الوحـــدة 4

إجابات أسئلة كتاب الطالب وكتاب والأنشطة والتجارب

ص 7

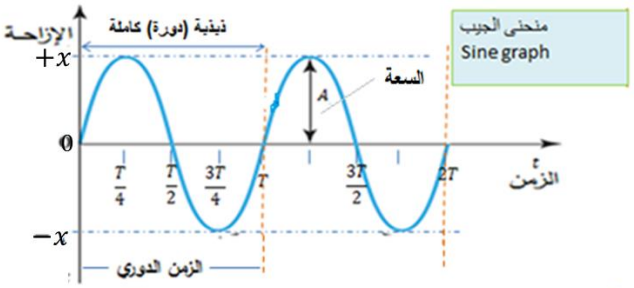
أتأمل الصورة

عند حدوث زلزال أو هبوب رياح قوية فإنها تؤثر بقوة خارجية في الكرة وتحاول احداث ميلان في البرج باتجاه معين، تؤثر الكرة بقوة رد فعل تعمل على تخميد الاهتزازات (باستخدام ماص الصدمات وهي مكابس متصلة بالكرة) التي سببتها القوى الخارجية بحيث لا يشعر الشخص داخل البرج بتلك الاهتزازات.

ص 9

تجربة استهلالية: التحليل والاستنتاج

1. سبب اهتزاز الجسم هو القوة المعيدة والناشئة عن قوة الشد في النابض حيث تعمل القوة المعيدة على إعادة الجسم إلى موقع الاتزان.
2. المنحنيات تشبه اقتران الجيب؛ حيث تتغير السعة من $x-$ إلى $x+$ ، ولكن عند تغيير الكتلة يتغير الزمن الدوري .
3. الذبذبة الكاملة، والزمن الدوري، والسعة مبينة في الشكل المجاور.



4. عند تغيير كتلة الجسم المعلق بالنابض يزداد وزنه فيتغير موقع الاتزان؛ حيث تزداد الإزاحة التي يتحركها الجسم عند تعليقه بالنابض حتى يتزن، أما سعة الحركة التذبذبية فهي المسافة الرأسية التي يسحب إليها الجسم المعلق ومقدارها ثابت في التجربة (5 cm) ولا علاقة لها بوزن الجسم أو مرونة النابض.
5. عند استخدام نابض آخر يختلف في مرونته عن النابض السابق فإن الزمن الدوري يتغير؛ حيث يزداد بزيادة مرونة النابض، ولكن السعة تبقى ثابتة (5 cm).
6. لأن نظام (كتلة– نابض) يفقد طاقة وتقل السعة بالتدريج مع الزمن بسبب قوة الاحتكاك ومقاومة الهواء حتى تتوقف الحركة التذبذبية لهذا النظام.

ص 10

أتحقق

الحركة التذبذبية هي حركة دورية، ولكن ليس كلّ حركة دورية هي حركة تذبذبية؛ فمثلًا، حركة البندول البسيط حركة تذبذبية وهي حركة دورية أيضًا، بينما حركة الكواكب حول الشمس حركة دورية ولكنّها ليست تذبذبية.

ص 11

سؤال الشكل(2):

يستمر في الحركة رغم أن القوة المعيدة والتسارع يساوي صفرً عند تلك اللحظة بسبب القصور الذاتي.

ص 12

أفكر

أ. الكميتان التي يكون اتجاههما متعاكسين دائمًا: (القوة المعيدة، الإزاحة) وكذلك (التسارع، الإزاحة).

ب. الكميتان التي يكون لهما الاتجاه نفسه دائمًا: (القوة المعيدة، التسارع).

ص 12

أتحقق

العوامل التي تعتمد عليها القوة المعيدة:

1. ثابت النابض(k) والعلاقة طردية.
2. إزاحة الجسم من موقع الاتزان(x) والعلاقة طردية.

ص 14

سؤال الشكل(5):

لتحويل الزاوية من التقدير الدائري rad إلى درجة نستخدم العلاقة الآتية:

$$1\ \text{rad} = 57.29578^{\text{o}} \approx 57.30^{\text{o}}$$

الزاوية التي مقدارها 1.57 rad تعادل بوحدة درجة:

$$1.57 \text{ rad} = 1.57 \times 57.30^{o} = 90^{o}$$

ص18

تمرين

الحل: أ. $T = 3 \text{ s}\ , A = 0.04 \text{ m}$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3.14}{3} = 2.09 \text{ rad/s}$$

$$x(t) = A \sin(\omega\, t) = 0.04 \sin (2.09\, t)$$

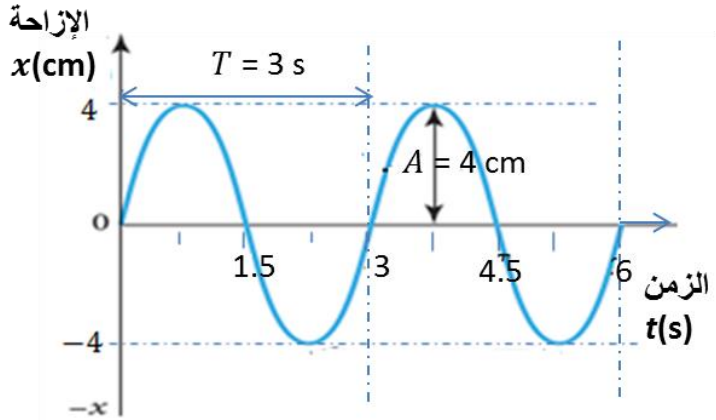
ب.

$$1 \text{ rad} = 57.30^{o}$$

$$(\omega\, t) = (2.09\, t)\text{rad} = (2.09 \times 0.6)\text{rad} = 1.25 \text{ rad} = (1.25 \times 57.30)^{o} = 71.6^{o}$$

$$x(t) = 0.04 \sin 71.6^{o} = 0.04 \times 0.95 = 0.038 \text{ m}$$

جـ. منحنى (الإزاحة – الزمن)



ص 19

سؤال الشكل (10):

السعة (للمنحنى A): 1.0 m

السعة (للمنحنى B):1.0 m

التردد (للمنحنى A):

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{8} = 0.125 \text{ Hz}$$

التردد (للمنحنى B):

$$f = 0.125 \text{ Hz}$$

ص 21

سؤال الشكل (11):

يكون تسارع الجسم صفرًا على منحنى الإزاحة– الزمن عند النقاط التي تتقاطع مع الخطوط الآتية:

$(0, 2, 4)$ لأن ميل المماس لمنحنى السرعة عند تلك النقاط يساوي صفرًا.

ص 22

أفكر

النقطة التي تكون عندها السرعة تساوي قيمة عظمى سالبة والتسارع يساوي صفرًا تقع على تقاطع الخط رقم (2) مع منحنى الإزاحة– الزمن.

النقطة التي تكون عندها السرعة تساوي صفرًا والتسارع قيمة عظمى موجبة تقع على تقاطع الخط رقم (3) مع منحنى الإزاحة– الزمن.

ص 22

أفكر

الزمن الدوري في نظام (كتلة – نابض) لا يتغير بتغير سعة الذبذبة وإنما يتغير بتغير كتلة الجسم أو ثابت النابض أو كليهما حسب العلاقة:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

ص 24

تمرين

أ. من خلال مقارنتي معادلتي الإزاحة:

$x(t) = A\sin(\omega\, t + \phi)$
$x(t) = 0.1\ \sin(\pi\, t + \pi)$

أستنتج أن - السعة: $A = 0.1\ \text{m}$

- التردد الزاوي: $\omega = \pi\ \text{rad} = 3.14\ \text{rad}$

- *التردد:*

$$\omega = 2\pi f$$
$$\pi = 2\pi \times f \ \Rightarrow f = 0.5\ \text{Hz}$$

ب.

$$v(t) = \omega A\cos\ (\omega t + \phi)$$

$$v(t) = 3.14 \times 0.1\cos(0.5\,\pi + \pi) = 0.314\cos(4.71\ \text{rad})$$

$$= 0.314\cos(4.71 \times 57.30^{o}) = 0.314\cos\ (270^{o}) = 0\ \text{m/s}$$

ص 26

أفكر

أ. الطاقة الميكانيكية تتضاعف أربع مرات حسب العلاقة:

$$ME = PE_{max} = \frac{1}{2}k(2A)^2 = 4(\frac{1}{2}kA^2)$$

ب. القيمة العظمى للسرعة (v_{max}): تتضاعف مرتين حسب العلاقة:

$$v_{max} = \omega A$$

جـ. القيمة العظمى للتسارع (a_{max}): تتضاعف مرتين حسب العلاقة:

$$a_{max} = \omega^2 A$$

ص 27

أفكر

الكميات التي يكون لها قيمة عظمى عند إقصى إزاحة:

- **طاقة الوضع المرونية:** لأن الطاقة الميكانيكية تتحول كاملة إلى طاقة وضع مرونية وتكون طاقة الحركة عندها صفرًا .

- **التسارع:** لأن القوة المعيدة تكون عند تلك اللحظة أكبر ما يمكن؛ حيث تتناسب القوة المعيدة طريًا مع الإزاحة، وحسب العلاقة $F = ma = -kx$ فإن قيمة تسارع الجسم يكون له قيمة عظمى عند أقصى إزاحة.

ص 27

أتحقّق

الموقع/المواقع التي يمتلك عندها الجسم:

أ. طاقة حركية فقط: عند موقع الاتزان $(x = 0)$

ب. طاقة وضع فقط: عند أقصى إزاحة $(x = A,\ x = -A)$

جـ. طاقة وضع وطاقة حركية معًا: عند المواقع $(0 < x < A\ ,\ -A < x < 0)$

ص 29

تمرين

$m = 83\ \text{g} = 0.083\ \text{kg}\ \ ,\ \ A = 7.6\ \text{cm} = 0.076\ \text{m}\ , KE_{max} = 320\ \text{mJ} = 0.32\ \text{J}$

الحل:

أ. ثابت النابض: $KE_{max} = PE_{max} = \frac{1}{2}kA^2$

$$0.32 = \frac{1}{2} \times k \times (0.076)^2 \Rightarrow k = 110.8\ \text{N/m}$$

ب. الزمن الدوري:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{0.083}{110.8}} = 0.17\ \text{s}$$

جـ.

$$v = \pm\sqrt{\frac{k}{m}}\sqrt{A^2 - x^2} = \pm\sqrt{\frac{110.8}{0.083}}\sqrt{(0.076)^2 - (-0.05)^2} = \pm 2.09 \text{ m/s}$$

ص 30
مراجعة الدرس1

1. الجملة غير صحيحة، ومثال على ذلك حركة الكواكب حول الشمس؛ فهي حركة دورية ولكنها ليست تذبذبية ولا توافقية بسيطة. وحركة البندول الذي زاويته أكبر من 15^o حركة تذبذبية ولكنها ليست حركة توافقية بسيطة. فالحركة التوافقية البسيطة حالة خاصة من الحركة التذبذبية ، والحركة التذبذبية هي حالة خاصة من الحركة الدورية.

2. أ. التردد:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{3.4} = 0.29 \text{ Hz}$$

ب. التردد الزاوي:

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 0.29 = 1.82 \text{ rad. s}^{-1}$$

ج. معادلة الإزاحة:

$$x(t) = A\cos(\omega t)$$
$$x(t) = 0.15\cos(1.82 \times 3 \text{ rad}) = 0.15\cos(5.46 \times 57.3^o)$$
$$= 0.15\cos(312.8^o) = 0.15 \times 0.68 = 0.1 \text{ m}$$

3. أ. السعة: $A = 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m}$

الزمن الدوري = زمن دورة ذبذبة كاملة = 0.8 s

ب. نحسب أولًا التردد الزاوي :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3.14}{0.8} = 7.85 \text{ rad/s}$$

معادلة الإزاحة:

$$x(t) = A\cos(\omega\, t) = 0.02\cos(7.85\, t)$$

4. أ. $v_{max} = \omega A = 2\pi f\ A = 2 \times 3.14 \times 5 \times 0.01 = 0.3\ \text{m/s}$

ب.

$$v(t) = -\omega A\ \sin\ (\omega t) \qquad , \quad \omega A = 0.3\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

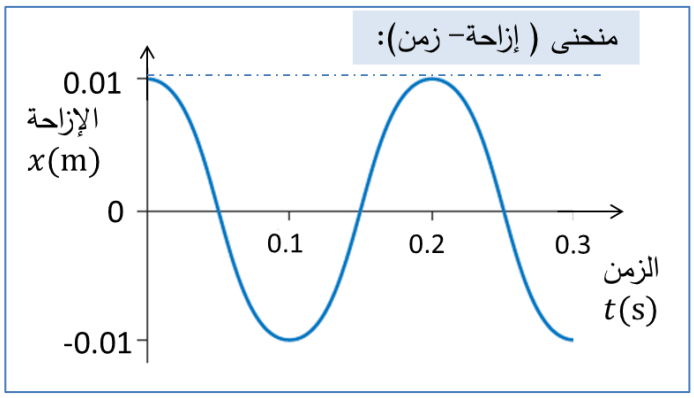
$$v(t) == -0.3 \sin\ (2\pi f \times t\ ) = -0.3 \sin\ (2 \times 3.14 \times 5 \times 0.12\ \text{rad}\ )$$

$$= -0.3 \sin\ (3.77 \times\ 57.3^{o}\ ) = -0.3 \sin\ (\ 216^{o}\ ) = 0.18\ \text{m/s}$$

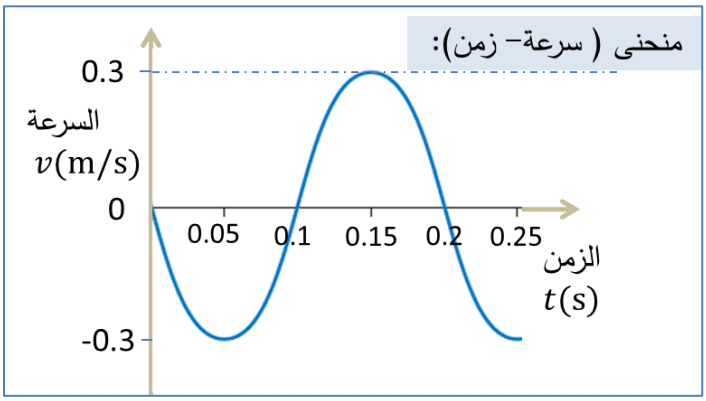
جـ. الزمن الدوري:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{5} = 0.2\ \text{s}$$

منحنى(إزاحة – زمن)



منحنى (سرعة– زمن):



5.

أ. ثابت النابض k :

$$PE_{max} = \frac{1}{2}kA^2$$

$$0.05 = \frac{1}{2} \times k \times (0.1)^2 \Rightarrow k = \frac{0.1}{0.01} = 10\ \text{N/m}$$

الزمن الدوري T :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{0.4}{10}} = 1.26\ \text{s}$$

ب. طاقة الوضع عند موقع الاتزان $(x = 0)$: من الشكل

$$PE_{x=0} = 0\ \text{J}$$

جـ. سرعة الجسم لحظة مروره بموقع الاتّزان $(x = 0)$ تساوي القيمة العظمى للسرعة v_{max} :

$$v_{max} = \pm\omega A = \pm\ 5 \times 0.1 = \pm 0.5\ \text{m/s}$$

د. نقطة التقاطع c هي النقطة التي تتساوى عندها طاقة الوضع مع طاقة الحركة:

$$PE = KE$$

ص 34

أفكر

لا يتغيّر الزمن الدوري للبندول بتغيّر أيّ من سَعة الذبذبة أو كتلة البندول؛ وإنما يتغير بتغير كل من طول البندول وتسارع السقوط الحر فقط .

ص 34

أتحقق

يعتمد الزمن الدوري على كل من طول البندول وتسارع السقوط الحر في المنطقة الموضوع فيها البندول وذلك حسب العلاقة: $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

ص 35

تمرين

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2 \times 3.14\sqrt{\frac{0.171}{1.62}} = 6.28 \times 0.32 = 2.04\ \text{s}$$

ص 37

التجربة 1 : التحليل والاستنتاج

1. يحسب المتوسط الحسابي للزمن (t) بقسمة مجموع الفترات الزمنية الثلاث (t_1, t_2, t_3) على عدد الفترات (3). من المتوقع أن يزداد الزمن الدوري T بزيادة طول الخيط.
2. العلاقة البيانية بين مربّع الزمن الدوري (T^2) على محور y وطول الخيط L على محور x هي علاقة خطية (خط مستقيم) وتسارع السقوط الحر يرتبط بميل(slope) الخط على النحو الآتي:

$$g = \frac{4\pi^2}{slope}$$

3. من المتوقع أن تكون النتائج قريبة من القيمة $g = 9.8\ \text{m/s}^2$ والأخطاء المحتملة في هذه التجربة والتي تؤثر سلبًا في النتائج هي الأخطاء الناتجة عن قياس كل من طول الخيط وزمن الذبذبات.

4. من المتوقع أن لا يتغير ولكن ربما يتغير عند بعض المجموعات نتيجة أخطاء القياس.
5. كلما ارتفاعنا لأعلى يقل تسارع السقوط الحر وبالتالي سيزداد الزمن الدوري للبندول.
6. عند تغيير الزاوية إلى $\theta = 25^o$ وحساب تسارع السقوط الحرّ؛ من المتوقع أن لا تكون النتائج قريبة من القيمة المقبولة للتسارع لأن حركة البندول لم تعد حركة توافقية بسيطة.

ص 38

أفكر

تسارع السقوط الحر على سطح الرض يتغير بتعير الارتفاع عن سطح الأرض فقط ولا يتغير بتغير طول البندول؛ ولكن عندما يتغير طول البندول يتغير الزمن الدوري له بحيث يبقى تسارع السقوط الحر ثابت.

ص 38

أفكر

إذا تحركت الكتلة المعلقة بساق البندول لأسفل يزداد طول البندول L وبالتالي يزداد الزمن الدوري له T حسب العلاقة:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

ص 39

سؤال الشكل (21)

لا؛ القوة المعيدة عند موقع الاتزان في هذه الحالة كما في الشكل تساوي وزن الجسم في المقدار وتعاكسه في الاتجاه على النحو الآتي: $F = -kx_o = -mg$

ص 40

أفكر

- الزمن الدوري في نظام (كتلة – نابض) الرأسي لا يعتمد على تسارع السقوط الحر (g)، وحسب العلاقة : $\omega = \frac{2\pi}{T}$ فإن التردد الزاوي يبقى ثابتًا لا يتغير.
- عند تغير تسارع السقوط الحرّ g يتغير وزن الجسم mg، واعتمادًا على العلاقة:

$$F = -kx_o = -mg$$

تتغير الإزاحة x_o والعلاقة طردية وبالتالي يتغير موقع الاتزان.

ص 40

أتحقق

العوامل التي يعتمد عليها الزمن الدوري لجسم معلّق بنابض رأسي، يتذبذب لأعلى وأسفل في حركة توافقية بسيطة حسب العلاقة:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

هي: 1. كتلة الجسم m.

2. ثابت النابض .

ص 43

تمرين

أ. التردد الزاوي:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3.14}{1.26} = 4.98 \text{ rad/s}$$

ب. ثابت النابض:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$k = \frac{4\,\pi^2 m}{T^2} = \frac{4 \times (3.14)^2 \times 7}{(1.26)^2} = \frac{276}{1.59} = 173.9 \text{ N/m}$$

جـ. التسارع عند $x = 0.15$ m :

$$a = -\frac{k}{m}x = -\frac{173.9}{7} \times 0.15 = -3.73 \text{ m/s}^2$$

ص 45

أتحقق

- الغيتار: قوة الشد في الوتر.
- بنجي: قوة المرونة في الحبل المطاطي.
- الرقاص: مركبة وزن الكتلة المثبتة على ساق البندول.

ص 46

سؤال الشكل(28)

- غير المتخامد Undamped : السعة ثابتة.
- االتخامد البسيط Underdamped: تقل سعة التذبذب بالتدريج إلى أن تصل إلى الصفر بحيث يتذبذب عدة مرات إلى أن يصل إلى موقع الاتزان.
- التخامد القوي Overdamped: يصل النظام إلى مقع الاتزان دون أن يتذبذب.

- التخامد الحرج Critically damped: يصل النظام إلى متقع الاتزان في زمن أقصر من الزمن في حالة التخامد القوي دون أن يتذبذب.

ص 47

أتحقق

تتخامد أنظمة التذبذب الحرّة بسبب قوى أخرى تؤثر في النظام مثل قوى الاحتكاك وغيرها.

طاقة النظام: تقل طاقة النظام حتى تؤول إلى الصفر.

سعة التذبذب: تقل سعة التذبذب مع الزمن بالتدريج حتى تتوقف الحركة التذبذبية.

ص 48

مراجعة الدرس 2

1. شرطَي الحركة التوافقية البسيطة في البندول البسيط هما:
   - تتناسب القوّة المُعيدة طرديًّا مع مقدار الإزاحة x حسب العلاقة: $F = -\left(\frac{mg}{L}\right)x$.
   - اتّجاه القوّة المُعيدة باتّجاه معاكس لاتّجاه الإزاحة x (باتّجاه موقع الاتّزان دائمًا)، وذلك في حالة الزوايا الصغيرة $(\sin\theta \approx \theta)$.

   مصدر القوة المعيدة في البندول البسيط: مركبة الوزن باتّجاه المماس لاتّجاه الحركة $\sum F_x$.

2. من خلال تغيير طول بندول الساعة ليصبح حسب العلاقة:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$1 = 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{L}{9.81}} \Rightarrow L = 24.87 \text{ cm}$$

بحيث يكمل البندول ذبذبة واحدة في زمن مقداره ثانية واحدة.

3. أ. التردد الزاوي:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3.14}{4} = 1.57 \text{ rad/s}$$

ب. طول الحبل:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$L = \frac{T^2 g}{4\,\pi^2} = \frac{4^2 \times 10}{4 \times\ 3.14^2} = 4.1 \text{ m}$$

4. أ. الزمن الدوري:

$$T = 2 \times 0.6 = 1.2 \text{ s}$$

ب. التردد الزاوي:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3.14}{1.2} = 5.23 \text{ rad/s}$$

جـ. تسارع الجسم عند c = القيمة العظمى للتسارع:

$$a_{max} = \omega^2 A$$

$$a_{max} = (5.23)^2 \times 0.02 = 0.55 \text{ m/s}^2$$

باتجاه محور $-y$

.5

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = 1 \text{ s}$$

عند مضاعفة طول البندول أربع مرات $4L$ فإن الزمن الدوري T' يساوي:

$$T' = 2\pi \sqrt{\frac{4L}{g}} = \sqrt{4} \left(2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \right) = 2(1) = 2 \text{ s}$$

أي أن البندول يكمل ذبذبة واحدة في زمن 2 s وهذا يعني أن البندول يكمل نصف ذبذبة في الثانية الواحدة.

6. أ. الزمن الدوري:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2 \times 3.14\sqrt{\frac{0.8}{10}} = 5.59\ \text{s}$$

ب. أقصى إزاحة:

$$\sin\theta = \frac{x}{L}$$
$$\sin 9^{o} = \frac{x}{0.8}$$
$$x = 0.8 \times 0.156 = 0.12\ \text{m} = 12\ \text{cm}$$

جـ. القيمة العظمى للسرعة:

$$v_{max} = \omega A = \frac{2\pi}{T}A = \frac{2 \times 3.14}{5.59} \times 0.12 = 0.13\ \text{m/s}$$

ص 44

مراجعة الوحدة 4

.1

1. جـ. التسارع والإزاحة.
2. ب. $\sqrt{2}\,T$
3. جـ. القيمة العظمى للسرعة.
4. جـ. π
5. د. 2ω
6. جـ. $(v = 0\,, F :\ +)$
7. أ. تخامد حرج.
8. أ. T
9. د. D

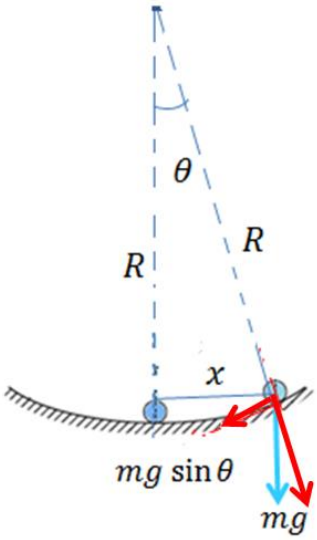
10. د. جميعها

2. أ. نعم تتغير؛ حيث يقل تسارع الجاذبية عند أعلى الجبل فيزداد الزمن الدوري حسب العلاقة: $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ وبالتالي تتغير دقة الساعة.

ب. لا؛ لأنه عند الزاوية $\theta = 30^{o}$ فإن $\sin\theta \neq \theta \neq \frac{x}{L}$ وبالتالي لا تحقق حركة البندول شرطَي الحركة التوافقية البسيطة.

3.

$$F = -mg\sin\theta$$



وعندما تكون الزاوية θ صغيرة $(\theta \lesssim 10^{o})$ فإنّ:

$$\sin\theta = \theta = \frac{x}{L}$$

$$F = -mg\frac{x}{R} = -\left(\frac{mg}{R}\right)x$$

وتتبع هذه المعادلة الشكل العام للقوّة المُعيدة في قانون هوك $(F = -kx)$، وبالتالي فإن:

$$k = \left(\frac{mg}{R}\right)$$

والتردد الزاوي يعطى بالعلاقة:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{\left(\frac{mg}{R}\right)}{m}} = \sqrt{\frac{g}{R}}$$

4. سرعة الجسم عند $x = 0.50\,A$:

$$v = \pm\sqrt{\frac{k}{m}}\sqrt{A^2 - x^2}$$

وحيث أن اتجاه السرعة لأسفل أي باتجاه محور $-y$

$$v = -\sqrt{\frac{k}{m}}\sqrt{A^2 - (0.5\,A)^2} = -\sqrt{\frac{k}{m}}\sqrt{0.75\,A^2}$$

ولكن

$$\omega = 2\pi f = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

وبالتالي

$$v = -\ 2\pi f\sqrt{0.75\,A^2} = -2\ \times 3.14 \times 1.8\sqrt{0.75\,(3.6 \times 10^{-2})^2}$$

$$v = -0.35\ \text{m/s}$$

.5

$$A = 2\ \times 0.3 = 0.6\ \text{m}$$

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 7500 = 47100\ \text{rad/s}$$

$$v_{max} = \omega A = \ 47100 \times 0.6 = 28260\ \text{m/s}$$

6. أ. عند مقارنة المعادلتين:

$$x(t) = A\sin\ (\omega\, t + \ \phi\ )$$

$$x(t) = 5\sin\ (4t + \tfrac{\pi}{4})$$

نجد أن السعة: $A\ =\ 5\ \text{cm} = 0.05\ \text{m}$

التردد الزاوي: $\omega =\ 4\ \text{rad/s}$

زاوية الطور:

$$(4t + \frac{\pi}{4})$$

ب. الزمن الدوري:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2 \times 3.14}{4} = 1.57 \text{ rad/s}$$

جـ. الازاحة بعد 0.02 s :

$$x(t) = 5 \sin\ (4t + \frac{\pi}{4}) = 5 \sin\ \left((4 \times 0.02) + \frac{3.14}{4}\right)$$

$$x(t) = 5 \sin\ (0.865 \times 57.3^{o}\ ) = 5 \sin\ (49.6^{o}\ ) = 3.81 \text{ cm}$$

السرعة بعد 0.02 s :

$$v(t) = A\ \omega\ \cos\ (\omega\ t + \ \phi\ ) = 5 \times 1.57 \times\ \cos\ ((4 \times 0.02) + \frac{3.14}{4})$$

$$= 7.85 \cos\ (49.6^{o}\ ) = 5.1 \text{ m/s}$$

7. تتساوى طاقة الوضع مع الطاقة الحركية عند نقطتي تقاطع المنحنيين:

$$PE = KE$$

$$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv^2$$

ولكن سرعة الجسم عند أي من نقطتي التقاطع :

$$v = \pm\sqrt{\frac{k}{m}}\ \sqrt{A^2 - x^2}$$

بتعويض السرعة في معادلة الطاقة السابقة فإن:

$$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m \times (\sqrt{\frac{k}{m}}\ \sqrt{A^2 - x^2})^2$$

$$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k\ A^2 - \frac{1}{2}kx^2$$

$$x^2 = \ A^2 - x^2 \Rightarrow 2x^2 = \ A^2$$

$$x = \frac{A}{\sqrt{2}}$$

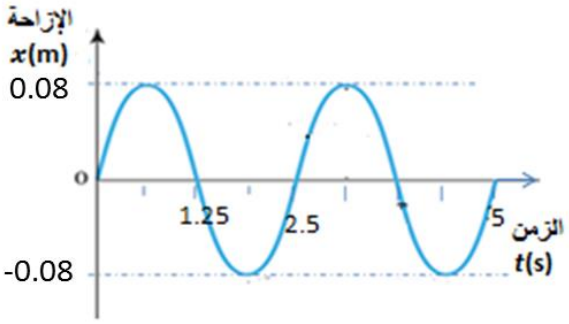
8. أ. التردد الزاوي:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3.14}{2.5} = 2.51 \text{ rad/s}$$

معادلة الإزاحة:

$$x(t) = A \sin(\omega\, t) = 0.08 \sin(2.51\, t)$$

ب. العلاقة البيانية بين الإزاحة والزمن:



9. أ. يقل الزمن الدوري للبندول. عندما يتسارع المصعد للأعلى فإن g تتغير إلى $(g + a)$ وعليه تصبح قيمة الزمن الدوري أقل حسب العلاقة $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$.

ب. لا يتغير الزمن الدوري للبندول (السرعة الثابتة تعني التسارع $a = 0$).

10.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow T^2 = 4\,\pi^2\, \frac{L}{g}$$

$$L = \frac{T^2 g}{4\,\pi^2} = \frac{(2.9)^2 \times 10}{4 \times (3.14)^2} = 2.13 \text{ m}$$

ب. التردد الزاوي:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3.14}{2.9} = 2.17 \text{ rad/s}$$

الطاقة الحركية العظمى:

$$KE_{max} = \frac{1}{2}m(\omega A)^2 == \frac{1}{2} \times (0.05) \times (2.17 \times 0.12)^2 = 1.7 \times 10^{-3}\ \text{J}$$

11. أ. الطاقة الميكانيكية:

$$ME = PE_{max} = 0.25\ \text{J}$$

ب. ثابت النابض:

$$PE_{max} = \frac{1}{2}kA^2$$

$$0.25\ = \frac{1}{2} \times k \times (0.1)^2 \Rightarrow k = 50\ \text{N/m}$$

جـ. طاقة الوضع المرونية:

$$PE_{x=0.05} = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2} \times 50 \times (0.05)^2 = 0.0625\ \text{J}$$

د. القيمة العظمى للتسارع:

$$a_{max} = \omega^2 A = \frac{k}{m}A = \frac{50}{0.5} \times 0.1 = 10\ \text{m/s}^2$$

فيزياء 11 فصل 2

الوحدة 4

إجابات التجربة الإثرائية وأسئلة التفكير في كتاب الأنشطة والتجارب العملية

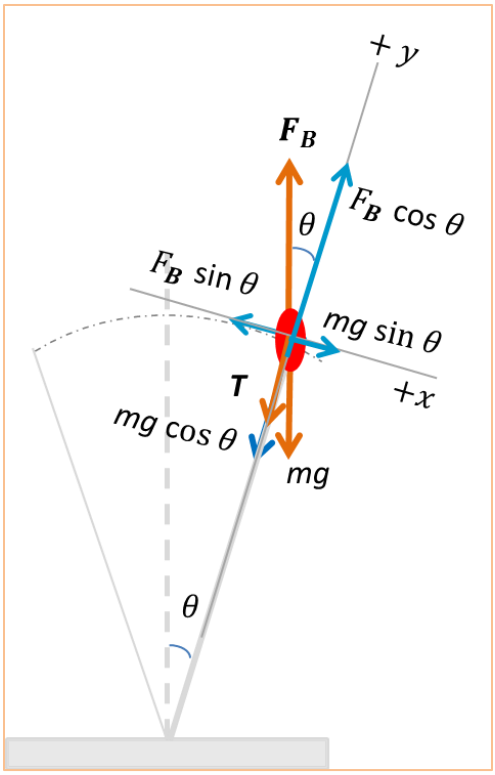
صفحة 11

تجربة إثرائية

التحليل والاستنتاج:

1. من المتوقع أن تكون قيم الزمن الدوري T متقاربة في كافة المحاولات، وكلما زاد طول الخيط يزداد الزمن الدوري حسب العلاقة $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$.

2. من المتوقع أن يكون طول الخيط 25 m تقريبًا.
3. من المفروض أن يكون الزمن المقيس بالطريقتين متساوٍ؛ ولكن بسبب أخطاء القياس في الطريقتين ربما تختلف النتائج قليلًا.
4. الأخطاء الناتجة عن قياس كل من :
   - طول الخيط.
   - الزمن الدوري.



5. لا؛ لأن هناك قوى مقاومة تعيق حركة البندول مثل قوة الاحتكاك بين الخيط واللاقط وكذلك قوة مقاومة الهواء لحركة البندول.

صفحة 14

أسئلة التفكير

1. د. T يبقى ثابتًا، و v_{max} تتضاعف.

2. جـ.

$$t = \frac{3T}{4}$$

3. ب. g: يزداد، T: يقلّ.

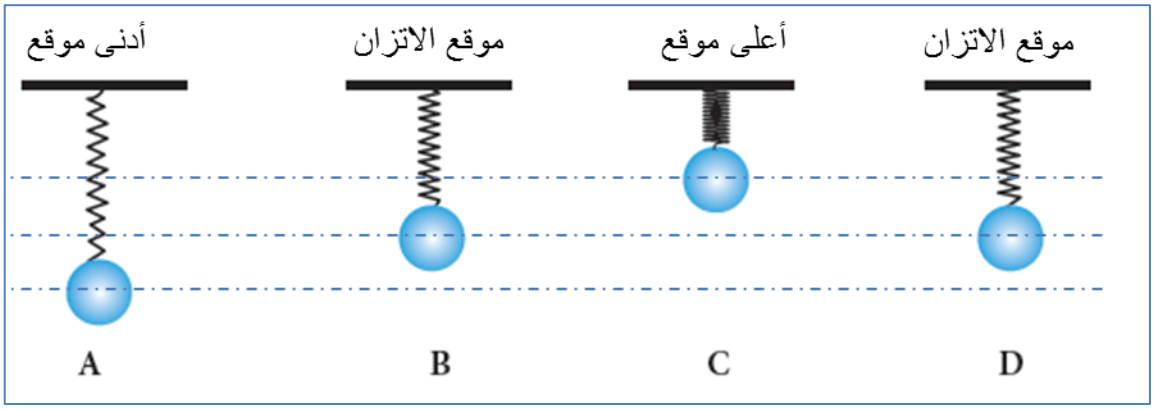
4.

أ. القوى المؤثرة في البالون ومركباتها كما في الشكل:

ب. القوة المعديدة: المركبة المماسية لقوة الطفو $F = F_B \sin\theta$

جـ. يتحرك البالون حركة توافقية بسيطة.

5.



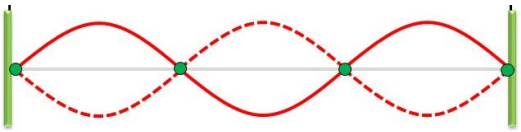
الموقع	الإزاحة	السرعة	التسارع	القوّة المُعيدة
A	قيمة عظمى(−)	صفر	قيمة عظمى(+)	قيمة عظمى(+)
B	صفر	قيمة عظمى(+)	صفر	صفر
C	قيمة عظمى(+)	صفر	قيمة عظمى(−)	قيمة عظمى(−)
D	صفر	قيمة عظمى(−)	صفر	صفر

الوحدة 5: الموجات وخصائصها/ الإجابات

- (صفحة1) سؤال مقدمة الوحدة **(أتأمل)**:

الإجابة: ينعكس الضوء عن غشاء فقاعة الصابون؛ الأولى عن السطح الخارجي والثانية عن الداخلي، فيحدث تداخل بناء او هدام بين الشعاعين المنعكسين، فتظهر ألوان وتختفي أخرى من مركبات الضوء. ابتكر العلماء طلاء رقيقًا تُطلى به عدسات النظارات وآلات التصوير، فتقلل من نسبة الضوء المنعكس، مما يزيد من نسبة الضوء الذي ينفذ خلالها.

(صفحة 3) أسئلة التجربة الاستهلالية:



1. قد أحصل على شكل مماثل للشكل المجاور، الذي يبين موجات مستقرة ناتجة عن تداخل بين مسارين متعاكسين من الموجات المتماثلة.
2. تعتمد سرعة انتشار الموجات في وسط معين على خصائص الوسط، والوسط هنا هو خيط له خصائص ناتجة عن الكتلة والسمك والشد، وجميعها لم تتغير، لذلك بقيت السرعة ثابتة.
3. العلاقة بين التردد والطول الموجي تكون عكسية، فكلما زاد التردد لاحظت أن الطول الموجي قصُر.
4. بعد الحصول على قيم الطول الموجي بالقياس باستخدام المسطرة، وقيم التردد من جهاز مولد الذبذبات، استخدم العلاقة: $v = \lambda f$
5. يؤدي تغيير الكتلة المعلقة بالخيط إلى اختلاف قوة الشد فيه، وهذه تُعد من خصائص الوسط، فينتج عنها تغير في سرعة انتقال الموجات.
6. أعلم أن طاقة الموجة تعتمد على السعة والتردد، فبزيادة أي منهما تزداد الطاقة التي تنقلها الموجة.

الدرس الأول: التمثيل الرياضي للموجات

أنواع الموجات:

(صفحة 4)

أتحقَّقُ:

- في الموجات الطولية يكون اتجاه اهتزاز أجزاء الوسط باتجاه انتشار الموجة نفسه، وفي الموجات المستعرضة يكون اتجاه اهتزاز أجزاء الوسط متعامد مع اتجاه انتشار الموجة.

سؤال الشكل (3) صفحة 6

موجات الراديو: الاتصالات، موجات تحت حمراء: أجهزة الإنذار والتحكم، موجات سينية: تصوير العظام، موجات جاما: في الطب.

وصف الموجات:

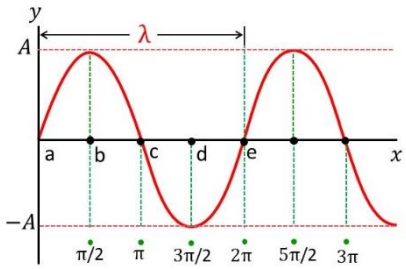
(صفحة 8) أتحقق:

التردد: عدد الموجات التي تعبر نقطة محددة في الوسط خلال ثانية واحدة، الطول الموجي المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين، والعلاقة بينهما عكسية، بزيادة إحداهما تقل الأخرى.

(صفحة 9) أتحقق:

يمثل الطول الموجي المسافة بين قمتين متتاليتين، علمًا أن القمتان تمثلان موقعين في الوسط لهما الإزاحة الرأسية العظمى نفسها. في حين يمثل الزمن الدوري الفاصل الزمني بين قمتين متتاليتين، علمًا أن القمتين تمثلان لحظتين زمنيتين تكون فيهما الإزاحة الرأسية للموقع نفسه قيمة عظمى.

(صفحة 12) أتحقق:



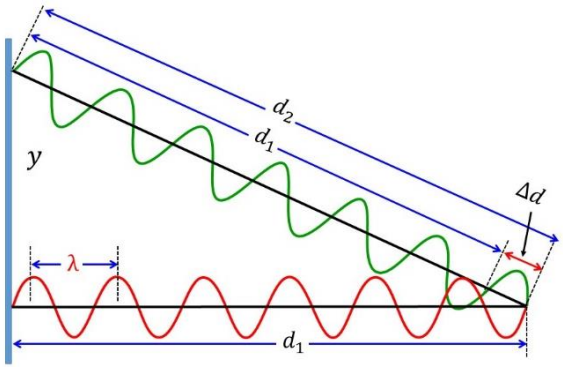
النقطة (e) تبعد عن نقطة الأصل طول موجي واحد.

النقطة (d) تبعد عن نقطة الأصل ثلاثة أرباع الطول الموجي.

فرق الطور بينهما:

$$2\pi - \frac{3\pi}{2} = \frac{\pi}{2}$$

(صفحة 15) سؤال الشكل 12



أستخرج طول مسار كل موجة وفرق المسار بينهما بدلالة الطول الموجي.

المسار الأول d_1 يساوي 6λ

المسار الثاني d_2 يساوي $\frac{13}{2}\lambda$

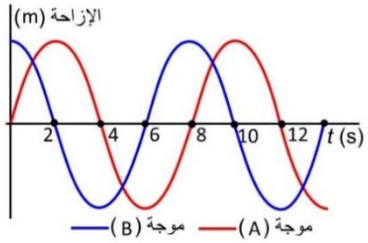
فرق المسار Δd يساوي

$$\frac{13}{2}\lambda - 6\lambda = \frac{\lambda}{2}$$

(صفحة 17) أتحقق:

إذا كان فرق الطور (2π) يقابل موجة واحدة، فإن فرق طور مقداره (π)، يُعطي فرق المسار $(\frac{\lambda}{2})$.

(صفحة 19) تمرين:



إذا كانت $(\phi = 4\pi)$، فما مقدار الفارق الزمني وفرق المسار بين الموجتين؟

زاوية الطور (2π) يقابلها طول موجي واحد وزمن دوري واحد، لذلك فإن:

$$\Delta t = 4\pi \frac{T}{2\pi} = 2 \times 8 = 16\ \text{s}, \qquad \Delta d = 4\pi \frac{\lambda}{2\pi} = 2 \times 0.24 = 0.48\ \text{m}$$

مراجعة الدرس الاول/ صفحة (35)

1. **الفكرة الرئيسة:**

$$y(x,t) = 0.4 \sin (2x - 15t + 3)$$

السعة (0.4)، زاوية الطور $(2x - 15t + 3)$، الرقم الموجي (2)، ثابت الطور $(3$ بوحدة rad$)$، التردد الزاوي (15).

2. **أحلل:**

موجات تنقل الطاقة الميكانيكية: الموجات الصوتية، موجات النابض، الموجات الزلزالية.

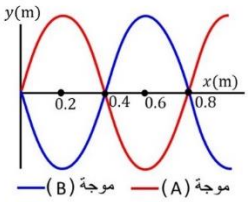
موجات تنقل الطاقة الكهرمغناطيسية: الأشعة تحت الحمراء، الأشعة السينية، الضوء المرئي.

3. **أتوقع:**

انتقال الموجة بين حبلين مختلفين في السمك يعني أنها انتقلت بين وسطين مختلفين في خصائصهما، والكميات التي تعتمد على خصائص الوسط، وبذلك سوف تتغير، هي: السرعة والطول الموجي.

في حين أن التردد والزمن الدوري يعتمدان على المصدر، فلا يتغيران.

4. **أستعمل المتغيرات:**



أ) الطول الموجي لكل منهما $(0.8\ \text{m})$

ب) فرق الطور بين الموجتين (π).

ج) ثابت الطور للموجة (A) هو (صفر)، وثابت الطور للموجة (B) هو (π).

5. **أحسب:**

أ) الرقم الموجي $\left(k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0.2} = 10\pi\right)$، التردد الزاوي $(\omega = 2\pi f = 2\pi \times 8 = 16\pi)$

ب) اقتران الموجة:

$$y(x,t) = 0.28 \sin\left(10\pi x - 16\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

ج) الإزاحة الرأسية عند الموقع $(x = 1.9\ \text{m})$ والزمن $(t = 1.5\ \text{s})$ تساوي:

$$y(1.9,1.5) = 0.28 \sin\left(10 \times 1.9\pi - 16 \times 1.5\pi + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$y(1.9,1.5) = 0.28 \sin\left(19\pi - 24\pi + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$y(1.9,1.5) = 0.28 \sin(-4.5\pi) = 0.28 \sin\left(-\frac{\pi}{2}\right) = -0.28\ \text{m}$$

الدرس الثاني: الموجات الموقوفة والرنين

(صفحة 22) أتحقق:

ترتد النبضة المرسلة في حبل نهايته مثبته في حائط مقلوبة رأسيًا؛ حسب القانون الثالث لنيوتن، أثر الحبل في الحائط بقوة نحو الأعلى، فأثر الحائط في الحبل بقوة مساوية نحو الأسفل، فارتدت الموجة مقلوبة رأسيًا.

(صفحة 23) تجربة (1):

1. انحرفت الموجات المستقيمة بعد تجاوزها الفتحة في الحاجز نحو الجانبين، بحيث أصبحت على شكل دوائر متتالية، ويعرف هذا بحيود الموجات.
2. عندما كان اتساع الفتحة ضعفي الطول الموجي كان الحيود قليلا بحيث بقي جزء من الموجة مستقيم وحدث الانحناء في الجانبين فقط
3. واصلت الموجات تقدمها وهي مستقيمة ولم ألاحظ حدوث حيود، بخلاف الحالتين السابقتين.
4. **أستنتجُ:** تحدث ظاهرة الحيود بشكل واضح عندما يكون اتساع الفتحة التي تعبرها الموجات مقاربًا لطولها الموجي، أما عندما تكون الفتحة أصغر بكثير من الطول الموجي أو أكبر منه بكثير، فلا تحدث ظاهرة الحيود بشكل واضح. كلما كان اتساع الفتحة أكبر من الطول الموجي تتلاشى ظاهرة الحيود.
5. **أستنتجُ** وجود فتحة في حاجز، وأن يكون اتساع الفتحة قريبًا من الطول الموجي. وينطبق هذا على جميع الموجات الميكانيكية والكهرمغناطيسية، مثل الصوت والضوء.

(صفحة 24) أتحقق:

الحيود هو انحراف الموجات عن مسارها المستقيم عند مرورها بالقرب من حافة حاجز أو عبورها فتحة ضيقة اتساعها مساوٍ تقريبا للطول الموجي.

(صفحة 25) أتحقق:

بعد أن تتساوى الموجتان المتداخلتان في الطول الموجي والتردد، فإنه لكي يحدث تداخل بناء بينهما يجب أن تكونا متفقتين في الطور؛ أي تلتقي قمة مع قمة وقاع مع قاع.

(صفحة 26) أتحقق:

العقدة منطقة تكون الإزاحة المحصلة عندها صفرًا في جميع الأوقات، والبطن منطقة تكون الإزاحة المحصلة فيها عظمى عند جميع الأوقات.

(صفحة 28) تجربة (2):

1. تكون النمط الأول عند أقل تردد ممكن، فتشكلت نصف موجة موقوفة، حيث تكونت عقدتان عند طرفي الخيط المثبتين، وبطن واحد في منتصف الخيط.
2. عند زيادة التردد تكون النمط الثاني من ثلاث عقد عند طرفي الخيط وفي منتصفه، وتكون بطنان بين العقد الثلاثة، وبزيادة التردد مرّة أخرى تكون النمط الثالث من أربع عقد وثلاث بطون.
3. في النمط الأول كان طول الموجة ضعفي طول الخيط، وفي الثاني كان طول الموجة يساوي طول الخيط، وفي الثالث كان طول الموجة يساوي ثلثي طول الخيط. فالعلاقة بينهما $(\lambda_n = \frac{2L}{n})$، حيث $n = 1, 2, 3, 4 \ldots$.
4. أما عدد العقد فهو يساوي رقم النمط + واحد.
5. **أتوقع:** أن يؤثر ثقل الكتلة المعلقة في خصائص الخيط عن طريق تغيّر قوة الشد، فتتغير سرعة انتشار الموجات، وتتغير الأنماط السابقة.

(صفحة 30) أتحقق:

عندما يكون الطول الموجي $(\lambda = 0.4\ \text{m})$، فإن العقد ستكون عن نهاية كل موجة ومنتصفها، أي عند النقاط التالية: $x = 0.0,\ 0.2,\ 0.4,\ 0.6,\ 0.8\ \text{m}$، وبين كل نقطتين منها سيكون بطن، أي أن النقطة $(x = 0.7\ \text{m})$ هي بطن.

(صفحة 32) أفكر:

أ) الطول الموجي للعمود مفتوح النهاية: $\lambda_1 = \frac{2L}{n} = \frac{2\times0.9}{1} = 1.8\ \text{cm}$

الطول الموجي للعمود مغلق النهاية: $\lambda_1 = \frac{4L}{n} = \frac{4\times0.9}{1} = 3.6\ \text{cm}$

ب) التردد للعمود مفتوح النهاية: $f_1 = \frac{v}{2L} = \frac{340}{1.8} = 188.9\ \text{Hz}$

التردد للعمود مغلق النهاية: $f_1 = \frac{v}{4L} = \frac{340}{3.6} = 94.4\ \text{Hz}$

(صفحة 34) أتحقق:

سوف تعمل هذه القوة عمل قوة معيقة وتستنفد طاقة الموجات، فتقل سعة الاهتزاز أولاً بأول، وتختفي الموجات.

مراجعة الدرس الثاني/ صفحة (35)

1- الفكرة الرئيسة:

الموجات الموقوفة: أنماطًا اهتزازية ثابتة الأشكال تنتج عن تراكب موجتين متساويتين في التردد والطول الموجي والسعة، تنتقلان في اتجاهين متعاكسين في الوسط نفسه.

شرط حدوثها: حدوث تراكب بين موجتين متساويتين في التردد والسعة والطول الموجي تنتقلان باتجاهين متعاكسين في الوسط نفسه.

أهمية تزويدها بالطاقة: لتعويض الطاقة المفقودة بسبب القوى المعيقة للاهتزاز مثل الاحتكاك.

2- أقارن

في الأعمدة الهوائية المفتوحة (مفتوحة البداية ومفتوحة النهاية) تكون سعة الاهتزاز عظمى عند الطرفين، بينما في الأعمدة الهوائية المغلقة (مفتوحة البداية ومغلقة النهاية) تكون سعة الاهتزاز عظمى عن البداية وصفرًا عند النهاية المغلقة.

في الأعمدة الهوائية المفتوحة تتكون جميع التوافقات $(n = 1, 2, 3, 4, \ldots)$، بينما في الأعمدة الهوائية المغلقة تتكون التوافقات الفردية فقط $(n = 1, 3, 5, \ldots)$.

3- أفسر:

تغيير طول الوتر عند العزف على آلة وترية مثل العود، يؤدي إلى تغيير الترددات التوافقية بذلك يمكن الحصول على نغمات بدرجات مختلفة. اما التجويف الهوائي فيساعد على حدوث رنين عند التردد الطبيعي للوتر، مما يضخم الصوت.

4- يُحدث المهندسون تغييرات في الشكل الخارجي للبناء أو الحبال التي تشدّ الجسور المعلقة، حتى لا يكون التردد الطبيعي لها متفق مع التردد الطبيعي القوى الخارجية المؤثرة في الجسر، فتحدث رنينًا يؤدي لهم البناء أو الجسر.

5- أحلل:

تشكيل 3 عقد يعني تكوّن التوافق الثاني $(n = 2)$، وعندها فإن:

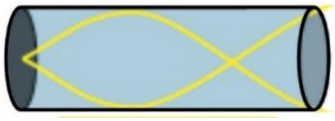
$$\lambda_n = \frac{2L}{n}\ , \qquad \lambda_2 = \frac{2L}{2} = L$$
$$f_n = \frac{nv}{2L}\ , \qquad f_2 = \frac{2v}{2L} = \frac{v}{L}$$

6- الترددان الأول والثالث:

$$f_n = nf_1\ ,\ f_2 = 2f_1,\ 392 = 2f_1,\ f_1 = \frac{392}{2} = 196\ \text{Hz}$$
$$f_n = nf_1\ ,\ f_3 = 3f_1 = 3 \times 196 = 588\ \text{Hz}$$

7- أحسب:

يتضح من الشكل أن التوافق المتكوّن هو الثالث، أي أن $(n = 3)$، وبذلك فإن:



$$\lambda_n = \frac{4L}{n}\ , \qquad \lambda_3 = \frac{4L}{3} = \frac{4 \times 0.6}{3} = 0.8\ \text{m}$$
$$f_n = \frac{nv}{4L}\ , \qquad f_3 = \frac{3v}{4L} = \frac{3 \times 340}{4 \times 0.6} = 425\ \text{Hz}$$

الدرس الثالث: التداخل والحيود لموجات الضوء

(صفحة 37) أتحقق:

لا يكون المصدران الضوئيان الأحمر والأخضر متناغمان، لأنهما مختلفان في الطول الموجي، بينما التناغم يتطلب أن تتساوى موجات المصدرين في الطول الموجي.

(صفحة 40) أتحقق:

عندما تخرج موجتان متناغمتان من شقين، تكون الموجتان متساويتان في الطور، لكن عند نقطة التقائهما يختلف طول المسار الذي تقطعه كل موجة، وهذا الاختلاف يؤدي إلى تداخل بناء أو هدام.

(صفحة 41) أفكر:

المسافة بين الشقين، المسافة بين هدبين متتاليين، والمسافة بين الحاجز الذي يحتوي على الشقين والشاشة التي تتكون عليها الأهداب.

(صفحة 43) أتحقق:

لأن سقوط الضوء على الحد الفاصل بين الهواء والصابون، كان من وسط معامل انكساره صغير (الهواء) إلى وسط معامل انكسار الوسط أكبر (الصابون)، لذلك كان الجزء المنعكس من الموجة مقلوبًا. أما على الوجه الداخلي لغشاء الفقاعة كان السقوط من وسط معامل انكساره كبير (الصابون) إلى وسط معامل انكساره أصغر (الهواء)، فلم تنعكس الموجة مقلوبة.

(صفحة 44) سؤال الشكل:

في غشاء الصابون يحدث انعكاس في الطور عند أحد السطحين، وهو عند سقوط الضوء من الهواء إلى الصابون لأن معامل انكسار الوسط الثاني أكبر من الأول، بينما في طلاء العدسات لا يحدث انعكاس في الطور على الوجه الأول لأن معامل انكسار الطلاء أكبر من معامل انكسار الهواء، ولم يحدث انعكاس في الطور على الوجه الثاني لأن معامل انكسار زجاج العدسة أكب من معامل انكسار الزجاج.

(صفحة 45) أتحقق:

ظاهرة الحيود هي انحراف مسار الموجات عند نفاذها خلال شق اتساعه يكون قريبًا من الطول الموجي، وكذلك انحراف الموجات عند مرورها قرب حافة حاجز، أما ظهرة التداخل فهي تراكب موجتين أو أكثر عند التقائهما في نقطة، وقد يكون التقاء الموجتين نتيجة حيودهما.

(صفحة 48) تجربة 3:

1. بزيادة المسافة بين المحزوز والشاشة تزداد المسافة بين الهدبين المضيئين، وبذلك يسهل تمييزهما بوضوح.
2. أشغل مصدر ضوء الليزر وأوجهه نحو الشاشة دون وجود محزوز الحيود، وعندما أضع المحزوز مكانه، فإن بقعة الضوء المركزية لا تنحرف عن مكانها، بهذا يكون المحزوز موازيًا للشاشة.
3. **أفسّر** لتجنب الوقوع في نتائج غير صحيحة نتيجة وجود أخطاء قياس، وخاصة في قياس الزوايا، فالمتوسط للقياسين يخفف من أثر الخطأ.
4. أحسب مقدار الطول الموجي للضوء بمعرفة الزاوية θ والقياسات الأخرى ثم تطبيق العلاقة:

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

مراجعة الدرس الثاني/ صفحة (51)

1. **الفكرة الرئيسة:**

تداخل الضوء: عندما يصدر عن شقين شعاعان ضوئيان متناغمان ويلتقيان عند نقطة على حاجز، فإنهما يتداخلان تداخلاً بناءً أو هدامًا، حسب فرق الطور بينهما، فتظهر على الحاجز أهدابًا مضيئة وأخرى معتمة تفصل بينها مسافات متساوية.

حيود الضوء: عند مرور شعاع ضوئي من شق ضيق، فإنه ينتشر على جانبي الشق، وإذا أتيح للضوء السقوط على حاجز بعيد مقابل للشق، فإنه يكوّن أهدابًا مضيئة وأخرى معتمة. تتكون هذه الاهداب نتيجة حدوث تداخل بناء وآخر هدام لأشعة الضوء المختلفة التي نفذت خلال طرفي الشق الضيق. أي أن ظاهرة الحيود تؤدي إلى التقاء الموجات مما يسبب حدوث تداخل بينها.

شروط حدوث نمط تداخل منتظم: أن تكون موجات المصدرين متناغمة؛ أي متساوية في التردد والطول الموجي (أحادية اللون).

2. **أقارن** يتكون الهدب المضيء على الحاجز نتيجة التقاء شعاعين ضوئيين لهما طول المسار نفسه، أو أن فرق المسار بينهما من المضاعفات الصحيحة للطول الموجي. ويتكون الهدب المعتم نتيجة التقاء شعاعين ضوئيين فرق المسار بينهما نصف طول موجي، أو من مضاعفات الرقم $(n + 1/2)\lambda$.

3. أفسر

تُطلى عدسات آلات التصوير بطبقة رقيقة من مادة شفافة لها معامل انكسار أقل من معامل انكسار زجاج العدسة، ويكون سمك هذه الطبقة بمقدار ربع طول موجي، فينتج عن ذلك أن تتداخل الأشعة المنعكسة عن وجهي الطلاء الخارجي والداخلي تداخلاً هدامًا. عند تحديد سمك طبقة الطلاء تكون المقارنة مع متوسط الأطوال الموجية للضوء المرئي، مما يجعل بعض الأشعة التي تقع في طرف الطيف المرئي تنعكس عن الطلاء، فتظهر بعض الألوان نتيجة ذلك.

4. النموذج الموجي يفسر كل من: الانعكاس والتداخل والانكسار والحيود.

النموذج الجسيمي يفسر: الانعكاس والانكسار والظاهرة الكهرضوئية.

5. أحلل صورة العمود الظاهرة في الشكل تبين بوضوح انحراف أشعة الشمس عند مرورها بالقرب من حافة العمود، نتيجة حدوث ظاهرة الحيود.

6. الشعاع (1) ينعكس مع حدوث اختلاف في الطور بمقدار (π)، لأن $(n_2 > n_1)$.
الشعاع (2) ينعكس مع حدوث اختلاف في الطور بمقدار (π)، لأن $(n_3 > n_2)$.
الشعاع (3) ينعكس مع حدوث اختلاف في الطور بمقدار (π)، لأن $(n_2 > n_1)$.
الشعاع (4) ينعكس دون حدوث اختلاف في الطور لأن $(n_3 < n_2)$.

7. أستعمل المتغيرات:

$$\lambda = \frac{a\Delta y}{D} = \frac{1.4 \times 10^{-3} \times 0.6 \times 10^{-3}}{1.4} \quad , \quad \left(\Delta y = \frac{1.2}{2} = 0.6 \text{ mm}\right)$$

$$\lambda = 6 \times 10^{-7} \text{ m} = 600 \text{ nm}$$

8. أحسب:

$$d = \frac{1}{250 \times 1000} = 4 \times 10^{-6} \text{ m}$$

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

$$\lambda = \frac{d \sin\theta_n}{n} = \frac{4 \times 10^{-6} \sin 15°}{2}$$

$$\lambda = \frac{4 \times 10^{-6} \times 0.26}{2} = 5.2 \times 10^{-7} \text{m} = 520 \text{ nm}$$

مراجعة الوحدة

1- السؤال الأول: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة

1. $(300\ \mu m)$
2. $(0.8\ m/s)$
3. السعة $(0.2\ m)$، والرقم الموجي $(3\ rad/m)$.
4. عدد العقد يساوي $(n+1)$

2- السؤال الثاني: أحسب:

$$\lambda = 640\ m \Rightarrow f = \frac{3\times10^8}{640} = 4.7\times10^8\ Hz$$

$$\lambda = 10\ cm \Rightarrow f = \frac{3\times10^8}{0.1} = 3\times10^9\ Hz$$

$$\lambda = 0.1\ \mu m \Rightarrow f = \frac{3\times10^8}{1\times10^{-5}} = 3\times10^{13}\ Hz$$

$$\lambda = 300\ nm \Rightarrow f = \frac{3\times10^8}{3\times10^{-7}} = 1\times10^{15}\ Hz$$

$(640\ m)$: موجات الراديو الطويلة، $(10\ cm)$: موجات راديو قصيرة (رادار)،

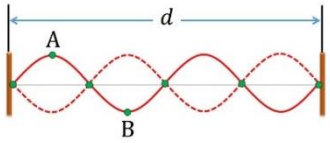
$(1.0\ \mu m)$: موجات تحت الحمراء، $(330\ nm)$: موجات فوق بنفسجي.

3- أحسب: هذه الحركة تعني أن التردد يساوي $(3\ Hz)$، وبذلك يكون الزمن الدوري مقلوب التردد ويساوي $(0.33\ s)$. أما عدد الاهتزازات فليس له تأثير في سرعة الموجة لأن السرعة تعتمد على طبيعة الوسط (الحبل) وخصائصه.

4- أفسّر: (أ) تنعكس مقلوبة عندما يكون الطرف البعيد للحبل مثبتًا ولا يسمح له بالحركة، وذلك نتيجة تأثير رد الفعل من الجدار في الحبل. لكن عندما يسمح لطرف الحبل بالانزلاق للأعلى والأسفل فإن النبضة تنعكس معتدلة.

(ب) انتقلت الموجات نحو الأعلى ثم انعكست عن السقف، وحدث تداخل بينهما فنتجت موجات موقوفة.

5- (أ): طول الوتر: $d = 2\lambda$



(ب): زاوية الطور للنقطة (A) تساوي $(\frac{\pi}{2})$، وزاوية الطور للنقطة (B) تساوي $(\frac{3\pi}{2})$، أي أنه يوجد فرق طور بين النقطتين مقداره (π).

وهذا الفرق ناتج عن الفارق الزمني في مرور الموجة بكل من النقطتين.

6- (أ) اتجاه انتشار الموجة من اليسار إلى اليمين لأن زاوية الطور $(3\pi x - 10\pi t)$ فكلما ازداد الوقت يجب ان تزداد x حتى تبقى زاوية الطور ثابتة.

(ب): الإزاحة الرأسية:

$$y(x,t) = 0.35 \sin(3\pi x - 10\pi t + ¼\pi)$$

$$y(0.1, 0) = 0.35 \sin(0.3\pi + ¼\pi)$$

$$y(x,t) = 0.35 \sin(0.55\pi) = 0.35 \times 0.99 = 0.346 \text{ m}$$

(ج) الطول الموجي من الرقم الموجي: $(\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{3\pi} = 0.67 \text{ m})$

والتردد من التردد الزاوي: $(f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{10\pi}{3\pi} = 3.33 \text{ Hz})$

(د) ثابت الطور يساوي $(¼\pi)$

7- **أحلل** (أ): طول الحبل (0.86 m)، وعندما تتكون عقدتان فإن المسافة بينهما (0.86 m)، وهذا يعني تكوّن التوافق الأول $(n = 1)$، وبذلك:

$$n\,\lambda_n = 2L \Rightarrow \lambda = 2 \times 0.86 = 1.72 \text{ m}$$

(ب): عندما يتكون بطنان فهذا يعني تكوّن التوافق الثاني $(n = 2)$، وبذلك:

$$n\,\lambda_n = 2L \Rightarrow 2\,\lambda = 2 \times 0.86 \Rightarrow \lambda = 0.86 \text{ m}$$

والمسافة بين عقدتين متتاليتين تساوي نصف موجة، أي (0.43 m).

8- **أقارن:** الناي المفتوح النهاية يكون تردد التوافق الأول فيه $(f = \frac{v}{2L})$، والمزمار مغلق النهاية يكون تردد التوافق الأول فيه $(f = \frac{v}{4L})$، وحيث أن سرعة الهواء واحدة، وطول العمود متساوي، فإن المزمار يولد نغمة أكثر انخفاضًا، لأنه أقل ترددًا من الناي. تردد المزمار يساوي نصف تردد الناي.

9- أتوقع:

التردد (Hz)	100	200	300	400	500	600
عدد البطون	1	2	3	4	5	6
الطول الموجي (m)	1.00	0.50	0.33	0.25	0.20	0.17

10- تحاول رؤى..

أ) تتحكم في طول عمود الهواء بمقدار غمسها للأنبوب الزجاجي في الماء.

ب) تعلم بتكون موجات موقوفة عند سماعها صوت الشوكة الرنانة مضخمًا بسبب الرنين.

ت) بمعرفة طول عمود الهواء، ورقم التوافق، وتردد الشوكة الرنانة الذي يكون مكتوب عليها.

11- ....

$$d = \frac{1}{500 \times 1000} = 2 \times 10^{-6}\ \text{m}$$

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

$$\lambda = \frac{d \sin\theta_n}{n} = \frac{2 \times 10^{-6} \sin 15°}{1}$$

$$\lambda = 2 \times 10^{-6} \times 0.26 = 5.2 \times 10^{-7}\text{m} = 520\ \text{nm}$$

12- (أ)

$$\Delta y = \frac{2.5 \times 10^{-3}}{4} = 6.25 \times 10^{-3}\ \text{m}$$

$$\lambda = \frac{a\Delta y}{D} = \frac{1.2 \times 10^{-3} \times 6.25 \times 10^{-4}}{1.5} = 5 \times 10^{-7}\ \text{m} = 500\ \text{nm}$$

(ب): عند تقريب الحاجز من الشقين، تقل المسافة بين كل هدبين مضيئين، أما الطول الموجي والمسافة بين الشقين فلا يتغيران.

13- يمكن طلاء الخلايا بطبقة شفافة رقيقة لا يتعدى سمكها ربع طول موجي، ويكون معامل انكسارها أكبر من معامل انكسار الهواء، وأقل من معامل انكسار السيليكون، فيحدث تداخل هدام للضوء المنعكس مما يقلل من نسبة الضوء المنعكس، ويزيد نسبة الضوء النافذ.

14-الهدب المضيء الأول:

$$d = \frac{1}{600 \times 1000} = 1.67 \times 10^{-6}\ \text{m}$$

$$\sin\ \theta_n = \frac{n\lambda}{d} = \frac{1 \times 405 \times 10^{-9}}{1.67 \times 10^{-6}} = 0.243$$

$$\theta_n = 14°$$

الهدب المضيء الثاني:

$$\sin\ \theta_n = \frac{n\lambda}{d} = \frac{2 \times 405 \times 10^{-9}}{1.67 \times 10^{-6}} = 0.485$$

$$\theta_n = 29°$$

15-عدد الخطوط في كل ملمتر

$$\sin\ \theta_n = \frac{n\lambda}{d} \Rightarrow d = \frac{n\lambda}{\sin\ \theta_n} = \frac{n\lambda}{\sin 58}$$

$$d = \frac{2 \times 760 \times 10^{-9}}{0.848} = 1.79 \times 10^{-6}\ \text{m} = 1.79 \times 10^{-3}\ \text{mm}$$

$$N = \frac{1}{1.79 \times 10^{-3}} = 558$$

16-يبدو انعكاس الضوء عن عدسات النظارة الأولى واضحًا مما يقلل من نسبة الضوء النافذ خلالها، بينما العدسات المطلية في الصورة الثانية لا يظهر انعكاس الضوء عنها، مما يزيد من نسبة الضوء النافذ خلالها، ويحدث أيضًا تداخل هدام بين الأشعة المنعكسة والناتج عن اختيار السمك المناسب لطبقة الطلاء.

النشاط الإثرائي في كتاب الأنشطة

التحليل والاستنتاج:

1- **أقارن** يجب أن تتماثل القراءات من اليمين واليسار لأن الحيود يكون متماثلاً من الجهتين، ولكل رتبة زاويتي حيود متساويتين من اليمين واليسار، وحدوث أي اختلاف يكون مصدره أخطاء القياس فقط.

2- في الرتبة الواحدة تظهر مجموعة من الخطوط الطيفية حيث تزداد زاوية الانحراف بزيادة الطول الموجي للضوء؛ فالأزرق أقلها انحرافًا والأحمر أكثرها.

3- كلما زادت رتبة الهدب وابتعدنا عن المنطقة المركزية تقل شدة الإضاءة.

4- **أفسر** عند حيود الضوء تنحرف الألوان بزوايا مختلفة ويكون فرق المسار مختلفًا بين لون وآخر، فيحدث تداخل بناء لبعض الاطوال الموجية وتداخل هدام لبعضها الآخر.

5- **أفسر** في الهدب المركزي لم تنحرف الموجات ولا يوجد اختلاف في طول المسار فيكون فرق الطور للألوان جميعها مساويًا للصفر، لذلك لا يختفي أي منها ويبقى الضوء أبيض.

أسئلة تفكير

1- السؤال الأول:

أ- انخفض صوت البث بين الموقعين A، B نتيجة حدوث تداخل هدام لموجات البث في هذه المنطلقة.

ب-حيث أن السيارة تسير بسرعة ثابتة فالمسافة تساوي: $x = vt = 25 \times 2 = 50 \text{ m}$

ت-المسافة بين برجي البث، يمكن حسابها من العلاقة الخاصة بالتداخل:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{1 \times 10^8} = 3 \text{ m}$$

$$\Delta y = \frac{\lambda D}{a} \quad \rightarrow \quad a = \frac{\lambda D}{\Delta y} = \frac{3 \times 22000}{50} = 1320 \text{ m}$$

ث-سيكون البث عاليًا عند موقع يبعد 50 m على يمين B وعند موقع يبعد 50 m على يسار A.

2- السؤال الثاني:

أ) لأن تردد الصوت لم يكن متوافقًا مع التردد الطبيعي للكأس.

ب) حدث الكسر عندما توافق تردد الصوت مع أحد الترددات الطبيعية للكأس، وباستمرار التأثير حدث رنين وتزايدت سعة الاهتزاز حتى حدث الكسر.

ت) الشكل يمثل موجات موقوفة من التوافق الخامس.

$$5\lambda = 2L = 2(2\pi r) = 4 \times 3.14 \times 4.3 = 54 \text{ cm}$$

$$\lambda = 10.8 \text{ cm}$$

الوحدة السادسة: الديناميكا الحرارية Thermodynamics

الإجابات

الصفحة 111

أتأمَّل الصورة:

الطاقة الداخلية Internal energy هي مجموع الطاقة الحركية والطاقة الكامنة لجميع جسيمات النظام، وهي ترتبط بمكونات النظام المجهرية (الذرّات والجزيئات)، رمزها U، وتُقاس بوحدة الجول (J) بحسب النظام الدولي للوحدات.

أهمية قوانين الديناميكا الحرارية في حياتنا: نعم، قوانين الديناميكا الحرارية مهمة في حياتنا؛ لأن مبدأ عمل كثير من الأجهزة والآلات –مثل الثلاجات والمكيفات وآلات الاحتراق الداخلي– يعتمد على قوانين الديناميكا الحرارية.

الصفحة 113

تجربة استهلالية: تأثير كتلة الجسم في تغير درجة حرارته.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. من أجل عزل محتوى الكوب الداخلي جيدًا عن تأثيرات المحيط الخارجي، وأُقلّل من انتقال الطاقة الحرارية بين الكوب ومحيطه الخارجي.

2. تمثّل درجة حرارة النظام (المكوّن من الكوب الداخلي والماء والمسعر) عند وصوله إلى حالة الاتزان الحراري.

3. **قبل الخلط:** درجة حرارة الماء الساخن أكبر من درجة حرارة برادة الحديد. **بعد الخلط:** لهما درجة الحرارة نفسها عند وصول النظام إلى الاتزان الحراري. إذ يفقد الماء الساخن طاقة حرارية وتنخفض درجة حرارته، في حين تكتسب برادة الحديد هذه الطاقة وترتفع درجة حرارتها.

4. كلما زادت كمية الماء الســـاخن قلّ مقدار الانخفاض في درجة حرارة الماء، ويصـــل النظام إلى الاتزان الحراري عند درجة حرارة أعلى وأقرب لـدرجة حرارة الماء الابتدائية؛ أي يقل مقدار التغير في درجة حرارة الماء، بينما يزداد مقدار تغير درجة حرارة برادة الحديد.

5. عند مضاعفة كتلة برادة الحديد المستخدمة يصل الخليط إلى الاتزان الحراري عند درجة حرارة أقل مقارنة بدرجة حرارة الاتزان قبل مضـــاعفة الكتلة، حيث يفقد الماء طاقة حرارية أكبر فتنخفض درجة حرارته بمقدار أكبر.

الصفحة 115

أتحقّق

ينص نموذج الحركة الجزيئية للمادة على أن:

1. جميع المواد (الصلبة، والسائلة، والغازية) تتكون من جسيمات (جزيئات وذرات).
2. المسافات الفاصلة بين الجسيمات صغيرة جدًّا في المواد الصلبة، ومتوسطة في السوائل، وكبيرة جدًّا في الغازات.
3. يوجد بين جزيئات المادة الواحدة قوى تماسك تعمل على تماسكها وترابطها، تكون كبيرة في الحالة الصلبة، ومتوسطة في الحالة السائلة، وصغيرة جدًّا في الغازات.
4. تتحرك جزيئات المادة حركة عشوائية مستمرة؛ حيث تكون حركتها اهتزازية موضعية في الحالة الصلبة، واهتزازية وانتقالية عشوائية في السوائل، واهتزازية وانتقالية ودورانية في الحالة الغازية.

أُفكّر

الإجابة: ينقل البلاط الطاقة بمعدل أكبر من معدل نقلها في السجاد (معامل التوصيل الحراري للبلاط أكبر منه للسجاد). ما نحتاجه هو طريقة موثوقة وقابلة للتكرار لقياس السخونة أو البرودة النسبية للأشياء بدلاً من معدل نقل الطاقة.

الصفحة 117

أتحقّق:

درجة الحرارة Temperature تساوي متوسط الطاقة الحركية للجسيم الواحد في الجسم.

الطاقة الحرارية Thermal energy تساوي مجموع الطاقة الحركية لجميع جسيمات الجسم.

أتحقّق:

الحرارة هي الطاقة المنتقلة من الجسم الأعلى درجة حرارة إلى الجسم الأدنى درجة حرارة، رمزها Q. وتُقاس بوحدة الجول (J) بحسب النظام الدولي للوحدات.

أبحث:

قد يتضمن البحث المواد الغذائية الآتية:

المادة (g)	الطاقة (J)
سكر	16000
خبز	10000
بيض	7000
بطاطا	4000

الصفحة 118

أتحقّق:

يصل جسمان إلى حالة الاتزان الحراري عندما يتساوى معدلا انتقال الحرارة بين الجسمين، ويكون صافي الطاقة المنتقلة بينهما صفرًا.

الصفحة 119

التجربة 1: تأثير نوع مادة الجسم في تغير درجة حرارته.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1.

المتغير المستقل: نوع السائل في الدورقين.

المتغير التابع: التغير في درجة الحرارة.

2. كمية الحرارة التي زوّد بها السائلين متساوية، حيث تم تسخينهما على مصدري حرارة متماثلين لفترة زمنية متساوية.

3. ستختلف الإجابات بحسب الحرارة النوعية للزيت المستخدم، وبحسب كمية الحرارة التي زوّدها مصدر الحرارة.

4. يكون مقدار التغير (الارتفاع) في درجة حرارة الزيت أكبر منه للماء. وأستنتج أن نوع مادة الجسم يؤثر في مقدار تغير درجة حرارته عند تسخينه أو تبريده، حيث لكل مادة سعة حرارية نوعية تؤثر في ذلك، ويختلف مقدار التغير في درجة حرارة كتل متساوية من مواد مختلفة عند تزويدها بكمية الحرارة نفسها.

5. تؤثر كتلة الجسم في مقدار تغير درجة حرارته، فقد لاحظت أنه عند تسخين مقادير مختلفة من السائل نفسه لفترات زمنية متساوية أن مقدار التغير (الارتفاع) في درجة الحرارة كان أكبر للسائل الأصغر كتلة.

6. يؤثر زمن تسخين الجسم في مقدار تغير درجة حرارته، فقد لاحظت أنه عند تسخين كمية السائل نفسها لفترات زمنية مختلفة أن مقدار التغير (الارتفاع) في درجة الحرارة كان أكبر لزمن التسخين الأطول؛ فكلّما زاد زمن تسخين الجسم زادت كمية الحرارة التي تُزوّد له.

7. مصـادر الخطأ المحتملة: قياس الكتلة، قياس درجة الحرارة، قياس الزمن، عدم الدقة في قراءة القياسـات وتدوينها، خطأ في إجراء الحسابات، وخطأ ناتج عن التقريب، ....

الصفحة 120

أُفكّر

يُستخدم الماء في أنظمة التبريد في المحركات؛ حيث يكتسب الطاقة الحرارية من أجزاء المحرك الساخنة جدًّا في أثناء دورته فيه، فترتفع درجة حرار الماء بمقدار كبير، ثم يصل الماء المشعّات (الراديتير Radiators) في أثناء دورته من أجل تبريده، حيث تكون درجة حرارته مرتفعة جدًّا، وإذا فُتح غطاء الراديتر عندما تكون درجة حرارة المحرك مرتفعة فإن بخار الماء يتدفق خارجًا منه ممّا يتسبّب في إصابة الشخص بحروق بالغة.

إجابة أبحث:

تعمل السعة الحرارية النوعية الكبيرة للماء على زيادة كمية الطاقة المختزنة في الجسم، ممّا يساعده على مقاومة التغيرات في درجة حرارة الهواء المحيط، حيث تبقى درجة حرارة الجسم ثابتة تقريبًا طوال اليوم، رغم التغيرات في درجة حرارة الهواء المحيط. كما يساعد الماء أيضًا على تنظيم درجة حرارة جسم الإنسان من خلال العرق الذي يفرزه الجسم، والذي يعمل على تبريده؛ إذ يحتاج تبخّر العرق طاقة حرارية كبيرة يكتسبها من الجسم.

الصفحة 121

أتحقّق

السعة الحرارية النوعية هي كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة (1 kg) من المادة بمقدار (1℃)، رمزها c، وتُقاس بوحدة J/kg.K بحسب النظام الدولي للوحدات.

وتعتمد كمية الطاقة المكتسبة أو المفقودة على: كتلة الجسم، ونوع مادته (السعة الحرارية النوعية)، والتغير في درجة حرارته.

الصفحة 123

تمرين

1.

$$Q = mc\,\Delta T$$

$$= 0.015 \times 900 \times (280 - 450) = -2.3 \times 10^3 \text{ J}$$

2. كتلة الشرارة الواحدة صغيرة جدًّا، ودرجة حرارة الهواء المحيط بها أقل كثيرًا من درجة حرارتها، لذا فإنه في اللحظة التي تنطلق بها الشرارة في الهواء تنخفض درجة حرارتها بشكل كبير وملحوظ بمجرد فقدها كمية صغيرة من الطاقة لأن كتلتها صغيرة جدًّا؛ حيث ($\Delta T = \frac{Q}{mc}$). لذا تكون درجة حرارة الشرارة التي تلامس الجلد قد انخفضت إلى ما دون (2000°C) بمقدار كبير جدًّا، وستكون كمية الطاقة التي تنقلها إلى الجلد صغيرًا جدًّا؛ لأن (m) صغيرة جدًّا أيضًا.

الصفحة 125

أتحقّق

أُحضر مسعرًا حراريًّا، وأضع فيه كمية من الماء معلومة الكتلة ودرجة الحرارة، ثم أُسخّن عينة معلومة الكتلة من المادة مجهولة السعة الحرارية النوعية إلى درجة حرارة محدّدة، ثم أضعها داخل المسعر. عند وصول النظام المكوّن من الماء والعينة ومادة المسعر إلى الاتزان الحراري أطبق مبدأ حفظ الطاقة وأحسب السعة الحرارية النوعية للمادة.

$$Q_A + Q_B + Q_C + \cdots = 0$$

الصفحة 126

تمرين

أ. مقدار التغير في الطاقة الحرارية للقالب يساوي كمية الطاقة التي فقدها.

$$Q_{\mathrm{w}} + Q_{\mathrm{b}} = 0$$

$$Q_{\mathrm{b}} = -Q_{\mathrm{w}}$$

وأحسب التغير في الطاقة الحرارية لمادة القالب كما يأتي:

$$Q_{\mathrm{b}} = \Delta E_{\mathrm{b}} = -Q_{\mathrm{w}} = -(mc\,\Delta T)_{\mathrm{w}}$$

$$= -0.15 \times 4200 \times (24 - 10) = -8820\ \mathrm{J}$$

ب.

$$c_{\mathrm{b}} = -\frac{m_{\mathrm{w}} c_{\mathrm{w}} (T_{\mathrm{f}} - T_{\mathrm{i,w}})}{m_{\mathrm{b}} (T_{\mathrm{f}} - T_{\mathrm{i,b}})}$$

$$= -\frac{8.820\ \mathrm{J} \times 10^{3}}{0.14 \times (160 - 24)}$$

$$= 463\ \mathrm{J/kg.K}$$

الصفحة 128

أُفكّر

عند إضافة الجليد إلى العصير يكتسب الجليد طاقة من العصير من أجل تغيير حالته الفيزيائية من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة؛ من أجل التغلب على القوى التي تربط بين جزيئاته التي تحافظ على شكله الصلب، وبعد أن ينصهر الجليد يكتسب طاقة من العصير لرفع درجة حرارته للوصول إلى حالة الاتزان الحراري مع العصير. أمّا عند إضافة ماء سائل بدرجة صفر فإنه يكتسب الطاقة من العصير لرفع درجة

حرارته والوصول إلى الاتزان الحراري مع العصير حيث لا يوجد تغير في الحالة الفيزيائية هنا. إذن، يرجع تأثير تبريد الجليد على العصير إلى انتقال الطاقة الحرارية من العصير السائل إلى الجليد لصهره.

الصفحة 129

أتحقّق

يعني أنه يلزم طاقة مقدارها (6.44×10^4 J) لتحويل (1 kg) من الذهب عند درجة انصهاره من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة عند درجة الحرارة نفسها.

الصفحة 131

أُفكّر

عملية تكاثف الماء وتحوّله إلى ثلج طاردة للطاقة؛ حيث ينطلق في أثناء هذه العملية طاقة تساوي في مقدارها الحرارة النوعية الكامنة لانصهار الجليد، ممّا يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الجو نسبيًّا. أما عملية انصهار الثلج فهي ماصّة للحرارة، إذ يمتص الحرارة من سطح الأرض أسفل منه ومن الجو ممّا يؤدي إلى انخفاض درجة حرارة الجو؛ حيث تؤدي الطاقة المكتسبة إلى انصهار الثلج عند درجة الانصهار، وتُستخدم الطاقة المكتسبة في تكسير الروابط بين جسيمات الحالة الصلبة، بحيث تصبح حرّة وتتحرك مبتعدًا بعضها عن بعض.

أتحقّق

يعني أنه يلزم طاقة مقدارها (8.70×10^5 J) لتحويل (1 kg) من الرصاص عند درجة الغليان من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند درجة الحرارة نفسها.

الصفحة 132

أتحقّق

التبخّر	الغليان
تغيّر حالة المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية.	تغيّر حالة المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية.
يحدث عند جميع درجات الحرارة.	يحدث عند درجة حرارة محدّدة وهي درجة الغليان.
عملية بطيئة.	عملية تبخّر سريعة.
يحدث للجزيئات الموجودة على سطح السائل والتي تمتلك طاقة كافية تمكنها من التغلب على قوى التجاذب مع جسيمات السائل ومغادرته.	يكون التبخّر من أجزاء السائل جميعها.
لا تظهر الفقاعات تحت سطح السائل.	تظهر الفقاعات تحت سطح السائل.

أبحث

عند فتح مجمّد الثلاجة يكتسب الجليد طاقة من هواء الغرفة الجاف، حيث تكتسب بعض جزيئات الجليد التي على السطح الطاقة من الهواء، إذ تكون هذه الطاقة كافية لتحرّر هذه الجزيئات وتحوّلها إلى الحالة الغازية مباشرة دون المرور بالحالة السائلة، وتسمّى هذه الظاهرة التسامي Sublimation.

الصفحة 135

تمرين

أ. يوجد تغير في الحالة في أثناء التسخين، حيث أحسب كمية الطاقة اللازمة على مرحلتين: الأولى (Q_1) عند تسخين الماء من (10°C) إلى ماء بدرجة حرارة (100°C)، والثانية (Q_2) عند تغير الحالة عند تبخير الماء عند درجة الغليان نفسها، وهي (100°C).

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2$$
$$= mc_{\text{w}}\,\Delta T_{\text{w}} + mL_{\text{v}}$$
$$= 350 \times 4200 \times (100 - 10) + 350 \times 2.26 \times 10^6$$

$= 9.233 \times 10^8$ J

ب.

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{9.233 \times 10^8}{1} = 9.233 \times 10^8 \text{ W} = 923.3 \text{ MW}$$

الصفحة 136

مراجعة الدرس

1. درجة الحرارة Temperature تساوي متوسط الطاقة الحركية للجسيم الواحد في الجسم. أما **الطاقة الحرارية Thermal energy** فتساوي مجموع الطاقة الحركية لجميع جسيمات الجسم.

2. تتحرك جسيمات الجسم (A) بسرعة مقدارها أكبر من مقدار سرعتها للجسم (B). وعند اتصال الجسمين حراريًّا تنتقل الطاقة الحرارية من الجسم (A) إلى الجسم (B) الأبرد، إذ تصطدم الجسيمات المتحركة بسرعة كبيرة في الجسم (A) بالجسيمات المتحركة بسرعة أقل منها في الجسم (B)، فتنقل الطاقة إلى الأخيرة وتزداد الطاقة الحركية لجسيمات الجسم (B) (حيث ترتفع درجة حرارته) وتقل الطاقة الحركية لجسيمات الجسم (A) (تنخفض درجة حرارته). ويستمر انتقال الطاقة بينهما حتى يُصبح لهما درجة الحرارة نفسها (اتزان حراري).

3.

الإيجابيات: لا يوجد حاجة إلى أن تكون كتلة المادة (الصفيحة) الصلبة كبيرة بشكل مفرط من أجل الحصول على مقدار طاقة حرارية أكبر، وسوف تبرد الصفيحة الصلبة الساخنة ببطء، وسيتم نقل الطاقة الحرارية إلى هواء الغرفة لفترة زمنية طويلة.

السلبيات: تستهلك المادة الصلبة الكثير من الطاقة الكهربائية لتسخينها، وسوف تستغرق المادة الصلبة وقتًا طويلاً لتصل إلى درجة حرارة مرتفعة.

4.

$$Q = mL_v = 0.5 \times 2.4 \times 10^6 = 1.2 \times 10^6 \text{ J}$$

5. كلاهما حُكمها صحيح؛ فعندما وضعت نور يدها في الكأس (ب) اكتسبت طاقة حرارية وأصبحت يدها ساخنة، وعندما وضعت يدها في الكأس (أ) أصدرت حُكمًا بأنه بارد؛ لأن الطاقة انتقلت من يدها الساخنة إلى الماء الأقل درجة حرارة، فهو بارد مقارنة بدرجة حرارة يدها الساخنة. أما سوسن، فقد وضعت يدها في

الكأس (ج) أولًا، حيث فقدت يدها الأسخن طاقة حرارية اكتسبها الماء البارد، فأصبحت يدها باردة، وعندما وضعت يدها في الكأس (أ) الأعلى درجة حرارة أصدرت حُكمًا بأنه ساخن؛ لأن الطاقة الحرارية انتقلت من الماء الأعلى درجة حرارة إلى يدها الأقل درجة حرارة، فهو ساخن مقارنة بدرجة حرارة يدها الباردة.

6. كلام فاتن غير صحيح علميًّا؛ لأن الأجسام لا تمتلك حرارة بل تمتلك طاقة حرارية، وعندما تنتقل الطاقة بين الأجسام المتصلة حراريًّا نتيجة الاختلاف في درجات حرارتها فإنها هذه الطاقة الحرارية المنتقلة تسمّى حرارة. والصحيح أن لجسيمات الجسم الأعلى درجة حرارة متوسط طاقة حركية أكبر منها لجسيمات الجسم الأقل درجة حرارة.

الصفحة 138

أتحقّق

الأنظمة هي: A وB وD.

الصفحة 140

أتحقّق:

الطاقة الداخلية هي مجموع الطاقة الحركية والطاقة الكامنة لجميع جسيمات النظام، وهي ترتبط بمكونات النظام المجهرية (الذرّات والجزيئات)، رمزها U، وتُقاس بوحدة الجول (J) بحسب النظام الدولي للوحدات.

الصفحة 141

أتحقّق:

أُغيّر الطاقة الداخلية لجسم أو نظام بتزويده بطاقة حرارية أو سحبها منه، كما يُمكن تغييرها عن طريق بذل شغل عليه أو جعله يبذل شغلًا.

الصفحة 142

أتحقّق:

يُمكن للحرارة أن تؤدي إلى بذل شغل؛ فمثلًا عند تسخين ماء تعمل الطاقة المنتقلة له على شكل حرارة إلى تحوّله إلى بخار، فيبذل البخار شغلًا على الهواء الجوي في أثناء تمدّده كما هو موضح في الشكل (17) في كتاب الطالب، فتنخفض طاقة الغاز الداخلية ودرجة حرارته.

الصفحة 145

أتحقّق:

عندما تكون إشارة الشغل المبذول على غاز موجبة فهذا يعني أن الغاز يكتسب طاقة. أما عندما تكون إشارة الشغل المبذول على غاز سالبة فهذا يعني أن الغاز يبذل شغلًا وبذلك فإنه يخسر طاقة نتيجة بذله لشغل.

الصفحة 146

أتحقّق:

عند الانتقال بين الحالتين: الابتدائية والنهائية للغاز يوجد عدة مسارات للانتقال بينهما، والشغل المبذول يساوي عدديا المساحة تحت المنحنى في رسم (P-V). المسارات المختلفة قد تؤدي الى مساحات مختلفة وبالتالي مقادير مختلفة من الشغل المبذول.

إجابة سؤال الشكل (23):

مقدار الشغل المبذول على الغاز في المسار الأول في الشكل (ب) يساوي صفرًا؛ لأنها عملية عند حجم ثابت، والشغل المبذول على الغاز يُعطى بالعلاقة: $W = -P\,\Delta V$.

الصفحة 148

أتحقّق:

تعتمد الطاقة المتبادلة بين نظام ومحيطه الخارجي على المسار بين حالتي النظام: الابتدائية والنهائية؛ لأن نقل الطاقة على شكل حرارة يعتمد على عملية /عمليات الديناميكا الحرارية التي تحدث في النظام عبر كل مسار.

الصفحة 150

تمرين

.1

أ. الشغل الذي يبذله الغاز يساوي سالب الشغل المبذول عليه.

$$W_{\text{gas}} = -W = -(-P\,\Delta V)$$

$$= 1.01 \times 10^{5} \times (2.8 \times 10^{-2} - 2.5 \times 10^{-2})$$

$$= 303 \text{ J}$$

ب.

$$W_{\text{gas}} = -W = -(-F\,\Delta x)$$

$$F = \frac{W_{\text{gas}}}{\Delta x} = \frac{303}{0.056} = 5.4 \times 10^{3} \text{ N}$$

.2

أ. يُبذل شغل على الغاز عندما يتحرك منحنى (الضغط – الحجم) جهة اليسار؛ المسار BC.

ب. يبذل الغاز شغلًا عندما يتحرك منحنى (الضغط – الحجم) جهة اليمين؛ المسار AB.

ج. في منحنى (الضغط – الحجم)، لا يُبذل شغل على الغاز ولا يبذل الغاز شغلًا عندما لا يوجد تغير في حجم الغاز، حيث يكون منحنى (الضغط – الحجم) رأسيًّا؛ المسار CA يحقق ذلك.

الصفحة 152

أتحقّق:

ينص القانون الأول في الديناميكا الحرارية على أن: "التغير في الطاقة الداخلية لنظام يساوي الطاقة الحرارية المتبادلة مع النظام مضافًا إليها الشغل المبذول".

$$\Delta U = Q + W$$

حيث W هو الشغل المبذول على الغاز بواسطة قوة خارجية.

المحركات الحرارية محركات تحول الطاقة الحرارية إلى شغل ميكانيكي.

المضخات الحرارية يُبذل فيها شغل على نظام من أجل نقل الطاقة الحرارية من منطقة أبرد إلى منطقة أسخن؛ أي نقلها بعكس اتجاه انتقالها التلقائي.

الصفحة 153

التجربة 2: عمليات الديناميكا الحرارية.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. عند لحظة الضغط على الصمّام ينخفض الضغط داخل العلبة بسرعة، فيتمدّد الغاز داخلها، ويبذل شغلًا على المحيط الخارجي، فيفقد جزءًا من طاقته الداخلية بسرعة، وتنخفض درجة حرارته ودرجة حرارة العلبة. ويتم تنفيذ العملية بسرعة قبل انتقال الطاقة بشكل سريع من المحيط الخارجي إلى الغاز فترتفع درجة حرارته للوصول إلى الاتزان الحراري.

2. ينتفخ البالون؛ حيث تعمل الطاقة المتبادلة مع مصدر الحرارة على تغيير الحالة الفيزيائية للماء إلى الحالة الغازية حيث يعبر البخار إلى داخل البالون، فيزداد ضغط البخار داخل البالون ويتمدد ويبذل البخار شغلًا ضد قوة الضغط الجوي المؤثرة في البالون من الخارج، ويستمر البالون في التمدد وتتوقف عملية التمدد عندما يُصبح ضغط الغاز داخل البالون مساويا للضغط الجوي.

3. يزداد حجم البالون تدريجيًّا باستمرار تفريغ الهواء من الناقوس ببطء، نتيجة نقصان الضغط داخل الناقوس، مع بقاء درجة حرارة الغاز داخل البالون ثابتة؛ إذ تحدث العملية ببطء ويوجد اتصال حراري مع المحيط الخارجي ممّا يُحافظ على بقاء نظام البالون في حالة اتزان حراري معه (المحيط الخارجي).

4. في الخطوة 2: لا يحدث تبادل للطاقة مع المحيط الخارجي؛ إذ يتم تنفيذ العملية بسرعة من أجل ضمان عدم انتقال الطاقة بشكل سريع من المحيط الخارجي إلى الغاز. **في الخطوة 4:** يحدث تبادل للطاقة مع المحيط الخارجي. **في الخطوة 6:** يحدث تبادل للطاقة مع المحيط الخارجي بحيث تبقى درجة حرارة النظام ثابتة.

5. الخطوة 2: عملية كاظمة. **الخطوة 4:** عملية عند ضغط ثابت (عند تمدد البالون ببطء بحيث يبقى الضغط داخل البالون مساويا للضغط الجوي). **الخطوة 6:** عملية عند درجة حرارة ثابتة.

6. إذا أضفت طاقة إلى نظام ذي حجم ثابت، فإن كل الطاقة المنتقلة تبقى في النظام على شكل زيادة في طاقته الداخلية حيث ترتفع درجة حرارته، ولا يتغير حجم الغاز في هذه العملية، لذا فإن الشغل المبذول عليه يساوي صفرًا؛ $W = -P\Delta V$. تسمّى عملية عند حجم ثابت.

الصفحة 155

أُفكّر

لأن الطاقة الحرارية تنتقل إلى النظام (الغاز أو العطر المضغوط الموجود في العلبة) على شكل حرارة عبر جدران العلبة، فتزداد درجة الحرارة الغاز، وبالتالي يزداد ضغطه، ممّا يؤدي إلى انفجار العلبة.

أُفكّر

لا يُمكنني استنتاج ذلك؛ لأن سبب تغير درجة حرارة نظام يمكن أن يكون انتقال الطاقة أو بذل شغل عليه، فمثلًا قد تبقى درجة حرارة النظام ثابتة حتى لو اكتسب طاقة عن طريق الحرارة، وهذا ما يمكن أن يحدث فقط إذا فقد النظام الطاقة التي اكتسبها عن طريق الحرارة على شكل شغل.

أتحقّق:

اسم العملية	شرط حدوثها	الشغل	الحرارة
عند حجم ثابت	لا يُبذل شغل.	0	$\pm$
عند درجة حرارة ثابتة	لا تغيير في درجة الحرارة والطاقة الداخلية.	$+$ $-$	$-$ $+$
كاظمة	لا يوجد تبادل للطاقة على شكل حرارة.	$\pm$	0
عند ضغط ثابت	يبقى الضغط ثابتًا.	$+$ $-$	$-$ $+$

الصفحة 157

أبحث

المحركات الحرارية تعمل على تحول الطاقة الحرارية إلى شغل ميكانيكي، ويتم تزويد هذه المحركات بالطاقة (حرارة) لتحويلها إلى شغل. ومن أمثلتها: محركات الاحتراق الداخلي في المركبات، والمحركات التوربينية في الطائرات.

المضخات الحرارية يُبذل فيها شغل على نظام من أجل نقل الطاقة الحرارية من منطقة أبرد إلى منطقة أسخن؛ أي نقلها بعكس اتجاه انتقالها التلقائي. ومن أمثلتها: الثلاجات ومكيّفات الهواء.

الصفحة 159

تمرين

1.

أ. الشغل المبذول على الغاز يساوي سالب الشغل الذي يبذله الغاز: أي أن $W = -50\ \text{J}$. والطاقة الداخلية انخفضت فيكون التغير فيها سالبًا.

$$\Delta U = Q + W$$

$$Q = \Delta U - W$$

$$= -200 - (-50)$$

$$= -150\ \text{J}$$

ب. بما أن إشارة (Q) سالبة، فإن النظام فقد طاقة.

2.

أ. بما أن درجة حرارة الغاز ثابتة فإن هذه العملية عند درجة حرارة ثابتة؛ أي أن $\Delta U = 0\ \text{J}$.

ب. بداية أحسب الشغل المبذول على الغاز. وبمعرفة أن $1\ \text{L} = 10^{-3}\ \text{m}^3$، فأحسب الشغل المبذول على الغاز بالعلاقة الآتية:

$$W = -W_{\text{gas}} = -2.7 \times 10^3\ \text{J}$$

ثم أحسب مقدار الطاقة التي تم تبادلها مع الغاز على شكل حرارة كما يأتي:

$$\Delta U = Q + W = 0$$

$$Q = -W$$

$$= 2.7 \times 10^3\ \text{J}$$

بما أن إشارة (Q) موجبة، فإن النظام كسب طاقة.

ج. بما أن العملية عند ضغط ثابت، وبمعرفة أن $1\ \text{L} = 10^{-3}\ \text{m}^3$، فأحسب الشغل المبذول على الغاز بالعلاقة الآتية:

$$W = -P\,\Delta V$$

$$= -2.25 \times 10^5 \times (3 - 10) \times 10^{-3}$$

$$= 1.58 \times 10^3\ \text{J}$$

الشغل المبذول على الغاز موجب؛ لأنه يتم ضغط الغاز.

الصفحة 161

أتحقّق:

"تنتقل الطاقة تلقائيًا من الجسم الأعلى درجة حرارة إلى الجسم الأدنى درجة حرارة، ولا يُمكن أن تنتقل تلقائيًا في الاتجاه المعاكس".

الصفحة 163

مراجعة الدرس

1. الطاقة الداخلية تساوي مجموع الطاقة الحركية والطاقة الكامنة لجميع جسيمات النظام، وهي ترتبط بمكونات النظام المجهرية (الذرّات والجزيئات)، رمزها U، وتُقاس بوحدة الجول (J) بحسب النظام الدولي للوحدات. ينص **القانون الأول في الديناميكا الحرارية** على أن: "التغير في الطاقة الداخلية لنظام مغلق يساوي الطاقة الحرارية المتبادلة مع النظام مضافًا لها الشغل المبذول".

$$\Delta U = Q + W$$

2.

الحالة	النظام	Q	W	ΔU
نفخ إطار دراجة هوائية بمضخة هواء بسرعة.	الهواء في المضخة	0	+	+
وعاء به ماء بدرجة حرارة الغرفة وضِع على مصدر حرارة ساخن.	الماء في الوعاء	+		+
تسرّب هواء بسرعة من بالون.	الهواء الموجود في البالون	0	−	−

3. بما أن الصندوقين من المادة نفسها ولهما درجة الحرارة نفسها فيكون متوسط الطاقة الحركية ومتوسط الطاقة الكامنة لجسيمات الصندوقين متساوية. أما الطاقة الداخلية للصندوقين فتكون غير متساوية؛ حيث الطاقة الداخلية للصندوق (B) هي الأكبر؛ لأن كتلته أكبر فيكون عدد جسيماته أكبر من عدد جسيمات الصندوق (B). $U_B = 2\ U_A$.

4.

أ. الشغل الذي يبذله الغاز (W_{gas}) يساوي سالب الشغل المبذول عليه (W). فعند تمدد الغاز عند ضغط ثابت فإن يؤثر بقوة ضغط $(F = PA)$ في المكبس فيحرّكه إزاحة (Δx) معيّنة في الاتجاه نفسه لقوة ضغط الغاز، حيث $W_{\text{gas}} = F_{\text{gas}}\,\Delta x = PA\,\Delta x$.

ب. النظام المغلق هو النظام الذي تكون كتلته ثابتة.

5. لا تصل كفاءة المحرك الحراري إلى نسب مرتفعة قريبة من 90%؛ لأنه لكي يبذل المحرك الحراري شغلًا يجب طرد جزء من الطاقة منه على شكل حرارة إلى المحيط الخارجي إلى مستودع حراري ذي درجة حرارة أقل من درجة حرارة المحرك (مصدر ذو درجة حرارة مرتفعة)، حسب القانون الثاني في الديناميكا الحرارية.

6. الشغل الذي يبذله الغاز (W_{gas}) يساوي سالب الشغل المبذول عليه (W).

$$W_{\text{gas}} = -W = -(-P\,\Delta V) = 1.01 \times 10^5 \times (16.2 - 15.5) = 7.07 \times 10^4\ \text{J}$$

7. كفاءة المحرك في هذه الحالة 100%، وهذا لا يتعارض مع القانون الأول في الديناميكا الحرارية؛ لأن هذا القانون تعبير عن حفظ الطاقة، والطاقة هنا محفوظة. إلا أن ذلك يتعارض مع القانون الثاني في الديناميكا الحرارية والذي يُشير إلى أنه لا تصل كفاءة المحرك الحراري إلى نسب مرتفعة تساوي 100%؛ لأنه لكي يبذل المحرك شغلًا يجب طرد جزء من الطاقة الحرارية منه على شكل حرارة إلى المحيط الخارجي إلى مستودع حراري ذي درجة حرارة أقل من درجة حرارة المحرك (مصدر ذو درجة حرارة مرتفعة)؛ إذ يُشير القانون الأول في الديناميكا الحرارية إلى أن: $W = Q_{\text{H}} - Q_{\text{L}}$، ويشير القانون الثاني في الديناميكا الحرارية إلى أن: $Q_{\text{L}} > 0$.

الصفحة 165

أتحقّق:

عند ارتفاع درجة حرارة هذه المواد يزداد مقدار سرعة جسيماتها كما تزداد سعة ذبذباتها، فيتباعد بعضها عن بعض قليلًا، فتتمدّد هذه المواد.

الصفحة 166

أتحقّق:

يعتمد على طول الموصل (الساق أو السلك الرفيع)، وعلى مقدار التغير في درجة حرارته (ΔT)، وعلى نوع المادة.

الصفحة 167

تمرين:

أستخدم المعادلة الآتية لحساب التغير في طول مسطرة الفولاذ.

$$\Delta l = \alpha l_{\mathrm{i}} \Delta T$$
$$= 11 \times 10^{-6} \times 30 \times 10^{-2} \times (35 - 20)$$
$$= 4.95 \times 10^{-5}\ \mathrm{m} = 0.05\ \mathrm{mm}$$

الصفحة 168

أُفكّر

بما أن الشريطين مثبتين معًا فإن الشريط ثنائي الفلز ينحني نحو الفلز الأكبر معامل تمدد طولي عند تبريده، لأن مقدار التغير في طوله (نقصان عند تبريده) يكون أكبر من الفلز الآخر.

الصفحة 169

أبحث:

يجب أن تُظهر أبحاث الطلاب استخدام الثيرموستات لضبط درجة الحرارة عند قيمة محدّدة مرغوبة، ووجود الشريط الثنائي الفلز في منظمات الحرارة في السخانات الكهربائية، إذ ينحني هذا الشريط ويفصل الدارة الكهربائية عند وصول درجة حرارة الماء في السخّان إلى درجة الحرارة المضبوط عليها المنظّم.

أتحقّق:

عند رفع درجة حرارة صفيحة رقيقة من مادة صلبة فإنها تتمدد، إذ يتغير مقدار كل من طولها وعرضها، فتزداد مساحتها.

الصفحة 170

أتحقّق:

بسبب ظاهرة شذوذ الماء؛ وهو التمدد غير المعتاد للماء بين (4°C) و(0°C)؛ إذ أنه عندما يبرد الماء الموجود في الجزء العلوي من البحيرة يقل حجمه ويغوص إلى قاعها؛ لأنه أكبر كثافة فينقل معه غاز الأكسجين الذي تحتاجه الكائنات الحية في أعماق البحيرة. ثم يرتفع الماء الأكثر دفئًا والأقل كثافة إلى السطح (ناقلًا معه غاز ثاني أكسيد الكربون)، فتنخفض حرارته نتيجة ملامسته للهواء البارد، ثم يغوص إلى أسفل، وهكذا. وعندما تنخفض درجة حرارة الماء على السطح إلى ما دون (4°C)، فإنها تصبح أقل كثافة وتبقى في الأعلى، وتشكل في النهاية طبقة من الجليد عند درجة حرارة (0°C) وتتجمد مياه بحيرة مثلًا بداية من السطح مع بقاء الماء تحت الطبقة الجليدية سائلا مما يسمح للكائنات البحرية للبقاء على قيد الحياة.

الصفحة 171

مراجعة الدرس

1. وفقًا لنموذج الحركة الجزيئية، تتحرك جسيمات المواد الصلبة والسائلة حركة اهتزازية مستمرّة، إضافة إلى وجود حركة انتقالية لجسيمات السوائل. وعند ارتفاع درجة حرارة هذه المواد يزداد مقدار سرعة جسيماتها كما تزداد سعة ذبذباتها، فيتباعد بعضها عن بعض قليلًا، وتتمدّد هذه المواد. للتمدد الحراري فوائد وتطبيقات كثيرة في حياتنا، وقد يؤدي إهمال تمدد الأجسام إلى حدوث أضرار كبيرة، فمثلًا، يحرص المهندسون على ترك فراغات أو وضع فاصل تمدد حراري في المباني، والطرق الخرسانية، ومسارات السكك الحديدية، والجسور وغيرها.

2. لأن معامل التمدد الطولي لأحد الفلزين يكون أكبر منه للفلز الآخر، فيتقوس الشريط نحو الفلز الذي معامل تمدده أقل.

3.

أ. لدراسة تأثير اختلاف نوع مادة الفلز في مقدار تمدّده.

ب. لا يمكن لصقر أن يتوصل لهذا الاستنتاج بناء على تجربته، إذ استخدم سلكين من فلزين مختلفين لهما الطول نفسه، وللتوصل إلى استنتاج صحيح يجب عليه استخدام سلكين مختلفين في الطول من الفلز نفسه.

ج. استنتاجه صحيح؛ إذ استخدم سلكين من فلزين مختلفين ولهما الطول نفسه ورفع درجتي حرارتيهما بالمقدار نفسه.

4. باستخدام التمدد الحراري؛ حيث معامل تمدد الفلزات أكبر من معامل تمدد الزجاج، لذا فإن وضع الغطاء الفلزي أسفل تيار ماء ساخن فترة زمنية قصيرة يجعله يتمدد وبالتالي يسهل فتحه.

5. قول باسمة غير صحيح؛ لأنه يجب أن يكون لمينا الأسنان ومادة حشو الأسنان معامل التمدد نفسه؛ فإذا كان معامل تمدد مادة الحشو أقل من معامل تمدد مينا الأسنان فإنها قد تسقط من السن عند تناول مشروبات ساخنة أو قد تتسبب في كسره عند تناول مشروبات باردة، وإذا كان معامل تمدد مادة الحشو أكبر من معامل تمدد مادة المينا فإنها قد تسبب كسر السن عند تمددها (تناول مشروبات ساخنة) أو سقوطها من السن عند تناول مشروبات باردة.

الصفحة 172

أبحث:

مكيف الهواء عبارة عن مضخة حرارية، يعتمد مبدأ عمله على بذل شغل لنقل كمية من الطاقة من داخل المنزل (منطقة ذات درجة حرارة منخفضة T_L) إلى خارجه (منطقة ذات درجة حرارة مرتفعة T_H) صيفًا، أو بذل شغل لنقل كمية من الطاقة من خارج المنزل (منطقة ذات درجة حرارة منخفضة T_L) إلى داخله (منطقة ذات درجة حرارة مرتفعة T_H) شتاءً.

الصفحة 173 – 176

مراجعة الوحدة

1.

1. د.

2. د.

3. أ.

4. جـ.
5. ب.
6. ج.
7. أ.
8. جـ.
9. ب.
10. د.
11. د.
12. ج.
13. ب.
14. د.
15. ج.

2.

أ. لأن مقدار الطاقة الحرارية في البخار أكبر منه في كتلة مساوية من الماء السائل على الرغم من أن لهما درجة الحرارة نفسها، حيث تكون الطاقة الحرارية للبخار أكبر منها للماء السائل بمقدار الطاقة اللازمة لتصعيده.

ب. عند سكب شاي ساخن في كأس زجاجية سميكة يتمدد الزجاج من الداخل، أما الزجاج من الخارج فيحتاج إلى وقت أطول ليتمدد؛ لأنه موصل غير جيد للحرارة. ومرونة الزجاج منخفضة؛ لذا فإن الزجاج السميك يكون أكثر عرضة للكسر.

3.

أ. الطاقة الحرارية للماء في الكوب الثاني أكبر؛ لأن عدد جزيئات الماء فيه أكبر.

ب. متوسط الطاقة الحركية لجزيئات الماء في الكأسين متساوية؛ لأنها درجة حرارة الكوبين متساوية.

4. لها سعة حرارية نوعية صغيرة، حيث يلزم مقدار قليل من الطاقة لتغيير درجة حرارتها.

5. يبذل أحمد شغلًا على سلك النحاس عند ثنيه، ويعمل هذا الشغل على زيادة الطاقة الداخلية لجسيمات النحاس في موقع الثني مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارته.

6.

أ. يبذل شغل على الغاز؛ حيث تؤثر قوة في الغاز فيقل حجمه.

ب. الغاز يبذل شغلًا؛ حيث يتمدّد الغاز في الغلاف الجوي، فيزداد حجمه من خلال بذله شغلًا على الجسيمات الموجودة في الهواء.

جـ. لا يُبذل شغل؛ حيث يبذل الغاز شغلًا أو يبذل عليه عندما يتغير حجمه.

د. يبذل الغاز شغلًا؛ حيث يتمدد الغاز، فيزداد حجمه من خلال بذله شغلًا على المكبس.

7.

$$m = \frac{Q}{c\,\Delta T} = \frac{1.25 \times 10^6}{4.2 \times 10^3 \times (100 - 8)} = 3.24 \text{ kg}$$

8.

أ. التغير في الطاقة الحرارية للماء يساوي كمية الطاقة التي يكتسبها.

$$\Delta E_w = Q_w = (mc\,\Delta T)_w$$
$$= (0.15 \times 4200 \times (24 - 20))_w$$
$$= 2.52 \times 10^3 \text{ J}$$

ب.

$$Q_w + Q_{Al} = 0$$
$$Q_w = -Q_{Al}$$
$$2.52 \times 10^3 \text{ J} = -m_{Al} c_{Al} (\Delta T)_{Al}$$

وبالحل بالنسبة لـ $(\Delta T)_{Al}$:

$$(\Delta T)_{\mathrm{Al}} = -\frac{2.52 \times 10^3 \text{ J}}{m_{\mathrm{Al}} c_{\mathrm{Al}}}$$

$$= -\frac{2.52 \times 10^3 \text{ J}}{0.05 \times 900} = -56$$

$$(\Delta T)_{\mathrm{Al}} = T_{\mathrm{f}} - T_{\mathrm{i,Al}}$$

$$-56 = 24 - T_{\mathrm{i,Al}}$$

$$T_{\mathrm{i,Al}} = 24 + 56 = 80^{\circ}\mathrm{C}$$

.9

أ. $100^{\circ}\mathrm{C}$

ب. صلب + سائل

جـ. أستخدم الجزء DE من المنحنى.

$$Q = mL_{\mathrm{v}}$$

$$L_{\mathrm{v}} = \frac{Q}{m} = \frac{(24-16) \times 10^3}{10 \times 10^{-3}} = 8 \times 10^5 \text{ J/kg}$$

.10

أ.

$$W = Q_{\mathrm{H}} - Q_{\mathrm{L}} = 3 \times 10^5 - 3 \times 10^4 = 2.7 \times 10^5 \text{ J}$$

ب.

$$e = \frac{W}{Q_{\mathrm{H}}} \times 100\% = \frac{2.7 \times 10^5}{3 \times 10^5} \times 100\% = 90\%$$

.11

أ. أحسب مقدار الطاقة المتبادلة مع النظام على شكل حرارة باستخدام القانون الأول في الديناميكا الحرارية.

$$\Delta U = Q + W$$

$$Q = \Delta U - W$$

$$= 120 - 150$$

$$= -30 \text{ J}$$

ب. بما أن إشارة (Q) سالبة، فإن النظام فقد طاقة.

.12

أ. العملية AB.

ب. ازداد حجم الغاز، وأحسب الشغل المبذول عليه كما يأتي في أثناء هذه العملية عند ضغط ثابت:

$$W = -P\,\Delta V$$

$$= -2.8 \times 10^5 \times (6.1 - 0.5) \times 10^{-3}$$

$$= -1.57 \times 10^3 \text{ J}$$

النظام لا يفقد طاقة ولا يكتسبها؛ لأنه معزول حراريًّا؛ أي أن $Q = 0$.

$$\Delta U = Q + W$$

$$= 0 + (-1.57 \times 10^3)$$

$$= -1.57 \times 10^3 \text{ J}$$

.13

أ. الشغل الذي بذله الغاز يساوي سالب الشغل المبذول عليه.

$$W_{gas} = -W = -(-P\,\Delta V) = 2 \times 10^5 \times (0.3 - 0.16) = 2.8 \times 10^4 \text{ J}$$

ب. الشغل المبذول على الغاز يعطى بالمعادلة:

$$W = -P\,\Delta V = -2 \times 10^5 \times (0.3 - 0.16) = -2.8 \times 10^4 \text{ J}$$

وأحسب التغير في الطاقة الداخلية لغاز الأرغون كما يأتي:

$$\Delta U = Q + W = 1.75 \times 10^5 + (-2.8 \times 10^4) = 1.47 \times 10^5 \text{ J}$$

14.

أ.

$$Q = -W$$

ب.

$$\Delta U = Q$$

ج.

$$\Delta U = W$$

15. إن الطاقة التي تطردها الثلاجة إلى المحيط الخارجي أثناء عملها تُضاف إلى الهواء المُبرَّد نتيجة فتح باب الثلاجة، لذا يبقى متوسط درجة حرارة المطبخ ثابتا.

16. أستخدم المعادلة الآتية لحساب التغير في طول سلك النحاس.

$$\Delta l = \alpha l_i \Delta T$$
$$= 17 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^2$$
$$= 3.4 \times 10^{-3} \text{ m} = 3.4 \text{ mm}$$

إجابات كتاب التجارب والأنشطة العملية

الوحدة 6: الديناميكا الحرارية

الصفحة 44

تجربة إثرائية: قياس السعة الحرارية النوعية للرصاص.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. تختلف الإجابات بحسب كتلة المسعر والتغير في درجة حرارته والسعه الحرارية النوعية لمادته.

2. تختلف الإجابات بحسب كتلة الماء والتغير في درجة حرارته.

3. النظام المكون من المسعر والماء والرصاص مغلق ومعزول، لذا فإنه عند الاتزان الحراري، يُصبح صافي الطاقة المنتقلة صفرًا، ويكون مقدار الطاقة التي فقدتها كرات الرصاص (Q_{Pb}) مساويًا لمقدار الطاقة التي كسبها الماء (Q_{w}) والوعاء الداخلي النحاسي للمسعر (Q_c).

$$Q_{\mathrm{Pb}} + Q_{\mathrm{w}} \ + \ Q_c = 0$$

$$m_{\mathrm{Pb}} c_{\mathrm{Pb}} \Delta T_{\mathrm{Pb}} + m_{\mathrm{w}} c_{\mathrm{w}} \Delta T_{\mathrm{w}} \ + \ m_c c_c \Delta T_c = 0$$

وأُعوّض في هذه العلاقة لحساب c_{Pb}.

4. لا، ليس بالضرورة؛ إذ تعتمد كمية الطاقة المكتسبة على كتلة المادة وسعتها الحرارية النوعية.

5. إجابة محتملة: القيمة التي قستها للسعة الحرارية النوعية للرصاص قريبة من القيمة المقبولة لها.

إجابة محتملة: القيمة التي قستها للسعة الحرارية النوعية للرصاص بعيدة عن القيمة المقبولة لها.

6. إجابة محتملة: أظهرت نتائج التجربة تقاربًا بين القيمة المحسوبة والقيمة المقبولة للسعة الحرارية النوعية للرصاص، ممّا يدل على دقة تجربتي.

إجابة محتملة: أظهرت نتائج التجربة بُعدًا بين القيمة المحسوبة والقيمة المقبولة للسعة الحرارية النوعية للرصاص، ممّا يدل على ارتكابي أخطاء في أثناء تنفيذي للتجربة.

7. إجابة محتملة: استخدام مادة عازلة للحرارة بين الوعاء الداخلي والوعاء الخارجي للمسعر، قياس درجة الحرارة النهائية عند وصول النظام إلى الاتزان الحراري، تحريك الماء باستخدام قضيب التحريك لتسريع

وصول النظام إلى الاتزان الحراري والحد من الطاقة المفقودة للمحيط الخارجي، قياس كتلة الماء وكتلة الرصاص بدقة، أخذ القراءات بشكل دقيق، تكرار التجربة للحد من الأخطاء وتقليل تأثيرها في النتائج، ....

8. إجابة محتملة: قياس كتلة الوعاء الداخلي للمسعر وكتلة قضيب التحريك، ثم سكب كتلة معلومة من الماء داخل المسعر النحاسي، ثم قياس درجة حرارة الماء والمسعر الابتدائية. بعدها أضيف كتلة معلومة من ماء ساخن درجة حرارته معلومة إلى المسعر، وأقيس درجة حرارة الماء بعد وصول النظام إلى الاتزان الحراري، ثم أطبق قانون حفظ الطاقة لحساب السعة الحرارية النوعية لمادة المسعر (النحاس).

الصفحة 50

إجابة أسئلة تفكير

أسئلة تفكير

1- أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكلّ جملة ممّا يأتي:

1. د.

2. أ.

3. ب.

4. ج.

5. ب.

6. ب.

7. ب.

8. ب.

-2

أ. تزداد طاقتها الحركية، فيزداد متوسط الطاقة الحركية لكل جزيء؛ إذ ترتفع درجة حرارة الجليد.

ب. تزداد طاقتها الحركية، فيزداد متوسط الطاقة الحركية لكل جزيء؛ إذ ترتفع درجة حرارة الماء.

ج. تزداد الطاقة الكامنة، إذ تعمل الطاقة المكتسبة على تكسير الروابط بين جزيئات الجليد وزيادة المسافة الفاصلة بين الجزيئات، دون تزويدها بالطاقة الحركية؛ إذ تبقى درجة الحرارة ثابتة.

د. يبقى ثابتًا.

هـ.

$$Q = (3.96 - 0.628) \times 10^3 \ = 3.332 \ \times 10^3 \ \text{J}$$

و.

$$Q = (30.75 - 8.15) \times 10^3 \ = \ 2.26 \ \times 10^4 \ \text{J}$$

3-

أ. عملية عند ضغط ثابت.

ب. لا تتغير درجة حرارة النظام؛ لأنه يوجد تغير في الحالة الفيزيائية عند تبخّر الماء، وعملية تمدّد الغاز تحدث عند ضغط ثابت. وبمعرفة أن $(1 \ \text{cm}^3 \ = \ 1 \times 10^{-6} \ \text{m}^3)$، والشغل الذي يبذله الغاز يساوي سالب الشغل المبذول عليه أحسب الشغل الذي يبذله نظام الغاز كما يأتي.

$$W_{gas} = -W = -(-P \ \Delta V)$$

$$= 1.013 \ \times 10^5 \times (1671 - 1) \ \times 10^{-6}$$

$$= 169.2 \ \text{J}$$

ج. بداية أحسب كمية الطاقة المكتسبة، والتي تساوي كمية الطاقة اللازمة للتصعيد.

$$Q = m \ L_{\text{v}}$$

$$= 1 \times 10^{-3} \times 2.26 \times 10^{6}$$

$$= 2.26 \times 10^{3}\ \text{J}$$

أستخدم القانون الأول في الديناميكا الحرارية لحساب التغير في الطاقة الداخلية للنظام، وملاحظة أن الشغل المبذول على الغاز يساوي سالب الشغل الذي بذله.

$$\Delta U = Q + W$$

$$= 2.26 \times 10^{3} + (-169.2)$$

$$= 2.09 \times 10^{3}\ \text{J}$$

د.

$$\text{Transferred energy as work} = \frac{W}{Q} = \frac{169.2}{2.26 \times 10^{3}}$$

$$= 0.075$$