الممارسات 1 - الحركة التوافقية البسيطة (ح.ت.ب) في نابض أفقي

تدريبات "البراكتكوت" هي تدريبات شاملة تهدف إلى تطوير المهارات والمراجعة على المبادئ الفيزيائية.
في كل سطر من ورقة البراكتيكوت، توجد ستة أعمدة:

وصف الحدث، الحساب المطلوب، المبادئ الفيزيائية، النتيجة النهائية، ملاحظات مهمة، رابط للحل الكامل.

لأداء تمارين البراكتيكوت، يجب كتابة حل كامل ومرتب لكل سطر، قراءة الملاحظات المهمة بعناية، وعند الحاجة يمكنكم مشاهدة الحل الكامل من خلال الرابط الموجود في العمود الأيسر.

الحركة التوافقية البسيطة (ح.ت.ب) هي حركة تؤثر فيها على الجسم قوة محصلة متغيرة، بالنسبة للمحور، وتتحقق العلاقة: $\Sigma F = -C \cdot X$ (حيث C هو ثابت الحركة التوافقية)

عندما يكون الجسم موصولًا بنابض أفقي ويتحرك على سطح أفقي أملس، فإن القوة المحصلة هي قوة النابض، وتكون العلاقة: $\Sigma F = -K \cdot X$ (ثابت الحركة التوافقية في هذه الحالة هو ثابت النابض K).

بالإضافة إلى الحركة التوافقية البسيطة لجسم موصول بنابض، سنتناول أيضًا حركة الرقّاص (البندول) الذي يتحرك، في حالة التقريب، بحركة توافقية بسيطة.

الحركة التوافقية البسيطة هي حركة ذات تسارع متغير في مقداره واتجاهه. المعادلات التي تعلمناها في الكينماتيكا تلائم فقط الحركة ذات التسارع الثابت. ولذلك، تم تطوير معادلات وتعبيرات خاصة لوصف الحركة التوافقية البسيطة، تعتمد على دالة الجيب (السّينوس).
هذه المعادلات والتعبيرات مدرجة في أوراق المعادلات.

שקול הכוחות בתנועה הרמונית	$\Sigma\vec{F} = -c\vec{x}$
	$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$
נוסחת מקום-זמן	$x = A\cos(\omega t + \phi)$

מהירות	$v = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$
	$v = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}$
תאוצה	$a = -\omega^2 A\cos(\omega t + \phi) = -\omega^2 x$

זמן המחזור	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}}$
מטוטלת פשוטה (מתמטית)	$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

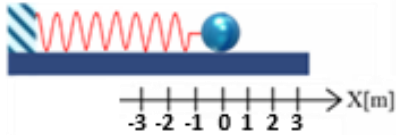
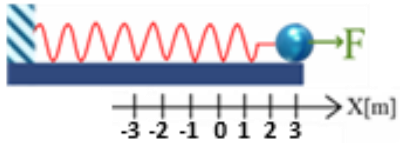
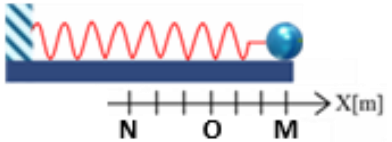
<u>مواضيع التمرين:</u>

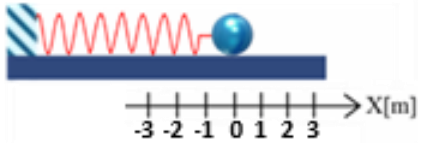
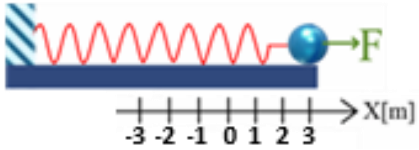
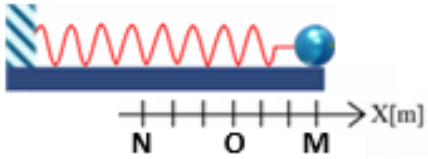
تعريف الحركة والتدرب على الحركة التوافقية البسيطة (ح.ت.ب) في الحالة التي تكون فيها زاوية الطور الابتدائية مساوية للصفر.

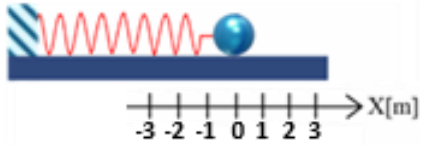
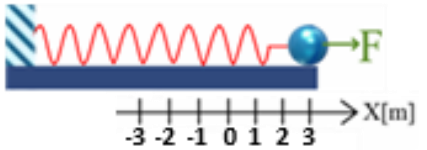
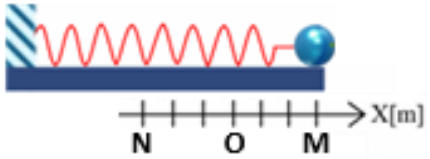
التدرب على الحركة التوافقية البسيطة (ح.ت.ب) في الحالات التي تكون فيها زاوية الطور الابتدائية غير صفرية.

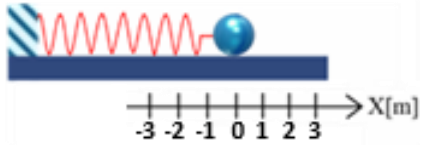
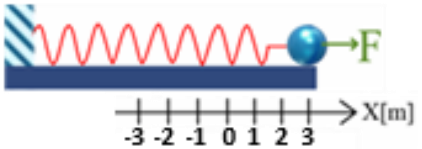
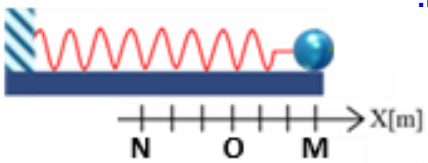
تمرين تلخيصي (تمرين ختامي):

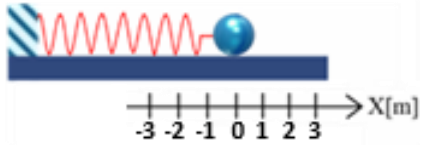
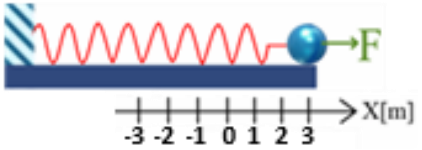
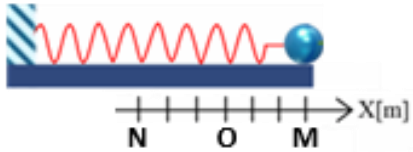
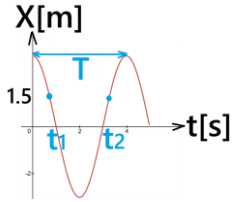
أ. الحركة التوافقية البسيطة في نابض أفقي

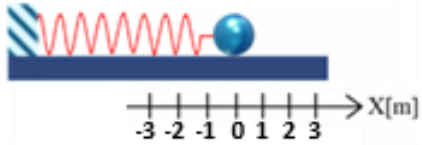
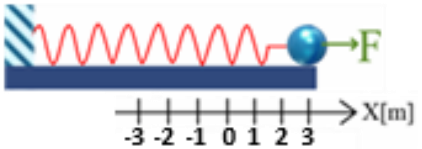
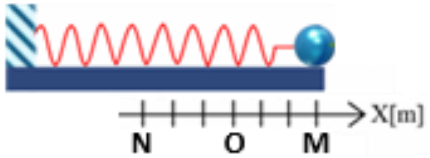
وصف الحركة	الحساب المطلوب	المبادئ الفيزيائية	الجواب	ملاحظات مهمة	الحل الكامل
1. جسم كتلته 2 كغم متصل بنابض أفقي، ثابت النابض فيه 5 نيوتن لكل متر. الجسم ساكن على سطح أفقي أملس.  قوة خارجية F تُزيح الجسم إلى اليمين حتى الموقع X=3m .  بعد أن تتوقف القوة عن التأثير، يبدأ الجسم بالحركة من السكون في حركة توافقية بسيطة حول نقطة أصل المحور. نُرمز إلى نقطة النهاية الموجبة x=3m بالحرف M، وإلى نقطة النهاية السالبة x=-3m بالحرف N.  نقسم حركة الجسم إلى أربعة مقاطع حركة: أ- MO. ب- ON . ج- NO. د- OM .	1.1- لماذا تُعد حركة الجسم حركةً توافقية بسيطة (ح.ت.ب.).	القوة المُعيدة: هي القوة التي تعمل على إعادة الجسم المُزاح إلى نقطة الاتّزان. تُعرّف بالنسبة لمحور الحركة. الحركة التوافقية البسيطة: هي حركة يكون فيها تعبير القوة المحصلة كما يلي: $\Sigma F = -C \cdot X$ نقطة الاتّزان: هي النقطة التي تكون فيها القوة المحصلة تساوي صفرًا. سعة الحركة - (A): هي المسافة بين نقاط النهاية (أقصى إزاحة) ونقطة الاتّزان.	بالنسبة لمحورٍ يكون نقطة أصله في نقطة الاتّزان، فإن تعبير القوة المحصلة هو: $\Sigma F = -K \cdot X$ لذا فإن الجسم يتحرك في حركة توافقية بسيطة.	1. كل حركة يتحقق فيها الشرط $\Sigma F = -C \cdot X$ هي حركة توافقية بسيطة. حيث يُسمى C ثابت الحركة التوافقية. 2. يمكن وصف هذه الحركة باستخدام الدوال والتعابير الخاصة بالحركة التوافقية البسيطة، بالنسبة لمحور تكون نقطة أصله في نقطة الاتزان.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10137
	1.2- ما سعة الحركة؟		$A = 3m$	عندما يتحرك جسم في حركة توافقية بسيطة، توجد نقطة نهاية موجبة ونقطة نهاية سالبة. وتكون قيمة سعة الحركة دائمًا موجبة.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10138
	1.3- كيف تتغير سرعة الجسم وتسارعه خلال ربع الدورة الأول من النقطة M إلى النقطةO ؟		في الحركة من النقطة M إلى النقطة:O السرعة تقلّ (وليس مقدار السرعة فقط). التسارع يزداد (وليس مقدار التسارع فقط).	1. السؤال يتناول السرعة والتسارع، وليس مقدار السرعة أو مقدار التسارع. 2. عندما تتغير كمية فيزيائية من قيمة سالبة إلى قيمة أكثر سالبة – فإن الكمية الفيزيائية تقل. على سبيل المثال، إذا تغيرت درجة الحرارة من ناقص 20 درجة إلى ناقص 40 درجة، فإن درجة الحرارة قد انخفضت (رغم أن قيمتها المطلقة قد زادت).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10139

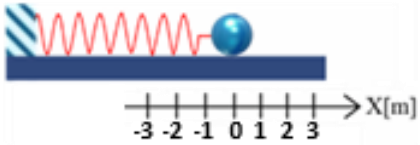
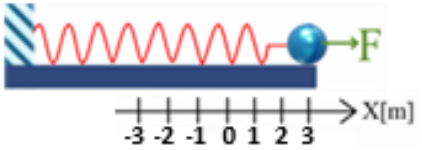
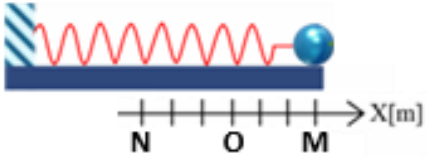
1. جسم كتلته 2 كغم موصول بنابض أفقي، ثابت النابض فيه 5 نيوتن لكل متر. الجسم يستقر على سطح أفقي أملس.  قوة خارجية F تُزيح الجسم إلى اليمين حتى الموقع X=3m .  بعد أن تتوقف القوة عن التأثير، يبدأ الجسم بالحركة من السكون في حركة توافقية بسيطة حول نقطة أصل المحور. نُرمز إلى نقطة النهاية الموجبة x=3m بالحرف M، وإلى نقطة النهاية السالبة x=-3m بالحرف N.  نقسم حركة الجسم إلى أربعة مقاطع حركة: أ- MO. ب- ON . ج- NO. د- OM .	1.4- كيف يتغير مقدار سرعة الجسم ومقدار تسارعه في الربع الثاني من دورة الحركة من النقطة O إلى النقطة N ؟ 1.5- كيف تتغير سرعة الجسم وتسارعه في الربع الثالث من دورة الحركة من النقطة N إلى النقطة O ؟ 1.6- كيف تتغير سرعة الجسم وتسارعه في الربع الرابع من دورة الحركة من النقطة O إلى النقطة M ؟ 1.7- عيّن إشارة السرعة وإشارة التسارع في كل ربع من دورة الحركة:	القوة المُعيدة: هي القوة التي تعمل على إعادة الجسم المُزاح إلى نقطة الاتّزان. تُعرّف بالنسبة لمحور الحركة. الحركة التوافقية البسيطة: هي حركة يكون فيها تعبير القوة المحصلة كما يلي: $\Sigma F = -C \cdot X$ نقطة الاتّزان: هي النقطة التي تكون فيها القوة المحصلة تساوي صفرًا. سعة الحركة - (A): هي المسافة بين نقاط النهاية (أقصى إزاحة) ونقطة الاتّزان. زمن دورة الحركة - (T) هي الزمن الذي يستغرقه الجسم من لحظة بدء حركته حتى يُكمل دورة اهتزاز واحدة.	في الحركة من النقطة O إلى النقطة N: مقدار السرعة يقلّ. مقدار التسارع يزداد. في الحركة من النقطة N إلى النقطة O: مقدار السرعة يزداد. مقدار التسارع يقل. في الحركة من النقطة O إلى النقطة M: مقدار السرعة يقلّ. مقدار التسارع يقل. الربع الأول: التسارع سالب والسرعة سالبة الربع الثاني: التسارع موجب والسرعة سالبة الربع الثالث: التسارع موجب والسرعة موجبة الربع الرابع: التسارع سالب والسرعة موجبة.	3. يُعبّر عن قوة النابض بالنسبة للمحور: عندما تؤثر القوة في اتجاه المحور، فإن إشارتها موجبة، وعندما تؤثر بعكس اتجاه المحور، فإن إشارتها سالبة. 4. وفقًا للقانون الثاني لنيوتن: عندما تكون القوة سالبة، فإن التسارع يكون أيضًا سالبًا. 5. تكون السرعة سالبة عندما يتحرك الجسم بعكس اتجاه المحور. 6. جميع أرباع الدورة الأربعة تمتد على نفس المسافة. مقدار التغيّر في السرعة في كل ربع من أرباع الحركة متساوٍ، لذا فإن مدة كل ربع من أرباع الدورة متساوية. 7. مجموع أزمنة الأرباع الأربعة يساوي زمن الدورة الكاملة للحركة التوافقية، ويُرمز له بـ T. 8. تعبير زمن الدورة يظهر في أوراق القوانين، وهو يعتمد على ثابت الحركة التوافقية C. في الحركة التوافقية البسيطة الخاصة بنابض، يكون: C=K. أي أن ثابت التوافقية يساوي ثابت النابض. شارة التسارع تُحدَّد وفقًا لموقع الجسم بالنسبة للمحور (ولا تعتمد على اتجاه الحرك). إشارة السرعة تُحدَّد وفقًا لاتجاه الحركة بالنسبة للمحور (ولا تعتمد على موقع الجسم).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10140 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10141 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10142 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10226

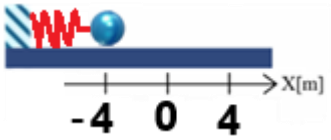
1. جسم كتلته 2 كغم موصول بنابض أفقي، ثابت النابض فيه 5 نيوتن لكل متر. الجسم يستقر على سطح أفقي أملس.  قوة خارجية F تُزيح الجسم إلى اليمين حتى الموقع X=3m .  بعد أن تتوقف القوة عن التأثير، يبدأ الجسم بالحركة من السكون في حركة توافقية بسيطة حول نقطة أصل المحور. نُرمز إلى نقطة النهاية الموجبة x=3m بالحرف M، وإلى نقطة النهاية السالبة x=-3m بالحرف N.  نقسم حركة الجسم إلى أربعة مقاطع حركة: أ- MO. ب- ON . ج- NO. د- OM .	**1.8 – احسب زمن دورة الاهتزاز T .** **1.9 – احسب زمن حركة الجسم منذ بداية حركته وحتى وصوله إلى النقطة N** **1.10- احسب موضع الجسم بعد 1.985 ثانية من تحريره.** **استخدم الدالة X(t) للحركة التوافقية البسيطة.**	زمن الدورة للحركة التوافقية البسيطة: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ دالة X(t) للحركة التوافقية البسيطة: $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة V(t) للحركة التوافقية البسيطة: $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ دالة V(X) للحركة التوافقية البسيطة $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ دالة a(t) للحركة التوافقية البسيطة: $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة a(x) للحركة التوافقية البسيطة $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	$T = 3.973s$ 1. من خلال تعبير زمن الدورة، يمكننا أن نلاحظ أنه كلما كانت كتلة الجسم أكبر وكلما كان ثابت النابض أصغر، فإن زمن الدورة يزداد. 2. التعبير العام لزمن دورة أي حركة توافقية بسيطة هو: $.T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{C}}$ من خلال تعبير القوة المحصلة المؤثرة على جسم موصول بنابض أفقي ويتحرك في حركة توافقية بسيطة: $\Sigma F = -K \cdot X$ نرى أن ثابت الحركة التوافقية C هو نفسه ثابت النابض K.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10143
			$t = 1.987s$ الحركة التوافقية البسيطة تتكوّن من أربعة أرباع تشكّل دورة حركة كاملة.فترات الزمن لكل واحد من الأرباع الأربعة متساوية. يتحرّك الجسم من نقطة الطرف الموجبة إلى نقطة الطرف السالبة خلال نصف دورة، أي خلال ربعين من زمن الدورة.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10144
			$X = -3m$ 1. يبدأ الجسم حركته من نقطة الطرف الموجب، وبالتالي تكون زاوية الطور الابتدائية صفرًا. 2. وحدات التردد الزاوي هي راديان في الثانية. عند ضرب التردد الزاوي ω في الزمن t، نحصل على كمية بوحدات الراديان، لذا يجب استخدام دالة الجيب أو جيب التمام في الآلة الحاسبة بالراديان. 3. بعد نصف زمن الدورة، يصل الجسم إلى نقطة الطرف السالب (كما رأينا في البند 1.8).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10146

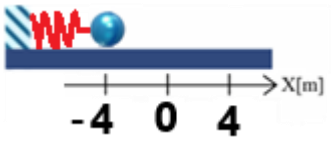
1. جسم كتلته 2 كغم موصول بنابض أفقي، ثابت النابض فيه 5 نيوتن لكل متر. الجسم يستقر على سطح أفقي أملس.  قوة خارجية F تُزيح الجسم إلى اليمين حتى الموقع X=3m .  بعد أن تتوقف القوة عن التأثير، يبدأ الجسم بالحركة من السكون في حركة توافقية بسيطة حول نقطة أصل المحور. نُرمز إلى نقطة النهاية الموجبة x=3m بالحرف M، وإلى نقطة النهاية السالبة x=-3m بالحرف N.  نقسم حركة الجسم إلى أربعة مقاطع حركة: أ- MO. ب- ON . ج- NO. د- OM .	**1.11**- في ربع الدورة الأول، يتحرك الجسم من الموقع X=3m إلى الموقع X=0m. هل زمن حركة الجسم من الموقع X=3m إلى الموقع X=1.5m يساوي ثُمن زمن الدورة؟ **1.12**- احسب زمن حركة الجسم منذ بداية حركته وحتى وصوله إلى الموقع X=1.5m في المرة الأولى. استخدم الدالة X(t) للحركة التوافقية البسيطة.	زمن الدورة للحركة التوافقية البسيطة: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ دالة X(t) للحركة التوافقية البسيطة: $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة V(t) للحركة التوافقية البسيطة: $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ دالة V(X) للحركة التوافقية البسيطة $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ دالة a(t) للحركة التوافقية البسيطة: $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة a(x) للحركة التوافقية البسيطة $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	كلا 1. يتحرك الجسم في كل ربع دورة من الحركة بسرعة متغيّرة، وزمن حركة الجسم من النقطة X=3m إلى النقطة X=1.5m أطول من زمن حركته من النقطة X=1.5m إلى نقطة الأصل. 2. يمكن إيجاد زمن حركة الجسم منذ بداية حركته حتى أي نقطة بواسطة دالة الموقع x(t) الخاصة بالحركة التوافقية البسيطة. $t = 0.66s$ 1. من خلال استخدام دالة الموقع x(t)(للحركة التوافقية البسيطة، يمكن حساب زمن حركة الجسم منذ لحظة بدء الحركة وحتى أي نقطة يصل إليها الجسم. 2. الجسم يتحرك على طول ثُمن دورة من دورة الحركة، إلا أن زمن حركته أطول من ثُمن زمن الدورة) كما رأينا في البند.(1.9) 3. عند استخدام دالة shift cos في الآلة الحاسبة، يجب التأكد من أن الآلة تعمل بوحدة الراديان (rad) وليس الدرجات.(deg) .	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10145 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10147

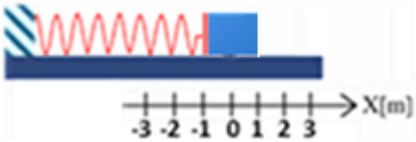
1. جسم كتلته 2 كغم موصول بنابض أفقي، ثابت النابض فيه 5 نيوتن لكل متر. الجسم يستقر على سطح أفقي أملس.  قوة خارجية F تُزيح الجسم إلى اليمين حتى الموقع X=3m .  بعد أن تتوقف القوة عن التأثير، يبدأ الجسم بالحركة من السكون في حركة توافقية بسيطة حول نقطة أصل المحور. نُرمز إلى نقطة النهاية الموجبة x=3m بالحرف M، وإلى نقطة النهاية السالبة x=-3m بالحرف N.  نقسم حركة الجسم إلى أربعة مقاطع حركة: أ- MO. ب- ON . ج- NO. د- OM .	**1.13**- احسب زمن حركة الجسم منذ بداية حركته وحتى وصوله إلى الموقع X=1.5m في المرة الثانية. **1.14**- احسب سرعة الجسم عندما يمر عبر نقطة أصل المحور (نقطة الاتزان) لأول مرة. استخدم الدالة **V(t)** للحركة التوافقية البسيطة.	زمن الدورة للحركة التوافقية البسيطة: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ دالة X(t) للحركة التوافقية البسيطة: $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة V(t) للحركة التوافقية البسيطة: $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ دالة V(X) للحركة التوافقية البسيطة $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ دالة a(t) للحركة التوافقية البسيطة: $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة a(x) للحركة التوافقية البسيطة $a(X) = -\omega^2 \cdot X$ زمن الدورة للحركة التوافقية البسيطة: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10148 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10149
$t = 3.31s$ لدالة جيب التمام (cos) يوجد قيم متساوية مرتين في كل دورة. وأيضًا في الحركة التوافقية البسيطة، الجسم يمر بكل نقطة في المسار مرتين خلال كل دورة (باستثناء نقاط الطرف). نظرًا لأن دالة cos متماثلة، فإن العلاقة التالية صحيحة: $t_2 = T - t_1$  أي أن الزمن الذي يستغرقه الجسم للوصول إلى الموقع x=1.5m في المرة الثانية يساوي زمن الدورة ناقص الزمن الذي استغرقه للوصول إليه في المرة الأولى.	$V = -4.74\frac{m}{s}$ 1. يمر الجسم لأول مرة بنقطة الأصل (رأس المحور) بعد مرور ربع دورة منذ بداية الحركة. 2. القيمة السالبة للسرعة تعني أن الجسم يتحرك بعكس اتجاه المحور عندما يمر بنقطة الأصل لأول مرة، لذا سرعته سالبة			

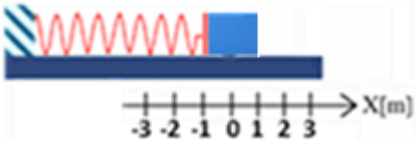
1. جسم كتلته 2 كغم موصول بنابض أفقي، ثابت النابض فيه 5 نيوتن لكل متر. الجسم يستقر على سطح أفقي أملس.  قوة خارجية F تُزيح الجسم إلى اليمين حتى الموقع X=3m .  بعد أن تتوقف القوة عن التأثير، يبدأ الجسم بالحركة من السكون في حركة توافقية بسيطة حول نقطة أصل المحور. نُرمز إلى نقطة النهاية الموجبة x=3m بالحرف M، وإلى نقطة النهاية السالبة x=-3m بالحرف N.  نقسم حركة الجسم إلى أربعة مقاطع حركة: أ- MO. ب- ON . ج- NO. د- OM .	**1.15-** - احسب سرعة الجسم عندما يمر عبر نقطة أصل المحور (نقطة الاتزان) للمرة الثانية. استخدم الدالة **V(t)** للحركة التوافقية البسيطة. **1.16-** احسب سرعة الجسم عندما يمر عبر نقطة أصل المحور (نقطة الاتزان) للمرة الثالثة، استخدام مبدأ حفظ الطاقة. **1.17-** احسب تسارع الجسم عندما يمر بالموقع X=1.5m. لأول مرة، استخدام معادلات الديناميكا.	$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ دالة X(t) للحركة التوافقية البسيطة: $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة V(t) للحركة التوافقية البسيطة: $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ دالة V(X) للحركة التوافقية البسيطة $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ دالة a(t) للحركة التوافقية البسيطة: $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة a(x) للحركة التوافقية البسيطة $a(X) = -\omega^2 \cdot X$ زمن الدورة للحركة التوافقية البسيطة: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$	$V = 4.74 \frac{m}{s}$ عند استخدام دالة السرعة كدالة للموقع، يتم الحصول دائمًا على إجابتين :إحداهما موجبة والأخرى سالبة. يجب اختيار القيمة المناسبة بحسب اتجاه حركة الجسم بالنسبة لاتجاه المحور. في هذه الحالة، عند مرور الجسم للمرة الثانية بنقطة الأصل، يكون اتجاه حركته مع اتجاه المحور، ولذلك فإن سرعته موجبة. $V = -4.74 \frac{m}{s}$ 1. قوة النابض هي قوة حافظة .وبما أن قوة النابض فقط هي التي تقوم بالشغل، فإن الطاقة الميكانيكية سوف تُحفظ .يمكن إيجاد سرعة الجسم في أي نقطة يمر بها من خلال مبدأ حفظ الطاقة. 2. الطاقة مقدار عددي (ليست لها اتجاه)، لذلك لا يمكن تحديد اتجاه الحركة أو إشارة السرعة باستخدام مبدأ حفظ الطاقة فقط. 3. في نقطة الأصل، تكون الطاقة الوضعية مساوية للصفر، وبالتالي فإن سرعة الجسم في هذه النقطة تكون عظمى. $a = -3.75 \frac{m}{s^2}$ 1. عندما تكون القوة المحصلة سالبة (أي تؤثر بعكس اتجاه المحور)، فبحسب القانون الثاني لنيوتن، فإن التسارع أيضًا سيكون سالبًا. 2. يمكن استخدام القانون الثاني لنيوتن حتى عندما يتحرك الجسم بتسارع متغيّر،	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10150 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10151 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10152

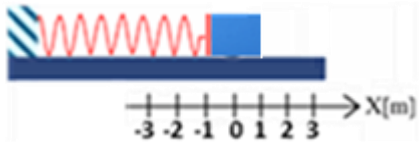
1. جسم كتلته 2 كغم موصول بنابض أفقي، ثابت النابض فيه 5 نيوتن لكل متر. الجسم يستقر على سطح أفقي أملس.  قوة خارجية F تُزيح الجسم إلى اليمين حتى الموقع X=3m .  بعد أن تتوقف القوة عن التأثير، يبدأ الجسم بالحركة من السكون في حركة توافقية بسيطة حول نقطة أصل المحور. نُرمز إلى نقطة النهاية الموجبة x=3m بالحرف M، وإلى نقطة النهاية السالبة x=-3m بالحرف N.  نقسم حركة الجسم إلى أربعة مقاطع حركة: أ- MO. ب- ON . ج- NO. د- OM .	**1.18**- احسب تسارع الجسم عندما يمر بالموقع X=1.5m للمرة الثانية، استخدام دالة التسارع a(x) في الحركة التوافقية البسيطة. **1.19**- احسب تسارع الجسم عندما يمر بالموقع X=1.5m للمرة الثانية، استخدام دالة التسارع a(x) في الحركة التوافقية البسيطة. توجيه: في البند 1.11 رأينا أنه بعد مرور 0.66 ثانية من بداية حركة الجسم، يصل إلى الموقع x=1.5m للمرة الأولى.	$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ دالة X(t) للحركة التوافقية البسيطة: $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة V(t) للحركة التوافقية البسيطة: $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ دالة V(X) للحركة التوافقية البسيطة $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ دالة a(t) للحركة التوافقية البسيطة: $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة a(x) للحركة التوافقية البسيطة $a(X) = -\omega^2 \cdot$	$a = -3.75 \frac{m}{s^2}$ 1. نحصل على إشارة التسارع من دالة التسارع كدالة للموقع a(x)، حسب إشارة الموقع، وبسبب إشارة السالب الموجودة في بداية التعبير. 2. اتجاه القوة المحصلة (وكذلك اتجاه التسارع) يعتمد فقط على موقع الجسم، عندما يكون موقع الجسم موجبًا، فإن تسارعه يكون سالبًا. عندما يكون موقع الجسم سالبًا، فإن تسارعه يكون موجبًا. وبالتالي، كل مرة يمر فيها الجسم بالنقطة x=1.5 mx x=1.5m ، يكون تسارعه سالبًا.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10154
				$a = -3.75 \frac{m}{s^2}$ 1. لإيجاد تسارع الجسم في نقطة معينة، من الأفضل استخدام دالة التسارع كدالة للموقع a(x)، وليس دالة التسارع كدالة للزمن a(t) في التمارين، نستخدام دوال مختلفة لحل نفس المسألة بهدف تعميق الفهم. 1. الفترة الزمنية بين أول مرة يمر بها الجسم بنقطة معيّنة وثالث مرة يمر بها بنفس النقطة هي زمن دورة كاملة T.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10153

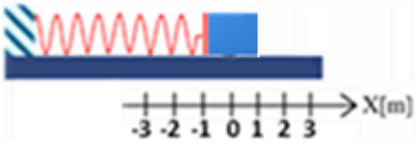
2. جسم كتلته 2 كغم موصول بنابض أفقي مضغوط، ثابت النابض فيه 5 نيوتن لكل متر. يتم وصف حركة الجسم بالنسبة لمحور حركة، نقطة أصله في نقط الاتزان. الجسم مُثَّبت في الموقع **x=-4m** ، كما هو موضح في الرسم التالي.  بعد تحرير الجسم، فإنه يتحرك في حركة توافقية بسيطة حول نقطة الاتزان.	**2.1-** احسب زمن دورة الحركة؟	زمن الدورة للحركة التوافقية البسيطة: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ دالة X(t) للحركة التوافقية البسيطة: $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة V(t) للحركة التوافقية البسيطة: $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ دالة V(X) للحركة التوافقية البسيطة $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ دالة a(t) للحركة التوافقية البسيطة: $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة a(x) للحركة التوافقية البسيطة $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	$T = 3.97s$ زمن الدورة لا يتعلق بسعة الحركة، بل يتعلق فقط بثابت النابض وكتلة الجسم المتحرك. لذلك، فإن زمن الدورة في هذه الحالة مساوٍ لزمن الدورة في البند 1.7.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10155
	2.2- احسب موقع الجسم في اللحظة t=0.2? **2.3-** احسب سرعة الجسم في اللحظة t=0.2s? **2.4-** احسب تسارع الجسم في اللحظة t=0.2s? استخدم الدالة a(t) للحركة التوافقية البسيطة.		$X = -3.8m$ 1. عندما لا يبدأ الجسم حركته من نقطة الطرف الموجبة، فإن قيمة زاوية الطور الابتدائية تكون مختلفة عن الصفر .لا بد من إيجاد هذه القيمة من أجل استخدام الدوال التي تعتمد على الزمن. 2. لإيجاد قيمة زاوية الطور الابتدائية، يُنصح بوصف موقع الجسم كدالة للزمن، ثم تمثيل دالة جيب التمام (cos) بشكل منفصل، والتفكير بكيفية إزاحة دالة cosعلى محور الزمن بحيث تتناسب مع حركة الجسم. رح مفصل لذلك موجود في الحل الكامل. في هذه الحالة، تكون $\theta_0 = +\pi$. 3. بعد تحديد قيمة زاوية الطور الابتدائية، من الأفضل إجراء فحص للتأكّد من أن القيمة المحسوبة لـ $X(0)$ صحيحة وتطابق الموقع الابتدائي للجسم.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10157
			$V = 1.96\frac{m}{s}$ 1. يجب استخدام نفس قيمة زاوية الطور θ_0 في جميع الدوال. 2. في اللحظة t=0.2s ، يتحرك الجسم باتجاه المحور، ولذلك فإن سرعته موجبة.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10158
			$a = 9.5\frac{m}{s^2}$ في اللحظة t=0.2s، تكون محصلة القوى المؤثرة متجهًة نحو اليمين، في اتجاه المحور. لذلك فإن تسارع الجسم موجب.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10159

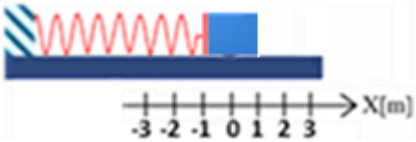
2. جسم كتلته 2 كغم موصول بنابض أفقي مضغوط، ثابت النابض فيه 5 نيوتن لكل متر. يتم وصف حركة الجسم بالنسبة لمحور حركة، نقطة أصله في نقط الاتزان. الجسم مُثَّبت في الموقع **x=-4m** ، كما هو موضح في الرسم التالي.  بعد تحرير الجسم، فإنه يتحرك في حركة توافقية بسيطة حول نقطة الاتزان.	**2.5-** احسب تسارع الجسم في اللحظة **t=0.2s**؟ استخدم الدالة **a(x)** للحركة التوافقية البسيطة.	زمن الدورة للحركة التوافقية البسيطة: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ دالة **X(t)** للحركة التوافقية البسيطة: $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة **V(t)** للحركة التوافقية البسيطة: $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ دالة **V(X)** للحركة التوافقية البسيطة $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ دالة **a(t)** للحركة التوافقية البسيطة: $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة **a(x)** للحركة التوافقية البسيطة $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	$a = 9.5 \frac{m}{s^2}$ **1.** دالة التسارع بدلالة الموقع لا تتعلق بزاوية الطور الابتدائية. **2.** رياضيًا، إشارة السرعة الناتجة من دالة السرعة بدلالة الموقع يمكن أن تكون سالبة أو موجبة، ويجب تحديد إشارة السرعة وفقًا لاتجاه حركة الجسم بالنسبة للمحور.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10160
	2.6- احسب زمن حركة الجسم منذ بداية حركته وحتى وصوله لأول مرة إلى الموقع **X=3m**.		$t = 1.53s$ **1.** عند استخدام العملية (shift cos) في الآلة الحاسبة، يجب التأكد من أن الآلة الحاسبة تعمل بوحدة الراديان وليس بالدرجات. **2.** في الحركة التوافقية البسيطة، زمن حركة الجسم من نقطة إلى أخرى لا يتعلق على اتجاه الحركة، لذلك يمكن استخدام زمن سالب. **3.** في دالة الموقع-زمن، يمكن التعويض بـ **π/2+** أو **π/2-** ، وسنحصل على نفس الموقع. بعد تطبيق عملية (shift cos) ، سنحصل على زمنين، كلاهما صحيحان، إذ يمر الجسم في نفس الموقع في لحظتين مختلفتين.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10161
	2.7- احسب زمن حركة الجسم من الموقع **X=3m** إلى الموقع **X=4m**.		$t = 0.455s$ في البند السابق حسبنا زمن حركة الجسم من لحظة بدء حركته حتى مروره بالموقع **x = 3m** . زمن حركة الجسم من بداية الحركة حتى الموقع **x = 4m** هو نصف زمن الدورة. من هذين الزمنين يمكن حساب زمن حركة الجسم من الموقع **X = 3m** إلى الموقع **X = 4m**.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10162

3. جسم كتلته 2 كغم يتحرك نحو اليسار على سطح أفقي أملس، بسرعة ثابتة مقدارها 8 أمتار في الثانية. يتحرك الجسم باتجاه نابض غير مشدود، ثابت النابض فيه هو 5 نيوتن لكل متر. يصطدم الجسم بالنابض ويُرتد منه نحو اليمين. في الرسم التالي، يتم توضيح موقع الجسم بالنسبة لمحور حركة اتجاهه نحو اليمين، ونقطة الأصل في موقع الجسم في لحظة الاصطدام بالنابض. 	**3.1-** وضح لماذا تكون حركة الجسم من لحظة اصطدامه بالنابض حتى انفصاله عنه هي حركة توافقية بسيطة.	زمن الدورة للحركة التوافقية البسيطة: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ دالة X(t) للحركة التوافقية البسيطة: $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة V(t) للحركة التوافقية البسيطة: $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ دالة V(X) للحركة التوافقية البسيطة $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ دالة a(t) للحركة التوافقية البسيطة: $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة a(x) للحركة التوافقية البسيطة $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	بالنسبة للمحور المعطى، فإن تعبير القوة المحصلة هو: $\Sigma F = -K \cdot X$ لذا فإن حركة الجسم هي حركة توافقية بسيطة. يجب تحديد نوع الحركة على أنها حركة توافقية بسيطة حتى يمكن استخدام دوال الحركة التوافقية.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10163
	3.2.1- ما هو اتجاه القوة المحصلة المؤثرة على الجسم عند مروره بالنقطة X=-2m لأول مرة؟		اتجاه القوة هو نحو اليمين. الجسم يقع على يسار نقطة الاتزان، لذا فإن اتجاه القوة المحصلة يكون نحو اليمين، أي في اتجاه المحور.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10164
	3.2.2- ما هو اتجاه القوة المحصلة التي يمر فيها الجسم عبر النقطة X=-2m في المرة الثانية		اتجاه القوة هو نحو اليمين: 1. اتجاه الحركة يتغير، لكن اتجاه القوة لا يتغير. من تعبير التسارع $a(X) = -\omega^2 \cdot X$ ، فإن إشارة التسارع تتحدد وفقًا لإشارة الموقع، ولا تعتمد على اتجاه الحركة.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10227
	3.3- احسب زمن حركة الجسم من لحظة بدء الحركة التوافقية إلى نهايتها.		$t = 1.98s$ في هذه الحركة، يتحرك الجسم خلال نصف دورة من دورة كاملة للحركة التوافقية البسيطة، لذا فإن زمن حركته يساوي نصف زمن الدورة.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10171
	3.4- احسب التردد الزاوئ		$\omega = 1.58 \frac{rad}{s}$ التردد الزاوي يعتمد على زمن الدورة الكاملة T وليس على زمن حركة الجسم فقط..	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10228

3. جسم كتلته 2 كغم يتحرك نحو اليسار على سطح أفقي أملس، بسرعة ثابتة مقدارها 8 أمتار في الثانية. يتحرك الجسم باتجاه نابض غير مشدود، ثابت النابض فيه هو 5 نيوتن لكل متر. يصطدم الجسم بالنابض ويُرتد منه نحو اليمين. في الرسم التالي، يتم توضيح موقع الجسم بالنسبة لمحور حركة اتجاهه نحو اليمين، ونقطة الأصل في موقع الجسم في لحظة الاصطدام بالنابض. 	**3.5-** احسب مقدار الانقباض الأقصى للنابض.	زمن الدورة للحركة التوافقية البسيطة: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$	$A = 5.05m$ 1. مقدار الانقباض الأقصى يساوي سعة الاهتزاز. 2. مقدار سرعة الجسم عند الاصطدام يساوي مقدار السرعة العظمى في الحركة التوافقية البسيطة.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10165
	3.6- احسب موقع الجسم بعد مرور 0.253 ثانية من لحظة بدء حركته	دالة X(t) للحركة التوافقية البسيطة: $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة V(t) للحركة التوافقية البسيطة:	$X = -2m$ قيمة الزمن المحسوبة في البند السابق ليست دقيقة تمامًا.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10167
	3.7- احسب زمن حركة الجسم من لحظة اصطدامه وحتى اللحظة التي يصل فيها لأول مرة إلى الموضع X = -2m .	$V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ دالة V(X) للحركة التوافقية البسيطة $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$	$t = 0.253s$ في لحظة بداية الحركة، لا يكون الجسم في نقطة النهاية الموجبة، لذلك لاستخدام دوال الحركة التوافقية المتعلقة بالزمن، يجب أخذ زاوية الطور الابتدائية بعين الاعتبار (زاوية الطور الابتدائية هي $+\pi/2$ ، انظر الحل الكامل) .	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10166
	3.8- احسب سرعة الجسم عندما يمر بالنقطة X = -2m لأول مرة. استخدم دالة السرعة V(t)	دالة a(t) للحركة التوافقية البسيطة: $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة a(x) للحركة التوافقية البسيطة	$V = -7.35\frac{m}{s}$ جميع دوال الحركة التوافقية المعتمدة على الزمن والتي تصف نفس الحركة لها نفس زاوية الطور الابتدائية.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10168
	3.9- احسب سرعة الجسم عندما يمر بالنقطة X = -2m لأول مرة. استخدم دالة السرعة V(x)	$a(X) = -\omega^2 \cdot X$ حفظ الطاقة الميكانيكية $E_{K_A} + U_A = E_{K_{C2}} + U_C$	$V = -7.35\frac{m}{s}$ في دالة السرعة بدلالة الموقع، لا توجد زاوية طور ابتدائية. يجب تحديد إشارة السرعة حسب اتجاه الحركة.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10169

3. جسم كتلته 2 كغم يتحرك نحو اليسار على سطح أفقي أملس، بسرعة ثابتة مقدارها 8 أمتار في الثانية. يتحرك الجسم باتجاه نابض غير مشدود، ثابت النابض فيه هو 5 نيوتن لكل متر. يصطدم الجسم بالنابض ويُرتد منه نحو اليمين. في الرسم التالي، يتم توضيح موقع الجسم بالنسبة لمحور حركة اتجاهه نحو اليمين، ونقطة الأصل في موقع الجسم في لحظة الاصطدام بالنابض. 	**3.10-** احسب سرعة الجسم عندما يمر بالنقطة X = -2m لأول مرة. استخدم مبدأ حفظ الطاقة. **3.11 –** تم استبدال النابض بنابض أكثر صلابة. كيف سيتغير مقدار سرعة الجسم بعد انفصاله عن النابض؟ **3.12 –** تم استبدال النابض المعطى بنابض ثابت قوته أكبر بأربع مرات. كيف ستتغير سعة الحركة (بالنسبة لسعة الحركة في النابض الأصلي في البند 3.5)؟ وكيف سيتغير زمن حركة الجسم في الحركة التوافقية البسيطة (بالنسبة لزمن الحركة في النابض الأصلي)؟	$U = \frac{1}{2} \cdot K \cdot X^2$ زمن الدورة للحركة التوافقية البسيطة: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ دالة X(t) للحركة التوافقية البسيطة: $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة V(t) للحركة التوافقية البسيطة: $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ دالة V(X) للحركة التوافقية البسيطة $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ دالة a(t) للحركة التوافقية البسيطة: $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة a(x) للحركة التوافقية البسيطة $a(X) = -\omega^2 \cdot X$ تعريف الشغل: $W = \lvert F\rvert \cdot \lvert \Delta X\rvert \cdot \cos(\alpha)$ تعريف كمية الدفع: $\vec{J} = \vec{F} \cdot \Delta t$ تعريف كمية الحركة: $P = m \cdot V$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10170 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10172 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10173	$V = -7.35\frac{m}{s}$ في معادلة حفظ الطاقة، لا توجد زاوية طور. يجب تحديد إشارة السرعة حسب اتجاه الحركة. السرعة لا تتغير في مقدارها. الاصطدام بين الجسم والنابض هو اصطدام مرن، لذلك لا يتغير مقدار السرعة، وإنما فقط اتجاهها. سعة الحركة ستنخفض بمقدار النصف. 1. يجب استخدام تعبير السعة (تم تطويره في البند 3.3). 2. كلما كان ثابت النابض أكبر، كان أقل مرونة، وبالتالي تقل سعة الاهتزاز. زمن حركة الجسم في الحركة التوافقية البسيطة سيقل بمقدار النصف. من تعبير زمن الدورة، نرى أن زمن الدورة يعتمد على ثابت النابض والكتلة، ولا يعتمد على السعة.

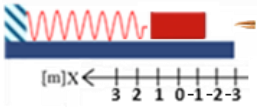
3. جسم كتلته 2 كغم يتحرك نحو اليسار على سطح أفقي أملس، بسرعة ثابتة مقدارها 8 أمتار في الثانية. يتحرك الجسم باتجاه نابض غير مشدود، ثابت النابض فيه هو 5 نيوتن لكل متر. يصطدم الجسم بالنابض ويُرتد منه نحو اليمين. في الرسم التالي، يتم توضيح موقع الجسم بالنسبة لمحور حركة اتجاهه نحو اليمين، ونقطة الأصل في موقع الجسم في لحظة الاصطدام بالنابض. 	**3.13 –** تم مضاعفة سرعة اصطدام الجسم أربع مرات. كيف ستتغير سعة الحركة؟ وكيف سيتغير زمن حركة الجسم في الحركة التوافقية البسيطة؟	**قانون كمية الحركة والدفع:** $\vec{J} = \Delta P$ **زمن الدورة للحركة التوافقية البسيطة:** $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$	سعة الحركة ستزداد بمقدار 4 مرات. من التعبير الرياضي للسعة، نرى أن السعة تتناسب طرديًا مع سرعة الجسم عند نقطة الاتزان. زمن حركة الجسم في الحركة التوافقية البسيطة لا يتعلق بسرعة الجسم. 1. يمكن تبرير ذلك باستخدام تعبير زمن الدورة. 2. كلما كانت السعة أكبر، كان البعد بين طرفي الحركة أكبر، ولكن السرعة المتوسطة أيضًا أكبر، وبالتالي لا يتغير الزمن الكلي للحركة بين طرفي الحركة.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10174
	3.14 – تم مضاعفة كتلة الجسم أربع مرات. كيف ستتغير سعة الحركة؟ وكيف سيتغير زمن حركة الجسم في الحركة التوافقية البسيطة؟	**دالة X(t) للحركة التوافقية البسيطة:** $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ **دالة V(t) للحركة التوافقية البسيطة:** $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ **دالة V(X) للحركة التوافقية البسيطة** $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$	سعة الحركة ستزداد بمقدار مرتين. من التعبير الرياضي للسعة، نرى أن السعة تتناسب طرديًا مع الجذر التربيعي لكتلة الجسم. الطاقة الحركية تتحول كليًا إلى طاقة وضعية. الفرق في علاقة السعة بالكتلة والسرعة يحدد حسب تعبير الطاقة الحركية. زمن حركة الجسم في الحركة التوافقية البسيطة سيزداد بمقدار مرتين. كلما زادت كتلة الجسم، قل معدل تغير السرعة، وبالتالي يزداد زمن الدورة.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10175
	3.15 – احسب الشغل الذي يبذله نابض القوة على الجسم، من لحظة بداية الحركة التوافقية البسيطة حتى نهايتها.	**دالة a(t) للحركة التوافقية البسيطة:** $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ **دالة a(x) للحركة التوافقية البسيطة** $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	$W = 0J$ قوة النابض تتغير في مقدارها، لكن الإزاحة الكلية للجسم تساوي صفر. لذلك، حسب تعريف الشغل، فإن شغل قوة النابض يساوي صفر. لا يوجد تغير في طاقة الجسم الحركية، ومن مبدأ الشغل والطاقة، فإن شغل النابض يساوي صفر.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10176

3. جسم كتلته 2 كغم يتحرك نحو اليسار على سطح أفقي أملس، بسرعة ثابتة مقدارها 8 أمتار في الثانية. يتحرك الجسم باتجاه نابض غير مشدود، ثابت النابض فيه هو 5 نيوتن لكل متر. يصطدم الجسم بالنابض ويُرتد منه نحو اليمين. في الرسم التالي، يتم توضيح موقع الجسم بالنسبة لمحور حركة اتجاهه نحو اليمين، ونقطة الأصل في موقع الجسم في لحظة الاصطدام بالنابض. 	**3.16 – احسب كمية الدفع التي أثر بها النابض على الجسم، من لحظة بداية الحركة التوافقية البسيطة وحتى نهايتها.** **3.17 – احسب مقدار القوة المتوسطة التي يؤثر بها النابض على الجسم.**	زمن الدورة للحركة التوافقية البسيطة: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ دالة X(t) للحركة التوافقية البسيطة: $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة V(t) للحركة التوافقية البسيطة: $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ دالة V(X) للحركة التوافقية البسيطة $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ دالة a(t) للحركة التوافقية البسيطة: $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة a(x) للحركة التوافقية البسيطة $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	**$J = 32N \cdot S$** **1. يمكن استخدام مبدأ الدفع وكمية الحركة حتى عندما تكون القوة المؤثرة على الجسم غير ثابتة.** **2. إشارة الشغل تتحدد حسب اتجاه القوة المؤثرة بالنسبة لاتجاه الحركة، في النصف الأول من الحركة، القوة تؤثر بعكس اتجاه الحركة – شغلها سالب. في النصف الثاني، القوة تؤثر في اتجاه الحركة – شغلها موجب. لذلك، في هذه الحالة، الشغل الكلي يساوي صفر.** **بالمقابل، إشارة الدفع تحدد حسب إشارة القوة. في هذه الحالة، القوة تؤثر طوال زمن الحركة باتجاه اليمين (باتجاه المحور)، لذلك القوة موجبة والدفع موجب.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10177
			$F = 16.16N$ **1. القوة المتوسطة تساوي التغير الكلي في كمية الحركة مقسومًا على زمن الحركة الكلي.** **2. قوة النابض تتغير في مقدارها لكنها لا تتغير في اتجاهها، فهي تؤثر طوال زمن الحركة نحو اليمين، لذلك القوة المتوسطة موجبة.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10178

4. صندوق كتلته 45 كغم موضوع على سطح أفقي أملس. الصندوق موصول بنابض أفقي غير مشدود. رصاصة كتلتها 5 غرام تصطدم بالصندوق وتنغرس فيه. بعد الاصطدام، تتحرك الرصاصة والصندوق معًا كجسم واحد في حركة توافقية بسيطة.

الرسم التالي، يُوضح وضع الرصاصة قبل لحظة اصطدامها بالصندوق، وكذلك محور الحركة.

نفترض أنه يمكن إهمال قوى الاحتكاك وكذلك فقدان الطاقة الحركية أثناء اصطدام الرصاصة بالصندوق.



نُعيد تنفيذ عملية إطلاق النار عدة مرات باستخدام رصاصات متماثلة وصندوق متماثل (جديد) في كل تجربة. في كل مرة، نقوم بتغيير سرعة الرصاصة ونقيس باستخدام حساس (مستشعر) سعة (مقدار) التذبذب الناتجة بعد الاصطدام. نرمز إلى الرصاصة بأنها الجسم 1 ونرمز إلى الصندوق بأنه الجسم 2 في الجدول التالي، تم تلخيص قيم سرعات الرصاصة قبل الاصطدام وسعة حركة التذبذب للصندوق بعد الاصطدام.

A[m]	$V_1\left[\frac{m}{s}\right]$
0.29	800
0.33	900
0.37	1000
0.4	1100
0.44	1200

4.1 – طوّر تعبيرًا يصف سعة الاهتزاز (سعة التذبذب) بدلالة سرعة الرصاصة (الجسم 1) قبل اصطدامها بالصندوق (الجسم 2).

استخدم دالة السرعة V(t)

ملاحظة: يجب التعبير عن السرعة المشتركة للأجسام باستخدام معادلة حفظ الزخم (حفظ كمية الحركة).

4.2 – طوّر تعبيرًا يصف سعة الاهتزاز بدلالة سرعة الرصاصة قبل اصطدامها بالصندوق.

استخدم دالة السرعة V(x)

4.3 – ارسم رسمًا بيانيًا يصف سعة الاهتزاز بدلالة سرعة الرصاصة، واحسب باستخدام الرسم البياني ثابت النابض.

زمن الدورة للحركة التوافقية البسيطة:

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

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

دالة X(t) للحركة التوافقية البسيطة:

$$X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$$

دالة V(t) للحركة التوافقية البسيطة:

$$V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$$

دالة V(X) للحركة التوافقية البسيطة

$$V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$$

دالة a(t) للحركة التوافقية البسيطة:

$$a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$$

دالة a(x) للحركة التوافقية البسيطة

$$a(X) = -\omega^2 \cdot X$$

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10180

$$A = \frac{m_1 \cdot V_1}{\sqrt{K \cdot (m_1 + m_2)}}$$

1. كتلة الجسم الذي يتحرك في الحركة التوافقية البسيطة هي كتلة الصندوق وكتلة الرصاصة معًا.
2. الجسم لا يبدأ حركته من نقطة النهاية الموجبة، لذلك قبل استخدام دالة السرعة بدلالة الزمن يجب تحديد زاوية الطور الابتدائية.
3. الاتجاه الموجب لمحور الحركة في هذا البند هو إلى اليسار، لذلك زاوية الطور الابتدائية في هذه المسألة تختلف عن زاوية الطور الابتدائية في المسألة السابقة.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10181

$$A = \frac{m_1 \cdot V_1}{\sqrt{K \cdot (m_1 + m_2)}}$$

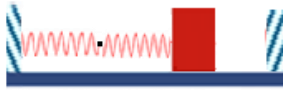
1. عند استخدام دالة السرعة بدلالة الموقع، لا حاجة للتعامل مع زاوية الطور الابتدائية.
2. يمكن التعبير عن السعة أيضًا باستخدام حفظ الطاقة الميكانيكية لحركة الصندوق في الحركة التوافقية البسيطة.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10182

$$K = 4.21\frac{N}{m}$$

1. من ميل الرسم البياني يمكن استخراج ثابت النابض.
2. يجب رسم رسم بياني كمي، تحديد أنسب خط مستقيم، وحساب الميل بناءً على نقطتين تقعان على هذا الخط فقط.

هذا السؤال يتناول توصيل النوابض على التوالي وبالتوازي، وهو موضوع غير مشمول في المنهاج الجديد. **5.** لدى طالب صندوق كتلته 60 كغم. ولديه نوابض متماثلة، كل منها ذو ثابت نابض مقداره 10 نيوتن لكل متر. الطالب يستخدم هذه الأجهزة لإجراء أربع تجارب مختلفة، بحيث يكوّن أربع منظومات مختلفة تُظهر حركة توافقية بسيطة. في كل منظومة، يقوم الطالب بإزاحة الصندوق من نقطة الاتزان ثم يتركه ليتحرك. مقدار الإزاحة مختلف في كل تجربة، ولذلك تكون الحركة الناتجة في كل منظومة هي حركة توافقية بسيطة (ح.ت.ب) مختلفة السعة. نفترض أن السطح الذي يتحرك عليه الصندوق أفقي وأملس (أي دون احتكاك). نصف الحركة بالنسبة لمحور اتجاهه نحو اليمين، ونقطة أصله في نقطة الاتزان لكل منظومة.	**5.1-** في المنظومة الأولى، استخدم الطالب نابضًا واحدًا من جهة واحدة. احسب زمن الدورة (زمن الدورة) لهذه المنظومة. **5.2-** في المنظومة الثانية قام الطالب بتوصيل الصندوق بنابضين متوازيين موصولين من نفس الجهة. احسب زمن الدورة لهذه المنظومة.	زمن الدورة للحركة التوافقية البسيطة: $$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$ $$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$ دالة X(t) للحركة التوافقية البسيطة: $$X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$$ دالة V(t) للحركة التوافقية البسيطة: $$V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$$ دالة V(X) للحركة التوافقية البسيطة $$V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$$ دالة a(t) للحركة التوافقية البسيطة: $$a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$$ دالة a(x) للحركة التوافقية البسيطة $$a(X) = -\omega^2 \cdot X$$	$T = 15.39S$ وفقًا لتعبير زمن الدورة لجسم متصل بنابض أفقي ويتحرك في حركة توافقية بسيطة، فإن زمن الدورة يعتمد فقط على كتلة الجسم وثابت النابض. زمن الدورة لا يعتمد على سعة الاهتزاز. $T = 10.88S$ 1. ثابت النابض المحصل لنابضين متصلين على التوازي يساوي مجموع ثوابت النابضين المعطيين: $$K_T = K_1 + K_2$$ 2. في أوراق المعادلات لا تظهر صيغ لحساب ثابت النابض المحصل للنوابض المتصلة على التوالي أو التوازي. حسب المنهاج الدراسي، يجب على الطالب معرفة هذه الصيغ وفهمها (يوجد تطوير كامل مع أمثلة وتدريبات في CUBE-19)	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10202 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10204

هذا السؤال يتناول توصيل النوابض على التوالي وبالتوازي، وهو موضوع غير مشمول في المنهاج الجديد. **5.** لدى طالب صندوق كتلته 60 كغم. ولديه نوابض متماثلة، كل منها ذو ثابت نابض مقداره 10 نيوتن لكل متر. الطالب يستخدم هذه الأجهزة لإجراء أربع تجارب مختلفة، بحيث يكوّن أربع منظومات مختلفة تُظهر حركة توافقية بسيطة. في كل منظومة، يقوم الطالب بإزاحة الصندوق من نقطة الاتزان ثم يتركه ليتحرك. مقدار الإزاحة مختلف في كل تجربة، ولذلك تكون الحركة الناتجة في كل منظومة هي حركة توافقية بسيطة (ح.ت.ب) مختلفة السعة. نفترض أن السطح الذي يتحرك عليه الصندوق أفقي وأملس (أي دون احتكاك). نصف الحركة بالنسبة لمحور اتجاهه نحو اليمين، ونقطة أصله في نقطة الاتزان لكل منظومة.	**5.3-** في المنظومة الثالثة، يستخدم الطالب نابضين، نابض واحد على كل جانب. احسب زمن الدورة لهذه المنظومة.	زمن الدورة للحركة التوافقية البسيطة: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ دالة X(t) للحركة التوافقية البسيطة: $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة V(t) للحركة التوافقية البسيطة: $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ دالة V(X) للحركة التوافقية البسيطة $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ دالة a(t) للحركة التوافقية البسيطة: $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة a(x) للحركة التوافقية البسيطة $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	$T = 10.88S$ النابضان غير متصلين على التوالي ولا على التوازي، لكنهما يُطبّقان قوى متساوية في المقدار والاتجاه في كل لحظة، مثل النابضات المتصلة على التوازي، لذلك يجب التعامل معها كأنها موصولة على التوازي.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10205
	5.4- في المنظومة الرابعة، قام الطالب بتوصيل الصندوق بنابضين موصولين على التوالي من نفس الجهة.  احسب زمن الدورة لهذه المنظومة..		$T = 21.76S$ 1. النابضان موصولان على التوالي. يجب حساب ثابت النابض المحصل وفقًا لتوصيل النوابض على التوالي. 2. إذا قمنا بتوصيل العديد من النوابض على التوازي، سيكون من الصعب شدّها. أما إذا وصلناها على التوالي، فسيكون من السهل شدّها. في التوصيل على التوازي يكون ثابت النابض المحصل كبيرًا، أما في التوصيل على التوالي فيكون صغيرًا. 3. تعبير ثابت النابض المحصل لنابضين متصلين على التوالي هو: $\frac{1}{K_T} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2}$ 4. في هذا البند، ثابت النابض المحصل هو الأصغر. وبما أن السعة متساوية في الحالات الأربع، فإن زمن الدورة في هذه الحالة هو الأكبر.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10206

هذا السؤال يتناول توصيل النوابض على التوالي وبالتوازي، وهو موضوع غير مشمول في المنهاج الجديد. **5.** لدى طالب صندوق كتلته 60 كغم. ولديه نوابض متماثلة، كل منها ذو ثابت نابض مقداره 10 نيوتن لكل متر. الطالب يستخدم هذه الأجهزة لإجراء أربع تجارب مختلفة، بحيث يكوّن أربع منظومات مختلفة تُظهر حركة توافقية بسيطة. في كل منظومة، يقوم الطالب بإزاحة الصندوق من نقطة الاتزان ثم يتركه ليتحرك. مقدار الإزاحة مختلف في كل تجربة، ولذلك تكون الحركة الناتجة في كل منظومة هي حركة توافقية بسيطة مختلفة السعة. نفترض أن السطح الذي يتحرك عليه الصندوق أفقي وأملس (أي دون احتكاك). نصف الحركة بالنسبة لمحور اتجاهه نحو اليمين، ونقطة أصله في نقطة الاتزان لكل منظومة.	**5.5-** إذا كانت سعة الاهتزاز متساوية في جميع المنظومات الأربع، في أي منظومة تكون سرعة الجسم في نقطة الاتزان هي الأصغر؟ **5.6-** طالب يرغب في تصميم سعات الحركة في المنظومتين الثالثة والرابعة بحيث تكون السرعة القصوى للصندوق متساوية في كلتا المنظومتين. كم يجب أن تكون نسبة السعتين $\frac{A_4}{A_3}$؟	زمن الدورة للحركة التوافقية البسيطة: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ دالة X(t) للحركة التوافقية البسيطة: $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة V(t) للحركة التوافقية البسيطة: $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ دالة V(X) للحركة التوافقية البسيطة $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ دالة a(t) للحركة التوافقية البسيطة: $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ دالة a(x) للحركة التوافقية البسيطة $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	**في المنظومة الرابعة** **1.** يمكن التعبير عن سرعة الجسم عند نقطة الاتزان باستخدام دالة V(x). **2.** في أي حركة توافقية بسيطة، تكون سرعة الجسم في نقطة الاتزان هي الأكبر. $\frac{A_4}{A_3} = 2$ **1.** زمن الدورة لا يتعلق على سعة الاهتزاز، لكن السرعة القصوى تتعلق على سعة الحركة. 2. لإيجاد نسبة السعتين، يجب كتابة تعبير للسرعة القصوى في كل منظومة، ثم المساواة بين السرعتين والتعبير عن النسبة بين السعتين. **3.** في المنظومة الرابعة، ثابت النابض المحصل أصغر بأربع مرات. لكي تكون السرعتان القصوتان متساويتين في المقدار، يجب أن تكون سعة المنظومة الرابعة أكبر بمرتين، لأن نسبة السعات عكسية لنسبة الجذور التربيعية لثوابت النابض.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10207 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4372&chapterid=10208