تجميعة صفحات الكتاب وفق الهيكل الوزاري الجديد منهج بريدج

تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية	
موقع المناهج ⇦ المناهج الإماراتية ⇦ الصف العاشر المتقدم ⇦ فيزياء ⇦ الفصل الأول ⇦ ملفات متنوعة ⇦ الملف	
تاريخ إضافة الملف على موقع المناهج: 19-11-2025 23:53:08	
ملفات ا كتب للمعلم ا كتب للطالب ا اختبارات الكترونية ا اختبارات ا حلول ا عروض بوربوينت ا أوراق عمل منهج انجليزي ا ملخصات وتقارير ا مذكرات وبنوك ا الامتحان النهائي ا للمدرس	المزيد من مادة فيزياء:
إعداد: عبد الرحمن بريدو	

التواصل الاجتماعي بحسب الصف العاشر المتقدم					
صفحة المناهج الإماراتية على فيسبوك					
المواد على تلغرام	التربية الاسلامية	اللغة العربية	اللغة الانجليزية	الرياضيات	

المزيد من الملفات بحسب الصف العاشر المتقدم والمادة فيزياء في الفصل الأول	
أسئلة وزارية متوقعة في وحدة الاهتزازات والموجات وفق الهيكل الوزاري منهج بريدج	1
حل اختبارات وزارية سابقة القسم الكتابي منهج انسباير	2
حل كراسة تدريبية مراجعة وفق الهيكل الوزاري الجديد منهج بريدج	3
تجميعة أسئلة وفق الهيكل الوزاري الجديد منهج انسباير	4
تجميعة أسئلة الكتاب وفق الهيكل الوزاري الجديد منهج بريدج	5

هيكل الفصل الدراسي الأول 2026/ 2025

فيزياء 10 متقدم

المدرس : عبدالرحمن بريدو

1	❖ يعرف الحركة الدورية والكميات المرتبطة بالحركة الدورية مثل الزمن الدوري والسعة. ❖ يصف خصائص الحركة التوافقية البسيطة.	كتاب الطالب	4

الكتلة المعلقة في الزنبرك

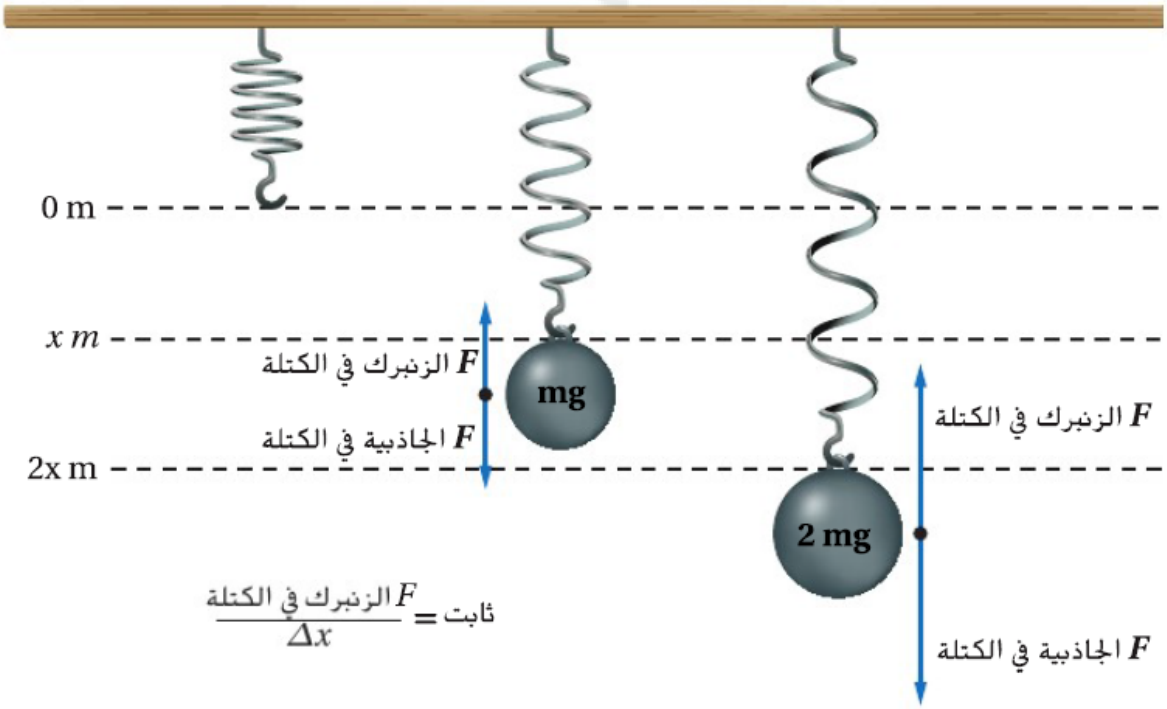
إن حركة جسم فلزي مثبت في الطرف الحر لزنبرك معلق رأسيًا إلى أعلى وإلى أسفل وحركة أوتار الغيثارة المهتزة وحركة أغصان الشجر المتمايلة في مهب الريح تشبه إلى حد ما حركة البندول البسيط. وهذا النوع من حركة هذه الأجسام وغيرها تعد من الأمثلة على **الحركة الدورية**.

في الأمثلة السابقة وفي جميع الأجسام التي تتحرك حركة دورية منتظمة تكون محصلة القوى المؤثرة في الجسم صفرًا عند موضع ما، ويكون الجسم عندها في حالة اتزان. وعند سحب الجسم المهتز بعيدًا من موضع الاتزان تصبح محصلة القوى المؤثرة فيه لا تساوي صفرًا، وتعمل محصلة القوى هذه على إعادة الجسم المهتز إلى موضع اتزانه. يُعرف **الزمن الدوري** (T) بأنه الزمن الذي يستغرقه جسم لعمل دورة كاملة من الحركة. تُعرف **سعة أهتزاز الحركة A** بأنها الحد الأقصى للمسافة لإزاحة الجسم على أحد جانبي موضع الاتزان.

الحركة التوافقية البسيطة في **الشكل 1**، تتناسب القوة التي يؤثر بها زنبرك طرديًّا مع استطالته. فإذا سحبتَ الكتلة إلى أسفل وتركتها، فإنها سترتد صعودًا وهبوطًا حول موضع الاتزان. وإذا كانت القوة المحصلة التي تعيد الجسم المهتز إلى موضع اتزانه تتناسب طردًا مع إزاحة الجسم وبإتجاه معاكس فإن الحركة الناتجة تسمى **الحركة التوافقية البسيطة**.

الشكل 1 تتناسب القوة التي يؤثر بها الزنبرك في الكتلة المعلقة به طرديًّا مع إزاحتها.

حدّد الإزاحة إذا كانت الكتلة تساوي $0.5\ mg$.



2	يطبق قانون هوك لحساب القوة التي يؤثر بها الزنبرك، أو ثابت الزنبرك، أو المسافة التي يستطيلها الزنبرك أو ينضغطها.	كتاب الطالب مثال 1 تقويم الوحدة Q.(44,45,100)	5 7 27،23

نص قانون هوك:
القوة التي يؤثر بها نابض تتناسب طرديا مع مقدار استطالته

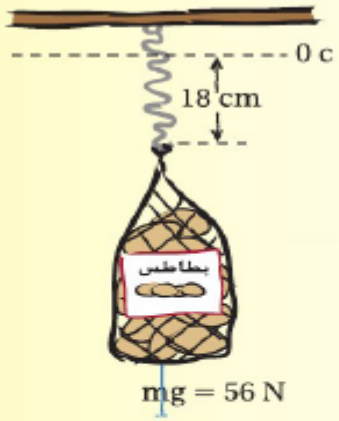
$$F = -kx$$

مثال 1

ثابت الزنبرك والطاقة المختزنة فيه يستطيل زنبرك بمقدار 18 cm عندما يُعلّق كيس من البطاطس يزن 56 N من طرفه.

a. احسب ثابت الزنبرك.

b. ما مقدار طاقة الوضع المرونية الكامنة في الزنبرك عندما يستطيل بمقدار هذه المسافة؟



تحليل المسألة

- ارسم رسما تخطيطياً.
- وضّح مسافة استطالة الزنبرك وموضع اتزانه وحددهما.

المعلوم	المجهول
$x = 18\ \text{cm}$	$k = ?$
$F = -56\ \text{N}$	$PE_{sp} = ?$

حساب المجهول

a. استخدم قانون هوك واكتبه بالصورة الآتية:

$$k = -\frac{F}{x}$$

بالتعويض عن $F = -56\ \text{N}$, $x = 0.18\ \text{m}$. تصبح القوة بالسالب لأنها في الاتجاه المعاكس لـ x.

$$= -\frac{-56\ \text{N}}{0.18\ \text{m}}$$

$$= 310\ \text{N/m}$$

b.

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$$

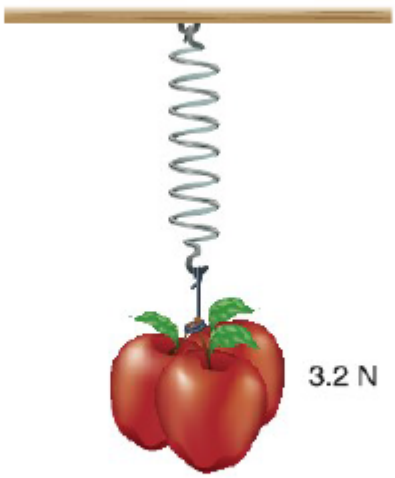
بالتعويض عن $k = 310\ \text{N/m}$, $x = 0.18\ \text{m}$.

$$= \frac{1}{2}(310\ \text{N/m})(0.18\ \text{m})^2$$

$$= 5.0\ \text{J}$$

44. إذا استطال زنبرك مسافة 0.12 m عندما عُلّق في أسفله عدد من التفاحات وزنها 3.2 N كما في **الشكل 21**. فما مقدار ثابت الزنبرك؟

- القوة: المعطيات $F = 3.2\ N$، الاستطالة $x = 0.12\ m$.
- قانون هوك: العلاقة $F = k\,x$.
- إذن ثابت الزنبرك $k = F / x = 3.2 / 0.12 = 26.666...\ N/m$.
- التقريب: $k \approx 27\ N/m$.



الشكل 21

45. صدمات السيارات تتضمن كل الزنبركات اللولبية لسيارة ثابت زنبرك يبلغ 25,000 N/m. ما مقدار انضغاط كل زنبرك عندما يحمل ربع سيارة وزنها 25,000 N؟

- وزن السيارة $W = 25{,}000\ N$ ⇐ حصة كل زنبرك $F = W / 4 = 6{,}250\ N$.
- العلاقة: $x = F / k$.
- الحساب: $x = 6{,}250 / 25{,}000 = 0.25\ m = 25\ cm$.

100. **مسألة معكوسة** اكتب مسألة فيزيائية تتضمن أجسامًا من واقع الحياة وتُمثّل المعادلة التالية جزءًا من الحل المطلوب لها:

$$(9.8\ \text{N/kg})(1.65\ \text{kg}) = k\,(0.15\ \text{m})$$

للإجابة هي "توضع بطيخة كتلتها 1.65 kg في كفة ميزان السلع في السوق التجاري. إذا تسبب هذا في استطالة نابض الميزان بمقدار 1.5 cm، فما ثابت نابض الميزان؟"

3	يطبق معادلة ($PE_{spring} = \frac{1}{2}kx^2$) لحساب طاقة الوضع المختزنة في زنبرك، او أي كمية أخرى غير معروفة.	كتاب الطالب مثال 1 تطبيقات Q.(2،4) تقويم الوحدة Q.(103)	5 7 7 27

2. ينضغط زنبرك ثابته $k = 144\ \text{N/m}$ بمقدار 16.5 cm. كم تبلغ طاقة الوضع المرونية للزنبرك؟

- x = 16.5 cm = 0.165 m
- U = (1/2) k x^2

= 0.5 × 144 × (0.165)^2 = 1.96 J ≈ 2.0 J

الإجابة: U ≈ 1.96 جول (حوالي 2 جول).

3. إذا كان ثابت زنبرك 56 N/m. ما مقدار استطالته عندما تُعلّق كتلة تزن 18 N من طرفه؟

- قانون هوك: F = k x >>> x = F / k
- x = 18 / 56 = 0.3214 m ≈ 0.32 m

الإجابة: x ≈ 0.32 m (≈ 32 سم).

103. **التحليل والاستنتاج** إذا لزمت قوة مقدارها 20 N لإحداث استطالة في الزنبرك مقدارها 0.5 m.

a. احسب ثابت الزنبرك

b. ما مقدار الطاقة الكامنة في الزنبرك؟

c. لماذا لا يساوي الشغل المبذول لتمدد الزنبرك القوة مضروبة في المسافة أو 10 J؟

a) احسب ثابت الزنبرك k.

- قانون هوك: F = k x

- k = F / x = 20 / 0.5 = 40 N/m

الإجابة: k = 40 N/m

b) ما مقدار الطاقة الكامنة المرونية في الزنبرك عند هذه الاستطالة؟

- العلاقة: U = (1/2) k x^2

- U = 0.5 × 40 × (0.5)^2 = 5 J

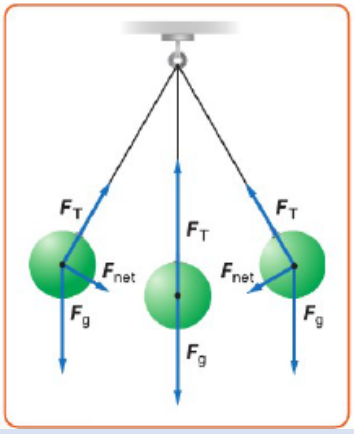
الإجابة: U = 5 جول

c) لماذا لا يساوي الشغل المبذول لتمديد الزنبرك القوة مضروبة في المسافة؟

- لأن القوة ليست ثابتة أثناء الشد؛ فهي تبدأ من الصفر وتزداد خطيًا

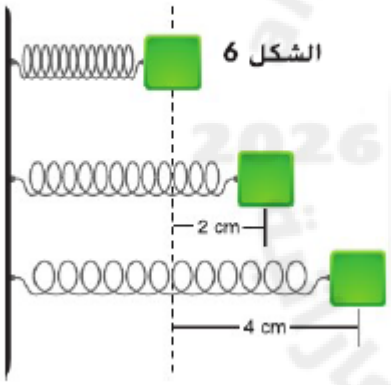
4	يطبق قانون حفظ الطاقة لحركة كل من: نظام الكتلة- الزنبرك المهتز افقياً، حركة البندول البسيط، وذلك لربط الطاقة الكلية لكل نظام عند لحظة معينة بالطاقة الكلية عند لحظة أخرى.	كتاب الطالب مراجعة Q.(9)	6 9

البندول البسيط



من خلال حركة البندول البسيط فإنه يمكننا توضيح مفهوم الحركة التوافقية البسيطة، وذلك من خلال تأرجح الثقل المعلق بخيطه. **فالبندول** يتكوّن من جسم صلب مصمت ذي كثافة عالية يسمى ثقل البندول ويعلق في الطرف الحر لخيط أو سلك طوله ℓ. وعند سحب الثقل مبتعدًا عن موضع الاتزان، وتركه ليتحرك بحرية، فإنه يتأرجح ذهابًا وإيابًا في اتجاهين متعاكسين حول موضع الاتزان كما في **الشكل 4**. يؤثر الخيط بقوة شد مقدارها (F_T) في ثقل البندول، وتؤثر الجاذبية الأرضية أيضًا بقوة (F_g) ويتحرك الثقل بتأثير محصلة القوتين، وقد تم التعبير عنها في الرسم بثلاث مراحل. ففي الموضعين الأيمن والأيسر في **الشكل 4** تكون القوة المحصّلة المؤثرة في ثقل البندول وتسارعه أكبر ما يمكن والسرعة المتجهة صفرًا. بينما تكون القوة المحصلة ثم التسارع صفرًا عند موضع الاتزان وتكون السرعة المتجهة أكبر ما يمكن. ويمكنك ملاحظة أن القوة المحصلة تمثل قوة إرجاع، فتحاول إعادة الجسم المهتز إلى موضع الاتزان، وتكون دائمًا معاكسة لاتجاه الإزاحة.

9. طاقة الزنبرك إنّ الزنبركات الموضّحة في **الشكل 6** متطابقة. قارن بين طاقات الوضع في الزنبركين السفليين.



الشكل 6

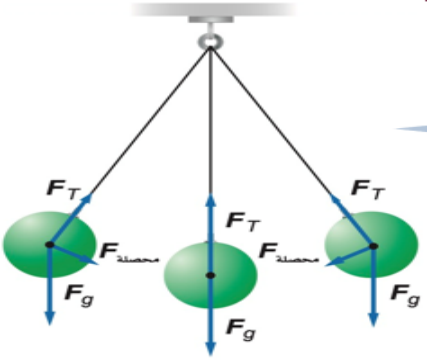
9. تكون الطاقة المخزنة للنابض الثاني أكبر 4.0 مرات من الطاقة المخزنة للنابض الأول.

5	يحدد العوامل التي تؤثر في الزمن الدوري للبندول البسيط.	كتاب الطالب	8

لاحظ أنّ الزمن الدوري لا يعتمد إلا على طول البندول وعجلة الجاذبية الجاذبية وليس على كتلة الثقل أو سعة الاهتزازة. وثمة استخدام علمي للبندول وهو قياس g، الذي يمكن أن يختلف إلى حد ما في مواقع مختلفة على الأرض.

القوة المحصلة المؤثرة في البندول

من الشكل التالي ما هي القوى المؤثرة في البندول؟



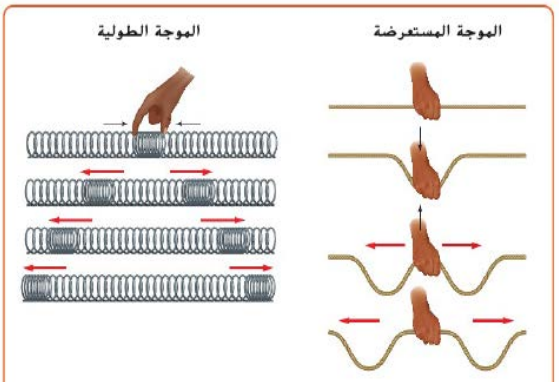
١. قوة شد الخيط للثقل واتجاهها نحو الأعلى F_T
٢. قوة جذب الأرض للثقل نحو الأسفل F_g

	المحصلة	التسارع	السرعة المتجهة
الأيمن	أكبر ما يمكن	أكبر ما يمكن	صفر
الموضع الاوسط (الاتزان)	صفر	صفر	أكبر ما يمكن
الأيسر	أكبر ما يمكن	أكبر ما يمكن	صفر

6	يميز ويقارن بين الموجات المستعرضة والموجات الطولية والموجات السطحية وإعطاء أمثلة على كل منها.	كتاب الطالب مراجعة Q(26,27,28)	11-10 15

الموجات المستعرضة إنّ **الموجة** هي اهتزازة مفردة أو اضطراب ينتقل عبر وسط ما. في الجزء الأيمن من **الشكل 7**، تُحدث الموجة اضطرابًا في الحبل في الاتجاه العمودي، ولكن تنتقل الموجة أفقيًّا. تُسمى الموجة التي تُحدث اضطرابًا في الجسيمات الموجودة في الوسط عموديًّا على اتجاه حركتها **الموجة المستعرضة**. وإذا استمرت الاهتزاز بمعدل ثابت، فستنشأ **موجة دورية**.

الموجات الطولية عندما تضغط لفات زنبرك بشكل متراص ثم تتركها فجأة، تتشكل موجة أو نبضة تنتشر في اتجاه اهتزاز حلقات زنبرك نفسه، في كلا الاتجاهين. وتسمى الموجات التي تنتشر بهذه الطريقة **الموجات الطولية** لأن الاضطراب ينتشر في اتجاه حركة الموجة نفسها. ومن الأمثلة الأخرى عليها موجات الصوت. حيث تنضغط الجسيمات وتتمدد بالتناوب على طول مسار الموجة.



الشكل 7 تنتج موجة مستعرضة وتنتشر أفقيًا في كلا الاتجاهين عند هزّ حبل إلى أعلى وإلى أسفل. بينما يُنتج من ضغط لفات زنبرك ثم تركها فجأة، موجة طولية في كلا الاتجاهين.
وضّح أوجه الاختلاف بين الموجات المستعرضة والطولية.

الموجات السطحية تُعدّ الموجات التي تنشأ في أعماق البحيرات أو المحيطات موجات طولية. بينما تتبع جسيمات الماء عند السطح مسارًا دائريًّا موازيًا لاتجاه حركة الموجة أحيانًا وعموديًّا على اتجاه حركة الموجة في أحيان أخرى، تسمى كل منها **موجة سطحية**.

26. **الفكرة الرئيسة** لنفترض أنّه طُلب منك وزميلك في المختبر توضيح أنّ الموجة المستعرضة تنقل الطاقة من دون نقل المادة. كيف يمكنكما فعل ذلك؟

27. **خصائص الموجة** إذا أردت إحداث موجات مستعرضة على حبل عن طريق هزّ يدك من طرف إلى آخر. وبدأت بهز الحبل أسرع من دون تغيير المسافة التي تتحرّك فيها يدك، ماذا يحدث لسعة الموجة وطول الموجة والتردد والزمن الدوري والسرعة المتجهة؟

28. **الموجات الطولية** صِف الموجات الطولية. ما أنواع الأوساط التي تنتقل من خلالها الموجات الطولية؟

26. اربط قطعة من الخيط في مكان ما بالقرب من منتصف حبل. ثم اطلب إلى زميل لك أن يثبّت أحد طرفي الحبل ثم حرك الطرف الآخر للحبل إلى أعلى وإلى أسفل لتوليد موجة مستعرضة. لاحظ أنّه عندما تتحرك الموجة خلال الحبل إلى أسفل، يتحرك الخيط إلى أعلى وإلى أسفل، ولكنه يبقى في المكان نفسه على الحبل.

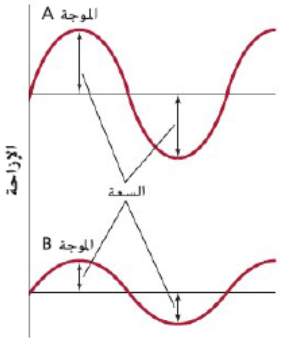
27. لا تتغيّر كل من السعة والسرعة المتجهة إلا أن التردد يزداد، في حين يقل كل من الزمن الدوري والطول الموجي.

28. في الموجات الطولية، تهتز دقائق الوسط في اتجاه موازٍ لاتجاه حركة الموجة. وتسمح الأوساط جميعها تقريبًا للموجات الطولية بالانتقال خلالها سواء أكانت صلبة أو سائلة أو غازية.

7	يصف خصائص الموجة مثل السعة، وطاقة الموجة، والطول الموجي، وسرعة الموجة، والطور، والزمن الدوري، والتردد.	كتاب الطالب	13-11
8	يصف خصائص الموجة مثل السعة، وطاقة الموجة، والطول الموجي، وسرعة الموجة، والطور، والزمن الدوري، والتردد.	كتاب الطالب	13-11

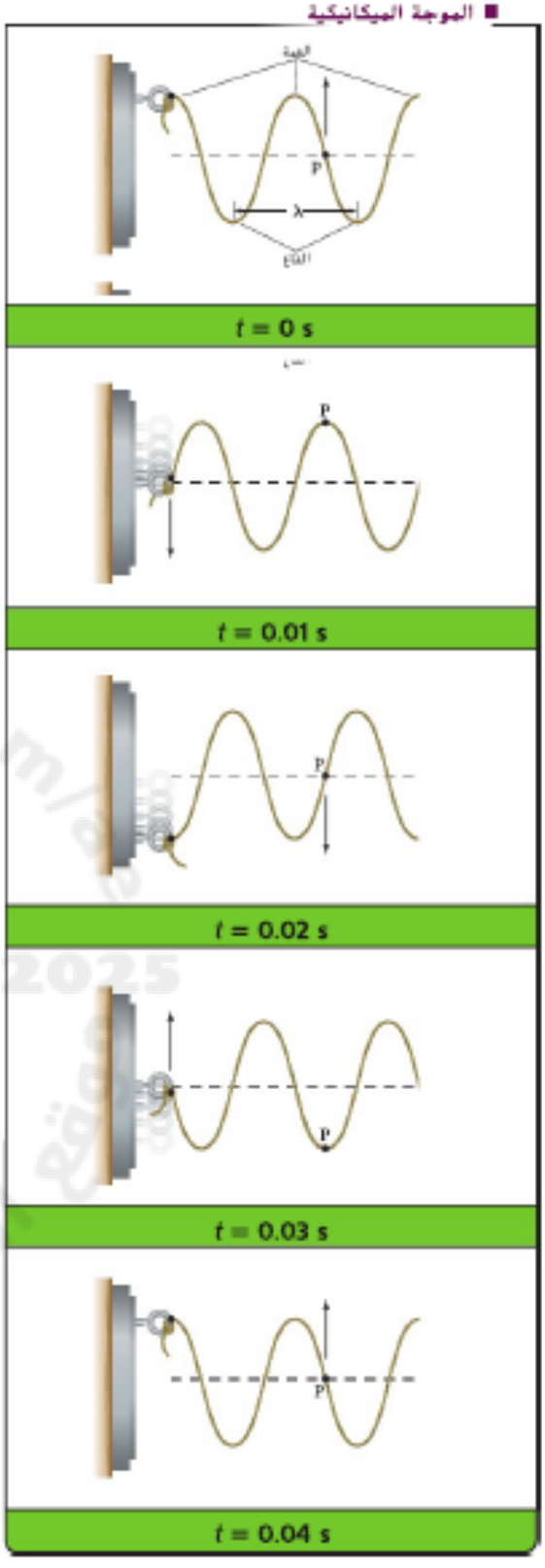
السعة ما وجه الاختلاف بين الموجة الناجمة عن هزّ حبل بلطف والموجة الناجمة عن هزّه بعنف؟ إنّ هذا الاختلاف يشبه الاختلاف بين موجة تنشأ في بركة وموجة تنشأ في محيط حيث تكون سعتاهما مختلفتين. درست سابقًا أنّ سعة الحركة الدورية هي أقصى مسافة من موضع الاتزان. وبالمثل فكما هو موضّح في **الشكل 9**، إنّ سعة الموجة المستعرضة هي أقصى إزاحة للموجة من موضع الاتزان. ونظرًا إلى أنّ السعة عبارة عن مسافة، فهي دائمًا موجبة. ستعرف المزيد عن قياس سعة الموجات الطولية عند دراسة الصوت.

الشكل 9 تُقاس سعة الموجة من موضع الاتزان إلى أبعد نقطة على جانبي موضع اتزان.



طاقة الموجة تتوقف سعة الموجة على طريقة حدوث الموجة. إذ يجب إضافة المزيد من الطاقة إلى النظام لإنتاج موجة ذات سعة أكبر. فعلى سبيل المثال، تنتج الرياح الشديدة موجات سعاتها أكبر من سعات الموجات التي تنتجها النسائم اللطيفة. فالموجات ذات السعات الكبيرة تنقل قدرًا كبيرًا من الطاقة، في حين تنقل الموجات ذات السعات الصغيرة قدرًا قليلاً من الطاقة. قد تحرك الموجة ذات السعة الصغيرة الرمال على الشاطئ بضعة سنتيمترات، بينما قد تقتلع الموجة العملاقة شجرة

■ الموجة الميكانيكية



الشكل 10 يحرك مولد الذبذبات الميكانيكي الطرف الأيسر من الحبل إلى أعلى وإلى أسفل لاستكمال اهتزازة في غضون 0.04 s.

طول الموجة بدلًا من التركيز على نقطة واحدة على الموجة، تخيل أنّك تأخذ لقطة للموجة بحيث يمكنك رؤية الموجة بأكملها في لحظة واحدة من الزمن. توضّح الصورة الموجودة في الجزء العلوي من **الشكل 10** أنّ كل نقطة في أسفل الموجة المستعرضة تسمى **القاع** وأنّ كل نقطة في أعلى الموجة المستعرضة تسمى **قمة** الموجة. وتُسمى أقصر مسافة بين نقطتين يتكرر فيها نمط الموجة نفسه **طول الموجة**. فالمسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعَين متتاليين تساوي الطول الموجي (λ).

السرعة ما مقدار سرعة انتقال الموجة؟ يمكن إيجاد سرعة الموجة بالطريقة نفسها التي تستخدمها لتحديد سرعة سيارة متحرّكة. أولًا، قم بقياس مسافة حركة احدى القمم أو القيعان خلال فترة زمنية معينة (Δd)، ثم اقسم الناتج على الفترة الزمنية (Δt) لإيجاد السرعة.

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

طور الموجة يُطلق على نقطتين على الموجة يفصل بينهما طول موجي واحد أو مضاعفاته أنهما في الطور نفسه. والجسيمان الموجودان في الوسط نفسه يُعدان في طور واحد إذا كان لهما الإزاحة نفسها عن موضع الاتزان، ولهما السرعة نفسها. أما إذا كان الجسيمان في الوسط متعاكسين في الإزاحة وفي السرعة، فإنهما يكونان متعاكسين في الطور حيث يكون فرق الطور بينهما 180°. إن فرق الطور بين القمة والقاع للموجة يساوي 180°. وبناءًا عليه فإن فرق الطور بين أي نقطتين على الموجة ينحصر بين 0° و 180° إحداهما بالنسبة إلى الأخرى. وبالتالي فإن فرق الطور يمكن أن ينحصر بين 0° و 360° درجة بين نقطتين في الوسط نفسه.

الزمن الدوري والتردد على الرغم من أنّ سرعة الموجة والسعة يمكنهما وصف أي موجة، إلا أن الزمن الدوري (T) والتردد ينطبقان فقط على الموجات الدورية. درستَ سابقًا أنّ الزمن الدوري للحركة التوافقية البسيطة، مثل حركة البندول البسيط، هو الزمن الذي الجسم لإتمام دورة واحدة كاملة. وهذا الجسم عادة يكون هو مصدر الموجة الدورية أو المسبب لها، ويكون الزمن الدوري للموجة مساويًا للزمن الدوري للمصدر. يوضح **الشكل 10** أن الزمن الدوري (T) يساوي 0.04 s وهو الزمن الذي يستغرقه المصدر لصنع دورة واحدة كاملة. وهو كذلك الزمن الذي تتطلّبه النقطة P الموجودة على الحبل حتى تعود إلى موضعها الأول وسرعتها المتجهة الأولى.

حساب التردد إنّ **تردد** الموجة (f) هو عدد الذبذبات الكاملة التي تُحدثها نقطة على هذه الموجة كل ثانية. يُقاس التردد بالهرتز (Hz). ويمثّل الهرتز الواحد ذبذبة واحدة في الثانية ويساوي 1/s أو s^{-1}. يرتبط التردد والزمن الدوري للموجة بالمعادلة التالية.

تردد الموجة

يساوي تردد الموجة مقلوب الزمن الدوري.

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

9	يحسب تردد الموجة من معرفة الزمن الدوري والعكس صحيح ($f=\frac{1}{T}$).	مثال 3 تطبيقات Q.(22,16)	14 15

16. إذا كنت تريد زيادة أطول الموجات في الحبل، فهل ينبغي أن تهزّه بأعلى تردد أم بأقل تردد؟

16. ينبغي أن تحركه عند تردد منخفض، لأنّ الطول الموجي يتناسب عكسيًا مع التردد.

22. كيف يتغيّر تردد الموجة عندما يتضاعف زمنها الدوري؟

22. يساوي التردد نصف قيمته الأصلية.

10	❖ يصف سلوك الموجات الميكانيكية عند الحواجز (الانعكاس والانكسار). ❖ يصف أن الموجة الميكانيكية تنقلب إذا انعكست عن حاجز ثابت وتبقى قائمة إذا انعكست من طرف حر.	كتاب الطالب تقويم الوحدة Q.(70,71)	17-16 24

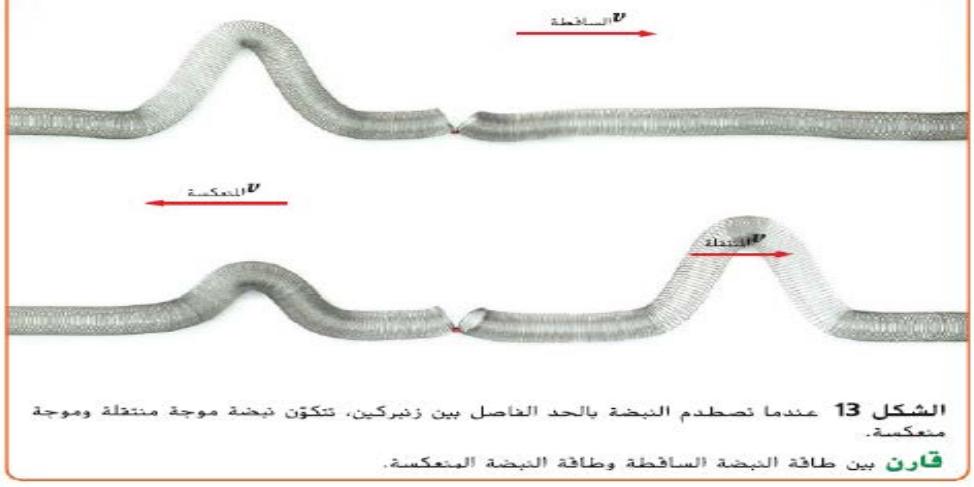
الموجات عند الحدود

عرفت سابقًا أنّ سرعة الموجة الميكانيكية تعتمد على خصائص الوسط الذي تنتقل من خلاله فقط، ولا تعتمد على سعة الموجة أو ترددها. فعلى سبيل المثال، يؤثر عمق الماء في سرعة موجات الماء المتكونة فيه، في حين تؤثر درجة حرارة الهواء في سرعة موجات الصوت التي تنتشر فيه. أما بالنسبة الى موجات الزنبرك فتعتمد سرعتها على مقدار قوة شدّه، وعلى كتلة وحدة أطواله.

بيّن ما الذي يحدث عند مرور نبضة من خلال حد فاصل يفصل بين وسطين كما هو الحال في زنبركين مختلفين في سماكتهما ومتصلين من طرفيهما. يوضّح **الشكل 13** النبضة التي تنتقل من الزنبرك الأكثر سماكة إلى الزنبرك الأقل سماكة، حيث تسمى نبضة الموجة التي تصطدم بالحد الفاصل بين الزنبركين **الموجة الساقطة**. ستلاحظ أن هنالك اختلافًا في سرعة النبضة التي تنتقل من الزنبرك الأكثر سماكة إلى الزنبرك الأقل سماكة، حيث تستمر هذه النبضة المنتقلة، وتبقى متجهة نحو الأعلى.

ينعكس جزء من طاقة الموجة الساقطة نحو الخلف باتجاه الزنبرك الأكثر سماكة في صورة نبضة مرتدة تسمى **الموجة المنعكسة**. وتعتمد النبضة المنعكسة سواء أكانت معتدلة أم مقلوبة على خصائص الزنبركين. فعلى سبيل المثال، ستنقلب نبضة الموجة المنعكسة إذا كانت سرعة الموجات في الزنبرك الأقل سماكة أكبر، لأنه أثقل وأكثر صلابة.

■ نبضة الموجة عند الحد الفاصل

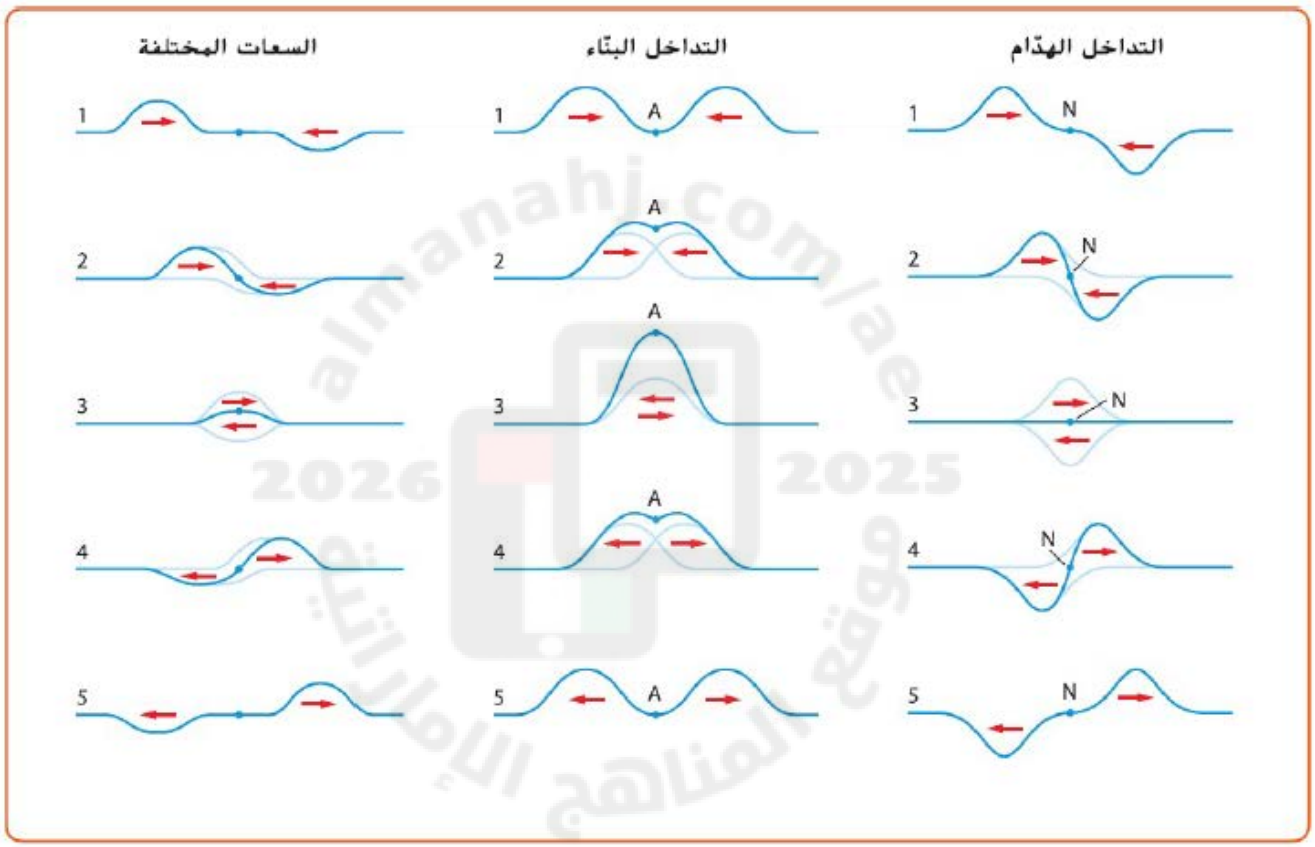


الشكل 13 عندما تصطدم النبضة بالحد الفاصل بين زنبركين، تتكوّن نبضة موجة منتقلة وموجة منعكسة.

قارن بين طاقة النبضة الساقطة وطاقة النبضة المنعكسة.

تداخل الموجات

لنفترض أنّ نبضة تنتقل على طول نابض تلاقت مع نبضة منعكسة من الحد الفاصل، كما هو موضّح في **الشكل 15**. ما الذي سيحدث في هذه الحالة؟ ستوجد هنالك نبضتان في الوسط في المكان والزمان نفسيهما. حيث ستؤثر كل نبضة منهما في الوسط بشكل مستقل عن الأخرى. يوضّح **مبدأ التراكب** أنّ إزاحة الوسط الناتجة من موجتين أو أكثر هي المجموع الجبري للإزاحات الناتجة من كل موجة على حدة. بمعنى آخر، يمكن أن تتحد موجتان أو أكثر لتكوين واحدة جديدة. وإذا انتقلت الموجتان باتجاهين متعاكسين، فمن المحتمل أن تلغي كل منهما تأثر الأخرى، أو أن تنتج موجة لها سعة أكبر أو أصغر من سعة كل منهما. ويسمى الأثر الناتج من تراكب موجتين أو أكثر **التداخل**.



71. ما وجه الاختلاف بين نبضة موجة منعكسة من جدار ثابت والنبضة الساقطة؟

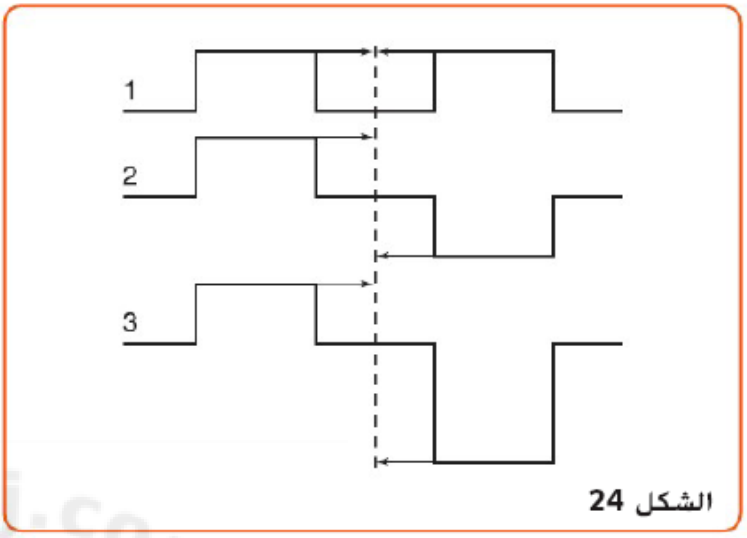
72. صِف حركة جسيمات وسط يقع عند عُقد موجات مستقرة.

71. ستكون النبضة المنعكسة مقلوبة.

72. لا شيء، ولا يتحرك الوسط الناقل.

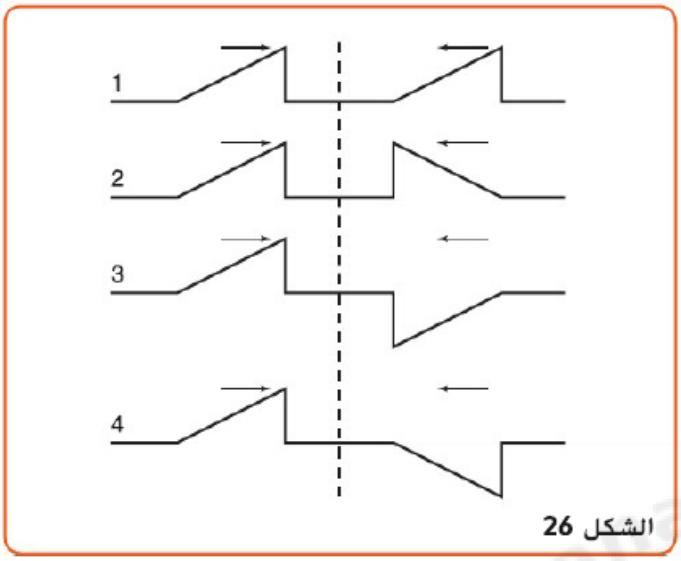
11	يذكر ويطبق مبدأ التراكب لإثبات أن الموجتين المتداخلتين تجمع جبريًا لتعطيا موجة ناتجة تدعى (الموجة المحصلة).	كتاب الطالب تقويم الوحدة Q.(76,97)	18 -17 25,26

76. مثّل بالرسم نتيجة كل حالة من الحالات الثلاث (1و2و3) الموضّحة في **الشكل 24**، عندما يقع مركزا النبضتين المتقاربتين على الخط المنقط بحيث تتداخل النبضتان تمامًا.



الشكل 24

97. مثّل بالرسم نتيجة كل من الحالات الأربع الموضّحة في **الشكل 26**، عندما يقع مركزا كل من النبضتين على الخط المنقط بحيث تتداخل النبضتان تمامًا.



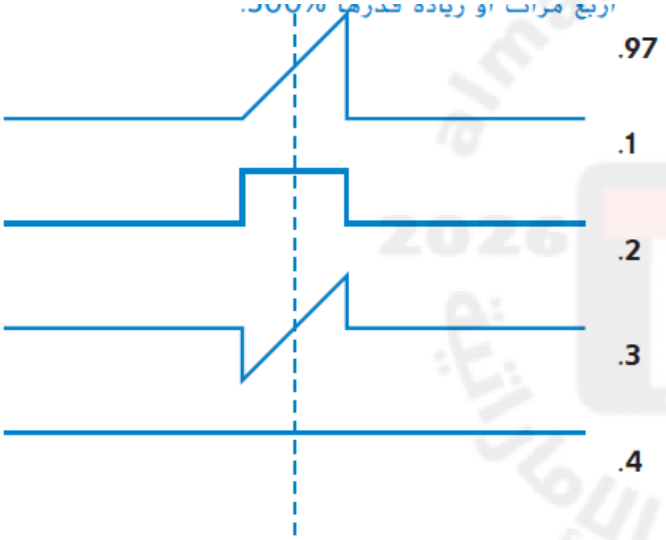
الشكل 26

76. 1. تتضاعف السعة.

2. تلغي السعات بعضها بعضًا.

3. إذا كانت سعة النبضة الأولى تساوي نصف سعة النبضة الثانية، فستساوي النبضة الناتجة سعة النبضة الثانية.

97.



12	❖ يصف كيف تتكون الموجة المستقرة (الواقفة). ❖ يُعرّف عقدة الموجة وبطن الموجة ويصف كيف تتكون.	كتاب الطالب مراجعة Q.(34) تقويم الوحدة Q.(72,74,78)	19 21 24,25

تداخل الموجات يوجد التداخل في هيئتين، إما بناء أو هدام. يوضّح الجزء الأيمن من **الشكل 16** التقاء موجتين متساويتين في السعة ومختلفتين في الاتجاه، حيث تقل إزاحة الوسط عند النقاط جميعها في منطقة التداخل، مما يُسبب التداخل الهدّام. فعندما تكون سعتا الموجتين متساويتين، سيساوي مقدار الإزاحة صفرًا. تُسمى النقطة N التي لا تتحرّك على الإطلاق **العقدة**. حيث تنتقل النبضات أفقيًا وتعود إلى صورتها الأصلية في نهاية الأمر.

يحدث التداخل البنّاء عندما تكون إزاحات الموجات في الاتجاه نفسه. وينتج من ذلك موجة سعتها أكبر من سعة الموجات المنفردة. يوضح الجزء الأوسط من **الشكل 16**. ظهور نبضة أكبر عند النقطة A عند التقاء موجتين متساويتين. أي إنّ إزاحة النقطة A هي الأكبر وتُسمى **البَطن**. تنتقل النبضتان إحداهما من خلال الأخرى من دون تغيّرهما في الشكل أو الحجم. إذا كانت النبضتان سعتاهما غير متساويتين، فإنّ النبضة الناتجة عند التداخل ستساوي المجموع الجبري لإزاحتي النبضتين، كما هو موضّح في الجزء الأيسر من الشكل 16.

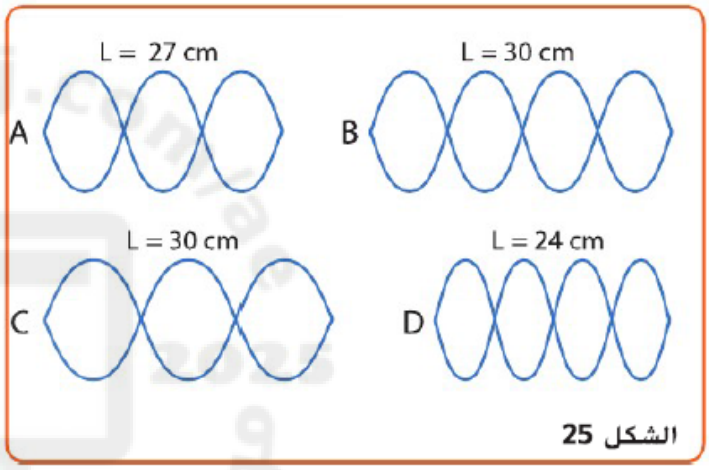
72. صِف حركة جسيمات وسط يقع عند عُقد موجات مستقرة.

72. لا شيء، ولا يتحرك الوسط الناقل.

74. اذا اهتز وتر مشكلًا أربعة أقسام، ستستطيع لمس بعض النقاط عليه من دون أن تحدث اضطرابًا في حركته. ما عدد هذه النقاط؟

74. إنّ الموجة المستقرة موجودة ويمكن لمس الخيط عند أي من نقاط عقده الخمس.

78. تنشأ موجات مستقرة في الأوتار الأربعة الموضّحة في **الشكل 25**. إنّ كتلة كل الأوتار هي نفسها لكل وحدة طول وتتأثر جميعها بقوة الشد نفسها.
إذا كانت أطوال الأوتار (L) معلومة. رتّب ترددات الموجات من الأكبر إلى الأصغر.



الشكل 25

78. يكون تردد أكبر طول موجي أقل ما يكون لأنّ سرعات الموجة واحدة. الأطوال الموجية هي A: 18 cm، B: 15 cm، C: 20 cm، D: 12 cm. إذًا ترتيب التردد هو $D > B > A > C$.

34. **الموجات المستقرة** ما العلاقة بين عدد العقد وعدد البطون في موجة مستقرة في زنبرك مثبت من الطرفين؟

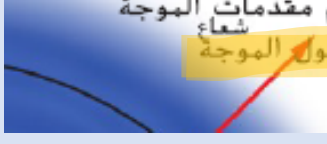
34. يزيد عدد العقد دائمًا بمقدار واحد على عدد البطون.

13	❖ يصف تمثيل الموجات في بعدين. ❖ يستخدم حوض الموجات لمحاكاة سلوك الموجات في بعدين (مثل انعكاس وانكسار الموجات التي تنتقل على سطح الماء).	كتاب الطالب	21-20
		مراجعة (31,33).Q	21
		تقويم الوحدة (75).Q	24

تمثيل الموجات التي تنتقل في بعدين

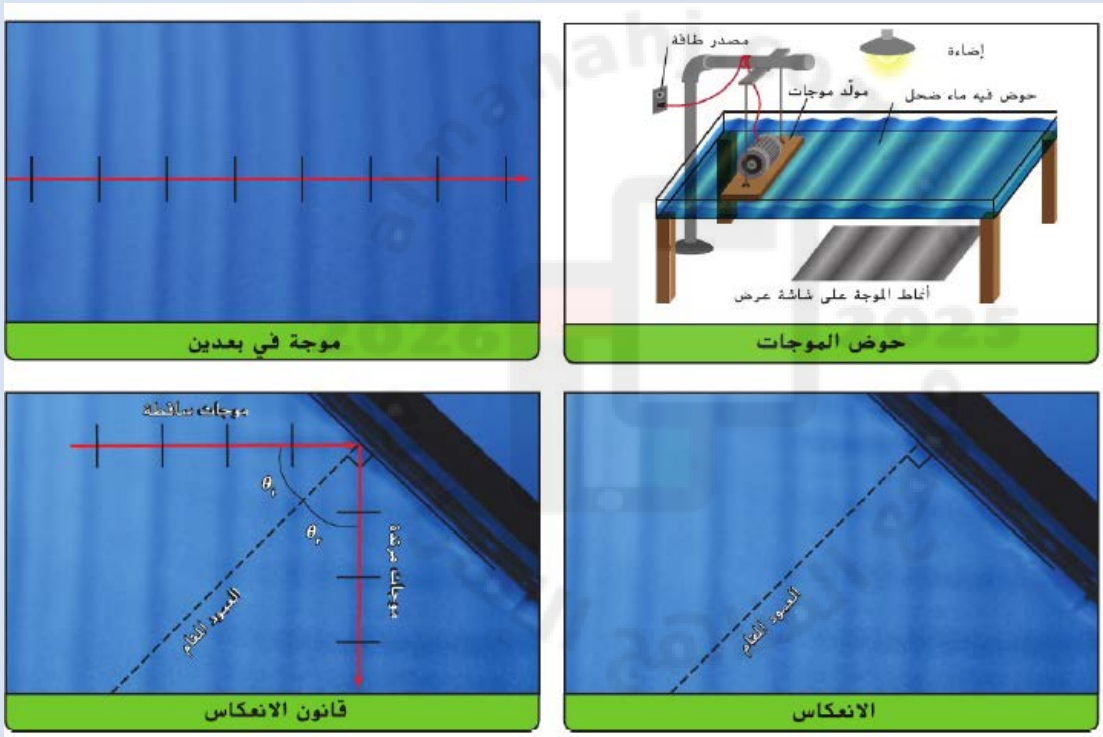
عندما تلقي حجرًا صغيرًا في بركة ماء ساكنة، ترى القمم والقيعان للموجات الدائرية الناتجة تنتشر نحو الخارج في جميع الاتجاهات. يمكن تمثيل هذه الموجات عن طريق رسم دوائر يصل بين قمم الموجات الواصلة في الفترة الزمنية نفسها. فعندما تضع رأس إصبعك في الماء عدة مرات وتحركه بتردد ثابت، فإنّ الرسم التخطيطي الناتج سيكون عبارة عن سلسلة من دوائر متحدة في مراكزها. وتكون إصبعك مركز تلك الدوائر التي تُسمى مقدمات الموجات. إنّ **مقدمة الموجة** عبارة عن خط يصل بين قمم الموجات الواصلة في الفترة الزمنية نفسها في بُعدين. يمكن استخدام مقدمات الموجات لتوضيح الموجات بأي شكل كانت، بما في ذلك الموجات المستقيمة والدائرية. توضّح الصورة الموجودة في **الشكل 18** الموجات الدائرية في الماء، كما توضّح الدوائر المرسومة على الرسم التخطيطي مقدمات هذه الموجات التي تمثل موجات الماء هذه.

تتحرك الموجات في بعدين دائمًا في اتجاه متعامد مع مقدماتها أيًا كان شكلها. يُمكن تمثيل هذا الاتجاه **بشعاع** على شكل خط يصنع زاوية قائمة مع الموجة. وإذا أردت توضيح اتجاه انتقال الموجة فقط، فمن الأنسب أن ترسم أشعة بدلًا من مقدمات الموجات. إنّ الأسهم الحمراء الموجودة في **الشكل 18** عبارة عن أشعة توضّح اتجاه حركة موجات الماء. يُعدّ توضيح طول الموجة أحد مزايا رسم مقدمات الموجة عند رسمها وفقًا لمقياس الرسم. في **الشكل 18**، حيث إن طول الموجة يساوي المسافة من الدائرة إلى الدائرة التي تليها.



إنشاء الموجات في بعدين يُعدّ حوض الموجات جزءًا من معدات المختبر التي تستخدم للتحقق من خصائص الموجات التي تنتشر في بعدين. وكما يبيّن **الشكل 19** أنه يحتوي على طبقة ماء ضحلة. وألواح اهتزاز تولد موجات ذات مقدمات موجية مستقيمة. يوجد مصباح فوق الحوض ينتج ظلالًا تتكون أسفل الحوض توضّح مواقع قمم الموجات وقيعانها. توضّح الصورة العلوية في**الشكل 19** موجة تنتقل عبر حوض الموجات. يُمثَّل اتجاه انتشار الموجة برسم مخطط شعاعي. حيث يمثل الشعاع المتجه الموجة الساقطة، في حين يمثل الشعاع المتجه الموجة المنعكسة.

انعكاس الموجات في بعدين يوضّح الجزء السفلي في **الشكل 19** شعاعًا ساقطًا يعترض مساره حد فاصل ثابت عند زاوية على مسار الشعاع. ويُوضَّح اتجاه الحد بخط يُسمى **العمود المقام** يُرسم عموديًا على الحد. تُسمى الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام زاوية السقوط ويُرمز إليها بالرمز θ_i في الرسم التخطيطي. وتُسمى الزاوية المحصورة بين العمود المقام والشعاع المنعكس زاوية الانعكاس ويُرمز لها بالرمز θ_r. ينص **قانون الانعكاس** على أنّ زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس. ينطبق قانون الانعكاس على أنواع مختلفة من الموجات، وليس على الموجات الموجودة في حوض الموجات فحسب.



31. **الفكرة** الرئيسة ما الخصائص التي تبقى ثابتة من دون تغيير عندما تعبر موجة من خلال حد فاصل بين وسطين مختلفين: التردد والسعة وطول الموجة والسرعة والاتجاه أم أي منها؟

31. لا يتغير التردد. بوجه عام، بينما يتغير كل من السعة والطول الموجي والسرعة المتجهة عندما تعبر الموجة وسطًا جديدًا. أما الاتجاه فيمكن أن يتغير أو لا يتغير وذلك اعتمادًا على الاتجاه الأصلي للموجة.

33. **انكسار الموجات** في **الشكل 20**، تُغيّر الموجة اتجاهها عندما تنتقل من وسط إلى آخر. هل يُمكن أن تعبر الموجة في بعدين حدًّا يفصل بين وسطين من دون أن يتغير اتجاهها؟ وضّح ذلك.

33. نعم. إذا سقطت الموجة عموديًا على الحد الفاصل، أو إذا كان لها السرعة نفسها في الوسطين.

75. عبرت مقدمات موجات بزاوية من وسط إلى آخر وتحركت فيه بسرعة مختلفة. صِف التغيّرين اللذين حدثا في مقدمات الموجات. ما الذي لم يتغيّر؟

75. يتغيّر كل من طول الموجة واتجاه مقدمات الموجة. بينما لا يتغيّر التردد.

15	❖ يُعرف حدة (درجة) الصوت ويربطها مع تردد الموجة الصوتية. ❖ يُعرف شدة الصوت ويربطها مع سعة موجة الضغط الصوتية.	كتاب الطالب	35

درجة (حدة) الصوت كان مارين ميرسن وجاليليو أول من توصلا إلى أنّ طبقة الصوت التي نسمعها تعتمد على تردد الاهتزاز. تُعرف **حدة الصوت** بأنها ارتفاع الصوت أو انخفاضه. تستخدم طبقة الصوت في الموسيقى بالسلم الموسيقي، فمثلاً يبلغ تردد النغمة المعروفة بـ C، وهي الطبقة الوسطى، 262 Hz. ويبلغ تردد أعلى نغمة على البيانو 4186 Hz. وأُذُن الإنسان ليست حساسة بالتساوي للترددات كلها. فلا يستطيع أغلب الأشخاص أن يسمعوا أصواتًا تقل ترداداتها عن 20 Hz أو تزيد عن 16,000 Hz. كما أن معظم الحيوانات مثل القطط والفيلة والخفافيش تستطيع سماع الأصوات عند ترددات لا يستطيع الإنسان سماعها.

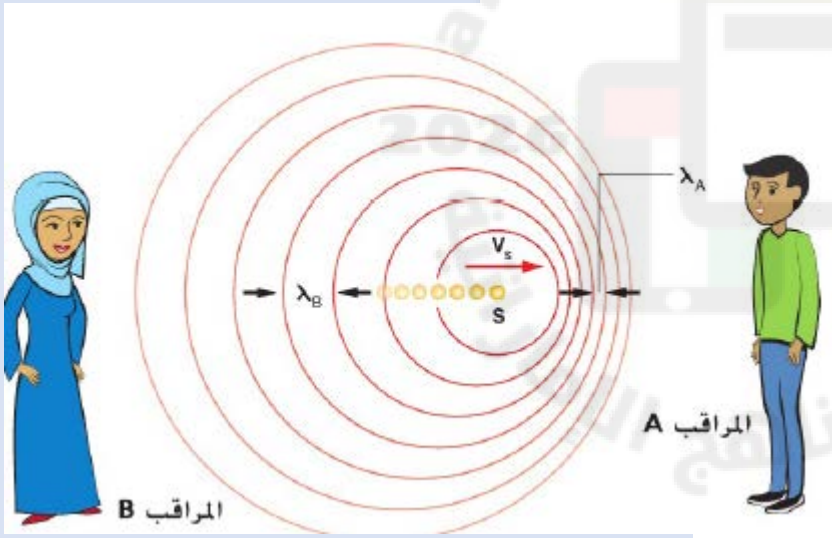
شدّة الصوت يُعدّ التردد وطول الموجة من الخصائص الفيزيائية للموجات الصوتية. وتُعتبَر السعة خاصية فيزيائية أخرى للموجات الصوتية. والسعة هي مقياس لتغيّر الضغط في الموجة. **وشدة الصوت** هي خاصية الصوت التي تدركها الأُذُن ويفسرها الدماغ. وتعتمد شدة الصوت بشكل أساسي على سعة موجة الضغط.

16	❖ يُعرف تأثير دوبلر. ❖ يوضح (يُفسر) تأثير دوبلر في الصوت.	كتاب الطالب مراجعة Q(10,11,12)	37-36 39

تأثير دوبلر

يساوي التردد الذي يسمعه مراقب معين السرعة المتجهة للمراقب بالنسبة إلى السرعة للموجة مقسومة على السرعة للمصدر بالنسبة إلى السرعة للموجة، والمقدار كله مضروبًا في تردد الموجة.

$$f_d = f_s \frac{v - v_d}{v - v_s}$$



10. **الكشف المبكر** في القرن التاسع عشر، كان الأشخاص يضعون آذانهم على مسار السكة الحديدية ليسمعوا صوت القطار. لماذا كانت هذه الطريقة مجدية؟

11. **الخفافيش** يُرسِل الخفاش نبضات صوتية قصيرة بتردد عالٍ ويستقبل الصدى.

a. ما الطريقة التي يقارن بها الصدى المرتد عن الحشرات الكبيرة والصدى المرتد عن الحشرات الصغيرة إذا كانت تبعد المسافة نفسها عنه؟

b. ما الطريقة التي يميّز بها بين الصدى المرتد من الحشرة الطائرة في اتجاهه عن الحشرة التي تطير بعيدًا عنه؟

12. **التفكير الناقد** هل يستطيع شرطي استخدام مراقب رادار على أحد جانبي الطريق لتحديد سرعة سيارة في اللحظة التي تمر فيها أمامه؟ اشرح ذلك.

10. تكون السرعة للصوت في المواد الصلبة أكبر منها في الغازات. وبالتالي، تنتقل موجات الصوت بسرعة أكبر في قضبان السكك الحديدية مقارنة بسرعة انتقالها في الهواء، كما تساعد قضبان السكك الحديدية في تركيز الصوت، لذا فإنّه لا يتلاشى سريعًا كما يحدث في الهواء.

11. a. قد يختلفان في الشدّة. حيث تعكس الحشرات الكبيرة المزيد من الطاقة الصوتية نحو الخفاش.

b. ستعيد الحشرة التي تطير نحو الخفاش الصدى بتردّد أكبر. بينما ستعيد الحشرة التي تطير مبتعدة عن الخفاش الصدى بتردّد أقل.

12. لا، يجب أن تتحرك السيارة مقتربة أو مبتعدة عن المراقب للملاحظة تأثير دوبلر. حيث لا ينتج عن الحركة المستعرضة أي أثر لتأثير دوبلر.

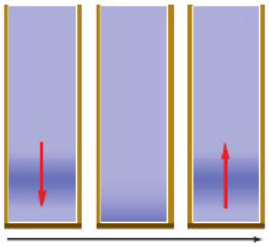
17	يُعرف العقَد والبطون ويناقش تغيرات كل من الضغط والإزاحة عند هذه النقاط في حالة الأنابيب المفتوحة وحالة الانابيب المغلقة.	كتاب الطالب	43-41

موجة الضغط المستقرة كيف يحدث الرنين؟ تُصدِر الشوكة الرنانة المهتزة موجة صوتية. وتتحرّك هذه الموجة ذات الذبذبات منخفضة ومرتفعة الضغط أسفل أنبوب الهواء. عندما تصطدم الموجة بسطح الماء، تنعكس إلى أعلى مرة أخرى نحو الشوكة الرنانة. كما هو موضّح في **الشكل 11**. فإذا وصلت موجة الضغط المرتفع المنعكسة إلى الشوكة الرنانة في اللحظة نفسها التي تُنتِج فيها الشوكة الرنانة موجة أخرى ذات ضغط مرتفع. ففي ذلك الحين تعزز الموجتان المنبعثة والمرتدة كل منهما الأخرى، وتنشأ موجة مستقرة عن تعزيز الموجات هذا، ويحدث رنين.

إنّ **انبوب رنين مفتوح الطرفين** عبارة عن أنبوب مفتوح الطرفين ويكون في حالة رنين مع مصدر الصوت. وفي هذه الحالة، لا تنعكس موجة الصوت من الطرف المغلق بل من الطرف المفتوح. فإذا اصطدم جزء مرتفع الضغط من الموجة بالطرف المفتوح، فسيكون ضغط الموجة المرتدة منخفضًا عند تلك النقطة، كما هو موضّح في **الشكل 11**.

طول عمود هواء الرنين يوضّح **الشكل 12** موجة صوتية مستقرة في أنبوب وممثلة بموجة جيبية. يمكن أن تُمثّل الموجات الجيبية ضغط الهواء أو إزاحة جزيئات الهواء. تذكر أنّ الموجات المستقرة لها عُقد وبطون. إنّ العقدة هي النقطة الثابتة التي تلتقي عندها نبضتان موجيتان متساويتان وتكونان في الموقع نفسه. والبَطن هي مكان أكبر إزاحة عند التقاء نبضتين موجيتين. لذا في التمثيل البياني للضغط، تمثّل العقد مناطق الضغط الجوي المتوسط، بينما يتأرجح الضغط عند البطون بين قيمتيه العظمى والصغرى. في حالة التمثيل البياني للإزاحة، تمثّل البطون مناطق الإزاحة الأعلى وتمثّل العقد مناطق الإزاحة الأقل. في كلتا الحالتين، تكون المسافة بين بطنين (أو عقدتين) متجاورتين مساوية لنصف طول الموجة.

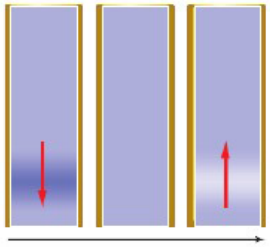
أنبوب مغلق الطرف



الوقت

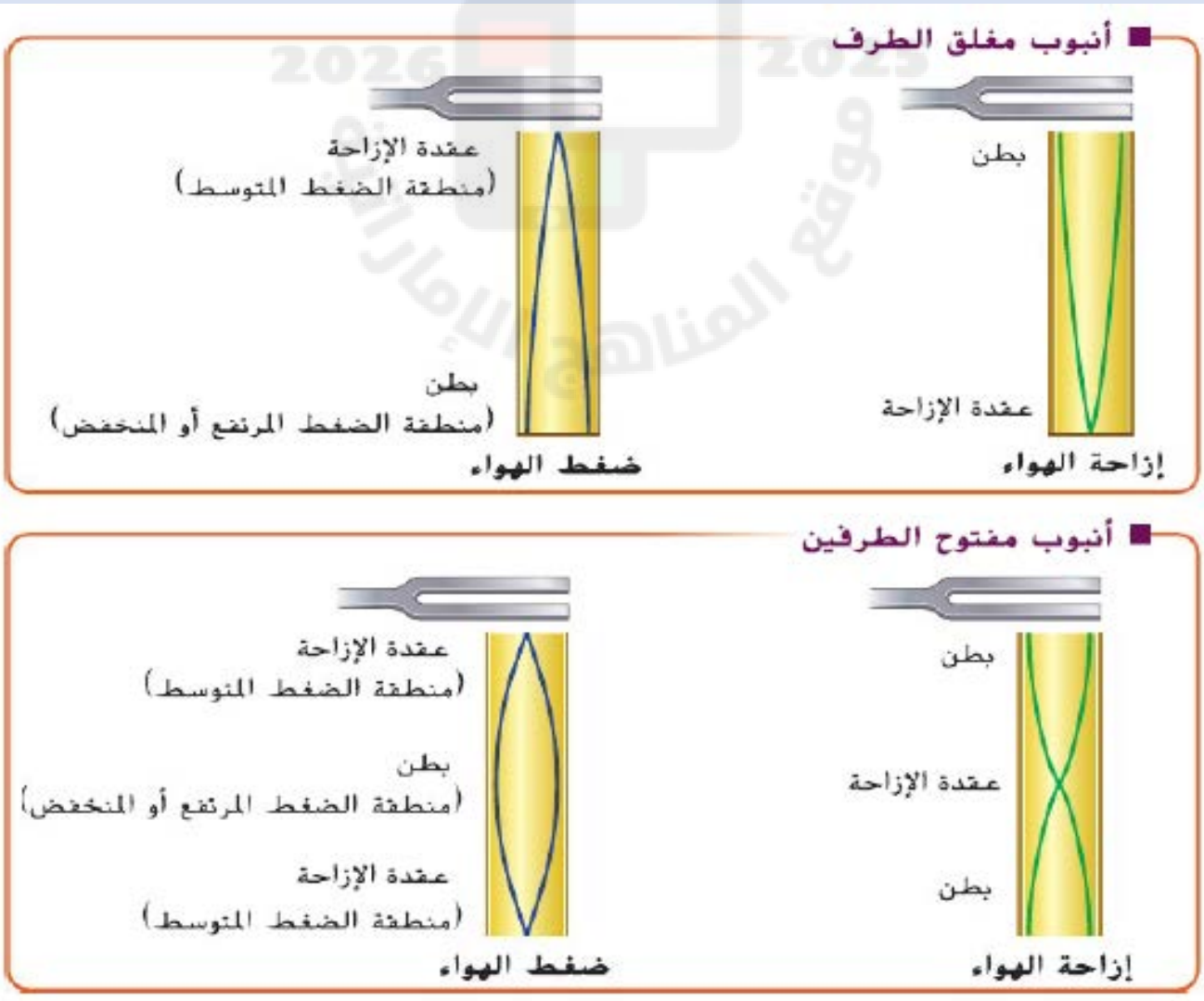
الأنابيب المغلقة: ينعكس الضغط المرتفع على هيئة ضغط عالٍ.

انبوب مفتوح الطرفين



الوقت

الأنابيب المفتوحة: ينعكس الضغط المرتفع على هيئة ضغط منخفض.



18	❖ يستخدم العلاقة بين طول الرنين وطول الموجة لحل مسائل في حالة الأنابيب المغلقة وحالة الانابيب المفتوحة. ❖ يشرح الرنين في الأوتار المهتزة ويحدد العلاقات بين الطول الموجي والتردد وطول الوتر.	كتاب الطالب تأكد من فهمك	44 - 41 45

ترددات الرنين في الأنبوب مغلق الطرف في حال تكوّن عقدة عند الطرف المغلق وتكوّن بطن عند الطرف المفتوح، ما أقصر عمود هواء سيُصدِر رنينًا في الأنبوب المغلق؟ يوضّح **الشكل 13** أنه يجب أن يساوي ربع طول الموجة. وكلما زاد التردد، تتكون أطوال رنين إضافية عند فترات مساوية لنصف الطول الموجي.

بالتالي، ستكون الأعمدة ذات الأطوال $\frac{\lambda}{4}$ و$\frac{3\lambda}{4}$ و$\frac{5\lambda}{4}$ و$\frac{7\lambda}{4}$ ...وهكذا، جميعًا في حالة رنين مع شوكة رنانة تُصدِر صوتًا طول موجته λ.

وعمليًا، يكون طول الرنين الأول أطول قليلًا من ربع طول الموجة وذلك لأنّ التغيرات في الضغط لا تنخفض إلى الصفر تمامًا عند طرف الأنبوب المفتوح. في الواقع، تبعد العقدة عن الطرف 0.4 قطر الأنبوب. وتتباعد أطوال الرنين الإضافية عن بعضها بمقدار نصف طول الموجة بالضبط. يمكن استخدام قياسات التباعد بين أطوال الرنين لإيجاد السرعة المتجهة للصوت في الهواء، كما في "مثال المسألة 2".

ترددات الرنين في الأنبوب المفتوح يبلغ طول أقصر عمود هواء يمكن أن يكون له عقد عند طرفيه نصف طول الموجة، كما هو موضّح في **الشكل 14**. وكلما زاد التردد، تواجدت أطوال رنين إضافية عند فترات تساوي نصف طول الموجة. وبالتالي ستكون أطوال الأعمدة $\frac{\lambda}{2}$ وλ و$\frac{3\lambda}{2}$ و2λ ... وهكذا، في حالة رنين مع شوكة رنانة.

في حال استخدام أنبوبين متساويين في الطول، أحدهما مفتوح والآخر مغلق كمصادر رنين، سيكون الطول الموجي لصوت الرنين في الأنبوب المفتوح نصف الطول الموجي لصوت الرنين في الأنبوب المغلق. وبالتالي، سيساوي تردد الأنبوب المفتوح ضعف تردد الأنبوب المغلق. تتباعد أطوال الرنين في كلا الأنبوبين بفترات مقدارها نصف طول الموجة.

■ **أنبوب مغلق الطرف**

$\lambda_1 = 4L$

$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{4L}$

$\lambda_3 = \frac{4L}{3}$

$f_3 = \frac{3v}{4L} = 3f_1$

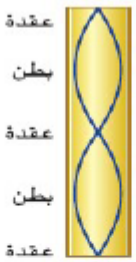
$\lambda_5 = \frac{4L}{5}$

$f_5 = \frac{5v}{4L} = 5f_1$

■ **أنبوب مفتوح الطرفين**

$\lambda_1 = 2L$

$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2L}$



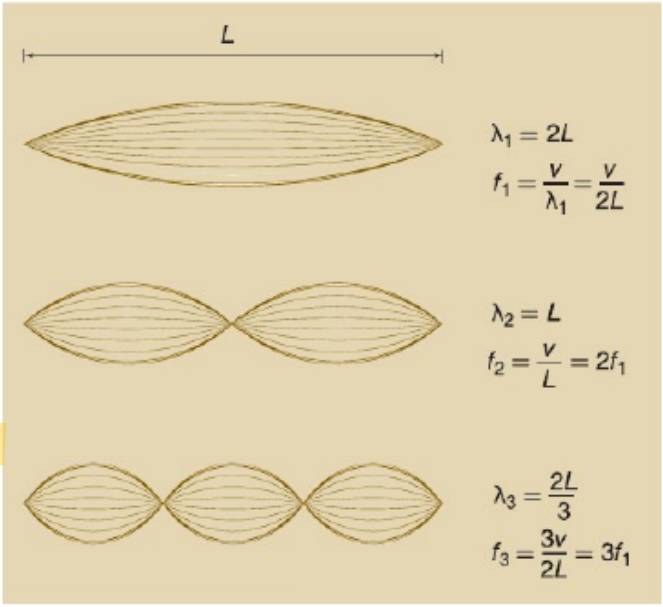
$\lambda_2 = L$

$f_2 = \frac{v}{L} = 2f_1$

$\lambda_3 = \frac{2L}{3}$

$f_3 = \frac{3v}{2L} = 3f_1$

الشكل 16 يُحدِث الوتر رنينًا مع الأمواج المستقرة عندما يساوي طوله عددًا صحيحًا من مضاعفات نصف طول الموجة.



الرنين في الأوتار

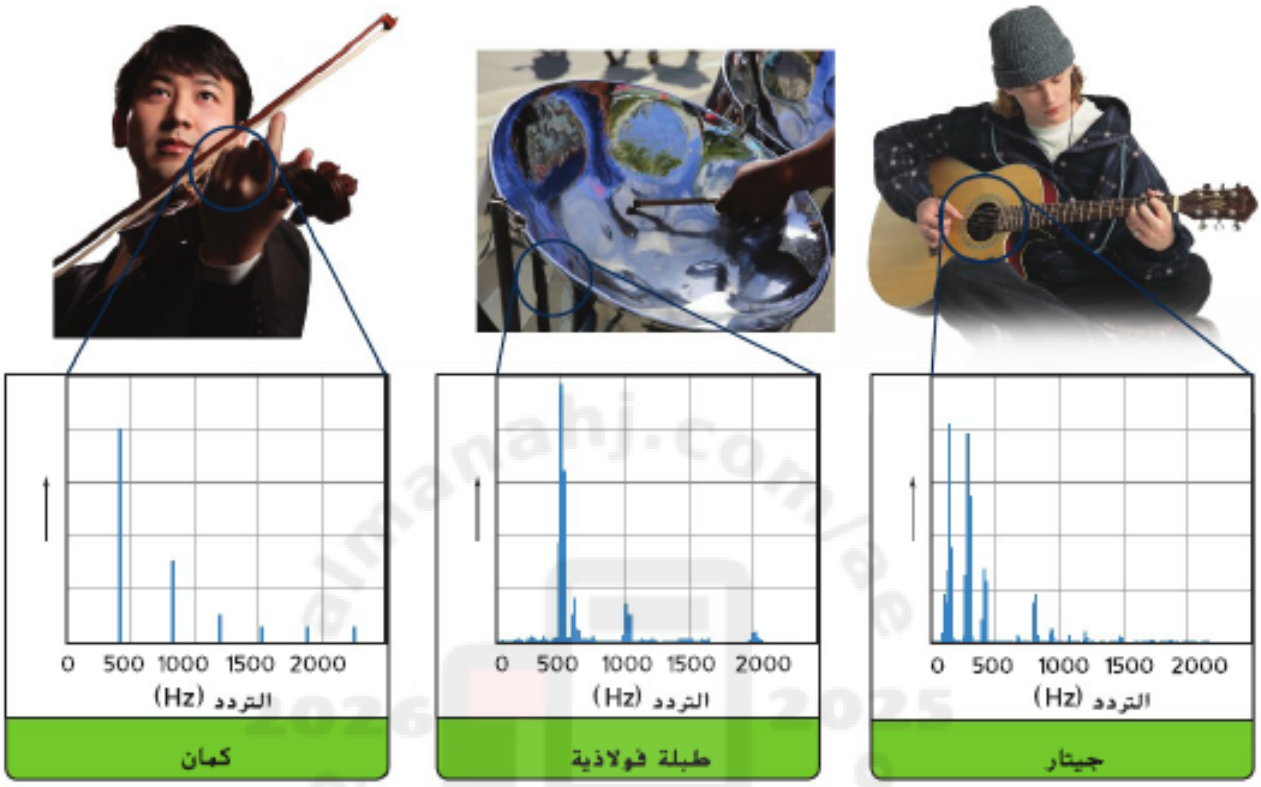
بالرغم من أن الضرب على الأوتار أو شدها يسبب اختلافًا في أشكال الموجات، إلا أن لها خصائص عديدة مشتركة مع الموجات المستقرة المتكونة في النوابض والحبال. ويكون الوتر في آلة مشدودًا من الطرفين، لذا فإنه عندما يهتز يكون له عقدة عند كل طرف من طرفيه. ويمكنك أن تلاحظ من **الشكل 16**، أن النمط الأول للاهتزاز له بطن عند المنتصف، وطوله يساوي نصف الطول الموجي. ويحدث الرنين التالي عندما يكون طول الوتر مساويًا لطول موجي واحد. وتظهر موجات مستقرة إضافية عندما يبلغ طول الوتر $\frac{3\lambda}{2}$ و 2λ و $\frac{5\lambda}{2}$ ...وهكذا. كما في حالة الأنبوب مفتوح الطرفين، تساوي ترددات الرنين مضاعفات العدد الكلي لأقل تردد.

19	يشرح العوامل التي تؤثر على سرعة انتقال الموجة على الوتر.	كتاب الطالب	45

تذكّر أنّ سرعة الموجة تعتمد على الوسط، أما بالنسبة إلى الوتر، تعتمد سرعة الموجة على قوة الشد فيه، وكتلة وحدة طوله. لذا، كلما كان الوتر مشدودًا أكثر، تكون سرعة حركة الموجه عليه أكبر، ما يؤدي إلى ازدياد تردد موجاته المستقرة. وهذا يجعل من الممكن ضبط نغمة الآلات الوترية عن طريق تغيير درجة شد أوتارها.

بسبب صِغر مساحة المقطع العرضي للأوتار إلى حد كبير، فإنها تُحرّك كمية قليلة جدًا من الهواء عند اهتزازها. لذلك من الضروري ربطها في لوحة الصوت التي تنقل اهتزازها إلى الهواء مما ينتج عنه موجة صوتية أقوى. على عكس الأوتار نفسها، إذ لا ينبغي للوحة الصوت أن تُحدث رنينًا عند تردد أحادي، لأن الغرض منها هو نقل اهتزازات كل الأوتار إلى الهواء، ولهذا ينبغي أن تهتزَّ جيدًا عند كل الترددات التي تُصدِرها الآلة. وبسبب التفاعلات المعقدة بين الأوتار ولوحة الصوت والهواء، يُعدّ تصميم الآلات الوترية وتركيبها عمليتَين معقدتَين، يراها الكثيرون فنًا بقدر ما هو علم.

20	❖ يُعرف الجرس (نوع الصوت) في الموسيقى على أنه الفرق بين الموجات الصوتية لأدوات موسيقية مختلفة. ❖ يعرف ويحدد التردد الأساسي والتوافقيات وعلاقتها بجرس (نوع الصوت) صوت آلة موسيقية.	كتاب الطالب	48 - 47



الشكل 18 تُصدر آلات الجيتار والطبلة الفولاذية والكمان أطيافًا صوتية مميزة. ويكون كل طيف فريدًا من نوعه كما هو الحال في نغمة الآلة.

الطيف الصوتي، التردد الأساسي والتوافقيات نتجت الموجة الصوتية المعقدة الموضحة في **الشكل 17** عن آلة المزمار. لماذا يُنتج المزمار مثل هذه الموجة الصوتية؟ يعمل أنبوب الهواء في المزمار كأنبوب مغلق الطرف. انظر مرة أخرى إلى **الشكل 13**، الذي يوضّح ثلاثة ترددات لرنين أنبوب مغلق الطرف. يعمل المزمار كأنبوب مغلق الطرف. لذا المزمار الذي طوله L، يكون أقل تردد للرنين (f_1) يساوي $\frac{v}{4L}$. وبالنسبة إلى الآلة الموسيقية، يُطلق على أقل تردد للصوت يُحدث رنينًا اسم **التردد الأساسي**. سيُحدث الأنبوب المغلق الطرف رنينًا عند $3f_1$ و $5f_1$ ...وهكذا. وهذه الترددات المرتفعة، هي مضاعفات فردية من التردد الأساسي، وتسمى **التوافقيات**. وإضافة هذه الإيقاعات معًا يعطي الصوت طابعًا مميزًا يسمى الجرس (نوع الصوت) Timber.

تعمل بعض الآلات مثل المزمار كمصادر رنين ذات أنبوب مفتوح الطرفين، ويكون ترددها الأساسي الذي يمثّل أيضًا التوافقية الأولى هو $f_1 = \frac{v}{2L}$ مع توافقيات لاحقة عند $2f_1$ و $3f_1$ و $4f_1$... وهكذا. وتعطي التشكيلات المختلفة لهذه التوافقيات صوتًا مميزًا لكل آلة. يسمى الجرس (نوع الصوت) Timber ويكون لكل توافقية سعة مختلفة. ويُسمى التمثيل البياني لتغيرات سعة الموجة والتردد بالطيف الصوتي (النغمة الموسيقية). يوضّح **الشكل 18** الطيف (النغمة الموسيقية) للآلات الثلاث.

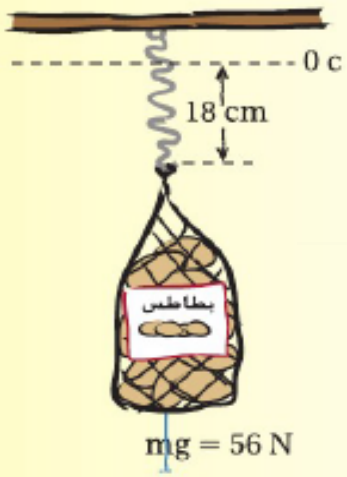
21	1 PART	❖ يصف خصائص الحركة التوافقية البسيطة. ❖ وصف الحركة التوافقية البسيطة (اهتزاز كتلة – زنبرك، حركة بندول بسيط)، عند أقصى إزاحة، عند موقع الاتزان من حيث: السرعة، التسارع(العجلة)، قوة الارجاع، طاقة الحركة، طاقة الوضع.	كتاب الطالب مثال 1 تطبيقات Q.(1.3)	4 7 7
	2 PART	يصف تحولات الطاقة ما بين طاقة الوضع والطاقة الحركية لكل من نظام الكتلة – زنبرك المهتز افقياً، وحركة البندول البسيط.	كتاب الطالب	6

مثال 1

ثابت الزنبرك والطاقة المختزنة فيه يستطيل زنبرك بمقدار 18 cm عندما يُعلّق كيس من البطاطس يزن 56 N من طرفه.

a. احسب ثابت الزنبرك.

b. ما مقدار طاقة الوضع المرونية الكامنة في الزنبرك عندما يستطيل بمقدار هذه المسافة؟



تحليل المسألة

- ارسم رسما تخطيطياً.
- وضّح مسافة استطالة الزنبرك وموضع اتزانه وحددهما.

المعلوم	المجهول
$x = 18\ \text{cm}$	$k = ?$
$F = -56\ \text{N}$	$PE_{sp} = ?$

حساب المجهول

a. استخدم قانون هوك واكتبه بالصورة الآتية:

$$k = -\frac{F}{x}$$

$$= -\frac{-56\ \text{N}}{0.18\ \text{m}}$$

$$= 310\ \text{N/m}$$

◄ بالتعويض عن $F = -56\ \text{N}$, $x = 0.18\ \text{m}$. تصبح القوة بالسالب لأنها في الاتجاه المعاكس لـ x.

b.

$$PE_{sp} = \frac{1}{2}kx^2$$

$$= \frac{1}{2}(310\ \text{N/m})(0.18\ \text{m})^2$$

$$= 5.0\ \text{J}$$

◄ بالتعويض عن $k = 310\ \text{N/m}$, $x = 0.18\ \text{m}$.

تقييم الإجابة

- **هل الوحدات صحيحة؟** تُعدّ N/m الوحدة الصحيحة لثابت الزنبرك. والوحدة الصحيحة للطاقة المختزنة هي: ل $= \text{N} \cdot \text{m} = (\text{N/m})(\text{m}^2)$.
- **هل المقدار حقيقي؟** يساوي متوسط مقدار القوة التي يؤثر بها الزنبرك 0 و 56 N. ويساوي الشغل المبذول ل $W = Fx = (28\ \text{N})(0.18\ \text{m}) = 5.0$.

تطبيقات

1. ما مقدار ثابت زنبرك يستطيل بمقدار 12 cm عندما يُعلّق به جسم يزن 24 N؟

3. إذا كان ثابت زنبرك 56 N/m. ما مقدار استطالته عندما تُعلّق كتلة تزن 18 N من طرفه؟

1)

• **التحويل: x = 12 cm = 0.12 m.**

• **قانون هوك: العلاقة F = k x.**

• **الحساب: k = F / x = 24 / 0.12 = 200 N/m.**

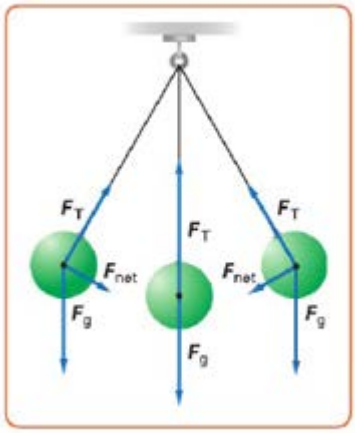
الإجابة: k = 200 N/m

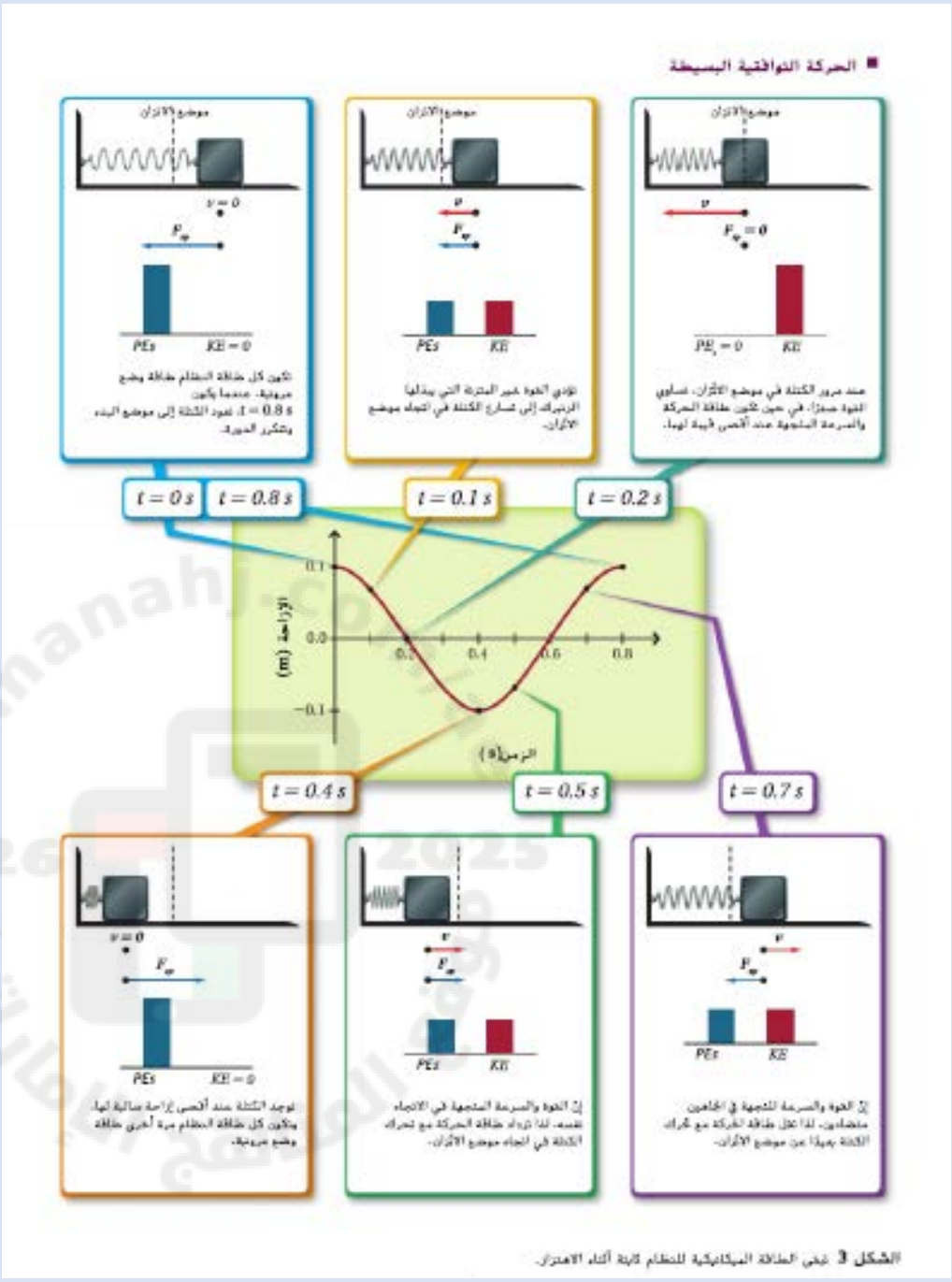
3)

• **العلاقة: F = k x ⇒ x = F / k.**

• **الحساب: x = 18 / 56 = 0.3214 m ≈ 0.32 m (≈ 32 سم).**

الإجابة: x ≈ 0.32 m (حوالي 32 سم).





الشكل 3 تبقى الطاقة الميكانيكية للنظام ثابتة أثناء الاهتزاز.

22	1 PART	❖ احسب طاقة الوضع المخزنة في زنبرك من الرسم البياني من المساحة تحت منحنى القوة – الاستطالة. ❖ احسب ثابت الزنبرك من الرسم الباني من خلال معرفة ميل منحنى القوة - الاستطالة.	كتاب الطالب تقويم الوحدة Q.(48)	5 23
	2 PART	❖ يصف حركة البندول البسيط المهتز. ❖ يطبق معادلة ($T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$) لحساب الزمن الدوري لحركة بندول بسيط عند زوايا اهتزاز صغيرة.	كتاب الطالب تطبيقات Q.(5,6,7) تقويم الوحدة Q.(80,87,98,)	8 9 25,26

48. مُثّلت بيانات مقدار القوة والاستطالة لزنبرك في الرسم البياني الوارد في **الشكل 22**.

a. أوجد ثابت الزنبرك؟

b. أوجد طاقة الوضع المرونية للزنبرك عندما يستطيل 0.50 m؟

الشكل 22

a) أوجد ثابت الزنبرك **k**.

• و) 0,0(من الرسم يمر الخط بالنقطتين (x = 0.60 m , F = 15 N).

• قانون هوك: F = k x ⇒ k = F / x.

• k = 15 / 0.60 = 25 N/m.

الإجابة: k = 25 N/m

b) طاقة الوضع المرونية عندما x = 0.50 m.

• العلاقة: U = (1/2) k x^2.

• U = 0.5 × 25 × (0.50)^2 = 3.125 J ≈ 3.1 J.

5. ما مقدار الزمن الدوري لبندول يبلغ طوله 1.0 m؟

6. ما الطول المناسب لبندول على سطح القمر عندما يكون g = 1.6 N/kg حتى يكون زمنه الدوري 2.0 s؟

7. **تحد** إذا كان الزمن الدوري لبندول طوله 0.75 m يساوي 1.8 s على أحد الكواكب، فما مقدار g لهذا الكوكب؟

5)

• T = 2π √(L/g)

• T = 2π √(1.0 / 9.8) = 2.01 s ≈ 2.0 s

الإجابة: T ≈ 2.0 s

6)

• من T = 2π √(L/g)

⇒ L = g (T / 2π)^2

• L = 1.6 × (2.0 / 2π)^2 = 0.162 m ≈ 0.16 m

الإجابة: L ≈ 0.16 m

7).

• من T = 2π √(L/g) ⇒ g = 4π^2 L / T^2

• g = 4π^2 × 0.75 / (1.8)^2 = 9.14 N/kg ≈ 9.1 N/kg

الإجابة: g ≈ 9.1 N/kg

80. هل يمكن استخدام ساعة بندولية في محطة الفضاء الدولية الدوّارة؟ وضح ذلك.

80. لا؛ تكون المحطة الفضائية في حال سقوط حر، وبالتالي تكون القيمة الظاهرية لثابت الجاذبية g صفرًا، ولا يتأرجح البندول.

87. احسب الزمن الدوري لبندول طوله 1.4 m؟

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{1.4}{9.8}} \approx 2.37\ \text{s} \approx \mathbf{2.4\ s.}$$

98. **الساعات** يتحكّم البندول المتأرجح في السرعة التي تعمل بها الساعة البندولية.

a. إذا وجدتَ أنّ الساعة تؤخر الوقت يوميًّا، فما التعديل الذي يلزم إجراؤه على البندول لضبط الوقت؟

b. إذا كان طول البندول حاليًا 15.0 cm، فما مقدار الطول اللازم تغييره حتى يكون الزمن الدوري أقل بمقدار 0.0400 s؟

c. يبلغ طول بندول ساعة أخرى 77.5 cm. تؤخر الساعة على مدار اليوم 5.00 min. ما مقدار الطول الذي ينبغي تغييره لضبط الوقت؟

98. a. يجب ضبط الساعة لتعمل بصورة أسرع. يمكن تقليل الزمن الدوري للبندول، ومن ثَمَّ تزداد سرعة الساعة عن طريق تقصير طول خيط البندول.

b. يجب تقليل الطول بمعدل $= l_1 - l_2$
$0.150\ \text{m} - 0.135\ \text{m} = 0.015\ \text{m}$.

c. يجب التقليل بمعدل $l_1 - l_2 = 0.775\ \text{m} -$
$0.770\ \text{m} = 0.005\ \text{m} = 5\ \text{mm}$

23	1 PART	❖ يُحدد خصائص الموجة مثل الطول الموجي والزمن الدوري والتردد والسعة والسرعة باستخدام تمثيل بياني أو بصري لموجة ميكانيكية دورية. ❖ يطبق العلاقة $(v = \lambda f)$ لحساب كل من : السرعة، الطول الموجي، التردد لموجة ما.	كتاب الطالب تقويم الوحدة Q.(64,65,67,68)	13-11 24
	2 PART	يُطبق معادلة دوبلر $(f_d = f_s[\frac{\vartheta - \vartheta_d}{\vartheta - \vartheta_d}])$ ، لحساب ترددات مختلفة للصوت وسرعة الحركة.	كتاب الطالب تطبيقات Q.(2,3) تقويم الوحدة Q.(47,48,83)	37 - 36 38 53,55

64. تنتقل موجات الماء في بحيرة بمعدل 3.4 m خلال 1.8 s. يبلغ الزمن الدوري للذبذبة 1.1 s.

a. كم تبلغ سرعة موجات الماء؟

b. كم يبلغ طول موجتها؟

a) كم تبلغ سرعة موجات الماء؟

• v = d / t = 3.4 / 1.8 = 1.89 m/s (تقريبًا).

b) كم يبلغ طول موجتها؟

• λ = v T = 1.89 × 1.1 ≈ 2.08 m.

الإجابات: v ≈ 1.89 m/s ، λ ≈ 2.08 m.

65. **السونار** يبلغ طول موجة إشارة سونار ترددها 1.00×10^6 Hz نحو 1.50 mm في الماء.

a. كم تبلغ سرعة الإشارة في الماء؟

b. كم يبلغ الزمن الدوري لها في الماء؟

a) احسب سرعة الإشارة في الماء.

• $v = f\lambda = (1.00\times10^{6})(1.50\times10^{-3})$

$= 1.50\times10^{3}\ \text{m/s} = 1500\ \text{m/s}.$

b) ما الزمن الدوري للإشارة في الماء؟

• $T = 1 / f = 1.0\times10^{-6}\ \text{s} = 1.0\ \mu\text{s}.$

الإجابات: v = 1500 m/s ، T = 1.0 μs.

67. تحدث موجة صوتية طول موجتها 0.60 m وسرعتها 330 m/s خلال 0.50 s.

a. ما تردد الموجة؟

b. كم عدد الموجات الكاملة المُرسلة في هذه الفترة الزمنية؟

c. بعد مرور 0.50 s، كم تبعد مقدمة الموجة عن مصدر الصوت؟

a) ما تردد الموجة؟

• $f = v / \lambda = 330 / 0.60 = 550$ Hz.

b) كم عدد الموجات الكاملة المُرسلة في 0.50 s؟

• $N = f t = 550 \times 0.50 = 275$ موجة.

c) كم تبعد مقدمة الموجة عن مصدر الصوت؟ بعد مرور 0.50 s

• $d = v t = 330 \times 0.50 = 165$ m.

الإجابات: $f = 550$ Hz ، $N = 275$ موجة ، $d = 165$ m.

68. يستريح مازن وعبدالله على منصة بحرية بعد السباحة. قدّر كلاهما أنّ المسافة التي تفصل بين القاع والقمة المجاورة لكل موجة سطحية في البحيرة 3.0 m. عدّ كلاهما 12 قمة خلال 20.0 s. احسب مقدار السرعة التي تنتقل بها الموجات.

• التردد $f = N / t = 12 / 20.0 = 0.60$ Hz.

• السرعة $v = f \lambda = 0.60 \times 3.0 = 1.8$ m/s.

الإجابة: $v = 1.8$ m/s.

2 PART	يُطبق معادلة دوبلر ($f_d = f_s[\frac{\theta - \theta_d}{\theta - \theta_d}]$) ، لحساب ترددات مختلفة للصوت وسرعة الحركة.	كتاب الطالب تطبيقات Q.(2,3) تقويم الوحدة Q.(47,48,83)	37 - 36 38 53,55

2. افترض أنّك تركب السيارة الموجودة في **الشكل 7**، وتتحرّك في اتجاه صافرة انذار المثبتة على السارية. إذا كان تردد صوت الصافرة يساوي 365 Hz، فما التردد الذي تسمعه؟ علمًا بأنّ سرعة الصوت تساوي 343 m/s.

2) مراقِب (السيارة) يقترب من مصدر ثابت (الصفّارة).

$$f' = f_s \frac{v + v_o}{v} = 365\,\text{Hz} \times \frac{343 + 25.0}{343} = 392.6\,\text{Hz} \approx \mathbf{392\ Hz.}$$

3. افترض أنّك تركب سيارة تسير بسرعة قدرها (24.6 m/s). وتتحرّك سيارة ثانية في اتجاهك بالسرعة نفسها ويصدر بوقها صوتًا تردده 475 Hz. ما التردد الذي تسمعه؟ علمًا بأنّ سرعة الصوت تساوي 343 m/s.

3) سيارتان تتجهان نحو بعضهما بنفس السرعة $v_s = v_o = 24.6$ m/s، والمصدر يُصدر $f_s = 475$ Hz.

$$f' = f_s \frac{v + v_o}{v - v_s} = 475 \times \frac{343 + 24.6}{343 - 24.6} = 548.9\,\text{Hz} \approx \mathbf{548\ Hz.}$$

47. تحرّك قطار في اتجاه مراقب بسرعة 31.0 m/s وأطلق صافرة ترددها 305 Hz. فما التردد الذي يستقبله المراقب في كل من الحالات التالية؟

a. قطار ثابت

b. قطار يتحرّك في اتجاه القطار الأول بسرعة 21.0 m/s

47) القطار الأوّل يقترب من المراقب بسرعة $v_s = 31.0\ \text{m/s}$

الصيغة: $f' = f_s \frac{v + v_o}{v - v_s}$

- a) المراقب ساكن ($v_o = 0$)

$$f' = 305 \frac{343}{343 - 31} \approx \mathbf{335}\ \text{Hz}$$

- b) المراقب يتحرّك نحو القطار الأوّل بسرعة $v_o = 21.0\ \text{m/s}$

$$f' = 305 \frac{343 + 21}{343 - 31} \approx \mathbf{356}\ \text{Hz}$$

48. إذا تحرك القطار في المسألة السابقة بعيدًا عن المراقب. فما التردد الذي يستقبله في كل من الحالات التالية؟

a. قطار ثابت

b. قطار يتحرك بعيدًا عن القطار الأول بسرعة 21.0 m/s

48) القطار الأوّل يبتعد عن المراقب (نفس v_s)

الصيغة: $f' = f_s \frac{v \pm v_o}{v + v_s}$ (نستخدم $-v_o$ إذا ابتعد المراقب أيضًا)

- a) المراقب ساكن ($v_o = 0$)

$$f' = 305 \frac{343}{343 + 31} \approx \mathbf{280}\ \text{Hz}$$

- b) المراقب يبتعد بسرعة $v_o = 21.0\ \text{m/s}$

$$f' = 305 \frac{343 - 21}{343 + 31} \approx \mathbf{263}\ \text{Hz}$$

83. تستخدم سفينة موجات سونار بتردد 22.5 kHz. إذا كانت سرعة الصوت في ماء البحر تساوي 1533 m/s. فما مقدار التردد الذي يصل إلى السفينة بعد انعكاسه من حوت يتحرّك مبتعدًا عن السفينة بسرعة 4.15 m/s؟ افترض أنّ السفينة ساكنة.

عند الانعكاس من جسم متحرك يُطبَّق دوبلر مرتين، فيكون التردد العائد إلى السفينة:

$$f_r = f_s \cdot \frac{v - u}{v + u}.$$

الحساب:

$$f_r = 22500 \times \frac{1533 - 4.15}{1533 + 4.15} = 22500 \times \frac{1528.85}{1537.15} \approx 2.2378 \times 10^4\ \text{Hz} \approx \mathbf{22.38}\ \text{kHz}.$$

الإجابة: حوالي 22.4 kHz (أقل قليلًا من التردد المرسَل لأن الحوت يبتعد).

24	1 PART	يستخدم العلاقة بين طول الرنين وطول الموجة لحل مسائل في حالة الأنابيب المغلقة وحالة الانابيب المفتوحة.	كتاب الطالب 43-42 تطبيقات Q.(15,16) 46 تقويم الوحدة Q.(59,60,62,65) 54
	2 PART	يطبق معادلة الاستضاءة لمصدر ضوئي نقطي لحساب مسائل عددية.	كتاب الطالب 65-64 مثال 1 66 تطبيقات Q.(3,5) 66 تقويم الوحدة Q.(36,40,57) 80,81

15. وُضِعَت شوكة رنانة ترددها 440 Hz فوق أنبوب مغلق الطرف. أوجد المسافات بين أطوال الرنين عندما تساوي درجة حرارة الهواء 20°C.

في الأنبوب المغلق تكون أطوال الرنين $L_n = \frac{(2n-1)\lambda}{4}$، لذا **المسافة بين كل رنينين متتاليين:**

$$\Delta L = \frac{\lambda}{2}, \quad \lambda = \frac{v}{f} = \frac{343}{440} = 0.7795 \text{ m}.$$

$$\boxed{\Delta L \approx 0.39 \text{ m}}$$

16. تحفيز يمكن اعتبار البوق أنبوبًا مفتوح الطرفين، إذا تم وضعه بشكل رأسي، سيكون طوله 2.65 m.

a. إذا كانت سرعة الصوت تساوي 343 m/s، أوجد أقل تردد لرنين البوق (تجاهل الأطراف).

b. أوجد ترددَي الرنين التاليين للبوق.

- a) التردد الأساسي (الأوطأ) للأنبوب المفتوحين:

$$f_1 = \frac{v}{2L} = \frac{343}{2(2.65)} \approx \boxed{64.7 \text{ Hz}}$$

- b) الرنينان التاليان (توافقيان ثاني وثالث):

$$f_2 = 2f_1 \approx \boxed{129.4 \text{ Hz}}, \quad f_3 = 3f_1 \approx \boxed{194.1 \text{ Hz}}$$

59. مهمة التصنيف صنِّف النغمات التالية وفقًا للطول الموجي من الأصغر إلى الأكبر.

A. 35 Hz	D. 100 Hz
B. 50 Hz	E. 140 Hz
C. 83 Hz	

(الطول الموجي $\lambda \propto 1/f$):

$$\boxed{E\ (140 \text{ Hz}) < D\ (100) < C\ (83) < B\ (50) < A\ (35)}$$

60. آلات المزمار يشبه المزمار أنبوبًا مغلق الطرف. إذا أصدرت آلة المزمار نغمة بدرجة صوت ترددها 370 Hz، فما ترددات التوافقيات الثلاث الأولى التي تُنتِجها هذه الآلة؟

60) آلة «المزمار» (أنبوب مغلق) أساسها $f_1 = 370 \text{ Hz}$

التوافقيات المسموحة فردية: $n = 1, 3, 5, 7, \ldots$

أول ثلاثة توافقيات أعلى (Overtones):

$$\boxed{f_3 = 1110 \text{ Hz}}, \quad \boxed{f_5 = 1850 \text{ Hz}}, \quad \boxed{f_7 = 2590 \text{ Hz}}.$$

62. الآلات الموسيقية إذا كان تردد أقل نغمة على آلة الأرغن يساوي 16.4 Hz.

a. ما أقصر أنبوب مفتوح الطرفين في الأرغن سيُحدِث هذا التردد؟

b. ما درجة الصوت التي ستَنتِج إذا كان أنبوب الأرغن نفسه مغلقًا؟

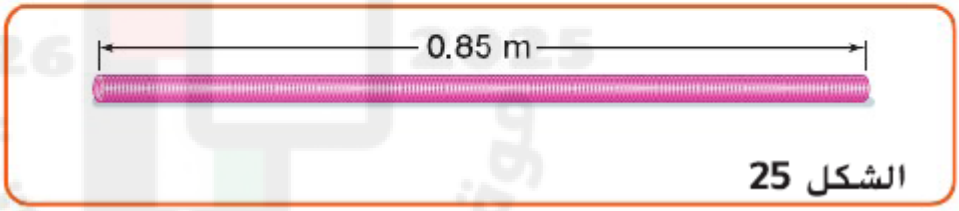
- **a)** أقصر أنبوب **مفتوح الطرفين** يعطي هذا التردد:

$$L = \frac{v}{2f} = \frac{343}{2(16.4)} \approx \boxed{10.5\ \text{m}}.$$

- **b)** إذا كان الأنبوب نفسه **مغلق الطرف** فالتردد الأساسي:

$$f_1 = \frac{v}{4L} = \frac{343}{4(10.5)} \approx \boxed{8.2\ \text{Hz}}.$$

65. يوضّح **الشكل 25** أنبوبًا بلاستيكيًا مرنًا طوله 0.85 m. عندما يهتز، ينتج نغمة درجة صوتها أقل من درجة صوت أنبوب مفتوح الطرفين بهذا الطول. ما تردد النغمة؟



الشكل 25

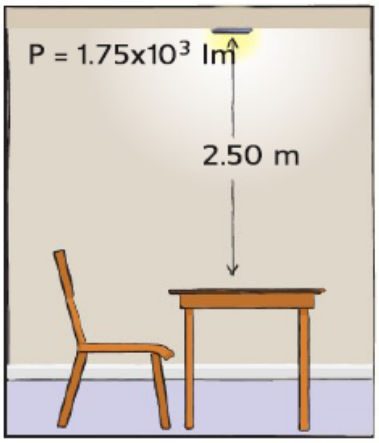
ينتج درجة **أقل** من أنبوبٍ مفتوحين (أي يعمل كـ **مغلق–مفتوح**):

$$f_1 = \frac{v}{4L} = \frac{343}{4(0.85)} \approx \boxed{101\ \text{Hz}}.$$

2 PART		كتاب الطالب	
يطبق معادلة الاستضاءة لمصدر ضوئي نقطي لحساب مسائل عددية.		مثال 1	66
		تطبيقات Q.(3,5)	66
		تقويم الوحدة Q.(36,40,57)	80,81

مثال 1

إضاءة سطح ما الاستضاءة الواقعة على سطح مكتب إذا أُضيء بمصباح تدفقه الضوئي 1750 lm ويبعُد 2.50 m عنه، بحيث تسقط أشعة الضوء عمودية على سطح الكتب؟



1 تحليل المسألة

- افترض أنّ المصباح هو المصدر النقطي.
- ارسم موقع كل من المصباح والمكتب. عيّن P و r.

المعلوم	المجهول
$P = 1.75 \times 10^3$ lm	$E = ?$
$r = 2.50$ m	

2 حساب المجهول

بما أنّ السطح عمودي على اتجاه الشعاع الضوئي، يمكن استخدام معادلة الاستضاءة بفعل المصدر النقطي.

$$E = \frac{P}{4\pi r^2}$$

عوّض $P = 1.75\times10^3$ lm ، $r = 2.50$ m ◄

$$= \frac{1.75\times10^3 \text{ lm}}{4\pi(2.50 \text{ m})^2}$$

$$= 22.3 \text{ lm/m}^2$$

$$= 22.3 \text{ lx}$$

5. كم تبلغ الاستضاءة على سطح يبعُد 3.0 m أسفل مصباح متوهج قدرته 150 W وتدفقه الضوئي 2275 lm؟
6. يتطلب أحد قوانين المؤسسات الحكومية أن تكون الاستضاءة الصغرى 160 lx على سطح كل مكتب. وتقتضي المواصفات التي يوصي بها أن تكون المصابيح على بُعد 2.0 m فوق المقاعد. ما مقدار أقل تدفق ضوئي يجب أن تولده المصابيح؟

المعطيات: نعامل المصباح كنقطة تُشع متساوي الخواص.

العلاقة:

$$I = \frac{\Phi}{4\pi}, \qquad E = \frac{I}{r^2} = \frac{\Phi}{4\pi r^2}$$

5) $\Phi = 2275$ lm, $r = 3.0$ m

$$E = \frac{2275}{4\pi(3.0)^2} = \frac{2275}{36\pi} \approx \mathbf{20} \text{ lx}.$$

6) نحتاج إضاءة لا تقل عن $E = 160$ lx عند $r = 2.0$ m.

$$\Phi = E\,(4\pi r^2) = 160 \times 4\pi \times (2.0)^2 = 160 \times 16\pi \approx \mathbf{8.0} \times \mathbf{10^3} \text{ lm}$$

أي نحو 8.0 klm كحد أدنى.

36. أوجد مقدار الاستضاءة على مسافة 4.0 m أسفل مصباح تدفقه الضوئي 405 lm.

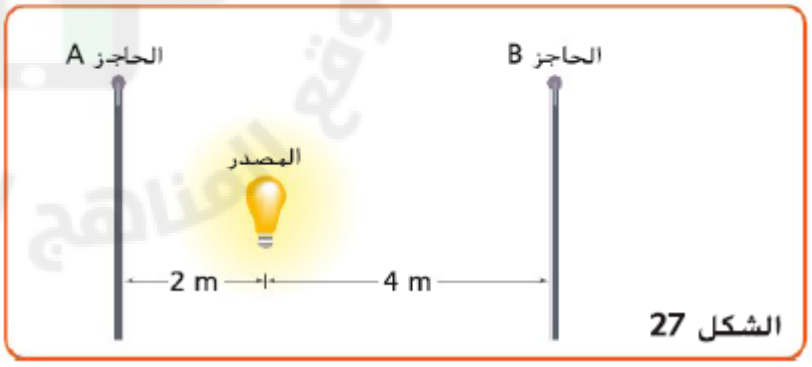
$\Phi = 405\ \text{lm}$ at $r = 4.0\ \text{m}$:

$$E = \frac{\Phi}{4\pi r^2} = \frac{405}{4\pi(4.0)^2} = \frac{405}{64\pi} \approx \mathbf{2.01\ lux}\ (\approx \mathbf{2.0\ lx}).$$

40. يريد طالب أن يقارن التدفق الضوئي لمصباح ضوئي بمصباح آخر تدفقه الضوئي 1750 lm. وكان كل منهما يضيء ورقة بالتساوي، وكان المصباح الذي تدفقه الضوئي 1750 lm يبعد 1.25 m عن الورقة؛ في حين يقع المصباح الآخر على بعد 1.08 m. فما التدفق الضوئي للمصباح الضوئي؟

$$\frac{\Phi_2}{4\pi r_2^2} = \frac{\Phi_1}{4\pi r_1^2} \Rightarrow \Phi_2 = \Phi_1\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = 1750\left(\frac{1.08}{1.25}\right)^2 \approx \mathbf{1.31 \times 10^3\ lm}\ (\approx \mathbf{1310\ lm}).$$

57 يقع مصدر ضوء نقطي على بُعد 2.0 m من الحاجز A وعلى بُعد 4.0 m من الحاجز B، كما هو موضّح في الشكل **27**. قارن بين الاستضاءة على الحاجز B والاستضاءة على الحاجز A؟



الشكل 27

57) المصدر يبعد $2.0\ \text{m}$ عن الحاجز A و$4.0\ \text{m}$ عن الحاجز B.

$$\frac{E_B}{E_A} = \frac{1/4^2}{1/2^2} = \frac{1/16}{1/4} = \tfrac{1}{4}.$$

إذن إضاءة الحاجز B تساوي **ربع** إضاءة الحاجز A. $(E_B = 0.25\,E_A)$.

مع دعائي لكم
بالتوفيق

almanahj.com/ae
2026 2025
موقع المناهج الإماراتية