ليلة الامتحان (آخر كلام)

مبدعو الفيزياء

تجميع وتنظيم دكتور/ خليفة جـــــاد
71044011 - 78103781 – 78901412

أنت قوة مذهلة

الفيزياء
أسهل
مع
د خليفة جاد

أنت
قوة
مذهلة

اقتباسات من كتاب
الطالب والنشاط

الرواد

آخر كلام

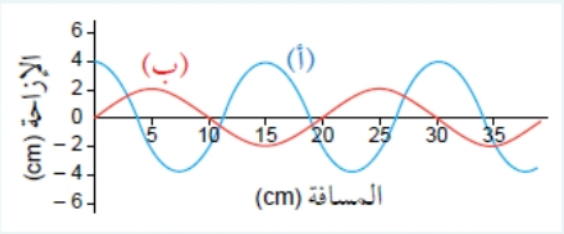
فيزياء صف12 ف2 2025

دكتور/ خليفة جاد
78103781 – 78901412

الوحدة السادسة (الموجات)

أسئلة الدروس ونهاية الوحدة

(١) حدّد طول الموجة والسعة لكل من الموجتَين المبيّنتَين في الشكل ٦-٣.



الشكل ٦-٣ موجتان للسؤال ١.

(٢) ميكروفون موصل بأوسيلوسكوب (CRO)، يلتقط موجات صوتية فتشغل دورتان كاملتان خمسة أقسام على طول المحور السيني (x) لشاشة الأوسيلوسكوب. ضُبطت معايرة مقياس الزمن على ($0.005\ s\ div^{-1}$)، احسب تردد الموجات الصوتية.

١. الموجة (أ) طول الموجة 15 cm

السعة 4 cm

الموجة (ب) طول الموجة 20 cm

السعة 2 cm

٢. تشغل الموجة الكاملة 2.5 مربعات، ويمثّل المربع الواحد (0.005 s)، لذلك فإن الزمن الدوري للموجة:

$$T = 2.5 \times 0.005 = 0.0125\ s$$

وبذلك يكون التردد:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.0125} = 80\ Hz$$

(٤) مصباح قدرته (100 W) يبعث إشعاعًا كهرومغناطيسيًا في جميع الاتجاهات. بافتراض أن المصباح مصدر نقطي، احسب شدة الإشعاع:

أ. على مسافة (1.0 m) من المصباح.

ب. على مسافة (2.0 m) من المصباح.

تلميح: فكّر في مساحة الكرة ($4\pi r^2$).

٤. أ. شدة الموجة $= \frac{P}{A} = \frac{\text{القدرة}}{\text{المساحة}}$

مساحة سطح الكرة $= 4\pi r^2$

لذلك، فإن شدة الإشعاع على بُعد 1.0 m من المصباح:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{100}{4 \times \pi \times (1.0)^2}$$

$$= 7.96\ W\ m^{-2} \approx 8.0\ W\ m^{-2}$$

ب. شدة الإشعاع على بُعد 2.0 m من المصباح:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{100}{4 \times \pi \times (2.0)^2}$$

$$= 1.99\ W\ m^{-2} \approx 2.0\ W\ m^{-2}$$

(٦) الصوت موجة ميكانيكية يمكن أن تنتقل عبر مادة صلبة. احسب تردد الصوت الذي طول موجته (0.25 m) وينتقل عبر الفولاذ بسرعة ($5060\ m\ s^{-1}$).

٦. بإعادة ترتيب معادلة سرعة الموجة $v = f\lambda$ نحصل على التردد:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{5060}{0.25} = 20240\ Hz \approx 20\ kHz$$

(٧) يهتز وتر كمان بتردد (64 Hz)، احسب سرعة الموجات المستعرضة على وتر الكمان، إذا كان الطول الموجي للموجة (140 cm).

٧. سرعة الموجات المستعرضة:

$$v = f\lambda = 64 \times 1.40 = 89.6\ m\ s^{-1} \approx 90\ m\ s^{-1}$$

(٨) تستخدم أداة مهتزة ترددها (30 Hz) لإرسال موجة مستعرضة طولها الموجي (5.0 cm) على طول وتر مشدود. احسب لهذه الموجة:

أ. ترددها.

ب. سرعتها.

(٩) انسخ الجدول ٦-٣ وأكمله.

(سرعة موجات الراديو تساوي $3.00 \times 10^8\ m\ s^{-1}$).

المحطة	طول الموجة (m)	التردد (MHz)
راديو A (FM)		97.6
راديو B (FM)		94.6
راديو B (LW)	1515	
راديو C (MW)	693	

الجدول ٦-٣

٨. أ. التردد:

$f = 30\ Hz$

ب. سرعة الموجة:

$$v = f\lambda = 30 \times 0.050 = 1.5\ m\ s^{-1}$$

٩.

المحطة	طول الموجة (m)	التردد (MHz)
راديو A (FM)	$\frac{v}{f} = \frac{3.00 \times 10^8}{97.6 \times 10^6} = 3.07$	97.6
راديو B (FM)	$\frac{v}{f} = \frac{3.00 \times 10^8}{94.6 \times 10^6} = 3.17$	94.6
راديو B (LW)	1515	$\frac{v}{\lambda} = \frac{3.00 \times 10^8}{1515} = 0.198\ MHz$
راديو C (MW)	693	$\frac{v}{\lambda} = \frac{3.00 \times 10^8}{693} = 0.433\ MHz$

https://v3.camscanner.com/user/download

(١٠) يصدر محرّك طائرة صوتًا بتردد ثابت قيمته (120 Hz) وتبتعد الطائرة عن مراقب ثابت بسرعة ($80\ m\ s^{-1}$). احسب:

أ. طول الموجة الملاحظ للصوت الذي يسمعه المراقب.

ب. التردد الملاحظ لهذا الصوت.

(سرعة الصوت في الهواء = $340\ m\ s^{-1}$)

١٠. أ. طول الموجة الملاحظ للصوت:

$$\lambda_o = \frac{(v + v_s)}{f_s} = \frac{340 + 80}{120} = 3.5\ m$$

ب. التردد الملاحظ لهذا الصوت:

$$f_o = \frac{f_s v}{(v + v_s)} = \frac{120 \times 340}{(340 + 80)} \approx 97\ Hz$$

٣ يجلس محمود على شاطئ البحر يراقب قاربًا آليًا يتحرك بسرعة ما في عرض البحر، وللقارب صافرة إنذار تصدر صوتًا ثابتًا بتردد (420 Hz)، ويتحرك القارب في مسار دائري بسرعة ($25\ m\ s^{-1}$)، فيلاحظ محمود أن نغمة صافرة الإنذار تتغيّر بنمط منتظم.

أ. اشرح سبب تغيّر حدة (درجة) صوت صافرة الإنذار كما يلاحظها محمود.

ب. حدّد الحد الأقصى والأدنى للترددات التي سيسمعها محمود.

ج. عند أي نقطة في حركة القارب سيسمع محمود النغمة الأكثر حدة؟

(سرعة الصوت في الهواء = $340\ m\ s^{-1}$).

٣. أ. تأثير دوبلر: تؤدي حركة مصدر الصوت مقتربًا من المراقب أو مبتعدًا عنه إلى انخفاض أو ازدياد طول الموجة، وبالتالي تغير تردد الصوت المسموع فتختلف حدته.

ب. يكون للتردد أقصى حد عندما يكون القارب متحركًا بسرعة متجهة مقتربًا من محمود.

التردد الملاحظ:

$$f_o = \frac{f_s v}{(v - v_s)}$$

$$f_o = \frac{420 \times 340}{340 - 25} \approx 453\ Hz$$

يكون للتردد أدنى حد عندما تكون السرعة المتجهة للقارب متجهة بعيدًا عن محمود.

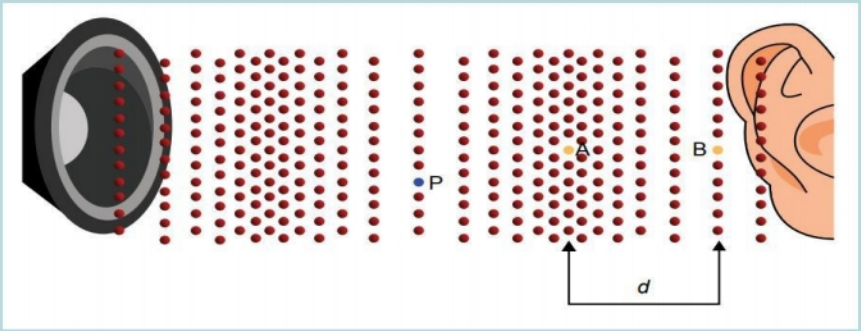
التردد الملاحظ:

$$f_o = \frac{f_s v}{(v + v_s)}$$

$$f_o = \frac{420 \times 340}{340 + 25} \approx 391\ Hz$$

ج. عندما تكون السرعة المتجهة للقارب نحو محمود.

٤ يبيّن الشكل ٦-٩ بعض جسيمات الهواء أثناء مرور موجة صوتية.



الشكل ٦-٩

أ. هل تظهر جبهة الموجة التي تحتوي:

١. الجسيم A انضغاطًا أم تخلخلًا؟

٢. الجسيم B انضغاطًا أم تخلخلًا؟

ب. صِف كيف يتحرك الجسيم المسمى P مع عبور الموجة عبره.

ج. تردد الموجة الصوتية (240 Hz). اشرح باستخدام حركة جسيم واحد معنى ذلك.

د. إذا علمت أن سرعة موجة الصوت ($340\ m\ s^{-1}$) فحدد طول المسافة d بين الجسيمين A و B عند قيمة التردد نفسها في الجزئية (ج).

78901412 – 78103781

٤. أ. ١. تظهر جبهة الموجة التي تحتوي الجسيم A انضغاطًا.

٢. تظهر جبهة الموجة التي تحتوي الجسيم B تخلخلًا.

ب. يهتز الجسيم P موازيًا لاتجاه انتشار الموجة.

ج. يتحرك جسيم من موضع الاتزان إلى أقصى إزاحة، ثم يعود إلى موضع الاتزان، ثم يتحرك إلى أقصى إزاحة بالاتجاه المعاكس ثم يعود إلى موضع الاتزان وهكذا (240 مرة في الثانية).

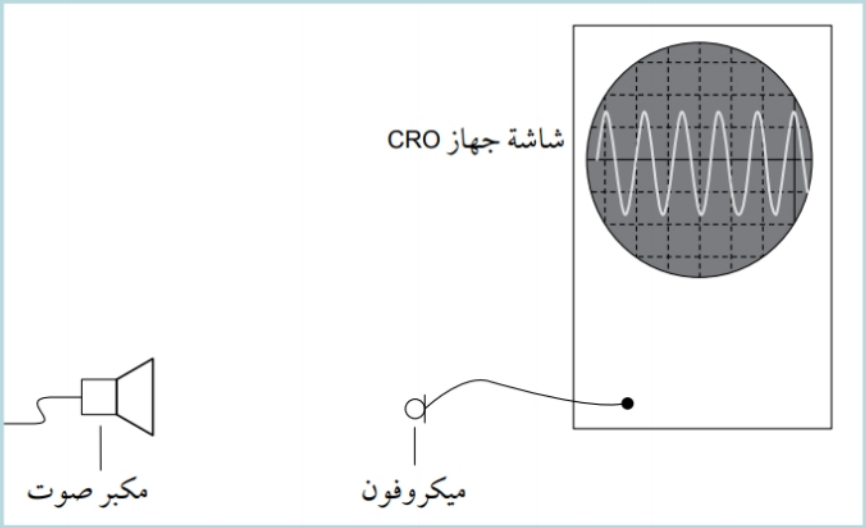
د. من المعادلة $v = f\lambda$ يقود ذلك إلى أن طول الموجة:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{240} = 1.4 \text{ m}$$

بما أن المسافة (d) بين A و B تمثل نصف طول موجي، لذلك:

$$d = \frac{\lambda}{2} = \frac{1.4}{2} = 0.70 \text{ m}$$

٦ يبيّن الشكل ٦–١٠ مكبر صوت يصدر صوتًا وميكروفونًا متصلًا بجهاز رسم إشارة الأشعة المهبطية (الكاثودية) (CRO).



الشكل ٦–١٠

أ. يوصف الصوت بأنه موجة طولية. صِف الموجات الصوتية بناءً على حركة جسيمات الهواء.

ب. ضُبطت معايرة مقياس الزمن لجهاز رسم إشارة الأشعة المهبطية (الكاثودية) على (5 ms div^{-1}). احسب تردد الصوت.

ج. وُجد أن طول موجة الصوت يساوي (1.98 m). احسب سرعة الصوت.

٦. أ. تهتز الجسيمات باتجاه موازٍ لاتجاه انتشار الموجة.

ب. تشغل 5 موجات 6 مربعات أي $6 \times 5 \times 10^{-3}$ s لذلك الزمن الدوري:

$$T = 6 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{6 \times 10^{-3}} = 167 \text{ Hz}$$

ج. من المعادلة $v = f\lambda$ يقود ذلك إلى أن:

$$v = 167 \times 1.98 = 330 \text{ m s}^{-1}$$

78901412 – 78103781

٧ يمكن استخدام تأثير دوبلر لقياس سرعة تدفق الدم، إذ تمرّر الموجات فوق الصوتية وهي صوت عالي التردد من جهاز إرسال إلى الجسم، فتنعكس عن الجسيمات في الدم، ثم يقاس الانزياح في التردد بواسطة كاشف ثابت موضوع خارج الجسم وقريب من جهاز الإرسال.

تتحرك الجسيمات في دم أحد المرضى بسرعة ($30\ cm\ s^{-1}$) في اتجاه بعيدٍ عن جهاز الإرسال مباشرة. سرعة الموجات فوق الصوتية في الجسم تساوي ($1500\ cm\ s^{-1}$).

تم نمذجة هذه الحالة جزئيًا باعتبار أن الجسيمات تصدر صوتًا بتردد (4.000 MHz) في أثناء ابتعادها عن الكاشف. ينتقل هذا الصوت إلى الكاشف خارج الجسم، ولكن التردد المقاس بواسطة الكاشف لا يساوي (4.000 MHz).

أ. اذكر ما إذا كان التردد الذي يستقبله الكاشف الثابت أعلى أو أقل من التردد المنبعث من حركة الجسيمات. اشرح إجابتك.

ب. احسب الفرق بين التردد المنبعث من الجسيمات المتحركة والتردد المقاس بواسطة الكاشف.

ج. اقترح سبب وجود اختلاف في التردد بين الصوت الذي تستقبله الجسيمات والصوت المنبعث من جهاز الإرسال أيضًا.

٧. أ. أقل من التردد المنبعث؛ لأن الجسيمات تبتعد عن الكاشف.

يتحرك المصدر مبتعدًا خلال الفترة الزمنية بين إرسال موجة والموجة التي تليها، فيكبر طول الموجة أو تظهر جبهات الموجة متباعدةً.

وبما أن $v = f\lambda$، فكلما كان طول الموجة أكبر يكون التردد أصغر.

ب. التردد الملاحظ (المقاس بواسطة الكاشف):

$$f_o = \frac{f_s \times v}{(v + v_s)} = \frac{4.000 \times 1500}{(1500 + 30)}$$

$$= 3.9216\ MHz$$

الفرق بين التردد المنبعث والتردد المقاس بواسطة الكاشف:

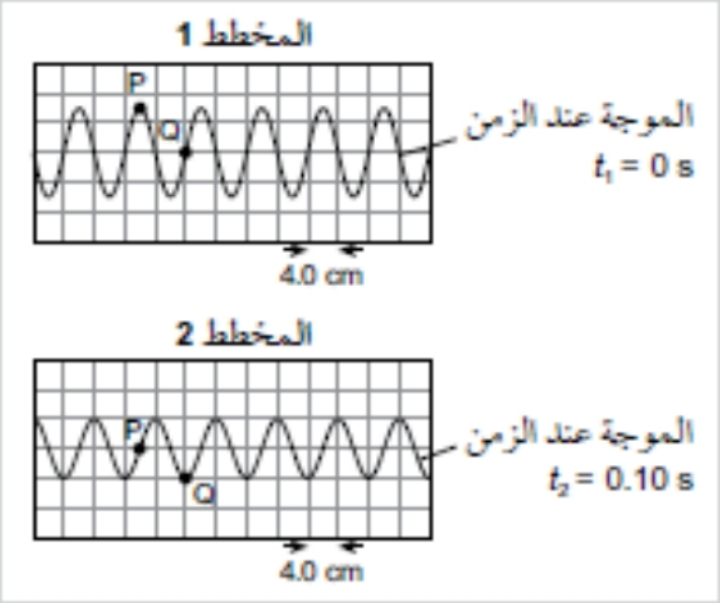
$$4.000 - 3.9216 = 0.078\ MHz \approx 78000\ Hz$$

ج. يحدث تأثير دوبلر عندما يتحرك المراقب (الجسيمات) مبتعدًا عن المصدر (جهاز الإرسال).

الوحدة السادسة (الموجات)

أسئلة نهاية الوحدة (النشاط)

١. يُظهر الشكل ٦-١١ رسمَين تخطيطيَّين للموجة المسافرة نفسها تتحرك من اليسار إلى اليمين على سلك مشدود في زمنَين مختلفَين. يوضح المخطط 1 الموجة عند الزمن ($t_1 = 0$ s)، ويوضح المخطط 2 الموجة عند الزمن ($t_2 = 0.10$ s).



الشكل ٦-١١

سُجّلت النقطتان P و Q على السلك حيث تظهران في كِلا المخططَين.

أ. حدد طول الموجة.

ب. احسب سرعة الموجة، مع ذكر أي افتراض سوف تقوم به.

ج. احسب تردد الموجة.

د. قارن سعة الموجة عند P و Q على المخطط نفسه.

هـ. احسب فرق الطور بين اهتزازات P و Q.

و. عند الزمن (t_1)، تكون سعة اهتزاز P تساوي (6.0 cm) وعند الزمن (t_2) تصبح السعة (4.0 cm). احسب هذه النسبة:

شدة الموجة عند (t_1) : شدة الموجة عند (t_2)

١. أ. الطول الموجي للموجة = مربعَين

$\lambda = 2 \times 4.0 = 8.0\ \text{cm}$

ب. تحركت الموجة مسافة تساوي $\frac{1}{2}$ مربع أي تحركت 2.0 cm في 0.10 s

$v = \frac{x}{t} = \frac{2.0}{0.10} = 20\ \text{cm s}^{-1}$

بافتراض أن كل قمة في المخطط العلوي تحركت $\frac{1}{4}$ طول موجة فقط من مخطط (1) إلى المخطط (2) في زمن 0.10 s (أو تحركت لمسافة أكبر من ذلك وهي $1\frac{1}{4}$ ، $2\frac{1}{4}$ أطوال موجية وهكذا).

ج. تردد الموجة:

$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{20}{8.0} = 2.5\ \text{Hz}$

د. السعة نفسها (عند مقارنتها على المخطط نفسه).

هـ. فرق الطور بين اهتزازات P و Q:

$\phi = \frac{x}{\lambda} \times 360° = \frac{6.0}{8.0} \times 360° = 270°$

و. بما أن $I \propto A^2$ فإن:

$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 = \left(\frac{6.0}{4.0}\right)^2 = 2.25$

٢. أ. يمكن أن تكون الموجات طولية أو مستعرضة.

١. اذكر اختلافًا واحدًا وتشابهًا واحدًا بين هذَين النوعَين.

٢. أعطِ مثالًا واحدًا على كل نوع منهما.

ب. يوضح الشكل ٦-١٢ موجة طولية بتردد (3.0 Hz).

الشكل ٦-١٢

النقاط A و B و C و D و E هي نقاط تنتقل الموجة عبرها.

١. ما المقصود بالتردد؟

٢. اذكر النقطتَين اللتين يفصل بينهما طول موجي واحد.

٣. المسافة بين النقطتَين A و B تساوي (14.0 cm). احسب سرعة الموجة.

٤. احسب فرق الطور بين اهتزاز الموجة عند النقطة A و B (احسب أولًا جزء طول الموجة الموجود بين A و B).

78901412 – 78103781

٢. أ. ١. كلاهما يتضمن نقل طاقة من دون أن ينتقل الوسط ككل، وكلاهما يرتبط بالاهتزاز ويختلفان في أن الاهتزاز يكون موازيًا لاتجاه انتقال الطاقة في الموجة الطولية، وعموديًا على اتجاه انتقال الطاقة في الموجة المستعرضة.

٢. الموجات الطولية مثل: الموجات الصوتية، أو بعض الموجات الزلزالية أو الزنبركية.
الموجات المستعرضة: أي موجات كهرومغناطيسية، أو موجات الحبل أو موجات الماء.

ب. ١. عدد الأطوال الموجية الكاملة التي تمر بنقطة في وحدة الزمن.

٢. A و D

٣. المسافة بين A و B تعادل نصف طول موجة وبالتالي طول الموجة يساوي:

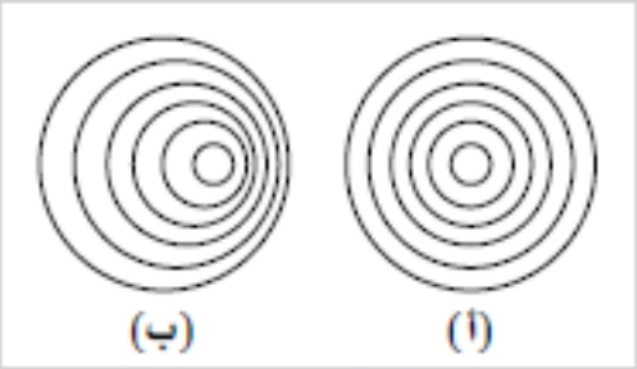
$\lambda = 2 \times 14.0 = 28.0 \text{ cm}$

$v = f\lambda = 3.0 \times 28.0 = 84 \text{ cm s}^{-1}$

٤. $\phi = \frac{x}{\lambda} \times 360° = \frac{14.0}{28.0} \times 360° = 180°$

٣. أ. ما المقصود بتأثير دوبلر في الصوت؟

ب. يوضح الشكل ٦-١٣ (أ) **جبهات موجة** Wavefronts تنتشر من مصدر ثابت للصوت في مركز الدوائر؛ أمّا في الشكل ٦-١٣ (ب) فتظهر جبهات الموجة نفسها من مصدر صوت يتحرك إلى اليمين بسرعة (20 m s^{-1}) (المخططان ليسا بمقياس رسم).



الشكل ٦-١٣

المسافة بين جبهات الموجة في الشكل ٦-١٣ (أ) إلى اليمين تساوي طول الموجة للصوت. تردد الصوت المنبعث من المصدر تساوي (200 Hz). سرعة الصوت في الهواء (340 m s^{-1}). احسب:

١. الطول الموجي للصوت.

٢. الزمن (t) لاهتزازة كاملة للصوت.

78901412 – 78103781

٣. المسافة التي يقطعها مصدر الصوت الذي يتحرك بسرعة ($20\ m\ s^{-1}$) في الزمن (t).

٤. المسافة القصوى والدنيا بين جبهات الموجة في الشكل ٦-١٣ (ب) (وهي تساوي القيمة القصوى والدنيا لطول الموجات للصوت الملاحظ).

٥. التردد الذي يسمعه شخصان، أحدهما يقف إلى يمين مصدر الصوت المتحرك والآخر إلى يساره.

٣. أ. هو التغيّر في التردد أو طول الموجة الملاحظ لموجة عندما يتحرك مصدر الموجة باتجاه المراقب أو بعيدًا عنه (أو يتحرك المراقب بالنسبة إلى المصدر).

ب. ١. الطول الموجي للصوت:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{200} = 1.7\ m$$

٢. $$t = T = \frac{1}{f} = \frac{1}{200} = 0.005\ s$$

٣. المسافة التي يقطعها مصدر الصوت:

$$s = vt = 20 \times 0.005 = 0.10\ m$$

٤. المسافة القصوى:

$$= 1.7 + 0.10 = 1.8\ m$$

المسافة الدنيا:

$$= 1.7 - 0.10 = 1.6\ m$$

٥. التردد الذي يسمعه الشخص إلى اليمين:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{1.6} = 212.5 \approx 210\ Hz$$

التردد الذي يسمعه الشخص إلى اليسار:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{1.8} = 188.9 \approx 190\ Hz$$

تمنياتنا بالتوفيق والتفوق

78901412 – 78103781

الوحدة السابعة (تراكب الموجات)

أسئلة الدروس ونهاية الوحدة

(٢) يستخدم فرن الميكروويف (الصورة ٧-٤) موجات ميكروية ذات طول موجة يساوي (12.5 cm). الباب الأمامي للفرن مصنوع من الزجاج بداخله شبكة فلزية، ويبلغ عرض الفجوات في الشبكة الفلزية بضعة ملليمترات.

اشرح كيف يتيح لنا هذا التصميم رؤية الطعام داخل الفرن، في حين لا يُتاح للموجات الميكروية الإفلات (الخروج) إلى المطبخ (حيث يمكن أن تؤذينا).

الصورة ٧-٤ يوجد في باب فرن الميكروويف شبكة فلزية تبقي الموجات الميكروية في الداخل وتسمح بخروج الضوء إلى الخارج.

٢. لأن عرض الفجوات في الشبكة الفلزية لباب الفرن أصغر بكثير من الطول الموجي للموجات الميكروية، لذلك لا تنفذ من خلالها الموجات الميكروية، وبالمقابل فإن الطول الموجي للضوء أصغر بكثير من عرض تلك الفجوات، لذلك فهو يمر من خلالها من دون أن يتأثر، الأمر الذي يسمح لنا برؤية الطعام الموجود بداخل الفرن.

(٨) استخدم المعادلة $\lambda = \frac{ax}{D}$ لشرح الملاحظات الآتية:

أ. تكون الأهداب متباعدة أكثر عند تقريب الشقَّين أحدهما من الآخر.

ب. تكون أهداب التداخل للضوء الأزرق أقرب إلى بعضها من تلك التي للضوء الأحمر.

ج. في تجربة لقياس طول الموجة لضوء ما، يُستحسَن أن تكون الشاشة بعيدة عن الشقَّين قدر الإمكان.

(٩) يستخدم الضوء الأصفر من مصباح بخار الصوديوم في تجربة الشق المزدوج، وهذا الضوء الأصفر طول موجته (589 nm). والمسافة الفاصلة بين الشقَّين هي (0.20 mm)، والشاشة موضوعة على بُعد (1.20 m) من الشقَّين. احسب المسافة الفاصلة بين هدبَين مضيئَين متجاورَين تَشكَّلا على الشاشة.

(١٠) في تجربة الشق المزدوج، توضع المرشحات أمام مصدر ضوء أبيض لاستقصاء تأثير تغيير طول الموجة للضوء، إذ يستخدم في البداية مرشح أحمر (λ = 600 nm) فتكون المسافة الفاصلة بين الأهداب (2.4 mm)، بعد ذلك تم استخدام مرشح أزرق (λ = 450 nm) بدلًا من الأحمر. احسب المسافة الفاصلة بين الأهداب عند استخدام المرشح الأزرق.

78901412 – 78103781

٨. أ. $x = \frac{\lambda D}{a}$ لذلك $x \propto \frac{1}{a}$، وبالتالي تقليل (a) يزيد (x).

ب. الضوء الأزرق له طول موجة أقصر.
$x \propto \lambda$، لذلك (x) تقل.

ج. يتناسب (x) طرديًا مع (D)، فعندما تكون (D) أكبر تكون (x) أكبر، لذلك تكون النسبة المئوية لعدم اليقين في (x) أقل.

٩. بإعادة ترتيب المعادلة $\lambda = \frac{ax}{D}$ نحصل على:

$$x = \frac{\lambda D}{a} = \frac{589 \times 10^{-9} \times 1.20}{0.0002} = 3.5 \times 10^{-3}\ \text{m}$$

١٠. D و a قيم ثابتة، لذلك $x \propto \lambda$

المسافة الجديدة الفاصلة بين الأهداب:

$$= \frac{4.5 \times 10^{-7}}{6.0 \times 10^{-7}} \times 2.4 = 1.8\ \text{mm}$$

(أو طول الموجة للضوء الأزرق يساوي $\frac{3}{4}$ طول موجة الضوء الأحمر، لذلك، فإن المسافة الفاصلة بين الأهداب في حالة الضوء الأزرق هي $\frac{3}{4}$ المسافة السابقة الفاصلة بين الأهداب للضوء الأحمر).

(١٢) أ. استخدم طول الموجة ($\lambda = 580\ \text{nm}$) في الحالة الموصوفة في المثال ٢، واحسب الزاوية θ للتداخل الأقصى ذي الرتبة الثانية.

ب. كرّر حساب θ للرتب $n = 3$ و $n = 4$ إلخ، ثم حدّد عدد التداخلات القصوى التي يمكن رؤيتها. اشرح إجابتك.

(١٣) باستخدام المعادلة $d \sin\theta = n\lambda$، اذكر كيف يتغيّر نمط التداخل واشرحه عندما:

أ. يزداد طول الموجة للضوء الساقط على محزوز الحيود نفسه.

ب. يستبدل محزوز الحيود بآخر يحتوي على عدد أكبر من الخطوط لكل cm للضوء الساقط نفسه.

١٢. أ. بإعادة ترتيب $d \sin\theta = n\lambda$، لتصبح:

$$\sin\theta = \frac{n\lambda}{d} = \frac{2 \times 580 \times 10^{-9}}{3.33 \times 10^{-6}} = 0.348$$

$$\theta = 20.4°$$

ب. لـ $n = 3$ ، $\sin\theta = 0.522$ ، أي أن:

$$\theta = 31.5°$$

لـ $n = 4$ ، $\sin\theta = 0.697$ ، أي أن:

$$\theta = 44.2°$$

لـ $n = 5$ ، $\sin\theta = 0.871$ ، أي أن:

$$\theta = 60.6°$$

لا يمكنك الحصول على $\sin\theta > 1$، لذلك يوجد 11 تداخلًا أقصى، أي التداخل الأقصى ذو الرتبة الصفرية وخمسة على كل من جانبَيه.

١٣. أ. تزداد θ، لذلك يزداد انتشار التداخل الأقصى، وقد يكون هناك عدد أقل من التداخلات (لاحظ أن: $\sin\theta \propto \lambda$).

ب. تنقص d، لذلك تزداد θ مرة أخرى، فيزداد انتشار التداخل الأقصى، وقد يكون هناك عدد أقل من التداخلات (لاحظ أن: $\sin\theta \propto \frac{1}{d}$).

78901412 – 78103781

(١٤) يحاول عزّام أن يجري قياسًا مضبوطًا لطول الموجة للضوء الأخضر الصادر من مصباح بخار الزئبق. طول الموجة (λ) لهذا الضوء يساوي (546 nm)، وذلك باستخدام شق مزدوج المسافة الفاصلة بين شقَّيه (0.50 mm)، وقد تمكّن عزّام من أن يرى 10 أهداب مضيئة واضحة على شاشة على مسافة (0.80 m) من الشقَّين، كما تمكّن من قياس عرضها الكلي باستخدام مسطرة إلى أقرب (1 mm).

ثم أجرى عزّام تجربة بديلة باستخدام محزوز حيود له 3000 خط لكل سنتيمتر ($3000\ \text{lines cm}^{-1}$)، وقاس الزاوية بين التداخلين الأقصيين ذوَي الرتبة الصفرية والثانية إلى أقرب (1°).

أ. احسب عرض الأهداب العشرة التي تمكن عزّام من قياسها في التجربة الأولى.

ب. احسب زاوية التداخل الأقصى ذي الرتبة الثانية التي قد يقيسها في التجربة الثانية.

ج. بناءً على إجاباتك عن الجزئيتين «أ» و «ب»، اقترح أي تجربة تعتقد أنها ستعطيه قيمة أكثر ضبطًا لـ (λ).

١٤. أ. بواسطة الحساب، استخدم $\lambda = \frac{ax}{D}$، ستكون المسافة الفاصلة بين الأهداب المتجاورة:

$$x = \frac{\lambda D}{a} = \frac{546 \times 10^{-9} \times 0.80}{0.50 \times 10^{-3}} = 8.7 \times 10^{-4}\ \text{m}$$

$$= 0.87\ \text{mm}$$

لذلك سيكون عرض الأهداب يساوي 8.7 mm، ولكن باستخدام مسطرة مليمترية (mm) سيقيس الطالب 9 mm

ب. المسافة الفاصلة بين الخطوط المتجاورة في المحزوز:

$$d = \frac{1}{3000}\ \text{cm} = 3.33 \times 10^{-6}\ \text{m}$$

بواسطة الحساب، وبإعادة ترتيب $d \sin\theta = n\lambda$، لذلك فإن:

$$\sin\theta = \frac{n\lambda}{d} = \frac{2 \times 546 \times 10^{-9}}{3.33 \times 10^{-6}} = 0.328$$

$$\theta = 19.1°$$

(أو 38.2° إذا قيست بين التداخلين الأقصيين ذوَي الرتبة الثانية).

ج) التجربة الأولى (الشق المزدوج)

$$\lambda = \frac{xa}{D} = \frac{0.9x10^{-3}\ x0.5x10^{-3}}{0.80}$$

$$= 562.5x10^{-9}m$$

التجربة الثانية (محزوز الحيود عند الرتبة 2)

$$\lambda = \frac{d\ sin\theta}{n}$$

$$= \frac{3.33x10^{-6}xsin19}{2} = 542x10^{-9}m$$

لذلك فطريقة محزوز الحيود هي أكثر ضبطا من الشق المزدوج

(١٥) يسقط الضوء الأبيض عموديًا على محزوز حيود، المسافة الفاصلة بين خطوطه (d) تساوي (2.00×10^{-6} m)، والأطوال الموجية للطيف المرئي تتراوح بين (400 nm) و (700 nm).

أ. احسب الزاوية بين نهايتَي الضوءَين الأحمر والبنفسجي من طيف الرتبة الأولى.

ب. اشرح سبب تداخل طيفَي الرتبة الثانية والثالثة.

أ) الأحمر $n = 1$ $\sin\theta = \frac{n\lambda}{d} = \frac{1x\,700x10^{-9}}{2.00x10^{-6}} = 0.35$

$\theta_{red} = 20.5^o$

البنفسجي $n = 1$ $\sin\theta = \frac{n\lambda}{d} = \frac{1x\,400x10^{-9}}{2.00x10^{-6}} = 0.20$

$\theta_{violet} = 11.5^o$

الزاوية الفاصلة بين اللونين $\theta = 20.5 - 11.5 = 9.0^o$

ب) الأحمر $n = 2$ $\sin\theta = \frac{n\lambda}{d} = \frac{2x\,700x10^{-9}}{2.00x10^{-6}} = 0.7$

$\theta_{red} = 44^o$

البنفسجي $n = 3$ $\sin\theta = \frac{n\lambda}{d} = \frac{1x\,400x10^{-9}}{2.00x10^{-6}} = 0.6$

$\theta_{violet} = 36.7^o$

ينحرف التداخل الأقصى للضوء البنفسجي ذو الرتبة الثالثة بزاوية أصغر من التداخل الأقصى للضوء الأحمر ذي الرتبة الثانية وبالتالي يتداخل طيفا الرتبة الثانية والثالثة .

(١٦) تكوّنت موجة مستقرة (واقفة) في زنبرك مهتز، فكانت المسافة الفاصلة بين العقد المتجاورة (25 cm). احسب:

أ. الطول الموجي للموجة المسافرة.

ب. المسافة من عقدة ما إلى البطن المجاور لها.

١٦. أ. الطول الموجي للموجة المسافرة = 2 × المسافة بين عقدتَين متجاورتَين:

= 25 × 2 = 50 cm

ب. المسافة من العقدة إلى البطن المجاور لها = 0.5 × المسافة بين عقدتين متجاورتَين:

= 25 × 0.5 = 12.5 cm

(١٧) انظر إلى الموجة المستقرة (الواقفة) في الوتر في الصورة ٧-٩، حيث طول الجزء المهتز من الوتر (60 cm).

أ. احسب طول الموجة للموجة المسافرة والمسافة الفاصلة بين بطنَين متجاورَين.

ب. تمّت زيادة تردد الاهتزازة حتى تظهر موجة مستقرة لها ثلاثة بطون على الوتر.

١. ارسم نمط الموجة المستقرة لتوضيح مظهر الوتر.

٢. احسب طول الموجة للموجة المسافرة على هذا الوتر.

(١٨) أ. ارسم نمط الموجة المستقرة لتجربة الموجات الميكروية في المهارة العملية ٧-٥، ثم بيّن بوضوح ما إذا كان هناك عقدة أو بطن على الصفيحة العاكسة.

ب. وُجد أن المسافة الفاصلة بين نقطتَين متجاورتَين لهما شدة عالية تساوي (14 mm). احسب طول الموجة والتردد للموجات الميكروية.

(١٩) اشرح كيف تنشأ مجموعتان متماثلتان من الموجات تتحرّكان باتجاهين متعاكسين في تجارب الموجات الميكروية وعمود الهواء الموصوفة في المهارة العملية ٧-٥.

78901412 – 78103781

١٧. أ. طول الموجة الكامل مبيّن في الشكل أدناه
لذلك طول الموجة = 60 cm

المسافة الفاصلة بين بطنَين متجاورَين:

$$= \frac{\lambda}{2} = 30 \text{ cm}$$

ب. ١.

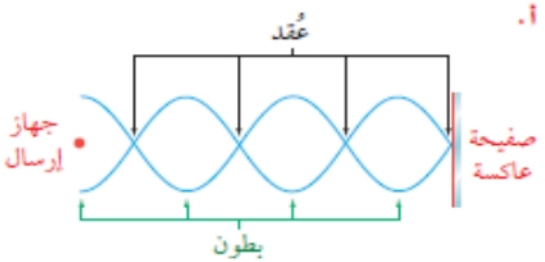
٢. طول الوتر = 60 cm، لذلك لإنتاج ثلاثة بطون يجب أن يكون:

$$\frac{3\lambda}{2} = 60 \text{ cm}$$

وهذا يعني أن:

$$\lambda = 40 \text{ cm}$$

١٨. أ.



ب. المسافة بين بطنَين متجاورَين:

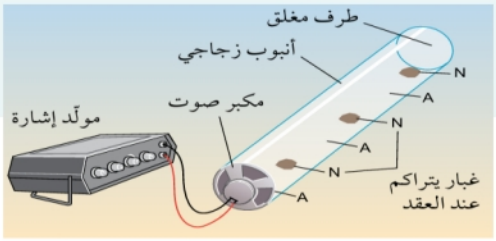
$$\frac{\lambda}{2} = 14 \text{ mm}$$

لذلك يكون طول الموجة:

$$\lambda = 28 \text{ mm}$$

٢٠ أ. بالنسبة إلى الشكل ٧-٣١، اقترح سبب سهولة تحديد موضع العقدة بضبط أكثر من البطن.

ب. اشرح سبب تفضيل قياس المسافة عبر عدة عقد.



الشكل ٧-٣١ يمكن استخدام أنبوب الغبار لكونت لإيجاد سرعة الصوت.

٢٠. أ. من السهل كثيرًا اكتشاف ما إذا كانت شدة الصوت هبطت إلى الصفر أكثر من اكتشاف أنها في حالة قصوى.

ب. لزيادة الضبط: فإذا كان طول الموجة قصيرًا فمن الصعب قياس طول موجي واحد.

٢١ وُجد أن عقدتَين تفصل بينهما مسافة (20 cm) وبينهما ثلاثة بطون لموجات صوتية ترددها (2500 Hz).

أ. احسب طول الموجة لهذه الموجات الصوتية.

ب. استخدم معادلة سرعة الموجة $v = f\lambda$ لحساب سرعة الصوت في الهواء.

٢١. أ. ثلاثة بطون بين عقدتَين تعني أن المسافة المقاسة بين العقدتَين هي:

$$\frac{3\lambda}{2} = 20 \text{ cm}$$

لذلك يكون طول الموجة:

$$\lambda = 13.3 \text{ cm} \approx 13 \text{ cm}$$

ب. السرعة:

$$v = f\lambda = 2500 \times 0.13 = 325 \text{ m s}^{-1}$$

$$\approx 330 \text{ m s}^{-1}$$

التردد:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3.0 \times 10^8}{0.028} = 1.07 \times 10^{10} \text{ Hz}$$

$$\approx 11 \text{ GHz}$$

١٩. في كِلا الحالتين تنعكس الموجات إما بواسطة الصفيحة الفلزية أو بواسطة الماء، فالموجة المسافرة والموجة المنعكسة تتّحدان لتنتجا نمط موجة مستقرة.

78901412 – 78103781

٥ باستخدام مكبرَي صوت يتم إنتاج صوت بتردد ثابت. تفصل بين المكبّرَين مسافة (1.5 m). يسير طالب على بُعد (8.0 m) من مكبّرَي الصوت عبر خط موازٍ للخط الفاصل بين المكبّرَين، ثم يقيس المسافة بين المواضع المتتالية من الصوت العالي فيجدها (1.2 m). احسب:

أ. الطول الموجي للصوت.

ب. تردد الصوت (افترض أن سرعة الصوت تساوي $330\ m\ s^{-1}$).

٥. أ. باستخدام $ax = \lambda D$، الطول الموجي للصوت:

$$\lambda = \frac{ax}{D} = \frac{1.5 \times 1.2}{8.0} = 0.225\ m \approx 0.23\ m$$

ب. بما أن $v = f\lambda$، إذًا تردد الصوت:

$$330 = f \times 0.225$$

$$f = 1470\ Hz \approx 1500\ Hz$$

٧ الطول الموجي لأحد الخطوط الطيفية لمصباح تفريغ الهيدروجين يساوي (656 nm). يسقط هذا الضوء عموديًا على محزوز حيود له 5000 خط لكل سنتيمتر ($5000\ lines\ cm^{-1}$). احسب زاويتَي التداخل الأقصى ذي الرتبة الأولى والثانية لهذا الضوء.

٧. المسافة الفاصلة بين خطّين متجاورَين في محزوز الحيود:

$$d = \frac{1}{5000} = 2.0 \times 10^{-4}\ cm = 2.0 \times 10^{-6}\ m$$

التداخل الأقصى ذو الرتبة الأولى عندما $n = 1$:

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{d} = \frac{656 \times 10^{-9}}{2.0 \times 10^{-6}} = 0.328$$

$$\theta = \sin^{-1} 0.328 = 19.1°$$

التداخل الأقصى ذو الرتبة الثانية عندما $n = 2$:

$$\sin\theta = \frac{2\lambda}{d} = \frac{2 \times 656 \times 10^{-9}}{2.0 \times 10^{-6}} = 0.656$$

أي أن:

$$\theta = \sin^{-1} 0.656 = 41.0°$$

٨ أ. اشرح المقصود بمصطلح تراكب الموجات.

ب. في تجربة الشق المزدوج، استُخدم ضوء أصفر طول موجته (590 nm) من أنبوب تفريغ الصوديوم. وضع طالب شاشة على بُعد (1.8 m) من الشق المزدوج، ثم قيست المسافة بين 12 هدبًا مضيئًا فكانت (16.8 mm). احسب المسافة الفاصلة بين الشقّين.

ج. صِف تأثير:

١. استخدام شقّين ذوَي عرض أضيق، ولكن بينهما المسافة الفاصلة نفسها.

٢. استخدام شقّين بمسافة فاصلة أصغر ولهما العرض نفسه.

٨. أ. تراكب الموجات هو الجمع الجبري لإزاحات الموجات الفردية عندما تلتقي موجتان أو أكثر عند نقطة ما.

ب. من المعادلة $\lambda = \frac{ax}{D}$ نحصل على:

$$a = \frac{\lambda D}{x} = \frac{590 \times 10^{-9} \times 1.8 \times 12}{16.8 \times 10^{-3}}$$
$$= 7.6 \times 10^{-4} \text{ m}$$

ج. ١. يظهر مزيد من الأهداب على الشاشة أو إضاءة الأهداب تتناقص بشكل أقل من منتصف الشاشة إلى حافتها.

٢. تصبح الأهداب أعرض وتتباعد مع بقاء الإضاءة نفسها.

١٠ أ. اشرح المقصود بالتداخل الهدّام.

ب. يقوم طالب بإعداد تجربة لاستقصاء نمط التداخل الذي تشكله الموجات الميكروية التي طول موجتها (1.5 cm). تم إعداد الأدوات كما تظهر في الشكل ٧-١٢. المسافة بين مركزَي الشقَّين (12.5 cm)، وُضع كاشف مركزي على بُعد (1.2 m) من الألواح الفلزية بحيث يلتقط التداخلات القصوى، ثم حرّك الطالب الكاشف (45 cm) عبر المنضدة بموازاة الألواح. احسب عدد التداخلات القصوى التي سيمر بها الكاشف.

ج. احسب تردد هذه الموجات الميكروية.

١٠. أ. عندما تلغي موجتان إحداهما الأخرى لإعطاء سعة منخفضة (أو صفرية) عند نقطة ما في حيّز.

ب. من المعادلة $\lambda = \frac{ax}{D}$ نحصل على المسافة بين الأهداب:

$$x = \frac{D\lambda}{a} = \frac{1.2 \times 1.5 \times 10^{-2}}{12.5 \times 10^{-2}} = 0.144 \text{ m}$$

عدد الأهداب في مسافة 45 cm:

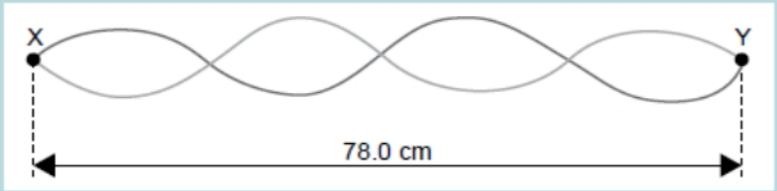
$$\frac{45 \times 10^{-2}}{0.144} = 3.125$$

أي ثلاثة تداخلات قصوى (ثلاثة أهداب).

ج. من المعادلة $c = f\lambda$ نحصل على:

$$f = \frac{3.0 \times 10^{8}}{1.5 \times 10^{-2}} = 2.0 \times 10^{10} \text{ Hz}$$

١٣ ثُبّت وترٌ بين نقطتَين X و Y. تَشكّل نمط موجة مستقرة في الوتر المشدود كما في الشكل ٧-٣٧. المسافة بين X و Y هي (78.0 cm)، ويهتز الوتر بتردد (120 Hz).



الشكل ٧-٣٧

ما سرعة الموجة المسافرة في الوتر؟

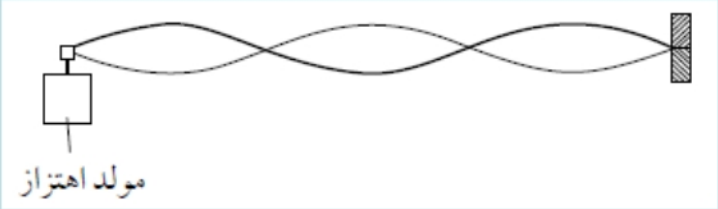
أ. 11.7 m s^{-1} ب. 23.4 m s^{-1} ج. 46.8 m s^{-1} د. 93.6 m s^{-1}

١٣. الإجابة (ج).

$$\lambda = 39.0 \text{ cm}$$
$$v = f\lambda = 120 \times 0.390 = 46.8 \text{ m s}^{-1}$$

78901412 – 78103781

١٤ يبيّن الشكل ٧-٣٨ موجة مستقرة في وتر.



الشكل ٧-٣٨

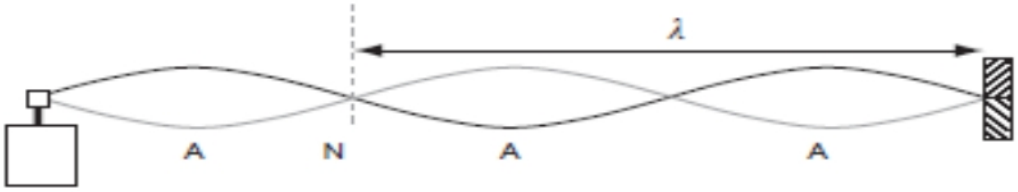
أ. على نسخة من الشكل، سمِّ عقدة واحدة (N) وبطنًا واحدًا (A).

ب. أشر إلى الطول الموجي للموجة المسافرة على الرسم وسمِّه (λ).

ج. إذا ضوعف تردد مولد الاهتزاز، فصِف التغيّرات في نمط الموجة المستقرة.

١٤- أ. العقد والبطون مسماة على الشكل.

ب. الطول الموجي مشار إليه.



ج. سيتضاعف عدد الحلقات (البطون) فيصبح عددها (6) ويقل الطول الموجي.

١٥ تُصدر شوكة رنانة نغمة ترددها (256 Hz)، وضعت فوق أنبوب ممتلئ بالماء تقريبًا، ثم قلّل مستوى الماء حتى سُمع الرنين لأول مرة.

أ. اشرح المقصود بمصطلح الرنين.

ب. كان طول عمود الهواء فوق الماء عندما سُمع الرنين لأول مرة (31.2 cm)، احسب سرعة الموجة الصوتية.

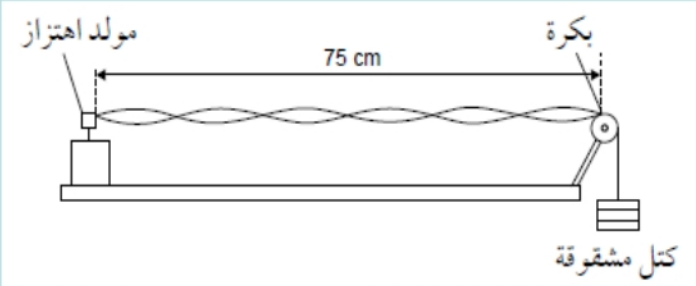
١٥- أ. الرنين هو تطابق تردد مصدر مهتز مع التردد الطبيعي لاهتزاز جسم ما، الأمر الذي يؤدي إلى اهتزاز ذلك الجسم بسعة أكبر.

ب. $\frac{\lambda}{4} = 0.312\ \text{m}$

$$v = f\lambda = 256 \times 4 \times 0.312 = 319 \approx 320\ \text{m s}^{-1}$$

١٦ أ. اذكر اثنين من أوجه التشابه واثنين من أوجه الاختلاف بين الموجات المسافرة والموجات المستقرة.

ب. يبيّن الشكل ٧-٣٩ تجربة لقياس سرعة الصوت في وتر، وضُبط تردد مولد الاهتزاز حتى تشكلت الموجة المستقرة المبيّنة.



الشكل ٧-٣٩

١. ضَع على نسخة من الشكل ٧-٣٩ إشارة على عقدة وسمِّها (N)، وبطنًا وسمِّه (A).

٢. احسب السرعة التي تنتقل بها الموجة المسافرة على طول الوتر إذا كان تردد مولد الاهتزاز (120 Hz).

ج. تكرّرت التجربة مع خفض الحِمل (الثقل) على الوتر إلى النصف، ومن أجل الحصول على موجة مستقرة مماثلة، يجب أن ينخفض التردد إلى (30 Hz). اشرح، بدلالة سرعة الموجة في الوتر، سبب وجوب تعديل التردد.

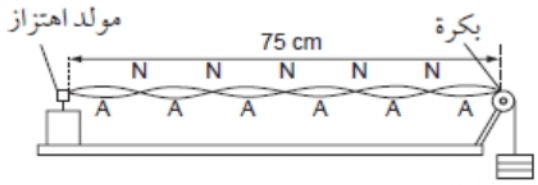
١٦. أ. التشابه:

- تهتز النقاط في النوعَين.
- سرعة الموجة = $f\lambda$

الاختلاف:

- تنقل الموجة المسافرة الطاقة، في حين لا تنقل الموجة المستقرة الطاقة.
- النقاط على الموجة المسافرة لها سعات اهتزاز مختلفة بالنسبة إلى الزمن، في حين أن النقاط على الموجة المستقرة لها السعات نفسها بالنسبة إلى الزمن.

ب. ١.



تم إظهار العقد والبطون على الشكل.

٢. طول الموجة:

$$\lambda = \frac{75}{3}\ \text{cm}$$

$$c = f\lambda = \frac{120 \times 0.75}{3} = 30\ \text{m s}^{-1}$$

ج. تتغيّر سرعة الموجات على الوتر مع تغير الشدّ، لذلك يجب تغيير التردد لتثبيت الطول الموجي.

78901412 – 78103781

الوحدة السابعة (تراكب الموجات)

أسئلة نهاية الوحدة (النشاط)

١. وضِعت شاشة رأسية على بعد أمتار قليلة من شق مزدوج رأسي. أُطلقت حزمة ضوء ليزر أحمر على الشق المزدوج فظهر نمط من البقع الحمراء على الشاشة.

أ. اشرح كيف يتشكل نمط البقع الحمراء على الشاشة، مستخدمًا أفكارًا حول فرق المسار واختلاف الطور والتداخل في إجابتك.

ب. باستخدام أفكار حول الحيود، اشرح السبب في أن هذا النمط يصبح أقل سطوعًا عند حافة الشاشة.

١. أ. يكون للضوء المنبعث من المصدرَين فرق مسار في بعض المواضع على الشاشة، مقداره 0 أو λ أو 2λ أو 3λ أو $n\lambda$، حيث n عدد صحيح. يصل الضوء بالطور نفسه وتُجمع الموجتان معًا لتشكلا تداخلًا بنّاءً ينتج عنه بقع (أهداب) مضيئة. يجب أن تنتقل الموجة من أحد الشقَّين مسافة أبعد من الشق الآخر في الأماكن القريبة، بحيث يكون فرق المسار هو $\frac{1}{2}\lambda$ أو $1\frac{1}{2}\lambda$ أو $2\frac{1}{2}\lambda$ أو $\left(n+\frac{1}{2}\right)\lambda$، حيث n عدد صحيح. تصل الموجتان متعاكستَين في الطور وتتداخلان تداخلًا هدّامًا، ما يؤدي إلى إلغاء إحداهما الأخرى وتشكيل بقعة مظلمة (هدب مظلم) بين كل بقعتَين (هدبَين) حمراوَين ساطعتَين.

ب. كلما ابتعدنا عن مركز النمط (الأهداب)، ازدادت الزاوية التي يجب أن يحيد بها الضوء عندما يمر من كلا الشقَّين. لا يكون الحيود منتظمًا عند الزوايا المختلفة إلّا إذا كان كِلا الشقَّين ضيّقًا جدًا مقارنة بطول الموجة. ولذلك، يحيد مقدار أقل من الضوء عند الزاوية الكبرى، وعندما تتداخل الموجتان تداخلًا بنّاءً، يكون التداخل الأقصى المحصل أقل ممّا يحدث عندما تُجمع الموجتان في مركز النمط (الأهداب).

٢. يمكن استخدام محزوز الحيود لإيجاد طول موجة ضوء ما.

أ. صِف كيف يمكنك استخدام محزوز الحيود لإيجاد طول موجة ضوء ليزر ما.

ب. اذكر ميزة استخدام محزوز الحيود بدلًا من الشق المزدوج في تجربتك، واشرح الأسباب.

٢. أ. مرّر ضوءًا من الليزر عبر المحزوز إلى الشاشة. قِس كلًا من المسافة x بين الهدب المركزي والهدب المجاور له على الشاشة والمسافة D من المحزوز إلى الشاشة.

يمكن استخدام مسطرة أو مسطرة مترية، بحيث تسمح بحساب الزاوية θ للتداخل الأقصى من الرتبة الأولى من $\tan\theta = \frac{x}{D}$.

قِس المسافة الفاصلة بين شقوق المحزوز d باستخدام مجهر متنقل أو مجهر قياس ومن ثم يكون طول الموجة: $\lambda = d \sin\theta$.

ب. يُعدّ محزوز الحيود أفضل من الشقوق المزدوجة لأن الأهداب تكون متباعدة ما يسمح بقياس أكثر دقة وأيضًا لأن نمط الأهداب يكون أكثر سطوعًا ووضوحًا، الأمر الذي يسهل رؤيته في المختبر.

٣. في تجربة باستخدام الشق المزدوج، وُجد أن ثماني مسافات هدبية فاصلة على الشاشة تشغل مسافة (0.40 cm). تقع الشاشة على بُعد (50 cm) من الشقَّين، وطول موجة الضوء (700 nm):

أ. احسب المسافة الفاصلة بين الأهداب.

ب. احسب المسافة الفاصلة بين الشقَّين.

ج. يتم استبدال الشق المزدوج بمحزوز حيود، حيث المسافة الفاصلة بين الشقوق الموجودة في هذا المحزوز تساوي المسافة في الشق المزدوج. أسقط ضوءًا بطول الموجة نفسه (700 nm) عموديًا على شبكة المحزوز، احسب زاوية التداخل الأقصى من الرتبة الأولى.

د. اذكر اختلافَين بين الأنماط التي تظهر عند استخدام الشق المزدوج ومحزوز الحيود.

هـ. وضح: لماذا لا يكون وجود خطوط متباعدة إلى هذا الحد في تجربة محزوز الحيود أمرًا مناسبًا؟

٣. أ. المسافة الفاصلة بين الأهداب:

$$x = \frac{0.40}{8} = 0.050 \text{ cm}$$

ب. المسافة الفاصلة بين الشقَّين:

$$a = \frac{\lambda D}{x} = \frac{700 \times 10^{-9} \times 50}{0.050} = 7.0 \times 10^{-4} \text{ m}$$

ج.

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{n\lambda}{d}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1 \times 700 \times 10^{-9}}{7.0 \times 10^{-4}}\right)$$

$$= 0.057°$$

د. عند استخدام محزوز الحيود يكون نمط الحيود:

أكثر وضوحًا.

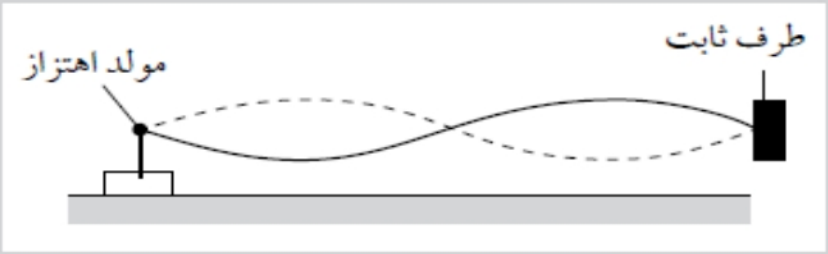
أكثر سطوعًا.

يُرى مزيد من الأهداب.

هـ. تكون زوايا التداخل الأقصى من الرتبة الأولى والرتب الأخرى قريبة جدًا بعضها من بعض بحيث لا يمكن قياسها بالضبط، ويفصل بينها أقل من درجة.

78901412 – 78103781

٥. يوضح الشكل ٧-٢٦ موجة مستقرة على سلك ما.



الشكل ٧-٢٦

يتم توصيل مولد اهتزاز بأحد طرفَي سلك ويتم تثبيت الطرف الآخر من السلك، فيتسبب المولد في انتقال موجة مسافرة على طول السلك.

أ. استخدم مبدأ تراكب الموجات لشرح تكوين الموجة المستقرة.

ب. تبلغ سرعة الموجة المسافرة ($24\ m\ s^{-1}$) ويبلغ تردد مولّد الاهتزاز (50 Hz). احسب:

١. طول الموجة للموجة المسافرة على السلك.

٢. المسافة بين العُقد على السلك.

ج. عندما يتضاعف تردد مولد الاهتزاز، يتغير عدد حلقات الموجة المستقرة من اثنين إلى أربعة. **توقّع** ما إذا كان هذا التغيير يؤثر على سرعة الموجة المسافرة على طول السلسلة. اشرح إجابتك.

٥. أ. تنتقل موجتان على الخط نفسه باتجاهَين متعاكسَين لهما التردد نفسه / طول الموجة نفسه.

عندما تلتقيان، تكون الإزاحة المحصلة هي مجموع إزاحات كل من الموجتَين وتنتج العقد والبطون.

ب. ١. طول الموجة للموجة المسافرة:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{24}{50.0} = 0.48\ m$$

٢. المسافة بين العقد المتجاورة:

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{0.48}{2} = 0.24\ m$$

ج. تنخفض المسافة بين العقد إلى النصف على طول السلك نفسه الذي يحتوي على حلقتين لتصبح عدد الحلقات أربع حلقات، وبالتالي ينخفض طول الموجة إلى النصف مع تضاعف التردد، ولا يَحدث تغيّر في السرعة لأن $v = f\lambda$.

تمنياتنا بالتوفيق والتفوق

78901412 – 78103781

الوحدة الثامنة (فيزياء الكم)

أسئلة الدروس ونهاية الوحدة

للإجابة عن الأسئلة من ١ إلى ٤، ستحتاج إلى هذه القيم:
سرعة الضوء في الفراغ: $c = 3.00 \times 10^{8}\ m\ s^{-1}$؛
ثابت بلانك: $h = 6.63 \times 10^{-34}\ J\ s$.

(١) احسب طاقة فوتون-γ عالي الطاقة الذي تردده $(1.0 \times 10^{26}\ Hz)$.

(٢) الأطوال الموجية للضوء المرئي في المدى (400 nm) (بنفسجي) إلى (700 nm) (أحمر). احسب طاقة فوتون من الضوء الأحمر وفوتون من الضوء البنفسجي.

١. طاقة فوتون-γ:

$$E = hf = 6.63 \times 10^{-34} \times 1.0 \times 10^{26}$$

$$= 6.63 \times 10^{-8}\ J \approx 6.6 \times 10^{-8}\ J$$

٢. طاقة فوتون ما: $E = \frac{hc}{\lambda}$

للضوء الأحمر:

$$E = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{700 \times 10^{-9}} \approx 2.8 \times 10^{-19}\ J$$

للضوء البنفسجي:

$$E = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{400 \times 10^{-9}} \approx 5.0 \times 10^{-19}\ J$$

(٤) ليزر قدرته (1.0 mW) ينتج ضوءًا أحمرَ طول موجته $(6.48 \times 10^{-7}\ m)$. احسب عدد الفوتونات التي ينتجها الليزر في الثانية.

٤. طاقة الفوتون: $E = \frac{hc}{\lambda}$

$$E = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{6.48 \times 10^{-7}} = 3.07 \times 10^{-19}\ J$$

عدد الفوتونات في الثانية = $\frac{\text{القدرة}}{\text{الطاقة لكل فوتون}}$

$$= \frac{0.0010}{3.07 \times 10^{-19}} = 3.26 \times 10^{15}\ s^{-1} \approx 3.3 \times 10^{15}\ s^{-1}$$

(٨) يتسارع بروتون من السكون بواسطة فرق جهد مقداره (1500 V). شحنة البروتون $(+1.60 \times 10^{-19}\ C)$ وكتلته $(1.67 \times 10^{-27}\ kg)$؛ احسب:

أ. طاقة حركته النهائية بوحدة الجول (J).

ب. سرعته النهائية.

٨. أ. الطاقة المكتسبة = الشغل المبذول على البروتون بواسطة فرق الجهد الكهربائي.

طاقة الحركة المكتسبة:

$$KE = QV = 1.60 \times 10^{-19} \times 1500$$

$$= 2.4 \times 10^{-16}\ \text{J}$$

ب. طاقة الحركة: $K.E = \frac{1}{2} mv^2$، لذلك فالسرعة:

$$v = \sqrt{\frac{2KE}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 2.4 \times 10^{-16}}{1.67 \times 10^{-27}}} \approx 5.4 \times 10^{5}\ \text{m s}^{-1}$$

(١١) يبيّن الجدول ٨–٥ دوال الشغل لعدة فلزات مختلفة.

الفلز	دالة الشغل Φ (J)	دالة الشغل Φ (eV)
السيزيوم	3.4×10^{-19}	2.1
الكالسيوم	4.6×10^{-19}	2.9
الذهب	8.2×10^{-19}	5.1
البوتاسيوم	3.7×10^{-19}	2.3
الزنك	6.9×10^{-19}	4.3

الجدول ٨–٥ دوال الشغل لبعض الفلزات المختلفة.

أ. ما الفلز الذي يتطلب أعلى تردد من الموجات الكهرومغناطيسية لتحرير إلكترونات منه؟

ب. ما الفلز الذي سيحرّر إلكترونات عندما يسقط عليه أدنى تردد للموجات الكهرومغناطيسية؟

ج. احسب تردد العتبة للزنك.

د. احسب طول موجة العتبة للبوتاسيوم.

١١. أ. الذهب

ب. السيزيوم

ج. تردد العتبة للزنك:

$$f_0 = \frac{\Phi}{h} = \frac{6.9 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 1.04 \times 10^{15}\ \text{Hz}$$

$$\approx 1.0 \times 10^{15}\ \text{Hz}$$

د. تردد العتبة للبوتاسيوم:

$$f_0 = \frac{\Phi}{h} = \frac{3.7 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} \approx 5.6 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

وبذلك يكون طول موجة العتبة:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3.00 \times 10^{8}}{5.6 \times 10^{14}} \approx 5.4 \times 10^{-7}\ \text{m} \approx 540\ \text{nm}$$

(١٢) سقطت موجات كهرومغناطيسية طولها الموجي (2.4×10^{-7} m) على سطح فلز دالة الشغل له (2.8×10^{-19} J). احسب:

أ. طاقة فوتون واحد.

ب. طاقة الحركة القصوى للإلكترونات المتحرّرة من الفلز.

ج. السرعة القصوى للإلكترونات الضوئية المنبعثة.

(١٣) عند سقوط إشعاع كهرومغناطيسي طول موجته (2000 nm) على سطح فلزي، وُجد أن طاقة الحركة القصوى للإلكترونات المنبعثة تساوي (4.0×10^{-20} J). احسب دالة الشغل للفلز بالجول (J).

78901412 – 78103781

١٢. أ. طاقة الفوتون:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{2.4 \times 10^{-7}} \approx 8.3 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

ب. طاقة الحركة القصوى:

$$K.E_{max} = E - \Phi = 8.3 \times 10^{-19} - 2.8 \times 10^{-19}$$

$$\approx 5.5 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

ج. بإعادة ترتيب معادلة طاقة الحركة القصوى:

$K.E_{max} = \frac{1}{2} m v_{max}^2$، ومنها نحصل على v_{max}:

$$v_{max} = \sqrt{\frac{2K.E_{max}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 5.5 \times 10^{-19}}{9.11 \times 10^{-31}}}$$

$$= 1.1 \times 10^{6}\ \text{m s}^{-1}$$

١٣. بإعادة ترتيب المعادلة $\frac{hc}{\lambda} = \Phi + K.E_{max}$ لتعطي دالة الشغل:

$$\Phi = \frac{hc}{\lambda} - K.E_{max}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{2000 \times 10^{-9}} - 4.0 \times 10^{-20}$$

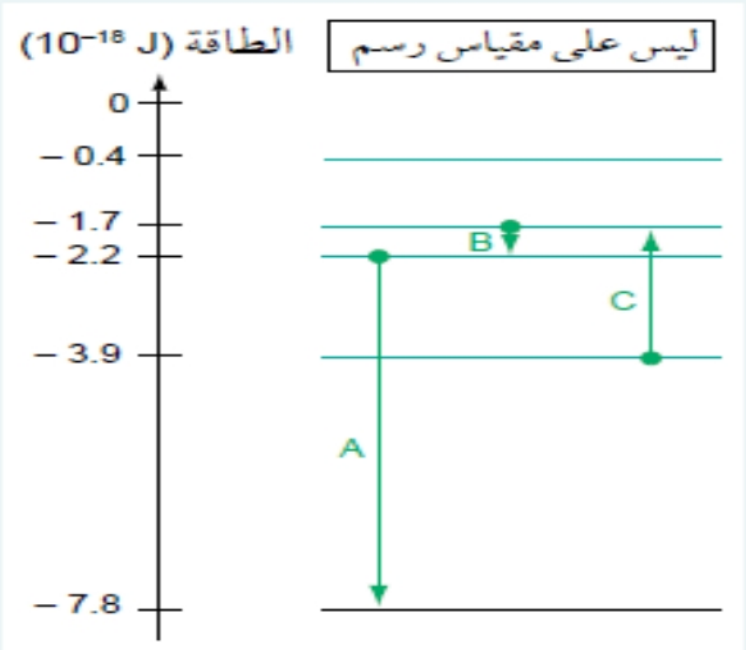
$$\approx 5.9 \times 10^{-20}\ \text{J}$$

(١٤) يبيّن الشكل ٨–١٢ جزءًا من مخطط مستويات الطاقة للإلكترونات في ذرّة افتراضية، وتمثل الأسهم (A، B، C) ثلاثة انتقالات بين مستويات الطاقة. لكل من هذه الانتقالات:

أ. احسب طاقة الفوتون.

ب. احسب التردد وطول الموجة للإشعاع الكهرومغناطيسي (المنبعث أو الممتص).

ج. اذكر فيما إذا كان الانتقال يُسهم في حدوث طيف انبعاث خطي أم طيف امتصاص خطي.



الشكل ٨–١٢ يبيّن المخطط مستويات الطاقة لثلاثة انتقالات للإلكترون A، B، C.

١٤. للانتقال A:

أ. طاقة الفوتون:

$$\Delta E = E_1 - E_2 = (7.8 - 2.2) \times 10^{-18}$$
$$= 5.6 \times 10^{-18}\ \text{J}$$

ب. التردد:

$$f = \frac{\Delta E}{h} = \frac{5.6 \times 10^{-18}}{6.63 \times 10^{-34}} = 8.44 \times 10^{15}\ \text{Hz}$$
$$\approx 8.4 \times 10^{15}\ \text{Hz}$$

طول الموجة:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00 \times 10^{8}}{8.44 \times 10^{15}} = 3.6 \times 10^{-8}\ \text{m}$$

ج. طيف انبعاث خطي.

للانتقال B:

أ. طاقة الفوتون:

$$\Delta E = E_1 - E_2 = (2.2 - 1.7) \times 10^{-18}$$
$$= 5.0 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

ب. التردد:

$$f = \frac{\Delta E}{h} = \frac{5.0 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 7.54 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$
$$\approx 7.5 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

طول الموجة:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00 \times 10^{8}}{7.54 \times 10^{14}} = 4.0 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

ج. طيف انبعاث خطي.

للانتقال C:

أ. طاقة الفوتون:

$$\Delta E = E_1 - E_2 = (3.9 - 1.7) \times 10^{-18}$$
$$= 2.2 \times 10^{-18}\ \text{J}$$

ب. التردد:

$$f = \frac{\Delta E}{h} = \frac{2.2 \times 10^{-18}}{6.63 \times 10^{-34}} = 3.32 \times 10^{15}\ \text{Hz}$$
$$\approx 3.3 \times 10^{15}\ \text{Hz}$$

طول الموجة:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00 \times 10^{8}}{3.32 \times 10^{15}} = 9.0 \times 10^{-8}\ \text{m}$$

ج. طيف امتصاص خطي.

(١٧) تُستخدم أشعة-X (الأشعة السينية) لمعرفة المسافة بين الذرات في المواد البلورية.

أ. صِف كيف يمكن استخدام حزم من الإلكترونات للغرض نفسه.

ب. كيف يمكن استخدام حيود الإلكترونات للتعرّف إلى عيّنة من فلز ما؟

١٧. أ. يمكن أن تتصرف الإلكترونات كموجات، لذلك فهي تحيد بواسطة المسافات الفاصلة بين الذرات.

ب. كل فلز لديه طبقات ذرية (بنية شبكية) مختلفة، لذلك سوف ينتج كل منها نمط حيود مختلفًا.

78901412 – 78103781

(١٨) تُسرّع حزمة إلكترونات من السكون بواسطة فرق جهد (1.0 kV).

أ. احسب الطاقة (بوحدة eV) لإلكترون في الحزمة.

ب. احسب السرعة ومن ثم كمية التحرك (p) للإلكترون.

ج. احسب طول موجة دي بروي للإلكترون.

د. هل تتوقع أن تحيد الحزمة بشكل كبير بواسطة شريحة فلزية المسافة الفاصلة بين ذراتها (0.25×10^{-9} m)؟ أعطِ سببًا لإجابتك.

١٨. أ. الطاقة لكل إلكترون في الحزمة:

$= 1000 \text{ eV} = 1.0 \text{ keV}$

ب. بإعادة ترتيب معادلة طاقة الحركة $K.E = \frac{1}{2}mv^2$، لتعطي السرعة:

$$v = \sqrt{\frac{2KE}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1000 \times 1.6 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}}}$$

$$= 1.9 \times 10^{7} \text{ m s}^{-1}$$

كمية التحرك:

$$p = mv = 9.1 \times 10^{-31} \times 1.9 \times 10^{7}$$

$$= 1.7 \times 10^{-23} \text{ kg m s}^{-1}$$

ج. طول موجة دي بروي:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{1.7 \times 10^{-23}} = 3.9 \times 10^{-11} \text{ m}$$

د. الطول الموجي صغير جدًا مقارنة بالمسافات الفاصلة بين الذرات، لذلك سيكون هناك حيود بسيط غير ملاحظ.

78901412 – 78103781

٢ يُجري باحث تجربة على التأثير الكهروضوئي، فيُسقط إشعاعًا كهرومغناطيسيًا بترددات مختلفة على فلز، ويحدّد طاقة الحركة القصوى للإلكترونات المنبعثة، ثم يرسم تمثيلًا بيانيًا بخط مستقيم لأقصى طاقة حركة للإلكترونات ($K.E_{max}$) مقابل تردد الإشعاع (f). أيّ صَف في الجدول ٨–٧ صحيح؟

	ميل المنحنى (الخط المستقيم)	نقطة تقاطع منحنى التمثيل البياني مع المحور (y)
أ	ثابت بلانك	سالب دالة الشغل للفلز
ب	تردد العتبة	ثابت بلانك
ج	طول موجة العتبة	تردد العتبة
د	دالة الشغل للفلز	طول موجة العتبة

الجدول ٨–٧

٣ احسب طاقة فوتون تردده (4.0×10^{18} Hz).

٢. أ

٣. $E = hf = 6.63 \times 10^{-34} \times 4.0 \times 10^{18}$

٤ الأطوال الموجية لمنطقة الموجات الميكروية من الطيف الكهرومغناطيسي تتراوح من (5 mm) إلى (50 cm)؛ احسب مدى الطاقة لفوتونات الموجات الميكروية.

٥ تُستخدم الفوتونات في فرن الميكروويف لتسخين الطعام، وتكون طاقة الفوتون (1.02×10^{-5} eV). احسب:

أ. طاقة الفوتون بالجول (J).

ب. تردد الفوتونات.

ج. طول الموجة للفوتونات.

٤. الطاقة لأقصر طول موجة ميكروية:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{0.005}$$

$$\approx 4 \times 10^{-23}\ \text{J}$$

الطاقة لأطول طول موجة ميكروية:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{0.5}$$

$$\approx 4 \times 10^{-25}\ \text{J}$$

لذلك مدى الطاقة لفوتونات الموجات الميكروية يتراوح من 4×10^{-25} J إلى 4×10^{-23} J

٥. أ. طاقة الفوتون بوحدة الجول:

$$E = 1.02 \times 10^{-5} \times 1.60 \times 10^{-19} = 1.63 \times 10^{-24}\ \text{J}$$

ب. التردد:

$$f = \frac{E}{h} = \frac{1.63 \times 10^{-24}}{6.63 \times 10^{-34}} = 2.46 \times 10^{9}\ \text{Hz}$$

ج. طول الموجة:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00 \times 10^{8}}{2.46 \times 10^{9}} = 0.122\ \text{m}$$

78901412 – 78103781

٦ أ. تنبعث جسيمات ألفا في الانحلال الإشعاعي للراديوم بطاقة (5.0 MeV)؛ عبّر عن هذه الطاقة بوحدة الجول.

ب. تتسارع الإلكترونات الموجودة في أنبوب أشعة المهبط بواسطة فرق جهد كهربائي مقداره (10 kV). احسب طاقة الإلكترون بوحدة:

١. الإلكترون فولت.

٢. الجول.

ج. يتم إبطاء النيوترونات في مفاعل نووي لتصبح طاقتها (6.0×10^{-21} J). احسب هذه الطاقة بوحدة (eV).

٦. أ. الطاقة بوحدة الجول:

$E = 5.0 \times 10^{6} \times 1.6 \times 10^{-19} = 8.0 \times 10^{-13}$ J

ب. ١. طاقة الإلكترون بوحدة الـ eV:

$E = 10000$ eV

٢. طاقة الإلكترون بوحدة الجول:

$E = 10000 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.6 \times 10^{-15}$ J

ج.

$$E = \frac{6.0 \times 10^{-21}}{1.6 \times 10^{-19}} \approx 4.0 \times 10^{-2} \text{ eV}$$

٧ تم تسريع نواة هيليوم (شحنتها = $+3.2 \times 10^{-19}$ C ، كتلتها = 6.6×10^{-27} kg) بواسطة فرق جهد كهربائي مقداره (7500 V)؛ احسب:

أ. طاقة حركتها بالإلكترون فولت.

ب. طاقة حركتها بالجول.

ج. سرعتها.

٧. أ. الشحنة 2e

لذلك طاقة حركة نواة الهيليوم بوحدة eV:

$= 2 \times 7500 = 15000$ eV

ب. طاقة حركة نواة الهيليوم بوحدة الجول:

$K.E = 15000 \times 1.6 \times 10^{-19} = 2.4 \times 10^{-15}$ J

ج. سرعة نواة الهيليوم:

$$v^2 = \frac{2K.E}{m} = \frac{4.8 \times 10^{-15}}{6.6 \times 10^{-27}} = 7.27 \times 10^{11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

$v = 8.5 \times 10^{5}$ m s^{-1}

٨ سُلّط ضوء فوق بنفسجي طاقة فوتوناته (2.5×10^{-18} J) على لوح زنك، ودالة الشغل للزنك تساوي (4.3 eV). احسب طاقة الحركة القصوى التي يمكن أن ينبعث بها إلكترون من لوح الزنك بوحدة:

أ. eV

ب. J

٨. أ. طاقة الفوتون بوحدة eV:

$$E = \frac{2.5 \times 10^{-18}}{1.6 \times 10^{-19}} = 15.625 \text{ eV}$$

طاقة الحركة القصوى:

$K.E_{max} = E - \Phi = 15.625 - 4.3 = 11.3$ eV

ب. بتحويل هذه إلى وحدة الجول:

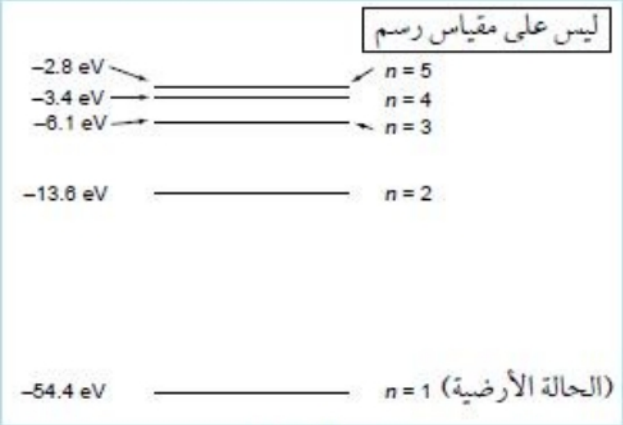
طاقة الحركة القصوى:

$K.E_{max} = 11.3 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.8 \times 10^{-18}$ J

78901412 – 78103781

٩ احسب أدنى تردد للإشعاع الكهرومغناطيسي الذي يتسبب بانبعاث إلكترونات ضوئية من سطح فلز الذهب (دالة الشغل للذهب = 5.1 eV).

١٠ يبيّن الشكل ٨-١٥ خمسة مستويات للطاقة في أيون الهيليوم، ويُعرف أدنى مستوى للطاقة بالحالة الأرضية.



الشكل ٨-١٥

أ. حدّد الطاقة المطلوبة بالجول لإزالة الإلكترون المتبقي من أيون الهيليوم عندما يكون في حالته الأرضية.

ب. جِد تردد الإشعاع المنبعث عندما يهبط الإلكترون من المستوى $n = 3$ إلى $n = 2$، واذكر منطقة الطيف الكهرومغناطيسي التي ينتمي إليها هذا الإشعاع.

ج. بدون إجراء مزيد من العمليات الحسابية، قارن بين تردد الإشعاع المنبعث عندما يهبط الإلكترون من المستوى $n = 2$ إلى $n = 1$ بتردد الإشعاع المنبعث عندما يهبط الإلكترون من المستوى $n = 3$ إلى $n = 2$.

٩. أدنى تردد = $\frac{\text{دالة الشغل}}{\text{ثابت بلانك}}$

$$f_0 = \frac{\Phi}{h} = \frac{5.1 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 1.2 \times 10^{15}\ \text{Hz}$$

١٠. أ. الطاقة المطلوبة لإزالة الإلكترون:

$$E = 54.4\ \text{eV} = 54.4 \times 1.6 \times 10^{-19} = 8.7 \times 10^{-18}\ \text{J}$$

ب. التغيّر في الطاقة:

$$\Delta E = 13.6 - 6.1 = 7.5\ \text{eV}$$

تردد الإشعاع:

$$f = \frac{\Delta E}{h} = \frac{7.5 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 1.8 \times 10^{15}\ \text{Hz}$$

وهذا الإشعاع ينتمي إلى منطقة الأشعة فوق البنفسجية.

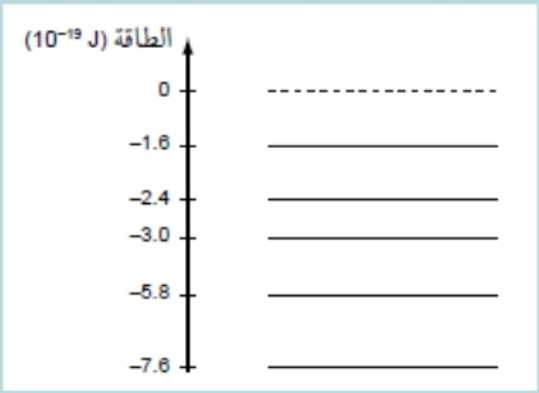
ج. الفرق في الطاقة من $n = 2$ إلى $n = 1$ أكبر من الفرق في الطاقة من $n = 3$ إلى $n = 2$، لذلك يكون تردد الضوء المنبعث أكبر مقدارًا.

78901412 – 78103781

١١ لِطيف ضوء الشمس خطوط معتمة (سوداء) ناتجة عن امتصاص أطوال موجية معيّنة من الضوء في الغازات الأكثر برودة للغلاف الجوي للشمس.

أ. يبلغ طول الموجة لخط طيف معيّن معتم (590 nm)؛ احسب طاقة الفوتون لهذا الطول الموجي.

ب. يبيّن الشكل ٨-١٦ بعض مستويات الطاقة لذرّة الهيليوم.



الشكل ٨-١٦

١. ما السبب في أن مستويات الطاقة لها قيم سالبة؟

٢. اشرح بالرجوع إلى مخطط مستويات الطاقة، كيف يمكن أن يكون الخط المعتم في الطيف ناتجًا عن وجود الهيليوم في الغلاف الجوي للشمس.

٣. جميع الأضواء التي تمتصها الذرات في الغلاف الجوي للشمس يُعاد انبعاثها؛ اقترح السبب في أنه لا يزال بالإمكان ملاحظة الخط الطيفي المعتم ذو طول الموجة (590 nm) من الأرض.

١١- أ. طاقة الفوتون للطول الموجي 590 nm:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{590 \times 10^{-9}}$$

$$= 3.4 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

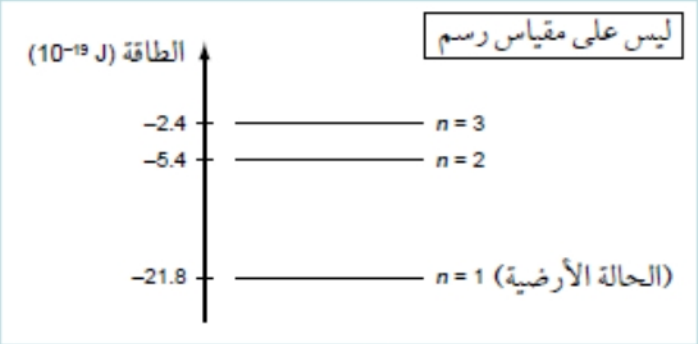
ب. ١. لأن طاقة وضع الإلكترونات تساوي صفرًا في اللانهاية، وتكون أقل من ذلك بالقرب من النواة.

٢. الفرق بين مستويَي الطاقة (-5.8×10^{-19} J و -2.4×10^{-19} J) لذرة الهيليوم تساوي طاقة فوتون الخط المعتم ذي الطاقة 3.4×10^{-19} J المحسوبة في الجزئية (أ) لذلك يستثار الإلكترون بامتصاص كل طاقة الفوتون الساقط الأمر الذي يفسر وجود الهيليوم في الغلاف الجوي للشمس.

٣. لأن الضوء الساقط له اتجاه معيّن، بينما جزء الضوء الممتص يعاد انبعاثه في اتجاهات مختلفة.

78901412 – 78103781

١٢ يبيّن الشكل ٨–١٧ ثلاثة مستويات للطاقة في ذرة هيدروجين.



الشكل ٨–١٧

أ. اشرح ما سيحدث للإلكترون في الحالة الأرضية عندما يمتص فوتون طاقته (21.8×10^{-19} J).

ب. ١. اشرح سبب انبعاث فوتون عندما ينتقل إلكترون بين مستويَي الطاقة $n = 3$ و $n = 2$.

٢. احسب طول الموجة للإشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث عندما يقفز إلكترون بين مستويَي الطاقة $n = 3$ و $n = 2$.

٣. يُشار إلى كل مستوى من مستويات الطاقة في المخطط بقيمة (n)، استخدم مخطط مستويات الطاقة لتثبت أن الطاقة (E) لمستوى طاقة ما تتناسب عكسيًا مع (n^2).

١٢. أ. يخرج الإلكترون نهائيًا من الذرّة (أو نقول تتأيّن الذرة).

ب. ١. تكون طاقة الوضع في المستوى الثاني أقل منها في المستوى الثالث، لذلك تتحرّر الطاقة (على شكل فوتونات).

٢. التغيّر في الطاقة:

$$\Delta E = -2.4 \times 10^{-19} - (-5.4 \times 10^{-19})$$

$$= 3.0 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

من المعادلة $E = \frac{hc}{\lambda}$ تقودنا إلى طول الموجة:

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{3.0 \times 10^{-19}}$$

$$= 6.6 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

٣. إذا كانت E تتناسب عكسيًا مع n^2، فإن En^2 = ثابت.

$n = 1$: $En^2 = -21.8 \times 1 = -21.8$

$n = 2$: $En^2 = -5.4 \times 4 = -21.6$

$n = 3$: $En^2 = -2.4 \times 9 = -21.6$

جميع النواتج تقريبًا هي نفسها.

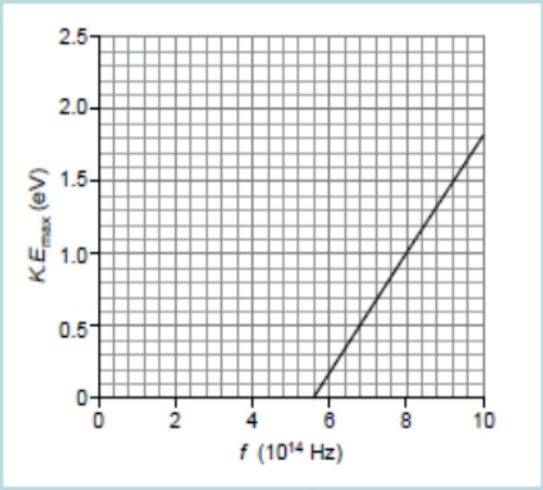
طريقة أخرى للحل هي مقارنة النسب لـ:

$$E_1 : E_n \quad \text{و} \quad \frac{1}{(n_1)^2} : \frac{1}{(n_n)^2}$$

١٣ **أ.** ١. اشرح المقصود بثنائية الموجة والجسيم للإشعاع الكهرومغناطيسي.

٢. اشرح كيف يعطي التأثير الكهروضوئي دليلًا على هذه الظاهرة.

ب. يبيّن التمثيل البياني في الشكل ٨-١٨ طاقة الحركة القصوى ($K.E_{max}$) للإلكترونات الضوئية المنبعثة عندما يتغيّر التردد (f) للإشعاع الساقط على لوح من الصوديوم.



الشكل ٨-١٨

١. اشرح سبب عدم انبعاث إلكترونات ضوئية عندما يكون تردد الضوء الساقط أقل من (5.6×10^{14} Hz).

٢. حدّد دالة الشغل للصوديوم، واشرح إجابتك.

٣. استخدم التمثيل البياني لتحديد قيمة ثابت بلانك، واشرح إجابتك.

١٣. **أ.** ١. يُظهر الإشعاع الكهرومغناطيسي خصائص ترتبط بكل من الجسيمات والموجات.

٢. الإشعاع الذي تردده أدنى من مقدار معيّن لا ينتج تأثيرًا كهروضوئيًا، وطاقة الإلكترونات الضوئية القصوى تتناسب طرديًا مع التردد.

تعتمد طاقة الحزمة (جسيمات) على ترددها (موجات).

ب. ١. طاقة الفوتون أقل من دالة الشغل، وهي أدنى طاقة تلزم لتحرير إلكترونات من سطح الفلز، بالتالي عدم انبعاث إلكترونات ضوئية.

٢. $K.E_{max} = hf - \Phi$، لذلك التقاطع مع المحور السيني (x) = تردد العتبة = 5.6×10^{14} Hz

$$\Phi = hf_0 = 6.63 \times 10^{-34} \times 5.6 \times 10^{14}$$

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

٣. $K.E_{max} = hf - \Phi$، لذلك الميل = h

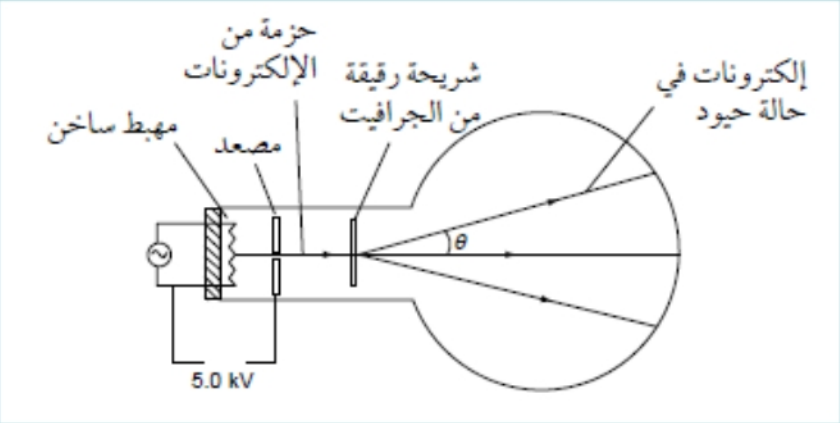
$$h = \frac{(1.8 - 0) \times 1.6 \times 10^{-19}}{(10 - 5.6) \times 10^{14}} = 6.55 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\approx 6.6 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

78901412 – 78103781

١٤ أ. ما المقصود بطول موجة دي بروي للإلكترون؟

ب. يبيّن الشكل ٨-١٩ الأجزاء الأساسية لأنبوب الإلكترونات المستخدم لتوضيح حيود الإلكترون.



الشكل ٨-١٩

١. احسب طاقة الحركة (*K.E*) (بالجول) للإلكترونات الساقطة على شريحة رقيقة من الجرافيت.

٢. بيّن أن كمية تحرّك الإلكترون تساوي $\sqrt{2K.E.m_e}$، حيث (m_e) هي كتلة الإلكترون، ثم احسب كمية تحرّك الإلكترون. ($m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg)

٣. احسب طول موجة دي بروي للإلكترونات.

ج. اشرح كيف يمكن مقارنة الأطوال الموجية للنيوترونات والإلكترونات التي تتحرك بالطاقة نفسها.

١٤. أ. تُظهر الإلكترونات ثنائية (ازدواجية) الموجة والجسيم، طول موجة دي بروي هو الطول الموجي للإلكترون (له طاقة محدّدة)، أو هو طول الموجة المصاحب لإلكترون متحرك، ويعطى بالعلاقة $\lambda = \frac{h}{p}$.

ب. ١. طاقة الحركة:

$= 5.0 \text{ keV} = 5000 \times 1.6 \times 10^{-19} = 8.0 \times 10^{-16} \text{ J}$

٢. $K.E = \frac{1}{2} mv^2$

$K.Em = \frac{1}{2} m^2v^2$

$mv = p = \sqrt{2\, K.Em}$

$p = \sqrt{2 \times 8.0 \times 10^{-16} \times 9.11 \times 10^{-31}}$

$= 3.8 \times 10^{-23} \text{ N s}$

٣. $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{3.8 \times 10^{-23}} = 1.7 \times 10^{-11} \text{ m}$

ج. كتلة النيوترونات أكبر من كتلة الإلكترونات، لذلك يكون لها كمية تحرّك أكبر للطاقة نفسها، وبالتالي يكون لها طول موجة أقصر.

78901412 – 78103781

١٥ **أ.** وضّح أهمية ثابت بلانك (h) في وصف سلوك كل من الإشعاع الكهرومغناطيسي والإلكترونات.

ب. لوح فلزي أبعاده ($5.0\ cm \times 5.0\ cm$) يسقط عليه عموديًا ضوء طول موجته ($550\ nm$) وشدته ($800\ W\ m^{-2}$)، ويُمتص كل الضوء الساقط بواسطة اللوح الفلزي.

١. اشرح كيف يُؤثر الضوء بقوة على اللوح الذي يصطدم به.

٢. احسب كمية تحرّك فوتون الضوء.

٣. احسب القوة المؤثرة على اللوح بسبب الضوء.

١٥. أ. ثابت بلانك h موجود في المعادلة التي تصف السلوك الجسيمي للموجات، حيث $E = hf$ (E طاقة الفوتون و f التردد).

ثابت بلانك h موجود في المعادلة التي تصف السلوك الموجي للجسيمات، حيث $\lambda p = h$ (p كمية التحرّك و λ طول موجة دي بروي).

ب. ١. لفوتون الضوء المرئي كمية تحرّك، فهناك تغيّر في كمية التحرّك عندما يصطدم الفوتون باللوح.

ووفقًا للقانون الثاني لنيوتن، فإن معدل التغيّر في كمية التحرّك لتلك الفوتونات يكون مساويًا للقوة المؤثرة على اللوح.

٢. كمية التحرك:

$$p = \frac{E}{c} = \frac{hc}{\lambda c} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{550 \times 10^{-9}}$$

$$= 1.205 \times 10^{-27}\ N\ s \approx 1.2 \times 10^{-27}\ N\ s$$

٣. طاقة الفوتون $= \frac{hc}{\lambda}$

عدد الفوتونات في كل ثانية $= \frac{\text{القدرة}}{\text{طاقة الفوتون}}$

$$= \frac{AI\lambda}{hc}$$

القوة = عدد الفوتونات في كل ثانية × كمية التحرّك لكل فوتون

$$F = \frac{AI\lambda}{hc} \times \frac{h}{\lambda} = \frac{AI}{c}$$

القوة:

$$F = \frac{0.05^2 \times 800}{3.00 \times 10^8} = 6.7 \times 10^{-9}\ N$$

حل آخر:

طاقة الفوتون $= \frac{hc}{\lambda}$

طاقة الضوء الساقط في كل ثانية = المساحة × شدة الضوء

$$= 0.050 \times 0.050 \times 800 = 2.0\ J$$

عدد الفوتونات في كل ثانية $= \frac{\text{طاقة الضوء الساقط في كل ثانية}}{\text{طاقة الفوتون}}$

$$= \frac{2.0}{3.6 \times 10^{-19}} = 5.6 \times 10^{18}$$

القوة = عدد الفوتونات في كل ثانية × كمية التحرّك لكل فوتون

$$F = 5.6 \times 10^{18} \times 1.2 \times 10^{-27} = 6.7 \times 10^{-9}\ N$$

78901412 – 78103781

الوحدة الثامنة (فيزياء الكم)

أسئلة نهاية الوحدة (النشاط)

١. في التأثير الكهروضوئي، عندما يسقط الإشعاع الكهرومغناطيسي على سطح فلز ما، تترك إلكترونات سطح الفلز، إلّا أنه عندما يسقط إشعاع ذو تردد أقل من تردد معيّن على السطح، يُلاحَظ عدم حدوث انبعاث للإلكترونات.

أ. لماذا لا يحدث انبعاث للإلكترونات إذا كان التردد منخفضًا جدًا؟

ب. اذكر اثنين من الأدلة الأخرى التي يقدمها التأثير الكهروضوئي يشيران إلى أن الإشعاع الكهرومغناطيسي له خصائص جسيمية.

ج. إذا علمت أنّ دالة الشغل لفلز ما تساوي (3.8 eV)؛ فاحسب الحد الأدنى لتردد الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي يسبب انبعاثًا كهروضوئيًا.

د. ينبعث إلكترون من سطح فلز ما بطاقة حركة قصوى تبلغ (4.5×10^{-19} J). احسب طاقة الفوتون الساقط بوحدة الـ (eV).

١. أ. تكون طاقة الفوتون أقل من دالة الشغل للفلز.

ب. – يحدث الانبعاث فور سقوط ضوء مناسب على السطح.

– لا تعتمد طاقة الحركة القصوى للإلكترونات الضوئية على شدة الضوء، بل على تردد الضوء فقط.

ج. الحد الأدنى للتردد:

$$f_0 = \frac{\Phi}{h} = \frac{3.8 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}}$$
$$= 9.2 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

د. طاقة الفوتون الساقط:

$$hf = \Phi + K.E_{max}$$
$$= (3.8 \times 1.6 \times 10^{-19}) + 4.5 \times 10^{-19}$$
$$= 1.1 \times 10^{-18} \text{ J} = 6.6 \text{ eV}$$

٢. من المعروف أن الإلكترونات تظهر خصائص موجية، ويعطى طول الموجة بواسطة معادلة دي بروي.

أ. اكتب معادلة دي بروي بالكلمات.

ب. أثبت أن طول الموجة لإلكترون ما طاقة حركته ($K.E$) يعطى بالمعادلة:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m\,K.E}}$$

حيث (m) هي كتلة الإلكترون.

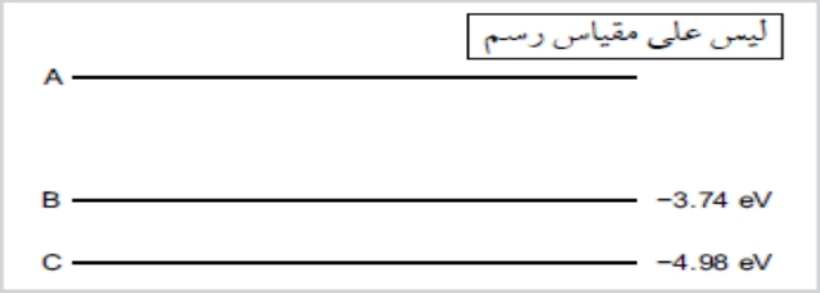
ج. احسب طول موجة دي بروي للإلكترون المتسارع بواسطة فرق جهد كهربائي (2.0 kV).

د. يتم تمرير الإلكترونات المذكورة في الجزئية (ج) عبر بلّورة فتسبّبت لها بالحيود. اشرح سبب حيود الإلكترونات.

78901412 – 78103781

٣. أ. اشرح كيف يقدم طيف الانبعاث الخطي دليلًا على أن للإلكترونات مستويات طاقة منفصلة في الذرات.

ب. تحدث انتقالات إلكترونية بين مستويات طاقة ثلاثة A و B و C في مخطط الطاقة الموضح في الشكل ٨–٥، وتنتج عن ذلك إشعاعات كهرومغناطيسية بطول موجة (557 nm) و (358 nm):



الشكل ٨–٥

١. احسب طاقة فوتون كل من هذين الطولَين الموجيَّين.

٢. صِف الانتقالَين اللذين يؤديان إلى انبعاث كل من هذين الطولَين الموجيَّين.

٣. احسب قيمة مستوى الطاقة A.

٤. احسب طول الموجة لخط آخر ناتج عن الانتقال بين هذه المستويات الثلاثة.

٣. أ. يتوافق كل خط مع طول موجي واحد أو تردد واحد، وبما أن $E = hf$ فهذا يعني أن هناك تغيّرًا محددًا (قيمًا منفصلة) في الطاقة $E_1 - E_2$ بين مستويات الطاقة.

ب. ١. طاقة فوتون الإشعاع الأول:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{557 \times 10^{-9}}$$

$$= 3.57 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

طاقة فوتون الإشعاع الثاني:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{358 \times 10^{-9}}$$

$$= 5.56 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

٢. من A إلى B (557 nm) ومن A إلى C (358 nm)؛ لأن الانتقال يجب أن يكون من طاقة عالية إلى طاقة منخفضة لانبعاث الفوتون مع الأخذ في الاعتبار أن الفوتون ذا الطاقة الأعلى يكون له طول موجة أقصر، أما الانتقال من B إلى C فينتج عنه فوتون ذو طاقة (1.24 eV) أي ما يساوي (2.0×10^{-19} J) تقريبًا، وهذه الطاقة هي أقل من طاقة أي من الفوتونين.

٣. طاقة الفوتون عند الانتقال من A إلى B:

$$= 3.57 \times 10^{-19}\ \text{J} = 2.23\ \text{eV}$$

مستوى الطاقة A:

$$= -3.74 + 2.23 = -1.51\ \text{eV}$$

٤. طاقة الفوتون بين B و C:

$$= 4.98 - 3.74 = 1.24\ \text{eV} = 2.0 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

طول الموجة المصاحب:

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{2.0 \times 10^{-19}}$$

$$= 1.0 \times 10^{-6}\ \text{m}$$

78901412 – 78103781

٤. أ. اذكر تأثيرًا (ظاهرةً) يدل على أن:

١. الضوء يسلك سلوك الجسيم.

٢. الإلكترون يسلك سلوك الموجة.

ب. ذرة معزولة، لإلكترونها أربعة مستويات طاقة:

(0.50 eV–)، و (0.89 eV–)، و (1.56 eV–)، و (3.6 eV–). احسب:

١. أصغر طول موجة للإشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث بسبب الانتقال بين هذه المستويات، موضحًا خطوات الحل.

٢. كمية تحرك الفوتون المحسوب طول موجته في الجزئية (ب ١).

ج. ١. ما المقصود بطول موجة دي بروي؟

٢. احسب سرعة إلكترون له طول موجة دي بروي مساوٍ لطول الموجة المحسوب في الجزئية (ب ١).

٤. أ. ١. التأثير الكهروضوئي.

٢. موجة دي بروي.

ب. ١. يكون لأقصر طول موجة أكبر تردد وأكبر تغيّر في الطاقة (من 0.50 eV- إلى 3.6 eV-).

طاقة الفوتون:

$= 3.1\ eV = 5.0 \times 10^{-19}\ J$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{5.0 \times 10^{-19}}$$

$= 4.0 \times 10^{-7}\ m$

٢. $p = \frac{E}{c} = \frac{5.0 \times 10^{-19}}{3.00 \times 10^{8}} = 1.7 \times 10^{-27}\ kg\ m\ s^{-1}$

ج. ١. طول الموجة المصاحب لجُسيم متحرّك، تكون للجُسيم كمية تحرّك أو له سرعة أو له سرعة متجهة.

٢. $v = \frac{h}{m\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 4.0 \times 10^{-7}}$

$= 1.8 \times 10^{3}\ m\ s^{-1}$

تمنياتنا بالتوفيق والتفوق

78901412 – 78103781

الوحدة التاسعة (الفيزياء النووية)

أسئلة الدروس ونهاية الوحدة

أسئلة

(١) ادرس معادلتَي الانحلال الواردتَين في المثالَين ١ و ٢ واكتب معادلتَين موزونتين للآتي:

أ. تنحل نواة اليورانيوم-238 ($^{238}_{92}U$) بانبعاث α لتشكيل نظير الثوريوم (Th).

ب. تنحل نواة نظير الصوديوم-25 ($^{25}_{11}Na$) بانبعاث β^- لتشكيل نظير المغنيسيوم (Mg).

(٢) انسخ هذه المعادلة وأكملها لانحلال β^- لنواة الأرجون (Ar).

$$^{41}_{18}Ar \longrightarrow K + ?$$

$$^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e$$

$$^{222}_{86}Rn \longrightarrow {}^{218}_{84}Po + {}^{4}_{2}He$$

١. أ. $^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$

ب. $^{25}_{11}Na \longrightarrow {}^{25}_{12}Mg + {}^{0}_{-1}e$

٢. $^{41}_{18}Ar \longrightarrow {}^{41}_{19}K + {}^{0}_{-1}e$

(٣) تحرّر الشمس كميات هائلة من الطاقة، فالقدرة الناتجة من الشمس تساوي (4.0×10^{26} W). قدّر مقدار النقص في كتلتها في كل ثانية بسبب فقدان هذه الطاقة.

(٤) أ. احسب الطاقة المنبعثة إذا تشكّلت نواة $^{4}_{2}He$ من بروتونات ونيوترونات منفصلة وساكنة. استخدم كتل الجسيمات المعطاة في الجدول ٩-٢.

ب. احسب الطاقة المنبعثة لكل نيوكليون.

الجسيم	الكتلة ($\times 10^{-27}$ kg)
البروتون $^{1}_{1}p$	1.672623
النيوترون $^{1}_{0}n$	1.674928
نواة $^{4}_{2}He$	6.644661

الجدول ٩-٢ كتل بعض الجسيمات.

(٥) إذا علمت أن الكتلة السكونية لكرة جولف تساوي (150 g)، فاحسب الزيادة في كتلتها عندما تنتقل بسرعة ($50\ m\ s^{-1}$). ما نسبة هذه الزيادة في الكتلة كنسبة مئوية من الكتلة السكونية؟

٣. بإعادة ترتيب المعادلة $\Delta E = \Delta mc^2$ لتعطي النقص في الكتلة في كل ثانية:

$$\Delta m = \frac{4.0 \times 10^{26}}{(3.00 \times 10^{8})^2} \approx 4.4 \times 10^{9}\ kg$$

٤. أ. تتكوّن نواة الهيليوم من بروتونين ونيوترونين، تُعطى الطاقة المتحرّرة من الفرق في الكتلة بين كتلة الأربع نيوكليونات المنفصلة وكتلة نواة الهيليوم.

$$\Delta m = 2m_p + 2m_n - m_{He}$$

$$= (2 \times 1.672623 + 2 \times 1.674928 - 6.644661) \times 10^{-27}$$

$$= 5.04 \times 10^{-29}\ kg$$

الطاقة المنبعثة:

$$\Delta E = \Delta mc^2 = 5.04 \times 10^{-29} \times (3.00 \times 10^{8})^2$$

$$= 4.54 \times 10^{-12}\ J$$

ب. الطاقة المنبعثة لكل نيوكليون:

$$= \frac{4.54 \times 10^{-12}}{4} \approx 1.14 \times 10^{-12}\ J$$

٥. طاقة الحركة لكرة الجولف:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.150 \times (50)^2 = 187.5\ J$$

الزيادة في كتلة كرة الجولف:

$$\Delta m = \frac{187.5}{(3.00 \times 10^{8})^2} = 2.08 \times 10^{-15}\ kg$$

النسبة المئوية من الكتلة السكونية:

$$= \frac{2.08 \times 10^{-15}}{0.150} \times 100\% = 1.40 \times 10^{-12}\ \%$$

78901412 – 78103781

(٦) أ. كتلة ذرة الحديد $^{56}_{26}Fe$ تساوي (55.934937 u). احسب كتلتها بوحدة الـ kg.

ب. كتلة ذرة الأكسجين $^{16}_{8}O$ تساوي (2.656015×10^{-26} kg). احسب كتلتها بوحدة الكتلة الذرية u.

(٧) يعطي الجدول ٩-٣ كتل عدة جسيمات (بوحدة الكتلة الذرية u). استخدم الجدول لتحديد ما يأتي (بثلاثة أرقام معنوية):

أ. كتلة نواة الهيليوم-4 بالكيلوغرام (kg).

ب. كتلة (1.0 mole) من أنوية اليورانيوم-235 بالغرام (g).

(عدد أفوجادرو: $N_A = 6.02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$)

٦. أ. كتلة ذرة الحديد $^{56}_{26}Fe$:

$= 55.934937 \times 1.6605 \times 10^{-27}$

$= 9.2880 \times 10^{-26}$ kg

ب. كتلة ذرة الأكسجين $^{16}_{8}O$:

$= \dfrac{2.656015 \times 10^{-26}}{1.6605 \times 10^{-27}} = 15.995$ u

٧. أ. كتلة نواة الهيليوم-4:

$= 4.001506 \times 1.6605 \times 10^{-27}$

$= 6.64 \times 10^{-27}$ kg

ب. كتلة 1 مول من أنوية اليورانيوم-235:

$= 6.02 \times 10^{23} \times (235.043930 \times 1.6605 \times 10^{-27})$

$= 0.23495$ kg ≈ 235 g

(لاحظ أن الكتلة المولية بالغرام تساوي عدد النيوكليونات تقريبًا).

(٨) تتحل نواة البريليوم-10 ($^{10}_{4}Be$) إلى نظير البورون B بانبعاث β^-.

أ. اكتب معادلة الانحلال النووي لنواة البريليوم-10.

ب. احسب الطاقة المنبعثة في هذا الانحلال واذكر شكلها.

(كتلة نواة البريليوم-10 ($^{10}_{4}Be$) = 1.66238×10^{-26} kg

كتلة نظير البورون = 1.66219×10^{-26} kg

كتلة الإلكترون = 9.10938×10^{-31} kg)

٨. أ. معادلة الانحلال النووي:

$$^{10}_{4}Be \rightarrow {}^{10}_{5}B + {}^{0}_{-1}e$$

ب. لحساب الطاقة المنبعثة نحسب أولًا النقص في الكتلة:

$\Delta m = (1.66219 \times 10^{-26} + 9.10938 \times 10^{-31}) - 1.66238 \times 10^{-26}$

$= -9.89062 \times 10^{-31}$ kg

(الإشارة السالبة تعني أن هناك طاقة تتحرّر في الانحلال).

الطاقة المنبعثة في هذا الانحلال:

$\Delta mc^2 = 9.89062 \times 10^{-31} \times (3.00 \times 10^8)^2$

$= 8.90 \times 10^{-14}$ J

تتحرّر هذه الطاقة كطاقة حركة للنواتج.

78901412 – 78103781

(٩) أ. اشرح سبب عدم ظهور الهيدروجين $^{1}_{1}H$ (البروتون) في التمثيل البياني المبيّن في الشكل ٩-٣.

ب. استخدم الشكل ٩-٣ لتقدير طاقة الربط لنواة $^{14}_{7}N$.

(١٠) كتلة نواة البريليوم $^{8}_{4}Be$ تساوي $(1.33 \times 10^{-26}\ kg)$.
احسب لهذه النواة:

أ. النقص في الكتلة بوحدة الـ (kg).

ب. طاقة الربط النووي بوحدة (MeV).

ج. طاقة الربط لكل نيوكليون في النواة بوحدة (MeV).

٩. أ. لأنه نيوكليون مفرد؛ وبالتالي ليس له طاقة ربط نووي أو لأن نواته تحتوي على نيوكليون مفرد (بروتون واحد فقط).

ب. $12 \times 10^{-13}\ J \approx$ طاقة الربط لكل نيوكليون من التمثيل البياني.

طاقة الربط لنواة $^{14}_{7}N$:

$= 12 \times 10^{-13} \times 14 = 1.68 \times 10^{-11}\ J$

$\approx 1.7 \times 10^{-11}\ J$

١٠. أ. النقص في الكتلة:

$\Delta m = 4 \times m_p + 4 \times m_n - m_{Be}$

$= (4 \times 1.673 + 4 \times 1.675) \times 10^{-27} - 1.33 \times 10^{-26}$

$= 9.20 \times 10^{-29}\ kg$

ب. طاقة الربط بوحدة الجول:

$\Delta mc^2 = 9.20 \times 10^{-29} \times (3.00 \times 10^{8})^2$

$= 8.28 \times 10^{-12}\ J$

طاقة الربط بوحدة الـ (MeV):

$= \frac{8.28 \times 10^{-12}}{1.6 \times 10^{-19}} = 5.18 \times 10^{7}\ eV = 51.8\ MeV$

ج. طاقة الربط لكل نيوكليون:

$= \frac{51.8}{8} \approx 6.5\ MeV$

(١١) استخدم التمثيل البياني لطاقة الربط لكل نيوكليون (الشكل ٩-٥) لاقتراح سبب عدم إمكانية حدوث الانشطار مع «الأنوية الخفيفة» التي لها $(A < 20)$، وسبب عدم إمكانية حدوث الاندماج للأنوية الأثقل التي لها $(A > 40)$.

(١٢) استخدم المعلومات الواردة عن الاندماج، لحساب طاقة الربط (بوحدة MeV) لكل نيوكليون في كل جسيم في تفاعل الاندماج الآتي:

$$^{2}_{1}H + {}^{1}_{1}p \longrightarrow {}^{3}_{2}He$$

ماذا تلاحظ من إجاباتك؟

١١. لا يحدث الانشطار للأنوية الخفيفة $A < 20$؛ لأنه يكون للنواتج طاقة ربط لكل نيوكليون أصغر، فيتطلّب التفاعل تزويده بطاقة خارجية؛ وكذلك لا يحدث الاندماج للأنوية الثقيلة $A > 40$، للسبب نفسه.

١٢. طاقة الربط لكل نيوكليون للديوتيريوم:

$= \frac{2.2}{2} = 1.1\ MeV$

طاقة الربط للبروتون = صفر (لأنه نيوكليون وحيد)

طاقة الربط لكل نيوكليون للهيليوم-3:

$= \frac{7.7}{3} = 2.6\ MeV$

طاقة الربط لكل نيوكليون بعد الاندماج أكبر من طاقة الربط لكل نيوكليون قبل الاندماج.

78901412 – 78103781

(١٣) تحتوي عيّنة الكربون-15 بداية على 500000 نواة غير منحلة، وثابت الانحلال لنظير الكربون هذا يساوي ($0.30\ s^{-1}$). احسب النشاط الإشعاعي الابتدائي للعيّنة.

(١٤) تُعطي عيّنة صغيرة من الراديوم معدل عدّ مسجّل مقداره 20 عدًا لكل دقيقة في جهاز الكشف، ومن المعروف أن العدّاد يكشف 10% فقط من الأنوية المنحلة في العيّنة، التي تحتوي على 1.5×10^9 نواة غير منحلة. احسب ثابت الانحلال لهذا النظير من الراديوم.

(١٥) من المعروف أن العيّنة المشعة ينبعث منها جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وإشعاعات جاما؛ اذكر ثلاثة أسباب تشير إلى أن قياس معدل العدّ بواسطة عداد جايجر -مولر الموضوع بجوار هذه العيّنة أقل من النشاط الإشعاعي الحقيقي للعيّنة.

١٣. النشاط الإشعاعي لعيّنة الكربون-15:

$$A = \lambda N = 0.30 \times 500000 = 150000\ s^{-1}$$

$$= 150000\ Bq$$

١٤. النشاط الإشعاعي لهذا النظير من الراديوم:

معدّل العدّ المستقبل في جهاز الكشف $\times$ A =

$$= 10 \times 20\ min^{-1} = 200\ min^{-1} = \frac{200}{60}\ s^{-1} = \frac{10}{3}\ s^{-1}$$

بإعادة ترتيب معادلة النشاط الإشعاعي $A = \lambda N$

لتعطي ثابت الانحلال لهذا النظير من الراديوم:

$$\lambda = \frac{A}{N} = \frac{10}{3 \times 1.5 \times 10^9} = 2.2 \times 10^{-9}\ s^{-1}$$

١٥. معدل العدّ قد يكون أقل من النشاط الإشعاعي الحقيقي بسبب أن:

- أشعة جاما لا تُكتشف دائمًا (ضعيفة التأيين).
- العدّاد قد يكون غير فعّال.
- بعض الأشعة تُمتص من قبل العيّنة قبل أن تصل إلى جهاز الكشف.

(١٦) تحتوي عيّنة لنظير النيتروجين-13 في البداية على 8.0×10^{10} نواة غير منحلّة إذا علمت أن عمر النصف لها (10 min).

أ. اكتب معادلة لتبيّن كيف يعتمد عدد الأنوية غير المنحلّة (N) على الزمن (t).

ب. احسب عدد الأنوية غير المنحلّة التي ستبقى بعد (10 min) وبعد (20 min).

ج. احسب عدد الأنوية التي ستتحلّ في أول (30 min).

(١٧) عيّنة من نظير عنصر ما ثابت انحلاله يساوي ($\lambda = 0.10\ s^{-1}$)، تحتوي على 5.0×10^9 نواة غير منحلّة في بداية تجربة معيّنة.

احسب:

أ. عدد الأنوية غير المنحلّة بعد (50 s).

ب. النشاط الإشعاعي للنظير بعد (50 s).

(١٨) قيمة ثابت الانحلال (λ) للبروتكتينيوم-234 هي ($9.6 \times 10^{-3}\ s^{-1}$). يبيّن الجدول ٩-٥ عدد الأنوية غير المنحلّة (N) في العيّنة. انسخ الجدول ٩-٥ وأكمله، ثم ارسم تمثيلًا بيانيًا لعدد الأنوية مقابل الزمن (N-t)، واستخدمه لإيجاد عمر النصف ($t_{\frac{1}{2}}$) للبروتكتينيوم-234.

الزمن (s)	0	20	40	60	80	100	120	140
N	400	330						

الجدول ٩-٥

78901412 – 78103781

١٦. أ. معادلة عدد الأنوية غير المنحلّة:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

ب. بعد 10 دقائق سيكون قد انحلّ نصف عدد الأنوية، فيبقى نصف عدد الأنوية الأصلية أو 4.0×10^{10}

بعد 10 دقائق أخرى سيكون قد انحلّ نصف عدد الأنوية المتبقية، أي أنه بعد 20 دقيقة سيبقى ربع عدد الأنوية الأصلية أو 2.0×10^{10}

ج. بعد 30 دقيقة سيكون قد مضى من الزمن ثلاثة أعمار نصف. لذلك فإن:

عدد الأنوية غير المنحلّة:

$$= \left(\frac{1}{2}\right)^3 \times N_0 = \frac{1}{8} \times N_0 = \frac{1}{8} \times 8.0 \times 10^{10}$$

$$= 1.0 \times 10^{10}$$

عدد الأنوية المنحلّة:

$$8.0 \times 10^{10} - 1.0 \times 10^{10} = 7.0 \times 10^{10}$$

١٧. أ. عدد الأنوية غير المنحلّة بعد 50 s:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$= 5.0 \times 10^9 \times e^{-0.10 \times 50} = 3.37 \times 10^7$$

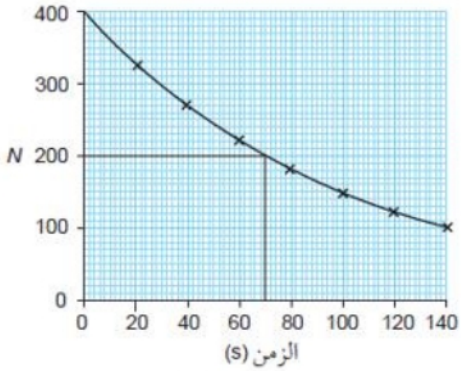
$$\approx 3.4 \times 10^7$$

ب. النشاط الإشعاعي للنظير بعد 50 s:

$$A = \lambda N = 0.10 \times 3.37 \times 10^7 \approx 3.4 \times 10^6 \text{ Bq}$$

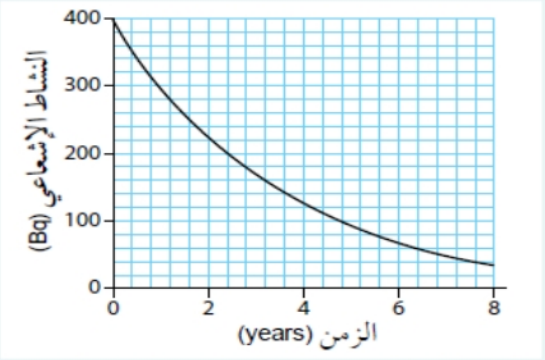
١٨.

الزمن (s)	0	20	40	60	80	100	120	140
N	400	330	272	224	185	153	126	104



عمر النصف يساوي 70 s تقريبًا.

(١٩) يبيّن الشكل ٩-١١ تمثيلًا بيانيًا لانحلال نظير السيزيوم $^{134}_{55}Cs$؛ استخدم التمثيل البياني لتحديد عمر النصف لهذه الأنوية بالسنوات، وبعد ذلك جِد ثابت الانحلال بوحدة $year^{-1}$.



الشكل ٩-١١ التمثيل البياني لانحلال نظير السيزيوم.

(٢٠) ثابت الانحلال لنظير معيّن يساوي $(3.0 \times 10^{-4}\ s^{-1})$. احسب المدة التي سيستغرقها نشاط عيّنة من هذه المادة لينخفض إلى ثُمن قيمته الابتدائية.

(٢١) عمر النصف للنظير $^{16}_{7}N$ يساوي (7.4 s).

أ. احسب ثابت الانحلال لهذه الأنوية.

ب. تحتوي عيّنة من النيتروجين (N) بداية على 5000 نواة. احسب كم سيبقى من الأنوية بعد زمن:

١. 14.8 s

٢. 20.0 s

78901412 – 78103781

١٩. عمر النصف هو 2.4 سنة.

ثابت الانحلال:

$$\lambda = \frac{0.693}{2.4} \approx 0.29 \text{ year}^{-1}$$

٢٠. الزمن الذي سيستغرقه النشاط الإشعاعي للعيّنة لينخفض إلى $\frac{1}{8}$ قيمته الابتدائية هو ثلاثة أعمار نصف.

(على الترتيب $\frac{1}{2}$ ، $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{8}$)

لذلك يكون الزمن المستغرق:

$$3t_{\frac{1}{2}} = 3 \times \frac{0.693}{\lambda} = \frac{3 \times 0.693}{3.0 \times 10^{-4}} = 6.93 \times 10^{3}$$

$$\approx 6900 \text{ s}$$

٢١. أ. ثابت الانحلال:

$$\lambda = \frac{0.693}{7.4} = 0.094 \text{ s}^{-1}$$

ب. ١. عدد الأنوية غير المنحلّة بعد 14.8 s:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = 5.0 \times 10^3 \times e^{(-0.094 \times 14.8)}$$

$$= 1250$$

٢. عدد الأنوية غير المنحلّة بعد 20.0 s:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = 5.0 \times 10^3 \times e^{(-0.094 \times 20.0)}$$

$$= 768$$

78901412 – 78103781

٣ مضاد البروتون ($\bar{p}$) يماثل البروتون (p) ما عدا أن له شحنة سالبة. عندما يتصادم البروتون ومضاد البروتون فإنهما يتلاشيان ويتكوّن فوتونين، وتتحوّل كتلتا الجُسيمَين إلى طاقة.

أ. احسب الطاقة المنبعثة في التفاعل.

ب. احسب الطاقة المنبعثة إذا تلاشى (1 mole) من البروتونات و (1 mole) من مضاد البروتونات بهذه العملية.

(كتلة البروتون = كتلة مضاد البروتون = 1.67×10^{-27} kg).

٤ احسب الكتلة التي ستتلاشى لتحرير (1.0 J) من الطاقة.

٥ تتحوّل الكتلة إلى طاقة في مفاعل نووي بمعدل ($70\ \mu g\ s^{-1}$). احسب أقصى قدرة تنتج من المفاعل، بافتراض أن كفاءته (100%).

٣. أ. باستخدام المعادلة $\Delta E = \Delta m c^2$:

$\Delta m = 2 \times 1.67 \times 10^{-27}$

الطاقة المنبعثة في التفاعل:

$E = 2 \times 1.67 \times 10^{-27} \times (3.00 \times 10^8)^2$

$= 3.01 \times 10^{-10}$ J

ب. يحتوي المول الواحد على N_A جسيم (6.02×10^{23}).

الطاقة المنبعثة في تفاعل واحد مول:

$E = 3.01 \times 10^{-10} \times N_A$

$= 3.01 \times 10^{-10} \times 6.02 \times 10^{23} = 1.81 \times 10^{14}$ J

٤. باستخدام المعادلة $\Delta E = \Delta m c^2$:

$$\Delta m = \frac{1.0}{(3.00 \times 10^8)^2}$$

الكتلة التي ستتلاشى:

$\Delta m = 1.1 \times 10^{-17}$ kg

٥. باستخدام المعادلة $E = mc^2$، الطاقة المتحرّرة في كل ثانية:

$= 70 \times 10^{-9} \times (3.00 \times 10^8)^2 = 6.3 \times 10^9$ J

لكن الطاقة في كل ثانية = القدرة، لذلك أقصى قدرة تنتج من المفاعل = 6.3 GW

٦ تبيّن المعادلة الآتية الانحلال الإشعاعي للرادون-222.

$$^{222}_{86}Rn \longrightarrow {}^{218}_{84}Po + {}^{4}_{2}\alpha + \gamma$$

احسب الطاقة الكلية الناتجة من هذا الانحلال وحدّد أشكالها.

(كتلة $^{222}_{86}Rn$ = 221.970 u ، كتلة $^{218}_{84}Po$ = 217.963 u ، كتلة ${}^{4}_{2}\alpha$ = 4.002 u ،
1 u هي وحدة الكتلة الذرية = 1.660×10^{-27} kg).

(تلميح: جِد النقص في الكتلة بوحدة u، ثم حوّلها إلى kg).

78901412 – 78103781

٧ تتكوّن ذرة الكربون-12 من ستة بروتونات وستة نيوترونات وستة إلكترونات. تُعرّف وحدة الكتلة الذرية (u) بأنها $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون-12. احسب:

أ. النقص في الكتلة بالكيلوغرام.

ب. طاقة الربط النووي.

ج. طاقة الربط لكل نيوكليون.

(كتلة البروتون = 1.007276 u ، كتلة النيوترون = 1.008665 u ، كتلة الإلكترون = 0.000548 u)

٦. النقص في الكتلة:

$= 221.970 - 217.963 - 4.002 = 0.005\ u$

$= 0.005 \times 1.660 \times 10^{-27}\ kg$

$= 8.30 \times 10^{-30}\ kg$

الطاقة الكلية المتحرّرة:

$= 8.30 \times 10^{-30} \times (3.00 \times 10^{8})^2 = 7.47 \times 10^{-13}\ J$

الطاقة المتحرّرة تكون على شكل طاقة حركة لجسيمات ألفا، وأشعة كهرومغناطيسية (أشعة جاما).

٧. أ. النقص في الكتلة بوحدة u:

$= 6 \times (1.007276 + 1.008665 + 0.000548) - 12.000$

$= 0.098934\ u$

النقص في الكتلة بوحدة kg:

$= 0.098934 \times 1.660 \times 10^{-27} = 1.64 \times 10^{-28}\ kg$

ب. طاقة الربط = النقص في الكتلة $\times\ c^2$:

$= 1.64 \times 10^{-28} \times (3.00 \times 10^{8})^2 = 1.48 \times 10^{-11}\ J$

ج. عدد النيوكليونات = 12

طاقة الربط لكل نيوكليون:

$= \frac{1.48 \times 10^{-11}}{12} = 1.23 \times 10^{-12}\ J$

٨ تفاعل الاندماج النووي الذي إن تحقق فسوف يؤدي إلى الحصول على تفاعل اندماج نووي آمن، الأمر الذي يفتح الباب لإمكانات واعدة في إنتاج الطاقة الكهربائية، هو اندماج التريتيوم ${}_1^3H$ والديوتيريوم ${}_1^2H$. والمعادلة الآتية تبيّن هذا التفاعل:

$${}_1^3H + {}_1^2H \longrightarrow {}_2^4He + {}_1^1H$$

احسب:

أ. التغيّر في الكتلة خلال التفاعل.

ب. الطاقة المنبعثة خلال التفاعل.

ج. الطاقة المنبعثة في حالة تفاعل مول واحد من الديوتيريوم مع مول واحد من التريتيوم.

(كتلة ${}_1^3H$ = 3.015500 u ، كتلة ${}_1^2H$ = 2.013553 u ، كتلة ${}_2^4He$ = 4.001506 u ، كتلة ${}_1^1H$ = 1.007276 u)

٩ النشاط الإشعاعي الابتدائي لعيّنة مكوّنة من (1 mole) من غاز الرادون-220 (^{220}Rn) تساوي $(8.02 \times 10^{21}\ s^{-1})$. احسب:

أ. ثابت الانحلال لهذا النظير.

ب. عمر النصف للنظير.

78901412 – 78103781

٨. أ. التغير في الكتلة بوحدة u:

$= 3.015500 + 2.013553 - 4.001506 - 1.007276$

$= 0.020271$ u

التغير في الكتلة بوحدة kg:

$= 0.020271 \times 1.660 \times 10^{-27} = 3.365 \times 10^{-29}$ kg

ب. الطاقة المنبعثة:

$\Delta mc^2 = 3.365 \times 10^{-29} \times (3.00 \times 10^8)^2$

$= 3.028 \times 10^{-12}$ J

ج. الطاقة المنبعثة لكل مول = الطاقة المنبعثة لكل تفاعل × N_A

$= 3.028 \times 10^{-12} \times 6.02 \times 10^{23}$

$= 1.823 \times 10^{12}$ J

٩. أ. يحتوي المول الواحد على N_A ذرة.

باستخدام المعادلة $A = \lambda N$ نحصل على:

$$\lambda = \frac{A}{N} = \frac{8.02 \times 10^{21}}{6.02 \times 10^{23}} = 1.33 \times 10^{-2}\ s^{-1}$$

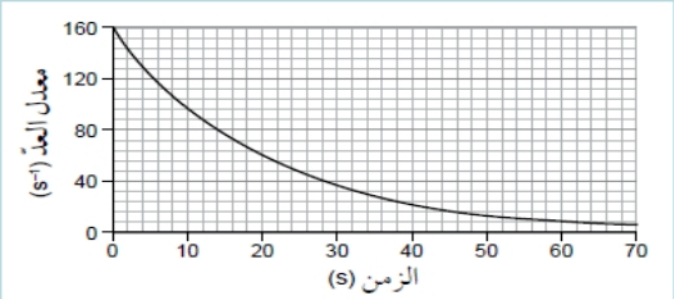
ب. $\lambda t_{\frac{1}{2}} = 0.693$ لذلك:

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$$

عمر النصف $t_{\frac{1}{2}}$ للنظير:

$$= \frac{0.693}{1.33 \times 10^{-2}} = 52.0\ s$$

١٠ يبيّن التمثيل البياني (معدل العدّ–الزمن) في الشكل ٩–١٢ لعيّنة تحتوي على الإنديوم–116 (^{116}In).



الشكل ٩–١٢

أ. استخدم التمثيل البياني لتحديد عمر النصف للنظير.

ب. احسب ثابت الانحلال.

١١ يمكن استخدام نسب النظائر المختلفة في الصخور لتأريخ عمر هذه الصخور. يبلغ عمر النصف لليورانيوم–238 (4.9×10^9 years). نسبة هذا النظير في عيّنة من الصخر هي 99.2% مقارنة بالنظائر المتكوّنة حديثًا.

أ. احسب ثابت الانحلال بوحدة y^{-1} لنظير اليورانيوم هذا.

ب. احسب عمر الصخر بالسنوات.

١٠. أ. من التمثيل البياني، عندما يقلّ معدل العد من 160 إلى 40 يكون قد مضى 2 عمر نصف

لذلك: $2 \times t_{\frac{1}{2}} = 28$ s

وبالتالي عمر النصف:

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{28}{2} = 14\ s$$

أو استخدام النقطة (14 ، 80)

ب. $\lambda t_{\frac{1}{2}} = 0.693$ ، وبالتالي ثابت الانحلال:

$$\lambda = \frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{14} = 4.95 \times 10^{-2}\ s^{-1}$$

١١. أ. ثابت الانحلال بوحدة y^{-1} لنظير اليورانيوم:

$$\lambda_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{4.9 \times 10^9} = 1.4 \times 10^{-10}\ y^{-1}$$

ب. باستخدام $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$

$$\ln 0.992 = -1.4 \times 10^{-10}\, t$$

عمر الصخر بالسنوات:

$$t = 5.7 \times 10^7\ y$$

78901412 – 78103781

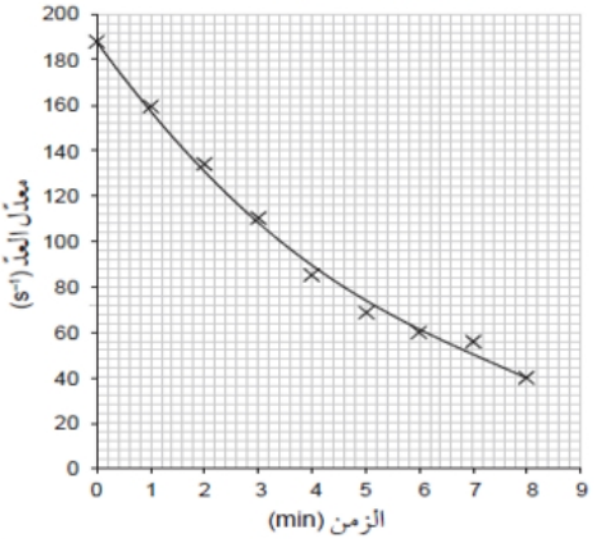
١٢ يبيّن الجدول ٩-٦ معدل العدّ المسجل عندما تتحلّ عيّنة من نظير الڤاناديوم-52 ($^{52}_{23}V$).

الزمن (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
معدل العدّ (s^{-1})	187	159	134	110	85	70	60	56	40

الجدول ٩-٦

أ. ١. ارسم تمثيلًا بيانيًا لـ (معدل العدّ-الزمن).
٢. صِف انتشار النقاط.
ب. حدّد عمر النصف من التمثيل البياني للنظير.
ج. صِف التغييرات على التمثيل البياني الذي تتوقعه لو كنت أعطيت عيّنة أكبر من النظير.

١٢- أ. ١. تمثيل بياني مرسوم باستخدام هذه الأرقام، خط تمثيل بياني واحد سلس، نقاط تمثل برمز معيّن (كرمز × في الشكل على سبيل المثال):



٢. انحلال عشوائي للعنصر ويصبح أكثر وضوحًا عند مستويات النشاط الإشعاعي المنخفض.

ب. من التمثيل البياني: $t_{\frac{1}{2}} \approx 3.8$ min

ج. جميع معدلات العدّ ستكون أكبر، ولكن الزمن اللازم لانخفاض معدل العد إلى النصف سيبقى كما هو.

١٣ نواة اليورانيوم-235 ($^{235}_{92}U$) تبلغ كتلتها (3.89×10^{-25} kg).

أ. ما عدد البروتونات والنيوترونات في هذه النواة؟
ب. اشرح سبب اختلاف الكتلة الكلية للنيوكليونات عن كتلة نواة اليورانيوم.
ج. اشرح بدون إجراء حسابات، كيف يمكنك تحديد طاقة الربط لكل نيوكليون لنواة اليورانيوم-235 من كتلتها وكتلتَي البروتون والنيوترون.

١٤ أ. اشرح المقصود بالاندماج النووي، واشرح سبب حدوثه عند درجات حرارة عالية جدًا فقط.
ب. التفاعلات الرئيسية التي تزوّد الشمس بالطاقة هي اندماج أنوية هيدروجين لتشكيل أنوية هيليوم، ومع ذلك تحدث تفاعلات أخرى، وإحدى هذه التفاعلات التفاعل المعروف باسم عملية ألفا الثلاثية وهو تصادم ثلاث أنوية هيليوم واندماجها لتشكّل نواة كربون-12.
١. اشرح سبب الحاجة إلى درجات حرارة أعلى لإتمام عملية ألفا الثلاثية من تلك المطلوبة لاندماج الهيدروجين.

78901412 – 78103781

١٣. أ. 92 بروتون و 143 نيوترون

ب. عندما تتحد النيوكليونات لتكوّن نواة اليورانيوم، فإنه يكون لها طاقة (طاقة ربط) أقل ممّا عندما كانت منفصلة.

طاقة أقل تعني كتلة أقل (الكتلة الكلية للنيوكليونات أكبر من كتلة نواة اليورانيوم).

ج. بجمع كتل البروتونات والنيوترونات المنفصلة ثم طرح كتلة نواة اليورانيوم من ناتج الجمع لإيجاد النقص في الكتلة.

ومن ثم تطبيق المعادلة $\Delta E = \Delta mc^2$

(ΔE) هي طاقة الربط النووي ثم يقسم الناتج على عدد النيوكليونات للحصول على طاقة الربط النووي لكل نيوكليون.

١٤. أ. الاندماج النووي هو ربط نواتَين خفيفتَين أو (أكثر) لتشكيل نواة أثقل.

ويجب التغلّب على قوة التنافر الكهروستاتيكية بين الأنوية، والحاجة إلى درجات حرارة عالية جدًا تعني أن الجسيمات يجب أن تتحرك بسرعة عالية جدًا أي أن يكون لها طاقة عالية جدًا.

ب. ١. لأن القوى الكهروستاتيكية أكبر حيث إن الشحنة على كل نواة هيليوم (He) تكون ضعف الشحنة على نواة الهيدروجين (H).

١٥ ينحلّ نظير البولونيوم ($^{218}_{81}Po$) بواسطة انبعاث جسيم ألفا، بعمر نصف يبلغ (183 s).

أ. في حادث وقع في مختبر مصنع لإعادة المعالجة النووية (تقنية لفصل البلوتونيوم واستعادته كيميائيًا من الوقود النووي المستهلك)، تحرّر جزء من هذا النظير على شكل غبار في الغلاف الجوي. اشرح سبب اعتبار انتشاره على شكل غبار أكثر خطورة على الصحة من انسكابه على شكل سائل.

ب. وُجِد أنه تحرّر (2.4 g) من هذا النظير في الجو، فإذا علمت أن الكتلة المولية لنظير البولونيوم (Po) هي ($218\ g\ mol^{-1}$) فاحسب النشاط الإشعاعي الابتدائي للبولونيوم المتحرّر.

ج. سيكون من الآمن الدخول إلى المختبر مرة أخرى عندما تعود خلفية النشاط الإشعاعي إلى (10 Bq) تقريبًا. احسب عدد الساعات التي يجب أن تمضي قبل أن يصبح الدخول مرة أخرى إلى المختبر آمنًا.

١٥. أ. قدرة جسيمات ألفا الآتية من خارج الجسم على الاختراق ضعيفة جدًا، لأنه يتم توقيفها بواسطة خلايا الجلد الميتة.

ولكن الغبار يمكن تنفّسه، الأمر الذي يجعل النظير ينحل ويطلق جسيم ألفا داخل الجسم، عندها تكون جسيمات ألفا خطِرة جدًا.

ب. عدد ذرات البولونيوم:

$$N = \frac{2.4}{218} \times 6.02 \times 10^{23} = 6.63 \times 10^{21}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{183} = 3.79 \times 10^{-3}\ s^{-1}$$

النشاط الإشعاعي الابتدائي للبولونيوم المتحرّر:

$$A_0 = \lambda N = 3.79 \times 10^{-3} \times 6.63 \times 10^{21}$$

$$= 2.51 \times 10^{19}\ Bq$$

ج.

$$\lambda t = \ln\left(\frac{A_0}{A}\right) = \ln\left(\frac{2.51 \times 10^{19}}{10}\right)$$

$$= \ln (2.51 \times 10^{18})$$

الزمن المطلوب:

$$t = \frac{\ln (2.51 \times 10^{18})}{3.79 \times 10^{-3}} = 11200\ s = 3.1\ hours$$

78901412 – 78103781

١٦ يتزود مفاعل نووي بالطاقة من خلال انشطار اليورانيوم. القدرة الناتجة من المفاعل (200 MW). توضّح المعادلة الآتية تفاعل انشطاري نموذجي:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{236}_{92}U \longrightarrow ^{87}_{35}Br + ^{146}_{57}La + 3^{1}_{0}n$$

أ. ما شكل الطاقة الذي تتحوّل إليه غالبية الطاقة المتحررة من التفاعل؟

ب. ١. احسب الطاقة المنبعثة في التفاعل، مُهملًا طاقة الحركة للنيوترون الممتص (الداخل في نواة اليورانيوم).

٢. افترض أن الطاقة المنبعثة في هذا الانشطار نموذجية لجميع انشطارات اليورانيوم-236. احسب عدد الانشطارات التي تحدث في كل ثانية.

٣. احسب كتلة اليورانيوم-235 المطلوبة لتشغيل المفاعل لمدة سنة واحدة.

(كتلة $^{235}_{92}U = 3.90 \times 10^{-25}$ kg ، كتلة $^{87}_{35}Br = 1.44 \times 10^{-25}$ kg ، كتلة $^{146}_{57}La = 2.42 \times 10^{-25}$ kg ،
كتلة النيوترون $= 1.67 \times 10^{-27}$ kg ، $1\ year = 3.15 \times 10^{7}$ s ، الكتلة المولية لليورانيوم-235 $= 235\ g\ mol^{-1}$)

١٦. أ. طاقة حركة للأجزاء المنشطرة.

ب. ١. النقص في الكتلة:

$$\Delta m = 3.90 \times 10^{-25} - (1.44 \times 10^{-25} + 2.42 \times 10^{-25} + 1.67 \times 10^{-27} \times 2)$$

$$= 6.60 \times 10^{-28}\ kg$$

الطاقة المنبعثة:

$$\Delta E = 6.60 \times 10^{-28} \times (3.00 \times 10^{8})^2$$

$$= 5.94 \times 10^{-11}\ J$$

٢. عدد الانشطارات في كل ثانية:

$$= \frac{200 \times 10^{6}}{5.94 \times 10^{-11}} = 3.37 \times 10^{18}$$

٣. عدد الانشطارات في كل سنة:

$$= 3.37 \times 10^{18} \times 3.15 \times 10^{7} = 1.06 \times 10^{26}$$

عدد مولات اليورانيوم-235 المطلوبة في كل سنة:

$$= \frac{1.06 \times 10^{26}}{6.02 \times 10^{23}} = 176$$

كتلة اليورانيوم-235 المطلوبة في سنة:

$$= 176 \times 235 = 4.14 \times 10^{4}\ g = 41.4\ kg$$

الوحدة الثامنة (فيزياء الكم)

أسئلة نهاية الوحدة (النشاط)

١. يوجد عدد قليل من ذرات نظير التريتيوم $^{3}_{1}H$ في الغلاف الجوي. هذه الذرات غير مستقرة وانحلالها الإشعاعي عشوائي وتلقائي.

أ. ١. اشرح المقصود بالانحلال التلقائي.

٢. اشرح المقصود بالانحلال العشوائي.

٣. ما الملاحظة التجريبية التي تشير إلى أن الانحلال الإشعاعي عشوائي؟

٢. نظير الصوديوم-22 ($^{22}_{11}Na$) يخضع لانحلال (β^+) لتشكيل نواة نيون-22 ($^{22}_{12}Ne$)، وهي نواة مستقرة.

عمر النصف للصوديوم-22 يساوي 2.60 سنة.

أ. اكتب المعادلة النووية للانحلال.

ب. ١. عرف ثابت الانحلال الإشعاعي.

٢. احسب ثابت الانحلال للصوديوم-22.

٣. اشرح السبب في أن النواة ذات ثابت الانحلال الصغير يكون لها عمر نصف طويل.

١. أ. ١. عمر النصف أو النشاط الإشعاعي يبقيان نفسَيهما مهما كانت العوامل الخارجية مثل درجة الحرارة أو الضغط أو وجود أنوية أخرى.

٢. الانحلال لنواة ما والذي لا يمكن التنبؤ به.

٣. يُظهر النشاط الإشعاعي في أثناء الانحلال تباينات أو تذبذبات.

٢. أ. معادلة الانحلال:

$$^{22}_{11}Na \rightarrow {}^{22}_{10}Ne + {}^{0}_{+1}e$$

ب. ١. احتمال انحلال نواة ما في الوحدة الزمنية.

٢. ثابت الانحلال للصوديوم-22:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{\ln 2}{2.60} = 0.267\ y^{-1}$$

٣. لأن احتمال انحلال الأنوية في الثانية يكون صغيرًا مع وجود ثابت انحلال صغير، كما أن عدد الأنوية التي تنحلّ في وحدة الزمن يكون صغيرًا أيضًا. لذلك يستغرق الانحلال زمنًا طويلًا حتى ينخفض عدد الأنوية المنحلّة إلى نصف عدد الأنوية الابتدائية.

نافس نفسك

78901412 – 78103781

ج. لعيّنة نقية من الصوديوم-22 نشاط إشعاعي ابتدائي يبلغ (1.7×10^3 Bq).

١. احسب العدد الابتدائي لأنوية الصوديوم-22 في العيّنة.

٢. احسب عدد أنوية الصوديوم-22 المتبقية في العيّنة بعد 5.0 سنوات.

٣. بعد 5.0 سنوات، تحتوي العيّنة على أنوية الصوديوم-22 وأنوية النيون-22 فقط؛ استخدم إجابتك عن الجزئيتين (١) و (٢) لحساب النسبة:

$$\frac{\text{عدد أنوية الصوديوم-22 بعد 5.0 سنوات}}{\text{عدد أنوية النيون-22 بعد 5.0 سنوات}}$$

قيمتك في تفوقك

ج. ١. $\lambda = 0.267\ y^{-1} = 8.45 \times 10^{-9}\ s^{-1}$

عدد الأنوية الابتدائية:

$$N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{1.7 \times 10^3}{8.45 \times 10^{-9}} = 2.0 \times 10^{11}$$

٢. عدد الأنوية المتبقية:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = 2.0 \times 10^{11} \times e^{(-0.267 \times 5.0)}$$

$$= 5.3 \times 10^{10}$$

٣. عدد أنوية النيون المتكوّنة:

$$2.0 \times 10^{11} - 5.3 \times 10^{10}$$

النسبة:

$$= \frac{5.3 \times 10^{10}}{2.0 \times 10^{11} - 5.3 \times 10^{10}} = 0.36$$

٣. أ. اشرح المقصود بعبارة النشاط الإشعاعي عشوائي.

ب. كان اليورانيوم-235 موجوداً منذ خلق الأرض. من عيّنة أصلية من اليورانيوم-235، يوجد اليوم 1.1% فقط من الكمية الأصلية في الصخور. عمر النصف لليورانيوم-235 ($^{235}_{92}U$) هو 7.0×10^8 سنوات. احسب عمر الأرض من خلال هذه البيانات.

قيمتك في دينك

٣. أ. لا يمكننا التنبؤ بوقت انحلال أي نواة؛ لأن النشاط الإشعاعي يُظهر تغيرات أو تذبذبات.

ب. ثابت الانحلال:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{\ln 2}{7.0 \times 10^8} = 9.9 \times 10^{-10}\ y^{-1}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$= \frac{N}{N_0} = 0.011$$

$$e^{-\lambda t} = 0.011$$

$$-\lambda t = \ln 0.011$$

عمر الأرض:

$$t = \frac{\ln 0.011}{-9.9 \times 10^{-10}} = 4.6 \times 10^9 \text{ years}$$

78901412 – 78103781

٤. في عام 2011م وقع حادث في محطة للطاقة النووية في اليابان أدى إلى إطلاق اليود-131 المشع في البيئة المحيطة. عمر النصف لليود-131 هو (8.0) أيام.

أ. عرّف النشاط الإشعاعي للمواد المشعّة.

ب. تم قياس العد لعيّنة من الأعشاب البحرية بالقرب من محطة الطاقة في مختبر بعيد عن محطة الطاقة على مدى 20 دقيقة. كانت قراءات العد التي تم الحصول عليها، والتي تم تصحيحها آخذين بالاعتبار إشعاع الخلفية هي (3940) ، (4020) ، (3860).

١. اشرح سبب اختلاف القراءات بعضها عن بعض.

٢. قدّر العد الذي تم الحصول عليه خلال 20 دقيقة عند تحليل العيّنة نفسها من الأعشاب البحرية بعد 10 أيام.

٤. أ. عدد الأنوية المنحلّة لكل وحدة زمنية أو معدّل انحلال الأنوية.

ب. ١. لأن الانحلال الإشعاعي عشوائي.

٢. ثابت الانحلال:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{\ln 2}{8.0} = 0.087\ \text{day}^{-1}$$

متوسط عدّ $N_0 = 3940$

$$C = C_0 e^{-\lambda t} = 3940 \times e^{(-0.087 \times 10)}$$

$$= 1650$$

ج. يتكوّن اليود-131 في مفاعل نووي أثناء الانشطار النووي لليورانيوم-235.

١. اشرح المقصود بالانشطار النووي لليورانيوم-235.

٢. اشرح باستخدام طاقة الربط لكل نيوكليون، سبب تحرّر الطاقة أثناء الانشطار النووي.

ج. ١. انقسام النواة إلى أجزاء أصغر بعد قذفها بواسطة نيوترون.

٢. تزداد طاقة الربط لكل نيوكليون بعد حصول الانشطار النووي لنواة اليورانيوم-235 فتصبح طاقة الربط النووي للنواتج أكبر من طاقة الربط النووي لنواة اليورانيوم الابتدائية الأمر الذي يترجم كنقصان في الكتلة نتيجة الانشطار النووي؛ وهذا النقصان في الكتلة يتحول إلى طاقة بناء على معادلة (الكتلة - الطاقة) لأينشتاين.

6-1 وصف الموجات

أ. صفية الحضرمية

الموجة المسافرة: موجة تحمل **طاقة** من مكان إلى آخر وتتحرك خلال المادة أو الفراغ.

خصائص الموجات

الإزاحة (x)

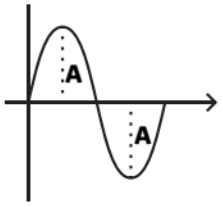
المسافة التي تبعدها نقطة ما عن موضع الاتزان

المتر (m)

السعة (A)

أقصى إزاحة للموجة من موضع الإتزان

المتر (m)



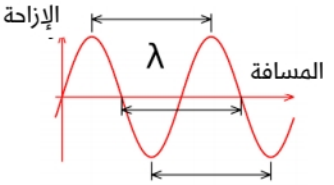
الطول الموجي (λ)

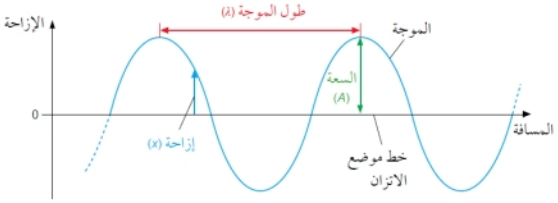
المسافة بين نقطتين متجاورتين في موجة مهتزة لكل منهما الإزاحة والاتجاه نفسه (نفس الطور)

- المسافة بين قمتين متجاورتين
- المسافة بين قاعين متجاورين

المتر (m)

(من منحنى الإزاحة- المسافة)





الطول الموجي= المسافة الكلية / عدد الاهتزازات

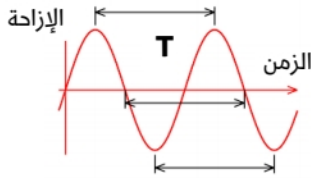
$$\lambda = \frac{d}{n}$$

الزمن الدوري (T)

الزمن المستغرق لنقطة ما في موجة لإكمال اهتزازة كاملة (الزمن الذي تستغرقة نقطة في الموجة للانتقال من موضع معين والعودة إلى الموضع نفسه حيث تتحرك في الاتجاه نفسه)

الثانية (s)

(من منحنى الإزاحة- الزمن)



الزمن الدوري= الزمن المستغرق / عدد الاهتزازات

$$T = \frac{t}{n}$$

$$T = \frac{1}{f}$$

التردد (f)

عدد الاهتزازات لنقطة ما في موجة لكل ثانية

الهيرتز (Hz)= s^{-1}

التردد= عدد الاهتزازات / الزمن المستغرق

$$f = \frac{n}{t}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

أنواع الموجات

من حيث الوسط

الموجات الكهرومغناطيسية

(**لا تحتاج** إلى وسط لتنتقل عبره)

مثل: الضوء المرئي، الموجات الميكروية، موجات الراديو

الموجات الميكانيكية

(**تحتاج** إلى وسط لتنتقل عبره)

مثل: الصوت، الأوتار المشدودة، الموجات الزلزالية، الموجات المائية

من حيث اتجاه الحركة

الموجات الطولية

(الموجة التي تهتز فيها جسيمات الوسط باتجاه **موازي** للاتجاه الذي تنتقل فيه الموجة)

مثل: الصوت، الموجات فوق الصوتية، تحريك الزنبرك للأمام والخلف

الطول الموجي في الموجة الطولية

= المسافة بين منتصفي تضاغطين متجاورين

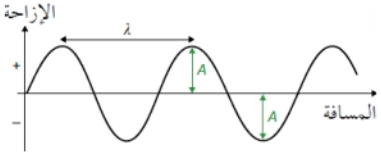
= المسافة بين منتصفي تخلخلين متجاورين

= 2× المسافة بين منتصف تضاغط ومنتصف تخلخل مجاور

الموجات المستعرضة

(الموجة التي تهتز فيها جسيمات الوسط **عمودياً** على الاتجاه الذي تنتقل فيه الموجة)

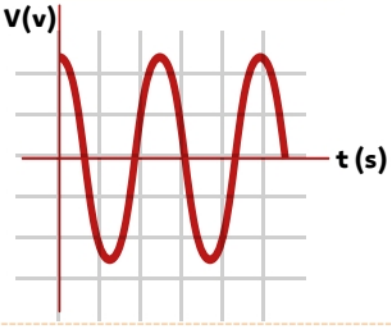
مثل: الضوء وجميع الموجات الكهرومغناطيسية، الحبل، تحريك الزنبرك من جانب لآخر.



جهاز رسم إشارة الأشعة المهبطية CRO (الأوسيلوسكوب)

أ. صفية الحضرمية

جهاز يعمل على رسم الإشارة كموجة على شاشة، حيث يمثل المحور الصادي: فرق الجهد الكهربائي (V) والمحور السيني: الزمن (t)



قياس التردد

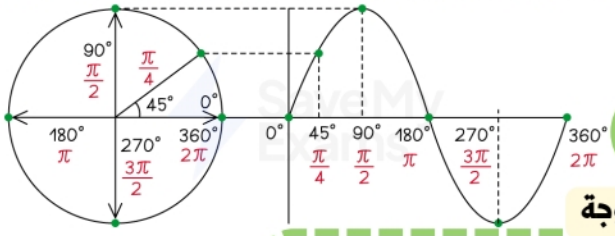
(من المحور السيني للزمن)

1. حساب **عدد الأقسام التي تمثل الموجة الواحدة**
= عدد الأقسام الكلي / عدد الموجات
2. حساب **الزمن الدوري**= عدد أقسام الموجة الواحدة× معايرة مقياس الزمن
3. ايجاد **التردد** = 1/ الزمن الدوري

قياس السعة

(من المحور الصادي لفرق الجهد)

1. حساب **عدد الأقسام التي تمثل السعة**
(من موضع الاتزان إلى أقصى إزاحة)
2. ايجاد **السعة** = عدد الأقسام× معايرة مقياس فرق الجهد الكهربائي

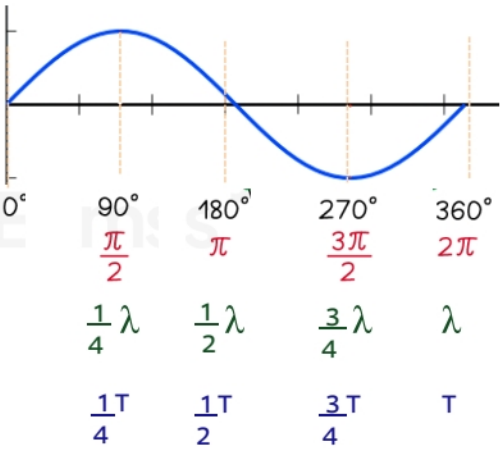


الطور

الحالة الاهتزازية لنقطة ما على الموجة

الاهتزازة أو الدورة الكاملة تمثل:

طول موجي واحد (λ)= زمن دوري (T)= 2π =360°

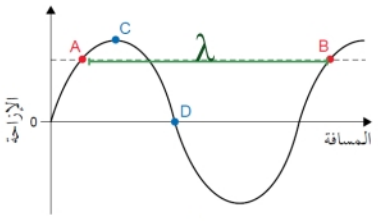


إذا كان جسيمين لهما نفس الإزاحة ونفس الاتجاه

فإن الجسيمان يتحركان بنفس الكيفية

لهما نفس الطور

تفصل بينهما مسافة طول موجي واحد أو مضاعفاته



إذا كان جسيمين يختلفان في الإزاحة أو الاتجاه أو كليهما

فإن أحد الجسيمان يتقدم أو يتأخر عن الآخر

لهما فرق في الطور

المفهوم

قياس لمقدار التأخر أو التقدم بين جسيمين في موجة ما (يقاس بالدرجات أو الراديان)

المعادلة

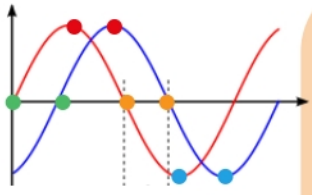
فرق الطور بالدرجات:

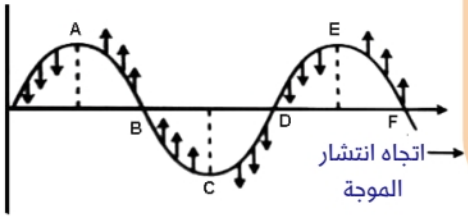
$$\phi = \frac{x}{\lambda} \times 360°$$

فرق الطور بالراديان:

$$\phi = \frac{x}{\lambda} \times 2\pi$$

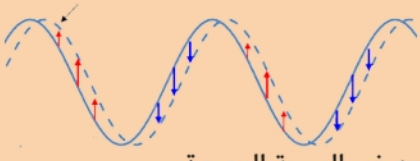
ϕ: فرق الطور
x: المسافة بين الجسيمين
λ :الطول الموجي





- **عند حساب فرق الطور بين نقطتين في موجتين مختلفتين لهما نفس التردد والطول الموجي:**
يجب أن تكون النقطتين متتاليتين ولهما نفس الإزاحة وفي نفس اتجاه انتشار الموجة

الموضع الجديد لموجة تتحرك لليمين

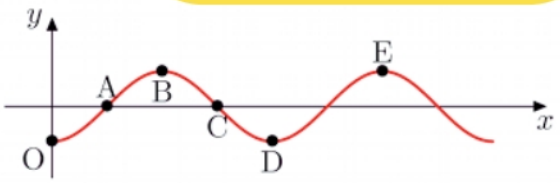


- **لتحديد اتجاه حركة الجسيمات خلال الموجة:**
1. حدد اتجاه حركة الموجة
2. اعد رسم الموجة في الموضع الجديد
3. ارسم سهم من موقع الجسيم الحالي إلى موقعه في الموجة الجديدة

حالات فرق الطور بين

أ. صفية الحضرمية

نقطتين في نفس الموجة



متفقتان في الطور

$\phi = 0$ | $\phi = 360^\circ = 2\pi$

النقطتان (O ،D) و (B ،E)

يفصل بينهما طول موجي كامل

متعاكستان في الطور

$\phi = 180^\circ = \pi$

النقطتان (O ،B) و (A ،C)و (B ،D)و (E ،D)

يفصل بينهما نصف طول موجي

مختلفتان في الطور

$\phi = 90^\circ = \frac{\pi}{2}$

النقطتان (O ،A) و (B ،A)

و (C ،B) و (D ،C)

يفصل بينهما ربع طول موجي

$\phi = 270^\circ = \frac{3\pi}{2}$

النقطتان (O ،C) و (D ،A)

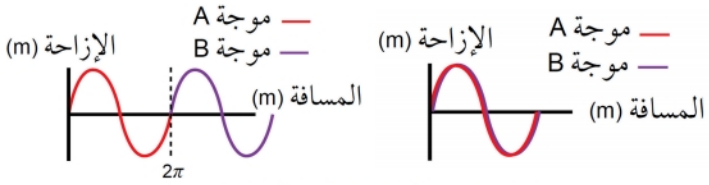
و (E ،C)

يفصل بينهما ثلاثة أرباع الطول الموجي

نقطتين في موجتين لهما نفس التردد والطول الموجي

متفقتان في الطور

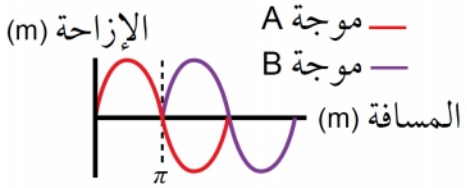
$\phi = 0$ | $\phi = 360^\circ = 2\pi$



الموجتان تتحركان بنفس الكيفية

متعاكستان في الطور

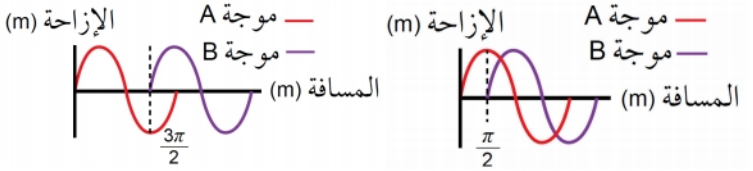
$\phi = 180^\circ = \pi$



الموجة A تتقدم الموجة B بـ180°

مختلفتان في الطور

$\phi = 90^\circ = \frac{\pi}{2}$ | $\phi = 270^\circ = \frac{3\pi}{2}$



الموجة A تتقدم الموجة B بـ90° | الموجة A تتقدم الموجة B بـ270°

	متفقتان في الطور	متعاكستان في الطور	مختلفتان في الطور
فرق الطور (ϕ) بالدرجات	0, 360, 720, 1080...	180, 540, 900..	90, 270, 450,630...
فرق الطور (ϕ) بالراديان	0, 2π,4π, 6π..	π, 3π, 5π..	$\frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \frac{7\pi}{2}$
المسافة (x)	$0, \lambda, 2\lambda, 3\lambda, 4\lambda...$	$\frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}, \frac{5\lambda}{2}, \frac{7\lambda}{2}$	$\frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4}, \frac{7\lambda}{4}$
الفترة الزمنية (t)	0, T, 2T, 3T, 4T....	$\frac{T}{2}, \frac{3T}{2}, \frac{5T}{2}, \frac{7T}{2}$	$\frac{T}{4}, \frac{3T}{4}, \frac{5T}{4}, \frac{7T}{4}$

6- 2طاقة الموجة

شدة الموجة (I)

أ. صفية الحضرمية

المفهوم

معدل الطاقة (القدرة) المنقولة عبر وحدة المساحة العمودية على اتجاه انتشار الموجة.

المعادلة

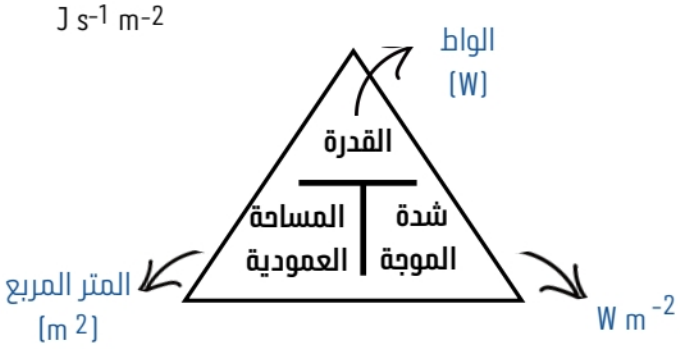
شدة الموجة= القدرة / المساحة

وحدة القياس

الواط لكل متر مربع

$W\ m^{-2}$

$J\ s^{-1}\ m^{-2}$



القدرة= الطاقة المنقولة / الزمن

- **تقل شدة الموجة أثناء انتقالها** بسبب:
  1. انتشار الموجة من المصدر
  2. امتصاص أو تشتت الموجة

العلاقات

علاقة عكسية تربيعية (قانون التربيع العكسي)

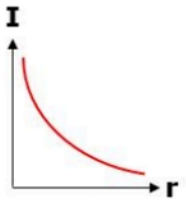
بين شدة الموجة (I) والبعد عن المصدر النقطي (r)

تتناسب شدة الموجة عكسياً مع مربع البعد عن المصدر:
كلما ازدادت المسافة للضعف تقل شدة الموجة للربع

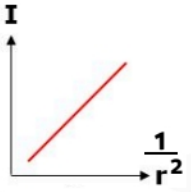
المساحة العمودية للمصدر النقطي= مساحة الكرة= $4\pi r^2$

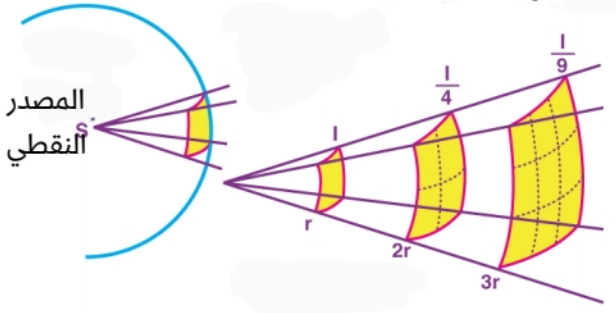
شدة الموجة (I)= القدرة / $4\pi r^2$

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



$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^{\,2}}{r_1^{\,2}}$$





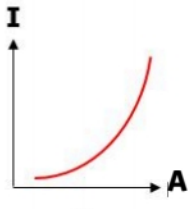
علاقة طردية تربيعية

بين شدة الموجة(I) وسعة الموجة (A)

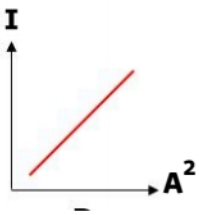
تتناسب شدة الموجة طردياً مع مربع السعة:
كلما زادت سعة الموجة للضعف تزداد الشدة لأربعة أضعاف
(أي تنقل أربعة أمثال معدل الطاقة لكل وحدة مساحة عمودية على اتجاه انتشار الموجة).

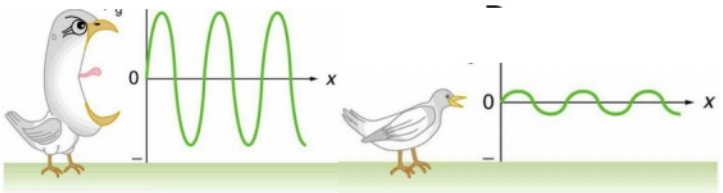
الشدة / مربع السعة = مقدار ثابت

$$I \propto A^2$$



$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{A_1^{\,2}}{A_2^{\,2}}$$





6- 3 سرعة الموجة

سرعة الموجة

السرعة التي تنتقل بها الطاقة بواسطة الموجة

أ. صفية الحضرمية

القانون

السرعة= المسافة / الزمن

$v = \frac{d}{t}$

إذا قطعت موجة مسافة طول موجي واحد خلال زمن دوري واحد فإن سرعتها:

سرعة الموجة= الطول الموجي / الزمن الدوري

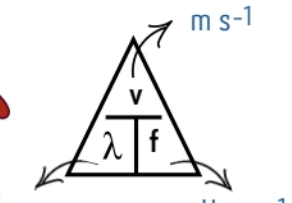
$v = \frac{\lambda}{T}$

بالتعويض عن قيمة الزمن الدوري: $f = \frac{1}{T}$

سرعة الموجة= الطول الموجي× التردد	$v = \lambda f$

وحدة القياس

$m\ Hz = m\ s^{-1}$



قد تتغير سرعة الموجة عند انتقالها، كالتالي:

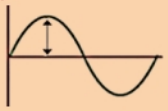
- في نفس الوسط: تبقى **سرعة الموجة ثابتة** عند نفس الظروف
(وتكون **العلاقة عكسية** بين التردد وطول الموجة)

- إذا تغير الوسط: **تتغير سرعة الموجة** وطولها الموجي، بينما يبقى التردد ثابت لنفس المصدر
(وتكون **العلاقة طردية** بين سرعة الموجة وطولها الموجي)

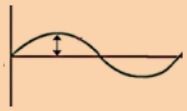
6- 4 تأثير دوبلر للموجات الصوتية

- **سعة** الموجة الصوتية تعبر عن **شدة** الصوت:

سعة كبيرة: (صوت عالي قوي)

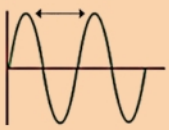


سعة صغيرة: (صوت منخفض ضعيف)

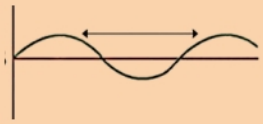


- **تردد** الموجة الصوتية يعبر عن **حدة** الصوت:

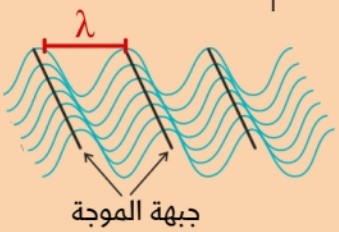
تردد عالي: (صوت حاد)



تردد منخفض: (صوت غليظ)



- ترسم الموجات الصادرة من مصدر معين على شكل خطوط، تسمى جبهات الموجة
- **جبهات الموجة:** هي خطوط تبين نقاط في الموجة لها الطور نفسه.
- المسافة بين جبهتي موجة متجاورتين= **الطول الموجي** λ



الجبهات متباعدة: الطول الموجي كبير، التردد منخفض

الجبهات متضاغطة: الطول الموجي صغير، التردد عالي

تأثير دوبلر

أ. صفية الحضرمية

التغير في التردد أو طول الموجة الملاحظ لموجة عندما يتحرك مصدر الموجة باتجاه المراقب أو بعيداً عنه (أو يتحرك المراقب بالنسبة إلى المصدر)

المصدر والمراقب ثابتان

التغير في التردد لا يتغير التردد

(التردد الملاحظ= تردد المصدر)

$\frac{fo}{fs}=1$ **fo= fs**

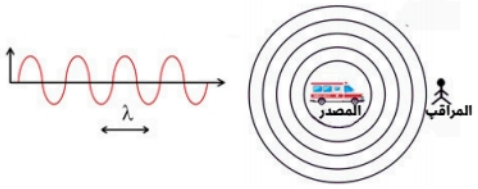
التفسير

المسافة بين المصدر والمراقب ثابتة فبالتالي لا يتغير الطول الموجي

(الطول الموجي ثابت)

يصل للمراقب نفس العدد من الأطوال الموجية في الثانية

(يبقى التردد ثابت)

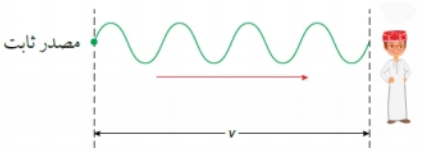


المعادلة

$\lambda_o = \frac{v}{fs}$

بالتعويض في المعادلة: $fo = \frac{v}{\lambda_o}$

fo= fs



المصدر يقترب من مراقب ثابت

التغير في التردد يزداد التردد

(التردد الملاحظ أكبر من تردد المصدر)

يسمع صوت أعلى حدة/ حاد

$\frac{fo}{fs}>1$ **fo> fs**

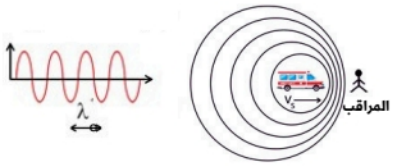
التفسير

تقل المسافة بين المصدر والمراقب فتتضاغط الأطوال الموجية

(يقل الطول الموجي)

وبما أن سرعة الصوت ثابتة لنفس الوسط يصل للمراقب عدد أكبر من الأطوال الموجية في الثانية

(يزداد التردد)



المعادلة

$\lambda_o = \frac{v - vs}{fs}$

$fo = \frac{fs\ v}{(v-vs)}$

الحد الأعلى للتردد

المصدر يبتعد عن مراقب ثابت

التغير في التردد يقل التردد

(التردد الملاحظ أصغر من تردد المصدر)

يسمع صوت أقل حدة / غليظ

$\frac{fo}{fs}<1$ **fo< fs**

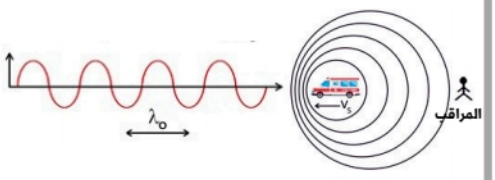
التفسير

تزداد المسافة بين المصدر والمراقب فتتباعد الأطوال الموجية

(يزداد الطول الموجي)

وبما أن سرعة الصوت ثابتة لنفس الوسط يصل للمراقب عدد أقل من الأطوال الموجية في الثانية

(يقل التردد)

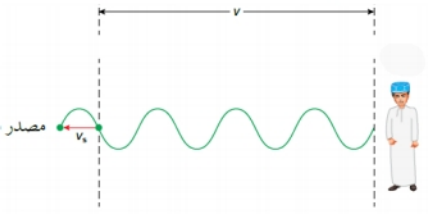


المعادلة

$\lambda_o = \frac{v + vs}{fs}$

$fo = \frac{fs\ v}{(v+vs)}$

الحد الأدنى للتردد



v: سرعة الصوت

vs: سرعة المصدر

fs: تردد المصدر

fo: التردد الملاحظ (الذي يسمعه المراقب)

λ_o: الطول الموجي الملاحظ

يظهر تأثير دوبلر للموجات الصوتية عند **تحرك** المصدر أو المراقب أو كليهما.

- التردد الملاحظ(fo) والطول الموجي الملاحظ (λ_o) **يتأثران بسرعة المصدر(vs)** ولا يتأثران بسرعة الموجة الصوتية (v)، لأن سرعة الصوت ثابتة في نفس الوسط.
- تردد المصدر (fs) وسرعة الصوت (v) **لا يتأثران بحركة المصدر (vs).**
- **معادلة تأثير دوبلر العامة:** $fo = \frac{fs\ v}{v \mp vs}$

تستخدم **إشارة الطرح :** عند اقتراب المصدر من المراقب

تستخدم **إشارة الجمع** : عند ابتعاد المصدر عن المراقب

7- 1 مبدأ تراكب الموجات

تراكب الموجات

أ. صفية الحضرمية

المبدأ

عندما تلتقي موجتان أو أكثر عند نقطة ما، فإن الإزاحة المحصلة هي **المجموع الجبري** لإزاحات الموجات الفردية

مراعاة الإشارة الموجبة والسالبة

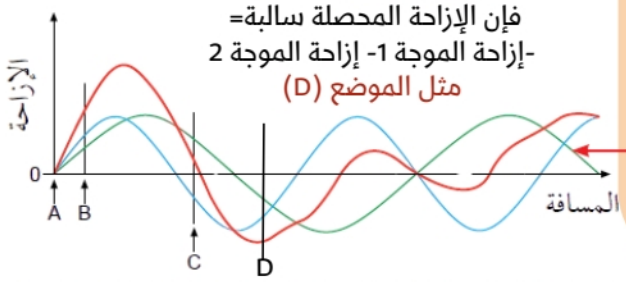
الحالات

إزاحة الموجتين الفرديتين صفر،
فإن الإزاحة المحصلة= صفر
مثل الموضع (A)

الموجتين لهما إزاحة موجبة،
فإن الإزاحة المحصلة موجبة=
إزاحة الموجة 1+ إزاحة الموجة 2
مثل الموضع (B)

إحدى الموجتين لهما إزاحة موجبة والأخرى سالبة،
فإن الإزاحة المحصلة =
إزاحة الموجة 1- إزاحة الموجة 2
مثل الموضع (C)

الموجتين لهما إزاحة سالبة،
فإن الإزاحة المحصلة سالبة=
-إزاحة الموجة 1- إزاحة الموجة 2
مثل الموضع (D)



الخطوات

1. رسم الموجات الفردية على نفس المحاور (إزاحة-مسافة)
2. رسم خط رأسي يمر بالموجات عند نفس النقطة
3. تجمع إزاحات الموجات الفردية عند تلك النقطة (مع مراعاة الإشارة)
4. نحدد موضع محصلة الإزاحات عند تلك النقطة
5. نكرر الخطوات عند مواضع مختلفة
6. رسم الموجة المحصلة من خلال توصيل جميع النقاط الناتجة.

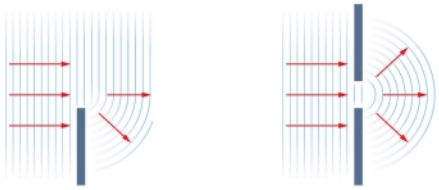
- ينطبق مبدأ تراكب الموجات: للموجات من نفس النوع وفي نفس المكان والزمن نفسه.
- الموجة المحصلة: تكون معقدة وقد تحتوي على نتوءات وانحدارات.

7- 2 حيود الموجات

الحيود

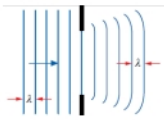
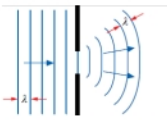
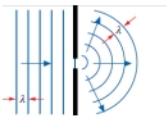
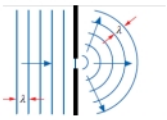
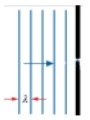
المفهوم

انحناء الموجة عندما تمر عبر فجوة ما أو تتجاوز حافة حاجز وانتشارها



الأنواع

يعتمد مدى حيود الموجات على العلاقة بين **طول الموجة** و**عرض الفجوة**

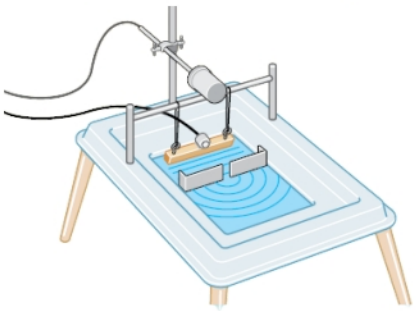
عرض الفجوة **أكبر بكثير** من λ	عرض الفجوة **أكبر** من λ	عرض الفجوة **يساوي تقريباً** λ	عرض الفجوة **أصغر** من λ	عرض الفجوة **أصغر بكثير** من λ
يصعب ملاحظة الحيود (تمر الموجة بشكل مستقيم)	يلاحظ حيود محدود	تأثير الحيود أكبر ما يمكن (تمر الموجة وتنتشر في جميع الاتجاهات)	تأثير الحيود أكبر ما يمكن	لا يحدث حيود (لا تمر الموجة، تنعكس أو يتم امتصاصها)
				

في الحيود: يتغير اتجاه انتشار الموجة، لكن **لا تتغير خصائص الموجة** (نفس التردد والسرعة والطول الموجي)
لذا يجب أن تكون **المسافة بين الجبهات متساوية** قبل وبعد مرور الموجة عبر الفجوة

الحيود

أ. صفية الحضرمية

الاستقصاء

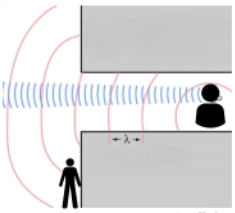


حوض الموجات المائية:

- تتولد موجات مستوية باستخدام ساق مهتز
- تتحرك الموجات باتجاه فجوة في حاجز
- تنعكس الموجات عند اصطدامها بالحاجز وتعبر الموجات الأخرى الفجوة ليحدث الحيود
- يتم التحكم بمدى الحيود من خلال تغيير عرض الفجوة

التطبيقات

حيود الصوت والضوء



إذا كنت تقف بجانب غرفة زميلك، فإنك **يمكنك سماع صوته، لكن لن تستطيع رؤيته ترى إضاءة الغرفة من أسفل الباب فقط:**

- موجات الصوت: لها طول موجي كبير ويساوي تقريباً عرض فجوة الباب؛ لذا يحدث حيود لموجات الصوت وتنتشر لتصل إليك.

- موجات الضوء: لها طول موجي أصغر بكثير من عرض الفجوة (الفجوة أكبر بكثير من λ)؛ لذا يمر الضوء في خطوط مستقيمة عبر فجوة الباب ويحدث لها حيود يصعب ملاحظته. (يمكن ملاحظة حيود الضوء عند عبورة عبر شق ضيق أو ثقب)

حيود موجات الراديو والموجات الميكروية

تستقبل إشارات الراديو من أجهزة الارسال الأرضية في المناطق الجبلية، بينما تستقبل الموجات الميكروية عبر إرسالها إلى الأقمار الاصطناعية:

- موجات الراديو: لها طول موجي كبير ويساوي تقريباً عرض الفجوة بين الجبال؛ لذا يحدث حيود لموجات الراديو وتنتشر لتصل إلى أجهزة الاستقبال.

- الموجات الميكروية: لها طول موجي أصغر بكثير من عرض الفجوة (الفجوة أكبر بكثير من λ)؛ لذا تمر الموجات الميكروية في خطوط مستقيمة بين الجبال دون أن يحدث لها حيود.

(تستخدم الاقمار الاصطناعية لارسال واستقبال الموجات الميكروية في خطوط مستقيمة)

حيود موجات الراديو

تحتاج السيارات إلى هوائي راديو خارجي:

- موجات الراديو: لها طول موجي أكبر بكثير من أبعاد النوافذ (الفجوة أصغر بكثير من λ)؛ لذا لا يحدث حيود لموجات الراديو ولا تمر إلى داخل السيارة عبر النوافذ.

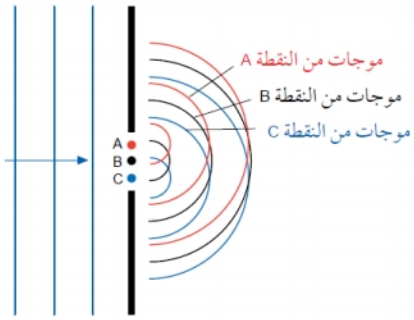
(إشارات FM طولها الموجي أصغر من الطول الموجي لاشارات AM، لذا يمكن التقاطها بشكل ضعيف داخل القطار)

السبب

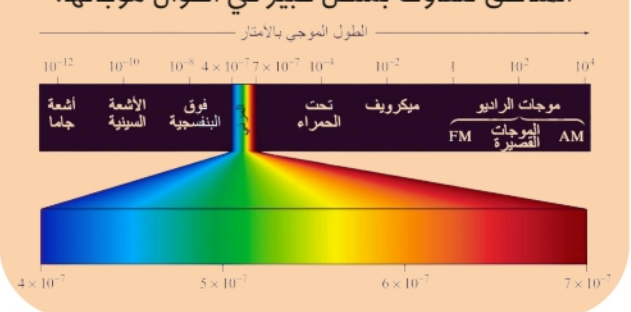
كل نقطة من الموجة التي تعبر الفجوة تمثل مصدر نقطي، فينتج موجات ثانوية(كروية) تتحرك في الحيز خلف الحاجز.

ووفق **مبدأ تراكب الموجات**، يحدث تراكب بين الموجات الثانوية التي تنتجها النقاط على الفجوة:

- تجمع الموجات في بعض النقاط وتكون موجة جديدة
- تلغي الموجات بعضها البعض في نقاط أخرى



يتألف الطيف الكهرومغناطيسي من مجموعة من المناطق تتفاوت بشكل كبير في أطوال موجاتها:



7- 3 التداخل

تداخل الموجات

أ. صفية الحضرمية

المفهوم

تراكب موجتين أو أكثر من مصادر مترابطة.

المصادر المترابطة:
المصادر التي لها التردد نفسه تماماً، ولها فرق طور صفري أو ثابت.

المترابط: وصف لموجتين صادرتين من مصدرين مترابطين

الأنواع

تداخل بنّاء (التداخل الأقصى)

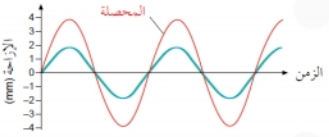
المفهوم

عندما تتعزز موجتان لإعطاء سعة أكبر عند نقطة ما في حيز.

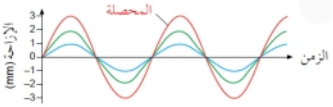
الحالات

إذا وصلت موجتان إلى نقطة ما وكان لهما:

- نفس السعة: فإن الموجة المحصلة لها ضعف السعة



- سعة مختلفة: فإن المحصلة تساوي مجموع السعتين



فرق الطور

$\phi = 0$ أو 360°

متفقتان في الطور

- قمة+ قمة
- قاع+ قاع

فرق المسار

$$\text{فرق المسار} = n\lambda$$

n: عدد صحيح بما في ذلك الصفر

عدد صحيح كامل من الأطوال الموجية:

$0, \lambda, 2\lambda, 3\lambda \ldots$

تداخل هدّام (التداخل الأدنى)

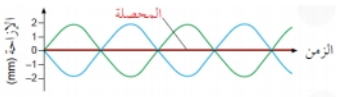
المفهوم

عندما تلغي موجتان إحداهما الأخرى لإعطاء سعة منخفضة أو صفرية عند نقطة ما في حيز.

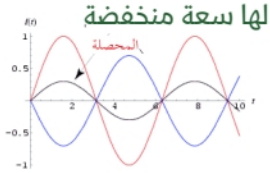
الحالات

إذا وصلت موجتان إلى نقطة ما وكان لهما:

- نفس السعة: فإن الموجة المحصلة =صفر



- سعة مختلفة: فإن المحصلة لها سعة منخفضة



فرق الطور

$\phi = 180^\circ$

متعاكستان في الطور

- قمة+ قاع

فرق المسار

$$\text{فرق المسار} = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

عدد فردي من أنصاف الأطوال الموجية:

$\frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, \frac{7}{2}\lambda \ldots$

$\frac{1}{2}\lambda, 2\frac{1}{2}\lambda, 3\frac{1}{2}\lambda, 4\frac{1}{2}\lambda \ldots$

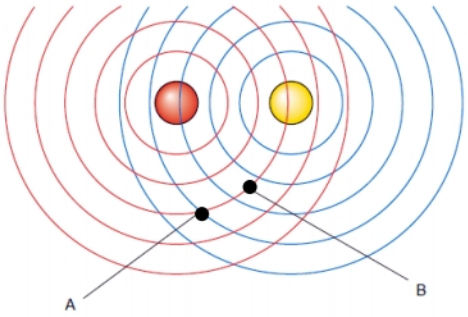
التفسير

يعتمد نوع التداخل في نقطة ما على **فرق المسار** بين الموجتين عند تلك النقطة.

فرق المسار:
المسافة الإضافية التي تقطعها إحدى الموجتين مقارنة بالموجة الأخرى. وغالباً يكتب بدلالة الطول الموجي λ

طريقة حساب فرق المسار بين موجتين:

1. نحدد نقطة ما تتداخل فيها الموجتين
2. نحسب المسافة من مصدر الموجة الأولى إلى تلك النقطة
3. نحسب المسافة من مصدر الموجة الثانية إلى تلك النقطة
4. نطرح المسافتين



- المسافة بين كل جبهتين = λ
- المسافة بين جبهة ومنتصف المسافة بينها (فراغ)= $\frac{1}{2}\lambda$

مثال:

عند النقطة A

فرق المسار= $\lambda 4 - \lambda 3 = \lambda$

تداخل بنّاء

عند النقطة B

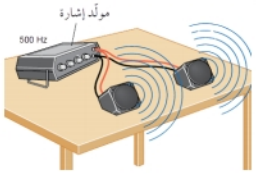
فرق المسار= $\lambda 3 - \lambda 2\frac{1}{2} = \frac{1}{2}\lambda$

تداخل هدّام

تجارب تداخل مصدرين

أ. صفية الحضرمية

موجات الصوت

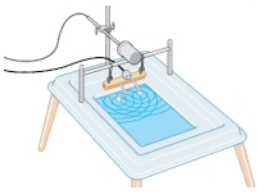


يوصل مكبرين صوت بمولد إشارة واحد

لا يسمع ضعف الصوت وإنما **تسمع سلسلة من المناطق الصاخبة والهادئة:**

- نقاط يكون الصوت فيها أعلى من صوت أحد المكبرين
- وفي نقاط أخرى يكون أكثر انخفاض أو لا يسمع صوت

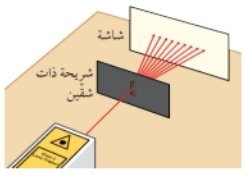
الموجات المائية



في حوض الموجات المائية يظهر التداخل عند:

- اهتزاز كرتين، فتنتج الموجات الدائرية تتداخل فيما بينها كمصادر نقطية.
- اهتزاز ساق فينتج الموجات المستوية، تتداخل بعد عبورها فجوتين في حاجز

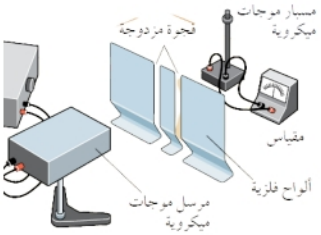
الضوء



توجيه ضوء ليزر عبر شق مزدوج **فتتكون على الشاشة سلسلة من البقع المضيئة:**

- أهداب مضيئة (تداخلات قصوى)
- أهداب معتمة(تداخلات دنيا)

الموجات الميكروية



يوجه جهاز إرسال الموجات الميكروية نحو فجوة مزدوجة في حاجز فلزي، يحدث لها حيود عبر الفجوتين ثم تتداخل خلفها مكونة:

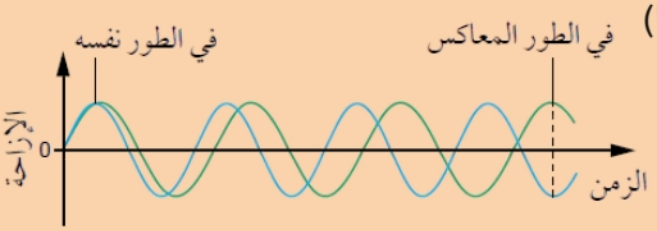
- مناطق ذات شدة عالية (تداخل بنّاء)
- مناطق ذات شدة منخفضة (تداخل هدّام)

يتم الكشف عنها من خلال تحريك مسبار

يختلف نمط التداخل بين الموجات:

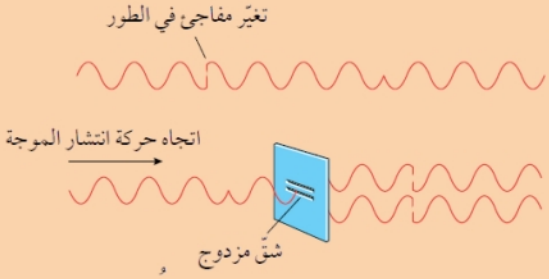
- **إذا كان التردد والطول الموجي للموجتين نفسه وثابت على طول الموجتين**، فإن مصادر الموجات مترابطة أي فرق الطور بينهما ثابت: يظهر نمط تداخل ثابت (سلسلة من التداخلات البناءة والهدامة).

- **إذا كان التردد والطول الموجي لأحد الموجتين مختلف قليلاً**، فإن مصادر الموجات غير مترابطة أي فرق الطور بينهما غير ثابت: يظهر نمط تداخل غير ثابت (في نفس النقطة تتكون تداخلات بناءة عندما تكون الموجتان في نفس الطور ثم يتعاكسان في الطور فتنشأ تداخلات هدامة وهكذا)



يطلق ضوء الليزر دفعات منفصلة من الضوء:

- **عند استخدام ليزرين**، فإن الموجات الناتجة لن تكون في الطور نفسه (مصدرين غير مترابطين).
- **يجب استخدام ليزر واحد ويجزأ الضوء عبر شق مزدوج** ليكونا في الطور نفسه أو بينهما فرق طور ثابت (مصدرين مترابطين)



إذا كان الحاجز يتكون من:

- **شقين أو أكثر:** يحدث حيود للموجات عند عبورها عبر الشقوق ،ثم تتداخل الموجات، فتظهر مناطق معتمة ومضيئة في الشاشة.
- **شق واحد فقط:** يحدث حيود للموجة فقط لذا يظهر نطاق عريض من الضوء عبر الشاشة.

7- 4 تجربة الشق المزدوج ليونج

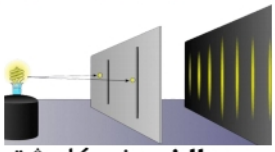
الشق المزدوج ليونج

أ. صفية الحضرمية

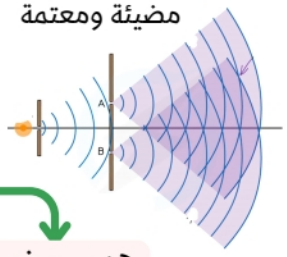
فكرة العمل

- يسقط ضوء عمودياً على زوج من الشقوق المتوازية

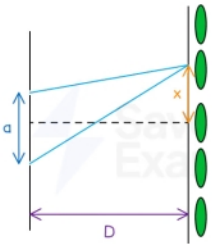
الشقين يضمنان تكون **مصدرين مترابطين** لموجات الضوء (فرق الطور ثابت)



- يحدث **حيود للضوء** في كل شق وينتشر في الحيز خلف الشقين
- ثم **يتداخل الضوء** ويظهر نمط التداخل على شاشة بشكل شرائط/ أهداب مضيئة ومعتمة



المعادلة



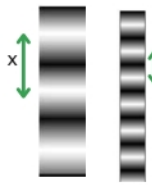
$$\lambda = \frac{a\,x}{D}$$

- λ : الطول الموجي للضوء
- a: المسافة الفاصلة بين مركزي الشقين
- D: المسافة بين الشق والشاشة
- x: المسافة الفاصلة بين الأهداب

(بين مركزي هدبين مضيئين متجاورين أو مركزي هدبين معتمين متجاورين)

العوامل المؤثرة

يسهل ملاحظة نمط التداخل، كلما ازدادت المسافة بين الاهداب X:



- **($x \propto \lambda$): علاقة طردية**

إذا ازداد الطول الموجي λ للضعف، يزداد البعد بين الأهداب X للضعف.

- **($x \propto D$): علاقة طردية**

كلما ازداد البعد بين الشاشة والشق D للضعف، يزداد البعد بين الأهداب X للضعف.

- **($x \propto \frac{1}{a}$): علاقة عكسية**

كلما ازداد البعد بين مركزي الشقين a للضعف، يقل البعد بين الأهداب X للنصف.

نمط التداخل الظاهر على الشاشة

هدب مضيء

(تداخل بناء)

فرق المسار بين الموجتين= $n\,\lambda$

تصل الموجات بنفس الطور 0,360

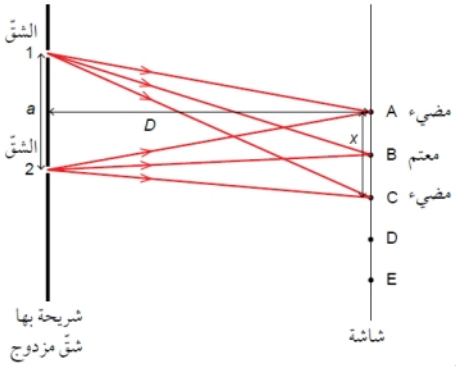
الهدب المضيء المركزي

(في منتصف المسافة بين الشقين):

فرق المسار بين الموجتين=صفر

الهدب المضيء الأول: فرق المسار=λ

الهدب المضيء الثاني: فرق المسار=2λ



هدب معتم

(تداخل هدام)

فرق المسار بين الموجتين= $\left(n+\frac{1}{2}\right)\lambda$

الموجتان متعاكستان في الطور 180

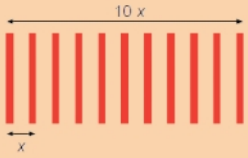
الهدب المعتم الأول: فرق المسار = $1/2\lambda$

الهدب المعتم الثاني: فرق المسار= $3/2\,\lambda$

- **عندما تكون المسافة بين الأهداب(x) صغيرة جداً وصعبة القياس؛ يمكن حسابها من خلال قياس المسافة الفاصلة بين مجموعة من الأهداب:**

- $x = \frac{\text{المسافة الكلية}}{\text{عدد المسافات الهدبية}} = \frac{\text{المسافة الكلية}}{\text{عدد الأهداب - 1}}$

مثال:



عدد الأهداب=11

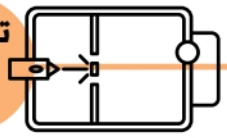
عدد المسافات الهدبية= 11-1=10

$x = \frac{\text{المسافة (10x)}}{10}$

لتحديد عدد الأهداب:

1. حساب عدد المسافات الهدبية= المسافة الكلية/ المسافة بين الهدبين المتجاورين(x)
2. عدد الأهداب= عدد المسافات الهدبية + 1

تجارب الشق المزدوج ليونج لتحديد الطول الموجي



أ. صفية الحضرمية

الإجراءات

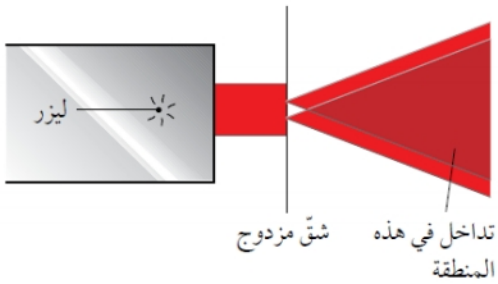
1. استخدام شق مزدوج: لكي يكون مصدري الضوء مترابطين
2. أن يكون عرض الشق مناسب: حتى تتداخل الأشعة بشكل كافي ليحدث حيود للضوء
3. المسافة بين الشقين a مناسبة: حتى تكون المسافات بين الأهداب X كبيرة يمكن ملاحظتها
4. المسافة بين الشاشة والشقين D مناسبة: بحيث نتمكن من رؤية الأهداب بوضوح وغير باهتة والمسافات بينها X كبيرة.

القياسات

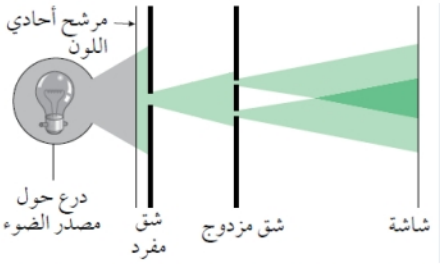
- المسافة الفاصلة بين الشقين a: باستخدام **المجهر المتحرك**؛ لأنها صغيرة جداً
- عرض الهدب x: باستخدام **مسطرة أو مجهر متحرك**، يقاس عرض عدة أهداب ثم حساب متوسط المسافة الفاصلة بينهم
- المسافة بين الشقين والشاشة D: باستخدام **مسطرة مترية أو شريط قياس**

الطرق

ضوء أحادي اللون (ليزر)



الضوء الأبيض



يستخدم **درع** حول مصدر الضوء الأبيض: لزيادة العتمة وتقليل تأثير الضوء المحيط

مرشح أحادي اللون: يسمح بمرور موجات بطول موجي واحد فقط

الطول الموجي:

الليزر يطلق ضوء أحادي اللون بطول موجي معين:

- ينتج **أهداب واضحة** ومتباعدة (مناطق معتمة ومضيئة)
- تظهر **أعداد كبيرة** من الأهداب على الشاشة

شدة الإضاءة:

أكثر سطوع ويتركز في شعاع ضيق وأكثر شدة:

ممكن إبعاد الشاشة عن الشقين D

وبالتالي يزداد البعد بين الأهداب X

(تقل نسبة عدم اليقين في قياسات D ,X)

الطول الموجي:

الضوء الأبيض عبارة عن طيف من الألوان بأطوال موجية مختلفة:

- تتشكل أهداب في نقاط مختلفة على الشاشة مما يؤدي تشوه الأهداب فتصبح **غير واضحة**

(**بدون مرشح:** يتكون هدب مركزي أبيض لأن جميع الأطوال الموجية تصل بنفس الطور ثم تظهر الأهداب المضيئة الأخرى ملونة)

- يظهر **عدد قليل من الأهداب** على الشاشة

شدة الإضاءة:

شدة الإضاءة منخفضة:

حتى نتمكن من رؤية الأهداب يجب تقريب الشاشة من الشقين D

وبالتالي يقل البعد بين الأهداب X

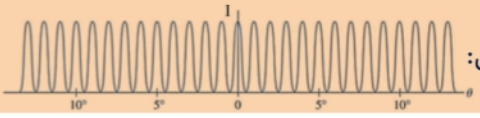
(تزداد نسبة عدم اليقين في قياسات D ,X)

عرض الشق لا يؤثر على: المسافة بين الأهداب x

يؤثر عرض الشق على:

- شدة الإضاءة: كلما كان عرض الشق أضيق، فإن كمية الضوء المار تقل، وبالتالي **تقل شدة الإضاءة** على الشاشة. أما الشق الأوسع يسمح بمرور ضوء أكثر فتكون الأهداب **أكثر سطوع**.
- نمط الحيود والتداخل: الشق الأضيق ينتج حيود أكبر، لذا يكون نمط التداخل **ممتد (يظهر مزيد من الأهداب على الشاشة)**. الشق الواسع ينتج حيود أقل، فيكون نمط الحيود **ضيق(يظهر عدد أقل من الأهداب على الشاشة)**.
- توزيع الشدة على الشاشة: في الشق الضيق تكون شدة إضاءة الأهداب **تقل بشكل أقل من منتصف الشاشة إلى الحافة**. الشق الواسع تكون شدة الإضاءة **أكبر في الهدب المركزي ثم تقل بشكل واضح من الطرفين**.

شق ضيق/ مهمل:



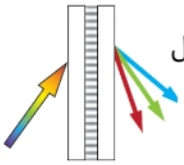
شق واسع:

7- 5 محزوز الحيود

أنواع محزوز الحيود

أ. صفية الحضرمية

محزوز النفاذ

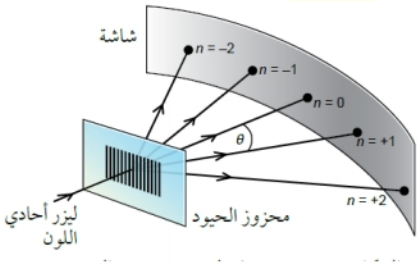


عدد كبير من الشقوق أو الخطوط المتباعدة بشكل متساوي على شريحة زجاجية أو بلاستيكية وكل خط قادر على إحداث **حيود** للضوء الساقط

محزوز الانعكاس

عدد كبير من الشقوق أو الخطوط لمتباعدة بشكل متساوي على سطح عاكس بحيث **ينعكس** الضوء **ويحيد** بواسطة المحزوز (مثل: سطح أقراص CD و DVD)

التجربة



- يسقط ضوء ليزر أحادي اللون عمودياً على محزوز حيود النفاذ
- يحدث حيود للضوء عبر كل شق خلف الشقوق
- يتداخل الضوء الخارج من كل شق
- تظهر أهداب التداخل على الشاشة

الأهداب الناتجة تتباعد بشكل غير متساوي وبزوايا كبيرة

نمط التداخل الظاهر على الشاشة

أهداب مضيئة تسمى تداخلات قصوى

(تداخل بناء)

تصل الأشعة من جميع الشقوق بنفس الطور 0,360

فرق المسار بين الشعاع في الشق الاعلى والشق الأسفل= nλ

- **(الهدب المركزي) التداخل الأقصى ذو الرتبة الصفرية:** فرق المسار=صفر
- **التداخل الأقصى ذو الرتبة الأولى:** فرق المسار= λ
- **التداخل الأقصى ذو الرتبة الثانية:** فرق المسار= 2λ

يكون الهدب المركزي في المنتصف وتتكرر التداخلات القصوى الأخرى على جانبيه

المعادلة

$$d \sin \Theta = n\lambda$$

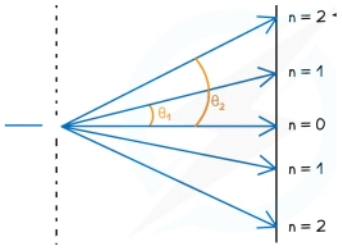
d: (تباعد المحزوز): المسافة الفاصلة بين خطين متجاورين للمحزوز

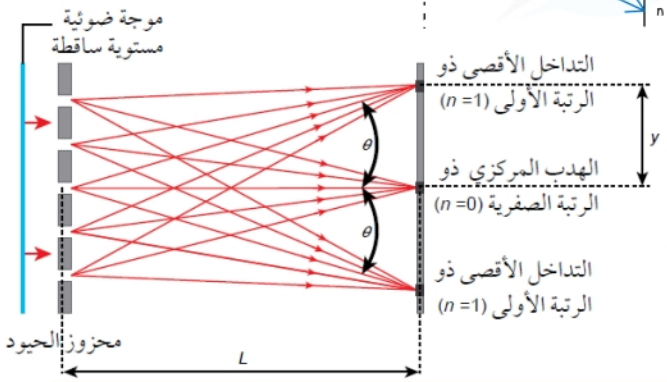
λ: الطول الموجي للضوء أحادي اللون الساقط عمودياً على المحزوز

n: رتبة التداخل الأقصى

n= 0,1,2,3.... قيم عددية صحيحة

Θ: زاوية التداخل الأقصى ذي الرتبة (n) عن للهدب المركزي





العوامل المؤثرة

- **($\Theta \alpha \lambda$): علاقة طردية**

إذا ازداد الطول الموجي λ، **تزداد زاوية** انحراف الضوء عن الهدب المركزي Θ:

يزداد انتشار التداخل الأقصى ويقل عدد التداخلات القصوى على الشاشة.

- **($\Theta \alpha \frac{1}{d}$): علاقة عكسية**

كلما ازداد عدد الشقوق في المحزوز، تقل المسافة بينها d، **تزداد زاوية** انحراف الضوء عن الهدب المركزي Θ:

يزداد انتشار التداخل الأقصى ويقل عدد التداخلات القصوى على الشاشة

ويزداد سطوع ووضوح الأهداب

(لأن التداخل ينتج من شقوق أكثر)

- **لحساب تباعد المحزوز d:**

تباعد المحزوز (d)= طول المحزوز / عدد الخطوط (N)

مثال: $300 lines\ mm^{-1}$ $d = \frac{1}{N} = \frac{1 \times 10^{-3}}{300} = 3.3 \times 10^{-6} m$

عدد الخطوط(N) = طول المحزوز / تباعد المحزوز (d)

(انتبه بأن يكون طول المحزوز والتباعد بنفس وحدة القياس)

- **لتحديد عدد التداخلات القصوى التي يمكن رؤيتها، نتبع إحدى الطريقتين:**

1- نحسب قيمة sinΘ لعدد من الرتب حتى نصل لرتبة تكون فيها قيمة sinΘ أكبر من 1 (غير ممكن)

نحدد الرتبة السابقةn وستكرر من الطرفين مع الرتبة الصفرية في الهدب المركزي **(عدد التداخلات القصوى الكلي= 2n+1)**

2- نحسب قيمة الرتبة n عندما تكون Θ=90، وبما أن sin90=1 فإن $n = \frac{d}{\lambda}$

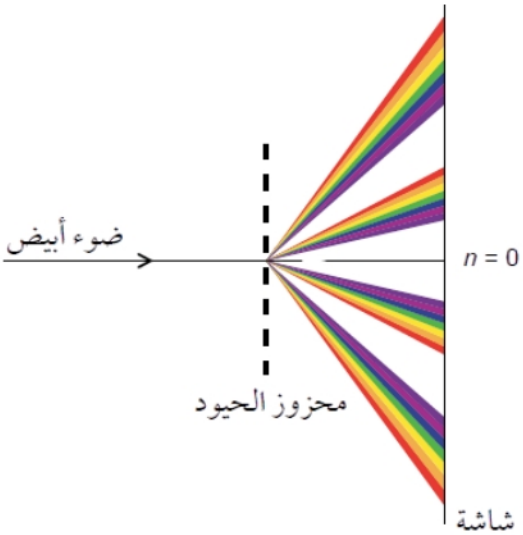
نأخذ الرقم الصحيح بدون الفواصل العشرية وبدون تقريب، مثلاً n= 2.9 تكون قيمة n= 2 **(عدد التداخلات القصوى الكلي= 2n+1)**

تشتت الضوء الأبيض

أ. صفية الحضرمية

المفهوم

تجزؤ الضوء إلى الأطوال الموجية المكونة له



التفسير

(علاقة طردية بين طول الموجة وزاوية انحرافها عن الهدب المركزي)

$$\sin\Theta = \frac{n\lambda}{d}$$

$\Theta \alpha \lambda$

لألوان الطيف أطوال موجية مختلفة وبالتالي تداخلات قصوى بزوايا مختلفة

في التداخل الأقصى ذو الرتبة الصفرية (الهدب المركزي)

تصل جميع الألوان بزاوية $\Theta = 0$

يظهر لون أبيض

في كل من الرتب الأخرى على كلا جانبي الرتبة الصفرية

تصل الموجات بزوايا مختلفة

تظهر سلسلة من ألوان الطيف

اللون البنفسجي

له طول موجي أقل

ينحرف بزاوية أقل(أقرب إلى المركز)

اللون الأحمر

له طول موجي أكبر

ينحرف بزاوية اكبر(أبعد عن المركز)

مقارنة طرق تحديد الطول الموجي للضوء

	تجربة الشق المزدوج ليونج	محزوز الحيود
نمط التداخل	• تتكون أهداب عريضة وأقل سطوع • الأهداب متقاربة والمسافات بينها متساوية • شدة الإضاءة متساوية تقريباً للهدب المركزي والأهداب المجاورة له ثم تقل تدريجياً	• تكون التداخلات القصوى حادة جداً وساطعة • التداخلات القصوى منفصلة وتتباعد بشكل غير متساوي وبزوايا كبيرة • شدة الإضاءة كبيرة في التداخل المركزي ثم تقل تدريجياً من الجانبين
دقة القياسات	**عدم يقين كبير** في قياس: • المسافة الفاصلة بين الشقين a • المسافة بين الأهداب x لأنها متقاربة	يمكن قياس الزاوية Θ التي تتشكل عندها التداخلات القصوى لأنها متباعدة

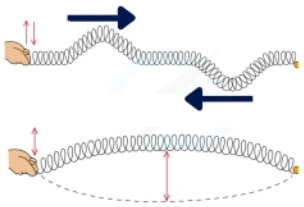
تجربة استخدام محزوز الحيود أكثر دقة في قياس الطول الموجي من تجربة الشق المزدوج.

7- 6 الموجات المستقرة ، 7- 7 المزيد عن الموجات المستقرة

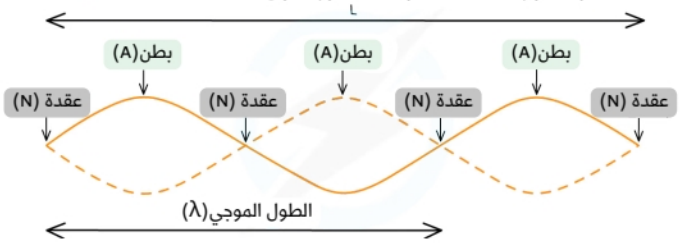
الموجات المستقرة
(الموجات الواقفة)

أ. صفية الحضرمية

المفهوم



نمط اهتزازي مستقر ناتج عن تراكب موجتين مسافرتين **لهما التردد نفسه** وتنتقلان **باتجاهين متعاكسين**، وللموجة المستقرة عُقد وبطون.

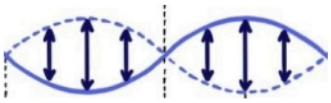


العقدة (N)
نقطة على الموجة المستقرة
ذات سعة صفرية
(الجزيئات لا تتحرك)

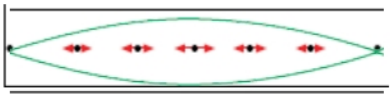
البطن (A)
نقطة على الموجة المستقرة
ذات سعة قصوى
(الجزيئات تتحرك بأقصى سعة)

يعتمد اتجاه حركة الجزيئات على نوع الموجة المسافرة

موجة مستعرضة
مثل الأوتار المشدودة والموجات الميكروية
تتحرك الجزيئات عمودياً على اتجاه انتشار الموجة
(للأعلى والأسفل)



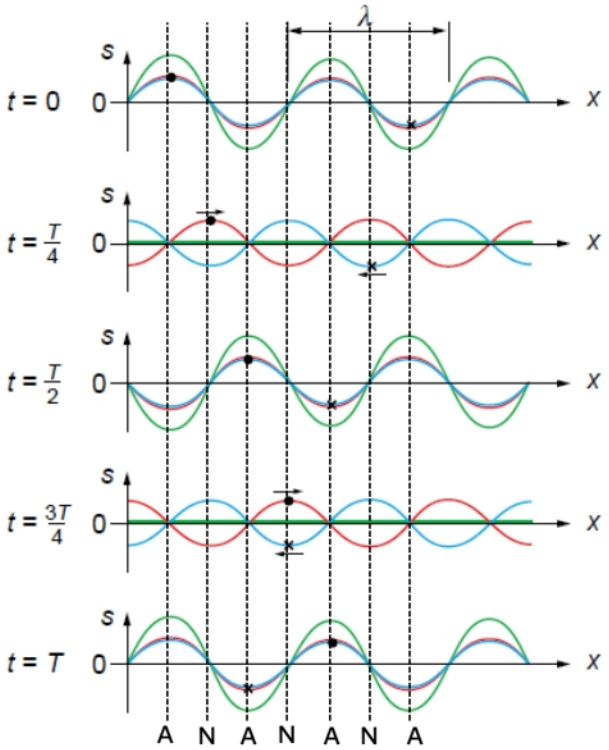
موجة طولية
مثل الموجات الصوتية
تتحرك الجزيئات موازية لاتجاه انتشار الموجة
(للامام والخلف)



كيفية تكونها

الموجة المستقرة هي محصلة تراكب الموجتين (المسافرة والمنعكسة) لهما نفس السعة A والترددf والطول الموجي λ.

الموجة باللون الأزرق تتحرك لليسار، الموجة باللون الأحمر تتحرك لليمين، الموجة الخضراء هي الموجة المحصلة.



في الزمن t=0: تتحرك الموجتان في نفس الطور (تداخل بناء)، تنتج موجة محصلة لها ضعف سعة الموجتين 2A

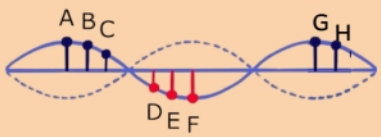
بعد ربع زمن دوري t=T/4: تتحرك الموجتان ربع طول موجي في اتجاهين متعاكسين، ليصبحا متعاكستين في الطور (تداخل هدام)، تنتج موجة محصلة سعتها= صفر

بعد نصف زمن دوري t=T/2: تتحرك الموجتان في نفس الطور (تداخل بناء)، تنتج موجة محصلة لها ضعف سعة الموجتين 2A

بعد ثلاثة أرباع زمن دوري t=3T/4: تتحرك الموجتان متعاكستين في الطور (تداخل هدام)، تنتج موجة محصلة سعتها= صفر

بعد زمن دوري كامل t=T: تتحرك الموجتان في نفس الطور (تداخل بناء)، تنتج موجة محصلة لها ضعف سعة الموجتين 2A

جميع الجزيئات في نفس الحلقة (بين أي عقدتين متجاورتين):
تتحرك في نفس الاتجاه ولها نفس الطور **ϕ= 0**
مثال: A, B, C جميعها في نفس الطور، و D,E,F في نفس الطور
G,H في نفس الطور مع A, B, C

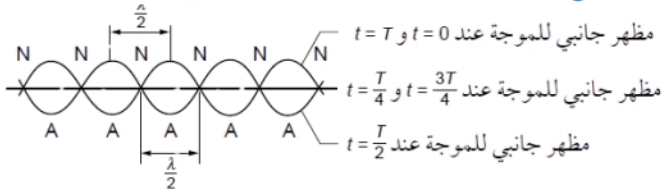


الجزيئات في الحلقات المتجاورة:
تتحرك في عكس الاتجاه ومتعاكسة في الطور **ϕ= 180**
مثال: A,B,C متعاكسة في نفس الطور مع D,E,F

خلال الدورة الواحدة

الجزيئات التي لا تتحرك أبدا (إزاحتها صفر خلال التداخل البناء والهدام)
تمثل العقدة N

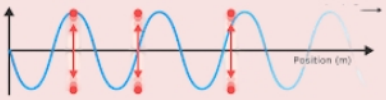
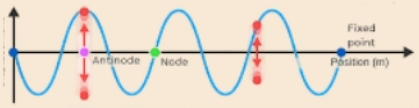
الجزيئات التي تتغير ازاحتها كل ربع دورة (بين سعة قصوى في التداخل البناء، وصفر في التداخل الهدام)
تمثل البطن A

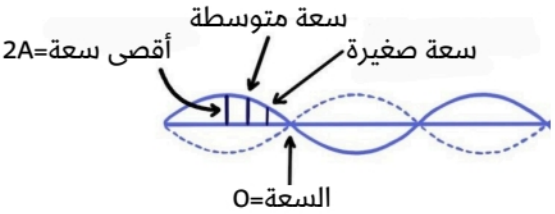


النقطة A في البطن
عند t=0 ازاحتها 2A متجهة للأسفل
بعد t= T/4 تكون ازاحتها صفر وتستمر في الحركة للأسفل
بعد t= T/2 تكون ازاحتها 2A في الجانب الآخر ثم تتحرك للأعلى
بعد t= 3T/4 تكون ازاحتها صفر تستمر في الحركة للأعلى
بعد t= T تكون ازاحتها 2A **(أكملت اهتزازة كاملة)**

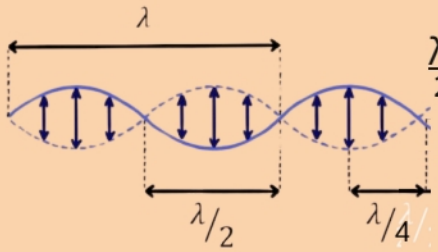
مقارنة الموجات المستقرة والمسافرة

أ. صفية الحضرمية

	الموجة المسافرة	الموجة المستقرة
التردد	لها تردد ثابت (f)	نفس تردد الموجة المسافرة (f)
الطول الموجي	لها طول موجي ثابت (λ)	نفس الطول الموجي للموجة المسافرة (λ)
السرعة	تتحرك بسرعة تعتمد على الوسط (v)	لا تنتقل، ليس لها سرعة (v=0)
فرق الطور	يتغيّر الطور بشكل مستمر على طول الموجة	يتغير الطور بمقدار 180 عند كل عقدة
انتقال الطاقة	تنقل الطاقة من مكان إلى آخر	لا تنقل الطاقة عبر الوسط (تخزن الطاقة)
السعة	جميع النقاط لها **نفس السعة** ولكن لها أطوار مختلفة 	تتراوح بين أقصى سعة (ضعف سعة الموجة المسافرة) عند البطن، إلى الصفر عند العقدة 



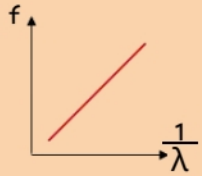
لحساب الطول الموجي للموجة المسافرة أو المستقرة:



- المسافة الفاصلة بين عقدتين متجاورتين أو بطنين متجاورين = $\frac{\lambda}{2}$
  الطول الموجي= 2× المسافة الفاصلة بين عقدتين متجاورتين
- المسافة الفاصلة بين عقدة وبطن متجاورين = $\frac{\lambda}{4}$
  الطول الموجي= 4× المسافة الفاصلة بين عقدة وبطن

لحساب سرعة الموجة المسافرة: $v = f\lambda$

التردد والطول الموجي (علاقة عكسية):



كلما ازداد الطول الموجي يقل التردد: أطول طول موجي، أصغر تردد

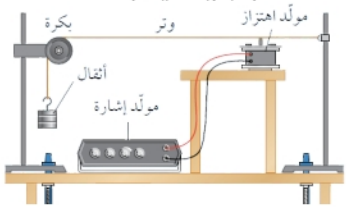
الرنين: تطابق تردد مصدر مهتز مع التردد الطبيعي لاهتزاز جسم ما، الأمر الذي يؤدي إلى اهتزاز ذلك الجسم بسعة أكبر.

تجارب الموجات المستقرة

أ. صفية الحضرمية

الموجات الميكانيكية

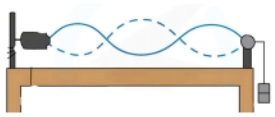
(تجربة ميلد)



- يثبت أحد طرفي الوتر بمولد إشارة، والطرف الآخر يوضع على بكرة بها أثقال لابقاء الوتر مشدود
- تنشأ موجات عند اهتزاز الوتر ثم تنعكس عند الطرف الآخر مكونة موجات مستقرة

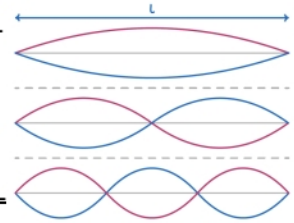
الوتر مثبت من الطرفين :

(تتكون عقدة عند كل طرف)



- يتم التحكم بتردد مولد الاهتزاز لانتاج أنماط مختلفة من الموجات المستقرة

أطول طول موجي



λ=2L/n n: 1,2,3,4... عدد صحيح L=n/2 λ

- إذا كانت سرعة الموجات ثابتة لنفس الثقل ونوع الوتر، تكون **العلاقة عكسية بين التردد والطول الموجي:**

كلما ازداد التردد، يقل الطول الموجي وبالتالي تزداد عدد الحلقات المتكونة

- إذا تم ضبط مولد الإشارة على تردد ثابت، تكون **العلاقة طردية بين سرعة الموجات المسافرة والطول الموجي**

سرعة الموجات المسافرة تعتمد على:

1.قوة الشد/ وزن الثقل **(علاقة طردية):**

كلما ازداد وزن الثقل تزداد سرعة الموجات المسافرة وبالتالي يزداد الطول الموجي أي تقل عدد الحلقات المتكونة.

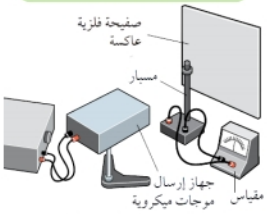
2. سمك الوتر **(علاقة عكسية):**

كلما ازداد سمك الوتر، قلت سرعة الموجات وبالتالي يقل الطول الموجي أي تزداد عدد الحلقات المتكونة.

مقارنة التردد والطول الموجي للأنبوبين

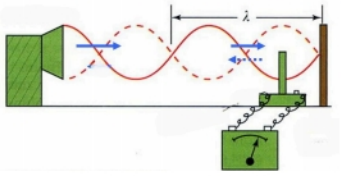
- **الأنبوب مغلق الطرف:** الطول الموجي أكبر (λ= 4L)، وبالتالي تردد أقل (صوت أقل حدة)
- **الأنبوب مفتوح الطرفين:** الطول الموجي أصغر(λ= 2L)، وبالتالي تردد أكبر (صوت أعلى حدة)

الموجات الميكروية



- باستخدام جهاز ارسال، يتم توجيه الموجات الميكروية إلى صفيحة فلزية فتنعكس مكونة موجات مستقرة

(تتكون عقدة عند الصفيحة)



- يحرك مسبار مستقبل بين جهاز الإرسال والصفيحة
- يلاحظ مواضع مختلفة الشدة:

شدة عالية (بطن)

شدة منخفضة أو صفر (عقدة)

- يمكن حساب تردد الموجات من خلال حساب الطول الموجي:

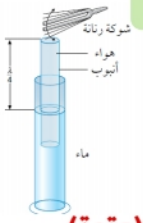
المسافة بين عقدتين متتاليتين = 2× λ

سرعة الموجات الميكروية:

$c=3\times10^{8}\ ms^{-1}$

$f=c/\lambda$

الموجات الصوتية



العمود الهوائي المغلق من أحد طرفيه

باستخدام أنبوب مفتوح الطرفين موضوع داخل أنبوب اختبار به ماء

الطرف الموجود داخل الماء: جزيئات الهواء لا تهتز (عقدة)

الطرف خارج الماء: تهتز الجزيئات بأقصى سعة (بطن)

- تقرب شوكة رنانة مهتزة من الطرف المفتوح وبالتالي يهتز عمود الهواء داخل الأنبوب وينعكس عند الطرف المغلق ويحدث "الرنين"

أطول طول موجي

الرنين الأول: $L=\frac{1}{4}\lambda$ ، $\lambda=4L$

الرنين الثاني: $L=\frac{3}{4}\lambda$ ، $\lambda=\frac{4L}{3}$

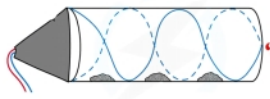
الرنين الثالث: $L=\frac{5}{4}\lambda$ ، $\lambda=\frac{4L}{5}$

$L=\frac{n}{4}\lambda$ n: 1,3,5,7... عدد فردي $\lambda=\frac{4L}{n}$

أنبوب الغبار لكونت

مثال على الأنبوب مغلق الطرف

- يرسل مكبر الصوت موجات صوتية على طول الجزء الداخلي للأنبوب ثم ينعكس عند الطرف المغلق، فتنشأ موجة مستقرة



(يتكون بطن في الطرف المتصل بالمكبر، تتكون عقدة في الطرف المغلق)

- يهتز الغبار بسعة قصوى في البطن ويتراكم عند العقد إذ لا يتحرك الهواء

يمكن حساب سرعة الصوت: بمعرفة تردد الصوت f من مولد الإشارة وحساب الطول الموجي λ من خلال المسافة بين العقد $v=f\lambda$

الأعمدة الهوائية المفتوحة من الطرفين

- يتم النفخ في أنبوب مفتوح الطرفين، فيتكون صوت له حدة أكبر مقارنة بالنفخ في أنبوب مغلق الطرف

(يتكون بطن في الطرفين)

أطول طول موجي

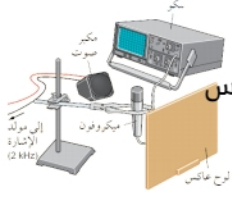
الرنين الأول: $L=\frac{1}{2}\lambda$ ، $\lambda=2L$

الرنين الثاني: $L=\frac{2}{2}\lambda=\lambda$ ، $\lambda=L$

الرنين الثالث: $L=\frac{3}{2}\lambda$ ، $\lambda=\frac{2L}{3}$

$L=\frac{n}{2}\lambda$ n: 1,2,3,4... عدد صحيح $\lambda=\frac{2L}{n}$

الأوسيلوسكوب



- ينتج مكبر الصوت موجات صوتية ثم تنعكس عن اللوح العاكس فتتكون موجات مستقرة

(تتكون عقدة عند اللوح العاكس)

يلتقط الميكرفون الموجات بين مكبر الصوت واللوح وتعرض الإشارة على جهاز الأوسيلوسكوب

تظهر شاشة الأوسيلوسكوب مواضع مختلفة:

شدة عالية (بطن)، شدة منخفضة أو صفر (عقدة)

8-1 النموذج الجسيمي والنموذج الموجي

أ. صفية الحضرمية

	النموذج الموجي	النموذج الجسيمي
الطبيعة	اهتزازات ليس لها كتلة	جسيمات صلبة لها كتلة (عدا الفوتونات)
الحركة	تنتشر على شكل اهتزازات دورية، تنتقل في جميع الاتجاهات	تتحرك في خطوط مستقيمة إذا لم تؤثر عليها قوة
الانتشار	تنتقل عبر الوسط أو الفراغ بشكل مستمر	تتحرك من نقطة إلى أخرى كجسيمات فردية منفصلة
الظواهر	يحدث لها انعكاس، انكسار، حيود وتداخل	يمكن أن يحدث لها انعكاس وانكسار، لكن لا يمكن أن يحدث حيود وتداخل
التأثير في الوسط	تمر عبر الأجسام وتنتشر حول الحواجز (حيود)	تتصادم مع الأجسام ولا تمر عبرها

طبيعة الاشعاع الكهرومغناطيسي

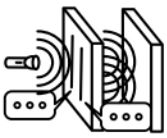
مثل الضوء المرئي، الأشعة السينة، جاما..

طبيعة موجية

يسلك الضوء سلوك الموجات، إذ ينتشر في جميع الاتجاهات بشكل مستمر ويحدث له حيود وتداخل

الدليل

تجربة شقي يونج ومحزوز الحيود



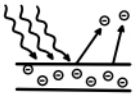
طبيعة جسيمية

يسلك الضوء سلوك الجسيمات، إذ يتحرك في صورة جسيمات منفصلة تتصادم فيما بينها

الدليل

سماع نقرات فردية منفصلة عند الكشف عن أشعة جاما باستخدام عداد جيجر

ظاهرة التأثير الكهروضوئي "تفاعل بين فوتون وإلكترون في فلز ما، حيث يتحرر إلكترون من سطح هذا الفلز"



نوع الجسيم

الفوتون

"كمة من الطاقة الكهرومغناطيسية"

الكمة: كمية محددة من شيء ما موجودة بشكل منفصل.

علاقة اينشتاين

معادلة تربط **الخاصية الجسيمية** (طاقة الفوتون E) و**الخاصية الموجية** (التردد f) للأشعة الكهرومغناطيسية

$E = hf$ | $E = \frac{hc}{\lambda}$

$E \propto f$

طاقة الفوتون تتناسب طردياً مع تردد الموجات الكهرومغناطيسية

(كلما ازداد تردد الموجة ازدادت طاقة الفوتونات)

E: طاقة الفوتون بوحدة الجول (J)

f: التردد بوحدة الهيرتز ($Hz = s^{-1}$)

λ: الطول الموجي بوحدة المتر (m)

c: سرعة الضوء في الفراغ ($c = 3\times10^{8} ms^{-1}$)

h: ثابت بلانك بوحدة الجول ثانية (Js) أو جول لكل هيرتز (JHz^{-1})

($h = 6.63\times10^{-34} Js$)

$E \propto \frac{1}{\lambda}$

طاقة الفوتون تتناسب عكسياً مع الطول الموجي للموجات الكهرومغناطيسية

(كلما ازداد الطول الموجي للموجة قلت طاقة الفوتونات)

وحدة قياس طاقة الفوتون (E)

أ. صفية الحضرمية

الجول (J)

لتحويل طاقة الفوتون:

- من eV إلى J: **اضرب** في (1.6×10^{-19})
- من J إلى eV: **اقسم** على (1.6×10^{-19})

انتبه: استخدم طاقة الفوتون بوحدة الجول J عند التعويض في القانون E=fh
لأن ثابت بلانك يقاس بوحدة Js

عند بذل شغل على جسيم بواسطة فرق جهد كهربائي يكتسب طاقة حركة KE:

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

وعند تسريع الإلكترون بواسطة فرق جهد كهربائي V يكتسب طاقة حركة:

$$eV=\frac{1}{2}mv^2$$

لحساب سرعة الإلكترون: $v=\sqrt{\frac{2eV}{m}}$

إلكترون فولت (eV)

المفهوم

الطاقة التي يكتسبها إلكترون عندما ينتقل بواسطة فرق جهد مقداره (1V)

المقدار

الطاقة التي يكتسبها الجسيم = الشغل المبذول على الجسيم

W= QV

Q: شحنة الجسيم
V: فرق الجهد الكهربائي

للإلكترون: W= eV

بالتعويض عن شحنة الإلكترون: $e=1.6\times10^{-19}C$
وفرق الجهد الكهربائي: V=1V

$W= 1eV= 1.6\times10^{-19}J$

تقدير ثابت بلانك h

الأدوات

الوصلة الثنائية الضوئية LED

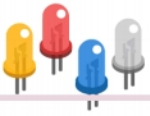
"مكون كهربائي يعمل باتجاه واحد فقط"

عند توصيل الوصلة بشكل صحيح في الدائرة الكهربائية(الانحياز الأمامي)، تحتاج إلى حد أدنى من فرق الجهد الكهربائي حتى تعمل.

جهد العتبة:

الحد الأدنى لفرق الجهد عبر الوصلة الثنائية الضوئية (LED) عندما تبدأ بالتوصيل وبعث الضوء.

الوصلات الثنائية الضوئية ذات الألوان المختلفة، لها قيم مختلفة لجهد العتبة

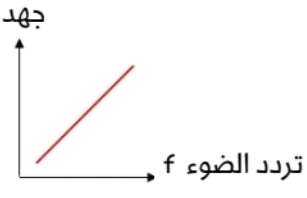


الوصلة الباعثة للضوء الأحمر

(تبعث فوتونات بطاقة منخفضة)
لأن تردده منخفض
يتطلب جهد عتبة منخفض حتى تضيء الوصلة

الوصلة الباعثة للضوء الأزرق

(تبعث فوتونات بطاقة عالية)
لأن تردده عالي
يتطلب جهد عتبة مرتفع حتى تضيء الوصلة



الفكرة

عندما يمر التيار عبر الوصلة الثنائية تنتقل طاقة الإلكترونات إلى الفوتونات فتنبعث وتضيء الوصلة

طاقة الفوتون=الطاقة المنقولة بواسطة الإلكترون

$$eV=\frac{hc}{\lambda}$$

e: شحنة الإلكترون
V: جهد العتبة للوصلة الثنائية الضوئية
h: ثابت بلانك
c: سرعة الضوء في الفراغ
λ: الطول الموجي للضوء المنبعث من الوصلة الثنائية

معدل انبعاث الفوتونات :

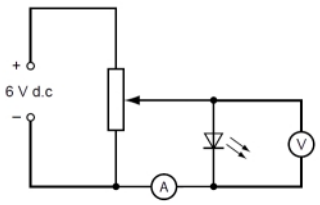
عدد الفوتونات المنبعثة في الثانية

- معدل الفوتونات= عدد الفوتونات / الزمن
- معدل الفوتونات= القدرة / طاقة الفوتون الواحد E

لتحديد نوع الاشعاع: احسب الطول الموجي للفوتون، ثم حدد موقعه في الطيف الكهرومغناطيسي

القياسات

- توصل دائرة كهربائية تحتوي على مصدر جهد، مقاومة متغيرة تعمل كمجزئ جهد، وصلة ثنائية ضوئية وفولتميتر

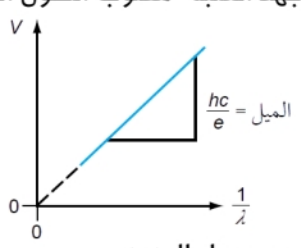


- يتم زيادة فرق الجهد بين طرفي الوصلة بالتحكم في المقاومة المتغيرة
- يقاس جهد العتبة V:

باستخدام الفولتميتر(لحظة **بدأ** الوصلة بالإضاءة وتوصيل التيار)

- يحدد الطول الموجي للضوء λ: باستخدام محزوز الحيود أو المكتوب في الوصلة.
- تكرر القراءات مع وصلات ثنائية مختلفة
- يرسم المنحنى البياني

(جهد العتبة- مقلوب الطول الموجي)



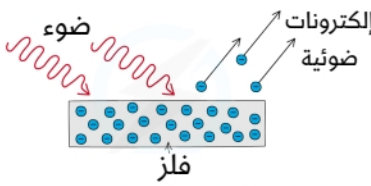
- يحسب ميل المنحنى

$$\text{الميل}=V\lambda=\frac{hc}{e}$$

- تحسب قيمة ثابت بلانك

$$h=\text{الميل}\times\frac{e}{c}$$

8- 2 التأثير الكهروضوئي

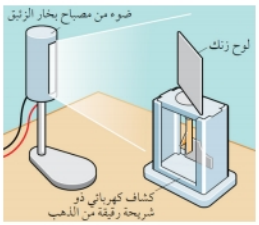


أ. صفية الحضرمية

التأثير الكهروضوئي

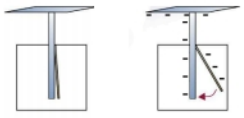
ظاهرة انطلاق إلكترونات من سطح فلزي عندما يسلط عليه ضوء مناسب

التجربة



- يتم شحن الكشاف الكهربائي بشحنة سالبة (تزداد عدد الإلكترونات) مما يؤدي إلى تنافر رقائق الذهب وانفراجها.

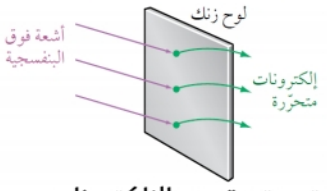
- توضع صفيحة زنك في الجزء العلوي من الكشاف.
- يسلط شعاع كهرومغناطيسي من مصباح بخار الزئبق (أشعة فوق بنفسجية شديدة)
- يقل انفراج الرقاقة تدريجياً؛ لأن الأشعة تعمل على تحرير الإلكترونات



- عند تقريب المصباح أكثر تزداد شدة الإضاءة وبالتالي يقل انفراج الشريحة أسرع (عدد أكثر من الإلكترونات تحرر في وقت أقل)

إضافة قطعة زجاج بين الزنك والضوء: يمنع تحرير الإلكترونات لأن الزجاج يمتص الأشعة وبالتالي لا يقل الانفراج في شريحة الذهب

الشرط



حتى يتم تحرير الإلكترونات من الفلز، يجب أن يمتلك الشعاع الساقط حد أدنى من التردد

تردد العتبة f_o:
أدنى تردد للإشعاع الكهرومغناطيسي الساقط الذي يحرر إلكترونات من سطح فلز ما.

بما أن: $c=f\lambda$
فإن أدنى تردد f_o يقابله أقصى طول موجي λ_o

طول موجة العتبة λ_o:
أقصى طول موجة للإشعاع الكهرومغناطيسي الساقط الذي يحرر إلكترونات من سطح فلز ما.

مثال:

- عند تسليط ضوء مرئي على لوح الزنك: لا تتحرر الإلكترونات مهما زادت شدته لأن تردده أقل من تردد العتبة للزنك
- عند تسليط الأشعة فوق البنفسجية على لوح الزنك: تتحرر الإلكترونات لأن تردده أكبر من تردد العتبة للزنك

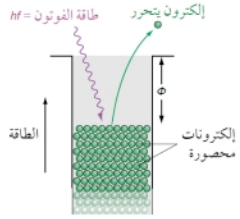
التفسير

تحتوي الفلزات مثل الزنك على إلكترونات حرة الحركة ضعيفة الارتباط بالنواة (تسمى إلكترونات التوصيل)

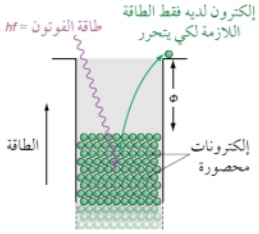
تحتاج إلكترونات التوصيل طاقة حتى تتحرر من سطح الفلز.

طاقة دالة الشغل ϕ:
أدنى طاقة يحتاج إليها الإلكترون للتحرر من سطح فلز ما.

- الإلكترونات على سطح الفلز تحتاج طاقة أقل حتى تتحرر



- الإلكترونات أسفل سطح الفلز تحتاج مزيد من الطاقة حتى تتحرر من الفلز



المعادلة

معادلة اينشتاين للكهروضوئية

طاقة الفوتون= دالة الشغل+ طاقة الحركة القصوى للإلكترون

$$E=\phi+KE_{max}$$

$$hf=\phi+\frac{1}{2}m v^2_{max}$$

$$\frac{hc}{\lambda}=\phi+\frac{1}{2}m v^2_{max}$$

E: طاقة الفوتون
ϕ: دالة الشغل
KE_{max}: طاقة الحركة القصوى للإلكترونات الضوئية
h: ثابت بلانك
f: تردد الضوء الساقط
m: كتلة الإلكترون
v_{max}: السرعة القصوى للإلكترونات الضوئية

الإلكترون يستطيع امتصاص طاقة فوتون واحد فقط، وهذه الطاقة:

- يستخدمها الإلكترون ليتحرر من الفلز **(دالة الشغل ϕ)**
- الطاقة المتبقية يكتسبها كـ**طاقة حركة قصوى KE_{max}**

تردد العتبة، طول موجة العتبة، دالة الشغل **جميعها خواص للفلز** أي تختلف باختلاف نوع الفلز

لحساب السرعة القصوى للإلكترونات الضوئية :

1. نحسب قيمة طاقة الحركة القصوى $(KE_{max}=hf-\phi)$
2. نعيد ترتيب معادلة طاقة الحركة $(v=\sqrt{\frac{2KE_{max}}{m}})$

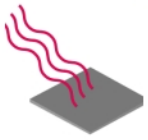
العوامل المؤثرة على

أ. صفية الحضرمية

طاقة الحركة القصوى للإلكترونات الضوئية

تتناسب طردياً مع **تردد الضوء**
عندما يكون تردد الضوء أكبر من تردد العتبة للفلز

إذا كان تردد الفوتون أقل من تردد العتبة($f<f_o$)

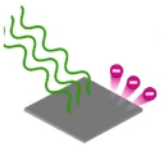


(طاقة الفوتون أقل من دالة الشغل)
لا تتحرر الإلكترونات من سطح الفلز

إذا كان تردد الفوتون= تردد العتبة($f=f_o$)

طاقة الفوتون= دالة الشغل

$$\phi = hf_o = \frac{hc}{\lambda_o}$$

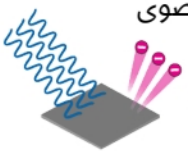


تتحرر الإلكترونات لكن لا تكتسب طاقة حركة
$KE_{max}=0$

إذا كان تردد الفوتون أكبر من تردد العتبة($f>f_o$)

طاقة الفوتون= دالة الشغل+ طاقة الحركة القصوى

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



تتحرر الإلكترونات وتكتسب طاقة حركة

شدة التيار الكهروضوئي

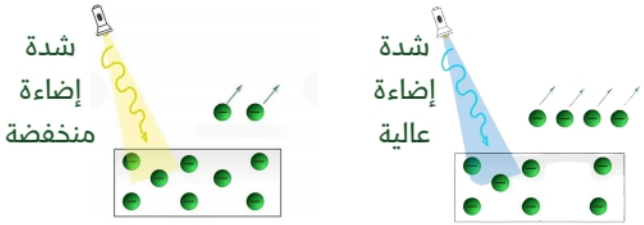
تتناسب طردياً مع **شدة الضوء**
عندما يكون تردد الفوتون أكبر من تردد العتبة للفلز

إذا كان تردد الفوتون أقل من تردد العتبة($f<f_o$)

(طاقة الفوتون أقل من دالة الشغل)
لا تتحرر الإلكترونات مهما زادت شدة الضوء الساقط

إذا كان تردد الفوتون أكبر من أو يساوي تردد العتبة ($f \geq f_o$)

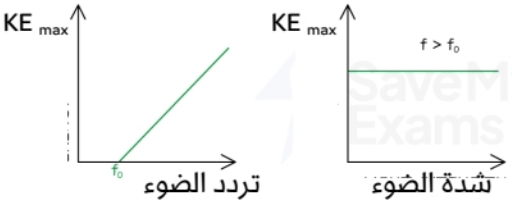
(طاقة الفوتون أكبر من أو تساوي دالة الشغل)
تتحرر الإلكترونات الضوئية ويزداد عددها بزيادة شدة الضوء
أي تزداد شدة التيار الكهروضوئي
لكن جميع الإلكترونات المنبعثة تتحرك بنفس السرعة



عند حدوث ظاهرة التأثير الكهروضوئي
(أي عندما يكون تردد الضوء أكبر من تردد العتبة للفلز)

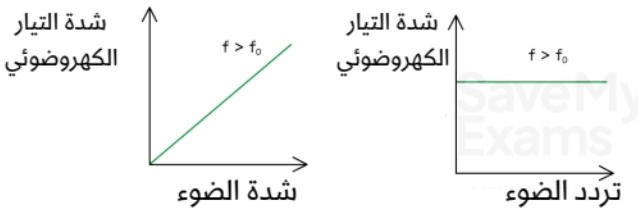
طاقة الحركة القصوى للإلكترونات الضوئية

تعتمد على **تردد الضوء** الساقط ولا تعتمد على شدته



شدة التيار الكهروضوئي

تعتمد على **شدة الضوء** الساقط ولا تعتمد على تردده



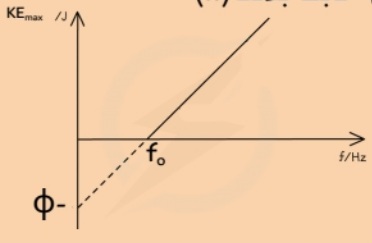
منحنيات طاقة الحركة القصوى للإلكترونات الضوئية

طاقة الحركة وتردد الضوء

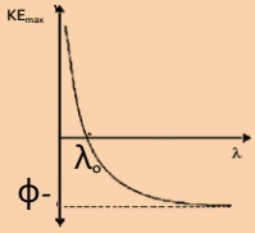
من معادلة الخط المستقيم y= mx+b

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

الجزء المقطوع من المحور السيني= تردد العتبة $(f_o = \frac{\phi}{h})$
الجزء المقطوع من المحور الصادي= -دالة الشغل $(-\phi)$
الميل= ثابت بلانك(h)



طاقة الحركة والطول الموجي الضوء

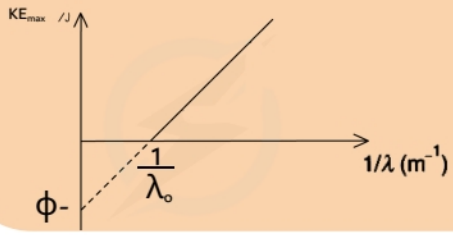


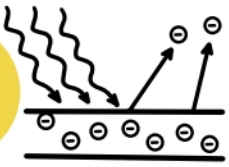
طاقة الحركة ومقلوب الطول الموجي للضوء

من معادلة الخط المستقيم y= mx+b

$$KE_{max} = \frac{hc}{\lambda} - \phi$$

الجزء المقطوع من المحور السيني= $(\frac{1}{\lambda_o})$
الجزء المقطوع من المحور الصادي= -دالة الشغل $(-\phi)$
الميل= ثابت بلانك× سرعة الضوء(hc)





ظاهرة التأثير الكهروضوئي **تثبت الطبيعة الجسيمية للضوء** وجميع الموجات الكهرومغناطيسية

أ. صفية الحضرمية

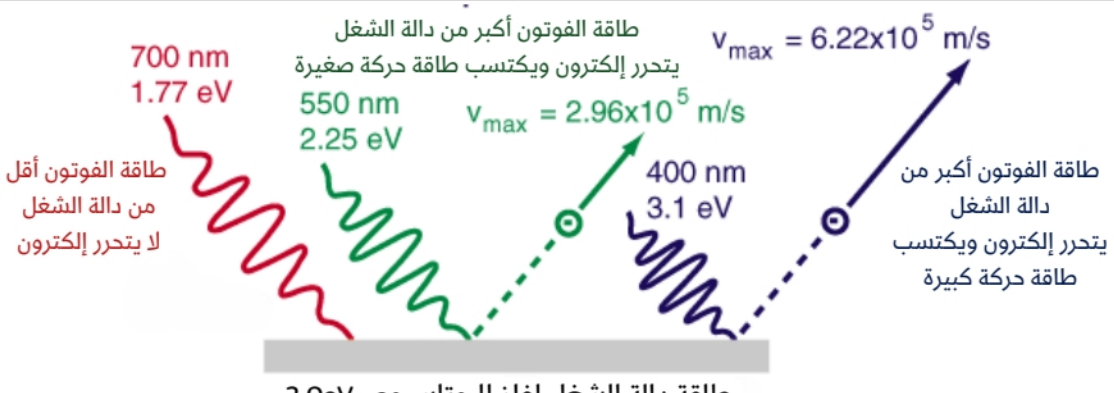
النموذج الموجي للضوء يفترض أن الضوء:

- ينتقل على شكل موجات مستمرة،
- تُوزَّع طاقته تدريجيًا مع مرور الوقت،
- عند زيادة شدة الضوء، تزداد الطاقة الكلية المنتقلة بالموجة في الثانية.

النموذج الجسيمي للضوء يفترض أن الضوء :

- مكون من جسيمات صغيرة تُسمى فوتونات
- يحمل كل فوتون طاقة تعتمد فقط على تردده (E=hf).
- عند زيادة شدة الضوء، تزداد عدد الفوتونات، لكن تبقى طاقة كل فوتون ثابتة

ما يتوقعه النموذج الموجي للضوء	ملاحظات ظاهرة التأثير الكهروضوئي	تفسير الظاهرة وفق النموذج الجسيمي للضوء (الفوتونات)
أي تردد من الضوء يمكن أن يسبب انبعاث إلكترونات إذا طالت مدة التعرض بما فيه الكفاية.	لا ينبعث إلكترون إذا كان تردد الضوء أقل من تردد العتبة، مهما زادت شدة الضوء أو مدة التعرض.	كل فوتون يجب أن يمتلك طاقة أكبر من طاقة دالة الشغل لتحرير الإلكترون
الإلكترونات تمتص الطاقة تدريجياً من الموجة المستمرة إلى أن تحصل على الطاقة الكافية للتحرر (يستغرق وقت أطول)	ينبعث الإلكترون فورًا بمجرد سقوط الضوء ذي التردد المناسب على سطح الفلز.	الفوتون ينقل طاقته مباشرة للإلكترون في لحظة التصادم؛ إذا كانت الطاقة كافية، يحدث الانبعاث فورًا.
الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة تزداد مع زيادة شدة الضوء.	الطاقة الحركية تعتمد فقط على تردد الضوء، وليس شدته.	طاقة الفوتون تعتمد فقط على تردده (E=hf)، وليس شدته، والطاقة الحركية = طاقة الفوتون – دالة الشغل.
زيادة شدة الضوء تعني زيادة طاقة كل فوتون وبالتالي تزداد طاقة حركة الإلكترونات.	زيادة شدة الضوء تؤدي إلى انبعاث عدد أكبر من الإلكترونات، لكن لا تؤثر على طاقتها الحركية.	الشدة الأعلى تعني وجود عدد أكبر من الفوتونات، وبالتالي مزيد من الإلكترونات المنبعثة، لكن طاقة كل فوتون لا تتغير.



8- 3 للفوتونات كمية تحرك أيضاً

كمية التحرك للفوتون

للضوء كمية تحرك، إذ يصطدم الفوتون بالأجسام ويؤثر عليها بقوة، كما تفعل الجسيمات ذات الكتلة، لأن لديه طاقة رغم أنه ليس له كتلة سكون

المعادلة

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

P: كمية التحرك للفوتون
E: طاقة الفوتون
c: سرعة الضوء في الفراغ

وحدة القياس

أ. صفية الحضرمية

$kg\ m\ s^{-1}$ $N\ s$

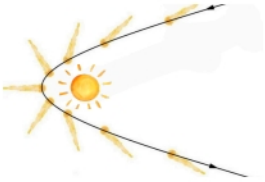
التأثير

ضغط الإشعاع

الضوء يمكن أن يُحدث قوة على الأجسام فيؤثر عليها بضغط.

مثال

يؤثر ضوء الشمس بضغط على ذيل المذنبات، فتتجه بعيداً عنها



لحساب مقدار الضغط الذي يؤثر به الضوء على سطح ما

1. نحسب طاقة الفوتون الواحد: $E= hf=\frac{hc}{\lambda}$
2. نحسب كمية التحرك لكل فوتون: $P=\frac{E}{c}$
3. معدل تدفق الفوتونات (عدد الفوتونات في الثانية)= $\frac{\text{القدرة}}{\text{طاقة الفوتون الواحد(E)}}$
4. نحسب مقدار القوة المؤثرة على السطح:

القوة= معدل التغير في كمية التحرك
القوة= عدد الفوتونات في الثانية× كمية التحرك لكل فوتون

5. الضغط = $\frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$

يمكن التحقق من مقدار الضغط الذي يؤثر به الضوء:

القوة= $\frac{\text{القدرة}}{\text{سرعة الضوء}}$

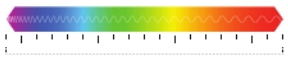
الضغط= $\frac{\text{القدرة}}{\text{المساحة× سرعة الضوء}}$ = $\frac{\text{شدة الضوء}}{\text{سرعة الضوء}}$

- شدة الضوء= $\frac{\text{القدرة}}{\text{المساحة}}$

8- 4 الأطياف الخطية

الطيف المرئي (طيف الضوء الأبيض)

أ. صفية الحضرمية

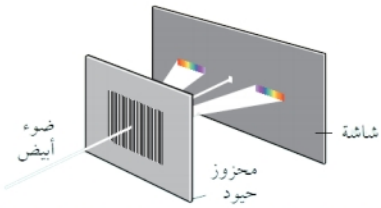


الطيف المستمر

طيف انبعاث يتكون من **سلسلة متصلة** من الأطوال الموجية

ينتج عن "عملية التشتت" تجزئة الضوء إلى الأطوال الموجية المكونة له من خلال طريقتين

محزوز الحيود



المنشور

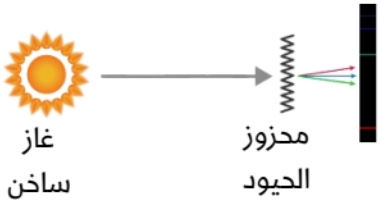
الطيف الخطي

أ. صفية الحضرمية

طيف الانبعاث الخطي

طيف **بخطوط ملونة** ساطعة متوازية ذات أطوال موجية محددة

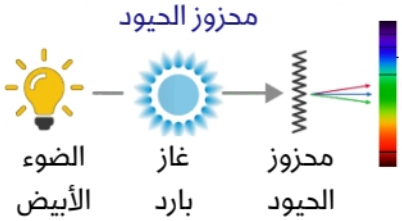
ينتج عند استخدام محزوز الحيود لمشاهدة غاز ساخن



طيف الامتصاص الخطي

طيف به **خطوط سوداء** متوازية ذات أطوال موجية محددة ترى على خلفية طيف مستمر

ينتج عند تسليط الضوء الأبيض عبر غاز بارد والنظر إلى الطيف باستخدام محزوز الحيود



مستويات الطاقة (حالات الطاقة)

المفهوم

حالات طاقة مكممة للإلكترون في ذرة ما.

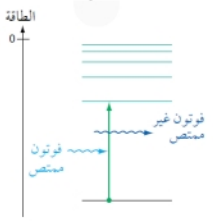
مكممة

كمية يمكن ملاحظتها بقيم منفصلة أو محددة.

طاقة الإلكترون تكون قيمة محددة تساوي الطاقة في المستوى الذي يوجد به ولا يمكن أن يكون له طاقة بين مستويين

تكون الأطياف الخطية

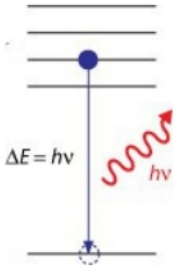
- الضوء يتكون من فوتونات لها طاقة محددة ($E=hf=\frac{hc}{\lambda}$).
- يتفاعل الضوء مع المادة:
  الإلكترونات تمتص طاقة الفوتونات أو تفقد طاقتها وتبعث فوتونات
  فقط إذا كانت طاقة الفوتون تساوي الفرق بين مستويين للطاقة



طيف الانبعاث الخطي

ناتج عن انبعاث الضوء من الذرات

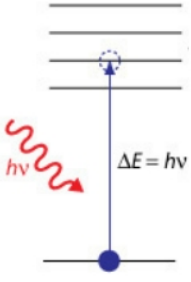
الإلكترون يفقد الطاقةعند الانتقال من مستوى طاقة عالي إلى مستوى طاقة منخفض فيبعث فوتون



طيف الامتصاص الخطي

ناتج عن امتصاص الذرات للضوء

الإلكترون يمتص طاقة الفوتون عند الانتقال من مستوى طاقة منخفض إلى مستوى طاقة أعلى



المعادلة

وفق قانون حفظ الطاقة: انتقال إلكترون واحد مسؤول عن امتصاص أو انبعاث فوتون واحد فقط

طاقة الفوتون= فرق الطاقة بين المستويين الذي انتقل بينهما الإلكترون

(إذا انتقل الإلكترون من مستوى طاقته E1 إلى مستوى آخر طاقته E2)

طاقة الفوتون=ΔE

$$\Delta E = E_1 - E_2$$

$$hf = E_1 - E_2$$

$$\frac{hc}{\lambda} = E_1 - E_2$$

لحساب تردد الإشعاع f:

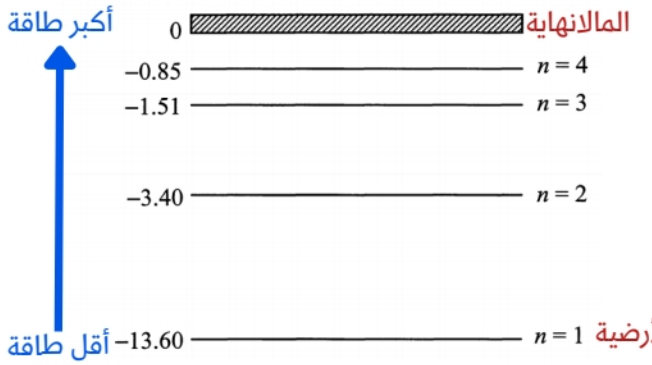
$$f = \frac{\Delta E}{h}$$

لحساب الطول الموجي للإشعاع λ:

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

وصف مخطط مستويات الطاقة

أ. صفية الحضرمية



المستوى الأول (n=1)

تكون طاقة الإلكترون أقل ما يمكن ويسمى:

- **الحالة الأرضية**: أدنى حالة أو مستوى طاقة يمكن أن يشغلها إلكترون في ذرة.

(تزداد طاقة الإلكترون كلما انتقل إلى مستوى أعلى بعيداً عن النواة)

الطاقة لها قيم سالبة

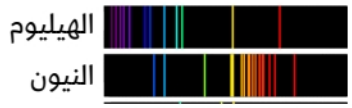
أي يجب توفير قوة خارجية لإزالة الإلكترون من الذرة

- **الإلكترون داخل النواة:** يكون لديه طاقة وضع سالبة بسبب القوى الجاذبية للنواة الذرية
- **الإلكترون الحر** يخرج من الذرة نهائياً إلى المالانهاية (فتتأين الذرة): طاقته تساوي صفر

(إذا امتص الإلكترون فوتون طاقته تساوي طاقة المستوى الذي يوجد عليه فإنه يتحرر وتتأيين الذرة) $E_2=0$

$\Delta E = E_1$

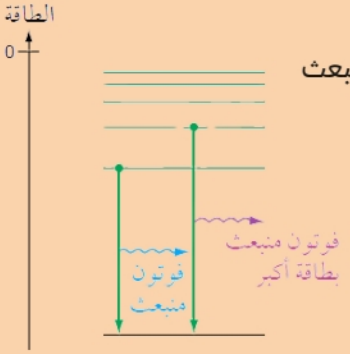
المسافات بين مستويات الطاقة



ذرات العناصر المختلفة لها أطياف خطية مختلفة ومميزة (لها مجموعة محددة من الأطوال الموجية)؛ لأن المسافات بين مستويات الطاقة تختلف من ذرة لأخرى.

- خطوط طيف **الانبعاث** الخطي لغاز معين هي نفس خطوط طيف **الامتصاص** الخطي (أي عند الأطوال الموجية نفسها)

لأن كلاهما ناتج عن انتقال الإلكترونات بين مستويات الطاقة نفسها، وبالتالي إما أن يُمتص الفوتون أو ينبعث بالتردد نفسه



- كلما انتقل الإلكترون بين مستويات طاقة متباعدة أكثر

ازداد مقدار التغير في الطاقة بين المستويينΔE، وبالتالي تزداد طاقة الفوتون الممتص أو المنبعث (يزداد تردد الإشعاع الكهرومغناطيسي ويقل الطول الموجي)

- اشارة طاقة الفوتون ΔE تحدد نوع الطيف الخطي المتكون:

سالبة $-\Delta E$: طيف امتصاص خطي ، موجبة$+\Delta E$: طيف انبعاث خطي

- سبب ظهور خطوط معتمة في طيف الامتصاص الخطي:

عند مرور ضوء أبيض عبر غاز بارد، يستثار الإلكترون وينتقل إلى مستوى طاقة أعلى نتيجة امتصاص طاقة فوتون (بطول موجي معين) ومع الوقت يفقد طاقته وينتقل إلى مستوى طاقة أقل أي يبعث الفوتون، لكن **يتم إعادة انبعاثه في اتجاهات مختلفة غير الاتجاه الاصلي للضوء الأبيض** وبالتالي تقل شدة الفوتونات لهذا الطول الموجي، في حين تستمر فوتونات الضوء الأبيض التي لا تنطبق طاقتها مع الفرق بين مستويات الطاقة في الاتجاه الأصلي؛ لذا تظهر خطوط سوداء على طيف الامتصاص الخطي)

8-5 ثنائية (ازدواجية) الموجة والجسيم

ازدواجية الموجة والجسيم

أ. صفية الحضرمية

الاشعاع الكهرومغناطيسي

الطبيعة الموجية

ينتشر الضوء في الفراغ كموجة

الدليل:

- حيود الضوء
- التداخل

الطبيعة الجسيمية

يتفاعل الضوء كجسيم (فوتون) مع المادة (مثل الإلكترونات)

الدليل:

- التأثير الكهروضوئي
- عداد جيجر
- الأطياف الخطية

إذاً للاشعاع الكهرومغناطيسي (مثل الضوء) طبيعة ثنائية مزدوجة (ثنائية الموجة والجسيم)

الجسيمات

الطبيعة الموجية

ينتقل الإلكترون عبر الفضاء كموجة

الدليل:

حيود الإلكترونات

الطبيعة الجسيمية

يتفاعل الإلكترون مع المادة كجسيم

الدليل:

ميكانيكا نيوتن

إذاً للجسيمات (مثل الإلكترونات) طبيعة ثنائية مزدوجة (ثنائية الموجة والجسيم)

للجسيمات طبيعة موجية عندما تتحرك

أي لها طول موجي

طول موجة دي بروي

المفهوم

طول الموجة المصاحب لجسيم متحرك

المعادلة

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

بما أن كمية التحرك للجسيمات: $P=mv$

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

λ: طول موجة دي بروي

h: ثابت بلانك

P: كمية التحرك

m: كتلة الجسيم

v: سرعة الجسيم

العوامل المؤثرة

- **الكتلة** (علاقة عكسية)

كلما ازدادت كتلة الجسيم، يقل الطول الموجي المصاحب له عند تحركه

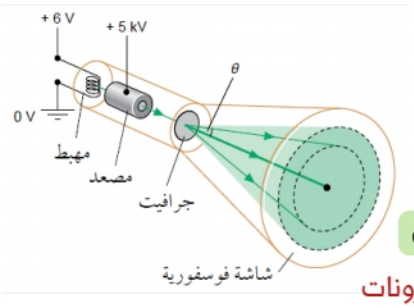
لذا لا تظهر الطبيعة الموجية للأجسام الكبيرة مثل البشر، لأن الحيود يكون غير واضح فعرض الفجوة التي تمر منها الأجسام الكبير أكبر بكثير من الطول الموجي المصاحب.

- **السرعة** (علاقة عكسية)

كلما ازدادت سرعة الجسيم، يقل الطول الموجي المصاحب له

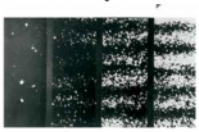
الدليل

حيود الإلكترونات



باستخدام **أنبوب حيود الإلكترونات**

- يتم تسريع الإلكترونات بواسطة تطبيق فرق جهد كهربائيV بين المهبط السالب والمصعد الموجب، فتتحرك الإلكترونات بسرعة عالية
- تمر الإلكترونات عبر عينة رقيقة من الجرافيت متعدد البلورات، تتكون من ذرات الكربون مرتبة في طبقات ذرية منتظمة
- تنفذ الإلكترونات من شريحة الجرافيت عبر الفجوات والمسافات بين طبقات ذرات الكربون (كأنها محزوز حيود)
- تحيد الإلكترونات لأن المسافة بين الطبقات الذرية يساوي تقريباً طول موجة دي بروي للإلكترونات وتظهر حلقات حيود على شاشة الفسفور وهذا دليل على الطبيعة الموجية للجسيمات
- تظهر الشاشة وميض لكل إلكترون يصطدم بها بشكل فردي، ثم تتراكم الومضات لتعطي شكل الحيود. فالومضات المتكونة على الشاشة على شكل بقع دليل على الطبيعة الجسيمية للإلكترونات



ثابت بلانك h يربط **الخاصية الجسيمية** (كمية التحرك) و**الخاصية الموجية** (طول موجة دي بروي) للمادة.

سرعة الإلكترون

أ. صفية الحضرمية

طريقة حسابها

عند تسريع الإلكترون بواسطة فرق جهد كهربائي Vيكتسب طاقة حركةKE:

$$eV = KE$$

$$eV = \frac{1}{2} m v^2$$

لحساب سرعة الإلكترون:

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

علاقتها بالطول الموجي

(علاقة عكسية)

كلما ازدادت سرعة الإلكترونات،

يقل طول موجة دي بروي المصاحب لها

نمط الحيود الدائري المتكون على الشاشة الفسفورية يمثل بالعلاقة:

$$\lambda = 2d \sin\Theta$$

حيث d: مسافة التباعد بين الطبقات الذرية

Θ:زاوية حيود الإلكترونات

عند زيادة فرق الجهد الكهربائيV بين المصعد والمهبط

تزداد طاقة حركة الإلكتروناتKE

فتزداد سرعة الإلكتروناتv

ويقل الطول الموجيλ

فتقل زاوية حيود الإلكتروناتΘ

ينشأ نمط حيود منكمش (حلقات متقاربة)

عند خفض فرق الجهد الكهربائيV بين المصعد والمهبط

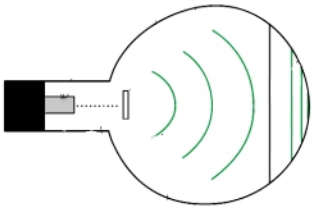
تقل طاقة حركة الإلكتروناتKE

فتقل سرعة الإلكتروناتv

ويزداد الطول الموجيλ

فتزداد زاوية حيود الإلكتروناتΘ

ينشأ نمط حيود واسع (حلقات متباعدة)



- **يظهر حيود** الموجات المصاحبة للجسيمات عندما يكون طول موجة دي بروي لها تساوي تقريباً عرض الفجوة التي تعبرها

(تحيد الإلكترونات عندما تكون المسافة الفاصلة بين ذرات المادة التي تعبرها تساوي تقريباً طول موجة دي بروي للإلكترون)

- **لا يحدث حيود بشكل واضح** إذا كان طول موجة دي بروي للإلكترون أصغر بكثير من المسافة الفاصلة بين الذرات.

- تستخدم المعادلة: $\lambda = \frac{h}{P}$ لحساب الطول الموجي **للجسيمات وللأشعة الكهرومغناطيسية**:

معادلة حساب كمية تحرك الأشعة الكهرومغناطيسية: $P = \frac{E}{c}$

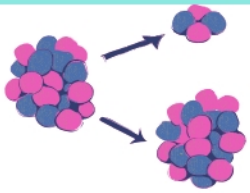
بالتعويض بطاقة الفوتون: $E = \frac{hc}{\lambda}$

$$P = \frac{E}{c} = \frac{hc}{\lambda c} = \frac{h}{\lambda}$$

9-1 المعادلات النووية

التفاعلات النووية

أ. صفية الحضرمية



تفاعلات الانحلال الاشعاعي

تحدث عندما تفقد النواة غير المستقرة (النواة الأم) الطاقة عن طريق انبعاث جسيمات أو إشعاع، مما يجعلها أكثر استقرارًا (النواة الوليدة)

انحلال ألفا (α): نواة ذرة الهيليوم $_2^4He$

ينتج عنصر جديد

- يقل عدد النيوكليونات بمقدار 4
- يقل عدد البروتونات بمقدار 2

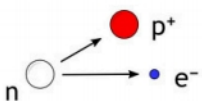
$$_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}_2^4He$$

انحلال بيتا السالب(β-): إلكترون $_{-1}^0e$

ينتج عنصر جديد

- لا يتغير عدد النيوكليونات
- يزيد عدد البروتونات بمقدار 1

$$_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^{A}Y + {}_{-1}^0e$$



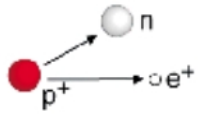
ينبعث الإلكترون من النواة، من خلال انحلال نيوترون إلى بروتون وإلكترون

انحلال بيتا الموجب(β+): بوزيترون $_{+1}^0e$

ينتج عنصر جديد

- لا يتغير عدد النيوكليونات
- يقل عدد البروتونات بمقدار 1

$$_Z^AX \rightarrow {}_{Z-1}^{A}Y + {}_{+1}^0e$$



ينبعث البوزيترون من النواة، من خلال انحلال بروتون إلى نيوترون وبوزيترون

اشعاع جاما(γ)

لا ينتج عنصر جديد

- لا يتغير عدد النيوكليونات
- لا يتغير عدد البروتونات

$$_Z^AX \rightarrow {}_Z^AX + {}_0^0\gamma$$

طريقة وزن المعادلات النووية

حتى تكون المعادلة موزونة، يجب أن يتوفر هذين الشرطين:

العدد الكتلي (عدد النيوكليونات)A محفوظ

مجموع عدد النيوكليونات في الطرف الأيمن= مجموع عدد النيوكليونات في الطرف الأيسر

العدد الذري (عدد البروتونات) Z محفوظ

مجموع عدد البروتونات في الطرف الأيمن= مجموع عدد البروتونات في الطرف الأيسر

مثال: $_{92}^{238}U \rightarrow {}_{90}^{234}Th + {}_2^4He$

عدد النيوكليونات: الطرف الأيمن: 4+ 234=238
الطرف الأيسر: 238

عدد البروتونات: الطرف الأيمن: 2+ 90= 92
الطرف الأيسر: 92

الطرف الأيمن= الطرف الأيسر، **إذن المعادلة موزونة**

يكتب رمز العنصر : $_Z^AX$

- X: رمز العنصر
- Z: العدد الذري= عدد البروتونات
- A: العدد الكتلي= عدد النيوكليونات= عدد البروتونات+ عدد النيوترونات
- لحساب **عدد النيوترونات**= عدد النيوكليونات- عدد البروتونات (n= A-Z)

رموز الجسيمات النووية:

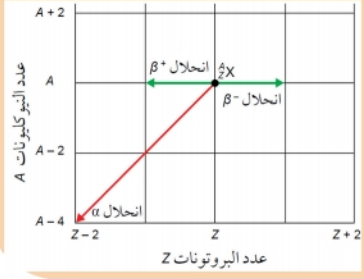
النيوترون ($_0^1n$)، البروتون ($_1^1P$، $_1^1H$)، الإلكترون ($_{-1}^0e$)، البوزيترون ($_{+1}^0e$)، ألفا ($_2^4He$)

انتبه: عند وزن المعادلة **يضرب** عدد الجسيمات (العدد الذي يكتب قبل رمز الذرة أو الجسيم)في كل من عدد النيوكليونات وعدد البروتونات

مثال: $_{92}^{235}U + {}_0^1n \rightarrow {}_{56}^{140}Ba + {}_{36}^{93}Kr + 3\ {}_0^1n$

عدد النيوكليونات: الطرف الأيمن: 1×3+93+140 =236
الطرف الأيسر: 1+235= 236

عدد البروتونات: الطرف الأيمن: 56+ 36 +0×3= 92
الطرف الأيسر: 92=0+92



ينتج من احلال ألفا وبيتا الموجب والسالب عناصر جديدة لان عدد البروتونات يتغير، أما انبعاث اشعاع جاما لا يؤثر على عدد البروتونات وبالتالي يبقى العنصر نفسه:

9- 2 الكتلة والطاقة

تكافؤ الطاقة والكتلة

أ. صفية الحضرمية

معنى تكافؤ الكتلة والطاقة

المقدار الكلي لـ"الكتلة والطاقة" يبقى ثابت في النظام

الكتلة +الطاقة بعد التفاعل=الكتلة +الطاقة قبل التفاعل

قد تتحول الطاقة إلى كتلة والكتلة إلى طاقة

معادلة الكتلة- الطاقة لاينشتاين

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

(توضح المعادلة أن كمية صغيرة من الكتلة يمكن أن تتحول إلى كمية هائلة من الطاقة)

ΔE:التغير في الطاقة بوحدة الجول(J)

Δm:التغير في الكتلة بوحدة الكيلوجرام (kg)

c: سرعة الضوء في الفراغ ($c= 3\times10^8 ms^{-1}$)

يتناسب التغير في الطاقة **طردياً** مع التغير في الكتلة

$\Delta E \propto \Delta m$

عندما يزود النظام بالطاقة تزداد كتلته (+Δm)

مثال: تفكيك النواة إلى نيوكليونات مفردة

يتطلب بذل شغل

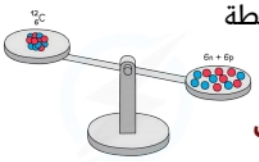
النيوكليونات ⟵ طاقة + النواة المفردة

عندما تنبعث الطاقة من النظام تتناقص كتلته(-Δm)

مثال:عند تشكيل النواة من نيوكليونات مفردة

تتحرر طاقة

طاقة + النواة ⟵ النيوكليونات المفردة



النيوكليونات المفردة تملك طاقة أكبر من النواة المترابطة

وبالتالي كتلة النيوكليونات المفردة أكبر من النواة

وهذا يعني أن الأجسام عندما تكون في حالة **طاقة أعلى** كتلتها أكبر من كتلتها وهي في حالة طاقة أدنى

تملك الأجسام طاقة حتى وإن كانت ساكنة $E=mc^2$:

- كتلة أصغر: طاقة أقل
- كتلة أكبر: طاقة أكبر

الأجسام عندما تتحرك تملك طاقة أكبر(تكتسب طاقة فتزداد كتلتها) وبالتالي كتلة الجسم المتحرك أكبر من كتلة السكون.

لحساب مقدار الزيادة في كتلة الجسم عندما يتحرك:

1-نحسب مقدار التغير في الطاقة= الطاقة الحركية

$\Delta E=KE=\frac{1}{2} m v^2$ (m:كتلة السكون)

2-نحسب التغير في الكتلة

= التغير في الطاقة/ مربع السرعة في الفراغ $\Delta m=\frac{\Delta E}{c^2}$

النقص في الكتلة

المفهوم

الفرق بين مجموع كتل النيوكليونات منفردة وكتلة النواة.

طريقة حسابها

النقص في الكتلة= كتلة النواة - مجموع كتل النيوكليونات

= كتلة النواة- (عدد البروتونات×كتلة البروتون+ عدد النيوترونات×كتلة النيوترون)

الإشارة السالبة دليل على نقص كتلة النظام

دلالتها

نقص كتلة النظام دليل على تحرر أو انبعاث طاقة

كتلة النواة أصغر دائماً من كتلة مجموع كتل النيوكليونات المفردة

لذا عند تشكيل النواة من النيوكليونات المنفردة تقل كتلة النظام وتنبعث طاقة.

خطوات حساب مقدار الطاقة المنبعثة عند تشكيل النواة:

1. حدد عدد البروتونات والنيوترونات في النواة
2. احسب مقدار النقص في الكتلة Δm
3. اضرب مقدار النقص في الكتلة في مربع السرعة في الفراغ $\Delta E= \Delta m c^2$

تقاس كتلة النواة بوحدة:الكيلوجرام (kg) أو وحدة الكتل الذرية (u): تمثل1/12 من كتلة ذرة كربون-12

$1u= 1.6605\times10^{-27} kg$

تذكر: الكتلة في المعادلة $\Delta E= \Delta m c^2$ تحسب بوحدة الكيلوجرام (kg)، للتحويل:

- من وحدة الكتل الذرية إلى الكيلوجرام: نضرب في 1.6605×10^{-27}
- من الكيلوجرام إلى وحدة الكتلة الذرية: نقسم على 1.6605×10^{-27}

(وحدة الكتلة الذرية= الكتلة المولية بالجرام: تساوي تقريباً عدد النيوكليونات)

الكتلة المولية بالجرام= (كتلة النواة بوحدة الكتل الذرية $\times 1.6605\times10^{-27}$) $\times 10^3 \times$ عدد افوجادرو

= (كتلة النواة بالكيلوجرام $\times 10^3$) $\times$ عدد افوجادرو

= كتلة النواة بالجرام × عدد افوجادرو

9- 3 الطاقة المنبعثة في الانحلال الاشعاعي

الطاقة المتحررة في التفاعلات النووية

أ. صفية الحضرمية

سببها

نقص في كتلة النظام،
لأن مجموع كتل الأنوية بعد الانحلال
أقل من مجموع كتل الأنوية قبل الانحلال

شكلها

طاقة حركة تكتسبها الجسيمات
المنبعثة (ألفا أو بيتا) والأنوية الناتجة

طريقة حسابها

1. احسب مقدار النقص في الكتلة Δm
(مجموع كتل الأنوية بعد التفاعل- مجموع كتل الأنوية قبل التفاعل)
الإشارة السالبة دليل على نقص كتلة النظام

2. اضرب مقدار النقص في الكتلة في مربع السرعة في الفراغ $\Delta E= \Delta mc^2$

في تفاعلات الانحلال الاشعاعي:
النواة غير المستقرة (النواة الأم) لديها طاقة عالية وكتلتها كبيرة،
تبعث جزء من طاقتها بانبعاث جسيمات ألفا وبيتا أو اشعاع جاما،
وتنتج نواة أكثر استقرار (النواة الوليدة) لكنها أقل طاقة وبالتالي كتلتها أصغر
الطاقة المنبعثة تكتسبها الجسيمات المتحررة على شكل طاقة حركة

طاقة+ جسيمات ألفا أو بيتا + النواة الوليدة ⟶ النواة الأم
طاقة + كتلة أصغر = كتلة أكبر

الطاقة المتحررة من نواة واحدة: $\Delta E= \Delta mc^2$
الطاقة المتحررة من مول من التفاعل= الطاقة المتحررة من نواة واحدة× عدد افوجادرو (6.02×10^{23})

9- 4 طاقة الربط النووي واستقرار النواة

طاقة الربط النووي

المفهوم

أدنى طاقة خارجية مطلوبة لفصل جميع نيوكليونات نواة ما تماماً إلى ما لا نهاية

كلما كانت النواة أكثر استقرار
ازداد ارتباط النيوكليونات معاً في النواة،
وبالتالي تحتاج إلى طاقة أكبر حتى تتفكك
أي تزداد قيمة طاقة الربط لكل نيوكليون

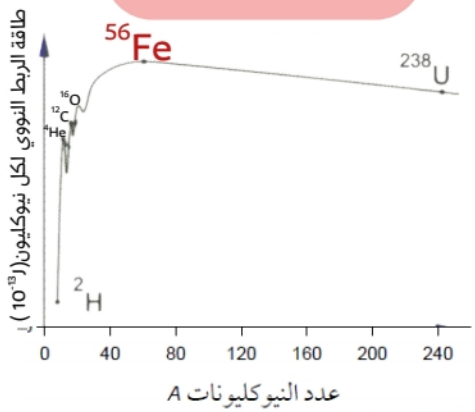
طريقة حسابها

لمقارنة استقرار الأنوية المختلفة،
يجب حساب مقدار طاقة الربط النووي لكل نيوكليون:

1. حدد عدد البروتونات(p=z) والنيوترونات(n=A-Z)
2. احسب مقدار النقص في الكتلة Δm
(مجموع كتل النيوكليونات المفردة- كتلة النواة)
3. احسب مقدار طاقة الربط النووي للنواة:
$\Delta E= \Delta mc^2$
4. احسب مقدار الربط النووي لكل نيوكليون:

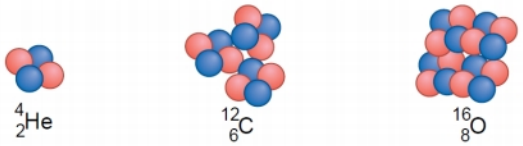
$$\frac{\Delta E}{A} = \frac{\text{طاقة الربط النووي للنواة}}{\text{عدد النيوكليونات}}$$

التمثيل البياني



الأنوية الخفيفة (A< 20): لها طاقة ربط لكل نيوكليون منخفضة وتزداد بشكل كبير كلما ازداد عدد النيوكليونات
الأنوية الأثقل (A> 20): تزداد طاقة ربط نووي لكل نيوكليون ثم تقل تدريجياً كلما ازداد عدد النيوكليونات

- نواة حديد-56 (^{56}Fe): أكثر النظائر استقرار في الطبيعة، لأن لها أكبر طاقة ربط لكل نيوكليون
- نواة الهيليوم ^{4}He مستقرة جداً لأن لها طاقة ربط لكل نيوكليون عالية
- الكربون ^{12}C والأوكسجين ^{16}O من الأنوية المستقرة لأنها تتكون من أنوية هيليوم مترابطة

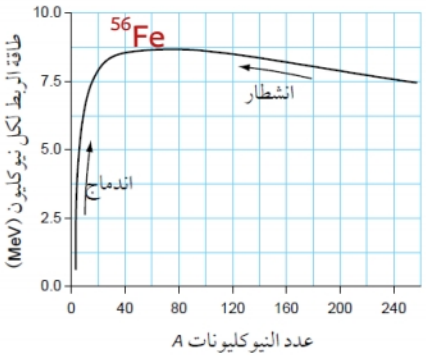


التفاعلات النووية

تحدث لتصبح الأنوية أكثر استقرار

أي تزيد طاقة الربط النووي لكل نيوكليون

تنتج أنوية قريبة من نظير الحديد ^{56}Fe لأنه الأكثر استقرار



للأنوية الثقيلة (A>56)

على يمين عنصر الحديد-56

تحدث عملية **الانشطار النووي**

العملية التي تتجزأ فيها نواة ثقيلة (أقل استقرار) إلى نواتين أصغر (أكثر استقرار)

للأنوية الخفيفة (A<56)

على يسار عنصر الحديد-56

تحدث عملية **الاندماج النووي**

العملية التي ترتبط من خلالها نواتان خفيفتان جداً(أقل استقرار) لتشكلا معاً نواة أثقل(أكثر استقرار)

أ. صفية الحضرمية

تنبعث طاقة من كلا التفاعلين

بسبب

نقص كتلة النظام

(مجموع كتل النواتج أصغر من مجموع كتل المتفاعلات)

لحساب مقدار الطاقة المنبعثة:

1. احسب مقدار النقص في الكتلة Δm

(مجموع كتل الأنوية بعد التفاعل- مجموع كتل الأنوية قبل التفاعل)

الإشارة السالبة دليل على نقص كتلة النظام

2. اضرب مقدار النقص في الكتلة في مربع السرعة في الفراغ

$\Delta E = \Delta mc^2$

زيادة طاقة الربط النووي الكلية

(مجموع طاقة الربط للنواتج أكبر من مجموع طاقة الربط للمتفاعلات)

لحساب مقدار الطاقة المنبعثة:

1. احسب مقدار طاقة الربط لجميع الأنوية:

طاقة الربط الكلية = طاقة الربط لكل نيوكليون× عدد النيوكليونات

2. احسب مقدار الفرق في طاقة الربط:

الطاقة المنبعثة= **مجموع طاقة الربط للأنوية بعد التفاعل- مجموع طاقة الربط للأنوية قبل التفاعل**

أوجه التشابه بين الاندماج والانشطار النووي:

- نقص كتلة النظام
- زيادة طاقة الربط النووي لكل نيوكليون
- انبعاث طاقة
- انتاج أنوية أكثر استقرار

- في الاندماج تزداد طاقة الربط النووي بشكل كبير مقارنة بالانشطار، وبالتالي ع**ملية الاندماج تحرر طاقة أكبر من الانشطار**
- لا يحدث اندماج للأنوية الثقيلة (A>40) ولا يحدث انشطار للأنوية الخفيفة (A<20):
  لأنه **ستنتج أنوية طاقة الربط النووي لكل نيوكليون لها أصغر من طاقة الربط النووي لكل نيوكليون للأنوية الأصلية.**
- النيوترون والبروتون (الهيدروجين $_1^1H$)تحتوي على نيوكليون واحد فقط، لذا **طاقة الربط النووي لها =صفر**
- لتحويل الطاقة من وحدة الجول J إلى وحدة MeV: نقسم على 1.6×10^{-19} ثم نضرب في 10^{-6}

9- 5 العشوائية والانحلال الإشعاعي

طبيعة الانحلال الإشعاعي

عشوائي

غير منتظم، لا يمكن التنبؤ بوقت تحلل نواة مفردة.

السبب:

1. يستحيل التنبؤ بوقت تحلل نواة معينة في عينة ما.
2. كل نواة في العينة لديها فرصة الانحلال نفسها لكل وحدة زمنية.

تلقائي

أ. صفية الحضرمية

كل نواة تنحل باستقلالية عن الأنوية المجاورة لها وعن العوامل البيئية

السبب:

1. انحلال نواة معينة لا يتأثر بوجود أنوية أخرى.
2. انحلال الأنوية لا يمكن أن يتأثر بالتفاعلات الكيميائية أو العوامل الخارجية مثل درجة الحرارة والضغط.

معدل العد

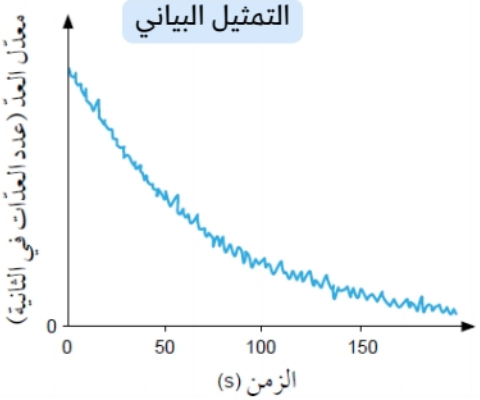
كيفية تحديده

باستخدام عداد جيجر ومقياس معدل العد يتم حساب عدد جسيمات ألفا أو بيتا أو فوتونات جاما المنبعثة من المادة المشعة خلال فترة زمنية محددة تسمى الثابت الزمني ثم يحسب متوسط العدد في الثانية.

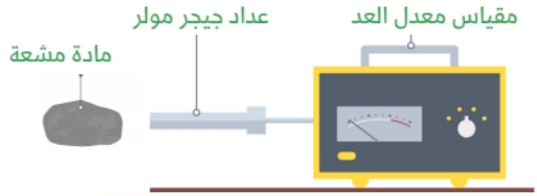
سبب الاستخدام

لا يمكن التنبؤ بالعد الفردي للانحلال الاشعاعي بسبب طبيعته العشوائية

التمثيل البياني



- يتناقص معدل العد مع مرور الزمن؛ لأن الأنوية المتبقية تتناقص
- تظهر تذبذبات على جانبي المنحنى إلى الأعلى وإلى الأسفل، كدليل على الطبيعة العشوائية للانحلال الاشعاعي.



عداد جيجر مولر

(جهاز يكشف عن الاشعاع):
يصدر نقر عشوائي غير منتظم

مقياس معدل العد

(جهاز يقيس متوسط الاشعاع خلال فترة زمنية محددة):
يتذبذب المؤشر بين القيم الأعلى والأقل.

يتم ضبط الثابت الزمني لتخفيف التذبذبات السريعة في معدل العد:

كلما زاد الثابت الزمني، تقل التذبذبات في معدل العد

9- 6 نمذجة الانحلال الإشعاعي رياضياً

النشاط الاشعاعي(A)

أ. صفية الحضرمية

المفهوم

معدل انحلال أنوية مصدر مشع

وحدة القياس

البيكريل Bq:

نشاط انحلال واحد لكل ثانية.

$1Bq = 1s^{-1}$

العوامل المؤثرة

عدد الأنوية غير المنحلة N

علاقة طردية

كلما زداد عدد الأنوية غير المنحلة في العينة N، زاد النشاط الاشعاعي A

ثابت الانحلال λ

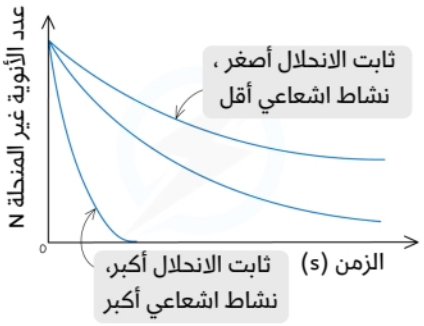
هو احتمال انحلال نواة ما خلال فترة زمنية

يقاس لكل وحدة فترة زمنية

(s^{-1},min^{-1},h^{-1}, day^{-1}, $year^{-1}$...)

علاقة طردية

كلما زداد ثابت الانحلال للنظير λ، زاد النشاط الاشعاعي A



المعادلات

$A = \lambda N$

A: النشاط الاشعاعي

λ: ثابت الانحلال

N: عدد الأنوية غير المنحلة

$A = -\frac{\Delta N}{\Delta t}$

A: النشاط الاشعاعي

ΔN: التغير في عدد الأنوية المنحلة

Δt: الفترة الزمنية

الإشارة السالبة: تعني أن التغير في عدد الأنوية المنحلة سالب أي يتناقص مع الزمن، لكن النشاط الإشعاعي موجب.

- **انتبه: يجب أن يكون النشاط الاشعاعي A وثابت الانحلال λ بنفس الوحدة**

إذا كان النشاط الاشعاعي بوحدة البيكريلBq، فيجب استخدام ثابت الانحلال بوحدة s^{-1}

- **ثابت الانحلال يختلف من مادة لأخرى:** المادة التي لها ثابت انحلال أكبر، أي احتمال أن تنحل بسرعة، يزداد نشاطها الاشعاعي.

معدل العد

المفهوم

عدد جسيمات (بيتا أو ألفا) أو فوتونات أشعة جاما التي تكشف لكل وحدة زمنية بواسطة أنبوب جيجر مولر.

ودائماً ما يكون معدل العد يعد جزء صغير من النشاط الإشعاعي

علاقته بالنشاط الإشعاعيA

معدل العد المسجل R أقل بكثير من النشاط الاشعاعي A

إذ لا يمكن الكشف عن جميع الاشعاعات المنبعثة بواسطة عداد جيجر لعدة **أسباب**:

1. بعض الاشعاع يخرج خارج أجهزة الكشف
2. بعض الاشعاع يمتص داخل العينة نفسها
3. أشعة جاما لا تُكتشف دائمًا (ضعيفة التأيين)
4. العدّاد قد يكون غير فعّال.

كفاءة عمل نظام الكشف

$\text{الكفاءة} = \frac{\text{معدل العد}}{\text{النشاط الإشعاعي}} \times 100\%$

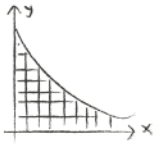
$\text{الكفاءة} = \frac{R}{A} \times 100\%$

- **إشعاع الخلفية:** اشعاع يوجد في الطبيعة بكمية بسيطة تكون مهملة عادة.
- إذا كان لاشعاع الخلفية تأثير، فيجب ايجاد قيمة معدل العد المصحح:

معدل العد المصحح= معدل العد المسجل- اشعاع الخلفية

9- 7 التمثيلات البيانية للانحلال ومعادلاته

أ. صفية الحضرمية



نمط الانحلال الإشعاعي

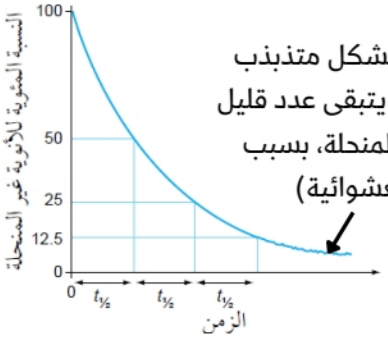
الانحلال الأسي

المفهوم

التناقص في كمية ما بحيث يكون معدل التناقص متناسب مع مقدار الكمية

التمثيل البياني

الشكل



(يظهر المنحنى بشكل متذبذب وغير سلس عندما يتبقى عدد قليل من الأنوية غير المنحلة، بسبب الطبيعة العشوائية)

الخصائص

- خطوط منحنية تتناقص تدريجياً
- تناقص سريع في البداية ثم يبطئ
- لا يصل للصفر بل يقترب منه
- ينخفض للنصف كل عمر نصف

المعادلة

$$x = x_0\, e^{-\lambda t}$$

x_0: الكمية الابتدائية عند t=0

x: الكمية المتبقية عند الزمن t

λ: ثابت الانحلال

x قد تمثل كل من:

عدد الأنوية غير المنحلة

$$N = N_0\, e^{-\lambda t}$$

N_0: عدد الأنوية غير المنحلة الابتدائية عند t=0

N:عدد الأنوية غير المنحلة المتبقية عند الزمن t

النشاط الإشعاعي

$$A = A_0\, e^{-\lambda t}$$

A_0: النشاط الإشعاعي الابتدائي عند t=0

A:النشاط الإشعاعي عند الزمن t

معدل العد

$$R = R_0\, e^{-\lambda t}$$

R_0: معدل العد المسجل الابتدائي عند t=0

R:معدل العد المسجل عند الزمن t

- **يجب أن تنتبه للوحدات:**

إذا كان ثابت الانحلال بوحدة s^{-1} فإن الزمن t يجب أن يكون بوحدة s

- **لحساب نسبة الأنوية غير المنحلة المتبقية=** $\frac{N}{N_0} \times 100\% = e^{-\lambda t} \times 100\%$

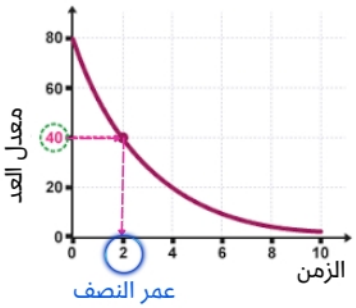
- **لحساب عدد الأنوية =** $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}} \times$ عدد افوجادر= عدد المولات× عدد افوجادرو

$$N = M \times \frac{N_A}{Mr} = n \times N_A$$

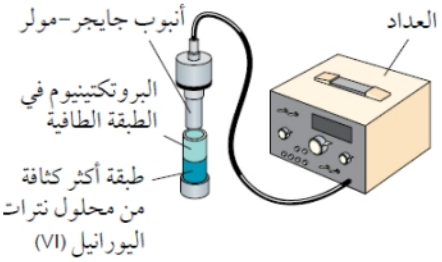
عمر النصف $t_{1/2}$

المفهوم

عمر النصف لنظير ما هو متوسط الزمن الذي يستغرقه نصف الأنوية النشطة في العينة حتى تنحل.



طريقة تحديده



- اختيار نظير عنصر لا ينحل بسرعة كبيرة ولا بطئ شديد مثل البروتكتينيوم-234
- يتم رج القنينة التي تحتوي على محلول اليورانيوم لفصل البروتكتينيوم
- تنبعث جسيمات بيتا، يم التقاطها باستخدام عداد جيجر ويحسب معدل العد باستخدام العداد
- يتم تسجيل عدد العدات في فترات زمنية مدتها 10ثواني
- يرسم تمثيل بياني (معدل العد- الزمن)
- يحدد عمر النصف من المنحنى:

1. حدد معدل العد الابتدائي أو عدد الأنوية غير المنحلة الابتدائية
2. احسب نصف العدد الابتدائي
3. حدد الزمن الذي يقابل نصف العدد الابتدائي

9- 8 ثابت الانحلال λ وعمر النصف $t_{1/2}$

ثابت الانحلال وعمر النصف

أ. صفية الحضرمية

العلاقة

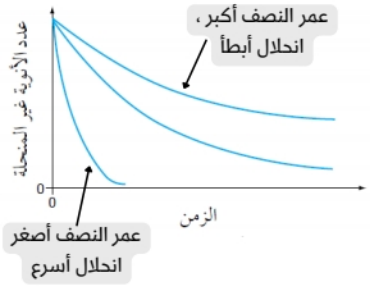
علاقة عكسية

كل ما **قل عمر النصف** لنظير ما

ينحل بسرعة أي يزداد نشاطه الاشعاعي

يرتفع احتمال انحلال الأنوية الفردية لكل وحدة زمنية

ثابت الانحلال أكبر



المعادلة

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

بعد عمر نصف واحد $t = t_{1/2}$

يتبقى نصف عدد الأنوية غير المنحلة الإبتدائي

$$\frac{N}{N_0} = e^{(-\lambda t_{\frac{1}{2}})} = \frac{1}{2}$$

$$e^{\lambda t_{\frac{1}{2}}} = 2$$

$$\lambda t_{\frac{1}{2}} = \ln 2$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}}$$

لحساب الزمن المستغرق لانحلال الأنوية (t):

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = \ln\left(e^{-\lambda t}\right)$$

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$$

مصطلحات الفيزياء

-وفق معايير النجاح-

الصف الثاني عشر - الفصل الدراسي الثاني

ملاحظة !

هذه التعاريف وردت ضمن معايير النجاح يجب التركيز عليها ، ولا تنسى أن تأخذ نظره للتعاريف الأخرى الغير مذكورة إحتياطاً.

شهد الذهلي - @hm.ac.22

الوحدة السادسة :

- الإزاحة : المسافة التي تبعدها نقطة ما في موجة من وضع الإتزان.
- التردد : عدد الاهتزازات لنقطة ما في موجة لكل ثانية.
- الزمن الدوري : الزمن المستغرق لنقطة ما في موجة لإكمال اهتزازة كاملة.
- السعة : أقصى إزاحة للموجة من موضع الإتزان.
- الشدة : معدل الطاقة (القدرة) المنقولة عبر وحدة المساحة العمودية على اتجاه انتشار الموجة.
- طول الموجة : المسافة بين نقطتين متجاورتين في موجة مهتزة لكل منهما الإزاحة والاتجاه نفسهما.
- فرق الطور : قياس لمقدار التأخر أو التقدم بين جسيمين في موجة ما، ويقاس بالدرجات أو الراديان.
- الموجة الطولية : الموجة التي تهتز فيها جسيمات الوسط بالتجاه موازٍ للاتجاه الذي تنتقل فيه الموجة.
- الموجة المستعرضة : الموجة التي تهتز فيها جسيمات الوسط عمودياً على الاتجاه الذي تنتقل فيه الموجة.

الوحدة السابعة :

- التداخل : تراكب موجتين أو أكثر من مصادر مترابطة.
- الحيود : انحناء الموجة عندما تمر عبر فجوة ما أو تتجاوز حافة وانتشارها.
- العقدة : نقطة على الموجة المستقرة ذات سعة صفرية.
- البطن : نقطة على الموجة المستقرة ذات سعة قصوى.
- المترابط : مصطلح يستخدم لوصف موجتين صادرتين من مصدرين لهما فرق طور ثابت.
- الموجة المستقرة (الموجة الواقفة) : نمط اهتزازي مستقر ناتج عن تراكب موجتين مسافرتين لهما التردد نفسه وتنتقلان باتجاهين متعاكسين، وللموجة المستقرة عقد وبطون.

الوحدة الثامنة:

- الإلكترون فولت : الطاقة التي يكتسبها إلكترون عندما ينتقل بواسطة فرق جهد مقداره (1V).
- تردد العتبة : أدنى تردد للإشعاع الكهرومغناطيسي الساقط الذي يحرر إلكترونات من سطح فلز ما.
- دالة الشغل : أدنى طاقة يحتاج إليها إلكترون للتحرر من سطح فلز ما.
- طول موجة دي بروي : طول الموجة المصاحب لجسيم متحرك.
- طول موجة العتبة : أقصى طول موجة للإشعاع الكهرومغناطيسي الساقط الذي يحرر إلكترونات من سطح فلز ما.
- الفوتون : كمة من الطاقة الكهرومغناطيسية.
- الكمة : كمية محددة من شيء ما موجودة بشكل منفصل.

الوحدة التاسعة:

- الانحلال الأسي : التناقص في كمية ما بحيث يكون معدل التناقص متناسباً مع مقدار الكمية.
- الاندماج النووي : العملية التي ترتبط من خلالها نواتان خفيفتان جداً لتشكلا معاً نواه أثقل.
- الانشطار النووي : العملية التي تتجزأ فيها نواة ثقيلة إلى نواتين أصغر.
- ثابت الانحلال : احتمال انحلال نواة ما خلال فترة زمنية.
- طاقة الربط النووي : أدنى طاقة خارجية مطلوبة لفصل جميع نيوترونات وبروتونات نواة ما تماماً إلى ما لا نهاية.
- عمر النصف : عمر النصف لنظير ما هو متوسط الزمن الذي يستغرقه نصف الأنوية النشطة في العينة حتى تنحل.
- النشاط الإشعاعي : معدل انحلال أنوية مصدر مشع.
- النقص في الكتلة : الفرق بين مجموع كتل النيوكليونات منفردةً وكتلة النواة.

قوانين الوحدة السادسة فيزياء 12

أ. هلال التكيلي

الكمية الفيزيائية	رمز الكمية	العلاقة الرياضية		وحدة القياس	
فرق الطور	$\emptyset$	$\emptyset = \frac{x}{\lambda} x 360^\circ$	فرق الطور $= 360^\circ x \frac{\text{المسافة الفاصلة بين الموجتين}}{\text{الطول الموجي}}$	θ° أو R	الدرجات الراديان
شدة الموجة	I	$I = \frac{P}{\mathcal{A}}$	شدة الموجة $= \frac{\text{القدرة}}{\text{المساحة}}$	wm^{-2}	وات متر$^{-2}$
التناسب بين شدة الموجة وسعة الموجة	$I \alpha A^2$	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{A_1^2}{A_2^2}$		-	-
سرعة الموجة	v	$v = \frac{\lambda}{T}$ $v = \lambda f$		ms^{-1}	متر.ثانية$^{-1}$
معادلة دوبلر لحساب تردد المراقب	f_0	$f_0 = \left(\frac{v}{v \pm v_s}\right) f_s$	+ عند الابتعاد من المراقب (أدنى تردد) - عند الاقتراب من المراقب (أقصى تردد)	S^{-1} Hz	ثانية$^{-1}$ هيرتز
معادلة دوبلر لحساب سرعة المصدر	v_s	$v_s = \left(\frac{f_s}{f_0} - 1\right) v$	عند الابتعاد من المراقب	ms^{-1}	متر.ثانية$^{-1}$
		$v_s = \left(1 - \frac{f_s}{f_0}\right) v$	عند الاقتراب من المراقب		
		$v_s = \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_s} - 1\right) v$	عند الابتعاد من المراقب		
		$v_s = \left(1 - \frac{\lambda_0}{\lambda_s}\right) v$	عند الاقتراب من المراقب		

قوانين الوحدة السابعة فيزياء ١٢

أ. هلال التكيلي

الكمية الفيزيائية	رمز الكمية	العلاقة الرياضية		وحدة القياس	
الطول الموجي لمعادلة الشق المزدوج	λ	$\lambda = \frac{ax}{D}$	الطول الموجي $=$ $\frac{\text{المسافة بين الأهداب } x \text{ المسافة الفاصلة بين الشقين}}{\text{المسافة بين الشقين والشاشة}}$	m	المتر
الطول الموجي لمعادلة الشق المزدوج	λ	$\lambda = \frac{dsin\theta}{n}$	الطول الموجي $=$ $\frac{\text{زاوية التداخل الأقصى ذي الرتبة } n \text{ المسافة الفاصلة بين الشقوق } x}{\text{الرتبة}}$	m	المتر
سرعة الموجة	v	$v = \lambda f$		ms^{-1}	متر.ثانية$^{-١}$
فرق المسار	التداخل البناء	فرق المسار $= n\lambda$		--	--
	التداخل الهدام	فرق المسار $= (n + \frac{1}{2})\lambda$		--	--
علاقة الطول الموجي والتردد بقوة الشد للخيط في الموجات المستقرة	--	$\lambda^2 = \frac{mg}{\mu f^2}$	مربع الطول الموجي $=$ $\frac{\text{قوة الشد في السلك}}{\text{مربع التردد } x \text{ كتلة وحدة الطول من السلك}}$	m^2	المتر^{٢}

قوانين الوحدة الثامنة فيزياء ١٢

أ. هلال التكيلي

الكمية الفيزيائية	رمز الكمية	العلاقة الرياضية		وحدة القياس	
طاقة الفوتون	E	$E = hf$	$E = \frac{hc}{\lambda}$	J	الجول
معدل الفوتونات المنبعثة	$\frac{N}{t}$	$\frac{N}{t} = \frac{P}{E}$	معدل الفوتونات = $\frac{\text{القدرة (معدل الطاقة)}}{\text{طاقة الفوتون الواحد}}$	s^{-1}	ثانية$^{-1}$
سرعة الالكترون	v	$v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$		ms^{-1}	متر.ثانية$^{-1}$
معادلة أنشتاين للكهروضوئية	--	$E = \phi + kE$	طاقة الفوتون = دالة الشغل + طاقة حركة الإلكترون	J	الجول
كمية حركة الفوتون	p	$p = \frac{E}{c}$	$p = \frac{hf}{c}$ $p = \frac{h}{\lambda}$	Ns	نيوتن. ثانية
				$kgms^{-1}$	كيلوجرام .متر.ثانية$^{-1}$
طاقة الفوتون الممتص أو المنبعث	E	$E = \Delta E$	$E = E_1 - E_2$	J	الجول
طول موجة دي بروي	λ	$\lambda = \frac{h}{p}$		m	متر

قوانين الوحدة التاسعة فيزياء ١٢

أ. هلال التكيلي

الكمية الفيزيائية	رمز الكمية	العلاقة الرياضية		وحدة القياس	
معادلة الكتلة والطاقة	E	$E = mc^2$		J	الجول
النشاط الاشعاعي	A	$A = \lambda N$	$A = -\frac{\Delta N}{\Delta t}$	Bq	البكريل
معدل العد	R	$A = \frac{R}{\text{كفاءة عمل نظام الكشف}}$		s^{-1}	ثانية$^{-1}$
معد العد المصحح	R	معدل العد المصحح = معدل العد – معدل عد الخلفية		s^{-1}	ثانية$^{-1}$
معادلات الانحلال العشوائي	--	$N = N_0\, e^{-\lambda t}$		--	--
		$R = R_0\, e^{-\lambda t}$		s^{-1}	ثانية$^{-1}$
		$A = A_0\, e^{-\lambda t}$		s^{-1}	ثانية$^{-1}$
ثابت الانحلال	λ	$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}}$		s^{-1}	ثانية$^{-1}$

معلومات اثرائية

عدد الجسيمات في مول واحد من المادة = 6.02×10^{23} =عدد أفوجادرو (N_A)

عدد المولات = $\frac{\text{كتلة المادة}}{\text{الكتلة المولية}}$

عدد المولات = $\frac{\text{عدد الجسيمات}}{\text{عدد أفوجادرو}}$

كتلة ذرة من العنصر = العدد الكتلي بوحدة الكتل الذرية u

كتلة المول من العنصر = العدد الكتلي بوحدة الجرامات g