الفيزياء

الصف الثاني عشر - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الثاني

12

إجابات كتاب الطالب

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسر المركز الوطني لتطوير المناهج، استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:

06-5376262 / 237 06-5376266 P.O.Box: 2088 Amman 11941

@nccdjor feedback@nccd.gov.jo www.nccd.gov.jo

الفيزياء/ 12/ الفصل الثاني

إجابات أسئلة المحتوى وأسئلة مراجعة الدروس وتقويم الوحدات في كتاب الطالب، وأسئلة التفكير والتحليل والاستنتاج في كتاب الأنشطة

❖ الوحدة الخامسة: الحثّ الكهرمغناطيسي وأشباه الموصلات

الصفحة 7

أتأمَّل الصورة:

الحث الكهرمغناطيسي هو عملية توليد تيار كهربائي في دارة كهربائية مغلقة عند تغيير التدفّق المغناطيسي الذي يخترقها. تزوّدنا المولدات الكهربائية بالطاقة الكهربائية عن طريق تدوير ملف مصنوع من سلك فلزّي معزول داخل مجال مغناطيسي، فيتغيّر التدفق المغناطيسي خلال الملف، فتتولّد بين طرفيه قوة دافعة كهربائية حثيّة، مسببّة مرور تيار كهربائي حثّي.

الصفحة 9

تجربة استهلالية: طرائق توليد تيّار كهربائي حثّيّ.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. يتولّد تيار كهربائي في السلك عند تحريكه إلى أعلى وإلى أسفل في المجال المغناطيسي بحيث يقطع خطوط المجال المغناطيسي. أما عند تحريك السلك موازيًا لخطوط المجال فلا يقطع السلك خطوط المجال المغناطيسي، لذا لا يتولّد فيه تيار كهربائي حثيّ.
2. عند تحريك السلك إلى أعلى انحرف مؤشر الغلفانوميتر باتجاه معيّن، وعند تحريكه إلى أسفل انحرف المؤشر بالاتجاه المعاكس، ما يدل على انعكاس اتجاه التيار الكهربائي المتولّد.
3. يتولّد تيار كهربائي في الملف عند تحريك المغناطيس مقتربًا منه أو مبتعدًا عنه، ولا يتولّد تيار كهربائي عندما يكون المغناطيس في حالة السكون داخل الملف أو خارجه. وأُلاحظ أن اتجاه انحراف مؤشر الغلفانوميتر يتغيّر بتغيّر اتجاه حركة المغناطيس، كما يتغيّر بتغيّر نوع قطب المغناطيس الذي يتحرك بالنسبة للملف.
4. نعم؛ إذ أن شرط تولّد التيار الكهربائي هو حركة أيّ من السلك او المغناطيس بالنسبة لبعضهما البعض، وكذلك الامر للملف والمغناطيس.

- **الدرس 1: التدفّق المغناطيسي والحثّ الكهرمغناطيسي**

الصفحة 11

أتحقّق:

السطح العمودي على المجال المغناطيسي (ب) يخترقه أكبر تدفق لأن ($\theta = 0°$). والتدفق المغناطيسي الذي يخترق السطح الموازي للمجال المغناطيسي (أ) يساوي صفرًا؛ لأن ($\theta = 90°$).

الصفحة 12

تمرين.

الإجابة: التدفق المغناطيسي الكلي يساوي المجموع الجبري للتدفق المغناطيسي عبر كل جانب من جوانب المكعب الستة. التدفق المغناطيسي عبر أربعة جوانب يساوي صفرًا؛ لأن الزاوية بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة ($90°$). لذا يكون التدفق المغناطيسي الكلي ناتج عن المجموع الجبري للتدفق عبر كل من الجانب الأيسر (1) والجانب الأيمن (2)، ومساحة كل منهما A.

$$\Phi_{B,total} = \Phi_{B,1} + \Phi_{B,2} = BA\cos 180° + BA\cos 0° = -BA + BA = 0$$

الصفحة 13

إجابة سؤال الشكل.

الشكل 6: لا يتولّد تيار كهربائي حثّي في السلك عند تحريكه بموازاة طوله؛ لأنه لا يحدث تغيّر في التدفّق المغناطيسي الذي يخترق الدارة المغلقة التي يُعدّ السلك جزءًا منها.

أتحقّق:

التيار الكهربائي الحثّي هو التيار الكهربائي المتولّد في دارة كهربائية مغلقة عند تغيير التدفق المغناطيسي الذي يخترقها.

الصفحة 14

أُفكِّر.

الإجابة: لا ينحرف مؤشر الغلفانوميتر، حيث تكون قراءته صفرًا؛ لعدم حدوث تغيّر في التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف.

أتحقّق:

يتولّد قوة دافعة كهربائية حثية في ملف من سلك موصل عند تغيّر التدفق المغناطيسي الذي يخترقه، ويتم ذلك عن طريق: (1) تغيير مقدار المجال المغناطيسي، أو (2) تغيير المساحة التي يخترقها المجال المغناطيسي ، أو (3) تغيير الزاوية المحصورة بين اتجاهي المجال المغناطيسي والمساحة.

الصفحة 15

تمرين.

في أثناء تدوير الملف في المجال المغناطيسي يحدث تغير في التدفق المغناطيسي الذي يخترقه؛ في الشكل (10/أ)، مقدار الزاوية بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة (0°)، فيكون التدفق المغناطيسي أكبر ما يُمكن، وعند تدوير الملف بحيث يُصبح كما هو موضح في الشكل (10/ب) تصبح الزاوية بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة (90°)، والتدفق المغناطيسي الذي يخترقه صفرًا. ونتيجة لتغيّر التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف في أثناء تدويره يتولّد فيه قوة دافعة كهربائية حثيّة.

الصفحة 16

أتحقّق:

ينصّ قانون فارادي في الحثّ على أنّ: "مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولّدة في دارة كهربائية يتناسب طرديًّا مع المعدل الزمني لتغيّر التدفق المغناطيسي الذي يخترقها".

الصفحة 18

تمرين.

أ. أحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولّدة في الحلقة كما يأتي:

$$\bar{\varepsilon} = -\mathrm{N}\frac{\Delta\Phi_{\mathrm{B}}}{\Delta t} = -1 \times \frac{\Phi_{\mathrm{B,f}} - \Phi_{\mathrm{B,i}}}{\Delta t} = -\frac{0.10 - 0.15}{0.01} = 5\ \mathrm{V}$$

ب. أستخدم قانون أوم لحساب التيار الكهربائي الحثّي المتوسط المار في الحلقة كما يأتي:

$$I = \left|\frac{\bar{\varepsilon}}{R}\right| = \frac{5}{10} = 0.5\ \mathrm{A}$$

أتحقّق:

يعتمد مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولّدة بين طرفي موصل يتحرك عموديًّا على طوله وعلى اتجاه المجال المغناطيسي على: مقدار المجال المغناطيسي (B)، طول الموصل المتحرك ضمن المجال المغناطيسي (ℓ)، مقدار سرعة حركة الموصل (v).

الصفحة 20

أتحقّق:

ينصّ قانون لنز على أنّ: "القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولّدة تكون في الاتجاه الذي يُقاوم التغيّر في التدفق المغناطيسي الذي يؤدّي إلى توليدها". وأُحدّد اتجاه التيار الكهربائي الحثّي المتولّد في ملف عند تغيّر التدفق المغناطيسي الذي يخترقه، باستخدام قاعدة اليد اليمنى بحيث يُشير الإبهام إلى اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن الملف $(\boldsymbol{B}_{ind})$، ويُشير اتجاه انحناء بقية الأصابع إلى اتجاه التيار الكهربائي الحثّي في لفات الملف.

الصفحة 23

أُفكِّر:

عند توصيل المفتاح (S) بالنقطة (b)، ينعدم التيار الكهربائي الذي تولّده البطارية، ويتناقص تدفق المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي (المحثّ)، وحسب قانون فارادي، هذا يؤدي إلى توليد قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية في الملف ينشأ عنها تيار كهربائي حثّي في الاتجاه نفسه لتيار الدارة (الذي كان ناتجا عن البطارية قبل فصلها عن الدارة)، كي يولّد مجالًا مغناطيسيًّا يُقاوم النقصان في التدفق المغناطيسي.

الصفحة 24

أتحقّق:

يُعرف معامل الحث الذاتي للمحث (أو محاثة المحث) بأنه نسبة القوة الدافعة الكهربائية الحثّية الذاتية المتولّدة بين طرفي محثّ إلى المعدل الزمني للتغيّر في مقدار التيار الكهربائي المار فيه، وهو مقياس لممانعة المحث للتغيّر في مقدار التيار الكهربائي المار فيه. وحدة قياسه $(\mathrm{V.s/A})$ وتسمّى هنري H حسب النظام الدولي للوحدات.

الصفحة 25

أتحقّق:

العوامل التي يعتمد عليها معامل الحث الذاتي لمحثّ لولبيّ، هي: طول المحث (ℓ)، ومساحة مقطعة العرضي (A)، وعدد لفاته (N)، والنفاذية المغناطيسية لمادة قلب المحث (μ).

الصفحة 26

التعليم المدمج:

وجِّه الطلبة إلى تصميم عرض تفاعلي يوضحُ محوّلًا كهربائيًّا رافعًا للجهد ومحوّلًا كهربائيًّا خافضًا للجهد، باستخدام برنامجِ السكراتشِ (Scratch)، ثمَّ وجههم إلى عمل مقارنة بين عدد لفات الملفين الابتدائي والثانوي ومقارنة فرق الجهد الكهربائي على طرفي كل ملف، ثمّ وجههم إلى مشاركته أو عرضه أمام الزملاء في الصفِّ.

أُفكِّر.

يؤدّي تأيين جزيئات الهواء حول خطوط النقل (عند رفع جهدها الكهربائي إلى مقادير أكبر من النهاية القصوى للجهد المسموح) إلى جعل الهواء موصلًا للكهرباء، فينتقل خلاله تيار كهربائي على شكل شرارة من الأسلاك إلى الأجسام المحيطة، مثل الأبراج التي تحمل الأسلاك، وهذا بدوره يشكل خطورة ينتج عنها حدوث الحرائق، إضافة إلى فقدان الطاقة الكهربائية أيضًا.

الصفحة 27

أتحقّق:

تنتقل الطاقة من الملف الابتدائي للمحوّل إلى ملفّه الثانوي كما يأتي: يولّد مصدر فرق الجهد المتردّد المتصل بالملف الابتدائي تيارًا كهربائيًّا متردّدًا، فيتولّد مجال مغناطيسي متغيّر مع الزمن داخل الملف، ما يؤدي إلى تغيّر في التدفّق المغناطيسي فيه. ويعمل القلب الحديدي على زيادة المجال المغناطيسي داخله، وتدفّق أكبر عدد ممكن من خطوط المجال المغناطيسي المتغير مع الزمن إلى الملف الثانوي، فيتولّد قوة دافعة حثيّة (فرق جهد كهربائي) في الملف الثانوي تؤدي الى سريان تيار كهربائي حثي فيه. وفي المحوّل المثالي تكون القدرة الداخلة في الملف الابتدائي مساوية للقدرة الناتجة عن الملف الثانوي.

أُفكّر.

لا. لأن عمل المحول يعتمد على التغيّر في التدفق المغناطيسي في الملف الابتدائي مع الزمن والذي ينتج عن تيار كهربائي متردد وليس تيار كهربائي مستمر.

الصفحة 28

مراجعة الدرس 1

1. التدفق المغناطيسي يُعبّر عنه رياضيًّا بأنّه ناتج الضرب القياسي لمتجه المجال المغناطيسي $(\boldsymbol{B})$ ومتجه المساحة $(\boldsymbol{A})$، رمزه (Φ). ويتولّد تيار كهربائي حثّي وقوة دافعة كهربائية حثية في دارة كهربائية مغلقة عندما يتغير التدفق المغناطيسي الذي يخترقها.
2. تستغرق قطعة النيوديميوم غير الممغنطة زمنًا أقلّ من الزمن (t) لتخرج من فوهته المقابلة، وأُفسّر ذلك كما يأتي: تسقط قطعة النيوديميوم غير الممغنطة سقوطًا حرًّا تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية فقط، وبتسارع السقوط الحر. بينما في أثناء سقوط قطعة النيوديميوم الممغنطة نحو الأنبوب النحاسي يحدث تغيّر في التدفق المغناطيسي الذي يخترقه، فتتولّد قوة دافعة كهربائية حثية في الأنبوب تسبّب مرور تيار كهربائي حثّي في الاتجاه الذي ينشأ عنه مجال مغناطيسي معاكس لاتجاه المجال المغناطيسي لقطعة النيوديميوم، فتتأثر قطعة النيوديميوم بقوة تنافر مغناطيسية نحو الأعلى تُقلل من مقدار القوة المحصلة المؤثرة فيها نحو الأسفل، فتسقط بسرعة أقل مقارنة بالقطعة غير الممغنطة.
3. عند إغلاق المفتاح S يسري تيار كهربائي في الملف اللولبي، ويصبح مغناطيسًا كهربائيًّا، فيخترق مجاله المغناطيسي الحلقة الفلزية، فينشأ فيها تيار كهربائي حثّي يولّد مجالًا مغناطيسيًّا يُقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي، حيث يكون مجاله المغناطيسي معاكس للمجال المغناطيسي الخاص بالملف، فتنشأ قوة تنافر مغناطيسي تدفع الحلقة الحرّة الحركة لأعلى.
4. أ. في أثناء تقريب القطب الشمالي للمغناطيس من المحث يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترقه فيتولد فيه تيار كهربائي حثي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يجعل طرف المحث القريب من المغناطيس قطبًا شماليًّا لمقاومة الزيادة في التدفق المغناطيسي، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى أجد أن اتجاه التيار الكهربائي الحثّي في المحث يكون باتجاه التيار الأصلي المار فيه، فتزداد شدة إضاءة المصباح.

ب. في أثناء تقريب القطب الجنوبي للمغناطيس من المحث يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترقه فيتولد فيه تيار حثي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يجعل طرف المحث القريب من المغناطيس قطبًا جنوبيًّا لمقاومة الزيادة في التدفق المغناطيسي، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى أجد أن اتجاه التيار الكهربائي الحثّي في المحث يكون بعكس اتجاه التيار الكهربائي الأصلي المار فيه، فتقل شدة إضاءة المصباح.

5. أ. نتيجة لحركة الموصل إلى أعلى يزداد التدفق المغناطيسي عبر الدارة التي يُعدّ الموصل جزءًا منها، فيتولد في الدارة قوة دافعة كهربائية حثية تؤدي إلى سريان تيار كهربائي حثّي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يعاكس المجال المغناطيسي (B) كي يُقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي. وبما أن التيار المتولد في الدارة باتجاه حركة عقارب الساعة فإن المجال المغناطيسي الناتج عنه يكون باتجاه $(-z)$، لذلك يكون المجال (B) باتجاه $(+z)$

ب. يكون اتجاه التيار الكهربائي الحثّي في الدارة (2) باتجاه حركة عقارب الساعة؛ لكي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يُعاكس المجال المغناطيسي الأصلي ويقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي.

ج. مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الدارة (1) أكبر منها في الدارة (2)؛ إذ أنّ: $(\mathcal{E} = B\ell v)$، ومقدار المجال المغناطيسي ومقدار السرعة في الشكلين متساوٍ، ولكن طول الموصل في الشكل (1) أكبر، لذا القوة الدافعة الكهربائية الحثية فيها أكبر.

6. أستخدم العلاقة الآتية لحساب القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتوسطة المتولدة في المحث.

$$\mathcal{E} = -L\,\frac{\Delta I}{\Delta t} = -4.0 \times 10^{-4} \times \frac{(8.0 - 0.0)}{0.10} = -3.2 \times 10^{-2}\ \text{V}$$

7. أستخدم العلاقة الآتية لحساب فرق الجهد بين طرفي الملف الثانوي.

$$\frac{\Delta V_1}{\text{N}_1} = \frac{\Delta V_2}{\text{N}_2}$$

$$\Delta V_2 = \text{N}_2\,\frac{\Delta V_1}{\text{N}_1} = 600 \times \frac{2.30 \times 10^5}{6900} = 2.0 \times 10^4\ \text{V}$$

- **الدرس 2: دارات التيار الكهربائي المتردد**

الصفحة 30

أفكر:

يتغير سطوع إضاءة المصباح بتردد التيار نفسه، أي 50 مرة في الثانية، بينما عين الإنسان لا يمكنها ملاحظة الأحداث التي تدوم أقل من (0.06 s)، لذلك نرى إضاءة المصباح ثابتة السطوع.

أتحقق:

يتغيّر فرقُ الجُهد الكهربائي المتردد مع الزمن وَفْقَ علاقة جيبيّة، فيتغير مقداره، وتتغير قطبيته، في حين أحصل من البطارية على فرق جهد كهربائي ثابت المقدار، وقطبيته ثابتة مع الزمن.

الصفحة 31

أتحقق:

التيار المستمر اتجاهه ثابت، والمتردد اتجاهه ينعكس بتردد ثابت، والتيار المستمر مقداره ثابت، بينما يتغير مقدار التيار المتردد بالنسبة للزمن وفق علاقة جيبية.

الصفحة 33

أفكر:

القدرة الكهربائية المستهلكة في مقاومة عندما يسري فيها تيار متردد تساوي حاصل ضرب مربع القيمة الفعالة للتيار المتردد في مقدار المقاومة، أما عندما يسري فيها تيار مستمر، فإن القدرة تساوي حاصل ضرب مربع التيار المستمر في مقدار المقاومة.

الصفحة 34

أتحقّق:

$$V_{\text{rms}} = 0.71 \times V_{\text{max}} = 0.71 \times 324 = 230 \text{ V}$$

الصفحة 35

تمرين:

المطلوب قراءة الفولتميتر (فرق الجهد الفعال) وقراءة الأميتر (التيار الفعال):

$$V_{\text{rms}} = 0.71 \times V_{\text{max}} = 0.71 \times 100 = 71 \text{ V}$$

$$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{R} = \frac{71}{240} = 0.3 \text{ A}$$

أفكّر:

ينشأ عن مرور تيار كهربائي متردد في محث مجال مغناطيسي متردد؛ أي يتغير مقداره واتجاهه بتردد يساوي تردد التيار، فيتحول القطب الشمالي إلى جنوبي والعكس كل نصف دورة، بينما يكون المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار مستمر ثابت المقدار والاتجاه.

الصفحة 36

أفكّر:

الحالة الأولى عندما يكون تردد التيار الكهربائي صفرًا، فإن معاوقة المحث تساوي صفرًا، حيث تتناسب طرديًا مع التردد، ومعاوقة المواسع تؤول إلى اللانهاية، لأنها تتناسب عكسيًا مع التردد. وفي الحالة الثانية عندما يكون تردد التيار كبيرًا جدًا، فإن معاوقة المحث تؤول إلى اللانهاية، حيث تتناسب طرديًا مع التردد، ومعاوقة المواسع تساوي صفرًا، لأنها تتناسب عكسيًا مع التردد.

أتحقّق:

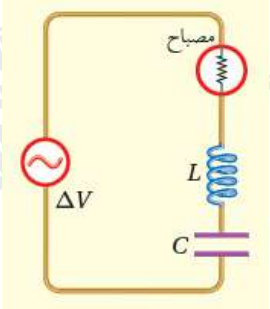
تعتمد المعاوقة المحثية للمحث على المواصفات الهندسية للمحث (محاثة المحث)، وعلى تردد مصدر فرق الجهد في الدارة.

أتحقّق:

يحدث الرنين في دارة مقاومة ومحث ومواسع عند تردد معين لفرق الجهد، حيث تتساوى معاوقة المحث مع معاوقة المواسع، وتكون معاوقة الدارة مساوية للمقاومة فقط، والتيار الفعّال فيها له أكبر قيمة ممكنة.

الصفحة 37

أفكّر:

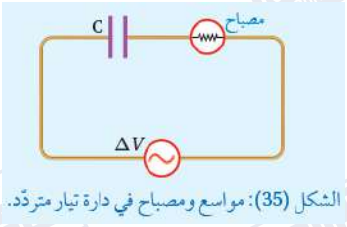


حتى يضيء المصباح بأكبر شدة ممكنة يجب أن تكون معاوقة الدارة أقل ما يمكن، ويحدث هذا في حالة الرنين عندما تتساوى معاوقة المحث مع معاوقة المواسع.

$$\omega_o L = \frac{1}{\omega_o C}$$

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

تمرين:



الشكل (35): مواسع ومصباح في دارة تيار متردّد.

عند نقصان تردد مصدر فرق الجهد تزداد المعاوقة المواسعية حسب العلاقة:

$$X_C = \frac{1}{\omega_o C}$$

فيقل التيار وتقل معه شدّة إضاءة المصباح بالرغم من عدم تغير القيمة العظمى لفرق الجهد.

الصفحة 39

تجربة 1: استنتاج العلاقة بين تردّد فرق الجهد والمقاومة المواسعيّة

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. القيمة الفعالة للتيار المتردد تساوي ناتج قسمة القيمة الفعالة للجهد (قراءة الفولتميتر، بافتراض أنها 2 V) على المقاومة.

$$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{R} = \frac{2}{1000} = 0.002\ \text{A}$$

2. الحصول على قراءة الفولتميتر الموصول مع طرفي المواسع وقسمتها على القيمة الفعالة للتيار.

$$X_C = \frac{\Delta V_C}{I_{\text{rms}}}$$

3. بعد رسم العلاقة التي يُفترض أن تكون خطًا مستقيمًا ميله ثابت، نحسب الميل من العلاقة:

$$slope = \frac{X_C}{\frac{1}{\omega}} = X_C \omega$$

من العلاقة بين المعاوقة المواسعية ومواسعة المواسع، أجد أن:

$$C = \frac{1}{X_C \omega} = \frac{1}{slope}$$

4. القيمة النظرية للمعاوقة المواسعية

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

5. يتوقع وجود اختلاف بين القمتين النظرية والعملية للمعاوقة المواسعية ناتج عن أخطاء القياس.

الصفحة 41

مراجعة الدرس 2

1. **الفكرة الرئيسة:**

- المعاوقة المحثية: الممانعة التي يبديها المحث الموصول في دارة كهربائية مغلقة لمرور تيار كهربائي متردد فيها. وتعتمد على محاثة المحث (تتناسب طرديًا) وعلى التردد الزاوي لمصدر فرق الجهد في الدارة (تتناسب طرديًا).
- المعاوقة المواسعية: الممانعة التي يبديها المواسع الموصول في دارة كهربائية لمرور تيار كهربائي متردد فيها. وتعتمد على مواسعة المواسع (تتناسب عكسيًا) وعلى التردد الزاوي لمصدر فرق الجهد في الدارة (تتناسب عكسيًا).

2. **القيمة العظمى لفرق الجهد المتردد:** سعة الاقتران الموجي لفرق الجهد المتردد، وهي أكبر قيمة لفرق الجهد بين طرفي المصدر.

القيمة الفعالة لفرق الجهد المتردد: الجذر التربيعي للقيمة المتوسطة لمربعات قيم الجهد المتردد.

3. **تفكير ناقد:**

- في دارة التيار المتردد التي تحتوي على مواسع فقط، ينعدم التيار عند الترددات المنخفضة جدًا لفرق الجهد المتردد، لأنه بانخفاض التردد تزداد المعاوقة المواسعية، حيث تتناسب معاوقة المواسع عكسيًا مع تردد فرق الجهد.
- في دارة التيار المتردد التي تحتوي على محث فقط، ينعدم التيار عند الترددات المرتفعة جدًا لفرق الجهد المتردد، لأنه بارتفاع التردد تزداد المعاوقة المحثية، حيث تتناسب معاوقة المحث طرديًا مع تردد فرق الجهد.

4. عند مضاعفة تردد فرق الجهد إلى مثليه؛ فإن المقاومة (R) لا تتغير، والمعاوقة المواسعية (X_C) تنخفض إلى النصف، والمعاوقة المحثية (X_L) تتضاعف إلى مثليها.

5. **أستخدم المتغيرات:**

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 86 = 540 \text{ rad/s}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{540 \times 5 \times 10^{-6}} = 370\ \Omega$$

$$I_{\max} = \frac{V_{\max}}{X_C} = \frac{111}{370} = 0.3 \text{ A}$$

6. **أحسب:**

$$X_C = X_L$$

$$\frac{1}{\omega C} = \omega L$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} = \frac{1}{57 \times 10^{-6} \times 57 \times 10^{-6}} = 3.1 \times 10^8$$

$$\omega = 1.75 \times 10^4 \text{ Hz}$$

يسمى هذا التردد بتردد الرنين.

7. **أستخدم المتغيرات:**

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{(2000)^2 \times 5 \times 10^{-6}} = 0.05 \text{ H}$$

$$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{Z} = \frac{12}{80} = 0.15 \text{ A}$$

- **الدرس 3: أشباه الموصلات**

الصفحة 44

أفكر:

تحتوي ذرة الجرمانيوم المتعادلة على عدد أكبر من الإلكترونات من ذرة السليكون المتعادلة؛ لذا فإن إلكترونات التكافؤ في ذرة الجرمانيوم تكون أبعد عن النواة ويسهل انتزاعها من الذرة، لذلك فحاجز الجهد للجرمانيوم أقل من حاجز الجهد للسليكون.

أتحقق:

في البلورة الموجبة يكون عدد الفجوات هو الأكبر لذلك تسمى ناقلات التيار الأغلبية والإلكترونات ناقلات التيار الأقلية، أما في البلورة السالبة فيكون عدد الإلكترونات هو الأكبر فتكون ناقلات التيار الأغلبية وتكون الفجوات ناقلات التيار الأقلية.

الصفحتان 46, 47

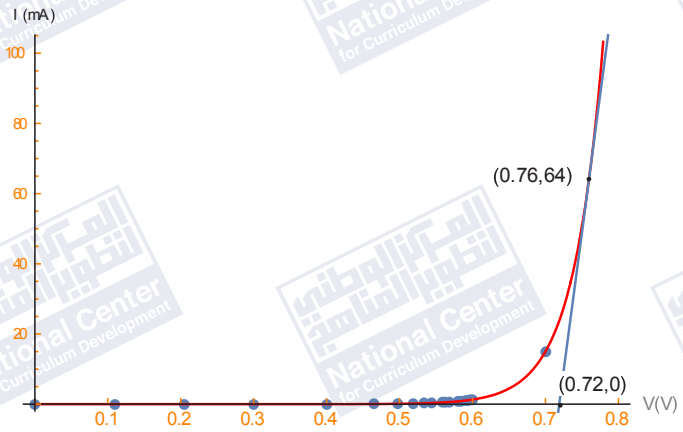
تجربة 2: دراسة الجهد والتيار الكهربائي في الثنائي البلّوري

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. في الحالة الأولى كان الثنائي في حالة انحياز أمامي، وفي الحالة الثانية في حالة انحياز عكسي.
2.

فرق جهد المصدر	قراءة الفولتميتر (V)	قراءة الأميتر (mA)	فرق جهد المصدر	قراءة الفولتميتر (V)	قراءة الأميتر (mA)
0	0	0	1.1	0.56	0.56
0.1	0.09	0	1.2	0.57	0.63
0.2	0.18	0.01	1.3	0.57	0.73
0.3	0.27	0.03	1.4	0.58	0.83
0.4	0.37	0.03	1.5	0.584	0.90
0.5	0.46	0.04	1.6	0.590	1.02
0.6	0.50	0.11	1.7	0.594	1.11
0.7	0.52	0.19	1.8	0.597	1.20
0.8	0.53	0.28	1.9	0.60	1.29
0.9	0.54	0.36	15.0	0.7	15.04
1.0	0.56	0.51			

في الحالة الثانية



فرق جهد المصدر	قراءة الفولتميتر (V)	قراءة الأميتر (μA)
1	1	0.1
2	2	0.2
3	3	0.3
4	4	0.4
5	5	0.5
6	6	0.6
7	7	0.7
8	8	0.8
9	9	0.9
10	10	1.0

3. قيمة حاجز الجهد تقريباً تساوي (0.7 V).

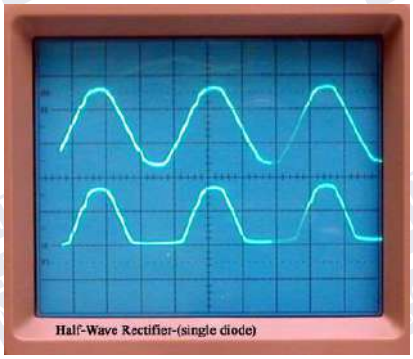
4. من الشكل نجد ميل المماس

$$slope = \frac{(64-0)\times 10^{-3}}{0.72-0} = 1.6\frac{1}{\Omega}$$

ومقاومة الثنائي تساوي $(R = 0.625\Omega)$

5. $R = \frac{10}{1.5\times 10^{-6}} = 6.7\times 10^{6}\Omega$

6. مقاومة الثنائي في حالة الانحياز العكسي أكبر بكثير منها في حالة الانحياز الأمامي.



7. يمثل الرسم العلوي في الشكل المجاور شكل الإشارة في الخطوة (9)، والرسم السفلي شكل الإشارة في الخطوة (10).
8. أخطاء تتعلق بالأدوات مثل مقاومة الأسلاك وقياس المقاومة. وأخطاء شخصية مثل عدم دقة قراءة الفولتميتر والأميتر.

سؤال الشكل (45):

لا تعدّ مقاومة الثنائي مقاومة أومية، لأنها تتغير بتغير فرق الجهد والتيار.

أتحقق:

	مصعد الثنائي	ومهبط الثنائي	التيار
الانحياز الأمامي	يوصل بالقطب الموجب لمصدر فرق الجهد	يوصل بالقطب السالب لمصدر فرق الجهد	يمر تيار
الانحياز العكسي	يوصل بالقطب السالب لمصدر فرق الجهد	يوصل بالقطب الموجب لمصدر فرق الجهد	لا يمر تيار

الصفحة 48

تمرين:

1) في الشكل (49/أ) الثنائي موصول بحالة انحياز أمامي، وحاجز الجهد له (0.3 V) لأنه من الجرمانيوم. لذلك؛ فإن فرق الجهد على طرفي الثنائي (0.3 V). وفي الشكل (49/ب) الثنائي موصول بحالة انحياز عكسي؛ لذلك فإن فرق الجهد على طرفي الثنائي يساوي فرق جهد المصدر ($\Delta V_{rev} = 5$ V).

2) الشكل (49/أ)، انحياز أمامي

فرق الجهد على طرفي المقاومة $\Delta V_R = 5 - 0.3 = 4.7$ V

الشكل (49/ب)، الثنائي موصول بحالة انحياز عكسي ولا يمرر تيار؛ لذلك $\Delta V_R = 0$

3) الشكل (49/أ) الثنائي موصول بحالة انحياز أمامي وأحسب التيار المار في المقاومة كما يأتي:

$$I = \frac{\Delta V_R}{R} = \frac{4.7}{1 \times 10^3} = 4.7 \times 10^{-3}\ \text{A} = 4.7\ \text{mA}$$

الشكل (49/ب) انحياز عكسي ويعتبر كمفتاح مفتوح لا يمرر تيار كهربائي $I = 0$.

الصفحة 49

التعليم المدمج:

وجِّه الطلبة إلى تصميم عرض تفاعلي يوضحُ مصدراً كهربائياً لفرق الجهد المتردد متصل مع ثنائي ومقاومة على التوالي، باستخدام برنامج السكراتش (Scratch)، ثمَّ وجههم إلى عمل مقارنة بين بين الإشارة الداخلة للدارة والإشارة على طرفي المقاومة (الخارجة من الدارة).

الصفحة 52

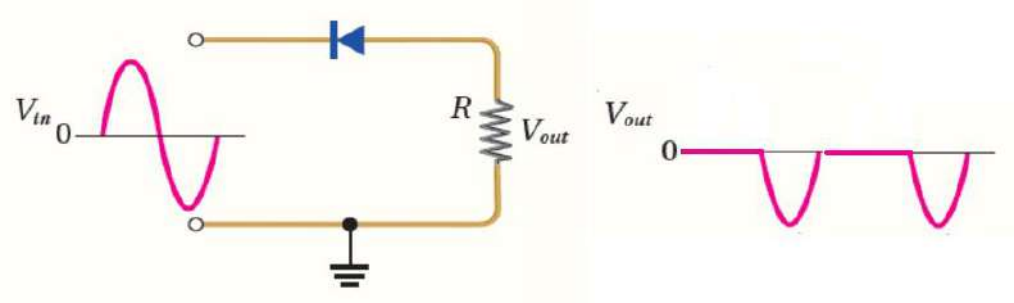
مراجعة الدرس 3

1. المواد شبه الموصلة: مواد تقع بين المواد الموصلة والمواد العازلة من حيث توصيلها للكهرباء.

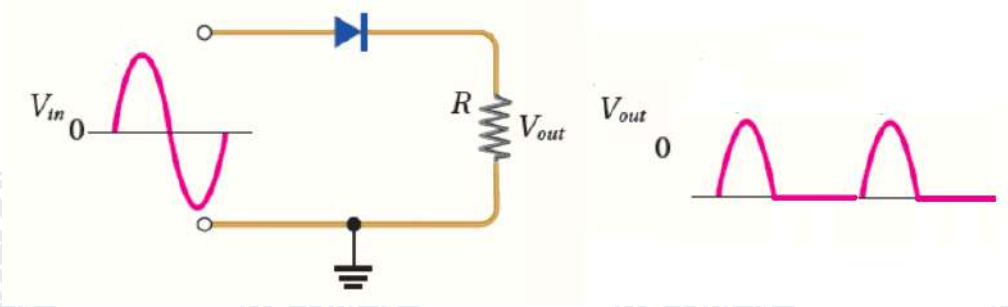
الإشابة: إضافة مواد إلى أشباه الموصلات تسمى شوائب، من أجل زيادة الموصلية الكهربائية لأشباه الموصلات.

الثنائي البلوري: التركيب الناتج من تلامس البلورتين الموجبة والسالبة.

2. في طور الجزء الموجب من إشارة الجهد الداخلة (V_{in}) يكون الثنائي في حالة انحياز عكسي وبذلك لا يمرر الإشارة، وعندما تنعكس إشارة الجهد الداخل يصبح الثنائي في حالة انحياز أمامي ويمررها فيكون شكل الإشارة الناتجة كما يلي:



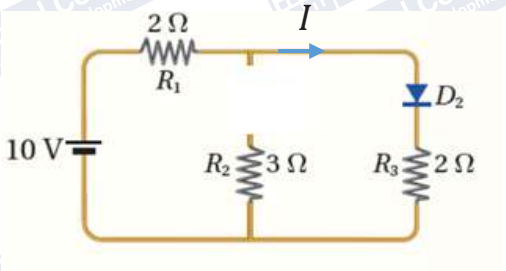
وعند عكس الثنائي ينعكس الوضع؛ ونحصل على الإشارة المبينة أدناه:



3.

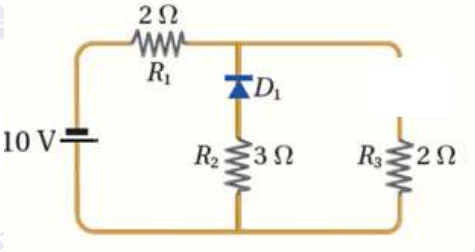
أ. الثنائي (D_2) في حالة انحياز أمامي. الثنائي (D_1) في حالة انحياز عكسي لذلك يعمل وكأنه مفتاحًا مفتوحًا، فلا يمرر تيار كهربائي.

ب. تصبح الدارة على نحو ما هو موضح في الشكل المجاور؛ وأحسب التيار كما يلي:



$$I = \frac{10}{2+2} = 2.5\ \text{A}$$

ج. عند عكس أقطاب البطارية يصبح الثنائي (D_1) في حالة انحياز أمامي بينما الثنائي (D_2) في حالة انحياز عكسي لذلك يعمل وكأنه مفتاحًا مفتوحًا لا يمرر تيار كهربائي، فتصبح الدارة على نحو ما هو موضح في الشكل. وأحسب التيار كما يلي:



$$I = \frac{10}{2+3} = 2\ A$$

4. المصابيح التي تضيء هي (2، 3، 5)

5. نستخدم الترانزستورين بوصفهما مفتاحين لفتح وغلق الدارة حتى يضيء ويطفئ المصباحان.

الصفحات 54 – 58

مراجعة الوحدة الخامسة

1. الاختيار من متعدد:

الفقرة	الإجابة
1	د
2	جـ
3	أ
4	أ
5	د
6	أ
7	ب
8	جـ
9	ب
10	ب
11	ب
12	أ

2.

أ. يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترقها؛ نتيجة ازدياد مقدار المجال المغناطيسي، ويتولّد فيها تيار كهربائي حثّي بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

ب. يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترقها؛ نتيجة نقصان مقدار المجال المغناطيسي، ويتولّد فيها تيار كهربائي حثّي باتجاه حركة عقارب الساعة.

ج. لا يتغيّر التدفق المغناطيسي الذي يخترقها؛ نتيجة ثبات مقدار المجال المغناطيسي، ولا يتولّد فيها تيار كهربائي حثّي.

3.

$$\dot{\varepsilon} = -\mathrm{N}\frac{\Delta\Phi_{\mathrm{B}}}{\Delta t} = -\mathrm{N}\left(\frac{\Phi_{\mathrm{B,f}} - \Phi_{\mathrm{B,i}}}{\Delta t}\right) = -1 \times \left(\frac{BA_{\mathrm{f}}\cos\theta - BA_{\mathrm{i}}\cos\theta}{\Delta t}\right)$$

$$= -B\cos 0.0^{\circ}\left(\frac{A_{\mathrm{f}} - A_{\mathrm{i}}}{\Delta t}\right) = -0.15 \times 1 \times \left(\frac{3.0 \times 10^{-2} - \pi\, r_{\mathrm{i}}{}^{2}}{0.20}\right)$$

$$= -0.15 \times \left(\frac{3.0 \times 10^{-2} - \pi\,(0.10)^{2}}{0.20}\right)$$

$$= 1.05 \times 10^{-3}\ \mathrm{V} \approx 1.1 \times 10^{-3}\ \mathrm{V}$$

4. أ. **المرحلتان a و c**؛ في أثناء دخول الحلقة منطقة المجال المغناطيسي يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترق الحلقة، وفي أثناء خروجها من منطقة المجال المغناطيسي يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترقها، فيحدث تغير في التدفق المغناطيسي، ويتولّد قوة دافعة كهربائية وتيار كهربائي حثّي في هاتين المرحلتين بحسب قانون فارادي في الحث.

ب. **في المرحلة a**، يكون اتجاه التيار الكهربائي الحثّي المتولّد في الحلقة بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة عند النظر إليها عموديًّا؛ لأنه في أثناء دخول الحلقة منطقة المجال المغناطيسي يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترقها، فيتولّد فيها تيار كهربائي حثّي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يُقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي الذي يخترقها.

في المرحلة b، لا يتولّد تيار كهربائي حثّي في الحلقة؛ لأنه لا يوجد تغير في التدفق المغناطيسي الذي يخترقها.

في المرحلة c، يكون اتجاه التيار الكهربائي الحثّي المتولّد في الحلقة باتجاه حركة عقارب الساعة عند النظر إليها عموديًّا؛ لأنه في أثناء خروج الحلقة من منطقة المجال المغناطيسي يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترقها، فيتولّد فيها تيار كهربائي حثّي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يُعوّض النقص في التدفق المغناطيسي الذي يخترقها.

5. أحسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولّدة بين طرفي جناحي الطائرة كما يأتي:

$$\dot{\varepsilon} = B\ell v$$

$$= 50 \times 10^{-6} \times 60 \times 200$$

$$= 6 \times 10^{-1}\ \mathrm{V} = 0.6\ \mathrm{V}$$

6. أستخدم الأرقام:

$$\dot{\varepsilon} = -\mathrm{N}\frac{\Delta\Phi_{\mathrm{B}}}{\Delta t}$$

$$= -\mathrm{N}\left(\frac{\Phi_{\mathrm{B,f}} - \Phi_{\mathrm{B,i}}}{\Delta t}\right) = -\mathrm{N}A\cos 0.0^{\circ}\left(\frac{B_{\mathrm{f}} - B_{\mathrm{i}}}{\Delta t}\right)$$

$$= -1 \times 10.0 \times 10^{-4} \times 1 \times \left(\frac{2.50 - 0.50}{1.0}\right) = -2.0 \times 10^{-3}\ \mathrm{V}$$

$$I = \left|\frac{\dot{\varepsilon}}{R}\right| = \frac{2.0 \times 10^{-3}}{1.0} = 2.0 \times 10^{-3}\ \mathrm{A}$$

7. الملفّ:

أ. أحسب التدفق المغناطيسي الابتدائي عبر الملف.

$$\Phi_{\mathrm{B,i}} = BA\cos\theta = 2.0 \times 0.25 \times \cos 0.0^{\circ} = 0.50\ \mathrm{Wb}$$

التدفق المغناطيسي النهائي يساوي صفرًا؛ لانعدام المجال المغناطيسي.

أحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولّدة في الملف نتيجة تغير مقدار المجال المغناطيسي كما يأتي:

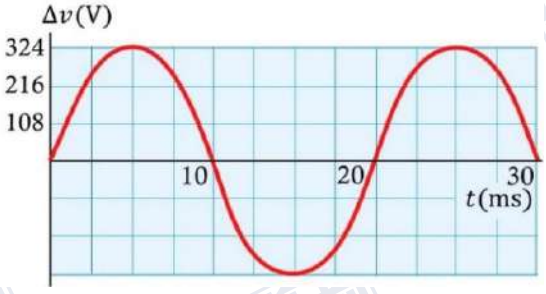
$$\bar{\varepsilon} = -\mathrm{N}\frac{\Delta\Phi_{\mathrm{B}}}{\Delta t} = -\mathrm{N}\left(\frac{\Phi_{\mathrm{B,f}} - \Phi_{\mathrm{B,i}}}{\Delta t}\right) = -400 \times \left(\frac{0 - 0.50}{0.50}\right)$$

$$= 4 \times 10^{2}\ \mathrm{V}$$

ب.

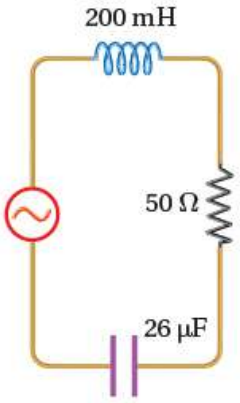
$$I = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{4 \times 10^{2}}{50.0} = 8\ \mathrm{A}$$

8. أمثل البيانات:



9. أستخدم المتغيرات:

أ. المعاوقة:



$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 50 = 314 \text{ rad/s}$$

$$X_L = \omega L = 314 \times 200 \times 10^{-3} = 62.8\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \times 26 \times 10^{-6}} = 122.5\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{50^2 + (62.8 - 122.5)^2} = 77.9\ \Omega$$

ب. القيمة العظمى للتيار:

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{Z} = \frac{210}{77.9} = 2.7 \text{ A}$$

10. دارة الاستقبال:

التردد الأدنى: $f_1 = 5.5 \times 10^5$ Hz، والتردد الأعلى: $f_2 = 16.5 \times 10^5$ Hz

$$\omega_1 = 2\pi f_1 = 2 \times 3.14 \times 5.5 \times 10^5 = 3.45 \times 10^6 \text{ rad/s}$$

$$C_1 = \frac{1}{{\omega_1}^2 L} = \frac{1}{11.9 \times 10^{12} \times 2 \times 10^{-4}} = 4.2 \times 10^{-10} \text{ F} = 420 \text{ pF}$$

$$\omega_2 = 2\pi f_2 = 2 \times 3.14 \times 16.5 \times 10^5 = 10.36 \times 10^6 \text{ rad/s}$$

$$C_2 = \frac{1}{{\omega_2}^2 L} = \frac{1}{107.3 \times 10^{12} \times 2 \times 10^{-4}} = 0.466 \times 10^{-10} \text{ F} = 46.6 \text{ pF}$$

11. أستخدم الأرقام:

أ) المعاوقة:

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 60 = 376.8 \text{ rad/s}$$

$$X_L = \omega L = 376.8 \times 460 \times 10^{-3} = 173.3\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{376.8 \times 21 \times 10^{-6}} = 126.4\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{150^2 + (173.3 - 126.4)^2} = 157\ \Omega$$

ب) تردد الرنين:

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{460 \times 10^{-3} \times 21 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{3.1 \times 10^{-3}}$$
$$\omega_o = 322.6 \text{ rad/s}$$

12. أحلل البيانات:

أ) القيمة العظمى للتيار: $I_{max} = 15$ A، القيمة الفعالة للتيار:

$$I_{rms} = I_{max} \times 0.71 = 15 \times 0.71 = 10.65 \text{ A}$$

ب) التردد الزاوي:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.02} = 50 \text{ Hz}$$
$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 50 = 314 \text{ rad/s}$$

ج) القيمة الفعالة لفرق الجهد:

$$V_{rms} = I_{rms} \times R = 10.65 \times 40 = 426 \text{ V}$$

د) القدرة الكهربائية المستهلكة في المقاومة:

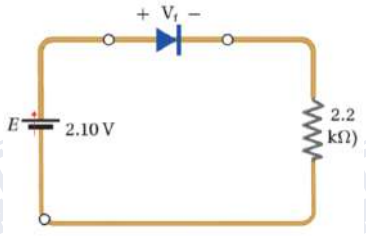
$$\bar{P} = {I_{rms}}^2 R = (10.65)^2 \times 40 = 4536.9 \text{ W}$$

13. أحسب:

$$I_{rms} = 0.71 \times I_{max} = 0.71 \times 2.8 = 2 \text{ A}$$
$$\bar{P} = {I_{rms}}^2 R = (2)^2 \times 200 = 800 \text{ W}$$

14. الثنائي موصول في حالة انحياز أمامي، وحاجز الجهد له (0.3 V) لأنه من الجرمانيوم. لذلك؛

فإن فرق الجهد على طرفي الثنائي (0.3 V)



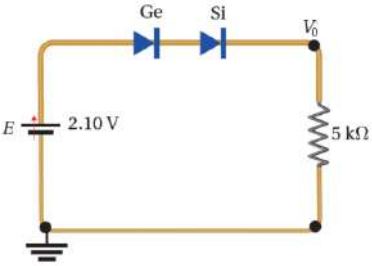
فرق الجهد على طرفي المقاومة:

$$\Delta V_R = 2.1 - 0.3 = 1.8 \text{ V}$$

والتيار المار في المقاومة:

$$I = \frac{\Delta V_R}{R} = \frac{1.8}{2.2 \times 10^3} = 0.82 \times 10^{-3} \text{ A} = 0.82 \text{ mA}$$

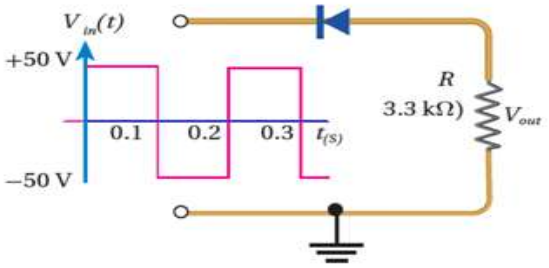
15. الثنائيان موصول في حالة انحياز أمامي، وحاجز الجهد (0.3 V) للجرمانيوم و (0.7 V) للسيليكون.

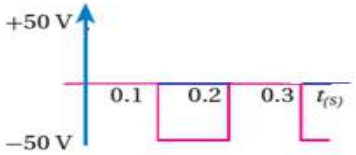


فرق الجهد على طرفي المقاومة:

$$\Delta V_R = V_0 = 2.1 - 0.3 - 0.7 = 1.1 \text{ V}$$

16. أ. في الفترتين الزمنيتين $(0 - 0.1\ s)$ و $(0.2 - 0.3\ s)$ يكون الثنائي في حالة انحياز عكسي ولا يمرر الإشارة، أما في الفترة الزمنية $(0.1 - 0.2\ s)$ فالثنائي في حالة انحياز أمامي ويمرر الإشارة.





يضيء المصباح مرة واحدة كل $(0.2\ s)$، لذلك يضيء خمس مرات في الثانية الواحدة.

17. يتكون الترانستور من ثلاث طبقات، بحيث تختلف الطبقة الوسطى عن الطبقتين الأخريَيْن. ويستخدم في الدارات الكهربائية كمفتاح كهربائي سريع الغلق والفتح، أو كمضخم للجهد أو التيار أو القدرة.

إجابات أسئلة تفكير في كتاب التجارب والأنشطة العملية/ الصفحات: 15- 13

1. الاختيار من متعدّد:

رقم الفقرة	الإجابة
1	ب
2	ب
3	ب

2.

أ.

$$\Phi_B = BA\cos\theta = (\mu_\circ I\, n)\ell^2 \cos 0.0^\circ$$

$$= 4\pi \times 10^{-7} \times 2.0 \times \frac{1000}{20.0 \times 10^{-2}} \times 4.0 \times 10^{-4} \times 1$$

$$= 5.02 \times 10^{-6}\ \text{Wb}$$

ب. أحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولّدة في الحلقة نتيجة تغير مقدار تيار دارة الملف اللولبي كما يأتي:

$$\bar{\varepsilon} = -\mathrm{N}\frac{\Delta\Phi_{\mathrm{B}}}{\Delta t} = -\mathrm{N}\left(\frac{\Phi_{\mathrm{B,f}} - \Phi_{\mathrm{B,i}}}{\Delta t}\right) = -1 \times \left(\frac{0 - 5.02 \times 10^{-6}}{2.0}\right)$$
$$= 2.51 \times 10^{-6}\ \mathrm{V}$$

3.

أ. سيمر تيار كهربائي حثّي، ويكون بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة؛ لمقاومة الزيادة في التدفق المغناطيسي.

ب. لا يمر تيار كهربائي حثّي،؛ لعدم حدوث تغيّر في التدفق المغناطيسي عبر الحلقة التي يُشكّلها الموصلان مع المجرى.

ج. سيمر تيار كهربائي حثّي، ويكون بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة؛ لمقاومة الزيادة في التدفق المغناطيسي.

4. نحسب أولاً مقاومة السلك كاملةً

$$R = 0.2 \times 30 = 6\ \Omega$$

أ. القدرة الضائعة عند فرق جهد (240 V)، أحسب التيار المار في السلك من القدرة وفرق الجهد

$$I = \frac{\bar{P}}{\Delta V} = \frac{500\times10^6}{240} = 2.1 \times 10^6\mathrm{A}$$

$$\bar{P} = I^2R = 2.1 \times 10^6 \times 6 = 1.27 \times 10^7\ \mathrm{W}$$

ب. القدرة الضائعة عند فرق جهد (32000 V).

$$I = \frac{\bar{P}}{\Delta V} = \frac{500\times10^6}{32000} = 15625\ \mathrm{A}$$

$$\bar{P} = I^2R = 15625 \times 6 = 93750\ \mathrm{W}$$

5. في دارة المحث تزداد المعاوقة بمقدار خمسة أضعاف، لأن معاوقة المحث تتناسب طرديًا مع تردد المصدر، فتقل القيمة الفعالة للتيار إلى الخمس. وفي دارة المواسع تقل المعاوقة إلى الخمس لأنها تتناسب عكسيًا مع تردد المصدر، فتزداد القيمة الفعالة للتيار إلى خمسة أضعاف.

6. أ. حاجز الجهد ما بين $(0.6 - 0.7\ V)$.

ب. الثنائي مصنوع من السليكون.

ج. من الرسم نجد:

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{0.9 - 0.8}{(35 - 17) \times 10^{-3}} = 5.5\ \Omega$$

د. الثنائي في حالة انحياز أمامي.

هـ . لأن فرق الجهد في هذه الحالة يكون أقل من حاجز الجهد للثنائي.

7. عندما بدّل أحمد المحث في جهاز المذياع تغيّرت المعاوقة المحثية لدارة الاستقبال، فتغيرت حالة الرنين، وبذلك أصبح عند اختياره للتردد (801 kHz) على اللوحة لا يحصل على تردد رنين يوافق تردد إذاعة المملكة الأردنية الهاشمية.

❖ الوحدة السادسة: الفيزياء الحديثة

الصفحة 59

أتأمَّل الصورة:

أهم الشروط الواجب توافرها في المناطق التي تبنى فيها محطات الطاقة الشمسية تشمل صفاء السماء وخلوها من الغيوم وسطوع الشمس فيها معظم أيام السنة. ويرتبط بهذه التكنولوجيا عدة قوانين، مثل؛ قوانين الظاهرة الكهرضوئية وقوانين ميكانيكا الكم وأشباه الموصلات والقوانين المتعلقة بنقل الطاقة الكهربائية.

الصفحة 61

تجربة استهلالية: استقصاء إشعاع الجسم الأسود.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. يبدأ السلك بالتوهج باللون الأحمر ثم الأصفر ثم الأزرق، وإذا ارتفعت درجة حرارة السلك أكثر سيتوهج باللون الأبيض.
2. **أحلّل البيانات:** تغير لون توهج السلك بسبب ارتفاع درجة حرارته مع مرور الزمن.

3. **أناقش:** يصدر عن الأجسام أشعة كهرمغناطيسية في منطقة الأشعة تحت الحمراء عندما تكون درجة حرارتها أكبر من الصفر المطلق (0 K). لكن عند درجة حرارة الغرفة لا تبعث الأجسام أشعة كهرمغناطيسية في منطقة الضوء المرئي بخلاف ما يتنبأ به نموذج رايلي – جينز.

- **الدرس 1: الطبيعة الجسيمية للضوء**

الصفحة 63

أتحقق:

نجح نموذج رايلي –جينز في تفسير إشعاع الجسم الأسود في منطقة الأطوال الموجية الكبيرة.

الصفحة 64

أتحقق:

افترض بلانك أن الأشعة الصادرة عن الأجسام ناتجة عن متذبذبات وأن هذه المتذبذبات تشع الطاقة او تمتصها بكميات محددة وغير متصلة.

أفكر:

امتصاص الجسم للطاقة يرفع درجة حرارته ونتيجة لذلك يزداد تردد المتذبذبات، فتتبعث أشعة كهرمغناطيسية بترددات أكبر وبشدة أعلى. وباستمرار ارتفاع درجة حرارة الجسم تستمر الزيادة في ترددات الأشعة المنبعثة وشدتها فتبدأ الوان الطيف المرئي بالظهور تباعا بدءًا من أقل تردد والذي يقابل الضوء الأحمر، ثم البرتقالي ثم الأصفر وهكذا حتى يشع الجسم كافة ألوان الطيف المرئي وعندها يظهر الإشعاع الصادر عن الجسم باللون الأبيض الذي هو مزيج من ألوان الطيف المرئي.

الصفحة 65

تمرين:

$$E = h\,f = 6.63 \times 10^{-34} \times 4.6 \times 10^{14} = 3.1 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

الصفحة 66

تجربة 1: الظاهرة الكهرضوئية.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. لم يحدث تغيير على انفراج ورقتي الكشاف.
2. لم يحدث تغيير على انفراج ورقتي الكشاف عند زيادة شدة الضوء الأحمر.
3. قل انفراج ورقتي الكشاف عند استخدام الأشعة فوق البنفسجية.
4. تردد الضوء الأحمر $(4 \times 10^{14}\ \text{Hz} - 4.8 \times 10^{14}\ \text{Hz})$، وتردد الأشعة فوق البنفسجية $(7.5 \times 10^{14}\ \text{Hz} - 30 \times 10^{14}\ \text{Hz})$.
5. عند زيادة شدة الضوء الأحمر لم تتحرر إلكترونات من قرص الكشاف، ما يدل على أن طاقة الضوء لم تزداد بزيادة شدته.
6. لأن إلكترونات تحررت من قرص الكشاف، ما يدل على أن طاقة الإشعاع زادت بزيادة تردده.

الصفحة 68

أفكر:

لا يمكن أن تكون الطاقة الحركية سالبة فهي تعتمد على الكتلة وعلى مربع السرعة، وكل من الكميتين دائما موجبة.

أتحقق:

الفيزياء الكلاسيكية تعامل الاشعة الكهرمغناطيسية على أنها موجات ذات طاقة متصلة، وهذا أدى الى عدم توافق تنبؤات الفيزياء الكلاسيكية مع النتائج التجريبية للظاهرة الكهرضوئية. وتتلخص تنبؤات الفيزياء الكلاسيكية فيما يخص الظاهرة الكهرضوئية بما يلي:

1. تنبعث الإلكترونات عند أي تردد للإشعاع الساقط، لأن امتصاص الطاقة مستمر وسقوط الإشعاع على سطح الفلز لفترة زمنية مناسبة سيمكن الإلكترونات من امتصاص الطاقة الكافية لتحريرها من سطح الفلز.
2. لا تنبعث الإلكترونات الضوئية بشكل فوري حيث أنه يلزم وقت معين للإلكترون حتى يمتص طاقة كافية من الإشعاع الساقط ليتحرر من سطح الفلز.
3. زيادة شدة الإشعاع تزيد من الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المتحررة.

الصفحة 69:

التعليم المدمج:

وجه الطلبة إلى تصميم عرض تفاعلي يوضح عدداً من الفوتونات تسقط على سطح فلز إضافة لعدد من الإلكترونات المتحررة من سطح الفلز، على أن لا يزيد عدد الإلكترونات عن عدد الفوتونات. وأوضح ويوضح فيه أيضاً وبزيادة عدد الفوتونات الساقطة على سطح الفلز يزداد عدد الإلكترونات المتحررة، ثمّ وجههم إلى مشاركته أو عرضه أمام الزملاء في الصفِّ.

الصفحة 70

سؤال الشكل (7):

لأن انبعاث الإلكترونات لا يحدث إذا كان تردد الأشعة الساقطة على الفلز أقل من تردد العتبة.

وبالتالي لا وجود لقيم طاقة حركية سالبة.

الصفحة 71

أتحقق:

لتفسير نتائج الظاهرة الكهرضوئية افترض العالم أينشتين أن الضوء يتكون من جسيمات (فوتونات) وطاقة كل فوتون $(E = h\,f)$. وعندما يسقط الفوتون على إلكترونات الفلز فإن الإلكترون الواحد منها إما أن يمتص طاقة الفوتون كاملة أو لا يمتصها نهائيا. وحتى يتمكن الفوتون من تحرير إلكترون من سطح الفلز يجب أن تكون طاقته مساوية لاقتران الشغل للفلز أو أكبر منه.

الصفحة 73

تمرين:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^{8}}{300 \times 10^{-9}} = 1.0 \times 10^{15}\ \text{Hz}$$

$$KE_{\max} = e\,V_s = 1.6 \times 10^{-19} \times 2.1 = 3.4 \times 10^{-19}\text{J}$$

$$\phi = h\,f - KE_{\max}$$

$$= 6.63 \times 10^{-34} \times 1.0 \times 10^{15} - 3.4 \times 10^{-19}$$

$$= 3.2 \times 10^{-19}\text{J}$$

$$f_0 = \frac{\phi}{h} = \frac{3.2 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 4.9 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

الصفحة 74

أفكر:

لأن طاقة أي من ألوان طيف الضوء المرئي أقل من طاقة الأشعة السينية وقريبة من طاقة الإلكترونات في الغرافيت؛ وبالتالي لا يمكن إهمال طاقة الإلكترون (واعتباره ساكنا) مقارنة بطاقة الضوء المرئي.

التعليم المدمج:

وجه الطلبة لتصميم عرض تفاعلي يوضح فوتوناً يسقط على إلكترون ساكن مع رسم موجة تتحرك مع الفوتون بطول موجي معين. وبعد التصادم، يبين العرض حركة الإلكترون والفوتون بزوايا مختلفة وتغيير الطول الموجي للفوتون، ثمّ وجههم إلى مشاركته أو عرضه أمام الزملاء في الصفِّ.

أتحقق:

يزداد الطول الموجي للأشعة المشتّتة ويقل ترددها وتبقى سرعة الأشعة الكهرمغناطيسية ثابتة.

الصفحة 76

تمرين:

$$p = \frac{E}{c} = \frac{3.0 \times 10^{-19}}{3 \times 10^{8}} = 1.0 \times 10^{-27}\ \text{kg m/s}$$

$$p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 5.4 \times 10^{15}}{3 \times 10^{8}} = \frac{3.5 \times 10^{-18}}{3 \times 10^{8}}$$

$$= 1.2 \times 10^{-26}\ \text{kg m/s}$$

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{2.00 \times 10^{-9}} = 33.2 \times 10^{-26}\ \text{kg m/s}$$

مراجعة الدرس 1

الصفحة 77

1. الفكرة الرئيسة:

الجسم الأسود: جسم مثالي يمتص جميع الأطوال الموجية للأشعة الكهرمغناطيسية ويشعها، ويعتمد انبعاث الأشعة منه على درجة حرارته فقط.

الظاهرة الكهرضوئية: انبعاث إلكترونات من سطح فلز عند سقوط إشعاع كهرمغناطيسي بتردد مناسب عليه.

اقتران الشغل للفلز: أقل طاقة للأشعة الكهرمغناطيسية تكفي لتحرير إلكترونات من سطح الفلز دون إكسابها طاقة حركية.

تردد العتبة: أقل تردد يتطلبه تحرير إلكترونات ضوئية من سطح فلز دون إكسابها طاقة حركية.

2. أحسب:

$$E_e = E_\mathrm{i} - E_\mathrm{f} = p_\mathrm{i}\, c - p_\mathrm{f}\, c = (p_\mathrm{i} - p_\mathrm{f})c$$

$$E_e = (4.3 \times 10^{-23} - 3.2 \times 10^{-23}) \times 3 \times 10^{8}$$

$$= 3.3 \times 10^{-15}\,\mathrm{J} = 3.3 \times 10^{-15}\,\mathrm{J}\,\frac{1\ \mathrm{eV}}{1.6 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}} = 20.6\ \mathrm{keV}$$

3. أستخدم المتغيّرات:

أ. اقتران الشغل للفلز:

$$\phi = h\,f_0 = 6.63 \times 10^{-34} \times 5.0 \times 10^{14} = 3.3 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$$

ب. الطاقة الحركيّة العظمى للإلكترونات المتحرّرة:

$$KE_\mathrm{max} = h\,f - \phi = h\frac{c}{\lambda} - \phi$$

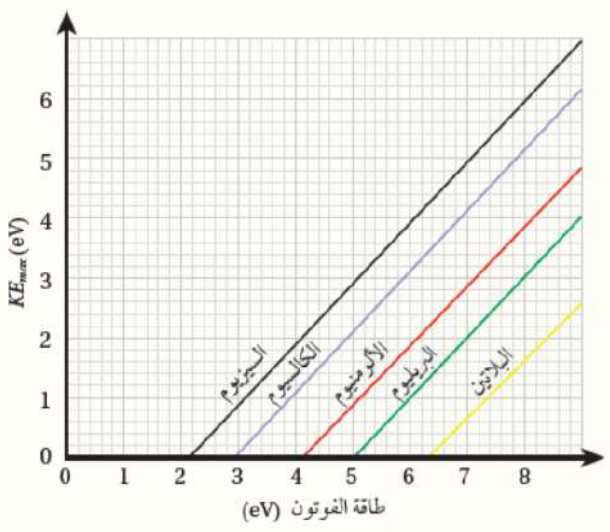
$$= 6.63 \times 10^{-34}\,\frac{3 \times 10^{8}}{300 \times 10^{-9}} - 3.3 \times 10^{-19} = 3.3 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$$

4. أحلل رسماً بيانياً:

أ. حسب العلاقة:

$$KE_\mathrm{max} = h\,f - \phi$$

حيث $(h\,f)$ طاقة الفوتون، فإن ميل الخط يجب أن يساوي (1) لجميع الخطوط.



ب. تردد الضوء يساوي تردد العتبة عندما تكون طاقة الفوتون مساوية لاقتران الشغل أي عندما:

$(KE_{\max} = 0)$.

ومن الشكل نجد:

$$f_{0(\text{السيزيوم})} < f_{0(\text{الكالسيوم})} < f_{0(\text{الألمنيوم})} < f_{0(\text{البريليوم})} < f_{0(\text{البلاتين})}$$

ج. $$KE_{\max} = hf - \phi = 10.0 - 5 = 5 \text{ eV}$$

د. نجد أولاً طاقة الفوتون:

$$hf = h\frac{c}{\lambda} = 6.63 \times 10^{-34} \frac{3 \times 10^{8}}{350 \times 10^{-9}} = 5.7 \times 10^{-19}\text{J}$$

$$= 5.7 \times 10^{-19}\text{J} \frac{1 \text{ eV}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ J}} = 3.6 \text{ eV}$$

وفوتونات تمتلك هذه الطاقة تستطيع تحرير إلكترونات من سطحي الكالسيوم والسيزيوم، لكنها لا تستطيع تحرير إلكترونات من سطوح الألمنيوم والبريليوم والبلاتين. والطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة من السيزيوم تكون أكبر منها للكالسيوم؛ لأن اقتران الشغل للسيزيوم أقل.

5. **أستخدم المتغيرات:**

$$KE_{\min} = 0$$

$$KE_{\max} = hf - \phi = h\frac{c}{\lambda} - \phi$$

$$= 6.63 \times 10^{-34} \frac{3 \times 10^{8}}{80 \times 10^{-9}} - 5.1 \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$= 24.9 \times 10^{-19} - 8.2 \times 10^{-19} = 1.7 \times 10^{-18} \text{ J} = 10.5 \text{ eV}$$

6. يفترض النموذج الموجي للضوء أن طاقة الضوء تعتمد على شدته وأن الأجسام تمتص الطاقة من الضوء بشكل متصل، فلو كانت هذه الفرضية صحيحة لزادت الطاقة الحركية العظمى بزيادة شدة الضوء الساقط على الفلز وهو ما تعارض مع النتائج التجريبية للظاهرة الكهرضوئية.

- **الدرس 2: التركيب الذرّي**

الصفحة 79

التعليم المدمج:

وجِّه الطلبة إلى تصميم عرض تفاعلي يوضحُ مستوَيَي طاقة منفصلين وإلكترون واحد، باستخدام برنامجِ السكراتشِ (Scratch)، ثمَّ وجههم إلى توضيح ان انتقال الإلكترون من المستوى الأدنى طاقة إلى المستوى الأعلى طاقة يتطلب امتصاص فوتون، بينما ينبعث فوتون عند انتقال الإلكترون من مستوى الطاقة الأعلى إلى مستوى الطاقة الأدنى، ثمّ وجههم إلى مشاركته أو عرضه أمام الزملاء في الصفِّ.

الصفحة 80

أتحقق:

فرضيات بور في ذرة الهيدروجين:

1. يدور الإلكترون حول البروتون في مسارات دائرية تحت تأثير قوة التجاذب الكهربائي.
2. توجد مدارات محدّدة (مستويات طاقة) مسموح للإلكترون أن يحتلّها، وإذا بقي في المدار نفسه فلا يشعّ طاقة ولا يمتصّها.
3. يشع الإلكترون طاقة أو يمتصها فقط إذا انتقل من مستوى طاقة إلى آخر.
4. المدارات المسموح للإلكترون أن يوجد فيها هي تلك التي يكون فيها مقدار زخمه الزاويّ $L = m_e vr$ يساوي عددا صحيحًا من مضاعفات $\hbar$، حيث: $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.05 \times 10^{-34} Js$

أيْ إنّ: $L = n\,\hbar = m_e v\,r$

أفكر:

يمتص الإلكترون جميع طاقة الفوتون ويتحرر من الذرة. ويتحول ما يزيد من طاقة الفوتون عن طاقة التأيّن إلى طاقة حركية يمتلكها الإلكترون.

الصفحة 82

تمرين:

$$|\Delta E| = hf = \frac{4.08 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.55 \text{ eV}$$

ولأن الإلكترون فقد طاقة فإن:

$$\Delta E = -2.55 \text{ eV}$$

$$-2.55 = E_f - E_i = \frac{-13.6}{2^2} - \frac{-13.6}{n_i^2} = -3.4 + \frac{13.6}{n_i^2}$$

$$\frac{13.6}{n_i^2} = 0.85 \text{ eV} \quad \Longrightarrow \quad n_i = 4$$

الصفحة 84

أتحققُ:

طيف ضوء الشمس المرئي تظهر فيه جميع ألوان الطيف المرئي أي أنه طيف متصل. وعند عبور ضوء الشمس خلال غاز عنصر ما فإن هذا العنصر يمتص بعض الألوان من ضوء الشمس فيظهر ذلك على شكل خطوط معتمة في الطيف المرئي المتصل يسمى (طيف الامتصاص الخطي للعنصر).

الصفحة 85

أفكر:

لا يمكن تفسير الأطياف الذرية باستخدام مفاهيم الفيزياء الكلاسيكية، لأن هذه المفاهيم تفترض أن الذرة تستطيع أن تشع الضوء أو تمتصه بأي تردد، وبالتالي فالطيف المتوقع من الذرات حسب مفاهيم الفيزياء الكلاسيكية يجب أن يكون طيفاً متصلاً، وهذا يخالف النتائج التجريبية.

أتحقق:

نجح نموذج بور في التنبؤ بالأطوال الموجية لطيف ذرة الهيدروجين. فقد تمكن بور باستخدام نموذجه لذرة الهيدروجين من حساب الأطوال الموجية للطيف المرئي لذرة الهيدروجين.

الصفحة 86

تمرينٌ:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left|\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right| = 1.097 \times 10^7 \left|\frac{1}{1^2} - \frac{1}{4^2}\right|$$

$$\frac{1}{\lambda} = 10.28 \times 10^6 \text{ m}^{-1}$$

$$\lambda = 9.723 \times 10^{-8}\text{m} = 97.23 \text{ nm}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^8}{9.723\times10^{-8}} = 3.085 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

$$E = h\,f \ = 6.63 \times 10^{-34} \times 3.085 \times 10^{15} = 2.05 \times 10^{-18}\text{J} = 12.8 \text{ eV}$$

$$p = \frac{E}{c} = \frac{2.05 \times 10^{-18}}{3 \times 10^8} = 6.82 \times 10^{-27} \text{ kg m/s}$$

الصفحة 87

أتحقق:

للجسيمات المادية طبيعة موجية–جسيمية مزدوجة، وأن الطول الموجي لجسيمة يعطى بالعلاقة:

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

الصفحة 89

تمرينٌ:

1.

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{2.24 \times 10^{-10}} = 2.96 \times 10^{-24}\ \text{kg m/s}$$

$$v = \frac{p}{m} = \frac{2.96 \times 10^{-24}}{9.11 \times 10^{-31}} = 3.25 \times 10^{6}\ \text{m/s}$$

$$KE = \frac{1}{2} m_e v^2 = e\ \Delta V$$

$$\frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times (3.25 \times 10^{6})^2 = 1.6 \times 10^{-19} \times \Delta V$$

$$\Delta V = 30.1\ \text{V}$$

2.

أ.

$$\lambda = \frac{h}{m\,v} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{60 \times 10^{-3} \times 25} = 4.42 \times 10^{-34}\text{m}$$

ب. إن طول موجة دي بروي (λ) المصاحبة للكرة أصغر بكثير من قطر كرة التنس، وهذا يفسر صعوبة تصميم تجربة للكشف عن الأطوال الموجية المصاحبة للأجسام الجاهرية.

الصفحة 90

مراجعة الدرس 2

1. الفكرة الرئيسية:

طيف الامتصاص الخطي: الأطوال الموجية التي تمتصها غازات العناصر وتظهر على شكل خطوط معتمة منفصلة على خلفية مضيئة.

طيف الانبعاث الخطي: الأطوال الموجية التي تشعها ذرات العناصر المثارة وتظهر على شكل خطوط مضيئة منفصلة على خلفية سوداء.

2. أذكر: حدود نموذج بور: لم يستطع تفسير الأطياف الذرية للذرات عديدة الإلكترونات.

3. أستخدمُ الأرقام:

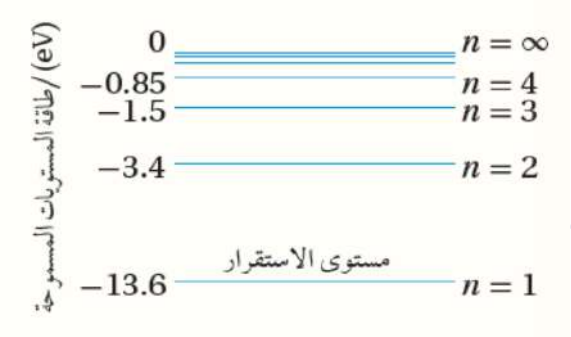
$$L = n\hbar = 4 \times 1.05 \times 10^{-34} = 4.2 \times 10^{-34}\ \text{J s}$$

$$E = \frac{-13.6}{n^2} = = \frac{-13.6}{4^4} = -0.85\ \text{eV}$$

4. أحلل الشكل:

يمكن أن يمتص فوتون لنقله إلى لمستوى الطاقة الثاني:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = -3.4 - (-13.6)$$
$$= 10.2\ \text{eV}$$



أو لنقله إلى مستوى الطاقة الثالث

$$\Delta E = E_3 - E_1 = -1.5 - (-13.6)$$
$$= 12.1\ \text{eV}$$

أو لنقله إلى مستوى الطاقة الرابع

$$\Delta E = E_4 - E_1 = -0.85 - (-13.6)$$
$$= 12.75\ \text{eV}$$

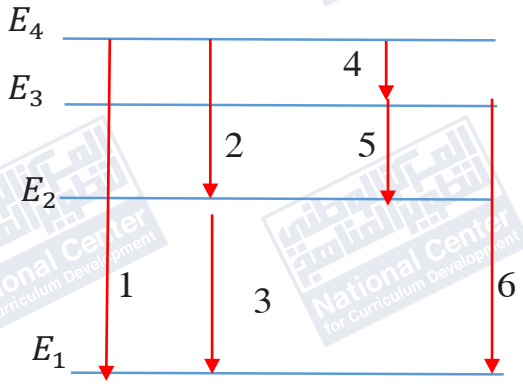
5. أصنف:

الكميات المرتبطة بالطبيعة الموجية: الطول الموجي، التردد.

الكميات المرتبطة بالطبيعة الجسيمية: الزخم الخطي.

بينما فيما يخص الطاقة، فالجسيمات والموجات تحمل طاقة.

6. استنتج: الإجابة كما هي موضحة في الشكل المجاور.



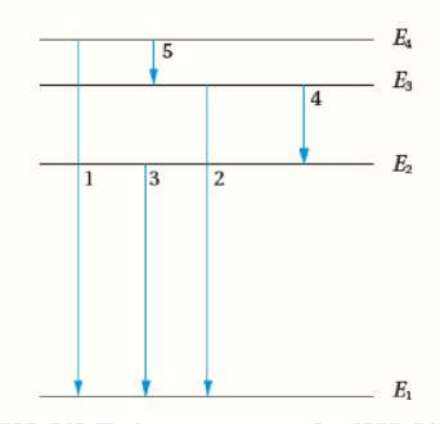
7. **أحسب:**

$$\frac{1}{\lambda} = R_h \left|\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right|$$

$$\frac{1}{\lambda} = 1.097 \times 10^7 \left|\frac{1}{3^2} - \frac{1}{1^2}\right| = 1.097 \times 10^7 \left|\frac{-8}{9}\right| = 9.751 \times 10^6 \ \text{m}^{-1}$$

$$\lambda = 103 \ \text{nm}$$

8. **أحلل الشكل:**



أ. انتقال الإلكترون من مستوى الطاقة الرابع إلى مستوى الطاقة الثالث ينتج عنه انبعاث فوتون بأكبر طول موجي (الانتقال 5)

ب. انتقال الإلكترون من مستوى الطاقة الرابع إلى مستوى الطاقة الأول ينتج عنه انبعاث فوتون بأكبر طاقة (الانتقال 1).

ج. أقل تردد يكافئ أكبر طول موجي، الانتقال (5).

9. **أستخدم الأرقام:**

$$KE = 10 \ \text{MeV} = 10 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.6 \times 10^{-12} \text{J}$$

$$v = \sqrt{\frac{2}{m} KE} = \sqrt{\frac{2}{1.67 \times 10^{-27}} 1.6 \times 10^{-12}} = 4.4 \times 10^7 \ \text{m/s}$$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{1.67 \times 10^{-27} \times 4.4 \times 10^7} = 9.0 \times 10^{-15} \ \text{m}$$

الصفحات 92 – 96

مراجعة الوحدة السادسة

1. الاختيار من متعدّد:

الفقرة	الإجابة
1	جـ
2	جـ
3	جـ
4	أ
5	جـ
6	جـ
7	ب
8	أ
9	د
10	أ
11	جـ
12	أ
13	جـ

2. أستخدم المتغيرات:

$$L = n\hbar = 3\,\hbar \quad \Rightarrow n = 3$$

$$E = -\frac{13.6}{n^2} = -\frac{13.6}{3^2} = -1.5\ \text{eV}$$

3. أستخدم المتغيرات:

أ.

$$f_0 = \frac{\phi}{h} = \frac{2.2\times1.6\times10^{-19}}{6.63\times10^{-34}} = 5.3\times10^{14}\text{Hz}$$

ب.

$$KE_{\max} = h f - \phi = h\frac{c}{\lambda} - \phi$$

$$KE_{\max} = 6.63\times10^{-34}\frac{3\times10^{8}}{300\times10^{-9}} - 2.2\times1.6\times10^{-19} = 3.1\times10^{-19}\,\text{J}$$

4. **أصدر حكماً:**

		عدد الإلكترونات المتحررة	الطاقة الحركية العظمى
أ.	زادت شدة الضوء مع بقاء تردده ثابتاً.	يزداد	لا تتأثر
ب.	زاد تردد الضوء مع بقاء شدته ثابتة.	لا يتأثر	تزداد

5. **أناقش:**

أ. الإلكترون لا يمتص طاقة لأن طاقة الفوتون الساقط غير كافية لنقل الإلكترون إلى أيٍّ من مستويات الطاقة. فأقل طاقة يمكن أن يمتصها إلكترون تساوي (10.2 eV) لنقله من مستوى الاستقرار إلى مستوى الطاقة الثاني.

ب. الإلكترون يمتص الفوتون وينتقل الى مستوى الطاقة الثالث.

ج. الإلكترون يمتص الفوتون، ويُستهلك (13.6 eV) من الطاقة ليتحرر من الذرة، وما يزيد عن ذلك (6.4 eV) يظهر على شكل طاقة حركية للإلكترون.

6. **أتوقع:**

يمكن أن ينتقل إلى مستوى الطاقة الأول فيكون فرق الطاقة

$$\Delta E = E_1 - E_3 = -13.6 - (-1.5) = -12.1 \text{ eV}$$

أو يمكن أن ينتقل إلى مستوى الطاقة الثاني

$$\Delta E = E_2 - E_3 = -3.4 - (-1.5) = -1.9 \text{ eV}$$

ثم من مستوى الطاقة الثاني إلى مستوى الطاقة الأول

$$\Delta E = E_1 - E_2 - 13.6 - (-3.4) = -10.2 \text{ eV}$$

والإشارة السالبة تعني أن الإلكترون فقد طاقة.

7. **أحلل الشكل:**

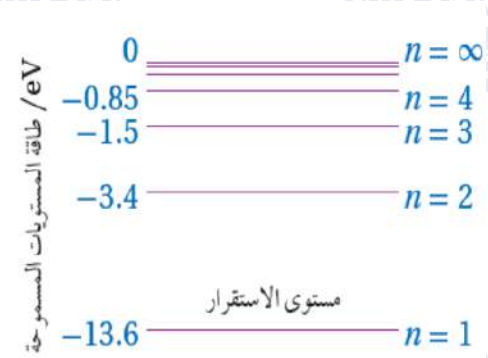
أ. أعلى طاقة فوتون يمكن أن ينبعث عندما ينتقل الإلكترون من مستوى الطاقة $(n = 4)$ إلى مستوى الاستقرار $(n = 1)$ حيث تساوي:

$$\Delta E = |-10.38 - (-4.95)| = 5.43 \text{ eV}$$

ب. أقل طاقة فوتون يمكن أن ينبعث عندما ينتقل الإلكترون من مستوى الطاقة $(n = 3)$ إلى مستوى الطاقة $(n = 2)$. حيث تساوي:

$$\Delta E = |-5.74 - (5.52)| = 0.22 \text{ eV}$$

8. حل مشكلات:



أحسب طاقة الفوتون:

$$E = h f = 6.63 \times 10^{-34} \times 6.15 \times 10^{14} = 4.08 \times 10^{-19} \text{J}$$

أحولها إلى وحدة (eV):

$$E = \frac{4.08 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.55 \text{ eV}$$

وهذه الطاقة تساوي فرق الطاقة بين مستويي الطاقة الرابع والثاني، وهذا يعني أن الإلكترون انتقل من مستوى الطاقة الثاني إلى مستوى الطاقة الرابع.

9. أستخدم المتغيرات:

أحسب طول موجة دي بوري من:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m\,v}$$

وأجد السرعة من الطاقة الحركية

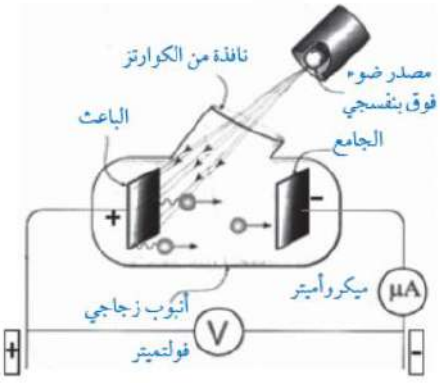
$$KE = \frac{1}{2} m\ v^2 = e\ \Delta V$$

$$v = \sqrt{\frac{2\ e\Delta V}{m}}$$

أعوض في طول موجة دي بروي:

$$\lambda = \frac{h}{m\sqrt{\frac{2\ e\Delta V}{m}}} = \frac{h}{\sqrt{2\ m\ e\ \Delta V}}$$

10. أ: تقلّ قراءة الأميتر مع زيادة فرق الجهد، إن الجهد السالب للجامع يؤثر بقوة تنافر في الإلكترونات ويعيق وصولها للجامع، ولا يصل الجامع إلاّ الإلكترونات التي تمتلك طاقة حركية تكفي للتغلب على قوة التنافر الكهربائي. وبزيادة فرق الجهد تزداد سالبيّة الجامع ما يزيد من قوة تنافر الإلكترونات مع الجامع فيقل عددها الذي يستطيع الوصول للجامع فيقل التيار وتقل بذلك قراءة الأميتر.



ت. يُسمّى فرق جهد الإيقاف.

ج. تبقى قراءة الأميتر صفراً، حيث أن زيادة شدة الضوء لا تؤدي لزيادة الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة.

د. لا تبقى قراءة الأميتر صفراً، أي أن تياراً قد نشأ؛ ما يعني أن الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات قد زادت وتغلبت على قوة التنافر الكهربائي مع الجامع، وعليه فإن طاقة الضوء تعتمد على تردّده.

هـ. تتنبأ الفيزياء الكلاسيكية بزيادة طاقة الضوء عند ازدياد شدته وبذلك لا تبقى قراءة الأميتر صفراً عند زيادة شدة الضوء في الفرع (ج). كما تتنبأ الفيزياء الكلاسيكية بأن تبقى قراءة الأميتر تساوي صفرًا في الفرع (د).

و. أحسب تردد العتبة لمادة الباعث:

$$\phi = h\,f - KE_{\max}$$

$$h\,f_0 = h\,f - e\,V_s$$

$$f_0 = \frac{h\,f - eV_s}{h}$$

$$f_0 = f - \frac{e\,V_s}{h} = 8.0 \times 10^{14} - \frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 3.2 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

11.أ: **أفسر:** سبب ظهور هذه الخطوط هو امتصاص الإلكترونات في ذرة الهيليوم فوتونات طاقتها تساوي فرق الطاقة بين مستويات طاقة في ذرة الهيليوم.

ب. **أحسب:** الطاقة:

$$E = h\,f = h\frac{c}{\lambda} = 6.63 \times 10^{-34}\,\frac{3 \times 10^{8}}{686.7 \times 10^{-9}} = 2.89 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

$$E = \frac{2.89 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.81\ \text{eV}$$

12. أحسب:

أ: اقتران الشغل للفلز:

$$\phi = h\,f_o = h\frac{c}{\lambda_0} = 6.63 \times 10^{-34}\,\frac{3 \times 10^{8}}{682 \times 10^{-9}} = 2.9 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

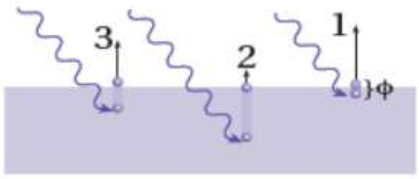
ب. فرق جهد القطع (الإيقاف):

$$KE_{\max} = e\,V_s \quad \Rightarrow \quad V_s = \frac{2\ \text{eV}}{e} = 2\ \text{V}$$

13. أفسر:

أ. افترض أن الضوء يتكون من كمات منفصلة من الطاقة (فوتونات)، تتناسب طاقة الفوتون الواحد منها طردياً مع تردده.

ب. ترتبط شدّة الضوء بعدد الفوتونات الساقطة على الفلز في وحدة الزمن، وبما أن الفوتون الواحد يعطي طاقته جميعها لإلكترون واحد فقط فإن عدد الإلكترونات المتحررة في وحدة الزمن يزداد بزيادة شدة الضوء.



ج. $KE_1 > KE_3 > KE_2$ (بافتراض ان الفوتونات جميعها تمتلك مقدار الطاقة نفسه)

د. تتفاوت الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة من صفر إلى الطاقة الحركية العظمى، وذلك حسب طاقة ربط الإلكترون وعمق موقعه تحت سطح الفلز، فالإلكترونات ذات طاقة الربط الأصغر والأقرب لسطح الفلز تتحرر بطاقة حركية أكبر.

14. أحلل رسماً بيانياً:

أ. توازي الخطوط الثلاثة يعني رياضياً أنّ ميلها متساوٍ. وباستخدام العلاقة $KE_{\max} = h\,f - \phi$ فإن ميل كل من الخطوط الثلاث يساوي ثابت بلانك (h).

ب.

$$h = \frac{\Delta KE_{\max}}{\Delta f} = \frac{2 - 0}{11 \times 10^{14} - 5.8 \times 10^{14}} = 3.85 \times 10^{-15}\ \text{eV.s}$$

$$= 3.85 \times 10^{-15} \times 1.6 \times 10^{-19} = 6.16 \times 10^{-34}\ \text{J.s}$$

القيمة المحسوبة لثابت بلانك (h) تختلف قليلا عن القيمة المقبولة نظرا لأخطاء تجريبية.

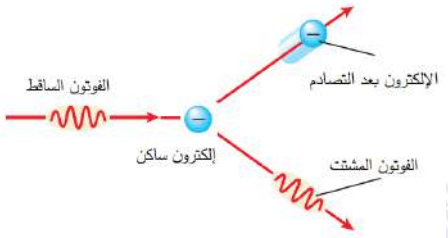
ج.

$$\phi = h f_0 = 6.16 \times 10^{-34} \times 5.8 \times 10^{14} = 3.6 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

د. تتحرر إلكترونات من الفلز (A) والفلز (B)، وتكون الطاقة الحركية العظمى أكبر للإلكترونات المتحررة من الفلز (A).

هـ. $\phi(\text{A}) < \phi(\text{B}) < \phi(\text{C})$

15. أ: تردد الأشعة المشتتّة وطاقتها أقل مقارنة مع الكميات المقابلة للأشعة الساقطة، ولكنها ذات طولٍ موجيّ أكبر. الأشعة المشتتّة والأشعة الساقطة يمتلكان مقدار السرعة نفسه وهو مقدار سرعة الضوء.



ب. $E_e = E_{\text{i}} - E_{\text{f}}$، حيث E_{i} طاقة الضوء الساقط و E_{f} طاقة الضوء المشتت.

16. **أستخدم المتغيرات:**

للفوتون $p_{photon} = \frac{E}{c}$

للإلكترون نجد سرعته أولاً من الطاقة الحركية:

$$E = KE = \frac{1}{2} m v^2 \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

ومنه $p_{electron} = m v = \sqrt{2 m E}$

$$\frac{p_{photon}}{p_{electron}} = \frac{\frac{E}{c}}{\sqrt{2 m E}} = \frac{1}{c}\sqrt{\frac{E}{2m}}$$

17. أذكر:

طبيعة موجية: الحيود والتداخل.

طبيعة جسيمية: الظاهرة الكهرضوئية، تأثير كومبتون، إشعاع الجسم ألأسود، الأطياف الذرية.

18. أستنتج:

لأن الأجسام في درجة حرارة الغرفة تشع أشعة كهرمغناطيسية ذات أطوال موجية كبيرة في منطقة الطول الموجي للأشعة تحت الحمراء التي لا تستطيع العين البشرية رؤيتها.

19. أستخدم المتـــغـــيّرات:

أ. الزخم الخطيّ للفوتون قبل التصادم.

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{60 \times 10^{-9}} = 1.11 \times 10^{-26} \text{ kg m/s}$$

ب. الطاقة التي اكتسبها الإلكترون في أثناء عملية التصادم.

$$E_e = E_\text{i} - E_\text{f} = p_\text{i}\, c - p_\text{f} c = \left(\frac{h}{\lambda_\text{i}} - \frac{h}{\lambda_\text{f}}\right) c = \left(\frac{1}{\lambda_\text{i}} - \frac{1}{\lambda_\text{f}}\right) h\, c$$

$$= \left(\frac{1}{60 \times 10^{-9}} - \frac{1}{80 \times 10^{-9}}\right) 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}$$

$$= 8.3 \times 10^{-19} \text{ J} = 5.2 \text{ eV}$$

20. أفسّر:

أ. زيادة شدة الضوء تعني زيادة عدد الفوتونات الساقطة على الفلز في وحدة الزمن وبما أن كل فوتون يحرر إلكتروناً واحداً؛ سيزداد عدد الإلكترونات المتحررة في وحدة الزمن وبالتالي يزداد التّيار الكهرضوئي.

ب. حسب تفسير أينشتين، فإن الإلكترون يمتص الفوتون فورياً ويتحرر مباشرة من سطح الفلز إذا كان تردد الإشعاع الكهرمغناطيسي أكبر من تردد العتبة أو يساويه.

21. **أفسر:**

$\Phi_X > \Phi_Y$

$hf_1 - KE_{\max} > hf_2 - KE_{\max}$

بطرح $(KE_{\max})$ من الطرفين لأنها متساوية

$hf_1 > hf_2$

وبالقسمة على (h)

$f_1 > f_2$

بما أن الطاقة الحركية العظمى متساوية في كلا الحالتين، فإن الفلز الذي له اقتران شغل أكبر سقط عليه ضوء بتردد أكبر.

22. **أستخدم المتـغـيّرات:**

أ. اقتران الشغل لفلزّ الباعث.

$$\phi = hf - KE_{\max}$$

$$= h\frac{c}{\lambda} - KE_{\max} = 6.63 \times 10^{-34} \frac{3 \times 10^{8}}{380 \times 10^{-9}} - 1.6 \times 10^{-19}$$

$$= 5.2 \times 10^{-19} - 1.6 \times 10^{-19} = 3.6 \times 10^{-19} \text{J}$$

ب. تردّد العتبة للفلزّ

$$f_0 = \frac{\phi}{h} = \frac{3.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 5.4 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

ج. جهد الإيقاف.

$$V_s = \frac{KE_{\max}}{e} = \frac{1.6 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1 \text{ V}$$

إجابات أسئلة تفكير في كتاب التجارب والأنشطة العملية/ الصفحات: 21-22

1. الاختيار من متعدّد:

الفقرة	رمز الإجابة
1	ج
2	ب
3	د
4	أ
5	د

2. أجد طاقة الفوتون الواحد

$$E = h\,f = 6.63 \times 10^{-34} \times 99.7 \times 10^{6} = 6.61 \times 10^{-26}\ \text{J}$$

أجد عدد الفوتونات في الثانية الواحدة من قسمة الطاقة المنبعثة في الثانية الواحدة على طاقة الفوتون الواحد:

$$n = \frac{130 \times 10^{3}}{6.61 \times 10^{-26}} = 1.97 \times 10^{30}\ photon$$

3. السؤال الثالث:

$$KE_{\max} = hf - \phi$$

$$\phi = h\frac{c}{\lambda} - e\,V_s$$

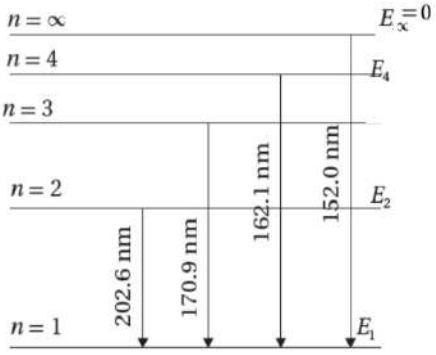
$$\phi = 6.63 \times 10^{-34}\ \frac{3 \times 10^{8}}{546.1 \times 10^{-9}} - 1.6 \times 10^{-19} \times 0.376 = 3.04 \times 10^{-19}\text{J}$$

وفي الحالة الثانية:

$$e \times V_s = 6.63 \times 10^{-34}\ \frac{3 \times 10^{8}}{587.1 \times 10^{-9}} - 3.04 \times 10^{-19} = 3.48 \times 10^{-20}$$

$$V_s = \frac{3.48 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 0.22\ \text{V}$$

4. أجد طاقة المستوى الأول



$$E_\infty - E_1 = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E_\infty - E_1 = 6.63 \times 10^{-34}\ \frac{3 \times 10^8}{152.0 \times 10^{-9}}$$

$$0 - E_1 = 13.1 \times 10^{-19}\text{J}$$

$$E_1 = -13.1 \times 10^{-19}\text{J} = -8.5\ \text{eV}$$

ثم أجد طاقة المستوى الثاني من

$$E_2 - E_1 = hf = \frac{hc}{\lambda} = 6.63 \times 10^{-34}\ \frac{3 \times 10^8}{202.6 \times 10^{-9}} = 9.8 \times 10^{-19}\text{J}$$

$$E_2 - (-13.1 \times 10^{-19}) = 9.8 \times 10^{-19}$$

$$E_2 = -3.3 \times 10^{-19} = -2.1\ \text{eV}$$

وأجد طاقة المستوى الثالث بنفس الطريقة

$$E_3 - E_1 = hf = \frac{hc}{\lambda} = 6.63 \times 10^{-34}\ \frac{3 \times 10^8}{170.9 \times 10^{-9}} = 11.6 \times 10^{-19}\text{J}$$

$$E_2 - (-13.1 \times 10^{-19}) = 11.6 \times 10^{-19}$$

$$E_2 = -1.5 \times 10^{-19} = -0.93\ \text{eV}$$

5. أجد طول موجة دي بروي المصاحبة له

$$\lambda = \frac{h}{m\,v} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{1 \times 10^5 \times 1 \times 10^{-12}} = 6.63 \times 10^{-27}\ \text{m}$$

وهذا الطول أصغر بكثير من قطر الجسم، لذا لا يمكن الكشف عن موجات دي بروي المصاحبة له.

❖ الوحدة السابعة: الفيزياء النووية

الصفحة 97

أتأمَّل الصورة:

أهم الشروط الواجب توافرها في المناطق التي تبني فيها المفاعلات النووية، بعدها عن المناطق المأهولة بالسكان وبناؤها في مناطق تتوافر فيها كميات كبيرة من المياه؛ لتبريد المفاعل وبعدها عن المناطق الزلزالية. وترتبط هذه التكنولوجيا بقوانين الفيزياء النووية، والقوانين المتعلقة بنقل الطاقة الكهربائية.

الصفحة 99

تجربة استهلالية: استقصاء التفاعل المتسلسل

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. المتوسط الزمني لسقوط القطع جميعها في النموذج الأول أقل.
2. كمية الطاقة الناتجة في وحدة الزمن في النموذج الأول أكبر.
3. معدل سقوط قطع الدومينو (انشطار النوى) في النموذج الثاني أقل، لذلك فمن الأسهل السيطرة عليه مقارنة بالنموذج الأول.

الدرس 1: تركيب النواة وخصائصها

الصفحة 100

أتحقق:

العدد الذري: عدد البروتونات في النواة.

العدد الكتلي: مجموع عدد البروتونات والنيوترونات في النواة.

الصفحة 101

أفكر:

تختلف النظائر عن بعضها في الخصائص الفيزيائية، ولها نفس الخصائص الكيميائية.

أتحقق:

تبقى كثافة النواة ثابتة لأنها لا تعتمد على العدد الكتلي للنواة.

الصفحة 105

أفكر:

النيوكليونات الموجودة داخل النوى تتأثر بقوة نووية أكبر من تلك الموجودة على سطح النواة، لأن النيوكليون الموجود داخل النوى محاط بنيوكليونات من جميع الجوانب، لذلك يتأثر بقوة نووية أكبر من ذلك الموجود على سطح النوى.

أتحقق:

$\frac{N}{Z} = 1$ للنوى الخفيفة التي عددها الذري يقل عن أو يساوي 20، لكن هذه النسبة تقريبا تساوي 1 لنوى أخرى مستقرة مثل $^{7}_{3}Li$.

الصفحة 106

أتحقق:

$$E = \Delta m\, c^2$$

الصفحة 108

أتحقق:

النوى المتوسطة الكتلة أكثر استقرارًا، وهي التي عددها الكتلي قريب من العدد 60 مثل النيكل والحديد.

مراجعة الدرس 1

الصفحة 111

1. **الفكرة الرئيسية:**

العدد الذري: عدد البروتونات في النواة.

العدد الكتلي: مجموع عدد البروتونات والنيوترونات في النواة.

النيوكليون: أسم يطلق على كل من البروتون أو النيوترون.

طاقة الربط النووية: الطاقة التي يجب تزويدها للنواة لفصل مكوناتها (النيوكليونات) عن بعضها نهائياً.

نطاق الاستقرار: النطاق التي تقع ضمنه النوى المستقرة في منحنى $(Z\text{-}N)$

2. **أستخدم المتغيرات:**

أ. نصف قطر النواة (X) الى نصف قطر النواة (Y):

$$\frac{r_X}{r_Y} = \frac{r_0\sqrt[3]{A_X}}{r_0\sqrt[3]{A_Y}} = \frac{\sqrt[3]{8A_Y}}{\sqrt[3]{A_Y}} = 2$$

ب. حجم النواة (X) إلى حجم النواة (Y):

$$\frac{V_X}{V_Y} = \frac{\frac{4}{3}\pi r_X^3}{\frac{4}{3}\pi r_Y^3} = \frac{r_0^3\, A_X}{r_0^3\, A_Y} = \frac{8A_Y}{A_X} = 8$$

ج. كثافة النواة (X) إلى كثافة النواة (Y):

$$\frac{\rho_X}{\rho_Y} = 1$$

لأن كثافة النواة ثابتة (تقريبا) لا تعتمد على العدد الكتلي.

3. للنواة (^7_3Li)،

عدد البروتونات = 3

عدد النيوكليونات = 7

عدد النيوترونات 4=3−7

4. أناقش:

بما أن النيوترون متعادل الشحنة فلا يساهم بقوة تنافر كهربائية ولكنه يساهم في إضافة قوة تجاذب نووي، فوجود النيوترونات داخل النواة يزيد من قوة التجاذب النووية حتى تصبح القوة النووية هي القوة السائدة مما يساهم في استقرار النواة.

5. أتوقع:

$^{238}_{92}U$ غير مستقرة حيث عددها الذري أكبر من 82.

$^{24}_{12}Mg$ مستقرة، حيث أن عددها الذري أقل من 20، وعدد بروتوناتها يساوي عدد نيوتروناتها.

6. أحسب:

$$\Delta m = Z\, m_p + N\, m_n - m_{^{62}_{28}Ni}$$

$$= 28 \times 1.00728 + 34 \times 1.00867 - 61.91297 = 0.58565\ amu$$

$$BE_{^{62}_{28}Ni} = \Delta m \times 931.5 = 0.58565 \times 931.5 = 545.5\ \text{MeV}$$

$$\frac{BE_{^{62}_{28}Ni}}{A} = \frac{545.5}{62} = 8.799\ \text{MeV}$$

لنواة $({}^{56}_{26}Fe)$:

$$\Delta m = Z\, m_p + N\, m_n - m_{{}^{56}_{26}Fe}$$

$$= 26 \times 1.00728 + 30 \times 1.00867 - 55.92066 = 0.52872\ amu$$

$$BE_{{}^{56}_{26}Fe} = \Delta m \times 931.5 = 0.52872 \times 931.5 = 492.5\ \text{MeV}$$

$$\frac{BE_{{}^{56}_{26}Fe}}{A} = \frac{492.50}{56} = 8.795\ \text{MeV}$$

7. أستنتج:

أجد طاقة الربط لكل نيوكليون لكل منها

النواة	طاقة الربط MeV	العدد الكتلي	طاقة الربط لكل نيوكليون MeV
X	1600	200	$\frac{1600}{200} = 8.00$
Y	492	56	$\frac{492}{56} = 8.79$
Z	28	4	$\frac{28}{4} = 7.00$

إن طاقة الربط لكل نيوكليون للنواة (Y) هي الأكبر لذلك هي الأكثر استقراراً.

8. التفكير الناقد:

بما أن طاقة الربط النووية لكل نيوكليون لا تتغير كثيراً، فهذا يعني أن إضافة نيوكليونات جديدة للنواة لا يؤثر كثيراً في طاقة الربط النووية لكل نيوكليون، والسبب في ذلك أن القوة النووية قصيرة المدى، أي أن النيوكليون داخل النواة يتجاذب مع النيوكليونات المحيطة به فقط، ولا يتأثر ببقية النيوكليونات وهذ ما يعرف بإشباع القوة النووية القوية.

الدرس 2: الإشعاع النووي

الصفحة 113

سؤال الشكل (5):

بسبب شحنة الفا وكتلتها فإنها تتفاعل مع ذرات الورقة بشكل أكبر من أشعة غاما؛ لذلك تفقد طاقتها بسرعة وتكون قدرتها على الاختراق قليلة.

أتحقق:

نوع الأشعة	القدرة على الاختراق	القدرة على التأيين
ألفا	قليلة	كبيرة
بيتا	متوسطة	متوسطة
غاما	عالية	قليلة

الصفحة 114

أفكر:

لا تصلح أشعة غاما بسبب قدرتها العالية على الاختراق، ولا تصلح أشعة ألفا بسبب قدرتها القليلة على الاختراق.

أتحقق:

عند انبعاث جسيم ألفا من نواة يقل عددها الكتلي بمقدار (4) ويقل عددها الذري بمقدار (2).

الصفحة 115

أتحقق:

عند انبعاث β^+ من نواة لا يتغير عددها الكتلي ويقل عددها الذري بمقدار (1).

وعند انبعاث β^- من نواة لا يتغير عددها الكتلي ويزداد عددها الذري بمقدار (1).

الصفحة 116

أتحقق:

انبعاث أشعة غاما من نواة لا يغيّر من عددها الذري أو عددها الكتلي.

التعليم المدمج:

وجِّه الطلبة إلى تصميم عرض تفاعلي يوضحُ ثلاث مستويات من الطاقة أحدها مستوى الاستقرار والذي يليه مستوى الإثارة للنواة الناتجة، باستخدام برنامجِ السكراتشِ (Scratch)، ثمَّ وجههم إلى رسم نواة على مستوى الطاقة الأعلى، بحيث تشع جسيم بيتا السالبة وتتحول إلى نواة جديدة حسب الطريقتين الموضحتين في الشكل (6)، ثمّ وجههم إلى مشاركته أو عرضه أمام الزملاء في الصفِّ.

الصفحة 118

تمرين:

$$^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$$

$$^{1}_{1}p \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{1}e + \nu$$

$$^{234}_{92}U \longrightarrow {}^{230}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$$

$$^{234}_{91}Pa^{*} \longrightarrow {}^{234}_{91}Pa + \gamma$$

الصفحة 119

تجربة 1: استقصاء الاضمحلال الإشعاعي.

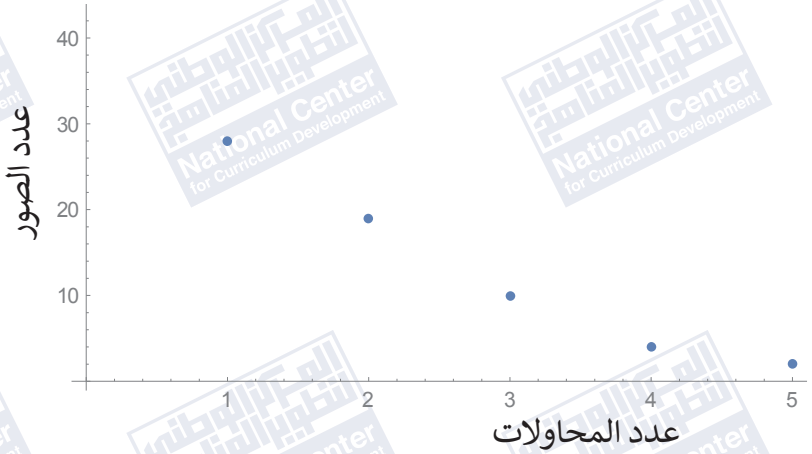
إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

المحاولة	N	ΔN
0	50	
1	28	22
2	15	13
3	8	7
4	4	4
5	2	2

1. يقلّ مقدار النقص في عدد القطع التي ظهرت فيها الصورة كلما قل عدد قطع النقد الملقاة.

$$\Delta N \propto N$$

2.



.3

$\frac{N_i}{N_{i-1}}$	
0.56	1
0.53	2
0.53	3
0.5	4
0.5	5

.4

$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{1}{2} \Rightarrow N_1 = \frac{1}{2}N_0$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow N_2 = \frac{1}{2}N_1 = \frac{1}{4}N_0$$

$$\frac{N_3}{N_2} = \frac{1}{2} \Rightarrow N_3 = \frac{1}{2}N_2 = \frac{1}{8}N_0$$

وبشكل عام

$$\frac{N_n}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

يمكن اعتبار $n = \frac{t}{t_{1/2}}$، حيث t: زمن الاضمحلال. و $t_{1/2}$ عمر النصف.

.5

$$\frac{N_n}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

$$\frac{N_2}{1000} = \left(\frac{1}{2}\right)^2$$

$$N = \frac{1}{4} \times 1000 = 250$$

الصفحة 121

أتحقّق:

النشاطيّة الإشعاعيّة: عدد الاضمحلالات في الثانية الواحدة.

عمر النصف: المدة الزمنية اللازمة لاضمحلال نصف عدد النوى المشعة.

الصفحة 123

تمرين:

حتى يضمحل (75%) منه تعني أن نسبة ما تبقى من النوى المشعة يساوي (25%)، أي أن:

$$\frac{N}{N_0} = \frac{25}{100} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$\frac{1}{4} = \left(\frac{1}{2}\right)^{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{8}}$$

وفي حالة تساوي الأساسات تتساوى الأسس

$$\frac{t}{8} = 2 \quad \Rightarrow \quad t = 16 \text{ days}$$

الصفحة 124

أتحقق:

مجموعة الاضمحلالات التلقائية التي تبدأ بعنصر مشع ثقيل (موجود في الطبيعة) وتنتهي بعنصر مستقر من خلال عدة اضمحلالات لألفا أو بيتا.

الصفحة 125

تمرين:

$${}^{238}_{92}U \xrightarrow{h} {}^{234}_{90}Th \xrightarrow{g} {}^{234}_{91}Pa \ \ldots \rightarrow {}^{A}_{Z}X \ \ldots.$$

أ. الجسيم (h) هو ألفا والجسيم (g) هو بيتا السالبة.

ب.

$$A = 238 - 6 \times 4 = 214$$

$$Z = 92 - 2 \times (-1) - 6 \times 2 = 82$$

الصفحة 126

مراجعة الدرس 2

1. الفكرة الرئيسة:

الاضمحلال الإشعاعي: هو التحوّل التلقائي لنواة غير مستقرة إلى نواة أكثر استقرارًا عن طريق انبعاث جُسيم ألفا أو جُسيم بيتا، وغالبًا ما يصاحب ذلك انبعاث أشعة غاما.

عمر النصف: المدة الزمنية اللازمة لاضمحلال نصف عدد النوى المشعة.

النشاطيّة الإشعاعيّة: عدد الاضمحلالات في الثانية الواحدة.

2. أفسر

عند انبعاث جسيمات بيتا أو ألفا من نوى بعض النظائر المشعة قد لا تكون النوى الناتجة في مستوى الاستقرار، بل في أحد مستويات الإثارة لها. وحتى تنتقل النوى الناتجة لمستوى الاستقرار فإنها تخسر طاقة تطلقها على شكل أشعة غاما.

3. أستخدم المتغيّرات:

النشاطية الاشعاعية الابتدائية (400 اضمحلال لكل دقيقة) وبعد مضي زمن يساوي عمر النصف تصبح (200 اضمحلال لكل دقيقة) وبعد مضي عمر نصف آخر تصبح (100 اضمحلال لكل دقيقة)، وهذا يعني أن العينة مرة عليها زمن يساوي ضعفي عمر النصف، أي أن الثلاث ساعات تساوي ضعفي عمر النصف، ما يعني أن عمر النصف يساوي ساعة ونصف. أو من خلال

$$\frac{A}{A_0}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}} \Rightarrow \quad \frac{100}{400}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{t_{1/2}}} \quad \Rightarrow \left(\frac{1}{2}\right)^{2}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{t_{1/2}}}$$

وبما أن الأساسات متساوية فإنّ الأسس متساوية، أي أن: $\frac{3}{t_{1/2}}=2 \Rightarrow t_{1/2}=1.5\ \text{h}$

4. أحسب:

نلاحظ أن: $\frac{100}{800}=\frac{1}{8}=\left(\frac{1}{2}\right)^{3}$، أي أن: $\frac{t}{t_{1/2}}=3$

$$t=3t_{1/2}=3\frac{\ln(2)}{\lambda}=3\frac{\ln(2)}{4\ln(2)}=\frac{3}{4}\text{days}$$

5. **أستخدم المتغيّرات:**

أ:

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{0.693}{1.15 \times 10^{-8}} = 6.02 \times 10^{7}\ \text{s}$$

ب. $$A = N_0\,\lambda\ = 2.53 \times 10^{21} \times\ 1.15 \times 10^{-8} = 2.9 \times 10^{13}\ \text{Bq}$$

6. **أحلل:**

أ. $$^{18}_{9}F \rightarrow\ ^{A}_{Z}X\ +\ ^{0}_{+1}e\ + \nu$$

نجد أن $A = 18\ ,\ Z = 8$ والعنصر X هو نظير الأكسجين $^{18}_{8}O$

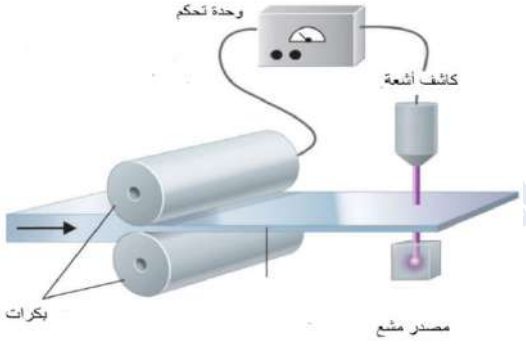
ب. $$\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{110} = 6.30 \times 10^{-3}\ \text{min}^{-1}$$

ج. بعد مضي $220\ \text{min}$ يكون قد مضى على العينة زمن يساوي ضعفي عمر النصف، ما يعني أن عدد النوى المشعة سيقل للربع ويصبح ($\frac{2.1\times10^{16}}{4} = 5.25 \times 10^{15}\ atoms$)

7. **أفسر:**

ينبعث جسيم بيتا السالبة من النواة نتيجة اضمحلال أحد نيوترونات النواة وتحوله إلى بروتون وجسيم بيتا السالبة وضديد نيوترينو.

8. **التفكير الناقد:**



جسيمات بيتا هي الأنسب لهذا الاستخدام. فنفاذية جسيمات الفا صغيرة جداً، يمتصها الشريط ولا يصل أي منها للكاشف. أما نفاذية أشعة غاما فعالية وتفاعلها مع الوسط قليل وقد لا تؤثر التغيرات في سمك الشريط على شدة أشعة غاما التي تصل الكاشف.

الدرس 3: التفاعلات النووية

الصفحة 128

أتحقق:

اصطدام نواتي ذرتين أو اصطدام جسيم نووي مثل البروتون أو النيوترون بنواة ذرة أخرى، وقد ينتج عن ذلك نواة جديدة أو أكثر.

أفكر:

يستخدم المجال الكهربائي في تسريع القذائف المشحونة ويستخدم المجال المغناطيسي في توجيهها.

الصفحة 129

أفكر:

النيوترون متعادل الشحنة بينما البروتون موجب الشحنة وسيتأثر بقوة تنافر كهربائي أثناء اقترابه من النواة؛ لذلك يحتاج لطاقة أكبر للتغلب على قوة التنافر الكهربائية.

الصفحة 130

أتحقق:

انقسام نواة ثقيلة لنواتين او أكثر أصغر منها في الكتلة والنوى الناتجة لها طاقات ربط نووية لكل نيوكليون أكبر من النواة المنشطرة.

التعليم المدمج:

وجِّه الطلبة إلى تصميم عرض تفاعلي يرسم فيه عدد من نوى اليورانيوم-235 عند اصطدامها بنيوترون، باستخدام برنامجِ السكراتش (Scratch)، ثمَّ وجههم إلى رسم النواتج موضحاً فيه عدد النيوترونات المنبعثة (إما اثنان أو ثلاثة)، وتوضيح تأثير ذلك عدد الانشطارات التي تحدث في وحدة الزمن، ثمّ وجههم إلى مشاركته أو عرضه أمام الزملاء في الصفِّ.

الصفحة 132

أتحقق:

1. الوقود النووي. 2. قضبان التحكم. 3. المواد المهدئة. 4. نظام التبريد. 5. مولد بخار الماء.

التعليم المدمج:

وجِّه الطلبة لجمع أكبر عدد ممكن من صور لمفاعل نووي وأجزاءه من مصادر التعلم الموثوقة، ثمَّ دمج هذه الصور في فيلم قصير باستخدام movie maker، مع إضافة التعليق الصوتي المناسب للفيلم، ثمّ وجههم إلى مشاركته أو عرضه أمام الزملاء في الصفِّ.

الصفحة 133

أتحقق:

اندماج نواتين خفيفتين لتكوين نواة أثقل من كل منهما لها طاقة ربط نووية لكل نيوكليون أكبر من تلك لأي من النواتين **الصفحة 135**

مراجعة الدرس3

1. **الفكرة الرئيسية:**

الانشطار النووي: انقسام نواة ثقيلة لنواتين او أكثر أصغر منها في الكتلة، لكل منهما طاقة ربط نووية لكل نيوكليون أكبر من النواة الأم.

الاندماج النووي: اندماج نواتين خفيفتين لتكوين نواة أثقل من كل منهما لها طاقة ربط نووية لكل نيوكليون أكبر من تلك لأي من النواتين.

2.

أ. التفاعل الأول يمثل تفاعل اندماج نووي والثاني يمثل تفاعل انشطار نووي.

ب. المواد الناتجة تمتلك طاقة ربط نووية لكل نيوكليون أكبر لكلا التفاعلين.

ج. لتفاعل الاندماج

$$Q = [m_a + m_X - (m_b + m_Y)] \times 931.5$$
$$= (2.0136 + 3.0155 - (4.0015 + 1.0087)) \times 931.5$$
$$= 0.01890 \times 931.5 = 17.6 \text{ MeV}$$

لتفاعل الانشطار

$$Q = [m_a + m_X - (m_b + m_Y)] \times 931.5$$
$$= (1.0087 + 234.9934 - (143.8922 + 88.8979 + 3 \times 1.0087)) \times 931.5$$
$$= 0.1859 \times 931.5 = 173.2 \text{ MeV}$$

د. لتفاعل الاندماج:

$$\frac{BE}{A} = \frac{17.6}{5} = 3.5 \ \text{MeV}/neucleon$$

لتفاعل الانشطار:

$$\frac{BE}{A} = \frac{173.2}{236} = 0.7 \ \text{MeV}/neucleon$$

طاقة الربط النووية لكل نيوكليون لتفاعل الانشطار أقل منها لتفاعل الاندماج.

هـ. تفاعل الاندماج ينتج طاقة أكبر لنفس الكتلة من المواد الداخلة في التفاعل.

3. أعدد: أعدد أوجه التشابه وأوجه الاختلاف بين تفاعل الاندماج وتفاعل الانشطار.

	الاندماج	الانشطار
التفاعل	اندماج نواتين خفيفتين	انشطار نواة ثقيلة
الوقود المستخدم	نوى خفيفة مثل نظائر الهيدروجين	نوى ثقيلة مثل اليورانيوم-235
توفر الوقود وتكلفته	متوفر ورخيص	غير متوفر بشكل كبير ومكلف
الطاقة الناتجة لكل نيوكليون	كبيرة بحدود (3.5–7) MeV))	صغيرة بحدود (0.7 MeV)
شروط حدوثه	توفير درجة حرارة عالية وضغط كبير جداً.	ضرب النواة بنيوترون بطيء

4. أفسّر:

1. القضبان التي تحتوي على الكادميوم: امتصاص نيوترونات للتحكم في سرعة التفاعل.
2. مهدئات النيوترونات: امتصاص جزء من طاقة النيوترونات لتصل للطاقة المناسبة لحدوث الانشطار النووي.

5. أفسّر:

لتزويد النواتين بطاقة حركية كبيرة كافية للتغلّب على قوة التنافر الكهربائية بين النواتين عند اقترابهما من بعضهما لمسافة تبدأ عندها القوة النووية بالتأثير.

6. أفسّر:

لا يصلح اليورانيوم الخام في المفاعل النووي لأن نسبة اليورانيوم $(^{235}_{92}U)$ المستخدم في تفاعل الانشطار تكون فيه قليلة جدا (0.7%).

7. التفكير الناقد:

لأن نواتج تفاعل الاندماج النووي غير مشعة ولا تشكل خطورة إشعاعية على البيئة.

الصفحات 137 – 141

مراجعة الوحدة السابعة

1. الاختيار من متعدد:

رقم الفقرة	الإجابة	رقم الفقرة	الإجابة
1	أ	7	أ
2	أ	8	د
3	أ	9	أ
4	د	10	ب
5	د	11	أ
6	أ	12	ب

2. أستخدم المتغيرات:

أ. عمر النصف للبولونيوم $\left({}^{210}_{84}Po\right)$:

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{5.8 \times 10^{-8}} = 11.9 \times 10^{6}\text{s}$$

ب. النشاطية الاشعاعية:

$$A_0 = N_0\,\lambda = 2.8 \times 10^{18} \times 5.8 \times 10^{-8} = 1.6 \times 10^{11}\ \text{Bq}$$

ج. عدد النوى المتبقية:

$$\frac{t}{t_{1/2}} = 4$$

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$\frac{N}{2.8 \times 10^{18}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{4}$$

$$N = 2.8 \times 10^{18} \times \frac{1}{16} = 1.8 \times 10^{17}\ \text{atoms}$$

3. **أستخدم المتغيرات:**

نحول من (μCi) إلى (Bq)، حيث: $1\ \text{Ci} = 3.7 \times 10^{10}\text{Bq}$

$$1.70\ \mu\text{Ci} = 1.70 \times 10^{-6} \times 3.7 \times 10^{10} = 6.3 \times 10^{4}\ \text{Bq}$$

ثم نعوض في القانون:

$$A = N\,\lambda$$

$$6.3 \times 10^{4} = 1.25 \times 10^{15}\,\lambda \quad \Rightarrow \quad \lambda = 5.04 \times 10^{-11}\ \text{s}^{-1}$$

4. **أستخدم المتغيرات:**

أ. من الشكل نجد أن: $t_{1/2} = 5.27\ \text{years}$

ب. من الشكل نجد أن: $A_0 = 1\ \mu\text{Ci}$

ج. من الشكل، نلاحظ أن تاريخ تصنيع العينة هو APR 2009

د. الزمن يساوي ضعفي عمر النصف مما يعني أن النشاطيّة الاشعاعيّة ستقل إلى الربع

$$A = 0.25\ \mu\text{Ci}$$

5. **أستخدم المتغيرات:**

$$\Delta m = Z\,m_p + N\,m_n - m_{{}^{60}_{28}Ni}$$

$$= 28 \times 1.00728 + 32 \times 1.00867 - 59.91541 = 0.56587$$

$$BE_{{}^{60}_{28}Ni} = \Delta m \times 931.5 = 0.56587 \times 931.5 = 527.1\text{MeV}$$

6. أ: **أستخدم المتغيرات:**

$$\frac{BE}{A}\left({}^{23}_{11}Na\right) = \frac{186.66}{23} = 8.11\ \text{MeV}$$

$$\frac{BE}{A}\left({}^{23}_{12}Mg\right) = \frac{181.82}{23} = 7.90\ \text{MeV}$$

ب. **أصدر حكماً:** بما أن طاقة الربط لكل نيوكليون لنواة $\left({}^{23}_{11}Na\right)$ أكبر منها لنواة $\left({}^{23}_{12}Mg\right)$؛ فإن نواة $\left({}^{23}_{11}Na\right)$ أكثر استقرارً.

7. أكمل المعادلات النووية الآتية:

$^{239}_{92}U \rightarrow {}^{239}_{93}Np + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$

$^{10}_{5}B + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{7}_{3}Li + {}^{4}_{2}He$

$^{242}_{96}Cm + \alpha \rightarrow {}^{245}_{98}Cf + {}^{1}_{0}n$

$^{1}_{0}n + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}p$

$^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$

$^{13}_{7}N \longrightarrow {}^{13}_{6}C + {}^{0}_{+1}e + \nu$

8. أكمل الجدول الآتي:

نوع الاشعاع / وجه المقارنة	الفا	بيتا ا	غاما
طبيعة الاشعاع	جسيمات (نوى الهيليوم)	جسيمات إلكترونات أو بوزيترونات	فوتونات (أشعة كهرمغناطيسية)
نوع الشحنة	موجبة	سالبة أو موجبة	ليس لها شحنة
الكتلة	كتلة نواة الهيليوم	كتلة الإلكترون	ليس لها كتلة
القدرة على النفاذ	قليلة	متوسطة نسبياً	عالية
القدرة على التأيين	عالية	متوسطة نسبياً	قليلة

9. **أستخدم المتغيرات:**

أ. بما أن فرق الكتلة موجب فإن التفاعل منتج للطاقة.

ب.

$\Delta m = m_a + m_X - (m_b + m_Y)$

$0.00612 = 4.0015 + m_{{}^{9}_{4}Be} - (1.0087 + 11.9967)$

$m_{{}^{9}_{4}Be} = 9.01\ amu$

ج.

$\Delta m = Z\, m_p + N\, m_n - m_{{}^{12}_{6}C}$

$= 6 \times 1.0073 + 6 \times 1.0087 - 11.9967 = 0.0993\ amu$

$BE = \Delta m \times 931.5 = 0.0992 \times 931.5 = 92.5\ \text{MeV}$

$\frac{BE}{A} = \frac{92.39}{12} = 7.71\ \text{MeV}$

10. أستخدم المتغيرات:

$$\Delta m = m_a + m_X - (m_b + m_Y)$$

$$\Delta m = 1.0087 + 10.0103 - (4.0015 + 7.0144) = 0.0031\ amu$$

$$Q = \Delta m \times 931.5 = 0.0031 \times 931.5 = 2.888\ \text{MeV}$$

11. أقارن:

أ: في كلا التفاعلين يكون مجموع كتل النوى الناتجة من التفاعل أقل من مجموع كتل النوى الداخلة في التفاعل

ب. في كل من التفاعلين تكون طاقة الربط النووية للنوى الناتجة أكبر من طاقة الربط النووية للنوى الداخلة في التفاعل.

ج. في كل من التفاعلين التغير في طاقة الربط النووية لكل نيوكليون موجبا

12. أستخدم المتغيرات:

أ.

$$BE = \left(\frac{BE}{A}\right) \times A = 8.35 \times 30 = 250.5\ \text{MeV}$$

ب.

$$\Delta m = \frac{BE}{931.5} = 0.2689\ amu$$

$$\Delta m = Z\ m_p + N\ m_n - M$$

$$0.2689 = 15 \times 1.00728 + 15 \times 1.00867 - M$$

$$M = 29.9703\ amu$$

13. أستخدم المتغيرات:

$$BE = \Delta m \times c^2 = 1.64 \times 10^{-28} \times (3 \times 10^8)^2 = 1.48 \times 10^{-11}\ \text{J}$$

14. أحلل:

أ:

$$r = r_0 \sqrt[3]{A} = 1.2 \times 10^{-15} \times \sqrt[3]{90} = 5.4 \times 10^{-15}\ \text{m}$$

ب.

$$\Delta m = Z\, m_p + N\, m_n - m_Y = 30 \times 1.00728 + 40 \times 1.00867 - 70.0012$$
$$= 0.5640 \text{ MeV}$$

$$BE_Y = \Delta m \times 931.5 = 0.5640 \times 931.5 = 525.4 \text{ MeV}$$

ج. النواة (Y) تملك طاقة ربط لكل نيوكليون أعلى لأن عددها الكتلي أقرب للعد الكتلي (60).

د. العدد الذري للنواة (X) أكبر من 20، وتكون قوة التنافر الكهربائية كبيرة لهذا العدد الذري. وحتى تصبح القوة النووية (قوة تجاذب) هي السائدة يجب أن يكون عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات.

هـ. (X) و (Y) نواتين مستقرتين، و (A) و (B) نواتين غير مستقرتين.

15. أحلل:

أ. العنصر (Y) هو الأكثر استقراراً لأنه يمتلك أكبر طاقة ربط نووية لكل نيوكليون.

ب. العنصر (W) هو الأكثر قابلية للانشطار والعنصر (Z) هو الأكثر قابلية للاندماج.

ج.

$$BE = \left(\frac{BE}{A}\right) \times A = 8 \times 200 = 1600 \text{ MeV}$$

16. أحلل رسماً بيانياً:

أ: من الرسم البياني نجد أن عمر النصف للعنصر (1) يساوي تقريباً (2 hr) أما للعنصر (2) فعمر النصف يساوي تقريباً (4 hr).

ب. للعنصر الأول

$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{4}{100} \times 100\% = 4\%$$

للعنصر الثاني

$$\frac{N_2}{N_0} = \frac{18}{100} \times 100\% = 18\%$$

ج. $\lambda_2 < \lambda_1$ حيث يتناسب ثابت الاضمحلال عكسياً مع عمر النصف.

إجابات أسئلة تفكير في كتاب التجارب والأنشطة العملية/ الصفحات: 28-30

1. الاختيار من متعدّد:

الفقرة	الإجابة	الفقرة	الإجابة
1	د	4	ب
2	ب	5	ب
3	ب		

2. أحسب:

النشاطية الإشعاعية التي يقيسها الجهاز $(A_{measured})$ بوحدة (Bq)

$$A_{measured} = \frac{35}{60} \text{ Bq}$$

أجد النشاطية الإشعاعية التي تصل كاشف الإشعاع من النسية التي يقيسها الكاشف

$$\frac{A_{measured}}{A} = 10\% \quad \Rightarrow \quad A = \frac{A_{measured}}{0.1} = \frac{35}{6} = 5.83$$

أطبق في العلاقة

$$A = \lambda N$$

$$5.83 = \lambda \times 1.5 \times 10^{9}$$

$$\lambda = 3.88 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1}$$

3. أ.

النواة	$^{3}_{1}H$	$^{2}_{1}H$	$^{4}_{2}He$
طاقة الربط النووية $BE = \frac{BE}{A} \times A$	2.83	1.11	7.07

ب. $\Delta BE = 4 \times 7.07 - (2 \times 1.11 + 3 \times 2.83) =$

18.57 MeV

ج. تحول جزء من كتلة المواد الداخلة في التفاعل إلى طاقة.

4. ثلاث نوى ...

أ. نواة $(^{106}_{46}Pd)$ لها أكبر طاقة ربط لكل نيوكليون لأنها المستقرة.

ب.

النواة	Z	N	$\frac{N}{Z}$
$^{106}_{47}Ag$	47	59	1.255
$^{106}_{46}Pd$	46	60	1.304
$^{106}_{45}Rh$	45	61	1.356

بما أن نواة $(^{106}_{46}Pd)$ هي المستقرة فنسبة الاستقرار $(\frac{N}{Z})$ للعدد الكتلي (106) تساوي (1.304).

ج. بما أن نسبة $(\frac{N}{Z})$ للنواة $(^{106}_{47}Ag)$ أقل من نسبة الاستقرار فهذا يعني أنها تمتلك فائضاً من البروتونات لذلك تشع بيتا الموجبة. أما النواة $(^{106}_{45}Rh)$ فنسبة $(\frac{N}{Z})$ أكبر من نسبة الاستقرار، وهذا يعني أنها تمتلك فائضاً من النيوترونات لذلك تشع بيتا السالبة.

د.

$$^{106}_{47}Ag \rightarrow {}^{106}_{46}Pd + {}^{0}_{1}e + \nu$$

$$^{106}_{45}Rh \rightarrow {}^{106}_{46}Pd + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$$

5. يوضح الشكل ...

أ. أستخدم المتغيرات: معادلة حفظ الزخم الخطي:

$$p_X = p_Y + p_\alpha$$

$$0 = -m_Y v_Y + m_\alpha v_\alpha$$

ب. أتوقع: سيمتلك جسيم ألفا طاقة حركية أكبر من النواة (Y)، حيث:

$$0 = -m_Y v_Y + m_\alpha v_\alpha$$

$$v_\alpha = \frac{m_Y}{m_\alpha} v_Y$$

$$KE_\alpha = \frac{1}{2} m_\alpha v_\alpha^2 = \frac{1}{2} m_\alpha \left(\frac{m_Y}{m_\alpha} v_Y\right)^2 = \frac{m_Y}{m_\alpha} \times \frac{1}{2} m_Y v_Y^2$$

$$= \frac{m_Y}{m_\alpha} KE_Y = \frac{228}{4} KE_Y = 57\, KE_Y$$