$$= (1.3)(55\ \text{A})(12\ \text{V})(1.0\ \text{h})$$

$$= 858\ \text{Wh}$$

$$t = \frac{E}{IV} = \frac{858\ \text{Wh}}{(7.5\ \text{A})(12\ \text{V})} = 9.5\ \text{h}$$

مراجعة القسم

3–2 استخدام الطاقة الكهربائية (صفحة 91–85)

صفحة 91

28. **الطاقة** يُشغّل محركُ السيارة المولدَ الكهربائي، والذي يولّد بدوره التيار الكهربائي اللازم لعمل السيارة، ويُخزّن شحنات كهربائية في بطارية السيارة. وتَستخدم المصابيح الرئيسة في السيارة الشحنةَ الكهربائية المختزنة في بطارية السيارة. جهّز قائمة بأشكال الطاقة في العمليات السابقة.

تتحول الطاقة الميكانيكية من المحرك إلى طاقة كهربائية في المولّد؛ وتختزن الطاقة الكهربائية على شكل طاقة كيميائية في البطارية، وتتحوّل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية في البطارية، وتتحوّل الطاقة الكهربائية إلى ضوء وطاقة حرارية في المصابيح الرئيسة.

29. **المقاومة الكهربائية** يتم تشغيل مجفّف الشعر بوصله بمصدر جهد 120 V، ويكون فيه خياران: حار ودافئ. في أيّ الخيارين تكون المقاومة أصغر؟ ولماذا؟

يستهلك مجفف الشعر عند ضبطه على الساخن قدرة أكبر من الطاقة. وحيث أن $P = IV$، والجهد ثابت لذا يكون التيار المار فيه أكبر، ولأن $I = V/R$، فإن المقاومة تكون أقلّ.

30. **القدرة** حدّد مقدار التغير في القدرة في دائرة كهربائية إذا قل الجهد المُطبّق إلى النصف.

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2^2/R}{V_1^2/R} = \frac{(0.5V_1)^2/R}{V_1/\text{R}} = 0.25$$

ستنخفض إلى ربع القيمة الأصلية.

31. **الكفاءة** قوّم أثر البحث لتحسين خطوط نقل القدرة الكهربائية في المجتمع والبيئة؟

بعض الفوائد المحتملة: تقليل تكلفة الكهرباء المستهلكة، وكلّما قلّت القدرة المفقودة خلال خطوط النقل قل استهلاك الفحم وغيره من المصادر الأخرى المستخدمة لتوليد القدرة الكهربائية، والذي من شأنه تحسين البيئة.

32. **الجهد** لماذا يتم توصيل الطبّاخ الكهربائي وسخّان الماء الكهربائي بدائرة جهدها 240 V بدلاً من دائرة جهدها 120 V؟

يقل التيار إلى النصف عند مضاعفة الجهد للقدرة نفسها، وستقل خسارة I^2R في شبكة أسلاك الدائرة الكهربائية بشكلٍ كبير؛ لأن تلك خسارة تتناسب طرديًا مع مربع التيار.

33. **التفكير الناقد** عندما يرتفع الطلب على القدرة الكهربائية تقوم شركات الكهرباء أحيانًا بتقليل الجهد، مما يؤدي إلى خفوت الأضواء. ما الذي يبقى محفوظًا ولا يتغير؟

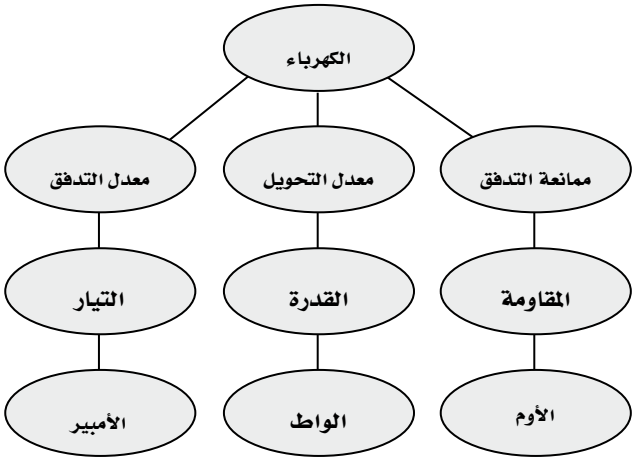
القدرة ستبقى محفوظة ولا تتغير، وليست الطاقة، وستعمل تلك الأجهزة لفترة زمنية أطول.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 96

34. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: الواط، التيار، المقاومة.

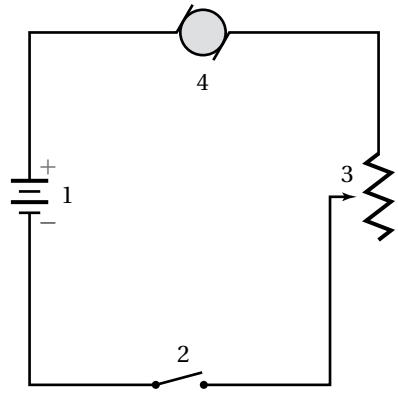


تابع الفصل 3

35. عـرّف وحدة قياس التيـار الكهربائي بدلالـة الوحدات الأساسية MKS.

$1\ A = 1\ C/1\ s$

ارجع إلى **الشكل 11–3** للإجابة عن **الأسئلة 39–36** .



■ **الشكل 11–3**

36. كيـف يجـب وصـل فولتمتـر في الشـكل لقيـاس جهد المحرك؟

يوصل القطب الموجب للفولتمتر مع قطب الذراع اليسرى للمحرك، ويوصل القطب السالب للفولتمتر مع قطب الذراع اليمنى للمحرك.

37. كيف يجب وصل أميتر في الشكل لقياس تيار المحرك؟

افتـح الدائـرة بين البطاريـة والمحرك، ثم صِـل القطب الموجـب للأميتر مع الطـرف الموجب لمكان فتح الدائرة (الطرف الموصول مع القطب الموجب للبطارية) وصِل القطب السـالب للأميتر مع الطرف السالب (الطرف الأقرب إلى المحرك).

38. ما اتجاه التيار الاصطلاحي في المحرك؟

من اليسار إلى اليمين خلال المحرك.

39. ما رقم الأداة التي :

a. تحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية؟

4

b. تحوّل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية؟

1

c. تعمل على فتح الدائرة وإغلاقها؟

2

d. تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية؟

3

40. صف تحوّلات الطاقة التي تحدث في الأدوات التالية:

a. مصباح كهربائي متوهّج.

تتحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية وضوء.

b. مجففة ملابس.

تتحـوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية وطاقة حركية.

c. مذياع رقمي مزوّد بساعة.

تتحوّل الطاقة الكهربائية إلى ضوء وصوت.

41. أي السلكين يوصل الكهرباء بمقاومة أقل: سلك مساحة مقطعه العرضي كبيرة، أم سلك مساحة مقطعه العرضي صغيرة؟

للسلك ذي المقطع العرضي الأكبر مقاومة أقل؛ لأن هناك عددًا أكبر من الإلكترونات لحمل الشحنة.

42. لمـاذا يكون عدد المصابيح التي تحترق لحظة إضاءتها أكبر كثيرًا من عدد المصابيح التي تحترق وهي مُضاءة؟

تسمح المقاومة القليلة للفتيلة الباردة بمرور تيار كبير في البداية، ومن ثم يحدث تغيّر كبير في درجة حرارتها مما يؤدي إلى تعرّض الفتيلة لإجهاد كبير وزيادة مقاومتها.

43. عند عمل دائرة قصر لبطارية بوصل طرفي سلك نحاسي بقطبي البطارية ترتفع درجة حرارة السـلك. فسّـر لماذا يحدث ذلك؟

تولّد دائرة القصر تيارًا كبيرًا مما يسبب تصادم عدد أكبر من الإلكترونات مع ذرات السلك وهذا يؤدي إلى رفع الطاقة الحركية للذرات وكذلك رفع درجة حرارة السلك.

44. ما الكميات الكهربائية التي يجب المحافظة على مقاديرها قليلة عند نقل الطاقة الكهربائية مسـافات طويلة بصورة اقتصادية؟

مقاومة السلك والتيار المار فيه.

45. عرّف وحدة القدرة الكهربائية بدلالة الوحدات الأساسية MKS.

$$W = \frac{C}{s} \cdot \frac{J}{C} = \frac{kg\,\frac{m^2}{s^2}}{s} = \frac{kg.m^2}{s^3}$$

تطبيق المفاهيم

صفحة 96–97

46. **خطوط القدرة** لماذا تستطيع الطيور الوقوف على خطوط الجهد المرتفع دون أن تتعرض لصدمة كهربائية؟

لا يوجد فرق جهد على امتداد السلك، لذا لا يمر تيار كهربائي خلال جسم الطائر.

47. صِف طريقتين لزيادة التيار في دائرة كهربائية.

إما بزيادة الجهد أو بتقليل المقاومة.

48. **المصابيح الكهربائية** يعمل مصباحان كهربائيان في دائرة كهربائية جهدها 120 V، فإذا كانت قدرة أحدهما 50 W والآخر 100 W، فأيّ المصباحين مقاومته أكبر؟ وضّح إجابتك.

المصباح الكهربائي 50 W ؛ $P = \frac{V^2}{R}$ لذا فإن $R = \frac{V^2}{P}$ فالمقاومة الكبيرة تسبّب قدرة أقل.

49. إذا ثُبّت فرق الجهد في دائرة كهربائية، وتم مضاعفة مقدار المقاومة، فما تأثير ذلك في تيار الدائرة؟

إذا تضاعفت المقاومة فإن التيار سيقل إلى النصف.

50. ما تأثير مضاعفة كل من الجهد والمقاومة في تيار دائرة كهربائية؟ وضّح إجابتك.

لا تأثير، لأن $V = IR$، لأن $I = \frac{V}{R}$، فإذا تضاعف كل من الجهد والمقاومة فإن التيار لا يتغيّر.

51. **قانون أوم** وجدت سارة أداة تُشبه مقاومة. عندما وصلت هذه الأداة ببطارية جهدها 1.5 V مرَّ فيها تيار مقداره 45×10^{-6} A فقط، ولكن عندما استخدمت بطارية جهدها 3.0 V مر فيها تيار مقداره 25×10^{-3} A ، فهل تحقّق هذه الأداة قانون أوم؟

لا؛ لأنه عند 1.5 V وباستخدام العلاقة $R = \frac{V}{I}$ تكون المقاومة $R = \frac{1.5\ V}{45 \times 10^{-6}\ A} = 3.3 \times 10^4\ \Omega$، وعند 3.0 V تكون المقاومة $R = \frac{3\ V}{25 \times 10^{3}\ A} = 120\ \Omega$. فالجهاز الذي يحقّق قانون أوم له مقاومة لا تعتمد على الجهد المُطّبق.

52. إذا غُيّر موقع الأميتر المبين في **الشكل 3a–3** ليُصبح أسفل الشكل، فهل تبقى قراءة الأميتر هي نفسها؟ وضّح ذلك.

نعم؛ لأن قيمة التيار متساوية عند كل النقاط في الدائرة.

53. سلكان أحدهما مقاومته كبيرة والآخر مقاومته صغيرة. إذا وصِل كل منهما بقطبي بطارية جهدها 60 V، فأي السلكين ينتج طاقة بمعدل أكبر؟ ولماذا؟

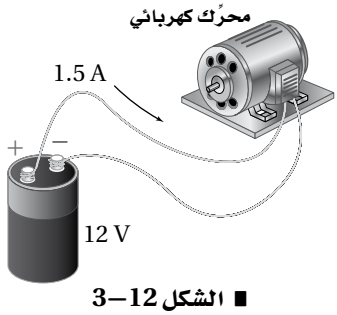
السلك الذي له أقل مقاومة؛ لأن $P = \frac{V^2}{R}$ ، فالمقاومة R الأقل تولّد قدرة P أكبر تتبدّد في السلك، حيث يولّد طاقة حرارية بمعدل أكبر.

إتقان حل المسائل

3–1 التيار الكهربائي والدوائر الكهربائية

صفحة 97–98

54. وصل محرك ببطارية جهدها 12 V كما هو موضّح في **الشكل 12–3**. احسب مقدار:



■ الشكل 12–3

a. القدرة التي تصل إلى المحرك.

$$P = VI = (12\ V)(1.5\ A) = 18\ W$$

b. الطاقة المُحوَّلة إذا تم تشغيل المحرك 15 min.

$$E = Pt = (18\ W)(15\ min)(60\ s/min)$$

$$= 1.6 \times 10^4\ J$$

55. يمر تيار كهربائي مقداره 0.50 A في مصباح متصل بمصدر جهده 120 V، احسب مقدار:

a. القدرة الواصلة.

$$P = IV = (0.50\ A)\ (120\ V) = 6 \times 10^1\ W$$

b. الطاقة التي يتم تحويلها خلال 5.0 min.

القدرة: $P = \frac{E}{t}$

لذا: $E = Pt$

$$= (6\times10^{1}\ \text{W})\left(\frac{5.0\ \text{min}}{1}\right)\left(\frac{60\ \text{s}}{\text{min}}\right)$$

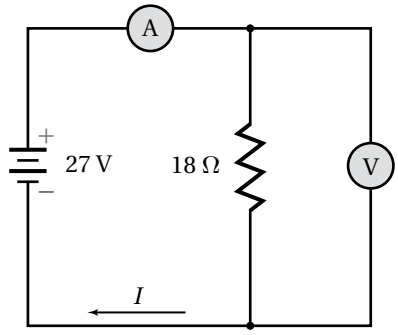
$$= 18{,}000\ \text{J} = 1.8\times10^{4}\ \text{J}$$

56. **مجفّفات الملابس** وصلت مجفّفة ملابس قدرتها 4200 W بدائرة كهربائية جهدها 220 V، احسب مقدار التيار المار فيها.

$$P = IV$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{4200\ \text{W}}{220\ \text{V}} = 19\ \text{A}$$

57. ارجع إلى **الشكل 13–3** للإجابة عن الأسئلة التالية:



الشكل 13–3 ■

a. ما قراءة الأميتر؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{27\ \text{V}}{18\ \Omega} = 1.5\ \text{A}$$

b. ما قراءة الفولتمتر؟

27 V

c. ما مقدار القدرة الواصلة إلى المقاومة؟

$$P = VI = (27\ \text{V})(1.5\ \text{A}) = 41\ \text{W}$$

d. ما مقدار الطاقة التي تصل إلى المقاومة كل ساعة؟

$$E = Pt = (41\ \text{W})(3600\ \text{s}) = 1.5\times10^{5}\ \text{J}$$

58. **المصابيح اليدوية** إذا وصل مصباح يدوي بفرق جهد 3.0 V، فمرّ فيه تيار مقداره 1.5 A:

a. فما معدل الطاقة الكهربائية المستهلكة في المصباح؟

$$P = IV = (1.5\ \text{A})(3.0\ \text{V}) = 4.5\ \text{W}$$

b. ما مقدار الطاقة الكهربائية التي يحولها المصباح خلال 11 min؟

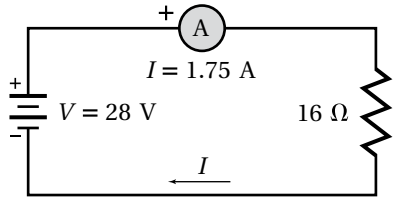
القدرة: $P = \frac{E}{t}$

لذا: $E = Pt$

$$= (4.5\ \text{W})(11\ \text{min})\left(\frac{60\ \text{s}}{\text{min}}\right)$$

$$= 3.0\times10^{3}\ \text{J}$$

59. ارسم رسمًا تخطيطيًّا لدائرة توالٍ كهربائية تحوي مقاومة مقدارها 16 Ω، وبطارية، وأميترًا قراءته 1.75 A، حدّد كلًّا من الطرف الموجب للبطارية وجهدها، والطرف الموجب للأميتر، واتجاه التيار الاصطلاحي.



$$V = IR = (1.75\ \text{A})(16\ \Omega) = 28\ \text{V}$$

60. يمر تيار كهربائي مقداره 66 mA في مصباح عند توصيله ببطارية جهدها 6.0 V، ويمر فيه تيار مقداره 75 mA عند استخدم بطارية جهدها 9.0 V، أجب عن الأسئلة التالية:

a. هل يحقّق المصباح قانون أوم؟

لا يحقّق، لأن يزداد الجهد بمعامل مقداره $\frac{9.0}{6.0} = 1.5$

في حين يزداد التيار بمعامل مقداره $\frac{75}{66} = 1.1$.

b. ما مقدار القدرة المستنفدة في المصباح عند توصيله ببطارية 6.0 V؟

$$P = IV = (66\times10^{-3}\ \text{A})(6.0\ \text{V}) = 0.40\ \text{W}$$

c. ما مقدار القدرة المستنفدة في المصباح عند توصيله ببطارية 9.0 V؟

$$P = IV = (75\times10^{-3}\ \text{A})(9.0\ \text{V}) = 0.68\ \text{W}$$

61. يمر تيار مقداره 0.40 A في مصباح موصول بمصدر جهد 120 V، أجب عما يلي:

a. ما مقدار مقاومة المصباح في أثناء إضاءته؟

$$V = IR$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{120\ \text{V}}{0.40\ \text{A}} = 3.0\times10^{2}\ \Omega$$

b. تُصبح مقاومة المصباح عندما يبرد $\frac{1}{5}$ مقاومته عندما يكون ساخنًا. ما مقدار مقاومة المصباح وهو بارد؟

$$\left(\frac{1}{5}\right)(3.0\times10^{2}\ \Omega) = 6.0\times10^{1}\ \Omega$$

c. ما مقدار التيار المار في المصباح لحظة إضاءته من خلال وصله بفرق جهد مقداره 120 V؟

$$V = IR$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{6.0\times10^{1}\ \Omega} = 2.0\ \text{A}$$

62. **المصابيح الكهربائية** ما مقدار الطاقة المستنفدة في مصباح قدرته 60.0 W خلال نصف ساعة؟ وإذا حوّل المصباح 12% من الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية فما مقدار الطاقة الحرارية التي يولّدها خلال نصف ساعة؟

$$P = \frac{E}{t}$$

$$E = Pt = (60.0\ \text{W})(1800\ \text{s})$$

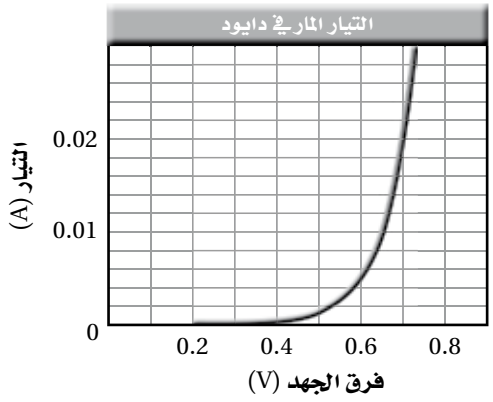
$$= 1.08\times10^{5}\ \text{J}$$

إذا كانت كفاءة إضاءة المصباح 12% أي 88%

تفقد على شكل طاقة حرارية، لذا:

$$Q = (0.88)(1.08\times10^{5}\ \text{J}) = 9.5\times10^{4}\ \text{J}$$

63. يمثل الرسم البياني في **الشكل 14–3** العلاقة بين فرق الجهد والتيار المار في جهاز يسمى الصمام الثنائي (الدايود) وهو مصنوع من السليكون. أجب عن الأسئلة التالية:



■ **الشكل 14–3**

a. إذا وصِل الدايود بفرق جهد مقداره 0.70 V فما مقدار مقاومته؟

من الشكل فإن I=22mA

$$V = IR$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{0.70\ \text{V}}{2.2\times10^{-2}\ \text{A}} = 32\ \Omega \quad \text{أي:}$$

b. ما مقدار مقاومة الدايود عند استخدام فرق جهد مقداره 0.60 V؟

$$R = \frac{V}{I} = \frac{0.60\ \text{V}}{5.2\times10^{-3}\ \text{A}} = 1.2\times10^{2}\ \Omega$$

c. هل يُحقّق الدايود قانون أوم؟

لا، لأن المقاومة تعتمد على الجهد .

3–2 استخدام الطاقة الكهربائية

صفحة 98–99

64. **البطاريات** يبلغ ثمن بطارية جهدها 9.0 V تقريبًا 10 ريالات، وتولّد هذه البطارية تيارًا مقداره 0.0250 A مدة 26.0 h قبل أن يتم تغييرها. احسب تكلفة كل kWh تُزوِّدنا به هذه البطارية.

$$E_{\text{الطاقة المستهلكة}} = IVt = (0.0250\ \text{A})(9.0\ \text{V})(26.0\ \text{h})$$

$$= 5.9\ \text{Wh} = 5.9\times10^{-3}\ \text{kWh}$$

$$\text{تكلفة kWh} = \frac{\text{ثمن البطارية}}{E} = \frac{\text{10 ريالات}}{5.9\times10^{-3}\ \text{kWh}}$$

$$= 1700\ \text{ريال/kWh}$$

65. ما مقدار أكبر تيار ينتج عن قدرة كهربائية مقدارها 5.0 W في مقاومة مقدارها 220 Ω ؟

$$P = I^2R$$

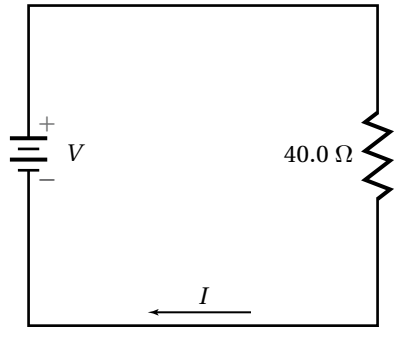
$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{5.0\ \text{W}}{220\ \Omega}} = 0.15\ \text{A}$$

66. يمر تيار مقداره 3.0 A في مكواة كهربائية جهدها 110 V. ما مقدار الطاقة الحرارية الناتجة خلال ساعة؟

$$Q = E = VIt = (110\ \text{V})(3.0\ \text{A})(1.0\ \text{h})(3600\ \text{s/h})$$

$$= 1.2\times10^6\ \text{J}$$

67. في الدائرة الموضّحة في **الشكل 15–3** تبلغ أكبر قدرة كهربائية آمنة 50.0 W. استخدم الشكل لإيجاد كل مما يلي:



■ **الشكل 15–3**

a. أكبر تيار آمن.

$$P = I^2R$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{50.0\ \text{W}}{40.0\ \Omega}} = 0.15\ \text{A}$$

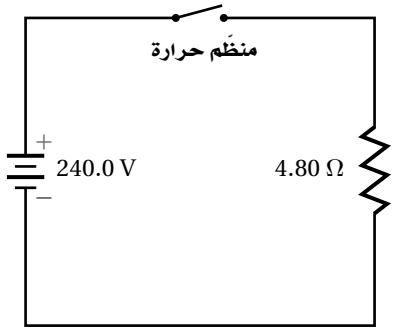
b. أكبر جهد آمن.

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$V = \sqrt{PR} = \sqrt{(50.0\ \text{W})(40.0\ \Omega)}$$

$$= 45\ \text{V}$$

68. يمثل **الشكل 16–3** دائرة فرن كهربائي. احسب قيمة الفاتورة الشهرية (30 يومًا) إذا كان ثمن الكيلوواط. ساعة 0.10 ريال، وتم ضبط منظّم الحرارة ليشتغل الفرن ربع الفترة الزمنية؟



■ **الشكل 16–3**

$$E = \left(\frac{V^2}{R}\right)(t)$$

$$= \left(\frac{(240.0\ \text{V})^2}{4.80\ \Omega}\right)(30\ \text{day})(24\ \text{h/day})(0.25)$$

$$= 2160\ \text{kWh}$$

قيمة الفاتورة الشهرية = (2160 kWh)(0.100 ريال/kWh)

= 216 ريال

69. **التطبيقات** يُكلّف تشغيل مُكيّف هواء 50 ريالًا خلال 30 يومًا، وذلك على اعتبار أن المُكيّف يعمل نصف الفترة الزمنية، وثمن كل kWh هو 0.090 ريال. احسب التيار الذي يمر في المكيّف عند تشغيله على فرق جهد مقداره 120 V؟

قيمة الفاتورة الشهرية = (E) (ثمن kWh)

$$E = \frac{\text{التكاليف}}{\text{ثمن kWh}} = \frac{\text{50 ريال}}{\text{0.090/kWh ريال}}$$

$$= 556\ \text{kWh}$$

$$E = IVt$$

$$I = \frac{E}{Vt} = \frac{(556\ \text{kWh})(1000\ \text{W/kW})}{(120\ \text{V})(30\ \text{d})(24\ \text{h/d})(0.5)}$$

$$= 12.9\ \text{A}$$

70. **المذياع** يتم تشغيل مذياع ببطارية جهدها 9.0 V، بحيث تزوّده بتيار مقداره 50.0 mA.

a. إذا كان ثمن البطارية 10.00 ريالات، وتعمل لمدة 300.0 h فاحسب تكلفة كل kWh تُزوِّدنا به هذه البطارية عند تشغيل المذياع هذه الفترة.

$$P = IV = (0.050\ \text{A})(9.0\ \text{V}) = 0.45\ \text{W}$$

$$= 4.5\times10^{-4}\ \text{kW}$$

$$\text{ثمن kWh} = \frac{\text{10 ريال}}{(4.5\times10^{-4}\ \text{kW})(300.0\ \text{h})}$$

$$= \text{74 ريال/kWh}$$

b. إذا تم تشغيل المذياع نفسه بواسطة محوِّل موصول بدائرة المنزل، وكان ثمن الكيلوواط.ساعة 0.12 ريال، فاحسب تكلفة تشغيل المذياع مدة 300.0 h.

$$\text{تكلفة التشغيل} = (\text{0.12 ريال/kWh})(4.5\times10^{-4}\ \text{kW})(300\ \text{h})$$

$$= \text{0.02 ريال}$$

مراجعة عامة

صفحة 99

71. يمر تيار مقداره 1.2 A في مقاومة مقدارها 50.0 Ω مدة 5.0 min، احسب مقدار الحرارة المتولدة في المقاومة خلال هذه الفترة.

$$Q = E = I^2Rt$$

$$= (1.2\ \text{A})^2(50.0)(5.0\ \text{min})\left(\frac{60\ \text{s}}{\text{min}}\right)$$

$$= 2.2\times10^4\ \text{J}$$

72. وصِلت مقاومة مقدارها 6.0 Ω ببطارية جهدها 15 V

a. ما مقدار التيار المار في الدائرة؟

$$V = IR$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{15\ \text{V}}{6.0\ \Omega} = 2.5\ \text{A}$$

b. ما مقدار الطاقة الحرارية الناتجة خلال 10.0 min؟

$$Q = E = I^2Rt$$

$$= (2.5\ \text{A})^2(6.0\ \Omega)(10.0\ \text{min})\left(\frac{60\ \text{s}}{\text{min}}\right)$$

$$= 2.3\times10^4\ \text{J}$$

73. **المصابيح الكهربائية** تبلغ مقاومة مصباح كهربائي متوهّج 10.0 Ω قبل إنارته، وتُصبح 40.0 Ω عند إنارته بتوصيله بمصدر جهد 120 V. أجب عن الأسئلة التالية:

a. ما مقدار التيار الذي يمر في المصباح عند إنارته؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{40.0\ \Omega} = 3.0\ \text{A}$$

b. ما مقدار التيار الذي يمر في المصباح لحظة إنارته (التيار اللحظي)؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{10.0\ \Omega} = 12\ \text{A}$$

c. متى يستهلك المصباح أكبر قدرة كهربائية؟

في اللحظة التي يُشغَّل فيها.

74. تستخدم مقاومة مُتغيّرة للتحكم في سرعة محرك كهربائي جهده 12 V. عند ضَبط المقاومة ليتحرك المحرك بأقل سرعة يمر فيه تيار مقداره 0.02 A، وعندما تضبط المقاومة ليتحرك المحرك بأكبر سرعة يمر فيه تيار مقداره 1.2 A، ما مدى المقاومة المتغيرة؟

المقاومة عند أقل سرعة

$$R = V/I = 12\ \text{V}/0.02\ \text{A} = 600\ \Omega.$$

المقاومة عند أكبر سرعة

$$R = V/I = 12\ \text{V}/1.2\ \text{A} = 1.0\times10^1\ \Omega.$$

المدى من $1.0\times10^1\ \Omega$ إلى 600 Ω

75. يُشغّل محرك كهربائي مضخّة توزيع الماء في مزرعة بحيث تضخ 1.0×10^4 L من الماء رأسيًّا إلى أعلى مسافة 8.0 m في كل ساعة. فإذا وصِل المحرك بمصدر جهد 110 V، وكانت مقاومته في أثناء تشغيله 22.0 Ω فما مقدار:

a. التيار المار في المحرك؟

$$V = IR$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{110\ \text{V}}{22.0\ \Omega} = 5.0\ \text{A}$$

b. كفاءة المحرك

$$E_w = mgd$$

$$= (1\times10^4\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(8.0\ \text{m})$$

$$= 8\times10^5\ \text{J}$$

$$E_m = IVt = (5.0\ \text{A})(110\ \text{V})(3600\ \text{s})$$

$$= 2.0\times10^6\ \text{J}$$

$$\text{كفاءة المحرك} = \frac{E_w}{E_m}\times 100$$

$$= \frac{8\times10^5\ \text{J}}{2.0\times10^6\ \text{J}}\times 100$$

$$= 40\%$$

76. ملف تسخين مقاومته $4.0\ \Omega$ ، ويعمل على جهد مقداره 120 V، أجب عما يلي:

a. ما مقدار التيار الكهربائي المار في الملف عند تشغيله؟

$$V = IR$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{4.0\ \Omega} = 3.0\times10^1\ \text{A}$$

b. ما مقدار الطاقة الواصلة إلى الملف خلال 5.0 min؟

$$E = I^2Rt$$

$$= (3.0\times10^1\ \text{A})^2(4.0\ \Omega)(5.0\ \text{min})\left(\frac{60\ \text{s}}{\text{min}}\right)$$

$$= 1.1\times10^6\ \text{J}$$

c. إذا غُمر الملف في وعاء عازل يحتوي على 20.0 kg من الماء فما مقدار الزيادة في درجة حرارة الماء؟ افترض أن الماء امتص الحرارة الناتجة بنسبة 100%.

$$Q = mC\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{Q}{mC}$$

$$= \frac{1.1\times10^6\ \text{J}}{(20.0\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg}\cdot^\circ\text{C})}$$

$$= 13^\circ\text{C}$$

d. إذا كان ثمن الكيلوواط.ساعة 0.08 ريال فما تكلفة تشغيل الملف 30 min في اليوم مدة 30 يومًا؟

$$\text{تكلفة التشغيل} = \left(\frac{1.1\times10^6\ \text{J}}{5\ \text{min}}\right)\left(\frac{30\ \text{min}}{\text{day}}\right)(30\ \text{days})\left(\frac{1\ \text{kWh}}{3.6\times10^6\ \text{J}}\right)\left(\frac{0.08\ \text{ريال}}{\text{kWh}}\right)$$

$$= 4.40\ \text{ريال}$$

77. **التطبيقات** مدفأة كهربائية تصل قدرتها إلى 500 W. أجب عما يلي:

a. ما مقدار الطاقة الواصلة إلى المدفأة في نصف ساعة؟

$$E = Pt = (5\times10^2\ \text{W})(1800\ \text{s})$$

$$= 9\times10^5\ \text{J}$$

b. تستخدم المدفأة لتدفئة غرفة تحتوي على 50 kg من الهواء، فإذا كانت الحرارة النوعية للهواء 1.10 kJ/kg.˚C، و50% من الطاقة الحرارية الناتجة تعمل على تسخين الهواء في الغرفة، فما مقدار التغير في درجة هواء الغرفة خلال نصف ساعة؟

$$Q = mC\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{Q}{mC}$$

$$= \frac{(0.5)(9\times10^5\ \text{J})}{(50.0\ \text{kg})(1100\ \text{J/kg}\cdot^\circ\text{C})}$$

$$= 8^\circ\text{C}$$

c. إذا كان ثمن الكيلوواط.ساعة 0.08 ريال، فما تكلفة تشغيل المدفأة 6.0 h في اليوم مدة 30 يومًا؟

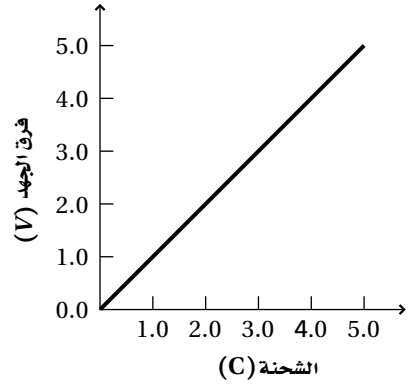
$$\text{تكلفة التشغيل} = \left(\frac{500\ \text{J}}{\text{s}}\right)\left(\frac{6.0\ \text{h}}{\text{day}}\right)\left(\frac{3600\ \text{s}}{\text{h}}\right)(30\ \text{days})\left(\frac{1\text{kWH}}{3.6\times10^6\ \text{J}}\right)\left(\frac{0.08\ \text{ريال}}{\text{kWh}}\right)$$

$$= 7\ \text{ريال}$$

التفكير الناقد

صفحة 100

78. تصميم النماذج ما مقدار الطاقة المختزنة في مكثف؟ يُعبَّر عن الطاقة اللازمة لزيادة فرق الجهد للشحنة q بالعلاقة: $E = qV$، ويحسب فرق الجهد في مكثف بالعلاقة: $V = q/C$. لذا كلما زادت الشحنة على المكثف يزداد فرق الجهد، ومن ثم فإن الطاقة اللازمة لإضافة شحنة عليه تزداد. إذا استخدم مكثف سعته الكهربائية 1.0 F بوصفه جهازًا لتخزين الطاقة في حاسوب شخصي فمثِّل بيانيًا فرق الجهد V عند شحن المكثف بإضافة شحنة مقدارها 5.0 C إليه. ما مقدار فرق الجهد بين طرفي المكثف؟ إذا كانت المساحة تحت المنحنى تمثّل الطاقة المختزنة في المكثف فأوجد هذه الطاقة بوحدة الجول، وتحقق مما إذا كانت تساوي الشحنة الكلية مضروبة في فرق الجهد النهائي. وضّح إجابتك.



الجهد $V = \frac{q}{C} = \frac{5.0\ \text{C}}{1.0\ \text{F}} = 5.0\ \text{V}$

الطاقة $E =$ **المساحة تحت المنحنى**

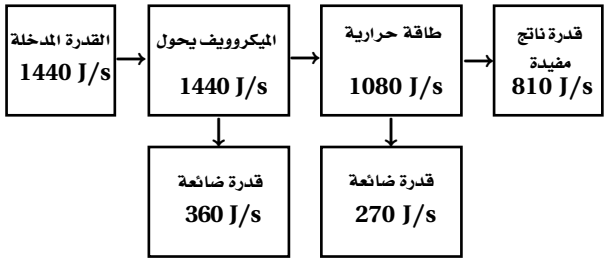
$$= \frac{1}{2}(5.0\ \text{V})(5.0\ \text{C})$$

$$= 13\ \text{J}$$

لا. لأن الشحنة الكلية مضروبة في فرق الجهد النهائي بيانيًا تساوي ضعف المساحة تحت المنحنى تمامًا. وفيزيائيًا هذا يعني أن كل كولوم يحتاج إلى كمية الطاقة القصوى نفسها لتخزينها في المكثف. وفي الواقع تزداد كمية الطاقة اللازمة لإضافة كل شحنة كلما تراكمت الشحنة في المكثف.

79. تطبيق المفاهيم يعمل فرن ميكروويف على فرق جهد 120 V، ويمر فيه تيار مقداره 12 A. إذا كانت كفاءته الكهربائية (تحويل تيار AC إلى أشعة ميكروويف) 75%، وكفاءة تحويله أشعة الميكروويف إلى حرارة تستخدم في تسخين الماء أيضًا 75% فأجب عما يلي:

a. ارسم نموذجًا تخطيطيًا للقدرة الكهربائية مشابهًا لنموذج الطاقة الموضّح في **الشكل 2b–3**. ميّز وظيفة كلّ جزء منه وفقًا للجولات الكلية لكل ثانية.



b. اشتق معادلة لمعدل الزيادة في درجة الحرارة $(\Delta T/s)$ لمادة موضوعة في الميكروويف مستعينًا بالمعادلة $\Delta Q = mC\Delta T$، حيث ΔQ التغير في الطاقة الحرارية للمادة، و m كتلتها، و C حرارتها النوعية، و ΔT التغير في درجة حرارتها.

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{1}{mC}\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)$$

c. استخدم المعادلة التي توصلت إليها لإيجاد معدل الارتفاع في درجة الحرارة بوحدة سلسيوس لكل ثانية، وذلك عند استخدام هذا الفرن لتسخين 250 g من الماء إلى درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الغرفة.

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{1}{mC}\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)$$

$$= \frac{810\ \text{J/s}}{(0.25\ \text{kg})(4180\ \text{J/kg}\cdot^\circ\text{C})}$$

$$= 0.78^\circ\text{C/s}$$

d. راجع حساباتك جيدًا وانتبه إلى الوحدات المستخدمة، وبين ما إذا كانت إجابتك صحيحة.

ألغيت وحدة kg ووحدة J ، وبقيت °C/s.

e. ناقش بصورة عامة الطرائق المختلفة التي يمكنك بها زيادة كفاءة تسخين الميكروويف؟

كفاءة التحويل من الطاقة الكهربائية إلى طاقة في الميكروويف هي 75%، ومن المحتمل إيجاد طريقة أخرى مختلفة لتحويل الطاقة الكهربائية إلى إشعاع تكون أكثر فاعلية. وكفاءة التحويل من أشعة الميكروويف إلى طاقة حرارية في الماء 75%، ومن المحتمل تحسين عملية تحويل أشعة الميكروويف إلى طاقة حرارية عند استخدام ترددات مختلفة للإشعاع الكهرمغناطيسي.

f. ناقش لماذا يجب عدم تشغيل أفران الميكروويف وهي فارغة؟

عند تشغيل الفرن الفارغ فأن طاقة الميكروويف ستتبدّد في الفرن. وهذا قد يؤدي إلى مزيد من السخونة لأجزاء الفرن، ومن ثم تلفها.

80. **تطبيق المفاهيم** تتراوح أحجام مقاومة مقدارها 10 Ω بين رأس دبوس إلى وعاء حساء. وضح ذلك.

يُحدّد الحجم الفيزيائي للمقاومة حسب قدرتها. فالمقاومات التي تنتج قدره عند 100 W تكون أكبر كثيرًا من تلك التي تنتج قدرتة مقدارها 1 W.

81. **إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها** الرسم البياني للصمام الثنائي (الدايود) الموضّح في **الشكل 15–3** أكثر فائدة من رسم بياني مشابه للمقاومة يحقّق قانون أوم. وضح ذلك.

المنحنى البياني فولت – أمبير للمقاومة الذي يحقّق قانون أوم عبارة عن خط مستقيم ونادرًا ما يكون ضروريًا.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 100

82. هناك ثلاث أنواع من المعادلات التي تواجهها في العلوم: (1) التعريفات، (2) القوانين، (3)الاشتقاقات. ومن الأمثلة عليها: (1) الأمبير الواحد يساوي كولوم واحد لكل ثانية. (2) القوة تساوي الكتلة مضروبة في التسارع. (3) القدرة الكهربائية تساوي مربع الجهد مقسومًا على المقاومة. اكتب صفحة واحدة توضح فيها متى تكون العلاقة "المقاومة تساوي الجهد مقسومًا على التيار" صحيحة. قبل أن تبدأ ابحث في التصنيفات الثلاثة للمعادلات المعطاة أعلاه.

يجب أن تتضمن إجابات الطلاب فكرة أن الأجهزة التي تحقّق قانون أوم يتناسب هبوط الجهد فيها طرديًا مع التيار المارّ في الجهاز، وأن الصيغة الرياضية $R = V/I$، وأن تعريف المقاومة، مشتق من قانون أوم.

83. تمدد المادة عند تسخينها. ابحث في العلاقة بين التمدد الحراري وأسلاك التوصيل المستخدمة لنقل الجهد العالي.

ستختلف الإجابات، لكن على الطلاب أن يوضحوا أن أسلاك (خطوط) نقل القدرة الكهربائية تصبح ساخنة بمقدار كاف لكي تتمدد وترتخي عندما يمر فيها تيارات كبيرة وتصبح هذه الأسلاك المرتخية خطيرة إذا لامست أجسامًا أسفل منها، كالأشجار أو خطوط قدرة أخرى.

مراجعة تراكمية

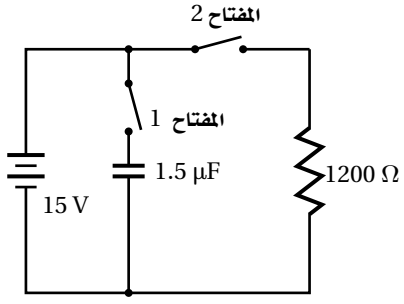
صفحة 100

84. تبعد شحنة مقدارها $+3.0\times10^{-6}$ C مسافة 2.0 m عن شحنة أخرى مقدارها $+6.0\times10^{-5}$ C، احسب مقدار القوة المتبادلة بينهما.

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$$
$$= (9.0\times10^9\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)\frac{(3.0\times10^{-6}\ \text{C})(6.0\times10^{-5}\ \text{C})}{(2.0\ \text{m})^2}$$
$$= 0.41\ \text{N}$$

مسألة التحفيز

صفحة 90



استخدم الشكل المجاور للإجابة عن الأسئلة التالية:

1. في البداية، المكثف غير مشحون، والمفتاح 1 مغلق، والمفتاح 2 بقي مفتوحًا. احسب فرق الجهد بين طرفي المكثف.

15 V

2. إذا فُتِح المفتاح 1 الآن، وبقي المفتاح 2 مفتوحًا فما فرق الجهد بين طرفي المكثف؟ لماذا؟

سيبقى فرق الجهد 15 V بين طرفي المكثف، لأنه لا يوجد مسار لتفريغ الشحنه.

3. بعد ذلك، أُغلق المفتاح 2، وبقي المفتاح 1 مفتوحًا. ما فرق الجهد بين طرفي المكثف؟ وما مقدار التيار المار في المقاومة بعد إغلاق المفتاح 2 مباشرة؟

فرق الجهد بين طرفي المكثف 15 V ، والتيار المار في المقاوم 13 mA

4. مع مرور الوقت، ماذا يحدث لجهد المكثف والتيار المار في المقاومة؟

يبقى جهد المكثف 15 V؛ لأنه لا يوجد مسار لتفريغ شحنات المكثف ، ويبقى مقدار التيار المار في الدائرة 13 mA ؛ لأن جهد البطارية ثابت عند 15 V. لكن إذا كان كل من البطارية والمكثف من العناصر المستخدمة في الحياة اليومية بدلًا من عناصر الدائرة المثالية ؛ فإن جهد المكثف في النهاية يصبح صفرًا ، وذلك بسبب تسرب الشحنات، وسيصبح التيار في النهاية صفرًا كذلك؛ بسبب استنفاد البطارية.

مسائل تدريبية

1–4الدوائر الكهربائية البسيطة (صفحة 113 –103)

صفحة 106

1. وصِلت المقاومات Ω 5 وΩ 15 وΩ 10 في دائرة توالٍ كهربائية ببطارية جهدها V 90. ما مقدار المقاومة المكافئة للدائرة؟ وما مقدار التيار المار فيها؟

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$= 10\ \Omega + 15\ \Omega + 5\ \Omega = 30\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{90\ \text{V}}{30\ \Omega} = 3\ \text{A}$$

2. وصِلت بطارية جهدها V 9 بثلاث مقاومات موصولة على التوالي في دائرة كهربائية. إذا زاد مقدار أحد المقاومات فأجب عما يلي

a. كيف تتغير المقاومة المكافئة؟

ستزداد المقاومة المكافئة

b. ماذا يحدث للتيار؟

سيقل التيار، لأن $I = \frac{V}{R}$

c. هل يكون هناك أي تغير في جهد البطارية؟

لا، لأنها لا تعتمد على المقاومة.

3. وصِل طرفا سلك زينة فيه عشرة مصابيح ذات مقاومات متساوية ومتصلة على التوالي بمصدر جهد V 120، فإذا كان التيار المار في المصابيح A 0.06 فاحسب مقدار:

a. المقاومة المكافئة للدائرة.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{120\ \text{V}}{0.06\ \text{A}} = 2\times10^3\ \Omega$$

b. مقاومة كل مصباح.

$$R_{\text{مصباح}} = \frac{R}{10} = \frac{2\times10^3\ \Omega}{10} = 2\times10^2\ \Omega$$

4. احسب الهبوط في الجهد خلال المقاومات الثلاث الواردة في المسألة 1، ثم تحقق أن مجموع الهبوط في الجهد عبر المصابيح الثلاثة يساوي جهد البطارية.

$$V_1 = IR_1 = (3\ \text{A})(10\ \Omega) = 30\ \text{V}$$

$$V_2 = IR_2 = (3\ \text{A})(15\ \Omega) = 45\ \text{V}$$

$$V_3 = IR_3 = (3\ \text{A})(5\ \Omega) = 15\ \text{V}$$

$$V_1 + V_2 + V_3 = 30\ \text{V} + 45\ \text{V} + 15\ \text{V}$$

$$= 90\ \text{V}$$

$$= \text{جهد البطارية}$$

صفحة 109

5. إذا أظهرت الدائرة الموضّحة في المثال 1 النتائج التالية: قراءة الأميتر A 0، وقراءة V_A تساوي V 0، وقراءة V_B تساوي V 45، فما الذي حدث؟

فُصل المقاوم R_B فاصبحت مقامته لانهائية، وظهرت البطارية وكأنها متصلة مع الفولتمتر V_B فقط.

6. افترض أن قيم عناصر الدائرة الكهربائية الموضّحة في المثال 1 هي: $R_A = 255\ \Omega$ و$R_B = 292\ \Omega$ و$V_A = 17.0\ \text{V}$، وليس هناك أيّ معلومات أخرى، فأجب عما يلي:

a. ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{17.0\ \text{V}}{255.0\ \Omega} = 66.7\ \text{mA}$$

b. ما مقدار جهد البطارية؟

$$R = R_A + R_B$$

$$= 255\ \Omega + 292\ \Omega$$

$$= 547\ \Omega$$

$$V = IR = (66.7\ \text{mA})(547\ \Omega) = 36.5\ \text{V}$$

c. ما مقدار القدرة الكهربائية الكلية المستنفدة؟ وما مقدار القدرة المستنفدة في كل مقاومة؟

$$P = IV = (66.7\ \text{mA})(36.5\ \text{V}) = 2.43\ \text{W}$$

$$P_A = I^2R_A$$

$$= (66.7\ \text{mA})^2(255\ \Omega)$$

$$= 1.13\ \text{W}$$

$$P_B = I^2R_B$$

$$= (66.7\ \text{mA})^2(292\ \Omega)$$

$$= 1.30\ \text{W}$$

d. هل مجموع القدرة المستنفدة في كل مقاومة يساوي القدرة الكلية المستنفدة في الدائرة؟ وضّح ذلك.

نعم. القدرة الكلية المستنفذة في الدائرة تساوي مجموع القدرة المستنفدة في كل المقاومات حسب قانون حفظ الطاقة.

7. توصل مصابيح أسلاك الزينة غالبًا على التوالي، وضح لماذا تستخدم مصابيح خاصة تشكّل دائرة قصر عندما يحترق فتيلها إذا ازداد جهد المصباح ليصل إلى جهد الخط؟ ولماذا تحترق المنصهرات الكهربائية الخاصة بمجموعات المصابيح تلك بعد احتراق عدد من هذه المصابيح؟

إذا لم تكن أليّة تكوين دائرة القصر موجودة؛ فإنه عند احتراق أحد المصابيح ستتوقف سائر المصابيح عن العمل. بعد احتراق أكثر من مصباح ستقلّ المقاومة الكلية ومن ثم يزداد التيار بدرجة كافية لصهر فتيل المنصهر الكهربائي.

8. تتكوّن دائرة توالٍ كهربائية من بطارية جهدها 12.0 V وثلاثة مقاومات. فإذا كان جهد أحد المقاومات 1.21 V، وجهد مقاومة ثانية 3.33 V، فما مقدار جهد المقاومة الثالثة؟

$$V_{\text{المصدر}} = V_A + V_B + V_C$$

$$V_C = V_{\text{المصدر}} - (V_A + V_B)$$

$$= 12.0\ \text{V} - (1.21\ \text{V} + 3.33\ \text{V}) = 7.46\ \text{V}$$

9. وصِلت المقاومتان 22 Ω و33 Ω في دائرة توالٍ كهربائية بفرق جهد مقداره 120 V. احسب مقدار:

a. المقاومة المكافئة للدائرة.

$$R = R_1 + R_2 = 22\ \Omega + 33\ \Omega = 55\ \Omega$$

b. التيار المار في الدائرة.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{55\ \Omega} = 2.2\ \text{A}$$

c. الهبوط في الجهد عبر كل مقاومة.

$$V_1 = IR_1$$

$$= \left(\frac{V}{R}\right)R_1$$

$$= \left(\frac{120\ \text{V}}{55\ \Omega}\right)(22\ \Omega)$$

$$= 48\ \text{V}$$

$$V_2 = IR_2 = \left(\frac{120\ \text{V}}{55\ \Omega}\right) = 72\ \text{V}$$

d. الهبوط في الجهد عبر المقاومتين معًا.

$$V = 48\ \text{V} + 72\ \text{V} = 120\ \text{V}$$

10. قام طالب بعمل مجزئ جهد يتكوّن من بطارية جهدها 45 V ومقاومتين قيمتاهما: 475 kΩ و235 kΩ. فإذا قيس الجهد الناتج عبر المقاومة الصغرى فما مقدار هذا الجهد؟

$$V_B = \frac{VR_B}{R_A + R_B}$$

$$= \frac{(45\ \text{V})(235\ \text{k}\Omega)}{475\ \text{k}\Omega + 235\ \text{k}\Omega} = 15\ \text{V}$$

11. ما مقدار المقاومة التي يمكن استخدامها عنصرًا في دائرة مجزئ جهد مع مقاومة أخرى مقدارها 1.2 kΩ، بحيث يكون الهبوط في الجهد عبر المقاومة 1.2 kΩ تساوي 2.2 V عندما يكون جهد المصدر 12 V؟

$$V_B = \frac{VR_B}{R_A + R_B}$$

$$R_A = \frac{VR_B}{V_B} - R_B$$

$$= \frac{(12.0\ \text{V})(1.2\ \text{k}\Omega)}{1.2\ \text{V}} - 1.2\ \text{k}\Omega$$

$$= 5.3\ \text{k}\Omega$$

تابع الفصل 4

صفحة 113

12. وصِلت ثلاثة مقاومات مقاديرها 120.0 Ω و 60.0 Ω و 40.0 Ω على التوازي مع بطارية جهدها 12.0 V، احسب مقدار:

a. المقاومة المكافئة لدائرة التوازي.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$= \frac{1}{120.0\ \Omega} + \frac{1}{60.0\ \Omega} + \frac{1}{40.0\ \Omega}$$

$$R = 20.0\ \Omega$$

b. التيار الكهربائي الكلي المار في الدائرة.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12.0\ \text{V}}{20.0\ \Omega} = 0.600\ \text{A}$$

c. التيار المار في كل مقاومة.

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{12.0\ \text{V}}{120.0\ \Omega} = 0.100\ \text{A}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{12.0\ \text{V}}{60.0\ \Omega} = 0.200\ \text{A}$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{12.0\ \text{V}}{40.0\ \Omega} = 0.300\ \text{A}$$

13. إذا أردنا تغيير مقاومة فرع في دائرة كهربائية من 150 Ω إلى 93 Ω فإنه يجب إضافة مقاومة إلى هذا الفرع. ما مقدار المقاومة التي يجب إضافتها؟ وكيف يتم توصيلها؟

التوصيل على التوازي هو المطلوب لتقليل مقدار المقاومة

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}$$

$$\frac{1}{R_A} = \frac{1}{R} - \frac{1}{R_B} = \frac{1}{93\ \Omega} - \frac{1}{150\ \Omega}$$

$$R_A = 2.4\times10^2\ \Omega$$

مقدار المقاومة التي يجب إضافتها يساوي $2.4\times10^2\ \Omega$ وتوصل على التوازي مع المقاومة 150 Ω

14. وُصلت مقاومة مقدارها 12 Ω وقدرتها 2 W على التوازي بمقاومة أخرى مقدارها 6.0 Ω وقدرتها 4 W. أيهما يسخّن أكثر إذا زاد فرق الجهد بين طرفيهما باستمرار؟

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$V = \sqrt{PR}$$

يتساوى الجهد في توصيل المقاومات على التوازي.

$$V = \sqrt{P_1R_1} = \sqrt{P_2R_2}$$

$$= \sqrt{(2\ \text{W})(12\ \Omega)}$$

$$= \sqrt{(4\ \text{W})(6.0\ \Omega)}$$

$$= \text{القيمة العظمى } 5\ \text{V}$$

لا تسخن أي منها قبل الأخرى، بل كل منهما سيصل إلى القيمة العظمى لاستهلاك الطاقة عند الجهد نفسه.

مراجعة القسم

1–4 الدوائر الكهربائية البسيطة

(صفحة 113 –103)

صفحة 113

15. **أنواع الدوائر الكهربائية** قارن بين الجهود والتيارات في دوائر التوالي ودوائر التوازي الكهربائية.

يجب ان تتضمن إجابات الطلاب الأفكار التالية: (1) في دوائر التوالي تكون التيارات المارّة في كل جهاز متساوية، ويكون مجموع الهبوط في الجهد مساويًا لجهد المصدر. (2)في دوائر التوازي يكون الهبوط في الجهد عبر كل جهاز هو نفسه، ويكون مجموع التيارات المارّة في جميع الحلقات مساويًا لتيار المصدر.

16. **التيار الكلي** دائرة توازٍ فيها أربعة أفرع للتيار، وقيم التيارات في تلك الفروع: 120 mA و 250 mA و 380 mA و 2.1 A، ما مقدار التيار الذي يُولِّده المصدر؟

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

$$= 120\ \text{mA} + 250\ \text{mA} + 380\ \text{mA} + 2.1\ \text{A}$$

$$= 0.12\ \text{A} + 0.25\ \text{A} + 0.38\ \text{A} + 2.1\ \text{A}$$

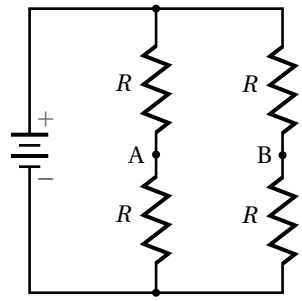
$$= 2.9\ \text{A}$$

تابع الفصل 4

17. التيـار الكلي تحتوي دائرة توالٍ علـى أربعة مقاومات. إذا كان التيار المار في أحد المقاومات يساوي 810 mA فاحسب مقدار التيار الذي يُـولِّده المصدر.

بما ان المقاومات موصولة على التوالي فالتيار المارّ في أي مقاومة هو نفسـه في المقاومة الأخرى، وهو نفسـه تيار المصدر، أي أن تيار المصدر يساوي810 mA .

18. التفكير الناقـد تحتوي الدائرة الكهربائية الموضحة في **الشـكل 8–4** على أربعة مقاومـات متماثلة. افترض أن سلكًا استُخدم لوصل النقطتين A وB. أجب عن الأسئلة التالية مع توضيح السبب:



■ الشكل 8–4

a. ما مقدار التيار المار في السلك؟

A 0، لأن جهد النقطة A يساوي جهد النقطةB .

b. ماذا يحدث للتيار المار في كل مقاومة؟

لا شيء

c. ماذا يحدث للتيار الخارج من البطارية؟

لا شيء

d. ماذا يحدث لفرق الجهد بين طرفي كل مقاومة؟

لا شيء

مسائل تدريبية

4–2 تطبيقات الدوائر الكهربائية

صفحة (119 –114)

صفحة 118

19. تحتوي دائرة كهربائية مُركّبة على ثلاثة مقاومات. تستنفد المقاومة الأولى قدرة مقدارها 2.0 W، وتسـتنفد الثانية قـدرة مقدارهـا 3.0 W، وتسـتنفد الثالثة قـدرة مقدارها 1.5 W. ما مقدار التيار الذي تسـحبه الدائرة من بطارية جهدها 12.0 V؟

باستخدام قانون حفظ الطاقة(القدرة)

$$P_{\text{كلية}} = P_1 + P_2 + P_3$$

$$= 2.0\ \text{W} + 3.0\ \text{W} + 1.5\ \text{W}$$

$$= 6.5\ \text{W}$$

$$P_{\text{كلية}} = IV$$

$$I = \frac{P_{\text{كلية}}}{V} = \frac{6.5\ \text{W}}{12\ \text{V}} = 0.54\ \text{A}$$

20. يتصـل 11 مصباحًـا كهربائيًّا معًا علـى التوالي، وتتصل المجموعة علـى التوالي بمصباحين كهربائيين يتصلان علـى التوازي. فـإذا كانت المصابيـح جميعها متماثلة، فأيها يكون سطوعه أكبر؟

سـتكون المصـابيح الـ (11)المتصـلة على التوالي أكثر سـطوعًا، في حين يكون تيار كل مصباح من المصباحين المتصلين على التوازي نصف التيار الذي يمر في المصابيح الـ ،(11)وعليه سيكون سطوع كل من هذين المصباحين ربع سطوح أي من المصابيح الـ(11) .

21. ماذا يحدث للدائرة الموصوفة في المسـألة السابقة، إذا احترق أحد المصباحين المتصلين على التوازي؟

عندئذٍ تصبح جميع المصابيح العاملة موصولة على التوالي، ويتوهج الـ (12) مصباحًا بالشدة نفسها.

22. ماذا يحدث للدائرة الموصوفة في المسألة 20 إذا حدث دائرة قصر لأحد المصباحين المتصلين على التوازي؟

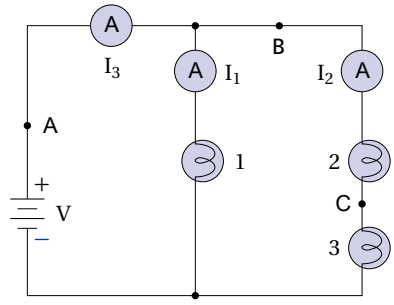
سيجعل المصباح الذي حدث فيه دائرة قصر فرق الجهد خلاله وخلال المصباح الآخر المتصل معه على التوازي صـفرًا. أمـا المصـابيح الـ (11)المتصـلة علـى التوالي فستتساوى في شدة توهّجها ولكنه يزداد مقارنة بوضعها السابق، أما المصباحان المتوازيان فلن يضيئا.

مراجعة القسم

4–2 تطبيقات الدوائر الكهربائية
صفحة (114 –119)

صفحة 119

ارجع إلى الشكل 13–4 للإجابة عن الأسئلة 23–28 ،افترض أن جميع المصابيح في الدائرة الكهربائية متماثلة.



■ الشكل 13–4

23. **السطوع** قارن بين سطوع المصابيح.

المصباحان 2 و 3متساويان في سطوعهما، ولكنهما أقل من سطوع المصباح1.

24. **التيار** إذا كان I_1=1.1 A و I_3=1.7 A فما مقدار التيار المار في المصباح 2؟

$$I_3 = I_1 + I_2$$

$$I_2 = I_3 - I_1 = 1.7\,\text{A} - 1.1\,\text{A} = 0.6\,\text{A}$$

25. **دوائر التوالي الكهربائية** إذا فُصِل السلك عند النقطة C، ووُصِلت مقاومة صغيرة على التوالي بالمصباحين 2 و3 فماذا يحدث لسطوع كل منهما؟

تخفُتُ إضاءتُهما بالتساوي، ويقلّ التيار في كل منهما بالمقدار نفسه.

26. **جهد البطارية** عند وصل فولتمتر بين طرفي المصباح 2 كانت قراءته 3.8 V، وعند وصل فولتمتر آخر بين طرفي المصباح 3 كانت قراءته 4.2 V. ما مقدار جهد البطارية؟

$$V = V_1 + V_2 = 3.8\,\text{V} + 4.2\,\text{V} = 8.0\,\text{V}$$

27. **الدوائر الكهربائية** بالرجوع إلى المعلومات الواردة في السؤال السابق، هل المصباحان 2 و3 متماثلان؟

لا. لأن المصابيح المتماثلة الموصولة على التوالي يكون الهبوط في الجهد عبرها متساويًا؛ لأن التيارات المارة فيها متساوية.

28. **التفكير الناقد** هل هناك طريقة لجعل المصابيح الثلاثة في الشكل تُضيء بالشدة نفسها دون استخدام أيّ مقاومات إضافية؟ وضّح إجابتك.

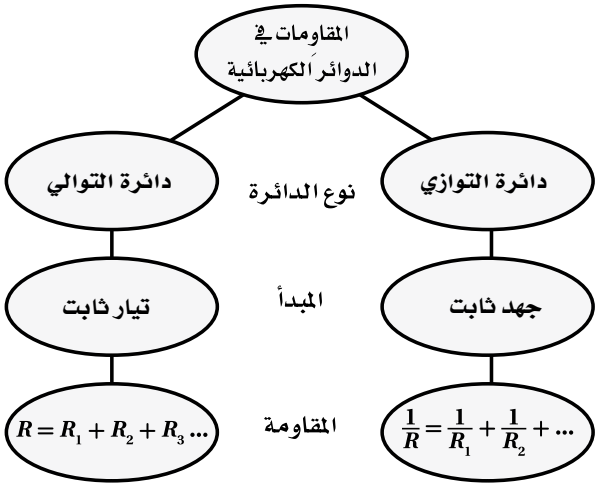
نعم. لأن شدة الإضاءة تتناسب طرديًا مع القدرة فسيكون من الضروري استخدام مصباح في الموقع 1 مقاومته تساوي أربعة أضعاف مقاومتي المصباحين في الموقعين 2و 3وهما مضاءين $\frac{V^2}{4R} = \frac{(V/2)^2}{R}$.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 124

29. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: دائرة التوالي، $R=R_1+R_2+R_3$، تيار ثابت، دائرة توازي، جهد ثابت.



تابع الفصل 4

إتقان المفاهيم
صفحة 124

30. لمـاذا تنطفئ جميع المصابيح الموصولـة على التوالي إذا احترق أحدها؟

عندمـا يحتـرق أحد المصـابيح تفتح الدائـرة فتنطفئ المصابيح الأخرى.

31. لماذا تقل المقاومة المكافئة في دائرة التوازي كلما أضيف المزيد من المقاومات؟

لأن كل مقاومة ستُوفّر مسارًا إضافيًا للتيار.

32. إذا وصِلـت مجموعة مقاومـات مختلفة في قيمها على التوازي، فكيف تُقَارن قيمة كل منها بالمقاومة المكافئة للمجموعة؟

تكون قيمة المقاومة المكافئة أقل من قيمة أيّ مقاومة.

33. لماذا تكون تمديدات أسلاك الكهرباء في المنازل على التوازي، وليس على التوالي؟

لكي تعمل الأجهزة المنزلية الموصولة على التوازي كل منها على حدة دون أن يؤثر بعضها في الآخر.

34. قـارن بين مقدار التيار الداخل إلـى نقطة تفرّع في دائرة توازٍ ومقدار التيار الخارج منها. (نقطةالتفرّع: نقطة تتصل بها ثلاثة موصلات أو أكثر).

مجموع التيارات الداخلة إلى نقطة التفرّع يساوي مجموع التيارات الخارجة منها.

35. وضّـح كيف يعمل منصهـر كهربائي علـى حماية دائرة كهربائية ما؟

يعمل المنصهر على حماية الأجهزة والأسلاك الكهربائية من مرورتيار كهربائي كبير فيها قد يسبّب حريقًا نتيجة التسخين الزائد.

36. ما المقصود بدائرة القصر؟ ولماذا تكون خطيرة؟

دائرة القصـر هي الدائـرة ذات المقاومة القليلة جدًا. ودائرة القصر خطيرة جدًا إذا طُبّق عليها أي فرق جهد؛ لأنها تسـبب تدفق تيار كهربائي كبير، والأثر الحراري للتيار يمكنه أن يسبب حريقًا.

37. لماذا يُصمّم الأميتر بحيث تكون مقاومته صغيرة جدًّا؟

يجب أن تكون مقاومة الأميتر صغيرة جدًا؛ لأنه يوصل على التوالي في الدائرة الكهربائية، فإذا كانت مقاومته كبيرة فستتغيّر مقاومة الدائرة بشكل واضح.

38. لماذا يُصمّم الفولتمتر بحيث تكون مقاومته كبيرة جدًّا؟

يجب ان تكون مقاومة الفولتمتر كبيرة جدًا للسبب نفسه الذي يجعل مقاومة الأميتر صـغيرة، فإذا كانت مقاومة الفولتمتر صغيرة فإنه يقلّل مقاومة الجزء المتصل معه مـن الدائـرة، ممّا يزيد التيار في الدائرة، وهذا يسـبّب هبوطًا أكبر في الجهد خلال الجزء المتصل مع الفولتمتر في الدائرة، مما يغير الجهد المقيس.

39. كيـف تختلف طريقة توصيل الأميتر فـي دائرة كهربائية عن طريقة توصيل الفولتمتر في الدائرة نفسها؟

يوصـل الأميتر على التوالي، في حين يوصل الفولتمتر على التوازي.

تطبيق المفاهيم
صفحة 125–124

40. تحتوي دائرة كهربائية على ثلاثة مصابيح كهربائية موصولة على التوالي. ماذا يحدث للتيار المار في مصباحين من هذه المصابيح إذا احترق فتيل المصباح الثالث؟

إذا احترق فتيل أحد المصابيح فإن التيار يتوقف وستنطفئ المصابيح الأخرى.

41. افتـرض أن المقاومة R_A في مجزئ الجهد الموضّح في **الشكل 4–4** صُمّمت لتكون مقاومة متغيّرة، فماذا يحدث للجهد الناتج V_B في مجزئ الجهد إذا زاد مقدار المقاومة المتغيرة؟

لذا فعندما تزداد R_A تقل V_A. $V_B = V_R B/(R_A + R_B)$،

42. تحتوي الدائرة A على ثلاثة مقاومات مقدار كل منها 60 Ω موصولة على التوالي، أما الدائرة B فتحتوي على ثلاثة مقاومـات مقدار كل منها 60 Ω موصولة على التوازي. كيـف يتغير التيار المار في المقاومة الثانية في كل دائرة منهما إذا قطع مفتاح كهربائي التيار عن المقاومة الأولى؟

في الدائرة A لن يمر تيار في المقاومة. أما في الدائرة Bفسيبقى التيار في المقاومة كما هو.

43. تحتوي دائرة كهربائية على ثلاثة مصابيح كهربائية موصولة على التوازي. ماذا يحدث للتيار المار في مصباحين من هذه المصابيح إذا احترق فتيل المصباح الثالث؟

إذا احترق فتيل أحد المصابيح فإن المقاومة وفرق الجهد خلال بقية المصابيح لا تتغيّر، لذا تبقى المصابيح الأخرى مضاءة.

44. إذا توافر لديك بطارية جهدها 6 V وعدد من المصابيح جهد كلٍّ منها 1.5 V، فكيف تصل المصابيح بحيث تضيء، على ألا يزيد فرق الجهد بين طرفي كلٍّ منها على 1.5 V؟

يتم ذلك بوصل أربعة من المصابيح على التوالي.

45. مصباحان كهربائيّان مقاومة أحدهما أكبر من مقاومة الآخر. أجب عمّا يلي:

a. إذا وصل المصباحان على التوازي فأيُّهما يكون سطوعه أكبر (أيْ أيُّهما يستنفد قدرة أكبر)؟

المصباح ذو المقاومة الأقل.

b. إذا وصِل المصباحان على التوالي فأيهما يكون سطوعه أكبر؟

المصباح ذو المقاومة الأكبر.

46. اكتب نوع الدائرة المستخدمة (توالٍ أم توازٍ) فيمايلي:

a. التيار متساوٍ في جميع أجزاء الدائرة الكهربائية.

على التوالي

b. المقاومة المكافئة تساوي مجموع المقاومات المُفردة.

على التوالي

c. الهبوط في الجهد عبر كل مقاومة في الدائرة الكهربائية متساوٍ.

على التوازي

d. الهبوط في الجهد في الدائرة الكهربائية يتناسب طرديًّا مع المقاومة.

على التوالي

e. إضافة مقاومة إلى الدائرة يُقلّل المقاومة المكافئة.

على التوازي

f. إضافة مقاومة إلى الدائرة يزيد المقاومة المكافئة.

على التوالي

g. إذا أصبح مقدار التيار المار في أحد مقاومات دائرة كهربائية صفرًا، ولم يمر تيار في جميع المقاومات الأخرى الموجودة في الدائرة.

على التوالي

h. إذا أصبح مقدار التيار المار في أحد مقاومات دائرة كهربائية صفرًا، ولم تتغير مقادير التيارات الكهربائية المارة في جميع المقاومات الأخرى الموجودة في الدائرة.

على التوازي

i. هذا النوع من التوصيل مناسب لتمديدات الأسلاك في المنزل.

على التوازي

47. **منصهرات المنزل** لماذا يكون خطيرًا استعمال منصهر 30 A بدلًا من المنصهر 15 A المستخدم في حماية دائرة المنزل؟

يسمح المنصهر 30 A بمرور تيار أكبر في الدائرة، فتتولّد حرارة أكبر في الأسلاك، مما يجعل ذلك خطيرًا.

إتقان حل المسائل

1–4 الدوائر الكهربائية البسيطة

صفحة 127–125

48. احسب المقاومة المكافئة للمقاومات التالية: 680 Ω و 1.1 kΩ و 10 kΩ إذا وصلت على التوالي.

$$R = 680\ \Omega + 1100\ \Omega + 10000\ \Omega$$

$$= 12\ \text{k}\Omega$$

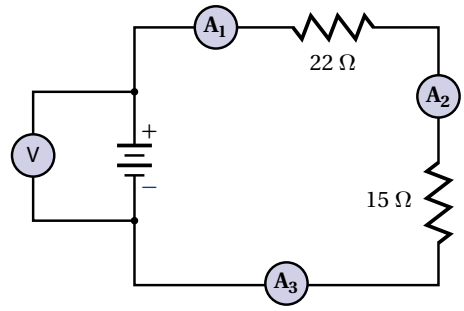
49. احسب المقاومة المكافئة للمقاومات التالية: 10.0 kΩ و 1.1 kΩ و 680 Ω إذا وصلت على التوازي.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{0.68\ \text{k}\Omega} + \frac{1}{1.1\ \text{k}\Omega} + \frac{1}{10\ \text{k}\Omega}\right)}$$

$$= 0.40\ \text{k}\Omega$$

50. إذا كانت قراءة الأميتر 1 الموضح في **الشكل 14–4** تساوي 0.20 A، فما مقدار:



■ **الشكل 14–4**

a. قراءة الأميتر 2؟

0.20 A، لأن التيار ثابت في المقاومات المتصلة على التوالي.

b. قراءة الأميتر3؟

0.20 A، لأن التيار ثابت في المقاومات المتصلة على التوالي.

51. إذا احتوت دائرة توالٍ على هبوطين في الجهد 6.90 V و 5.50 V فما مقدار جهد المصدر؟

$$V = 5.50\ \text{V} + 6.90\ \text{V} = 12.4\ \text{V}$$

52. يمر تياران في دائرة توازٍ، فإذا كان تيار الفرع الأول 3.45 A وتيار الفرع الثاني 1.00 A فما مقدار التيار المار في مصدر الجهد؟

$$I = 3.45\ \text{A} + 1.00\ \text{A} = 4.45\ \text{A}$$

53. إذا كانت قراءة الأميتر 1 في **الشكل 14–4** تساوي 0.20 A فما مقدار:

a. المقاومة المكافئة للدائرة؟

$$R = R_1 + R_2 = 15\ \Omega + 22\ \Omega = 37\ \Omega$$

b. جهد البطارية؟

$$V = IR = (0.20\ \text{A})(37\ \Omega) = 7.4\ \text{V}$$

c. القدرة المستنفدة في المقاومة 22 Ω ؟

$$P = I^2R = (0.20\ \text{A})^2(22\ \Omega)$$

$$= 0.88\ \text{W}$$

d. القدرة الناتجة عن البطارية؟

$$P = IV = (0.20\ \text{A})(7.4\ \text{V}) = 1.5\ \text{W}$$

54. إذا كانت قراءة الأميتر 2 الموضّح في **الشكل 14–4** تساوي 0.50 A فاحسب مقدار:

a. فرق الجهد بين طرفي المقاومة 22 Ω.

$$V = IR = (0.50\ \text{A})(22\ \Omega) = 11\ \text{V}$$

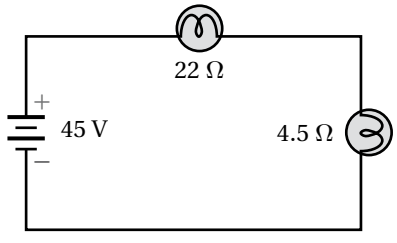
b. فرق الجهد بين طرفي المقاومة 15 Ω.

$$V = IR = (0.50\ \text{A})(15\ \Omega) = 7.5\ \text{V}$$

c. جهد البطارية.

$$V = V_1 + V_2 = (11\ \text{V}) + (7.5\ \text{V}) = 19\ \text{V}$$

55. وصِل مصباحان مقاومة الأول 22 Ω ومقاومة الثاني 4.5 Ω على التوالي بمصدر فرق جهد مقداره 45 V، كما هو موضّح في **الشكل 15–4**. احسب مقدار:



■ **الشكل 15–4**

a. المقاومة المكافئة للدائرة.

$$22\ \Omega + 4.5\ \Omega = 27\ \Omega$$

b. التيار المار في الدائرة.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{45\ \text{V}}{27\ \Omega} = 1.7\ \text{A}$$

c. الهبوط في الجهد في كل مصباح.

$$V = IR = (1.7\ \text{A})(22\ \Omega) = 37\ \text{V}$$

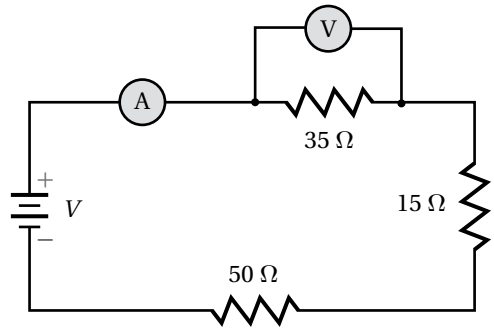
$$V = IR = (1.7\ \text{A})(4.5\ \Omega) = 7.7\ \text{V}$$

d. القدرة المستهلكة في كل مصباح.

$$P = IV = (1.7\ \text{A})(37\ \text{V}) = 63\ \text{W}$$

$$P = IV = (1.7\ \text{A})(7.7\ \text{V}) = 13\ \text{W}$$

56. إذا كانت قراءة الفولتمتر الموضّح في **الشكل 16–4** تساوي 70.0 V فأجب عن الأسئلة التالية:



■ **الشكل 16–4**

a. ما مقدار قراءة الأميتر؟

باستخدام قانون أوم $I = \frac{V}{R}$

$$= \frac{70.0\ \text{V}}{35\ \Omega} = 2.0\ \text{A}$$

b. أي المقاومات أسخن؟

50 Ω، حيث $P = I^2R$ والتيار (I) ثابت المقدار في المقاومات الموصولة على التوالي، لذا تستنفد المقاومة الأكبر قدرة أكبر.

c. أي المقاومات أبرد؟

15 Ω، حيث $P = I^2R$ والتيار (I ثابت المقدار في المقاومات الموصولة على التوالي، لذا تستنفد المقاومة الأقل قدرة أقل.

d. ما مقدار القدرة المزوّدة بواسطة البطارية؟

أولًا: نحسب المقاومة المكافئة:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$= 35\ \Omega + 15\ \Omega + 50\ \Omega$$

$$= 0.1\ \text{k}\Omega$$

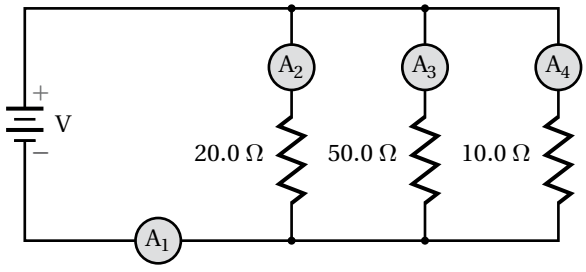
ثانيًا نحسب قدرة البطارية:

$$P = I^2R$$

$$= (2.0\ \text{A})^2(0.1\ \text{k}\Omega)(1000\ \Omega/\text{k}\Omega)$$

$$= 4\times10^2\ \text{W}$$

57. إذا كان جهد البطارية الموضحة في **الشكل 17–4** يساوي 110 V، فأجب عن الأسئلة التالية:



■ **الشكل 17–4**

a. ما مقدار قراءة الأميتر 1؟

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{20.0\ \Omega} + \frac{1}{50.0\ \Omega} + \frac{1}{10.0\ \Omega}\right)}$$

$$= 5.88\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.1\times10^2\ \text{V}}{5.88\ \Omega} = 19\ \text{A}$$

b. ما مقدار قراءة الأميتر 2؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.1\times10^2\ \text{V}}{20.0\ \Omega} = 5.5\ \text{A}$$

c. ما مقدار قراءة الأميتر 3؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.1\times10^2\ \text{V}}{50.0\ \Omega} = 2.2\ \text{A}$$

d. ما مقدار قراءة الأميتر 4؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.1\times10^{2}\ \text{V}}{10.0\ \Omega} = 11\ \text{A}$$

e. أي المقاومات أسخن؟

10.0 Ω، حيث $P = \frac{V^2}{R}$ والجهد (V ثابت المقدار في المقاومات الموصولة على التوازي، لذا تستنتفد المقاومة الأقل قدرة أكبر.

f. أي المقاومات أبرد؟

50.0 Ω، حيث $P = \frac{V^2}{R}$ والجهد (V ثابت المقدار في المقاومات الموصولة على التوازي، لذا تستنتفد المقاومة الأكبر قدرة أقل.

58. إذا كانت قراءة الأميتر 3 الموضح في **الشكل 17–4** تساوي 0.40 A فما مقدار:

a. جهد البطارية؟

$$V = IR = (0.40\ \text{A})(50.0\ \Omega) = 2.0\times10^{1}\ \text{V}$$

b. قراءة الأميتر 1؟

أولا نحسب المقاومة المكافئة:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{20.0\ \text{k}\Omega} + \frac{1}{50.0\ \text{k}\Omega} + \frac{1}{10.0\ \Omega}\right)}$$

$$= 5.88\ \Omega$$

ثانيًا نحسب تيار الأميتر1 :

$$I = \frac{V}{R} = \frac{2.0\times10^{2}\ \text{V}}{5.88\ \Omega} = 3.4\ \text{A}$$

c. قراءة الأميتر 2؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{2.0\times10^{1}\ \text{V}}{20.0\ \Omega} = 1.0\ \text{A}$$

d. قراءة الأميتر 4؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{2.0\times10^{1}\ \text{V}}{10.0\ \Omega} = 2.0\ \text{A}$$

59. ما اتجاه التيار الاصطلاحي المار في المقاومة 50.0 Ω الموضّح في **الشكل 17–4**؟

إلى أسفل

60. إذا كان الحمل الموصول بطرفي بطارية يتكون من مقاومتين 15 Ω و47 Ω موصولتين على التوالي فما مقدار:

a. المقاومة الكلية للحمل؟

$$R = R_1 + R_2 = 15\ \Omega + 47\ \Omega$$

$$= 62\ \Omega$$

b. جهد البطارية إذا كان مقدار التيار المار في الدائرة 97 mA؟

$$V = IR = (97\ \text{mA})(62\ \Omega) = 6.0\ \text{V}$$

61. **أنوار الاحتفالات** يتكون أحد أسلاك الزينة من 18 مصباحًا صغيرًا متماثلًا، موصولة على التوالي بمصدر جهد مقداره 120 V. فإذا كان السلك يستنفد قدرة مقدارها 64 W، فما مقدار:

a. المقاومة المكافئة لسلك المصابيح؟

$$P = \frac{V^2}{R_{\text{مكافئة}}}$$

$$R_{\text{مكافئة}} = \frac{V^2}{P} = \frac{(120\ \text{V})^2}{64\ \text{W}} = 2.3\times10^{2}\ \Omega$$

b. مقاومة كل مصباح؟

$R_{\text{مكافئة}}$ المقاومة المكافئة للمصابيح الـ 18 مقسومة على عدد المصابيح

$$\frac{2.3\times10^{2}\ \Omega}{18} = 13\ \Omega$$

c. القدرة المستنفدة في كل مصباح؟

$$\frac{64\ \text{W}}{18} = 3.6\ \text{W}$$

62. إذا احترق فتيل أحد المصابيح في المسألة السابقة، وحدث فيه دائرة قصر، بحيث أصبحت مقاومته صفرًا فأجب عما يلي:

a. ما مقدار مقاومة السلك في هذه الحالة؟

سيبقى 17 مصباحًا موصولا على التوالي بدلا من الـ18 مصباحًا، وستكون مقاومة السلك:

$$\left(\frac{17}{18}\right)(2.3\times10^{2}\ \Omega) = 2.2\times10^{2}\ \Omega$$

b. احسب القدرة المستنفدة في السلك.

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(120\ \text{V})^2}{2.2\times10^{2}\ \Omega} = 65\ \text{W}$$

c. هل زادت القدرة المستنفدة أم نقصت بعد احتراق المصباح؟

ازدادت

63. وصِلت مقاومتان 16.0 Ω و20.0 Ω، على التوازي بمصدر جهد مقداره 40.0 V، احسب مقدار:

a. المقاومة المكافئة لدائرة التوازي.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{16.0\ \Omega} + \frac{1}{20.0\ \Omega}\right)}$$

$$= 8.89\ \Omega$$

b. التيار الكلي المار في الدائرة.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{40.0\ \text{V}}{8.89\ \Omega} = 4.50\ \text{A}$$

c. التيار المار في المقاومة 16.0 Ω.

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{40.0\ \text{V}}{16.0\ \Omega} = 2.50\ \text{A}$$

64. صمّم فيصل مجزئ جهد باستخدام بطارية جهدها 12 V ومقاومتين. فإذا كان مقدار المقاومة R_B يساوي 82 Ω، فكم يجب أن يكون مقدار المقاومة R_A حتى يكون الجهد الناتج عبر المقاومة R_B يساوي 4.0 V؟

$$V_B = \frac{VR_B}{R_A + R_B}$$

$$R_A + R_B = \frac{VR_B}{V_B}$$

$$R_A = \frac{VR_B}{V_B} - R_B$$

$$= \frac{(12\ \text{V})(82\ \Omega)}{4.0\ \text{V}} - 82\ \Omega$$

$$= 1.6\times10^{2}\ \Omega$$

65. **التلفاز** يستهلك تلفاز قدرة تساوي 275 W عند وصله بمقبس 120 V.

a. احسب مقاومة التلفاز.

$$P = IV$$

أي:

$$I = \frac{V}{R}$$

أي:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

أي:

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(120\ \text{V})^2}{275\ \text{W}} = 52\ \Omega$$

b. إذا شكّل التلفاز وأسلاك توصيل مقاومتها 2.5 Ω ومنصهر كهربائي دائرةَ توالٍ تعمل بوصفها مجزّئ جهد، فاحسب الهبوط في الجهد عبر التلفاز.

$$V_A = \frac{VR_A}{R_A + R_B}$$

$$= \frac{(120\ \text{V})(52\ \Omega)}{52\ \Omega + 2.5\ \Omega}$$

$$= 110\ \text{V}$$

c. إذا وصِل مجفّف شعر مقاومته 12 Ω بالمقبس نفسه الذي يتصل به التلفاز، فاحسب المقاومة المكافئة للجهازين.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}\right)}$$

$$R = \frac{1}{\left(\frac{1}{52\ \Omega} + \frac{1}{12\ \Omega}\right)}$$

$$= 9.8\ \Omega$$

d. احسب الهبوط في الجهد عبر كل من التلفاز، ومجفّف الشعر.

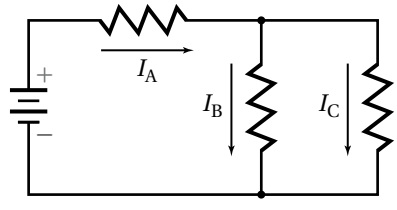
$$V_1 = \frac{VR}{R_A + R_B} = \frac{(120\ \text{V})(9.8\ \text{V})}{9.8\ \Omega + 2.5\ \Omega} = 96\ \text{V}$$

4–2 تطبيقات الدوائر الكهربائية

صفحة 127

ارجع إلى **الشكل 18–4** للإجابة عن **الأسئلة 69–66**.

66. إذا كان مقدار كل مقاومة من المقاومات الموضّحة في الشكل يساوي 30 Ω فاحسب المقاومة المكافئة.



■ **الشكل 18–4**

المقاومتان 30.0 Ω و 30.0 Ω الموصولتان على التوازي مقاومتهما المكافئة تساوي 15.0 Ω، والمقاومة الثالثة تكون متصلة معهما على التوالي، أي تكون المقاومة المكافئة للدائرة:

$$R = 30.0\ \Omega + 15.0\ \Omega = 45.0\ \Omega$$

67. إذا استنفذت كل مقاومة 120 mW فاحسب القدرة الكلية المستنفدة.

$$P = 3(120\ \text{mW}) = 360\ \text{mW}$$

68. إذا كان $I_A = 13\ \text{mA}$ و $I_B = 1.7\ \text{mA}$ فما مقدار I_C؟

$$I_C = I_A - I_B$$

$$= 13\ \text{mA} - 1.7\ \text{mA}$$

$$= 11.3\ \text{mA}$$

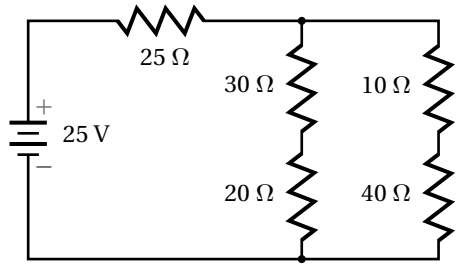
69. بافتراض أن $I_C = 1.7\ \text{mA}$ و $I_B = 13\ \text{mA}$، فما مقدار I_A؟

$$I_A = I_B + I_C$$

$$= 13\ \text{mA} + 1.7\ \text{mA}$$

$$= 14.7\ \text{mA}$$

70. بالرجوع إلى **الشكل 19–4** أجب عما يلي:



■ **الشكل 19–4**

a. ما مقدار المقاومة المكافئة؟

المقاومتان 30.0 Ω و 20.0 Ω موصولتان على التوالي .

$$R_1 = 30.0\ \Omega + 20.0\ \Omega = 50.0\ \Omega$$

المقاومتان 10.0 Ω و 40.0 Ω موصولتان على التوالي .

$$R_2 = 10.0\ \Omega + 40.0\ \Omega = 50.0\ \Omega$$

المقاومتان R_1 و R_2 موصولتان على التوازي.

$$\frac{1}{R_{\text{كلية}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R_{\text{كلية}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}$$

$$R_{\text{كلية}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{50.0\ \Omega} + \frac{1}{50.0\ \Omega}\right)}$$

$$= 25.0\ \Omega$$

المقاومة الكلية للمقاومتان الناتجتان 25.0 Ω و25.0 Ω والموصولتان على التوالي تساوي:

$$R = 25.0\ \Omega + 25.0\ \Omega = 50.0\ \Omega$$

b. احسب مقدار التيار المار في المقاومة 25 Ω.

باستخدام قانون أوم والمقاومة الكلية فإن:

$$I = \frac{V}{R_{\text{كلية}}} = \frac{25\ \text{V}}{50.0\ \Omega} = 0.50\ \text{A}$$

c. أي المقاومات يكون أسخن، وأيها يكون أبرد؟

$$P = I^2R = (0.50\ \text{A})^2(25.0\ \Omega) = 6.25\ \text{W}$$

نصف التيار الكلي يمر في كل فرع من فرعي مقاومات الدائرة الموصولة على التوازي، لأن المقاومة المكافئة للفرعين متساوية.

$$P = I^2R = (0.25\ \text{A})^2(30.0\ \Omega) = 1.9\ \text{W}$$

$$P = I^2R = (0.25\ \text{A})^2(20.0\ \Omega) = 1.2\ \text{W}$$

$$P = I^2R = (0.25\ \text{A})^2(10.0\ \Omega) = 0.62\ \text{W}$$

$$P = I^2R = (0.25\ \text{A})^2(40.0\ \Omega) = 2.5\ \text{W}$$

أي أن المقاومة الأسخن هي: 25.0 Ω ، والمقاومة الأبرد هي: 10.0 Ω.

71. تتكوّن دائرة كهربائية من ستة مصابيح ومدفأة كهربائية موصولة جميعها على التوازي. فإذا كانت قدرة كلّ مصباح 60 W ومقاومته 240 Ω ، ومقاومة المدفأة 10.0 Ω، وفرق الجهد في الدائرة 120 V فاحسب مقدار التيار المار في الدائرة في الحالات التالية:

a. أربعة مصابيح فقط مضاءة.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$= \frac{1}{240\ \Omega} + \frac{1}{240\ \Omega} + \frac{1}{240\ \Omega} + \frac{1}{240\ \Omega}$$

$$= \frac{4}{240\ \Omega}$$

$$R = \frac{240\ \Omega}{4} = 60\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{60\ \Omega} = 2.0\ \text{A}$$

b. جميع المصابيح مضاءة.

$$\frac{1}{R} = \frac{240\ \Omega}{6}$$

$$R = \frac{240\ \Omega}{6} = 40\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{40\ \Omega} = 3.0\ \text{A}$$

c. المصابيح الستة والمدفأة جميعها تعمل.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{40\ \Omega} + \frac{1}{10.0\ \Omega}$$

$$= \frac{5}{4.0\times10^1\ \Omega}$$

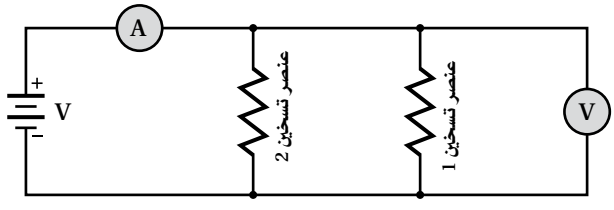
$$R = \frac{4.0\times10^1\ \Omega}{5} = 8.0\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{8.0\ \Omega} = 15\ \text{A}$$

72. إذا احتوت الدائرة الكهربائية في المسألة السابقة على منصهر كهربائي كُتِبَ عليه 12 A فهل ينصهر هذا المنصهر إذا شُغّلت المصابيح الستة والمدفأة؟

نعم، لأن التيار 15 A يؤدي إلى صهر المنصهر الذي يتحملّ 12 A فقط.

73. إذا زُوِّدْت خلال اختبار عملي بالأدوات التالية: بطارية جهدها V، وعنصري تسخين مقاومتهما صغيرة يُمكن وضعهما داخل ماء، وأميتر ذي مقاومة صغيرة جدًّا، وفولتمتر مقاومته كبيرة جدًّا، وأسلاك توصيل مقاومتها مهملة، ودورق معزول جيّدًا سعته الحرارية مهملة، و0.10 kg ماء درجة حرارته 25 °C. وضّح بالرسم والرموز كيفية وصل هذه الأدوات معًا لتسخين الماء في أسرع وقت ممكن.



74. إذا ثُبّتت قراءة الفولتمتر المستعمل في المسألة السابقة عند 45 V، وقراءة الأميتر عند 5.0 A فاحسب الزمن (بالثواني) اللازم لتبخير الماء الموجود في الدورق. (استخدم الحرارة النوعية للماء 4.2 kJ/kg.°C، والحرارة الكامنة لتبخره 2.3×10^6 J/kg)

$$\Delta Q_1 = mC\Delta T$$

$$= (0.10\ \text{kg})(4.2\ \text{kJ/kg}\cdot^\circ\text{C})(75^\circ\text{C})$$

الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الماء إلى 100 °C

$$= 32\ \text{kJ}$$

$$\Delta Q_2 = mH_v = (0.10\ \text{kg})(2.3\times10^6\ \text{J/kg})$$

الحرارة اللازمة لتبخير الماء

$$= 2.3\times10^2\ \text{kJ}$$

$$\Delta Q = 32\ \text{kJ} + 2.3\times10^2\ \text{kJ}$$

معدل الطاقة اللازمة لتبخير الماء

$$= 2.6\times10^2\ \text{kJ}$$

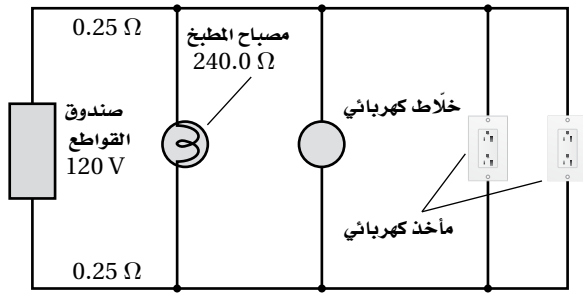
$$P = IV = (5.0\ \text{A})(45\ \text{V}) = 0.23\ \text{kJ/s}.$$

الزمن اللازم لتبخير الماء الموجود في الدورق يساوي :

$$t = \frac{2.6\times10^2\ \text{kJ}}{0.23\ \text{kJ/s}} = 1.1\times10^3\ \text{s}$$

تابع الفصل 4

75. دائرة كهربائية منزلية يوضّح **الشكل 20–4** دائرة كهربائية منزلية، حيث مقاومة كلّ سلك من السلكين الواصلين إلى مصباح المطبخ 0.25 Ω، ومقاومة المصباح 0.24 kΩ. على الرغم من أن الدائرة هي دائرة توازٍ إلا أن مقاومة الأسلاك تتصل على التوالي بجميع عناصر الدائرة. أجب عما يلي:



■ **الشكل 20–4**

a. احسب المقاومة المكافئة للدائرة المتكونة من المصباح وخطَّي النقل من المصباح وإليه.

$$R = 0.25\ \Omega + 0.25\ \Omega + 0.24\ \text{k}\Omega$$

$$= 0.24\ \text{k}\Omega$$

b. أوجد التيار المار في المصباح.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{0.24\ \text{k}\Omega} = 0.50\ \text{A}$$

c. أوجد القدرة المستنفدة في المصباح.

$$P = IV = (0.50\ \text{A})(120\ \text{V}) = 6.0 \times 10^{1}\ \text{W}$$

مراجعة عامة

صفحة 128

76. إذا وُجِد هبوطان في الجهد في دائرة توالٍ كهربائية مقداراهما: 3.50 V و4.90 V فما مقدار جهد المصدر؟

$$V = 3.50\ \text{V} + 4.90\ \text{V} = 8.40\ \text{V}$$

77. تحتوي دائرة كهربائية مُركّبة على ثلاث مقاومات. فإذا كانت القدرة المستنفدة في المقاومات: 5.50 W و6.90 W و1.05 W على الترتيب فما مقدار قدرة المصدر الذي يُغذِّي الدائرة؟

$$P = 5.50\ \text{W} + 6.90\ \text{W} + 1.05\ \text{W} = 13.45\ \text{W}$$

78. وصِلت ثلاث مقاومات مقدار كل منها 150 Ω على التوالي. فإذا كانت قدرة كل مقاومة 5 W، فاحسب القيمة العظمى للقدرة الآمنة التي يمكن الحصول عليها.

جميعها تستهلك المقدار نفسه من القدرة

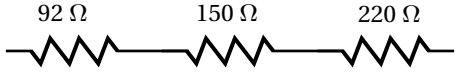
$$P = (3)(5\ \text{W}) = 15\ \text{W}$$

79. وصِلت ثلاث مقاومات مقدار كل منها 92 Ω على التوازي. فإذا كانت قدرة كل منها 5 W، فاحسب القيمة العظمى للقدرة الآمنة التي يمكن الحصول عليها.

جميعها تستهلك المقدار نفسه من القدرة

$$P = (3)(5\ \text{W}) = 15\ \text{W}$$

80. احسب القيمة العظمى للجهد الآمن الذي يمكن تطبيقه على المقاومات الثلاثة الموصولة على التوالي، والموضّحة في **الشكل 21–4**، إذا كانت قدرة كلٍّ منها 5.0 W



■ **الشكل 21–4**

بما أن التيار ثابت المقدار في المقاومات الموصولة على التوالي، لذا فالمقاومة الأكبر تستهلك قدرة أكبر.

$$P = I^2R$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{5.0\ \text{W}}{220\ \Omega}} = 0.151\ \text{A}$$

مجموع المقاومات:

$$R = 92\ \Omega + 150\ \Omega + 220\ \Omega$$

$$= 462\ \Omega$$

و باستخدام قانون أوم:

$$V = IR$$

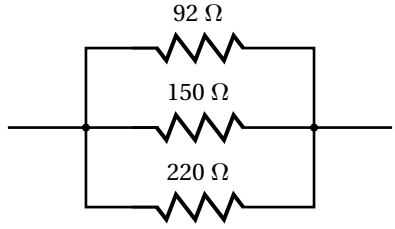
$$= (0.151\ \text{A})(462\ \Omega)$$

$$= 70\ \text{V}$$

81. احسب القيمة العظمى للقدرة الآمنة في الدائرة الموضّحة في المسألة السابقة.

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(70\ \text{V})^2}{462\ \Omega} = 11\ \text{W}$$

82. احسب القيمة العظمى للجهد الآمن الذي يمكن تطبيقه على المقاومات الثلاثة الموصولة على التوازي، والموضحة في **الشكل 22–4** إذا كانت قدرة كلٍّ منها 5.0 W.



■ **الشكل 22–4**

المقاومة 92 Ω ستبدد أكبر قدرة لأنها تمرر أكبر تيار.

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$V = \sqrt{PR} = \sqrt{(5.0\ \text{W})(92\ \Omega)} = 21\ \text{V}$$

التفكير الناقد

صفحة 129

83. **تطبيق الرياضيات** اشتق علاقة لحساب المقاومة المكافئة في كل من الحالات التالية:

a. مقاومتان متساويتان موصولتان معًا على التوازي.

$$\frac{1}{\text{R}_{\text{المكافئة}}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R}$$

$$\text{R}_{\text{المكافئة}} = \frac{R}{2}$$

b. ثلاثة مقاومات متساوية موصولة معًا على التوازي.

$$\frac{1}{\text{R}_{\text{المكافئة}}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{R}$$

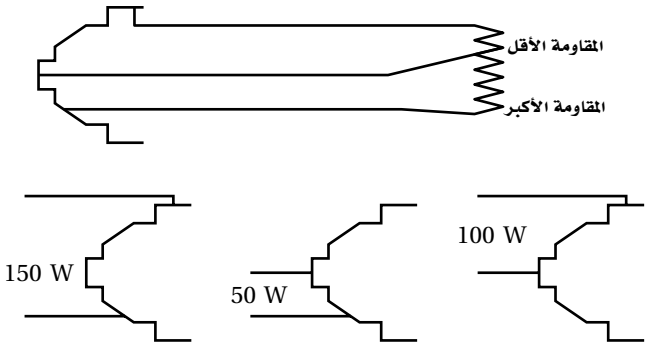
$$R_{\text{المكافئة}} = \frac{R}{3}$$

c. عدد N من مقاومات متساوية موصولة معًا على التوازي.

$$R_{\text{المكافئة}} = \frac{R}{N}$$

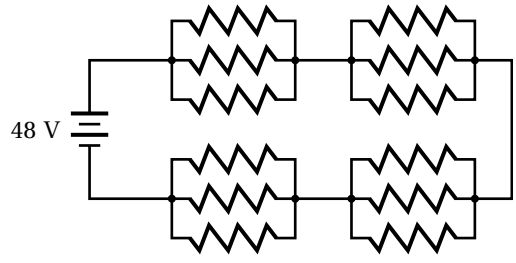
84. **تطبيق المفاهيم** إذا كان لديك ثلاثة مصابيح كتلك الموضّحة في **الشكل 23–4**، وكانت قدرتها كما يلي: 50 W و100 W و150 W، فارسم أربعة رسوم تخطيطيّة جزئية تبين من خلالها فتائل المصابيح، وأوضاع المفاتيح الكهربائية لكل مستوى سطوع، بالإضافة إلى بيان وضع الإطفاء. عنون كل رسم تخطيطيّ. (ليس هناك حاجة إلى رسم مصدر طاقة).

■ **الشكل 23–4**

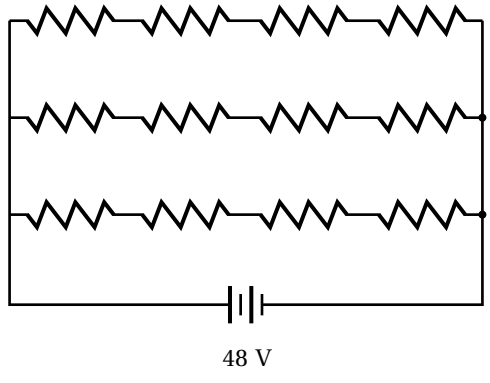


85. تطبيق المفاهيم صمّم دائرة كهربائية يمكنها إضاءة 12 مصباحًا متماثلًا، بكامل شدتها الضوئية الصحيحة بواسطة بطارية جهدها 48 V، لكل حالة مما يلي:

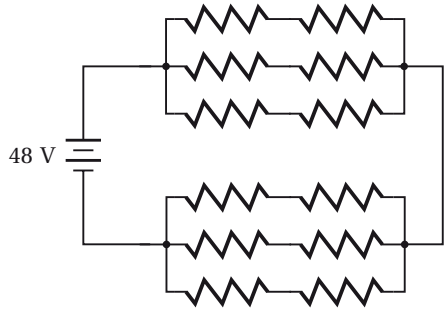
a. يقتضي التصميم A أنه إذا احترق فتيل أحد المصابيح تبقى المصابيح الأخرى مضيئة.



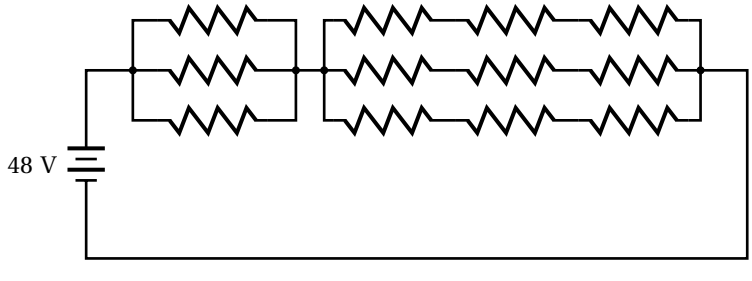
b. يقتضي التصميم B أنه إذا احترق فتيل أحد المصابيح تضيء المصابيح الأخرى التي بقيت تعمل بكامل شدتها الضوئية الصحيحة.



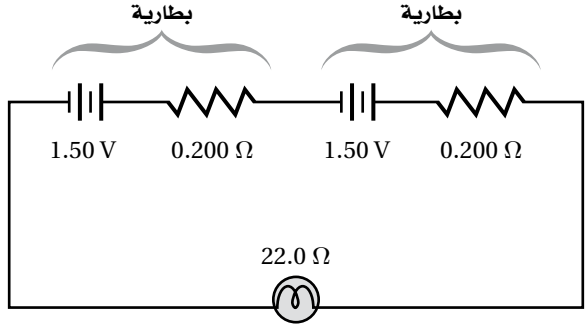
c. يقتضي التصميم C أنه إذا احترق فتيل أحد المصابيح ينطفئ مصباح آخر.



d. يقتضي التصميم D أنه إذا احترق فتيل أحد المصابيح فإما أن ينطفئ مصباحان أو لا ينطفئ أي مصباح في الدائرة.



86. **تطبيق المفاهيم** تتكوّن بطارية من مصدر فرق جهد مثالي يتصل بمقاومة صغيرة على التوالي. تنتج الطاقة الكهربائية للبطارية عن التفاعلات الكيميائية التي تحدث فيها، وينتج أيضًا عن هذه التفاعلات مقاومة صغيرة لا يمكن إلغاؤها بالكامل أو تجاهلها. فإذا علمت أن مصباحًا كهربائيًّا يدويًّا يحتوي على بطاريتين موصولتين على التوالي كما هو موضّح في **الشكل 24–4**، وفرق جهد كلٍّ منهما يساوي 1.50 V، ومقاومتها الداخلية 0.200 Ω، ومقاومة المصباح 22.0 Ω، فأجب عمّا يلي:



■ **الشكل 24–4**

a. ما مقدار التيار المار في المصباح؟

تتكوّن الدائرة من بطاريتين جهد كل منهما 1.5 V ومتصلتان على التوالي بالمقاومات 0.200 Ω و0.200 Ω و 22 Ω والمقاومة المكافئة تساوي 22.4 Ω.

$$I = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{2(1.50)\ \text{V}}{(2(0.200\ \Omega) + 22.0\ \Omega)}$$

$$= 0.134\ \text{A}$$

b. ما مقدار القدرة المستنفدة في المصباح؟

$$P = I^2R$$

$$= (0.134)^2(22.0\ \Omega)$$

$$= 0.395\ \text{W}$$

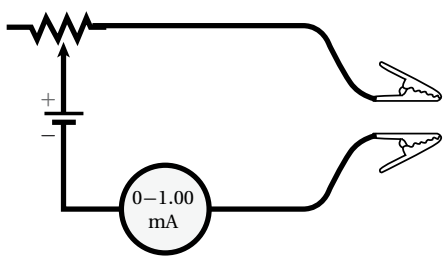
c. إذا أُهملت المقاومة الداخلية للبطاريتين فما مقدار الزيادة في القدرة المستنفدة؟

$$P = IV = \frac{V^2}{R} = \frac{(3.00\ \text{V})^2}{22.0\ \Omega} = 0.409\ \text{W}$$

$$\Delta P = 0.409\ \text{W} - 0.395\ \text{W} = 0.014\ \text{W}$$

القدرة المستنفدة ستزداد بمقدار 0.014 W.

87. **تطبيق المفاهيم** صُنع أميتر بتوصيل بطارية جهدها 6.0 V على التوالي بمقاومة متغيرة وأميتر مثالي، كما هو موضّح في **الشكل 25–4**، بحيث ينحرف مؤشر الأميتر إلى أقصى تدريج عندما يمر فيه تيار مقداره 1.0 mA. فإذا وصِل المِشبكان الموضّحان في الشكل معًا، وضُبطت المقاومة المتغيرة بحيث يمر تيار مقداره 1.0 mA، فأجب عمّا يلي:



■ **الشكل 25–4**

a. ما مقدار المقاومة المتغيرة؟

$$V = IR$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{6.0\ \text{V}}{1.0\times10^{-3}\ \text{A}} = 6.0\ \text{k}\Omega$$

b. إذا وصِل المشبكان الموضحان في الشكل بمقاومة مجهولة فما مقدار المقاومة التي تجعل قراءة الأميتر تساوي:

1. 0.50 mA؟

2. 0.25 mA؟

3. 0.75 mA؟

$$R = \frac{V}{I} = \frac{6.0\ \text{V}}{0.50\times10^{-3}\ \text{A}} = 12\ \text{k}\Omega$$

$$R = R_1 + R_e$$

$$R_e = R - R_1 \quad \text{أي:}$$

$$= 12\ \text{k}\Omega - 6.0\ \text{k}\Omega$$

$$= 6.0\ \text{k}\Omega$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{6.0\ \text{V}}{0.25\times10^{-3}\ \text{A}} = 24\ \text{k}\Omega$$

$$R_e = R - R_1 \quad \text{وكذلك:}$$

$$= 24\ \text{k}\Omega - 6.0\ \text{k}\Omega$$

$$= 18\ \text{k}\Omega$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{6.0\ \text{V}}{0.75\times10^{-3}\ \text{A}} = 8.0\ \text{k}\Omega$$

$$R_e = R - R_1 \quad \text{وكذلك:}$$

$$= 8.0\ \text{k}\Omega - 6.0\ \text{k}\Omega$$

$$= 2.0\ \text{k}\Omega$$

c. هل تدريج الأميتر خطي؟ وضّح إجابتك.

لا. يكون المقدار 0 Ω عند أقصى تدريج، و 6 kΩ عند منتصف التدريج، وما لانهاية Ω (أو دائرة مفتوحة) عند صفر تدريج.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 130

88. ابحث في قوانين جوستاف كيرتشوف واكتب ملخصًا من صفحة واحدة حول كيفية تطبيقها على الأنواع الثلاثة للدوائر الكهربائية الواردة في الفصل.

يجب أن تتضمن إجابات الطلاب قانون كيرتشوف الثاني في الجهد؛ الذي يمثل حفظ الطاقة في الدوائر الكهربائية، وقانون كيرتشوف الأول في التيار؛ والذي يمثل حفظ الشحنة في الدوائر الكهربائية . وينص قانون الجهد على أن المجموع الجبري لتغيرات الجهد في مسار مغلق يساوي صفرًا. وينص قانون التيار على أن المجموع الجبري للتيارات عند نقطة تفرّع يساوي صفرًا.

مراجعة تراكمية

صفحة 130

89. إذا كانت شدة المجال الكهربائي على بُعد d من شحنة نقطية Q يساوي E، فماذا يحدث لمقدار المجال الكهربائي في الحالات التالية:

$$E = \frac{K}{d^2}$$

a. مضاعفة d ثلاث مرات.

$$\frac{E}{9}$$

b. مضاعفة Q ثلاث مرات.

$$3E$$

توضيح: شدة المجال هي القوة مقسومة على شحنة الإختبار.

c. مضاعفة كلٍّ من d وQ ثلاث مرات.

$$\frac{E}{3}$$

d. مضاعفة شحنة الاختبار q' ثلاث مرات

$$E$$

توضيح: المجال هو القوة مقسومة على شحنة الإختبار.

e. مضاعفة كلٍّ من q' وd، وQ ثلاث مرات.

$$\frac{E}{3}$$

90. إذا نقص التيار المار في دائرة كهربائية فرق الجهد فيها 12 V من 0.55 A إلى 0.44 A، فاحسب مقدار التغير في المقاومة.

$$R_1 = \frac{V}{I} = \frac{12\ \text{V}}{0.55\ \text{A}} = 21.8\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{V}{I} = \frac{12\ \text{V}}{0.44\ \text{A}} = 27.3\ \Omega$$

$$\Delta R = R_2 - R_1$$

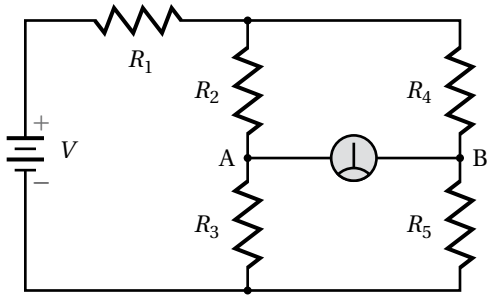
$$= 27.3\ \Omega - 21.8\ \Omega$$

$$= 5.5\ \Omega$$

مسألة تحفيز

صفحة 116

الجلفانومتر جهاز يستخدم لقياس التيارات الكهربائية وفروق الجهد الصغيرة جدًّا. وعندما تكون قراءة الجلفانومتر الموضح في الدائرة المجاورة صفرًا نقول إن الدائرة مُتزنة.



1. يقول زميلك في المختبر إن الطريقة الوحيدة لجعل الدائرة مُتزنة هي جعل جميع المقاومات متساوية. فهل هذا يجعل الدائرة مُتزنة؟ وهل هناك أكثر من طريقة لجعل الدائرة مُتزنة؟ وضّح إجابتك.

نعم، يمكن جعل جميع المقاومات متساوية بحيث تكون الدائرة متزنه .و يمكن جعل الدائرة متزنة أيضًا بالتحكّم بمقادير تلك المقاومات بحيث تكون $\frac{R_2}{R_3} = \frac{R_4}{R_5}$

مثلًا:

$R_3 = 22.5\ \Omega$

$R_4 = 40.0\ \Omega$

$R_5 = 44.0\ \Omega$

$R_2 = 20.0\ \Omega$

2. اشتق معادلة عامة لدائرة مُتزنة مستخدمًا التسميات المعطاة. تنبيه: تعامل مع الدائرة على أنها مجزئ جهد.

من تعريف الاتزان فإن ، (V_{AB}=0) فإذا كان الأتزان موجودًا فإن ، $V_{R3} = V_{R5}$ وهذا الهبوط في الجهد يمكن الحصول عليه من قانون أوم:

$$V_{R3} = I_1 R_3$$

$$V_{R5} = I_2 R_5$$

وكذلك:

$$I_1 = \frac{V-(I_1+I_2)R_1}{R_2+R_3}$$

و

$$I_2 = \frac{V-(I_1+I_2)R_1}{R_4+R_5}$$

وبالتعويض:

$$V_{R3} = \frac{R_3 V-(I_1+I_2)R_1R_3}{R_2+R_3}$$

$$V_{R5} = \frac{R_5 V-(I_1+I_2)R_1R_5}{R_4+R_5}$$

وبما أن: $V_{R3} = V_{R5}$

و بحذف R_3 من الطرف الأيسر للبسط و R_5 من الطرف الأيمن للبسط في المعادلة. ينتج:

$$\frac{V-(I_1+I_2)R_1}{\left(\frac{R_2}{R_3}+1\right)} = \frac{V-(I_1+I_2)R_1}{\left(\frac{R_4}{R_5}+1\right)}$$

$$\frac{1}{\left(\frac{R_2}{R_3}+1\right)} = \frac{1}{\left(\frac{R_4}{R_5}+1\right)}$$

أي أن:

$$\frac{R_3}{R_2} = \frac{R_5}{R_6}$$

3. أيّ المقاومات يمكن أن نضع مكانها مقاومةً متغيرةً لكي تستخدم أداة في ضبط الدائرة وموازنتها؟

أي مقاومة ما عدا R_1 .

4. أيّ المقاومات يمكن أن نضع مكانه مقاومةً متغيرةً لكي تستخدم أداة تحكّم وضبط حسّاسة؟ ولماذا يكون ذلك ضروريًّا؟ وكيف يمكن استخدامه عمليًّا؟

R_1.بما أن الجلفانومتر يمتاز بأنه أداة حساسة ويمكن أن يتلف إذا مرّ فيها تيار كبير ،لذا إذا كانت R_1 قابلة للتعديل أو الضبط وجب جعل قيمتها كبيرة قبل تشغيل الدائرة، وهذا من شأنه أن يحدَّ من قيمة التيار المار في الجلفانومتر .وعند تعديل قيمة المقاومة الموازنة واقتراب قراءة الجلفانومتر من الصفر تزداد الحساسية بنقصان مقدار المقاومة R_1 .

مسائل تدريبية

5–1 المغانط: الدائمة والمؤقتة صفحة (142 –133)

صفحة 137

1. إذا حملت قضيبين مغناطيسيين على راحتي يديك، ثم قربت يدك إحداهما إلى الأخرى فهل ستكون القوة تنافرًا أم تجاذبًا في كل من الحالتين الآتيتين:

a. تقريب القطبين الشماليين أحدهما إلى الآخر.

تنافر

b. تقريب القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي.

تجاذب

2. يبين **الشكل 7–5** خمسة مغانط في صورة أقراص مثقوبة بعضها فوق بعض. فإذا كان القطب الشمالي للقرص العلوي متجهًا إلى أعلى فما نوع القطب الذي سيكون نحو الأعلى للمغانط الأخرى؟

■ **الشكل 7–5**

جنوبي، شمالي، جنوبي، شمالي، على الترتيب من أعلى إلى أسفل.

3. يجذب مغناطيس مسمارًا، ويجذب المسمار بدوره قطعًا صغيرة، كما هو موضّح في **الشكل 3–5**. فإذا كان القطب الشمالي للمغناطيس الدائم عن اليسار كما هو موضّح فأي طرفي المسمار يمثل قطبًا جنوبيًّا؟

الطرف السفلي (أو الرأس المدبب)

4. لماذا تكون قراءة البوصلة المغناطيسية غير صحيحة أحيانًا؟

لأن المجال المغناطيسي الأرضي يُشوَه بوساطة الأجسام المصنوعة من الحديد والنيكل والكوبلت الموجودة على مقربة من البوصلة، وكذلك بوساطة خامات هذه الفلزات نفسها.

صفحة 140

5. يسري تيار كهربائي في سلك مستقيم طويل من الشمال إلى الجنوب. أجب عما يأتي:

a. عند وضع بوصلة فوق السلك لوحظ أن قطبها الشمالي اتجه شرقًا. ما اتجاه التيار في السلك؟

من الجنوب إلى الشمال

b. إلى أي اتجاه تشير إبرة البوصلة إذا وضعت أسفل السلك؟

غربًا

6. ما شدة المجال المغناطيسي على بعد 1 cm من سلك يسرى فيه تيار، مقارنة بما يأتي:

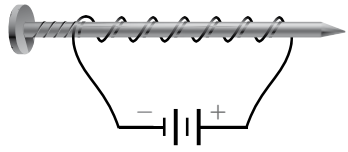
a. شدة المجال المغناطيسي على بعد 2 cm من السلك.

شدة المجال المغناطيسي تتناسب عكسيًا مع البعد عن السلك، لذا فالمجال المغناطيسي على بعد 1 cm سيكون أقوى مرتين من شدة المجال المغناطيسي على بعد 2 cm من السلك.

b. شدة المجال المغناطيسي على بعد 3 cm من السلك.

شدة المجال المغناطيسي تتناسب عكسيًا مع البعد عن السلك، لذا فالمجال المغناطيسي على بعد 1 cm سيكون أقوى ثلاث مرات من شدة المجال المغناطيسي على بعد 3 cm من السلك.

7. عمل طالب مغناطيسًا بلف سلك حول مسمار، ثم وصل طرفي السلك ببطارية، كما هو موضّح في **الشكل 13–5**. أي من طرفي المسمار (المدبب أم المسطح) سيكون قطبًا شماليًّا؟



■ **الشكل 13–5**

الرأس المدبّب.

8. إذا كان لديك بكرة سلك، وقضيب زجاجي، وقضيب حديدي، وآخر من الألومنيوم فأي قضيب تستخدم لعمل مغناطيس كهربائي يجذب قطعًا فولاذية؟ وضّح إجابتك.

استخدم قضيب الحديد، لأن الحديد سينجذب نحو المغناطيس الدائم، وسيكتسب خصائص المغناطيس، بينما لا يكتسبها كلٌ من الزجاج والألومنيوم، وتأثير الحديد سيركز المجال المغناطيسي حول الملف وسيقوي المغناطيس الكهربائي .

9. يعمل المغناطيس الكهربائي الوارد في المسالة السابقة جيدًا، فإذا أردت أن تجعل قوته قابلة للتعديل والضبط باستخدام مقاومة متغيرة فهل ذلك ممكن؟ وضّح إجابتك.

نعم، نصل المقاومة المتغيرة على التوالي مع مصدر القدرة والملفّ، ثم نضبط المقاومة المتغيرة ونعدّلها، فالمقاومة الأكبر ستقلّل مقدار المجال.

مراجعة القسم

1–5 المغانط: الدائمة والمؤقتة صفحة (142 –133)

صفحة 142

10. **المجالات المغناطيسية** هل المجال المغناطيسي حقيقي أم مجرد وسيلة من النمذجة العلمية؟

خطوط المجال ليست حقيقية. أمّا المجال فهو حقيقي.

11. **القوى المغناطيسية** اذكر بعض القوى المغناطيسية الموجودة حولك، وكيف يمكنك عرض تأثيرات هذه القوى؟

قد تختلف إجابات الطلاب، ويجب أن تتضمن الإجابات المغانط الموجودة على أبواب الثلاجة، والمجال المغناطيسي الأرضي. ويمكن عرض تاثير هذه القوى عن طريق إحضار مغناطيس آخر أو مادة يمكن مغنطتها بالقرب منها.

12. **اتجاه المجال المغناطيسي** صف قاعدة اليد اليمنى المستخدمة لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي حول سلك مستقيم يمر فيه تيار كهربائي.

إذا قبضت على السلك بيدك اليمنى وجعلت إبهامك يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحي فسيشير انحناء أصابعك نحو اتجاه المجال المغناطيسي.

13. **المغانط الكهربائية** وضعت قطعة زجاج رقيقة وشفافة فوق مغناطيس كهربائي نشط، ورش فوقها برادة الحديد فترتبت بنمط معين. إذا أعيدت التجربة بعد عكس قطبية مصدر الجهد. فما الاختلافات التي ستلاحظها ؟ وضّح إجابتك.

لا شيء. برادة الحديد ستبين شكل المجال نفسه، ولكن البوصلة تبيّن انعكاس القطبية المغناطيسية.

14. **التفكير الناقد** تخيل لعبة داخلها قضيبان فلزيان متوازيان وضعا بصورة افقية أحدهما فوق الآخر، وكان القضيب العلوي حر الحركة إلى أعلى وإلى أسفل.

a. إذا كان القضيب العلوي يطفو فوق السفلي، وعُكِس اتجاه القضيب العلوي فإنه سيسقط نحو القضيب السفلي. وضّح لماذا قد يسلك القضيبان هذا السلوك؟

القضيبان الفلزيّان مغناطيسان لهما محاور متوازية، فإذا وضع القضيب العلويّ بحيث يكون قطباه الشماليّ N والجنوبي S فوق القطبين الشماليّ N والجنوبي S للقضيب السفليّ، فسيتنافر القضيب العلوي مع السفلي وسيكون معلّقًا أو طافيًا فوق السفلي، وإذا عُكس طرفا القضيب العلويّ فسيحدث تجاذب مع القضيب السفليّ.

b. افترض أن القضيب العلوي قد فُقد واستبدل به قضيب آخر. في هذه الحالة سيسقط القضيب العلوي نحو القضيب السفلي مهما كان اتجاهه، فما نوع القضيب الذي استعمل؟

إذا وضع أيّ قضيب من الحديد العاديّ في الأعلى، فسينجذب إلى المغناطيس السفليّ بأي اتجاه.

مسائل تدريبية

5–2 القوى الناتجة عن المجالات الكهربائية (صفحة 153 – 143)

صفحة 146

15. ما اسم القاعدة المستخدمة لتحديد اتجاه القوة المؤثرة في سلك يسري فيه تيار كهربائي متعامد مع المجال المغناطيسي؟ حدّد ما يجب معرفته لاستخدام هذه القاعدة.

القاعدة الثالثة لليد اليمنى، يجب أن يكون كل من اتجاه التيار الكهربائي واتجاه المجال المغناطيسي معلومين.

16. يسري تيار مقداره 8.0 A في سلك طوله 0.50 m، موضوع عموديًّا في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.40 T. ما مقدار القوة المؤثرة في السلك؟

$$F = BIL = (0.40\ \text{N/A.m})(8.0\ \text{A})(0.50\ \text{m})$$
$$= 1.6\ \text{N}$$

17. سلك طوله 75 cm يسري فيه تيار مقداره 6.0 A موضوع عموديًّا في مجال مغناطيسي منتظم، فتأثر بقوة مقدارها 0.60 N. ما مقدار المجال المغناطيسي المؤثر؟

$$F = BIL$$
$$B = \frac{F}{IL} = \frac{0.60\ \text{N}}{(6.0\ \text{A})(0.75\ \text{m})} = 0.13\ \text{T}$$

18. سلك نحاسي طوله 40.0 cm، ووزنه 0.35 N. فإذا كان السلك يمر فيه تيار مقداره 6.0 A فما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن يؤثر فيه رأسيًّا بحيث يكون كافيًا لموازنة قوة الجاذبية المؤثرة في السلك (وزن السلك)؟

$F = BIL$, حيث F = وزن السلك

$$B = \frac{F}{IL} = \frac{0.35\ \text{N}}{(6.0\ \text{A})(0.400\ \text{m})} = 0.15\ \text{T}$$

19. ما مقدار التيار الذي يجب أن يسري في سلك طوله 10.0 cm وموضوع عموديًّا في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.49 T ليتأثر بقوة مقدارها 0.38 N؟

$$F = BIL$$

$$I = \frac{F}{BL} = \frac{0.38\ \text{N}}{(0.49\ \text{T})(0.100\ \text{m})} = 7.8\ \text{A}$$

صفحة 152

20. إلى أي اتجاه يشير الإبهام عند استخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى لإلكترون يتحرك عموديًّا على مجال مغناطيسي؟

في اتجاه معاكس لحركة الإلكترونات

21. يتحرك إلكترون عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته 0.50 T بسرعة 4.0×10^6 m/s، ما مقدار القوة المؤثرة في الإلكترون؟

$$F = Bqv$$
$$= (0.50\ \text{T})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(4.0\times10^{6}\ \text{m/s})$$
$$= 3.2\times10^{-13}\ \text{N}$$

22. تتحرك حزمة من الجسيمات الثنائية التأين (فقد كل جسيم إلكترونين، لذا أصبح كل جسيم يحمل شحنتين أساسيتين) بسرعة 3.0×10^4 m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته 9.0×10^{-2} T، ما مقدار القوة المؤثرة في كل أيون؟

$$F = Bqv$$
$$= (9.0\times10^{-2}\ \text{T})(2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(3.0\times10^{4}\ \text{m/s})$$
$$= 8.6\times10^{-16}\ \text{N}$$

23. دخلت حزمة من الجسيمات الثلاثية التأين (يحمل كل منها ثلاث شحنات أساسية موجبة) عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته 4.0×10^{-2} T بسرعة 9.0×10^6 m/s. احسب مقدار القوة المؤثرة في كل أيون.

$$F = Bqv$$
$$= (4.0\times10^{-2}\ \text{T})(3)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(9.0\times10^{6}\ \text{m/s})$$
$$= 1.7\times10^{-13}\ \text{N}$$

24. تتحرك ذرات هليوم ثنائية التأين (جسيمات ألفا) بسرعة 4.0×10^4 m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 5.0×10^{-2} T، ما مقدار القوة المؤثرة في كل جسيم؟

$$F = Bqv$$
$$= (5.0\times10^{-2}\ \text{T})(2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(4.0\times10^{4}\ \text{m/s})$$
$$= 6.4\times10^{-16}\ \text{N}$$

مراجعة القسم

2–5 القوى الناتجة عن المجالات الكهربائية (صفحة 153 – 143)

صفحة 153

25. **القوى المغناطيسية** تخيل أن سلكًا يمتد شرق – غرب متعامدًا مع المجال المغناطيسي الأرضي، ويسري فيه تيار إلى الشرق، فما اتجاه القوة المؤثرة في السلك؟

إلى الأعلى بعيدًا سطح الأرض

26. **الانحراف** تقترب حزمة إلكترونات في أنبوب الأشعة المهبطية من المغانط التي تحرفها. فإذا كان القطب الشمالي في أعلى الأنبوب والقطب الجنوبي في أسفله، وكنت تنظر إلى الأنبوب من جهة الشاشة الفوسفورية، ففي أي اتجاه تنحرف الإلكترونات؟

نحو الجانب الأيسر من الشاشة

27. **الجلفانومترات** قارن بين مخطط الجلفانومتر الموضّح في **الشكل 18–5** ومخطط المحرك الموضّح في **الشكل 20–5**. ما أوجه التشابه والاختلاف بينهما؟

كلاهما يحتوي على ملف موضوع بين قطبي مغناطيس دائم،وعندما يمر في الملف تيار فإن ملف الجلفانومتر لا يدور أكثر من 180°، أما ملف المحرك فيدور عدة دورات كل منها 360°، يستخدم الجلفانومتر لقياس تيارات مجهولة، في حين للمحرك عدة استخدامات.

28. **المحركات الكهربائية** عندما يتعامد مستوى ملف المحرك مع المجال المغناطيسي لا تنتج القوى عزمًا على الملف، فهل هذا يعني أن الملف لا يدور؟ وضّح إجابتك.

إذا كان الملف متحرّكًا فسوف يعمل القصور الذاتي الدوراني على استمرار تحريكه ليتجاوز النقطة التي يصبح عندها مقدار العزم المؤثر فيه صفرًا، وحينها يكون تسارع الملف هو الذي يصبح صفرًا وليست سرعته.

29. **المقاومة الكهربائية** يحتاج جلفانومتر إلى 180 μA لكي ينحرف مؤشره إلى أقصى تدريج. ما مقدار المقاومة الكلية (مقاومة الجلفانومتر ومقاومة المجزئ) اللازمة للحصول على فولتمتر أقصى تدريج يقيسه 5.0 V؟

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5.0\ \text{V}}{180\ \mu\text{A}} = 27.7\ \text{k}\Omega$$

تابع الفصل 5

30. **التفكير الناقد** كيف يمكنك معرفة أن القوتين بين سلكين متوازيين يمر فيهما تياران ناتجتان عن الجذب المغناطيسي بينهما وليستا ناتجتين عن الكهرباء السكونية؟ *تنبيه: فكر في نوع الشحنات عندما تكون القوة تجاذبًا. ثم فكر في القوى عندما يكون هناك ثلاثة أسلاك متوازية تحمل تيارات في الاتجاه نفسه.*

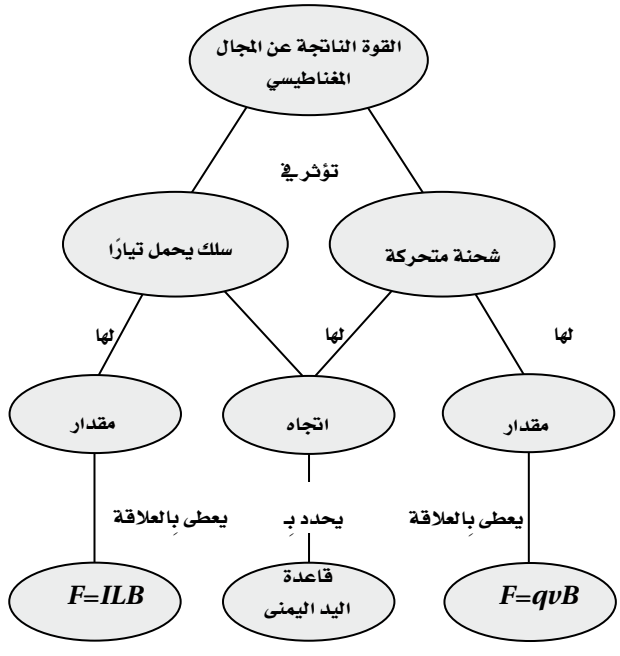
إذا كانت التيارات في الاتجاه نفسه فستكون القوة قوة تجاذب. ووفق الكهرباء الساكنة إذا كانت الشحنات متشابهة فإنها ستتنافر. كما ستتجاذب الاسلاك الثلاثة وهذا لا يمكن أن يحدث إذا كان سبب القوى هو الشحنات الكهربائية الساكنة.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 158

31. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: قاعدة اليد اليمنى، $F=qvB$ و$F=ILB$.



إتقان المفاهيم

صفحة 158

32. اكتب قاعدة التنافر والتجاذب المغناطيسي.

الأقطاب المتشابهة تتنافر و الأقطاب المختلفة تتجاذب.

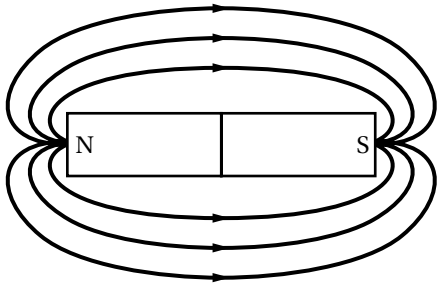
33. صف كيف يختلف المغناطيس الدائم عن المغناطيس المؤقت.

يشبه المغناطيس المؤقت المغناطيس الدائم إذا كان تحت تاثير مغناطيس آخر فقط، والمغناطيس الدائم لا يحتاج إلى مؤثرات خارجية ليجذب الأجسام.

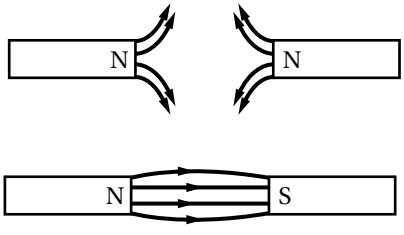
34. سمِّ العناصر المغناطيسية الثلاثة الأكثر شيوعًا.

الحديد والكوبالت والنيكل.

35. ارسم قضيبًا مغناطيسيًا صغيرًا، وبيّن خطوط المجال المغناطيسي التي تظهر حوله، واستخدم الأسهم لتحديد اتجاه خطوط المجال.



36. ارسم المجال المغناطيسي بين قطبين مغناطيسيين متشابهين وبين قطبين مغناطيسيين مختلفين مبينًا اتجاهات المجال.



37. إذا كسرت مغناطيسًا جزأين فهل تحصل على قطبين منفصلين شمالي وجنوبي؟ وضّح إجابتك.

لا، ستتكون أقطاب جديدة على كل طرف من الأطراف المكسورة.

تابع الفصل 5

38. صف كيفية استخدام القاعدة الأولى لليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي حول سلك مستقيم يسري فيه تيار كهربائي.

اقبض على السلك باليد اليمنى، واجعل الإبهام يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحي في السلك، وستطوّق الأصابع السلك مشيرة إلى اتجاه المجال المغناطيسي.

39. إذا مرَّ تيار كهربائي في سلك على شكل حلقة فلماذا يكون المجال المغناطيسي داخل الحلقة أكبر من خارجها؟

لأن خطوط المجال المغناطيسي تتركز في داخل الحلقة.

40. صف كيفية استخدام القاعدة الثانية لليد اليمنى لتحديد قطبي مغناطيس كهربائي.

اقبض على الملف باليد اليمنى، ستطوّق الأصابع الملف وتدور مشيرة إلى اتجاه التيار الاصطلاحي فيه، فسيشير إبهام اليد اليمنى إلى القطب الشمالي للمغناطيس الكهربائي.

41. كل إلكترون في قطعة حديد يشبه مغناطيسًا صغيرًا جدًا. إلا أن قطعة الحديد قد لا تكون مغناطيسًا. وضّح إجابتك.

لا تكون الإلكترونات في الاتجاه نفسه ولا تتحرك في الاتجاه نفسه ولذلك ستكون مجالاتها المغناطيسية عشوائية فتلغي المجالات المغناطيسية بعضها البعض.

42. لماذا يضعف المغناطيس عند طرقه أو تسخينه؟

ستتبعثر المناطق المغناطيسية مقارنة بالنسق الذي كانت عليه وتصبح عشوائية التوزيع.

43. صف كيفية استخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في سلك يسري فيه تيار موضوع في مجال مغناطيسي.

اجعل اصابع اليد اليمنى تشير إلى اتجاه المجال المغناطيسي، واجعل الإبهام يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحي المتدفق في السلك. سيكون اتجاه العمود الخارج من باطن الكف في اتجاه القوة المؤثرة في السلك.

44. مر تيار كهربائي كبير في سلك فجأة، ومع ذلك لم يتاثر بأي قوة، فهل يمكنك ان تستنتج أنه لا يوجد مجال مغناطيسي في موقع السلك؟ وضّح إجابتك.

لا، قد يكون المجال موازيًا للسلك، فعندها لا توجد قوة مؤثرة.

45. ما جهاز القياس الكهربائي الناتج عن توصيل مجزئ تيار مع الجلفانومتر؟

الأميتر.

تطبيق المفاهيم

صفحة 159–158

46. أُخفي مغناطيس صغير في موقع محدد داخل كرة تنس. صف تجربة يمكنك من خلالها تحديد موقع كل من القطب الشمالي والقطب الجنوبي للمغناطيس.

استخدم البوصلة، سينجذب القطب الشمالي لإبرة البوصلة إلى القطب الجنوبي للمغناطيس، والعكس صحيح.

47. انجذبت قطعة فلزية إلى أحد قطبي مغناطيس كبير. صف كيف يمكنك معرفة ما إذا كانت القطعة الفلزية مغناطيسًا مؤقتًا أم مغناطيسًا دائمًا؟

انقلها إلى القطب الآخر، فإذا انجذب الطرف نفسه فالقطعة مغناطيس مؤقت، وإذا تنافر الطرف نفسه مع المغناطيس فهي مغناطيس دائم.

48. هل القوة المغناطيسية التي تؤثر بها الأرض في الإبرة المغناطيسية للبوصلة أقل أو تساوي أو أكبر من القوة التي تؤثر بها إبرة البوصلة في الأرض؟ وضّح إجابتك.

القوى متساوية وفق القانون الثالث لنيوتن.

49. **البوصلة** افترض أنك تهت في غابة، لكنك كنت تحمل بوصلة، ولسوء الحظ كان اللون الأحمر المحدد للقطب الشمالي غير واضح، وكان معك مصباح يدوي وبطارية وسلك. كيف يمكنك تحديد القطب الشمالي للبوصلة؟

صل السلك مع البطارية، بحيث يتكون تيار مبتعدًا عنك في أحد الفرعين، ثم احمل البوصلة فوق السلك مباشرة وقريبًا من ذلك الفرع من السلك، وباستخدام قاعدة اليد اليمنى سيكون طرف إبرة البوصلة المشير نحو اليمين قطبًا شماليًا.

50. يمكن للمغناطيس جذب قطعة حديد ليست مغناطيسًا دائمًا، كما يمكن لقضيب مطاط مشحون جذب عازل متعادل. صف العمليات المجهرية المختلفة التي تُنتج هذه الظواهر المتشابهة.

يُجبر المغناطيس جميع المناطق المغناطيسية في الحديد على أن تشير إلى الاتجاه نفسه، في حين يفصل قضيب المطاط المشحونة الشحنات الموجبة عن الشحنات السالبة في العازل.

51. سلك موضوع على طاولة المختبر، يسري فيه تيار. صف طريقتين على الأقل يمكنك بهما تحديد اتجاه التيار المار به.

استخدم البوصلة لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي، ثم أحضر مغناطسيًا قويًا وحدّد اتجاه القوة المؤثرة في السلك ثم استخدم في كلتا الحالتين قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه التيار المار بالسلك.

52. في أيّ اتجاه بالنسبة للمجال المغناطيسي يمكنك إمرار تيار كهربائي في سلك بحيث تكون القوة المؤثرة فيه صغيرة جدًّا أو صفرًا؟

اجعل السلك موازيًا للمجال المغناطيسي.

53. سلكان متوازيان يسري فيهما تياران متساويان.

a. إذا كان التياران متعاكسين فأين يكون المجال المغناطيسي الناتج عن السلكين أكبر من المجال الناتج عن أي منهما منفردًا؟

سيكون المجال المغناطيسي أكبر في أي نقطة بين السلكين.

b. أين يكون المجال المغناطيسي الناتج عن السلكين مساويًا ضعف المجال الناتج عن سلك منفرد؟

يكون المجال المغناطيسي مساويًا لمثلي المجال الناتج عن أحد السلكين على الخط المنصّف للمسافة بين السلكين.

c. إذا كان التياران في الاتجاه نفسه فأين يكون المجال الكلي صفرًا؟

يكون المجال المغناطيسي صفرًا على الخط المنصّف للمسافة بين السلكين.

54. كيف يتغير اقصى تدريج للفولتمتر إذا زادت قيمة المقاومة؟

سيزداد أقصى تدريج للفولتمتر.

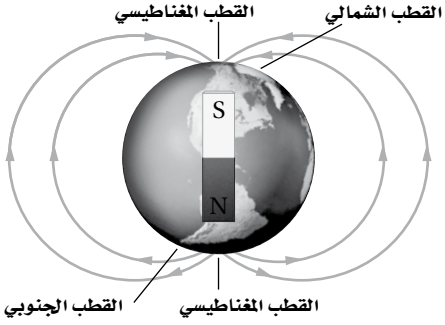
55. يمكن للمجال المغناطيسي ان يؤثر في جسيم مشحون، فهل يمكن للمجال أن يغير الطاقة الحركية للجسيم؟ وضّح إجابتك.

لا، القوة دائمًا متعامدة مع اتجاه السرعة، فلا يُبذل شغل، ولذلك لا تتغيّر الطاقة الحركية.

56. تتحرك حزمة بروتونات من الخلف إلى الأمام في غرفة. فانحرفت إلى أعلى عندما أثر فيها مجال مغناطيسي ما اتجاه المجال المغناطيسي المسبب لانحرافها؟

يكون اتجاه المجال باتجاه مقدمة الغرفة، وتكون السرعة إلى الأمام، وتكون القوة إلى أعلى، وباستخدام القاعدة الثالثة لليد اليمنى يكون المجال المغناطيسي B نحو اليسار.

57. انظر خطوط المجال المغناطيسي الأرضي الموضحة في **الشكل 23–5**. أين يكون المجال المغناطيسي أكبر: عند القطبين أم عند خط الاستواء؟ وضّح إجابتك.



■ **الشكل 23–5**

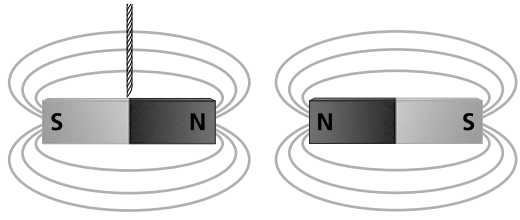
يكون مقدار المجال المغناطيسي الأرضي أكبر عند القطبين لأن الخطوط تكون متقاربة عند القطبين.

إتقان حل المسائل

5–1 المغانط: الدائمة والمؤقتة

صفحة 159–160

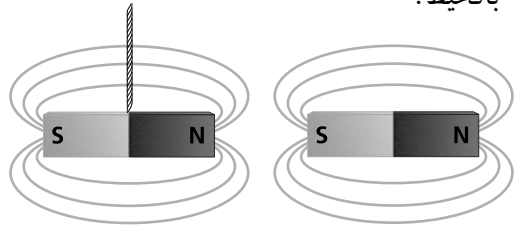
58. عند تقريب المغناطيس الموضّح في **الشكل 24–5** من المغناطيس المعلق ماذا يحدث للمغناطيس المعلق بالخيط؟



■ **الشكل 24–5**

يتحرك نحو اليسار أو يبدا في الدوران، الأقطاب المتشابة تتنافر.

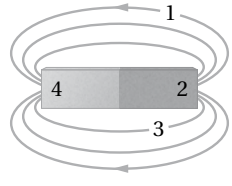
59. عند تقريب المغناطيس الموضّح في **الشكل 25–5** من المغناطيس المعلق، ماذا يحدث للمغناطيس المعلق بالخيط؟



■ **الشكل 25–5**

يتحرك نحو اليمين، الأقطاب المختلفة تتجاذب.

60. ارجع إلى **الشكل 26–5** للإجابة عن الأسئلة التالية:



■ **الشكل 26–5**

a. أين يقع القطبان؟

2 و4 من التعريف

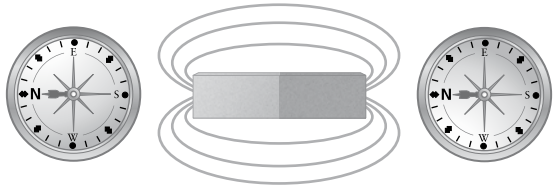
b. أين يقع القطب الشمالي؟

2 من التعريف واتجاه المجال

c. أين يقع القطب الجنوبي؟

4 من التعريف واتجاه المجال

61. يمثل **الشكل 27–5** استجابة البوصلة في موقعين مختلفين بالقرب من مغناطيس. أين يقع القطب الجنوبي للمغناطيس؟



■ **الشكل 27–5**

على الطرف الأيمن لأن الاقطاب المختلفة تتجاذب.

62. سلك طوله 1.50 m يسري فيه تيار مقداره 10.0 A، وضع عموديًّا في مجال مغناطيسي منتظم، فكانت القوة المؤثرة فيه 0.60 N. ما مقدار المجال المغناطيسي المؤثر؟

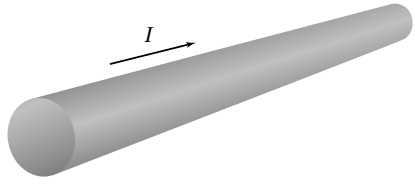
$$F = ILB$$

$$B = \frac{F}{IL} = \frac{0.60\ \text{N}}{(10.0\ \text{A})(1.50\ \text{m})} = 0.040\ \text{N/A.m}$$

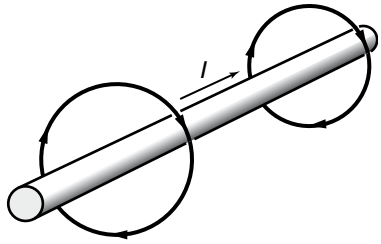
$$= 0.040\ \text{T}$$

تابع الفصل 5

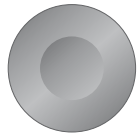
63. يسري تيار اصطلاحي في سلك، كما هو موضّح في **الشكل 28–5**. ارسم قطعة السلك في دفترك، ثم ارسم خطوط المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور التيار في السلك.



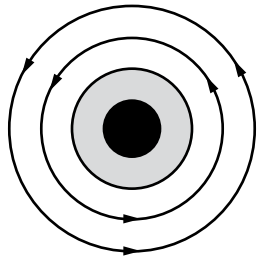
■ **الشكل 28–5**



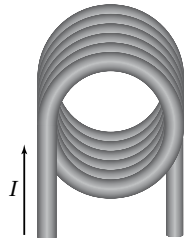
64. إذا كان التيار الاصطلاحي في **الشكل 29–5** خارجًا من مستوى الورقة فارسم الشكل في دفترك، ثم ارسم المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور التيار في السلك.



■ **الشكل 29–5**



65. يبين **الشكل 30–5** طرف مغناطيس كهربائي يسري خلاله تيار كهربائي.



■ **الشكل 30–5**

a. ما اتجاه المجال المغناطيسي داخل الحلقات؟

إلى أسفل(داخل الصفحة)

b. ما اتجاه المجال المغناطيسي خارج الحلقات؟

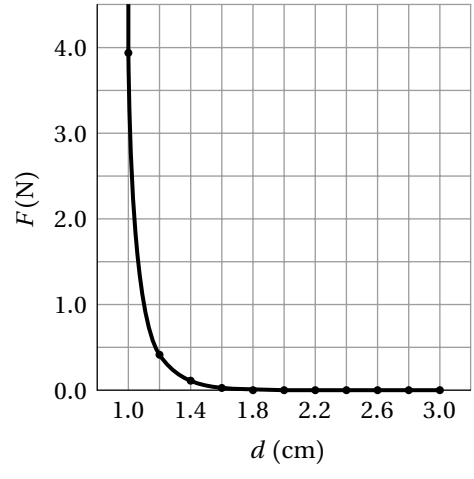
إلى أعلى(خارج الصفحة)

66. **المغانـط الخزفية** قيسـت قـوى التنافر بين مغناطيسـين خزفيين، ووجد أنها تعتمد على المسافة، كما هو موضّح في **الجدول 1–5**.

الجدول 1–5

المسافة d (cm)	القوة F (N)
1.0	3.93
1.2	0.40
1.4	0.13
1.6	0.057
1.8	0.030
2.0	0.018
2.2	0.011
2.4	0.0076
2.6	0.0053
2.8	0.0038
3.0	0.0028

a. مثّل بيانيًّا القوة كدالة مع المسافة.



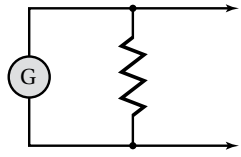
b. هل تخضع هذه القوة لقانون التربيع العكسي؟

لا.

5–2 القوى الناتجة عن المجالات المغناطيسية

صفحة 162–161

67. يسـتخدم المخطط الموضّح في **الشكل 31–5** لتحويل الجلفانومتر إلى نوع من الأجهزة. ما نوع هذا الجهاز؟



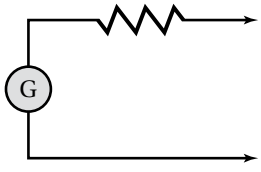
■ **الشكل 31–5**

أميتر، يمر معظم التيار خلال المقاومة وبذلك يسمح بقياس تيارات كبيرة.

68. ماذا تسمّى المقاومة في **الشكل 31–5**؟

مجزّئ التيار، ووفق التعريف يُعدّ مجزّئ التيار صيغة أخرى لتوصيل التوازي.

69. يسـتخدم المخطط الموضّح في **الشكل 32–5** لتحويل الجلفانومتر إلى نوع من الأجهزة. ما نوع هذا الجهاز؟



■ **الشكل 32–5**

فولتمتر، تقلّل المقاومة المضافة التيار إلى أي جهد معطى.

70. ماذا تسمّى المقاومة في **الشكل 32–5**؟

المضاعف، وفق التعريف تَضاعف المقاومة مقدار الجهد المقيس.

71. سلك طوله 0.50 m، يسري فيه تيار مقداره 8.0 A، وضع عموديًّا على مجال مغناطيسي منتظم، فكانت القوة المؤثرة فيه 0.40 N. ما مقدار المجال المغناطيسي المؤثر؟

$$F = ILB$$

$$B = \frac{F}{IL} = \frac{0.40\ \text{N}}{(8.0\ \text{A})(0.50\ \text{m})} = 0.10\ \text{T}$$

تابع الفصل 5

72. يسري تيار مقداره 5.0 A في سلك طوله 0.80 m، وضع عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.60 T. ما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

$$F = ILB = (5.0\ \text{A})(0.80\ \text{m})(0.60\ \text{N/A.m})$$

$$= 2.4\ \text{N}$$

73. يسري تيار مقداره 6.0 A في سلك طوله 25 cm، فإذا كان السلك موضوعًا في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.30 T عموديًّا عليه فما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

$$F = ILB = (6.0\ \text{A})(0.25\ \text{m})(0.30\ \text{N/A.m})$$

$$= 0.45\ \text{N}$$

74. يسري تيار مقداره 4.5 A في سلك طوله 35 cm، فإذا كان السلك موضوعًا في مجال مغناطيسي مقداره 0.53 T وموازيًا له فما مقدار القوة المؤثرة فيه؟

إذا كان السلك موازيًا للمجال فلا يوجد أي تأثير، ولذلك لا توجد قوة مؤثرة.

75. سلك طوله 625 m متعامد مع مجال مغناطيسي مقداره 0.04 T، تأثر بقوة مقدارها 1.8 N، ما مقدار التيار المار فيه؟

$$F = ILB$$

$$I = \frac{F}{BL} = \frac{1.8\ \text{N}}{(0.04\ \text{T})(625\ \text{m})}$$

$$= 0.0072\ \text{A}$$

$$= 7.2\ \text{mA}$$

76. يؤثر المجال المغناطيسي الأرضي بقوة مقدارها 0.12 N في سلك عمودي عليه طوله 0.80 m. ما مقدار التيار المار في السلك؟ استعمل المقدار 5.0×10^{-5} T للمجال المغناطيسي للأرض.

$$F = ILB$$

$$I = \frac{F}{BL} = \frac{0.12\ \text{N}}{(5.0\times10^{-5}\ \text{T})(0.80\ \text{m})}$$

$$= 3.0\times10^{3}\ \text{A}$$

$$= 3.0\ \text{kA}$$

77. إذا كانت القوة التي يؤثر بها مجال مغناطيسي مقداره 0.80 T في سلك يسري فيه تيار 7.5 A متعامد معه تساوي 3.6 N فما طول السلك؟

$$F = ILB$$

$$L = \frac{F}{BI} = \frac{3.6\ \text{N}}{(0.80\ \text{T})(7.5\ \text{A})} = 0.60\ \text{m}$$

78. سلك لنقل القدرة الكهربائية يسري فيه تيار مقداره 225 A من الشرق إلى الغرب، وهو موازٍ لسطح الأرض.

a. ما القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي الأرضي في كل متر منه؟ استعمل:

$$B = 5.0\times10^{-5}\ \text{T}$$

$$F = ILB$$

$$\frac{F}{L} = IB = (225\ \text{A})(5.0\times10^{-5}\ \text{T})$$

$$= 0.011\ \text{N/m}$$

b. ما اتجاه هذه القوة؟

ستكون القوة إلى أسفل.

c. ترى، هل تعدّ هذه القوة مهمة في تصميم البرج الحامل للسلك؟ وضّح إجابتك.

لا، تكون القوة أقل كثيرًا من وزن الأسلاك.

79. **الجلفانومتر** ينحرف مؤشر الجلفانومتر إلى أقصى تدريج عندما يمر فيه تيار مقداره 50.0 μA

a. ما مقدار المقاومة الكلية للجلفانومتر ليصبح أقصى تدريج له 10.0 V عند انحرافه بالكامل؟

$$V = IR$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{10.0\ \text{V}}{50.0\times10^{-6}\ \text{A}} = 2.00\times10^{5}\ \Omega$$

$$= 2.00\times10^{2}\ \text{k}\Omega$$

b. إذا كانت مقاومة الجلفانومتر 1.0 kΩ فما مقدار المقاومة الموصولة على التوالي (المضاعف)؟

المقاومة الكلية = 2.00×10^{2} kΩ، فتكون المقاومة الموصولة على التوالي

$2.00\times10^{2}\ \text{k}\Omega - 1.0\ \text{k}\Omega = 199\ \text{k}\Omega$.

80. استُخدم الجلفانومتر في المسألة السابقة لصنع أميتر أقصى تدريج له 10 mA، فما مقدار:

a. فرق الجهد خلال الجلفانومتر إذا مر فيه تيار 50 μA، علمًا بأن مقاومة الجلفانومتر تساوي 1.0 kΩ؟

$$V = IR = (50\times10^{-6}\ \text{A})(1.0\times10^{3}\ \Omega)$$

$$= 0.05\ \text{V}$$

b. المقاومة المكافئة للأميتر الناتج إذا كان التيار الذي يقيسه 10 mA؟

$$V = IR$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5\times10^{-2}\ \text{V}}{0.01\ \text{A}} = 5\ \Omega$$

c. المقاومة الموصولة بالجلفانومتر على التوازي للحصول على المقاومة المكافئة الناتجة في الفرع **b**؟

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R} - \frac{1}{R_2} = \frac{1}{5\ \Omega} - \frac{1}{1.0\times10^{3}\ \Omega}$$

$$R_1 = 5\ \Omega$$

81. تتحرك حزمة إلكترونات عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 6.0×10^{-2} T، وبسرعة 2.5×10^{6} m/s. ما مقدار القوة المؤثرة في كل إلكترون؟

$$F = Bqv$$

$$= (6.0\times10^{-2}\ \text{T})(1.6\times10^{-19}\ \text{C})(2.5\times10^{6}\ \text{m/s})$$

$$= 2.4\times10^{-14}\ \text{N}$$

82. **الجسيم دون الذري** يتحرك ميون (جسيم له شحنة مماثلة لشحنة الإلكترون) بسرعة 4.21×10^{7} m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي، فتأثر بقوة 5.00×10^{-12} N،

a. ما مقدار المجال المغناطيسي؟

$$F = qvB$$

$$B = \frac{F}{qv}$$

$$= \frac{5.00\times10^{-12}\ \text{N}}{(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(4.21\times10^{7}\ \text{m/s})}$$

$$= 0.742\ \text{T}$$

b. التسارع الذي يكتسبه الجسيم إذا كانت كتلته 1.88×10^{-28} kg؟

$$F = ma$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{5.00\times10^{-12}\ \text{N}}{1.88\times10^{-28}\ \text{kg}}$$

$$= 2.66\times10^{16}\ \text{m/s}^2$$

83. إذا كانت القوة المؤثرة في جسيم أحادي التأين تساوي 4.1×10^{-13} N عندما تحرك عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.61 T فما مقدار سرعة هذا الجسيم؟

$$F = qvB$$

$$v = \frac{F}{Bq} = \frac{4.1\times10^{-13}\ \text{N}}{(0.61\ \text{T})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}$$

$$= 4.2\times10^{6}\ \text{m/s}$$

84. يسري تيار كهربائي في حلقة سلكية مغمورة في مجال مغناطيسي منتظم قوي داخل غرفة. افترض أنك أدرت الحلقة بحيث لم يعد هناك أي ميل لها للدوران نتيجة للمجال المغناطيسي، فما اتجاه المجال المغناطيسي بالنسبة لمستوى الحلقة؟

يكون اتجاه المجال المغناطيسي عموديًّا على مستوى الحلقة، وتُستخدم قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال الناتج من الحلقة، ويكون المجال المغناطيسي داخل الغرفة في اتجاه مجال الحلقة نفسه.

85. أثرت قوة 5.78×10^{-16} N في جسيم مجهول الشحنة، ومتحرك بسرعة 5.65×10^{4} m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 3.20×10^{-2} T، ما عدد الشحنات الأساسية التي يحملها الجسيم؟

$$F = qvB$$

$$q = \frac{F}{Bv} = \frac{5.78\times10^{-16}\ \text{N}}{(3.20\times10^{-2}\ \text{T})(5.65\times10^{4}\ \text{m/s})}$$

$$= 3.20\times10^{-19}\ \text{C}$$

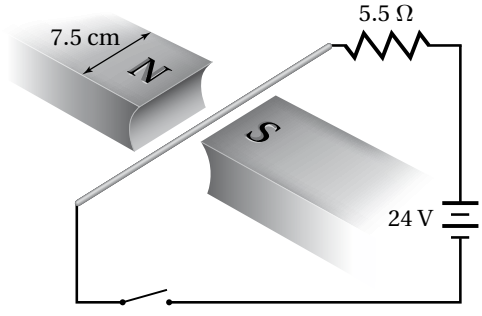
$$\text{N} = (3.20\times10^{-19}\ \text{C})\left(\frac{\text{شحنة 1}}{1.60\times10^{-19}\ \text{C}}\right)$$

$$= 2\ (\text{شحنتان})$$

مراجعة عامة

صفحة 163–162

86. وضع سلك نحاسي مهمل المقاومة في الحيز بين مغناطيسين، كما في **الشكل 33–5**. فإذا كان وجود المجال المغناطيسي مقتصرًا على هذا الحيز، وكان مقداره 1.9 T فأوجد مقدار القوة المؤثرة في السلك، واتجاهها في كل من الحالات التالية:



■ **الشكل 33–5**

a. عندما يكون المفتاح مفتوحًا.

القوة تساوي صفرًا، لأنه لا يوجد تيار، ولا يوجد مجال مغناطيسي من السلك، وأيضًا النحاس مادة غير مغناطيسية.

b. عند إغلاق المفتاح.

اتجاه القوة إلى أعلى، و تساوي 0.62 N، حيث يُحدّد اتجاه القوة بالقاعدة الثالثة لليد اليمنى.

$$I = \frac{V}{R}$$

$$F = ILB = \frac{VLB}{R}$$

$$= \frac{(24\ \text{V})(0.075\ \text{m})(1.9\ \text{T})}{5.5\ \Omega}$$

$$= 0.62\ \text{N}$$

c. عند إغلاق المفتاح وعكس البطارية.

اتجاه القوة إلى أسفل، وتساوي 0.62 N ، حيث يحدّد اتجاه القوة بالقاعدة الثالثة لليد اليمنى.

d. عند إغلاق المفتاح وتبديل السلك بقطعة مختلفة مقاومتها 5.5 Ω

الاتجاه إلى أعلى، القوة تساوي 0.31 N، اتجاه القوة يحدد بالقاعدة الثالثة لليد اليمنى.

$$I = \frac{V}{R}$$

$$F = ILB = \frac{VLB}{R}$$

$$= \frac{(24\ \text{V})(0.075\ \text{m})(1.9\ \text{T})}{5.5\ \Omega + 5.5\ \Omega}$$

$$= 0.31\ \text{N}$$

87. لديك جلفانومتران، أقصى تدريج لأحدهما 50.0 μA، وللآخر 500.0 μA، ولملفيهما المقاومة نفسها 855 Ω والمطلوب تحويلهما إلى أميترين، على أن يكون أقصى تدريج لكل منهما 100.0 mA.

a. ما مقدار مقاومة مجزئ التيار للجلفانومتر الأول؟

نجد فرق الجهد عبر الأميتر عند أقصى تدريج:

$$V = IR = (50.0\ \mu\text{A})(855\ \Omega) = 0.0428\ \text{V}$$

وبحساب مقاومة مجزئ التيار:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{0.0428\ \text{V}}{100.0\text{mA} - 50.0\ \mu\text{A}}$$

$$= 0.428\ \Omega$$

b. ما مقدار مقاومة مجزئ التيار للجلفانومتر الثاني؟

نجد فرق الجهد عبر الأميتر عند أقصى تدريج:

$$V = IR = (500.0\ \mu\text{A})(855\ \Omega) = 0.428\ \text{V}$$

وبحساب مقاومة مجزئ التيار:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{0.428\ \text{V}}{100.0\ \text{mA} - 500.0\ \mu\text{A}}$$

$$= 4.28\ \Omega$$

c. حدّد أيهما يعطي قراءات أدق؟ وضّح إجابتك.

يعطي الجلفانومتر الأول(50 mA) قراءة أدق، لأن لمجزئ التيار عندئذ مقاومه أقل، لذلك تكون المقاومة الكلية أصغر، حيث تكون مقاومة الأميتر المثالي صفر أوم تقريبًا.

88. **الجسيم دون الذري** يتحرك جسيم بيتا (إلكترون له سرعة كبيرة) عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.60 T بسرعة 2.5×10^{7} m/s . ما مقدار القوة المؤثرة في الجسيم؟

$$F = Bqv$$

$$= (0.60\ \text{T})(1.6\times10^{-19}\ \text{C})(2.5\times10^{7}\ \text{m/s})$$

$$= 2.4\times10^{-12}\ \text{N}$$

89. إذا كانت كتلة الإلكترون 9.11×10^{-31} kg فما مقدار التسارع الذي يكتسبه جسيم بيتا الوارد في المسألة السابقة؟

$$F = ma$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{2.4\times10^{-12}\ \text{N}}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}$$

$$= 2.6\times10^{18}\ \text{m/s}^2$$

90. يتحرك إلكترون بسرعة 8.1×10^{5} m/s نحو الجنوب في مجال مغناطيسي مقداره 16 T نحو الغرب. ما مقدار القوة المؤثرة في الإلكترون، واتجاهها؟

$$F = Bqv$$

$$= (16\ \text{T})(1.6\times10^{-19}\ \text{C})(8.1\times10^{5}\ \text{m/s})$$

$$= 2.1\times10^{-12}\ \text{N}$$

واتجاه القوة يكون إلى أعلى(باستخدام قاعدة اليد اليمنى)، تذكر أن حركة الإلكترون تكون بعكس إتجاه تدفق التيار.

91. **مكبر الصوت** إذا كان المجال المغناطيسي في سماعة عدد لفات ملفها 250 لفة يساوي 0.15 T، وقطر الملف 2.5 cm فما مقدار القوة المؤثرة في الملف إذا كانت مقاومته 8.0 Ω، وفرق الجهد بين طرفيه 15 V؟

$$I = \frac{V}{R}$$

$$L = (\text{عدد اللفات})(\text{المحيط}) = n\pi d$$

$$F = BIL$$

$$F = \frac{BVn\pi d}{R}$$

$$= \frac{(0.15\ \text{T})(15\ \text{V})(250)(\pi)(0.025\ \text{m})}{8.0\ \Omega}$$

$$= 5.5\ \text{N}$$

92. يسري تيار مقداره 15 A في سلك طوله 25 cm موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.85 T. فإذا كانت القوة المؤثرة في السلك تعطى بالعلاقة $F=ILB\sin\theta$ فاحسب القوة المؤثرة في السلك عندما يصنع مع المجال المغناطيسي الزوايا التالية:

a. 90°

$$F = ILB\sin\theta$$

$$= (15\ \text{A})(0.25\ \text{m})(0.85\ \text{T})(\sin 90°)$$

$$= 3.2\ \text{N}$$

b. 45°

$$F = ILB\sin\theta$$

$$= (15\ \text{A})(0.25\ \text{m})(0.85\ \text{T})(\sin 45°)$$

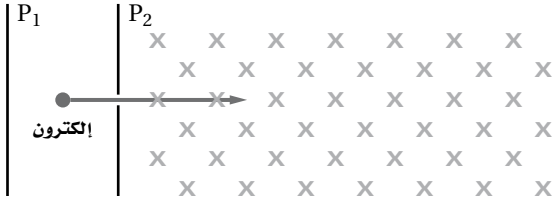
$$= 2.3\ \text{N}$$

c. 0°

$$\sin 0° = 0$$

$$F = 0\ \text{N}$$

93. سُرّع إلكترون من السكون خلال فرق جهد مقداره 20000 V بين اللوحين P_1 و P_2، كما هو موضح في **الشكل 34–5**. ثم خرج من فتحة صغيرة، ودخل مجالاً مغناطيسيًّا منتظما مقداره B إلى داخل الصفحة.



■ الشكل 34–5

a. حدّد اتجاه المجال الكهربائي بين اللوحين (من P_1 إلى P_2 أو العكس).

من P_2 إلى P_1

b. احسب سرعة الإلكترون عند P_2 بالاستعانة بالمعلومات المعطاة.

$$KE = q\Delta V = (1.6\times10^{-19}\ \text{C})(20000\ \text{J/C})$$

$$= 3.2\times10^{-15}\ \text{J}$$

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

$$v = \sqrt{\frac{2KE}{m}} = \sqrt{\frac{(2)(3.2\times10^{-15}\ \text{J})}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}}$$

$$= 8\times10^{7}\ \text{m/s}$$

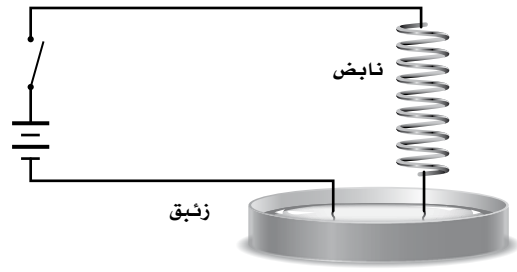
c. صف حركة الإلكترون داخل المجال المغناطيسي.

في اتجاه حركة عقارب الساعة.

التفكير الناقد

صفحة 163

94. **تطبيق المفاهيم** ماذا يحدث إذا مر تيار خلال نابض رأسي، كما هو موضّح في **الشكل 35–5** وكانت نهاية النابض موضوعة داخل كأس مملوءة بالزئبق؟ ولماذا؟



■ **الشكل 35–5**

عند مرور التيار خلال الملف يزداد المجال المغناطيسي، فتعمل القوة على ضغط النابض، لذلك يخرج طرف السلك من الزئبق وتفتح الدائرة فيقل المجال المغناطيسي عندئذٍ ينزل النابض إلى اسفل، وهكذا يتذبذب النابض إلى أعلى وإلى أسفل.

95. **تطبيق المفاهيم** يُعطى المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار في سلك طويل بالعلاقة $B=(2\times10^{-7}\ \text{T.m/A})(I/d)$؛ حيث تمثل B مقدار المجال بوحدة T (تسلا)، و I التيار بوحدة A (أمبير)، و d البعد عن السلك بوحدة m. استخدم هذه العلاقة لحساب المجالات المغناطيسية التي تتعرض لها في الحياة اليومية:

a. نادرًا ما يمر في أسلاك التمديدات المنزلية تيار أكبر من 10 A. ما مقدار المجال المغناطيسي على بُعد 0.5 m من سلك مماثل لهذه الأسلاك مقارنة بالمجال المغناطيسي الأرضي.

$$I = 10\ \text{A},\ d = 0.5\ \text{m}$$

لذا فإن:

$$B = \frac{(2\times10^{-7}\ \text{T.m/A})I}{d}$$

$$= \frac{(2\times10^{-7}\ \text{T.m/A})(10\ \text{A})}{0.5\ \text{m}}$$

$$= 4\times10^{-6}\ \text{T}$$

والمجال المغناطيسي للسلك يساوي 5×10^{-5} T، في حين المغناطيسي الأرضي الأرضي يساوي 4×10^{-6} T، لذلك يكون المجال المغناطيسي الأرضي اقوى من المجال المغناطيسي للسلك بِـ12 مرة تقريبًا.

b. يسري في أسلاك نقل القدرة الكهربائية الكبيرة غالبًا تيار 200 A بجهد أكبر من 765 kV. ما مقدار المجال المغناطيسي الناتج عن سلك من هذه الأسلاك على سطح الأرض على افتراض أنه يرتفع عن سطحها 20 m؟ وما مقدار المجال مقارنة بالمجال في المنزل؟

$$I = 200\ \text{A},\ d = 20\ \text{m}$$

لذا فإن:

$$B = \frac{(2\times10^{-7}\ \text{T.m/A})I}{d}$$

$$= \frac{(2\times10^{-7}\ \text{T.m/A})(200\ \text{A})}{20\ \text{m}}$$

$$= 2\times10^{-6}\ \text{T}$$

وهذا يمثل نصف مقدار المجال المغناطيسي في الفرع a.

c. تنصح بعض المجموعات الاستهلاكية المرأة الحامل بعدم استخدام البطانية الكهربائية؛ لأن المجال المغناطيسي يسبب مشاكل صحية. قدِّر المسافة التي يمكن أن يكون فيها الجنين بعيدًا عن السلك، موضحًا فرضيتك. إذا كانت البطانية تعمل على تيار 1 A فأوجد المجال المغناطيسي عند موقع الجنين. وقارن بين هذا المجال والمجال المغناطيسي الأرضي.

افترض ان هناك سلكًا واحدًا فقط يحمل التيار فوق الجنين، واستخدم مركز الجنين (حيث توجد الأعضاء الحية) بوصفه نقطة مرجعية. في المرحلة الأولى من

الحمل يمكن ان يكون الجنين على بعد 5 cm من البطانية، وفي المراحل المتأخرة من الحمل يكون مركز الجنين على بعد 10 cm ، لذلك:

$$I = 1\ \text{A}, d = 0.05\ \text{m}$$

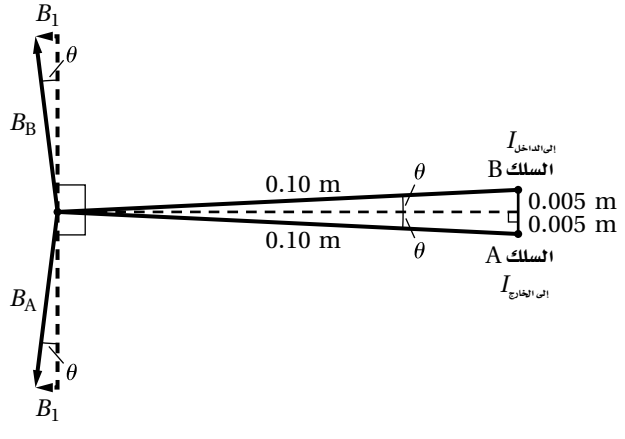
$$B = \frac{(2\times10^{-7}\ \text{T.m/A})I}{d}$$

$$= \frac{(2\times10^{-7}\ \text{T.m/A})(1\ \text{A})}{0.05\ \text{m}}$$

$$= 4\times10^{-6}\ \text{T}$$

أي أن المجال المغناطيسي الأرضي (5×10^{-5}) أقوى بـ 12 مرة

96. **جمع المتجهات** في جميع الحالات الموصوفة في المسألة السابقة هناك سلك آخر يحمل التيار نفسه في الاتجاه المعاكس. أوجد المجال المغناطيسي المحصل على بُعد 0.10 m من السلك الذي يسري فيه تيار 10 A. إذا كانت المسافة بين السلكين 0.01 m فارسم شكلاً يوضّح هذا الوضع. احسب مقدار المجال المغناطيسي الناتج عن كل سلك، واستخدم القاعدة الأولى لليد اليمنى لرسم متجهات توضّح المجالات. واحسب أيضًا حاصل الجمع الاتجاهي للمجالين مقدارًا واتجاهًا.



لكل سلك: $I = 10\ \text{A}, d = 0.10\ \text{m}$

لذا فإن $B = \frac{(2\times10^{-7}\ \text{T.m/A})(10\ \text{A})}{0.10\ \text{m}} = 2\times10^{-5}\ \text{T}$

من الشكل، فقط المركبات الموازية للخط المنصف بين الأسلاك تساهم في محصلة المجال، حيث تعطى المركبة من كل سلك بالعلاقة: $B_1 = B\sin\theta$

حيث $\sin\theta = \frac{0.005\ \text{m}}{0.10\ \text{m}} = 0.05$ **لذلك:**

$$B_1 = (2\times10^{-5}\ \text{T})(0.05) = 1\times10^{-6}\ \text{T}$$

أي:

لكن كل سلك يساهم بالمقدار نفسه من المجال؛ أي أن المحصلة $B = 2\times10^{-6}\ \text{T}$ و هذه المحصلة تعادل $\frac{1}{25}$ من المجال المغناطيسي الأرضي.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 164

97. ابحث في المغانط فائقة التوصيل، واكتب ملخصًا من صفحة واحدة للاستخدامات المحتملة لهذه المغانط. وتأكد من وصف أي عقبات تقف في طريق التطبيقات العملية لهذه المغانط.

قد تختلف إجابات الطلاب، تستخدم المغانط الفائقة التوصيل في التصوير بالرنين المغناطيسي MRI وقطارات الرفع المغناطيسي، وتحتاج المغانط الفائقة التوصيل إلى درجة حرارة منخفضة. يحاول العلماء تطوير مواد فائقة التوصيل عند درجات حرارة مرتفعة.

98. احسب الشغل الذي يتطلبه نقل شحنة مقدارها $6.40\times10^{-3}\ \text{C}$ خلال فرق جهد مقداره 2500 V.

$$W = qV = (6.40\times10^{-3}\ \text{C})(2500\ \text{V}) = 16\ \text{J}$$

99. إذا تغير التيار المار في دائرة جهدها 120 V من 1.3 A إلى 2.3 A فاحسب التغير في القدرة.

$$P = IV$$

$$P_1 = I_1V,\ P_2 = I_2V$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = I_2V - I_1V$$

$$= V(I_2 - I_1)$$

$$= (120\ \text{V})(2.3\ \text{A} - 1.3\ \text{A})$$

$$= 120\ \text{W}$$

تابع الفصل 5

100. وصلت ثلاث مقاومات مقدار كل منها 55 Ω على التوازي، ثم وصلت المقاومات السابقة على التوالي بمقاومتين تتصلان على التوالي، مقدار كل منهما 55 Ω، ما مقدار المقاومة المكافئة للمجموعة؟

$$\frac{1}{R_{\text{التوازي}}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R}$$

$$= \frac{1}{55\ \Omega} + \frac{1}{55\ \Omega} + \frac{1}{55\ \Omega} = \frac{3}{55\ \Omega}$$

$$R_{\text{التوازي}} = 18\ \Omega$$

$$R_{\text{المكافئة}} = R_{\text{التوازي}} + R + R$$

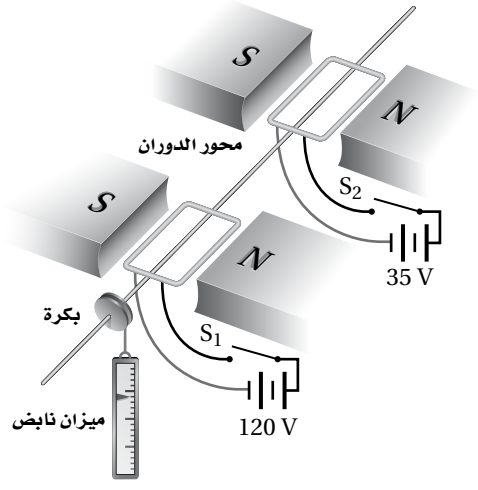
$$= 18\ \Omega + 55\ \Omega + 55\ \Omega$$

$$= 128\ \Omega$$

مسألة تحفيز

صفحة 149

يبين الشكل المجاور محركين كهربائيين متماثلين مستطيلي الشكل طول كل منهما 35 cm وعرضه 17 cm ومقاومته تساوي 12 Ω وعدد لفاته 48 لفة، على محور دوران واحد في مجال مغناطيسي شدته 0.21 T . (لتبسيط الرسم لم يرسم عاكسا التيار). وُصل السلك الأحمر بأقصى يسار الضلع الذي يمثل عرض الملف، ثم عاد إلى مؤخرة المحرك على الضلع الذي يمثل طول الملف. ولتعمل جاذبية الأرض على منع محور المحرك من الدوران تم تثبيت بكرة قطرها 7.2 cm على المحور، ومُرِّر عليها حبل كما في الشكل.



1. اشتق علاقة للعزم المؤثر في الملف وفق الوضع المبين باستخدام $F=ILB$.

يبين موضع الملف ذي القلب الحديدي للمحرك؛ أن ذراع الرافعة يساوي نصف عرض الملف، وطول السلك المتأثر بالمجال المغناطيسي يساوي طول الملفّ، ويزداد هذا الطول بزيادة عدد لفّات الملفّ n. ويتضاعف العزم لأنه عندما يدفع أحد الجانبين إلى أعلى بوساطة المجال المغناطيسي فإن الجانب الآخر يدفع إلى أسفل وفق القاعدة الثالثة لليد اليمنى.

$$\tau = nBIA\ (\text{الطول})\ (\text{العرض})\ \left(\frac{1}{2}\right)$$

لكن (الطول)(العرض)= (المساحة(A)، وبالتعويض في العلاقة السابقة ينتج أن: $\tau = nBIA$

أي أن العزم الناتج بوساطة الملف في المحرك يساوي عدد لفّات الملف مضروبة في مقدار المجال المغناطيسي مضروبًا في تيار الملفّ مضروبًا في مساحة الملفّ.

2. أوجد مقدار العزم المؤثر في المحور عند إغلاق المفتاح S1 وفتح المفتاح S2، وأوجد مقدار القوة المؤثرة في الميزان النابضي.

$$\tau = nBIA$$

$$= (48)(0.21\ \text{T})\left(\frac{120\ \text{V}}{12\ \Omega}\right)(0.35\ \text{m})(0.17\ \text{m})$$

$$= 6.0\ \text{N.m}$$

وبما أن المحور لا يمكنه الدوران، فالنظام في حالة اتزان. وتحسب القوة المؤثرة في الميزان النابضي(قراءة الميزان النابض) على أن نأخذ في الحسبان نصف قطر البكرة:

$$F_{\text{قراءة الميزان}} = \frac{6.0\ \text{N.m}}{0.036\ \text{m}} = 170\ \text{N}$$

3. أوجد مقدار العزم المؤثر في المحور عند إغلاق المفتاحين، ومقدار القوة المؤثرة في الميزان النابضي.

كلا المحركان ينتج عزمًا في اتجاه معاكس لحركة عقارب الساعة.

$$\tau_1 = (48)(0.21\ \text{T})\left(\frac{120\ \text{V}}{12\ \Omega}\right)(0.35\ \text{m})(0.17\ \text{m})$$

$$= 6.0\ \text{N.m}$$

$$\tau_2 = (48)(0.21\ \text{T})\left(\frac{35\ \text{V}}{12\ \Omega}\right)(0.35\ \text{m})(0.17\ \text{m})$$

$$= 1.7\ \text{N.m}$$

عكس اتجاه حركة عقارب الساعة $\tau_{\text{محصلة}} = 7.7\ \text{N.m}$

$$F_{\text{ميزان نابضي}} = \frac{7.7\ \text{N.m}}{0.036\ \text{m}} = 210\ \text{N}$$

4. ماذا يحدث للعزم عند دوران الملف؟

يقلّ العزم عندما يكون هناك دوران للملفّ عن الوضع المبين في الشكل لأن ذراع الرافعة يقصر. وعند الدوران والوصول إلى الزاوية $90°$؛ فإن القوة المؤثرة في الملفّ إلى أعلى وإلى أسفل (تُلغى)، كما يكون ذراع الرافعة الفعّال صفرًا. وضمن الوضع المبين في الشكل $\theta = 0°$ فإن:

$$\tau = nBIA\cos\theta$$

مسائل تدريبية

6–1 التيار الكهربائي الناتج عن تغيّر المجالات المغناطيسية (صفحة 167 – 176)

صفحة 171

1. يتحرك سلك مستقيم طوله 0.5 m إلى أعلى بسرعة 20 cm/s عموديًّا على مجال مغناطيسي أفقي مقداره 0.4 T.

a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟

$$EMF = BLv$$

$$= (0.4\ \text{T})(0.5\ \text{m})(20\ \text{m/s})$$

$$= 4\ \text{V}$$

b. إذا كان السلك جزءًا من دائرة مقاومتها 6.0 Ω فما مقدار التيار المار في الدائرة؟

$$I = \frac{EMF}{R} = \frac{4\ \text{V}}{6.0\ \Omega} = 0.7\ \text{A}$$

2. سلك مستقيم طوله 25 m مثبت على طائرة تتحرك بسرعة 125 m/s عموديًّا على المجال المغناطيسي الأرضي $B = 5.0\times10^{-5}\ \text{T}$. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟

$$EMF = BLv$$

$$= (5.0\times10^{-5}\ \text{T})(25\ \text{m})(125\ \text{m/s})$$

$$= 0.16\ \text{V}$$

3. يتحرك سلك طوله 30.0 m بسرعة 2.0 m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته 1.0 T.

a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية EMF المتولدة فيه؟

$$EMF = BLv$$

$$= (1.0\ \text{T})(30.0\ \text{m})(2.0\ \text{m/s})$$

$$= 6.0\times10^{1}\ \text{V}$$

b. إذا كانت مقاومة الدائرة تساوي 15.0 Ω فما مقدار التيار المار فيها؟

$$I = \frac{EMF}{R} = \frac{6.0\times10^{1}\ \text{V}}{15.0\ \Omega} = 4.0\ \text{A}$$

4. وضع مغناطيس دائم على شكل حذوة فرس بحيث تكون خطوط مجاله المغناطيسي رأسية. مرّر طالب سلكًا مستقيمًا بين قطبيه ثم سحبه نحوه خلال المجال المغناطيسي، فتولد فيه تيار من اليمين إلى اليسار. حدّد القطب الشمالي للمغناطيس.

باستخدام قاعدة اليد اليمنى يكون القطب الشمالي في الأسفل.

صفحة 175

5. مولد تيار متناوب يولّد جهدًا ذا قيمة عظمى مقدارها 170 V، أجب عما يلي:

a. ما مقدار الجهد الفعّال؟

$$V_{\text{فعّال}} = (0.707)V_{\text{عظمى}} = (0.707)(170\ \text{V})$$

$$= 1.2\times10^{2}\ \text{V}$$

b. إذا وصل مصباح قدرته 60 W بمولد، وكانت القيمة العظمى للتيار 0.70 A فما مقدار التيار الفعّال في المصباح؟

$$I_{\text{فعّال}} = (0.707)I_{\text{عظمى}} = (0.707)(0.70\ \text{A})$$

$$= 0.49\ \text{A}$$

6. إذا كانت قيمة متوسط الجذر التربيعي RMS للجهد المتناوب في مقبس منزلي 117 V فما مقدار القيمة العظمى للجهد خلال مصباح موصول مع هذا المقبس؟ وإذا كانت قيمة متوسط الجذر التربيعي RMS للتيار المار في المصباح 5.5 A فما مقدار القيمة العظمى للتيار المار في المصباح؟

$$V_{\text{عظمى}} = \frac{V_{\text{فعّال}}}{0.707} = \frac{117\ \text{V}}{0.707} = 165\ \text{V}$$

$$I_{\text{عظمى}} = \frac{I_{\text{فعّال}}}{0.707} = \frac{5.5\ \text{A}}{0.707} = 7.8\ \text{A}$$

تابع الفصل 6

7. مولد تيار متناوب يولد جهدًا قيمته العظمى 425 V .

a. ما مقدار الجهد الفعال في دائرة كهربائية موصولة مع المولد؟

$$V_{\text{فعّال}} = \frac{V_{\text{عظمى}}}{\sqrt{2}} = \frac{425\ \text{V}}{\sqrt{2}} = 3.01\times10^{2}\ \text{V}$$

b. إذا كانت مقاومة الدائرة الكهربائية $5\times10^{2}\ \Omega$ فما مقدار التيار الفعال؟

$$I_{\text{فعّال}} = \frac{V_{\text{فعّال}}}{R} = \frac{3.01\times10^{2}\ \text{V}}{5.0\times10^{2}\ \Omega} = 0.60\ \text{A}$$

8. إذا كان متوسط القدرة المستنفدة في مصباح كهربائي 75 W فما مقدار القيمة العظمى للقدرة؟

$$P = \frac{1}{2}P_{\text{عظمى}}$$

$$P_{\text{عظمى}} = (2)P = (2)(75\ \text{W}) = 1.5\times10^{2}\ \text{W}$$

مراجعة القسم

6–1 التيار الكهربائي الناتج عن تغيّر المجالات المغناطيسية (صفحة 176 –167)

صفحة 176

9. **المولّد الكهربائي** هـل يمكنك عمل مولـد كهربائي بوضع مغناطيس دائم على محور قابل للـدوران مع الابقاء على الملف ساكنًا، وضّح إجابتك.

نعم، الحركة النسبية بين الملف والمجال المغناطيسي للمغناطيس هي المهمة فقط.

10. **مولـد الدراجـة الهوائية** يعمـل مولد الكهرباء في الدراجة الهوائية على إضاءة المصباح. مـا مصدر طاقة المصباح عندما يقود راكب الدراجة دراجته على طريق أفقية مستوية؟

مصدرها الطاقة الكيميائية المخزنة لراكب الدراجة.

11. **الميكروفون** ارجـع إلى الميكروفون الموضّح في **الشكل 6–3**. ما اتجاه التيار في الملف عندما يُدفع الغشاء الرقيق إلى الداخل؟

يتجه التيار مع اتجاه عقارب الساعة من اليسار.

12. **التردد** ما التغيرات اللازم إجراؤها على مولد كهربائي لزيادة التردد؟

زيادة عدد أزواج الأقطاب المغناطيسية.

13. **الجهـد الناتـج** وضّـح لماذا يـزداد الجهد الناتج عن مولّد عند زيادة المجال المغناطيسـي؟وما الذي يتأثـر أيضًا بزيادة مقدار المجال المغناطيسي؟

يرتبط مقدار الجهد الحثّيّ المتولّد مباشرة مع مقدار المجال المغناطيسي، يتولّد جهد أكبر في الموصّل عند زيادة مقدار المجال المغناطيسي. ويتأثر التيار والقدرة في دائرة المولذد ايضًا.

14. **المولد الكهربائي** وضّح مبدأ العمل الأساسي للمولد الكهربائي.

اكتشـف مايكل فارادي أن فرق الجهد يتولّد عندما يتحرك جزء من سـلك يمر فيه تيار كهربائي في مجال مغناطيسـي، وقد يزداد الجهد الحثي المتولّد باستخدام مجال مغناطيسي أقوى، وبزيادة سرعة الموصل أو بزيادة الطول الفعّال للموصل المتحرك.

15. التفكير الناقد تساءل طالب: لماذا يستنفد التيار المتناوب قدرة، ما دامت الطاقة التي تُحوّل في المصباح عندما يكون التيار موجبًا تلغى عندما يكون التيار سالبًا، ويكون الناتج صفرًا؟ وضح لماذا يكون هذا الاستدلال غير صحيح؟

القدرة هي المعدل الزمني لنقل الطاقة، والقدرة هي حاصل ضرب I في V، وعندما يكون I موجبًا يكون V موجبًا أيضًا، ولذلك تكون القدرة دائمًا موجبة. وتستنفذ الطاقة دائمًا في المصباح، وعندما يكون I سالبًا تكون V سالبًا أيضًا ولذلك تكون القدرة دائمًا موجبةً، أي تستنفد الطاقة في المصباح دائمًا، أي أن الاستدلال المتضمن في السؤال غير صحيح.

مسائل تدريبية

6–2 تغير المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثية (صفحة 185 –177)

صفحة 184

في المسائل الآتية التيارات والجهود المشار إليها هي التيارات والجهود الفعّالة.

16. محول مثالي خافض عدد لفات ملفه الابتدائي 7500 لفة، وعدد لفات ملفه الثانوي 125 لفة، فإذا كان الجهد في دائرة الملف الابتدائي 7.2 kV فما مقدار الجهد في دائرة الملف الثانوي؟ وإذا كان التيار في دائرة الملف الثانوي 36 A فما مقدار التيار في دائرة الملف الابتدائي؟

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

$$V_s = \frac{V_p N_s}{N_p} = \frac{(7.2\times10^3\ \text{V})(125)}{7500}$$

$$= 1.2\times10^2\ \text{V}$$

$$V_p I_p = V_s I_s$$

$$I_p = \frac{V_s I_s}{V_p} = \frac{(1.2\times10^2\ \text{V})(36\ \text{A})}{7.2\times10^3\ \text{V}} = 0.60\ \text{A}$$

17. يتكون الملف الابتدائي في محول مثالي رافع من 300 لفة، ويتكون الملف الثانوي من 90000 لفة، فإذا كانت القوة الدافعة الكهربائية للمولد المتصل بالملف الابتدائي 60.0 V فما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الناتجة عن الملف الثانوي؟ وإذا كان التيار في دائرة الملف الثانوي 0.50 A فما مقدار التيار في دائرة الملف الابتدائي؟

$$V_s = \frac{V_p N_s}{N_p} = \frac{(60.0\ \text{V})(90000)}{300}$$

$$= 1.80\times10^4\ \text{V}$$

$$I_p = \frac{V_s I_s}{V_p} = \frac{(1.80\times10^4\ \text{V})(0.50\ \text{A})}{60.0\ \text{V}}$$

$$= 1.5\times10^2\ \text{A}$$

مراجعة القسم

6–2 تغير المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثية (صفحة 185 –177)

صفحة 185

18. السلك الملفوف والمغانط ملف سلكي معلق من نهايتيه بحيث يتأرجح بسهولة. إذا قرّبت مغناطيسًا إلى الملف فجأة فسيتأرجح الملف. بأي طريقة يتأرجح الملف بالنسبة للمغناطيس؟ ولماذا؟

بعيدًا عن المغناطيس يولّد تغيّر المجال المغناطيسي تيّارًا حثيًا في الملفّ، وهذا التيار يولّد مجالًا مغناطيسيًّا، وهذا المجال يعاكس مجال المغناطيس، لذلك تكون القوة بين الملفّ والمغناطيس قوة تنافر.

19. المحركات إذا نزعت قابس مكنسة كهربائية في أثناء تشغيلها من المقبس فستلاحظ حدوث شرارة كهربائية، في حين لا تشاهدها عند نزع قابس مصباح كهربائي. لماذا؟

سيولّد حثّ المحرّك قوة دافعة كهربائية عكسية، وهذا ما يسبب الشرارة، أما المصباح فلا يولّد قوة دافعة كهربائية عكسيّة.

20. المحوّلات والتيار وضح لماذا يعمل المحوّل الكهربائي على تيار متناوب فقط؟

لربط الملف الإبتدائي بالملف الثانويّ يجب أن يتدفق تيّار متغيّر خلال الملف الإبتدائي، وهذا التيار المتغيّر يولّد مجالًا مغناطيسيًّا متغيّرًا ينشأ عنه تيار حثي في الملف الثانوي.

21. **المحوّلات** كثيرًا ما يكون السلك المستخدم في ملفات المحوّل المكون من عدد قليل من اللفات سميكًا (مقاومته قليلة) بينما يكون سلك الملف المكون من عدد كبير من اللفات رفيعًا. لماذا؟

سيتدفق تيار أكبر خلال الملفّ ذي اللفات الأقل، ولذلك يجب أن تكون المقاومة قليلة للحدّ من الهبوط في الجهد، للحدّ من القدرة الضائعة I^2R وللحدّ من سخونة الأسلاك.

22. **المحوّلات الرافعة** بالرجوع إلى المحول الرافع الموضّح في **الشكل 13–6**، وضّح ماذا يحدث لتيار الملف الابتدائي إذا أصبحت دائرة الملف الثانوي دائرة قصر.

وفقًا لمعادلات المحول فإن النسبة بين عدد لفات الملف الابتدائي إلى عدد لفات الملف الثانوي تساوي النسبة بين تيار الملف الثانوي إلى تيار الملف الإبتدائي وهذه النسبة لا تتغير، لذا فإذا ازداد تيار الملف الثانوي فسيزداد تيار الملف الإبتدائي أيضًا

23. **التفكير الناقد** هل تصلح المغانط الدائمة لصنع قلب محوّل جيد؟ وضّح إجابتك.

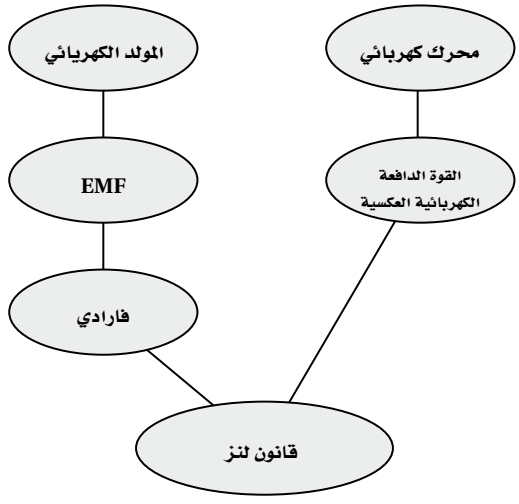
لا، لأن الجهد الحثيّ المتولّد يعتمد على تغير المجال المغناطيسي خلال القلب، وتصنع المغانط الدائمة من موادّ تقاوم التغيّر في المجال المغناطيسي.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 190

24. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: المولدالكهربائي،القوةالدافعةالكهربائيةالعكسية،قانونلنز.



إتقان المفاهيم

صفحة 190

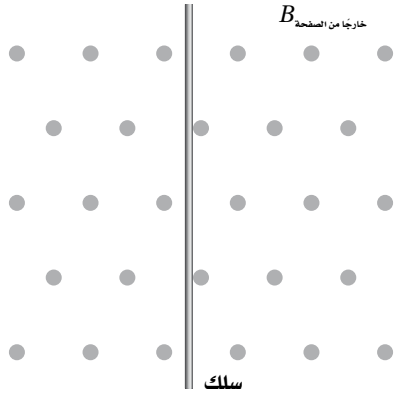
25. ما الجزء المتحرك في المولّد الكهربائي؟

الجزء المتحرك في المولّد الكهربائي يتكون من عدد من لفات السلك الكهربائي ملفوفة على قلب من الحديد، وعندما يدور هذا الجزء في مجال مغناطيسي، فأن لفات السلك تقطع المجال المغناطيسي فينشأ تيار حثي.

26. لماذا يستخدم الحديد في الملف الكهربائي؟

يستخدم الحديد في الملف ذو القلب الحديدي لزيادة تركيز المجال المغناطيسيّ.

للإجابة عن **الأسئلة 29–27** ارجع إلى **الشكل 16–6** .



■ **الشكل 16–6**

27. يتحرك موصل داخل مجال مغناطيسي ويتولد جهد كهربائي بين طرفيه. في أي اتجاه يجب أن يتحرك الموصل بالنسبة للمجال المغناطيسي دون أن يتولد جهد؟

أقل جهد متولّد (صفر فولت) ينتج عندما يتحرّك الموصل موازيًا لخطوط المجال المغناطيسيّ.

28. ما قطبية الجهد الحثي المتولّد في السلك عندما يقطع القطب الجنوبي لمجال مغناطيسي؟

ستتولد في الموصل المتحرك عند القطب الجنوبي جهد حثيّ موجب.

29. ما أثر زيادة الطول الكلي للموصل داخل مولد كهربائي؟

تؤدي زيادة طول الموصل إلى زيادة الجهد المتولّد.

تابع الفصل 6

30. فيم تتشابه نتائج كل من أورستد وفاراداي؟ وفيم تختلف؟

يتشابهان في كون كلّ منهما يبيّن العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسيّة. ويختلفان في أن التيّار الثابت يولد مجالًا مغناطيسيًا، في حين يتطلب توليد التيار الكهربائي مجالًا مغناطيسيًا متغيّرًا.

31. لديك ملف سلكي وقضيب مغناطيسي. صف كيف يمكنك استخدامهما في توليد تيار كهربائي؟

إمّا بتحريك المغناطيس إلى داخل الملفّ أو خارجه أو بتحريك الملفّ إلى أعلى أو إلى أسفل فوق طرف المغناطيس.

32. ما الذي ترمز إليهEMF؟ وما سبب عدم دقة الاسم؟

ترمز إلى القوة الدافعة الكهربائية الحثية ؛ وهي ليست قوّة وإنما فرق جهد (طاقة لكل وحدة شحنة).

33. ما الفرق بين المولّد الكهربائي والمحرك الكهربائي؟

في المولّد، تدوّر الطاقة الميكانيكية الملف ذا القلب الحديدي داخل المجال المغناطيسي، ويسبّب الجهد الحثيّ تدفق التيار الكهربائي، وبذلك تنتج طاقة كهربائية. أمّا في المحرك فيُطبّق جهد عبر ملفات الملف المثبت داخل المجال المغناطيسيّ، فيسبّب الجهد تدفّق التيار في الملفّ، لذا يدور الملف فينتج طاقة ميكانيكية.

34. اكتب الأجزاء الرئيسة لمولد التيار المتناوب AC.

يتكون مولّد التيار المتناوب AC من مغناطيس دائم، وملفّ، ومجموعة الفرشاتين، والحلقة.

35. لماذا تكون القيمة الفعّالة للتيار المتاوب أقل من القيمة العظمى له؟

تتغير القدرة المتولّدة بين صفر وقيمة عظمى في مولّد التيار المتناوب عند دوران الملف. والتيار الفعّال أو القيمة الفعّالة للتيار هي القيمة الثابتة التي تسبّب تبديد القدرة المتوسطة في مقاومة الحمل.

36. **الكهرومائية** يدير الماء الذي كان محجوزًا خلف السد التوربينات التي تدوّر المولدات. أعدّ قائمة بجميع أشكال الطاقة وتحولاتها منذ كان الماء محجوزا إلى أن تولدت الكهرباء.

هناك طاقة وضع في الماء المحجوز أو المخزّن خلف السدّ، والطاقة الحركية للماء الساقط تدير التوربينات، وتولد طاقة كهربائية في المولّد. وهنك طاقة ضائعة في التوربينات نتيجة الاحتكاك تظهر على شكل طاقة حرارية.

37. اكتب نص قانون لنز

التيار الحثيّ المتولّد يؤثر دائمًا في اتجاه يجعل المجال المغناطيسي الناتج عنه يقاوم التغيير في التيار المولّد له.

38. ما الذي يسبب تولّد القوة الدافعة الكهربائية العكسية في المحرك الكهربائي؟

هذا هو قانون لنز، يسلك المحرّك عندما يبدأ في الدوران سلوك مولّد، ويولدّ تيّارًا معاكسًا للتيار الذي زوّد به المحرك.

39. لماذا لا تحدث شرارة كهربائيةعندما تغلق مفتاحًا كهربائيًا لتمرير تيار إلى محث، في حين تحدث الشرارة عند فتح ذلك المفتاح؟

تنتج الشرارة عن القوة الدافعة الكهربائية العكسيّة التي تحاول الحفاظ على استمرار تدفّق التيار، وتكون القوة الدافعة الكهربائية العكسيّة كبيرة لأن التيار نقص إلى الصفر بسرعة، وعند إغلاق المفتاح لا تكون زيادة التيار سريعة بسبب مقاومة الأسلاك.

40. لماذا يكون الحث الذاتي في ملف عاملاً رئيسًا عندما يمر فيه تيار متناوب AC في حين يكون عاملاً ثانويًّا عندما يمر فيه تيار مستمر DC؟

يكون التيار المتناوب متغيرًا دائمًا في المقدار والاتجاه، ولذلك يكون عاملًا أساسيًا في الحث الذاتي في الملف، أما عندما يكون التيار مستمرًا فهو يصبح ثابتًا بعد فترة قصيرة، وعندها لا يحدث تغيّر في المجال المغناطيسي لذا؛ يعد التيار المستمر DC عاملًا ثانويًا في الحث الذاتي في الملف .

41. وضح لماذا تظهر كلمة "تغير" في هذا الفصل بكثرة؟

كما اكتشف فارادي فإن المجال المغناطيسي المتغيّر هو الذي يولّد قوة دافعة كهربائية حثيّة.

42. عـلام تعتمـد النسبة بيـن القـوة الـدافعـة الكهربائية في كل من دائرتي الملفين الابتدائي والثانوي للمحول نفسه ؟

تعتمد القـوة الدافعة الكهربائية EMF على نسـبة عدد لفّات السـلك في الملـف الإبتدائي إلى عدد لفّات السـلك في الملف الثانوي.

تطبيق المفاهيم

صفحة 192–190

43. اسـتخدم الوحدات لإثبات أن الفولت هو وحدة قياس للمقدار BLv.

وحدات BLvهي: $(T)(m)(m/s)$، لكن، $T=N/A.m$

و $A=C/s$، لذلك فإن وحدات BLv هي:

$(N.s/C.m)(m)(m/s) = N.m/c$،

لأن $J=N.m$ و $V=J/C$ فوحدة BLv هي (Vلفولت).

44. عندما يتحرك سـلك داخل مجال مغناطيسي، فهل تؤثر مقاومة الدائرة المغلقة في التيار فقط، أم في القوة الدافعة الكهربائية فقط، أم في كليهما، أم أن أيًّا منهما لا يتأثر؟

تؤثر في التيار فقط

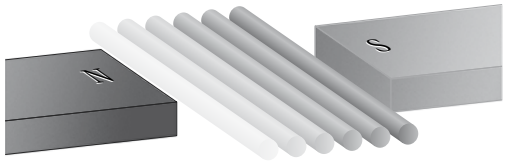
45. **الدراجـة الهوائية** عندما يُبطئ أحمد من سـرعة دراجته الهوائيـة ماذا يحدث للقـوة الدافعـة الكهربائية الناتجة عن مولد دراجته؟ استخدم مصطلح الملف ذي القلب الحديدي خلال التوضيح.

عندما يُبطئ أحمد دراجته الهوائية سـتقل سرعة دوران الملـف ذي القلـب الحديـدي الموجـود داخـل المجـال المغناطيسـي ، لذلـك سـتقل القـوة الدافعـة الكهربائية الناتجة في مولّد دراجته.

46. يتغير اتجاه الجهد المتناوب (AC) 120 مرة في كل ثانية، فهل يعني ذلك أن الجهاز الموصول بجهد متناوب AC يفقد الطاقة ويكتسبها بالتناوب؟

لا؛ تتزامن تغيّرات إشـارة التيار مع تغيّرات إشارة الجهد، لذا يكون حاصل ضرب التيار في الجهد دائمًا موجبًا.

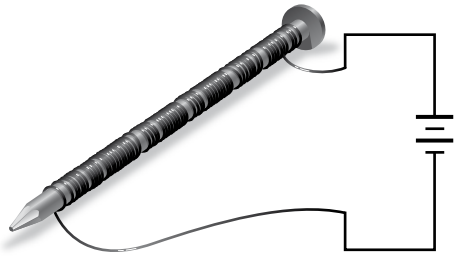
47. يتحرك سلك بصورة أفقية بين قطبي مغناطيس، كما هو موضح في **الشكل 17–6**. ما اتجاه التيار الحثي فيه؟



■ الشكل 17–6

لا يتولّـد تيـار حثيّ في السـلك، لأن اتجاه السـرعة موازٍ لاتجاه المجال المغناطيسي.

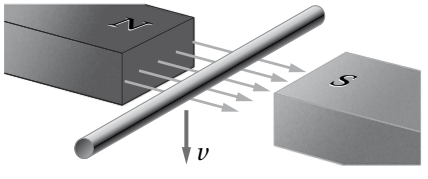
48. عملت مغناطيسًا كهربائيًّا بلف سلك حول مسمار طويل، كما هو موضح في **الشكل 18–6**، ثم وصلته مع بطارية، فهل يكون التيار أكبر بعد التوصيل مباشرة، أم بعد التوصيل بعدة أعشار من الثانية، أم يبقى التيار نفسه دائمًا؟ وضح إجابتك.



■ الشكل 18–6

يزداد التيار بعد التوصيل بعدة أعشار من الثانية، لأن القوة الدافعـة الكهربائية الحثيّة المتولّـدة في الملف تُقاوم تكوّن التيار بعد التوصيل مباشرة.

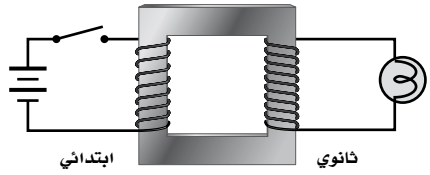
49. تتحـرك قطعـة من حلقة سـلكية إلى أسـفل بيـن قطبي مغناطيس، كما هو موضح في **الشـكل 19–6**. ما اتجاه التيار الحثي المتولد؟



■ الشكل 19–6

اتجاه التيار إلى اليسار وعلى طول مسار السّلك.

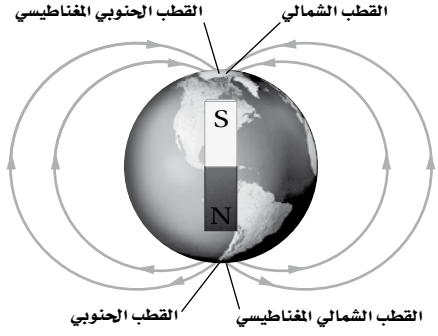
50. وصل محول مع بطارية بواسطة مفتاح كهربائي، ووصلت دائرة الملف الثانوي مع مصباح كهربائي، كما في **الشكل 20–6**. هل يضيء المصباح ما دام المفتاح مغلقًا، أم عند لحظة الإغلاق فقط، أم عند لحظة فتح المفتاح فقط؟ وضح إجابتك.



■ **الشكل 20–6**

سيضيء المصباح عند وجود تيار في دائرة الملف لثانوي، وهذا يحدث كلّما تغيّر تيار الملفّ الإبتدائي، ولذلك يضيء المصباح في الحالتين عند فتح المفتاح أو إغلاقه.

51. **المجال المغناطيسي الأرضي** اتجاه المجال المغناطيس الأرضي في النصف الشمالي في اتجاه الأسفل ونحو الشمال، كما هو موضح في **الشكل 21–6**. إذا تحرك سلك أفقي (يمتد من الشرق إلى الغرب) من الشمال إلى الجنوب فما اتجاه التيار المتولد؟



■ **الشكل 21–6**

اتجاه التيار المتولّد من الغرب إلى الشرق.

52. إذا حركت سلكًا نحاسيًا إلى أسفل خلال مجال مغناطيسي B كما في **الشكل 19–6** فأجب عما يلي:

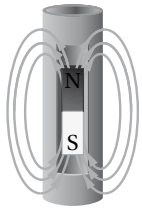
a. هل يسري التيار الحثي المتولّد في قطعة السلك إلى اليسار أم إلى اليمين؟

تبين قاعدة اليد اليمنى أن التيار الحثي المتولّد يسري إلى اليسار.

b. عندما يتحرك السلك داخل المجال المغناطيسي سيسري فيه تيار، وعندها تكون القطعة عبارة عن سلك يسري فيه تيار كهربائي وموضوع داخل مجال مغناطيسي، ويجب أن تؤثر فيه قوة مغناطيسية. ما اتجاه القوة التي ستؤثر في السلك نتيجة سريان التيار الحثي؟

تؤثّر القوة في السلك إلى الأعلى.

53. أسقط مدرس الفيزياء مغناطيسًا في أنبوب نحاسي، كما في **الشكل 22–6**، فتحرك المغناطيس ببطء شديد، فاعتقد الطلبة في الصف أنه يجب أن تكون هناك قوة معاكسة لقوة الجاذبية.



■ **الشكل 22–6**

a. ما اتجاه التيار الحثي المتولد في الأنبوب بسبب سقوط المغناطيس إذا كان القطب الجنوبي للمغناطيس هو القطب المتجه إلى أسفل ؟

تكون القوة الدافعة الكهربائية الحثّيّة متعامدة مع كل من المجال والسرعة، ويجب أن يكون التيار محيطًا بالأنبوب. وخطوط المجال تدخل في القطب الجنوبي S وتخرج من القطب الشمالي N، ووفق قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه التيار في اتجاه حركة عقارب الساعة بالقرب من القطب S وعكس اتجاه حركة عقارب الساعة بالقرب من القطب N.

b. يُنتج التيار الحثي مجالاً مغناطيسيًّا. ما اتجاه هذا المجال؟

يكون المجال داخل الأنبوب إلى أسفل بالقرب من القطب الجنوبي S، في حين يكون المجال بالقرب من القطب الشمالي N إلى أعلى.

c. كيف يعمل المجال المغناطيسي على تقليل تسارع المغناطيس الساقط؟

يؤثر المجال المغناطيسي المتولّد بقوة في المغناطيس في اتجاه الأعلى في القطبين.

54. **المولدات** لماذا يكون دوران المولد أكثر صعوبة عندما يكون متصلًا بدائرة كهربائية يُزوِّدها بالتيار، مقارنة بدورانه عندما لا يكون متصلاً بدائرة ما؟

عندما يدور الملفّ في المولّد تنشأ قوة دافعة حثية معاكسة لاتجاه الدوران نتيجة للتيار الحثيّ [قانون لنز] ، في حين عندما يكون ساكنًا لا يتولد فيه تيار حثيّ، أي لا توجد قوة دافعة حثية معاكسة.

55. وضح لماذا يكون التيار الابتدائي عند تشغيل المحرك كبيرًا. وضح أيضًا كيف يمكن تطبيق قانون لنز عند اللحظة $t > 0$؟

لا يدور الملف عند لحظة بداية التشغيل، لذلك لا يتقاطع الملف مع خطوط المجال ولا يتوفر فرق جهد. لهذا تكون القوة الدافعة الكهربائية الحثية العكسية صفرًا فلا يتكّون تيار أو مجال حول الموصل الساكن. وفي اللحظة التي يبدا فيها الملف بالدوران سيتقاطع مع خطوط المجال، ويتولّد فيه جهد حثيّ ويكون لهذا الجهد قطبيّة بحيث يولّد مجالًا مغناطيسيًا معاكسًا للمجال المولّد له، وهذا من شأنه تقليل التيار في المحرك. لذلك تزداد ممانعة المحرك للحركة.

56. بالرجوع إلى **الشكل 10–6** وبالربط مع قانون لنز، وضّح لماذا يتكون قلب المحرك الكهربائي من شرائح معزولة؟

يستخدم قلب على شكل شرائح رقيقة لتقليل تدفّق التيارات الدواميّة، ولأن التيارات الدوارنية تنتج في القلب بوساطة تغيّر التدفق المغناطيسي خلاله. حيث يؤديّ وجود فولتيّة حثيّة متولّدة في القلب إلى تكوّن التيارات الدواميّة.

57. يصنع محول كهربائي عملي بحيث يحتوي قلبه على شرائح ليست فائقة التوصيل. ولأنه لا يمكن التخلص نهائيًا من التيارات الدوامية فإنه يكون هناك فقد قليل للقدرة في قلب المحول. وهذا يعني وجود فقد مستمر للقدرة في قلب المحول. ما القانون الأساسي الذي يكون من المستحيل معه جعل الطاقة المفقودة صفرًا؟

قانون لنز

58. اشرح كيفية حدوث الحث المتبادل في المحول؟

عند مرور تيار متناوب في الملف الإبتدائي لمحوّل ينتج تدفق متغيّر للتيار خلال الملف، وهذا التيار بدوره يولّد تدفّقًا مغناطيسيًا متغيّرًا، ويولّد هذا التدفق المغناطيسي المتغيّر فولتيّة في الملف الثانوي المثبت على الجانب الآخر من القلب، وتعتمد الفولتيّة أو القوة الدافعة الكهربائية الحثيّة المتولّدة على معدّل التغيّر في التدفّق المغناطيسي (تردّد المصدر)، وعدد لفّات الملفّ الثانوي ومقدار التدفق المغناطيسي.

59. أسقط طالب قضيبًا مغناطيسيًّا بحيث كان قطبه الشمالي إلى أسفل في أنبوب نحاسي رأسي.

a. ما اتجاه التيار الحثي المتولّد في الأنبوب النحاسي في أثناء مرور قطبه الجنوبي؟

مع عقارب الساعة حول الأنبوب،عند النظر إلى الأنبوب من أعلى.

b. ينتج التيار الحثي المتولّد مجالاً مغناطيسيًّا. ما اتجاه هذا المجال؟

إلى أسفل الأنبوب باتجاه القطب الجنوبي للمغناطيس أي بعكس اتجاه المجال المغناطيسي للمغناطيس.

إتقان حل المسائل

6–1 التيار الكهربائي الناتج عن تغير المجالات المغناطيسية

صفحة 194–192

60. يتحرك سلك طوله 20.0 m بسرعة 4.0 m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي. فإذا تولدت قوة دافعة كهربائية حثية خلاله مقدارها 40 V فما مقدار المجال المغناطيسي؟

$$EMF = BLv$$

$$B = \frac{EMF}{Lv} = \frac{40\ \text{V}}{(20.0\ \text{m})(4.0\ \text{m/s})}$$

$$= 0.5\ \text{T}$$

تابع الفصل 6

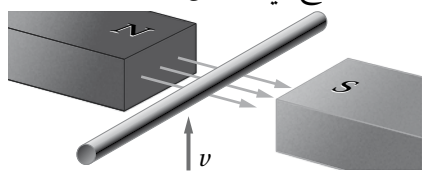
61. الطائرات تطير طائرة بسرعة 9.50×10^{2} km/h وتمر فوق منطقة مقدار المجال المغناطيسي الأرضي فيها 4.5×10^{-5} T، والمجال المغناطيسي في تلك المنطقة رأسي تقريبًا. احسب مقدار فرق الجهد بين طرفي جناحيها إذا كانت المسافة بينهما 75 m.

$$EMF = BLv$$

$$(4.5\times10^{-5}\ \text{T})(75\ \text{m})(9.50\times10^{2}\ \text{km/h})(1000\ \text{m/km})(1\ \text{h}/3600\ \text{s})$$

$$= 0.89\ \text{V}$$

62. يتحرك سلك مستقيم طوله 0.75 m إلى أعلى بسرعة 16 m/s في مجال مغناطيسي أفقي مقداره 0.30 T ، كما هو موضّح في **الشكل 23–6**.



■ **الشكل 23–6**

a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟

$$EMF = BLv$$

$$= (0.30\ \text{T})(0.75\ \text{m})(16\ \text{m/s})$$

$$= 3.6\ \text{V}$$

b. إذا كان السلك جزءًا من دائرة كهربائية مقاومتها 11Ω فما مقدار التيار المار فيها؟

$$EMF = IR$$

$$I = \frac{EMF}{R} = \frac{3.6\ \text{V}}{11\ \Omega} = 0.33\ \text{A}$$

63. ما السرعة التي يجب أن يتحرك بها سلك طوله 0.20 m داخل مجال مغناطيسي مقداره 2.5 T؛ لكي تتولد فيه قوة دافعة كهربائية EMF مقدارها 10 V؟

$$EMF = BLv$$

$$v = \frac{EMF}{BL} = \frac{10\ \text{V}}{(2.5\ \text{T})(0.20\ \text{m})}$$

$$= 20\ \text{m/s}$$

64. مولد كهربائي AC يولد قوة دافعة كهربائية عظمى مقدارها 565 V. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الفعالة التي يزود بها المولد دائرة خارجية؟

$$V_{\text{فعّال}} = \frac{V_{\text{عظمى}}}{\sqrt{2}} = \frac{565\ \text{V}}{\sqrt{2}} = 4.00\times10^{2}\ \text{V}$$

65. مولد كهربائي AC يولد فولتية عظمى مقدارها 150 V، ويزود دائرة خارجية بتيار قيمته العظمى 30.0 A، احسب:

a. الجهد الفعّال للمولد.

$$V_{\text{فعّال}} = (0.707)V_{\text{عظمى}} = (0.707)(150\ \text{V})$$

$$= 110\ \text{V}$$

b. التيار الفعّال الذي يزود به المولد الدائرة الخارجية.

$$I_{\text{فعّال}} = (0.707)I_{\text{عظمى}} = (0.707)(30.0\ \text{A})$$

$$= 21.2\ \text{A}$$

c. القدرة الفعّالة المستهلكة في الدائرة.

$$P_{\text{فعّال}} = I_{\text{فعّال}}V_{\text{فعّال}} = \left(\frac{I_{\text{عظمى}}}{\sqrt{2}}\right)\left(\frac{V_{\text{عظمى}}}{\sqrt{2}}\right)$$

$$= \frac{1}{2}I_{\text{عظمى}}V_{\text{عظمى}} = \left(\frac{1}{2}\right)(150\ \text{V})(30.0\ \text{A})$$

$$= 2.3\ \text{kW}$$

66. الفرن الكهربائي يتصل فرن كهربائي بمصدر تيار متناوب AC جهده الفعّال 240 V .

a. احسب القيمة العظمى للجهد خلال أحد أجزاء الفرن عند تشغيله.

$$V_{\text{فعّال}} = (0.707)\ V_{\text{عظمى}}$$

$$V_{\text{عظمى}} = \frac{V_{\text{فعّال}}}{0.707} = \frac{240\ \text{V}}{0.707} = 340\ \text{V}$$

b. إذا كانت مقاومة عنصر التشغيل 11 Ω فما مقدار التيار الفعّال؟

$$V_{\text{فعّال}} = I_{\text{فعّال}}R$$

$$I_{\text{فعّال}} = \frac{V_{\text{فعّال}}}{R} = \frac{240\ \text{V}}{11\ \Omega} = 22\ \text{A}$$

67. إذا أردت توليد قوة دافعة كهربائية مقدارها 4.5 V عن طريق تحريك سلك بسرعة 4.0 m/s خلال مجال مغناطيسي مقداره 0.050 T فما طول السلك اللازم؟ وما مقدار الزاوية بين المجال واتجاه الحركة لكي نستخدم أقصر سلك؟

$$EMF = BLv$$

$$L = \frac{EMF}{Bv} = \frac{4.5\ \text{V}}{(0.050\ \text{T})(4.0\ \text{m/s})}$$

$$= 23\ \text{m}$$

وهو أقل طول للسلك مع افتراض أن كلا من السلك واتجاه الحركة متعامدان مع المجال.

68. يتحرك سلك طوله 40.0 cm عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.32 T بسرعة 1.3 m/s، فإذا اتصل السلك بدائرة مقاومتها 10.0 Ω فما مقدار التيار المار فيها؟

$$EMF = BLv$$

$$= (0.32\ \text{T})(0.400\ \text{m})(1.3\ \text{m/s})$$

$$= 0.17\ \text{V}$$

$$\text{I} = \frac{EMF}{R} = \frac{0.17\ \text{V}}{10.0\ \Omega} = 17\ \text{mA}$$

69. إذا وصلت طرفي سلك نحاسي مقاومته 0.10 Ω بطرفي جلفانومتر مقاومته 875 Ω، ثم حركت 10.0 cm من السلك إلى أعلى بسرعة 1.0 m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 2.0×10^{-2} T، فما مقدار التيار الذي سيقيسه الجلفانومتر؟

$$EMF = BLv$$

$$= (2.0\times10^{-2}\text{T})(0.100\ \text{m})(1.0\ \text{m/s})$$

$$= 2.0\times10^{-3}\ \text{V}$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{2.0\times10^{-3}\ \text{V}}{875\ \Omega} = 2.3\times10^{-6}\ \text{A}$$

$$= 2.3\ \mu\text{A}$$

70. تحرك سلك طوله 2.5 m أفقيًّا بسرعة 2.4 m/s داخل مجال مغناطيسي مقداره 0.045 T في اتجاه يصنع زاوية مقدارها 60° فوق الأفقي. احسب:

a. المركبة الرأسية للمجال المغناطيسي.

المركبة الرأسية للمجال تساوي:

$$B \sin 60.0° = (0.045\ \text{T})(\sin 60.0°)$$

$$= 0.039\ \text{T}$$

b. القوة الدافعة الكهربائية الحثية EMF المتولدة في السلك.

$$EMF = BLv$$

$$= (0.039\ \text{T})(2.5\ \text{m})(2.4\ \text{m/s})$$

$$= 0.23\ \text{V}$$

71. **السدود** يُنتج مولد كهربائي على سدٍّ قدرةً كهربائية مقدارها 375 MW، إذا كانت كفاءة المولّد والتوربين 85% فأجب عما يلي:

a. احسب معدل الطاقة التي يجب أن يزود بها التوربين من المياه الساقطة.

$$\text{كفاءة المولِّد} = \frac{P_{\text{ناتجة}}}{P_{\text{مدخلة}}} \times 100\%$$

$$P_{\text{مدخلة}} = P_{\text{ناتجة}} \times \frac{100\%}{\text{كفاءة المولِّد}}$$

$$= 375\ \text{MW}\left(\frac{100\%}{85\%}\right)$$

$$= 440\ \text{MW}$$

440 MW معدل الطاقة التي يُزوّد بها التوربين من الماء.

b. طاقة الماء الساقط تكون نتيجة للتغير في طاقة الوضع P.E = mgh. ما مقدار التغير في طاقة الوضع اللازمة في كل ثانية؟

$$440\ \text{MW} = 440\ \text{MJ/s}$$

$$= 4.4\times10^{8}\ \text{J/s}$$

c. إذا كان الماء يسقط من ارتفاع 22 m فما مقدار كتلة الماء التي يجب أن تمر خلال التوربين في كل ثانية لتعطي هذه القدرة؟

$$PE = mgh$$

$$m = \frac{PE}{gh} = \frac{4.4\times10^{8}\ \text{J}}{(9.80\ \text{m/s}^2)(22\ \text{m})}$$

$$= 2.0\times10^{6}\ \text{kg}$$

72. يتحرك موصل طوله 20 cm عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 4.0 T بسرعة 1 m/s. احسب فرق الجهد المتولد.

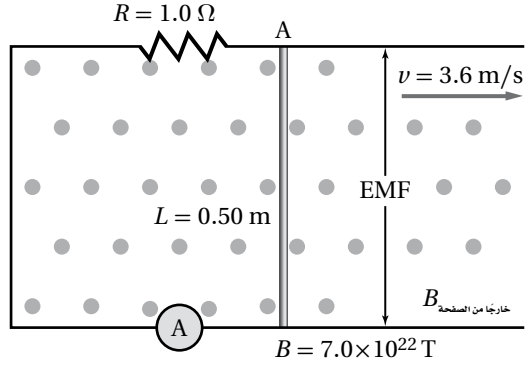
عندما يتحرك الموصل عموديًّا على المجال المغناطيسي فإن:

$$E_{\text{حثي}} = BLV$$

$$= (4.0\ \text{T})(0.20\ \text{m})(1\ \text{m/s})$$

$$= 0.8\ \text{V}$$

73. ارجع إلى المثال 1 و **الشكل 24–6** لإيجاد ما يلي:



■ الشكل 24–6

a. الجهد الحثي المتولد في الموصل.

$$EMF_{\text{حثي}} = BLV$$

$$= (7.0\times10^{-2}\ \text{T})(0.50\ \text{m})(3.6\ \text{m/s})$$

$$= 0.13\ \text{V}$$

b. مقدار التيار I.

$$I = \frac{EMF_{\text{حثي}}}{R} = \frac{0.13\ \text{V}}{1.0\ \Omega} = 0.13\ \text{A}$$

c. اتجاه دوران المجال المغناطيسي المتولّد حول الموصل.

يدور التدفق المغناطيسي في اتجاه عقارب الساعة حول الموصل عند النظر إليه من أعلى.

d. قطبية النقطة A بالنسبة للنقطة B.

النقطة A سالبة بالنسبة للنقطة B .

إتقان حل المسائل

6–2 تغيّر المجالات المغناطيسية يولد قوة دافعة كهربائية حثية

صفحة 194

74. يتكون الملف الابتدائي في محول مثالي من 150 لفة، ويتصل بمصدر جهد مقداره 120 V، احسب عدد لفات الملف الثانوي الضرورية للتزويد بالجهود التالية:

a. 625 V

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

$$N_s = \left(\frac{V_s}{V_p}\right) N_p = \left(\frac{625\ \text{V}}{120\ \text{V}}\right)(150)$$

= 781 لفة, وتقرّب إلى 780 لفة

b. 35 V

$$N_s = \left(\frac{V_s}{V_p}\right) N_p = \left(\frac{35\ \text{V}}{120\ \text{V}}\right)(150)$$

= 44 لفة

c. 6.0 V

$$N_s = \left(\frac{V_s}{V_p}\right) N_p = \left(\frac{6.0\ \text{V}}{120\ \text{V}}\right)(150)$$

= 7.5 لفة

75. محول مثالي رافع يتكون ملفه الابتدائي من 80 لفة، ويتكون ملفه الثانوي من 1200 لفة، إذا زوّدت دائرة الملف الابتدائي بفرق جهد متناوب مقداره 120 V، فأجب عما يلي:

a. ما مقدار فرق الجهد في الملف الثانوي؟

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$V_s = \frac{V_p N_s}{N_p} = \frac{(120\ \text{V})(1200)}{80} = 1.8\ \text{kV}$$

b. إذا كان تيار الملف الثانوي 2.0 A فما مقدار تيار الملف الابتدائي؟

$$V_p I_p = V_s I_s$$

$$I_p = \frac{V_s I_s}{V_p} = \frac{(1.8\times10^3\ \text{V})(2.0\ \text{A})}{120\ \text{V}}$$

$$= 3.0\times10^1\ \text{A}$$

c. ما مقدار القدرة الداخلة والقدرة الناتجة عن المحول؟

$$V_p I_p = (120\ \text{V})(30.0\ \text{A}) = 3.6\ \text{kW}$$

$$V_s I_s = (1800\ \text{V})(2.0\ \text{A}) = 3.6\ \text{kW}$$

76. **الحواسيب الشخصية** محول مثالي في حاسوب شخصي يحتاج إلى جهد فعّال مقداره 9.0 V من خط 120 V.

a. ما عدد لفات الملف الثانوي إذا كان عدد لفات الملف الابتدائي 475 لفة؟

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

$$N_s = \frac{V_s N_p}{V_p} = \frac{(9.0\ \text{V})(475)}{120\ \text{V}}$$

$$= 36\ \text{لفة}$$

b. إذا كان التيار المار في الحاسوب يساوي 125 mA فما مقدار التيار المار في دائرة الملف الابتدائي للمحول؟

$$V_p I_p = V_s I_s$$

$$I_p = \frac{V_s I_s}{V_p} = \frac{(9.0\ \text{V})(125\ \text{mA})}{7200\ \text{V}}$$

$$= 9.4\ \text{mA}$$

77. **مجففات الشعر** صنع مجفف شعر ليعمل على تيار مقداره 10 A وفرق جهد 120 V في بلد ما. إذا أريد استخدام هذا الجهاز في بلد آخر مصدر الجهد فيه 240 V فاحسب:

a. النسبة التي يجب أن تكون بين عدد لفات ملفه الابتدائي وعدد لفات ملفه الثانوي.

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{240\ \text{V}}{120\ \text{V}} = \frac{2.0}{1.0}$$

أو 2 إلى 1

b. مقدار التيار الذي يعمل عليه في البلد الجديد.

$$V_p I_p = V_s I_s$$

$$I_p = \frac{V_s I_s}{V_p} = \frac{(120\ \text{V})(10\ \text{A})}{240\ \text{V}} = 5\ \text{A}$$

78. محول مثالي قدرته 150 W يعمل على جهد 9 V لينتج تيارًا 0.5 A .

a. هل المحول رافع أم خافض للجهد؟

$$P_{\text{ناتجة}} = V_s I_s$$

$$V_s = \frac{P_{\text{ناتجة}}}{I_s} = \frac{150\ \text{W}}{5.0\ \text{A}} = 3.0\times10^1\ \text{V}$$

أي أن المحول رافع.

b. ما النسبة بين جهد الملف الثانوي وجهد الملف الابتدائي؟

$$P = V_s I_s$$

$$V_s = \frac{P}{I_s} = \frac{150\ \text{W}}{5.0\ \text{A}} = 3.0\times10^1\ \text{V}$$

$$\frac{V_{\text{ناتجة}}}{V_{\text{مدخلة}}} = \frac{3.0\times10^1\ \text{V}}{9.0\ \text{V}} = \frac{1.0\times10^1}{3.0}$$

أي أن النسبة 10 إلى 3.

79. وصل أحمد محولًا مثاليًّا بمصدر جهد مقداره 24 V وقاس 8.0 V في الملف الثانوي، إذا عُكست دائرتا الملف الابتدائي والثانوي فما مقدار الجهد الناتج في هذه الحالة؟

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{V_s}{V_p} = \frac{8.0\ \text{V}}{24\ \text{V}} = \frac{1.0}{3.0}$$

وبعكس النتيجة تصبح النسبة $\frac{3.0}{1.0}$.

وبذلك يمكن حساب الجهد الناتج من:

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{V_s}{V_p}$$

$$V_s = \left(\frac{N_s}{N_p}\right) V_p = (3.0)(24\ \text{V}) = 72\ \text{V}$$

مراجعة عامة

صفحة 196–195

80. عدد لفات الملف الابتدائي في محول مثالي رافع 500 لفة وعـدد لفـات الملف الثانـوي 15,000 لفة. إذا وصلت دائرة الملـف الابتدائي بمولد تيار متناوب قوته الدافعة الكهربائية 120 V، فأجب عما يلي:

a. احسب القوة الدافعة الكهربائية في دائرة الملف الثانوي.

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$V_s = \frac{V_p N_s}{N_p} = \frac{(120\ \text{V})(15000)}{500}$$

$$= 3.6\times10^{3}\ \text{V}$$

b. إذا كان تيار دائرة الملف الثانوي يساوي 3.0 A، فاحسب تيار دائرة الملف الابتدائي.

$$V_p I_p = V_s I_s$$

$$I_p = \frac{V_s I_s}{V_p} = \frac{(3600\ \text{V})(3.0\ \text{A})}{120\ \text{V}} = 9.0\times10^{1}\ \text{A}$$

c. مـا مقدار القـدرة المسـحوبة بواسـطة دائـرة الملف الابتدائي؟ وما مقدار القدرة التي تُزوِّدها دائرة الملف الثانوي؟

$$V_p I_p = (120\ \text{V})(9.0\times10^{1}\ \text{A})$$

$$= 1.1\times10^{4}\ \text{W}$$

$$V_s I_s = (3600\ \text{V})(3.0\ \text{A}) = 1.1\times10^{4}\ \text{W}$$

81. ما مقدار السـرعة التي يجب أن يقطع فيها موصل طوله 0.2 m مجالًا مغناطيسيًّا مقداره 2.5 T عموديًّا عليه لتكون القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة فيه 10 V؟

$$EMF = BLv$$

$$v = \frac{EMF}{BL} = \frac{10\ \text{V}}{(2.5\ \text{T})(0.20\ \text{m})}$$

$$= 20\ \text{m/s}$$

82. ما مقدار السرعة التي يجب أن يتحرك بها موصل طوله 50 cm عموديًّـا على مجال مغناطيسـي مقـداره 0.2 T لكي تتولد فيه قوة دافعة كهربائية حثية مقدارها 1.0 V؟

$$EMF = BLv$$

$$v = \frac{EMF}{BL} = \frac{1.0\ \text{V}}{(0.20\ \text{T})(0.5\ \text{m})}$$

$$= 1\times10^{1}\ \text{m/s}$$

83. دائـرة إنارة منزلية تعمل على جهد فعّال مقداره 120 V، ما أكبر قيمة متوقعة للجهد في هذه الدائرة؟

$$V_{\text{فعّال}} = (0.707) V_{\text{عظمى}}$$

$$V_{\text{عظمى}} = \frac{V_{\text{فعّال}}}{0.707} = \frac{120\ \text{V}}{0.707} = 170\ \text{V}$$

84. **محمصة الخبز** تعمل محمصة خبز بتيار متناوب مقداره 2.5 A، ما أكبر قيمة للتيار في هذا الجهاز؟

$$I_{\text{فعّال}} = (0.707) I_{\text{عظمى}}$$

$$I_{\text{عظمى}} = \frac{I_{\text{فعّال}}}{0.707} = \frac{2.5\ \text{A}}{0.707} = 3.5\ \text{A}$$

85. يحدث تلف للعزل في مكثف إذا تجاوز الجهد اللحظي المقدار 575 V، ما مقدار أكبر جهد متناوب فعّال يمكن استخدامه في المكثف؟

$$V_{\text{فعّال}} = \frac{V_{\text{عظمى}}}{\sqrt{2}} = \frac{575}{\sqrt{2}} = 407\ \text{V}$$

86. **المنصهر الكهربائي** يعمل قاطع الدائرة المغناطيسي على فتح دائرته إذا بلغ التيار اللحظي فيها 21.25 A، ما مقدار أكبر تيار فعّال يمكن أن يمر بالدائرة؟

$$I_{\text{فعّال}} = \frac{I_{\text{عظمى}}}{\sqrt{2}} = \frac{21.25\ \text{A}}{\sqrt{2}} = 15.03\ \text{A}$$

87. إذا كان فرق الجهد الكهربائي الداخل إلى محطة كهربائية فرعية يساوي 240000 V فما النسبة بين عدد لفات المحول المسـتخدم إذا كان الجهد الخارج من المحطة يسـاوي 440 V؟

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{V_s}{V_p} = \frac{440\ \text{V}}{240000\ \text{V}} = \frac{1}{545}$$

أي أن نسـبة عـدد لفـات الملف الابتدائي إلـى عدد لفات الملف الثانوي هي 545 إلى 1

88. يزود مولد تيار متناوب سخانًا كهربائيًّا بقدرة مقدارها 45 kW، فإذا كان جهد النظام يساوي $660\ V_{\text{فعال}}$ فما القيمة العظمى للتيار المزوّد للنظام؟

$$I_{\text{فعال}} = \frac{45\ \text{kW}}{660\ \text{V}} = 68\ \text{A}$$

$$\text{إي أن :} \quad I_{\text{عظمى}} = \frac{68\ \text{A}}{0.707} = 96\ \text{A}$$

89. يتكون الملف الابتدائي في محول مثالي خافض من 100 لفة، ويتكون الملف الثانوي من 10 لفات. فإذا وصل بالمحول مقاومة حمل قدرتها 2.0 kW فما مقدار التيار الفعّال الابتدائي؟ افترض أن مقدار الجهد في الملف الثانوي يساوي 60.0 V.

$$V_{\text{s, فعال}} = \frac{V_{\text{s,عظمى}}}{\sqrt{2}} = \frac{60.0\ \text{V}}{\sqrt{2}} = 42.4\ \text{V}$$

$$I_{\text{s, فعال}} = \frac{P}{V_{\text{s,عظمى}}} = \frac{2.0\times10^{3}\ \text{W}}{42.4\ \text{V}} = 47\ \text{A}$$

$$I_{\text{p, فعال}} = \left(\frac{N_s}{N_p}\right) I_{\text{s, فعال}} = \left(\frac{10}{100}\right)(47\ \text{A}) = 4.7\ \text{A}$$

90. قدرة محول 100 kVA، وكفاءته 98%.

a. إذا استهلك الحمل الموصول به 98 kW فما مقدار القدرة الداخلة إلى المحول؟

$$P_{\text{ناتجة}} = 98\ \text{kW}$$

$$P_{\text{مدخلة}} = \frac{98\ \text{kW}}{0.98} = 1.0\times10^{2}\ \text{kW}$$

b. ما مقدار أكبر تيار في الملف الابتدائي الضروري لجعل المحول يستهلك قدرته الفعالة؟ افترض أن $V_p = 600\ V$.

$$I = \frac{100\ \text{kVA}}{600\ \text{V}} = 200\ \text{A}$$

91. يقطع سلك طوله 4.0 m عموديًّا خطوط مجال مغناطيسي شدته 2.0 T ، بسرعة 8.0 m/s

a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك؟

$$EMF = Blv$$
$$= (2.0\ \text{T})(4.00\ \text{m})(8.0\ \text{m/s})$$
$$= 64\ \text{V}$$

b. إذا كان السلك جزءًا من دائرة مقاومتها 6.4 Ω فما مقدار التيار المار فيه؟

$$EMF = IR$$

$$I = \frac{EMF}{R} = \frac{64\ \text{V}}{6.4\ \Omega} = 10\ \text{A}$$

92. يتحرك ملف سلكي طوله 7.5 m عموديًّا على المجال المغناطيسي الأرضي بسرعة 5.5 m/s، إذا كانت المقاومة الكلية للسلك $5.0\times10^{-2}\ \Omega$، فما مقدار التيار المار فيه؟ افترض أن المجال المغناطيسي للأرض يساوي $.5\times10^{-5}\ \text{T}$

$IR = Blv$ لذا؛ $V = IR$ و $EMF = V$ لكن $EMF = Blv$

أي:

$$I = \frac{Blv}{R} = \frac{(5.0\times10^{-5}\ \text{T})(7.50\ \text{m})(5.50\ \text{m/s})}{5.0\times10^{-2}\ \text{m}\Omega}$$
$$= 4.1\times10^{-2}\ \text{A} = 41\ \text{mA}$$

93. القيمة العظمى للجهد المتناوب، الذي يطبق على مقاومة مقدارها 144 Ω تساوي $1.00\times10^{2}\ V$، ما مقدار القدرة التي يمكن أن تعطيها المقاومة الكهربائية؟

$P = IV$، و $V = IR$، لكن $I = \frac{V}{R}$

أي أن:

$$P_{\text{عظمى}} = \left(\frac{V}{R}\right)V = \frac{V^2}{R} = \frac{(1.00\times10^{2}\ \text{V})^2}{144\ \Omega}$$
$$= 69.4\ \text{W}$$

وعليه متوسط القدرة يساوي $\frac{P_{\text{عظمى}}}{2}$

أي يجب أن تبدد المقاومة 34.7 W

94. **التلفاز** يستخدم محول رافع في أنبوب الأشعة المهبطية CRT في التلفاز لتحويل الجهد من 120 V إلى 48000 V، إذا كان عدد لفات الملف الثانوي للمحول 20000 لفة، وكان الملف يعطي تيارًا مقداره 1.0 mA، فأجب عما يلي:

a. ما عدد لفات الملف الابتدائي؟

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

$$N_p = \frac{N_s V_p}{V_s} = \frac{(20000)(120\ \text{V})}{48000\ \text{V}}$$

$$= 50\ \text{لفة}$$

b. ما مقدار التيار الداخل إلى الملف الابتدائي؟

$$V_p I_p = V_s I_s$$

$$I_p = \frac{V_s I_s}{V_p} = \frac{(48000\ \text{V})(1.0\times10^{-3}\ \text{A})}{120\ \text{V}}$$

$$= 0.40\ \text{A}$$

التفكير الناقد

صفحة 196

95. **تطبيق المفاهيم** افترض أن هناك معارضًا لقانون لنز يفيد أن القوة تعمل على زيادة التغيّر في المجال المغناطيسي. لذلك عندما تحتاج إلى طاقة أكبر فإنه تلزمنا قوة أقل لتدوير المولد. فما قانون الحفظ الذي ينتهك بواسطة هذا القانون الجديد؟ وضّح إجابتك.

هذا سينتهك قانون حفظ الطاقة، وستنتج طاقة أكبر من الطاقة الداخلة. وينتج المولّد في هذه الحالة طاقة من العدم، ولن يقتصر عمله على تحويل الطاقة من شكل إلى آخر. وهذا غير صحيح.

96. **حلّل** لا تصل كفاءة المحولات العملية إلى 100%. اكتب تعبيرًا يمثل كفاءة المحول بدلالة القدرة. إذا استخدم محول خافض كفاءته 92.5%، وعمل على خفض الجهد في المنزل من 125 V إلى 28.0 V ، وكان التيار المار في دائرة الملف الثانوي يساوي 25.0 A فما مقدار التيار المار في دائرة الملف الابتدائي؟

كفاءة المحول:

$$e = \frac{P_s}{P_p} \times 100\%$$

القدرة في الملف الثانوي:

$$P_s = V_s I_s = (28.0\ \text{V})(25.0\ \text{A})$$

$$= 7.00\times10^{2}\ \text{W}$$

القدرة في الملف الإبتدائي:

$$P_p = \frac{(100\%)P_s}{\text{الكفاءة}} = \frac{(100\%)(7.00\times10^{2}\ \text{W})}{92.5\%}$$

$$= 757\ \text{W}$$

تيار الإبتدائي:

$$I_p = \frac{P_p}{V_p} = \frac{757\ \text{W}}{125\ \text{V}} = 6.05\ \text{A}$$

97. **حلّل واستنتج** محول كهربائي كفاءته 95 % يزود ثمانية منازل. وكل منزل يشغل فرنًا كهربائيًا يسحب تيارًا مقداره 35 A بفرق جهد مقداره 240 V، ما مقدار القدرة التي تزود بها الأفران الثمانية؟ وما مقدار القدرة المستنفدة في المحول في صورة حرارة؟

القدرة في الملف الثانوي:

$$P_s = (\ \text{عدد المنازل}\ ) V_s I_s$$

$$= (8)(240\ \text{v})(35\ \text{A}) = 67\ \text{kW}$$

القدرة التي زُوِّدت بها الأفران في المنازل الثمانية تساوي 67 kW

القدرة في الملف الإبتدائي:

$$P_p = \frac{(100\%)P_s}{\text{الكفاءة}} = \frac{(100\%)(67\ \text{W})}{95\%} = 71\ \text{kW}$$

والفرق بين القدرتين هي القدرة المستنفذة في المحول على شكل حرارة وتساوي 4 kW.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 196

98. صمّمت الأجهزة الشائعة مثل المثقب الكهربائي بصورة مثالية بحيث يحتوي على محرك توالٍ. ارجع إلى مكتبتك وبعض المصادر الأخرى لتوضح كيف يمكن لهذا النوع من المحركات استخدام تيار متناوب أو تيار مستمر.

يستخدم محرك الـ DC كلًا من الملفّ ذو القلب الحديدي والملفّ الموصول على التوالي معًا، وعند تشغيله بواسطة تيار متناوب تتغيّر القطبية في المجالين لحظيًا، ولذلك تبقى قطبية المجال المغناطيسي دون تغيّر، وبذلك يصبح اتجاه الدوران ثابتًا.

مراجعة تراكمية

صفحة 196

99. ما مقدار الشحنة على مكثف سعته 22 μF عندما يكون فرق الجهد بين لوحيه 48 V؟

$$\text{c} = \frac{q}{\Delta V}$$

$$q = c\Delta V$$

$$= (22\times10^{-6}\ \text{F})(48\ \text{V})$$

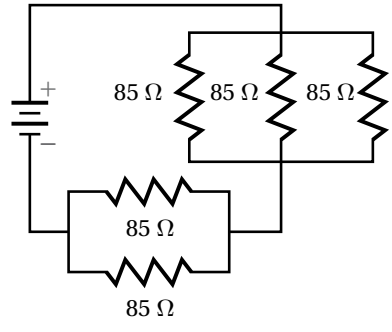
$$= 1.1\times10^{-3}\ \text{C}$$

100. ما مقدار فرق الجهد بين طرفي مقاومة كتب عليها 22 Ω و5 W عندما تصبح القدرة نصف قيمتها العظمى؟

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$V = \sqrt{PR} = \sqrt{\left(\frac{5.0\ \text{W}}{2}\right)(22\ \Omega)} = 7.4\ \text{V}$$

101. احسب المقاومة المكافئة للمقاومات الموضحة في **الشكل 25–6**.



■ **الشكل 25–6**

$$\frac{1}{R_{\text{3 على التوازي}}} = \frac{1}{85\ \Omega} + \frac{1}{85\ \Omega} + \frac{1}{85\ \Omega}$$

$$R_{\text{3 على التوازي}} = 28.3\ \Omega$$

$$\frac{1}{R_{\text{2 على التوازي}}} = \frac{1}{85\ \Omega} + \frac{1}{85\ \Omega}$$

$$R_{\text{2 على التوازي}} = 42.5\ \Omega$$

$$R = R_{\text{3 على التوازي}} + R_{\text{2 على التوازي}}$$

$$= 28.3\ \Omega + 42.5\ \Omega$$

$$= 71\ \Omega$$

102. يتحرك إلكترون بسرعة 2.1×10^6 m/s عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره 0.81 T، ما مقدار القوة المؤثرة في الإلكترون؟ وما مقدار تسارعه؟ علمًا بأن كتلته 9.11×10^{-31} kg.

$$F = Bqv$$

$$= (0.81\ \text{T})(1.60 \times 10^{-19}\ \text{C})(2.1 \times 10^6\ \text{m/s})$$

$$= 2.7 \times 10^{-13}\ \text{N}$$

$$F = ma$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{2.7 \times 10^{-13}\ \text{N}}{9.11 \times 10^{-31}\ \text{kg}}$$

$$= 3.0 \times 10^{17}\ \text{m/s}^2$$

مسألة تحفيز

صفحة 184

يتصل الملف الابتدائي لمحوّل توزيع T_1 بمصدر جهد متناوب مقداره 3.0 kV، ويتصل الملف الثانوي له بالملف الابتدائي لمحول آخر T_2 باستخدام وصلات نحاسية، ويتصل الملف الثانوي للمحول T_2 بدائرة حمل (مقاومة) تستخدم قدرة مقدارها 10.0kW. فإذا كانت نسبة عدد لفات المحول T_1 هي 1 : 5، وكان فرق جهد الحمل للمحول T_2 يساوي 120 V، وكفاءة المحوّلين 100% و97.0% على الترتيب، فأجب عما يلي:

1. احسب تيار الحمل.

$$I_L = \frac{P_L}{V_L} = \frac{10.0\ \text{kW}}{120\ \text{V}} = 83\ \text{A}$$

2. ما مقدار القدرة المستهلكة في المحوّل T_2؟

$$P_2 = \frac{P_L}{0.970} = \frac{10.0\ \text{kW}}{0.970} = 10.3\ \text{kW}$$

P_2 هي القدرة الناتجة من المحول T_2، ومن 10.3 kW المستهلكة، يستهلك منها 0.3 kW في المحول T_2، والباقي 10.0 kw تستهلك في الحمل.

3. ما مقدار التيار الذي يزوده المصدر المتناوب AC للمحول T_1؟

$$V_{s1} = \left(\frac{1}{5}\right)(3.0 \times 10^3\ \text{V})$$

$$= 6.0 \times 10^2\ \text{V}$$

$$I_{s1} = \frac{P_2}{V_{s1}} = \frac{10.3 \times 10^3\ \text{W}}{6.0 \times 10^2\ \text{V}} = 17\ \text{A}$$

4. ما مقدار التيار الذي يزوده المصدر المتناوب AC للمحول T_1؟

$$I_{p1} = \left(\frac{1}{5}\right) I_{s1} = \left(\frac{1}{5}\right)(17\ \text{A}) = 3.4\ \text{A}$$

مسائل تدريبية

7–1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة(صفحة 16–9)

صفحة 12

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

1. يتحرك بروتون بسرعة $7.5\times10^{3}\ \text{m/s}$ عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره $0.60\ \text{T}$. احسب نصف قطر مساره الدائري. لاحظ أن الشحنة التي يحملها البروتون مساوية للشحنة التي يحملها الإلكترون، إلا أنها موجبة.

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

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

$$= \frac{(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})(7.5\times10^{3}\ \text{m/s})}{(0.60\ \text{T})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}$$

$$= 1.3\times10^{-4}\ \text{m}$$

2. تتحرك إلكترونات خلال مجال مغناطيسي مقداره $6.0\times10^{-2}\ \text{T}$، اتزنت بفعل مجال كهربائي مقداره $3.0\times10^{3}\ \text{N/C}$. فما مقدار سرعة الإلكترونات عندئذ؟

$$Bqv = Eq$$

$$v = \frac{E}{B} = \frac{3.0\times10^{3}\ \text{N/C}}{6.0\times10^{-2}\ \text{T}}$$

$$= 5.0\times10^{4}\ \text{m/s}$$

3. احسب نصف قطر المسار الدائري الذي تسلكه الإلكترونات في المسألة السابقة في غياب المجال الكهربائي.

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

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

$$= \frac{(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(5.0\times10^{4}\ \text{m/s})}{(6.0\times10^{-2}\ \text{T})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})} = 4.7\times10^{-6}\ \text{m}$$

4. عبرت بروتونات مجال مغناطيسي مقداره $0.60\ \text{T}$ فلم تنحرف بسبب اتزانها مع مجال كهربائي مقداره $4.5\times10^{3}\ \text{N/C}$. ما مقدار سرعة هذه البروتونات؟

$$Bqv = Eq$$

$$v = \frac{E}{B} = \frac{4.5\times10^{3}\ \text{N/C}}{0.60\ \text{T}}$$

$$= 7.5\times10^{3}\ \text{m/s}$$

5. تمـر حزمة من ذرات أكسـجين أحادية التأين (+1) خلال مطيـاف الكتلة. فإذا كانت: $q=1.60\times10^{-19}\ \text{C}$ ، $B=7.2\times10^{-2}\ \text{T}$، و $r=0.085\ \text{m}$، و $V=110\ V$ فأوجد كتلة ذرة الأكسجين.

$$m=\frac{B^2r^2q}{2V}=\frac{(7.2\times10^{-2}\ \text{T})^2(0.085\ \text{m})^2(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{(2)\ (110\ \text{V})}=2.7\times10^{-26}\ \text{kg}$$

6. يحلـل مطيـاف كتلـة ويـزود ببيانـات عن حزمة من ذرات أرجـون ثنائية التأيـن (+2). إذا كانت قيـم كل v, r, q, B كما يأتي: $q=2(1.60\times10^{-19}\text{C})$، $r=0.106\ \text{m}$، $B=5.0\times10^{-2}\ \text{T}$ و $V=66.0\ V$ فأوجد كتلة ذرة الأرجون.

$$m=\frac{B^2r^2q}{2V}=\frac{(5.0\times10^{-2}\ \text{T})^2\ (0.106\ \text{m})^2\ (2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{(2)\ (66.0\ \text{V})}=6.8\times10^{-26}\ \text{kg}$$

7. تمر حزمة من ذرات ليثيوم أحادية التأين (+1) خلال مجال مغناطيسي مقداره $1.5\times10^{-3}\ \text{T}$متعامد مع مجال كهربائي مقداره $6.0\times10^{2}\ \text{N/C}$ ولا تنحرف. أوجد سرعة ذرات الليثيوم التي تمر خلال المجالين؟

$$Bqv=Eq$$

$$v=\frac{E}{B}=\frac{6.0\times10^{2}\ \text{N/C}}{1.5\times10^{-3}\ \text{T}}$$

$$=4.0\times10^{5}\ \text{m/s}$$

8. تـم تحديـد كتلـة نظيـر النيون في المثال 2. فإذا وجد أن هناك نظيـرًا آخر للنيون كتلته تعادل كتلة 22 بروتونًا فما المسـافة بين نقطتي سقوط النظيرين على الفيلم الفوتوجرافي الحساس؟

استخدام نسبة الشحنة إلى الكتلة لإيجاد النسبة بين نصفي قطري النظيرين.

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

$$r=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2Vm}{q}},\qquad \frac{r_{22}}{r_{20}}=\frac{\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2Vm_{22}}{q}}}{\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2Vm_{20}}{q}}}=\sqrt{\frac{m_{22}}{m_{20}}}$$ أي أن:

ومنه فإن نصف قطر النظير الذي كتلته تعادل كتلة 22 بروتونًا تعطى بالعلاقة:

$$r_{22}=r_{20}\sqrt{\frac{m_{22}}{m_{20}}}$$

$$=r_{20}\sqrt{\frac{22\ m_{\text{p}}}{20\ m_{\text{p}}}}$$

$$=\sqrt{\frac{22}{20}}\,r_{20}$$

$$=\sqrt{\frac{22}{20}}\,(0.053\ \text{m})$$

$$=0.056\ \text{m}$$

المسافة بين نقطتي سقوط النظيرين على الفيلم الفوتوجرافي الحساس هي :

$$r_{22} - r_{20} = 0.056\ \text{m} - 0.053\ \text{m} = 0.003\ \text{m}$$

$$= 3\ \text{mm}$$

مراجعة القسم

7–1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة(صفحة 16–9)

صفحة 16

9. **أنبوبة الأشعة المهبطية** صف كيف يعمل أنبوب أشعة المهبط على تكوين حزمة إلكترونات؟

تنبعث الإلكترونات من الكاثود وتتسارع بواسطة فرق الجهد وتمرخلال الشقوق لتكوين حزمة الشعاع.

10. **المجال المغناطيسي** يحسب نصف قطر المسار الدائري لأيون في مطياف الكتلة بالعلاقة:يحسب نصف قطر المسار الدائري لأيون في مطياف الكتلة بوساطة العلاقة:$r = (1/B)\sqrt{2mV/q}$. استخدم هذه العلاقة لبيان كيف يعمل مطياف الكتلة على فصل الأيونات ذات الكتل المختلفة بعضها عن بعض.

مع افتراض أن الأيونات جميعها لها الشحنة نفسها سيكون المتغيّر الوحيد غير الثابت في المعادلة هو كتلة الأيون m ، لذا إذا زادت كتلة الأيون m، فسيزداد أيضًا نصف قطر مسار الأيون، وهذا يؤدي إلى فصل مسارات الأيونات ذات الكتل المختلفة.

11. **المجال المغناطيسي** باستعمال مطياف الكتلة الحديث يمكن تحليل الجزيئات التي تعادل كتلتها كتلة مائة بروتون. إذا تم إنتاج أيونات أحادية التأين من هذه الجزئيات باستخدام الجهد المسارع نفسه فكيف يجب أن يكون التغير في المجال المغناطيسي للمطياف بحيث تصطدم الأيونات بالفيلم؟

بما أن $r = (1/B)\sqrt{2mV/q}$ فعند زيادة m يجب أن تزداد B أيضًا. فإذا زادت m بمعامل مقداره 10 فإن B تزداد بمعامل مقداره 3؛ فللإبقاء على r ثابتة يجب أن تزداد B بمقدار $\sqrt{m}$

12. **نصف قطر المسار** يتحرك بروتون بسرعة $4.2\times10^4\ \text{m/s}$ لحظة مروره داخل مجال مغناطيسي مقداره 1.20 T. احسب نصف قطر مساره الدائري.

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

$$r = \frac{vm}{qB} = \frac{(4.2\times10^4\ \text{m/s})(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})}{(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.20\ \text{T})} = 3.7\times10^{-4}\ \text{m}$$

13. **الكتلة** تم تسريع حزمة ذرات أكسجين ثنائية التأين (+2) بتطبيق فرق جهد مقداره 232 V، وعندما عبرت مجالاً مغناطيسيًّا مقداره 75 mT ، سلكت مسارًا منحنيًا نصف قطره 8.3 cm. أوجد مقدار كتلة ذرة الأكسجين؟

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

$$m = \frac{qB^2r^2}{2V} = \frac{(2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(75\times10^{-3}\ \text{T})^2\ (8.3\times10^{-2}\ \text{m})^2}{(2)(232\ \text{V})}$$

$$= 2.7\times10^{-26}\ \text{kg}$$

14. **التفكير الناقد** بغض النظر عن طاقة الإلكترونات المستخدمة لإنتاج الأيونات لم يتمكّن تومسون مطلقًا من تحرير أكثر من إلكترون واحد من ذرة الهيدروجين. ما الذي استنتجه تومسون عن الشحنة الموجبة لذرة الهيدروجين؟

استنتج أن شحنتها يجب أن تكون أحادية فقط.

مسائل تدريبية

7–2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء (صفحة 25–17)

صفحة 18

15. ما مقدار سرعة موجة كهرومغناطيسية في الهواء إذا كان ترددها 3.2×10^{19} Hz؟

جميع الموجات الكهرومغناطيسية تنتقل في الفراغ أو الهواء بسرعة الضوء نفسها (3.00×10^{8} m/s).

16. ما طول موجة الضوء الأخضر إذا كان تردده 5.70×10^{14} Hz؟

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{5.70\times10^{14}\ \text{Hz}} = 5.26\times10^{-7}\ \text{m}$$

17. ما طول موجة كهرومغناطيسية ترددها 8.2×10^{14} Hz؟

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{8.2\times10^{14}\ \text{Hz}} = 3.7\times10^{-7}\ \text{m}$$

18. ما تردد موجة كهرومغناطيسية طولها الموجي 2.2×10^{-2} m؟

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

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{2.2\times10^{-2}\ \text{m}} = 1.4\times10^{10}\ \text{Hz}$$

صفحة 19

19. ما مقدار سرعة الموجة الكهرومغناطيسية المنتقلة في الهواء؟ استخدم c = 299792458 m/s في حساباتك.

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}} = \frac{299792458\ \text{m/s}}{\sqrt{1.00054}}$$

$$= 2.99712\times10^{8}\ \text{m/s}$$

20. إذا كان ثابت العزل الكهربائي للماء 1.77 فما مقدار سرعة انتقال الضوء في الماء؟

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{\sqrt{1.77}}$$

$$= 2.25\times10^{8}\ \text{m/s}$$

21. إذا كانت سرعة الضوء خلال مادة يساوي 2.43×10^{8} m/s فما مقدار ثابت العزل الكهربائي للمادة؟

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

$$K = \left(\frac{c}{v}\right)^2 = \left(\frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{2.43\times10^{8}\ \text{m/s}}\right)^2 = 1.52$$

مراجعة القسم

2-7 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء (صفحة 25-17)

صفحة 25

22. انتشار الموجات وضح كيف يمكن للموجات الكهرومغناطيسية أن تنتشر في الفضاء؟

يولّد المجال الكهربائي مجالًا مغناطيسيًا، ويولّد تغيّر المجال المغناطيسي مجالًا كهربائيًا، ولذلك تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية عندما يولّد كلّ من المجالين الآخر.

23. التردد ما تردد موجة كهرومغناطيسية طولها الموجي $1.5\times10^{-5}\ \text{m}$؟

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

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{1.5\times10^{-5}\ \text{m}} = 2.0\times10^{13}\ \text{Hz}$$

24. إشارات التلفاز تحتوي هوائيات التلفاز عادة على قضبان فلزية أفقية. استنادًا إلى هذه المعلومات ما استنتاجك حول اتجاهات المجالات الكهربائية في إشارات التلفاز؟

يجب أن تكون أفقية أيضًا.

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؟ علّل إجابتك.

الإشارة التي تحتاج إلى هوائي أطول هي القنوات ضمن المجموعة الأولى

26. ثابت العزل الكهربائي إذا كانت سرعة الضوء في مادة مجهولة هي $1.98\times10^{8}\ \text{m/s}$ فما مقدار ثابت العزل الكهربائي للمادة المجهولة؟ علما بأن سرعة الضوء في الفراغ تساوي $3.00\times10^{8}\ \text{m/s}$.

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

$$K = \left(\frac{c}{v}\right)^2 = \left(\frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{1.98\times10^{8}\ \text{m/s}}\right)^2 = 2.30$$

27. التفكير الناقد تحجب معظم الأشعة فوق البنفسجية UV الناتجة عن الشمس بوساطة طبقة الأوزون في الغلاف الجوي للأرض. 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؟

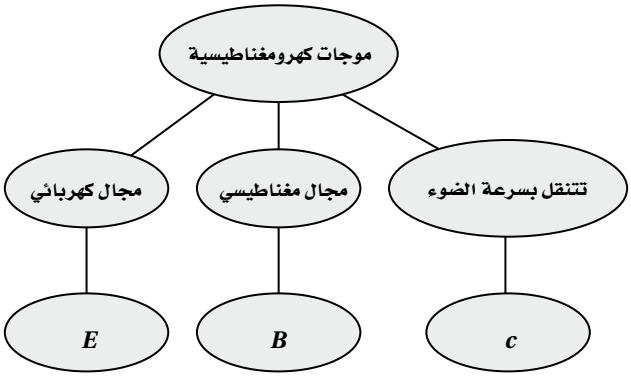
يكون الطول الموجيّ لموجات الأشعة فوق البنفسجية صغير وطاقتها كبيرة إلى درجة تكفي لتحطيم الخلايا في الجلد، ولذلك فإن تعرضّ الإنسان للأشعّة فوق البنفسجية بكثرة يزيد من احتمال إصابته بسرطان الجلد.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 30

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



إتقان المفاهيم

صفحة 30

29. ما مقداركل من كتلة الإلكترون وشحنته؟

كتلة الإلكترون $9.11\times10^{-31}\ \text{kg}$، في حين شحنته تساوي $-1.60\times10^{-19}\ \text{C}$.

30. ما النظائر؟

النظائر ذرات العنصر الواحد المتساوية بالعدد الذري والمختلفة الكتلة (العدد الكتلي).

تابع الفصل 7

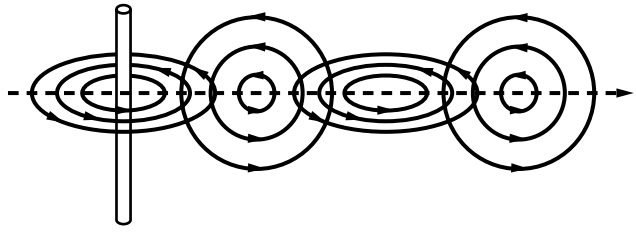
31. ما الزاوية بين اتجاه المجال المغناطيسي الحثي واتجاه المجال الكهربائي المتغير دائمًا؟

الزاوية بين اتجاه المجال المغناطيسي الحثي واتجاه المجال الكهربائي المتغير دائمًا قائمة.

32. لماذا يجب استخدام مولد تيار متناوب لتوليد الموجات الكهرومغناطيسية؟ وإذا استخدم مولد مستمر فمتى يمكنه توليد موجات كهرومغناطيسية؟

يُعطي مولّد AC مجالًا كهربائيًا متغيرًا، وهو بدوره يولّد مجالًا مغناطيسيًا متغيّرًا، أمّا مولّد DC فيولّد مجالًا كهربائيًا متغيّرًا لحظة تشغيله أو إطفائه فقط.

33. يبث سلك هوائي رأسي موجات راديو. ارسم الهوائي وكلًّا من المجالين الكهربائي والمغناطيسي المتولدين؟



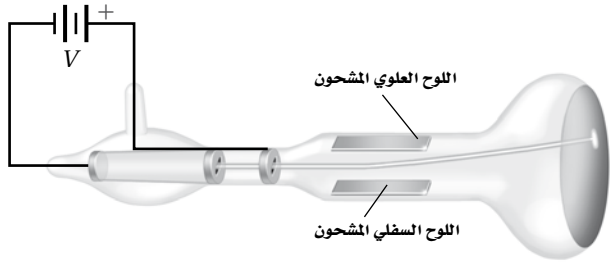
34. ماذا يحدث لبلورة الكوارتز عند تطبيق فولتية خلالها؟

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

35. كيف تعمل دائرة استقبال الهوائي على التقاط موجة كهرومغناطيسية بتردد محدّد ورفض سائر الموجات الأخرى؟

بتعديل السعة الكهربائية لدائرة الهوائي يصبح تردّد اهتزاز الدائرة مساويًا لتردّد موجات الراديو المطلوبة. وتستقبل تلك الموجة فيحدث رنينًا، مما يؤدي إلى اهتزاز الإلكترونات في الدائرة بذلك التردّد.

36. تنطلق الإلكترونات في أنبوب تومسون من اليسار إلى اليمين، كما هو موضّح في **الشكل 14–7**. أي اللوحين سيشحن بشحنة موجبة لجعل حزمة الإلكترونات تنحرف إلى أعلى؟



■ الشكل 14–7

اللوح العلوي سيشحن بشحنة موجبة.

تطبيق المفاهيم

صفحة 30

37. يستخدم أنبوب تومسون الموضح في المسألة السابقةالمجال المغناطيسي لحرف حزمة الإلكترونات. ما اتجاه المجال المغناطيسي اللازم لحرف الحزمة إلى أسفل؟

سيكون اتجاه المجال المغناطيسي خارجًا من مستوى الورقة.

38. بين أن وحدات E/B هي وحدات السرعة نفسها؟

$$\frac{E}{B}=\frac{\frac{\mathbf{N}}{\mathbf{C}}}{\frac{\mathbf{N}}{\mathbf{A.m}}}=\mathbf{A.m/C}$$

لأن 1 A يساوي 1 C/s ولذلك فإن :

$$\frac{E}{B}=\frac{\mathbf{C.m}}{\mathbf{s.C}}=\mathbf{m/s}$$

39. **الشكل 15–7** يبيّن الحجرة المفرغة في مطياف كتلة. إذا اختبرت عينة من غاز النيون المتأين في هذا المطياف فمااتجاه المجال المغناطيسي اللازم لجعل الأيونات تنحرف بشكل نصف دائري في اتجاه عقارب الساعة؟

■ **الشكل 15–7**

عند استخدام قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي، نجد أن اتجاهه يجب أن يكون خارجًا من الورقة وعموديًا على مستواها.

40. إذا تغيرت إشارة شحنة الجسيم في المسألة السابقة من الموجبة إلى السالبة فهل يتغير اتجاه أحد المجالين أو كليهما للحفاظ على الجسيمات دون انحراف؟ وضّح إجابتك.

يمكنك أن تغيّر كلا المجالين، أو لا تغيّر أيًا منهما، ولكن لا يمكنك أن تغيِّر مجالًا واحدًا فقط.

41. أي من موجات الراديو، وموجات الضوء، والأشعّة السينيّة له قيمة عظمى من:

a. الطول الموجيّ

موجات الراديو

b. التردد

الأشعّة السينيّة

c. السرعة

جميعها تنتقل بالسرعة نفسها

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

تحتاج القناة الأولى إلى هوائيّ أطول، فطول الهوائيّ يتناسب طرديًا مع الطول الموجي.

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

ستكون عيني الشخص أكبر، لأن الطول الموجيّ لموجات الميكروويف أكبر كثيرًا من الطول الموجيّ للضوء المرئيّ.

اتقان حل المسائل

7–1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة

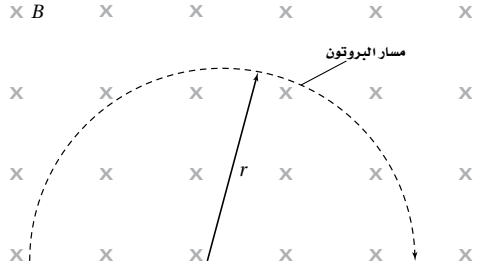
صفحة31

44. تحرك إلكترونات بسرعة $3.6\times10^{4}\ \text{m/s}$ خلال مجال كهربائي مقداره $5.8\times10^{3}\ \text{N/C}$. ما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن يتعرض له مسار الإلكترونات حتى لا تنحرف؟

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

$$B=\frac{E}{v}=\frac{\mathbf{5.8\times10^{3}\ N/C}}{\mathbf{3.6\times10^{4}\ m/s}}=\mathbf{0.16\ T}$$

45. يتحـرك بروتـون في مسـار دائري نصف قطره 0.20 m في مجال مغناطيسـي مقداره 0.36 T، كما موضّح في **الشـكل 16–7**. احسب مقدار سرعته؟



■ **الشكل 16–7**

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

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

$$v = \frac{Brq}{m} = \frac{(0.36\ \text{T})(0.20\ \text{m})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{1.67\times10^{-27}\ \text{kg}}$$

$$= 6.9\times10^{6}\ \text{m/s}$$

46. دخل بروتون مجالاً مغناطيسيًّا مقداره 0.6×10^{-2} T بسرعة 5.4×10^{4} m/s. ما مقدار نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه؟

$$r = \frac{mv}{Bq} = \frac{(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})(5.4\times10^{4}\ \text{m/s})}{(6.0\times10^{-2}\ \text{T})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})} = 9.4\times10^{-3}\ \text{m}$$

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؟

$$B = \frac{1}{r}\sqrt{\frac{2Vm}{q}} = \frac{1}{0.050\ \text{m}}\sqrt{\frac{(2)(4.5\times10^{3}\ \text{V})(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})}{1.60\times10^{-19}\ \text{C}}}$$

$$= 4.5\times10^{-3}\ \text{T}$$

48. حصلنا على المعلومات الآتية من مطياف الكتلة حول ذرات صوديوم ثنائية التأين (2+):

$B = 8.0\times10^{-2}\text{T}$ ، $q = 2(1.60\times10^{-19}\text{C})$،

$r = 0.077$ m ، و$V = 156$ V

احسب كتلة ذرة الصوديوم.

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

$$m = \frac{qB^2r^2}{2V} = \frac{(2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(8.0\times10^{-2}\ \text{T})^2(0.077\ \text{m})^2}{(2)(156\ \text{V})} = 3.9\times10^{-26}\ \text{kg}$$

49. تحرك جسيم ألفا كتلته 6.6×10^{-27} kg وشحنته 2+ في مجال مغناطيسي مقداره 2.0 T فسلك مسارًا دائريًّا نصف قطره 0.15 m. ما مقدار كل من:

a. سرعة الجسيم؟

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

$$v = \frac{Bqr}{m} = \frac{(2.0\ \text{T})(2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(0.15\ \text{m})}{6.6\times10^{-27}\ \text{kg}}$$

$$= 1.5\times10^{7}\ \text{m/s}$$

b. طاقته الحركية؟

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{Bqr}{m}\right)^2 = \frac{q^2B^2r^2}{2m} = \frac{(2)(1.60\times10^{-19}\,\text{C})(2.0\,\text{T})^2\,(0.15\,\text{m})^2}{(2)(6.6\times10^{-27}\,\text{kg})}$$

$$= 7.0\times10^{-13}\,\text{J}$$

c. فرق الجهد اللازم لإنتاج هذه الطاقة الحركية.

$$KE = qV$$

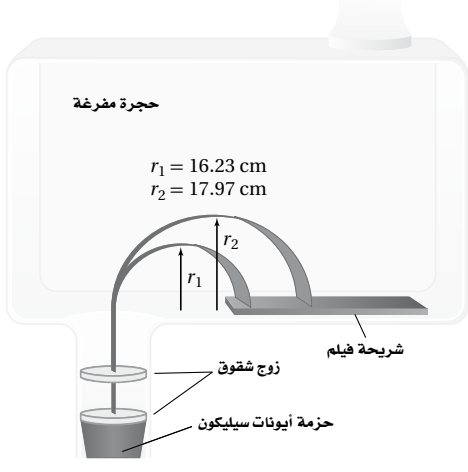
$$V = \frac{KE}{q} = \frac{7.0\times10^{-13}\,\text{J}}{(2)(1.60\times10^{-19}\,\text{C})} = 2.2\times10^{6}\,\text{V}$$

50. استخدم مطياف كتلة لتحليل كربون 12 يحتوي جزئيات كتلتها تعادل 175×10^3 من كتلة البروتون. ما النسبة اللازمة للحصول على عينة من الجزيئات تحتوي على النظائر ذات الكتلة 12 ولا تظهر فيها أي جزيئات ذات الكتلة 13؟

الفرق بين نظيريّ الكربون 12 والكربون 13 هو بروتون واحد، والنسبة المئوية المطلوبة للتمييز بين هذين النظيرين على أساس فرق كتلة بروتون واحد بين النظيرين هي:

$$\frac{1}{175000}\times100\% = \frac{1}{1750}\,\%$$

51. **نظائر السليكون** سلكت ذرات السليكون المتأينة المسارات الموضّحة في **الشكل 17–7** في مطياف الكتلة، إذا كان نصف القطر الأصغر يتوافق مع كتلته البروتون 28. فما كتلة النظير الآخر للسليكون؟



■ **الشكل 17–7**

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

لكن m تتناسب طرديًا مع r^2

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{r_2^{\,2}}{r_1^{\,2}}$$

$$m_2 = m_1\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$= (28\,m_p)\left(\frac{17.97\,\text{cm}}{16.23\,\text{cm}}\right)^2 = 34\,m_p$$

$$m_2 = 34m_p = (34)(1.67\times10^{-27}\,\text{kg})$$

$$= 5.7\times10^{-26}\,\text{kg}$$

إتقان حل المسائل

7–2 الموجات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء

صفحة 32–31

52. **موجات الراديو** انعكست موجات راديو طولها الموجي 2.0 cm عـن طبق قطـع مكافئ. ما طول الهوائي اللازم للكشف عنها؟

يجب أن يكون طول الهوائي $\frac{\lambda}{2}$، أي 1.0 cm .

53. **التلفاز** نقلت إشـارة تلفاز على موجـات حاملة ترددها 66 MHz. فإذا كانت أسلاك الالتقاط في الهوائي تتباعد $\frac{1}{4}\lambda$ فأوجـد البعـد الفيزيائـي بين أسـلاك الالتقاط في الهوائي.

$$\frac{1}{4}\lambda = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{c}{f}$$
$$= \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{(4)(66\times10^{6}\ \text{Hz})}$$
$$= 1.1\ \text{m}$$

54. **الماسح الضوئي لشريط الشيفرة** يستخدم الماسح الضوئي لشريط الشفرة مصدر ضوء ليزر طوله الموجي 650 nm. أوجد تردد مصدر شعاع الليزر؟

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{650\times10^{-9}\ \text{m}} = 4.6\times10^{14}\ \text{Hz}$$

55. مـا طول الهوائي اللازم لاسـتقبال إشـارة راديو ترددها 101.3 MHz؟

طول الهوائي المناسب يساوي:

$$\frac{1}{2}\lambda = \left(\frac{1}{2}\right)\frac{c}{f}$$
$$= \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{(2)(101.3\times10^{6}\ \text{Hz})}$$
$$= 1.48\ \text{m}$$

56. موجة كهرومغناطيسية EM ترددها 100MHz تبث خلال كابل محوري ثابت العزل الكهربائي له 2.30. ما مقدار سرعة انتشار الموجات؟

$$v = \frac{v}{\sqrt{K}} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{\sqrt{2.30}} = 1.98\times10^{8}\ \text{m/s}$$

57. **الهاتف الخلوي** يعمل جهاز إرسـال هاتف خلوي على موجات حاملـة ترددها 8.00×10^{8} Hz. ما طول هوائي الهاتف الأمثل لالتقاط الإشارة؟ لاحظ أن الهوائيات ذات الطرف الواحد تولد قوة دافعة كهربائية عظمى عندما يكون طول الهوائي فيه مساويًا ربع الطول الموجي للموجة.

الطول المثالي للهوائي ذو الطرف الواحد يساوي:

$$\frac{1}{4}\lambda = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{c}{f}$$
$$= \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{(4)(8.00\times10^{8}\ \text{Hz})}$$
$$= 0.0938\ \text{m}$$
$$= 9.38\ \text{cm}$$

مراجعة عامة

صفحة 32

58. **المذياع** محطة إذاعية FM تبث موجاتها بتردد 94.5 MHz. ما مقدار طول الهوائي اللازم للحصول على أفضل استقبال لهذه المحطة؟

طول الهوائي اللازم للحصول على أفضل استقبال يساوي:

$$\frac{1}{2}\lambda = \left(\frac{1}{2}\right)\frac{c}{f}$$
$$= \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{(2)(94.5\times10^{6}\ \text{Hz})}$$
$$= 1.59\ \text{m}$$

59. إذا كان طـول هوائـي هاتف خلـوي 8.3 cm فما مقدار التردد الذي يرسل ويستقبل عليه هذا الهاتف؟ لعلك تذكر من المسـألة 57 أن الهوائيـات ذات الطرف الواحد مثل المستخدم في الهاتف الخلوي تولد قوة دافعة كهربائية عظمى عندما يكون طولها مسـاويًا ربع الطول الموجي للموجة التي ترسلها وتستقبلها.

طول الهوائي يساوي:

$$0.083\ \text{m} = \frac{1}{4}\lambda = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{c}{f}$$

التردد يساوي:

$$f = \frac{c}{(4)(0.083\ \text{m})}$$
$$= \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{(4)(0.083\ \text{m})}$$
$$= 9.0\times10^{8}\ \text{Hz}$$

60. سرّع جسيم مجهول بوساطة فرق جهد مقداره $1.50\times10^{2}\,V$. إذا دخل هذا الجسيم مجالاً مغناطيسيًّا مقداره $50.0\,mT$ وسلك مسارًا منحنيًا نصف قطره $9.80\,cm$ فما مقدار النسبة q/m؟

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

$$=\frac{(2)(1.50\times10^{2}\ V)}{(50.0\times10^{-3}\ T)^2\,(9.80\times10^{-2}\ m)^2}$$

$$=1.25\times10^{7}\ C/kg$$

التفكير الناقد

صفحة 32

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 المرسلة معلوم، وعندما تنعكس هذه الإشارة المرسلة عن الجسم المتحرك تلتقط من قبل الرادار. ولأن الجسم متحرك بالنسبة إلى الرادار لذا يكون تردد الإشارة المستقبلة مختلفًا عن تردد الإشارة المرسلة. وتسمى هذه الظاهرة إزاحة دوبلر. فإذا كان الجسم متحركًا نحو الرادار كان تردد الموجة المستقبلة أكبر من تردد الموجة المرسلة. ما مقدار سرعة الجسم المتحرك إذا كان تردد الموجة المرسلة $10.525\,GHz$ وكان للموجة المستقبلة إزاحة دوبلر مقدارها $1850\,Hz$؟

$$v_{\text{هدف}}=\frac{c\,f_{\text{دوبلر}}}{2f_{\text{بث}}}$$

حيث $v_{\text{هدف}}$: سرعة الهدف (m/s)

c: سرعة الضوء (m/s)

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

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

$$v_{\text{هدف}}=\frac{cf_{\text{دوبلر}}}{2f_{\text{بث}}}=\frac{(3.00\times10^{8}\ m/s)(1850\ Hz)}{(2)(10.525\times10^{9}\ Hz)}$$

$$=26.4\ m/s$$

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؟

حتى تتمكن من الرؤية يجب أن تستكشف الضوء، وهذا يعني أن الضوء سوف يمتصّ أو ينعكس، وبصورة أساسية يكون الشخص غير المرئي شفافًا، لذلك سيمرّ الضوء خلال العين دون امتصاص أو انعكاس.

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 الكتل الذرية 175 بروتونًا عن الجزيئات ذات الكتل الذرية 176 بروتونًا، وكانت المسافة الفاصلة بين الخلايا المتجاورة في الكاشف الذي تستخدمه $0.10\,mm$، ويجب أن تُسرّع الجزيئات بوساطة فرق جهد $5000\,V$ على الأقل؛ حتى يتم الكشف عنها، فما قيم كل من r، B، v التي يجب أن تكون لجهازك؟

نسبة الشحنة إلى الكتلة للنظائر في مطياف الكتلة هي:

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

أي ان نصف قطر مسار النظير يعطى بالعلاقة:

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

والفرق في نصفي قطر المسار للنظيرين هو:

$$0.10\times10^{-3}\ m=r_{176}-r_{175}$$

$$=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2V}{q}}\left(\sqrt{m_{176}}-\sqrt{m_{175}}\right)$$

$$=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2V}{q}}\left(\sqrt{176\,m_{\text{p}}}-\sqrt{175m_{\text{p}}}\right)$$

$$=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2Vm_{\text{p}}}{q}}\left(\sqrt{176}-\sqrt{175}\right)$$

تابع الفصل 7

المجال المغناطيسي يساوي:

$$B = \frac{(\sqrt{176} - \sqrt{175})}{0.10 \times 10^{-3}\ \text{m}} \sqrt{\frac{2Vm_p}{q}}$$

$$= \frac{(\sqrt{176} - \sqrt{175})}{0.10 \times 10^{-3}\ \text{m}} \sqrt{\frac{(2)(500.0\ \text{V})(1.67 \times 10^{-27}\ \text{kg})}{1.60 \times 10^{-19}\ \text{C}}}$$

$$= 1.2\ \text{T}$$

نصف القطر للنظير الذي كتلته 176 بروتون تساوي :

$$r_{76} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2V(176\, m_p)}{q}} = \frac{1}{1.2\ \text{T}} = \sqrt{\frac{(2)(5.00\ \text{V})(176)(1.67 \times 10^{-27}\ \text{kg})}{1.60 \times 10^{-19}\ \text{C}}}$$

$$= 3.6 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

عنـد تصـميم مطيـاف الكتلة يمكنك اختيار أي قيمة لـكل من B و V ويجب أن لا تقل V عن 500.0 V وبما أن النسـبة q/m ثابتة فإن V تتناسب طرديًا مع B^2r^2

الكتابة في الفيزياء

صفحة 33

64. اكتب تقريرًا في صفحة أو صفحتين تُبيّن فيه عمل جهاز التحكم عن بعد لكل من التلفاز والفيديو وجهاز DVD ، والذي يعمل بالأشـعة تحت الحمراء. اشـرح لماذا لا يحدث تداخل بين الأجهزة عند استخدام جهاز التحكم عن بعد المتعدد الأغراض. يجب أن يحوي تقريرك مخططات وأشكالًا.

تسـتخدم أجهزة التحكّم مدًى محدّدًا من تردّدات الأشـعة تحت الحمراء المعدّلة، والمضـمّنة في صـورة نبضات، ويولّد كلّ زر في الجهاز سلسـلة خاصـة من النبضـات القصـيرة أو الطويلة. إن المدى الواسع للتردّدات المسـتخدمة في أجهزة التحكم المختلفة المصـنّعة من قبل شـركات مختلفة، ورموز النبضـات الفريدة من نوعها التي يسـتخدمها كل جهاز عن بعد يجعل من المسـتبعد أن تتداخل هذه الأجهزة معًا.

مراجعة تراكمية

صفحة 33

65. سـلك طوله 440 cm يحمل تيارًا مقداره 7.7 A عموديًّا على مجال مغناطيسـي. فإذا كانت القوة المؤثرة في السـلك 0.55 N فما مقدار المجال المغناطيسي؟

$$F = BIL$$

$$B = \frac{F}{IL}$$

$$= \frac{0.55\ \text{N}}{(7.7\ \text{A})(4.4\ \text{m})}$$

$$= 0.016\ \text{T}$$

66. إذا حُرّك سـلك يمتد من الشـمال إلى الجنوب نحو الشـرق داخل مجال مغناطيسـي يتجه إلى أسـفل نحو الأرض، فما اتجاه التيار الحثيّ المتولّد في السلك؟

شمال

تابع الفصل 7

مسألة التحفيز

صفحة 21

يشكّل الضوء المرئي جزءًا بسيطًا فقط من الطيف الكهرومغناطيسي. وأطوال الموجات لبعض ألوان الضوء المرئي موضحة في **الجدول 1–7** .

الجدول 1–7

أطوال موجات الضوء المرئي

اللون	الطول الموجي (nm)
نيلي–بنفسجي	390 حتى 455
أزرق	455 حتى 492
أخضر	492 حتى 577
أصفر	577 حتى 597
برتقالي	597 حتى 622
أحمر	622 حتى 700

1. أي ألوان الضوء له أكبر طول موجي؟

أحمر

2. أي الألوان ينتقل أسرع في الفراغ؟

تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية جميعها بالسرعة نفسها 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، وأيها سيحيد بدرجة أقل؟

حيود الضوء الأحمر هو الأكبر، أما البنفسجي فسيحيد بدرجة أقل.

4. احسب مدى التردد لكل لون من ألوان الضوء المعطاة في **الجدول 1–7**.

التردد $f = \frac{c}{\lambda}$

للموجة 390 nm

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{3.90\times10^{-7}\ \text{m}} = 7.69\times10^{14}\ \text{Hz}$$

للموجة 455 nm

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{4.55\times10^{-7}\ \text{m}} = 6.59\times10^{14}\ \text{Hz}$$

للموجة 492 nm

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{4.92\times10^{-7}\ \text{m}} = 6.10\times10^{14}\ \text{Hz}$$

للموجة 577 nm

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{5.77\times10^{-7}\ \text{m}} = 5.20\times10^{14}\ \text{Hz}$$

للموجة 597 nm

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{5.97\times10^{-7}\ \text{m}} = 5.03\times10^{14}\ \text{Hz}$$

للموجة 622 nm

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{6.22\times10^{-7}\ \text{m}} = 4.82\times10^{14}\ \text{Hz}$$

للموجة 700 nm

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{7.00\times10^{-7}\ \text{m}} = 4.29\times10^{14}\ \text{Hz}$$

وبذلك يكون المدى كما يلي:

البنفسجي من 6.59×10^{14} Hz حتى 7.69×10^{14} Hz

الأزرق من 6.10×10^{14} Hz حتى 6.59×10^{14} Hz

الأخضر من 5.20×10^{14} Hz حتى 6.10×10^{14} Hz

الأصفر من 5.03×10^{14} Hz حتى 5.20×10^{14} Hz

البرتقالي من 4.82×10^{14} Hz حتى 5.03×10^{14} Hz

الأحمر من 4.29×10^{14} Hz حتى 4.82×10^{14} Hz

مسائل تدريبية

1–8 النموذج الجسيمي للموجات (صفحة 48–37)

صفحة 44

1. ما طاقة إلكترون بوحدة الجول إذا كانت طاقته 2.3 eV؟

$$(2.3\ \text{eV})\left(\frac{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}{1\ \text{eV}}\right)=3.7\times10^{-19}\ \text{J}$$

2. إذا كانت سرعة إلكترون $6.2\times10^{6}\ \text{m/s}$ فما طاقته بوحدة eV؟

$$KE=\frac{1}{2}mv^2$$
$$=\left(\frac{1}{2}\right)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(6.2\times10^{6}\ \text{m/s})^2$$
$$=(1.75\times10^{-17}\ \text{J})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$
$$=1.1\times10^{2}\ \text{eV}$$

3. ما سرعة الإلكترون في المسألة 1؟

$$m=9.11\times10^{-31}\ \text{kg},\ KE=\frac{1}{2}mv^2$$
$$v=\sqrt{\frac{2KE}{m}}=\sqrt{\frac{(2)(3.7\times10^{-19}\ \text{J})}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}}$$
$$=9.0\times10^{5}\ \text{m/s}$$

4. إذا كان جهد الإيقاف لخلية كهروضوئية 5.7 V فاحسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة بوحدة eV.

$$KE=-qV_0$$
$$=-(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})(5.7\ \text{J/C})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$
$$=5.7\ \text{eV}$$

5. يلزم جهد إيقاف مقداره 3.2 V لمنع سريان التيار الكهربائي في خلية ضوئية. احسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المتحررة بوحدة الجول.

$$KE=-qV_0$$
$$=-(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})(3.2\ \text{J/C})$$
$$=5.1\times10^{-19}\ \text{J}$$

صفحة 46

6. احسب تردد العتبة للزنك بوحدة Hz، واقتران الشغل بوحدة eV، إذا كان طول موجة العتبة للزنك 310 nm.

$$f_0=\frac{c}{\lambda_0}=\frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{310\times10^{-9}\ \text{m}}=9.7\times10^{14}$$
$$W=hf_0$$
$$=(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(9.7\times10^{14}\ \text{Hz})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$
$$=4.0\ \text{eV}$$

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؟

$$KE_{max}=\frac{1240\ \text{eV.nm}}{\lambda}-hf_0$$
$$=\frac{1240\ \text{eV.nm}}{425\ \text{nm}}-1.96\ \text{eV}$$
$$=0.960\ \text{eV}$$

8. تتحرر من فلز إلكترونات بطاقات 3.5 eV عندما يضاء بإشعاع فوق بنفسجي طوله الموجي 193 nm. ما مقدار اقتران الشغل لهذا الفلز؟

$$KE=hf-hf_0$$
$$hf_0=hf-KE=\frac{hc}{\lambda}-KE$$
$$=\frac{1240\ \text{eV.nm}}{\lambda}-KE$$
$$=\frac{1240\ \text{eV.nm}}{193\ \text{nm}}-3.5\ \text{eV}$$
$$=2.9\ \text{eV}$$

9. إذا كان اقتران الشغل لفلز 4.50 eV فما مقدار أكبر طول موجي للإشعاع الساقط عليه بحيث يكون قادرًا على تحرير إلكترونات منه؟

$$hf_0=4.50\ \text{eV}$$

أي أن:

$$\frac{hc}{\lambda_0}=4.50\ \text{eV}$$
$$\lambda_0=\frac{1240\ \text{eV.nm}}{4.50\ \text{eV}}=276\ \text{nm}$$

مراجعة القسم

1–8 النموذج الجسيمي للموجات (صفحة 48–37)

صفحة 48

10. **التأثير الكهروضوئي** لماذا يكون الضوء ذو الشدة العالية والتردد المنخفض غير قادر على تحرير إلكترونات من فلز، في حين أن الضوء ذا الشدة المنخفضة والتردد العالي يستطيع ذلك؟ فسّر إجابتك.

الضوء شكل من أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي، وهو عديم الكتلة، ومع ذلك لديه طاقة حركية. وكل مرة يسقط فيها فوتون على سطح الفلز؛ فإنه يتفاعل فقط مع إلكترون واحد. والفوتون ذو التردد المنخفض لا يملك طاقة كافية لتحرير إلكترون من سطح الفلز، لأن الطاقة ترتبط مباشرة بالتردد وليس بالشدة، في حين الضوء ذو التردد العالي يستطيع تحقيق ذلك.

11. **تردد إشعاع الجسم الساخن وطاقته** كيف يتغير تردد الإشعاع المقابل لأعلى شدة عندما ترتفع درجة حرارة الجسم؟ وكيف تتغير الكمية الكلية للطاقة المنبعثة؟

إن كلًا من تردد قمة الشدة والطاقة الكلية المنبعثة يزدادان. إذ تزداد قمة الشدة بدلالة T، بينما تزداد الطاقة الكلية بدلالة T^4.

12. **التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون** سلّط عالمٌ أشعةَ X على هدف، فانطلق إلكترون من الهدف دون أن ينبعث أي إشعاع آخر. وضّح ما إذا كان هذا الحدث ناتجًا عن التأثير الكهروضوئي أم تأثير كومبتون.

الحدث ناتج عن التأثير الكهروضوئي، وهو عبارة عن التقاط فوتون بواسطة إلكترون في المادة وانتقال طاقة الفوتون إلى الإلكترون.

13. **التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون** ميّز بين التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون.

تأثير كومبتون عبارة عن تشتت الفوتون بواسطة المادة، منتجًا فوتونًا له طاقة وزخم أقل، في حين التأثير الكهروضوئي عبارة عن انبعاث إلكترونات من الفلز عندما يسقط عليه إشعاع ذو طاقة كافية.

14. **التأثير الكهروضوئي** اصطدم ضوء أخضر $\lambda=532\ nm$ بفلز ما، فحرر إلكترونات منه. إذا تم إيقاف هذه الإلكترونات باستخدام فرق جهد 1.44 V، فما مقدار اقتران الشغل للفلز بوحدة eV؟

$$E_{\text{الضوء الأخضر}} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240\ eV.nm}{532\ nm} = 2.33\ eV$$

$$KE_{\text{الإلكترون المتحرر}} = -qV$$

$$= -(-1.60\times10^{-19}\ C)(1.44\ J/C)\ \frac{1\ eV}{1.60\times10^{-19}\ J}$$

$$= 1.44\ eV$$

$$W = E_{\text{الضوء الأخضر}} - KE_{\text{الإلكترون المتحرر}}$$

$$= 2.33\ eV - 1.44\ eV$$

$$= 0.89\ eV$$

15. **طاقة فوتون** تنبعث فوتونات طولها الموجي 650 nm من مؤشر ليزر. ما مقدار طاقة هذه الفوتونات بوحدة eV؟

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240\ eV.nm}{650\ nm} = 1.9\ eV$$

16. **التأثير الكهروضوئي** امتُصّت أشعة X في عظم، وحررت إلكترونًا. إذا كان الطول الموجي لأشعة X 0.02 nm تقريبًا، فقدّر طاقة الإلكترون بوحدة eV.

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240\ eV.nm}{0.02\ nm} = 6\times10^{4}\ eV$$

17. **تأثير كومبتون** أُسقطت أشعة X على عظم، فاصطدمت بإلكترون فيه وتشتت. كيف تقارن بين الطول الموجي لأشعة X المشتتة والطول الموجي لأشعة X الساقطة؟

أشعة X المتشتتة لها طول موجي أكبر مقارنة بالأشعة الساقطة.

18. **التفكير الناقد** تخيل أن تصادم كرتَيْ بلياردو ينمذج التفاعل الذي يحدث بين فوتون وإلكترون خلال تأثير كومبتون. افترض أن بروتونًا– وكتلته أكبر كثيرًا من كتلة الإلكترون– وُضع 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؟

إن الإجابة عن السؤالين هي لا، وكمثال على ذلك تستطيع كرة تنس نقل طاقة حركية أكثر لكرة لينة من الطاقة التي تنقلها لكرة بولينج.

مسائل تدريبية

8–2 موجات المادة (صفحة 51 –49)

صفحة 50

19. تتدحرج كرة بولنج كتلتها 7.0 kg بسرعة 8.5 m/s، أجب عما يلي:

a. ما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة للكرة؟

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J.s}}{(7.0\ \text{kg})(8.5\ \text{m/s})}$$

$$= 1.1\times10^{-35}\ \text{m}$$

b. لماذا لا تُظهر كرة البولنج سلوك موجي ملاحظ؟

لأن طول موجة دي برولي المصاحبة لكرة البولنج قصير جدًا، ولا يكفي لإحداث تأثيرات يمكن مشاهدتها.

20. إذا تسارع إلكترون خلال فرق جهد 250 V، فاحسب مقدار سرعته وطول موجة دي برولي المصاحبة له.

$$\frac{1}{2}mv^2 = qv$$

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}} = \sqrt{\frac{(2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(250\ \text{J/C})}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}}$$

$$= 9.4\times10^{6}\ \text{m/s}$$

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

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J.s}}{(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(9.4\times10^{6}\ \text{m/s})}$$

$$= 7.7\times10^{-11}\ \text{m}$$

21. ما مقدار فرق الجهد اللازم لمسارعة إلكترون بحيث يكون طول موجة دي برولي المصاحبة له 0.125 nm؟

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

أي أن:

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

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m} = \frac{\left(\frac{h}{\lambda}\right)^2}{2m}$$

$$= \frac{\left(\frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J.s}}{0.125\times10^{-9}\ \text{m}}\right)}{(2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})}$$

$$= (1.544\times10^{-17}\ \text{J})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$

$$= 96.5\ \text{eV}$$

أي انه يتسارع خلال فرق جهد مقدارة 96.5 V.

22. طول موجة دي برولي للإلكترون في المثال 3 يساوي 0.14 nm. ما مقدار الطاقة الحركية بوحدة eV لبروتون ($m = 1.67\times10^{-27}$ kg) إذا كان له الطول الموجي نفسه؟

طول موجة دي بولي المصاحبة يساوي: $\lambda = \frac{h}{mv}$

أي أن السرعة تساوي : $v = \frac{h}{m\lambda}$

عندئذ تكون الطاقة الحركية :

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{h}{m\lambda}\right)^2 = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2}{(2)(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})(0.14\times10^{-9}\ \text{m})^2}\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$

$$= 4.2\times10^{-2}\ \text{eV}$$

مراجعة القسم

8–2 موجات المادة (صفحة 51 –49)

صفحة 51

23. **الخصائص الموجية** صف التجربة التي أثبتت أن للجسيمات خصائص موجية.

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. **الطبيعة الموجية** فسّر لماذا لا تظهر الطبيعة الموجية للمادة؟

لأن الأطوال الموجية لمعظم الأجسام أصغر جدًا من أن يتم الكشف عنها.

25. **طول موجة دي برولي** ما مقدار طول موجي دي برولي المصاحبة لإلكترون يتسارع خلال فرق جهد 125 V؟

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

$$= \sqrt{\frac{-2(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})(125\ \text{V})}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}}$$

$$= 6.63\times10^{6}\ \text{m/s}$$

$$p = mv = (9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(6.63\times10^{6}\ \text{m/s})$$

$$= 6.04\times10^{-24}\ \text{kg.m/s}$$

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J.s}}{6.04\times10^{-24}\ \text{kg.m/s}}$$

$$= 1.10\times10^{-10}\ \text{m}$$

$$= 0.110\ \text{nm}$$

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؟

إذا كان الفوتون يخضع لتشتت كومبتون مع هدف ثابت فإن الطول الموجي للفوتون سيزداد.

27. **مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج** عندما يمر ضوء أو حزمة من ذرات خلال شق مزدوج فإنه يتكون نمط تداخل. وتحدث كلتا النتيجتين حتى عندما تمر الذرات أو الفوتونات خلال الشقين في الوقت نفسه. كيف يفسر مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج ذلك؟

ينص مبدأ هيزنبرغ على أنه من غير الممكن قياس زخم جسيم وتحديد موقعه بدقة في الوقت نفسه، فإذا استطعت تحديد الموقع الدقيق لفوتون أو ذرة عندما تعبر خلال الشق فإنك لن تستطيع معرفة زخمه بدقة. لذلك فإنك لن تكون متأكدًا من أي الشقوق قد عبرت الحزمة الناتجة عن توزيع الفوتونات أو الذرات التي يمكن مشاهدتها في نمط التداخل.

28. **التفكير الناقد** ابتكر الفيزيائيون مؤخرًا محزوز حيود للموجات الضوئية الموقوفة (المستقرة). وتكوِّن الذرات التي تمر خلال المحزوز نمط تداخل. إذا كانت المسافة الفاصلة بين الشقوق $\frac{1}{2}\lambda$(250 nm تقريبًا) فما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة للذرات تقريبًا؟

لمحزوز الحيود يكون $\lambda = d\sin\theta$، حيث dالبعد بين الشقوق وθ زاوية الفصل بين القمم المتتالية. لذلك فإن طول موجة دي برولي تعطى بالعلاقة :

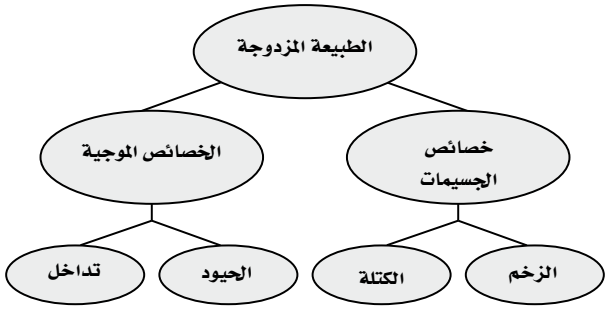
$\lambda = (250\ \text{nm})\sin\theta$ ، إذا اعتبرنا أن $\sin\theta = 0.1$ تقريبًا فإن طول موجة دي برولي تساوي بضع عشرات من النانومتر.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 56

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



إتقان المفاهيم

صفحة 56

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

يصبح الضوء أكثر إحمرارًا

31. وضّح مفهوم تكميته الطاقة.

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

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

إن الطاقة الاهتزازية للذرات المتوهجة مكمّمة.

33. ماذا تسمى كمّات الضوء؟

الفوتونات.

34. سُلِّط 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؟

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

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

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

36. **الفيلم الفوتوجرافي** لأن أنواعًا معينة من أفلام الأبيض والأسود ليست حساسة للضوء الأحمر، فإنه يمكن تحميضها في غرفة مظلمة مضاءة بضوء أحمر. فسّر ذلك بناءً على نظرية الفوتون للضوء.

فوتونات الضوء الأحمر ليس لها طاقة كافية لإحداث تفاعل كيميائي مع الفيلم الذي يتعرض له.

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

تنقل التصادمات المرنة كلًّا من الزخم والطاقة للفوتونات فقط إذا كان لها زخم يمكنها من تحقيق المعادلات.

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

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

39. وضح كيف يمكن قياس الخصائص التالية للإلكترون:

a. الشحنة

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

b. الكتلة

وازن بين قوة المجال الكهربائي مع قوة المجال المغناطيسي لإيجاد $\frac{m}{q}$، ثم استخدم قيمة q المقيسة.

c. الطول الموجي

شتت الإلكترونات عن سطح الكريستال وقم بقياس زوايا الحيود.

40. وضح كيف يمكن قياس الخصائص التالية للفوتون:

a. الطاقة

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

b. الزخم

قس التغير في الطول الموجي لأشعة X المشتتة بواسطة المادة.

c. الطول الموجي.

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

تطبيق المفاهيم

صفحة 57–56

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

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

4000 k: ~2.5×10^{14} Hz, 5800 k: ~3.5×10^{14} Hz, 8000 k: ~4.6×10^{14} Hz.

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

يزداد التردد الذي تكون عنده شدة الإشعاع المنبعث أكبر ما يمكن بزيادة درجة الحرارة.

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

تزداد شدة الجزء الأحمر من الطيف من 0.5 إلى 9.2 تقريبًا، وتكون الزيادة بمعامل أكبر قليلا من 18.

42. وضع قضيبان من الحديد في النار، فتوهج أحدهما

باللون الأحمر الداكن، بينما توهج الآخر باللون البرتقالي الساطع. أي القضيبين:

a. أكثر سخونة؟

البرتقالي الساطع.

b. يشع طاقة أكبر؟

البرتقالي الساطع.

43. هل يحرر ضوء تردده كبير عددًا أكبر من الإلكترونات من سطح حساس للضوء مقارنة بضوء تردده أقل، مع افتراض أن كلا الترددين أكبر من تردد العتبة؟

ليس ضرُوريًا، إذ يتناسب عدد الإلكترونات المنبعثة طرديًا مع عدد الفوتونات الساقطة أو مع شدة الضوء وليس مع تردده.

44. تنبعث إلكترونات ضوئية من البوتاسيوم عندما يسقط عليه ضوء أزرق، في حين تنبعث إلكترونات ضوئية من التنجستن عندما يسقط عليه أشعة فوق بنفسجية. أي الفلزين:

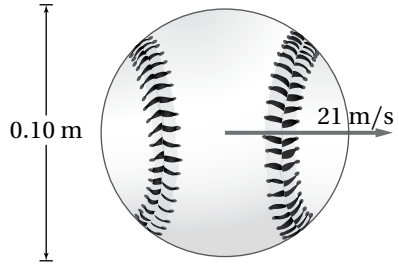
a. له تردد عتبة أكبر؟

الضوء الأزرق له تردد وطاقة أقل من الضوء فوق البنفسجي، لذلك فإن التنجستن له تردد عتبة أكبر.

b. له اقتران شغل أكبر؟

التنجستن.

45. قارن طول موجة دي برولي المصاحبة لكرة البيسبول الموضحة في **الشكل 10–8** بقطر الكرة.



■ **الشكل 10–8**

قطر كرة البيسبول 0.10 m تقريبًا بينما طول موجة دي برولي 10^{-34}m، وبذلك يكون قطر كرة البيسبول أكبر 10^{33} مرة من الطول الموجي لموجة دي برولي المصاحب لها.

إتقان حل المسائل

8–1 النموذج الجسيمي للموجات

صفحة 58–57

46. اعتمادًا على نظرية بلانك، كيف يتغير تردد اهتزاز ذرة إذا بعثت طاقة مقدارها 5.44×10^{-19} J عندما تغيّرت قيمة n بمقدار 1؟

$$E=nhf$$

لذا:

$$f=\frac{E}{nh}=\frac{5.44\times10^{-19}\,\text{J}}{(1)(6.63\times10^{-34}\,\text{J.s})}$$

$$=8.21\times10^{14}\,\text{Hz}$$

47. ما مقدار فرق الجهد اللازم لإيقاف إلكترونات طاقتها الحركية العظمى 4.8×10^{-19} J؟

$$KE=-qV_0$$

أي:

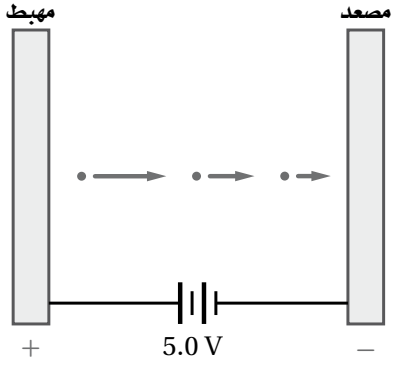
$$V_0=\frac{KE}{-q}=\frac{4.8\times10^{-19}\,\text{C}}{-(-1.60\times10^{-19}\,\text{C})}=3.0\,\text{V}$$

48. ما زخم فوتون الضوء البنفسجي الذي طوله الموجي 4.0×10^{2} nm؟

$$p=\frac{h}{\lambda}=\frac{6.63\times10^{-34}\,\text{J.s}}{4.0\times10^{-7}\,\text{m}}$$

$$=1.7\times10^{-27}\,\text{kg.m/s}$$

49. جهد الإيقاف لإلكترونات فلز معين موضح في **الشكل 11–8**. ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية بدلالة الوحدات التالية؟



■ **الشكل 11–8**

a. الإلكترون فولت

$$KE=-qV_0$$

$$=-(-1\,\text{e})(5.0\,\text{V})$$

$$=5.0\,\text{eV}$$

b. الجول

$$\left(\frac{5.0\text{ eV}}{1}\right)\left(\frac{1.60\times10^{-19}\text{ J}}{1\text{ eV}}\right)$$
$$= 8.0\times10^{-19}\text{ J}$$

50. تردد العتبة لفلز معين 3.00×10^{14} Hz. ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة إذا أضيء الفلز بضوء طوله الموجي 6.50×10^{2} nm؟

$$KE = hf - hf_0$$
$$= h\left(\frac{c}{\lambda} - f_0\right)$$
$$= (6.63\times10^{-34}\text{ J.s})$$
$$\left(\frac{3.00\times10^{8}\text{ m/s}}{6.50\times10^{-7}\text{ m}} - 3.00\times10^{14}\text{ Hz}\right)$$
$$= 1.07\times10^{-19}\text{ J}$$

51. ما مقدار الشغل اللازم لتحرير إلكترون من سطح الصوديوم إذا كان تردد العتبة له 4.4×10^{14} Hz؟

$$\text{الشغل} = hf_0$$
$$= (6.63\times10^{-34}\text{ J/Hz})(4.4\times10^{14}\text{ Hz})$$
$$= 2.9\times10^{-19}\text{ J}$$

52. إذا سقط ضوء تردده 1.00×10^{15} Hz على الصوديوم في المسألة السابقة، فما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية؟

$$KE = hf - hf_0$$
$$= h(f - f_0)$$
$$= (6.63\times10^{-34}\text{ J/Hz})$$
$$(1.00\times10^{15}\text{ Hz} - 4.4\times10^{14}\text{ Hz})$$
$$= 3.7\times10^{-19}\text{ J}$$

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 (λ= 680 nm) كحساسيتها للألوان الأخرى للضوء؟

$$W = \frac{1240\text{ eV.nm}}{\lambda_0} = \frac{1240\text{ eV.nm}}{680\text{ nm}}$$
$$= 1.8\text{ eV}$$

54. **الطاقة الشمسية** يُستهلك 4×10^{-11} 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؟

تستقبل الأرض 1000 J/m^2 في كل ثانية، أي:

$$E = (1000\text{ J/m}^2\text{.s})\left(\frac{3600\text{ s}}{\text{h}}\right)\left(\frac{3000\text{ h}}{\text{y}}\right)$$
$$= 1\times10^{10}\text{ J/m}^2 \text{ كل عام}$$

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

$$\text{المساحة} = \frac{4\times10^{11}\text{ J}}{(0.2)(1\times10^{10}\text{ J/m}^2)}$$
$$= 2\times10^{2}\text{ m}^2$$

8–2 موجات المادة

صفحة 58

55. ما مقدار طول موجة برولي المصاحبة لإلكترون يتحرك بسرعة 3.0×10^{6} m/s؟

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$
$$= \frac{6.63\times10^{-34}\text{ J.s}}{(9.11\times10^{-31}\text{ kg})(3.0\times10^{6}\text{ m/s})}$$
$$= 2.4\times10^{-10}\text{ m}$$
$$= 0.24\text{ nm}$$

56. ما مقدار السرعة التي يجب أن يتحرك بها إلكترون لتكون طول موجة دي برولي المصاحبة له 3.0×10^{-10} m؟

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$
$$v = \frac{h}{m\lambda}$$
$$= \frac{6.63\times10^{-34}\text{ J/Hz}}{(9.11\times10^{-31}\text{ kg})(3.0\times10^{-10}\text{ m})}$$
$$= 2.4\times10^{6}\text{ m/s}$$

57. يتسارع إلكترون في أنبوب أشعة مهبطية من السكون خلال فرق جهد 5.0×10^3 V. ما مقدار:

a. سرعة الإلكترون؟

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

$$v = \sqrt{\frac{qV}{\frac{1}{2}m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{(1.60\times10^{-19}\text{ C})(5.0\times10^{3}\text{ V})}{\left(\frac{1}{2}\right)(9.11\times10^{-31}\text{ kg})}}$$

$$= 4.2\times10^{7}\text{ m/s}$$

b. الطول الموجي المصاحب للإلكترون؟

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

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\text{ J/Hz}}{(9.11\times10^{-31}\text{ kg})(4.2\times10^{7}\text{ m/s})}$$

$$= 1.7\times10^{-11}\text{ m} = 0.017\text{ nm}$$

58. احتُجز نيوترون طاقته الحركية 0.02 eV فقط.

a. ما سرعة النيوترون؟

$$KE = (0.02\text{ eV})(1.60\times10^{-19}\text{ J/eV})$$

$$= 3.2\times10^{-21}\text{ J}$$

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

$$v = \sqrt{\frac{2KE}{m}} = \sqrt{\frac{(2)(3.2\times10^{-21}\text{ J})}{1.67\times10^{-27}\text{ kg}}}$$

$$= 1.96\times10^{3}\text{ m/s}$$

b. أوجد طول موجة دي برولي المصاحبة للنيوترون.

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

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\text{ J.s}}{(1.67\times10^{-27}\text{ kg})(1.96\times10^{3}\text{ m/s})}$$

$$= 2.03\times10^{-10}\text{ m}$$

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

a. مقدار سرعة الإلكترون.

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

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

$$= \sqrt{\frac{(2)(13.65\text{ eV})(1.60\times10^{-19}\text{ J/eV})}{9.11\times10^{-31}\text{ kg}}}$$

$$= 2.19\times10^{6}\text{ m/s}$$

b. مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة للإلكترون.

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

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\text{ kg.m/s}}{(9.11\times10^{-31}\text{ kg})(2.19\times10^{6}\text{ m/s})}$$

$$= 0.332\text{ nm}$$

c. محيط ذرة الهيدروجين ثم قارنه بطول موجة دي برولي المصاحبة لإلكترون الذرة. علمًا بأن نصف قطر ذرة الهيدروجين 0.519 nm.

$$C = 2\pi r$$

$$= (2\pi)(0.519\text{ nm}) = 3.26\text{ nm}$$

أي أن المحيط يساوي 10 أطوال موجية مكتملة.

60. إذا كان طول موجة دي برولي المصاحبة لإلكترون 0.18 nm

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

طول موجة دي بولي:

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

ومنها فإن السرعة تعطى بالعلاقة :

$$v = \frac{h}{m\lambda}$$

الطاقة الحركية عندها تساوي:

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

$$= \frac{1}{2}m\left(\frac{h}{m\lambda}\right)^2$$

$$= \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

وباستخدام مصطلح فرق الجهد فإن الطاقة الحركية تساوي: $KE = qV$

وباستخدام العلاقتين السابقتين للطاقة الحركية فإن فرق الجهد V يساوي:

$$V = \frac{h^2}{2mq\lambda^2}$$
$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2}{(2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(0.18\times10^{-9}\ \text{m})^2}$$
$$= 47\ \text{V}$$

b. إذا كان طـول موجـة دي برولـي المصاحبة لبروتون 0.18 nm فمـا مقدار فرق الجهد الذي تحرك خلاله إذا بدأ الحركة من السكون؟

باستخدام الإشتقاق السابق فإن فرق الجهد يساوي:

$$V = \frac{h^2}{2mq\lambda^2}$$
$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2}{(2)(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(0.18\times10^{-9}\ \text{m})^2}$$
$$= 0.025\ \text{V}$$

مراجعة عامة

صفحة 59–58

61. ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة من فلز إذا كان جهد إيقافها 3.8 V؟

$$KE = -qV_0 = -(-1\ \text{e})(3.8\ \text{V}) = 3.8\ \text{eV}$$

62. إذا كان تردد العتبة لفلز ما 8.0×10^{14} Hz، فما اقتران الشغل له؟

$$W = hf_0$$
$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(8.0\times10^{14}\ \text{Hz})$$
$$= 5.3\times10^{-19}\ \text{J}$$

63. إذا سقط ضوء تردده 1.6×10^{15} Hz على الفلز في المسألة السابقة، فما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية؟

$$KE = hf - hf_0$$
$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(1.6\times10^{15}\ \text{Hz}) - 5.3\times10^{-19}\ \text{J}$$
$$= 5.3\times10^{-19}\ \text{J}$$

64. احسب طول موجة دي برولي المصاحبة لديوترون (نواة نظير الهيدروجين ^{2}H) كتلته 3.3×10^{-27} kg ويتحرك بسرعة 2.5×10^4 m/s.

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$
$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})}{(3.3\times10^{-27}\ \text{kg})(2.5\times10^4\ \text{m/s})}$$
$$= 8.0\times10^{-12}\ \text{m}$$

65. إذا كان اقتران الشغل للحديد 4.7 eV

a. فما مقدار طول موجة العتبة له؟

$$W = \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{\lambda_0}$$

$$\lambda_0 = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{W} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{4.7\ \text{eV}}$$

$$= 2.6\times10^{2}\ \text{nm}$$

b. إذا أُسقط إشعاع طوله الموجي 150 nm على الحديد، فما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة بوحدة eV؟

$$KE = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{150\ \text{nm}} - 4.7\ \text{eV}$$

$$= 3.6\ \text{eV}$$

66. إذا كان اقتران الشغل للباريوم 2.48 eV، فما أكبر طول موجي للضوء يستطيع تحرير إلكترونات منه؟

$$\text{اقتران الشغل} = 2.48\ \text{eV} = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

أي:

$$\lambda_0 = \frac{hc}{2.48\ \text{eV}}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(2.48\ \text{eV})\left(\frac{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}{1\ \text{eV}}\right)}$$

$$= 5.01\times10^{-7}\ \text{m}$$

$$= 501\ \text{nm}$$

67. طول موجة دي برولي المصاحبة لإلكترون 400.0 nm، وهي تساوي أقصر طول موجي للضوء المرئي. احسب مقدار:

a. سرعة الإلكترون.

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

أي:

$$v = \frac{h}{m\lambda}$$

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}{(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(400.0\times10^{-9}\ \text{m})}$$

$$= 1.82\times10^{3}\ \text{m/s}$$

b. طاقة الإلكترون بوحدة eV.

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

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.82\times10^{3}\ \text{m/s})^2$$

$$\left(\frac{\text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$

$$= 9.43\times10^{-6}\ \text{eV}$$

68. **المجهر الإلكتروني** يعدّ المجهر الإلكتروني مفيدًا لأنه يمكن جعل الأطوال الموجية لموجات دي برولي المصاحبة للإلكترونات أقصر من الطول الموجي للضوء المرئي. ما مقدار الطاقة (بوحدة eV) اللازم تزويدها لإلكترون حتى يكون طول موجة دي برولي المصاحبة له 20.0 nm؟

طول موجة دي بولي:

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

ومنها فإن السرعة تعطى بالعلاقة:

$$v = \frac{h}{m\lambda}$$

الطاقة الحركية عندها تساوي:

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

$$= \frac{1}{2}m\left(\frac{h}{m\lambda}\right)^2$$

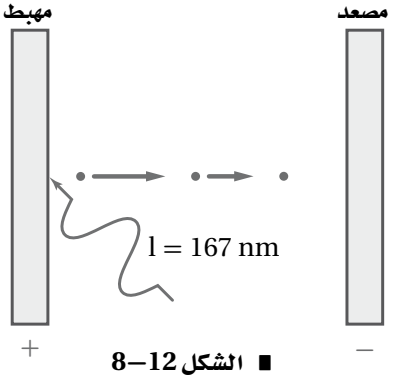
$$= \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

$$= \left(\frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2}{(2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(20.0\times10^{-9}\ \text{m})^2}\right)$$

$$\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$

$$= 3.77\times10^{-3}\ \text{eV}$$

69. يسقط إشعاع على قصدير، كما في **الشكل 12–8**. إذا كان تردد العتبة للقصدير 1.2×10^{15} Hz فما مقدار:



■ **الشكل 12–8**

a. طول موجة العتبة للقصدير؟

$$c = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{1.2\times10^{15}\ \text{Hz}} = 2.5\times10^{-7}\ \text{m}$$

b. اقتران الشغل للقصدير؟

$$W = hf_0$$

$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(1.2\times10^{15}\ \text{Hz})$$

$$= 8.0\times10^{-19}\ \text{J}$$

c. الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة بوحدة eV، إذا كان الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي الساقط 167 nm؟

$$KE_{\text{عظمى}} = \frac{hc}{\lambda} - hf_0$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{167\times10^{-9}\ \text{m}} - 8.0\times10^{-19}\ \text{J} = 3.9\times10^{-19}\ \text{J}$$

$$KE_{\text{عظمى}}(\text{eV}) = (3.9\times10^{-19}\ \text{J})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right) = 2.4\ \text{eV}$$

التفكير الناقد

صفحة 60–59

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.

كل فوتون يمتلك طاقة تساوي: $E = \frac{hc}{\lambda}$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{632.8\times10^{-9}\ \text{m}}$$

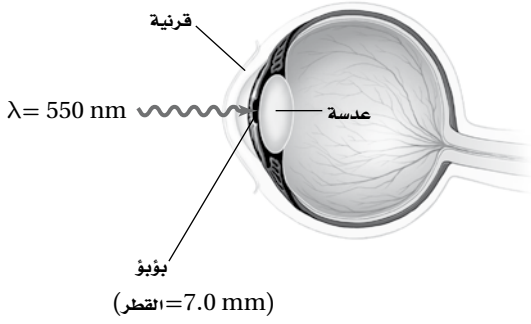
$$= 3.14\times10^{-19}\ \text{J}$$

b. إذا كانت قدرة مصدر ليزر صغير تقليدي 0.5 mW تكافئ(5×10^{-4} J/s)، فما عدد الفوتونات المنبعثة من مصدر الليزر في كل ثانية؟

$$n = \frac{P}{E} = \frac{5\times10^{-4}\ \text{J/s}}{3.14\times10^{-19}\ \text{J/فوتون}}$$

$$= 2\times10^{15}\ \text{فوتون/s}$$

71. تطبيق المفاهيم يدخل الضوء المرئي الذي شدته $1.5\times10^{-11}\ \text{W/m}^2$ بصعوبة إلى عين إنسان، كما في **الشكل 13–8**.



■ **الشكل 13–8**

a. إذا سلط هذا الضوء على عين الإنسان ومر خلال بؤبؤ عينه، فما مقدار القدرة التي تدخل عينه بوحدة الواط؟

القدرة = (شدة الضوء)(المساحة)

$$= (\text{شدة الضوء})(\pi r^2)$$

$$= (1.5\times10^{-11}\ \text{W/m}^2)(\pi(3.5\times10^{-3}\ \text{m})^2)$$

$$= 5.8\times10^{-16}\ \text{W}$$

b. استخدم الطول الموجي المُعطى للضوء المرئي والمعلومات المُعطاة في **الشكل 13–8** لكي تحسب عدد الفوتونات التي تدخل العين في كل ثانية.

طاقة كل فوتون: $E = \frac{hc}{\lambda}$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{550\times10^{-9}\ \text{m}}$$

$$= 3.62\times10^{-19}\ \text{J}$$

$$n = \frac{P}{E} = \frac{5.8\times10^{-16}\ \text{J/s}}{3.62\times10^{-19}\ \text{J/فوتون}}$$

$$= 1600\ \text{فوتونات/s}$$

72. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها أكمل طالب تجربة التأثير الكهروضوئي، وسجّل جهد الإيقاف كدالة رياضية في الطول الموجي، كما في **الجدول 1–8**. وكان مهبط الخلية الضوئية مصنوع من الصوديوم. عيّن 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.

الجدول 1–8

جهد الإيقاف مقابل الطول الموجي

λ (nm)	V_0 (eV)
200	4.20
300	2.06
400	1.05
500	0.41
600	0.03

حوّل الطول الموجي إلى تردد ، ثم مثّل البيانات بعد ذلك بيانيًّا، ثم حدد أفضل ميل للخط المستقيم من الرسم البياني.

$$\text{الميل} = 4.18\times10^{-15}\ \text{V/Hz}$$
$$= 4.18\times10^{-15}\ \text{J/Hz.C}$$

القيمة المقبولة تساوي :

$$\frac{h}{e} = \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})}{(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}$$
$$= 4.14\times10^{-15}\ \text{J/Hz.C}$$

من الرسم البياني يكون تردد العتبة :

$$f_0 = 4.99\times10^{14}\ \text{Hz},$$

والذي يعطي طول موجة العتبة من خلال:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{4.99\times10^{14}\ \text{Hz}} = 601\ \text{nm}$$

ويكون الشغل يساوي :

$$W = hf_0$$
$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(4.99\times10^{14}\ \text{Hz})$$
$$= 3.31\times10^{-19}\ \text{J}$$

الكتابة في الفيزياء

صفحة 60

73. في ضوء ما درسته عن مبدأ عدم التحديد .إبحث عن الحتمية وعدم التحديد في الفيزياء لهيزنبرج وأكتب بحثًا عن ذلك.

ستختلف الإجابات ويجب أن تتضمن: أن مبدأ هيزنبرج يتضمن أنه لا يمكن قياس خاصيتين فيزيائيتين (كالموقع والزخم) لجسيم (كالإلكترون) بلحظة واحدة معينة دون وجود قدر من عدم التأكد من دقة القياس لإحدى الخاصيتين، فإذا عرفنا موقع الإلكترون بلحظة ما أصبح مستحيلًا معرفة زخمه بالدقة نفسها. وينتج عدم التحديد عن عملية القياس نفسها، والتي تؤثر فيها أجهزة القياس على الكميات المقيسة، بما فيها الضوء المستخدم نفسه. فعلى هذا المستوي فإنه عند التعامل مع ذرات أو جزيئات أو جسيمات أولية نقوم بتصويب فوتونات لقياس سرعة هذه الجسيمات بدقة معينة، ثم نصوب فوتونات أخرى لقياس موضع هذه الجسيمات. ونظرًا لأن الفوتونات لها طاقة تقوم بدفع الجسيم عند الاصطدام به فيتغير موقعه، وبالتالي فإننا لا نستطيع تحديد موقعه بدقة ولا تحديد زخمه بدقة.

مراجعة تراكمية

صفحة 60

74. يتحرك شعاع من الالكترونات بسرعة $2.8\times10^{8}\ \text{m/s}$ في مجال كهربائي مقداره $1.4\times10^{4}\ \text{N/C}$ ما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن تتحرك خلاله الالكترونات حتى تحافظ على حركتها فيه دون انحراف؟

$$v = \frac{E}{B}$$
$$B = \frac{E}{v} = \frac{1.4\times10^{4}\ \text{N/C}}{2.8\times10^{8}\ \text{m/s}}$$
$$= 5.0\times10^{-5}\ \text{T} = 5.0\times10^{1}\ \mu\text{T}$$

تابع الفصل 8

مسألة تحفيز

صفحة 45

افـترض أن قطعـة نقدية كتلتها 5.0 g معلقـة بنابض تهتز إلى أعلى وإلى أسفل، وكانت السرعة القصوى لهذه القطعة في أثناء اهتزازها 1.0 cm/s. اعتـبر أن قطعة النقـد المهتزة تمثِّل الاهتزازات الكمية للإلكترونـات في الذرة، حيث تعطى طاقة الاهتـزازات بالمعادلة $E = nhf$.

1. احسب الطاقة الحركية العظمى للجسم المهتز.

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

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(5.0\times10^{-3}\ \text{kg})(1.0\times10^{-2}\ \text{m/s})^2$$

$$= 2.5\times10^{-7}\ \text{J}$$

2. يبعـث الجسـم المهتـز طاقـة علـى شـكل ضـوء بتردد 5.0×10^{14} Hz إذا كانـت هـذه الطاقة تُبعث في مرحلة واحدة فاحسب الطاقة التي يفقدها الجسم.

$$E = hf$$

$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(5.0\times10^{14}\ \text{Hz})$$

$$= 3.3\times10^{-19}\ \text{J}$$

3. حدد عدد المراحل التي ستقل فيها طاقة الجسم بمقادير متساوية من أجل أن يفقد طاقته كلها.

$$\text{عدد المراحل} = \frac{2.5\times10^{-7}\ \text{J}}{3.3\times10^{-19}\ \text{J/مرحلة}}$$

$$= 7.6\times10^{11}\ \text{مراحل}$$

مسائل تدريبية

9–1 نموذج بور الذري صفحة (63– 76)

صفحة 74

1. احسب طاقة المستويات التالية لذرة الهيدروجين: الثاني، والثالث والرابع.

$$E_n = \frac{-13.6\ \text{eV}}{n^2}$$

$$E_2 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(2)^2} = -3.40\ \text{eV}$$

$$E_3 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(3)^2} = -1.51\ \text{eV}$$

$$E_4 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(4)^2} = -0.850\ \text{eV}$$

2. احسب فرق الطاقة بين مستوى الطاقة E_3 ومستوى الطاقة E_2 في ذرة الهيدروجين.

$$\Delta E = E_3 - E_2 = (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{2^2}\right)$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{9} - \frac{1}{4}\right) = 1.89\ \text{eV}$$

3. احسب فرق الطاقة بين مستوى الطاقة E_4 ومستوى الطاقة E_2 في ذرة الهيدروجين.

$$\Delta E = E_4 - E_2 = (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{2^2}\right)$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{16} - \frac{1}{4}\right) = 2.55\ \text{eV}$$

4. النص الآتي يمثل حل المعادلة $r_n = \frac{h^2 n^2}{4\pi^2 kmq^2}$ 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 5.3×10^{-11} m، أو 0.053 nm. استخدم هذه المعلومات في حساب أنصاف أقطار مستويات الطاقة الثاني والثالث والرابع في ذرة الهيدروجين.

$$r_n = n^2 k$$

حيث $k = 5.3\times10^{-11}\ \text{m}$

(حيث استخدمت k بدلًا عن كل الثوابت في المعادلة)

$$r_2 = (2)^2(5.3\times10^{-11}\ \text{m})$$

$$= 2.1\times10^{-10}\ \text{m} \quad \text{أو}$$

$$= 0.21\ \text{nm}$$

$$r_3 = (3)^2\ (5.3\times10^{-11}\ \text{m})$$

$$= 4.8\times10^{-10}\ \text{m} \quad \text{أو}$$

$$= 0.48\ \text{nm}$$

$$r_4 = (4)^2(5.3\times10^{-11}\ \text{m})$$

$$= 8.5\times10^{-10}\ \text{m} \quad \text{أو}$$

$$= 0.85\ \text{nm}$$

5. قطر نواة ذرة الهيدروجين 2.5×10^{-15} m، والمسافة بين النواة والإلكترون الأول 5×10^{-11} m تقريبًا. إذا استخدمت كرة قطرها 7.5 cm لتمثل النواة فكم يكون بُعد الإلكترون؟

$$\frac{x}{0.075\ \text{m}} = \frac{5\times10^{-11}\ \text{m}}{2.5\times10^{-15}\ \text{m}}$$

$$x = 2\times10^{3}\ \text{m} = 2\ \text{km},$$

أي ما يقارب ميل واحد.

صفحة 75

6. أوجد الطول الموجي للضوء المنبعث في المسائل 2 و 3. أي الخطوط في **الشكل 8–9** ترتبط مع كل عملية انتقال؟

$$\lambda_{3\text{ إلى }2} = \frac{hc}{\Delta E}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(1.89\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}$$

$$= 6.58\times10^{-7}\ \text{m} = 658\ \text{nm}$$

$$\lambda_{4\text{ إلى }2} = \frac{hc}{\Delta E}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(2.55\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}$$

$$= 4.88\times10^{-7}\ \text{m} = 488\ \text{nm}$$

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؟

$$\Delta E = 8.82\ \text{eV} - 6.67\ \text{eV} = 2.15\ \text{eV}$$

b. ما مقدار الطول الموجي للفوتون المنبعث من ذرة الزئبق؟

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$
$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(2.15\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}$$
$$= 5.78\times10^{-7}\ \text{m} = 578\ \text{nm}$$

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؟

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$
$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{304\ \text{nm}} = 4.08\ \text{eV}$$

أي: $E_{\text{إثارة}} = E_{\text{استقرار}} + \Delta E$

$$= -54.4\ \text{eV} + 4.08\ \text{eV}$$
$$= -50.3\ \text{eV}$$

مراجعة القسم

1–9 نموذج بور الذري صفحة (76 –63)

صفحة 76

9. **نموذج راذرفورد النووي**: لخص تركيب الذرة بناء على نموذج راذرفورد النووي.

وفق النموذج النووي لراذرفورد ؛فإن جميع الذرات موجبة الشحنة ومعظم كتلتها في النواة الصغيرة الواقعة في مركز الذرة حيث تدور حولها إلكترونات سالبة الشحنة.

10. **الأطياف**: فيم تختلف أطياف الانبعاث الذرية للمواد الصلبة المتوهجة والغازات، وفيم تتشابه؟

المواد الصلبة المتوهجة تنتج حزمة متصلة من الألوان، في حين تنتج الغازات مجموعة من الخطوط الطيفية المنفصلة. وتتكوّن جميع الأطياف نتيجة تحولات في مستوى الطاقة في الذرة.

11. نموذج بور: فسّر كيف تحفظ الطاقة عندما تمتص ذرة فوتون الضوء؟

يكون المجموع الأولي لطاقة الإلكترون في الذرة مضافًا إليها طاقة الفوتون الممتص تساوي الطاقة النهائية للإلكترون في الذرة.

12. **نصف قطر المستوى**: يسلك أيون الهيليوم سلوك ذرة الهيدروجين، ونصف قطر مستوى طاقة الأيون الأدنى يساوى 0.0265 nm. اعتمادًا على نموذج بور، ما مقدار نصف قطر مستوى الطاقة الثاني؟

يعتمد نصف قطر مستوى الإلكترون على n^2، لذلك فإن $r_2 = 4r_1 = 0.106\ \text{nm}$.

13. **طيف الامتصاص**: وضح كيفية حساب طيف الامتصاص لغاز ما. وضح أسباب ظهور الطيف.

ينفذ الضوء الأبيض من خلال عينة من الغاز ثم من خلال جهاز سبكتروسكوب. ولأن الغاز يمتص أطوالاً موجية محددة فإن الطيف المستمر العادي يحتوي على خطوط معتمة.

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؟

$$\Delta E = E_{101} - E_{100}$$
$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{101^2} - \frac{1}{100^2}\right)$$
$$= 2.68\times10^{-5}\ \text{eV}$$
$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{2.68\times10^{-5}\ \text{eV}}$$
$$= 46.3\times10^{6}\ \text{nm} = 4.63\ \text{cm}$$

يُشير الطول الموجي إلى أن الإشعاع هو موجات ميكروويف.

15. **التفكير الناقد** نصف قطر نواة ذرة الهيدروجين 1.5×10^{-15} m تقريبًا. إذا كنت راغبًا 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؟

هذا المقياس يعني أن 1.5×10^{-15} m تقابل 5 cm أي أن 1 cm يقابل 3.0×10^{-16} m.

وفي النموذج المراد بناؤه ستكون النسبة

$(5.3\times10^{-11}/3.0\times10^{-16})$ 1 cm

$= 1.8\times10^{5}$ cm أو

$= 1.8$ km

وهذا يتجاوز غرفة الصف وحتى حدود المدرسة.

مراجعة القسم

2–9 النموذج الكمي للذرة (صفحة 83 – 77)

صفحة 83

16. **أجهـزة الليزر** أي أجهزة الليزر في **الجدول 1–9** تبعث ضـوءًا أكثر احمرارًا (ضوءًا مرئيًّا ذا طول موجي كبير). وأيهـا يبعث ضوءًا أزرق؟ وأيها يبعـث حزمًا ضوئية لا يمكن رؤيتها بالعين؟

ليزر GaALAs يبعث ضوءًا أكثر احمرارًا،

ليزر Ar^{+} و InGaN يبعث ضوءًا أزرق

ليزر KrF و N_2وGaAsو Nd وCo_2 يبعث حزمًا ضـوئية لا يمكن رؤيتها بالعين.

17. **ضـخ الذرات** وضح ما إذا كان يمكن اسـتخدام الضوء الأخضر لضخ ضوء ليزر أحمر. لماذا لا يستخدم الضوء الأحمر لضخ الضوء الأخضر؟

نعم، يمكن استخدام الضوء الأخضر لضخ ضوء ليزر أحمر، ولكن لا يستخدم الضوء الأحمر لضخ الضوء الأخضر لأن للفوتونات الحمراء طاقة أقل من طاقة الفوتونات الخضراء، أي ليس للفوتونات الحمراء طاقة كافية حتى تبعث فوتونات خضراء من الذرات.

18. **محـددات نموذج بور** ما أوجه القصور في نموذج بور، على الرغم من توقعه سلوك ذرة الهيدروجين بدقة؟

لأنه يسـتطيع فقط أن يتوقع سلوك ذرات الهيدروجين أو الذرات القريبة من الهيدروجين، في حين لا يستطيع أن يفسّر لماذا لا تطبق القوانين الكهرومغناطيسية داخل الذرات.

19. **النموذج الكمي** وضح لماذا تعارض نموذج بور للذرة مع مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج، بينما لم يتعارض النموذج الكمي معه؟

وفق مبدأ عدم التحديد لا يمكن أن تحدد موضع الجسيم وزخمه بدقة في الوقت نفسه، مثل مدار بور. في حين يتنبأ النمـوذج الكمـي فقط باحتمالية أن نصـف قطر مسـتوى الإلكترون سوف يكون له قيمة ما معطاة.

20. **أجهـزة الليزر** وضّح كيف يعمل ليزر الانبعاث المحفز على إنتاج ضوء مترابط؟

عندمـا يصـطدم الفوتون بذرة مسـتقرة فإنـه يحفز ذرة مثـارة لبعث فوتون بالطاقة نفسـها بالتزامن مع الفوتون المسبب، ويبقى الفوتون المسبب دون تغير. وهذان الفوتونان يصطدمان بذرات أخرى وهكذا تنتج حزمة ضوء مترابط وتزداد أكثر فأكثر في الخطوة نفسها.

21. **ضـوء الليزر** مـا الخصائص الأربعة لضـوء الليزر التي تجعله مفيدًا؟

ضـوء مركّـز ذو طاقـة كبيـرة؛ وموجّه؛ وذو طـول موجي مُوحد، ومترابط.

22. **التفكير الناقد** افترض أنه تم الحصول على سحابة صغيرة جدًّا من الإلكترونات، بحيث تكون الذرة بحجم النواة تقريبًـا. اسـتخدم مبدأ عدم التحديـد لهيزنبرج لتوضيح لماذا تستهلك كمية هائلة من الطاقة في هذه الحالة؟

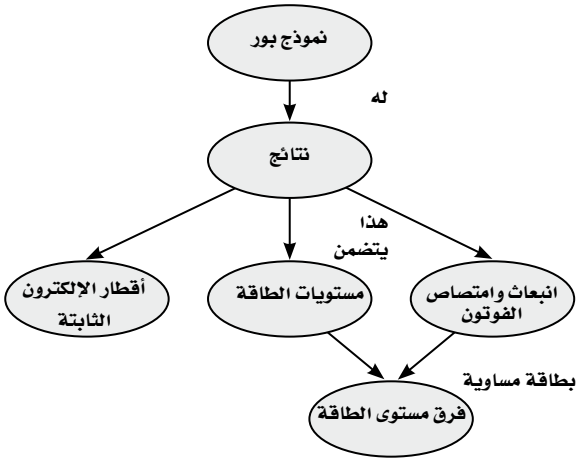
السحابة الأصغر تعني معرفتنا بدقة أكبر لموقع الإلكترون. إذا كان موقع الجسيم محددًا بدقة فإن زخمه الخطي يكون غير محدد بدقة. قد يكون عدم تحديد الزخم الخطي كبيرٌ فقط إذا كان الزخم الخطي كبيرًا، لذلك فإن الطاقة الحركية للإلكترون يجب أن تكون كبيرة أيضًا، مما يتطلب طاقة كبيرة.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 88

23. أكمل خريطة المفاهيم التالية مستخدمًا ما يلي: مستويات الطاقـة، أقطار الإلكتـرون الثابتة، نموذج بـور، انبعاث وامتصاص الفوتون، فرق مستوى الطاقة.



إتقان المفاهيم

صفحة 88

24. وضح كيف حدد رذرفورد أن الشحنة الموجبة في الذرة متمركزة في منطقة صغيرة جدًّا، وليست منتشرة في الذرة.

وجّه رذرفورد شعاع من جسيمات ألفا في اتجاه صفيحة فلزية رقيقة وقاس عدد الجسيمات المنحرفة بزوايا مختلفة. فوجد أن عددًا صغيرًا انحرف بزوايا كبيرة مما يدل على أمر هام ألا وهو أن الشحنة الموجبة في الذرة متركزة في منطقة صغيرة جدًا هي النواة.

25. كيف فسر نموذج بور لماذا يتضمن طيف الامتصاص للهيدروجين نفس ترددات طيف الانبعاث؟

إن طاقة الفوتون المنبعث أو الفوتون الممتص تساوي التغير في الطاقة والتي يمكن فقط أن يكون لها قيم محددة.

26. قم بمراجعة نموذج الكواكب للذرة. ما المشكلات المتعلقة بنموذج الكواكب للذرة؟

عندما تخضع الإلكترونات لتسارع مركزي، فإنها سوف تخسر طاقة فعندئذ تتخذ مسارًا حلزونيًا نحو النواة، وتشع طاقة بجميع الأطوال الموجية وليست ذات أطوال موجية محددة.

27. **حلل وانتقد** نموذج بور للذرة. ما الافتراضات الثلاثة التي قدمها بور لتطوير نموذجه؟

تكون مستويات الطاقة في الحالات المستقرة مكمّمة، تبعث الذرة أو تمتص الإشعاع فقط عندما تتغيّر حالتها، الزخم الزاوي مكمّم.

28. **أنابيب الغاز المفرغة** وضح كيف تنتج الأطياف الخطية في أنابيب الغاز المفرغة؟

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. وترتبط فروق الطاقة بين المستويات مع الخطوط الطيفية.

29. كيف قدّم نموذج بور تفسيرًا للطيف المنبعث من الذرات؟

تحدد الأطوال الموجية للفوتون بالفرق بين طاقات المستويات المسموح بها عندما ينتقل الإلكترون من مستوى الإثارة إلى مستوى الاستقرار.

30. فسّر لماذا تختلف الأطياف الخطية الناتجة عن أنابيب التفريغ لغاز الهيدروجين عن تلك الأطياف الناتجة عن أنابيب التفريغ لغاز الهيليوم.

لأن تكوين كل عنصر مختلف عن الآخر من حيث توزيع الإلكترونات أو مستويات الطاقة.

31. **الليزرات** إن مصدر الطاقة لجهاز الليزر المختبري $0.8\ mW\ (8 \times 10^{-4}\ W)$ فقط. لماذا يبدو أنه أكثر قدرة من ضوء مصباح كهربائي 100 W؟

لأن ضوء الليزر يتركز في حزمة ضيقة، بدلاً من أن ينتشر على مساحة واسعة كما في المصباح.

32. جهاز مشابه لليزر يبعث إشعاع موجات ميكروويف يسمى الميزر. ما الكلمات المرجعية التي تكوّن هذا الاختصار؟

تضخيم الموجات الميكروية باستعمال الانبعاث المحفز بالإشعاع.

33. ما خصائص ضوء الليزر التي أدت إلى استخدامه في أجهزة العرض الضوئية؟

الليزر موجات ضوئية موجّهة ومركزة وذات أطوال موجية موحدة وأحادية اللون.

تطبيق المفاهيم

صفحة 89–88

34. يختلف مستوى التعقيد لمستويات الطاقة من ذرة إلى أخرى. كيف تتوقع أن يؤثر ذلك في الأطياف التي تنتجها؟

تصبح الأطياف أكثر تعقيدًا.

35. **الأضواء الشمالية** تحدث الأضواء الشمالية بواسطة جسيمات ذات طاقة عالية قادمة من الشمس عندما تصطدم بذرات في الغلاف الغازي للأرض، إذا نظرت إلى هذه الأضواء خلال منظار طيفي فهل تشاهد طيفًا متصلاً، أم طيفًا خطيًّا؟ فسّر؟

أُشاهد طيفًا خطيًّا لأن الضوء القادم من الغاز مكوّن من عناصر محددة.

36. إذا انبعث ضوء أبيض من سطح الأرض وشاهده شخص من الفضاء، فهل يظهر الطيف بحيث يكون متصلاً؟ فسّر.

لا، طاقات معينة سوف تمتص بواسطة الغازات في الغلاف الغازي، لذلك سوف يحتوي الطيف على خطوط امتصاص.

37. هـل تعدّ قطع النقـود مثالاً جيدًا للتكمية؟ هل يعدّ الماء كذلك؟ فسّر.

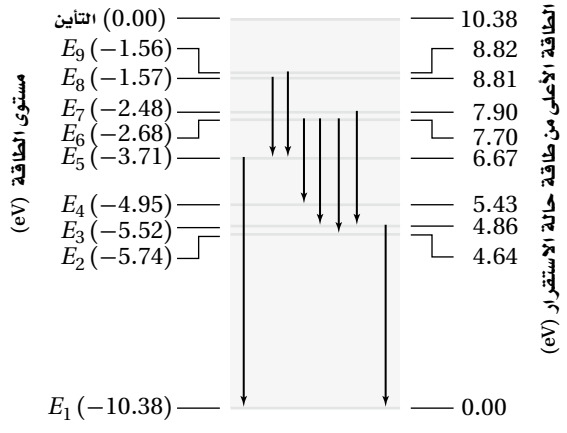
نعم، تأتي النقود بقيم محددة. في حين لا يأتي الماء بأي كمية محددة محتملة.

38. ذرة لها أربعة مستويات للطاقة، E_4 مستوى الطاقة الأعلى، و E_1 مستوى الطاقة الأدنى. إذا حدثت انتقالات بين أي مستويين للطاقة، فما عدد الخطوط الطيفية التي تستطيع الذرة أن تبعث بها؟ ما الانتقال الذي يبعث فوتونًا بأعلى طاقة؟

تستطيع الذرة أن تبعث ستة خطوط محتملة، والفوتون ذو الطاقة الأعلى ينتج فقط بين المستويين $E_4 \longrightarrow E_1$.

39. من **الشكل 21–9**، يدخل فوتون طاقته 6.2 eV ذرة زئبق في حالة استقرار. هل تمتصه الذرة ؟ فسّر.

شكل مستوى الطاقة لذرة الزئبق



■ **الشكل 21–9**

لا؛ لأنها تحتاج إلى طاقة 5.43 eV لنقل الإلكترون إلى مستوى الطاقة E_4، أو 6.67eV لنقل الإلكترون إلى مستوى الطاقة E_5. حيث تمتص الذرة فقط الفوتونات التي لها طاقة محددة فقط.

40. ينبعث فوتون عندما ينتقل إلكترون ذرة الهيدروجين المثارة خلال مستويات طاقة أدنى. ما مقدار الطاقة العظمى التي يمكن أن تكون للفوتون؟ إذا مُنحت كمية الطاقة هذه إلى ذرة في حالة الاستقرار، فما الذي يحدث؟

الطاقة العظمى 13.6 eV وهذه أيضًا طاقة التأين لذرة الهيدروجين. حيث يغادر الإلكترون النواة.

41. قارن بين نظرية الكم الميكانيكية للذرة ونموذج بور.

لنموذج بور أقطار محددة ثابتة ويسمح بالحسابات فقط لذرات الهيدروجين، في حين يعطي النموذج الحالي (نظرية الكم الميكانيكية) احتمالية وجود إلكترون في موقع ما، ويمكن أن يستخدم لجميع الذرات.

42. أي الليـزرات – الأحمر، والأخضـر، والأزرق – ينتج فوتونات بطاقة أكبر؟

ليزر الضوء الأزرق.

إتقان حل المسائل

1–9 نموذج بور الذري

صفحة 89–90

43. ينتقل إلكترون ذرة كالسـيوم من مستوى طاقة 5.16 eV فوق مستوى الاستقرار إلى مستوى طاقته 2.93 eV فوق مستوى الاستقرار. ما الطول الموجي للفوتون المنبعث؟

$$\Delta E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$

$$= \frac{1240\ \text{eV.nm}}{5.16\ \text{eV} - 2.93\ \text{eV}}$$

$$= 556\ \text{nm}$$

44. إذا دخـل فوتـون ضـوء برتـقالي طولـه الموجـي $6.00 \times 10^{2}\ \text{nm}$ فـي ذرة كالسـيوم مثـارة عند مسـتوى الطاقة E_6 فتأينت الذرة، فما مقدار طاقة حركة الإلكترون المنبعث من الذرة؟

طاقة الفوتون: $E = \frac{hc}{\lambda}$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{6.00\times10^{-7}\ \text{m}}$$

$$= 3.314\ \text{J}$$

$$= 3.314\ \text{J}\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right) = 2.07\ \text{eV}$$

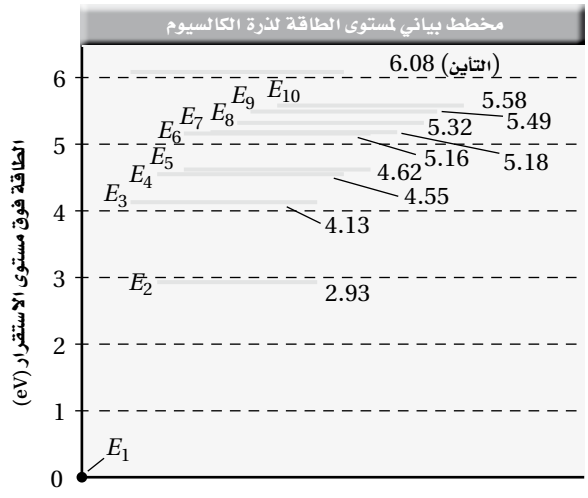
الطاقة اللازمة للتأين E_6

$$6.08\ \text{eV}$$
$$\underline{-5.16\ \text{eV}}$$
$$= 0.92\ \text{eV}$$

الطاقة الحركية = طاقة الفوتون – طاقة التأين

$$2.07\ \text{eV} - 0.92\ \text{eV} = 1.15\ \text{eV}$$

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 22–9**.



■ **الشكل 22–9**

تنتقل إلى مستوى الطاقة E_3:

$$2.93\ \text{eV} + 1.20\ \text{eV} = 4.13\ \text{eV} = E_3$$

46. ذرة كالسيوم مثارة عند مستوى طاقة E_6. ما مقدار الطاقة المحررة عندما تسقط الذرة إلى مستوى الطاقة E_2؟ ارجع إلى **الشكل 22–9**.

$$E_6 - E_2 = 5.16\ \text{eV} - 2.93\ \text{eV} = 2.23\ \text{eV}$$

47. احسب الطاقة المرتبطة بمستويات الطاقة E_7 و E_2 لذرة الهيدروجين.

$$E_7 = -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{n^2}\right)$$
$$= -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{7^2}\right) = -0.278\ \text{eV}$$
$$E_2 = -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{n^2}\right)$$
$$= -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{2^2}\right) = -3.40\ \text{eV}$$

48. احسب الفرق في مستويات الطاقة في المسألة السابقة.

$$E_7 = -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{n^2}\right)$$
$$= -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{7^2}\right) = -0.278\ \text{eV}$$
$$E_2 = -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{n^2}\right)$$
$$= -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{2^2}\right) = -3.40\ \text{eV}$$
$$E_7 - E_2 = -0.278\ \text{eV} - (-3.40\ \text{eV})$$
$$= 3.12\ \text{eV}$$

*ارجع إلى **الشكل 21–9** لحل المسألتين 49 و 50.*

49. ذرة زئبق مثارة عند مستوى طاقة E_6.

a. ما مقدار الطاقة اللازمة لتأيين الذرة؟

$$E_6 = 7.70\ \text{eV}$$

$$10.38\ \text{eV} - 7.70\ \text{eV} = 2.68\ \text{eV}$$

b. ما مقدار الطاقة المتحررة عندما تسقط الذرة إلى مستوى الطاقة E_2؟

$$E_2 = 4.64\ \text{eV}$$

$$7.70\ \text{eV} - 4.64\ \text{eV} = 3.06\ \text{eV}$$

50. ذرة زئبق مثارة طاقتها -4.95 eV. امتصت فوتونًا فأصبحت في مستوى الطاقة الأعلى التالي. ما مقدار طاقة الفوتون؟ وما مقدار تردده ؟

$$E_5 - E_4 = -3.71\ \text{eV} - (-4.95\ \text{eV})$$
$$= 1.24\ \text{eV}$$
$$E = hf$$
$$f = \frac{E}{h}$$
$$= \frac{1.24\ \text{eV}\left(\frac{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}{\text{eV}}\right)}{6.63\times10^{-34}\ \text{J.s}} = 2.99\times10^{14}\ \text{Hz}$$

51. ما الطاقات المرتبطة مع مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين E_2 ، E_3، E_4، E_5 و E_6؟

$$E_2 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{n^2} = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(2)^2} = -3.40\ \text{eV}$$

$$E_3 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(3)^2} = -1.51\ \text{eV}$$

$$E_4 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(4)^2} = -0.850\ \text{eV}$$

$$E_5 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(5)^2} = -0.544\ \text{eV}$$

$$E_6 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(6)^2} = -0.378\ \text{eV}$$

52. باستخدام القيم المحسوبة في المسألة 51، احسب فروق الطاقة بين مستويات الطاقة التالية:

a. $E_6 - E_5$

$$(-0.378\ \text{eV}) - (-0.544\ \text{eV}) = 0.166\ \text{eV}$$

b. $E_6 - E_3$

$$(-0.378\ \text{eV}) - (-1.51\ \text{eV}) = 1.13\ \text{eV}$$

c. $E_4 - E_2$

$$(-0.850\ \text{eV}) - (-3.40\ \text{eV}) = 2.55\ \text{eV}$$

d. $E_5 - E_2$

$$(-0.544\ \text{eV}) - (-3.40\ \text{eV}) = 2.86\ \text{eV}$$

e. $E_5 - E_3$

$$(-0.544\ \text{eV}) - (-1.51\ \text{eV}) = 0.97\ \text{eV}$$

53. استخدم القيم في المسألة 52 لحساب تردد الفوتونات المنبعثة عندما ينجز إلكترون ذرة الهيدروجين تغيرات في مستويات الطاقة المذكورة أعلاه.

a.

$$E = hf$$

أي:

$$f = \frac{E}{h}$$

$$hf = E_6 - E_5 = 0.166\ \text{eV}$$

$$f = \frac{(0.166\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}$$

$$= 4.01\times10^{13}\ \text{Hz}$$

b.

$$hf = E_6 - E_3 = 1.13\ \text{eV}$$

$$f = \frac{(1.13\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}$$

$$= 2.73\times10^{14}\ \text{Hz}$$

c.

$$hf = E_4 - E_2 = 2.55\ \text{eV}$$

$$f = \frac{(2.55\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}$$

$$= 6.15\times10^{14}\ \text{Hz}$$

d.

$$hf = E_6 - E_3 = 2.86\ \text{eV}$$

$$f = \frac{(2.86\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}$$

$$= 6.90\times10^{14}\ \text{Hz}$$

e.

$$hf = E_6 - E_3 = 0.97\ \text{eV}$$

$$f = \frac{(0.97\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}$$

$$= 2.3\times10^{14}\ \text{Hz}$$

54. احسب الطول الموجي للفوتونات ذات الترددات التي قمت بحسابها في المسألة 53.

a.

$$c = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{4.01\times10^{13}\ \text{Hz}}$$

$$= 7.48\times10^{-6}\ \text{m} = 7480\ \text{nm}$$

b.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{2.73\times10^{14}\ \text{Hz}}$$

$$= 1.10\times10^{-6}\ \text{m} = 1.10\times10^{3}\ \text{nm}$$

c.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{6.15\times10^{14}\ \text{Hz}}$$

$$= 4.88\times10^{-7}\ \text{m} = 488\ \text{nm}$$

d.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{6.90\times10^{14}\ \text{Hz}}$$

$$= 4.35\times10^{-6}\ \text{m} = 435\ \text{nm}$$

e.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{2.3\times10^{14}\ \text{Hz}}$$

$$= 1.3\times10^{-6}\ \text{m} = 1.3\times10^{3}\ \text{nm}$$

55. تبعث ذرة هيدروجين فوتونًا طوله الموجي 94.3 nm عندما تصل إلى حالة الاستقرار. من أي مستوى طاقة انتقل إلكترونها؟

$$c = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{9.43\times10^{-8}\ \text{m}}$$

$$= 3.18\times10^{15}\ \text{Hz}$$

$$E_n - E_1 = (6.626\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(3.18\times10^{15}\ \text{Hz})$$

$$= 2.11\times10^{-18}\ \text{J}$$

$$\Delta E = -2.11\times10^{-18}\ \text{J}$$

$$E_n = E_1 - \Delta E$$

$$= -2.17\times10^{-18}\ \text{J} - (-2.11\times10^{-18}\ \text{J})$$

$$= -6\times10^{-20}\ \text{J}$$

$$= \frac{-2.17\times10^{-18}\ \text{J}}{n^2} = -6\times10^{-20}\ \text{J}$$

$$n^2 = 36$$

$$n = 6$$

56. ذرة هيدروجين مثارة إلى $n = 3$. وفق نموذج بور، أوجد كلًّا مما يلي:

a. نصف قطر المستوى.

$$r = \frac{h^2 n^2}{4\pi^2 K m q^2}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2\ (3)^2}{4\pi^2(9.00\times10^{9}\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})^2}$$

$$= 4.77\times10^{-10}\ \text{m}$$

b. القوة الكهربائية بين البروتون والإلكترون.

$$F = \frac{Kq^2}{r^2}$$

$$= \frac{(9.00\times10^{9}\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})^2}{(4.77\times10^{-10}\ \text{m})^2}$$

$$= 1.01\times10^{-9}\ \text{N}$$

c. التسارع المركزي للإلكترون.

$$F = ma$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1.01\times10^{-9}\ \text{N}}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}$$

$$= 1.11\times10^{21}\ \text{m/s}^2$$

d. السرعة الدورانية للإلكترون (قارن بين هذه السرعة وسرعة الضوء).

$$a = \frac{v^2}{r}$$

$$v = \sqrt{ar}$$

$$= \sqrt{(1.11\times10^{21}\ \text{m/s}^2)(4.77\times10^{-10}\ \text{m})}$$

$$= 7.28\times10^{5}\ \text{m/s}$$

أو

$$= 0.24\%\ \text{من سرعة الضوء}$$

9–2 النموذج الكمي للذرة

57. **مشغل القرص المدمج CD** تستخدم ليزرات زرنيخات الجاليوم بصورة شائعة في مشغلات القرص المدمج. إذا بعث مثل هذا الليزر عند طول موجي 840 nm، فما مقدار الفرق بوحدة eV بين مستويات الطاقة ؟

$$c = \lambda f$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{840\times10^{-9}\ \text{m}}$$

$$= 3.57\times10^{14}\ \text{Hz}$$

$$E = hf$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(3.57\times10^{14}\ \text{Hz})}{1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV}}$$

$$= 1.5\ \text{eV}$$

58. أُدخل ليزر GaInNi بين مستويات طاقة مفصولة بطاقة مقدارها 2.90 eV.

a. ما الطول الموجي للضوء المنبعث من الليزر؟

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{2.90\ \text{eV}}$$

$$= 428\ \text{nm}$$

b. في أي جزء من الطيف يقع هذا الضوء؟

في الجزء الأزرق.

59. ينبعث ليزر ثاني أكسيد الكربون بفوتون أشعة تحت حمراء طاقته عالية جدًّا. ما مقدار فرق الطاقة بوحدة eV بين مستويات الطاقة الليزرية؟ ارجع إلى **الجدول 1–9**.

$$c = \lambda f$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{10600\times10^{-9}\ \text{m}}$$

$$= 2.83\times10^{13}\ \text{Hz}$$

$$E = hf$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(2.83\times10^{13}\ \text{Hz})}{1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV}}$$

$$= 0.117\ \text{eV}$$

60. الطاقة في 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 طوله موجته 427 nm، فكم مرة يتضاعف عدد الفوتونات لكل ثانية؟

بما أن طاقة الفوتون تعطى بالعلاقة $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$، فنسبة الطاقة بين الفوتونات في الليزر الثاني إلى الطاقة في الليزر الأول هي $\frac{427}{840} = 0.508$. ولهذا تكون نسبة عدد الفوتونات في الليزر الثاني إلى الأول في كل ثانية $\frac{1}{0.508}$ أي تساوي 1.97.

b. أوجد عدد الفوتونات لكل ثانية في ليزر قدرته 5.0 m W وطوله الموجي 840 nm.

$p = (\text{عدد الفوتونات /s})(E/\text{فوتون}) = nE$

لكن: $n = P/E$

لحساب طاقة الفوتون بالجول نستخدم العلاقة:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$= \frac{(1240\ \text{eV.nm})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{840\ \text{nm}}$$

$$= 2.4\times10^{-19}\ \text{J}$$

لذا $$n = \frac{5.0\times10^{-3}\ \text{J/s}}{2.4\times10^{-19}\ \text{J/فوتون}}$$

$$= 2.1\times10^{16}\ \text{فوتون /s}$$

61. **ليزرات HeNe** يمكن صنع الليزرات HeNe المستخدمة بوصفها مؤشرات يستخدمها المحاضرون، بحيث تنتج ليزرًا عند الأطوال الموجية الثلاثة: 1152.3 nm، 543.4 nm، 632.8 nm.

a. أوجد فرق الطاقة بين كل وضعين متضمنين في حزمة كل طول موجي.

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$$

أي: $$\Delta E = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{\lambda}$$

بالتعويض بالأطوال الموجية الثلاث في العلاقة السابقة نحصل على:
1.08 eV, 2.28 eV, 1.96 eV، على الترتيب.

b. حدد لون كل طول موجي.
أحمر تحت حمراء، أخضر على الترتيب.

مراجعة عامة

صفحة 91

62. يدخل فوتون طاقته 14.0 eV ذرة هيدروجين في حالة الاستقرار فيؤينها. ما مقدار الطاقة الحركية للإلكترون المتحرر من الذرة؟

تحتاج ذرة الهيدروجين إلى 13.6 eV لتتأين، وعليه ستكون الطاقة الحركية للإلكترون المتحرر:

$$14.0\ \text{eV} - 13.6\ \text{eV} = 0.4\ \text{eV}$$

63. احسب نصف قطر المستوى لكل من مستويي الطاقة E_5 و E_6 لذرة الهيدروجين.

$$r_5 = \frac{h^2n^2}{4\pi^2Kmq^2}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2(5)^2}{4\pi^2\,(9.00\times10^{9}\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})^2}$$

$$= 1.33\times10^{-9}\ \text{m}$$

$$r_6 = \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})2(6)^2}{4\pi^2\,(9.00\times10^{9}\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})^2}$$

$$= 1.91\times10^{-9}\ \text{m}$$

تابع الفصل 9

64. ذرة هيدروجين في المستوى $n = 2$.

a. إذا اصطدم فوتون طوله الموجي 332 nm بهذه الذرة. فهل تتأين هذه الذرة؟ وضح ذلك.

الطاقة اللازمة للتأين من هذا المستوى : $E_2 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{n^2} = \frac{13.6\ \text{eV}}{(2)^2} = -3.40\ \text{eV}$

طاقة الفوتون : $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{332\times10^{-9}\ \text{m}}$$

$$= 5.99\times10^{-19}\ \text{J}$$

$$= 3.74\ \text{eV}$$

وهذا يبين أن اصطدام الفوتون يؤدي إلى التأين.

b. عندما تتأين الذرة، افترض أن إلكترونًا يكتسب الطاقة الزائدة عن التأين، فكم تكون الطاقة الحركية للإلكترون بوحدة الجول؟

$3.74\ \text{eV} - 3.40\ \text{eV} = 0.340\ \text{eV} = 5.4\times10^{-20}\ \text{J}$

65. وُجهت 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 $n = 2$؟

الطاقة اللازمة لانتقال ذرة الهيدروجين من حالة الاستقرار إلى مستوى $n = 3$ تساوي:

$$\Delta E = E_3 - E_1$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{1^2}\right)$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{-8}{9}\right)$$

$$= 12.1\ \text{eV}$$

66. أكثر تجارب المطياف دقة تستخدم تقنيات "فوتونين". حيث يوجَّه 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؟

$$\Delta E = E_2 - E_1$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{1^2}\right)$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{-3}{4}\right)$$

$$= 10.2\ \text{eV}$$

طول موجة كل ليزر:

$$\lambda = \frac{hc}{\left(\frac{\Delta E}{2}\right)} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{\left(\frac{10.2\ \text{eV}}{2}\right)} = 243\ \text{nm}$$

التفكير الناقد

صفحة 91

67. **تطبيق المفاهيم** يوضح **الشكل** 23–9 نتيجة إسقاط طيف مصباح غاز الزئبق ذي الضغط العالي على حائط في غرفة مظلمة. ما فروق الطاقة لكل من الخطوط المرئية الثلاثة؟

436 nm 546 nm 579 nm

■ **الشكل 23–9**

الخط 436 nm يعني انتقال الإلكترون من E_6 إلى E_3، وفرق الطاقة عندئذٍ يساوي 2.84 eV .

$$\frac{1240\ \text{eV.nm}}{436\ \text{nm}} = 2.84\ \text{eV}$$

حيث ؛

ارجع الى الشكل 22–9 لإيجاد فروق المستويات الأخرى

الخط 546 nm يعني انتقال الإلكترون من E_6 إلى E_4، وفرق الطاقة عندئذٍ يساوي 2.27 eV.

الخط 579 nm يعني انتقال الإلكترون من E_8 إلى E_5، وفرق الطاقة عندئذٍ يساوي 2.14 eV.

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** 23–9 حدد ما إذا كانت هذه الفوتونات مرئية أم لا. فسر ذلك.

لا، الخطوط الطيفية الثلاثة الأعلى طاقة تغادر الذرة في حالات لا تقل طاقتها عن 4.64 eV فوق حالة الاستقرار، والفوتون بهذه الطاقة يكون طوله الموجي 267 nm ويقع في منطقة الأشعة فوق البنفسجية، والتغيّر في الطاقة من المستوى E_4 إلى المستوى E_2 يتضمن تغيّرًا في الطاقة مقداره 0.79 eV ، فينتج ضوءًا بطول موجي 1570 nm يقع في منطقة الأشعة تحت الحمراء.

69. **التحليل والاستنتاج:** تتكون ذرة البوزوترونيوم من إلكترون وضديد مادتها النسبي –بوزترون– يرتبطان معًا. وعلى الرغم من أن فترة الحياة لهذه الذرة" قصيرة جدًّا (معدل فترة حياتها $\frac{+1}{7}\ \mu s$) فإنه يمكن قياس مستويات طاقتها. يمكن استخدام نموذج بور لحساب الطاقات مع استبدال كتلة الإلكترون بمقدار نصف كتلة. صف كيف تتأثر أقطار المستويات والطاقة لكل مستوى. كم يكون الطول الموجي عند الانتقال من E_2 إلى E_1؟

ستتضاعف أنصاف القطار لأن m تظهر في مقام المعادلة، في حين الطاقات ستنخفض إلى النصف لأن m تظهر في بسط المعادلة، أما الأطوال الموجية فستتضاعف لذا فالضوء ينبعث من المستوى E_2 إلى المستوى E_1، أي أن ؛

$$(2)(121\ \text{nm}) = 242\ \text{nm}$$

الكتابة في الفيزياء

صفحة 92

70. اكتب بحثًا عن تاريخ تطور نماذج الذرة. واصفًا كل نموذج باختصار، ومحددًا أوجه القوة والضعف فيه.

يجب على الطلاب أن يصفوا نموذج ثومبسون "فطيرة البرقوق" والنموذج المداري الكلاسيكي، ونموذج بور، والنموذج الكمي، حيث يفسر النموذج الأول كيف تمتلك الذرات إلكترونات وكتلة ولكن لا يستطيع تفسير نتائج تجارب رذرفورد، والنموذج المداري يفسر كل من وجود الإلكترونات وتجارب راذرفورد، ولكنه نموذج غير مستقر إذ بناءًا على هذا النموذج فإن الإلكترونات ستسقط في النواة خلال 1 ns، أما نموذج بور فيفسر الأطياف الذرية وينسجم مع نموذج راذرفورد النووي، ولكنه لم يفسر عدم اليقين، وكذلك لا يفسر استقرار الذرات عديدة الإلكترونات، أما النموذج الكمي فيمكن بوساطته تفسير جميع الحقائق المعروفة عن الذرات، ولكن من الصعب تصوره، ويتطلب استخدام أجهزة الحاسوب لحل معادلاته.

71. يبعث مؤشر ليزر أخضر ضوءًا طوله الموجي 532 nm. اكتب بحثًا في نوع الليزر الذي يستخدم في هذا النوع من المؤشرات، وصف طريقة عمله. وحدّد ما إذا كان الليزر على شكل نبضات أم مستمر.

يستخدم نبضات ليزر Nd عند 1064nm حيث توضع IR داخل بلورة "مضاعف التردد". وينتج الضوء بنصف ذلك الطول الموجي أو 532 nm.

مراجعة تراكمية

صفحة 92

72. فكِّر في التعديلات التي يحتاجها تومسون ليجعل أنبوبته تسارع بروتونات بالاضافة إلى الإلكترونات، ثم أجب عن الاسئلة التالية:

a. لتحديد جسيمات لها نفس السرعة. هل ستتغير النسبة $\frac{E}{B}$؟ فسر؟

لا؛ لأن $v = \frac{E}{B}$، نسبة ثابتة لجميع قيم v المعطاه.

b. للمحافظة على نفس الانحراف الذي يسببه المجال المغناطيسي هل يجب أن يكون المجال المغناطيسي أكبر أم أقل؟ فسر؟

للمجال المغناطيسي فإن: $Bqv = \frac{mv^2}{r}$. ومنه $r = \frac{mv}{qB}$، فالكتلة الأكبر يجب أن تكون B المستخدمة كبيرة؛ للمحافظة على السرعة v ثابتة.

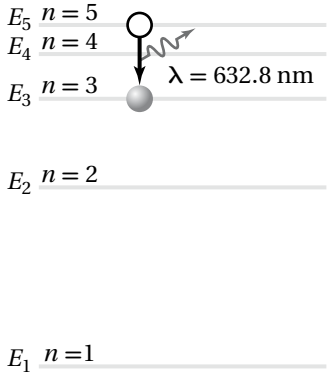
73. جهد الإيقاف اللازم لاستعادة جميع الإلكترونات المنبعثة من فلز 7.3 V. ما مقدار الطاقة الحركية القصوى للإلكترونات بوحدة الجول؟

$$KE = (7.3\text{ eV})\left(\frac{1.60\times10^{-19}\text{ J}}{1\text{ eV}}\right)$$
$$= 1.2\times10^{-18}\text{ J}$$

مسألة تحفيز

صفحة 75

على الرغم من تفسير نموذج بور للذرة وبدقة لسلوك ذرة الهيدروجين، إلا أنه لم يكن قادرًا على تفسير سلوك أي ذرة أخرى. تحقق من جوانب القصور في نموذج بور؛ وذلك بتحليل انتقال إلكترون في ذرة النيون. فخلافًا لذرة الهيدروجين فإن لذرة النيون عشرة إلكترونات، وأحد هذه الإلكترونات ينتقل بين مستوى الطاقة $n = 5$ ومستوى الطاقة $n = 3$، باعثًا فوتونًا في هذه العملية.



1. اعتبر أنه يمكن معاملة إلكترون ذرة النيون كإلكترون في ذرة الهيدروجين، فما طاقة الفوتون التي يتوقعها نموذج بور؟

$$\Delta E = E_i - E_f = (-13.6\text{ eV})\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{3^2}\right)$$
$$= 0.967\text{ eV}$$

2. اعتبر أنه يمكن معاملة إلكترون ذرة النيون كإلكترون في ذرة الهيدروجين، فما الطول الموجي الذي يتنبأ به نموذج بور؟

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{1240\text{ eV.nm}}{0.967\text{ eV}} = 1280\text{ nm}$$

3. الطول الموجي الحقيقي للفوتون المنبعث خلال عملية الانتقال 632.8 nm، ما نسبة الخطأ المئوي لتنبؤ نموذج بور للطول الموجي للفوتون؟

$$\text{الخطأ النسبي} = \left|\frac{\text{القيمة المقبولة} - \text{القيمة المتوقعة}}{\text{القيمة المقبولة}}\right| \times 100\%$$

$$= \left|\frac{632.8\text{ nm} - 1280\text{ nm}}{632.8\text{ nm}}\right| \times 100 = 103\%$$

أي يكون الطول الموجي المحسوب مساويًا لضعف الطول الموجي الحقيقي للفوتون تقريبًا.

مسائل تدريبية

10–1 التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة صفحة (106 –95)

صفحة 99

1. إذا علمت أن كثافة عنصر الخارصين $7.13\ g/cm^3$ وكتلته الذرية $65.37\ g/mol$. وهو يمتلك إلكترونين حرين في كل ذرة. فما عدد الإلكترونات الحرة في كل سنتيمتر مكعب من الخارصين؟

$$\text{free } e^-/cm^3 = \left(\frac{2 \text{ free } e^-}{\text{atom}}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23} \text{ atoms}}{\text{mol}}\right)\left(\frac{1 \text{ mol}}{65.37 \text{ g}}\right)\left(\frac{7.13 \text{ g}}{cm^3}\right)$$

$$= 1.31\times10^{23} \text{ free } e^-/cm^3$$

2. إذا علمت أن هناك إلكترونًا حرًّا واحدًا في كل ذرة لعنصر الفضة فاستخدم ملحق الجداول، واحسب عدد الإلكترونات الحرة في كل سنتمتر مكعب من الفضة.

$$\text{free } e^-/cm^3 = \left(\frac{1 \text{ free } e^-}{\text{atom}}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23} \text{ atoms}}{\text{mol}}\right)\left(\frac{1 \text{ mol}}{107.87 \text{ g}}\right)\left(\frac{10.49 \text{ g}}{cm^3}\right)$$

$$= 5.85\times10^{22} \text{ free } e^-/cm^3$$

3. لعنصر الذهب إلكترون واحد حر في كل ذرة. استخدم ملحق الجداول، واحسب عدد الإلكترونات الحرة في كل سنتمتر مكعب من الذهب.

$$\text{free } e^-/cm^3 = \left(\frac{1 \text{ free } e^-}{\text{atom}}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23} \text{ atoms}}{\text{mol}}\right)\left(\frac{1 \text{ mol}}{196.97 \text{ g}}\right)\left(\frac{19.32 \text{ g}}{cm^3}\right)$$

$$= 5.90\times10^{22} \text{ free } e^-/cm^3$$

4. لعنصر الألومنيوم ثلاثة إلكترونات حرة في كل ذرة. استخدم ملحق الجداول، واحسب عدد الإلكترونات الحرة في كل سنتمتر مكعب من الألومنيوم.

$$\text{free } e^-/cm^3 = \left(\frac{3 \text{ } e^-}{\text{atom}}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23} \text{ atoms}}{\text{mol}}\right)\left(\frac{1 \text{ mol}}{26.982 \text{ g}}\right)\left(\frac{2.70 \text{ g}}{cm^3}\right)$$

$$= 1.81\times10^{23} \text{ free } e^-/cm^3$$

5. صنعت قمة نصب تذكاري من 2835g من الألومنيوم. استخدم المسألة السابقة وحدد عدد الإلكترونات الحرة في قمة هذا النصب.

$$\text{free } e^- = \left(1.81\times10^{23} \text{ free } e^-/cm^3\right)\left(\frac{2835 \text{ g}}{2.70 \text{ g}/cm^3}\right)$$

$$= 1.90\times10^{26} \text{ free } e^-$$

تابع الفصل 10

صفحة 102

6. كثافة عنصر الجرمانيوم النقي $5.23\ g/cm^3$ وكتلته الذرية $72.6\ g/mol$. ويوجد به $2.25 \times 10^{13}\ free\ e^-/\ cm^3$ عند درجة حرارة الغرفة، ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة؟

$$\text{free } e^- \text{ عدد/atom} = \left(\frac{1\ mol}{6.02\times10^{23}\ atoms}\right)\left(\frac{72.6\ g}{1\ mol}\right)\left(\frac{cm^3}{5.23\ g}\right)\left(\frac{2.25\times10^{13}\ free\ e^-}{cm^3}\right)$$

$$= 5.19\times10^{-10}\ free\ e^-/atom$$

7. لعنصر السليكون $1.89\times 10^5\ free\ e^-/cm^3$ عند درجة حرارة $200.0\ K$. ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة عند هذه الدرجة؟ كم تكافئ درجة الحرارة هذه بالسلسيوس؟

$$\text{free } e^- \text{ عدد/atom} = \left(\frac{1\ mol}{6.02\times10^{23}\ atoms}\right)\left(\frac{28.09\ g}{1\ mol}\right)\left(\frac{cm^3}{2.33\ g}\right)\left(\frac{1.89\times10^{5}\ free\ e^-}{cm^3}\right)$$

$$= 3.78\times10^{-18}\ free\ e^-/atom$$

$$T_K = T_C + 273^\circ$$

$$T_C = T_K - 273^\circ$$

$$= 200.0^\circ - 273^\circ$$

$$= -73^\circ C$$

8. لعنصر السليكون $9.23\times 10^{-10}\ free\ e^-/cm^3$ عند درجة حرارة $100.0\ K$. ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة عند هذه الدرجة ؟ كم تكافئ درجة الحرارة هذه بالسلسيوس؟

$$\text{free } e^- /atom = \left(\frac{1\ mol}{6.02\times10^{23}\ atoms}\right)\left(\frac{28.09\ g}{1\ mol}\right)\left(\frac{cm^3}{2.33\ g}\right)\left(\frac{9.23\times10^{-10}\ free\ e^-}{cm^3}\right)$$

$$= 1.85\times10^{-32}\ free\ e^-/atom$$

$$T_K = T_C + 273^\circ$$

$$T_C = T_K - 273^\circ$$

$$= 100.0^\circ - 273^\circ$$

$$= -173^\circ C$$

9. لعنصر الجرمانيوم $1.16\times10^{10}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$ عند درجة حرارة 200.0 k. ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة عند هذه الدرجة؟

$$\text{free e}^-/\text{atom} = \left(\frac{1\ \text{mol}}{6.02\times10^{23}\ \text{atoms}}\right)\left(\frac{72.6\ \text{g}}{1\ \text{mol}}\right)\left(\frac{\text{cm}^3}{5.23\ \text{g}}\right)\left(\frac{1.16\times10^{10}\ \text{free e}^-}{\text{cm}^3}\right)$$

$$= 2.67\times10^{-13}\ \text{free e}^-/\text{atom}$$

10. يمتلك عنصر الجرماينوم $3.47\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$ عند درجة حرارة 100.0 K. ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة عند هذه الدرجة ؟

$$\text{free e}^-/\text{atom} = \left(\frac{1\ \text{mol}}{6.02\times10^{23}\ \text{atoms}}\right)\left(\frac{72.6\ \text{g}}{1\ \text{mol}}\right)\left(\frac{\text{cm}^3}{5.23\ \text{g}}\right)\left(\frac{3.47\times10^{10}\ \text{free e}^-}{\text{cm}^3}\right)$$

$$= 8.00\times10^{-23}\ \text{free e}^-/\text{atom}$$

صفحة 105

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 يتعين أن تتواجد لكل ذرة سليكون؟

عرفت من المثال3 أن السليكون يحتوي؛ $4.99\times10^{22}\ \text{Si atoms/cm}^3$ ويمتلك $1.45\times10^{10}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$ Si ويمتلك As 1 free e^- /atom.

$$\text{عدد } e^- \text{ من As} = (\text{عدد } e^- \text{ free من Si})(1\times10^4)$$

أي أن نسبة الذرات المطلوبة، وليس الالكترونات.

$$\text{As atoms} = \frac{\text{عدد } e^- \text{ من As}}{\text{free e}^-/\text{atom As}} = \frac{(\text{عدد } e^- \text{ free من Si})(1\times10^4)}{\text{free e}^-/\text{atom As}}$$

$$\text{عدد } e^- \text{ free من Si} = (\text{Si atoms})\left(\frac{\text{free e}^-/\text{cm}^3\ \text{Si}}{\text{Si atoms/cm}^3}\right)$$

بالتعويض في علاقة ذرات As ينتج؛

$$\text{As atoms} = \frac{(1\times10^4)(\text{Si atoms})\left(\frac{\text{free e}^-/\text{cm}^3\ \text{Si}}{\text{Si atoms/cm}^3}\right)}{\text{free e}^-/\text{atom As}}$$

$$\frac{\text{As atoms}}{\text{Si atoms}} = \frac{(1\times10^4)\left(\frac{\text{free e}^-/\text{cm}^3\ \text{Si}}{\text{Si atoms/cm}^3}\right)}{\text{free e}^-/\text{atom As}}$$

$$= \frac{(1\times10^4)\left(\frac{1.45\times10^{10}}{4.99\times10^{22}}\right)}{1}$$

$$= 2.91\times10^{9}$$

تابع الفصل 10

12. إذا أردت الحصول على 5×10^{3} من إلكترونات الزرنيخ المعالج بوصفها إلكترونات حرة في الجرمانيوم شبه الموصل الذي وصف في المسألة 6 فما عدد ذرات الزرنيخ التي يتعين أن توجد لكل ذرة جرمانيوم؟

باستخدام حل مسألة 11 السابقة:

$$\frac{\text{As atoms}}{\text{Ge atoms}}=\frac{(5\times10^{3})\left(\frac{\text{free e}^{-}\text{ عدد/cm}^{3}\text{ Ge}}{\text{Ge atoms/cm}^{3}}\right)}{\text{free e}^{-}\text{/atom As}}$$

$\text{free e}^{-}\text{/cm}^{3}\text{ Ge}=2.25\times10^{3}$ ومن المسألة 6

$\text{free e}^{-}\text{/atom As}=1$ ومن المثال 3

$$\text{Ge atoms/cm}^{3}=\left(\frac{6.02\times10^{23}\text{ atoms}}{1\text{ mol}}\right)\left(\frac{1\text{ mol}}{72.6\text{ g}}\right)\left(\frac{5.23\text{ g}}{\text{cm}^{3}}\right)=4.34\times10^{22}\text{ atoms/cm}^{3}$$

$$\frac{\text{As atoms}}{\text{Ge atoms}}=\frac{(5\times10^{3})\left(\frac{2.25\times10^{13}}{4.34\times10^{22}}\right)}{1}$$

$$=2.59\times10^{-6}$$

13. للجرمانيوم 1.13×10^{15} ناقلاً حراريًا حرًا في كل cm^{3} عند درجة حرارة 400.0 K. إذا عولج الجرمانيوم بوساطة ذرة زرنيخ واحدة لكل مليون ذرة جرمانيوم. فما نسبة الناقلات المعالجة إلى الناقلات الحرارية؟

باستخدام حل المسألة 12 كنقطة بداية.

$$\frac{\text{As atoms}}{\text{Ge atoms}}=\frac{\left(\frac{\text{doped e}^{-}}{\text{Ge e}^{-}}\right)\left(\frac{\text{free e}^{-}\text{/cm}^{3}\text{ Ge}}{\text{Ge atoms/cm}^{3}}\right)}{\text{free e}^{-}\text{ عدد/atom As}}$$

$$\frac{\text{doped e}^{-}}{\text{Ge e}^{-}}=\left(\frac{\text{As atoms}}{\text{Ge atoms}}\right)\left(\frac{\text{Ge atoms/cm}^{3}}{\text{free e}^{-}\text{ عدد/cm}^{3}\text{ Ge}}\right)(\text{free e}^{-}\text{/atom As})$$

$$=\left(\frac{1}{1\times10^{6}}\right)\left(\frac{4.34\times10^{22}}{1.13\times10^{15}}\right)(1)$$

$$=38.4$$

14. للسليكون 4.45×10^{12} ناقل حراري حر في كل cm^{3} عند درجة حرارة 400.0 k. إذا عولج السليكون بوساطة ذرة زرنيخ واحدة لكل مليون ذرة سليكون، فما نسبة الناقلات المعالجة إلى الناقلات الحرارية؟

باستخدام حل المسألة 13 كنقطة بداية.

$$\frac{\text{doped e}^{-}}{\text{Si e}^{-}}=\left(\frac{\text{As atoms}}{\text{Si atoms}}\right)\left(\frac{\text{Si atoms/cm}^{3}}{\text{free e}^{-}\text{/cm}^{3}\text{ Si}}\right)(\text{free e}^{-}\text{ عدد/atom As})$$

$$=\left(\frac{1}{1\times10^{6}}\right)\left(\frac{4.99\times10^{22}}{4.54\times10^{12}}\right)(1)$$

$$=1.10\times10^{4}$$

تابع الفصل 10

15. في السؤال 14 كيف تتوقع أن يكون سلوك الأدوات المصنوعة من الجرمانيوم مقارنة بتلك المصنوعة من السليكون عند درجات حرارة تزيد على درجة حرارة غليان الماء.

لا تعمل أدوات الجرمانيوم جيدًا عند درجة الحرارة هذه؛ لأن نسبة النواقل المعالجة إلى النواقل الحرارية قليلة جدًا في حين يكون لدرجة الحرارة تأثير كبير في الموصلية، فالسليكون أفضل كثيرًا.

مراجعة القسم

1–10 التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة صفحة (95– 106)

صفحة 106

16. **حركة الناقل** في أي نوع من المواد الموصلة أو شبه الموصلة أو العوازل يُرجّح أن تبقى الإلكترونات في الذرة نفسها؟

العوازل

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 من المرجح أن تعتمد موصلية الموصل النقي أم شبه الموصل غير النقي على درجة الحرارة؟ وضح إجابتك.

شبه الموصل النقي؛ لأن مصدر موصليتها جميعها هو الإلكترونات، بينما تعتمد المادة شبه الموصلة المعالجة على الشحنات المحررة حراريًا التي يكون مصدرها المُعالجات (الشوائب)، والتي تعتمد قليلًا على درجة الحرارة.

18. **عازل أم موصل؟** يستخدم ثاني أكسيد السليكون على نطاق واسع في صناعة أدوات الحالة الصلبة. ويبيّن مخطط حزم الطاقة الخاص به فجوة طاقة بمقدار 9 eV بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل. فهل ثاني أكسيد السليكون مفيد أكثر كعازل أم كموصل؟

عازل.

19. **موصل أم عازل؟** لأكسيد الماغنيسيوم فجوة ممنوعة مقدارها 8 eV، فهل هذه المادة موصلة أم عازلة أم شبه موصلة؟

عازل.

20. **أشباه الموصلات النقية وغير النقية** إذا كنت تصمم دائرة متكاملة باستخدام بلورة سليكون. وأردت أن تحصل على منطقة ذات خصائص عازلة جيدة نسبيًّا. فهل من المفروض أن تعالج هذه المنطقة أم تتركها كشبه موصل نقي؟

نتركها كشبه 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؟

إن السليكون يُظهر نواقل محررة حراريًا أقل كثيرًا عند أي درجة حرارة، حتى لو أن معدل تغير إنتاج الناقل الحراري كبير بالنسبة له.

مسائل تدريبية

2–10 الأدوات الإلكترونية صفحة (107– 113)

صفحة 109

22. ما جهد البطارية اللازم لتوليد تيار كهربائي مقداره 2.5 mA في الدايود الوارد في المثال 4؟

1.7 V

باستخدام الشكل 9–10، فإن للدايود:

$$V_d = 0.50\ \text{V} \text{ عند } 2.5\ \text{mA}$$

$$V_b = IR + V_d$$

$$= (0.0025\ \text{A})(470\ \Omega) + 0.50\ \text{V}$$

$$= 1.7\ \text{V}$$

تابع الفصل 10

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؟

$$V_b = IR + V_d + V_d$$

$$= (0.0025\ A)(470\ \Omega) + 0.50\ V + 0.50\ V$$

$$= 2.2\ V$$

24. صف كيف يجب أن يوصل الدايودان معًا في المسألة السابقة؟

يوصل مصعد إحدى الدايودين مع مهبط الدايود الآخر. لذا يتعين أن يوصل المصعد غير الموصول مع الطرف الموجب للدائرة.

25. صف ما يحدث في المسألة 23 إذا وصل الدايودان على التوالي في اتجاه غير صحيح؟

سيكون من المستحيل الحصول على تيار مقداره 2.5 mA مع أي جهد لمصدر قدرة منطقي ؛ لأن أحد الدايودات سيكون منحازًا عكسيًا.

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 470 Ω على التوالي مع الدايود فما جهد البطارية اللازم؟

6.0 V

$$V_b = IR + V_d$$

$$= (0.012\ A)(470\ \Omega) + 0.40\ V$$

$$= 6.0\ V$$

مراجعة القسم

10–2 الأدوات الإلكترونية صفحة (107–113)

صفحة 113

27. **دائرة الترانزستور** تيار الباعث في دائرة الترانزستور يساوي دائمًا مجموع تياري القاعدة والجامع: $I_E = I_B + I_C$. وإذا كان كسب التيار من القاعدة إلى الجامع يساوي 95 فما النسبة بين تيار الباعث إلى تيار القاعدة؟

$$\text{الكسب} = \frac{I_C}{I_B} = 95$$

$$I_E = I_B + I_C$$

بقسمة طرفي المعادلة على I_B.

$$\frac{I_E}{I_B} = 1 + \frac{I_C}{I_B} = 1 + 95 = 96$$

النسبة بين تيار الباعث إلى تيار القاعدة: 96 إلى 1

28. **هبوط جهد الدايود** إذا كان الدايود في **الشكل 10–10** منحاز إلى الأمام بوساطة بطارية ومقاوم موصول معه على التوالي، وتكوّن تيار يزيد عن 10 mA، وهبوط في الجهد دائمًا 0.70 V تقريبًا. افترض أن جهد البطارية زاد بمقدار 1 V، فاحسب:

a. مقدار الزيادة في الجهد عبر الدايود أو الجهد عبر المقاوم.

لأن الجهد عبر الدايود دائمًا 0.70 V، فإن الجهد عبر المقاومة يزيد بمقدار 1 V.

b. مقدار الزيادة في التيار المارّ في المقاوم.

يزداد التيار بمقدار $I = \frac{1\ V}{R}$

29. **مقاومة الدايود** قارن بين مقداري مقاومة الدايود نوع pn عندما يكون منحازًا إلى الأمام وعندما يكون منحازًا عكسيًّا.

يكون توصيل الدايود أفضل عندما يكون منحازًا انحيازًا أماميًا، فتكون عندئذ مقاومته صغيرة جدًا مقارنة بوضعه عندما يكون منحازًا انحيازًا عكسيًا.

30. **قطبية الدايود** في الدايود المشع للضوء، ما الطرف الذي يجب أن يوصل مع الطرف p لجعل الدايود يضيء؟

يجب أن يكون الدايود منحازًا انحيازًا أماميًا ، أي يجب أن يكون القطب الموجب موصولاً مع الطرف p.

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.

$$\text{الكسب} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{6.6\ mA}{0.055\ mA} = 120$$

32. **التفكير الناقد** هل يمكن أن تستبدل ترانزستور npn بدايودين منفصلين يوصلان معًا من الطرف p لكل منهما؟ وضح إجابتك.

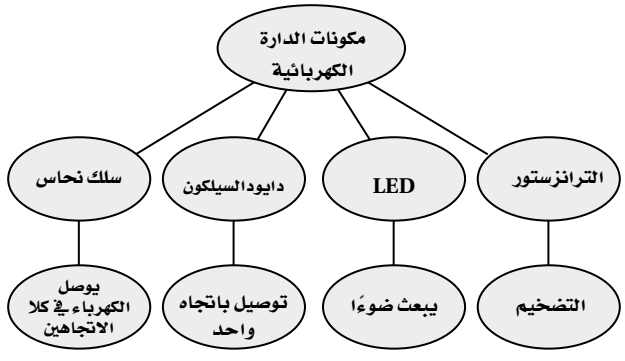
لا، لإن منطقة p للترانزستور npn يجب أن تكون رقيقة لدرجة كافية لكي تسمح للإلكترونات بالعبور من خلال القاعدة إلى الجامع.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 118

33. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات الآتية: الترانزستور، دايود السليكون، يبعث ضوءًا، يوصل الكهرباء في كلا الاتجاهين.



إتقان المفاهيم

صفحة 118

34. كيف تختلف مستويات الطاقة في بلورة عنصر معين، عن مستويات الطاقة في ذرة مفردة من ذلك العنصر؟

تمتلك مستويات الطاقة للذرة المفردة قيَمًا منفصلةً ووحيدةً، أما مستويات الطاقة في البلورة فتمتلك مدى صغيرًا حول القيم الموجودة في الذرة المفردة.

35. لماذا يؤدي تسخين أشباه الموصلات إلى زيادة موصليتها؟

تعطي كمية الحرارة العالية طاقةً إضافيةً للإلكترونات؛ مما يسمح بوصول المزيد من الإلكترونات إلى حزمة التوصيل.

36. ما الناقل الرئيس للتيار في المادة شبه الموصلة من النوع P؟

ثقوب ذات شحنة موجبة.

37. يطبق جهاز الأوميتر فرق الجهد عبر الأداة لفحصها، ويقيس 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؟ وضح إجابتك.

نعم، هناك طريقة واحدة لجعل الدايود منحازًا أماميًا، أمّا الطريقة الأخرى فتجعله منحازًا عكسيًا.

38. ما معنى رأس السهم على الباعث في رمز دائرة الترانزستور؟

رأس السهم هو الذي يوضح اتجاه التيار الاصطلاحي.

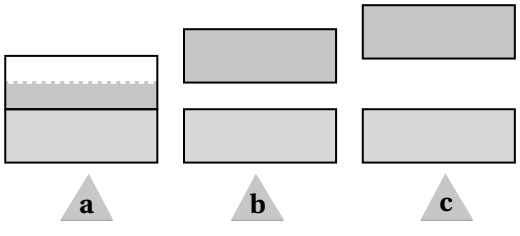
39. صف تركيب الدايود المنحاز أماميًّا. ووضح كيفية عمله.

يحتوي الدايود المنحاز أماميًا على طبقة شبه موصلة من النوع P، وطبقة شبه موصلة من النوع n، وهاتان الطبقتان موصولتان من نهايتيهما بأسلاك بواسطة أغطية فلزّيّة. وتكون الطبقة من النوع p موصولة مع القطب الموجب للبطارية. تنشأ ثقوب جديدة في الطبقة من النوع p، وتتحرك هذه الثقوب 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 الثقوب والإلكترونات معًا، تكتمل الدائرة ويتدفق تيار، بحيث يكون اتجاهه من الطبقة شبه الموصلة من النوع p إلى الطبقة شبه الموصلة من النوع n.

تطبيق المفاهيم

صفحة 119–118

40. في مخطط حزم الطاقة الموضح في الشكل 15–10 أي منها: تمثل المادة التي لها أكبر مقاومة.



■ **الشكل 15–10**

الحزمه c.

41. في مخططات حزم الطاقة الموضحة في **الشكل 15–10** أيها له حزم توصيل نصف ممتلئة؟

الحزمه a.

42. في مخططات حزم الطاقة الموضحة في **الشكل 15–10** أيها يمثل أشباه موصلات؟

الحزمه b.

43. تتناقص مقاومة الجرافيت عندما ترتفع درجة الحرارة. فهل توصيل الجرافيت للكهرباء أكثر من النحاس أم السليكون؟

أكثر شبهًا بالسليكون Si.

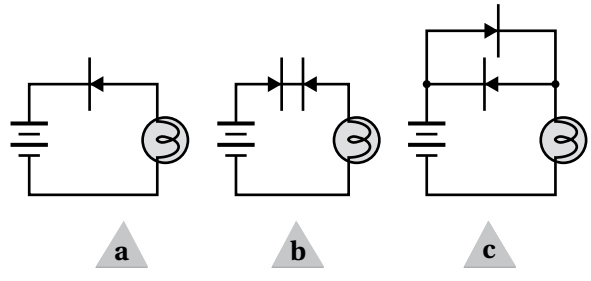
44. أي من المواد الآتية تعمل كعوازل جيدة: مادة تمتلك فجوة ممنوعة عرضها 8 eV، أم مادة تمتلك فجوة ممنوعة عرضها 3 eV أم مادة لا تمتلك فجوة ممنوعة؟

مادة تمتلك فجوة ممنوعة عرضها 8 eV.

45. بالنسبة لذرات المواد الثلاث الواردة في السؤال السابق، أي من هذه المواد الأكثر صعوبة عند انتزاع إلكترون منها؟

مادة تمتلك فجوة ممنوعة عرضها 8 eV.

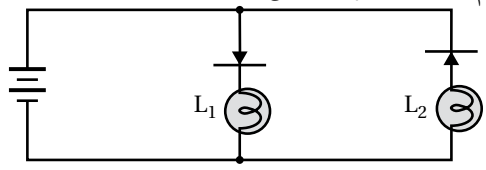
46. حدد فيما إذا كان المصباح الكهربائي في كل من الدوائر *a*,*b*,*c* الموضحة في **الشكل 16–10** مضيئًا.



■ **الشكل 16–10**

الدائرة a: لا يضيء، الدائرة b: لايضيء، الدائرة c: نعم يضيء.

47. في الدائرة الموضحة في **الشكل 17–10**، حدد فيما إذا كان أحد المصباحين L_1 و L_2 مضيئًا، أم كلاهما مضيئان، أم كلاهما غير مضيئين.



■ **الشكل 17–10**

L_1 مضيء، L_2 غير مضيء.

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.

العناصر هي: B ,Al ,Ga, In.

49. هل يُظهر جهاز الأوميتر مقاومة أكبر عندما يكون الصمام نوع pn منحازًا أماميًّا أم منحازًا عكسيًّا؟

يظهر الصمام من نوع pn مقاومة أقل عندما يكون منحازًا أماميًّا .

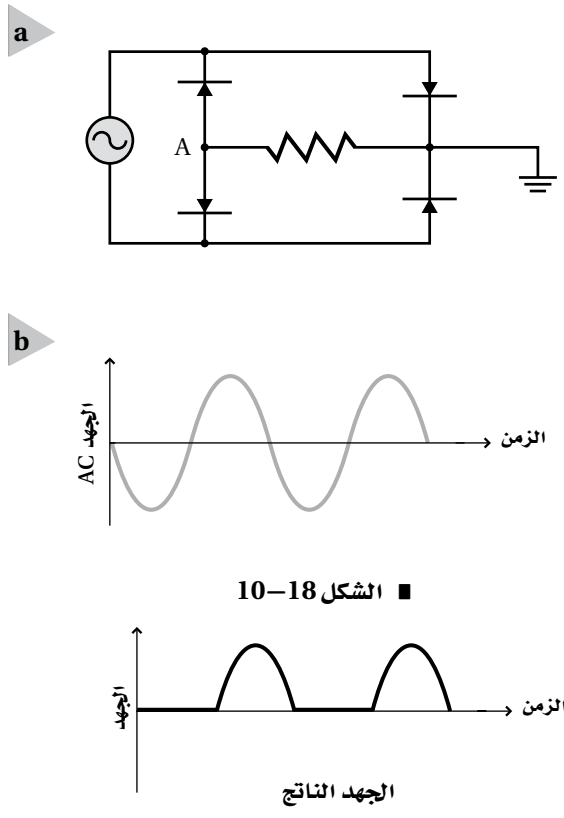
50. إذا أظهر جهاز الأوميتر في المسألة السابقة مقاومة متدنية فهل يكون سلك توصيل الأوميتر عند رأس سهم الصمام الثنائي ذا جهد مرتفع أم ذا جهد منخفض؛ مقارنة بالسلك الآخر الموصول بالأوميتر.

يكون ذا جهد مرتفع، أي موجب أكثر.

51. إذا قمت بمعالجة الجرمانيوم النقي بعنصر الجاليوم وحده، فهل تنتج مقاومًا، أم دايودًا، أم ترانزستورًا؟

تنتج مقاومًا لأنه لا يوجد وصلة.

52. ارسم الشكل الموجي للزمن مقابل الاتساع للنقطة A في **الشكل 10–18a** مفترضا أن الشكل الموجي للتيار المتردد AC الداخل، كما هو موضح في **الشكل 10–18b**



■ **الشكل 10–18**

تكون النقطة A سالبة نسبة إلى الأرض، ويُظهر الرسم البياني للموجة الناتجة قطع قطبية التيار المتردد السالبة للموجة المدخلة.

إتقان حل المسائل

10–1 التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة

صفحة 119–120

53. كم 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.

$$\text{free } e^-/cm^3 = \left(\frac{1\ e^-}{\text{atom}}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23}\ \text{atoms}}{\text{mol}}\right)\left(\frac{0.971\ g}{cm^3}\right)\left(\frac{\text{mol}}{22.99\ g}\right)$$

$$= 2.54\times10^{22}\ \text{free } e^-/cm^3$$

54. تحرر طاقة حرارية $1.55\times10^{9}\ e^-/cm^3$ 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؟

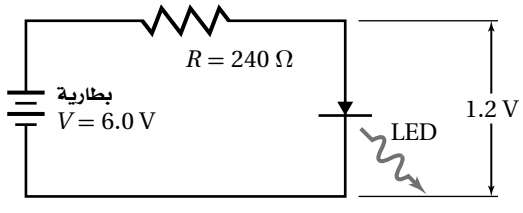
$$\frac{\left(\frac{6.02\times10^{23}\ \text{atoms}}{\text{mol}}\right)\left(\frac{2.33\ g}{cm^3}\right)\left(\frac{\text{mol}}{28.09\ g}\right)}{1.55\times10^{9}\ \text{atom}/e^-}$$

$$= 3.22\times10^{13}\ \text{atom}/e^-$$

10–2 الأدوات الإلكترونية

صفحة 119

55. **LED** إذا كان هبوط الجهد عبر الدايود المشع للضوء المتوهج يساوي 1.2 V تقريبًا. وفي **الشكل 19–10**، 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 ؟



■ **الشكل 19–10**

a. الدايود المشع للضوء LED

$$V_b = IR + V_d$$

$$I = \frac{V_b - V_d}{R}$$

$$= \frac{6.0\ V - 1.2\ V}{240\ \Omega}$$

$$= 2.0\times10^{1}\ mA$$

b. المقاومة

$$= 2.0\times10^{1}\ mA$$

56. أراد عمر زيادة التيار المارّ خلال الدايود المشع للضوء في المسألة السابقة ليصبح 3×10^{1} mA على أن تكون إضاءته أكثر سطوعًا. افرض أن هبوط الجهد عبر الدايود المشع للضوء بقي 1.2 V، فما مقدار المقاومة التي ينبغي له استخدامها؟

$$R=\frac{V_b-V_d}{I}=\frac{6.0\text{ V}-1.2\text{ V}}{3.0\times10^{1}\text{ mA}}=160\ \Omega$$

57. **الدايود** وصل دايود من السليكون ذو الخصائص I/V الموضحة في **الشكل 9–10** مع بطارية من خلال مقاومة مقداره 270 Ω، إذا كان الدايود منحازًا إلى الأمام بواسطة بطارية، وكان تيار الدايود يساوي 15 mA. فما مقدار جهد البطارية؟

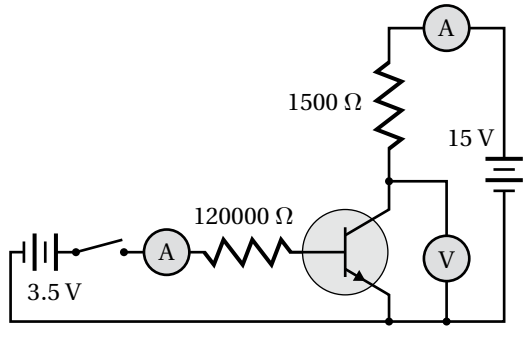
$$V_b=IR+V_d$$

$$V_d=0.70\text{ V}\ (\text{من الشكل})$$

$$V_b=(15\text{ mA})(270\ \Omega)+0.70\text{ V}$$

$$=4.8\text{ V}$$

58. افرض أن المفتاح الموضح في **الشكل 20–10** مفتوح، حدد كلاً من:



■ **الشكل 20–10**

a. تيار القاعدة.

من خلال معاينة الشكل فإن دائرة القاعدة مفتوحة، لذا يكون تيار القاعدة صفرًا.

b. تيار الجامع.

من التعريف: إذا كان تيار القاعدة صفرًا ، فكذلك تيار الجامع صفرًا.

c. قراءة الفولتمتر.

15 V؛ فعندما لا يكون هناك تدفق للتيار، فإن الهبوط عبر المقاومة يكون صفرًا، ويكون هبوط الـ 15 V عبر الترانزستور.

59. افترض أن المفتاح الموضح في **الشكل 20–10** مغلق، وهبوط الجهد عبر وصلة القاعدة–الباعث يساوي 0.70 V، وكسب التيار من القاعدة للجامع يساوي 220، حدد كل من:

a. تيار القاعدة.

$$I=\frac{V}{R}$$

$$=\frac{3.5\text{ V}-0.70\text{ V}}{120000\ \Omega}$$

$$=2.3\times10^{-5}\text{ A}$$

b. تيار الجامع.

$$\frac{I_C}{I_B}=220$$

$$I_C=220\,I_B$$

$$=(220)(2.3\times10^{-5}\text{ A})$$

$$=5.1\times10^{-3}\text{ A}$$

c. قراءة الفولتمتر.

نجد الهبوط عبر المقاومة 1500 Ω :

$$V_{\text{مقاومة}}=IR$$

$$=(5.1\times10^{-3}\text{ A})(1500\ \Omega)$$

$$=7.7\text{ V}$$

وبما أن الأميتر متصل عبر الترانزستور فإن :

$$V_{\text{بطارية}}=V_{\text{مقاومة}}+V_{\text{ترانزستور}}$$

$$V_{\text{أميتر}}=V_{\text{ترانزستور}}$$

$$=V_{\text{بطارية}}-V_{\text{مقاومة}}$$

$$=15\text{ V}-7.7\text{ V}$$

$$=7.3\text{ V}$$

مراجعة عامة

صفحة 120

60. الموجات الكهرومغناطيسية التي تصطدم بالسليكون تحرك الالكترونات 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 : $E = 1240\ \text{eV.nm}/\lambda$

$$\lambda = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{1.1\ \text{eV}}$$

$$= 1100\ \text{nm}$$

وهو قريبًا من الطول الموجي للأشعة تحت الحمراء.

61. **صمام الـ Si** يظهر دايود السليكون الخاص عند درجة حرارة 0 °C تيارًا كهربائيًا مقداره 1.0 nA عندما يكون منحازًا عكسيًا. ما التيار الذي يمكن توقعه إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 104 °C؟ افترض أن جهد القاعدة العكسي بقي ثابتًا. (إنتاج الناقل الحراري للسليكون يتضاعف لكل زيادة في درجة الحرارة مقدارها 8°C).

$$\text{عدد المرات التي سيزيدها عند } 8\ ^\circ\text{C} = \frac{104^\circ\text{C}}{8^\circ\text{C}} = 13$$

أي أن التيار سيتضاعف 13 مرة.

$$\text{التيار عند } 104^\circ\text{C} = (1.5\ \text{nA})(2^{13}) = 8.2\ \mu\text{A}$$

62. **صمام الـ Ge** يظهر دايود الجرمانيوم الخاص عند درجة حرارة 0 °C تيارًا كهربائيًا مقداره 1.5 µA عندما يكون منحازًا عكسيًا. ما التيار الذي يمكن توقعه إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 104 °C؟ افترض أن جهد القاعدة العكسي بقي ثابتًا. (إنتاج الناقل الحراري للجرمانيوم يتضاعف لكل زيادة في درجة الحرارة مقدارها 13 °C).

$$\text{عدد مرات التي سيزيدها عند } 13\ ^\circ\text{C} = \frac{104^\circ\text{C}}{13^\circ\text{C}} = 8$$

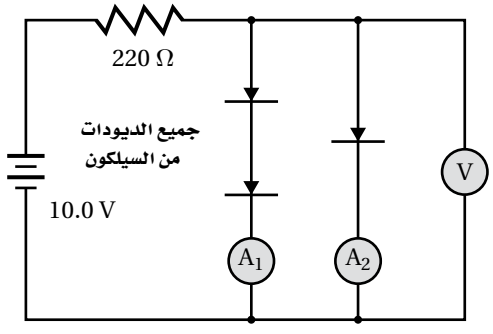
أي أن التيار سيتضاعف 8 مرات.

$$\text{التيار عند } 104^\circ\text{C} = (1.5\ \mu\text{A})(2^8) = 380\ \mu\text{A}$$

63. **LED** ينتج الدايود المشع للضوء ضوءًا أخضر طولة موجي مقداره 550 nm عندما تتحرك الإلكترونات من حزمة التوصيل إلى حزمة التكافؤ. احسب عرض الفجوة الممنوعة بوحدة eV في هذا الدايود.

$$E = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{550\ \text{nm}} = 2.25\ \text{eV}$$

64. ارجع إلى **الشكل 21–10** وحدد كلًّا من:



■ **الشكل 21–10**

a. قراءة الفولتمتر.

0.70 V، وذلك بمعاينة الدائرة والتقريب فإن الهبوط عبر دايود السليكون 0.70 V عندما يكون منحازًا انحيازًا أماميًا.

b. قراءة A_1.

0 A، وذلك بمعاينة الدائرة؛ فإن 0.70 V غير كافية لتشغيل دايودين متصلين على التوالي.

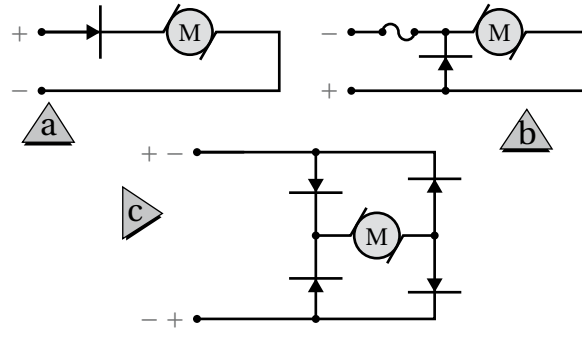
c. قراءة A_2

$$I = \frac{V}{R} = \frac{10.0\ \text{V} - 0.70\ \text{V}}{220\ \Omega} = 42\ \text{mA}$$

التفكير الناقد

صفحة 121

65. **تطبيق المفاهيم** هناك بعض المحركات في **الشكل 22–10**، تدور في اتجاه عند تطبيق قطبية معينة وتدور بالاتجاه المعاكس عند عكس القطبية.



■ **الشكل 22–10**

a. أي دائرة (a، b، c) ستسمح للمحرك بالدوران في اتجاه واحد فقط؟

a

b. أي دائرة ستؤدي إلى تلف المنصهر الكهربائي (الفيوز) عند تطبيق قطبية غير صحيحة؟

b

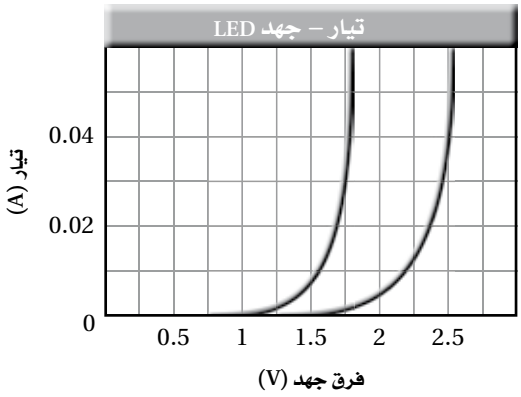
c. أية دائرة تنتج اتجاه دوران صحيح بغض النظر عن القطبية المطبقه؟

c

d. ناقش مزايا وعيوب كل من الدوائر الثلاث.

الدائرة في الفرع a لها ميزة إيجابية، ألا وهي بساطتها، أما ميزتها 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، ألا وهي عدم ضياع 0.70 V، ولها ميزة سلبية، ألا وهي أنه ينبغي تبديل المنصهرات. الدائرة في الفرع c لها ميزة إيجابية، وهي أنها دائمة العمل بغض النظر عن قطبيتها، وميزتها السلبية تتمثل في ضياع 1.4 V.

66. **تطبيق المفاهيم** يوضح **الشكل 23–10** خصائص I/V لاثنين من الدايودات المشعة للضوء والتي تتوهج بألوان مختلفة. يتعين أن يوصل كل دايود ببطارية جهدها 9 V من خلال مقاومة. وإذا كان كل دايود يشغّل بوساطة تيار مقداره 0.040 A، فما مقدار المقاومات التي ينبغي اختيارها لكل دايود؟



■ **الشكل 23–10**

$$V_b = IR + V_D$$

$$R = \frac{V_b - V_D}{I}$$

$$R_1 = \frac{9.0\text{ V} - 1.75\text{ V}}{0.040\text{ A}} = 180\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{9.0\text{ V} - 2.5\text{ V}}{0.040\text{ A}} = 160\ \Omega$$

67. **تطبيق المفاهيم** تطبيق المفاهيم افترض أن الصمامين الثنائيين الواردين في المسألة السابقة قد وُصلا معًا على التوالي، فإذا استخدمت البطارية الواردة في المسألة السابقة نفسها، وكان التيار المطلوب يساوي 0.035 A، فما المقاوم الذي ينبغي استخدامه؟

$$R = \frac{V_b - (V_{D1} + V_{D2})}{I}$$

$$= \frac{9.0\text{ V} - (1.75\text{ V} + 2.5\text{ V})}{0.035\text{ A}} = 140\ \Omega$$

الكتابة في الفيزياء

صفحة 121

68. ابحث حول مبدأ الاستبعاد لباولي وحياة فولفجانج باولي، وسلّط الضوء على اسهاماته البارزة في مجال العلوم. وصف تطبيق مبدأ الاستبعاد على نظرية الحزم في التوصيل، وتحديدًا في أشباه الموصلات.

ستختلف إجابات الطلاب، ولكن يجب أن تتضمن مناقشة لإسهامات ميكانيكا الكم في نظرية الحزم في التوصيل، وخصوصًا في أشباه الموصلات.

69. اكتب مناقشة تتكون من صفحة واحدة حول مستوى طاقة فيرمي عند تطبيقها على مخططات حزم الطاقة لأشباه الموصلات على أن تتضمن المناقشة رسمًا واحدًا على الأقل.

ستختلف إجابات الطلاب، ولكن ينبغي أن تتضمن أن طاقة فيرمي هي طاقة أعلى مستوى يحتوي إلكترون فوق الصفر المطلق (0 K). وتطبق هذه الطاقة عندما يكون هناك العديد من الإلكترونات في النظام، وبالتالي تضطر الإلكترونات إلى الانتقال إلى مستويات طاقة أعلى بناءًا على مبدأ الاستبعاد لباولي.

مراجعة تراكمية

صفحة 121

70. أنبوب من النحاس طوله 2.00 m عند 23 °C. ما مقدار التغير في طوله إذا ارتفعت درجة حرارته إلى 978 °C.

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T = \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$

$$= (16\times10^{-6}\ °C^{-1})(2.00\ m)\ (978°C - 23°C)$$

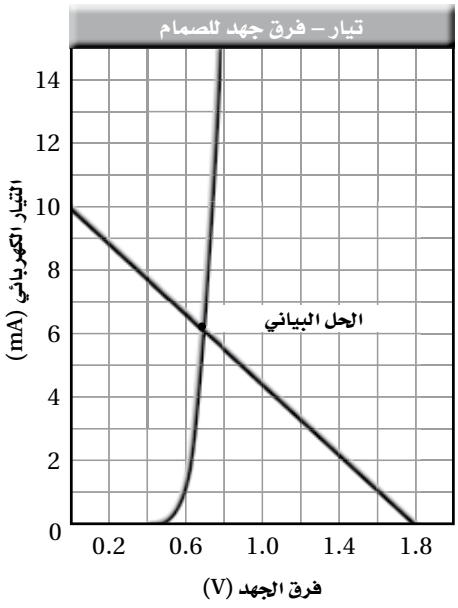
$$= 3.1\times10^{-2}\ m$$

مسألة تحفيز

صفحة 110

يستخدم التقريب في كثير من الأحيان في الدوائر الكهربائية التي تحتوي على الصمامات الثنائية، وذلك لأن مقاومة الصمام غير ثابتة. ويتم التقريب الأول في دوائر الصمامات عند تجاهل هبوط الجهد المنحاز إلى الأمام عبر الصمام. والتقريب الثاني يأخذ في الحسبان القيمة النموذجية لهبوط جهد الصمام. أما التقريب الثالث فيستخدم المعلومات الإضافية الخاصة بالصمامات الثنائية. وكما موضح في الرسم البياني. فإن المنحنى يمثّل خصائص منحنى التيار–الجهد للصمام. ويوضح الخط المستقيم ظروف التيار–الجهد لجميع حالات هبوط الجهد الممكنة للصمام لدائرة مقاومة مقدارها 180 Ω وبطارية جهدها 1.8 V وصمام ثنائي، وهبوط صفري لجهد الصمام وتيار مقداره 10.0 mA عند إحدى النهايات حتى هبوط مقداره 1.8 V، وتيار مقداره 0.0 mA عند النهاية الأخرى.

استخدم دائرة الصمام في المثال 4 على أن تكون $V_b = 1.8\ V$، ولكن مع مقاومة مقدارها $R = 180\ \Omega$.



1. حدد تيار الصمام الثنائي مستخدمًا التقريب الأول.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.8\ V}{180\ \Omega} = 1.0\times10^{1}\ mA$$

2. حدد تيار الصمام الثنائي مستخدمًا التقريب الثاني، وافترض هبوط جهد مقداره 0.70 V للصمام.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.8\ V - 7.0\ V}{180\ \Omega} = 6.0\ mA$$

3. حدد تيار الصمام الثنائي مستخدمًا التقريب الثالث، وذلك باستخدام الرسم البياني المرافق للصمام.

يمثل الخط المستقيم جميع ظروف التيار – الجهد لجميع الحالات الممكنة للصمام لدائرة مقاومة مقدارها 180 Ω وبطارية جهدها 1.8 V وصمام ثنائي، وهبوط صفري لجهد الصمام وتيار مقداره 10.0 mA عند إحدى النهايات حتى هبوط مقداره 1.8 V، وتيار مقداره 0.0 mA عند النهاية الأخرى. والحل هو تقاطع الخطين وهذا يحدث عندما يكون التيار I = 6.3 mA.

4. قدّر الخطأ لكل من التقريبات الثلاثة، وتجاهل البطارية والمقاومة. ثم ناقش أثر الجهود الكبيرة للبطارية في الأخطاء.

الخطأ التقريبي الأول: $\frac{(10.0\ \text{mA} - 6.1\ \text{mA})}{6.1\ \text{mA}}$

أو64% (عندما يكون الهبوط الحقيقي في جهد الدايود 0.70 V) . يتناقص هذا الخطأ عندما يكون جهد البطارية أكبر.

التقريب الثاني: إن مصدر الخطأ هو أي انحراف عن الجهد0.70 V بوصفه هبوطًا حقيقيًا في جهد الدايود.

في حين لا يمكن تحديده بالضبط، ولكنه أقل كثيرًا من 64% . وهذا الخطأ يتناقص عند جهود كبيرة للبطارية أيضًا.

التقريب الثالث: إن الخطأ ناتج عن تحليل الرسم البياني ودقته ولا يتأثر بجهد البطارية.

مسائل تدريبية

11–1 النواة صفحة (125– 131)

صفحة 127

1. الأعداد الكتلية لنظائر اليورانيوم هي 234 ، 235، و238. والعدد الذري لليورانيوم هو 92. ما عدد نيوترونات نواة كل نظير؟

عدد النيوترونات $= A - Z$

نيوترونًا $234 - 92 = 142$

نيوترونًا $235 - 92 = 143$

نيوترونًا $238 - 92 = 146$

2. العدد الكتلي لنظير الأوكسجين 15. ما عدد نيوترونات نواة هذا النظير؟

نيوترونًا $A - Z = 15 - 8 = 7$

3. ما عدد نيوترونات نظير الزئبق $^{200}_{80}\mathrm{Hg}$؟

نيوترونًا $A - Z = 200 - 80 = 120$

4. اكتب رموز نظائر الهيدروجين الثلاثة التي تحتوي على صفر، وواحد، واثنين من النيوترونات.

$^{1}_{1}\mathrm{H}, {}^{2}_{1}\mathrm{H}, {}^{3}_{1}\mathrm{H}$

صفحة 131

استخدم القيم المبينة لحل المسائل التالية:

كتلة الهيدروجين u=1.007825، وكتلة النيوترون $\mathrm{u} = 1.008665$، و $1\mathrm{u} = 931.49\ \mathrm{MeV}$

5. كتلة نظير الكربون $^{12}_{6}\mathrm{C}$ 12.0000 u. احسب:

a. نقص الكتلة.

(نقص الكتلة) = (كتلة النظير) – (كتلة البروتونات والإلكترونات) – (كتلة النيوترونات)

$= 12.000000\ \mathrm{u} - (6)(1.007825\ \mathrm{u}) - (6)(1.008665\ \mathrm{u})$

$= -0.098940\ \mathrm{u}$

b. طاقة الربط النووية بوحدة MeV

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لِـ1u)

$$= (-0.098940\ \text{u})(931.40\ \text{MeV/u})$$

$$= -92.161\ \text{MeV}$$

6. نظير الهيدروجين الذي يحتوي على بروتون واحد ونيوترون واحد يسمى ديوتيريوم، كتلة ذرته 2.014102 u. ما مقدار:

a. نقص كتلته؟

نقص الكتلة = (كتلة النظير) − (كتلة البروتونات والإلكترونات)− (كتلة النيوترونات)

$$= 2.014102\ \text{u} - 1.007825\ \text{u} - 1.008665\ \text{u}$$

$$= -0.002388\ \text{u}$$

b. طاقة الربط للديوتيريوم بوحدة MeV؟

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لِـ1u)

$$= (-0.002388\ \text{u})(931.49\ \text{MeV/u})$$

$$= -2.2244\ \text{MeV}$$

7. يحتوي نظير النيتروجين ${}^{15}_{7}\text{N}$ على سبعة بروتونات وثمانية نيوترونات، وكتلته 15.010109 u. احسب:

a. نقص الكتلة لهذه النواة.

نقص الكتلة = (كتلة النظير) − (كتلة البروتونات والإلكترونات)− (كتلة النيوترونات)

$$= 15.010109\ \text{u} - (7)(1.007825\ \text{u}) - (8)(1.008665\ \text{u})$$

$$= -0.113986\ \text{u}$$

b. طاقة الربط النووية لهذه النواة.

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لِـ1u)

$$= (-0.113986\ \text{u})(931.49\ \text{MeV/u})$$

$$= -106.18\ \text{MeV}$$

تابع الفصل 11

8. إذا كانت الكتلة النووية لنظير الأكسجين $^{16}_{8}O$ تساوي 15.994915 u. ما مقدار:

a. نقص الكتلة لهذا النظير؟

نقص الكتلة = (كتلة النظير) − (كتلة البروتونات والإلكترونات)− (كتلة النيوترونات)

$$= 15.994915\ u - (8)(1.007825\ u) - (8)(1.008665\ u)$$

$$= -0.137005\ u$$

b. طاقة الربط النووية لهذا النظير؟

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لـ1u)

$$= (-0.137005\ u)(931.49\ MeV/u)$$

$$= -127.62\ MeV$$

مراجعة القسم

1–11 النواة صفحة (131 –125)

صفحة 131

9. **الأنوية** لاحظ أزواج الأنوية التالية: $^{12}_{6}C$، $^{13}_{6}C$ و $^{11}_{6}C$، $^{11}_{5}B$ بماذا يتشابه كل زوج منها، وبماذا يختلف؟

الزوج الأول له عدد البروتونات نفسه وعدد مختلف من النيوكليونات. الزوج الثاني له العدد نفسه من النيوكليونات وعدد مختلف من البروتونات.

10. **طاقة الربط النووية** عندما يضمحل نظير التريتيوم $^{3}_{1}H$ فإنه يطلق جسيم بيتا ويصبح $^{3}_{2}He$. أي نواة تتوقع أن يكون لها أكبر طاقة ربط نووية سالبة؟

نواة التريتيوم؛ لأن التريتيوم يُطلق جسيًما له كتلة وطاقة حركية نتيجة لاضمحلاله.

11. **الطاقة النووية القوية** مدى الطاقة النووية القوية قصير جدًّا؛ بحيث إن النيوكليونات القريبة جدًّا 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.

للقوة الكهربائية مدى كبير، لذلك فإن جميع البروتونات تتنافر معًا حتى في الأنوية الثقيلة. أما القوة القوية فلها مدى قصير، لذلك فإن البروتونات المتجاورة فقط تتجاذب. وتزداد قوة التنافر بزيادة حجم النواة، وبمعدل أسرع من القوة القوية.

12. **نقص الكتلة** أي النواتين في المسألة **10** لها نقص كتلة أكبر؟

نواة التريتيوم.

تابع الفصل 11

13. نقص الكتلة وطاقة الربط إذا علمت أن كتلة نظير الكربون المشع $^{14}_{6}C$ تساوي u **14.003074**.

a. فما مقدار نقص الكتلة لهذا النظير؟

نقص الكتلة = (كتلة النظير) − (كتلة البروتونات والإلكترونات)− (كتلة النيوترونات)

$$= 14.003074\ u - (6)(1.007825\ u) - (8)(1.008665\ u)$$

$$= -0.113169\ u$$

b. وما مقدار طاقة الربط النووية لهذا النظير؟

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لـ1u)

$$= (-0.113196\ u)(931.49\ MeV/u)$$

$$= -105.44\ MeV$$

14. التفكير الناقد في النجوم المتقدمة في العمر، ليس فقط الهيليوم والكربون ينتجان عن طريق اتحاد أنوية مترابطة معًا بشدة، ولكن أيضًا الأكسجين (**8** = Z) والسيليكون (**14** = Z). ما العدد الذري للنواة الثقيلة التي يمكن أن تتكون بهذه الطريقة؟ فسّر.

العدد الذري للنواة الثقيلة هو 26، وهو الحديد؛ لأن طاقة الربط النووية لها أكبر.

مسائل تدريبية

2–11 الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية صفحة(140–132)

صفحة 134

15. اكتب المعادلة النووية لتحول نظير اليورانيوم المشع،$^{234}_{92}U$ إلى نظير الثوريوم $^{230}_{90}Th$ بانبعاث جسيم ألفا.

$$^{234}_{92}U \rightarrow {}^{230}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$$

16. اكتب المعادلة النووية لتحول نظير الثوريوم المشع $^{230}_{90}Th$ إلى نظير الراديوم المشع $^{226}_{88}Ra$ ، بانبعاث جسيم ألفا.

$$^{230}_{90}Th \rightarrow {}^{226}_{88}Ra + {}^{4}_{2}He$$

17. اكتب المعادلة النووية لتحول نظير الراديوم المشع $^{226}_{88}Ra$ إلى نظير الرادون $^{222}_{86}Rn$ ، بانبعاث جسيم α.

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

18. يمكن أن يتحول نظير الرصاص المشع$^{214}_{82}Pb$ إلى نظير البزموث المشع $^{214}_{83}Bi$ ، بانبعاث جسيم β ونيوترنيو. اكتب المعادلة النووية.

$$^{214}_{82}Pb \rightarrow {}^{214}_{83}Bi + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

19. يحدث اضمحلال لنظير الكربون المشع $^{14}_{6}C$ عندما ينبعث منه جسيم β فيتحول إلى نظير النيتروجين $^{14}_{7}N$. اكتب المعادلة النووية التي توضح ذلك.

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

صفحة 135

20. استخدم الجدول الدوري لإكمال المعادلتين النوويتين التاليتين:

a. $^{14}_{6}\mathrm{C} \rightarrow ? + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$

$$^{14}_{6}\mathbf{C} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathbf{X} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e} + {}^{0}_{0}\overline{\boldsymbol{\nu}}$$

$$\boldsymbol{Z = 6-(-1)-0 = 7} \quad \textbf{حيث}$$

$$\mathbf{A = 14 - 0 - 0 = 14}$$

وبما أن $Z=7$، تعني أن العنصر يجب أن يكون النيتروجين N، أي أن $^{A}_{Z}\mathrm{X}$ هي $^{14}_{7}\mathbf{N}$.

b. $^{55}_{24}\mathrm{Cr} \rightarrow ? + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$

$$^{55}_{24}\mathbf{Cr} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathbf{X} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e} + {}^{0}_{0}\overline{\boldsymbol{\nu}}$$

$$\boldsymbol{Z = 24 - (-1) - 0 = 25} \quad \textbf{حيث}$$

$$\mathbf{A = 55 - 0 - 0 = 55}$$

وبما أن $Z=25$، تعني أن العنصر يجب أن يكون المنجنيز Mn، أي أن $^{A}_{Z}\mathrm{X}$ هي $^{55}_{25}\mathbf{Mn}$.

21. اكتب المعادلة النووية لتحوّل نظير السيبورجيوم $^{263}_{106}\mathrm{Sg}$ إلى نظير روثيرفورديوم $^{259}_{104}\mathrm{Rf}$ بانبعاث جسيم ألفا.

$$^{263}_{106}\mathbf{Sg} \rightarrow {}^{259}_{104}\mathbf{Rf} + {}^{4}_{2}\mathbf{He}$$

22. اصطدم بروتون بنظير النيتروجين $^{15}_{7}\mathrm{N}$، فتكوّن نظير جديد وجسيم ألفا. ما النظير الناتج؟ اكتب معادلة نووية تبين ذلك.

$$^{15}_{7}\mathbf{N} + {}^{1}_{1}\mathbf{H} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathbf{X} + {}^{4}_{2}\mathbf{He}$$

$$\boldsymbol{Z = 7 + 1 - 2 = 6} \quad \textbf{حيث}$$

$$\boldsymbol{A = 15 + 1 - 4 = 12}$$

وبما أن $Z=6$، تعني أن العنصر يجب أن يكون الكربون C، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{15}_{7}\mathbf{N} + {}^{1}_{1}\mathbf{H} \rightarrow {}^{12}_{6}\mathbf{C} + {}^{4}_{2}\mathbf{He}$$

23. اكتب المعادلات النووية لاضمحلال بيتا للنظائر التالية:

a. $^{210}_{82}\mathrm{Pb}$

$$^{210}_{82}\mathbf{Pb} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathbf{X} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e} + {}^{0}_{0}\overline{\boldsymbol{\nu}}$$

$$\boldsymbol{Z = 82 - (-1) - 0 = 83} \quad \textbf{حيث}$$

$$\boldsymbol{A = 210 - 0 - 0 = 210}$$

وبما أن $Z=83$، تعني أن العنصر يجب أن يكون البزموث Bi، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{210}_{82}\mathbf{Pb} \rightarrow {}^{210}_{83}\mathbf{Bi} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e} + {}^{0}_{0}\overline{\boldsymbol{\nu}}$$

b. $^{210}_{83}\mathrm{Bi}$

$$^{210}_{83}\mathbf{Bi} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathbf{X} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e} + {}^{0}_{0}\overline{\boldsymbol{\nu}}$$

$$\boldsymbol{Z = 83 - (-1) - 0 = 84} \quad \textbf{حيث}$$

$$\boldsymbol{A = 210 - 0 - 0 = 210}$$

وبما أن $Z=84$، تعني أن العنصر يجب أن يكون البولونيوم Po، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{210}_{83}\mathbf{Bi} \rightarrow {}^{210}_{84}\mathbf{Po} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e} + {}^{0}_{0}\overline{\boldsymbol{\nu}}$$

c. $^{234}_{90}\mathrm{Th}$

$$^{234}_{90}\mathbf{Th} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathbf{X} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e} + {}^{0}_{0}\overline{\boldsymbol{\nu}}$$

$$\boldsymbol{Z = 90 - (-1) - 0 = 91}$$

$$\boldsymbol{A = 234 - 0 - 0 = 234}$$

وبما أن $Z=91$، تعني أن العنصر يجب أن يكون البروتكتينيوم Pa، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{234}_{90}\mathbf{Th} \rightarrow {}^{234}_{91}\mathbf{Pa} + {}^{0}_{-1}\mathbf{e} + {}^{0}_{0}\overline{\boldsymbol{\nu}}$$

d. $^{239}_{93}\text{Np}$

$$^{239}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{A}_{Z}\text{X} + {}^{0}_{-1}\text{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

$$Z = 93 - (-1) - 0 = 94 \quad \text{حيث}$$

$$A = 239 - 0 - 0 = 239$$

وبما أن $Z=94$، تعني أن العنصر يجب أن يكون البلوتونيوم Pu، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{239}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{239}_{94}\text{Pu} + {}^{0}_{-1}\text{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

مسائل تدريبية

2–11 الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية صفحة (132– 140)

صفحة 136

ارجع إلى **الشكل 4–11** و**الجدول 2–11** لحل المسائل التالية:

24. تولدت عينة تريتيوم $^{3}_{1}\text{H}$ كتلتها 1.0 g. ما كتلة التريتيوم التي تتبقى بعد مرور 24.6 سنة؟

سنة $24.6 = (2)(\text{سنة } 12.3)$

وهذا يساوي ضعف عمر النصف:

الكتلة المتبقية $= \left(\frac{1}{2}\right)^{t}$ الكتلة الأصلية

$$= (1.0\ \text{g})\left(\frac{1}{2}\right)^{2}$$

$$= 0.25\ \text{g}$$

25. عمر النصف لنظير النبتونيوم $^{238}_{93}\text{Np}$ هو 2.0 يوم. فإذا أنتجت عينة كتلتها 4.0 g من النبتونيوم يوم الاثنين فما الكتلة التي ستبقى منه يوم الثلاثاء من الأسبوع التالي؟

(يوم $2.0)(4) = 8.0$ يوم

وهذا يساوي أربع أعمار نصف

الكتلة الأصلية $= \left(\frac{1}{2}\right)^{t}$ الكتلة المتبقية

$$= (4.0\ \text{g})\left(\frac{1}{2}\right)^{4}$$

$$= 0.25\ \text{g}$$

26. تم شراء عينة من البولونيوم210 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؟

عمر النصف للبولونيوم $^{210}_{84}\text{Po}$ هو 138 يوم، والمدة التي خضع لها البولونيوم في التجربة بين 9/1 و6/1 تساوي 273 يوم، أي ما يعادل ضعف عمر النصف، لذا؛ فالنشاط الإشعاعي له يساوي:

$$= (2\times10^{6}\ \text{اضمحلال/s})\left(\frac{1}{2}\right)^{2}$$
$$= 5\times10^{5}\ \text{Bq}$$

27. استخدم التريتيوم $^{3}_{1}\text{H}$ في البداية في بعض ساعات اليد لتوليد التوهج الفلوري؛ لكي تستطيع قراءة الوقت في الظلام. إذا كان سطوع التوهج يتناسب طرديًّا مع النشاط نشاطها الإشعاعي للتريتيوم، فكيف يكون سطوع هذه الساعة، بالمقارنة مع سطوعها الأصلي عندما يكون عمر الساعة ست سنين؟

ست سنوات تساوي نصف فترة عمر النصف للتريتيوم الذي عمر النصف له 12.3 سنة. لذلك فإن التوهج يساوي: $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2}}$، أو $\frac{7}{10}$ تقريبًا من التوهج الأصلي.

مراجعة القسم

2–11 الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية صفحة (132– 140)

صفحة 140

28. **اضمحلال بيتا** كيف يمكن لإلكترون أن يطلق من النواة في اضمحلال بيتا إذا لم تحتو النواة على الإلكترونات؟

يتحول النيوترون في النواة إلى بروتون ويُطلق إلكترون (بيتا) وأنتينيوترينو.

29. **التفاعلات النووية** يخضع نظير البولونيوم $^{210}_{84}\text{Po}$ لاضمحلال ألفا. اكتب معادلة التفاعل.

$$^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{A}_{Z}\text{X} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

$$Z = 84 - 2 = 82 \quad \text{حيث}$$
$$A = 210 - 4 = 206$$

وبما أن $Z = 82$، يعني ذلك أن العنصر يجب أن يكون الرصاص Pb، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

تابع الفصل 11

30. عمر النصف استخدم **الشكل 4–11** و**الجدول 2–11** لتقدير عدد الأيام اللازمة لانخفاض نشاطية نظير اليود $^{131}_{53}\mathrm{I}$ إلى ثلاثة أثمان الكمية الأصلية.

من خلال الرسم البياني، يتبقى $\frac{3}{8}$ بعد مرور 1.4 عمر نصف. ومن الجدول عمر النصف يساوي 8.07 أيام، لذلك يحتاج إلى 11 يومًا.

31. المفاعل النووي يستخدم الرصاص واقيًا من الإشعاع. لماذا لا يمكن اعتباره خيارًا جيدًا ليكون مهدئًا في المفاعل النووي؟

يستخدم الرصاص درعًا إشعاعيًا؛ لأنه يمتص الإشعاع متضمنًا النيوترونات، بينما المهدي يجب فقط أن يبطئ سرعة النيوترونات حتى يمكن أن تمتص بواسطة المواد الانشطارية.

32. الاندماج النووي يحتوي تفاعل اندماجي واحد على نواتي ديوتيريوم $^{2}_{1}\mathrm{H}$، ويحتوي جزيء الديوتيريوم على ذرتي ديوتيريوم. لماذا لا تتعرض الذرتان لعملية الاندماج؟

لأن الأنوية يجب أن تتحرك داخل الجزيء بسرعة كبيرة جدًا حتى تخضع للاندماج، وهذا لا يمكن أن يحدث.

33. طاقة احسب الطاقة المتحررة في أول تفاعل نووي اندماجي في الشمس.

$$^{1}_{1}\mathrm{H} + {}^{1}_{1}\mathrm{H} \longrightarrow {}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{0}_{+1}\mathrm{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

الطاقة المتحررة تساوي:

$$E = (\text{(الكتلة الابتدائية)} - \text{(الكتلة النهائية)})(931.49\ \mathrm{MeV/u})$$

$$= (2(\text{كتلة البروتون}) - (\text{كتلة الديوتيريوم}) - (\text{كتلة البوزيترون}))(931.49\ \mathrm{MeV/u})$$

$$= \left(2(1.007825\ \mathrm{u}) - 2.014102\ \mathrm{u} - (9.11\times10^{-31}\mathrm{kg})\left(\frac{1\mathrm{u}}{1.6605\times10^{-27}\mathrm{kg}}\right)\right)(931.49\ \mathrm{MeV/u})$$

$$= 0.931\ \mathrm{MeV}$$

34. التفكير الناقد تستخدم بواعث ألفا في كواشف التدخين. فيوضع باعث على أحد ألواح المكثف. وتصطدم جسيمات α باللوح الآخر، ونتيجة لذلك يتولد فرق في الجهد بين اللوحين. فسّر وتوقع أي اللوحين يكون له جهد موجب أكبر.

اللوح الذي يتعرض للقذائف جسيمات ألفا يكون له جهد موجب كبير، لأن جسيمات ألفا موجبة تحرّك الشحنة الموجبة من لوح الباعث إلى لوح الذي يتعرض للقذف.

مسائل تدريبية

3–11 وحدات بناء المادة صفحة (141–149)

صفحة 147

35. كتلة البروتون $1.67 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$.

a. أوجد الطاقة المكافئة لكتلة البروتون بوحدة الجول.

$$E = mc^2$$

$$= (1.67\times10^{-27}\mathrm{kg})(3.00\times10^{8}\ \mathrm{m/s})^2$$

$$= 1.50\times10^{-10}\ \mathrm{J}$$

b. حوّل هذه القيمة إلى وحدة eV.

$$E = \frac{1.50\times10^{-10}\ \text{J}}{1.60217\times10^{-19}\ \text{J/eV}}$$

$$= 9.36\times10^{8}\ \text{eV}$$

c. أوجد الطاقة الكلية الأصغر لأشعة جاما التي يمكن أن تؤدي إلى تكون زوج من البروتون وضديد البروتون.

الطاقة الكلية الصغرى لأشعة جاما تساوي ضعف طاقة البرتون:

$$(2)(9.36\times10^{8}\ \text{eV}) = 1.87\times10^{9}\ \text{eV}$$

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؟

كما ظهر في الدرس، فإن الطاقة المكافئة لكل من البوزترون والإلكترون تساوي 1.02 eV ، لذا؛ فطاقة إشعاع جاما الثالث تساوي:

$$1.02\ \text{MeV} - 0.225\ \text{MeV} - 0.357\ \text{MeV} = 0.438\ \text{MeV}$$

37. كتلة النيوترون 1.008665 u.

a. أوجد الطاقة المكافئة لكتلة النيوترون بوحدة MeV.

$$E = (\text{كتلة النيوترون بوحدة u})(931.49\ \text{MeV/u})$$

$$= (1.008665\ \text{u})(931.49\ \text{MeV/u})$$

$$= 939.56\ \text{MeV}$$

b. أوجد الطاقة الكلية الأصغر لأشعة جاما التي يمكن أن تؤدي إلى تكون زوج من النيوترون وضديد النيوترون.

الطاقة الكلية الصغرى لأشعة جاما تساوي ضعف طاقة النيوترون:

$$E_{\text{الكلية}} = 2E_{\text{n}} = (2)(939.56\ \text{MeV})$$

$$= 1879.1\ \text{MeV}$$

38. كتلة الميون 0.1135 u ، وهو يضمحل إلى إلكترون ونيوترينونين. ما مقدار الطاقة الناتجة عن هذا الاضمحلال؟

الطاقة المتحررة = (كتلة الميون − كتلة الإلكترون)(931.49 MeV/u)

$$= \left(0.1135\ \text{u} - (9.109\times10^{-31}\ \text{kg})\left(\frac{1\ \text{u}}{1.6605\times10^{-27}\ \text{kg}}\right)\right)(931.49\ \text{MeV/u})$$

$$= 105.2\ \text{MeV}$$

مراجعة القسم

3–11 وحدات بناء المادة صفحة (141–149)

صفحة 149

39. **قذف النواة** لماذا يحتاج البروتون إلى طاقة أكثر من النيوترون عندما يستخدم لقذف النواة؟

لأن كلًا من البروتون والنواة له شحنة موجبة فهما يتنافران. ويجب أن يكون للبروتون طاقة حركية كافية للتغلب على طاقة الوضع الناتجة عن التنافر. في حين لا يتأثر النيوترون بقوة التنافر هذه.

40. **مسارع الجسيمات** تتحرك البروتونات في مسارع مختبر فيرمي **الشكل 11–11** في اتجاه حركة عقارب الساعة. ما اتجاه المجال المغناطيسي في مغانط الثني؟

يكون اتجاهها إلى أسفل، في اتجاه داخل الأرض.

41. **إنتاج الزوج** يوضح **الشكل 18–11** إنتاج أزواج الإلكترون–البوزترون. لماذا تنثني مجموعة المسارات السفلية أقل من انثناء زوج المسارات العلوية؟

لأن لزوج الإلكترون/البوزترون في الأسفل أكبر طاقة حركية، وبالتالي تكون لهما أكبر سرعة.

42. **النموذج المعياري** ابحث في محددات النموذج المعياري والبدائل المحتملة.

تتضمن الإجابات: في النموذج المعياري العديد من المعطيات تم الحصول عليها فقط من خلال التجارب، فجسيمات هيجز التي حددت مقياس الطاقة لمجموعة لم يتم العثور عليها. وهذه النتائج لم تكون نظرية و لم تكتمل، ويعدّ كل من التماثل الأقصى ونظرية الوتر هما البدائل الممكنة.

43. **التفكير الناقد** تأمل المعادلتين التاليتين.

$u \rightarrow d^+ w^+$ و $w^+ \rightarrow e^+ + \upsilon$

كيف يمكن استخدامهما لتفسير الاضمحلال الإشعاعي للنيوكليون الذي ينتج عن انبعاث البوزترون والنيوترينو؟ اكتب المعادلة التي تتضمن نيوكليونات بدلاً من الكوراكات.

لأن البروتون له كوارك u واحد أكثر مما يحتويه النيوترون فإن المعادلة ستكون على النحو التالي:

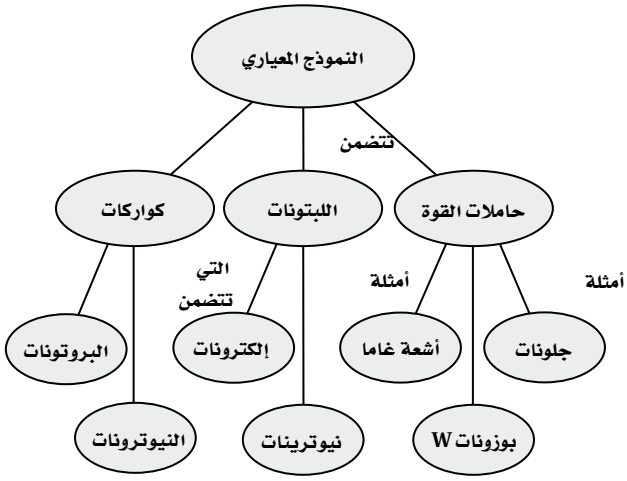
$${}^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e + {}^0_0\overline{\nu}$$

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 154

44. نظّم المصطلحات التالية في خريطة المفاهيم: النموذج المعياري، أشعة جاما، حاملات القوة، البروتونات، النيوترونات، اللبتونات، بوزونات W، نيوتريونات، إلكترونات، جلونات.



إتقان المفاهيم

صفحة 154

45. ما القوة التي تدفع النيوكليونات داخل النواة ليبتعد بعضها عن بعض؟ما القوة التي تعمل على ربط مكوّنات النواة معًا داخل النواة؟

القوة التي تدفع النيوكليونات داخل النواة ليبتعد بعضها عن بعض هي قوة التنافر الكهربائية، والقوة التي تعمل على ربط مكوّنات النواة معًا داخل النواة هي القوة النووية القوية.

46. عرّف فرق كتلة النواة. ما سببها؟

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. أي الأنوية أكثر استقرارًا عمومًا: الصغيرة أم الكبيرة؟

تكون الأنوية الثقيلة غير مستقرة بصورة عامة؛ لأن الأعداد الكبيرة من البروتونات يجعل قوة التنافر الكهربائية تتغلب على القوة النووية القوية.

تابع الفصل 11

48. ما النظير الذي له عدد أكبر من البروتونات: اليورانيوزم –235 أم اليورانيوم – 238؟

كلاهما له العدد نفسه من البروتونات.

49. عرّف مفهوم الاضمحلال كما يستخدم في الفيزياء، واذكر مثالاً عليه.

الاضمحلال هو عملية تحوّل عنصر ما إلى عنصر آخر بواسطة التفاعل النووي. فمثلًا، يضمحل U–238 إلى Th–234 وجسيم ألفا.

50. **الجسيم المُشَع** ما الأسماء الشائعة لكل من: جسيم α، وجسيم β، وإشعاع γ؟

يسمى جسيم α نواة الهيليوم، ويسمى جسيم β إلكترون، ويسمى إشعاع γ فوتون ذو طاقة عالية.

51. ما الكميتان اللتان يجب أن تكونا محفوظتين دائمًا في أي تفاعل نووي؟

العدد الذري لحفظ الشحنة، العدد الكتلي لحفظ عدد النيوكليونات.

52. **الطاقة النووية** ما سلسلة العمليات التي يجب أن تحدث حتى يحدث التفاعل المتسلسل؟

يجب أن تتحرر كثيرٌ من النيوترونات بواسطة النواة المنشطرة وتمتص من قبل الأنوية المجاورة، مما يجعلها تنشطر.

53. **الطاقة النووية** ما الدور الذي يؤديه المهدئ في مفاعل الانشطار؟

يبطئ المهدئ النيوترونات السريعة، مما يزيد من احتمالية امتصاصها.

54. الانشطار النووي والاندماج النووي عمليتان متعاكستان. كيف تحرر كل منهما الطاقة؟

عندما تخضع ذرة كبيرة لانشطار نووي فإن كتلة النواتج تكون أقل من كتلة النواة الأصلية، وكمية الطاقة المكافئة لفرق الكتلة تتحرر. عندما تندمج الأنوية الصغيرة مكوّنة أنوية أكبر تكون الكتلة الأكبر أكثر تماسكًا من النواة الأقل كتلة، والكتلة الزائدة تظهر على شكل طاقة.

55. **فيزياء الطاقة القوية** لماذا لا يعمل المسارع الخطي بالنيوترونات؟

لأن المسارع الخطي يُسرِّع الجسيمات المشحونة باستخدام القوة الكهربائية، في حين النيوترونات لا تحمل شحنة كهربائية.

56. **القوى** في أي التفاعلات الأربعة التالية (القوية، الضعيفة، الكهرومغناطيسية، التجاذب) تشارك الجسيمات التالية؟

a. إلكترون

الكهرومغناطيسية، القوة الضعيفة، الجاذبية.

b. بروتون

القوة القوية، الكهرومغناطيسية، الجاذبية.

c. نيوترينو

القوة الضعيفة.

57. ماذا يحدث للعدد الذري والعدد الكتلي للنواة التي تشع بوزترونًا؟

يقل العدد الذري بمقدار 1، ولا تغيير على العدد الكتلي.

$$Z \rightarrow Z-1;\ A \rightarrow A$$

58. **ضديد المادة** ماذا يحدث إذا سقط حجر نيزكي يتكوّن من ضديد بروتونات، وضديد نيوترينو وبوزترونات على الأرض؟

تفنى وكمية مكافئة من المادة ينتج كمية كبيرة من الطاقة.

تطبيق المفاهيم

صفحة 155–154

59. **الانشطار** يدعّى أحد المواقع الإلكترونية أن العلماء سيكونون قادرين على إخضاع الحديد للانشطار النووي. هل يمكن أن يكون هذا الادعاء صحيحًا؟ فسّر.

هذا الادعاء ليس صحيحًا، فالحديد من أكثر المعادن ترابطًا. لذا فإن نواته أكثر استقرارًا، ولا تتمكن من الاضمحلال سوءًا عن طريق الانشطار أو الاندماج.

تابع الفصل 11

60. استخدم الرسم البياني لطاقة الربط لكل نوية في **الشكل** 2–11 لتحديد ما إذا كان التفاعل $1^{\wedge}2\,H+{}^{1}_{1}H\longrightarrow {}^{3}_{2}He$ ممكنًا من حيث الطاقة؟

طاقة الربط الابتدائية أقل من طاقة الربط النهائية، لذلك فإن التفاعل ممكن بفاعلية كبيرة.

61. **النظائر** وضح الفرق بين النظائر المشعة التي تنتج اصطناعيًّا وتلك التي تنتج طبيعيًّا.

المادة المشعة الطبيعية هي تلك المادة التي توجد في الخامات الطبيعية وهي مشعة طبيعيًا. في حين تشع النظائر المشعة الاصطناعية بعد خضوعها للاضمحلال الإشعاعي الناتج عن قذفها بواسطة الجسيمات.

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؟

في الحلقة الأولى فإن الماء الذي يتدفق من خلال القلب يكون عند ضغط عالٍ، لذلك فإنه لا يغلي. في حين تحمل الحلقة الثانية الماء عند ضغط منخفض منتجة البخار.

63. انشطار نواة اليورانيوم واندماج أنوية الهيدروجين الأربعة لإنتاج نواة الهيليوم كلاهما ينتجان طاقة.

a. أيهما ينتج طاقة أكبر؟

كما ظهر في الدرس فإن الطاقة الناتجة من عملية انشطار نواة اليورانيوم هي 200 Mev. في حين الطاقة الناتجة من عملية اندماج اربع ذرات هيدروجين هي 24 Mev .

b. في أي الحالتين التاليتين تكون الطاقة الناتجة أكبر: انشطار كيلوجرام واحد من أنوية اليورانيوم، أو اندماج كيلوجرام من الهيدروجين؟

العدد الكتلي لليورانيوم القابل للانشطار هو 235، في حين العدد الكتلي الهيدروجين هو1. فالكتلة متساوية من العنصرين يجب أن تكون نوى الهيدروجين 235 مرة قدر نوى اليورانيوم وفي حالة الانشطار فإن كل نواة يورانيوم تنتج 200 eV من الطاقة. في حين ينتج اندماج 238 من نوى الهيدروجين لإنتاج نوى الهليوم طاقة تساوي $(24\text{ eV})(\frac{238}{4})$، أو حوالي 1440 إلكترون فولت من الطاقة. أي أن اندماج كيلوجرام من الهيدروجين يعطي طاقة أكبر.

c. لماذا تختلف إجابة الجزأين a و b؟

لأنه على الرغم من أن انشطار نواة يورانيوم واحدة تنتج طاقة أكبر من اندماج أربعة أنوية هيدروجين لإنتاج الهيليوم، فهناك عدد من أنوية الهيدروجين في الكيلوجرام الواحد أكثر200 مرة من عدد أنوية اليورانيوم الموجودة في الكيلوجرام.

إتقان حل المسائل

1–11 النواة

صفحة 156–155

64. ما الجسيمات التي تكوّن ذرة $^{109}_{47}Ag$؟ وما عدد كل منه؟

47 إلكترونًا، 47 بروتونًا، 62 نيوترونًا.

65. ما رمز النظير (الذي يستخدم في التفاعلات النووية) لذرة زنك مكوّنة من 30 بروتونًا و 34 نيوترونًا؟

$^{64}_{30}Zn$

66. نظير الكبريت $^{32}_{16}S$ له كتلة نووية مقدارها 31.97207 u ما مقدار:

a. فرق الكتلة للنظير.

نقص الكتلة =(كتلة النظير)−(كتلة البروتونات والإلكترونات)−(كتلة النيوترونات)

$$= 31.97207\ u - (16)(1.007825\ u) - (16)(1.008665\ u)$$

$$= -0.29177\ u$$

b. طاقة الربط النووية لنواة الكبريت؟

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لـ 1u)

$$= (-0.29177\ u)(931.5\ MeV/u)$$

$$= -271.78\ MeV$$

c. طاقة الربط لكل نيوكليون؟

طاقة الربط لكل نيوكليون تساوي:

$$\frac{-271.8\ MeV}{32\ \text{نيوكليون}} = -8.494\ MeV/\text{نيوكليون}$$

67. لنظير النيتروجين $^{12}_{7}N$ كتلة نووية مقدارها 12.0188 u ما مقدار:

a. طاقة الربط لكل نيوكليون؟

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لـ 1u)

((كتلة النظير)−(كتلة البروتونات والإلكترونات)

−(كتلة النيوترونات))(طاقة الربط النووية لـ 1u))

$$= ((12.0188\ u) - (7)(1.007825\ u) - (5)(1.008665\ u))(931.49\ MeV/u)$$

$$= -73.867\ MeV$$

طاقة الربط لكل نيوكليون تساوي : $\frac{-73.867\ MeV}{12\ \text{نيوكليون}} = -6.1556\ MeV/\text{نيوكليون}$

b. أيـهما يحـتاج إلى طاقة أكبر: فصل النوكليون من نواة $^{12}_{7}N$، أو من نواة $^{14}_{7}N$؟ علـما بـأن كتلة $^{14}_{7}N$ تساوي 14.00307 u.

طاقة الربط النووية لـ $^{14}_{7}N$ تساوي:

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لـ 1u)

(طاقة الربط النووية لـ 1u) = (كتلة النظير)−(كتلة البروتونات والإلكترونات)−(كتلة النيوترونات)

$$= ((14.00307\ u - (7)(1.007825\ u) - (7)(1.008665\ u))(931.49\ MeV/u)$$

$$= -104.66\ MeV$$

طاقة الربط لكل نيوكليون تساوي : $\frac{-104.66\ MeV}{14\ \text{نيوكليون}} = -7.4757\ MeV/\text{نيوكليون}$

وعليه فإن فصل النيوكليون من $^{14}_{7}\mathrm{N}$ يحتاج إلى طاقة أكبر.

68. يبتعد بروتونان موجبا الشحنة في نواة الهيليوم أحدهما عن الآخر مسافة $2.0 \times 10^{-15}\ \mathrm{m}$ تقريبًا. استخدم قانون كولوم لإيجاد القوة الكهربائية للتنافر بين البروتونين. سوف تعطيك الإجابة مؤشرًا عن مقدار القوة النووية القوية.

$$F = \frac{Kq_A q_B}{d^2}$$

$$= (9.0\times10^{9}\ \mathrm{N.m^2/C^2})\frac{(1.60\times10^{-19}\ \mathrm{C})(1.60\times10^{-19}\ \mathrm{C})}{(2.0\times10^{-15}\ \mathrm{m})^2} = 58\ \mathrm{N}$$

69. إذا كانت طاقة الربط النووية لنواة الهيليوم $^{4}_{2}\mathrm{He}$ $-28.3\ \mathrm{MeV}$، فاحسب كتلة نظير الهيليوم بوحدة الكتلة الذرية

كتلة النظير = (نقص الكتلة) + (كتلة البروتونات والإلكترونات) + (كتلة النيوترونات)

$$= \left(\frac{\text{طاقة الربط النووية}}{\text{(طاقة الربط النووية لـ 1u)}}\right) + (\text{كتلة البروتونات والإلكترونات}) + (\text{كتلة النيوترونات})$$

$$= \left(\frac{-28.3\ \mathrm{MeV}}{931.49\ \mathrm{MeV/u}}\right) + (2)(1.007825\ \mathrm{u}) + (2)(1.008665\ \mathrm{u})$$

$$= 4.00\ \mathrm{u}$$

11–2 الاضمحلال النووي والتفاعلات النووية

صفحة 155

70. اكتب المعادلة النووية الكاملة لاضمحلال ألفا للنظير $^{222}_{86}\mathrm{Rn}$.

$$^{222}_{86}\mathrm{Rn} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

حيث : $A = 222 - 4 = 218$

$$Z = 86 - 2 = 84$$

وبما أن $Z = 84$ ، تعني أن العنصر يجب أن يكون البولونيوم Po، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{222}_{86}\mathrm{Rn} \rightarrow {}^{218}_{84}\mathrm{Po} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$$

71. اكتب المعادلة النووية الكاملة لاضمحلال بيتا للنظير $^{89}_{36}\mathrm{Kr}$.

$$^{89}_{36}\mathrm{Kr} = {}^{A}_{Z}\mathrm{X} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

حيث : $Z = 36 - (-1) - 0 = 37$

$$A = 89 - 0 - 0 = 89$$

وبما أن $Z = 37$ ، تعني أن العنصر يجب أن يكون الروبيديوم Rb، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{89}_{36}\mathrm{Kr} = {}^{89}_{37}\mathrm{Rb} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

72. أكمل المعادلات النووية التالية:

a. $^{225}_{89}\text{Ac} \rightarrow {}^{4}_{2}\text{He} + ____$

$\mathbf{^{225}_{89}Ac \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{221}_{87}Fr}$

b. $^{227}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{0}_{-1}\text{e} + ____ + ____$

$\mathbf{^{227}_{88}Ra \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{227}_{89}Ac + {}^{0}_{0}\overline{\nu}}$

c. $^{65}_{29}\text{Cu} + {}^{1}_{0}\text{n} \rightarrow ____ \rightarrow {}^{1}_{1}\text{p} + ____$

$\mathbf{^{65}_{29}Cu + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{66}_{29}Cu \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{65}_{28}Ni}$

d. $^{235}_{92}\text{U} + {}^{1}_{0}\text{n} \rightarrow {}^{96}_{40}\text{Zr} + 3({}^{1}_{0}\text{n}) + ____$

$\mathbf{^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{96}_{40}Zr + 3({}^{1}_{0}n) + {}^{137}_{52}Te}$

73. عمر النصف لنظير معين 3.0 أيام. ما النسبة المئوية للمادة الأصلية التي ستبقى بعد:

a. 6.0 أيام؟

$$\textbf{عمر النصف } \mathbf{= \frac{6.0\ d}{3.0\ d} = 2.0}$$

$$\textbf{نسبة المتبقي} = \left(\frac{1}{2}\right)^{t} \times 100\%$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)^{2.0} \times 100\%$$

$$= 25\%$$

b. 9.0 أيام؟

$$\textbf{عمر النصف } \mathbf{= \frac{9.0\ d}{3.0\ d} = 3.0}$$

$$\textbf{نسبة المتبقي} = \left(\frac{1}{2}\right)^{t} \times 100\%$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)^{3.0} \times 100\%$$

$$= 13\%$$

c. 12 يومًا؟

$$\textbf{عمر النصف } \mathbf{= \frac{12\ d}{3.0\ d} = 4}$$

$$\textbf{نسبة المتبقي} = \left(\frac{1}{2}\right)^{t} \times 100\%$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)^{4.0} \times 100\%$$

$$= 6.3\%$$

74. في إحدى حوادث مختبر أبحاث، انسكب نظير مشع عمر النصف له ثلاثة أيام. وكان الإشعاع ثمانية أضعاف الكمية العظمى المسموح بها. كم يجب أن ينتظر العاملون قبل أن يستطيعوا الدخول إلى المختبر؟

لكي تنخفض النشاطية الإشعاعية إلى $\frac{1}{8}$ الكمية الأصلية، يجب أن ينتظروا ثلاثة أعمار نصف، أي 9 أيام.

75. عندما يُقذف نظير البورون $^{11}_{5}\text{B}$ ببروتونات فإنه يمتص بروتونًا ويطلق نيوترونًا.

a. ما العنصر المتكوّن؟

كربون $^{11}_{6}\text{C}$

b. اكتب المعادلة النووية لهذا التفاعل.

$$\mathbf{^{11}_{5}B + {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{A}_{6}C + {}^{1}_{0}n}$$

$$\textbf{حيث:} \quad \mathbf{A = 11 + 1 - 1 = 11}$$

وعليه تكون المعادلة:

$$\mathbf{^{11}_{5}B + {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{11}_{6}C + {}^{1}_{0}n}$$

c. النظير المتكون مشع ويضمحل بواسطة انبعاث بوزترون. اكتب المعادلة النووية الكاملة لهذا التفاعل.

$$\mathbf{^{11}_{6}C \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{+1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}}$$

$$\mathbf{Z = 6 - 1 - 0 = 5}$$

$$\mathbf{A = 11 - 0 - 0 = 11}$$

وبما أن $Z = 5$، تعني أن العنصر يجب أن يكون البورون B، والمعادلة يجب أن تكون:

$$\mathbf{^{11}_{6}C \rightarrow {}^{11}_{5}B + {}^{0}_{+1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}}$$

76. حررت القنبلة الذرية الأولى طاقة تعادل 2.0×10^{1} كيلو طن من مادة TNT. فإذا كان كل كيلو طن واحد من TNT يكافئ 5.0×10^{12} J.إذا كان اليورانيوم–235 يحرر ذرة3.21×10^{-11} J/ فكم كانت كتلة اليورانيوم–235 التي خضعت للانشطار لتوليد طاقة القنبلة؟

$$E = (2.0\times10^{1}\ \text{kton})(5.0\times10^{12}\ \text{J/kton})\left(\frac{1\ \text{atom}}{3.21\times10^{-11}\ \text{J}}\right)\left(\frac{1\ \text{mol}}{6.02\times10^{23}\ \text{atom}}\right)\left(\frac{0.235\ \text{kg}}{\text{mol}}\right)$$
$$= 1.2\ \text{kg}$$

77. خلال تفاعل الاندماج، يتحد ديوترونان ${}^{3}_{1}\text{H}$ لتكوين نظير الهيليوم ${}^{3}_{2}\text{He}$. ما الجسيم الآخر الذي تكوّن؟

$${}^{2}_{1}\text{H} + {}^{2}_{1}\text{H} \rightarrow {}^{3}_{2}\text{He} + {}^{A}_{Z}\text{X}$$

حيث: $Z = 1 + 1 - 2 = 0$

$$A = 2 + 2 - 3 = 1$$

يجب أن يكون الجسيم نيوترون ${}^{1}_{0}\text{n}$.

78. عمر النصف لنظير البولونيوم ${}^{209}_{84}\text{Po}$ 103 سنة. كم تستغرق عينة 100 g حتى تضمحل ليبقى منها 3.1 g؟

الكتلة المتبقية = $\left(\frac{1}{2}\right)^{t}$ الكتلة الأصلية

اعتبر الكتلة المتبقية = R، و الكتلة الأصلية = I.

$$R = I\left(\frac{1}{2}\right)^{t} = \frac{I}{2^{t}}$$

$$2^{t} = \frac{I}{R}$$

$$\log(2^{t}) = \log\left(\frac{I}{R}\right)$$

$$t\log 2 = \log\left(\frac{I}{R}\right)$$

$$t = \frac{\log\left(\frac{I}{R}\right)}{\log 2}$$

$$= \frac{\log\left(\frac{100\ \text{g}}{3.1\ \text{g}}\right)}{\log 2}$$

= 5 أعمار نصف

أي أن العينة تستغرق 500 سنة حتى تضمحل ليبقى منها بعد ذلك 3.1 g.

11–3 وحدات بناء المادة

صفحة 156

79. ما شحنة الجسيم الذي يتكوّن من ثلاثة كواركات علوية؟

كل كوارك علوي u شحنته $+\frac{2}{3}$. أي أن شحنة ثلاث كواركات علوية:

$$\text{uuu} = 3\left(+\frac{2}{3}\right) = +2 \qquad \text{شحنة أولية}$$

80. شحنة ضديد الكوارك معاكسة لشحنة الكوارك. يتكوّن البيون من كوارك علوي ومن ضديد الكوارك السفلي $\text{u}\bar{\text{d}}$. ما شحنة هذا البيون؟

$$\text{u} + \bar{\text{d}} = +\frac{2}{3} + \left(-\left(-\frac{1}{3}\right)\right) = +1 \quad \text{شحنة أولية}$$

81. تتكون البيونات من كوارك وضديد الكوارك. أوجد شحنة البيون الذي يتكون من:

a. $\text{u}\bar{\text{u}}$

$$\text{u} + \bar{\text{u}} = +\frac{2}{3} + \left(-\left(+\frac{2}{3}\right)\right) = 0 \quad \text{شحنة أولية}$$

b. $\text{d}\bar{\text{u}}$

$$\text{d} + \bar{\text{u}} = -\frac{1}{3} + \left(-\left(+\frac{2}{3}\right)\right) = -1 \quad \text{شحنة أولية}$$

c. $\text{d}\bar{\text{d}}$

$$\text{d} + \bar{\text{d}} = -\frac{1}{3} + \left(-\left(-\frac{1}{3}\right)\right) = 0 \quad \text{شحنة أولية}$$

82. الباريونات جسيمات تتكون من ثلاثة كواركات. أوجد الشحنة على كل من الباريونات التالية:

a. نيوترون ddu.

$$\text{d} + \text{d} + \text{u} = 2\left(-\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{2}{3}\right) = 0$$

b. ضديد بروتون $\bar{\text{u}}\,\bar{\text{u}}\,\bar{\text{d}}$.

$$\bar{\text{u}} + \bar{\text{u}} + \bar{\text{d}} = -\left(\frac{2}{3}\right) + -\left(\frac{2}{3}\right) + -\left(-\frac{1}{3}\right)$$
$$= -1$$

83. نصف قطر السنكروترون في مختبر فيرمي 2.0 km، وتتحرك البروتونات التي تدور داخله بسرعة تساوي سرعة الضوء في الفراغ تقريبًا.

a. ما الفترة الزمنية التي يحتاج إليها البروتون حتى يكمل دورة كاملة.

$$v = \frac{d}{t}$$

حيث d هي محيط السنكروترون:

$$t = \frac{d}{v} = \frac{\pi(2.0\times10^{3}\ \text{m})}{3.0\times10^{8}\ \text{m/s}} \quad \text{أي:}$$

$$= 2.1\times10^{-5}\ \text{s}$$

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؟

$$\frac{400.0\times10^{9}\ \text{eV} - 8.00\times10^{9}\ \text{eV}}{2.5\times10^{6}\ 6\ \text{eV/دورة}} = 1.6\times10^{-5}\ \text{دورة}$$

c. ما الفترة الزمنية التي تحتاج إليها البروتونات حتى تتسارع إلى 400.0 GeV؟

$$t = (1.6\times10^{5}\ \text{دورة})(2.1\times10^{-5}\ \text{s/دورة})$$

$$= 3.4\ \text{s}$$

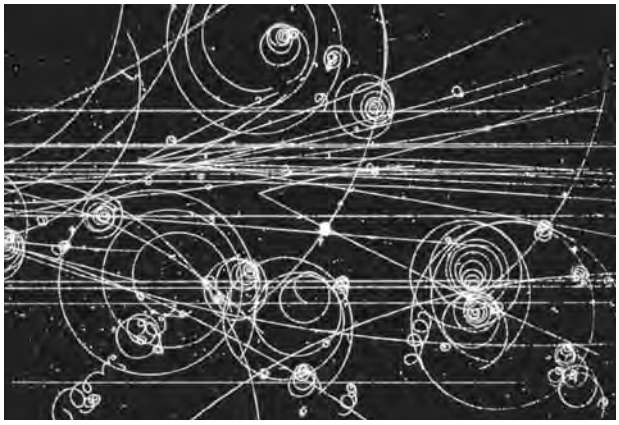
d. ما المسافة التي تقطعها البروتونات التي تنقل خلال هذا التسارع؟

$$d = vt = (3.00\times10^{8}\ \text{m/s})(3.4\ \text{s})$$

$$= 1.0\times10^{9}\ \text{m},$$

أي حوالي مليون كيلومتر.

84. **الشكل** 11–20 يبيّن مسارات في حجرة الفقاعة. ما بعض الأسباب التي تسبب انحراف إحدى المسارات أكثر من المسارات الأخرى؟



■ الشكل 11–20

تنحني مسارات الجسيمات الأسرع بشكل اقل.

مراجعة تراكمية

صفحة 156

85. كل الأنوية التالية تستطيع أن تمتص جسيم α.افترض أنه لا تنبعث جسيمات ثانوية من النواة،أكمل المعادلات التالية:

a. $^{14}_{7}\text{N} + {}^{4}_{2}\text{He} \rightarrow _____$

$$^{14}_{7}\text{N} + {}^{4}_{2}\text{He} \rightarrow {}^{A}_{Z}\text{X}$$

حيث: $Z = 7 + 2 = 9$

$$A = 14 + 4 = 18$$

وبما أن $Z = 9$، تعني أن العنصر يجب أن يكون الفلور F، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{14}_{7}\text{N} + {}^{4}_{2}\text{He} \rightarrow {}^{18}_{9}\text{F}$$

b. $^{27}_{13}\text{Al} + {}^{4}_{2}\text{He} \rightarrow _____$

$$^{27}_{13}\text{N} + {}^{4}_{2}\text{He} \rightarrow {}^{A}_{Z}\text{X}$$

حيث: $Z = 13 + 2 = 15$

$$A = 27 + 4 = 31$$

وبما أن $Z = 15$، تعني أن العنصر يجب أن يكون الفسفور P، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{27}_{13}\text{Al} + {}^{4}_{2}\text{He} \rightarrow {}^{31}_{15}\text{P}$$

86. عمـر النصف للرادون $^{211}_{86}\mathrm{Rn}$ 15h. مـا الكمية المتبقية من العينة بعد مرور 60 h؟

$$\frac{60\ \mathrm{h}}{15\ \mathrm{h}} = 4 \text{ أعمار نصف}$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{16} \text{ أي يتبقى من العينة الأصلية :}$$

87. إحدى تفاعلات الاندماج البسيطة تتضمن إنتاج الديوتيريوم $^{2}_{1}\mathrm{H}$ (2.014102 u) من نيوترون وبروتون. اكتب تفاعل الاندماج الكامل، وأوجد مقدار الطاقة المتحررة.

معادلة التفاعل هي:

$$^{1}_{0}\mathrm{n} + {}^{1}_{1}\mathrm{p} \rightarrow {}^{2}_{1}\mathrm{H}$$

الطاقة المحررة تساوي:

$$\mathrm{E} = ((\text{الكتلة الابتدائية}) - (\text{الكتلة النهائية}))(931.49\ \mathrm{MeV/u})$$

$$= ((\text{كتلة النيترون}) + (\text{كتلة البروتون}) - (\text{كتلة الديتريوم}))(931.49\ \mathrm{MeV/u})$$

$$= (1.008665\ \mathrm{u}) + (1.007276\ \mathrm{u}) - (2.014102\ \mathrm{u}))(931.49\ \mathrm{MeV/u})$$

$$= 1.7130\ \mathrm{MeV}$$

88. كتلة نواة اليورانيوم $^{232}_{92}\mathrm{U}$ =232.0372 u ، ويضمحل إلى الثوريـوم $^{228}_{90}\mathrm{Th}$ ، الذي كتلته =228.0287 u، بانبعاث جسـيم α الـذي كتلتـه =4.0026 u، وطاقتـه الحركيـة 5.3 MeV كم يجب أن تكون الطاقة الحركية لنواة الثوريوم المتكونة؟

الطاقة الحركية الكلية لنواتج الاضمحلال هي:

$$KE_{\text{الكلية}} = KE_{\mathrm{th}} + KE_{\alpha}$$

$$KE_{\mathrm{th}} = KE_{\text{الكلية}} - KE_{\alpha} \quad \text{لهذا :}$$

$$= (\text{نقص الكتلة})(931.49\ \mathrm{MeV/u}) - KE_{\alpha}$$

$$= ((\text{كتلة } {}^{232}_{92}\mathrm{U}) - (\text{كتلة } {}^{228}_{90}\mathrm{Th}) - (\text{كتلة } {}^{4}_{2}\mathrm{He}))(931.49\ \mathrm{MeV/u}) - KE_{\alpha}$$

$$= ((232.0372\ \mathrm{u}) - (228.0287\ \mathrm{u}) - (4.0026\ \mathrm{u}))(931.49\ \mathrm{MeV/u}) - 5.3\mathrm{MeV}$$

$$= 0.2\ \mathrm{MeV}$$

التفكير الناقد

صفحة 156–157

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 كلًّا من الزخم والطاقة يجب أن يكونا محفوظين. إذا كان مجموع طاقات أشعة جاما تساوي 1.02 MeV وكان كلّ من البوزترون والإلكترون مبدئيًّا في حالة سكون، فكم يجب أن يكون مقدار واتجاه زخم إشعاعين من أشعة جاما؟

لأن الزخم الابتدائي صفرًا، لذلك يجب أن يكون الزخم النهائي صفرًا. وبما أن شعاعي جاما يجب أن يكون لهما زخمان متساويان في المقدار ومتعاكسان في الاتجاه . ولذا يكون مقدار كل من الزخمين:

$$p_{\gamma} = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{E}{C}\right)$$

$$= \frac{(1.02\times10^{6}\ \mathrm{eV})(1.60\times10^{-19}\ \mathrm{J/eV})}{(2)(3.00\times10^{8}\ \mathrm{m/s})}$$

$$= 2.72\times10^{-22}\ \mathrm{kg.m/s}$$

أي أن كل منهما يتحرك بعكس الآخر.

90. **استنتج** إذا كان زوج إلكترون–بوزترون مبدئيًّا في حالة سكون، ويستطيع أن يضمحل إلى ثلاثة إشعاعات جاما، وكانت إشعاعات جاما الثلاثة لها طاقات متساوية، فكيف يجب أن تكون اتجاهاتها النسبية؟ وضّح بالرسم.

سيكون السؤال بالشكل التالي: كيف يكون الزخم الكلي صفرًا لثلاث من إشعاعات جاما ذات الزخم المتساوي؟ حتى يتحقق ذلك يجب أن تكون الزاوية بين كل وشعاع والآخر°120 ، وتكون الأشعة في مستوى واحد.

91. **قدّر** يُطلق تفاعل اندماجي واحد في الشمس طاقة 25 MeV تقريبًا. قدّر عدد التفاعلات التي تحدث في ثانية من سطوع الشمس الذي يكون عنده معدل الطاقة المنبعثة 4×10^{26} W؟

$$1\ \mathrm{eV} = 1.6022\times10^{-19}\ \mathrm{J}$$

$$25\ \mathrm{MeV} = (25\times10^{6}\ \mathrm{eV/\text{تفاعل}})(1.6022\times10^{-19}\ \mathrm{J/eV})$$

$$= 4.0\times10^{6} - 12\ \mathrm{J/\text{تفاعل}}$$

بما أن معدل الطاقة الكلية المنبعثة $4\times10^{26}\ J/s$، لذا فإن:

$$\frac{4\times10^{26}\ J/s}{4.0\times10^{-12}\ J/\text{تفاعل}} = 10^{38}\ \text{تفاعل}/s$$

92. **تفسير البيانات** يُراقَب نظير يخضع لاضمحلال إشعاعي بواسطة كاشف إشعاعي، فيسجّل عدد العدات كل خمس دقائق. حسب النتائج الموضحة في **الجدول 4–11** أزيلت العينة بعد ذلك، وسجّل 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 العدات كدالة رياضية مع الزمن برسم بياني، وحدد عمر النصف.

الجدول 4–11

قياسات الاضمحلال الإشعاعي

الزمن (دقيقة)	العدات (لكل 5 دقائق)
0	987
5	375
10	150
15	70
20	40
25	25
30	18

4 دقائق تقريبًا.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 157

93. ابحث في الفهم الحالي للمادة المعتمة في الكون، وما أهمية هذه المادة لعلماء الكونيات؟ وما مكونات هذه المادة؟

يتكون الكون من مادة معتمة بنسبة 25% تقريبًا، وهناك حاجة لتفسير دوران المجرات وتمدد الكون. وبناءً على إحدى النظريات فإن المادة المعتمة ليست مكونة من المواد العادية التي يشملها النموذج المعياري، وقد تتفاعل مع المواد العادية فقط من خلال الجاذبية والقوى النووية الضعيفة.

94. ابحث في تعقّب الكوارك العلوي. لماذا افترض الفيزيائيون وجوده؟

اقترح العلماء النظريون وجود صفة مميّزة للكواركات، وأدركوا أن الكواركات توجد على شكل أزواج. وعندما وجد الكوارك السفلي تجريبيًا عام 1977 م، أدرك العلماء أنه يجب أن يكون هناك شريك له وهو الكوارك العلوي، ولقصر عمر النصف للكوارك العلوي وكتلته الكبيرة؛ فتم العثور عليه أخيرًا في مختبر فيرمي عام 1995 م.

مراجعة تراكمية

صفحة 157

95. إلكترون طول موجة دي برولي له 400.0 nm. (الطول الموجي الأقصر في الضوء المرئي).

a. أوجد سرعة الإلكترون.

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

$$v = \frac{h}{m\lambda}$$

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\ J/Hz}{(9.11\times10^{-31}\ kg)(400.0\times10^{-9}\ m)}$$

$$= 1.82\times10^{3}\ m/s$$

b. احسب طاقة الإلكترون بوحدة eV.

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

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(9.11\times10^{-31}\ kg)(1.82\times10^{3}\ m/s)^2 \left(\frac{1\ eV}{1.60\times10^{-19}\ J}\right)$$

$$= 9.43\times10^{-6}\ eV$$

96. يدخل فوتون طاقته 14.0 eV ذرة هيدروجين في حالة استقرار ويؤينها. ما مقدار الطاقة الحركية التي ينطلق بها الإلكترون من الذرة؟

$$KE = (\text{طاقة الفوتون}) + (\text{طاقة الإلكترون في مستوى الاستقرار})$$

$$= 14.0\ eV + (-13.6\ eV)$$

$$= 0.4\ eV$$

مسألة تحفيز

صفحة 147

يضمحل $^{238}_{92}U$ بانبعاث α وبانبعاثين متتاليين لجسيم β ويتحول ثانية إلى نظير لليورانيوم.

1. وضحّ معادلات الاضمحلال النووي الثلاثة.

عند انبعاث α $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{4}_{2}He$

حيث : $Z = 92 - 2 = 90$

$A = 238 - 4 = 234$

وبما أن $Z=90$ ، تعني أن العنصر يجب أن يكون الثوريوم Th، والمعادلة يجب أن تكون:

$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$

عند انبعاث βالأول $^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$

حيث : $Z = 90 - (-1) - 0 = 91$

$A = 234 - 0 - 0 = 234$

وبما أن $Z=91$ ، تعني أن العنصر يجب أن يكون البروتكتينيوم Pa، والمعادلة يجب أن تكون:

$^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$

عند انبعاث βالثاني $^{234}_{91}Pa \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$

حيث: $Z = 91 - (-1) - 0 = 92$

$A = 234 - 0 - 0 = 234$

وبما أن $Z=92$ ، تعني أن العنصر يجب أن يكون اليولرانيوم U، والمعادلة يجب أن تكون:

$^{234}_{91}Pa \rightarrow {}^{234}_{92}U + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$

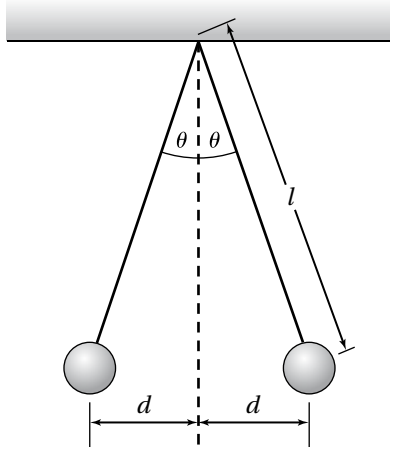
2. احسب العدد الكتلي والعدد الذري لليورانيوم المتكوّن.

$A=234 , Z = 92$

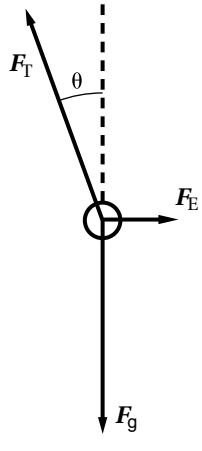
ملحق مسائل إضافية للفصول (6–1)

ملحق مسائل الفصل 1

1. يمكن تحديد مقدار الشحنة بنقل تلك الشحنة مناصفة بين كرتيّ بيلسان متماثلتين كتلة كل منهما m ، بحيث يكون كل منهما معلقة بخيط عازل طوله l إلى نقطة تعليق واحدة. إذ عندما تنتقل الشحنة إلى كل منهما فإنهما تتنافران وتتباعدان لتكونا في وضع اتزان كما في الشكل أدناه، حيث يصنع الخيط عندئذ زاوية مقدارها θ مع الرأسي.



a. ارسم مخطط القوى التي تؤثر في كرة البيلسان اليمنى.



حيث :

قوة الشدّ $= F_T$
القوة الكهربائية $= F_E$
قوة الجاذبية $= F_g$

b. اشتق علاقة كدالة تربط بين q وكل من θ و m و l كدالة.

بما أن النظام في حالة اتزان ، فإن محصلة كل من مركتبي القوى الرأسية والأفقية يساوي صفرًا.

$$-F_T \sin\theta + F_E = 0$$

$$F_T \cos\theta - F_g = 0$$

أعد ترتيب الحدود وعوّض كل من F_E و F_g في العلاقة :

$$F_T \sin\theta = F_E = K\frac{q_A q_B}{(2d)^2} = K\frac{\left(\frac{q}{2}\right)^2}{4d^2} = K\frac{q^2}{16d^2}$$

$$F_T \cos\theta = F_g = mg$$

اقسم المعادلة الأولى على الثانية لإختصار F_T

$$\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \tan\theta = K\frac{q^2}{16\,mg\,d^2}$$

من الشكل $d = l\sin\theta$ عوض مقدار d في المعادلة ثم حلها لإيجاد q

$$q^2 = \frac{16\,mg\,l^2\sin\theta^2\tan\theta}{K}$$

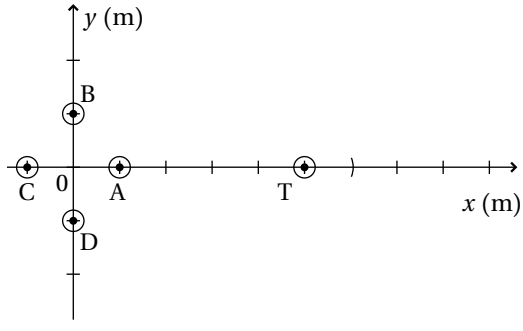
$$q = 4\,l\sin\theta\sqrt{\frac{mg\tan\theta}{K}}$$

c. استخدم العلاقة التي تم اشتقاقها لحساب مقدار q عندما تكون $\theta = 5.0^\circ$، و $m = 2.00$ g، و $l = 10.0$ cm.

$$q = (4)(10.0\times10^{-2}\text{ m})(\sin 5.0^\circ)\sqrt{\frac{(2.00\times10^{-3}\text{ kg})(9.80\text{ m/s}^2)(\tan 5.0^\circ)}{(9.0\times10^9\text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)}}$$

$$= 1.52\times10^{-8}\text{ C}$$

2. تتوزع أربع شحنات مقدار كل منها q بالتماثل حول نقطة الأصل O(0,0)، كما في الشكل أدناه عند النقاط ، A(1.000,0) ، B(0,1.000) ،C(−1.000,0) و D(0,−1.000) . جد القوة المؤثرة في الشحنة الموضوعة في النقطة T(5.000,0).



بسبب التماثل في توزيع الشحنات، فإن مركبات القوى المؤثرة في الشحنة عند النقطة T على المحور y يلغي كل منهما الآخر. ولا يحتاج إلى الحساب سوى المركبات على المحور x.

$$F_{T,x} = F_{AT,x} + F_{BT,x} + F_{CT,x} + F_{DT,x}$$

$$= Kqq_T\left(\frac{1}{|AT|^2} + \frac{\cos\theta_B}{|BT|^2} + \frac{1}{|CT|^2} + \frac{\cos\theta_D}{|DT|^2}\right)$$

$$= Kqq_T\left(\frac{1}{16} + (2)\left(\frac{\frac{5}{\sqrt{1^2+5^2}}}{1^2+5^2}\right) + \frac{1}{36}\right)$$

$$= 0.1657\,Kqq_T\text{ N}$$

تابع الفصل 1

3. إذا دمجت الشحنات الأربع في السؤال السابق إلى شحنة مفردة واحدة مقدارها $4q$ وضعت في نقطة الأصل، فما القوة عندئذ المؤثرة في الشحنة q_T؟

$$K\frac{(4q)(q_T)}{5^2} = Kqq_T\left(\frac{4}{25}\right)$$

$$= 0.1600\ Kqq_T\ \text{N}$$

تتوزع الشحنة بانتظام على سطح كروي، وتعامل الشحنة هنا كما لو أن جميع الشحنة تركزت في مركز الكرة، أما السؤال السابق فتم معالجة السؤال على التقريب في بعدين.

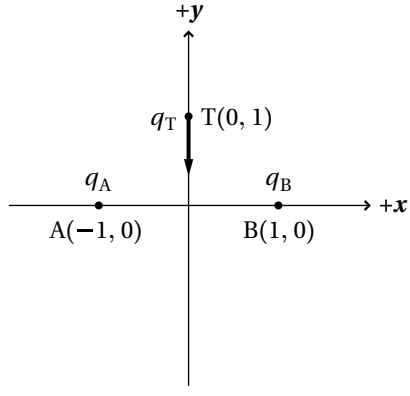
ملحق مسائل الفصل 2

1. وضُعت شحنة في مجال كهربائي مقداره $1.6\times10^{5}\ \text{N/C}$ يتجه نحو الغرب، فتأثرت بقوة مقدارها 0.48 N نحو الشرق. ما مقدار ونوع هذه الشحنة؟

$$q=\frac{F}{E}=\frac{0.48\ \text{N}}{1.6\times10^{5}\ \text{N/C}}=3.0\times10^{-6}\ \text{C}$$

ولأن القوة المؤثرة في الشحنة تعاكس اتجاه المجال، لذا فالشحنة يجب أن تكون سالبة.

2. تأثرت شحنة اختبار مقدارها $-1.0\times10^{-6}\ \text{C}$ موضوعة عند النقطة T (0,1) m بقوة مقدارها 0.19 N، باتجاه نقطة الأصل على طول محور x، نتيجة تأثير شحنتين متماثلتين موضوعتين عند النقطتين A(−1,0)m و B(1,0) m.



a. ما نوع كل من الشحنتين عند A وB؟

يجب أن تكون كل من الشحنتين عند A وB موجبة؛ لتوليد قوة تجاذب على شحنة الاختبار.

b. ما مقدار واتجاه المجال الكهربائي عند T؟

$$E=\frac{F}{q}$$

$$=\frac{0.19\ \text{N}}{1.0\times10^{-6}\ \text{C}}$$

$$E=1.9\times10^{5}\ \text{N/C}$$

يكون اتجاه المجال بعكس اتجاه القوة؛ لأن الشحنة المتأثرة بالمجال سالبة، أي أن $E=1.9\times10^{5}\ \text{N/C}$ بعيدًا عن نقطة الأصل.

3. وُضعت شحنة اختبار مقدارها $-0.5\times10^{-7}\text{C}$ في مجال كهربائي شدته $6.2\times10^{4}\ \text{N/C}$ يتجه 15° شمال الشرق. ما مقدار القوة المؤثرة في الشحنة؟

$$F=Eq=(6.2\times10^{4}\ \text{N/C})(0.5\times10^{-7}\text{C})$$

$$=3.1\times10^{-3}\ \text{N}$$

يكون اتجاه القوة بعكس اتجاه المجال؛ لأن الشحنة المتأثرة بالمجال سالبة، أي أن $F=3.1\times10^{-3}\ \text{N}$، تتجه 15° جنوب الغرب.

4. ما النسبة التي يجب أن تزيد فيها المسافة عن شحنة نقطية لتقل فيه شدة المجال بنسبة 40%؟

شدة المجال الكهربائي للشحنة النقطية يساوي:

$$E=K\frac{q}{r^{2}}$$

أي تتناسب شدة المجال الكهربائي عكسيًّا مع مربع البعد عن الشحنة.

$$\frac{E_1}{E_2}=\frac{r_2^{\,2}}{r_1^{\,2}}$$

$$r_2^{\,2}=\frac{E_1}{E_2}r_1^{\,2}$$

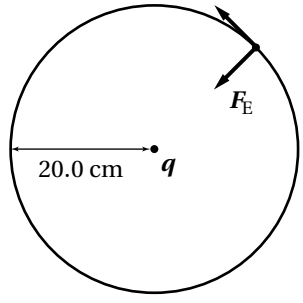
$$r_2=\sqrt{\frac{E_1}{E_2}}\,r_1$$

وفي هذه الحالة فإن: $E_2=(1-0.40)E_1=0.60E_1$

أي أن: $r_2=\sqrt{\frac{1}{0.60}}\,r_1=1.2\,r_1$

فالمسافة يجب أن تزيد بنسبة 30%.

5. يدور جسيم كتلته $m = 2.0\times10^{-6}\,\text{kg}$ في مسار دائري نصف قطره $r = 20.0\,\text{cm}$، حول شحنة نقطية q مقدارها $3.0\times10^{-5}\,\text{C}$ موضوعة في المركز.



a. ما شدة المجال الكهربائي عند جميع النقاط على المسار الدائري الذي يحيط بالشحنة النقطية؟

بما أن المسار دائري؛ لذا تكون المسافة بين الجسيم والشحنة النقطية ثابتة، وتبين من المسألة 2 أن شدة المجال الكهربائي تعتمد فقط على البعد عن الشحنة النقطية ولهذا يُعطى المجال الكهربائي بالعلاقة:

$$E = \frac{Kq}{r^2}$$
$$= (9.0\times10^9\,\text{N.m}^2/\text{C}^2)\left(\frac{3.0\times10^{-5}\,\text{C}}{(0.200\,\text{m})^2}\right)$$
$$= 6.8\times10^6\,\text{N/C}$$

وتكون باتجاه انصاف أقطار الدائرة، وخارجة من النقاط التي تكوّن المسار الدائري.

b. ما الشحنة التي يجب أن يحملها الجسيم ليبقى يدور في مساره الدائري محافظًا على زمن دوري $3.0\times10^{-3}\,\text{s}$، معتبرًا أن الجسيم يتأثر بقوة كهربائية فقط؟

يجب أن يكون اتجاه القوة الكهربائية F_E نحو الشحنة النقطية، ويتبن عند حساب التسارع المركزي للجسيم الدائر أن شحنة الجسيم يجب أن تكون سالبة حتى تحافظ القوة الكهربائية على المسار الدائري له.

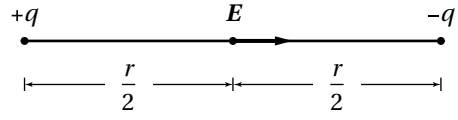
$$F_E = ma_C = m\frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

باتجاه أنصاف الأقطار إلى الداخل؛

لذا فالشحنة على الجسيم يجب أن تكون:

$$q = \frac{F_E}{E}$$
$$= \frac{-4\pi^2 m}{ET^2}$$
$$= \frac{-4\pi^2(0.200\,\text{m})(2.0\times10^{-6}\,\text{kg})}{(6.8\times10^6\,\text{N/C})(3.0\times10^{-3}\,\text{s})^2}$$
$$= -2.6\times10^{-7}\,\text{C}$$

6. شحنتان متساويتان في المقدار ومختلفتان في النوع وتفصل بينهما مسافة 0.50 m، شدة المجال الكهربائي الناتج عنهما في منتصف المسافة بينهما تساوي 4.8×10^4 N/C وباتجاه الشحنة السالبة. فما مقدار كل من الشحنتين؟



شدة المجال الكهربائي هي محصلة مركبتي المجال الناتج عن كل من الشحنتين، وكل من مركبتي المجال يتجه نحو الشحنة السالبة، وفي منتصف المسافة بين الشحنتين يكون مقدار شدة المجال لكل من الشحنتين متساوية.

$$E = E_q + E_{-q} = \frac{2Kq}{\left(\frac{r}{2}\right)^2} = \frac{8Kq}{r^2}$$

وبحل المعادلة لإيجاد q بدلالة E

$$q = \frac{Er^2}{8K} = \frac{(4.8\times10^4\,\text{N/C})(0.50\,\text{m})^2}{(8)\,(9.0\times10^9\,\text{N.m}^2/\text{C}^2)}$$
$$= 1.7\times10^{-6}\,\text{C}$$

7. وُضعت كرة بيلسان تزن $3.0\times10^{-2}\,\text{N}$ وتحمل شحنة مقدارها $-1.0\times10^{-6}\,\text{C}$ بين لوحين فلزيين كبيرين ومتوازيين وتفصل بينهما مسافة 0.050 m، ما فرق الجهد ΔV الذي يجب أن يكون بين اللوحين لجعل كرة البيلسان تتعلق بينهما؟

$$\Delta V = Ed$$
$$= \frac{F_E d}{q}$$
$$= \frac{(3.0\times10^{-2}\,\text{N})(0.050\,\text{m})}{1.0\times10^{-6}\,\text{C}}$$
$$= 1.5\times10^3\,\text{V}$$

8. تعرف شدة المجال الكهربائي بالقوة لكل وحدة شحنة ، ووحدة شدة المجال هي نيوتن لكل كولوم N/C . والصيغة الرياضية لفرق الجهد الكهربائي هي $\Delta V = Ed$ ، لذا يمكن اقتراح أن المجال الكهربائي يعبر عنه بوحدة فولت لكل متر V/m .

a. وضّح بتحليل الوحدات أن تعبيريّ وحدتي المجال الكهربائي المذكورتين متكافئتان.

$$\frac{\mathbf{V}}{\mathbf{m}} = \frac{\mathbf{J/C}}{\mathbf{m}} = \frac{\mathbf{(N \cdot m)/C}}{\mathbf{m}} = \frac{\mathbf{N}}{\mathbf{C}}$$

b. اقترح سببًا لماذا تستخدم وحدة V/m عادة في توضيح شدة المجال الكهربائي.

لأنة قياس فرق الجهد والمسافة عمليًا يكون أسهل من قياس القوى المؤثرة في الشحنات.

9. أفترض أن لوحين فلزيين متوازيين بينهما مجال كهربائي مقداره 3.0×10^{4} N/C، ومتباعدين بمقدار 0.050 m، واعتبر عندما تجيب عن الأسئلة التالية أن نقطة P موضوعة على بعد 0.030 m من اللوح السالب الشحنة A.

a. ما الجهد في النقطة P نسبة إلى اللوح A؟

$$\Delta V_{PA} = (3.0\times10^{4}\ \mathbf{V/m})(0.030\ \mathbf{m})$$
$$= 9.0\times10^{2}\ \mathbf{V}$$

b. ما الجهد في النقطةP نسبة إلى اللوح B الموجب الشحنة؟

$$\Delta V_{PB} = -(3.0\times10^{4}\ \mathbf{V/m})(0.020\ \mathbf{m})$$
$$= -6.0\times10^{2}\ \mathbf{V}$$

10. تختزن بطارية من الحجم AA جهدها 1.5 V شحنة مقدارها 2500 C. فما الشغل الذي يمكن أن تبذله هذه البطارية؟

$$W = q\Delta V = (2.5\times10^{3}\ \mathbf{C})(1.5\ \mathbf{V})$$
$$= 3.8\times10^{3}\ \mathbf{J}$$

11. تتسارع الإلكترونات في الأنبوب المفرغ من المهبط إلى الصفيحة الفلزية الموجبة الجهد بالنسبة للمهبط، فإذا كان جهد الصفيحة 240 V+، فما الطاقة الحركية التي تمتلكها الإلكترونات للوصول إلى الصفيحة؟

الطاقة الحركية التي تكسبها الإلكترونات تكون مساوية لطاقة الوضع الكهربائية التي تفقدها عندما تتحرك خلال فرق جهد 240 V.

$$\Delta KE = -W = -e\Delta V$$
$$= (1.60\times10^{-19}\ \mathbf{C})(240\ \mathbf{V})$$
$$= 3.8\times10^{-17}\ \mathbf{J}$$

12. تتعلق قطرة زيت تحمل خمس إلكترونات فائضة في مجال كهربائي مقداره 2.0×10^{3} N/C. فما كتلة هذه القطرة؟

$$F_g = mg = F_E = qE = neE$$
$$m = \frac{F_g}{g} = \frac{neE}{g}$$
$$= \frac{(5)(1.60\times10^{-19}\ \mathbf{C})(2.8\times10^{3}\ \mathbf{N/C})}{9.80\ \mathbf{m/s^2}}$$
$$= 1.6\times10^{-16}\ \mathbf{kg}$$

13. تزن قطرة زيت 7.5×10^{-15} N، وتحمل ثلاث إلكترونات فائضة.

a. ما فرق الجهد اللازم لجعل القطرة تتعلق بين لوحين تفصل بينهما مسافة 2.3 cm؟

$$F_g = F_E = qE = neE = ne\frac{\Delta V}{d}$$
$$\Delta V = \frac{F_g d}{ne}$$
$$= \frac{(7.5\times10^{-15}\ \mathbf{N})(2.3\times10^{-2}\ \mathbf{m})}{(3)\ (1.60\times10^{-19}\ \mathbf{C})}$$
$$= 3.6\times10^{2}\ \mathbf{V}$$

b. إذا التقطت القطرة إلكترونًا آخر، فما فرق الجهد بين اللوحين اللازم لإبقاء القطرة معلقة بينهما؟

$$\Delta V = \frac{F_g d}{ne}$$

أي أن فرق الجهد يتناسب عكسيًا مع عدد الإلكترونات الفائضة.

$$\frac{\Delta V_2}{\Delta V_1} = \frac{n_1}{n_2}$$
$$\Delta V_2 = \frac{n_1}{n_2}\Delta V_1$$
$$= \left(\frac{3}{4}\right)(3.6\times10^{2}\ \mathbf{V}) = 2.7\times10^{2}\ \mathbf{V}$$

أي ينخفض بمقدار 90 V.

14. بُذل شغل مقداره $4.50\times10^{-4}\,J$ لتحريك شحنة مقدارها $2.00\times10^{-6}\,C$ بعكس مجال كهربائي ثابت. فما فرق الجهد الكهربائي بين نقطة بداية تحريك الشحنة ونقطة نهايته؟

$$\Delta V=\frac{W_q}{q}=\frac{4.50\times10^{-4}\,J}{2.00\times10^{-6}\,C}$$
$$=225\,V$$

15. مكثفان سعة الأول $C_1=220\ \mu_F$ وسعة الآخر $C_2=470\ \mu_F$، إذا وصل كل منهما بفرق جهد 48 V.

a. ما مقدار الشحنة q_1 و q_2 على كل من المكثفين؟

$$C=\frac{q}{\Delta V}$$
$$q_1=C_1\Delta V=(220\times10^{-6}\,F)(48.0\,V)=1.1\times10^{-2}\,C$$
$$q_2=C_2\Delta V=(470\times10^{-6}\,F)(48.0\,V)=2.3\times10^{-2}\,C$$

b. ما مجموع الشحنة q_T على المكثفين معًا؟

$$q_T=q_1+q_2$$
$$=C_1\Delta V+C_2\Delta V$$
$$=(C_1+C_2)\Delta V$$
$$=(220\times10^{-6}\,F+470\times10^{-6}\,F)\,(48.0\,V)$$
$$=3.3\times10^{-2}\,C$$

c. أعد الفرعين a و b عندما يكون فرق الجهد $\Delta V'=96.0\,V$.

$$q_1'=C_1\Delta V'=(220\times10^{-6}\,F)(96.0\,V)=2.1\times10^{-2}\,C$$
$$q_2'=C_2\Delta V'=(470\times10^{-6}\,F)(96.0\,V)=4.5\times10^{-2}\,C$$
$$q_T'=q_1'+q_2'$$
$$=C_1\Delta V'+C_2\Delta V'$$
$$=(C_1+C_2)\Delta V'$$
$$=(220\times10^{-6}\,F+470\times10^{-6}\,F)\,(96.0\,V)$$
$$=6.6\times10^{-2}\,C$$

d. أعتبر أن المكثفين يمثلان نظام ما، ما المكثف المفرد المكافئ لهما C_{eq} والذي يمكنه أن يحل محل المكثف C_1 والمكثف C_2 ويعطي النتائج نفسها؟

اعتبر أن: $C_{كلية}=C_1+C_2=690\ \mu F$

أي أن: $q_T'=C_{كلية}\Delta V$

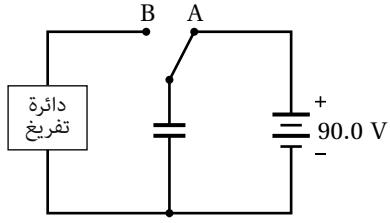
$$=(690\times10^{-6}\,F)(48.0\,V)=3.3\times10^{-2}\,C$$
$$q_T'=C_{كلية}\Delta V'=(690\times10^{-6}\,F)(96.0\,V)=6.6\times10^{-2}\,C$$

وهذا يعطي النتيجة السابقة نفسها.

e. بالاعتماد على ما سبق، قدّر السعة المكافئة لنظام مكون من مجموعة من المكثفات جميعها متصلة عبر فرق الجهد نفسه.

السعة المكافئة للمكثفات ستكون مجموع سعات المكثفات المفردة.

16. دائرة شحن تتكون من بطارية جديدة جهدها 90 V، سعتها $2.5\times10^4\,C$، ومكثف سعته $6800\ \mu_F$ متصل بمفتاح في الوضع A، فإذا حُرك المفتاح إلى الوضع B لتفريغ شحنة المكثف.



a. ما عدد المرات التي يمكن إعادة تفريغ شحنة المكثف حتى تفرغ البطارية تمامًا.

عندما يشحن المكثف تمامًا فإن شحنته تكون:

$$q_c=C\Delta V=(6800\times10^{-6}\,F)(90.0\,V)=0.61\,C$$

عدد مرات تفريغ المكثف N هي:

$$N=\frac{2.5\times10^4\,C}{0.61\,C/\text{مرة}}=4.1\times10^4\ \text{مرة}$$

b. إذا استغرق تفريغ المكثف 120 ms في كل مرة، فما معدل القدرة المبدّدة في دائرة التفريغ عندئذ؟

الطاقة الكلية المختزنة في المكثف تساوي الشغل المبذول لتخزين الشحنات فيه.

$$W=q_c\Delta V$$

معدل القدرة المبدّدة تساوي الطاقة المبدّدة مقسومة

على الزمن المستغرق.

$$P = \frac{E}{t} = \frac{W}{t} = \frac{q_c \Delta V}{t}$$
$$= \frac{(0.61\ \text{C})(90.0\ \text{V})}{0.12\ \text{s}}$$
$$= 4.6 \times 10^{2}\ \text{W}$$

17. مكثف كهربائي سعته $0.68\ \mu_F$، يحمل شحنة مقدارها $1.36 \times 10^{-5}\ \text{C}$ على أحد لوحيه. ما فرق الجهد بين أقطاب المكثف؟

$$C = \frac{q}{\Delta V}$$
$$\Delta V = \frac{q}{C} = \frac{1.36 \times 10^{-5}\ \text{C}}{0.68 \times 10^{-6}\ \text{F}}$$
$$= 2.0 \times 10^{1}\ \text{V}$$

ملحق مسائل الفصل 3

1. مصباح زينة كهربائي قدرته 7.5 W ، يعمل عندما يضيء على تيار 60.0 mA. فما فرق الجهد بين طرفيه؟

$$P = IV$$

$$V = \frac{P}{I} = \frac{7.5\ \text{W}}{60.0\times10^{-3}\ \text{A}} = 125\ \text{V}$$

2. تُخزّن بطارية نيكل كادميوم فرق الجهد بين قطبيها 1.2 V شحنةً مقدارها 4.0×10^{3} mAh (ميلي أمبير ساعة)

a. ما سعة البطارية بالكولوم؟ (تلميح : 1C = 1 A.s).

$$q = (4.0\times10^{3}\ \text{mAh})\left(\frac{1\ \text{A}}{1000\ \text{mA}}\right)\left(\frac{3600\ \text{s}}{1\ \text{h}}\right)$$

$$= 1.4\times10^{4}\ \text{A.s} = 1.4\times10^{4}\ \text{C}$$

b. كم من الزمن تستغرق شحنة البطارية ليسحب منها تيار 125 mA؟

$$q = It$$

$$t = \frac{4.0\times10^{3}\ \text{mAh}}{125\ \text{mA}} = 32\ \text{ساعة}$$

3. يستهلك عنصر تسخين في فرن كهربائي قدرةً مقدارها 5.0×10^{3} W عندما يوصل بمصدر جهده 240 V. ما مقدار التيار المتدفق في عنصر التسخين؟

$$P = IV$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{5.0\times10^{3}\ \text{W}}{240\ \text{V}} = 21\ \text{A}$$

4. مقاومة فتيل مصباح كهربائي وهو بارد 20.0 Ω، ويستهلك عند تشغيله قدرة مقداره 75 W عندما يكون موصولًا بمصدر جهده 120 V. فما المعامل الذي يتجاوز فيه تيار بدء تشغيل المصباح تيار التشغيل؟

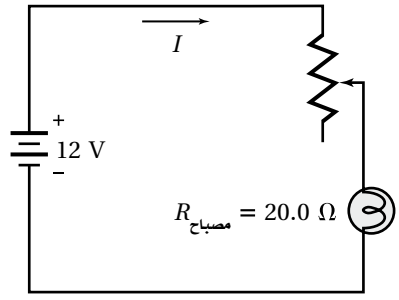
$$I_{\text{بدء التشغيل}} = \frac{V}{R}$$

$$I_{\text{التشغيل}} = \frac{P}{V}$$

$$\frac{I_{\text{بدء التشغيل}}}{I_{\text{التشغيل}}} = \frac{\frac{V}{R}}{\frac{P}{V}} = \frac{V^2}{RP} = \frac{(120\ \text{V})^2}{(20.0\ \Omega)(75\ \text{W})} = 9.6$$

يكون تيار بدء التشغيل أكبر بـ 9.6 مرة من تيار التشغيل .

5. استخدم مجزئ جهد في الدائرة الكهربائية المبينة أدناه؛ لتغيير مقدار تيار المصباح. فإذا كانت المقاومة في الدائرة تعود فقط لمقاومة المصباح، فما مقدار التيار في الدائرة الكهربائية؟



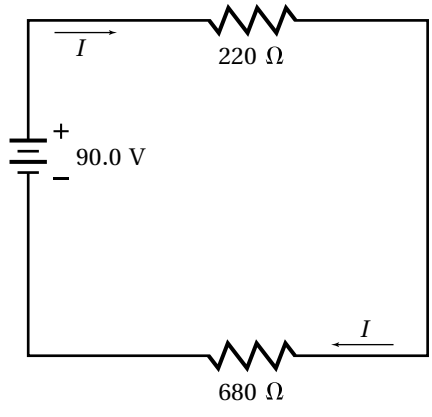
$$I = \frac{V}{R_{\text{مصباح}}} = \frac{12\ \text{V}}{20.0\ \Omega} = 0.60\ \text{A}$$

6. تستهلك حمّاصة خبز في أثناء تشغيلها 1875 W، فإذا وصلت بمصدر كهربائي جهده 125 V. فما مقاومة الحمّاصة؟

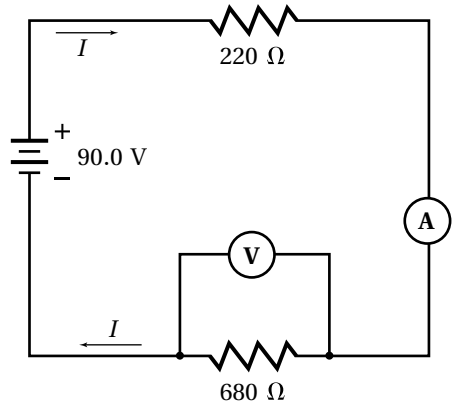
$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(125\ \text{V})^2}{1875\ \text{W}} = 8.33\ \Omega$$

7. ارسم رسمًا تخطيطيًّا لدائرة كهربائية تتضمن بطارية جهدها 90.0 V، ومقاومتان أحدهما 220 Ω والأخرى 680 Ω موصولتان على التوالي مع البطارية، محددًّا اتجاه التيار الاصطلاحي.



8. عدّل الرسم التخطيطي في المسألة السابقة بحيث يتضمن أميتر وفولتمتر لقياس فرق الجهد بين طرفي المقاومة 680 Ω.



9. إذا كانت المقاومة الكلية في المسألة 8 هي 9.0×10^{2} Ω، فما قراءة كل من الأميتر والفولتمتر؟

قراءة الأميتر:

$$I=\frac{V}{R}$$
$$=\frac{90.0\text{ V}}{9.0\times10^{2}\ \Omega}=0.10\text{ A}$$

قراءة الفولتمتر:

$$V=IR=(0.10\text{ A})(680\ \Omega)$$
$$=68\text{ V}$$

10. يزود محرك كهربائي محور الحمل بقدرة 5.2 hp (746 W = حصان ميكانيكي (hp) ، وتحت ظروف التشغيل تكون كفاءته 82.8% (الكفاءة هي النسبة بين القدرة الناتجة والقدرة المدخلة)

a. ما التيار الذي يسحبه المحرك من مصدر كهربائي جهده 240 V؟

$$\text{الكفاءة}=\frac{P_{\text{المدخلة}}}{P_{\text{الناتجة}}}=0.828$$

$$I=\frac{P_{\text{المدخلة}}}{V}=\frac{\dfrac{P_{\text{الناتجة}}}{\text{الكفاءة}}}{V}$$

$$=\frac{\dfrac{(\text{حصان }5.2)(\text{حصان/W }746)}{0.828}}{240\text{ V}}$$

$$=2.0\times10^{1}\text{ A}$$

b. ما الذي يحدث لِـ 17.2% المتبقية من قدرة المحرك المدخلة؟

مبدئيًا يحدث فقدان للطاقة من ملفات المحرك يتناسب مع المقدار I^2R، وهذه الطاقة تتحول إلى طاقة حرارية تزال من داخل المحرك بواسطة مراوح أو طرق أخرى.

11. يُستخدم تيار 380 A وفرق جهد 440 V في عملية التسخين الصناعية.

a. ما مقدار المقاومة الفعّالة في عنصر التسخين؟

$$R=\frac{V}{I}=\frac{440\text{ V}}{380\text{ A}}=1.2\ \Omega$$

b. ما الطاقة المستخدمة خلال عملية التسخين في فترة 8 ساعات؟

$$E=Pt=VIt=(440\text{ V})(380\text{ A})(8\text{ h})\left(\frac{3600\text{ s}}{1\text{ h}}\right)$$
$$=5\times10^{9}\text{ J}$$

12. تعمل مقاومة تسخين مقدارها 8 Ω على مصدر جهد مقداره 120 V.

a. ما مقدار التيار الذي تتطلبه مقاومة التسخين؟

$$I=\frac{V}{R}=\frac{120\text{ V}}{8\ \Omega}=15\text{ A}$$

b. ما الزمن الذي يلزم مقاومة التسخين لتوليد طاقة حرارية مقدارها 2.0×10^{4} J؟

$$E=Pt=VIt$$

$$t=\frac{E}{VI}=\frac{2.0\times10^{4}\text{ J}}{(120\text{ V})(15\text{ A})}=11\text{ s}$$

13. أعلن مصنع مصابيح كهربائية أن المصابيح التي يصنعها بقدرة 55 W تعطي تدفقًا ضوئيًا مقداره 800.0 lm، وهي تقريبًا تساوي التدفق الضوئي الذي تعطيه المصابيح ذات القدرة 60 W والتي تعطي تدفقًا ضوئيًا مقداره 840.0 lm.

a. ما نوع المصابيح التي تحول الطاقة الكهربائية إلى ضوئية بفعالية اكبر؟

مصباح 55 W يولّد $\frac{800.0\text{ lm}}{55\text{ W}}$ أو 14.5 lm/W، في حين المصباح 60 W يولّد $\frac{840.0\text{ lm}}{60\text{ W}}$ أو 14.0 lm/W، ويتبين أن مصباح 55 W أكثر فعّالية.

b. أفترض أن العمر التشغيلي للمصابيح 1.0×10^3 ساعة وكلفة التشغيل kWh/ريال 0.12. فما التوفير في كلفة تشغيل المصابيح ذات القدرة 55 W؟

كلفة تشغيل مصباح 60 W = (0.0600 kW)(1.0×10³ h)(0.12 ريال /kWh)) = 7.20 ريال

كلفة تشغيل مصباح 55 W = (0.055 kW)(1.0×10³ h)(0.12 ريال /kWh))= 6.60 ريال

الفرق في الكلفة (التوفير) = 7.20 ريال − 6.60 ريال = 0.60 ريال

c. هل يعود التوفير في الكلفة إلى ارتفاع كفاءة المصابيح، أو بسبب استعداد المستهلكين لقبول انخفاض الضوء الناتج؟

يعود التوفير في الاستهلاك إلى رغبة المستهلكين لقبول الانخفاض في الضوء الناتج.

14. ما معامل انخفاض فقد القدرة الكهربائية I^2R في الأسلاك عند نقل الطاقة الكهربائية من 220 V إلى 20 kV؟ علمًا بأن معدل انتقال الطاقة بقي نفسه.

القدرة المطلوب نقلها هي نفسها، أما التيار فسيقل بالمعامل نفسه الذي ارتفع فيه الجهد أي 10^2؛ لذا فسيكون فقد القدرة الكهربائية I^2R منخفضًا بالمعامل 10^4؛ بسبب تربيع التيار في معادلة القدرة.

15. فاتورة الاستخدامات الكهربائية المتعددة لمنزل هي 1245 kWh خلال 30 يومًا. فما متوسط القدرة المستهلكة خلال هذه تلك الفترة؟

$$P = \frac{E}{t} = \left(\frac{1.245\times10^6\ \text{Wh}}{30\ \text{d}}\right)\left(\frac{1\ \text{d}}{24\ \text{h}}\right)$$
$$= 2\times10^3\ \text{W}$$

ملحق مسائل الفصل 4

1. وصِلت المقاومتان Ω 47 وΩ 82 في دائرة توالٍ كهربائية ببطارية جهدها V 90. ما مقدار مقاومة ثالثة R_3 توصل في الدائرة على التوالي؛ لينخفض تيار الدائرة إلى mA 350؟

$$I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R}$$

$$R = \frac{V_{\text{مصدر}}}{I}$$

$$= \frac{90\ \text{V}}{0.350\ \text{A}} = 257\ \Omega$$

المقومات المتصلة على التوالي: $R = R_1 + R_2 + R_3$

$$R_3 = R - R_1 - R_2$$

$$= 257\ \Omega - 47\ \Omega - 82\ \Omega$$

$$= 128\ \Omega$$

2. مـا أقل عدد من المقاومـات المتصلة على التوالي ذات المقدار Ω 100.0، بحيث لا يزيد تيار الدائرة عن 10.0 mA عند وصل تلك المقاومات ببطارية جهدها V 12.0؟

حيث: $I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R}$ $I \le 0.0100\ \text{A}$

اعتبـر أن عـدد المقاومـات التي مقدارها 100 يسـاوي n وعليه تكون المقاومة المكافئة في دائرة التوالي:

$$R = 100.0n$$

$$0.0100\ \text{A} \ge \frac{12.0\ \text{V}}{R}$$

$$0.0100\ \text{A} \ge \frac{12.0\ \text{V}}{100.0n}$$

$$n \ge \frac{12.0\ \text{V}}{(0.0100)(100.0)} = 12.0$$

يجب أن يكون عدد المقاومات لا يقل عن 12 مقاومة.

3. مولد كهربائـي مقاومته Ω 120.0 موصول على التوالي مع المقاومات Ω 100.0 و Ω 400.0 و Ω 700.0.

a. ما مقدار التيار الذي يتدفق في الدائرة؟

$$I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R} = \frac{120.0\ \text{V}}{100.0\ \Omega + 400.0\ \Omega + 700.0\ \Omega}$$

$$= 0.1000\ \text{A}$$

b. ما الهبوط في الجهد عبر المقاومة Ω 400.0؟

$$V_{400.0\,\Omega} = IR_{400.0\,\Omega} = (0.1000\ \text{A})(400.0\ \Omega) = 40.00\ \text{V}$$

4. أثبت أن القدرة الكلية المبدّدة عبر المقاومات المتصلة علـى التوالي في دائرة كهربائية تعطى بالعلاقة $P = I^2R$، حيث R المقاومة المكافئة في الدائرة.

القـدرة الكلية المبدّدة تسـاوي مجموع القـدرة المبدّدة عبر جميع المقاومات.

$$P = P_1 + P_2 + \dots$$

$$= I^2R_1 + I^2R_2 + \dots$$

$$= I^2(R_1 + R_2 + \dots)$$

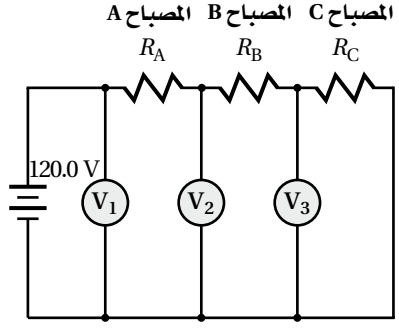
$$= I^2R$$

5. في تجربة كما في الشكل أدناه وصلت ثلاثة مصابيح متماثلة على التوالي ثم وصلت بمصدر للجهد مقداره V 120.0. وعندمـا أغلق المفتاح أضاءت جميع المصابيح، ولكن عندما أعيدت التجربة في اليوم التالي أضاء المصباحان A وB إضاءة أكثر من عادية، ولكن المصباح C بقي معتمًا، أستخدم فولتمتر لقياس فرق الجهد في الدائرة كما يظهر في الشكل، وكانت قراءات الفولتمتر كما يلي:

$V_1 = 120.0\ \text{V}$

$V_2 = 60.0\ \text{V}$

$V_3 = 0.0\ \text{V}$



a. ماذا حدث في هذه الدائرة؟

أحدثَ المصباح C دائرة قصر من خلال قاعدته، وعندها لم يمر تيار خلال فتيله بقي معتمًا، ودائرة القصر هذه عملت كمقاومة صفرية فسمحت لتيار الدائرة بالتدفق، ودلت القياسات المتوفرة لفرق الجهد على وجود هبوط في الجهد عبر المصباحين الآخرين.

b. فسر لماذا أضاء كل من المصباحين A وB أكثر من العادي؟

لأن الهبوط في الجهد عبر كل من المصباحين ازداد من $\frac{120.0\text{ V}}{3} = 40.00\text{ V}$ إلى $\frac{120.0\text{ V}}{2} = 60.00\text{V}$، وبالتالي ازدادت القدرة المبدّدة $P=\frac{V^2}{R}$ عبر كل من المصباحين بسبب ازدياد V.

c. هل يكون التيار المتدفق الآن في الدائرة أكبر أم أقل؟

يكون تدفق التيار في الدائرة أكبر، لأن المقاومة المكافئة للمقاومتين ودائرة القصر أقل من المقاومة المكافئة للمقاومات الثلاث، وهذا الخفض في المقاومة المكافئة أدى إلى زيادة التيار.

6. سلك من مصابيح الزينة يتكون من 25 مصباح متماثل موصولة على التوالي، كل مصباح يبدّد 1.00 W عندما يتصل السلك بمقبس 125 V.

a. ما القدرة التي يجب أن يزود بها مصدر الـ 125 V؟

$$P = (25\text{ مصباح})(1.00\text{ W/مصباح})$$

$$= 25.0\text{ W}$$

b. ما المقاومة المكافئة للدائرة؟

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(125\text{ V})^2}{25.0\text{ W}} = 625\ \Omega$$

c. ما مقاومة كل مصباح؟

بما أن المصابيح متصلة على التوالي:

$$R_{\text{مصباح}} = \frac{R}{25} = \frac{625\ \Omega}{25} = 25.0\ \Omega$$

d. ما الهبوط في الجهد عبر كل مصباح؟

بما أن المصابيح متصلة على التوالي:

$$V_{\text{مصباح}} = \frac{V}{25} = \frac{125\text{ V}}{25} = 5.00\text{ V}$$

7. وصلت مقاومتان معًا على التوالي، ثم وصلتا ببطارية جهدها 12.0 V، فكان الهبوط في الجهد عبر أحد المقاومتين يساوي 5.5 V.

a. ما الهبوط في الجهد عبر المقاومة الأخرى؟

12.0 V − 5.5 V = 6.5 V

b. إذا كان التيار في الدائرة 5.0 mA. فما مقدار كل من المقاومتين؟

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R_1 = \frac{5.5\text{ V}}{0.0050\text{ A}} = 1100\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{6.5\text{ V}}{0.0050\text{ A}} = 1300\ \Omega$$

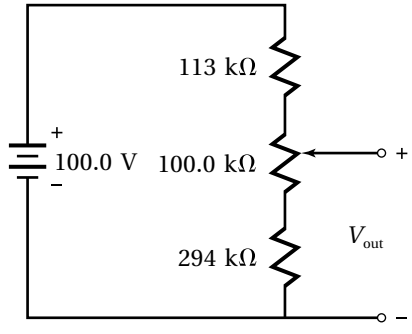
8. إذا كانت مواصفات المقاومتين في المسألة 7 تشير إلى أن القيّم الحقيقية لأيٍّ منهما قد يكون مختلف عن القيمة الأسمية المسجلة عليها، فإذا كان المدى المحتمل للقيم الحقيقية لهاتين المقاومتين كالآتي: $1050\Omega \le R_1 \le 1160\ \Omega$ و $1240\Omega \le R_2 \le 1370\ \Omega$. فما القيم الصغرى والعظمى للهبوط في الجهد عندما تكون قيمته الأسمية 5.5 V؟

بعمل جدول كالجدول أدناه؛ لتحديد القيم الصغرى والكبرى للمقاومتين، وبعدها يُحسب الهبوط في الجهد من العلاقة: $V = 12R_1/R_1 + R_2$.

مقاومة R_1 kΩ	مقاومة R_2 kΩ	الهبوط في المقاومة (V)
1.05	1.24	5.5
1.05	1.37	5.2
1.16	1.24	5.8
1.16	1.37	5.5

ومن الجدول يستنتج أن مدى الهبوط في الجهد من 5.2 V إلى 5.8 V.

9. دائرة مجزئ جهد تتكون من مجزئ جهد كالمبين أدناه، ومن مقاومتين ثابتتين هما 113 Ω و 294 Ω، ومدى مقاومة مجزئ الجهد يتراوح بين 0.0 و 100.0 Ω.



a. ما الجهد الناتج $V_{\text{ناتج}}$ عندما تكون مقاومة مجزئ الجهد موضوعة عند أدنى قيمة لها 0.0 Ω؟

$$V_{\text{ناتج}} = V_{\text{أدنى}}$$

$$= \left(\frac{294\ \text{k}\Omega}{294\ \text{k}\Omega + 100\ \text{k}\Omega + 113\ \text{k}\Omega}\right)(100.0\ \text{V})$$

$$= 58.0\ \text{V}$$

b. ما الجهد الناتج $V_{\text{ناتج}}$ عندما تكون مقاومة مجزئ الجهد موضوعة عند أعلى قيمة لها 100.0 Ω؟

$$V_{\text{ناتج}} = V_{\text{أعلى}}$$

$$= \left(\frac{294\ \text{k}\Omega + 100\ \text{k}\Omega}{294\ \text{k}\Omega + 100\ \text{k}\Omega + 113\ \text{k}\Omega}\right)(100.0\ \text{V})$$

$$= 77.7\ \text{V}$$

c. ما نسبة التغير في إعدادات مجزئ الجهد المطلوبه لقياس $V_{\text{ناتج}}$ عند 65.0 V بدقة؟

الإعداد المطلوب هو نفسه كالنسبة بين الجهد من $V_{\text{أدنى}}$ إلى 65.0 V إلى مدى الجهد الكلي المتوفر.

$$\frac{(65.0\ \text{V}) - V_{\text{أدنى}}}{V_{\text{أعلى}} - V_{\text{أدنى}}} = \frac{65.0\ \text{V} - 58.0\ \text{V}}{77.7\ \text{V} - 58.0\ \text{V}} \times 100\%$$

$$= 35.5\%$$

10. مصباحان قدرة الأول 25.0 W وقدرة الآخر 75.0 W، متصلان على التوازي مع مصدر جهده 125 V.

a. أي من المصباحين أكثر سطوعًا؟

يبدّد المصباح الذي قدرته 75.0 W قدرة أكبر؛ لذا يكون أكثر سطوعًا.

b. ما مقاومة التشغيل لكل منهما؟

بما أن المصابيح متصلة على التوازي، ففرق الجهد يكون نفسه عبر كل منهما.

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$R = \frac{V^2}{P}$$

$$R_{75} = \frac{(125\ \text{V})^2}{75.0\ \text{W}} = 208\ \Omega$$

$$R_{25} = \frac{(125\ \text{V})^2}{25.0\ \text{W}} = 625\ \Omega$$

c. إذا وصل المصباحان على التوالي فما القدرة المبددة في كل منهما عندئذٍ؟

التيار في الدائرة الآن يكون:

$$I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R} = \frac{V}{R_{25} + R_{15}} = \frac{125\ \text{V}}{833\ \Omega} = 0.150\ \text{A}$$

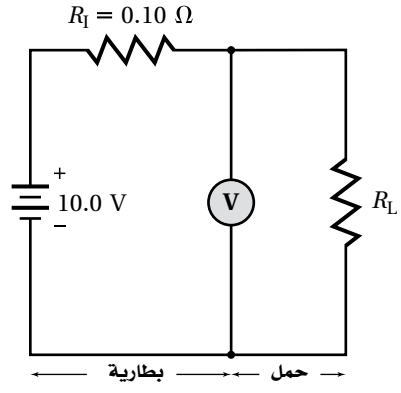
القدرة المبدّدة عبر كل مصباح:

$$P_{75} = I^2R_{75} = (0.150\ \text{A})^2(208\ \Omega) = 4.68\ \text{W}$$

$$P_{25} = I^2R_{25} = (0.150\ \text{A})^2(625\ \Omega) = 14.1\ \text{W}$$

المصباح الذي قدرته 25 W يكون في هذه الحالة أكثر سطوعًا.

11. بطارية جهدها 10.0 V لها مقاومة داخلية مقدارها 0.10 Ω، يمكن تمثيلها بمقاومة متصلة على التوالي مع البطارية كما في الشكل أدناه.



a. اشتق علاقة بين الهبوط في جهد البطارية V كدالة في التيار I.

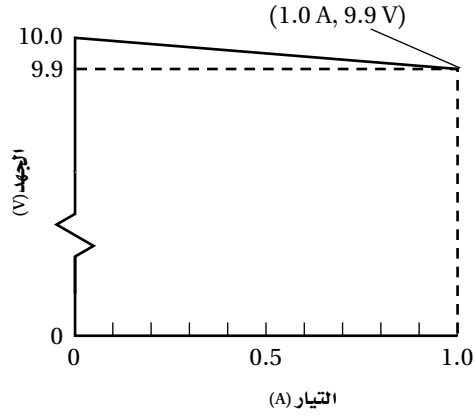
جهد البطارية = مجموع الهبوط في الجهد

$$10.0 = IR_I + V$$

$$V = 10.0 - IR_I$$

$$= 10.0 - 0.10I$$

b. ارسم رسمًا بيانيًّا العلاقة بين فرق الجهد والتيار عندما يكون مدى التيار من 0.0 إلى 1.0 A.



c. ما مقدار المقاومة التي تستبدل بها مقاومة الحمل R_L بين قطبي البطارية لتعطي تيارًا مقداره 1.0 A؟

$$I = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R} = \frac{V_{\text{مصدر}}}{R_I + R_L}$$

$$R_L = \frac{V_{\text{مصدر}}}{I} - R_I$$

$$= \frac{10.0\ \text{V}}{1.0\ \text{A}} - 0.10\ \Omega$$

$$= 9.9\ \Omega$$

d. كيف تختلف علاقة $I-V$ في حالة إذا ما كان مصدر الجهد مثالي؟

يعطي مصدر الجهد المثالي فرق جهد محدد وثابت بغض النظر عن التيار المسحوب منه.

12. اثبت أن القدرة المبدّدة في المقاومات المتصلة على التوازي تُعطى بالعلاقة $P = \frac{V^2}{R}$. حيث R المقاومة المكافئة.

المجموع الكلي للقدرة المبدّدة تساوي مجموع القدرة المبدّدة عبر كل مقاومة.

$$P = P_1 + P_2 + \ldots$$

$$= \frac{V^2}{R_1} + \frac{V^2}{R_2} + \ldots$$

$$= V^2\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots\right)$$

$$= \frac{V^2}{R}$$

13. يتكون سلك مصابيح زينة من 10 مصابيح، ولكل منها مقاومة تساوي 200.0 Ω، وهي مجهزة بمصابيح خاصة تشكّل دائرة قصر عندما يزداد الهبوط في الجهد فيها ليصل إلى جهد الخط ويحدث ذلك عندما يحترق فتيل أحد المصابيح. ويوصل طرفي سلك المصابيح بمقبس التيار المنزلي عند جهد 120.0 V، وتُحمى هذه المصابيح بمنصهر يتحمل لغاية 250.0 mA. فما عدد المصابيح عندئذٍ التي تفشل في الإضاءة دون أن يحترق المنصهر؟

يعمل سلك مصابيح الزينة مادام التيار أقل من 250.0 mA .

$$I = \frac{V}{R}$$

$$0.250\ \text{A} \geq \frac{V}{nR_{\text{المصباح}}}$$

$$0.250\ \text{A} \geq \frac{120\ \text{V}}{(n)(200.0\ \Omega)}$$

$$n \geq \frac{120\ \text{V}}{(0.250\ \text{A})(200.0\ \Omega)}$$

$$n \geq 2.4$$

أي يعمل السلك عندما تضيء ثلاثة مصابيح على الأقل، أو لا يضيء أكثر من 7 مصابيح.

14. وصل مصباح قدرته 60.0 W بمصباح قدرته 75.0 W على التوالي مع مصدر جهده 120 V.

a. ما المقاومة المكافئة للدائرة؟

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$R = \frac{V^2}{P}$$

$$= \frac{(120\ \text{V})^2}{60.0\ \text{W} + 75.0\ \text{W}}$$

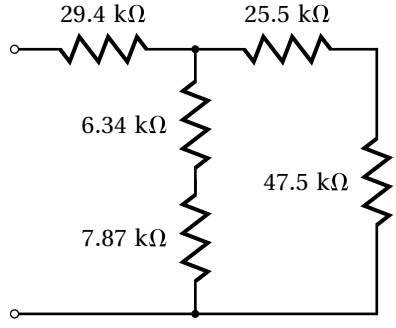
$$= 1.1 \times 10^2\ \Omega$$

b. إذا وصل مجفف شعر قدرته 1875 W الآن على التوازي مع المصباحين. فما المقاومة المكافئة الجديدة للدائرة؟

$$R = \frac{V^2}{P}$$

$$= \frac{(120\ \text{V})^2}{60.0\ \text{W} + 75.0\ \text{W} + 1875\ \text{W}} = 7.2\ \Omega$$

15. مـا المقاومـة المكافئـة لمجموعـة المقاومة في شـبكة المقاومات في الشكل أدناه؟



$$R_1 = 29.4\ \text{k}\Omega$$

$$R_{2,3} = 6.34\ \text{k}\Omega + 7.87\ \text{k}\Omega$$

$$= 14.21\ \text{k}\Omega$$

$$R_{4,5} = 25.5\ \text{k}\Omega + 47.5\ \text{k}\Omega$$

$$= 73.0\ \text{k}\Omega$$

$$\frac{1}{R_{\text{توازي}}} = \frac{1}{R_{2,3}} + \frac{1}{R_{4,5}} = \frac{1}{14.21\ \text{k}\Omega} + \frac{1}{73.0\ \text{k}\Omega}$$

$$R_{\text{توازي}} = 11.9\ \text{k}\Omega$$

$$R = R_1 + R_{\text{توازي}} = 29.4\ \text{k}\Omega + 11.9\ \text{k}\Omega$$

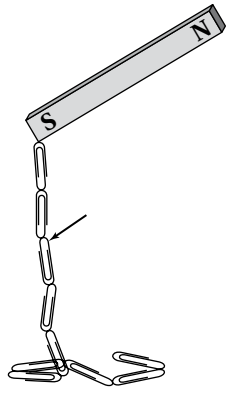
$$= 41.3\ \text{k}\Omega$$

ملحق مسائل الفصل 5

1. يشبه المجال المغناطيسي الأرضي المجال المغناطيسي لقضيب مغناطيسي، إذ يُستخدم القطب الشمالي لإبرة البوصلة في الملاحة البحرية، وعمومًا فهذا القطب يتجه نحو الشمال الجغرافي. فما هو القطب المغناطيسي الأرضي الذي تتجه نحوه إبرة البوصلة؟

القطب المغناطيسي الجنوبي للأرض.

2. يستخدم المغناطيس لجمع بعض مشابك الورق المبعثرة. فما هو القطب المغناطيسي المشار إليه بسهم في نهاية مشبك الورق في الشكل؟



القطب الشمالي

3. حول صالح مفك براغي إلى مغناطيس عن طريق دلكه بقضيب مغناطيسي قوي، بغرض التقاط برغي سقط في مكان يصعب الوصول إليه. فكيف يمكنه جعل المفك يفقد مغناطيسيته بعد حصوله على البرغي؟

يمكنه أن يُسقط المفك من مكان مرتفع، أو يسخنه، أو يضربه بمطرقة، أو بأي بطريقة أخرى تعمل على جعل المناطق المغناطيسية عشوائية الترتيب.

4. سلك طويل يحمل تيارًا من الغرب إلى الشرق. وضعت بوصلة فوق السلك.

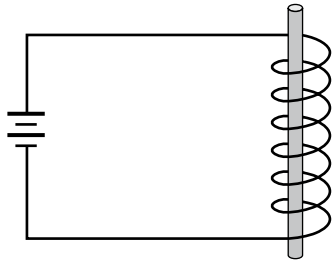
a. أي اتجاه يشير إليه القطب الشمالي للبوصلة؟

الجنوب.

b. عندما تنقل البوصلة إلى أسفل السلك، فأي اتجاه يشير إليه القطب الشمالي لها؟

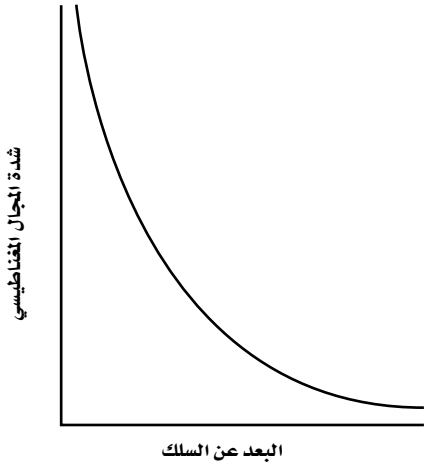
الشمال

5. بالاعتماد على المغناطيس الكهربائي في الشكل أدناه. ما المكونات التي يمكنك تغييرها لزيادة أو خفض قوة المغناطيس الكهربائي؟ وضّح إجابتك.



يمكن زيادة قوة المغناطيس الكهربائي بزيادة فرق جهد المصدر الذي يعمل عليه، أو زيادة عدد لفات ملفه، أو إضافة قلب حديدي له. يمكن خفض قوة المغناطيس الكهربائي بخفض فرق جهد المصدر الذي يعمل عليه، أو تقليل عدد لفات ملفه، أو جعل قلب الملف فارغ أو فيه مادة غير مغناطيسية.

6. ارسم رسمًا بيانيًّا العلاقة بين شدة المجال المغناطيسي حول سلك مستقيم يحمل تيارًا، والمسافة عن السلك.



هذا الرسم البياني هو من النوع $y=1/x$، حيث يمثل محور y شدة المجال المغناطيسي، في حين يمثل المحور x البعد عن السلك.

تابع الفصل 5

7. سلك يحمل تيارًا مقداره 1.4 A، تأثر بمجال مغناطيسي مقداره 0.86 T، فكانت القوة المؤثرة فيه 13 N . فما طول السلك؟

$$F = ILB$$

$$L = \frac{F}{IB} = \frac{13\ \text{N}}{(1.4\ \text{A})(0.86\ \text{T})} = 11\ \text{m}$$

8. أثر مجال مغناطيس مقداره 6.0 T في سلك من النحاس طوله 0.32 m، ويحمل تيارًا مقداره 1.8 A، وبالكاد منع المجال المغناطيسي سلك النحاس من السقوط نحو الأرض. فما كتلة السلك؟

$$F = ILB = mg$$

$$m = \frac{ILB}{g} = \frac{(1.8\ \text{A})(0.32)(6.0\ \text{T})}{9.80\ \text{m/s}^2} = 0.35\ \text{kg}$$

9. أثر مجال مغناطيسي مقداره 0.56 T بقوة مغناطيسية مقدارها 1.1 N في قطعة سلك طولها 21 cm. فما مقدار التيار الذي تحمله؟

$$I = \frac{LB}{F} = \frac{1.1\ \text{N}}{(0.21\ \text{m})(0.56\ \text{T})} = 9.4\ \text{A}$$

10. تتحرك جسيمات ألفا (جسيمات تحتوي بروتونين ونيوترونين ولا يوجد بها إلكترونات) عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته 47μT بسرعة 36 cm/s. ما مقدار القوة المؤثرة في كل جسيم؟

$$F = qvB$$

$$= (3.20\times10^{-19}\ \text{C})(0.36\ \text{m/s})\ (4.7\times10^{-5}\ \text{T})$$

$$= 5.4\times10^{-24}\ \text{N}$$

11. أثر مجال مغناطيسي بقوة مقدارها 7.1×10^{-12} N في عدد من ايونات Al^{+3}(أيونات فقد كل منها ثلاث إلكترونات) المتحركة بسرعة 430 km/s عموديًّا على المجال المغناطيسي. فما مقدار المجال المؤثر؟

$$B = \frac{F}{qv} = \frac{7.1\times10^{-12}\ \text{N}}{(4.80\times10^{-19}\ \text{C})(4.3\times10^{5}\ \text{m/s})} = 34\ \text{T}$$

12. يتحرك عدد من الإلكترونات عموديًّا على مجال مغناطيسي شدته 6.2×10^{-1} T ، فأثر فيها بقوة 8.3×10^{-13} N. فما سرعة الإلكترونات؟

$$v = \frac{F}{qB} = \frac{8.3\times10^{-13}\ \text{N}}{(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(6.2\times10^{-1}\ \text{T})} = 8.4\times10^{6}\ \text{m/s}$$

ملحق مسائل الفصل 6

1. يتحرك سلك طوله 72 cm داخل مجال مغناطيسي مقداره 1.7×10^{-2} T بزاوية 72° مع اتجاه المغناطيسي، فيتولّد فيه قـوة دافعة كهربائية حثيـة *EMF* مقدارها 1.2 mV. فما سرعة السلك؟

$$v = \frac{EMF}{LB\sin\theta}$$

$$= \frac{1.2\times10^{-3}\ \text{V}}{(0.72\ \text{m})(1.7\times10^{-2}\ \text{T})(\sin 72^\circ)}$$

$$= 0.10\ \text{m/s}$$

2. يتحرك سـلك طوله 14.2 m بسرعة 3.12 m/s عموديًا على مجال مغناطيسي مقداره 4.21 T.

a. ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية *EMF* المتولدة فيه؟

$$EMF = BLv\sin\theta$$

$$= (4.21\ \text{T})(14.2\ \text{m})(3.12\ \text{m/s})(\sin 90.0^\circ)$$

$$= 187\ \text{V}$$

b. افترض أن مقاومة السلك تساوي 0.89 Ω، فما مقدار التيار المار فيه؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{187\ \text{V}}{0.89\ \Omega} = 2.1\times10^{2}\ \text{A}$$

3. يتحرك سـلك مسـتقيم طولـه 3.1 m ومقاومته 3.1 Ω، داخل مجال مغناطيسي مقداره 4.1 T بزاوية 29° مع اتجاه المغناطيسي، بسرعة 26 cm/s. فما مقدار التيار الحثي المتولّدة فيه؟

$$EMF = BLv\sin\theta$$

$$= (4.1\ \text{T})(3.1\ \text{m})(0.26\ \text{m/s})(\sin 29^\circ)$$

$$= 1.6\ \text{V}$$

$$I = \frac{EMF}{R} = \frac{1.6\ \text{V}}{3.1\ \Omega} = 0.52\ \text{A}$$

4. يزود مولّدٌ سلكًا مقاومته 0.86 Ω بتيار فعّال مقداره 75.2 A.

a. ما مقدار الجهد الفعال؟

$$V_{\text{فعّال}} = I_{\text{فعّال}} R = (75.2\ \text{A})(0.86\ \Omega) = 65\ \text{V}$$

b. ما مقدار القيمة العظمى للجهد؟

$$V_{\text{عظمى}} = \sqrt{2}\, V_{\text{فعّال}} = (\sqrt{2})(65\ \text{V}) = 92\ \text{V}$$

5. ما قيمة الجهد الفعال في قابس كهرباء منزلي، إذا كانت القيمة العظمى للجهد 125 V؟

$$V_{\text{فعّال}} = 0.707\, V_{\text{عظمى}}$$

$$= 0.707 \times 125 = 89\ \text{V}$$

6. القيمة العظمى للجهد في قابس كهرباء 170 V.

a. ما مقدار الجهد الفعّال؟

$$V_{\text{فعّال}} = 0.707\, V_{\text{عظمى}}$$

$$= 170\ \text{V} \times 0.707 = 120\ \text{V}$$

b. ما التيار الفعّال الذي يزود مقاومة 11 Ω؟

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120\ \text{V}}{11\ \Omega} = 11\ \text{A}$$

7. محـول رافع عدد لفات ملفـه الابتدائي 152 لفة، وعدد لفات ملفه الثانوي 3040 لفة، فإذا وصل الملف الابتدائي بجهد قيمته العظمى 98 V.

a. ما الجهد الفعّال للملف الابتدائي؟

$$V_{\text{فعّال}} = 0.707\, V_{\text{عظمى}}$$

$$= 98\ \text{V} \times 0.707 = 96\ \text{V}$$

b. ما الجهد الفعّال للملف الثانوي؟

$$V_2 = \frac{n_2}{n_1} V_1 = \left(\frac{3040}{152}\right)(69\ \text{V}) = 1.4\ \text{kV}$$

8. محول خافض عدد لفات ملفه الإبتدائي 9000 لفة، وعدد لفـات ملفه الثانـوي 150 لفة، فإذا كانت القـوة الدافعة الكهربائيـة الحثيـة *EMF* في ملفـه الابتدائي 16 V. فما مقدار الجهد في الملف الثانوي؟

$$V_2 = \frac{n_2}{n_1} V_1 = \left(\frac{150}{9000}\right)(16\text{ V}) = 0.27\text{ V}$$

9. محـول عدد لفات ملفـه الإبتدائي124 لفة، وعدد لفات ملفه الثانوي18600 لفة.

a. هل المحول رافع أم خافض؟

محول رافع

b. إذا كان الجهد الفعال في الملف الثانوي 3.2 kV، فما قيمة العظمى للجهد الذي يزود الملف الابتدائي؟

$$V_{1,\text{فعّال}} = \frac{n_1}{n_2} V_{2,\text{فعّال}} = \left(\frac{124}{186000}\right)(3.2\text{ kV}) = 21\text{ V}$$

$$V_{1,\text{عظمى}} = \frac{V_{\text{فعّال}}}{0.707} = \frac{21\text{ V}}{0.707} = 30\text{ V}$$

ملحق مسائل الفصل 7

1. عبـرت حزمـة مـن أيونات الفلور الأحادية التكافؤ (–1) خلال مجال مغناطيسـي مقـداره $2.5\times10^{-3}\ \mathrm{T}$، دون انحراف نتيجة اتـزان تأثيـر المجال المغناطيسـي على الحزمـة بفعل مجال كهربائي مقداره $3.5\times10^{3}\ \mathrm{V/m}$. فـإذا كانت كتلة ذرة الفلور 19 مرة قدر كتلة البروتون.

a. ما مقدار سرعة أيونات الفلور؟

يتزن كل من المجالين الكهربائي والمغناطيسي مع الآخر.

$$Bqv = Eq$$

$$v = \frac{E}{B} = \frac{3.5\times10^{3}\ \mathrm{V/m}}{2.5\times10^{-3}\ \mathrm{T}}$$

$$= 1.4\times10^{6}\ \mathrm{m/s}$$

b. إذا أغلق تأثير المجال الكهربائي، فما نصف قطر المسار الدائري الذي تسلكه الأيونات؟

تعمل القوة المغناطيسية في هذه الحالة كقوة مركزية.

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

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

$$= \frac{(19)(1.67\times10^{-27}\ \mathrm{kg})(1.4\times10^{6}\ \mathrm{m/s})}{(1.60\times10^{-19}\ \mathrm{C})(2.5\times10^{-3}\ \mathrm{T})}$$

$$= 110\ \mathrm{m}$$

2. يتحرك إلكترون عموديًا على المجال المغناطيسـي الأرضي بسـرعة $1.78\times10^{6}\ \mathrm{m/s}$. فإذا كانت شـدة المجال المغناطيسـي الأرضي $5.00\times10^{-5}\ \mathrm{T}$، فما نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الإلكترون؟

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

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

$$= \frac{(9.11\times10^{-31}\ \mathrm{kg})(1.70\times10^{6}\ \mathrm{m/s})}{(5.0\times10^{-5}\ \mathrm{T})(1.60\times10^{-19}\ \mathrm{C})}$$

$$= 0.203\ \mathrm{m}$$

3. دخل بروتون عموديًا على مجال مغناطيسـي بسـرعة $3.98\times10^{4}\ \mathrm{m/s}$، فسـلك مسـارًا دائريًا قطره $4.12\ \mathrm{cm}$. فإذا كانت كتلة البروتون $1.67\times10^{-27}\ \mathrm{kg}$. ما مقدار شدة المجال المغناطيسي المؤثر؟

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

$$B = \frac{mv}{rq}$$

$$= \frac{(1.67\times10^{-27}\ \mathrm{kg})(3.98\times10^{4}\ \mathrm{m/s})}{(2.06\times10^{-2}\ \mathrm{m})(1.60\times10^{-19}\ \mathrm{C})} = 2.02\times10^{-2}\ \mathrm{T}$$

4. يحلل مطياف كتلة حزمة من أيونات الكالسيوم ثنائية التأين (2+). فإذا كانت: $B = 4.5\times10^{-3}\ \text{T}$، و$r = 0.125\ \text{m}$، وكتلة أيون الكالسيوم $6.68\times10^{-26}\ \text{kg}$. فما فرق الجهد الذي يعمل عليه المطياف؟

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

$$V = \frac{qB^2r^2}{2m}$$

$$= \frac{(3.20\times10^{-19}\ \text{C})(4.5\times10^{-3}\ \text{T})^2(0.125\ \text{m})^2}{(2)(6.68\times10^{-26}\ \text{kg})}$$

$$= 0.76\ \text{V}$$

5. سرعة الضوء في الزجاج التاجي $1.97\times10^{8}\ \text{m/s}$ ، فما مقدار ثابت العزل الكهربائي للزجاج التاجي؟

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

$$K = \left(\frac{c}{v}\right)^2 = \left(\frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{1.97\times10^{8}\ \text{m/s}}\right)^2 = 2.32$$

6. ثابت العزل الكهربائي للألماس 6.00. فما سرعة الضوء فيه؟

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

$$= \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{\sqrt{6.00}}$$

$$= 1.22\times10^{8}\ \text{m/s}$$

7. يعمل مطياف الكتلة على فصل النظائر المختلفة التي تدخل فيه إلى مسارات دائرية ذات أنصاف أقطار مختلفة. فيُستخدم لتنقية عينة من خليط اليورانيوم 235 و اليورانيوم238 .افترض أن $B = 5.00\times10^{-3}\ \text{T}$، و$V = 55.0\ \text{V}$، وكل من نظيريّ اليورانيوم خماسي التأين (5+)، وكتلة اليوارنيوم−235 تساوي 235 مرة قدر كتلة البروتون، وكتلة اليوارنيوم −238 تساوي 238 مرة قدر كتلة البروتون. فما المسافة التي يفصل بها مطياف الكتلة بين النظيرين؟

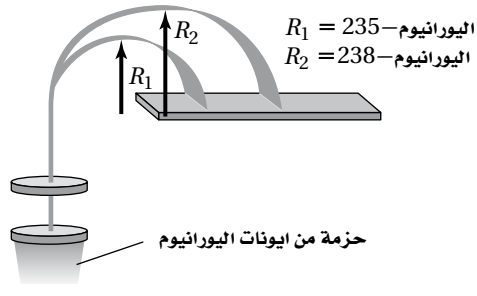
$$\frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2r^2}$$

$$r_{\text{U 235}} = \sqrt{\frac{2Vm}{qB^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{(2)(55.0\ \text{V})(235)(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})}{(5)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(5.00\times10^{-3}\ \text{T})^2}} = 1.47\ \text{m}$$

$$r_{\text{U 238}} = \sqrt{\frac{2Vm}{qB^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{(2)(55.0\ \text{V})(238)(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})}{(5)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(5.00\times10^{-3}\ \text{T})^2}} = 1.48\ \text{m}$$



المسافة الفاصلة $= r_{\text{U 238}} - r_{\text{U 235}} = 1.48\ \text{m} - 1.47\ \text{m} = 0.01\ \text{m}$

8. يستخدم مطياف الكتلة عادة في التأريخ الكربوني، وذلك بتحديد نسبة نظير الكربون14 إلى نظير الكربون −12 في العينة الحيوية، وتستخدم هذه النسبة لتقدير الفترة الزمنية التي مرت على موت الكائن الحي. ولأن مطياف الكتلة حساس للنسبة

بين الشـحنة والكتلة، فمن الممكن لجسـيمات ملوثة لعينة الكربون من تغيير القيمة المقيسـة لنسبة $\frac{C14}{C12}$، وبالتالي تؤدي إلى نتائـج خاطئـة. فعندما يتأين C 14 فإنه يشـكل أيـون رباعي (+4)، وكتلة C 14 هي 14 مرة من كتلـة البروتون. وإذا اعتبرنا أن الجسيمات الملوثة هي الليثيوم. وأن نظير الليثيوم الأكثر شيوعًا له كتلة تساوي سبع مرات من كتلة بالبروتون، فما هي شحنة أيون الليثيوم التي يجب أن يمتلكها لتلويث الكربون −14 في التجربة؟

$$\frac{q_C}{m_C} = \frac{2v}{B^2r^2} = \frac{q_{Li}}{m_{Li}}$$

$$q_{Li} = q_C \frac{m_C}{m_{Li}}$$

$$= (+4)\left(\frac{7m_p}{14\,m_p}\right)$$

$$= +2$$

9. ما الطول الموجي لموجات راديو ترددها 90.7 MHz؟

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

$$= \frac{3.00\times 108\ \text{m/s}}{90.7\times 10^6\ \text{Hz}}$$

$$= 3.31\ \text{m}$$

10. ما تردد موجات ميكروويف الطول الموجي لها 3.27 mm؟

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

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

$$= \frac{3.00\times 10^8\ \text{m/s}}{3.27\times 10^{-3}\ \text{m}}$$

$$= 9.17\times 10^{10}\ \text{Hz}$$

11. ما تردد موجات أشعة X الطول الموجي لها 1.00×10^{-10} m؟

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

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

$$= \frac{3.00\times 10^8\ \text{m/s}}{1.00\times 10^{-10}\ \text{m}}$$

$$= 3.00\times 10^{18}\ \text{Hz}$$

12. تمكن علماء الفيزياء في السنوات الأخيرة من إبطاء سرعة الضوء إلى 1.20 mm/s، وذلك بإمراره خلال مادة ما. فما ثابت العزل الكهربائي لهذه المادة؟

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

$$K = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

$$= \left(\frac{3.00 \times 10^8\ \text{m/s}}{1.20 \times 10^8\ \text{m/s}}\right)^2$$

$$= 6.25 \times 10^{22}$$

ملحق مسائل الفصل 8

1. إذا كانت الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المتحرر من خلية كهروضوئية $1.4 \times 10^{-18}\ \text{J}$. فما جهد الإيقاف للخلية الكهروضوئية؟

$$KE = -qV_0$$

$$V_0 = -\frac{KE}{q} = \frac{-1.4\times10^{-18}\ \text{J}}{-1.60\times10^{-19}\ \text{C}}$$

$$= 8.8\ \text{V}$$

2. جهد الإيقاف لخلية كهروضوئية 2.3 V. فما السرعة الابتدائية للإلكترون المتحرر من هذه الخلية الذي يوقفه هذا الجهد؟

$$KE = -qV_0 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{-2qV_0}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{-2(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})(2.3\ \text{V})}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}}$$

$$= 9.0\times10^{5}\ \text{m/s}$$

3. يتحرر إلكترون من خلية كهروضوئية بسرعة $8.7\times10^{5}\ \text{m/s}$. فما جهد الإيقاف اللازم لوقف هذا الإلكترون؟

$$KE = -qV_0 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$V_0 = -\frac{mv^2}{2q}$$

$$= \frac{-(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(8.7\times10^{5}\ \text{m/s})^2}{(2)(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})}$$

$$= 2.2\ \text{V}$$

4. يتمكن ضوء تردده $7.5 \times 10^{14}\ \text{Hz}$، من تحرير إلكترون من سطح فلز في خلية كهروضوئية تردد العتبة له $5.2\times10^{14}\ \text{Hz}$. فما جهد الإيقاف الذي يلزم لوقف هذا الإلكترون؟

$$KE = hf - hf_0$$

لذا فإنه $KE = -qV_0$

$$V_0 = -\frac{KE}{q} = \frac{-h(f - f_0)}{q} = \frac{-(6.626\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(7.5\times10^{14}\ \text{Hz} - 5.2\times10^{14}\ \text{Hz})}{-1.60\times10^{-19}\ \text{C}}$$

$$= 0.95\ \text{V}$$

5. اقتران الشغل لفلز 4.80 eV. هل يمكن لفوتون إشعاع فوق بنفسجي طول موجته 385 nm. أن يحرر إلكترونًا من هذا سطح الفلز؟

بداية نحسب طاقة الفوتون.

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

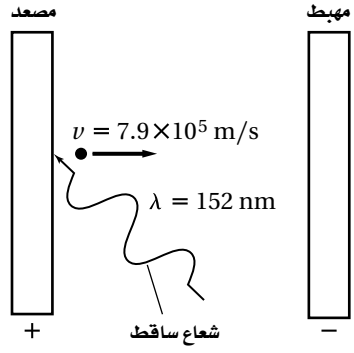
$$= \frac{1240\ \text{eV.nm}}{385\ \text{nm}}$$

$$= 3.22\ \text{eV}$$

ولتحرير إلكترون من سطح هذا الفلز، فان طاقة فوتون الإشعاع الساقط يجب أن تزيد عن اقتران الشغل للفلز. ولأن طاقة الفوتون الساقط 3.22 eV وهي أقل من اقتران الشغل؛ فلن يتحرر إلكترون من سطح الفلز.

6. عندما يضاء فلز بإشعاع طول موجته 152 nm فإن إلكترونًا يتحرر من سطح الفلز بسرعة 7.9×10^5 m/s، فما اقتران الشغل للفلز بوحدة eV للفلز؟

بداية نحسب طاقة الفوتون بالجول.



$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$= \frac{(6.626\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(2.998\times10^{8}\ \text{m/s})}{1.520\times10^{-7}\ \text{m}}$$

$$= 1.31\times10^{-19}\ \text{J}$$

بعد ذلك نحسب الطاقة الحركية :

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

$$= \frac{1}{2}(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(7.9\times10^{5}\ \text{m/s})^2$$

$$= 2.8\times10^{-19}\ \text{J}$$

$$KE = E - W$$

$$W = E - KE$$

$$= 1.31\times10^{-18}\ \text{J} - 2.8\times10^{-19}\ \text{J}$$

$$= 1.0\times10^{-18}\ \text{J}$$

$$= (1.0\times10^{-18}\ \text{J})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$

$$= 6.2\ \text{eV}$$

7. طول موجة دي برولي المصاحبة لإلكترون يتحرك بسرعة $9.6\times10^{5}\ \text{m/s}$ تساوي $7.6\times10^{-10}\ \text{m}$. فما كتلة الإلكترون؟

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

$$m = \frac{h}{\lambda v}$$

$$= \frac{6.626\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}{(7.6\times10^{-10}\ \text{m})(9.6\times10^{5}\ \text{m/s})}$$

$$= 9.1\times10^{-31}\ \text{kg}$$

8. ما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة لرجل كتلته 68 kg، ويتحرك بطاقة حركية 8.5 J؟

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

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

أي أن طول موجة دي برولي تحسب كالآتي:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{m}\sqrt{\frac{m}{2KE}}$$

$$= h(2mKE)^{-\frac{1}{2}}$$

$$= (6.626\times10^{34}\ \text{J/Hz})((2)(68\ \text{kg})(8.5\ \text{J}))^{-\frac{1}{2}}$$

$$= 1.9\times10^{-35}\ \text{m}$$

9. إذا كان طول موجة دي برولي المصاحبة لإلكترون $5.2\times10^{-10}\ \text{m}$. فما مقدار فرق الجهد الذي يحقق هذا الطول الموجي؟

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

$$v = \frac{h}{m\lambda}$$

و $KE = -qV_0 = \frac{1}{2}mv^2$

$$V_0 = -\frac{mv^2}{2q}$$

$$= \frac{-mh^2}{2q\lambda^2 m^2}$$

$$= \frac{h^2}{2q\lambda^2 m}$$

$$= \frac{(-6.626\times10^{34}\ \text{J/ Hz})^2}{(2)(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})(5.2\times10^{-10}\ \text{m})^2(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})}$$

$$= 5.6\ \text{V}$$

ملحق مسائل الفصل 9

1. ينتقل إلكترون ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة E_3 إلى مستوى الطاقة E_1. فما مقدار الطاقة التي تفقدها الذرة؟

$$E_n = -13.6\ \text{eV} \times \frac{1}{n^2}$$

$$\Delta E = E_1 - E_3$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2}\right)$$

$$= -12.1\ \text{eV}$$

2. فقد إلكترون ذرة الهيدروجين طاقة تساوي 3.02 eV عندما سقط إلى مستوى الطاقة E_2. فما مستوى الطاقة التي سقطت منه الذرة؟

$$\Delta E = E_f - E_i$$

$$-3.02\ \text{eV} = -13.6\left(\frac{1}{n_y^2} - \frac{1}{n_x^2}\right)$$

$$-3.02\ \text{eV} + 3.40\ \text{eV} = \frac{13.6\ \text{eV}}{n_x^2}$$

$$n_x = 6$$

3. أي من مستويات طاقة الهيدروجين يكون نصف قطره 7.63×10^{-9} m؟

$$r = \frac{n^2h^2}{4\pi^2Kmq^2}$$

$$n = \sqrt{\frac{4\pi^2Kmq^2r}{h^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{4\pi^2\,(9.0\times10^9\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})\,(1.60\times10^{-19}\ \text{C})^2(7.63\times10^{-9}\ \text{m})}{(6.626\times10^{-34}\ \text{J.s})^2}}$$

$$= 12$$

وبطريقة أخرى فإن: $r = r_0\,n^2$، حيث r_0 نصف قطر بور لذرة الهيدروجين ويساوي 530 nm.

$$n = \sqrt{\frac{r}{r_0}} = \sqrt{\frac{7.63\times10^{-9}\ \text{m}}{5.30\times10^{-11}\ \text{m}}} = \sqrt{144} = 12 \qquad \text{أي أن:}$$

4. ما تردد الفوتون المنبعث عندما يسقط إلكترون ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة E_4 إلى مستوى الطاقة E_1 ؟

$$\Delta E = E_1 - E_4$$
$$= (-2.17\times10^{-18}\,\text{J})\left(\frac{1}{1^2}\right) - \left((-2.17\times10^{-18}\,\text{J})\left(\frac{1}{4^2}\right)\right)$$
$$= 2.04\times10^{-18}\,\text{J}$$

$$E = hf$$
$$f = \frac{E}{h}$$
$$= \frac{2.04\times10^{-18}\,\text{J}}{6.626\times10^{-34}\,\text{J.s}}$$
$$= 3.06\times10^{14}\,\text{Hz}$$

5. ما الطول الموجي للفوتون الممتص عندما ينتقل إلكترون من مستوى الطاقة E_3 إلى مستوى الطاقة E_5 ؟

$$\Delta E = E_5 - E_3$$
$$= (-2.17\times10^{-18}\,\text{J})\left(\frac{1}{5^2}\right) - \left((-2.17\times10^{-18}\,\text{J})\left(\frac{1}{3^2}\right)\right)$$
$$= 1.54\times10^{-19}\,\text{J}$$

$$\Delta E = hf = \frac{hc}{d}$$
$$d = \frac{hc}{\Delta E}$$
$$= \frac{(6.626\times10^{-34}\,\text{J/s})(3.00\times10^{8}\,\text{m/s})}{1.54\times10^{-19}\,\text{J}}$$
$$= 1.29\times10^{6}\,\text{m}$$

6. إذا امتصت ذرة هيدروجين وهي في مستوى الاستقرار فوتونًا طول موجته 93 nm، ونتيجة لذلك انتقلت إلى أحد مستويات الإثارة، فما طاقة المستوى الذي انتقلت إليه؟

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$
$$= \frac{(6.626\times10^{-34}\,\text{J/s})(3.00\times10^{8}\,\text{m/s})}{9.3\times10^{-8}\,\text{J}}$$
$$= 2.14\times10^{-18}\,\text{J}$$
$$= (2.14\times10^{-18}\,\text{J})\left(\frac{1\,\text{eV}}{1.60\times10^{-19}\,\text{J}}\right)$$
$$= 13.3\,\text{eV}$$ طاقة ممتصة

$$E_f = E_i + \Delta E$$
$$= -13.6\,\text{eV} + 13.3\,\text{eV}$$
$$= -0.3\,\text{eV}$$

ملحق مسائل الفصل 10

1. لعنصر الأنديوم ثلاثة إلكترونات حرة في كل ذرة. استخدم ملحق الجداول، واحسب عدد الإلكترونات الحرة في 1 kg من الأنديوم.

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{kg}} = \left(\text{عدد free e}^- /\text{atom}\right)(N_A)\left(\frac{1}{M}\right)\left(\frac{1000\text{ g}}{1\text{ kg}}\right)$$

عوّض: $M = 114.82\text{ g/mol}$، $N_A = 6.02\times10^{23}\text{ atom/mol}$، $\text{عدد free e}^-/\text{atom} = 3\text{ free e}^-/1\text{ atom}$.

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{kg}} = \left(\frac{3\text{ free e}^-}{1\text{ atom}}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23}\text{ atoms}}{\text{mol}}\right)\left(\frac{1\text{ mol}}{114.82\text{ g}}\right)\left(\frac{1000\text{ g}}{1\text{ kg}}\right)$$

$$= 1.57\times10^{25}\text{ free e}^-/\text{kg}\ \text{للأنديوم}$$

2. لعنصر الكادميوم إلكترونان حران في كل ذرة. استخدم ملحق الجداول، واحسب عدد الإلكترونات الحرة في 1.0 dm^3 من Cd.

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{dm}^3} = \left(\text{عدد free e}^- /\text{atom}\right)(N_A)\left(\frac{1}{M}\right)(\rho)\left(\frac{1000\text{ g}}{1\text{ kg}}\right)$$

عوّض: $\text{عدد free e}^-/\text{atom} = 2\text{ free e}^-/1\text{ atom}$، $N_A = 6.02\times10^{23}\text{ atom/mol}$.

$$M = 112.41\text{ g/mol},\ \rho = 8.65\text{ g/cm}^3$$

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{dm}^3} = \left(\frac{2\text{ free e}^-}{\text{atom}}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23}\text{ atoms}}{\text{mol}}\right)\left(\frac{1\text{ mol}}{112.41\text{ g}}\right)\left(\frac{8.65\text{ g}}{1\text{ cm}^3}\right)\left(\frac{1000\text{ cm}^3}{1\text{ dm}^3}\right)$$

$$= 9.26\times10^{25}\text{ free e}^-/\text{dm}^3\ \text{في الكادميوم}$$

3. لعنصر النحاس إلكترون حر واحد في كل ذرة. ما طول سلك قطره 1.00 mm يحتوي على 7.81×10^{24} free e^-؟ استخدم ملحق الجداول للحصول على الثوابت الفيزيائية اللازمة.

$$L_{\text{سلك}} = \left(\frac{1}{\pi r^2}\right)\left(\text{عدد free e}^-\right)\left(\frac{\text{atom}}{\text{عدد free e}^-}\right)\left(\frac{1}{N_A}\right)(M)\left(\frac{1}{\rho}\right)$$

عوّض: $\text{عدد free e}^- = 7.81\times10^{24}\text{ free e}^-$، $\rho = 8.65\text{ g/cm}^3$، $M = 63.546\text{ g/mol}$، $N_A = 6.02\times10^{23}\text{ atom/mol}$

$$r_{\text{سلك}} = 1.00\text{ mm}/2 = 0.50\text{ mm} = 0.050\text{ cm}$$

$$L_{\text{سلك}} = \left(\frac{1}{\pi\left(\frac{0.100\text{ cm}}{2}\right)^2}\right)\left(7.81\times10^{24}\text{ free e}^-\right)\left(\frac{\text{atom}}{\text{free e}^-1}\right)\left(\frac{1\text{ mol}}{6.022\times10^{23}\text{ atoms}}\right)\left(\frac{63.546\text{ g}}{1\text{ mol}}\right)\left(\frac{1\text{ cm}^3}{8.92\text{ g}}\right)$$

$$= 1.18\times10^4\text{ cm} = 118\text{ m}$$

4. لعنصر الجرمانيوم $1.13\times10^{15}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$ عند درجة 400.0 K. ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة من الجرمانيوم عند هذه الدرجة؟

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{atom}} = \left(\frac{1}{N_A}\right)(M)\left(\frac{1}{\rho}\right)(\text{عدد free e}^- \text{ لـ Ge})$$

عوّض: $N_A = 6.02\times10^{23}\ \text{atom/mol}$، $M = 72.63\ \text{g/mol}$، $\rho = 5.23\ \text{g/cm}^3$.

$\text{عدد free e}^- \text{ لـ Ge} = 1.13\times10^{15}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{atom}} = \left(\frac{1\ \text{mol}}{6.02\times10^{23}\ \text{atoms}}\right)\left(\frac{72.63\ \text{g}}{1\ \text{mol}}\right)\left(\frac{1\ \text{cm}^3}{5.23\ \text{g}}\right)\left(\frac{1.13\times10^{15}\ \text{free e}^-}{1\ \text{cm}^3}\right)$$

$$= 2.61\times10^{-8}\ \text{free e}^-/\text{atom}$$

أي أن عدد free e^-/ ذرة جرمانيوم عند درجة 400.0 K يساوي 2.61×10^{-8}

5. لعنصر السليكون $4.54\times10^{12}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$ عند درجة 400.0 K. ما عدد الإلكترونات الحرة الموجودة في كل ذرة من ذرات Si عند هذه الدرجة؟

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{atom}} = \left(\frac{1}{N_A}\right)(M)\left(\frac{1}{\rho}\right)(4.54\times10^{12}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3 \text{ لـ Si})$$

عوّض: $N_A = 6.02\times10^{23}\ \text{atom/mol}$، $M = 28.09\ \text{g/mol}$، $\rho = 2.33\ \text{g/cm}^3$.

عند درجة حرارة 400 K $\text{عدد free e}^-/\text{cm}^3 \text{ لـ Si} = 4.54\times10^{12}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{atom}} = \left(\frac{1\ \text{mol}}{6.02\times10^{23}\ \text{atoms}}\right)\left(\frac{28.09\ \text{g}}{1\ \text{mol}}\right)\left(\frac{1\ \text{cm}^3}{2.33\ \text{g}}\right)\left(\frac{4.54\times10^{12}\ \text{free e}^-}{1\ \text{cm}^3}\right)$$

$$= 9.09\times10^{-11}$$

أي أن عدد free e^-/ذرة Si عند درجة 400.0 K يساوي 9.09×10^{-11}

6. لعنصر السليكون $3.79\times10^{-18}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$ عند درجة 200.0 K. ما عدد الإلكترونات الحرة /cm^3 من ذرات Si عند هذه الدرجة؟

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{cm}^3} = \left(\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{atom}}\right)(N_A)\left(\frac{1}{M}\right)(\rho)$$

عوضّ: $\text{free e}^-/\text{atom} = 3.79\times10^{-18}\ \text{free e}^-/1\ \text{atom}$، $N_A = 6.02\times10^{23}\ \text{atom/mol}$.

$M = 28.09\ \text{g/mol}$، $\rho = 2.33\ \text{g/cm}^3$.

$$\frac{\text{عدد free e}^-}{\text{cm}^3} = \left(\frac{3.79\times10^{-18}\ \text{free e}^-}{1\ \text{atoms}}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23}\ \text{atom}}{1\ \text{mol}}\right)\left(\frac{1\ \text{mol}}{28.09\ \text{g}}\right)\left(\frac{2.33\ \text{g}}{1\ \text{cm}^3}\right)$$

$$= 1.89\times10^{5}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$$

أي أن عدد free e^-/ذرة Si عند درجة 200.0 K يساوي $1.89\times10^{5}\ \text{free e}^-/\text{cm}^3$

7. لعنصر السليكون 1.45×10^{10} free e^-/cm^3 عند درجة حرارة الغرفة، إذا أردت الحصول على 3×10^6 من إلكترونات الزرنيخ المعالج كإلكترونات حرة حرارية في السليكون عند درجة حرارة الغرفة، فما عدد ذرات الزرنيخ التي يجب أن توجد لكل ذرة سليكون؟ علمًا بأن كل ذرة زرنيخ تعطي إلكترونًا حرًا واحدًا. استخدم ملحق الجداول للحصول على الثوابت الفيزيائية اللازمة.

$$\frac{\text{As atoms}}{\text{Si atoms}}=\left(\frac{\text{عدد ذرات As}}{\text{عدد } e^- \text{ لذرة As}}\right)\left(\frac{\text{عدد } e^- \text{ لذرة As}}{\text{عدد } e^- \text{ الحرة الحرارية}}\right)\left(\frac{\text{عدد } e^- \text{ الحرة الحرارية}}{cm^3}\right)(M)\left(\frac{1}{N_A}\right)\left(\frac{1}{\rho}\right)$$

عوّض: $M=28.09\ g/mol$، $N_A=6.02\times10^{23}\ atom/mol$، $\rho=2.23\ g/cm^3$.

$1\ As\ atom = 1\ As\ e^-$، $3\times10^6\ As\ e^-$ / عدد e^- الحرة الحرارية، e^- الحرة الحرارية / $cm^3 = 1.45\times10^{10}\ e^-/cm^3$.

$$\frac{\text{As atoms}}{\text{Si atoms}}=\left(\frac{\text{عدد ذرات As}}{1\ As\ e^-}\right)\left(\frac{3\times10^6\ As\ e^-}{\text{عدد } e^- \text{ الحرة الحرارية}}\right)\left(\frac{1.45\times10^{10}\ e^-}{1\ cm^3}\right)\left(\frac{28.09\ g}{1\ mol}\right)\left(\frac{1\ mol}{6.02\times10^{23}\ atoms}\right)\left(\frac{cm^3}{2.33\ g}\right)$$
$$=8.71\times10^{-7}$$

8. للجرمانيوم 1.16×10^{10} ناقل حراري حر في كل cm^3 عند درجة حرارة 200.0 K. إذا عولج الجرمانيوم بواسطة ذرة زرنيخ واحدة لكل 525000 ذرة جرمانيوم، فما نسبة الناقلات المعالجة إلى الناقلات الحرارية عند هذه الدرجة؟ استخدم ملحق الجداول للحصول على الثوابت الفيزيائية اللازمة.

$$\frac{\text{الناقل المعالج}}{\text{الناقل الحراري}}=\left(\frac{\text{الناقل المعالج}}{5.25\times10^5\ atoms}\right)(N_A)\left(\frac{1}{M}\right)(\rho)\left(\frac{1}{\text{الناقل الحراري}}\right)$$

عوّض: $M=72.6\ g/mol$، $N_A=6.02\times10^{23}\ atom/mol$، $\rho=5.23\ g/cm^3$.

عدد الناقل الحراري = 1.16×10^{10} ناقل حراري / cm^3

$$\frac{\text{الناقل المعالج}}{\text{الناقل الحراري}}=\left(\frac{1\text{ ناقل المعالج}}{5.25\times10^5\ atoms}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23}\ atoms}{mol}\right)\left(\frac{1\ mol}{72.6\ g}\right)\left(\frac{5.23\ g}{1\ cm^3}\right)\left(\frac{1\ cm^3}{1.16\times10^{10}\text{ ناقل حراري}}\right)$$
$$=7.12\times10^{10}$$

9. للسليكون 1.89×10^5 ناقل حراري حر في كل cm^3 عند درجة حرارة 200.0 K. إذا عولج الجرمانيوم بواسطة ذرة زرنيخ واحدة لكل 3.75 مليون ذرة سليكون، فما نسبة الناقلات المعالجة إلى الناقلات الحرارية عند هذه الدرجة؟ استخدم ملحق الجداول للحصول على الثوابت الفيزيائية اللازمة.

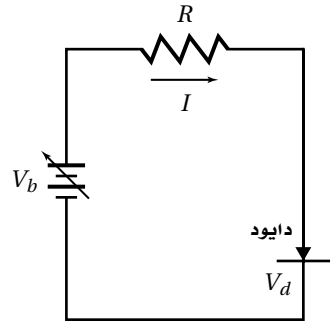
$$\frac{\text{الناقل المعالج}}{\text{الناقل الحراري}}=\left(\frac{\text{الناقل المعالج}}{3.75\times10^5\ atoms}\right)(N_A)\left(\frac{1}{M}\right)(\rho)\left(\frac{1}{\text{الناقل الحراري}}\right)$$

عوض: $M=28.09.6\ g/mol$، $N_A=6.02\times10^{23}\ atom/mol$، $\rho=2.33\ g/cm^3$.

عدد الناقل الحراري = 1.89×10^5 الناقل الحراري / cm^3.

$$\frac{\text{الناقل المعالج}}{\text{الناقل الحراري}}=\left(\frac{1\text{ ناقل معالج}}{3.75\times10^5\ atoms}\right)\left(\frac{6.02\times10^{23}\ atoms}{mol}\right)\left(\frac{1\ mol}{28.09\ g}\right)\left(\frac{2.33\ g}{1\ cm^3}\right)\left(\frac{1\ cm^3}{1.89\times10^5\text{ ناقل حراري}}\right)$$
$$=7.05\times10^{10}$$

10. الهبوط في جهد الدايود في الشكل أدناه V_d يساوي 0.45 V عندما يكون مقدار التيار 11 mA. فإذا كانت المقاومة R تساوي 680 Ω ومتصلة مع البطارية والدايود على التوالي، فما مقدار جهد البطارية V_b اللازم؟



$$V_b = IR + V_d = (0.011\ \text{A})(680\ \Omega) + 0.45\ \text{V}$$

$$= 7.9\ \text{V}$$

11. الهبوط في جهد دايود V_d في دائرة كهربائية مشابهة للدائرة في المسألة السابقة يساوي 0.95 V عندما يكون مقدار التيار 18 mA. فإذا كانت المقاومة R تساوي 390 Ω ومتصلة مع البطارية والدايود على التوالي، فما مقدار جهد البطارية V_b اللازم؟

$$V_b = IR + V_d$$

$$= (0.018\ \text{A})(390\ \Omega) + 0.95\ \text{V}$$

$$= 8.0\ \text{V}$$

12. ما مقدار جهد البطارية اللازم لتوليد تيار كهربائي مقداره 27mA في الدائرة الكهربائية في المسألة 10؟ إذا كان الهبوط في جهد الدايود لم يتغير.

$$V_b = IR + V_d$$

$$= (0.027\ \text{A})(680\ \Omega) + 0.45\ \text{V}$$

$$= 19\ \text{V}$$

ملحق مسائل الفصل 11

1. يستخدم الكربون14 أو $^{14}_{6}\mathrm{C}$ وهو نظير الكربون المعروف $^{12}_{6}\mathrm{C}$ في تقدير أعمار الأحافير، فما مكونات نواة هذا النظير؟

6 بروتونات($Z=6$) و8 نيوترونات($A-Z=8$).

2. يستخدم نظير اليود ($Z=53$) في علاج أمراض الغدة الدرقية. إذا كان العدد الكتلي لهذا النظير 131، فما عدد النيوترونات في نواته؟

نيوترون $131-53=78$

3. النظير الوحيد للفلور غير المشع هو الذي تحتوي نواته على 9 بروتونات و10 نيوترونات.

a. فما عدده الكتلي؟

العدد الكتلي (A) $=19$

b. إذا كانت وحدة العدد الكتلي u تساوي 1.66×10^{-27} kg. فما كتلة الفلور −19 بوحدة الكيلوجرام؟

(نيوكليون 19)(نيوكليون / 1.66×10^{-27} kg) $= 3.15\times10^{-26}$ kg

c. اكتب الرمز الكامل لذرة الفلور.

$^{19}_{9}\mathbf{F}$

4. كتلة نظير المغنيسيوم $^{25}_{12}\mathrm{Mg}$ 24.985840 u. احسب:

a. نقص الكتلة.

نقص الكتلة = (كتلة النظير) − (كتلة البروتونات والإلكترونات) − (كتلة النيوترونات)

$$= 24.985840\ \mathrm{u} - (12)(1.007825\ \mathrm{u}) - (13)(1.008665\ \mathrm{u})$$

$$= -0.220705\ \mathrm{u}$$

b. طاقة الربط النووية بوحدة MeV.

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لـ 1u)

$$= (-0.220705\ \mathrm{u})(931.49\ \mathrm{MeV/u})$$

$$= -205.58\ \mathrm{MeV}$$

5. كتلة نظير البورون $^{10}_{5}\mathrm{B}$ 10.012939 u. احسب:

a. نقص الكتلة.

نقص الكتلة = (كتلة النظير) − (كتلة البروتونات والإلكترونات) − (كتلة النيوترونات)

$$= 10.012939\ \mathrm{u} - (5)(1.007825\ \mathrm{u}) - (5)(1.008665\ \mathrm{u})$$

$$= -0.069511\ \mathrm{u}$$

b. طاقة الربط النووية بوحدة MeV.

طاقة الربط النووية = (نقص الكتلة) (طاقة الربط النووية لـ 1u)

$$= (-0.069511\ \mathrm{u})(931.49\ \mathrm{MeV/u})$$

$$= -64.749\ \mathrm{MeV}$$

c. طاقة الربط النووية لكل نيوكليون.

طاقة الربط لكل نيوكليون تساوي:

$$\frac{-64.749\ \mathrm{MeV}}{\text{10 نيوكليون}} = -6.4749\ \mathrm{MeV/}\text{نيوكليون}$$

6. أكثر النظائر استقرارًا على الإطلاق هو نظير الحديد $^{56}_{26}\mathrm{Fe}$ والذي طاقة الربط لكل نيوكليون في نواته تساوي نيوكليون /Mev 8.75− . ما مقدار:

a. طاقة الربط النووية لهذا النظير؟

(56 نيوكليون) (نيوكليون /-8.75 MeV)$=-4.90\times10^{2}$ MeV

b. نقص الكتلة لهذا النظير؟

$$\text{نقص الكتلة} = \left(\frac{\text{طاقة الربط النووية}}{(\text{طاقة الربط النووية لـ } 1\mathrm{u})}\right)$$

$$= \frac{-4.90\times10^{2}\ \mathrm{MeV}}{931.49\ \mathrm{MeV/u}}$$

$$= -0.526\ \mathrm{u}$$

7. يمكن أن يتحول النظير $^{239}_{94}\mathrm{Pu}$ إلى نظير اليورانيوم $^{235}_{92}\mathrm{U}$.

a. اكتب المعادلة النووية لهذا التحوّل.

$$^{239}_{94}\mathrm{Pu} \rightarrow {}^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{A}_{Z}\mathrm{X}$$

حيث $Z = 94 - 92 = 2$

$A = 239 - 235 = 2$

وبما أن $Z=2$، تعني أن العنصر يجب أن يكون الهيليوم He، والمعادلة هي :

$$^{239}_{94}\text{Pu} \rightarrow {}^{235}_{92}\text{U} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

b. حدّد الجسيم الذي يقذف نتيجة التحوّل.

جسيم ألفا α .

8. يحدث اضمحلال لنظير البولونيوم المشع $^{222}_{84}$Po عندما ينبعث منه جسيم α فيتحول إلى نظير الرصاص (العدد الذري للرصاص 82). حدد العدد الكتلي الذي يجب أن يكون لنظير الرصاص الناتج من خلال كتابة المعادلة النووية التي توضح ذلك.

$$^{222}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{A}_{Z}\text{Pb} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

حيث $Z = 84 - 2 = 82$

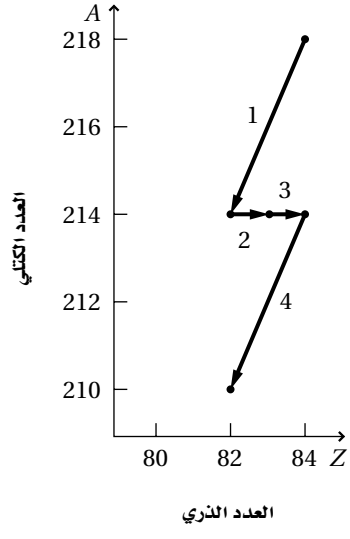
$A = 222 - 4 = 218$

والمعادلة هي :

$$^{222}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{218}_{82}\text{Pb} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

أي أن العدد الكتلي هو: 218.

9. يمثل الرسم الباني أدناه تعاقب اضمحلال لجسيمات ألفا وبيتا والمرقمة بالأرقام1،2،3،4. ارجع إلى **الجدول** 1–11 في عند الحاجة.



a. أيٌّ من هذه الأرقام يمثل اضمحلال ألفا وأيُّها يمثل اضمحلال بيتا؟

يمثل اضمحلال ألفا الرقمان 1 و4 حيث يقل العدد الكتلي للنواة الناتجة بمقدار4، ويقل العدد الذري بمقدار2. في حين يمثل اضمحلال بيتا الرقمان 2 و3، حيث يزداد العدد الذري للنواة الناتجة بمقدار1، ويبقى العدد الكتلي كما هو.

b. ما التغير في الكتلة في الاضمحلال المتعاقب جميعه؟ وكذلك في عدد النيوترونات؟

التغير في الكتلة في الاضمحلال المتعاقب جميعه يساوي: 218 u− 210 u= 8 u. أما التغير الكلي في العدد الذري z فيساوي: 2= 82 −84، أما التغير الكلي في عدد النيوترونات فيساوي6، (أي يحدث انخفاض بمقدار 8 نيوكليون هي 2 بروتون و6 نيوترون).

10. ارجع إلى الجدول لإكمال المعادلات النووية فيما يلي بحيث تتضمن بشكل صحيح الأعداد الكتلية والذرية لكل جسيم.

a. $^{32}_{15}\text{P} \rightarrow ? + \beta + \text{antineutrino}$

$$^{32}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{A}_{Z}\text{X} + {}^{0}_{-1}\text{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

حيث $Z = 15-(-1)-0 = 16$

$A = 32 - 0 - 0 = 32$

وبما أن $Z=16$، تعني أن العنصر يجب أن يكون الكبريت S، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{32}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{32}_{16}\text{S} + {}^{0}_{-1}\text{e} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

b. $^{235}_{92}\text{U} \rightarrow ? + \alpha$

$$^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{A}_{Z}\text{X} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

حيث $Z = 92 - 2 = 90$

$A = 235 - 4 = 231$

وبما أن $Z=90$، تعني أن العنصر يجب أن يكون الثوريوم Th، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{231}_{90}\text{Th} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

11. اكتب المعادلة النووية الكاملة لاضمحلال بيتا في $^{34}_{16}S$.

$$^{34}_{16}S \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$$

حيث $Z = 16-(-1)-0 = 17$

$$A = 34 - 0 - 0 = 34$$

وبما أن $Z=17$، تعني أن العنصر يجب أن يكون الكلور Cl، والمعادلة يجب أن تكون:

$$^{34}_{16}S \rightarrow {}^{34}_{17}Cl + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$$

12. تدخل نواة $^{37}_{19}K$ في اضمحلال فوري بانبعاث بوزيترون لتكوين نظير الأرغون. والبوزيترون يشبه جسيم بيتا إلاّ أن شحنته $+1$ ، بدلًا من 1. حدد نظير الأرغون الناتج بكتابة المعادلة النووية.

$$^{37}_{19}K \rightarrow {}^{A}_{Z}Ar + {}^{0}_{+1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$$

حيث $Z = 19 - 1 - 0 = 18$

$$A = 37 - 0 - 0 = 37$$

والمعادلة هي:

$$^{37}_{19}K \rightarrow {}^{37}_{18}Ar + {}^{0}_{+1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$$

أي أن نظير الأرغون هو أرغون37 .

13. عمر النصف لنظير اليود–131 هو 8.0 أيام. فإذا وجد 60.0 mg من هذا النظير عند الزمن صفر، فكم يتبقى منه بعد 24 يوم؟

$$\text{أعمار نصف} = \frac{\text{يوم } 24}{\text{عمر نصف/ يوم } 8.0}$$

$$\text{الكتلة الأصلية} = \text{الكتلة المتبقية} \left(\frac{1}{2}\right)^{t}$$

$$= (60.0\ \text{mg})\left(\frac{1}{2}\right)^{3}$$

$$= 7.5\ \text{mg}$$

14. إذا أُعطيت عينة من عنصر الكوبالت –60، وبالرجوع إلى **الجدول** 2–11.

a. كم من الزمن سيمضي على العينة لتمر بأربع أعمار نصف؟

$$120 \text{ سنة} = (30 \text{ سنة}) 4$$

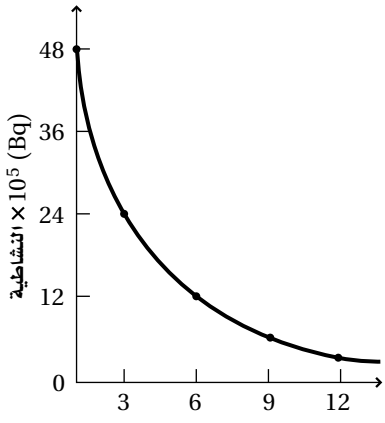
b. ما نسبة المتبقي من العينة في نهاية هذا الزمن؟

$$\text{الكتلة المتبقية} = \text{الكتلة الأصلية} \left(\frac{1}{2}\right)^{t}$$

$$\text{الكتلة المتبقية} = \text{الكتلة الأصلية} \left(\frac{1}{2}\right)^{4}$$

$$\text{الكتلة المتبقية} = \text{الكتلة الأصلية} \left(\frac{1}{16}\right)$$

15. يبيّن الرسم البياني أدناه نشاطية نظير ما مشع مع الزمن، من البيانات على الرسم استنتج عمر النصف لذلك النظير.



يلاحظ أن النشاطية بعد مرور كل 3.0 h تصبح نصف النشاطية السابقة لها، أي أن عمر النصف للنظير المشع هو 3.0 h.

16. كتلة البروتون أو ضديد البروتون تساوي 1.00728 u، تذكر أن 1 u من الكتلة تكافئ طاقة تساوي 931.5 MeV. احسب:

a. الكتلة المستخدمة عندما يُفني كل من البروتون أو ضديد البروتون الآخر.

$$(2)(1.00728\ \text{u}) = 2.01456\ \text{u}$$

b. الطاقة المتحررة من عملية الإفناء تلك.

$$(2.01456\ \text{u})\ (931.49\ \text{MeV/u}) = 1876.5\ \text{MeV}$$

17. احد مصـادر الطاقة فـي النجوم هو اندمـاج ديوترونين لإنتاج جسيم ألفا وأشعة جاما.

الجسيم	الكتلة بوحدة u
$_1^2\mathrm{H}$	2.0136
$_2^4\mathrm{He}$	4.0026
$_0^0\overline{\nu}$	0.0000

a. اكتب معادلة نووية لهذا الاندماج.

$$_1^2\mathrm{H} + {}_1^2\mathrm{H} \rightarrow {}_2^4\mathrm{He} + {}_0^0\gamma$$

b. احسب نقص الكتلة في هذه العملية.

$$= m_{\text{قبل}} - m_{\text{بعد}}$$

$$= 2(2.0136\ \mathrm{u}) - 4.0026\ \mathrm{u}$$

$$= 0.0246\ \mathrm{u}$$

c. احسب الطاقة المتحررة بوحدة Mev.

$$(0.0246\ \mathrm{u})(931.49\ \mathrm{MeV/u}) = 22.9\ \mathrm{MeV}$$

18. عندما ينشـطر مول (235 g) من اليورانيوم– 235 تتحرر طاقة تساوي 2.0×10^{10} kJ، في حين عندما يندمج 4.0 g من الهيدروجين يتحرر طاقة تساوي 2.0×10^{10} kJ.

a. احسب الطاقة الناتجة لكل جرام من الوقود في حالتي الانشطار والاندماج.

في حالة انشطار اليورانيوم $\dfrac{2.0 \times 10^{10}\ \mathrm{kJ}}{235\ \mathrm{g}} = 8.5 \times 10^{7}\ \mathrm{kJ/g}$

في حالة اندماج الهيدروجين $\dfrac{2.0 \times 10^{10}\ \mathrm{kJ}}{4.0\ \mathrm{g}} = 5.0 \times 10^{8}\ \mathrm{kJ/g}$

b. أي طريقة تنتج أكبر طاقة من الوقود لكل جرام؟

يحرر الاندماج النووي لكل جرام من الوقود النووي طاقة تعادل 6 أمثال الطاقة الناتجة من الانشطار النووي.