

حرکت دوره‌ای (تناوبی)

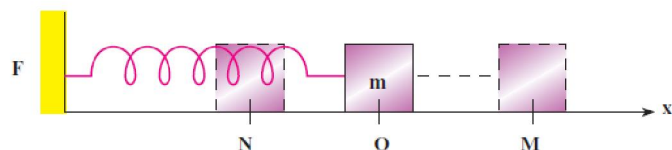
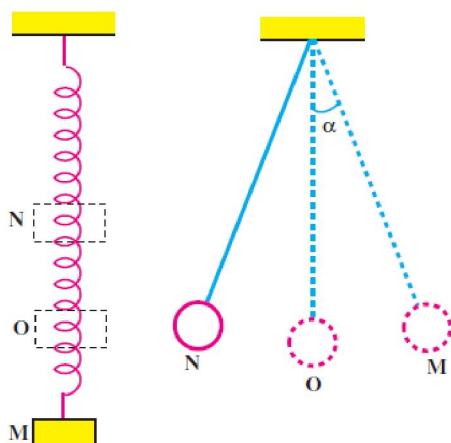
به حرکتی گفته می‌شود که در یک دوره زمانی معین تکرار می‌شوند، یعنی به وضعیت اولیه بر می‌گردند. مانند حرکت ماه به دور زمین، حرکت آونگ، ضربان قلب و ...

حرکت هماهنگ ساده

حالت خاصی از حرکت تناوبی است که دو شرط زیر را برای آن در نظر می‌گیریم:

شرط اول: مسیر رفت و برگشت متحرک روی پاره خط راست و حول نقطه‌ای در وسط این پاره خط (نقطه تعادل) باشد. نقطه تعادل را معمولاً با حرف O نشان می‌دهند.

شرط دوم: نیروی بازگرداننده‌ای وجود داشته باشد که هرگاه نوسانگر از نقطه تعادل دور شد مجدداً آنرا به سمت نقطه تعادل بکشد. بطور مثال حرکت آونگ با شرط آنکه زاویه انحراف آن از وضع تعادل بیشتر از ۶ درجه نشود و یا حرکت وزنه - فنر افقی و قائم. برحسب رادیان $\alpha \Rightarrow \sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha$



دوره: در حرکت هماهنگ ساده بازه زمانی بین دو وضعیت یکسان و متوالی را دوره می‌نامیم، واحد آن ثانیه است، و با نماد T نشان داده می‌شود.

بسامد (فرکانس): تعداد دوره‌ها یا تعداد نوسانها در یک ثانیه را بسامد

می‌نامند، واحد آن s^{-1} است که هرتز (Hz) نامیده می‌شود، و با نماد f نشان داده می‌شود. $T = \frac{1}{f}$ و $f = \frac{1}{T}$

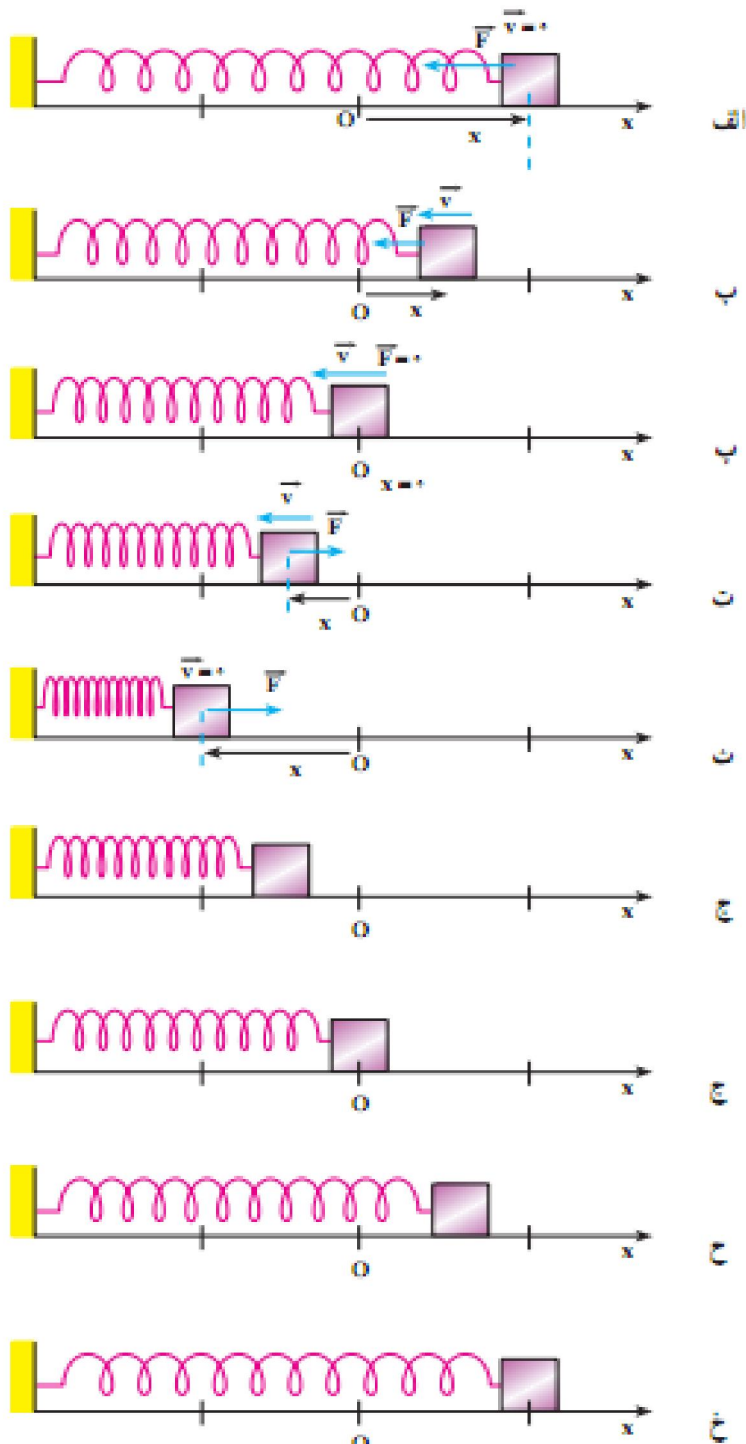
دامنه: بیشترین فاصله نوسانگر از مبدأ را دامنه می‌نامند و معمولاً با A نشان داده می‌شود. $A = OM = ON$. نیروی بازگرداننده: نیرویی که همواره به گونه‌ای است که، می‌خواهد نوسانگر را به حالت تعادل برگرداند.

قانون هوک: نیروی بازگرداننده فنر با تغییر طول فنر متناسب است و جهت این نیرو همواره خلاف جهت جابجایی جسم (بردار مکان) است. $F = -Kx$ یا $F = -K\Delta l$

🔔 هر دستگاهی که نیروی بازگرداننده آن از قانون هوک پیروی کند، حرکت هماهنگ ساده خواهد داشت.

🔔 در حالتی که فنر طول عادی خود را دارد برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر است و در نتیجه جسم در حال تعادل می‌باشد.

بررسی اثر نیروی بازگرداننده در نوسانگر وزنه - فنر (افقی): (از اصطکاک سطح افقی صرف نظر شده است.)



حالت	a	F	v	x
الف	-	-	+	+
ب	-	-	-	+
پ	+	+	-	۰
ت	+	+	-	-
ث	+	+	+	-
ج	+	+	+	-
چ	۰	۰	+	۰
ح	-	-	+	+
خ	-	-	۰	+

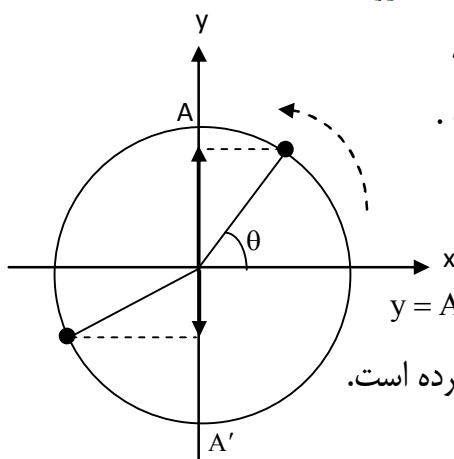
🔔 : با توجه به شکل‌های مقابل و مقایسه علامت a و v می‌توان تشخیص داد که حرکت شتابدار تند شونده است یا کند شونده.

🔔 : طبق قانون دوم نیوتن F و a همواره همسو می‌باشند.

🔔 : طبق قانون هوک علامت x همواره با F مخالف است و بردار مکان با نیرو در دوسوی مخالف هستند.

معادله حرکت هماهنگ ساده

روش اول: به این منظور از دایره‌ای به نام دایره مرجع استفاده می‌کنیم، که متحرکی با سرعت زاویه‌ای ثابت ω در مسیر دایره‌ای در حال حرکت است. اگر تصویر حرکت متحرک را روی محور قائم یا محور افقی در نظر بگیریم، این تصویر بین دو نقطه A و A' در حال نوسان است.



$$y = A \sin(\theta) \quad \text{و} \quad \theta = \omega t = \frac{2\pi}{T} t \Rightarrow \boxed{y = A \sin(\omega t)} \quad \text{یا} \quad \boxed{x = A \cos(\omega t)}$$

در معادلات بالا در نظر گرفته‌ایم که متحرک حرکت خود را از مبدأ شروع کرده است.

اگر متحرک از مبدأ شروع به حرکت نکرده باشد، اصطلاحاً فاز اولیه دارد که با نماد φ_0 نمایش می‌دهند، در

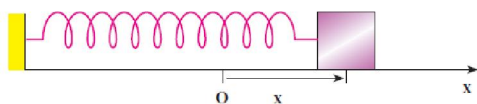
$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

اینصورت معادله حرکت به شکل مقابل تغییر پیدا می‌کند:

$$A = \text{دامنه نوسان} \quad \varphi_0 = \text{فاز اولیه} \quad \varphi = (\omega t + \varphi_0) = \text{فاز حرکت}$$

ω = بسامد زاویه‌ای (یکای بسامد زاویه‌ای رادیان بر ثانیه است.)

🔔 با توجه به دایره مرجع، می‌توانیم حرکت هماهنگ ساده را اینگونه تصور کرد که، متحرکی در حال حرکت دایره‌ای است که، ما در یک بعد حرکت آنرا می‌بینیم. مانند حرکت رکاب دوچرخه که در مسیر دایره ای است ولی ناظری که از روبرو و یا از بالا به آن نگاه می‌کند حرکت آنرا در امتداد خط راست و حول نقطه‌ای در مرکز آن پاره خط می‌بیند.



روش دوم: یک نوسانگر وزنه - فنر را روی مسیر افقی در نظر

بگیرید. نیروی وارد بر وزنه از قانون هوک پیروی می‌کند و از

طرف دیگر چون حرکت شتابدار است، قانون دوم بر آن حاکم است.

$$\begin{cases} F = -kx \\ F = ma \end{cases} \Rightarrow ma = -kx \Rightarrow a = -\frac{k}{m}x \Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x$$

در نتیجه:

یعنی x تابعی است که پس از دو بار مشتق گیری مجدداً با یک ضریب ظاهر می‌شود. تابع سینوسی پیشنهادی

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow \frac{dx}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0)$$

می‌تواند در معادله بالا صدق کند.

$$\Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0) = -\omega^2 x \Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow \boxed{\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}}$$

سوال: بسامد زاویه‌ای یعنی چه؟

جواب: اگر فاز حرکت نوسانگر را در دو لحظه t_1 و t_2 در نظر بگیریم و تغییر فاز بین آن دو لحظه را محاسبه کنیم

$$\varphi_1 = \omega t_1 + \varphi_0 \quad \text{و} \quad \varphi_2 = \omega t_2 + \varphi_0 \Rightarrow \Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \omega(t_2 - t_1) \Rightarrow \boxed{\Delta\varphi = \omega\Delta t}$$

خواهیم داشت:

$$\Rightarrow \boxed{\frac{\Delta\varphi}{2\pi} = \frac{\Delta t}{T}}$$

در نتیجه: تغییر فاز در هر ثانیه را بسامد زاویه‌ای می‌نامند.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}} \quad \text{و} \quad \boxed{f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}}$$

رابطه بسامد زاویه‌ای و دوره:

🔔 با توجه به روابط فوق نتیجه می‌گیریم:

۱ - دوره و بسامد به ویژگی های فیزیکی نوسانگر (k و m) بستگی دارد.

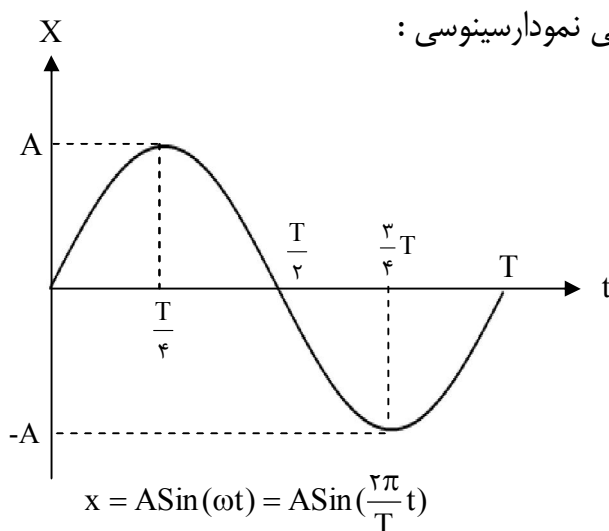
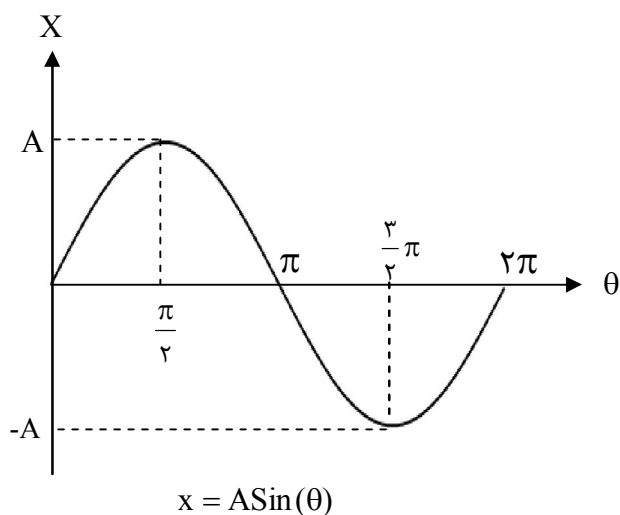
۲ - دوره و بسامد به دامنه و فاز اولیه بستگی ندارد.

🔔 بسامد یک نوسانگر از ویژگی های ساختاری آن نوسانگر است که بسامد طبیعی آن نامیده می‌شود.

🔔 برای نوشتن معادله حرکت و رسم نمودار آن، بایستی سه عامل A و ω و φ_0 مشخص شود.

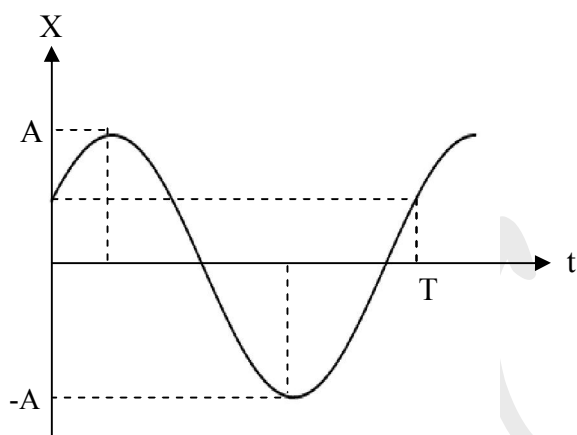
اطلاعات لازم را میتوان از روشهای متفاوتی پیدا کرد، یکی از آن راهها بررسی نمودار حرکت می‌باشد که در ادامه به آن می‌پردازیم.

بررسی نمودار سینوسی:



در هر دو نمودار فاز اولیه صفر است ($\phi_0 = 0$) و نمودار از مبدأ شروع شده است.

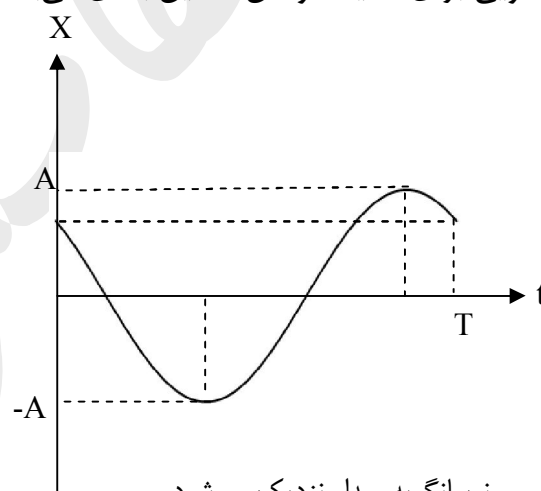
در نمودارهای زیر چهار نمودار رسم شده است که هریک از آنها مفهوم فاز اولیه در چهار ناحیه نشان می‌دهد، که مانند الگویی برای مقایسه و حل مسایل بعدی می‌باشد:



نوسانگر از مبدأ دور می‌شود

شروع از ربع اول: مقدار X مثبت و رو به افزایش و $V > 0$

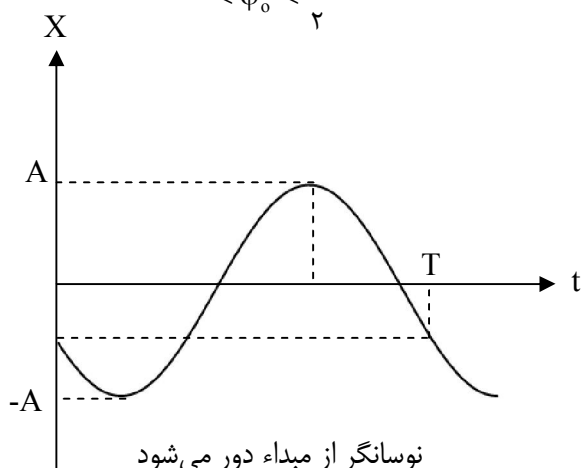
$$0 < \phi_0 < \frac{\pi}{2}$$



نوسانگر به مبدأ نزدیک می‌شود

شروع از ربع دوم: مقدار X مثبت و رو به کاهش و $V < 0$

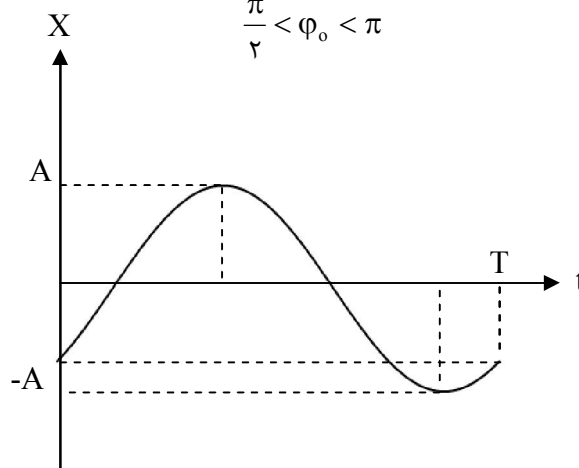
$$\frac{\pi}{2} < \phi_0 < \pi$$



نوسانگر از مبدأ دور می‌شود

شروع از ربع سوم: مقدار X منفی و رو به افزایش و $V > 0$

$$\pi < \phi_0 < \frac{3\pi}{2}$$



نوسانگر به مبدأ نزدیک می‌شود

شروع از ربع چهارم: مقدار X منفی و رو به کاهش و $V < 0$

$$\frac{3\pi}{2} < \phi_0 < 2\pi$$

🔔 : برای محاسبه ϕ_0 از رابطه $\sin \phi_0 = \frac{X_0}{A}$ استفاده می‌شود.

پیش ۱

معادله حرکت هماهنگ ساده‌ای را بنویسید که دامنه آن ۲۰ cm و دوره تناوب آن ۰/۴ s است و در لحظه $t = 0$ در مبداء قرار دارد، سپس نمودار مکان - زمان آنرا در یک دوره رسم کنید. (چند جواب داریم؟)

تأییدی

پیش ۲

معادله حرکت هماهنگ ساده‌ای را بنویسید که دامنه آن ۸ cm و دوره تناوب آن ۰/۶ s است و در لحظه $t = 0$ در فاصله ۴ cm مبداء قرار دارد و از آن دور می‌شود، سپس نمودار مکان - زمان آنرا در یک دوره رسم کنید.

تأییدی

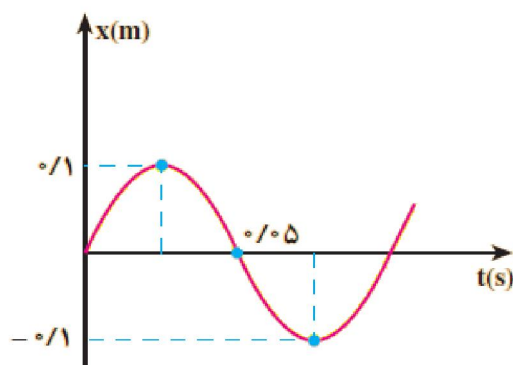
پیش ۳

معادله حرکت نوسانگری در SI به صورت $x = 0.04 \sin(60\pi t + \frac{\pi}{6})$ است (الف : دامنه - دوره - بسامد و فاز اولیه آن چقدر است؟ ب) مکان نوسانگر را در لحظه $t = \frac{1}{36}$ s بدست آورید. ج) نمودار مکان - زمان آنرا در یک دوره رسم کنید.

تأییدی

پیش ۴

با توجه به نمودار مقابل:
الف) معادله مکان - زمان آنرا بنویسید.
ب) مکان نوسانگر را در لحظه $t = 0.25$ s بدست آورید.



تأییدی

سوال ۳

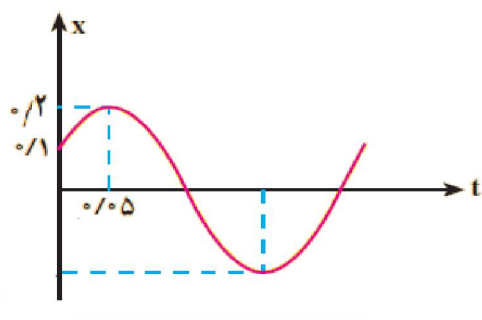
با توجه به نمودار مقابل:

الف) معادله مکان - زمان آنرا بنویسید.

ب) پس از چند ثانیه متحرک برای دومین بار در

بیشترین فاصله از نقطه تعادل است؟

ج) در قسمت ب فاز حرکت را محاسبه کنید.



تأییدی

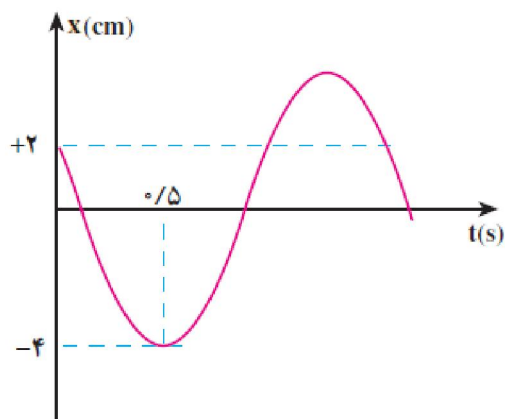
سوال ۲

با توجه به نمودار مقابل:

الف) معادله مکان - زمان آنرا بنویسید.

ب) بعد از چند ثانیه پس از شروع نوسان سرعت نوسانگر برای

دومین بار صفر می شود؟



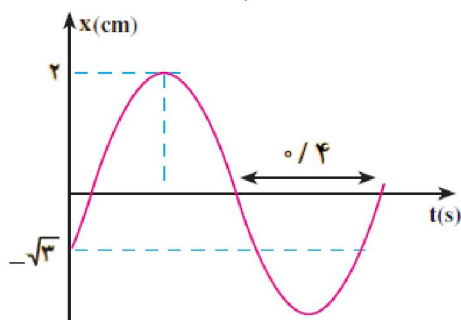
تأییدی

سوال ۷

با توجه به نمودار مقابل: الف) معادله مکان - زمان آنرا بنویسید.

ب) در مدت ۱s چند بار و در چه لحظاتی سرعت نوسانگر صفر

شده است؟



تأییدی

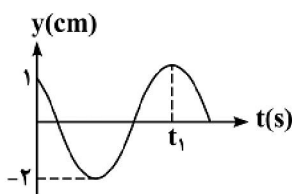
۱۰
۸

معادله ی حرکت هماهنگ ساده ای را بنویسید که دامنه ی آن ۲ cm و دوره ی آن ۰/۲ s و در لحظه ی صفر در $x = ۱$ cm قرار دارد و سرعت آن مثبت است. نمودار مکان - زمان این حرکت را در یک دوره رسم کنید.

۱۰
۸

۱۰
۸

نمودار مکان - زمان یک نوسانگر هماهنگ ساده با بسامد زاویه‌ای $\frac{7\pi}{6}$ rad / s مطابق شکل روبه‌رو است. کمیت‌های زیر را محاسبه کنید.
الف) فاز اولیه ی حرکت
ب) t_1



۱۰
۸

۱۰
۸

دامنه ی نوسان نوسانگر ساده ای ۲ cm و بسامد آن ۲۰ Hz است. اگر نوسانگر در لحظه ی $t = ۰$ s در فاصله ی ۲ cm + مبدأ باشد معادله ی حرکت آن را بنویسید.

۱۰
۸

معادله سرعت و شتاب در حرکت هماهنگ ساده

میدانیم که معادله سرعت مشتق معادله مکان نسبت به زمان است

$$V = \frac{dx}{dt} \Rightarrow V = A\omega \cos(\omega t + \phi_0) \quad \text{در نتیجه:}$$

$$x = 0 \Rightarrow V_{\max} = A\omega$$

🔔 سرعت بیشینه زمانی است که متحرک در حال گذر از حال تعادل است.

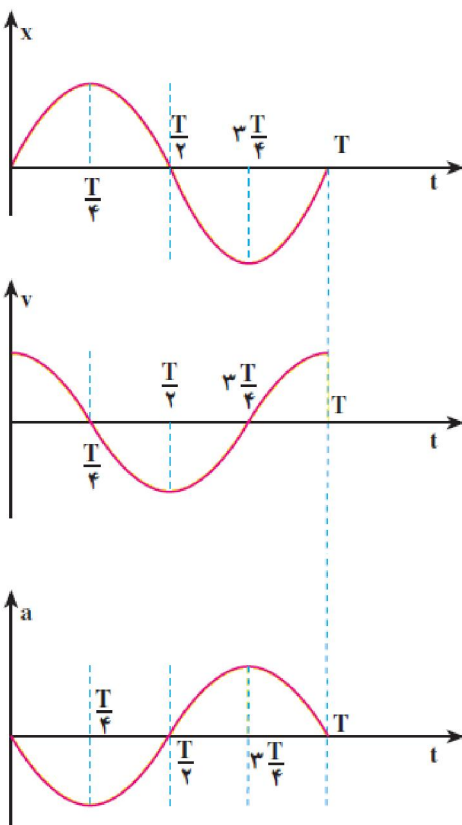
و همچنین معادله شتاب معادله سرعت نسبت به زمان است

$$a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow a = -A\omega^2 \sin(\omega t + \phi_0) = -x\omega^2 \quad \text{در نتیجه:}$$

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

🔔 شتاب بیشینه زمانی است که متحرک بیشترین فاصله را از مبدأ دارد.

🔔 رابطه بالا نشان میدهد: بردار شتاب در خلاف جهت بردار مکان است.



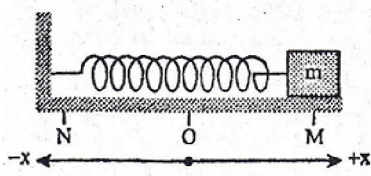
۱۱

جهت سرعت و شتاب را در حرکت نوسانی ساده با هم مقایسه کنید و توضیح دهید که در چه بازه‌هایی حرکت تند شونده و یا کند شونده است.

تألیفی

۱۲

یک نوسانگر وزنه - فنر، روی یک سطح افقی با اصطکاک ناچیز در حالت تعادل (در نقطه‌ی O) قرار دارد. مطابق شکل، آن را تا نقطه‌ی M می کشیم و رها می کنیم. جدول زیر را کامل کنید و به پاسخ نامه انتقال دهید.



جهت حرکت نوسانگر	علامت سرعت	علامت شتاب	نوع حرکت
حرکت از O به M	+		
حرکت از N به O			تند شونده

۸۷/۱۰/۲۶

۱۳

الف) رابطه مقابل را ثابت کنید. $V = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$

ب) به کمک رابطه فوق معلوم کنید در چه مکانی سرعت نوسانگر صفر و یا بیشینه است.

تألیفی

۱۴

الف) رابطه مقابل را ثابت کنید. $a = \pm \omega \sqrt{V_{\max}^2 - V^2}$

ب) به کمک رابطه فوق معلوم کنید در چه زمانهایی شتاب نوسانگر صفر و یا بیشینه است.

تألیفی

۳۰
۱۱
۵

دامنه نوسانگری به جرم 20 gr که به فنری به ثابت فنر 20 N/m بسته شده است 4 cm است :
الف (بیشینه سرعت و شتاب نوسانگر را محاسبه کنید .
ب (در لحظه‌ای که مکان نوسانگر 1 cm + است سرعت و شتاب آنرا محاسبه کنید .

تألیفی

۳۰
۱۱
۲

نوسانگری 120 نوسان کامل در دقیقه انجام می‌دهد اگر دامنه نوسان 6 cm باشد و در لحظه $t=0$ در فاصله 3 cm + از مبدأ در حال نزدیک شدن به مبدأ باشد :
الف (معادلات مکان - زمان و سرعت - زمان آنرا بنویسید .
ب (نمودار سرعت - زمان آنرا برای یک دوره تناوب رسم کنید. ($\pi = 3$)
ج (در چه لحظه‌ای برای اولین بار سرعت بیشینه می‌شود ؟

تألیفی

۳۰
۱۱
۷

جسم کوچکی حرکت نوسانی ساده در سطح افق با دامنه 5 cm انجام می‌دهد در 4 cm وضع تعادل بزرگی شتاب 2 m/s^2 است:
الف (دوره تناوب آن را محاسبه کنید.
ب (بزرگی سرعت در آن وضعیت چقدر است ؟

تألیفی

۱۸

ذره‌ای بر روی خط راست حرکت نوسانی انجام می‌دهد، اگر اندازه سرعت این ذره در فاصله ۶ cm وضع تعادل 0.24 m/s و در ۸ cm وضع تعادل 0.18 m/s باشد حداکثر سرعت و حداکثر شتاب این ذره چقدر است؟

تالیف:

۱۹

معادله‌ی حرکت هماهنگ ساده‌ی یک نوسانگر در SI به صورت $x = 0.05 \sin\left(20\pi t + \frac{2\pi}{3}\right)$ است.

الف) معادله‌ی سرعت این نوسانگر را به دست آورید.

ب) در چه لحظه‌ای برای اولین بار شتاب آن بیشینه می‌شود؟

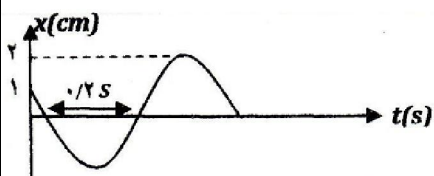
۸۴/۱۰/۱۴

۲۰

نمودار مکان- زمان نوسانگری مطابق شکل است:

الف) معادله حرکت و معادله سرعت نوسانگر را بنویسید.

ب) پس از چه مدت شتاب نوسانگر برای اولین بار صفر می‌شود؟



۸۷/۶/۲۰

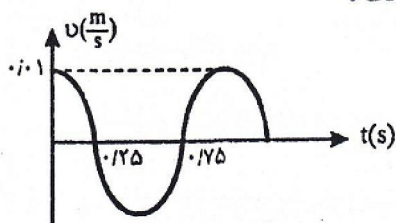
تجربیات

- نوسانگری با دامنه 4 cm در هر ثانیه ۲۰۰ نوسان کامل انجام می دهد. اگر نوسانگر در ابتدا زمان در ۲ سانتیمتری مبدا مکان و در جهت مثبت محور x حرکت کند.
- الف) معادله حرکت نوسانی آنرا بنویسید.
- ب) سرعت نوسانگر را در لحظه $t = \frac{1}{400}$ ثانیه بدست آورید.
- ج) نمودار مکان-زمان آنرا در یک دوره رسم کنید.

۸۷/۶/۲۰

تجربیات

نمودار سرعت - زمان یک نوسانگر هماهنگ ساده ، مطابق شکل رو به رو است .



الف) فاز اولیه ی حرکت را به دست آورید .

ب) دوره ی نوسان چه قدر است ؟

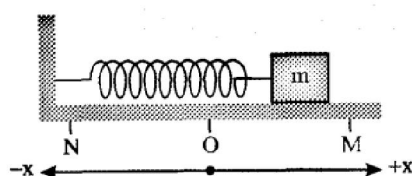
ج) بیشینه ی شتاب نوسانگر را محاسبه کنید. ($\pi \sim 3$)

۸۷/۱۰/۸۷

تجربیات

نوسانگر وزنه - فنر شکل زیر ، بین دو نقطه ی M و N در اطراف حالت تعادل (O) روی یک سطح افقی با اصطکاک ناچیز ، حرکت هماهنگ ساده انجام می دهد. جمله های زیر را تصحیح کنید:

- الف) در نقطه ی M ، شتاب نوسانگر صفر و سرعت آن صفر است.
- ب) در نقطه ی O ، سرعت نوسانگر بیشینه و نیروی کشسانی فنر بیشینه است.
- ج) در نقطه ی N ، مکان نوسانگر منفی و شتاب آن منفی است.
- د) در حرکت نوسانگر از نقطه ی O به طرف نقطه ی M ، حرکت تند شونده است.



۸۷/۲/۵

پیش ۲۴

جدول زیر برای یک جسم در حال نوسان تنظیم شده است. به جای حروف یکی از عبارت های (هم جهت، در جهت مخالف هم، تندشونده، کندشونده) را قرار دهید.

نوسانگر به مبدأ نزدیک می شود	نوسانگر از مبدأ دور می شود	
(a)	در جهت مخالف هم	بردارهای مکان و نیرو
(b)	(c)	بردارهای سرعت و نیرو
(d)	(f)	نوع حرکت

۸۹/۱۰/۱۵

معادله ی مکان - زمان یک نوسانگر ساده در SI، به صورت $x = 0.03 \sin(10\pi t + \frac{\pi}{6})$ است:

(آ) دوره ی حرکت، طول پاره خط نوسان و فاز اولیه ی حرکت را تعیین کنید.

(ب) نوسانگر در $t = \frac{1}{3}$ s، در چه مکانی قرار دارد؟

(پ) بیشینه ی سرعت نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟

($\pi \approx 3$)

پیش ۲۵

۹۰/۶/۹

دامنه و بسامد نوسانگر هماهنگ ساده ای به ترتیب 20 cm و 2 Hz است. اگر نوسانگر در لحظه ی $t = 0$ در فاصله ی $10 +$ سانتی متری مبدأ نوسان باشد:

الف) بسامد زاویه ای چه قدر است؟

ب) معادله ی حرکت این نوسانگر را بنویسید.

ج) شتاب بیشینه ی نوسانگر را محاسبه کنید.

$\pi^2 = 10$

پیش ۲۶

۹۱/۴/۵

انرژی مکانیکی نوسانگر (دستگاه جرم - فنر)

انرژی پتانسیل کشسانی:

هنگامی که فنر فشرده یا کشیده می‌شود، انرژی پتانسیل کشسانی آن از رابطه $U_e = \frac{1}{2} kx^2$ محاسبه می‌شود.

$k = m\omega^2$ = ثابت فنر و X = تغییر طول فنر (مکان نوسانگر) می‌باشد. $(\varphi = \omega t + \varphi_0)$

$$U_e = \frac{1}{2} kA^2 \sin^2 \varphi = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2 \sin^2 \varphi$$

انرژی جنبشی: با استفاده از جرم وزنه نوسانگر و سرعت آن می‌توانیم انرژی جنبشی نوسانگر را محاسبه کرد.

$$K = \frac{1}{2} mV^2 = \frac{1}{2} mA^2 \omega^2 \cos^2 \varphi$$

انرژی مکانیکی یعنی مجموع انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل کشسانی:

$$E = K + U_e = \frac{1}{2} mA^2 \omega^2 \cos^2 \varphi + \frac{1}{2} m\omega^2 A^2 \sin^2 \varphi = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2 (\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi) = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2$$

$$E = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2$$

از روابط بالا می‌توان دریافت که:

🔔 انرژی پتانسیل کشسانی و انرژی جنبشی نوسانگر وزنه - فنر با زمان تغییر می‌کنند.

🔔 انرژی مکانیکی با مربع دامنه و مربع بسامد متناسب است.

🔔 انرژی مکانیکی نوسانگر مقدار ثابتی است.

رابطه انرژی جنبشی نوسانگر ساده را برحسب مکان نوسانگر (X) بدست آورید.

پیش‌نویس ۲۷

تألیفی

نمودار تغییرات U_e و K و E را نسبت به مکان برای یک دوره نوسانگر ساده رسم کنید.

پیش‌نویس ۲۸

تألیفی

پیش ۲۹

اگر $x = \frac{A}{2}$ باشد، نسبت $\frac{U_e}{K}$ را حساب کنید.

تألفی

پیش ۳۰

در چه فاصله‌ای از مبدا $K=U_e$ است ؟

تألفی

پیش ۳۱

اگر دامنه نوسان نوسانگر ساده‌ای ۳ برابر شود، بسامد زاویه‌ای و سرعت بیشینه انرژی مکانیکی آن چه تغییری می‌کند.

تألفی

پیش ۳۲

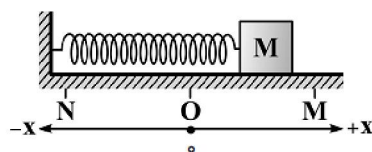
برای نوسانگری به جرم m که با دامنه‌ی A و بسامد زاویه‌ای ω حرکت هماهنگ ساده دارد، خانه‌های خالی جدول زیر را با مقدار یا رابطه‌ای مناسب پر کنید و به پاسخ نامه انتقال دهید.

x (مکان)	a (شتاب)	U (انرژی پتانسیل)
$+A$		
	$+\frac{1}{2}A\omega^2$	

۸۴/۱۰/۱۴

پیش ۳۳

مطابق شکل روبه‌رو، یک دستگاه وزنه - فنر در راستای محور x بین دو نقطه‌ی M و N در اطراف حالت تعادل خود (O) حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. خانه‌های خالی جدول زیر را با کلمه‌های «بیشینه»، «صفر» و «ثابت» پر کنید.



مکان نوسانگر	انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگر	انرژی جنبشی نوسانگر	انرژی مکانیکی نوسانگر
نقطه‌ی O			
نقطه‌ی M			
نقطه‌ی N			

۸۷/۱۰/۲۶

پیش ۳۴

دامنه نوسان یک نوسانگر را دو برابر می کنیم، انرژی مکانیکی، بسامد و سرعت بیشینه چه تغییری می کنند؟

۸۷/۶/۲۰

پیش ۳۵

نوسانگری به جرم m ، با دامنه A و بسامد زاویه ای ω در سطح افقی، حرکت هماهنگ ساده انجام می دهد. جدول زیر را با مقدار یا رابطه مناسب پر کنید.

مکان (x)	انرژی پتانسیل کشسانی (U_e)	انرژی جنبشی (K)
$+A$		صفر
	صفر	

۸۷/۲/۵

پیش ۳۶

برای نوسانگر هماهنگ ساده ای به جرم m و بسامد زاویه ای ω که با دامنه A نوسان می کند، خانه های خالی را با مقدار یا رابطه مناسب پر کنید و جدول را به پاسخنامه انتقال دهید.

X (مکان)	F (نیرو)	K (انرژی جنبشی)
صفر		
	$+mA\omega^2$	
		$\frac{3}{8}m\omega^2 A^2$

۸۸/۶/۲۸

پیش ۳۷

معادله حرکت هماهنگ ساده ای یک نوسانگر در SI، به صورت $x = 0.1 \sin(4\pi t + \frac{2\pi}{3})$ است:

الف) سرعت بیشینه نوسانگر را محاسبه کنید.

ب) در چه لحظه ای برای اولین بار، سرعت بیشینه می شود؟

ج) در چه فاصله ای از مبدأ، انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل نوسانگر برابر می شوند؟

۸۹/۱۰/۵

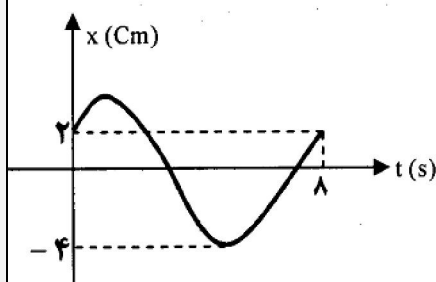
پیش ۳۸

نمودار مکان - زمان نوسانگری به جرم 64 g مطابق شکل است:

الف) معادله مکان - زمان آن را به دست آورید.

ب) در لحظه $t = 0$ انرژی پتانسیل نوسانگر چند ژول است؟

$$(\pi^2 \approx 10)$$



۸۹/۲/۱۰

پیش ۲۹

برای نوسانگری که روی محور x حرکت هماهنگ ساده دارد، خانه های خالی جدول مفهومی زیر را با کلمه های (بیشینه، صفر، ثابت) پر کنید و جدول را به پاسخ برگ انتقال دهید.

x (مکان)	v (سرعت)	F (نیرو)	K (انرژی جنبشی)	E (انرژی مکانیکی)
صفر				
			صفر	

۹۰/۲/۸۷

پیش ۶۰

برای نوسانگری به جرم m که با دامنه A و بسامد زاویه ای ω حرکت هماهنگ ساده دارد، خانه های خالی جدول را با مقدار و یا رابطه ی مناسب پر کنید:

x (مکان)	A (شتاب)	E (انرژی)
$\frac{1}{2} A$		
	$-A\omega^2$	

۹۰/۶/۰۹

نوسان وزنه - فنر در (استای قائم):

وقتی وزنه ای به جرم m را به فنر آویزان کنیم، طول آن به اندازه d افزایش می یابد و چون در حال تعادل است (قانون اول نیوتن) نیروی فنر رو به بالا و نیروی وزن رو به پایین با هم برابر است در نتیجه: $kd = mg \Rightarrow d = \frac{mg}{k}$
اگر وزنه را قدری پایین بکشیم و رها کنیم، طبق قانون دوم نیوتن، برآیند نیروها به جسم شتاب می دهد. در لحظه ای که وزنه در فاصله y از نقطه O است نیروهای وارد بر وزنه عبارتند از:

$$\sum F = mg - k(y + d) \Rightarrow \sum F = mg - k\left(y + \frac{mg}{k}\right) = -ky$$

می بینیم که نیروی وارد بر جسم متناسب با فاصله آن از نقطه تعادل، و در خلاف جهت بردار مکان است یعنی از قانون هوک پیروی می کند، در نتیجه یک حرکت هماهنگ ساده می باشد که قبلاً روابط آن بدست آمده است.

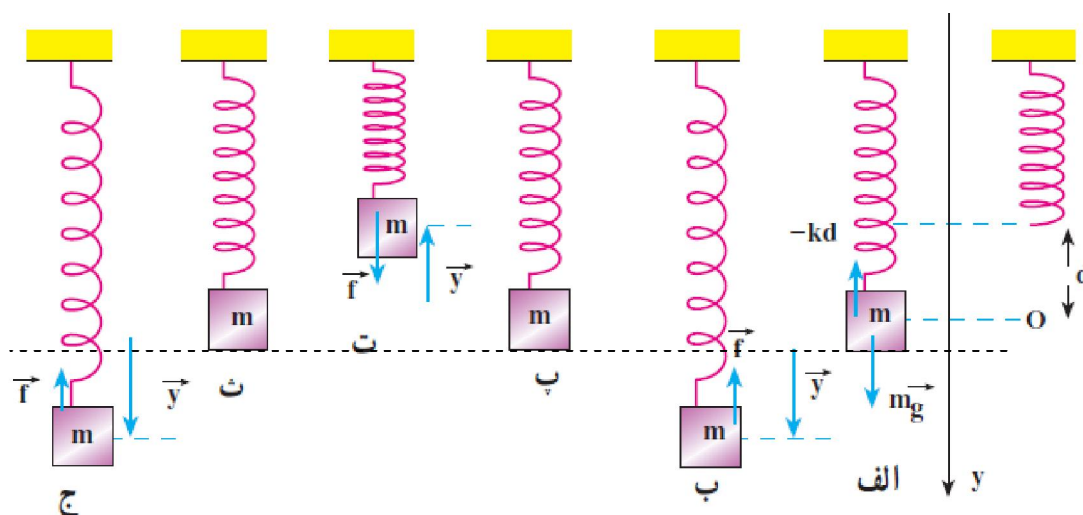
$$y = A \sin(\omega t + \phi_0)$$

و

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

و

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$



۱۳۰

وزنه ای به جرم ۵۰۰ گرم به انتهای فنری با ثابت 200 N/m آویزان است. پس از برقراری تعادل وزنه را به طرف پایین کشیده و رها می کنیم. دوره نوسان وزنه را حساب کنید. ($\pi=3$)

۸۷/۶/۲۰

۱۳۱

وزنه 800 gr را از فنری با ثابت فنر 80 N/m آویزان نموده ایم و با دامنه 10 cm در راستای قائم به نوسان در می آوریم : الف) دوره و بسامد نوسان را محاسبه کنید .
ب) بزرگی سرعت نوسان را در مرکز نوسان و در نقطه ای به فاصله 8 cm از مبدا محاسبه کنید .

تألیفی

۱۳۲

وزنه ای به جرم 200 gr به فنری بسته شده و در راستای قائم با دوره تناوب 2 s نوسان میکند و در $t=0$ در مبدا نوسان است . نیروی وارد بر جسم در $t = \frac{1}{6} \text{ s}$ پس از حرکت $F = -0.5\pi^2$ می باشد. معادله سرعت و معادله شتاب آنرا بدست آورید .

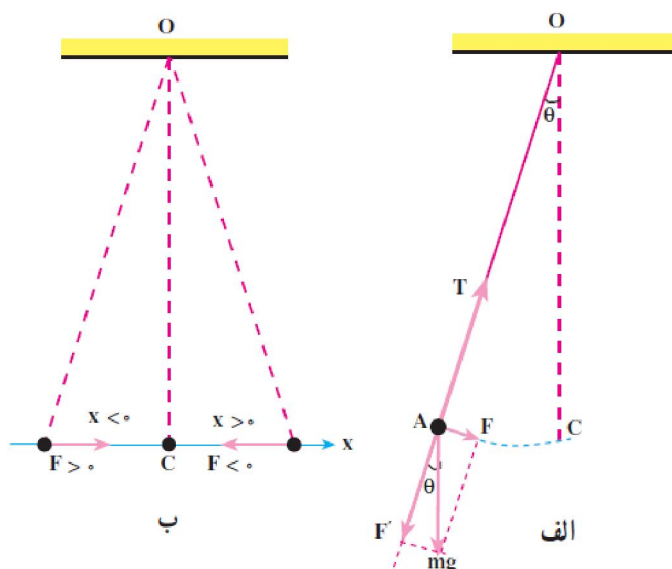
تألیفی

آونگ ساده و مماسبه دوره تناوب

اگر زاویه انحراف θ به اندازه کافی کوچک باشد مسیر حرکت وزنه تقریباً یک پاره خط افقی است .
نیروی بازگرداننده مولفه افقی وزن است که مماس بر مسیر نوسان است .
 $F = mg \sin \theta$
در زوایای کمتر از 6° درجه تقریب زیر بکار می رود :

$$\sin \theta \approx \tan \theta \approx \theta = \frac{x}{l}$$

(l طول آونگ و x اندازه جابجایی آونگ از حال تعادل است .)



در نتیجه: $F = -mg \frac{x}{l}$ (علامت منفی به این علت است که مولفه افقی نیروی وزن که مماس بر مسیر حرکت است در خلاف جهت جابجایی است.)

همانطور که می بینید نیروی باز گرداننده آونگ از قانون هوک پیروی می کند. یعنی با یک حرکت هماهنگ ساده مواجه هستیم که روابط آن قبلاً بدست آمده است.

$$F = -mg \frac{x}{l} = -\frac{mg}{l} x = ma \quad \text{و} \quad F = -kx \Rightarrow k = \frac{mg}{l} \quad \text{و} \quad a = -\frac{g}{l} x \Rightarrow \left[-\frac{a}{x} = \frac{g}{l} = \frac{k}{m} = \omega^2 \right]$$

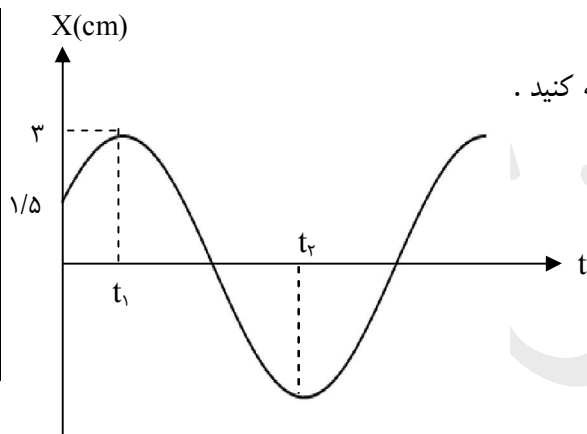
نتیجه: $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ و $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ و $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$

🔔 دوره تناوب با جذر طول آونگ نسبت مستقیم دارد.

چگونه می توانید با یک آونگ شتاب گرانش محل زندگی خود را اندازه گیری کنید؟

پرسش ۴۴

تألیفی



نمودار مقابل مربوط به نوسان یک آونگ می باشد
معادله حرکت نوسانگر را بنویسید و طول آونگ را محاسبه کنید.

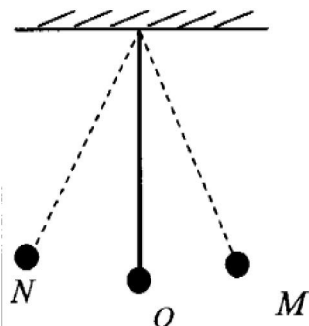
$$t_2 - t_1 = 0.2 \text{ s} \quad \pi^2 \approx 10$$

پرسش ۴۵

تألیفی

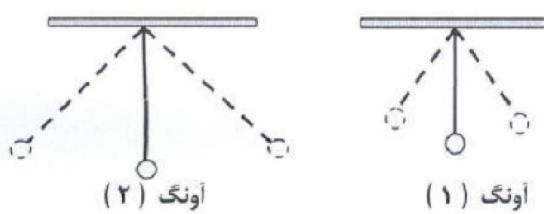
مطابق شکل، آونگ ساده ای به جرم m و دامنه ی A با بسامد زاویه ای ω بین دو نقطه ی N و M نوسان می کند. برای این آونگ، خانه های خالی جدول زیر را با مقدار یا رابطه ی مناسب کامل کنید:

N	O	M	
			سرعت
			نیرو
			انرژی جنبشی



پرسش ۴۶

۹۰/۱۰/۱۲



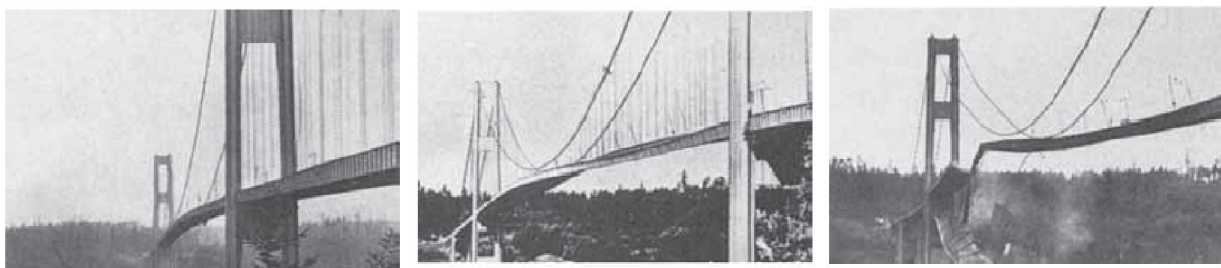
در شکل زیر، دو آونگ با طول های متفاوت در یک مکان قرار دارند. اگر جرم نخ و اصطکاک ناچیز باشد، دوره ی حرکت کدام آونگ بیش تر است؟ چرا؟

نوسان طبیعی: وقتی یک نوسانگر ساده را از وضع تعادل منحرف کنیم و آنرا برای نوسان آزاد می گذاریم، دستگاه حول نقطه وضع تعادل خود شروع به نوسان می کند. این حرکت نوسانی، نوسان طبیعی یا آزاد دستگاه نامیده می شود.

نوسان میرا: هنگامی که نوسانگر را از وضع تعادل خارج کرده و رها می کنیم به علت نیروهای مقاوم (مقاومت هوا و اصطکاک) دامنه نوسان آن به تدریج کاهش یافته و پس از چند نوسان می ایستد. به این نوسانها نوسان میرا می گویند. مانند: تاب بازی کودکان.

تشدید اگر به نوسانگر نیروی دوره ای اعمال شود و بسامد این نیروی دوره ای، با بسامد طبیعی یکسان باشد، نوسانگر بدون کاهش دامنه به حرکت خود ادامه میدهد. به این پدیده تشدید (رزنانس) می گویند.

🔔 پدیده تشدید ممکن است مخرب نیز باشد. در شکلهای زیر مراحل مختلف به نوسان در آمدن و تخریب پل تاکومانروز، به علت نزدیک بودن بسامدهای وزش باد، با بسامد طبیعی پل در اثر تشدید نشان داده شده است.



وقتی یک بالگرد از بالای ساختمان عبور می کند، مشاهده می کنیم که شیشه های ساختمان به شدت می لرزد. لرزش شدید شیشه ها را چگونه توجیه می کنید؟

پیش ۴۹

وضعیت نوسانی یک پل معلق به ترتیب زمانی، مطابق شکل های الف، ب و ج است. استنباط شما از مشاهدی این شکل ها چیست؟



(شکل الف)



(شکل ب)



(شکل ج)

۸۷/۱۰/۲۶

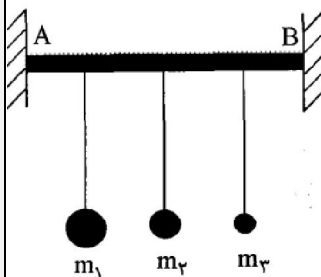
پیش ۵۰

ساعت کوکی بر اساس چه پدیده ای در فیزیک نوسان کار می کند؟ نقش این پدیده را توضیح دهید. پاسخ:

پدیده ی تشدید فنر کوک شده یک نیروی دوره ای بر رقا صک ساعت اعمال می کند که بسامد آن با بسامد نوسان رقا صک برابر است در نتیجه تشدید رخ می دهد و باعث می شود حرکت نوسانی رقا صک ادامه یابد.

۸۹/۱۰/۱۵

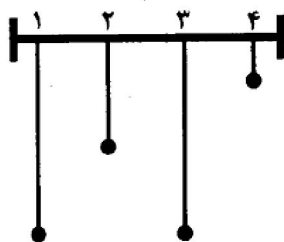
پیش ۵۱



مطابق شکل، به میله ی افقی کشسان AB، آونگ های ساده ی ۱، ۲ و ۳ با طول های یکسان ولی جرم های متفاوت ($m_1 > m_2 > m_3$) آویخته ایم. اگر آونگ ۱ را از وضع تعادل خارج و آن را رها کنیم: الف) چه اتفاقی می افتد؟ این پدیده چه نام دارد؟ ب) تأثیر جرم را در این آزمایش تجزیه و تحلیل کنید.

۸۷/۱۲/۵

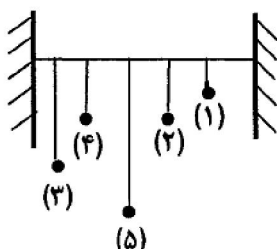
پیش ۵۲



در شکل به یک میله ی کشسان چهار آونگ ساده با جرم های یکسان آویزان هستند. اگر آونگ (۱) را به نوسان در آوریم، رفتار آونگ های دیگر را پیش بینی کنید و علت را بنویسید.

۸۹/۲/۱۰

پیش ۵۳

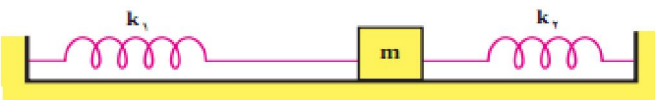


آ) پدیده ی تشدید را تعریف کنید. ب) مطابق شکل، ۵ آونگ با طول های متفاوت و جرم های یکسان روی یک میله ی افقی قرار دارند. اگر آونگ شماره ی ۲ را از وضع تعادل خارج کرده و آن را رها کنیم، چه تأثیری بر نوسان آونگ های دیگر دارد؟

۹۰/۶/۹

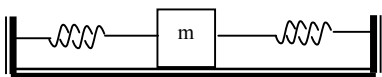
وزنه‌ای به جرم m به دو فنر با ضریب ثابت k_1 و k_2 به دو روش مختلف که در شکل‌های الف و ب نشان داده شده است بسته شده و روی سطح افقی دارای حرکت هماهنگ ساده است. نشان دهید که اگر از اصطکاک چشم‌پوشی کنیم دوره‌ی نوسان‌های وزنه - فنر از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

الف: $T = 2\pi \sqrt{m \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right)}$ 

ب: $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}}$ 

فاز

وزنه‌ای به جرم 200 گرم مطابق شکل به فنرهایی یکسان با ثابت 10 N/m بسته شده است و روی سطح افقی بدون اصطکاک با دامنه 5 cm نوسان می‌کند مطلوبست:



الف) دوره حرکت

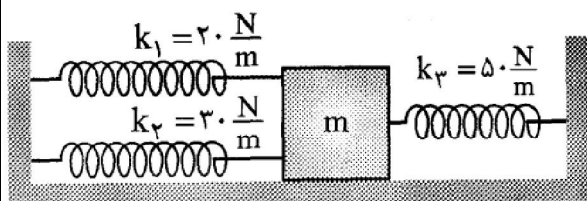
ب) انرژی پتانسیل کشسانی فنرها هنگامی که سرعت وزنه 0.4 m/s است.

مطابق شکل رو به رو، وزنه ای به جرم 4 kg به سه

فنر بسته شده و روی سطح افقی بدون اصطکاک، دارای

حرکت هماهنگ ساده است. دوره ی نوسان های این

دستگاه (جرم - فنر) چقدر است ؟



معادله نوسان دو نوسانگر وزنه و فنر با انرژی مکانیکی یکسان برابر $x_1 = 2 \sin(6\pi t)$ و

$$x_2 = 2\sqrt{3} \sin(8\pi t + \frac{\pi}{3}) \text{ است :}$$

الف (نسبت $\frac{k_1}{k_2}$ را محاسبه کنید. $k = \text{ثابت فنر}$) ب (اگر $m_1 = 100 \text{ gr}$ باشد m_2 چقدر است ؟