هكر الفيزياء

الفصل الثاني

الحركة التوافقية البسيطة

شرح الـــــدرس الأول

تانية بكالوريا

2021



تذكر

$v = \frac{2\pi r}{T}$

$T = \frac{1}{F} = \frac{t}{N}$

$a_c = \frac{v^2}{r}$

$f_c = m a_c = \frac{m v^2}{r}$

$\omega = \frac{v}{r}$

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

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

$a_c = \frac{v^2}{r}$

$a_c = \frac{\omega^2 r^2}{r}$

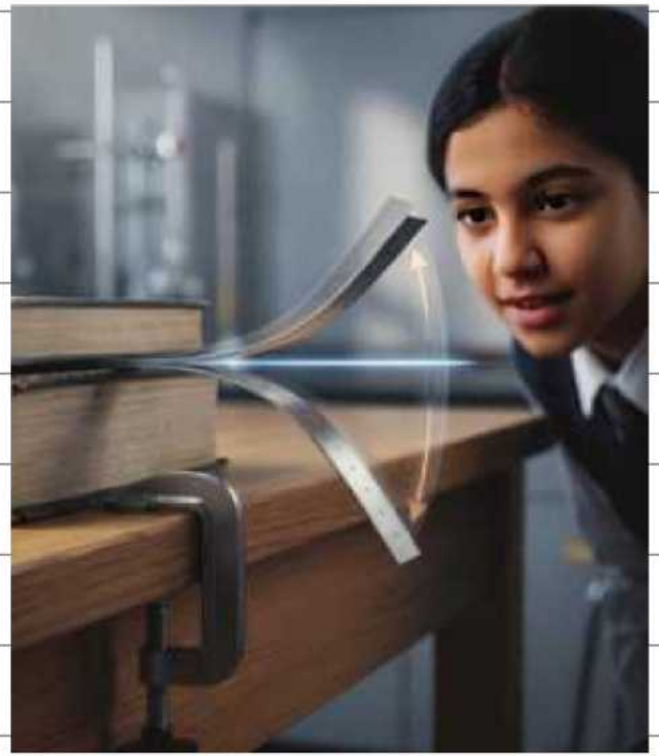
$a_c = \omega^2 r$

$F = -kx$

سؤال الدرس؟



تهتز المسطرة عندما يتم إزاحة طرفها الحر وتركه على حافة المكتب. ما الذي يحدد تردد هذا الاهتزاز

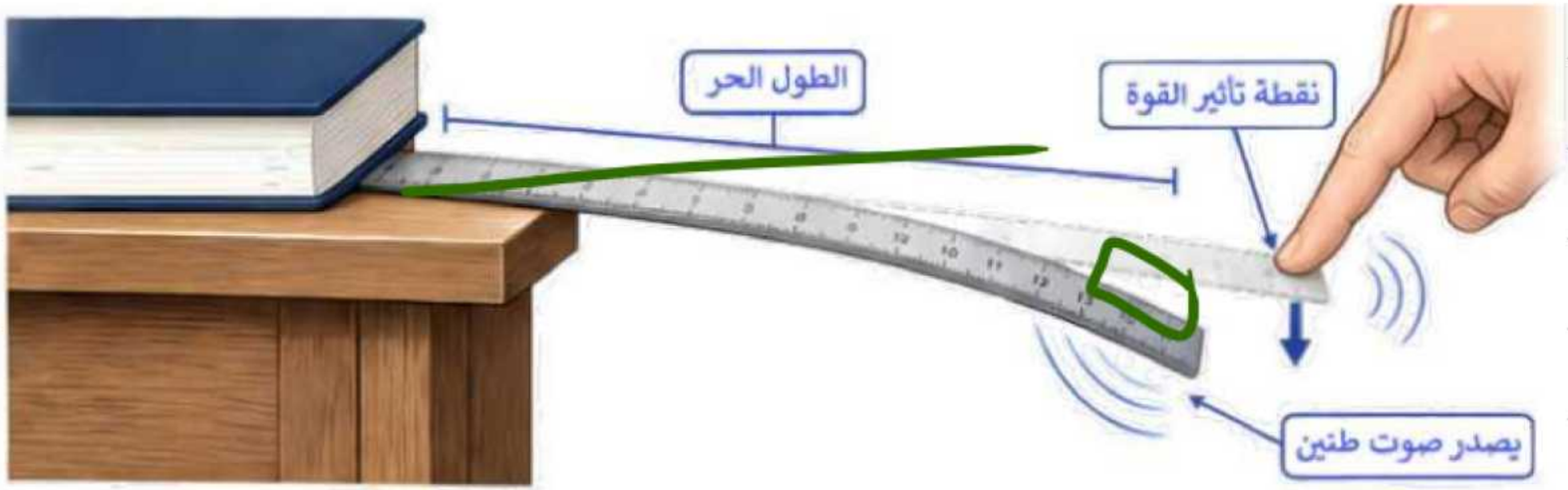


توقع اجابة الاسئله دي



{أ} أثناء الاهتزاز، هل تتحرك طرف المسطرة بأقصى سرعة عندما يمر بموضع الاتزان أم عند نقطتي {أقصى إزاحة يميناً أو يساراً}؟

{ب} عند نقطة {أقصى إزاحة يميناً أو يساراً}، يكون الطرف ساكناً للحظة. هل تكون قوة الاستعادة تساوي صفراً عند هذه النقطة؟ فسّر إجابتك.



اكتشف بنفسك





الطول الحر للمسطرة (cm)	الزمن لعشر اهتزازات كاملة (s)	موضع السرعة القصوى (المنتصف / نقطتا أقصى إزاحة)
20	10	

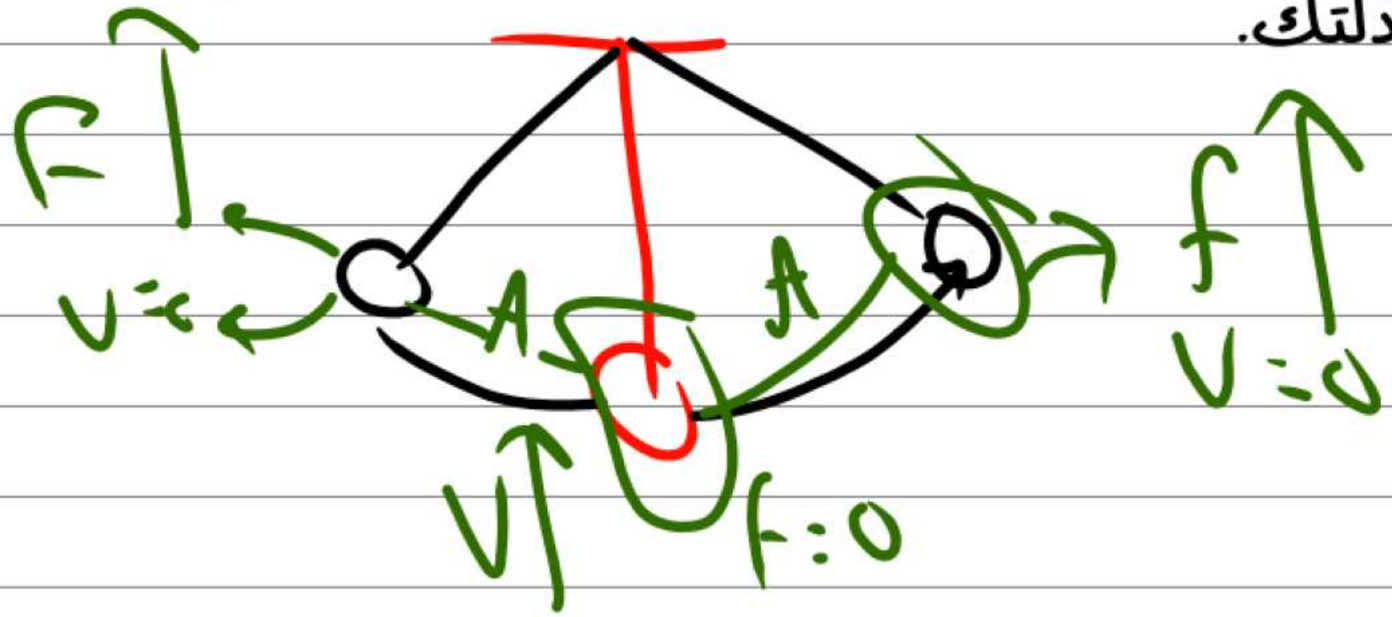
﴿أ﴾ في فيديو الحركة البطيئة، أين كان طرف المسطرة يتحرك بأقصى سرعة: عند وضع الاتزان أم عند نقطتي الانعطاف؟ ما سرعته في اللحظة التي غيّر فيها اتجاهه؟

﴿ب﴾ أي طول حر كان له الزمن الدوري الأقصر؟ ماذا يقترح هذا عن العلاقة بين الصلابة والكتلة والزمن الدوري؟

من ملاحظة الي نموذج

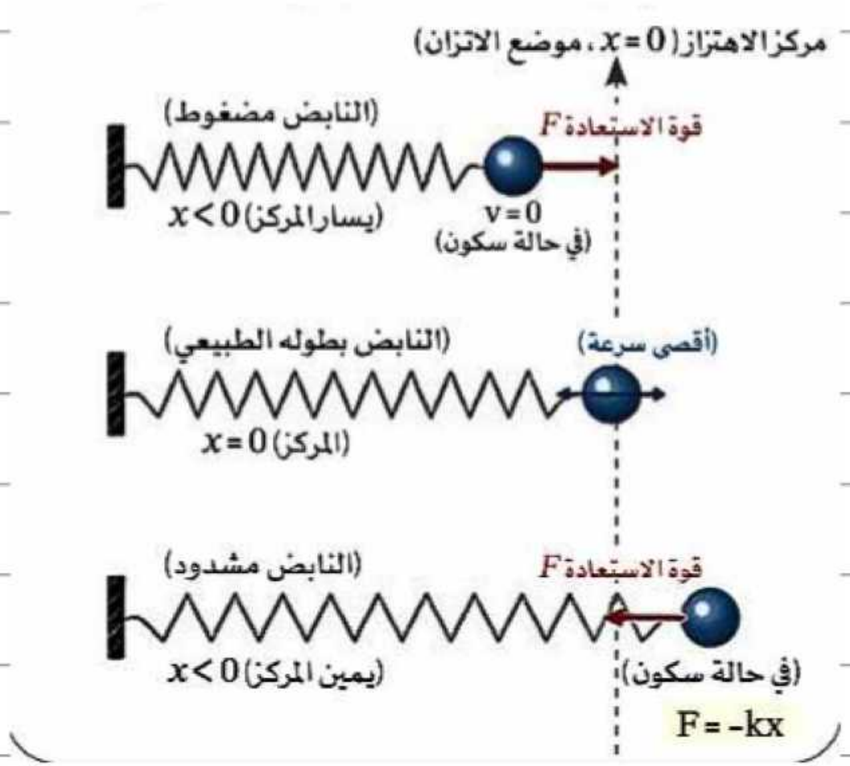


في نشاط الاستكشاف، بلغ الطرف الحر سرعته القصوى وهو يمر بموضع الاتزان وكان ساكناً للحظة عند كل نقطة أقصى إزاحة. ولعلك توقعت العكس؛ لكن الملاحظة تشير إلى نتيجة مختلفة. كما أنها الطول الأقصر عشر اهتزازات في زمن أقل. وفيما يلي النموذج الذي تؤيده أدلتك.

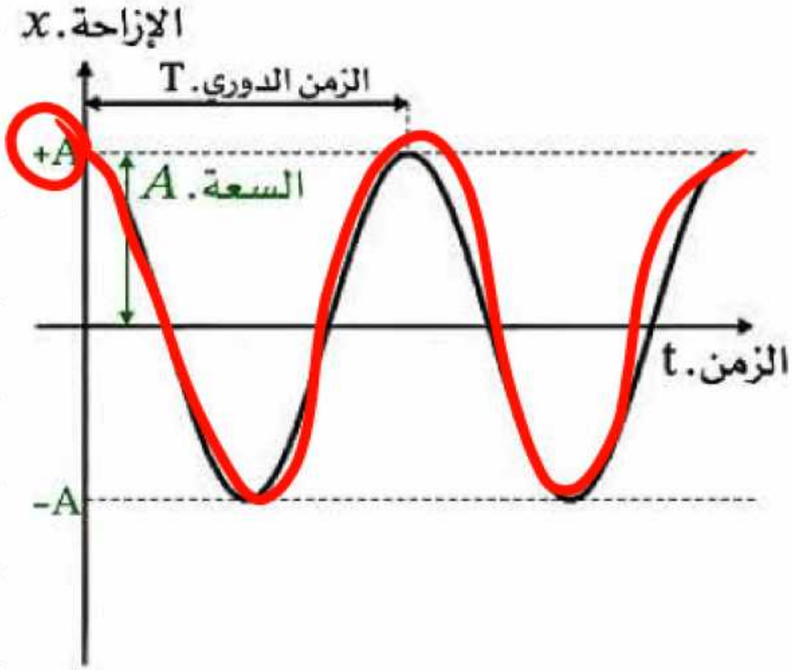


الحركة التوافقية البسيطة

مذبذب الكتلة - النابض الأفقي

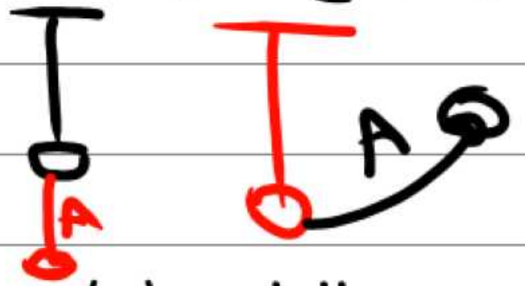


رسم بياني للإزاحة - الزمن



أهم النقاط

- الحركة التوافقية البسيطة {Simple Harmonic Motion – SHM}: هي اهتزازة تكون فيها العجلة تتناسب طردياً مع الإزاحة عن موضع الاتزان، ومتجهة دائماً نحو موضع الاتزان.



- السعة {Amplitude, A}: هي أقصى إزاحة للجسم عن موضع الاتزان.
- الزمن الدوري {Period, T}: هو الزمن اللازم لإتمام اهتزازة كاملة، ووحدته الثانية {s}.
- التردد الزاوي {Angular Frequency, ω}: هو معدل تغيّر الزاوية التي يقطعها الجسم في الحركة الدائرية المرجعية،

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

إثبات قانون الزمن الدوري من قانون نيوتن الثاني

بما أن القوة المحصلة $F = ma$ ، وقوة النابض $F = -kx$.

إذن $ma = -kx$

"في الحركة التوافقية البسيطة وجدنا أن العجلة تتناسب مع الإزاحة وفق العلاقة $a = -\omega^2 x$".

بالتعويض $m(-\omega^2 x) = -kx$

بقسمة الطرفين على $-x$ نحصل على

$$m\omega^2 = k$$

إذن $\omega^2 = \frac{k}{m}$

ومنها $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

وبما أن $T = \frac{2\pi}{\omega}$

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

(وهو المطلوب إثباته) $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

هذا القانون صالح عندما:

- النابض مثالي .
- السطح عديم الاحتكاك .
- الإزاحة صغيرة .
- لا توجد مقاومة.

$F = ma = -kx$

$m(-\omega^2 x) = -kx$

$m\omega^2 = k$

$\sqrt{\omega^2} = \sqrt{\frac{k}{m}}$

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

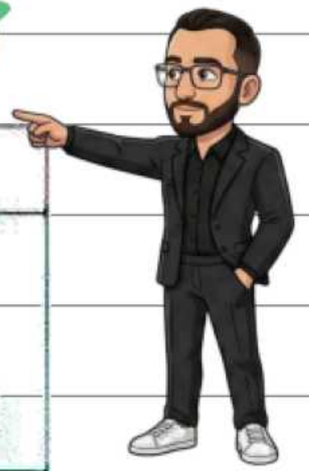
ثابت

الكتلة

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

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

صندوق المعادلات:



المطلوب	القانون	معنى الرموز
قوة الاستعادة	$F = -kx$	F :القوة (N) ، k :ثابت الصلابة (N/m) ، x :الإزاحة (m). "ينطبق قانون هوك على كثير من المواد والنوابض عند الإزاحات الصغيرة قبل تجاوز حد المرونة".
العجلة في الـ SHM	$a = -\omega^2 x$	a :العجلة (m/s^2) ، ω :التردد الزاوي ، x :الإزاحة.
التردد الزاوي (بمعلومية الكتلة)	$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$	k : ثابت النابض ، m : الكتلة بالكيلوجرام (kg).
الزمن الدوري (بمعلومية ω)	$T = \frac{2\pi}{\omega}$	T :الزمن الدوري بالثانية (s).
الزمن الدوري لكتلة ونابض	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	يوضح أن الزمن الدوري يتناسب طردياً مع جذر الكتلة وعكسياً مع جذر الصلابة.

$F = -kx$

$= -30x$

تطبيق سريع



مثال 1

يهتز جسم كتلته 0.3 kg تحت تأثير قوة استعادة $F = -30x$، حيث الإزاحة بالمتر. أوجد الزمن الدوري.

(علماً بأن $\pi = 3.14$)

$k = 30$

$F = -kx$

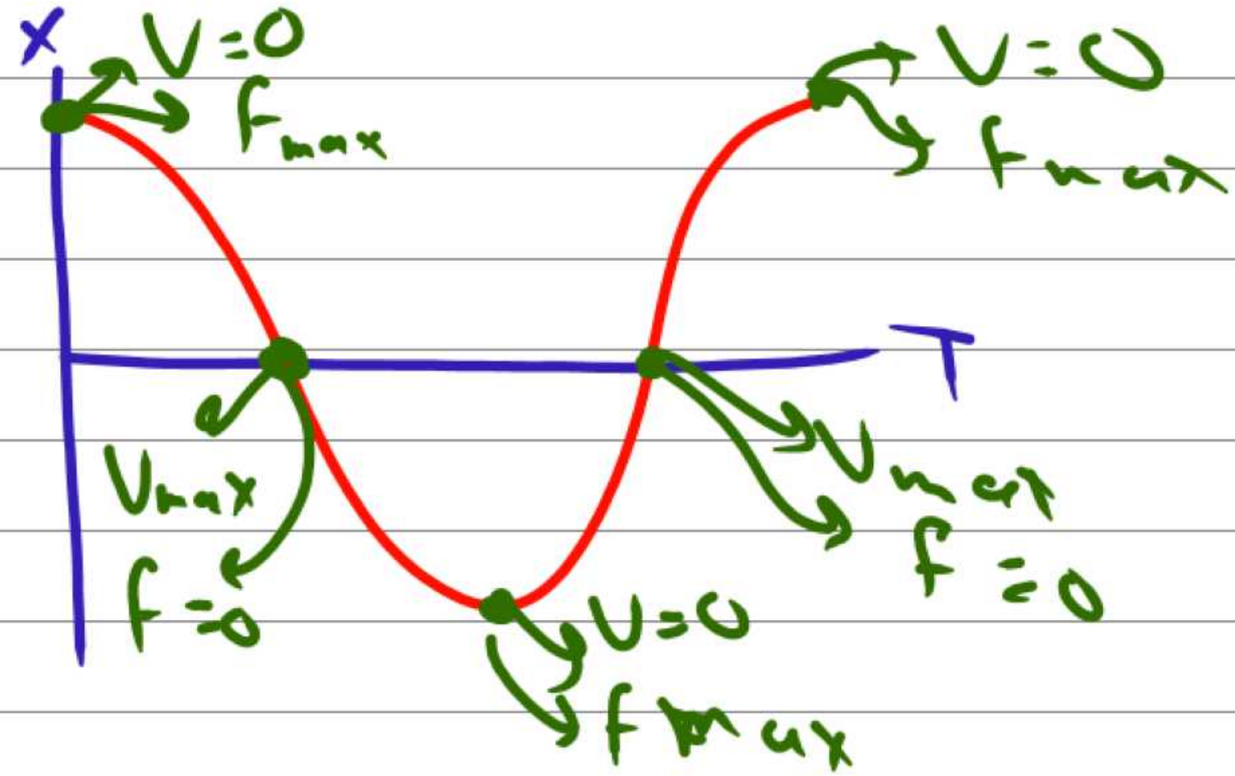
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{0.3}{30}}$$

$$= 6.28 \times 0.1$$

$$= 0.628\ S$$

مثال 2

على رسم واحد للإزاحة-الزمن، حدد أين تكون السرعة صفراً وأين تكون العجلة صفراً؟ وبين أنهما لا يتطابقان أبداً.



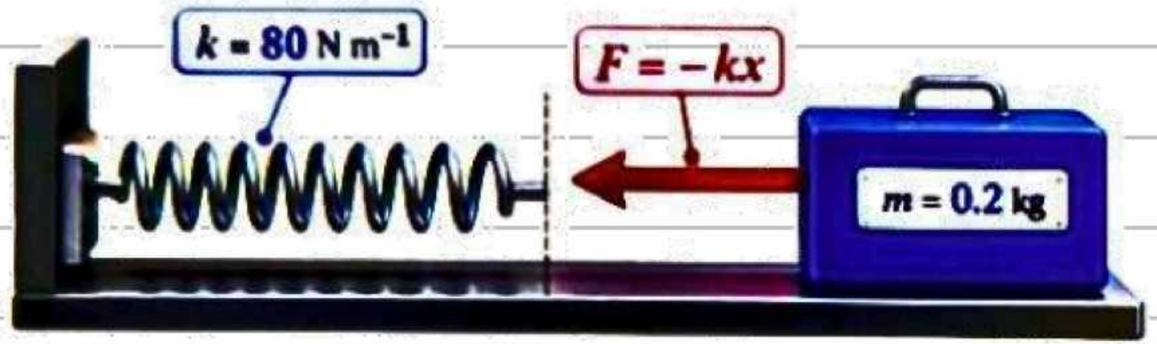
مثال 3

تنزلق قطعة صغيرة كتلتها 0.2 kg على مسار أفقي أملس.

تشدها قوة استعادة نحو وضع الاتزان $F = -kx$

حيث $k = 80\ N\ m^{-1}$ والإزاحة بالمتر $(\pi = 3.14)$.

أوجد الزمن الدوري للاهتزازة .



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{0.2}{80}}$$

$$= 0,3145$$

مثال 4

تتعرض قطعة كتلتها $0.8\ kg$ على مسار أملس لقوة استعادة $F = -kx$

حيث $k = 20\ N\ m^{-1}$. $(\pi = 3.14)$ أوجد الزمن الدوري

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

$$2 \times 3.14\sqrt{\frac{0.8}{20}} = 1.256\ s$$

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

مثال 5

إذا علمت أن الإزاحة (x) بالمتر لحركة توافقية بسيطة عند زمن (t) بالثانية تُعطى بالعلاقة:

$x = 0.5\sin(8\pi t)$. أوجد سعتها (A) والزمن الدوري (T)

$$x = 0.5\sin(8\pi t)$$

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

$A = 0.5$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{8\pi}$$

$$T = \frac{1}{4}\,s$$

مثال 6

يخضع جسم كتلته 0.5 kg لحركة توافقية بسيطة تحت تأثير قوة استعادة تُعطى بالعلاقة $F = -2x$.

أوجد الزمن الدوري

$K = 2$

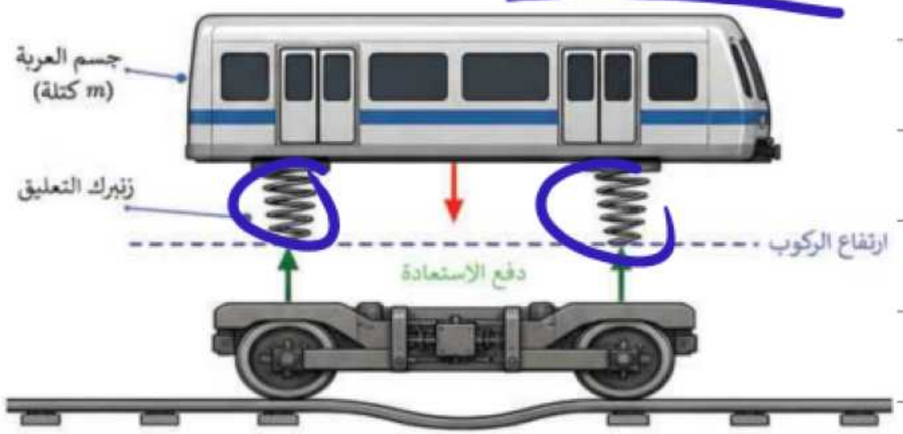
m

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{0.5}{2}}$$

$$= 3.14 \text{ ث}$$

في سياق جديد

الفيزياء ليست مجرد معادلات على الورق! تدعم كل عربة مترو بنوابض {سوست} قوية جداً من الأسفل. عندما ينزل ركاب للمترو، يزداد وزن العربة فتتحرك لأسفل، وتضغط النوابض. هنا تتدخل قوة الاستعادة لتدفع العربة لأعلى نحو موضع الاتزان {ارتفاع الركوب الطبيعي} للإزاحات الصغيرة، نعتبر هذه الحركة حركة توافقية بسيطة ينطبق عليها نفس القانون $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$



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

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



دورك الآن (سؤال للربط والتفكير العميق):

لعربة محملة بالركاب بالكامل، ستكون الكتلة (m) أكبر من عربة فارغة .توقع: هل ستهتز العربة المتلئة بزمن دوري أطول أم أقصر؟ وفسر لماذا استخدام نابض أكثر صلابة (k) أكبر يعطي الأثر المعاكس؟

الإجابة :

- **بالنسبة للكتلة** :من القانون $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$، نجد أن الزمن الدوري يتناسب طردياً مع جذر الكتلة. إذن العربة المحملة (ذات الكتلة الأكبر) ستهتز ببطء شديد، أي سيكون لها **زمن دوري أطول** تخيل سيارة نقل ثقيلة عند مرورها على مطب، تهتز ببطء .
- **بالنسبة للصلابة** :استخدام نابض صلب (مساعدين رياضية ناشفة) يعني k كبيرة. وبما أن العلاقة عكسية بين الزمن الدوري وجذر k، فإن العربة ستهتز بسرعة وبزمن دوري **أقصر**، وهذا يوفر استقراراً أسرع للعربة .

طبيعة العلم



في عام 1676: صاغ روبرت هوك قانونه على هيئة لغز حروفي لاتيني، وكشف عنه لاحقاً بعبارة: "ut tensio, sic vis"، أي: "كلما زادت الاستطالة، زادت القوة". وفي الصيغة الحديثة، تُعبّر عن هذه الفكرة بالصيغة: $F = -Kx$ بالنسبة لقوة الاستعادة التي تعمل في الاتجاه المعاكس للإزاحة.



$$a = -\omega^2 x$$

إجابة سؤال الدرس (الخلاصة)

- نعود لسؤالنا الاول: **ما الذي يحدد تردد اهتزاز المسطرة؟**

- للإزاحات الصغيرة، تؤثر المسطرة بقوة استعادة تتناسب طردياً تقريباً مع الإزاحة وتتجه نحو موضع الاتزان.

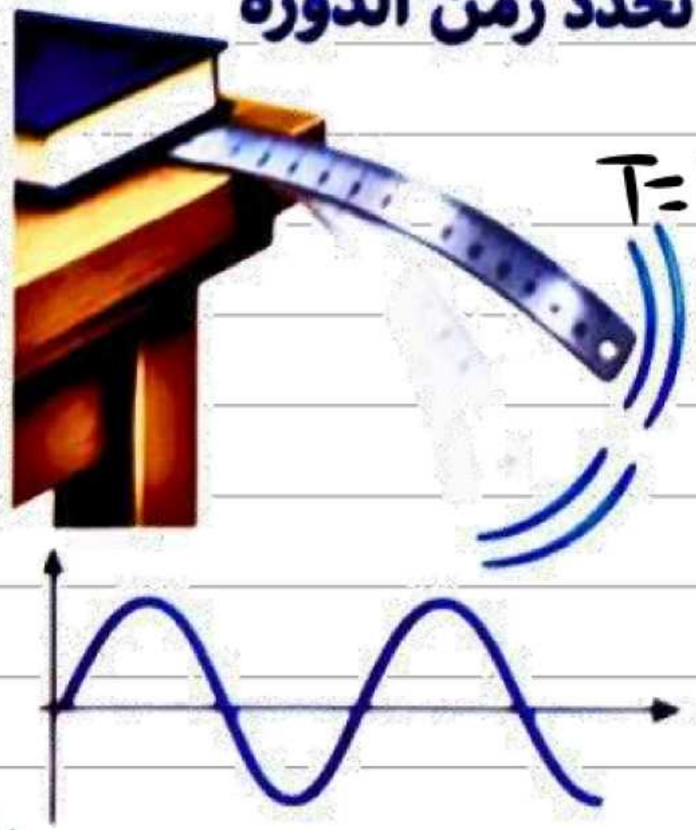
- ينتج عن ذلك حركة توافقية بسيطة توصف بالمعادلة $a = -\omega^2 x$.

- يعتمد تردد الاهتزاز على **الصلابة الفعلية** للمسطرة و**الكتلة المتحركة** الفعلية.

- يجعل تقصير الطول الحر المسطرة أكثر صلابة فعلياً، فيزداد التردد الزاوي (ω) وينخفض الزمن الدوري $(T = \frac{2\pi}{\omega})$

- ونتيجة لذلك الانخفاض في الزمن الدوري (**السرعة في الاهتزاز**)، ترتفع درجة النغمة الصوتية (**أي يزداد تردد النغمة الصادرة**).

قوة الاستعادة تحدد زمن الدورة



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

سؤال بإسلوب الإمتحان



يخضع جسم كتلته 0.20Kg لحركة توافقية بسيطة تحت تأثير قوة استعادة $F=-Kx$ وتُقاس عجلته بـ $a=-\omega^2 x$ حيث $\omega=5.0rad$ اذكر قيمة K. ثم أوجد الزمن الدوري لهذه الحركة. (علماً بأن $\pi=3.14$).

$$(\omega)^2=\left(\sqrt{\frac{K}{m}}\right)^2$$

$$T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\times 3.14}{5}$$

$$\frac{K}{m}=\omega^2 \quad m=5^2\times 0.2=5$$

الواجب

مثال 7

إزاحة x(m) لحركة توافقية بسيطة عند زمن t(s) هي $x = 0.2 \sin(4\pi t)$. أوجد سعتها A(m) والزمن الدوري T(s).

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

$A = 0.2$ و $\omega = 4\pi$

$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{4\pi} = \frac{1}{2}\ s$

مثال 8

يخضع جسم كتلته $0.5\ kg$ لحركة توافقية بسيطة تحت تأثير قوة استعادة $F(N)$ معطاة بالعلاقة $F = -50x$

أوجد الزمن الدوري لهذه الحركة بالثانية.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3.14\sqrt{\frac{0.5}{50}} = 0.628\ s$$

شغل دماغك 1

1 يخضع جسم كتلته 7.5 kg لحركة توافقية بسيطة تحت تأثير قوة استعادة F(N) معطاة بالعلاقة $F = -30x$.أوجد الزمن الدوري لهذه الحركة بالثانية .

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\times 3.14\sqrt{\frac{7.5}{30}} = 3.14 \text{ ث}$$

e يخضع جسم كتلته 0.2 kg لحركة توافقية بسيطة تحت تأثير قوة استعادة $F = -kx$ حيث $a = -\omega^2 x$ وتقاس عجلته $\omega = 5 \text{ rad s}^{-1}$. اذكر قيمة k، ثم أوجد الزمن الدوري. $(\pi = 3.14)$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m} \rightarrow k = \omega^2 m$$

$$k = 5^2 \times 0.2 = 5 \text{ N.m}^{-1}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2 \times 3.14}{5} = 1.256 \text{ s}$$

الواجب



للحضور لايف علي جوجل ميت google meet