

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الحركة
التوافقية
البسيطة

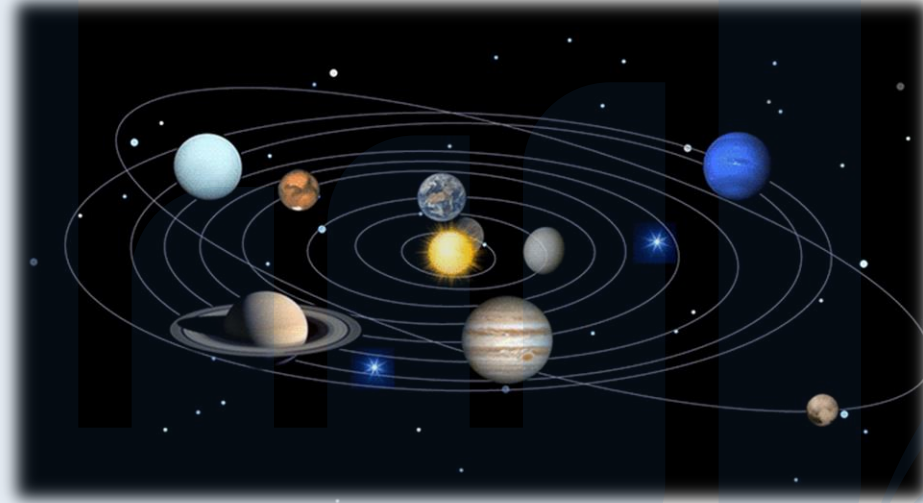
خصائص
الحركة
التوافقية
البسيطة

منصة أساس النحليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

الحركة الدورية

هي الحركة التي تُكرّر نفسها على المسار نفسه
في فترات زمنية متساوية



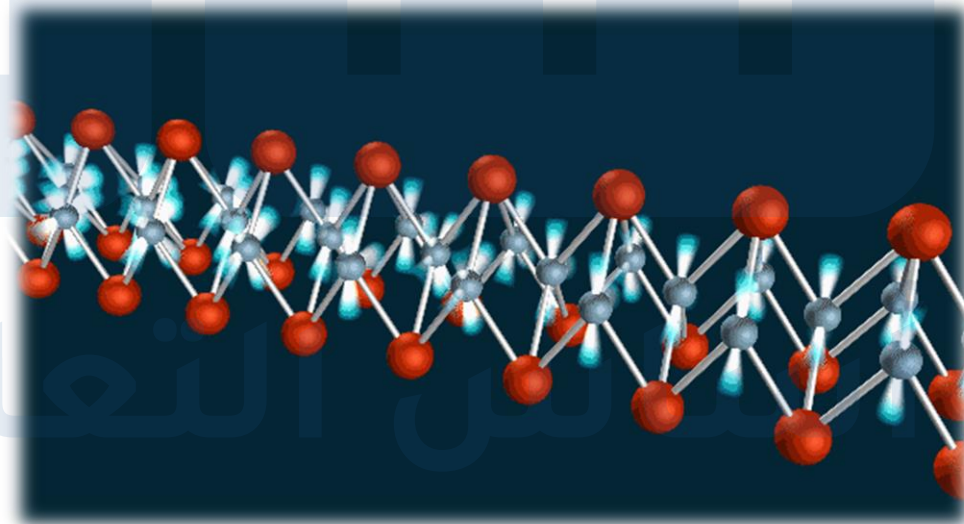
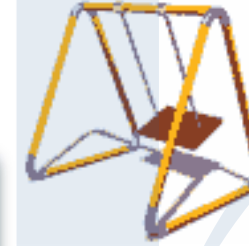
أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

الحركة التذبذبية (الاهتزازية)

حركة دورية تُكرّر نفسها ذهابًا وإيابًا على المسار نفسه في فترات
زمنية متساوية حول **موقع الاتزان**

(محصلة القوى عند هذا الموقع تساوي صفرًا)

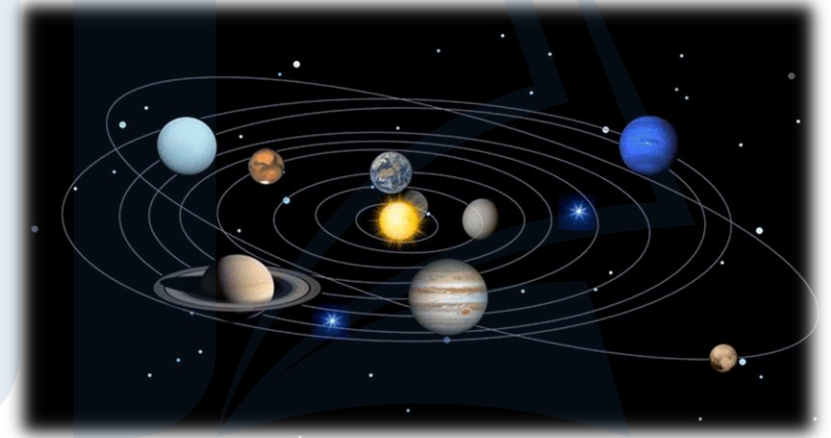


خصائص الحركة التوافقية البسيطة

الحركة التذبذبية (الاهتزازية)

الحركة التذبذبية حركة دورية

ليس كلّ حركة دورية هي حركة تذبذبية



تُشكّل دراسة الحركة التذبذبية

الأساس النظري لدراسة الأمواج الميكانيكية

التعليمية

أساس

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

✓ **أتحقّق:** ما الفرق
بين الحركة التذبذبية
والحركة الدورية؟

منصة أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

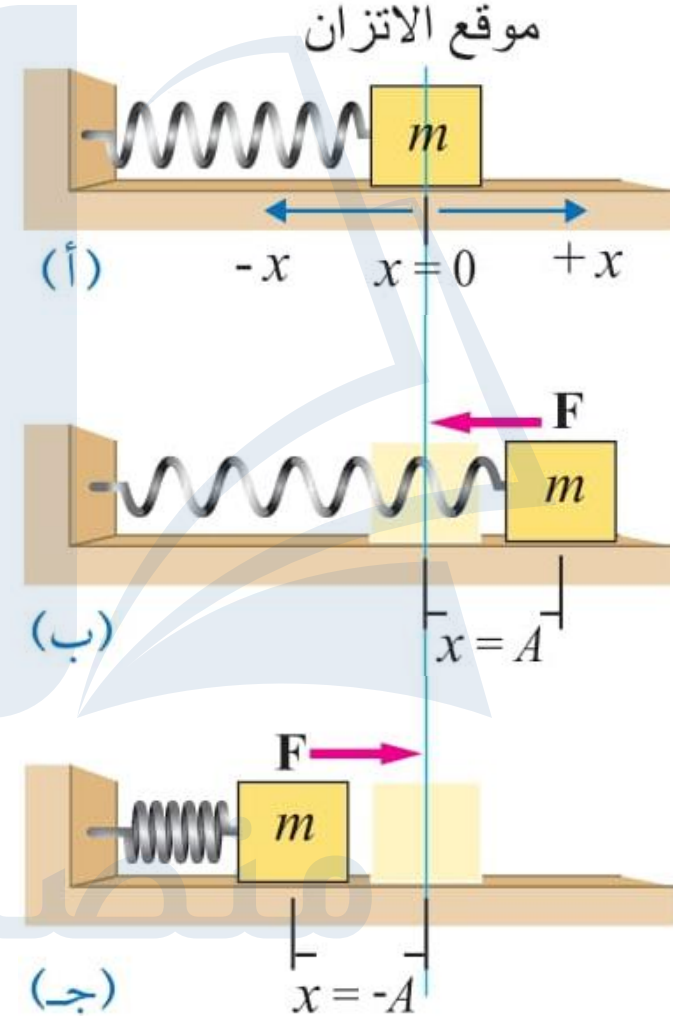
وصف الحركة التوافقية البسيطة

القوة المُعيدة (F)

القوة التي تؤثر في الجسم المهتز لإعادته إلى موقع الاتزان

تناسب طرديًا مع إزاحة الجسم (x)

يكون اتجاهها دائمًا باتجاه موقع الاتزان



أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

وصف الحركة التوافقية البسيطة

القوة المُعيدة (F)

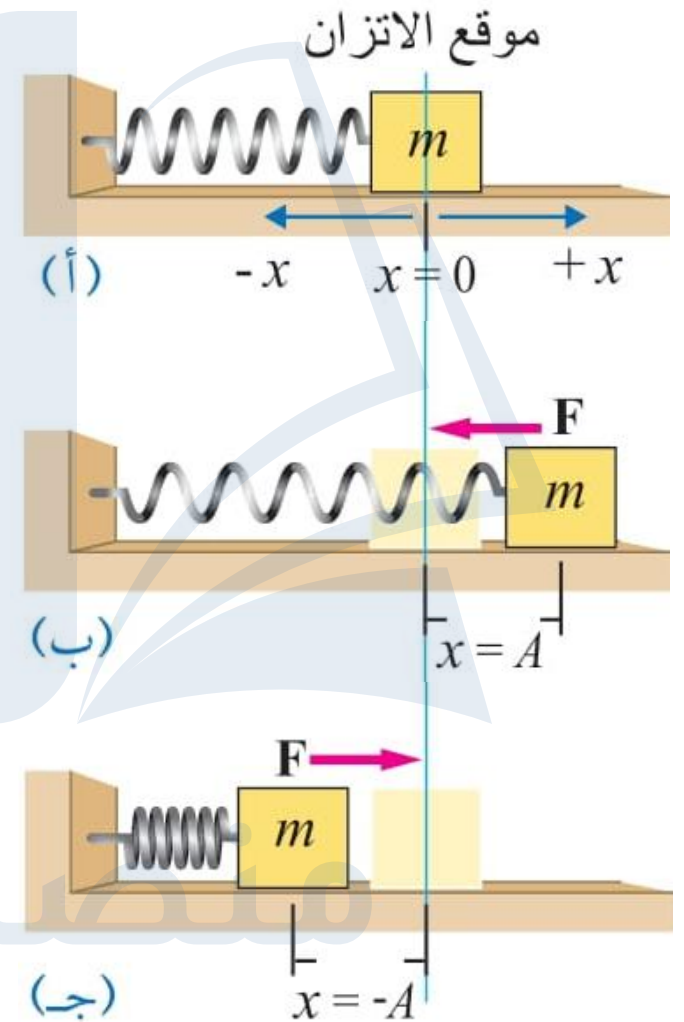
تُعطي القوة المُعيدة - في حالة حركة الجسم المتصل بنابض - بالعلاقة الآتية: $F = - k x$

وتُعرف هذه العلاقة بقانون هوك حيث:

k : ثابت النابض ووحدة قياسه في النظام الدولي للوحدات N/m .

x : إزاحة الجسم من موقع الاتزان.

وتدل الإشارة السالبة في قانون هوك، على أن اتجاه القوة المُعيدة يكون دائماً باتجاه معاكس لإزاحة الجسم ونحو موقع الاتزان ($x = 0$).

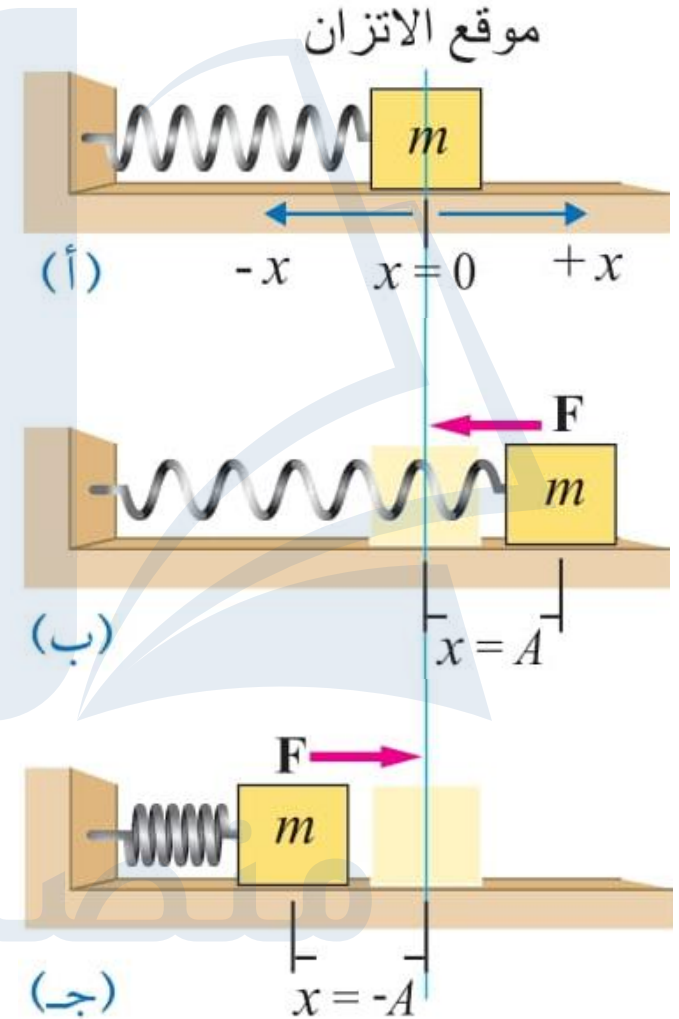


خصائص الحركة التوافقية البسيطة

وصف الحركة التوافقية البسيطة

سعة الذبذبة (A)

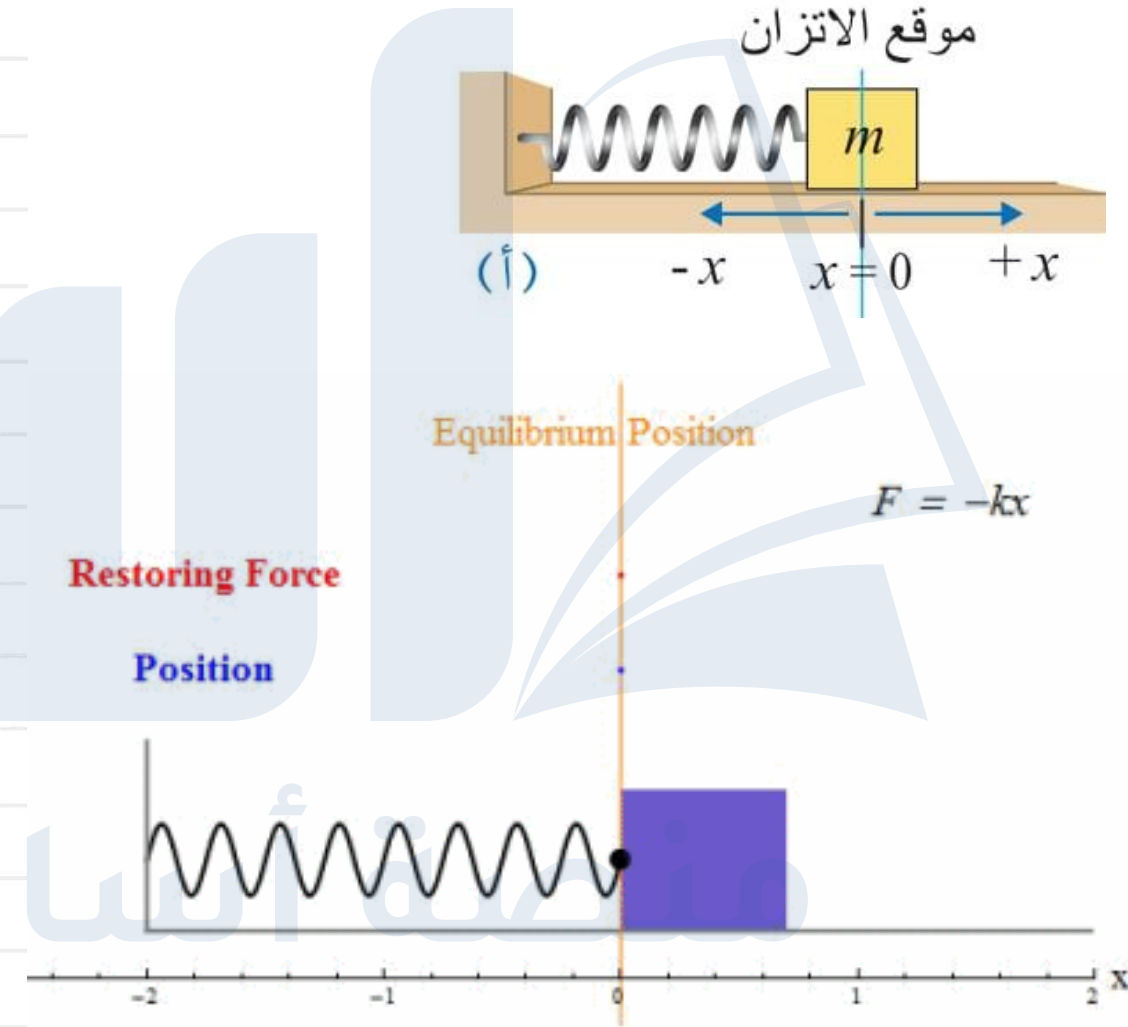
أقصى إزاحة يتحركها الجسم من موقع الاتزان



أساسية التعليم

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

وصف الحركة التوافقية البسيطة

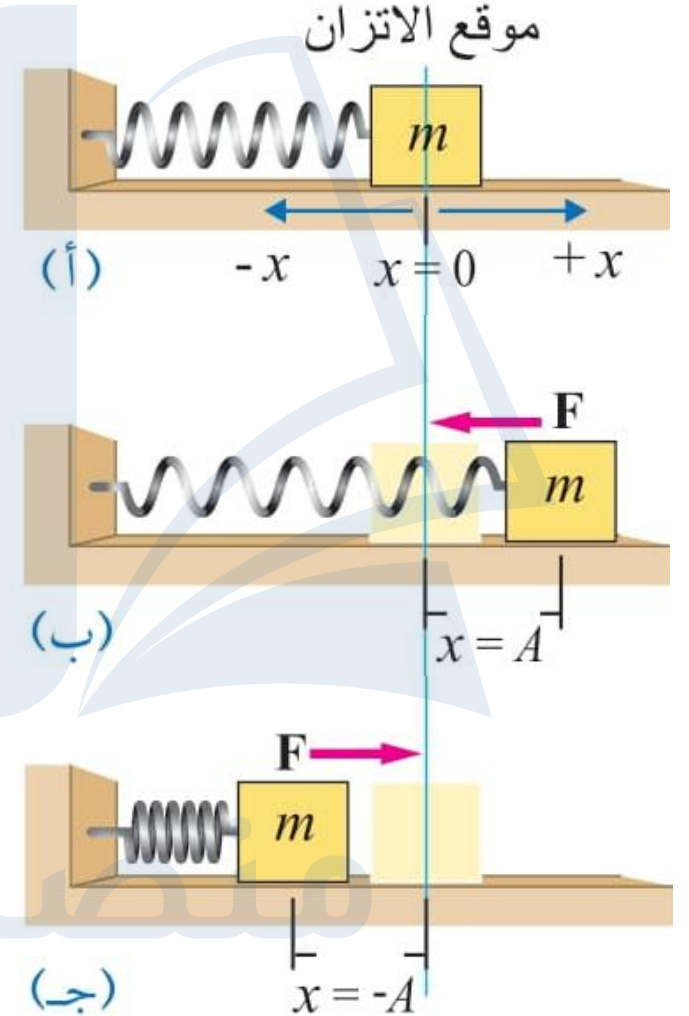


أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

وصف الحركة التوافقية البسيطة

وتستمر هذه الحركة التذبذبية في غياب قوى الاحتكاك
بينما تتلاشى تدريجياً إلى أن يتوقف الجسم عن التذبذب
بعد مدّة زمنية في حال وجود قوى احتكاك

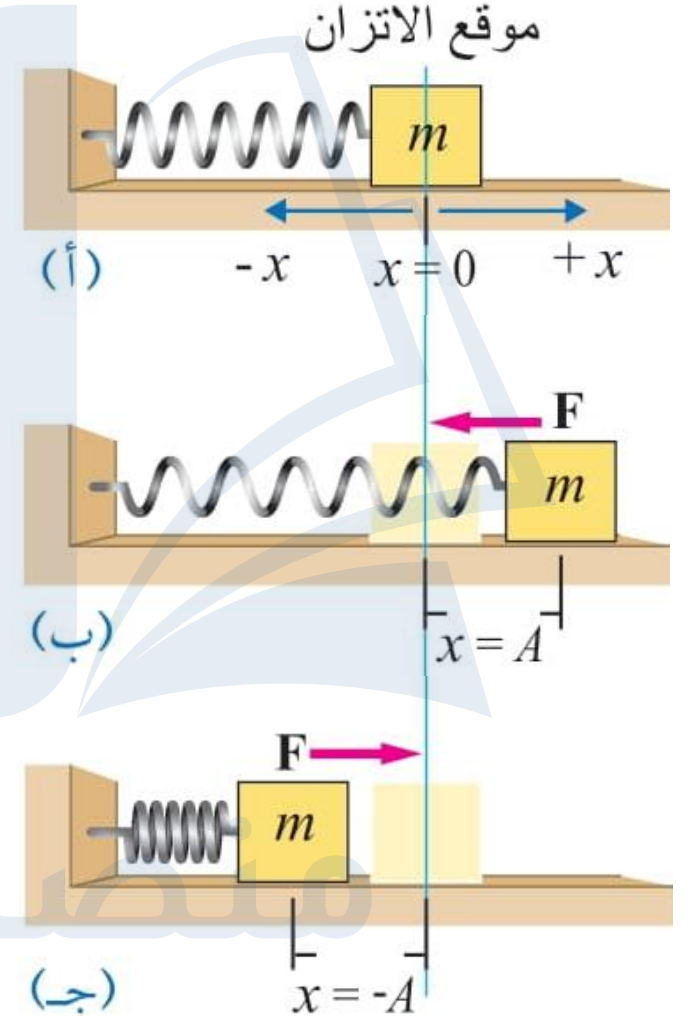


أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

وصف الحركة التوافقية البسيطة

عند مرور الجسم في موقع الاتزان في الشكل (2/ب) يستمر في الحركة؛ على الرغم من أن القوة المُعيدة والتسارع يساوي صفراً عند تلك اللحظة. أفسر ذلك.



أساسية التعليم

⦿ خصائص الحركة التوافقية البسيطة ⦿

وصف الحركة التوافقية البسيطة

أفكر: ما الكمّيتان من الكمّيات المتّجهة الآتية في الحركة التوافقية البسيطة: (الإزاحة، القوة المُعيدة، السرعة، التسارع) اللتان يكون اتّجاههما دائماً:
أ. متعاكسًا؟
ب. بالاتّجاه نفسه؟

منصة أساس التعليمية

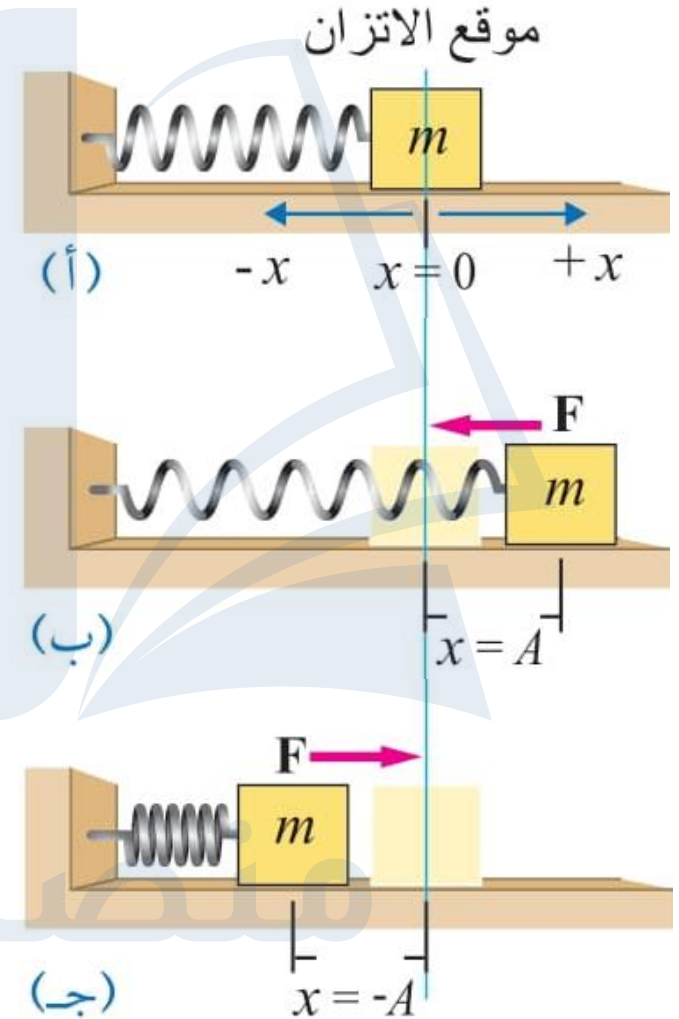
خصائص الحركة التوافقية البسيطة

وصف الحركة التوافقية البسيطة

تُسمى الحركة التذبذبية حركة توافقية بسيطة (SHM)

إذا حققت شرطين؛ هما:

- يتناسب مقدار القوة المُعيدة طرديًا مع إزاحة الجسم من موقع الاتزان.
- يكون اتجاه القوة المُعيدة باتجاه موقع الاتزان دائمًا ومعاكسًا لاتجاه الإزاحة.



أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

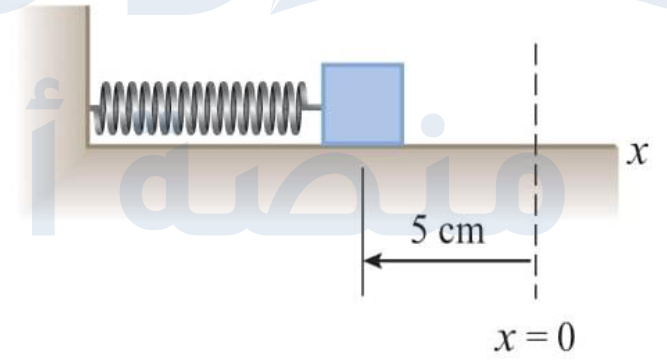
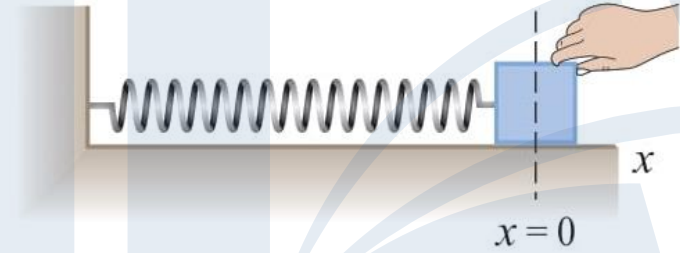
✓ **أتحقق:** ما العوامل التي تعتمد عليها القوة المُعيدة، في الحركة التوافقية البسيطة لجسم يتّصل بنابض على سطح أفقي أملس؟

منصة أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

المثال ١

ضُغِط جسم متّصل بنابض موضوع على سطح أفقي أملس إلى نقطة تبعد مسافة 5 cm عن موقع اتّزانه كما في الشكل (3)، وتُترك يتذبذب ذهابًا وإيابًا. إذا كان مقدار القوّة المُعيدة عند تلك النقطة 4 N فأجيب عمّا يأتي.



أ. ما مقدار سعة الذبذبة؟

ب. أحسب ثابت النابض.

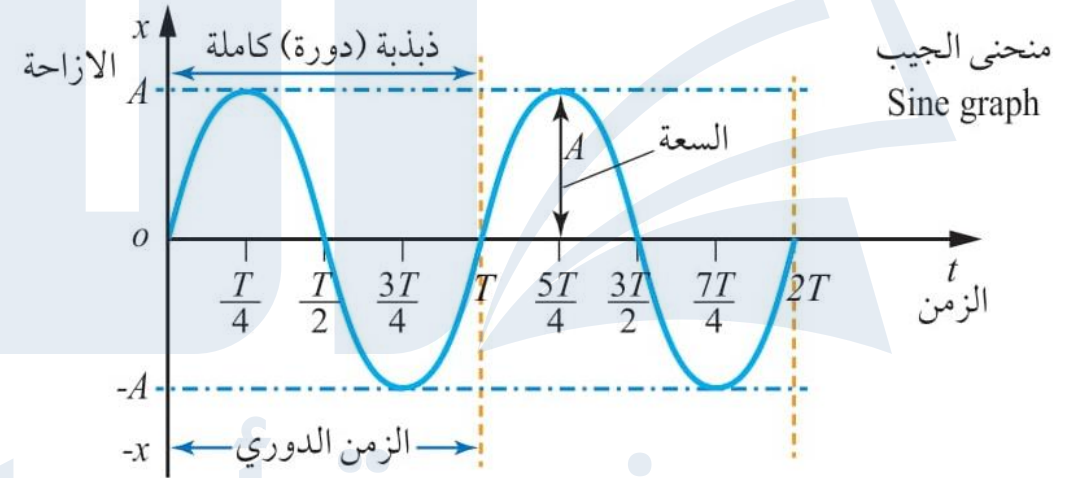
ج. أحسب القوّة المُعيدة وأفسّر إشارتها؛ عندما يُصبح الجسم على بعد 2 cm عن موقع الاتّزان في أثناء عودته.

أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

الإزاحة والتردد الزاوي في الحركة التوافقية البسيطة

يُمثل الشكل (4) العلاقة البيانية لتغير الإزاحة مع الزمن لتذبذب جسم يتصل بنابض كما في الشكل (2)، بدءًا من الزمن ($t = 0$)؛ إذ بدأ الجسم حركته من موقع الاتزان ($x = 0$).

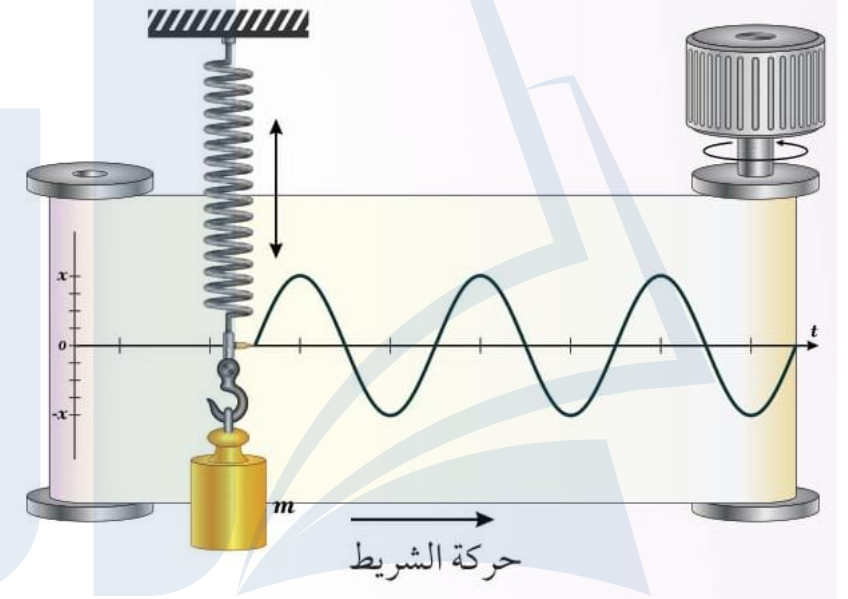
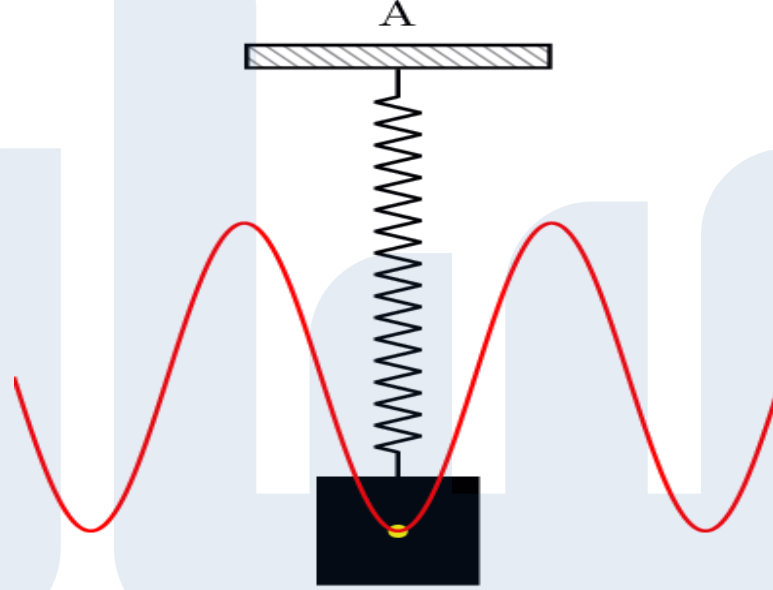
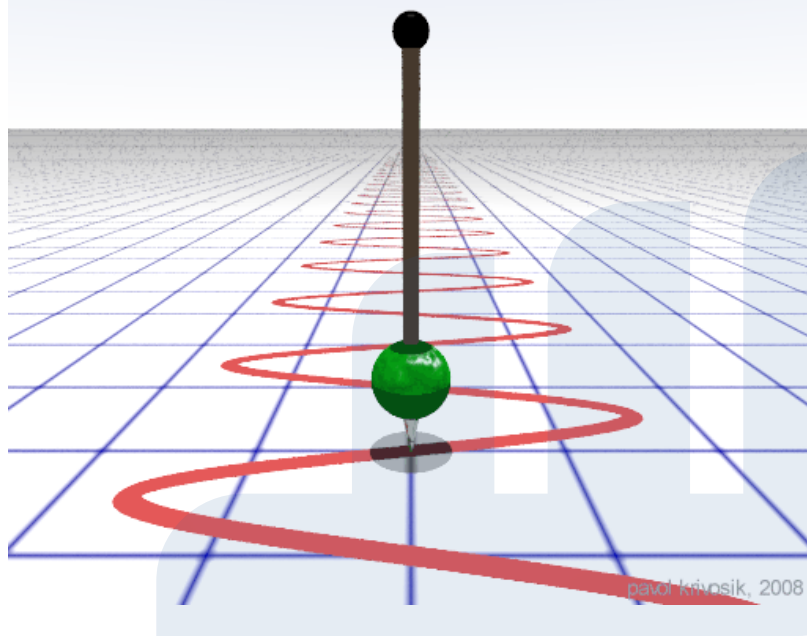


منصة أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

الإزاحة والتردد الزاوي في الحركة التوافقية البسيطة

دراسة الحركة التذبذبية لجسم معلق في نابض

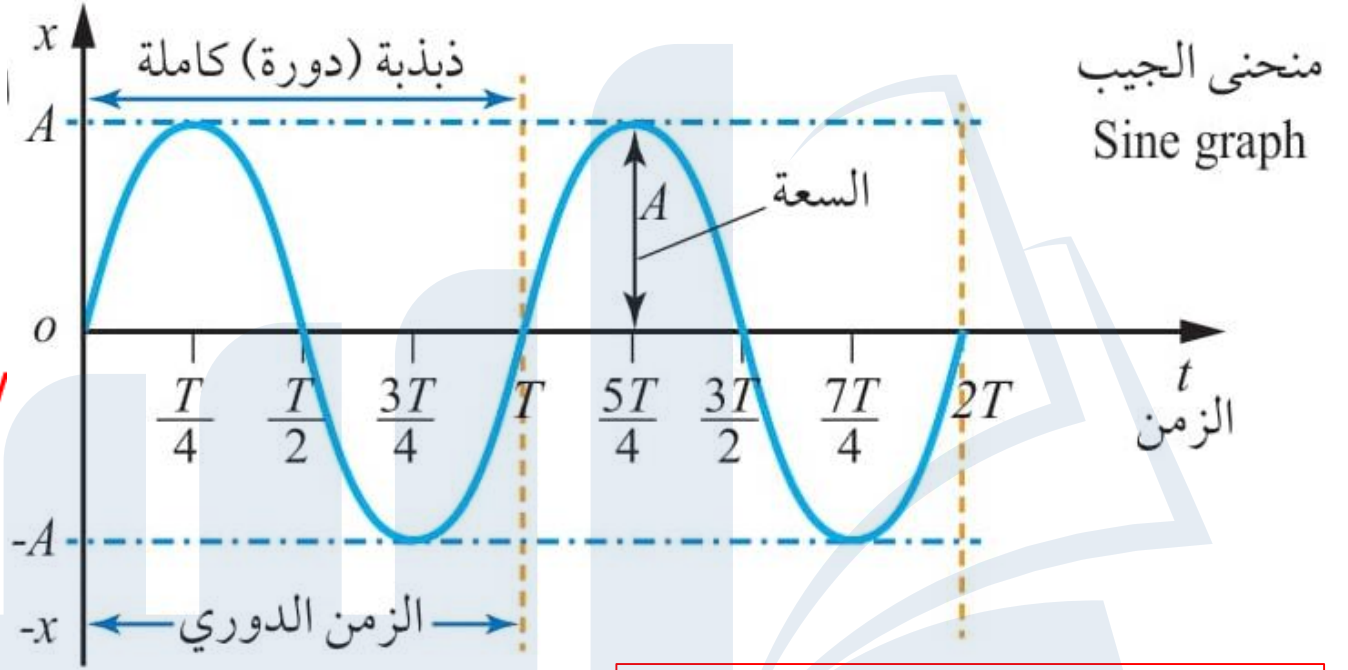
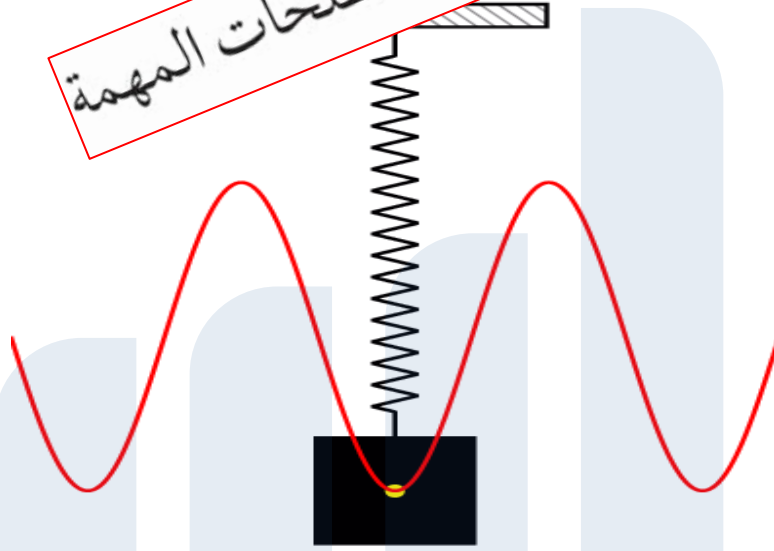


منصة أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

الإزاحة والتردد الزاوي في الحركة التوافقية البسيطة

بعض المصطلحات المهمة



الدورة Cycle الذبذبة الكاملة

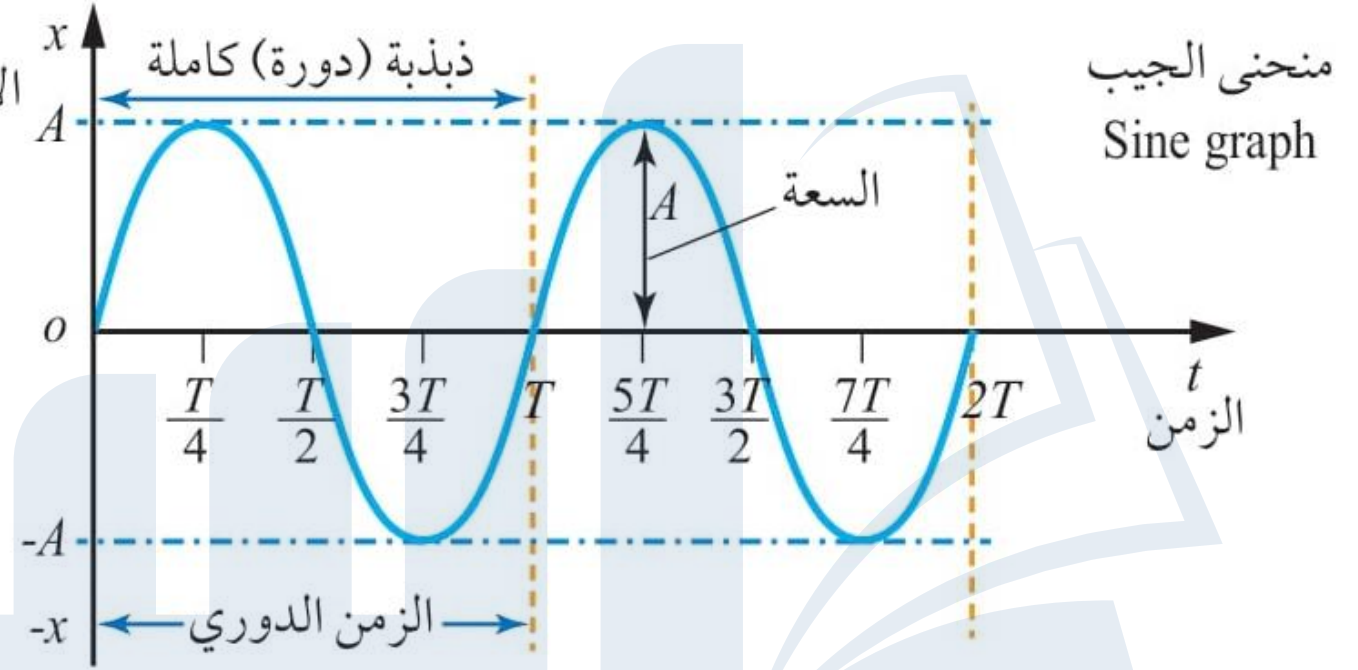
هي الحركة التي يحدثها الجسم المهتز في زمن معين؛ كي يمرّ بالنقطة الواحدة في مسار حركته مرتين متتاليتين في الاتجاه نفسه.

التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

الإزاحة والتردد الزاوي في الحركة التوافقية البسيطة

بعض المصطلحات المهمة



الزمن الدوري (T) Period

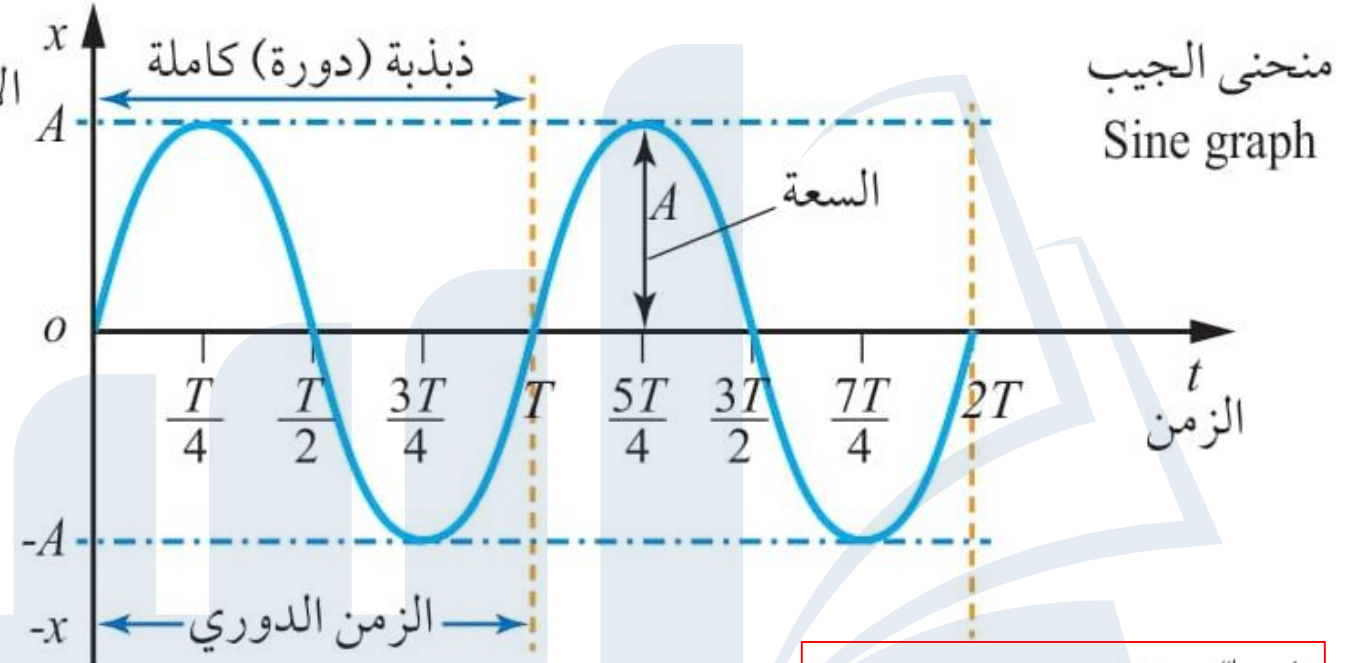
الزمن اللازم لإكمال الجسم دورة كاملة

أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

الإزاحة والتردد الزاوي في الحركة التوافقية البسيطة

بعض المصطلحات المهمة



التردد (f) Frequency

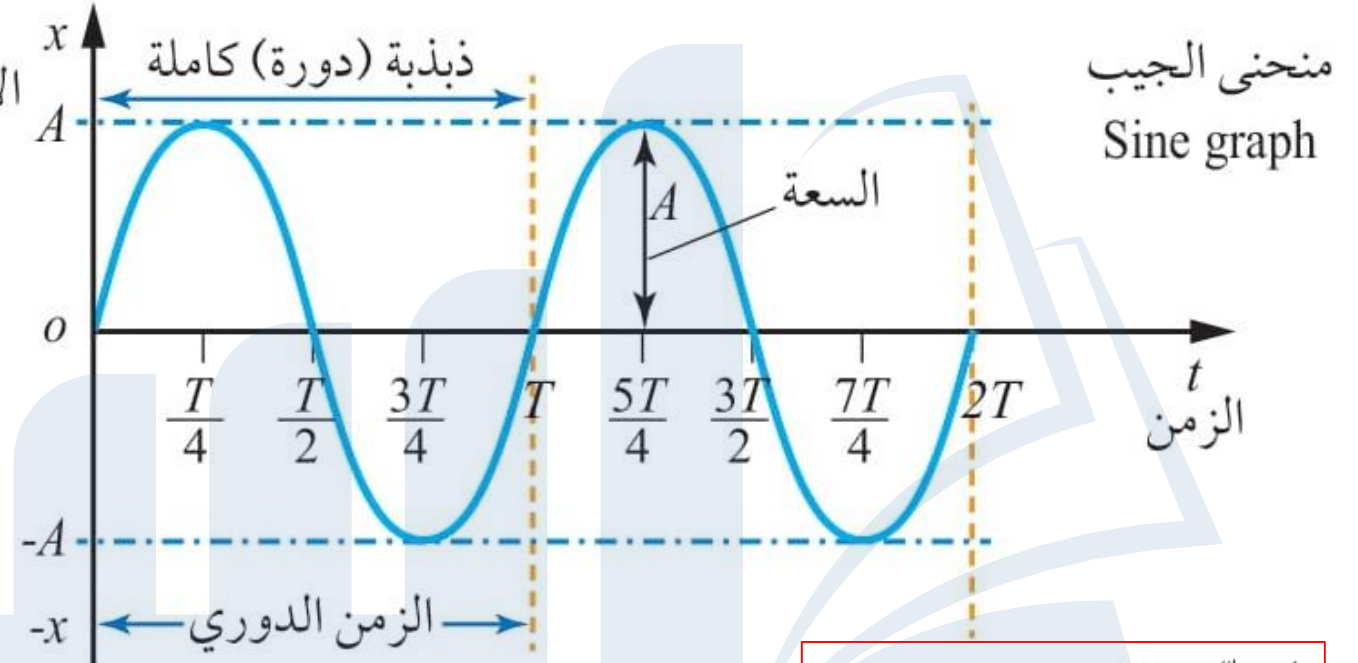
عدد الدورات التي يحدثها الجسم في وحدة الزمن

يقاس بوحدة (s^{-1}) في النظام الدولي للوحدات وتُعرف بوحدة هيرتز (Hz)

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

الإزاحة والتردد الزاوي في الحركة التوافقية البسيطة

بعض المصطلحات المهمة



التردد f Frequency

ويتناسب التردد f عكسيًا مع الزمن الدوري T حسب العلاقة:

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

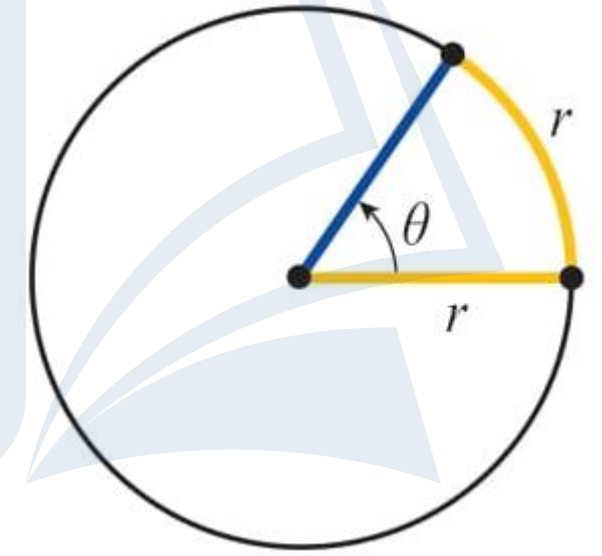
منصة أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

الإزاحة والتردد الزاوي في الحركة التوافقية البسيطة

الراديان Radian (ويُرمز له بالرمز rad)

زاوية مركزية في دائرة تقابل قوسًا طوله مساوٍ لطول نصف قطر الدائرة



بعض المصطلحات المهمة

كم تعادل زاوية مقدارها 1.57 rad
بوحدة درجة؟

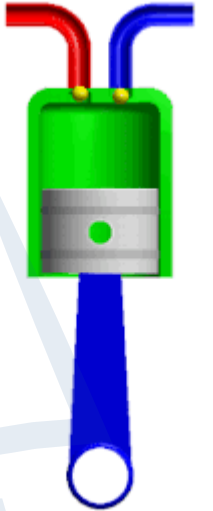
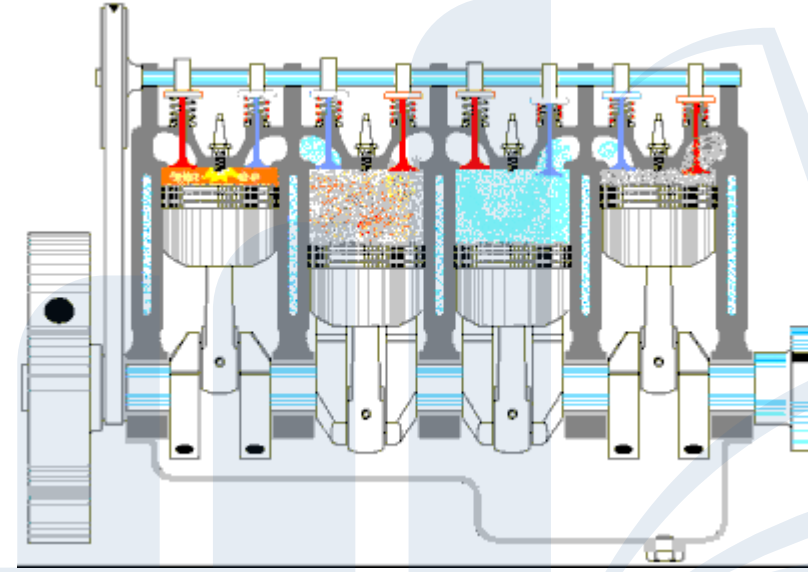
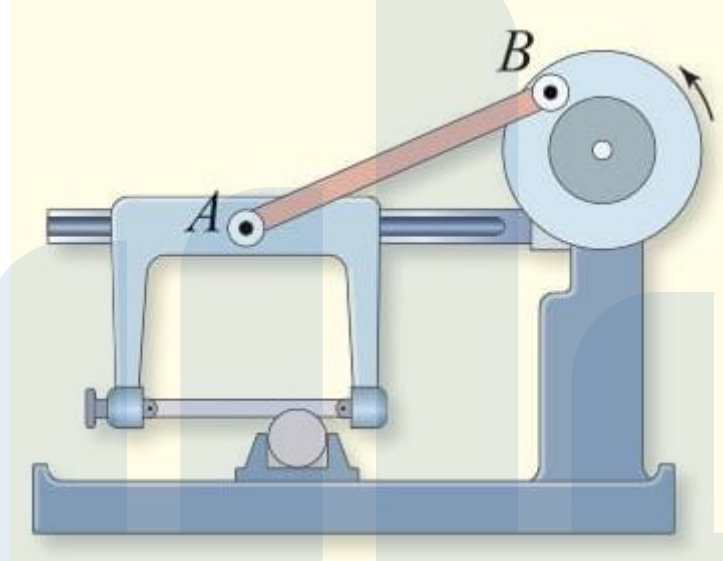
$$360^\circ = 2\pi \text{ rad}$$

$$1 \text{ rad} = \frac{180^\circ}{\pi} = 57.29578^\circ$$

منصة أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

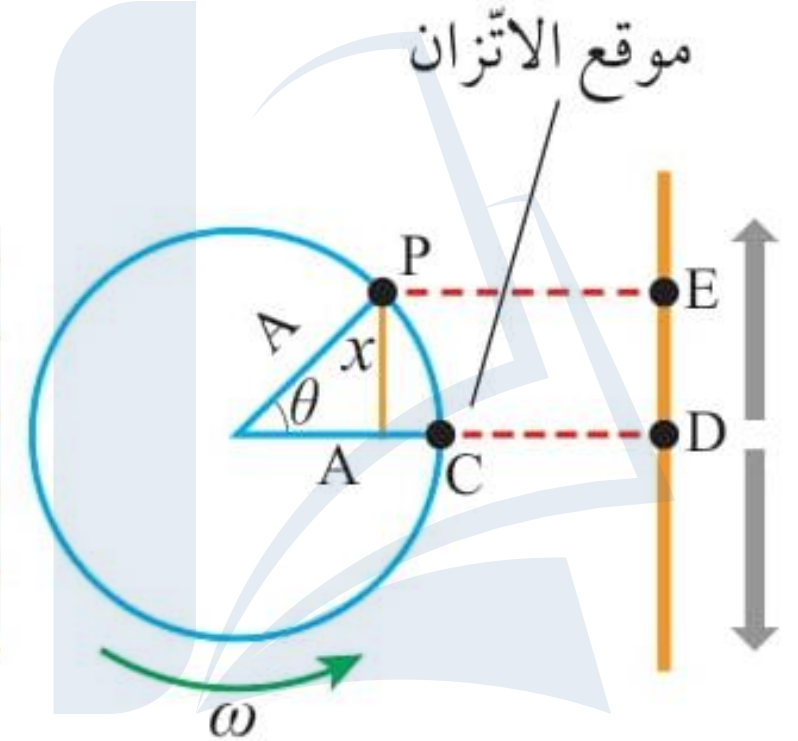
العلاقة بين الحركة الدائرية والحركة التوافقية البسيطة



منصة أساسس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

العلاقة بين الحركة الدائرية والحركة التوافقية البسيطة



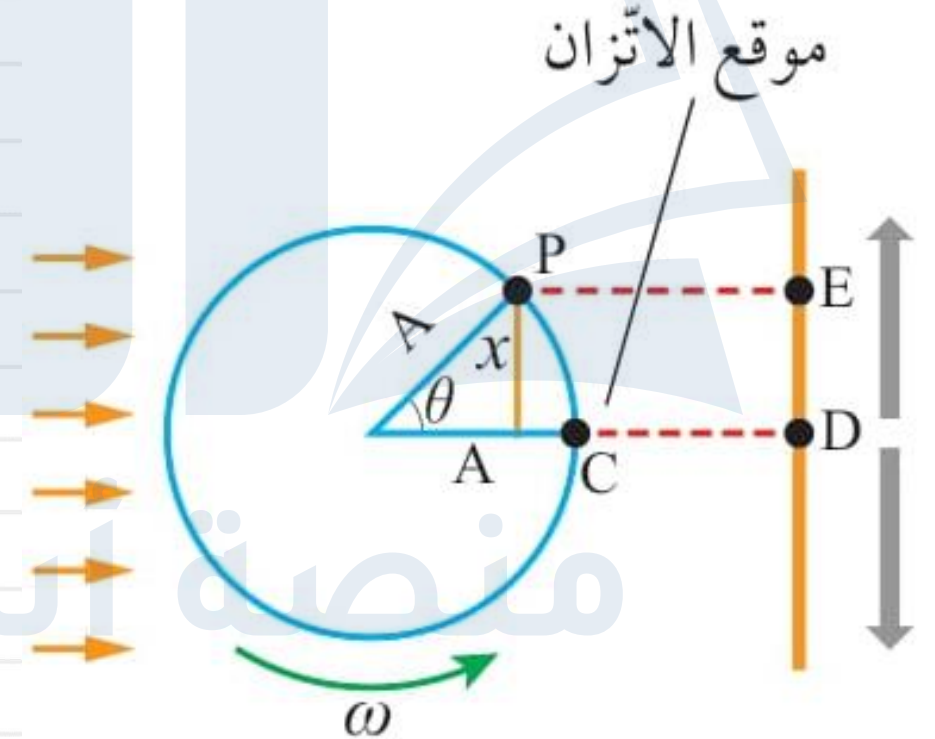
منصة أساسس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

العلاقة بين الحركة الدائرية والحركة التوافقية البسيطة

السرعة الزاوية (ω) لدوران القرص

الزاوية θ التي يمسخها نصف قطر القرص في وحدة الزمن



منصة أساس التعليمية

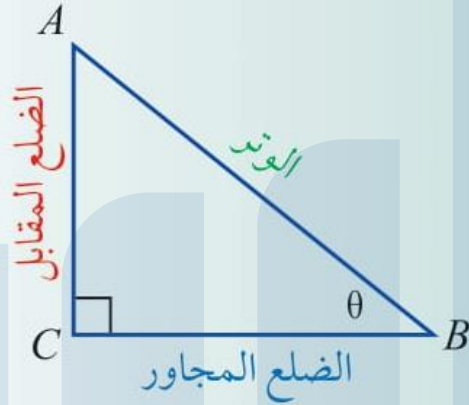
خصائص الحركة التوافقية البسيطة

العلاقة بين الحركة الدائرية والحركة التوافقية البسيطة

تمثل المسافة DE على الشاشة إزاحة ظل الكرة (x)

الربط مع الرياضيات

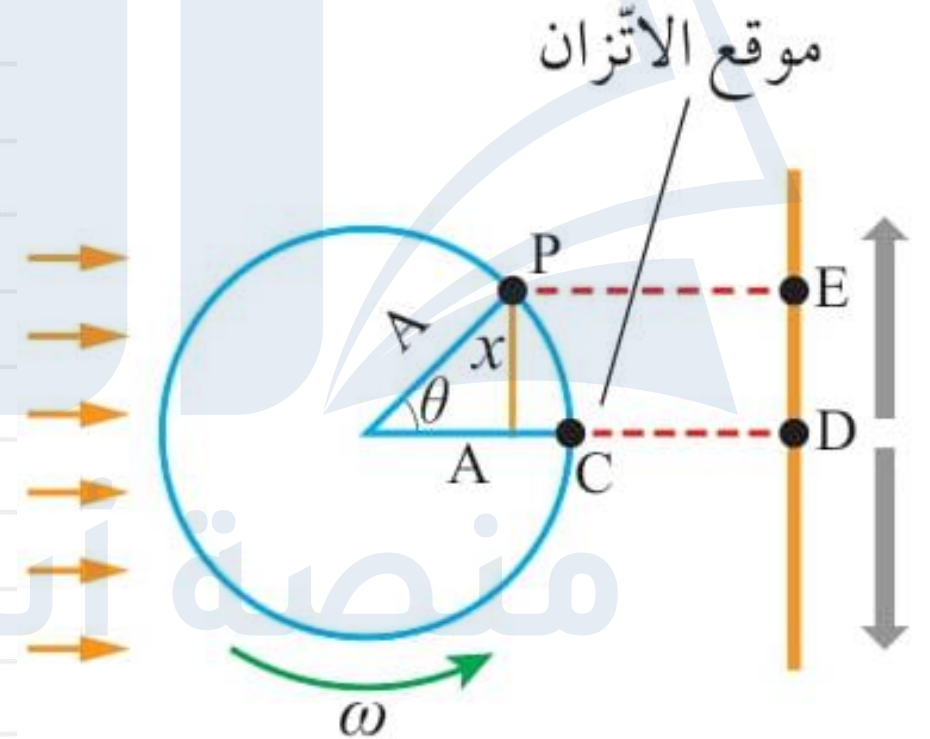
بعض الاقترانات أو النسب
المثلثية في المثلث القائم
الزاوية:



$$\sin \theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$$

$$\cos \theta = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}}$$

$$\tan \theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$$



خصائص الحركة التوافقية البسيطة

العلاقة بين الحركة الدائرية والحركة التوافقية البسيطة

$$x(t) = A \sin \theta = A \sin \omega t$$

A : سعة الذبذبة وهي أقصى إزاحة لظل الكرة عن موقع الاتزان سواء في الاتجاه الموجب أو السالب.

ω : التردد الزاوي للحركة التوافقية البسيطة لظل الكرة وهو نفسه السرعة الزاوية لدوران القرص ω

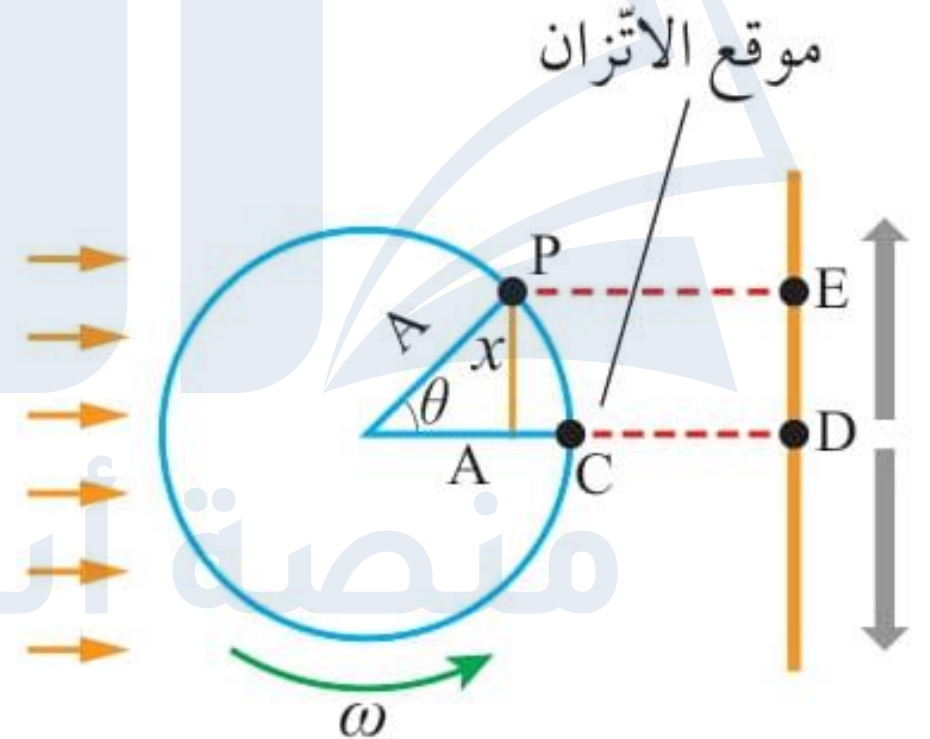
منصة أساس التعليمية

العلاقة بين الحركة الدائرية والحركة التوافقية البسيطة

يقاس بوحدة rad/s

$$1 \text{ cycle} = (2\pi) \text{ rad}$$

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



⦿ خصائص الحركة التوافقية البسيطة ⦿

العلاقة بين الحركة الدائرية والحركة التوافقية البسيطة

التردد الزاوي (ω) عدد الدورات في وحدة الزمن مضروباً في (2π)

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

حيث ω : التردد الزاوي.

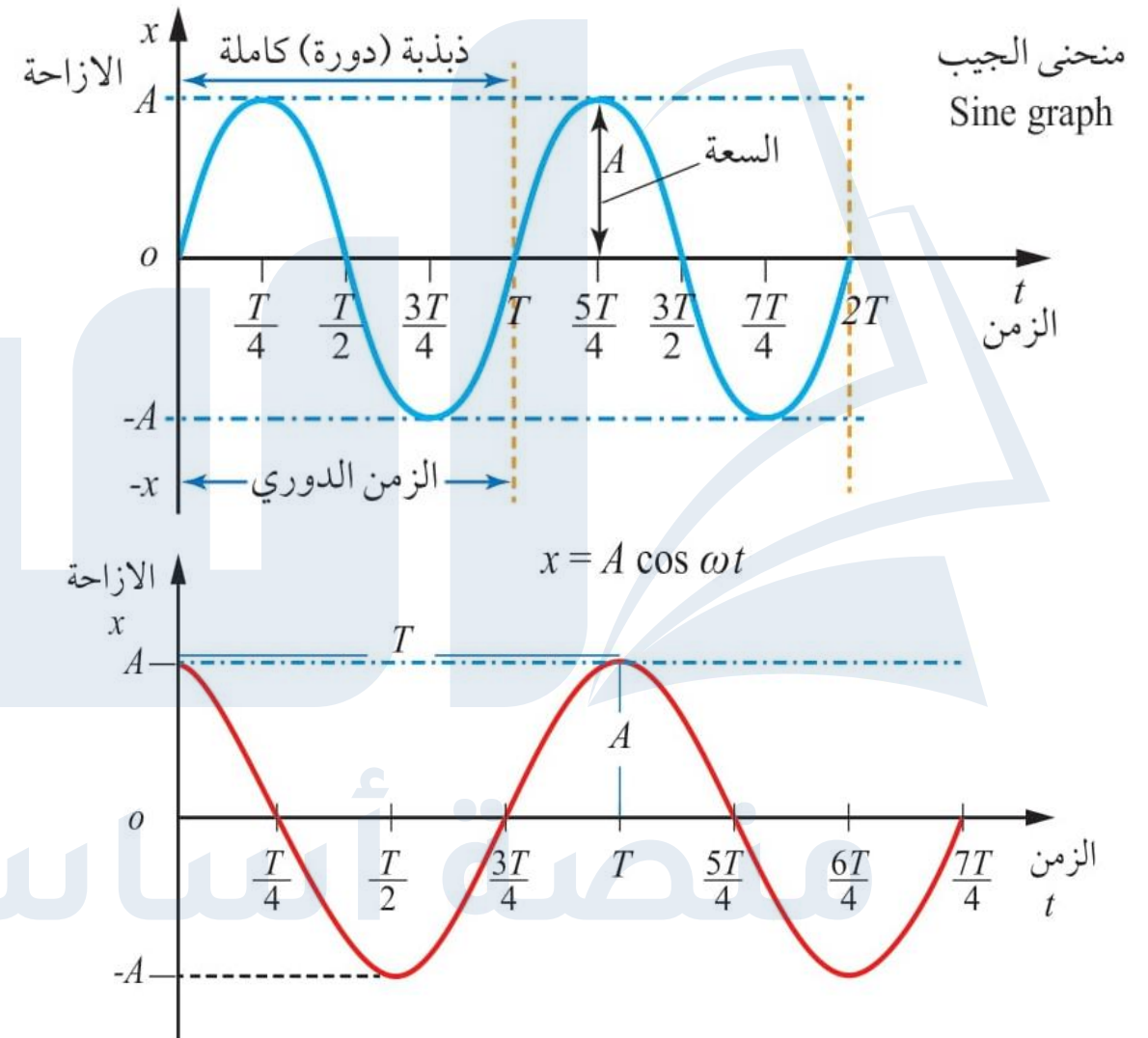
T : الزمن الدوري.

f : التردد.

منصة أساس التعليم

العلاقة بين الحركة الدائرية والحركة التوافقية البسيطة

$$x(t) = A \cos \theta = A \cos (\omega t)$$



العلاقة بين الحركة الدائرية والحركة التوافقية البسيطة

$$x(t) = A \sin \theta = A \sin (\omega t)$$

$$x(t) = A \cos \theta = A \cos (\omega t)$$

وأي من المعادلتين السابقتين (الجيب وجيب التمام) لا تُعدّ صيغة عامة لمعادلة الحركة التوافقية البسيطة بل حالة خاصة، وللتوصل إلى المعادلة العامة؛ يجب إدخال مفهومَي زاوية الطور وثابت الطور.

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

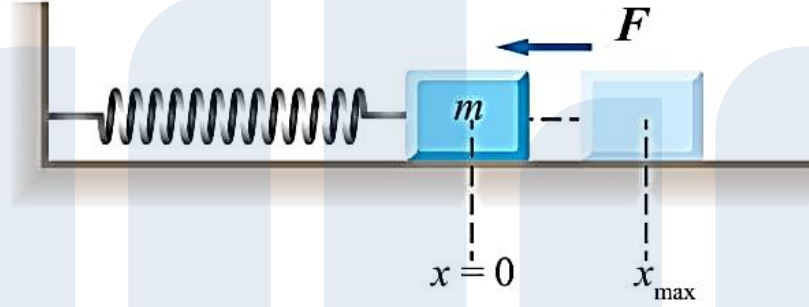
المثال 2

يتصل جسم بطرف نابض موضوع على سطح أفقي أملس، سُحب الجسم إلى أقصى إزاحة عن موقع الاتزان كما في الشكل (8)، ثم تُرك ليبدأ بالتذبذب عند الزمن ($t = 0$)، فإذا علمتُ أن معادلة تغيّر الإزاحة مع الزمن:

$$x(t) = 0.05 \cos\left(\frac{\pi}{2}t\right)$$

إذ تُقاس الإزاحة بوحدة (m) والزمن بوحدة (s). أجد:

- السعة والتردد الزاوي.
- الزمن الدوري والتردد.
- الإزاحة بعد نصف ثانية من بدء الحركة.



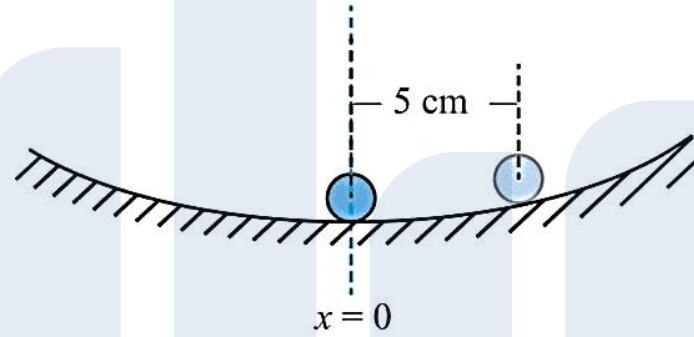
خصائص الحركة التوافقية البسيطة

المثال 3

تتذبذب كرة بحركة توافقية بسيطة في وعاء أملس مقعر كما في الشكل (9)، فإذا بدأت الحركة من موقع الاتزان ($x = 0$) عند الزمن ($t = 0$) وكانت سعة الذبذبة 5 cm والزمن الدوري 860 ms، أحسب:

أ. التردد الزاوي.

ب. إزاحة الكرة بعد مرور 250 ms من بدء حركته.



خصائص الحركة التوافقية البسيطة

لتدريسه

يتحرك جسم حركة توافقية بسيطة باتجاه أفقي؛ بحيث يُكمل دورة واحدة في زمن s 3. إذا بدأ الجسم الحركة عند الزمن $(t = 0)$ من موقع الاتزان باتجاه محور $+x$ وكانت سعة الذبذبة 4 cm ؛ فأجب عما يأتي:

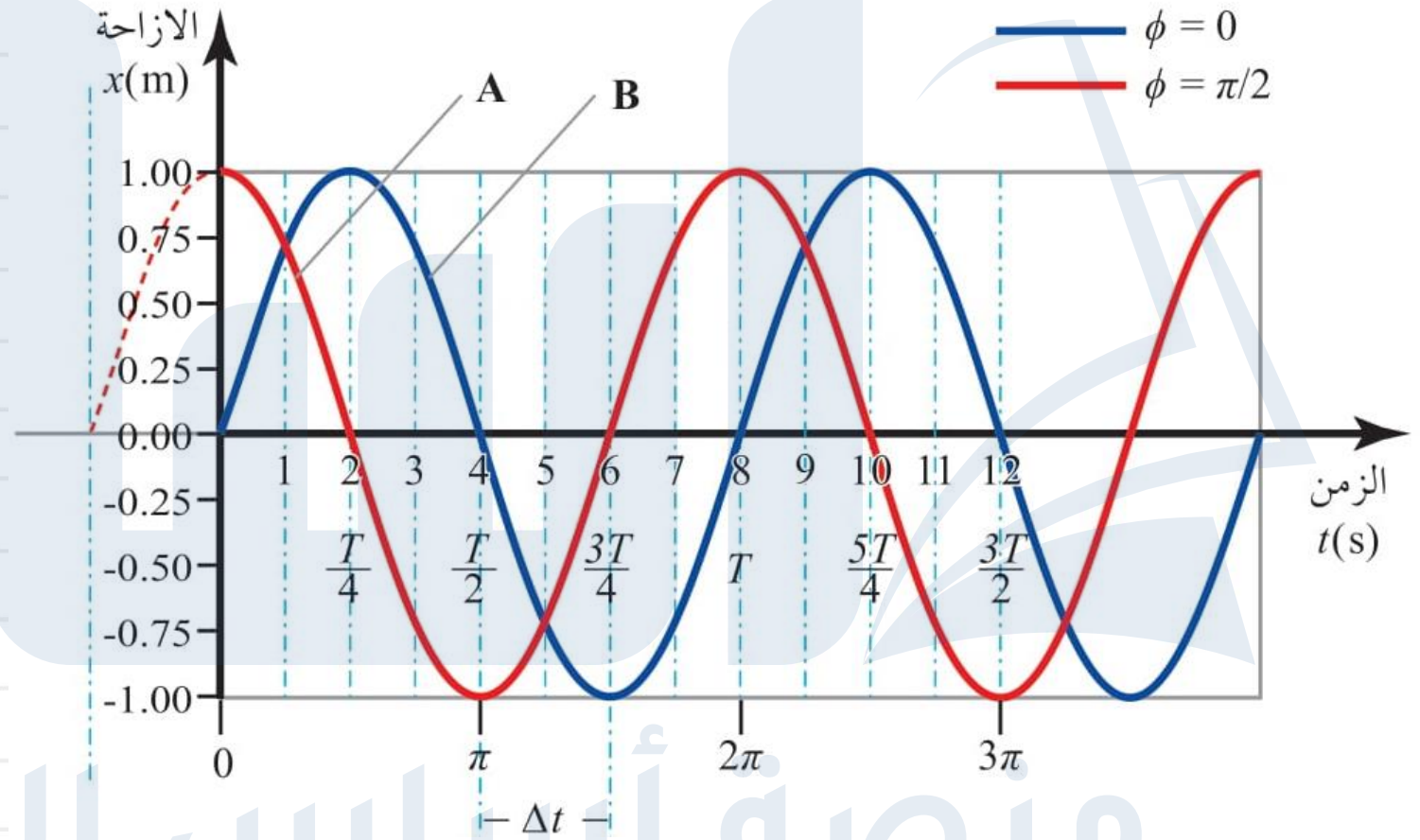
- أ. أكتب معادلة تغير الإزاحة مع الزمن.
- ب. أحسب الإزاحة بعد مرور s 0.6 من بدء الحركة.
- ج. أرسم منحنى الإزاحة - الزمن لدورتين كاملتين.



منصة أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

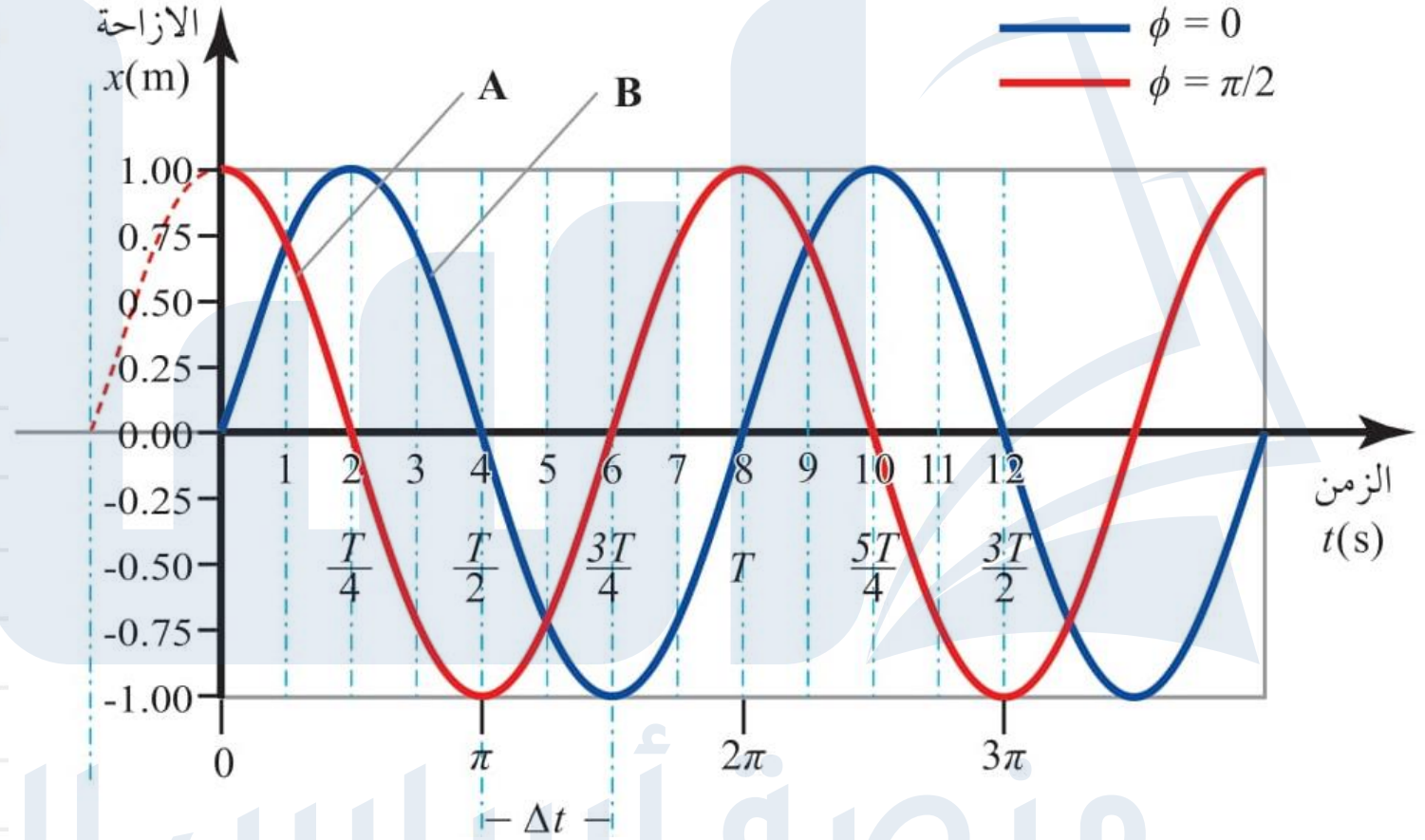
فرق الطور في الحركة التوافقية البسيطة



خصائص الحركة التوافقية البسيطة

فرق الطور في الحركة التوافقية البسيطة

ما مقدار كل من السعة،
والتردد لحركة كل من
النابضين؟



المثال 4

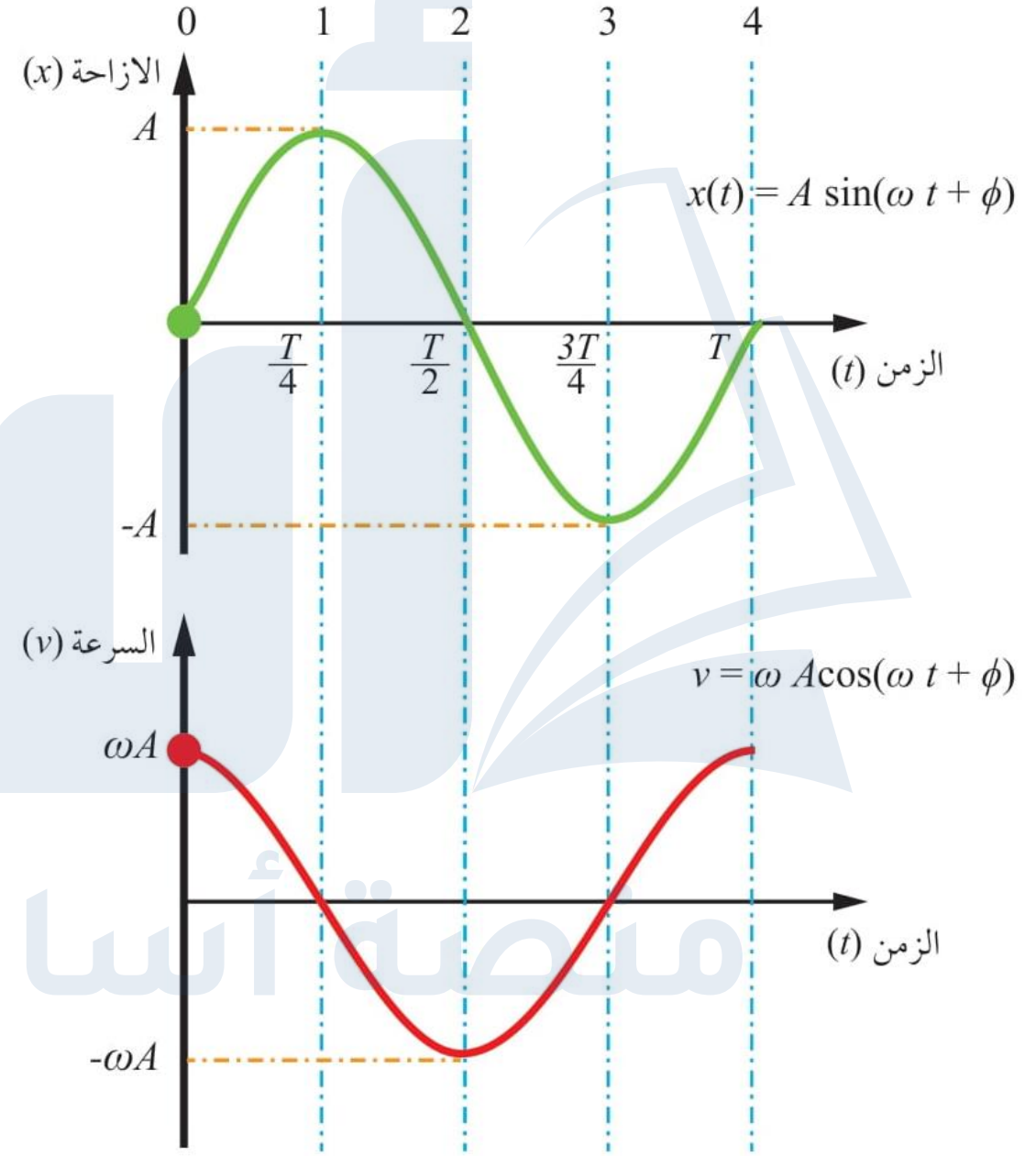
بناءً على المعلومات المبينة في الشكل (10) الذي يُمثل منحني (الإزاحة - الزمن) لحركة نابضين (A, B) أُجيب عما يأتي:

أ. أيّ المنحنيين يتقدّم على الآخر؟

ب. أحسب الفرق في زاوية الطور بين حركتي النابضين.

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

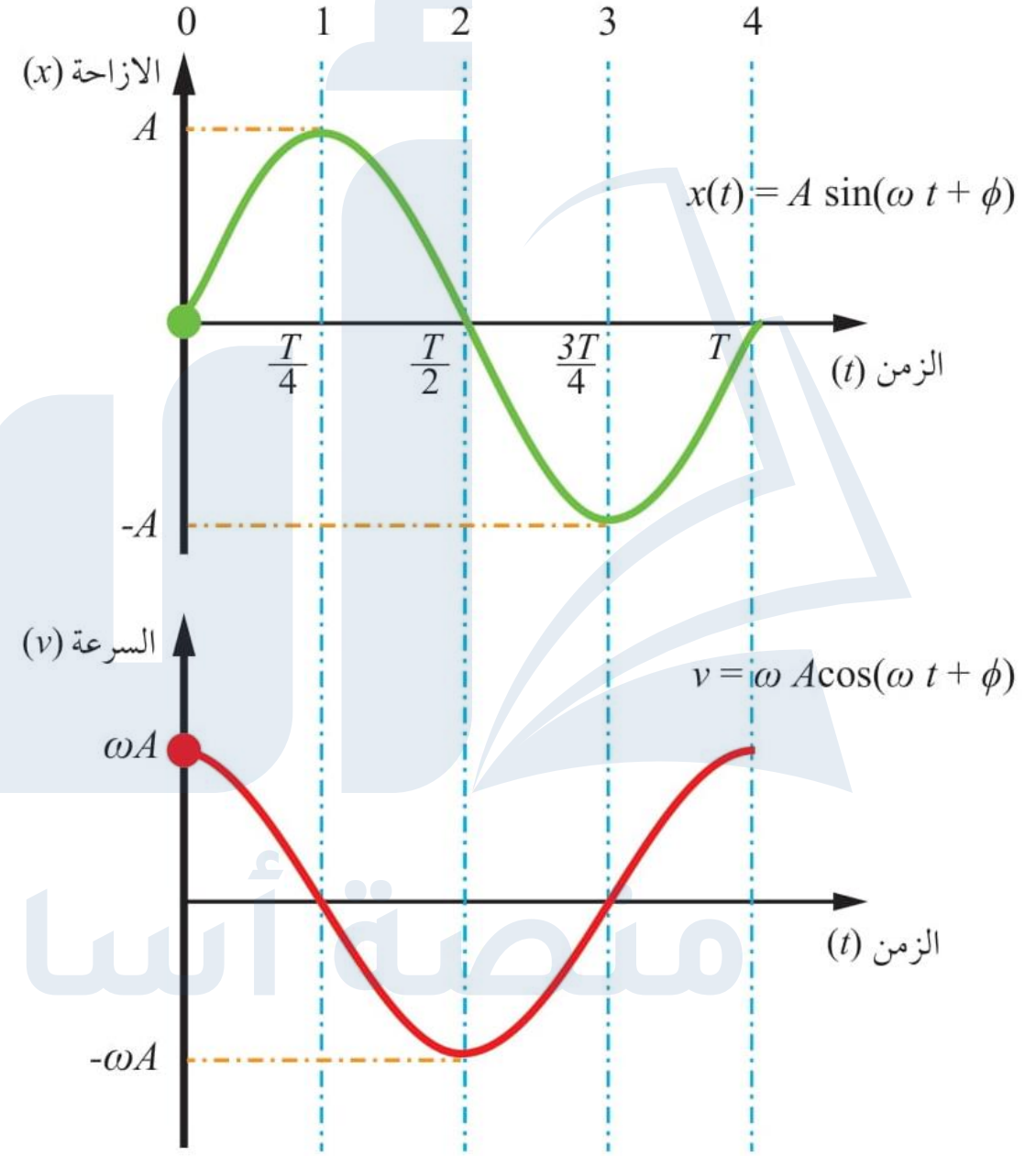
السرعة والتسارع في الحركة التوافقية البسيطة



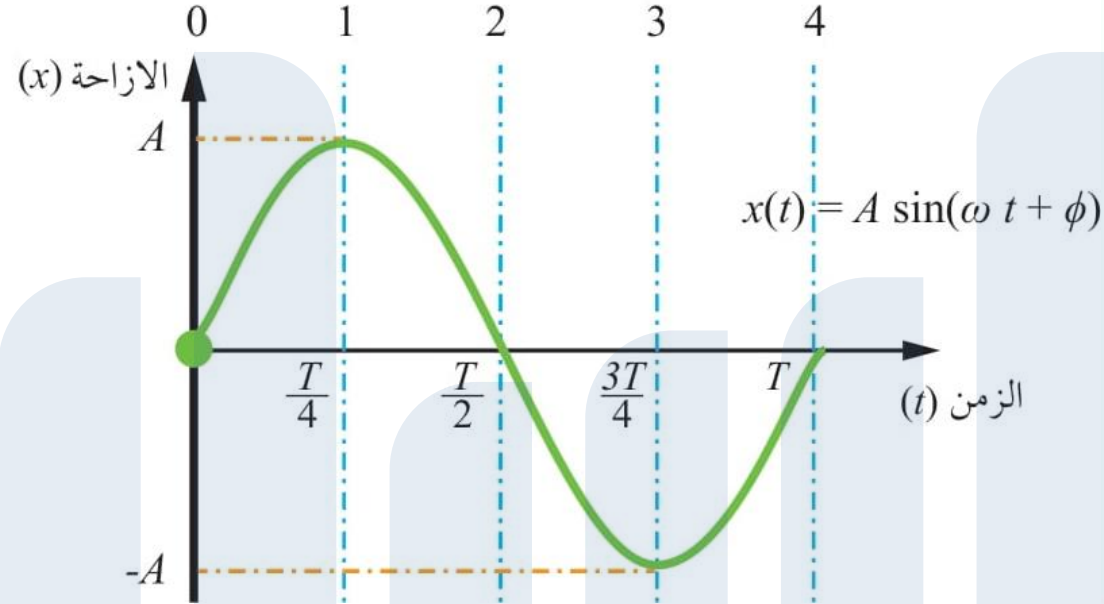
خصائص الحركة التوافقية البسيطة

السرعة والتسارع في الحركة التوافقية البسيطة

أحدّد مواقع الجسم على منحنى
(الإزاحة - الزمن) عندما يكون
تسارعه صفرًا.



خصائص الحركة التوافقية البسيطة



أفكر: أحدد النقطة على منحنى (الإزاحة - الزمن) في الشكل (11) التي تكون عندها:

- السرعة قيمة عظمى سالبة والتسارع يساوي صفراً.
- السرعة تساوي صفراً والتسارع قيمة عظمى موجبة.

منصة أساس التعليمية

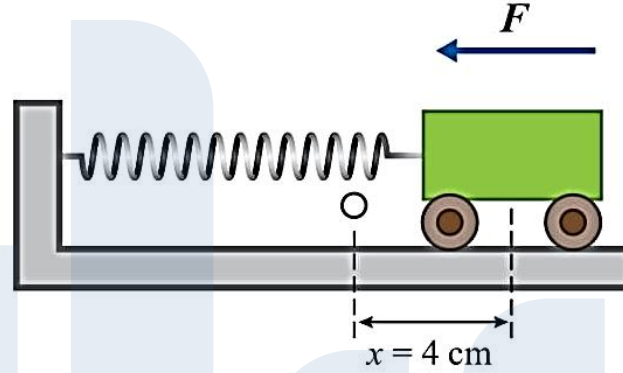
خصائص الحركة التوافقية البسيطة

أفكر: هل يتغير الزمن الدوري في نظام (كتلة - نابض) بتغير سعة الذبذبة؟ أوضح ذلك.

منصة أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

المثال 5



الشكل (12): عربة تتصل بنابض
سُحبت مسافة 4 cm وتُركت تتذبذب.

عربة كتلتها 2 kg تتصل بأحد طرفي نابض موضوع على سطح أفقي أملس، بينما الطرف الآخر للنابض مثبت في الجدار كما في الشكل (12)، سُحبت العربة إزاحة $x = +4 \text{ cm}$ عن موقع الاتزان، ثم تُركت تتذبذب بدءًا من الزمن $(t = 0)$. فإذا كان ثابت النابض 32 N/m فأجب عمّا يأتي:

- أ. أحسب التردد الزاوي.
- ب. أكتب معادلات تغير كل من الإزاحة، والسرعة مع الزمن.

يتحرك جسم حركة توافقية بسيطة حسب معادلة الإزاحة الآتية: $x(t) = 0.08 \sin (1.33 t + \frac{\pi}{5})$

إذ تُقاس الإزاحة بوحدة (m) والزمن بوحدة (s). أجد:

أ. السعة والتردد الزاوي والزمن الدوري وثابت الطور. ب. القيمة العظمى للسرعة.

ج. أكتب معادلة تغير السرعة مع الزمن. د. زاوية الطور بعد بدء الحركة بثلاث ثوانٍ.

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

تمرين

يتحرك جسم حركة توافقية بسيطة حسب معادلة الإزاحة الآتية:

$$x(t) = 0.1 \sin(\pi t + \pi)$$

إذ تُقاس الإزاحة بوحدة (m) والزمن بوحدة (s). أجد:

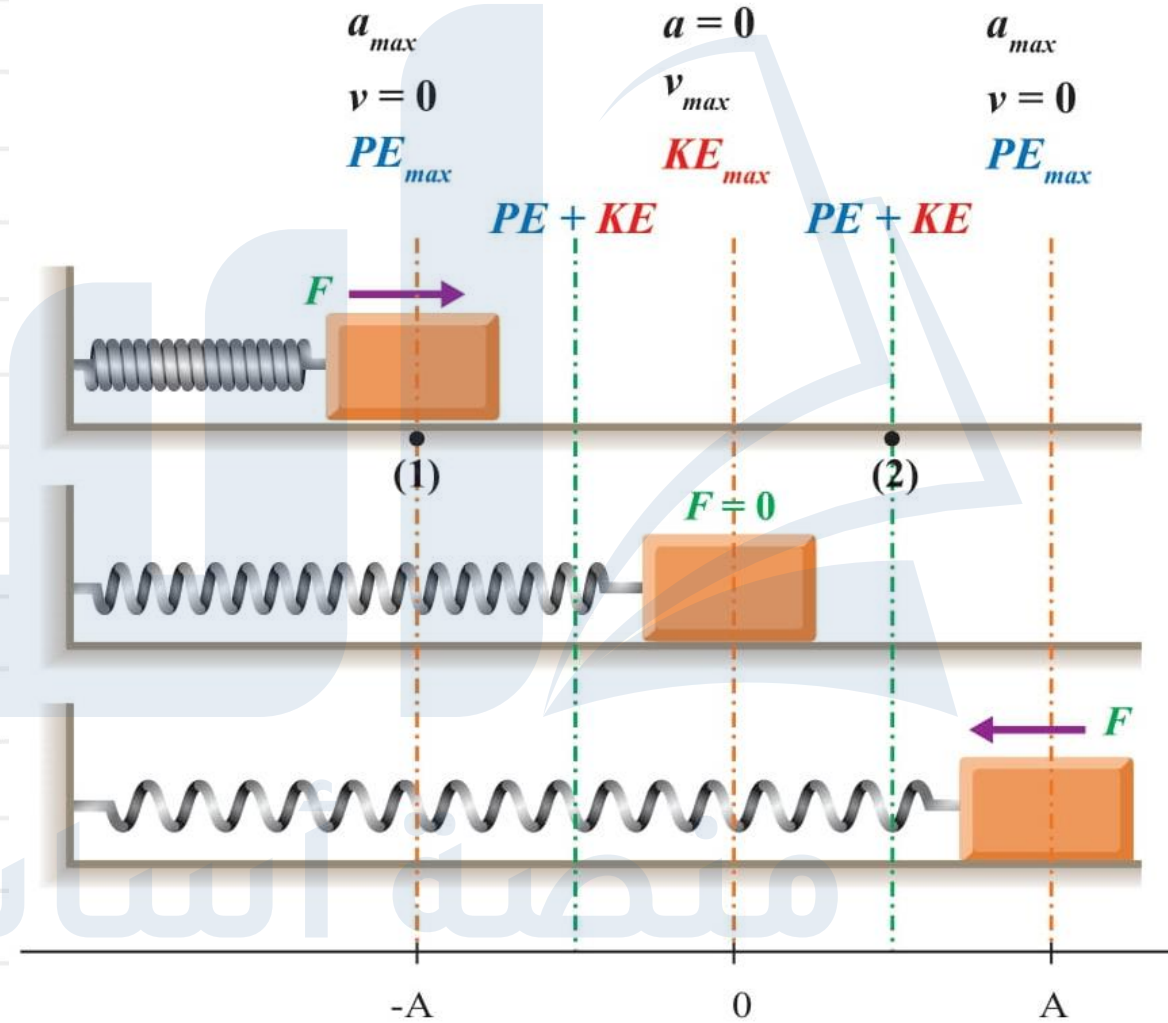
أ. التردد والتردد الزاوي.

ب. سرعة الجسم بعد 0.5 s من بدء الحركة.

منصة أساس التعليمية

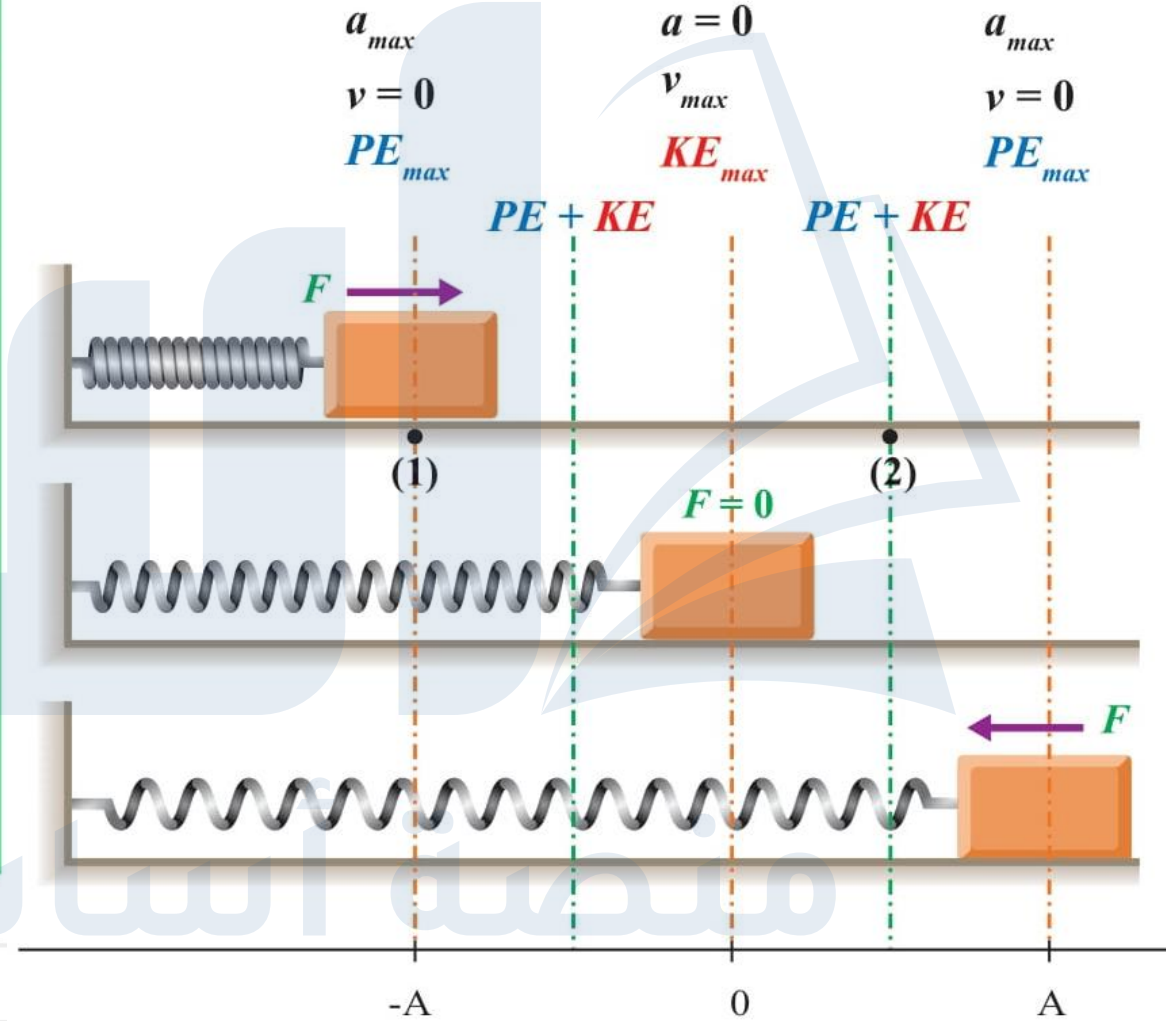
خصائص الحركة التوافقية البسيطة

الطاقة في الحركة التوافقية البسيطة

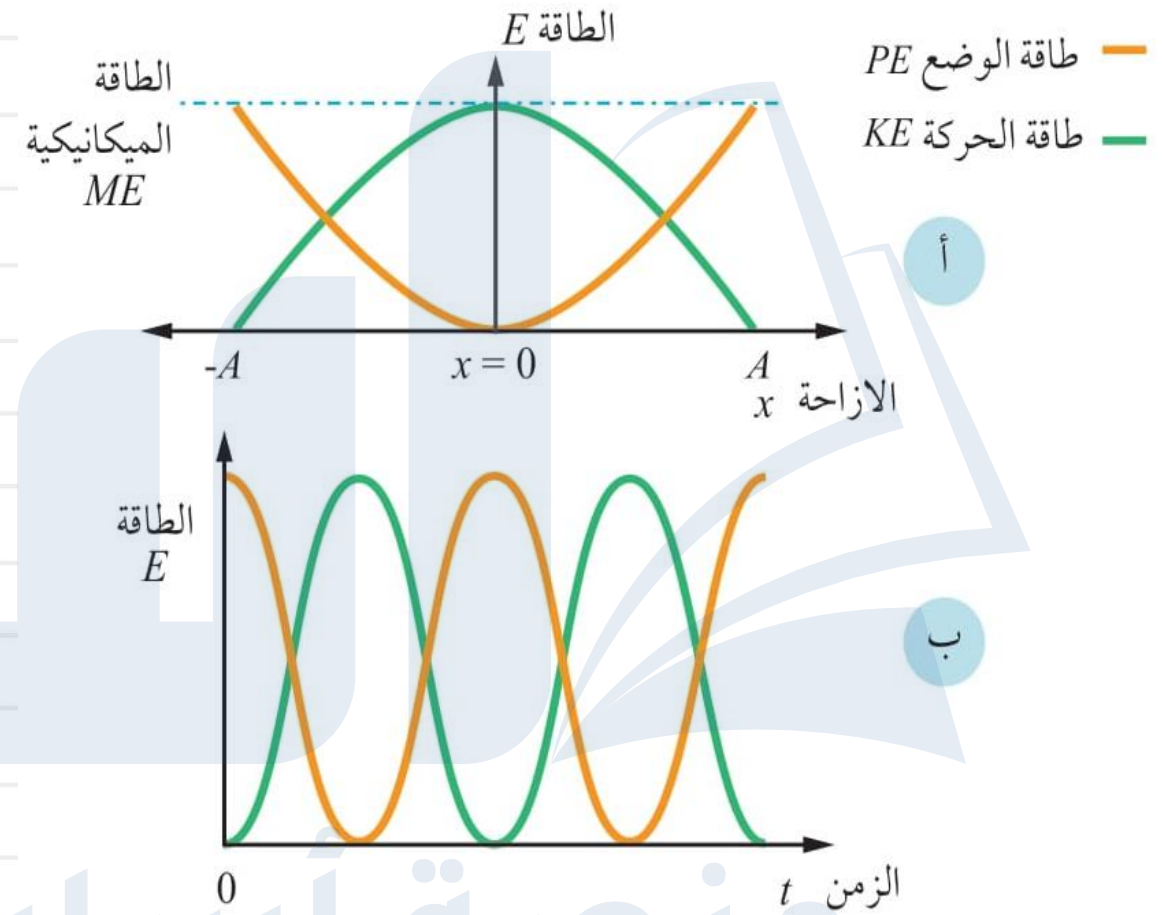


خصائص الحركة التوافقية البسيطة

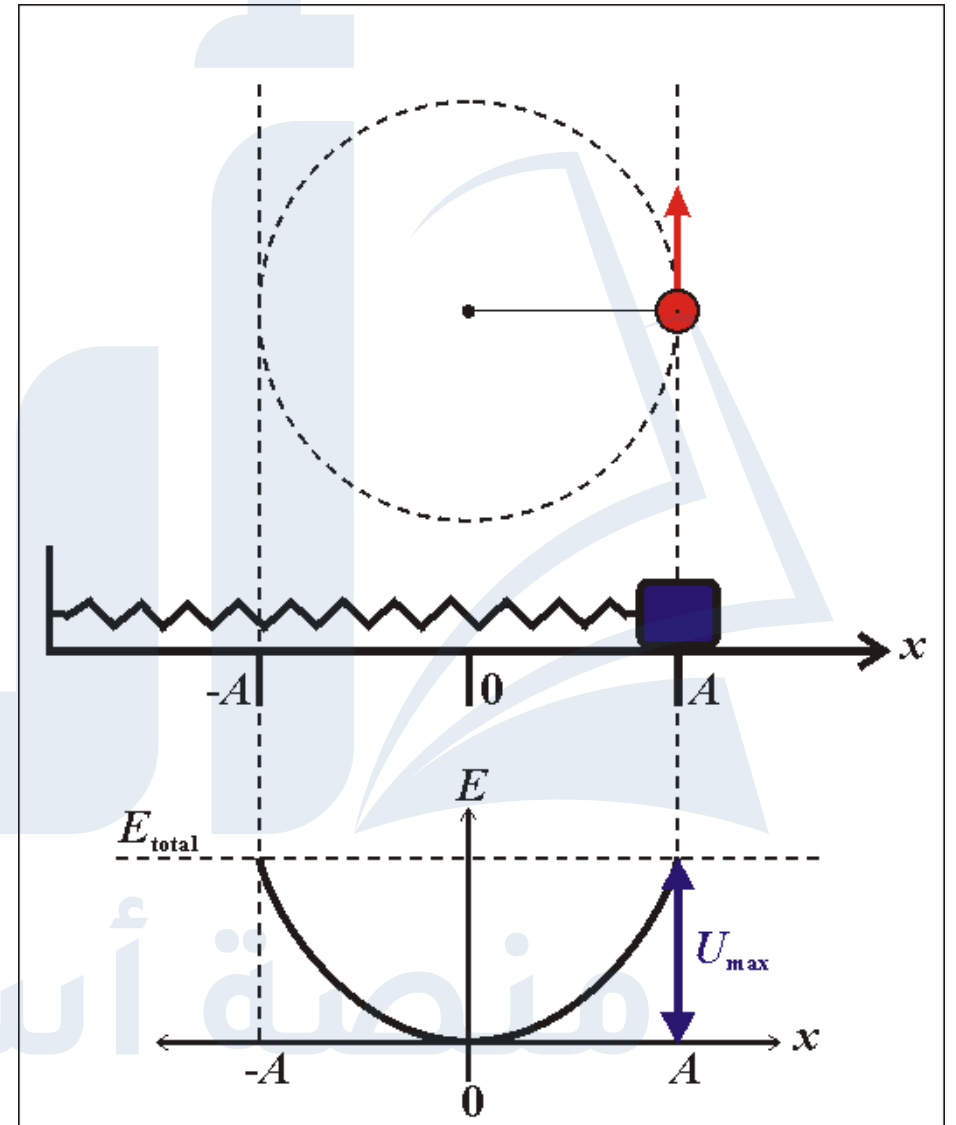
افكر: إذا ضُغَط النابض في الشكل (13) بحيث تضاعفت الإزاحة القصوى ($x = -2A$)، فماذا يحدث لكل من:
أ. الطاقة الميكانيكية.
ب. القيمة العظمى لسرعة الجسم المتذبذب.
ج. القيمة العظمى لتسارع الجسم المتذبذب.



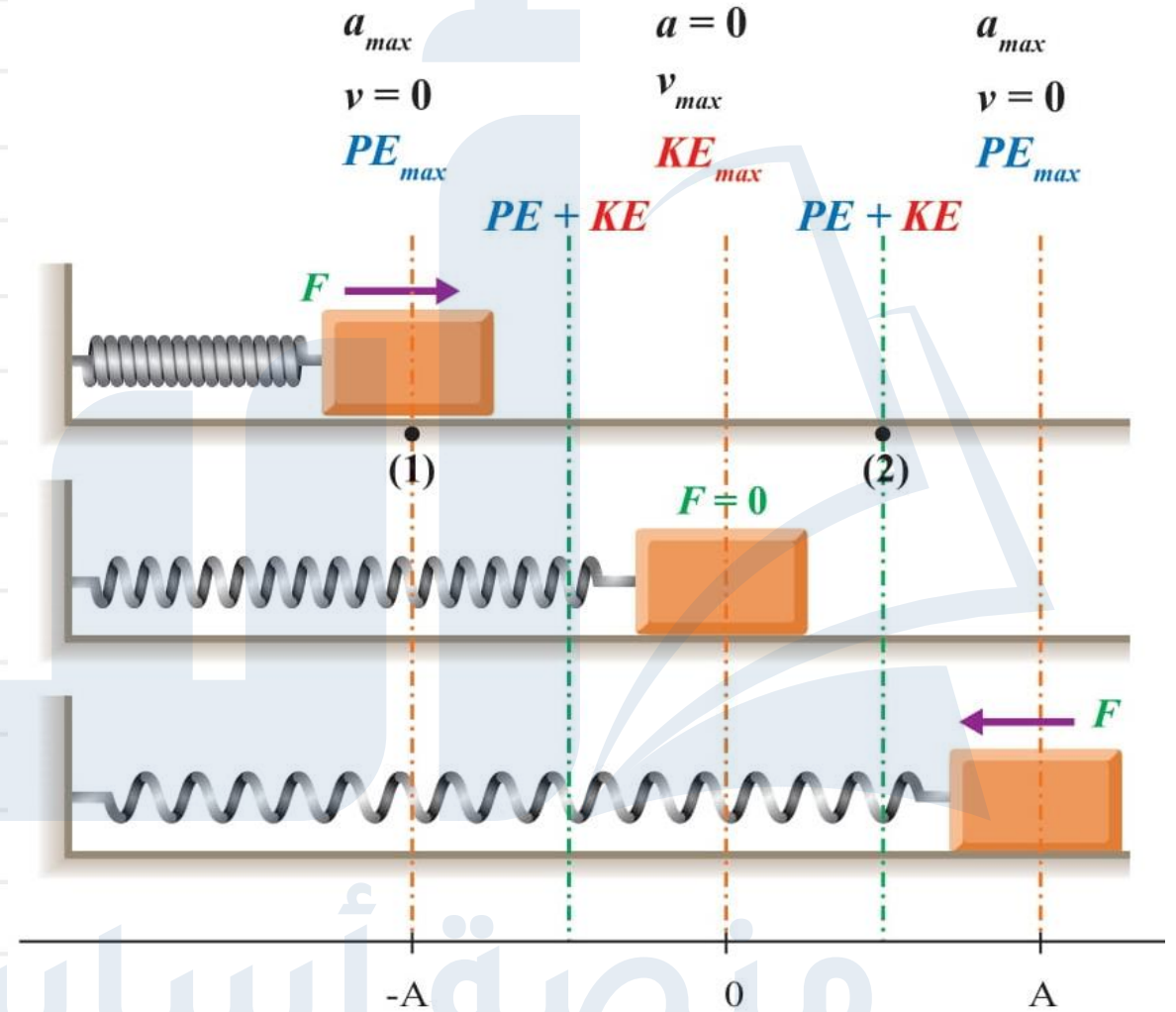
خصائص الحركة التوافقية البسيطة



خصائص الحركة التوافقية البسيطة



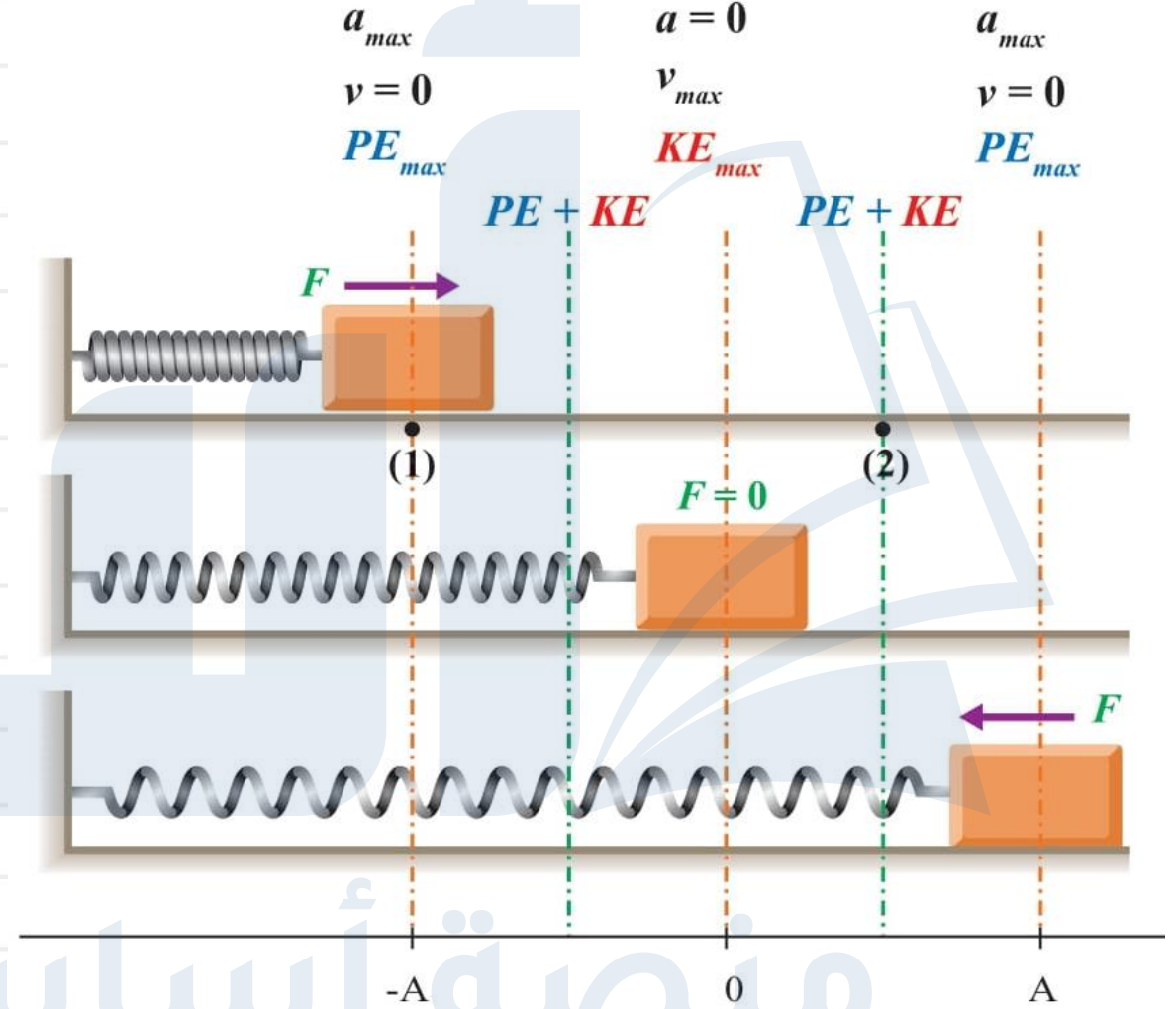
خصائص الحركة التوافقية البسيطة



منصة أساس التعليم

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

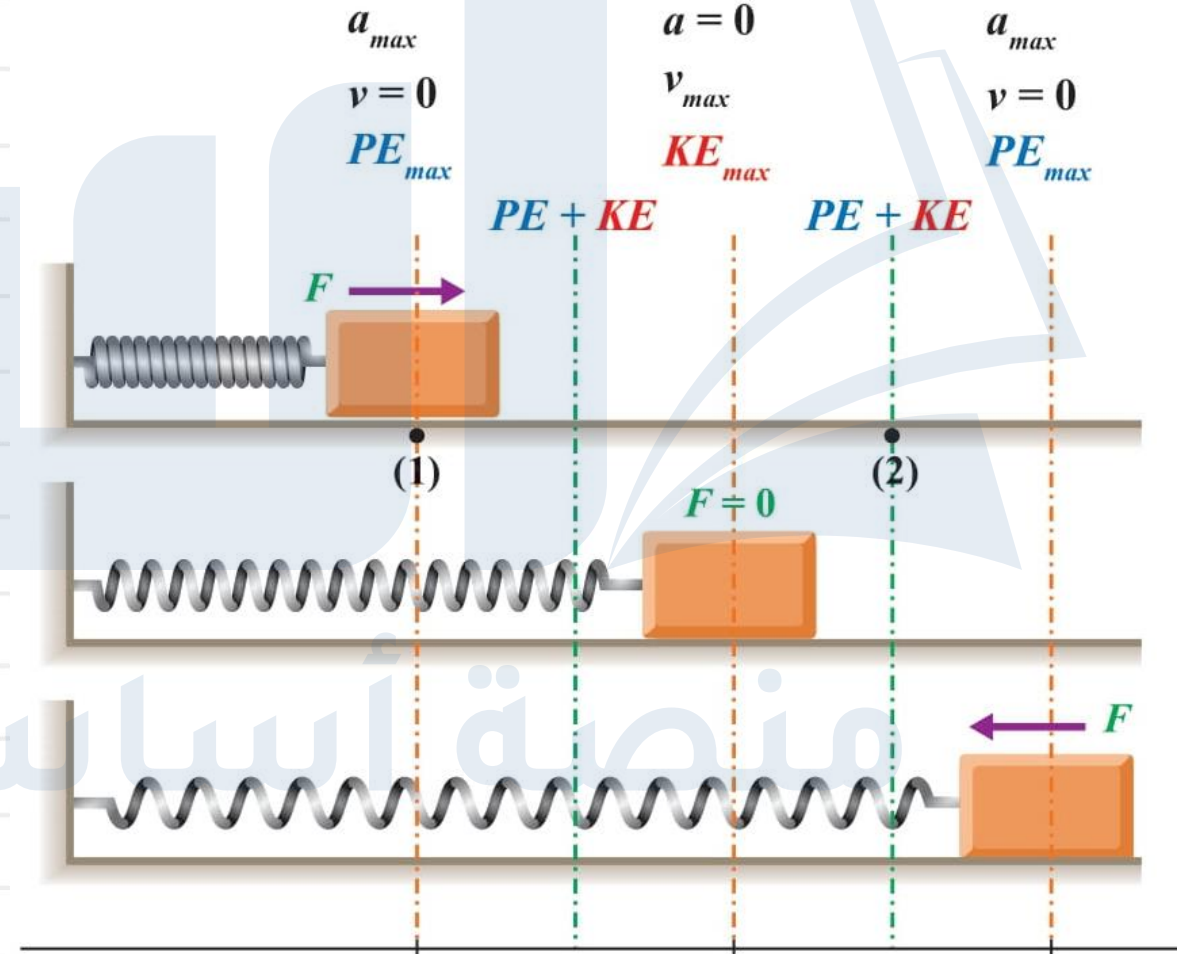
افكر: في اللحظة التي يكون فيها الجسم عند أقصى إزاحة عن موقع الاتزان في أثناء حركته حركة توافقية بسيطة، أي الكميات الآتية: (السرعة، التسارع، طاقة الحركة، طاقة الوضع المرونية) تكون لها قيمة عظمى عند تلك اللحظة؟ مفسراً إجابتي.



خصائص الحركة التوافقية البسيطة

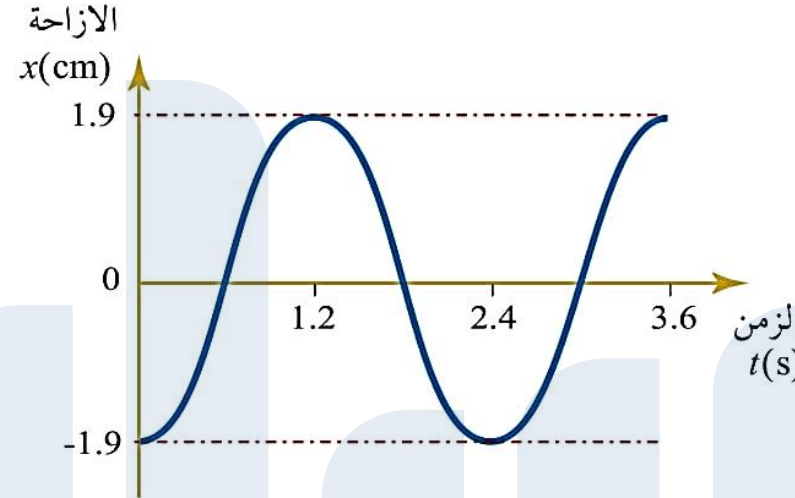
✓ **أتحقق:** جسم يتحرك حركة توافقية بسيطة، عند أيّ موقع / مواقع يمتلك:

أ. طاقة حركية فقط. ب. طاقة وضع فقط. ج. طاقة وضع وطاقة حركية معًا.



خصائص الحركة التوافقية البسيطة

المثال 7



الشكل (15): العلاقة بين الإزاحة والزمن لجسم يتحرك حركة توافقية بسيطة.

يتذبذب جسم كتلته 75 g يتصل بنابض في حركة توافقية بسيطة كما في الشكل (15)، مستعيناً بالبيانات المثبتة على الشكل أحسب:

أ. التردد الزاوي.

ب. الطاقة الحركية العظمى.

ج. طاقة الوضع المرونية العظمى.

د. طاقة الوضع المرونية والطاقة الحركية بعد

(0.6 s) من بدء الحركة.

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

المثال 8

- ضُغِطَ جسم كتلته 0.2 kg يتّصل بنابض موضوع على سطح أفقي أملس إلى أقصى إزاحة 10 cm ، وتُرك ليتحرّك حركة توافقية بسيطة. إذا كان ثابت النابض 19.6 N/m ، فأحسب:
- الطاقة الميكانيكية.
 - الطاقة الحركية العظمى.
 - طاقة الوضع المرونية والطاقة الحركية؛ عندما تكون إزاحة الجسم نصف السعة.
 - سرعة الجسم عندما تصبح إزاحته 2 cm عن موقع الاتزان.

منصة أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

نقريه

كتلة مقدارها 83 g متصلة بنابض وتتذبذب بحركة توافقية بسيطة على سطح أفقي أملس. إذا كانت سعة الذبذبة 7.6 cm والطاقة الحركية العظمى للكتلة 320 mJ، فأحسب:

أ. ثابت النابض

ب. الزمن الدوري.

ج. سرعة الجسم عندما تصبح إزاحته ($x = -5 \text{ cm}$).

منصة أساس التعليمية

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسية:** ما مدى صحّة الجملة الآتية: كلّ حركة دورية هي حركة تذبذبية، وكلّ حركة تذبذبية هي حركة توافقية بسيطة؟ أدم إجابتي بأمثلة.

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

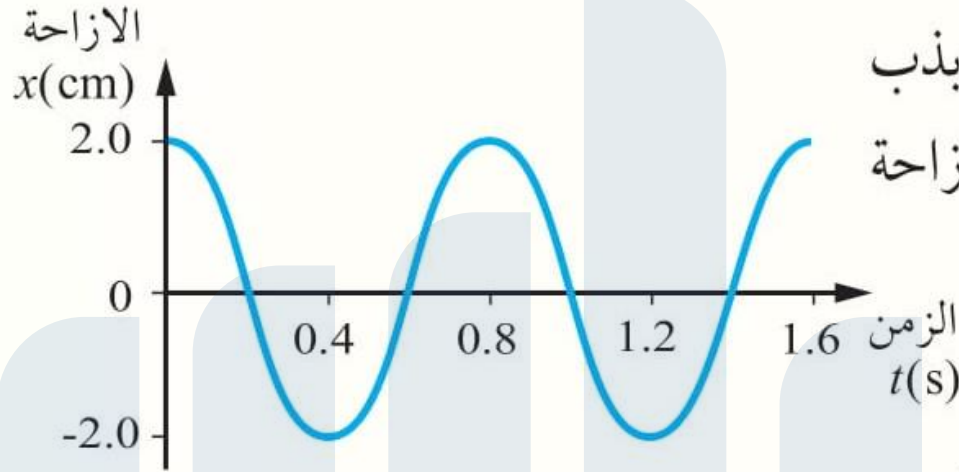
مراجعة الدرس

2. **أستخدم المتغيرات:** بدأ جسم بالتذبذب في حركة توافقية بسيطة من أقصى إزاحة 15 cm ، بحيث يُكمل الدورة الواحدة في فترة زمنية مقدارها 3.4 s أحسب:
- أ. التردد.
 - ب. التردد الزاوي.
 - ج. الإزاحة بعد 3.0 s من بدء الحركة.

منصة أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

مراجعة الدرس

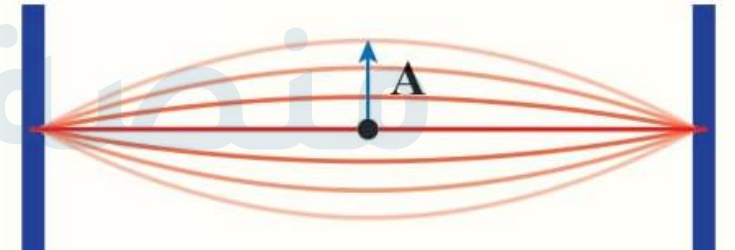


3. **أحلل:** يتحرك جسم حركة توافقية بسيطة، فإذا بدأ التذبذب من أقصى إزاحة عن موقع اتزانه ومُثلت العلاقة بين الإزاحة والزمن بيانياً كما في الشكل، فأجب عما يأتي:
- أ. ما مقدار كل من السعة والزمن الدوري.
- ب. أكتب معادلة تغير الإزاحة مع الزمن لحركة الجسم.

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

مراجعة الدرس

4. **أرسم:** سحب وتر آلة موسيقية من نقطة في منتصفه إزاحة A كما في الشكل، وترك يتذبذب ذهاباً وإياباً في حركة توافقية بسيطة بتردد 5 Hz وسعة 10 mm ، فإذا بدأ التذبذب من أقصى إزاحة عند الزمن ($t = 0$) من السكون، فأجب عما يأتي:
- أ. ما مقدار القيمة العظمى لسرعة النقطة على الوتر.
 - ب. أحسب سرعة النقطة على الوتر عند الزمن ($t = 0.12 \text{ s}$).
 - ج. أرسم العلاقة البيانية بين الإزاحة والزمن، وكذلك بين السرعة والزمن.

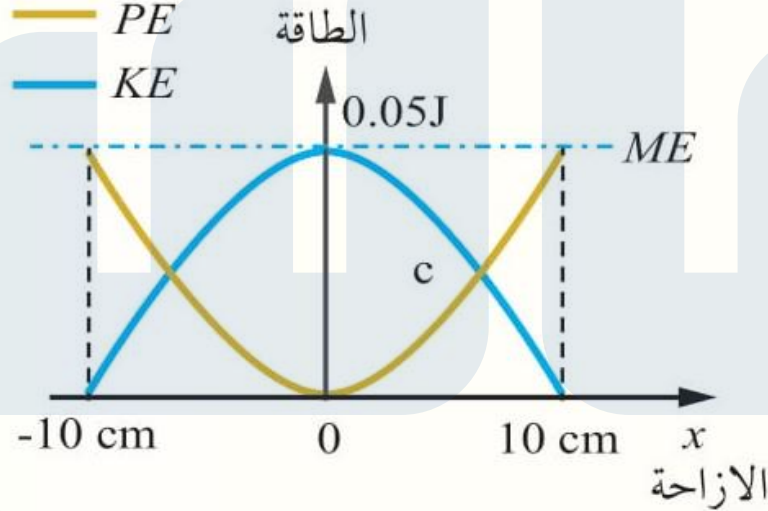


أساس التعليمية

خصائص الحركة التوافقية البسيطة

مراجعة الدرس

5. **التفكير الناقد:** يوضح الشكل المجاور تغيّرات كل من الطاقة الحركية وطاقة الوضع المرونية، مع الإزاحة لجسم كتلته 400 g يتّصل بنابض ويتحرّك حركة توافقية بسيطة على سطح أفقي أملس. مستعينًا بالشكل أجب عما يأتي:



- أ. أحسب كلاً من ثابت النابض والزمن الدوري.
- ب. ما مقدار طاقة الوضع المرونية عند موقع الاتزان؟
- ج. أحسب سرعة الجسم لحظة مروره بموقع الاتزان.
- د. ماذا تُمثّل نقطة التقاطع c؟



الشيء الوحيد الذي يجعلنا
أقوى كلها انكسرنا هو:
اليقين التام
بأن الأمر كله بيد الله.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

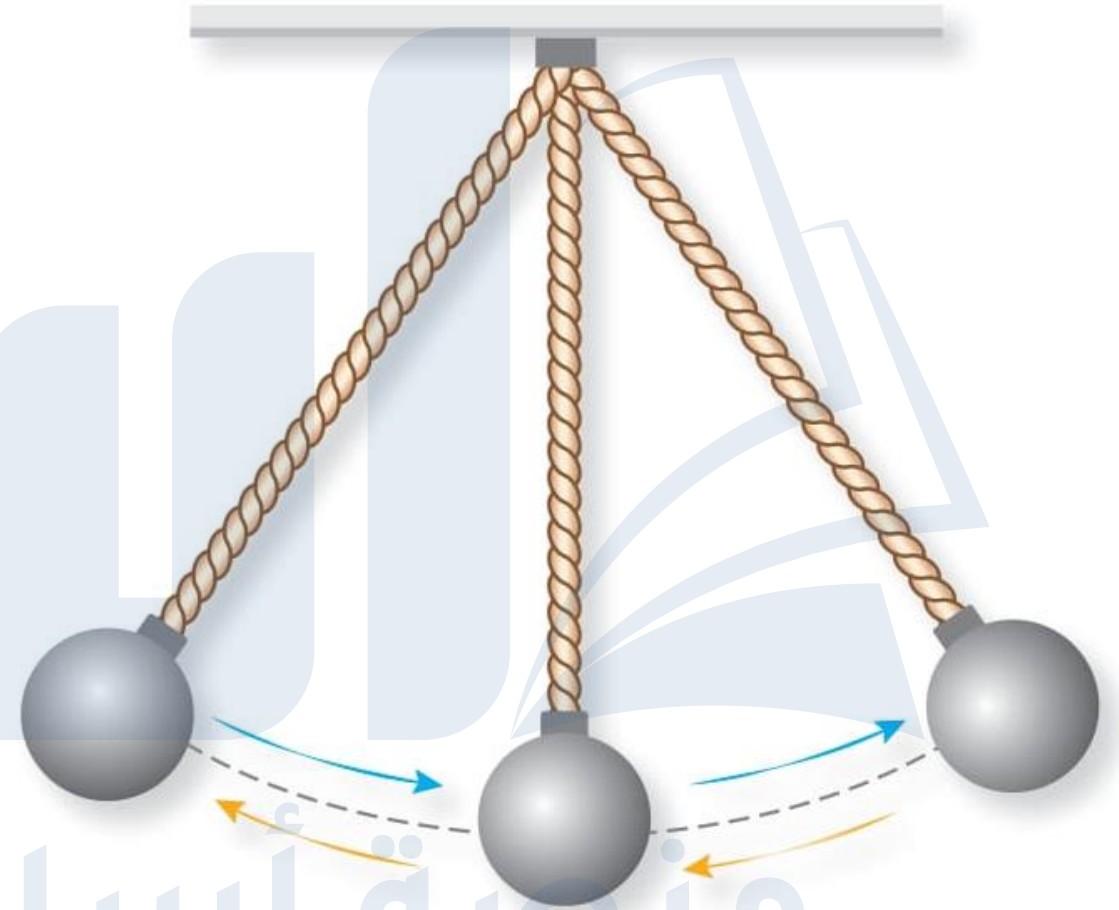
الحركة
التوافقية
البسيطة

تطبيقات
الحركة
التوافقية
البسيطة

منصة أساس النحليمية

تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

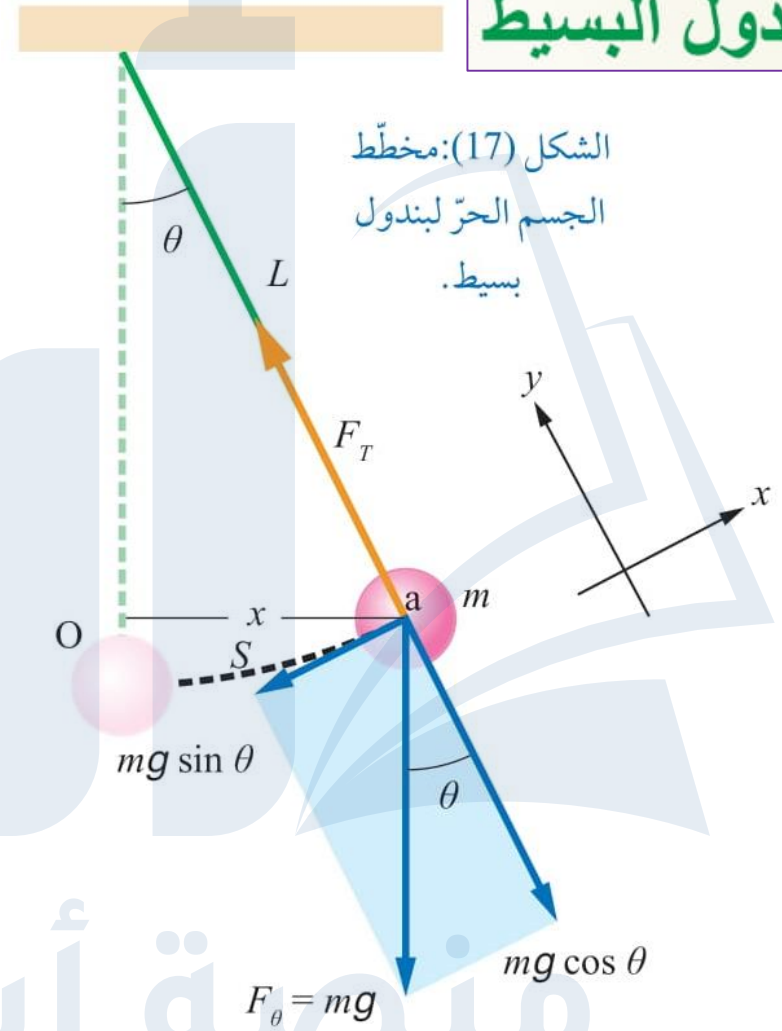
البندول البسيط



منصة أساس التعليمية

تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

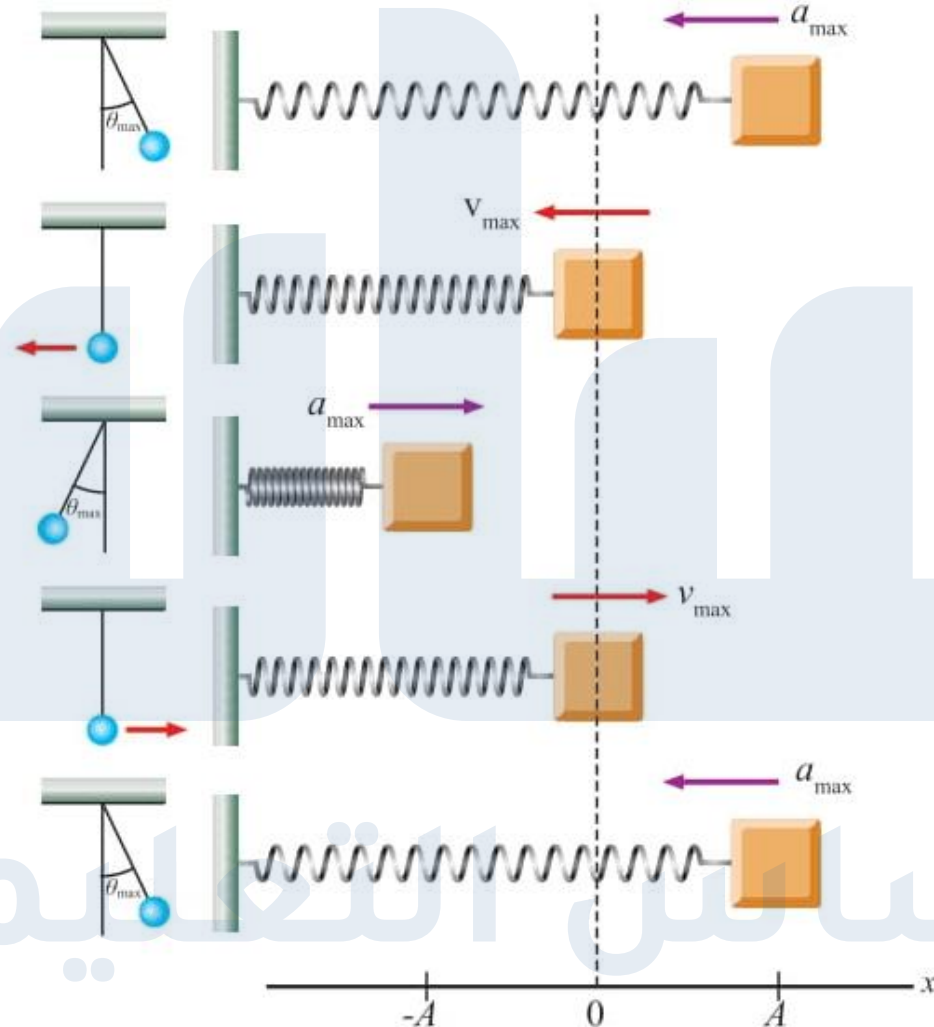
البندول البسيط



أساس التعليمية

تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

الزمن الدوري للبندول البسيط



t	x	v	a	KE	PE
0	A	0	$-\omega^2 A$	0	$\frac{1}{2}kA^2$
$T/4$	0	$-\omega A$	0	$\frac{1}{2}mv^2$	0
$T/2$	$-A$	0	$\omega^2 A$	0	$\frac{1}{2}kA^2$
$3T/4$	0	ωA	0	$\frac{1}{2}mv^2$	0
T	A	0	$-\omega^2 A$	0	$\frac{1}{2}kA^2$

تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

✓ **أتحقق:** ما العوامل التي يعتمد عليها الزمن الدوري للبندول البسيط؟

أفكر: هل يتغير الزمن الدوري للبندول بتغير أي من سعة الذبذبة أو كتلة البندول؟ أوضّح إجابتي.

منصة أساس التعليمية

المثال 9

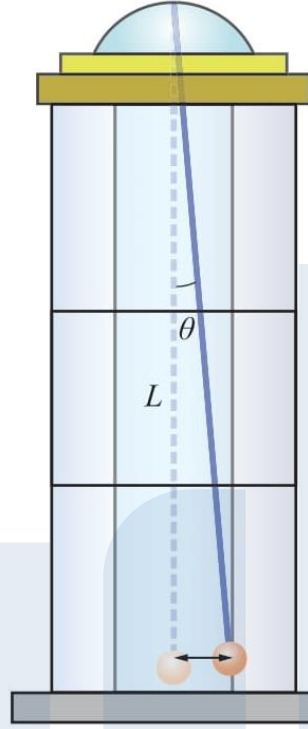
استخدم جيولوجي بندول طوله 17.1 cm لقياس مقدار تسارع السقوط الحر في منطقة على سطح الأرض، فإذا أكمل البندول 72 دورة في مدة زمنية (60 s) . أحسب تسارع السقوط الحر في تلك المنطقة.

ما مقدار الزمن الدوري للبندول نفسه على سطح القمر، حيث مقدار تسارع السقوط الحر 1.62 m/s^2

منصة أساس التعليمية

تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

المثال 10



أراد مصطفى قياس ارتفاع برج فلاحظ وجود حبل معلّق في سقف
البرج ويصل الأرض تقريبًا. ربط كرة كتلتها 10 kg بالطرف السفلي
للحبل وأزاحه مسافة مقدارها 3 m عن موقع اتّزانهِ، وتركه يتذبذب
كما في الشكل (19)، وحسب زمن الذبذبة الواحدة للبندول (عن طريق
قياس زمن عدة ذبذبات) فكان 10 s . أحسبُ:

- ارتفاع البرج.
- التردد والتردد الزاوي للبندول.
- مقدار القوة المُعيدة عند أقصى إزاحة.

منصة أساس التعليمية

المثال ١١

يتذبذب بندول الساعة بحيث يُكمل دورة واحدة في الثانية. إذا علمتُ أن سعة حركته التوافقية البسيطة تساوي (4 cm) فأحسب:

- سرعة البندول لحظة مروره بموقع الاتزان.
- تسارع البندول لحظة مروره بموقع الاتزان.

تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

أفكر: أعلّل: تسارع السقوط
الحر لا يتغير بتغير طول
خيط البندول.



منصة أساس التعليمية



مادة أساسية للتعليمية

تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

أفكر: تعتمد الساعة البندولية على الزمن الدوري للبندول للحفاظ على دقة الزمن، أفترض أن طول ساق البندول قد ازداد فهل الزمن الذي تقيسه الساعة يبقى صحيحًا أم يقل أم يزداد؟ أفسر إجابتي.

منصة أساس التعليمية

تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

تطبيقات حياتية على الحركة التوافقية البسيطة

القفز بالحبال المطاطية (بنجي) Bungee Jumping



الآلات الموسيقية

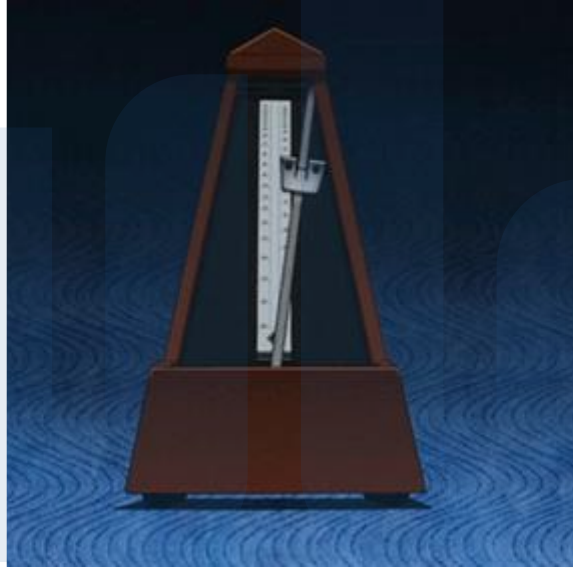


أساس التعليمية

تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

تطبيقات حياتية على الحركة التوافقية البسيطة

البندول الإيقاعي (الرقاص)



التعليمية

تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

تطبيقات حياتية على الحركة التوافقية البسيطة

✓ **أتحقّق:** ما مصدر القوّة المُعيدة في كلّ من التطبيقات الثلاثة السابقة.

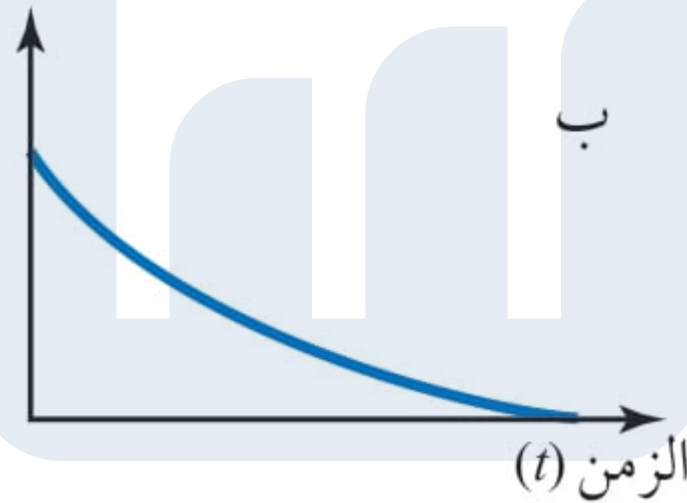
منصة أساس التعليمية

تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

الحركة التوافقية المُخمدة

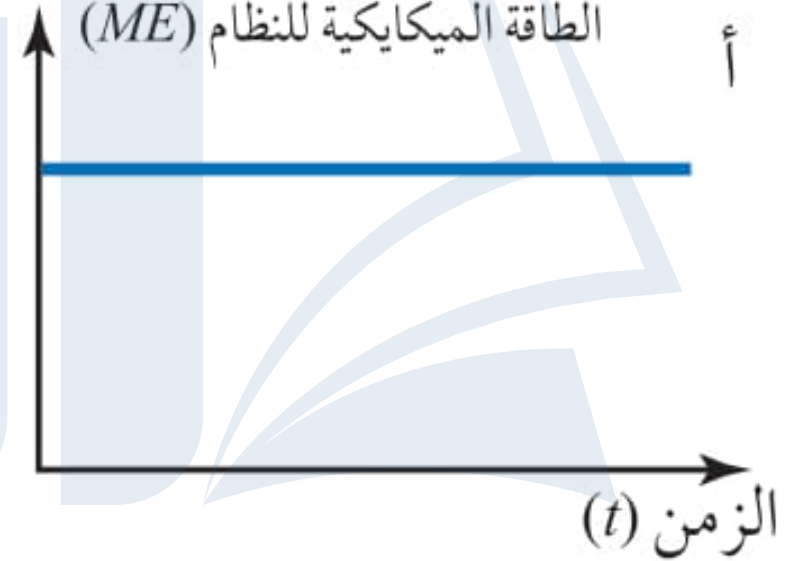
الحركة التذبذبية التي تقل سعتها مع الزمن بسبب قوى المقاومة

الطاقة الميكانيكية للنظام (ME)



بوجود قوى احتكاك.

الطاقة الميكانيكية للنظام (ME)

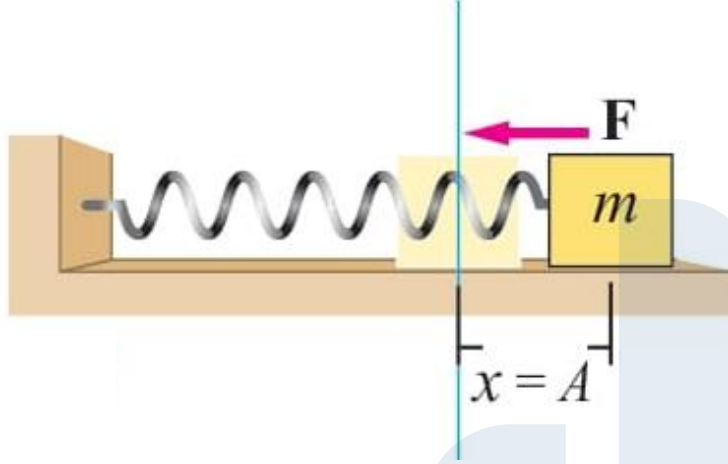


في غياب قوى احتكاك.

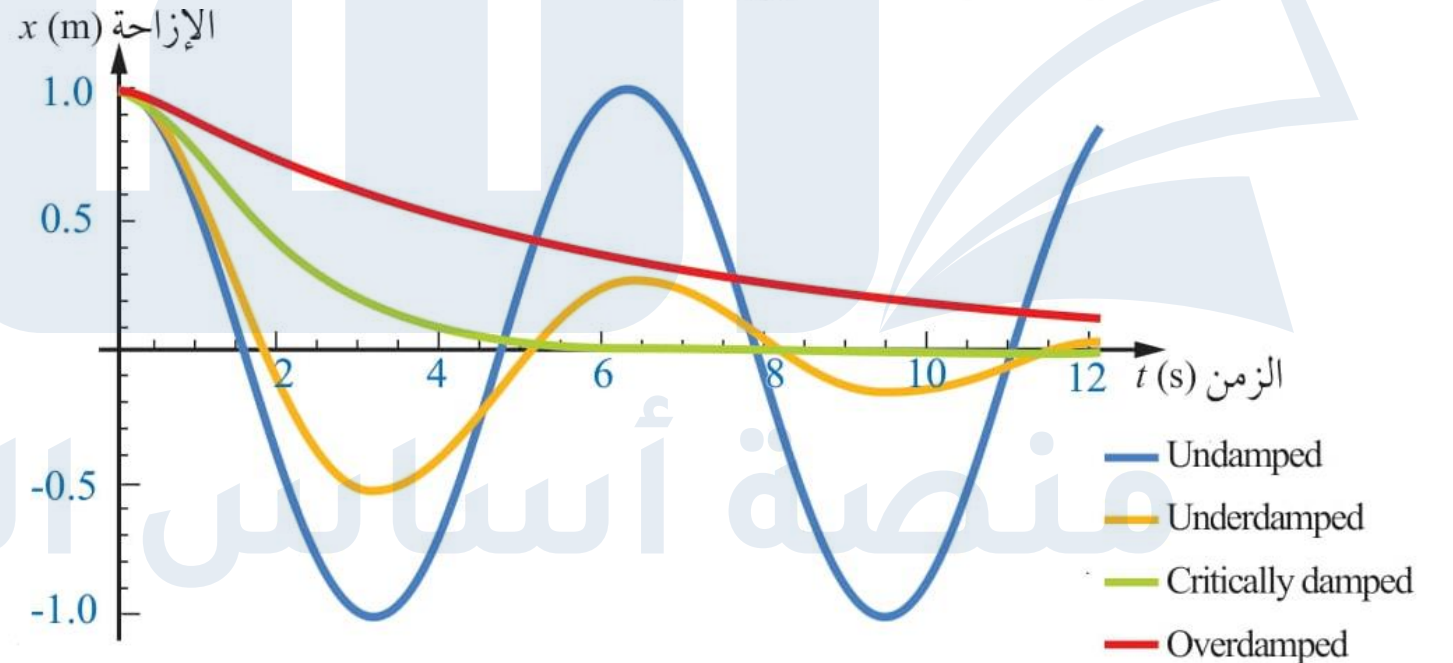
التعليمية

تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

الحركة التوافقية المُخمدة



- التخميد البسيط Underdamped: يكون التخميد في النظام متوسطاً، بحيث يتذبذب عدّة مرّات يتناقص خلالها مقدار كلّ من السعة والطاقة بالتدريج قبل أن تصل إلى الصفر، ويصل الجسم إلى موقع الاتزان، مثل حركة جسم يتصل بنابض على سطح أفقي بوجود قوة احتكاك بسيطة.

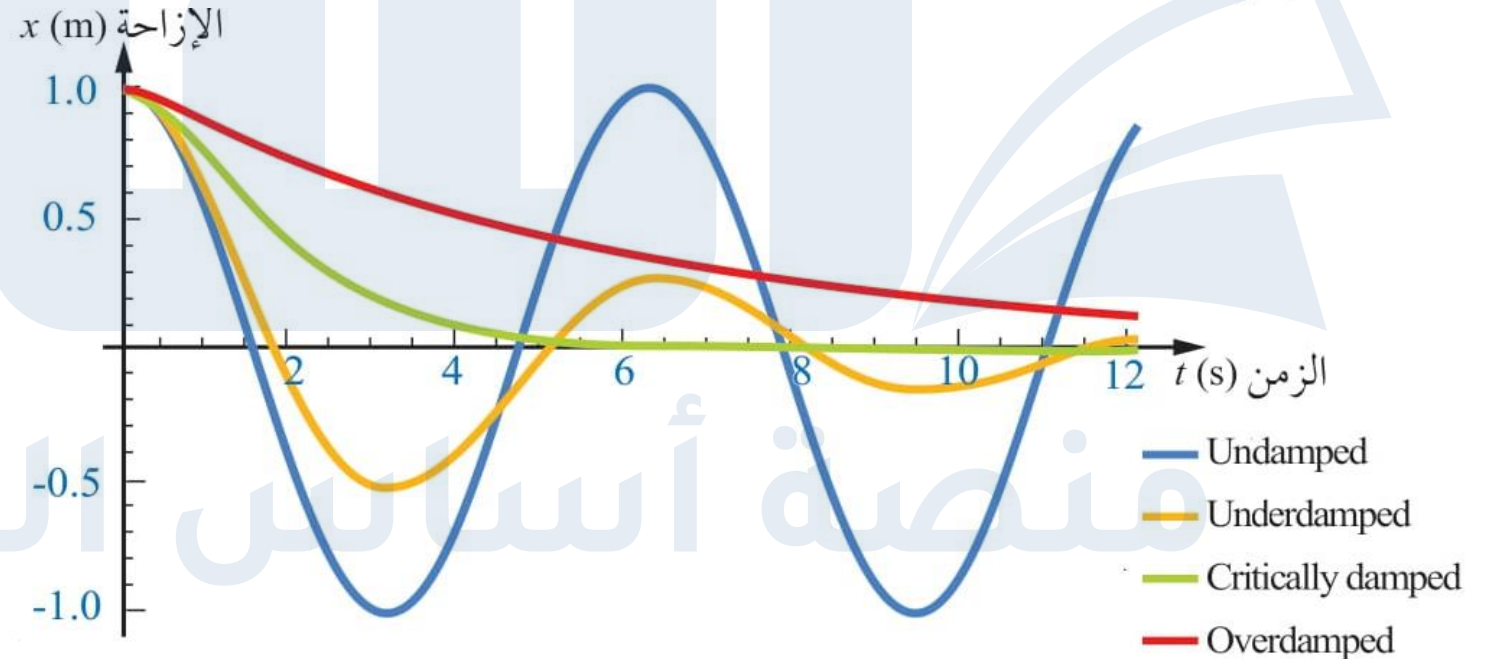


تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

الحركة التوافقية المُخمدة



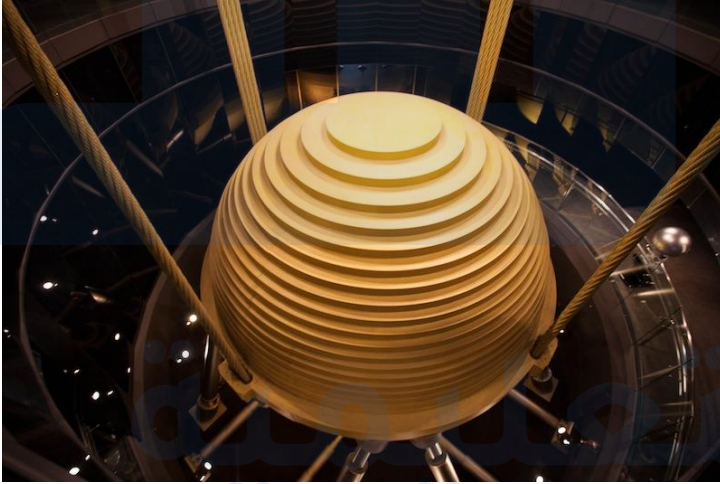
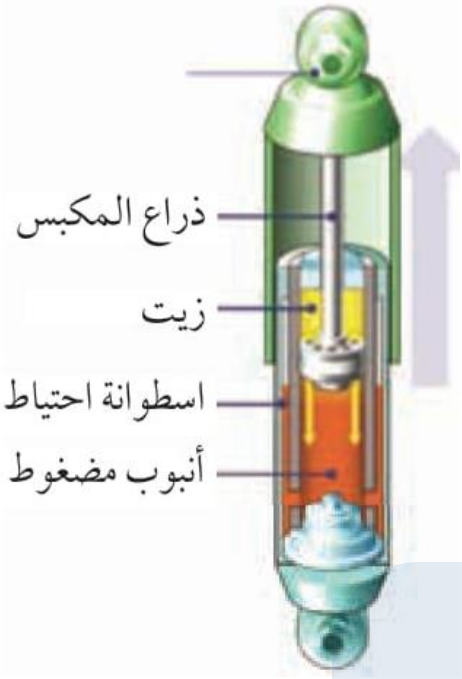
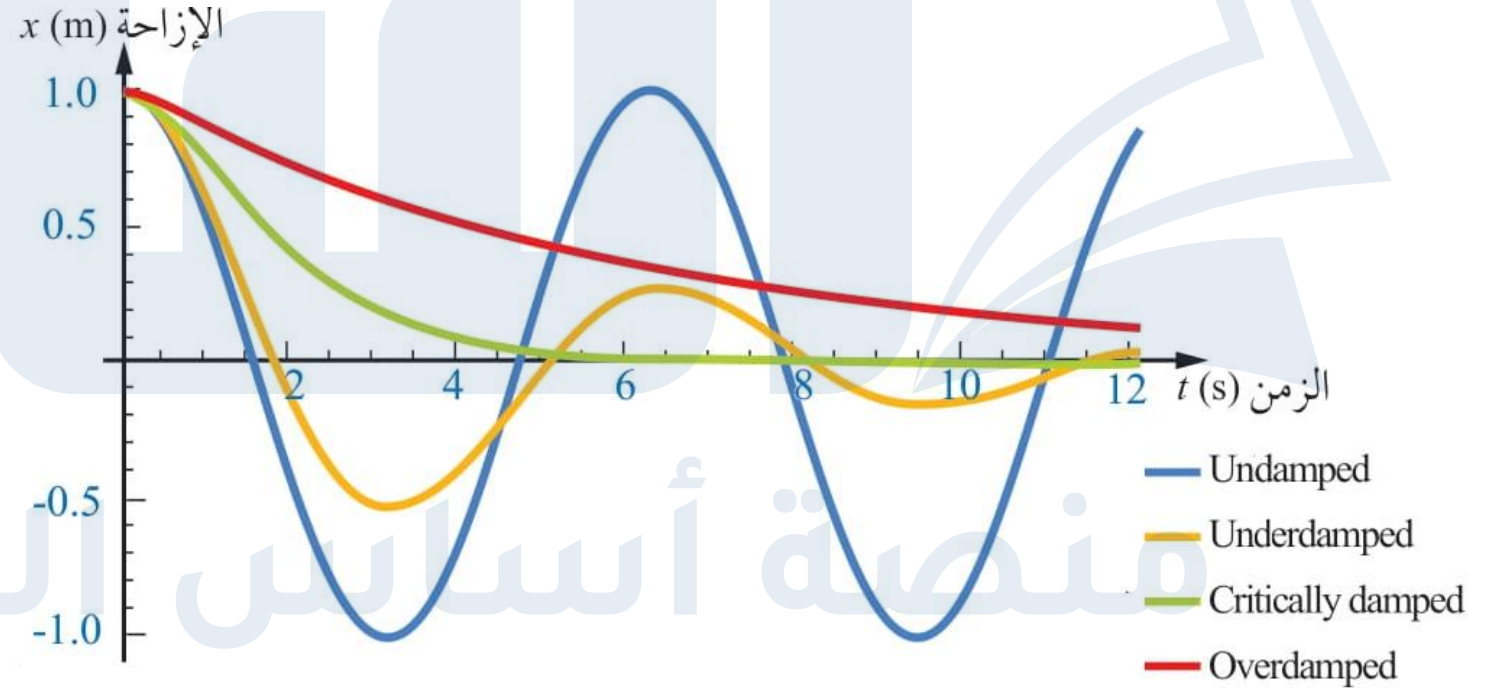
● **التخامد القوي: Overdamped:** يكون التخامد في النظام كبيرًا جدًا، بحيث يصل النظام إلى موقع الاتزان دون أن يتذبذب، ومثال على ذلك غالق الباب الهيدروليكي Hydraulic door closer أو ما يُسمى رداد الباب



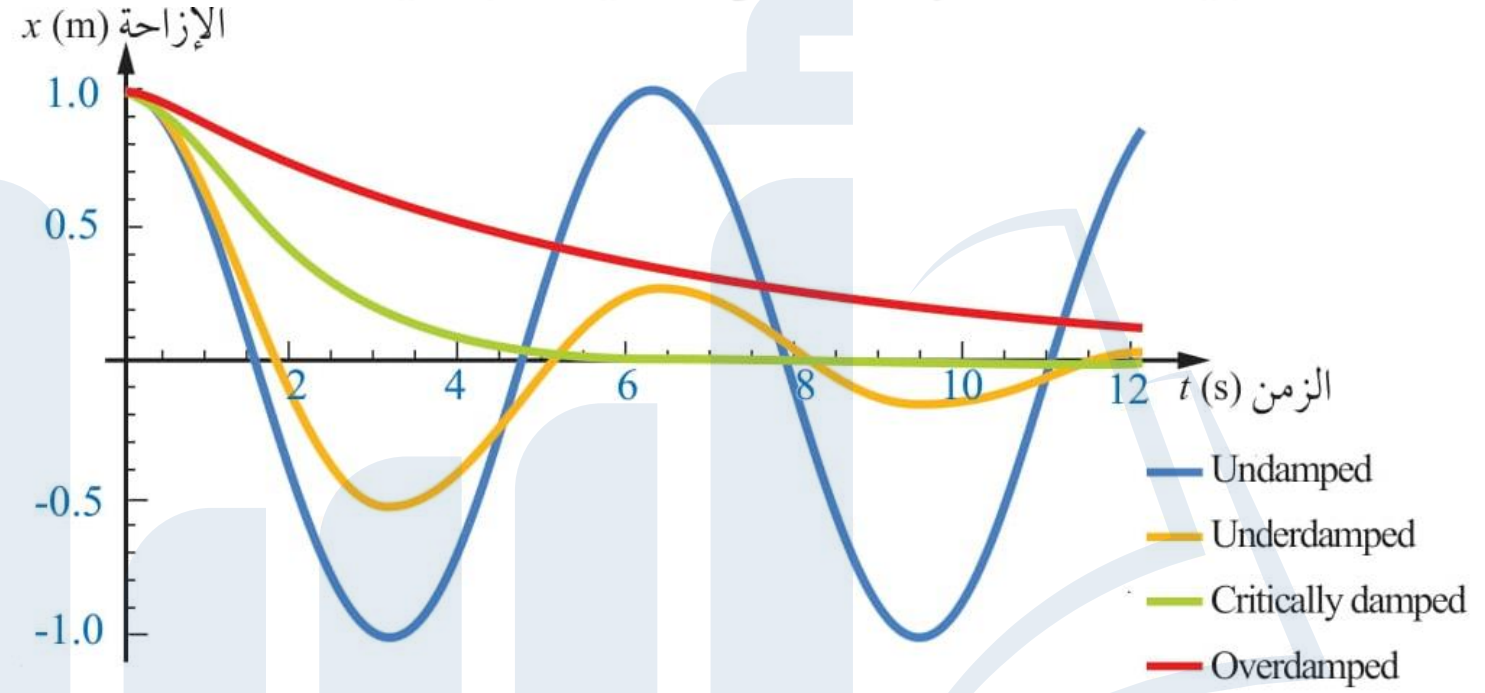
تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

الحركة التوافقية المُخمدة

- التخماد الحرج **Critically damped**: يكون التخماد في النظام كبيراً، ويتجه نحو موقع الاتزان في زمن أقصر من الزمن في حالة التخماد القوي دون أن يتذبذب



تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة



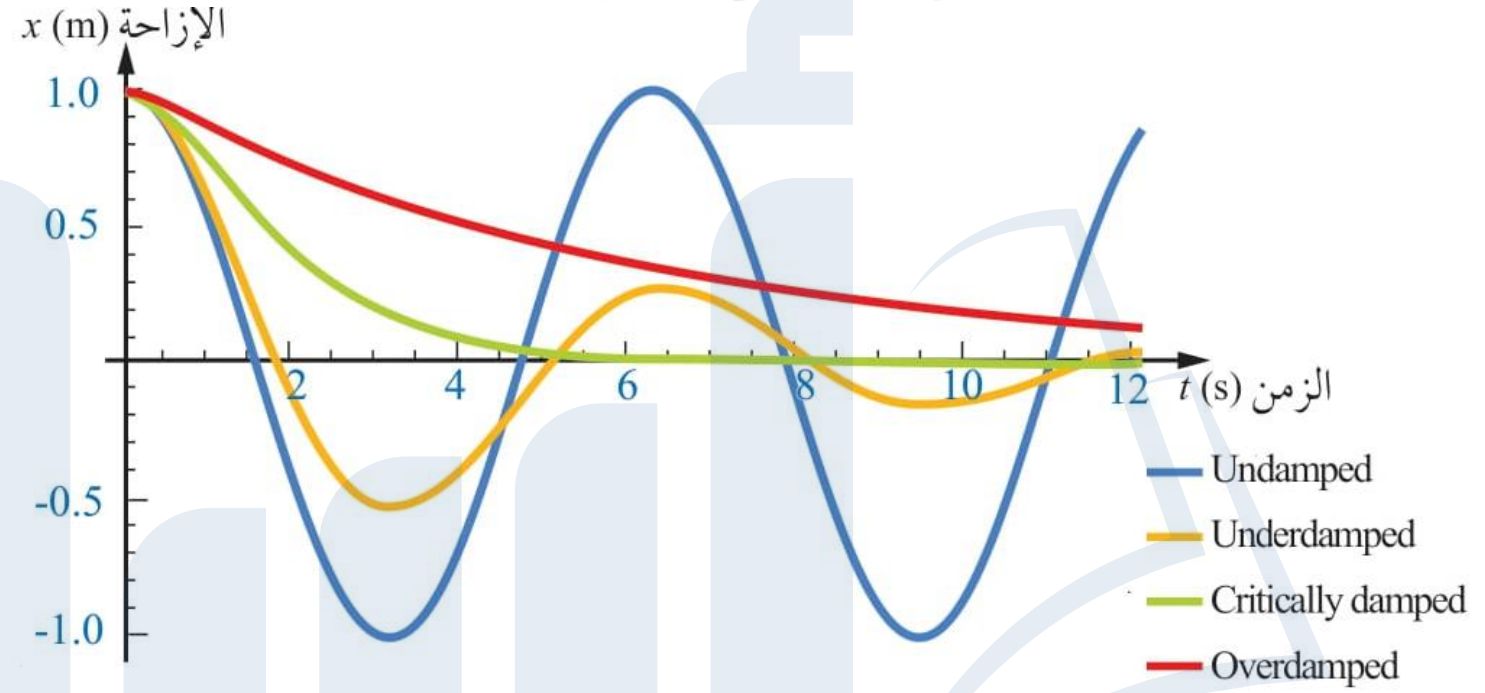
غير المتخامد Undamped : السعة ثابتة.

التخامد البسيط Underdamped : تقل سعة التذبذب بالتدريج

إلى أن تصل إلى الصفر بحيث يتذبذب عدة مرات إلى أن يصل إلى موقع الاتزان.

- بناءً على الشكل، أقرن بين المنحنيات الأربعة من حيث
- تغير السعة مع الزمن.

تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة



• التخماد الحرج Critically damped: يصل النظام إلى موقع الاتزان في زمن أقصر من الزمن في حالة التخماد القوي دون أن يتذبذب.

بناءً على الشكل، أقرن بين المنحنيات الأربعة من حيث تغيّر السعة مع الزمن.

• التخماد القوي Overdamped: يصل النظام إلى موقع الاتزان دون أن يتذبذب.

تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

الحركة التوافقية المُخمدة

بالنسبة إلى النظام الخاضع للاهتزاز القسري Forced oscillation (النظام الذي تؤثر فيه قوى خارجية إضافية)؛ فإن القوة الخارجية الإضافية تبذل شغلاً يزود النظام بالطاقة باستمرار، للتغلب على الطاقة الضائعة بسبب قوة الاحتكاك وغيرها من المقاومات. فمثلاً، إذا دفعتُ أرجوحة باستمرار فإنّها تستمر في التذبذب ولا تتخامد حركتها.



منهجية أساس التعليم

تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

✓ **أتحقق:** ما سبب تخامد أنظمة التذبذب الحرّة؟ وما تأثير ذلك على كلّ من طاقة النظام وسعة التذبذب؟

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.

منصة أساس التعليمية

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسية:** ما الشروط اللازم تحقيقها في البندول البسيط؛ كي يتذبذب في حركة توافقية بسيطة؟ وما مصدر القوة المُعيدة في البندول البسيط.

شرطي الحركة التوافقية البسيطة في البندول البسيط هما:

- تتناسب القوة المُعيدة طرديًا مع مقدار الإزاحة x حسب العلاقة: $F = -\left(\frac{mg}{L}\right)x$.
- اتجاه القوة المُعيدة باتجاه معاكس لاتجاه الإزاحة x (باتجاه موقع الاتزان دائمًا)، وذلك في حالة الزوايا الصغيرة ($\sin \theta \approx \theta$).

مصدر القوة المُعيدة في البندول البسيط: مركبة الوزن باتجاه المماس لاتجاه الحركة $\sum F_x$.

مراجعة الدرس

2. **أحلّ المشكلات:** يستخدم جد ليلي ساعة بندولية تعتمد على الزمن الدوري للبندول، وذات يوم لاحظ أن ساعته غير دقيقة؛ فنظرت ليلي إلى ساعتها فكانت 5:15 PM بينما ساعة جدّها 5:00 PM . كيف يمكن ليلي ضبط ساعة جدّها بحيث تقيس الزمن بدقّة دون تقديم أو تأخير. من خلال تغيير طول بندول الساعة ليصبح حسب العلاقة:

مراجعة الدرس

3. **أستخدم المتغيرات:** طفل كتلته 15 kg يجلس في أرجوحة كتلتها 5 kg مربوطة بحبل مثبت من الأعلى. إذا دُفع الطفل مسافة صغيرة ثم تُرك ليبدأ بالتحرك حركة توافقية بسيطة زمنها الدوري 4 s فأحسب:

- أ. التردد الزاوي.
- ب. طول الحبل.

تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

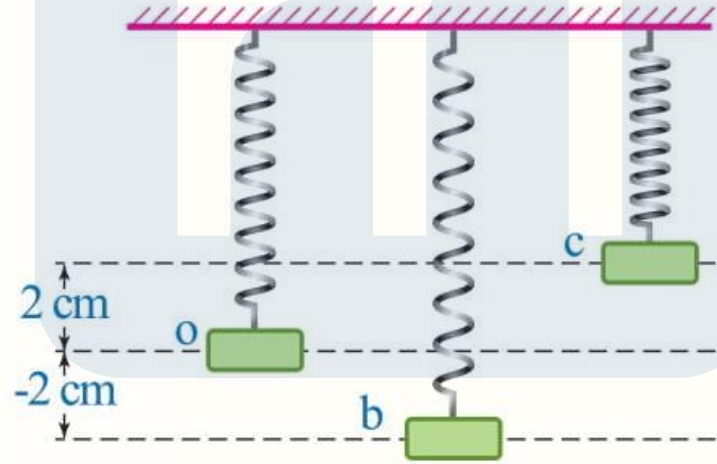
مراجعة الدرس

4. **أستخدم المتغيرات:** علّق جسم بنابض، وبعد أن استقر عند الموقع o كما في الشكل، سُحِبَ إلى أسفل عند الموقع b ، ثم تُرِكَ يتذبذب رأسياً إلى الأعلى والأسفل بين الموقعين $(b$ و $c)$. إذا استغرق الجسم زمناً قدره 0.6 s في أثناء حركته من b إلى c ، فأحسب:

أ. الزمن الدوري.

ب. التردد الزاوي.

ج. تسارع الجسم عند الموقع c .



منصة أساس التعليمية

مراجعة الدرس

5. **التفكير الناقد:** ساعة بندولية يكمل بندولها ذبذبة واحدة في زمن مقداره ثانية واحدة عندما يكون طوله L . إذا تضاعف طول البندول أربع مرّات ($4L$)، فكم ذبذبة يكمل البندول في زمن مقداره ثانية واحدة.

تطبيقات الحركة التوافقية البسيطة

مراجعة الدرس

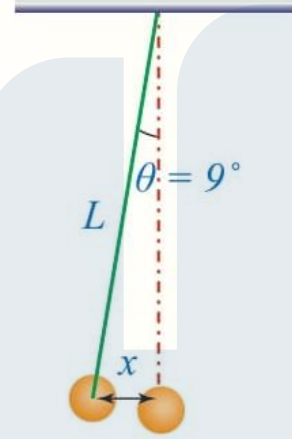
6. **أستخدم المتغيرات:** بندول بسيط كتلته 0.25 kg وطوله 80 cm .

إذا أُزِيح زاوية 9° كما في الشكل ثم تُرك يتذبذب في حركة توافقية بسيطة، فأحسب:

أ. الزمن الدوري.

ب. أقصى إزاحة x .

ج. القيمة العظمى للسرعة.



منصة أساس التعليمية



يقول الشاعر:

ومن يتهَيَّب صعود الجبال
يَعِشْ أَبَدَ الدهر بين الحفر

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الحركة
التوافقية
البسيطة

أسئلة
الوحدة

منصة أساس التعليمية

أسئلة الوحدة – الحركة التوافقية البسيطة

1. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

1. أي الكميات الآتية متعاكستان دائماً في الاتجاه في الحركة التوافقية البسيطة:

- أ. السرعة والإزاحة.
- ب. السرعة والتسارع.
- ج. التسارع والإزاحة.
- د. القوة المعيدة والتسارع.

2. جسم كتلته m معلق بنابض رأسي ويتذبذب إلى أعلى وأسفل في حركة توافقية بسيطة والزمن الدوري لتذبذبه T ، فإذا استبدل جسم آخر كتلته $2m$ بالجسم ذي الكتلة m فإن الزمن الدوري لتذبذب الجسم $2m$ يساوي:

- أ. $2T$
- ب. $\sqrt{2} T$
- ج. T
- د. $\frac{T}{\sqrt{2}}$

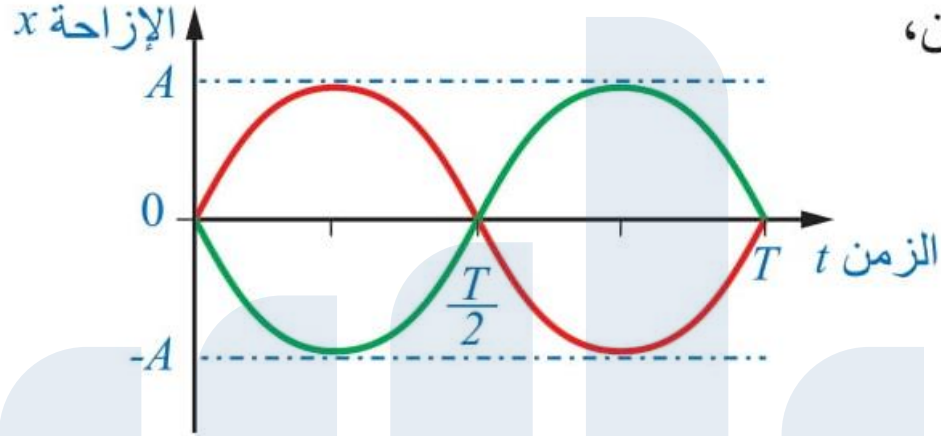
3. إذا تغيرت السعة فقط لحركة كرة تتحرك حركة توافقية بسيطة؛ فأي مما يأتي يبقى ثابتاً:

- أ. الطاقة الميكانيكية للكرة.
- ب. القيمة العظمى للسرعة.
- ج. القيمة العظمى للتسارع.
- د. الزمن الدوري.

أسئلة أسس التعليمية

أسئلة الوحدة – الحركة التوافقية البسيطة

1. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:



4. يُمثّل الشكل منحنَيّ (الإزاحة – الزمن) لحركة نابضين،

فرق الطور بين المنحنيين يساوي بوحدة rad:

- أ. $\frac{\pi}{4}$ ب. $\frac{\pi}{2}$ ج. π د. 2π

5. بندول طوله L يتذبذب في حركة توافقية بسيطة بتردد زاوي ω ، إذا تناقص طول البندول إلى الربع؛ فإنّ التردد الزاوي للبندول:

- أ. $\frac{\omega}{2}$ ب. $\frac{\omega}{4}$ ج. ω د. 2ω

منصة أساس التعليمية

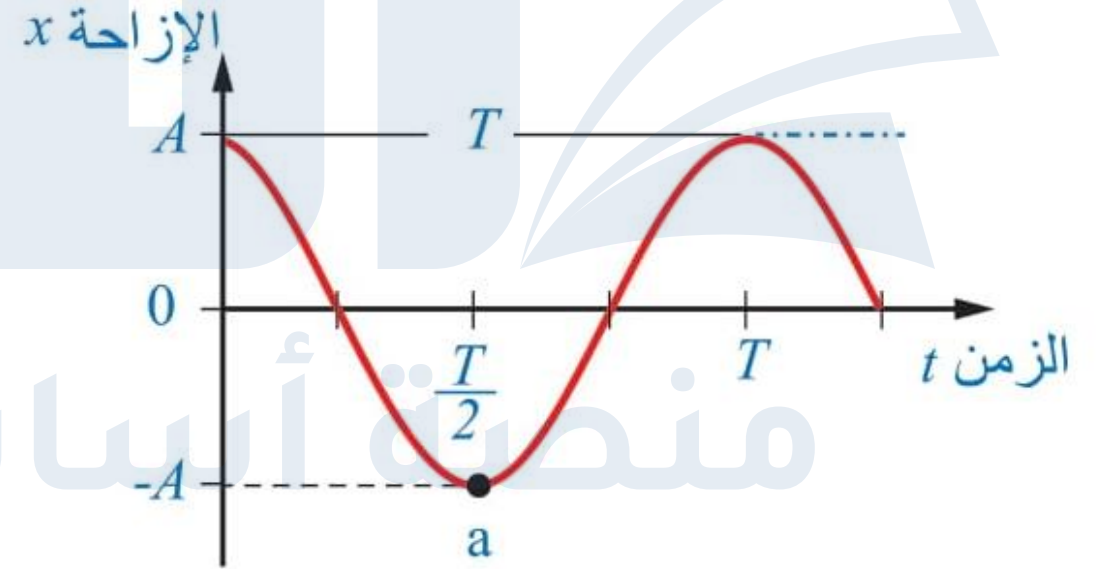
أسئلة الوحدة – الحركة التوافقية البسيطة

1. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

6. تتصل كتلة بنابض على سطح أملس أفقي وتتحرّك حركة توافقية بسيطة، فإذا مُثلّت العلاقة بين الإزاحة والزمن كما في الشكل؛ فإنّ كلّاً من سرعة الكتلة والقوة المُعيدة عند النقطة a توصف على النحو الآتي:

أ. $(v : +, F : -)$ ب. $(v : -, F = 0)$

ج. $(v = 0, F : +)$ د. $(v = 0, F : -)$



منظمة أساسيات التعليم

أسئلة الوحدة – الحركة التوافقية البسيطة

1. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

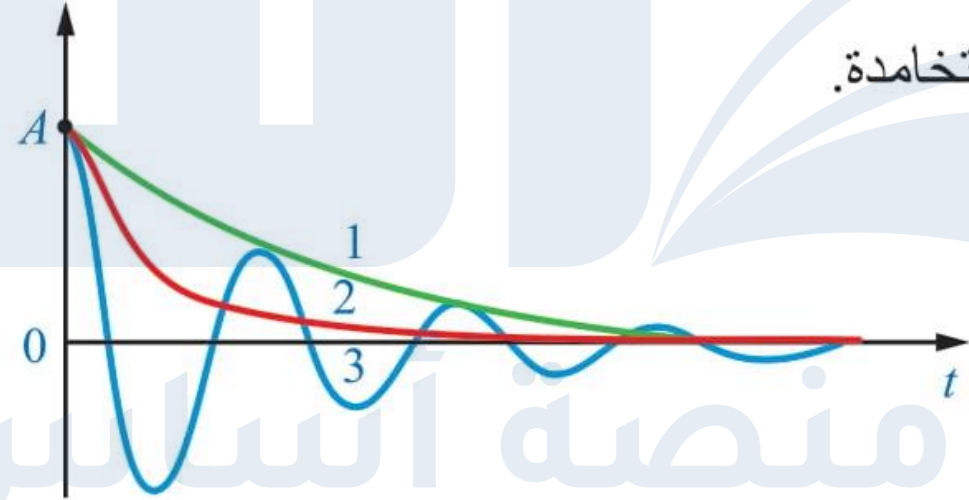
7. يُمثّل المنحنى رقم 2 في الشكل حالة:

أ. تخامد بسيط.

ب. تخامد قوي.

ج. تخامد حرج.

د. غير متخامدة.



منصة أساتس التعليمية

أسئلة الوحدة – الحركة التوافقية البسيطة

1. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

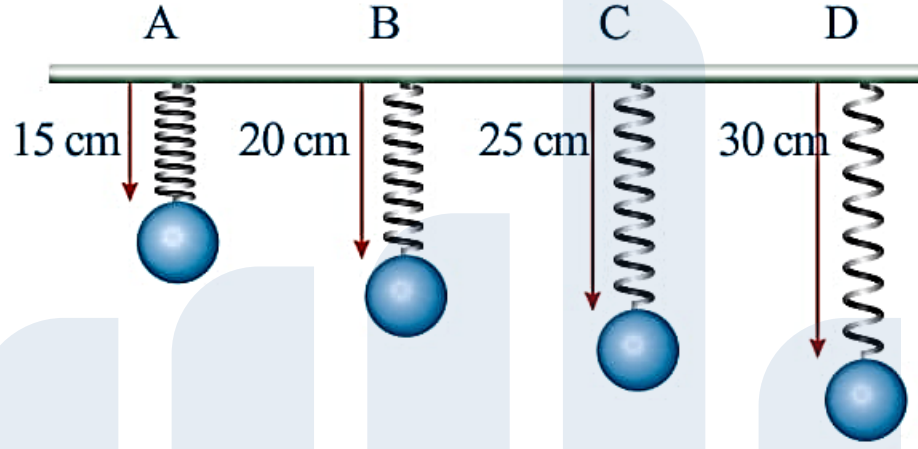
8. تتأرجح فدوى في أرجوحة بحركة توافقية بسيطة بزمان دوري T ، فإذا ركب معها في الأرجوحة شقيقها مصطفى وكتلته مساوية لكتلة فدوى واستمرا في التأرجح؛ فإن الزمن الدوري يساوي:

- أ. $\sqrt{2} T$ ب. $2T$ ج. T د. $\frac{T}{2}$

منصة أساس التعليمية

أسئلة الوحدة - الحركة التوافقية البسيطة

1. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:



9. علّقت أربع كرات متماثلة بأربعة نوابض متساوية في الطول؛ فاستطال كل منها مسافة مختلفة حتى استقرت الكرات كما في الشكل. إذا سُحِبَت كلّ كرة المسافة نفسها إلى أسفل وُثِرَت وتذبذب إلى أعلى وأسفل، فأَيّ الكرات تتذبذب بزمان دوري أكبر؟

- أ . A
ب . B
ج . C
د . D

أسئلة الوحدة – الحركة التوافقية البسيطة

1. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي:

10. أجرت الطالبة تقوى ثلاث تجارب لقياس تسارع السقوط

الحر؛ باستخدام البندول البسيط كما في الشكل. أيّ نتائج

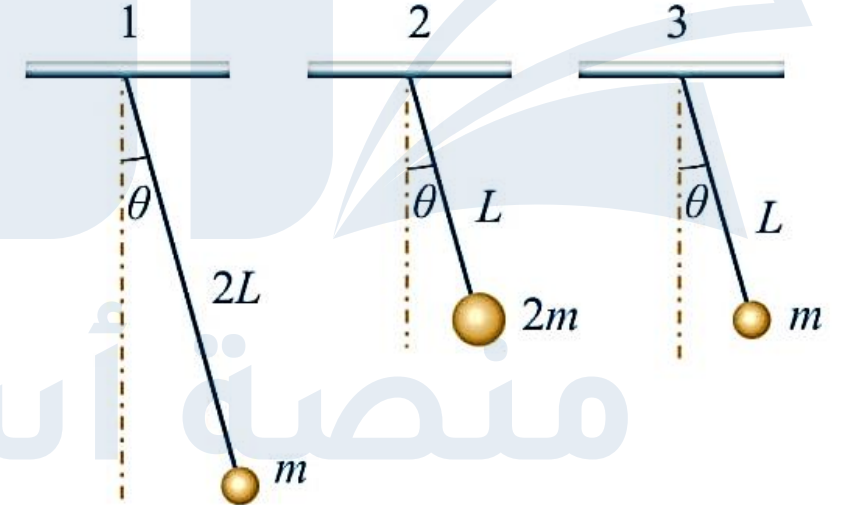
تلك التجارب تُمثّل القيمة الصحيحة لتسارع السقوط الحر؟

أ. 1 فقط.

ب. 2 فقط.

ج. (1، 2) فقط.

د. جميعها.



منصة أساس التعليم

أسئلة الوحدة – الحركة التوافقية البسيطة

2. أفسّر:

أ . تقيس الساعة البندولية الزمن بدقّة متناهية في منطقة تقع أسفل جبل. إذا نُقلت إلى منطقة أعلى الجبل فهل تتغيّر دقّة قياسها للزمن؟ أوضّح ذلك.

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. بندول زاويته ($\theta = 30^\circ$) يتحرك حركة تذبذبية، هل تعد حركته حركة توافقية بسيطة؟ أفسّر إجابتي.

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

أسئلة الوحدة - الحركة التوافقية البسيطة

3. **التفكير الناقد:** ينزلق جسم كتلته m داخل تجويف نصف كروي أملس نصف قطره R ، أثبت أنه إذا بدأ الحركة التذبذبية من السكون بإزاحة صغيرة عن موقع الاتزان؛ فإن الجسم يتحرك حركة توافقية بسيطة بتردد زاوي:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{R}}$$

منصة أساس التعليمية

أسئلة الوحدة - الحركة التوافقية البسيطة

4. **أحسب:** يتذبذب جسم معلق بنابض بشكل رأسي في حركة توافقية بسيطة بتردد 1.8 Hz وسعة 3.6 cm أحسب سرعة الجسم عندما تصبح إزاحته 50% من أقصى إزاحة خلال حركته إلى الأسفل.

منصة أساسس التعليمية

أسئلة الوحدة – الحركة التوافقية البسيطة

5. **أستخدم المتغيرات:** يتحرك مكبس محرك سيارة إلى أعلى وأسفل بحركة توافقية بسيطة بتردد 7500 Hz . إذا علمت أن الإزاحة التي يتحركها المكبس من الأعلى إلى الأسفل في الدورة 30 cm ، فأحسب السرعة العظمى للمكبس.

منصة أساسس التعليمية

أسئلة الوحدة - الحركة التوافقية البسيطة

6. **أستخدم المتغيرات:** يتذبذب جسم في حركة توافقية بسيطة حسب المعادلة الآتية:

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

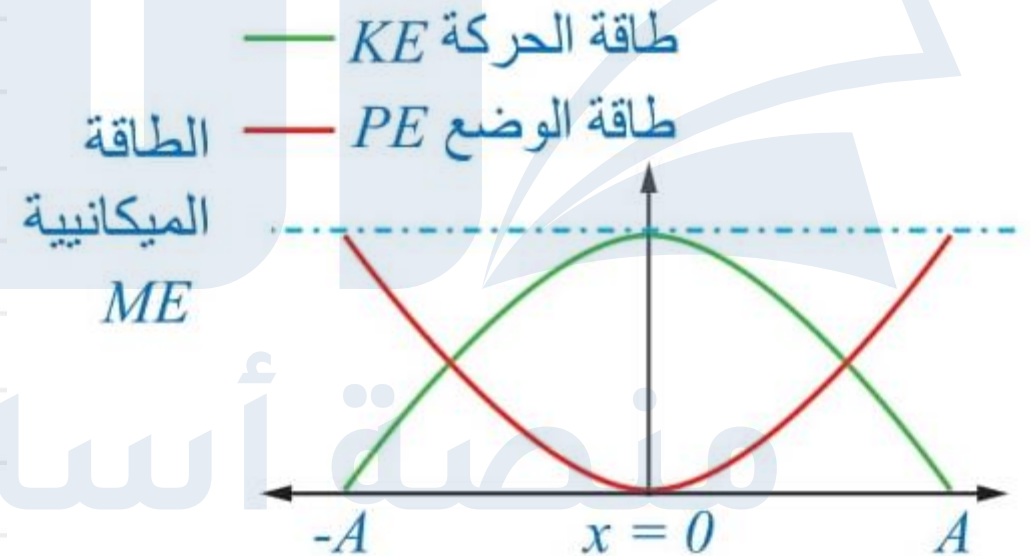
- حيث الإزاحة x بوحدة cm، والزمن t بوحدة s، وبدأ الحركة التذبذبية من الزمن $(t = 0)$ أجد:
- أ. السعة والتردد الزاوي وزاوية الطور.
 - ب. الزمن الدوري.
 - ج. إزاحة الجسم وسرعته بعد 0.02 s من بدء الحركة.

منصة أساس التعليمية

أسئلة الوحدة - الحركة التوافقية البسيطة

7. **التفكير الناقد:** أثبت أن الإزاحة الأفقية من موقع الاتزان للنقطة التي تتساوى عندها طاقة الوضع مع الطاقة الحركية في الشكل المجاور، لجسم يتذبذب بحركة توافقية بسيطة تُعطى بالعلاقة:

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



أسئلة الوحدة - الحركة التوافقية البسيطة

8. **أرسم:** بدأ مكعب بالتذبذب من موقع الاتزان بحركة توافقية بسيطة. إذا كانت السعة 80 mm والزمن الدوري

2.5 s فأجيب عمّا يأتي:

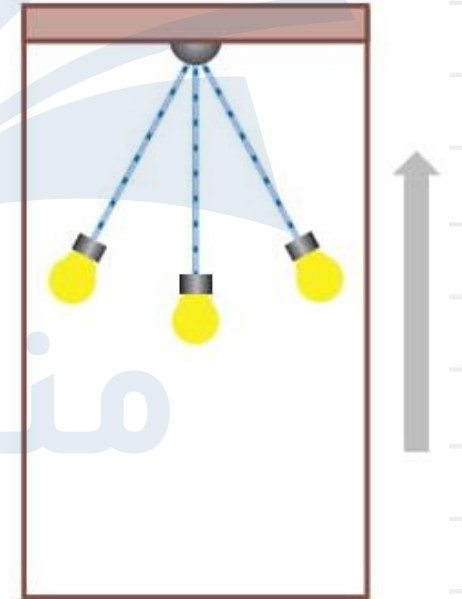
أ. أكتب معادلة الإزاحة بالنسبة إلى الزمن بحيث تكون وحدة السعة m والتردد الزاوي rad/s والزمن s .

ب. أرسم العلاقة البيانية للإزاحة - الزمن لدورتين كاملتين.

منصة أساس التعليمية

أسئلة الوحدة - الحركة التوافقية البسيطة

9. **أحلّ:** قيس الزمن الدوري لمصباح معلق بسقف مصعد ساكن في أثناء تذبذبه في حركة توافقية بسيطة كما في الشكل. أصف التغير الذي يطرأ على الزمن الدوري لحركة المصباح عندما يتحرك المصعد:
- أ. بتسارع ثابت إلى أعلى.
 - ب. بسرعة ثابتة.



منصة أساس التعليمية

أسئلة الوحدة - الحركة التوافقية البسيطة

10. **أحسب:** بندول بسيط كتلته 50 g سُحِب مسافة مقدارها 12 cm من موقع الاتزان، ثم تُرك يتذبذب في حركة توافقية بسيطة بـ زمن دوري 2.9 s . أحسب:

أ. طول البندول.
ب. الطاقة الحركية العظمى للبندول.

منصة أساس التعليمية

أسئلة الوحدة – الحركة التوافقية البسيطة

11. **أستخدم المتغيرات:** عربة كتلتها 0.5 kg تتصل بنابض على سطح أفقي أملس، وتتحرك حركة توافقية

بسيطة، مثلت العلاقة بين طاقة الوضع للعربة والإزاحة كما في الشكل. أحسب مستعيناً بالشكل ما يأتي:

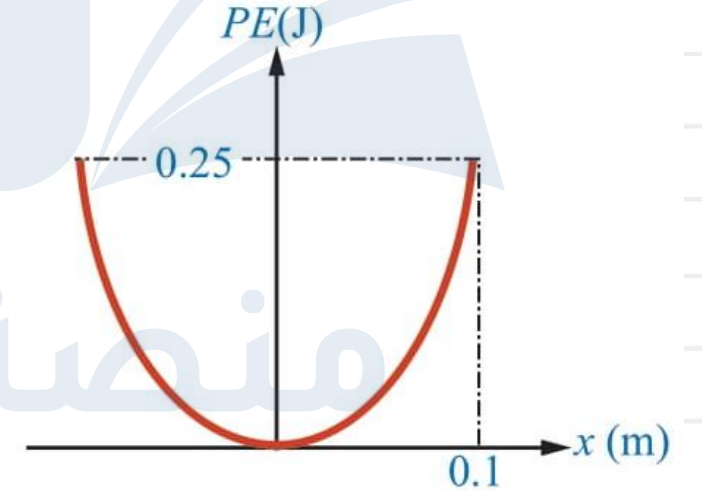
أ. الطاقة الميكانيكية.

ب. ثابت النابض.

ج. طاقة الوضع المرونية؛ عندما تكون العربة

على بعد 5 cm من موقع الاتزان.


د. القيمة العظمى للتسارع.



منصة أساس التعليم



الإنسان الناجح
هو الذي يخلق فهمه
قبل أن يخلق الناس آذانهم
ويفتح أذنيه
قبل أن يفتح الناس أفواههم



أسئلة الوحدة – الحركة التوافقية البسيطة

11. **أحلل:** يتذبذب جسم كتلته (100 g) يتّصل بنابض افقي في حركة توافقية بسيطة على نحو ما هو مبين في الشكل

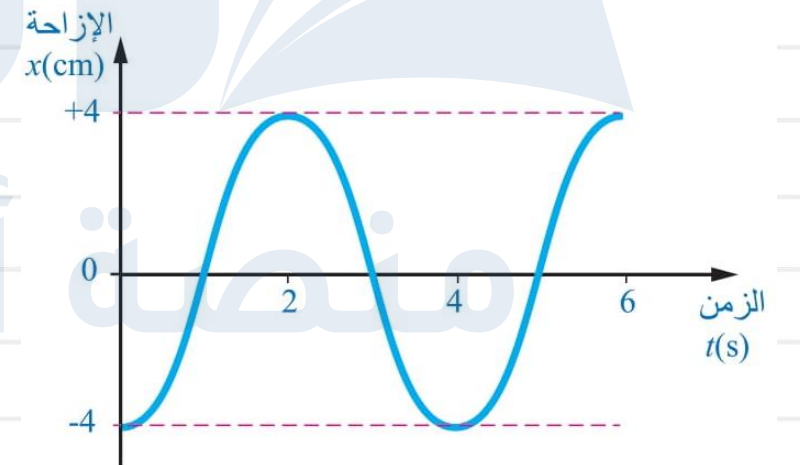
المجاور ، مستعينًا بالبيانات المثبتة على الشكل:

أ . أحسبُ التردد الزاوي.

ب. أحسبُ الطاقة الحركية العظمى للجسم.

ج. أكتبُ معادلة تغيّر موقع الجسم مع الزمن.

د . أحسبُ طاقة الوضع والطاقة الحركية بعد (1.2s) من بدء الحركة.



أسئلة الوحدة – الحركة التوافقية البسيطة

12. **أستخدم المتغيرات:** يتذبذب جسم كتلته (m) يتصل بنابض مهمل الكتلة ثابت النابض له ($k = 20 \text{ N/m}$). إذا كانت أقصى إزاحة للنابض عن موقع الاتزان ($A = 8 \text{ cm}$)، وسرعة النابض العظمى $v_{\max} = 0.16 \text{ m/s}$ أحسب:

- أ . السرعة الزاوية للنابض.
- ب . الزمن الدوري للنابض.
- ج . قيمة التسارع العظمى للنابض.
- د . كتلة الجسم.

منصة أساسس التعليمية