



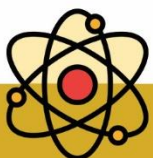
نوسان

سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۳

تالیف: مهندس مهدی باباخانی

این جزوه فقط برای کسانی است که در کلاسهای بنده در موسسه کارنامه خرد

ثبت نام نموده اند. استفاده از این جزوه برای سایرین شرعا و اخلاقا حرام است و راضی نمی‌باشیم



آموزش را با دبیران برزند ایران تجربه کنید



### حرکت نوسانی:

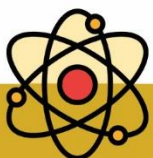
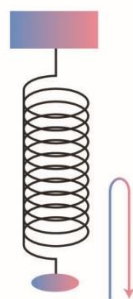
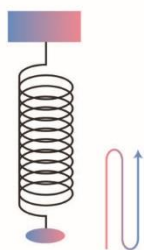
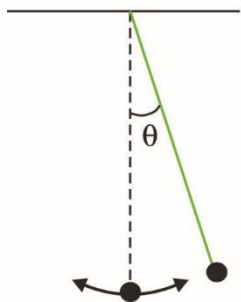
هر وقت یک متحرک، تغییر تکرارشونده‌ای رو حول یک وضعیت تعادل انجام دهد به آن حرکت نوسانی می‌گوییم به زبان ساده‌تر به حرکت‌های تکرار شونده ای که به صورت رفت و برگشت روی یک مسیر انجام می‌شوند، حرکت نوسانی می‌گویند. مثلاً یک بچه رو روی یک تاب تصور کنید که مدام حرکت رفت و برگشتی انجام میدهد یا مثلاً وزنه ای که یک فنر وصل هست و مدام رفت و برگشت میکنه، اینها نمونه هایی از یک حرکت نوسانی هستند

### چالش:

آقا اجازه؟ حرکت دایره ای هم یک حرکت نوسانی هست؟

پاسخ:

### Oscillation

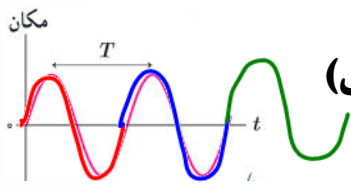




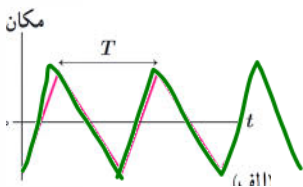
**انواع نوسان:** نوسان ها می توانند دوره ای یا غیر دوره ای باشند نقش های این تصویر به طور منظم تکرار می شوند، که به آن چرخه نوسان گفته می شود. چنین نوسان هایی را که هر چرخه ی آن در دوره های دیگر تکرار شود **نوسان های دوره ای** می نامند و اگر نوسان در چرخه های دیگر عینا تکرار نشود به آن **غیر دوره ای** میگوییم ما در این فصل فقط به بررسی نوسان های دوره ای میپردازیم

**حرکت هماهنگ ساده:**

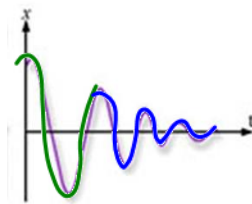
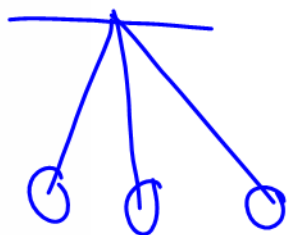
نوسان های دوره ای که به صورتی سینوسی (ک سینوسی) انجام می شوند را هماهنگ ساده میگویند. پس ما در این فصل قرار است به بررسی نوسان های دوره ای هماهنگ ساده خواهیم



دوره ای هماهنگ ساده (سینوسی)



دوره ای غیر هماهنگ ساده

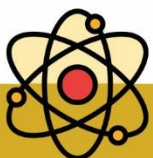


غیر دوره ای

پرداخت

دوره ای

**حرکت نوسانی**



تست: چند مورد از موارد زیر صحیح است؟

مورد ۴

مورد ۳

مورد ۲ ✓

مورد ۱

الف: حرکت زمین به دور خورشید نوعی حرکت نوسانی است **ع**

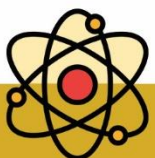
ب: حرکت ماه به دور زمین نوعی حرکت دورانی است ✓

ج: ضربان قلب یک انسان سالم در طول یک شبانه روز نوعی حرکت دوره ای است **ع**

د: نوسانهای یک آونگ ساده در شرایط خلا یک نوع حرکت نوسانی هماهنگ ساده و دوره ای است **ع**



پاسخ:



**چند تعریف مقدماتی از نوسان:**

**دوره تناوب (T):** در نوسان های دوره ای به مدت زمان یک چرخه کامل ، دوره تناوب میگوییم و آن را

با T نشان میدهند (مثلا در یک آونگ، زمانی که طول میکشد تا آونگ یک مسیر رفت و برگشتی کامل را

طی کند دوره میگوییم)

نکته: اگر نوسانگر در مدت t ثانیه، N نوسان کامل انجام دهد، در این صورت دوره نوسانگر برابر

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

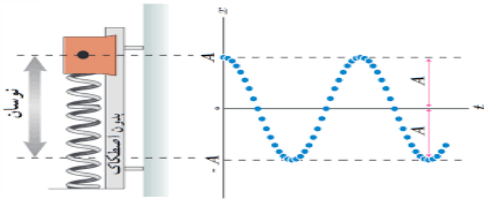
است با

**بسامد (f):** تعداد نوسان های انجام شده در هر ثانیه بسامد (فرکانس) نامیده می شود و آن را با f نشان

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

میدهیم و واحد آن هرتز است .

همچنین اگر نوسانگر در مدت t ثانیه، N نوسان کامل انجام دهد در این صورت بسامد آن برابر است با:



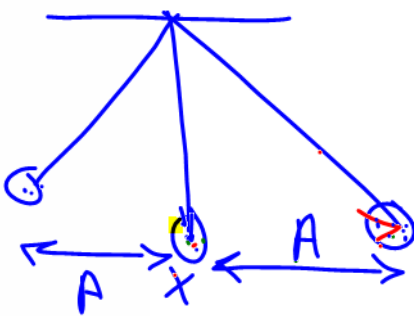
$$f = \frac{N}{t}$$

**بسامد زاویه ای (ω):**

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T}$$

تغییرات فاز نوسانگر در یک ثانیه، بسامد زاویه ای نام دارد که یکای آن در SI رادیان بر ثانیه (rad/s) است

**بعد نوسان:**



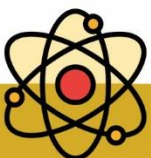
به فاصله نوسانگر از مبدأ نوسان در هر لحظه، بعد نوسان میگوییم

**دامنه نوسان:**

به بیشترین فاصله نوسانگر از مبدأ، دامنه میگوییم

$$A = \frac{\text{طول}}{2}$$

$$A = \frac{\text{سنتی}}{4}$$





**تست:** نو سانگری در هر ۲ دقیقه ۶۰ نو سان کامل (دور) ، را طی می کند. دوره و بسامد نو سانگر و تعداد

نوساناتی که نو سانگر پس از ۳۰ ثانیه انجام می دهد و بسامد زاویه ای به ترتیب از راست به چپ برابرند یا..... زمان

Handwritten calculations for the first test:

$T = \frac{120}{60} = 2$   
 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2}$   
 $N = \frac{t}{T} \rightarrow 60 = \frac{120}{T} \rightarrow T = 2$   
 $f = \frac{1}{T} = 0.5$   
 $N = \frac{t}{T} \rightarrow N = \frac{30}{2} = 15$

Other calculations shown:

$\pi - 15 - 0.5 - 2$   
 $\pi - 10 - 1/5 - 2$   
 $\pi - 15 - 2/5 - 2$   
 $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2} = \pi$

Diagram showing a wave with period  $T=2$  and frequency  $f=0.5$ .

**تست:** نو سانگر C در هر دوره مسافت ۴۰۰ سانتیمتر را با تندی متوسط ۲ متر بر ثانیه طی می کند

و نو سانگر B روی مسیری به طول ۴۰۰ سانتیمتر مدام حرکت رفت و برگشتی انجام میدهد و در

هر ۲.۴۰ ثانیه ۶۰ نو سان کامل را انجام میدهد. به ترتیب از راست به چپ دامنه C چند برابر B و

دوره تناوب C چند برابر B است؟

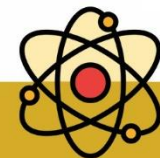
Handwritten calculations for the second test:

$A_C = \frac{v}{\omega} = \frac{2}{\pi} = 1$   
 $A_B = \frac{d}{2} = \frac{400}{2} = 200$   
 $T_C = \frac{2}{v} = \frac{2}{2} = 1$   
 $T_B = \frac{2}{v} = \frac{2}{2} = 1$

Diagram showing a wave with amplitude  $A_C = 1$  and period  $T_C = 1$ .

Handwritten calculations for the third test:

$A_B = \frac{d}{2} = \frac{400}{2} = 200$   
 $N = \frac{t}{T} \rightarrow N = \frac{2.40}{1} = 2.4$   
 $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{1} = 2\pi$

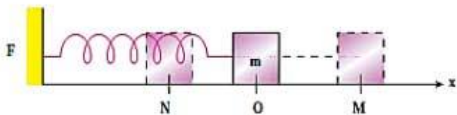




**علامت سرعت و شتاب و تعیین تندشونده و کندشونده در حرکت نوسانی**

**علامت x:** اگر وسط مسر نوسان را مبدا ( $X=0$ ) در نظر بگیریم، سمت راست مبدا،  $X$  مثبت و

سمت چپ مبدا  $X$  منفی است



**علامت v:** اگر متحرکت در جهت محور  $X$  حرکت کند علامت  $V$  مثبت و اگر متحرکت در خلاف

جهت محور  $X$  حرکت کند علامت  $V$  منفی است

**علامت a:** علامت شتاب دقیقا برعکس علامت  $X$  است، یعنی سمت راست مبدا، شتاب منفی و

سمت چپ مبدا، شتاب مثبت است

**تند یا کند:** هرگاه نوسانگر در حال نزدیک شدن به مبدا باشد، حرکت تندشونده و هرگاه نوسانگر

در حال دور شدن از مبدا باشد حرکت کندشونده است.

**مقدار سرعت و شتاب و نیرو و انرژی ها در کجای مسیر نوسان صفر و کجا بیشینه است؟**

سرعت و انرژی جنبشی در مرکز نوسان، بیشینه و در دو انتهای مسیر صفر هستند

نیرو و شتاب و  $X$  و انرژی پتانسیل در مرکز نوسان، صفر و در دو انتهای مسیر بیشینه هستند

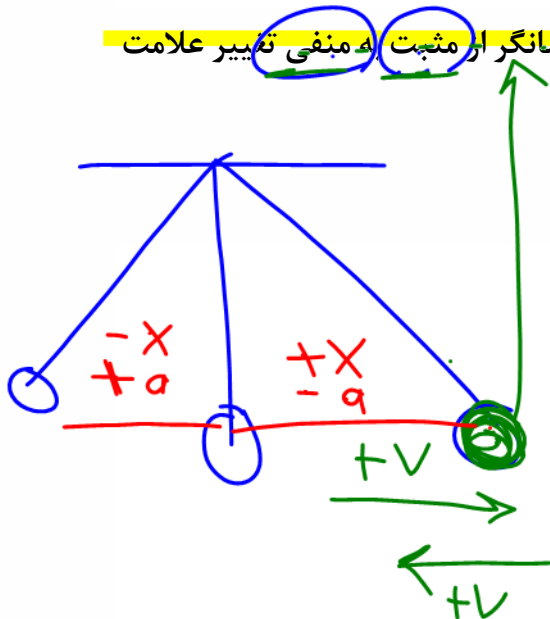
**تست:** در حرکت یک نوسانگر ساده، در لحظه‌ای که سرعت نوسانگر از مثبت به منفی تغییر علامت

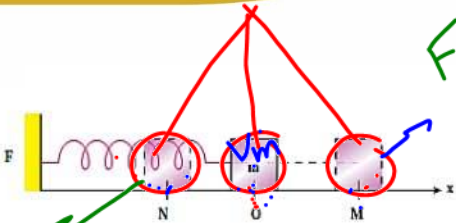
می‌دهد، .....

(۱) شتاب مثبت و  $X$  منفی است. ✓ (۲) شتاب منفی و  $X$  مثبت است.

(۳) شتاب مثبت و  $X$  مثبت است. (۴) دقیقا نمیتوان قضاوت کرد

جواب گزینه ۲





**تست:** چند مورد از موارد زیر صحیح است؟

صفر مورد    دو مورد    چهار مورد    شش مورد

$FaxU = MAX$   
 $Kv = 0$

$FaxU = 0$   
 $Kv \rightarrow MAX$

الف: از M به سمت O سرعت و شتاب منفی و حرکت تند شونده است

ب: از O به N سرعت منفی و شتاب مثبت و حرکت کند شونده است

ج: از N به سمت O سرعت و شتاب مثبت و حرکت تند شونده است

د: از O به M سرعت مثبت و شتاب منفی و حرکت کند شونده است

و: در نقاط M و N سرعت و انرژی جنبشی صفر و شتاب و انرژی پتانسیل بیشینه است

ی: در نقطه O سرعت و انرژی جنبشی بیشینه و شتاب و انرژی پتانسیل صفر است

**تست:** کدام گزینه غلط است؟

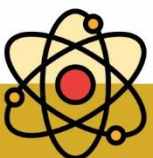
۱- در تمام نقاطی که علامت سرعت مثبت است، علامت شتاب منفی است

۲- تندی در مرکز نوسان بیشینه و در دو انتهای مسیر صفر است

۳- علامت تغییرات بزرگی تندی و بزرگی تغییرات تندی مخالف یکدیگر است

۴- در حرکت نوسانی ساده، علامت شتاب و جابه‌جایی نسبت به نقطه تعادل مخالف هم است

با توجه به نکات صفحه قبل گزینه ۱







## معادله مکان - زمان در حرکت نوسان ساده

در فصل حرکت شناسی، مشاهده کردیم که اگر یک متحرک با شتاب ثابت در مسیر مستقیم حرکت کند،

معادله مکان- زمان آن از رابطه‌ی  $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$  محاسبه می‌شود. حال در این فصل می‌خواهیم

حرکت‌هایی را بررسی کنیم که در آن یک متحرک بر روی یک مسیر مدام حرکت رفت و برگشتی (نوسان

ساده) انجام دهد. به چنین حرکتی، یک حرکت نوسانی هماهنگ ساده می‌گوییم و معادله‌ی آن نیز یک

معادله سینوسی (کسینوسی) به صورت زیر است: (در این کتاب با این فرض که در لحظه آغاز، نوسانگر از

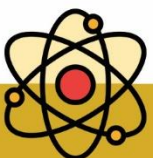
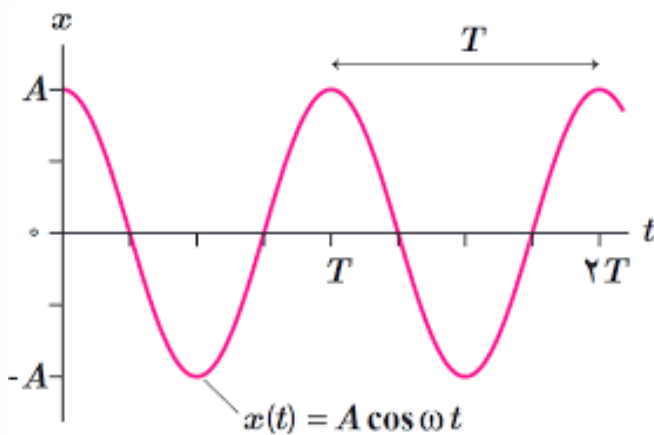
نقطه ماکزیمم آغاز به حرکت کند معادلات را بررسی میکنیم)

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

بعد حرکت (فاصله نوسانگر  
در هر لحظه از مبدا مکان)

بیشترین فاصله از مرکز  
نوسان (دامنه) (بعد بیشینه)

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$





**تست:** بیشترین فاصله یک نوسانگر از مبدأ ۴۰ سانتیمتر است و نوسانگر در هر دقیقه ۱۵ نوسان

کامل انجام میدهد، معادله مکان - زمان و مکان نوسانگر در لحظه  $t = 2$  به ترتیب از راست به

چپ عبارتست از .....

۱-  $x = 0/4 \cos(\frac{\pi}{2}t)$  و  $x = 0/4$

۲-  $x = 0/4 \cos(\frac{\pi}{2}t)$  و  $x = -0/4$

۳-  $x = 0/2 \cos(\frac{\pi}{2}t)$  و  $x = -0/2$

۴-  $x = 0/2 \cos(\pi t)$  و  $x = 0/2$

پاسخ: ابتدا معادله نوسان را می نویسیم

$A = 40\text{cm} = 0/4\text{m}$

$N = \frac{t}{T} \rightarrow 15 = \frac{60}{T} \rightarrow T = 4\text{s}$

$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2}$

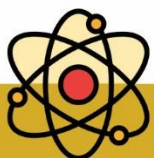
$x = 0/4 \cos(\frac{\pi}{2}t)$

حال با جایگذاری زمان در معادله مکان نوسانگر داریم:

$x = 0/4 \cos(\frac{\pi}{2} \cdot 2) = 0/4 \cos(\pi) = -0/4$

Handwritten notes:  $N = \frac{t}{T} = \frac{15}{T} = \frac{60}{T} \rightarrow T = 4$

Handwritten equations:  $x = A \cos \omega t$   
 $x = 0/4 \cos \frac{\pi}{2} t$   
 $x = -0/4$





$$A = \frac{\text{میدل}}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ cm} = 0.25 \text{ m}$$

**تست:** نوسانگری بر روی مسیر AB به طول ۵۰ سانتیمتر مدام حرکت رفت و برگشتی انجام

می‌دهد، اگر این نوسانگر در لحظه شروع، در A+ باشد و به سمت مبدا در حال حرکت باشد،

هچنین اگر این نوسانگر در هر ۴ دقیقه، ۶۰ بار مسیر AB را بپیماید، معادله نوسانی آن کدام

گزینه است؟

$X = 0.25 \cos\left(\frac{\pi}{2}t\right)$    
  $X = 0.5 \cos\frac{\pi}{2}t$    
  $X = 0.5 \cos\frac{\pi}{4}t$    
  $X = 0.25 \cos\frac{\pi}{4}t$

طول پاره خط که نوسانگر روی آن نوسان می‌کند برابر 2A می‌باشد پس

$$2A = 50 \text{ cm} \rightarrow A = 25 \text{ cm} = 0.25 \text{ m}$$

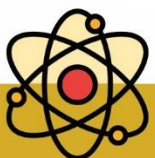
هر ۲ بار که طول پاره خط را طی کند برابر یک نوسان می‌باشد پس ۶۰ بار طول پاره خط را طی کند یعنی ۳۰ نوسان کامل

$$N = \frac{t}{T} \rightarrow 30 = \frac{4 \times 60}{T} \rightarrow T = 8 \text{ s}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{8} = \frac{\pi}{4}$$

$$x = 0.25 \cos\frac{\pi}{4}t$$

$N = \frac{t}{T} \rightarrow 30$   
 $T = \frac{4 \times 60}{30} = 8$   
 $\omega = \frac{2\pi}{8} = \frac{\pi}{4}$



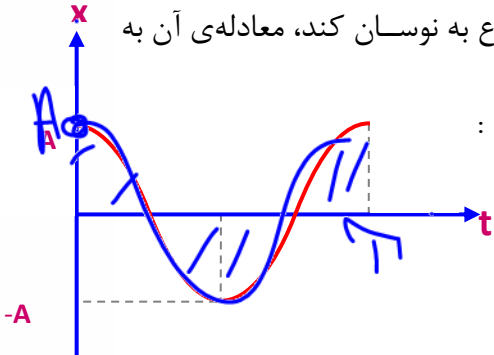


### نمودار مکان - زمان

نمودار مکان - زمان یک حرکت نوسانی ساده به صورت تابعی کسینوسی (سینوسی) است که در هر دوره

تکرار می شود. برای مثال اگر یک نوسانگر از مبدأ مکان  $X = +A$  شروع به نوسان کند، معادله ی آن به

صورت  $X = A \cos(\frac{2\pi}{T}t)$  می باشد که نمودار آن مطابق شکل روبرو است :

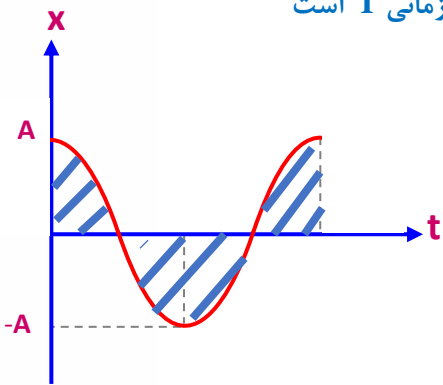


### آموزش گویولی (زاویه و زمان از روی نمودار)

مهمترین چیزی که در این قسمت باید یاد بگیرید اینست که بدانید هر بخش از نمودار از لحاظ

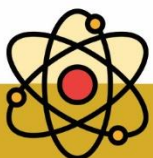
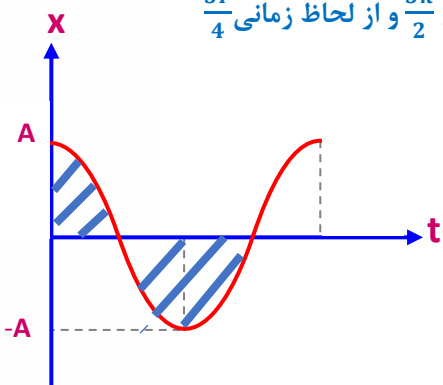
زاویه ای و زمانی و مکانی چه مقداری دارد. بنابراین شکل ها و مقادیر زیر را حفظ کنید

اگر روی نمودار یک دایره کامل را جلو برویم این مقدار از لحاظ زاویه ای  $2\pi$  و از لحاظ زمانی  $T$  است



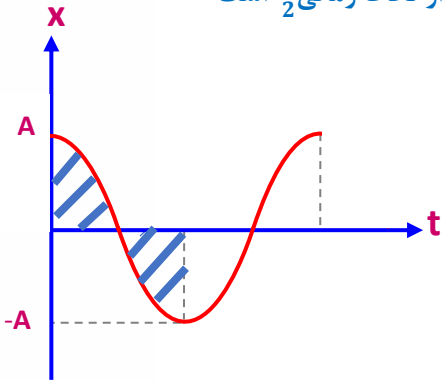
اگر روی نمودار به اندازه سه چهارم دایره کامل را جلو برویم این مقدار از لحاظ زاویه ای  $\frac{3\pi}{2}$  و از لحاظ زمانی  $\frac{3T}{4}$

است



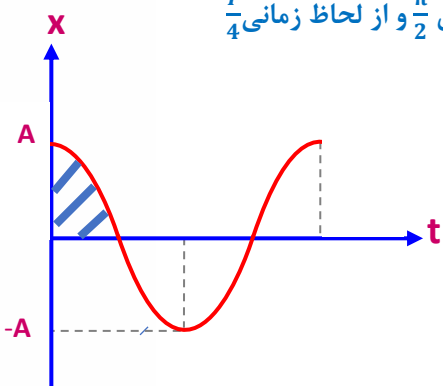


اگر روی نمودار به اندازه نصف دایره کامل را جلو برویم این مقدار از لحاظ زاویه ای  $\pi$  و از لحاظ زمانی  $\frac{T}{2}$  است



اگر روی نمودار به اندازه یک چهارم دایره کامل را جلو برویم این مقدار از لحاظ زاویه ای  $\frac{\pi}{2}$  و از لحاظ زمانی  $\frac{T}{4}$

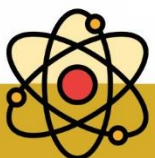
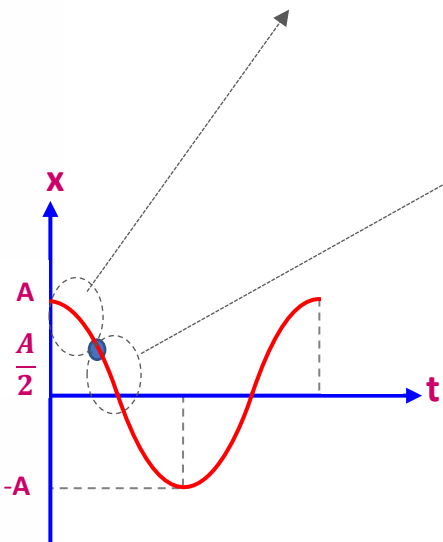
است



اگر روی نمودار به اندازه ای جلو برویم که معادل نصف دامنه باشد و با چشم نتوانیم بگوییم که چند چندم یک

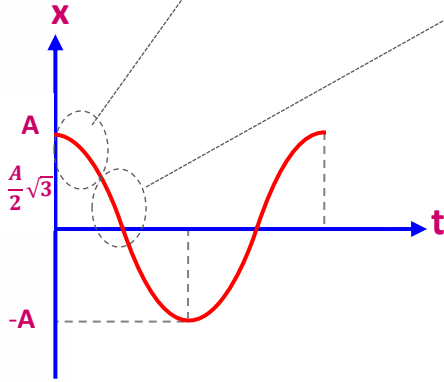
دایره را جلو رفته ایم نسبت به نقطه ماکزیمم یا مینم از لحاظ زاویه ای  $\frac{\pi}{3}$  و از لحاظ زمانی  $\frac{T}{6}$  است و این مقدار

نسبت به محور tها از لحاظ زاویه ای  $\frac{\pi}{6}$  و از لحاظ زمانی  $\frac{T}{12}$  است ولی

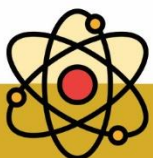
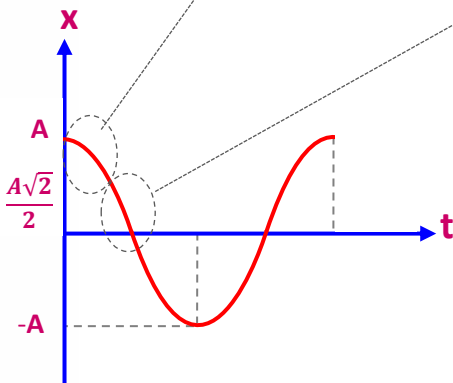




اگر روی نمودار به اندازه‌ای جلو برویم که معادل رادیکال سه دوم دامنه باشد  $\frac{\sqrt{3}}{2}A$  و با چشم نتوانیم بگوییم که چند چندم یک دایره را جلو رفته ایم نسبت به نقطه ماکزیمم یا مینم از لحاظ زاویه ای  $\frac{\pi}{6}$  و از لحاظ زمانی  $\frac{T}{12}$  است و این مقدار نسبت به محور  $t$  ها از لحاظ زاویه ای  $\frac{\pi}{3}$  و از لحاظ زمانی  $\frac{T}{6}$  است ولی



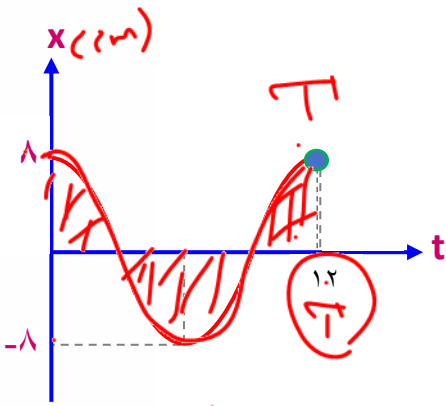
اگر روی نمودار به اندازه‌ای جلو برویم که معادل رادیکال دو دوم دامنه باشد  $\frac{\sqrt{2}}{2}A$  و با چشم نتوانیم بگوییم که چند چندم یک دایره را جلو رفته ایم نسبت به نقطه ماکزیمم یا مینم از لحاظ زاویه ای  $\frac{\pi}{4}$  و از لحاظ زمانی  $\frac{T}{8}$  است و این مقدار نسبت به محور  $t$  ها از لحاظ زاویه ای  $\frac{\pi}{4}$  و از لحاظ زمانی  $\frac{T}{8}$  است ولی





در هریک از نمودارهای مکانی- زمان حرکت همکاهنگ ساده زیر معادله‌ی مکان- زمان نوسانگر

را بنویسید. (در تمام شکل‌ها محور xها بر حسب سانتیمتر و زمان s است)

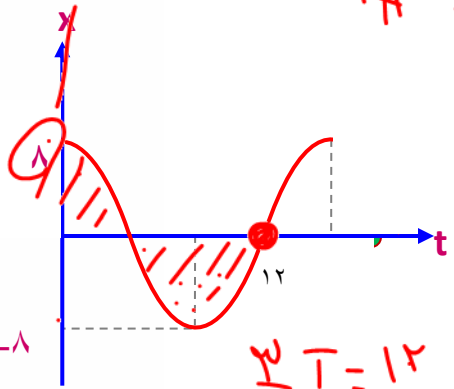


$$\text{زاویه} = 2\pi \rightarrow \omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi}{12} = \frac{\pi}{6}$$

$$x = A \cos \omega t \quad x = 0.08 \cos \frac{\pi}{6} t$$

$$x = 0.08 \cos \frac{\pi}{6} t$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{12} = \frac{\pi}{6}$$



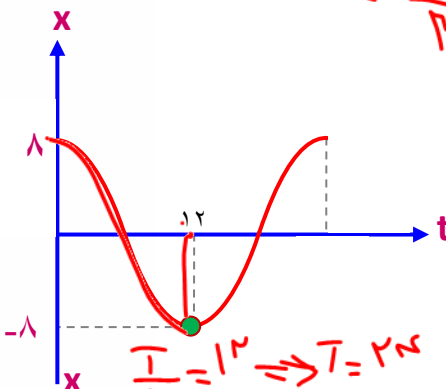
$$\text{زاویه} = \frac{3\pi}{2} \rightarrow \omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\frac{3\pi}{2}}{12} = \frac{\pi}{8}$$

$$x = A \cos \omega t \quad x = 0.08 \cos \frac{\pi}{8} t$$

$$\frac{3}{4} T = 12$$

$$T = \frac{4}{3} \times 12 = 16$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{16} = \frac{\pi}{8}$$

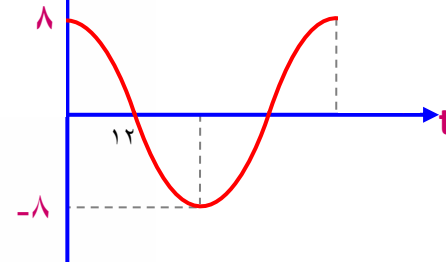


$$\text{زاویه} = \pi \rightarrow \omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\pi}{12}$$

$$x = A \cos \omega t \quad x = 0.08 \cos \frac{\pi}{12} t$$

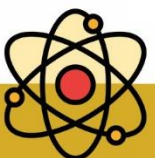
$$\frac{T}{2} = 12 \Rightarrow T = 24$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{24} = \frac{\pi}{12}$$



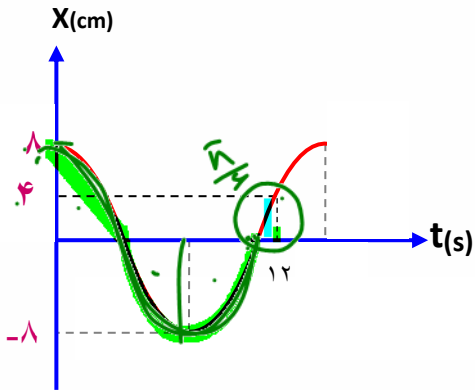
$$\text{زاویه} = \frac{\pi}{2} \rightarrow \omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\frac{\pi}{2}}{12} = \frac{\pi}{24}$$

$$x = A \cos \omega t \quad x = 0.08 \cos \frac{\pi}{24} t$$





**تست:** با توجه به نمودار نوسان شکل مقابل معادله حرکت نوسانی کدامست؟



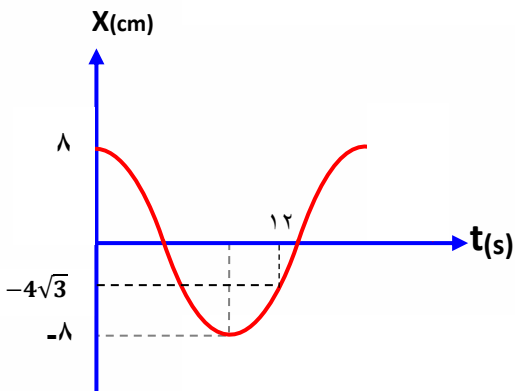
- $x = 0.08 \cos \frac{5\pi}{36} t$
- $x = 0.08 \cos \frac{5\pi}{72} t$
- $x = 0.08 \cos \frac{5\pi}{3} t$
- $x = 0.04 \cos \frac{5\pi}{8} t$

برای حل این مسائل اول زاویه طی شده رو پیدا کنید

$$\frac{x}{A} = \frac{1}{2} \rightarrow \text{زاویه} = \frac{\pi}{6} \rightarrow \omega = \frac{\frac{3\pi}{2} + \frac{\pi}{6}}{12} = \frac{10\pi}{12} = \frac{5\pi}{6}$$

$$x = 0.08 \cos \frac{5\pi}{36} t$$

**تست:** با توجه به نمودار نوسان شکل مقابل معادله حرکت نوسانی کدامست؟



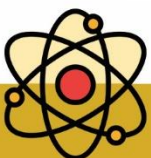
- $x = 0.08 \cos \frac{5\pi}{36} t$
- $x = 0.08 \cos \frac{5\pi}{36} t$
- $x = 0.04 \cos \frac{5\pi}{36} t$
- $x = 0.08 \cos \frac{7\pi}{72} t$

گوگولی را پیدا کن x و به A تقسیم کنید

$$\frac{x}{A} = \frac{4\sqrt{3}}{8} = \frac{\sqrt{3}}{2} \rightarrow \text{زاویه} = \frac{\pi}{3}$$

$$\omega = \frac{\frac{3\pi}{2} - \frac{\pi}{3}}{12} = \frac{9\pi - 2\pi}{6 \cdot 12} = \frac{7\pi}{72}$$

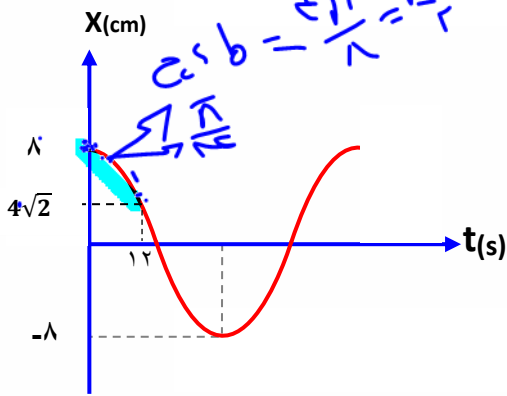
$$x = 0.08 \cos \frac{7\pi}{72} t$$







تست: با توجه به نمودار نوسان شکل مقابل معادله حرکت نوسانی کدامست؟



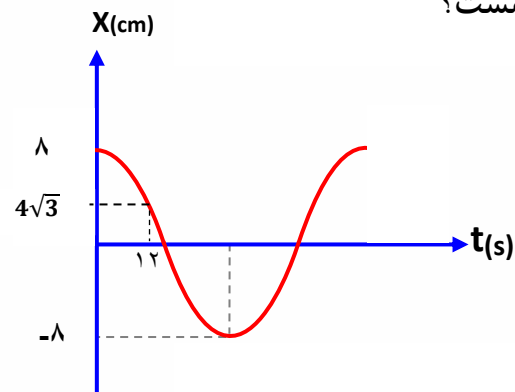
- $x = 0.08 \cos \frac{5\pi}{36} t$
- $x = 0.08 \cos \frac{\pi}{48} t$
- $x = 0.04 \cos \frac{5\pi}{36} t$
- $x = 0.08 \cos \frac{7\pi}{72} t$

$$\frac{x}{A} = \frac{4\sqrt{2}}{8} = \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow \text{زاویه} = \frac{\pi}{4}$$

$$\omega = \frac{\pi}{12} = \frac{\pi}{48}$$

$$x = 0.08 \cos \frac{\pi}{48} t$$

تست: با توجه به نمودار نوسان شکل مقابل معادله حرکت نوسانی کدامست؟

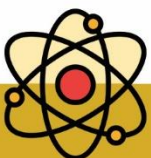


- $x = 0.08 \cos \frac{5\pi}{36} t$
- $x = 0.08 \cos \frac{\pi}{48} t$
- $x = 0.04 \cos \frac{5\pi}{36} t$
- $x = 0.08 \cos \frac{\pi}{72} t$

$$\frac{x}{A} = \frac{4\sqrt{3}}{8} = \frac{\sqrt{3}}{2} \rightarrow \text{زاویه} = \frac{\pi}{6}$$

$$\omega = \frac{\pi}{12} = \frac{\pi}{72}$$

$$x = 0.08 \cos \frac{\pi}{72} t$$





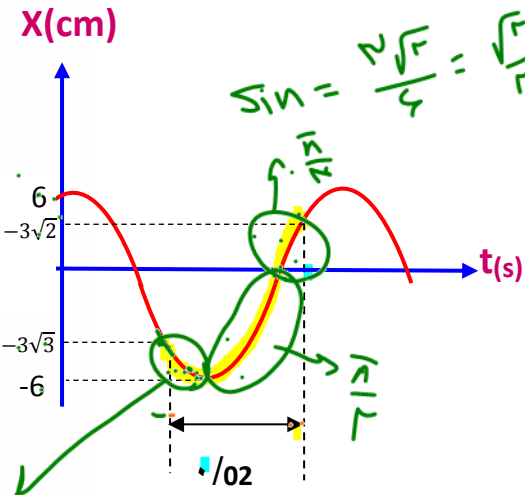
**تست:** با توجه به نمودار مقابل، معادله حرکت نوسانی در SI کدام گزینه است؟

$x = 0.06 \cos \frac{55\pi}{12}$

$x = 0.06 \cos \frac{15\pi}{12}$

~~$x = 6 \cos \frac{15\pi}{12}$~~

~~$x = 6 \cos \frac{55\pi}{12}$~~



$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\frac{\pi}{6} + \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{6}}{\frac{1}{100}} = \frac{2\pi}{12}$$

این تست دیگه سخته! الان دوتا زاویه خاص داریم که باید زاویه ۱ رو از  $\pi$  کم کنیم و زاویه ۲ را به  $\pi$  اضافه کنیم

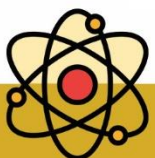
زاویه 1  $= \frac{3\sqrt{3}}{6} = \frac{\sqrt{3}}{2} \rightarrow$  زاویه  $= \frac{\pi}{3}$

زاویه 2  $\rightarrow \frac{3\sqrt{2}}{6} = \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow$  زاویه  $= \frac{\pi}{4}$

$(\pi - \frac{\pi}{3}) + \frac{\pi}{4} = \frac{2\pi}{3} + \frac{\pi}{4} = \frac{8\pi + 3\pi}{12} = \frac{11\pi}{12}$

$\omega = \frac{\frac{11\pi}{12}}{0.2} = \frac{110\pi}{24} = \frac{55\pi}{12}$

$x = 0.06 \cos \frac{55\pi}{12} t$



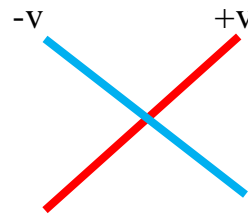
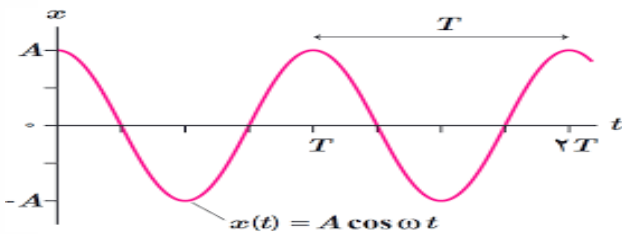


**نکته ۱:** در یک نمودار حرکت نوسانی کجا سرعت و شتاب و X صفر و کجاها ماکزیمم است؟

در محل تلاقی نمودار با محورهای سرعت بیشینه و شتاب صفر است اما در نقاط ماکسیمم و مینیمم سرعت صفر است و شتاب بیشینه است

**نکته ۲:** علامت سرعت و شتاب و تند و کند شونده را چگونه متوجه شویم؟

در نمودار X-t باید شیب نمودار را رسم کنیم اگر یک خط به صورت / شد ، سرعت مثبت است و اگر یک خط به صورت \ شد سرعت منفی است



علامت شتاب رو در نمودار مکان زمان چه جوری پیدا کنیم؟

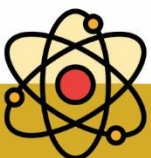
باید به جهت کودی منحنی نگاه کنیم:

اگر کودی به بالا باشد : شتاب + است

اگر کودی به پایین باشد : شتاب - است

در نمودار مکان زمان تند یا کند رو از کجا متوجه بشیم؟

- حالات مختلف حرکت یک متحرک:
- ۱- تند شونده  $av \rightarrow + \leftarrow$
  - ۲- سرعت ثابت روی خط راست (یکنواخت)  $a = 0$
  - ۳- کند شونده  $av \rightarrow - \leftarrow$
- یک متحرک ۳ نوع حرکت می تواند داشته باشد





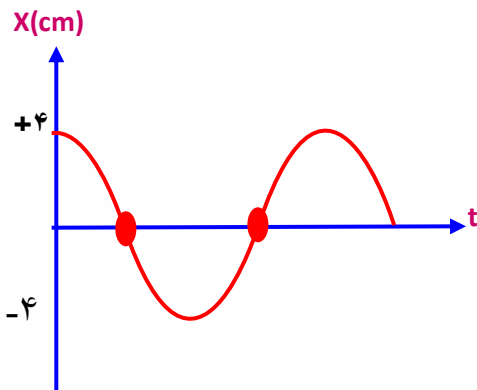
**تست:** معادله یک حرکت نوسانی در SI به صورت،  $x=0/04\text{COS}10\pi t$  است، تندی متوسط بین

لحظات  $0/05$  تا  $0/15$  ثانیه چند واحد SI است و چند ثانیه پس از  $t=0$  سرعت نوسانگر برای  $20$  بار

بیشینه میشود؟

$$\frac{39}{20} \text{ و } 0/8 \quad \frac{41}{20} \text{ و صفر} \quad \frac{44}{20} \text{ و } 0/8 \quad \frac{41}{20} \text{ و } 0/8$$

ابتدا باید تابع را رسم کنیم و نقاط را روی آن مشخص کنیم



$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad 10\pi = \frac{2\pi}{T} \quad T = 0.20$$

$$S_{av} = \frac{0/04 + 0/04}{0/15 - 0/05} = \frac{0/08}{0/1} = 0/8$$

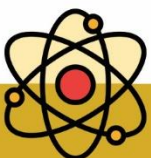
اولین بار  $\frac{\pi}{2}$

دومین بار  $\frac{\pi}{2} + \pi$

سومین بار  $\frac{\pi}{2} + 2\pi$

بیستمین بار  $\frac{\pi}{2} + 19\pi$

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad 10\pi = \frac{\frac{\pi}{2} + 19\pi}{\Delta t} \quad \Delta t = \frac{39}{20}$$





**تست:** معادله یک حرکت نوسانی در SI به صورت،  $x=0.23\cos 5\pi t$  است، در  $0.45$  اول

حرکت، چند ثانیه نوسانگر با سرعت و شتاب منفی به صورت تند شوند حرکت کرده است؟

هیچکدام

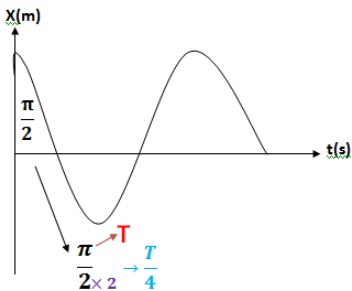
۰/۲۵

۰/۱

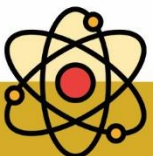
۰/۱۵

**نکته:** در مورد پیدا کردن T در نمودار های مکان\_زمان :

پس از محاسبه گوگولی (زاویه) کافی است مخرج آن را در عدد ۲ ضرب کنید و به جای  $\pi$  ، T بگذاریم مثلا



$$\left\{ \begin{array}{l} 2\pi \rightarrow \pi \\ \pi \rightarrow \frac{T}{2} \\ \frac{\pi}{3} \rightarrow \frac{T}{6} \\ \frac{\pi}{6} \rightarrow \frac{T}{12} \\ \frac{\pi}{2} \rightarrow \frac{T}{4} \\ \frac{\pi}{4} \rightarrow \frac{T}{8} \end{array} \right. \text{نسبت ها}$$

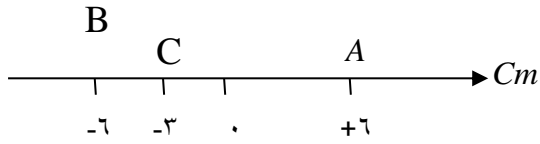




**تست:** در شکل مقابل ذره‌ای روی محور  $x$ ها بین نقاط  $A$  و  $B$  حرکت نوسانی ساده انجام می‌دهد.

این ذره فاصله  $C$  تا  $B$  را با سرعت منفی در مدت  $1/10$  ثانیه طی کرده باشد. اگر نوسانگر در مبدا

زمان از  $x = +A$  شروع به حرکت کرده باشد، معادله‌ی مکان - زمان آن در  $SI$  کدام است؟

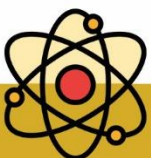


۱-  $x = 0/12 \cos[5\pi t] - 1$

۲-  $x = 0/06 \cos[10\pi t] - 2$

۳-  $x = 0/06 \sin\left[3/3\pi t + \frac{\pi}{2}\right] - 3$

۴- هیچکدام





**تست:** نوسانگری از  $+A$  شروع به حرکت به سمت منبع می‌کند. اگر در لحظه  $t_1$  در مکان  $+\frac{A}{\sqrt{2}}$

و در لحظه  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ ) در مکان  $+\frac{A}{2}$  باشد اندازه بیشترین سرعت متوسط در بازه  $t_1$  تا  $t_2$

کدامست؟

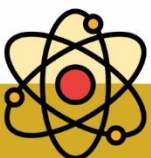
$$12(\sqrt{2} - 1) \frac{A}{T}$$

$$\frac{12(\sqrt{2} - 1) A}{7 T}$$

$$\frac{12(\sqrt{2} - 1) A}{17 T}$$

هیچکدام

$$V_{av} = \frac{\left| \frac{\sqrt{2}}{2} A - \frac{1}{2} A \right|}{\frac{T}{8} - \frac{T}{12}} = \frac{\frac{A}{2} (\sqrt{2} - 1)}{\frac{T}{24}} = \frac{12(\sqrt{2} - 1) A}{T}$$





**نکته:** اگر نقطه ابتدا و انتهای حرکت نوسانگر داده نشود در زمان معین، بیشترین مسافت به صورت متقارن حول مبدا است زیرا در اطراف مرکز تندی بیشینه است و کمترین مسافت طی شده اطراف  $x = \pm A$  است که تندی صفر است

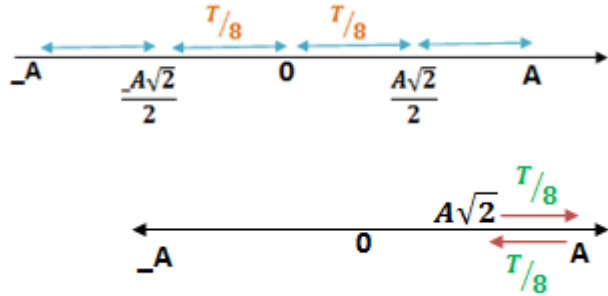
**تست:** یک نوسانگر با دامنه  $A$  و دوره  $T$  حرکت هماهنگ ساده انجام می دهد در بازه زمانی  $\frac{T}{4}$  بیشترین مسافت طی شده توسط نوسانگر چه کسری از دامنه است و در همین بازه زمانی کمترین و بیشترین مسافت طی شده توسط نوسانگر چه کسری از دامنه است؟

$A\sqrt{2}$  و  $A(2 - \sqrt{2})$        $2A, A$       صفر و  $A$       صفر و  $2A$

بیشترین مسافت در بازه زمانی ثابت  $\frac{T}{4}$  هنگامی است که نوسانگر اطراف مرکز نوسان است (سرعت بیشینه است) پس ابتدا  $\frac{T}{4}$  را تقسیم بر ۲ می کنیم و اطراف مرکز نوسان قرار می دهیم

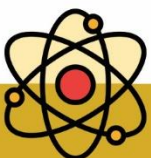
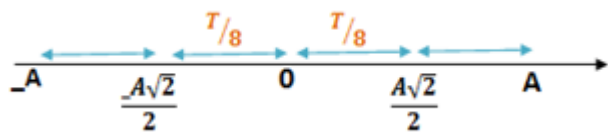
طبق روابط حرکت نوسانی روی خط  $\frac{T}{8}$  معادل  $\frac{A\sqrt{2}}{2}$  است کمترین مسافت در بازه زمانی ثابت  $\frac{T}{4}$  هنگامی است که نوسانگر در اطراف انتهای مسیر است (سرعت صفر است) پس

$$\frac{T}{4} \div 2 = \frac{T}{8}$$



$$2 \left( \frac{A\sqrt{2}}{2} \right) = A\sqrt{2}$$

$$2 \left( A - \frac{A\sqrt{2}}{2} \right) = A(2 - \sqrt{2})$$







نکته:

برای محاسبه‌ی مسافت مینیمم یا ماکزیمم یا باید از روش صفحه قبل برویم یا

میتوانیم نکته زیر را برای زمانهای معروف، حفظ نماییم:

$$L_{max} = \sqrt{2}A$$

در مدت زمان  $\frac{T}{4}$

$$L_{min} = 2A - \sqrt{2}A$$

$$L_{max} = \sqrt{3}A$$

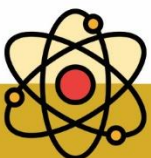
در مدت زمان  $\frac{T}{3}$

$$L_{min} = A$$

$$L_{max} = A$$

در مدت زمان  $\frac{T}{6}$

$$L_{min} = 2A - \sqrt{3}A$$





## Home work 1

۱) چه تعداد از عبارات زیر، درباره‌ی حرکت هماهنگ ساده، نادرست هستند؟  
 الف) وقتی نوسانگر به نقاط بازگشت نزدیک می‌شود، حرکتش کندشونده است.  
 ب) با دو برابر شدن دامنه‌ی حرکت، دوره‌ی تناوب نیز دو برابر می‌شود.  
 ج) در نقطه‌ی تعادل، تندی نوسانگر، صفر است.  
 د) حاصل ضرب دوره در بسامد حرکت، برابر عدد یک است.  
 هـ) مسافت طی‌شده توسط نوسانگر در هر دوره، برابر است با  $2A$ .  
 و) فاصله‌ی بین دو انتهای مسیر، برابر با دامنه است.

- ۱) ۲      ۲) ۳      ۳) ۴      ۴) ۵

۲) در شکل زیر منحنی الکترو کاردیوگرام قلب یک شخص رسم شده است. در هر تناوب در نقطه‌ی  $R$  بطن‌ها شروع به انقباض می‌کنند. اگر در هر سه دقیقه ۲۰۰ بار این رویداد به طور منظم رخ دهد، دوره‌ی تناوب ضربان قلب این شخص چند ثانیه است؟

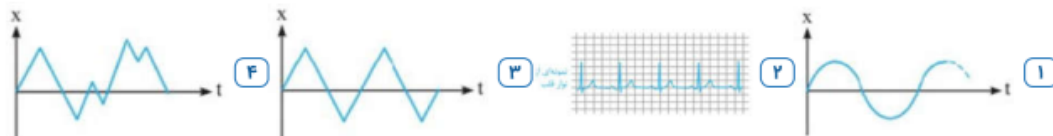


- ۱) ۰/۸      ۲) ۰/۹      ۳) ۰/۸۲      ۴) ۰/۹۲

۳) اگر بسامد زاویه‌ای نوسانگر دوره‌ی  $A$ ، ۲۵ درصد بیشتر از بسامد زاویه‌ای نوسانگر دوره‌ی  $B$  باشد، آن‌گاه دوره‌ی حرکت  $A$ :

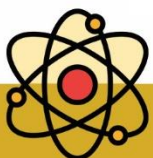
- ۱) ۲۵ درصد بیشتر از دوره‌ی حرکت  $B$  است.      ۲) ۲۰ درصد بیشتر از دوره‌ی حرکت  $B$  است.  
 ۳) ۲۵ درصد کمتر از دوره‌ی حرکت  $B$  است.      ۴) ۲۰ درصد کمتر از دوره‌ی حرکت  $B$  است.

۴) از بین نمودارهای زیر، کدامیک مربوط به یک نوسان دوره‌ای نیست؟



۵) بسامد زاویه‌ای نوسانگر  $A$ ، در برابر بسامد زاویه‌ای نوسانگر  $B$  است. اگر در مدت زمان یک دقیقه، تعداد چرخه‌های طی شده توسط  $A$ ، ۲۰ دور بیشتر از  $B$  باشد بسامد حرکت نوسانگر  $B$  چند هرتز است؟

- ۱) ۳      ۲) ۶      ۳)  $\frac{1}{3}$       ۴)  $\frac{1}{6}$





۶

چند مورد از عبارتهای زیر درست است؟  
 الف) معادله‌ی مکان - زمان هر متحرکی که نوسان دوره‌ای انجام می‌دهد الزاماً به صورت یک تابع سینوسی (یا کسینوسی) است.  
 ب) در حرکت هماهنگ ساده، مسافت‌های یکسان، الزاماً در مدت یکسان پیموده می‌شود.  
 ج) هرچه جرم وزنه‌ی آونگ ساده بیش‌تر باشد، دوره‌ی نوسان‌های آن بیشتر خواهد بود.  
 د) در حرکت هماهنگ ساده، هنگامی که نوسانگر به مرکز نوسان نزدیک می‌شود حرکتش قطعاً تندشونده است.

۱ (۱)

۲ (۲)

۳ (۳)

۴ (۴)

۷

چه تعداد از عبارتهای زیر در ارتباط با نوسانگر هماهنگ ساده‌ای که در حال دور شدن از نقطه‌ی تعادل است، نادرست است؟  
 الف) اندازه‌ی شتاب نوسانگر افزایش می‌یابد.  
 ب) اندازه‌ی بردار مکان جسم افزایش می‌یابد.  
 ج) اندازه‌ی بردار مکان جسم افزایش می‌یابد.  
 د) حرکت نوسانگر، شتابدار کندشونده است.  
 هـ) انرژی پتانسیل نوسانگر کاهش می‌یابد.  
 و) اندازه‌ی نیروی بازگرداننده کاهش می‌یابد.

۱ (۱) صفر

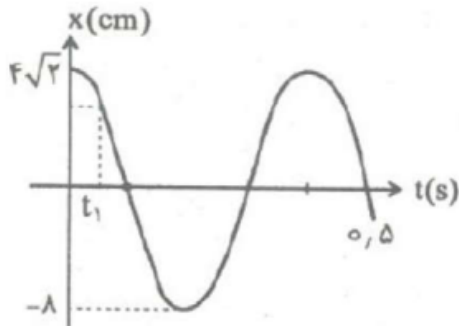
۲ (۲)

۳ (۳)

۴ (۴)

۸

برای نمودار مکان زمان نوسانگری مطابق شکل مقابل، مقدار  $t_1$  چند ثانیه است؟

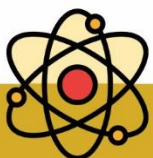


۱ (۱)  $\frac{1}{5.0}$

۲ (۲)  $\frac{1}{1.0}$

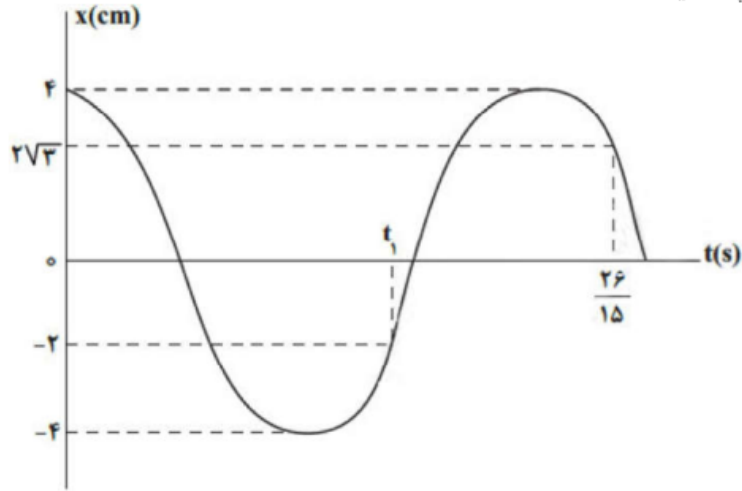
۳ (۳)  $\frac{1}{4}$

۴ (۴)  $\frac{1}{2.0}$





۹ در شکل زیر، نمودار مکان - زمان نوسانگری که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد، رسم شده است. در این نمودار  $t_1$  چند ثانیه است؟



- ۱  $\frac{16}{15}$      
  ۲  $\frac{8}{15}$      
  ۳  $\frac{4}{15}$      
  ۴  $\frac{13}{15}$

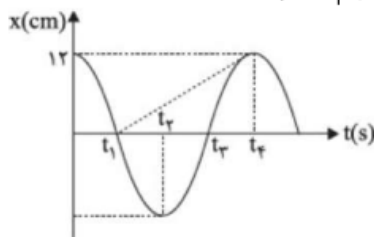
۱۰ معادله مکان - زمان حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت  $x = A \cos 50\pi t$  است. اگر تندی متوسط نوسانگر در بازه زمانی  $t_1 = 0$  s تا  $t_2 = 0.2$  s برابر با  $\frac{1}{5} \frac{m}{s}$  باشد، دامنه نوسان چند سانتی‌متر است؟

- ۱  $1/5$      
  ۲ ۳     
  ۳  $4/5$      
  ۴ ۶

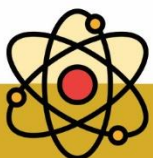
۱۱ معادله مکان - زمان حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت  $x = 0.4 \cos(10\pi t)$  است. از لحظه  $t_1 = \frac{1}{3}$  s تا  $t_2 = \frac{7}{4}$  s چند ثانیه بردار شتاب و سرعت نوسانگر در یک جهت می‌باشند؟

- ۱  $\frac{3}{40}$      
  ۲  $\frac{1}{15}$      
  ۳  $\frac{1}{60}$      
  ۴  $\frac{1}{40}$

۱۲ نمودار مکان - زمان نوسانگر ساده‌ای مطابق شکل است. اگر شیب خطی که نمودار را در دو لحظه  $t_1$  و  $t_2$  به یکدیگر وصل می‌کند  $0.4$  واحد SI باشد، معادله مکان - زمان این نوسانگر در SI کدام است؟



- ۱  $x = 0.12 \cos(5\pi t)$      
  ۲  $x = 0.12 \cos(10\pi t)$      
  ۳  $x = 0.12 \cos(20\pi t)$
- ۴  $x = 0.12 \cos\left(\frac{25}{3}\pi t\right)$





۱۳) معادله‌ی مکان - زمان نوسانگری در SI به صورت  $x = 0.3 \cos(20\pi t)$  داده شده است. در بازه‌ی زمانی  $0 \leq t \leq \frac{1}{3}$  s چند ثانیه متحرک به صورت تندشونده حرکت می‌کند؟

- ۱)  $\frac{1}{40}$       ۲)  $\frac{1}{60}$       ۳)  $\frac{1}{120}$       ۴)  $\frac{1}{80}$

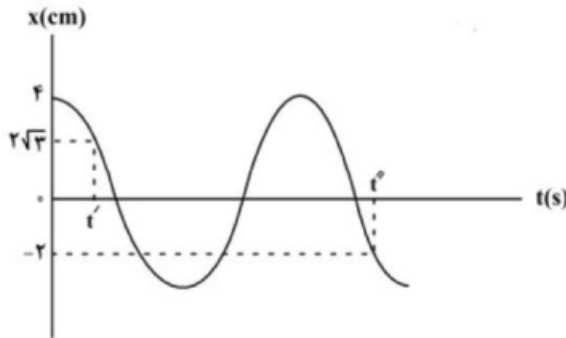
۱۴) معادله‌ی مکان - زمان نوسانگری در SI به صورت  $x = 0.2 \cos(5\pi t)$  داده شده است. در کدامیک از لحظات زیر شتاب نوسانگر در جهت منفی محور نوسان و حرکت نوسانگر کندشونده است؟

- ۱) ۰/۰۷      ۲) ۰/۱۴      ۳) ۰/۲۱      ۴) ۰/۳۷

۱۵) در یک حرکت هماهنگ ساده،  $A$  دامنه‌ی نوسان و  $T$  دوره‌ی نوسان است. اگر بیشترین مسافتی که نوسانگر در مدت زمان  $\frac{T}{6}$  می‌پیماید، ۱۷ سانتی‌متر باشد، طول پاره‌خط نوسان چند سانتی‌متر است؟ ( $\sqrt{2} \approx 1.4$ ,  $\sqrt{3} \approx 1.7$ )

- ۱) ۱۰      ۲) ۲۰      ۳) ۱۷      ۴) ۳۴

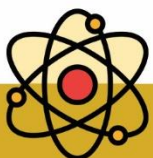
۱۶) نمودار مکان - زمان نوسانگر هماهنگ ساده‌ای به جرم  $90 \text{ g}$  مطابق شکل زیر است. اگر  $t'' - t' = \frac{3}{8}$  s باشد، انرژی مکانیکی نوسانگر چند میلی‌ژول است؟ ( $\pi^2 = 10$ )



- ۱) ۴      ۲) ۸      ۳) ۱۶      ۴) ۳۲

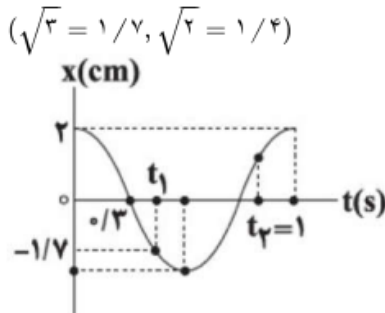
۱۷) در یک حرکت هماهنگ ساده در راستای محور  $x$  و حول مبدأ مختصات، فاصله‌ی بین دو انتهای مسیر  $20 \text{ cm}$  است و نوسانگر این فاصله را در هر دقیقه  $240$  بار طی می‌کند. اندازه‌ی سرعت متوسط نوسانگر وقتی با یک بار تغییر جهت از مکان  $x_1 = -2 \text{ cm}$  به مکان  $x_2 = +2 \text{ cm}$  می‌رسد، چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟

- ۱) ۲      ۲) ۴      ۳) ۸      ۴) ۱۶





۱۸ نمودار مکان - زمان یک نوسانگر هماهنگ ساده مطابق شکل زیر است. تندی متوسط در این نوسانگر بین دو لحظه  $t_1$  و  $t_2$  چند  $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$  است؟



- ۱)  $7/4$       ۲)  $6$       ۳)  $5/4$       ۴)  $6/6$

۱۹ معادله حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت  $x = 0/04 \cos \frac{\pi}{4} t$  است. در بازه زمانی  $2s \leq t \leq 6s$  مسافت طی شده و جابه‌جایی برحسب سانتی‌متر به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

- ۱) ۸، صفر      ۲) ۸ و ۸-      ۳) ۱۶ و صفر      ۴) ۱۶ و ۸

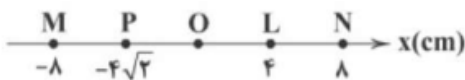
۲۰ نوسانگر هماهنگ ساده‌ای در حال نوسان بر روی پاره‌خطی می‌باشد. در لحظه‌ای که این نوسانگر در حال نزدیک شدن به نقطه تعادل است، کدام گزینه، در مورد حرکت نوسانگر الزاماً صحیح است؟ (پاره‌خط نوسان روی محور  $x$  هاست.)

- ۱) در مکان‌های مثبت قرار دارد.      ۲) بردار سرعت آن در جهت محور  $x$ ‌ها است.  
 ۳) بردار شتاب آن خلاف جهت محور  $x$ ‌ها است.      ۴) اندازه شتاب آن در حال کاهش است.

۲۱ معادله مکان - زمان نوسانگر هماهنگ ساده‌ای در SI، به صورت  $x = 0/06 \cos (40\pi t)$  است. در کدام یک از لحظه‌های زیر بر حسب ثانیه، جسم در حال دور شدن از مرکز نوسان (نقطه‌ی تعادل) است؟

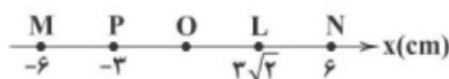
- ۱)  $t = \frac{1}{16}$       ۲)  $t = \frac{1}{32}$       ۳)  $t = \frac{1}{160}$       ۴)  $t = \frac{3}{160}$

۲۲ مطابق شکل زیر، نوسانگر هماهنگ ساده‌ای روی پاره‌خط MN در دو طرف نقطه‌ی تعادل O نوسان نموده و در مدت‌زمان  $0/05$  از نقطه‌ی P بدون تغییر جهت حرکت، به نقطه‌ی L می‌رود. اگر این نوسانگر در مبدأ زمان از نقطه‌ی N به حرکت درآمده باشد، دومین بار در چه لحظه‌ای برحسب ثانیه بردار نیروی وارد بر نوسانگر دچار تغییر جهت می‌شود؟

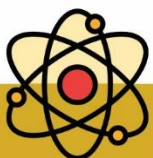


- ۱)  $t = \frac{1}{40}$       ۲)  $t = \frac{6}{100}$       ۳)  $t = \frac{18}{100}$       ۴)  $t = \frac{3}{200}$

۲۳ مطابق شکل زیر، نوسانگر هماهنگ ساده‌ای روی پاره‌خط MN، در دو طرف نقطه‌ی تعادل O نوسان می‌کند. اگر نوسانگر در مدت‌زمان  $\frac{1}{120}$  s از نقطه‌ی L، بدون تغییر جهت حرکت، به نقطه‌ی P برود، در هر دقیقه چند بار طول پاره‌خط MN را طی می‌کند؟



- ۱) ۶۰۰۰      ۲) ۳۰۰۰      ۳) ۱۵۰۰      ۴) ۷۵۰





۲۴ نوسانگری روی پاره‌خطی به طول ۲۰ cm، حرکت هماهنگ ساده می‌دهد. کم‌ترین مدت‌زمانی که نوسانگر می‌تواند مسافت  $10\sqrt{3}$  cm را طی کند، برابر با  $0.25\pi$  s است. بیشینه‌ی سرعت نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟

- ۱  $\frac{8\pi}{15}$       ۲  $\frac{4\pi}{15}$       ۳  $\frac{3\pi}{10}$       ۴  $\frac{3\pi}{20}$

۲۵ حداکثر مسافت طی‌شده در یک حرکت نوسانی ساده، در مدت زمان دلخواهی، معادل با  $\frac{1}{3}$  دوره‌ی این حرکت نوسانی، چند برابر طول پاره‌خط نوسانی است؟

- ۱  $\sqrt{3}$       ۲  $2\sqrt{3}$       ۳  $\frac{\sqrt{3}}{2}$       ۴  $\frac{\sqrt{3}}{4}$

۲۶ معادله‌ی مکان - زمان نوسانگر هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت  $x = 0.6 \cos\left(\frac{\pi}{3}t\right)$  است. تندی متوسط این نوسانگر در بازه‌ی زمانی  $t_1 = 0$  تا  $t_2 = 4$  s چند سانتی‌متر بر ثانیه بوده و در این بازه‌ی زمانی، چند ثانیه انرژی جنبشی نوسانگر در حال افزایش بوده است؟ (به ترتیب از راست به چپ)

- ۱  $2/5 - 22/5$       ۲  $1/5 - 37/5$       ۳  $1/5 - 22/5$       ۴  $2/5 - 37/5$

۲۷ معادله‌ی مکان - زمان متحرکی که بر روی محور  $x$  حرکت می‌کند، در SI به صورت  $x = 2 \cos\left(\frac{\pi}{4}t\right)$  است. در کدام‌یک از لحظات زیر، بردار مکان متحرک، قرینه‌ی بردار مکان اولیه‌ی آن نمی‌باشد؟

- ۱ پایان ثانیه‌ی دوم      ۲ پایان ثانیه‌ی چهارم  
۳ پایان سه ثانیه‌ی دوم      ۴ پایان دو ثانیه‌ی پنجم

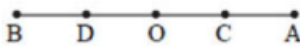
۲۸ نوسانگر ساده‌ای با دامنه‌ی A نوسان می‌کند. اگر کم‌ترین زمان لازم برای آن‌که از مکان  $A + \frac{\sqrt{3}}{4}A$  بعد از یک تغییر جهت حرکت به مکان  $A - \frac{A}{4}$  برسد برابر  $\frac{1}{6}$  s باشد، بسامد حرکت چند هرتز است؟

- ۱  $2/5$       ۲ ۵      ۳  $3/5$       ۴ ۴

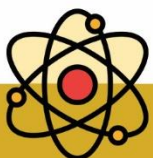
۲۹ نوسانگری روی یک پاره‌خط به طول ۱۲ cm حرکت هماهنگ ساده را انجام می‌دهد. حداکثر مسافتی که این نوسانگر در مدت زمان  $\frac{1}{3}$  دوره تناوب می‌تواند طی کند، چند سانتی‌متر است؟

- ۱ ۶      ۲  $6\sqrt{3}$       ۳  $3\sqrt{3}$       ۴  $\sqrt{3}$

۳۰ متحرکی روی پاره‌خط AB نوسان هماهنگ انجام می‌دهد. اگر  $AC = CO = OD = DB$  باشد و متحرک فاصله‌ی CD را در  $t_1$  ثانیه و فاصله‌ی DB را در  $t_2$  ثانیه طی کند، نسبت  $\frac{t_1}{t_2}$  چه قدر است؟

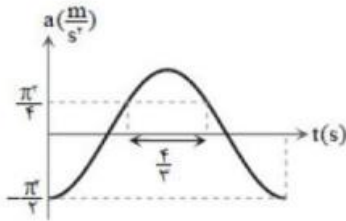


- ۱ ۱      ۲ ۲      ۳  $\frac{3}{2}$       ۴  $\frac{4}{3}$



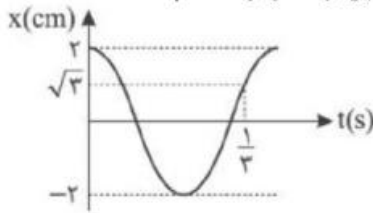


۲۱) نمودار شتاب زمان نوسان‌گری به جرم ۱۰۰ گرم که حرکت هماهنگ ساده دارد مطابق شکل روبه‌رو است. در لحظه‌ی  $t = \frac{4}{3} s$ ، نوسان‌گر در چند سانتی‌متر مرکز نوسان قرار دارد؟



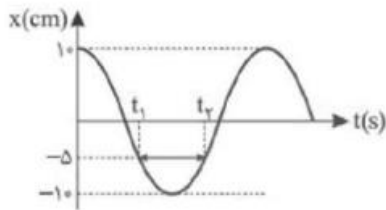
- ۱) ۱      ۲)  $\frac{1}{2}$       ۳)  $\sqrt{3}$       ۴)  $\frac{\sqrt{3}}{2}$

۲۲) نمودار مکان-زمان هماهنگ ساده به‌صورت زیر است. معادله مکان-زمان این نوسانگر در SI کدام است؟



- ۱)  $x = 0.02 \cos\left(\frac{11\pi t}{2}\right)$       ۲)  $x = 0.02 \cos\left(\frac{\pi t}{2}\right)$       ۳)  $x = 0.02 \cos\left(\frac{13\pi t}{2}\right)$       ۴)  $x = 0.02 \cos(5\pi t)$

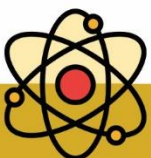
۲۳) شکل زیر نمودار مکان-زمان یک نوسانگر ساده را نشان می‌دهد. اگر تندی متوسط در بازه زمانی  $t_1$  تا  $t_2$  برابر  $\frac{1}{2} \frac{m}{s}$  باشد، بسامد نوسانگر چند هرتز است؟



- ۱) ۲      ۲) ۲۰      ۳) ۴      ۴) ۴۰

۲۴) رابطه سرعت با مکان برای یک نوسانگر ساده دارد در SI به‌صورت  $v = \sqrt{0.2 - 8000x^2}$  داده شده است. طول پاره‌خط نوسان چند سانتی‌متر است؟

- ۱) ۰/۵      ۲) ۱      ۳) ۲      ۴) ۴







۲۵) نوسانگر هماهنگ ساده‌ای روی پاره‌خطی به طول  $2A$ ، حرکت هماهنگ ساده با دور تناوب  $T$  انجام می‌دهد. نسبت بیشینه مسافت به کمینه مسافتی که نوسانگر در مدت زمان  $\frac{T}{4}$  می‌تواند طی کند، کدام است؟  
 $(\sqrt{3} \approx 1.7, \sqrt{2} \approx 1.4)$

- ۱) ۱      ۲)  $\frac{7}{3}$       ۳)  $\frac{17}{14}$       ۴) ۲

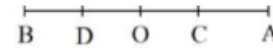
۲۶) نوسانگری روی محور  $x$  حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد و مبدأ مختصات نقطه‌ی تعادل (مرکز نوسان) است. اگر دامنه‌ی حرکت نوسانگر  $2 \text{ cm}$  و بسامد حرکتش  $\frac{1}{4} \text{ Hz}$  باشد. بزرگی سرعت متوسط نوسانگر در کم‌ترین بازه‌ی زمانی که از مکان  $+\sqrt{2} \text{ cm}$  در جهت محور  $x$  عبور می‌کند و سپس به مکان  $-\sqrt{2} \text{ cm}$  می‌رسد، چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟

- ۱) صفر      ۲)  $\frac{2\sqrt{2}}{3}$       ۳)  $\frac{2\sqrt{2}}{5}$       ۴)  $\sqrt{2}$

۲۷) نوسانگری با بسامد  $7 \text{ Hz}$  و دامنه  $20 \text{ cm}$  حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. نوسانگر در لحظه  $t_1$  در فاصله  $34$  سانتی‌متری از یک انتهای مسیر نوسان و در لحظه  $t_2$  در فاصله  $10$  سانتی‌متری از نقطه تعادل قرار دارد. اگر نوع حرکت نوسانگر در لحظه  $t_1$  کندشونده و در لحظه  $t_2$  تندشونده باشد، حداقل مقدار  $(t_2 - t_1)$  چند ثانیه است؟  
 $(\sqrt{3} \approx 1.7, \sqrt{2} \approx 1.4, t_2 > t_1)$

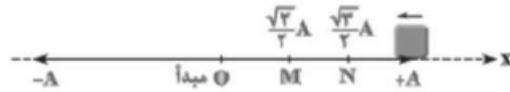
- ۱)  $\frac{1}{12}$       ۲)  $\frac{1}{6}$       ۳)  $\frac{1}{24}$       ۴)  $\frac{1}{10}$

۲۸) متحرکی روی پاره‌خط  $AB$  نوسان هماهنگ انجام میدهد اگر  $AC = CO = OD = DB$  باشد و متحرک فاصله  $CD$  را در  $t_1$  ثانیه و فاصله  $DB$  را در  $t_2$  ثانیه طی کند، نسبت  $\frac{t_1}{t_2}$  چه قدر است؟

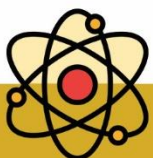


- ۱) ۱      ۲) ۲      ۳)  $\frac{3}{2}$       ۴)  $\frac{4}{3}$

۲۹) نوسانگر ساده‌ای بر روی پاره‌خط نشان داده شده، مطابق شکل از نقطه‌ی  $+A$  و در خلاف جهت محور  $x$  شروع به نوسان می‌کند. اگر متحرک ۲ ثانیه پس از شروع حرکت، بدون تغییر جهت به موقعیت  $N$  برسد، چند ثانیه پس از عبور از  $N$ ، متحرک برای اولین بار به نقطه‌ی  $M$  می‌رسد؟

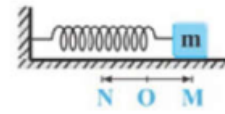


- ۱)  $\frac{1}{3}$       ۲)  $\frac{2}{3}$       ۳) ۱      ۴) ۳





۴۰ مطابق شکل، در لحظه‌ی  $t = 0$  بسته‌ای از نقطه‌ی M رها شده و حول نقطه‌ی O شروع به نوسان می‌کند. مکان این نوسان‌گر پس از گذشت مدت زمان  $\frac{1}{4}$  دوره، چه کسری از دامنه‌ی آن است؟



- ۱)  $\frac{1}{2}$       ۲)  $\frac{\sqrt{2}}{2}$       ۳) ۱      ۴)  $\frac{\sqrt{3}}{2}$

۴۱ ذره‌ای روی پاره‌خطی به طول ۱۲ cm با بسامد  $50\text{ Hz}$  حرکت نوسانی هماهنگ ساده می‌کند و در یک لحظه از مرکز نوسان عبور می‌کند. نسبت مسافت طی شده به اندازه‌ی جابه‌جایی این نوسانگر این لحظه تا  $\frac{3}{200}$  ثانیه پس از آن کدام است؟

- ۱)  $\frac{3}{2}$       ۲) ۲      ۳) ۳      ۴) ۴

۴۲ نوسانگر هماهنگ ساده‌ای با دامنه‌ی A در لحظه‌ی t در مکان  $+\frac{A}{4}$  به سمت مرکز نوسان در حال حرکت است و پس از یکبار تغییر جهت تا مکان  $-\frac{\sqrt{2}}{4}A$  می‌رود. در این بازه‌ی زمانی به ترتیب از راست به چپ در چه مدت زمانی مکان آن مثبت بوده و در چه مدت زمانی سرعت آن منفی است؟ (T دوره‌ی حرکت نوسانگر است.)

- ۱) صفر، صفر      ۲)  $\frac{T}{6}, \frac{T}{6}$       ۳)  $\frac{T}{6}, \frac{T}{12}$       ۴)  $\frac{T}{12}, \frac{T}{3}$

۴۳ نوسان‌گری که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد، در لحظه‌ی  $t_1$  در مکان  $+\frac{A}{\sqrt{2}}$  و در لحظه‌ی  $t_2 > t_1$  در مکان  $+\frac{A}{4}$  قرار دارد. اندازه‌ی بیش‌ترین سرعت متوسط نوسان‌گر در بازه‌ی  $t_1$  تا  $t_2$  کدام است؟ (A دامنه‌ی نوسان، T دوره‌ی حرکت و در  $t = 0$  نوسان‌گر در مبدأ مختصات است.)

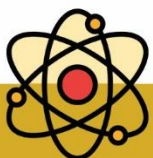
- ۱)  $12(\sqrt{2} + 1)\frac{A}{T}$       ۲)  $\frac{12(\sqrt{2} - 1)}{\sqrt{2}}\frac{A}{T}$   
۳)  $\frac{12(\sqrt{2} + 1)}{\sqrt{2}}\frac{A}{T}$       ۴)  $12(\sqrt{2} - 1)\frac{A}{T}$

۴۴ نوسانگری روی محور x ها بین دو مکان  $+6m$  و  $-6m$  نوسان می‌کند. اگر این نوسان‌گر در لحظه‌ی t (برحسب ثانیه) در مکان  $-2m$  و در حال دور شدن از مرکز باشد و هم‌چنین در لحظه‌ی  $t + 9$  (برحسب ثانیه) برای دومین بار از لحظه‌ی t به بعد به مکان  $+3\sqrt{3}m$  برسد، این نوسان‌گر در مدت یک دقیقه چند نوسان کامل انجام می‌دهد؟

- ۱) ۲      ۲) ۳      ۳) ۴      ۴) ۵

۴۵ دامنه‌ی نوسان یک نوسانگر ساده ۱۰ سانتی‌متر و بسامد آن ۲۵ هرتز است، مقدار بیشینه سرعت متوسط نوسانگر، در یک بازه‌ی زمانی معادل  $\frac{1}{4}$  دوره، چند متر بر ثانیه است؟

- ۱)  $2\sqrt{2}$       ۲)  $5\sqrt{2}$       ۳) ۱۰      ۴) ۰





## روابط سرعت و شتاب و نیرو در حرکت نوسانی

در یک حرکت نوسانی، سرعت و شتاب و نیرو از روابط زیر محاسبه میشوند:

فرمول **سرعت** در حرکت نوسانی  $V = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$

فرمول **سرعت ماکزیمم** در حرکت نوسانی  $V_m = A\omega$

فرمول **شتاب** در حرکت نوسانی  $a = -\omega^2 x$

فرمول **شتاب ماکزیمم** در حرکت نوسانی  $a_{\max} = A\omega^2$

فرمول **نیرو** در حرکت نوسانی  $F = -m\omega^2 x$

فرمول **نیرو ماکزیمم** در حرکت نوسانی  $F = m\omega^2 A$

**تست:** در حرکت نوسانی ساده در لحظه‌ای که بعد حرکت  $\frac{1}{5}$  بعد بیشینه است، سرعت نوسانگر

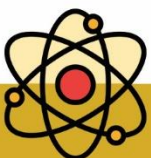
چه کسری از سرعت بیشینه است؟

$\frac{16}{25} - 4$

$\frac{2\sqrt{5}}{5} - 3$

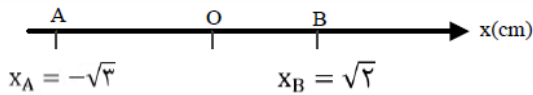
$\sqrt{\frac{24}{25}} - 2$

$\frac{4}{5} - 1$





**تست:** در شکل مقابل، در یک حرکت نوسانی هماهنگ ساده، نوسانگری در هر پنج دوره مسافت ۴۰ سانتیمتر را طی می‌کند اگر حداقل زمان لازم برای این‌که تندی متحرک از بیشینه به صفر برسد ۰/۶ ثانیه باشد، حداقل زمان لازم برای رسیدن متحرک از A به B چند ثانیه و بزرگی سرعت و شتاب در نقطه B چند سانتیمتر برثانیه و چند سانتیمتر برمجذور ثانیه است؟



۱) ۰/۷ و  $\frac{5\pi}{6}\sqrt{2}$  و  $\frac{25\pi^2}{36}(\sqrt{2})$

۲) ۰/۷ و  $\frac{5\pi}{6}\sqrt{2}$  و ۱۲

۳) ۰/۷ و ۱۶ و  $\frac{25\pi^2}{36}(\sqrt{2})$

۴) ۱/۴ و  $\frac{5\pi}{6}\sqrt{2}$  و  $\frac{25\pi^2}{36}(\sqrt{2})$

اگر توی سوال مسافت n دوره رو دادند برای اینکه دامنه رو پیدا کنی باید اون مسافت رو به ۴n تقسیم کنی

$$\text{دامنه} = \frac{20}{4 \times 5} = 2 \text{ cm}$$

همینطور وقتی می‌گه اگر حداقل زمان لازم برای این‌که تندی متحرک از بیشینه به صفر برسد ۰/۶ هست یعنی

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2.4} = \frac{5\pi}{6} \text{ پس } T \text{ برابر میشه با } 2.4$$

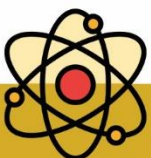
حالا زمان رسیدن از A به B میشه یه دونه  $\frac{T}{6}$  از A به مرکز و یه دونه  $\frac{T}{8}$  از مرکز به B یعنی:

$$\frac{T}{8} + \frac{T}{6} = \frac{2.4}{8} + \frac{2.4}{6} = 0.7$$

از طرفی برای سرعت و شتاب هم از فرمول های خودش میریم فقط به جای X باید  $\sqrt{2}$  بزاریم

$$|V| = \omega \sqrt{A^2 - X^2} = \frac{5\pi}{6} \sqrt{2^2 - \sqrt{2}^2} = \frac{5\pi}{6} \sqrt{2}$$

$$|a| = |-\omega^2 X| = \left(\frac{5\pi}{6}\right)^2 (\sqrt{2}) = \frac{25\pi^2}{36} (\sqrt{2})$$





**تست:** نوسان کننده‌ی ساده‌ای روی پاره خطی به طول ۴ سانتی‌متر نوسان می‌کند و بیشینه شتاب آن

$0/32m/s^2$  می‌باشد. اگر در لحظه‌ی  $t = 0$  فاصله‌ی نوسانگر از مرکز نوسان  $+A$  و حرکت به سمت مبدا

باشد معادله‌ی حرکت آن در SI کدام است؟

$$X = 0/02\cos(40t) \quad -2 \qquad X = 0/02\cos(4\pi t) \quad -1$$

$$X = 0/02\cos(4t) \quad -4 \qquad X = 0/04\cos(4t) \quad -3$$

$$2A = \frac{t}{100} \rightarrow A = 0/02$$

$$a_{\max} = A\omega^2 \rightarrow 0/32 = 0/02\omega^2 \rightarrow \omega = 4$$

$$x = 0/02\cos 4t$$

**تست:** اگر بیشترین سرعت و بیشترین شتاب یک نوسانگر ساده  $0/3m/s$  و  $0/6m/s^2$  باشد، دامنه‌ی

نوسان آن چند متر خواهد بود؟

$$\frac{3}{5} \quad -4$$

$$\frac{5}{3} \quad -3$$

$$1/5 \quad -2$$

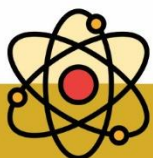
$$0/15 \quad -1$$

پاسخ :  $V_{\max} = 0/3m/s$

$a_{\max} = 0/6m/s^2$  ,  $A = ?$

$$\begin{cases} V_{\max} = A\omega \\ |a_{\max}| = A\omega^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{|a_{\max}|}{V_{\max}} = \omega \Rightarrow \omega = \frac{0/6}{0/3} \Rightarrow \omega = 2(\text{rad/s})$$

$$\Rightarrow V_{\max} = A\omega \Rightarrow 0/3 = A \times 2 \Rightarrow A = \frac{3}{2} \Rightarrow A = 0/15m$$





**تست:** معادله نیرو-مکان نوسانگری در SI به صورت  $F = -\pi^2 y$  است اگر جرم نوسانگر ۱۰ gr

باشد این نوسانگر در هر دقیقه چند نوسان کامل انجام می دهد؟

- ۲۰۰ (۴)      ۲۵۰ (۳)      ۳۰۰ (۲)      ۱۵۰ (۱)

$$F = -\pi^2 y$$

$$F = -m\omega^2 y$$

$$m\omega^2 = \pi^2 \rightarrow \frac{1}{100} \omega^2 = \pi^2 \rightarrow \omega = 10\pi$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow 10\pi = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{1}{5} \text{ s}$$

$$N = \frac{t}{T} \rightarrow N = \frac{60}{\frac{1}{5}} = 300$$

**تست:** معادله سرعت \_ مکان نوسانگری به صورت  $V^2 = 0/4 - 400x^2$  است معادله حرکت

نوسانگر کدام گزینه است؟

$$x = \sqrt{\frac{1}{1000}} \text{Cos}20t \quad x = 10\text{Cos}20t \quad x = 0.001\text{Cos}20t \quad x = \sqrt{\frac{1}{1000}} \text{Cos}200t$$

هرگاه  $V = 0$  باشد  $x_{\text{max}}$  است و برابر A است

$$0 = 0/4 - 400A^2 \rightarrow 400A^2 = 0/4 \rightarrow A^2 = \frac{1}{1000}$$

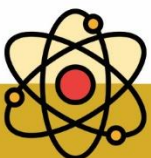
هرگاه  $x = 0$  باشد  $V_{\text{max}}$  است و برابر  $A\omega$  است

$$A^2 \omega^2 = 0/4$$

$$-0 \rightarrow \frac{1}{1000} \omega^2 = 0/4 \rightarrow$$

$$\omega^2 = 400 \rightarrow \omega = 20$$

$$x = \sqrt{\frac{1}{1000}} \text{Cos}20t$$

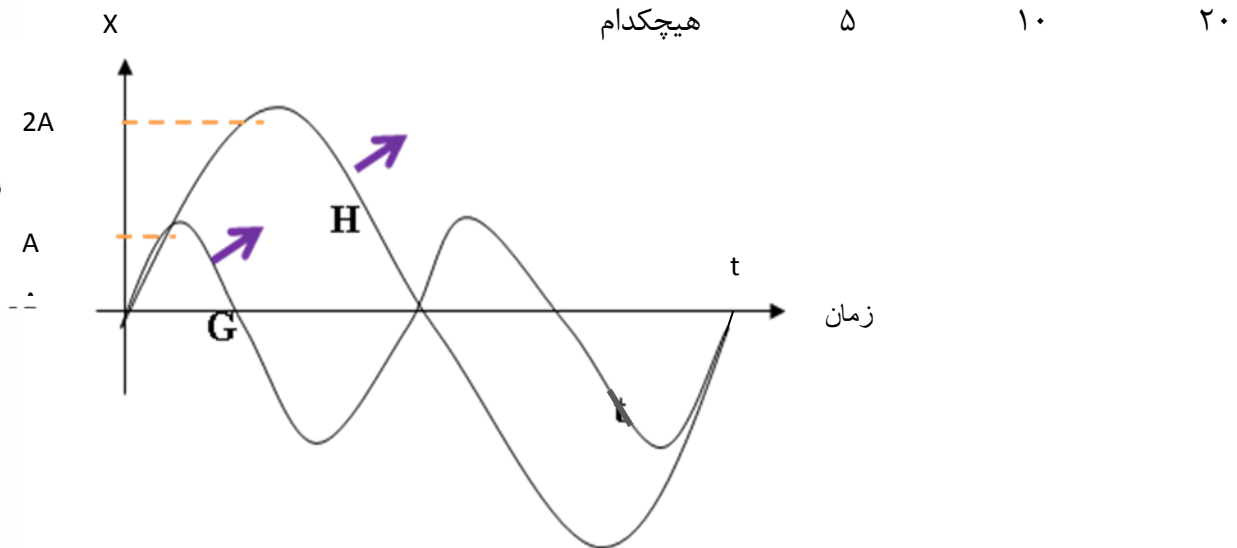




**تست:** با توجه به نمودار مکان زمان مقابل که برای دو حرکت نوسانی H و G رسم شده، اگر جرم

نوسانگر H برابر جرم G باشد در اینصورت بیشینه نیروی وارد بر نوسانگر H چند برابر

نوسانگر G است؟

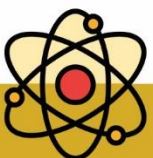


ابتدا نقطه تلاقی در نمودار را پیدا کنید و از روی آن نسبت  $T$  ها را بدست آورید

$$2T_G = T_H$$

$$\frac{T_G}{T_H} = \frac{1}{2} \rightarrow \frac{\omega_H}{\omega_G} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{(F_{\max})_H}{(F_{\max})_G} = \frac{m_H A_H \omega_H^2}{m_G A_G \omega_G^2} = 20 \times 2 \times \frac{1}{4} = 10$$





چند نکته تکمیلی

سرعت نسبت به مکان  $\frac{\pi}{2}$  تقدم فاز دارد و شتاب نسبت به سرعت  $\frac{\pi}{2}$  تقدم فاز دارد و شتاب نسبت به مکان  $\pi$  تقدم فاز دارد

$$\left. \begin{aligned} \frac{\pi}{2} &\leftarrow v, x - 1 \\ \pi &\leftarrow a, x - 2 \\ \frac{\pi}{2} &\leftarrow a, v - 3 \end{aligned} \right\} \text{۱- اختلاف فاز}$$

۲- ارتباط بین مؤلفه‌های ماکزیمم :

وقتی مؤلفه‌ها ماکزیمم می‌شوند که  $\sin$  یا  $\cos$  برابر  $(\pm 1)$  شوند

$$x_{\max} = A$$

$$v_{\max} = A\omega \Rightarrow \frac{v_{\max}}{x_{\max}} = \frac{a_{\max}}{v_{\max}} = \omega$$

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

۳- در دو انتهای مسیر نوسان  $x$  و  $a$  ماکزیمم است و  $v$  برابر صفر است.

۴- در مرکز نوسان  $x = a = 0$  و  $v$  برابر ماکزیمم است.

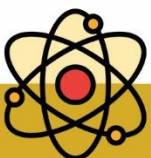
$$v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

الف- مستقل از زمان سرعت

$$a = \pm \omega \sqrt{v_m^2 - v^2}$$

ب- مستقل از زمان شتاب

۵-

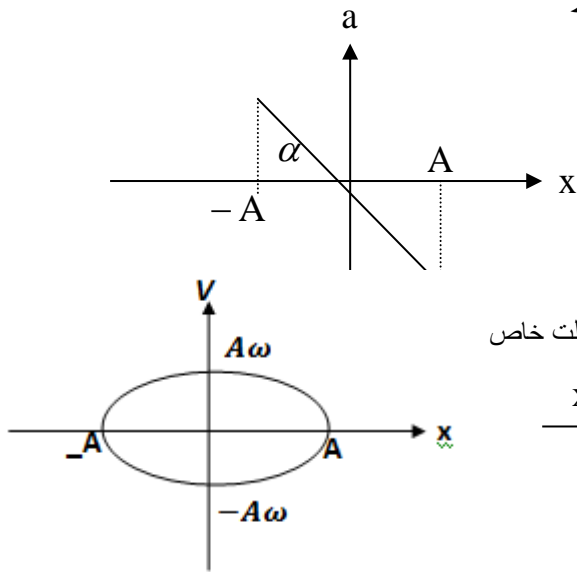






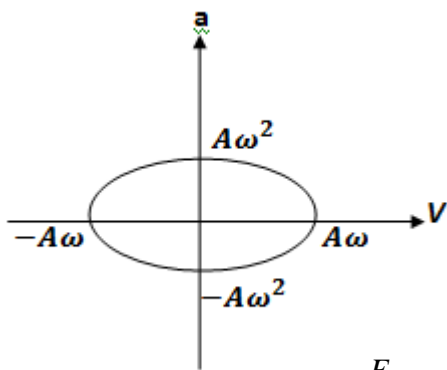
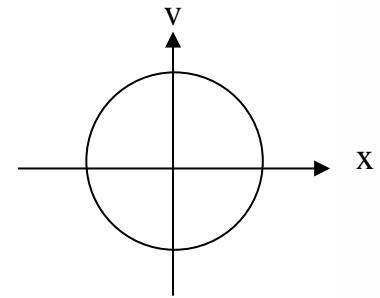
۶- نمودار معادلات  $x$ ،  $v$  و  $F$  و  $a$  بر حسب یکدیگر

$$\text{tg } \alpha = -\omega^2$$



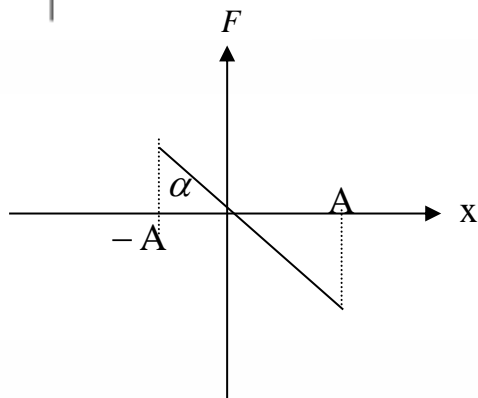
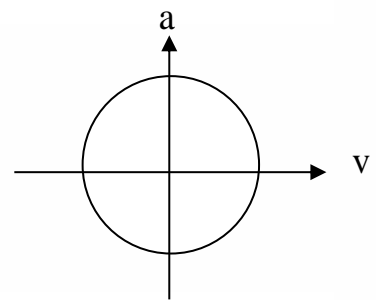
حالت خاص

$$x_m = v_m$$

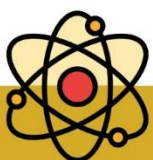


حالت خاص

$$\begin{aligned} v_m &= a_m \\ \omega &= 1 \end{aligned}$$



$$\text{tg } \alpha = -m\omega^2$$

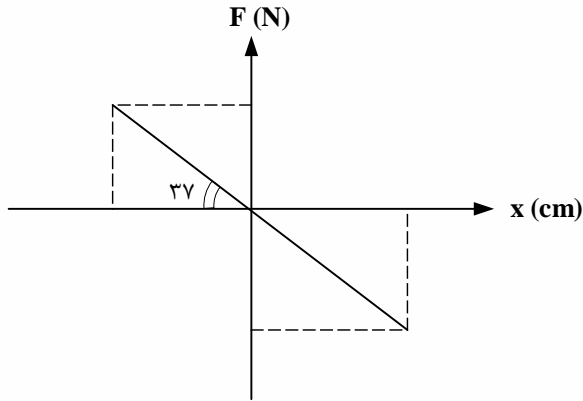




**تست:** نمودار  $F-x$  نوسانگری مطابق شکل است. بسامد زاویه‌ای چند  $rad/s$  است اگر جرم نوسانگر  $3\text{ kg}$

باشد؟ ( $\sin 37^\circ = 0.6$ )

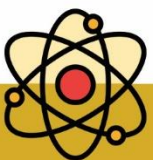
- (۱) ۲      (۲)  $\frac{1}{2}$       (۳) ۴      (۴)  $\frac{1}{4}$



پاسخ: شیب نمودار  $F-x$  برابر  $-mw^2$  و شیب نمودار  $a-x$  برابر  $-w^2$  است پس

$$\tan 37^\circ = mw^2 \rightarrow \frac{3}{4} = 3w^2 \rightarrow w^2 = \frac{3}{12} \rightarrow w = \frac{1\text{ rad}}{2\text{ s}}$$

(گزینه ۲ صحیح است.)





### انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگر

هنگامی که فنر کشیده می‌شود در آن انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره می‌شود که مقدار آن برابر است با:

$$U_e = \frac{1}{2} Kx^2$$

با توجه به اینکه داریم:  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \rightarrow k = m\omega^2$  پس می‌توان نوشت:

$$U_e = \frac{1}{2} m\omega^2 x^2$$

نکته: با توجه به رابطه‌ی بالا، پتانسیل زمانی بیشترین مقدار را دارد که  $x = \pm A$  باشد پس انرژی

$$U_{\max} = \frac{1}{2} mA^2\omega^2 = \frac{1}{2} kA^2 \quad \text{پتانسیل بیشینه برابر میشود با:}$$

### انرژی جنبشی نوسانگر

با توجه به رابطه‌ی انرژی جنبشی و معادله‌ی سرعت نوسانگر می‌توان رابطه‌ی انرژی جنبشی نوسانگر را به صورت زیر به دست آورد

۲- با توجه به رابطه‌ی  $v = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}$  می‌توان انرژی جنبشی نوسانگر را به صورت زیر به دست آورد:

$$K = \frac{1}{2} mV^2 \rightarrow k = \frac{1}{2} m\omega^2 (A^2 - x^2) = \frac{1}{2} k(A^2 - x^2)$$

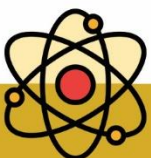
$$K_{\max} = \frac{1}{2} mA^2\omega^2 = \frac{1}{2} kA^2$$

### انرژی مکانیکی نوسانگر

مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی نوسانگر برابر با انرژی مکانیکی نوسانگر است. با توجه به این تعریف داریم:

$$E = U_e + K$$

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



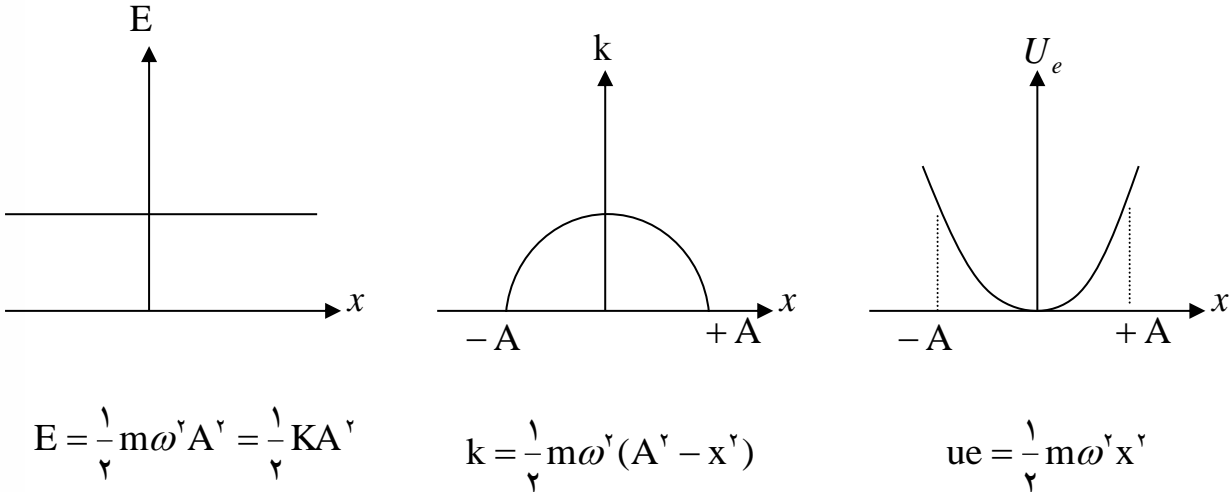


### جمع بندی انرژی های نوسانگر

نکته ۱- انرژی مکانیکی نوسانگر مستقل از زمان و مکان نوسانگر می باشد.

۲- انرژی مکانیکی نوسانگر با مربع دامنه و مربع بسامد متناسب است.

نمودار تغییرات انرژی پتانسیل و انرژی مکانیکی نسبت به مکان:



### روابط ترکیبی و ساختنی از انرژی نوسانگر:

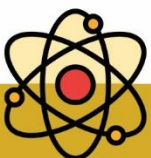
برای حل مسائل انرژی نوسانگر حتما جدول زیر را حفظ کنید

<b>U</b>	$\frac{1}{2} m \omega^2 x^2$	$\frac{1}{2} m (V_m^2 - V^2)$
<b>K</b>	$\frac{1}{2} m \omega^2 (A^2 - x^2)$	$\frac{1}{2} m V^2$
<b>E</b>	$\frac{1}{2} m \omega^2 A^2$	$\frac{1}{2} m V_{max}^2$

مثلا با تقسیم کردن فرمول های بالا می توانیم به روابط زیر برسیم

$$\frac{U}{K} = \frac{x^2}{A^2 - x^2} = \frac{V_m^2 - V^2}{V^2}$$

$$\frac{K}{E} = \frac{V^2}{V_{max}^2} = \frac{A^2 - x^2}{A^2}$$





**تست:** انرژی جنبشی و پتانسیل نوسانگری ساده در یک لحظه‌ی معین به ترتیب برابر  $0.12J$  و  $0.06J$

است. اگر جرم نوسانگر  $10g$  و دامنه حرکت  $4cm$  باشد، دوره‌ی حرکت چند ثانیه است؟

$\frac{4\pi}{3\sqrt{10}} - 4$

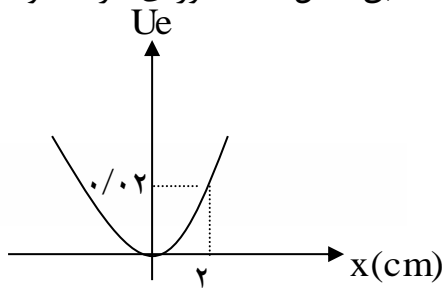
$\frac{\pi}{75} - 3$

$\frac{4\pi}{3} - 2$

$30\pi - 1$

گ ۳

**تست:** نمودار انرژی پتانسیل- مکان نوسانگری به جرم  $400g$  مطابق شکل است. دوره‌ی حرکت نوسانگر



چند ثانیه است؟ ( $\pi^2 = 10$ )

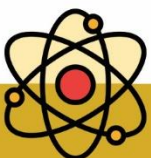
$4 - 4$

$2 - 3$

$0.4 - 2$

$0.2 - 1$

گزینه ۲





**تست:** وزنه‌ای به انتهای فنری متصل شده و با دامنه A نوسان می‌کند. هنگامی که انرژی پتانسیل نوسانگر

۳ برابر انرژی جنبشی آن است، نسبت جابجایی از نقطه‌ی تعادل به دامنه‌ی آن کدام است.

$$\begin{array}{l} \frac{9}{16} - 2 \\ \sqrt{\frac{3}{2}} - 1 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} - 4 \\ \frac{3}{4} - 3 \end{array}$$

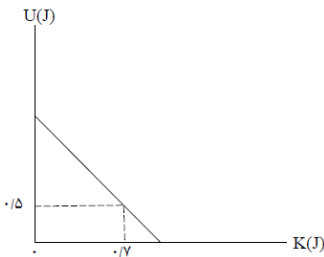
**$U = 3K$**

$\frac{U}{K} = \frac{x^2}{A^2 - x^2} \quad \frac{x}{A} = ?$

$3 = \frac{x^2}{A^2 - x^2} \rightarrow 3A^2 - 3x^2 = x^2 \rightarrow 4x^2 = 3A^2 \rightarrow x = \frac{\sqrt{3}}{2}A$

**تست:** نوسانگر به جرم ۱۵۰ گرم در حال نوسان ساده است و نمودار انرژی پتانسیل نوسانگر ساده‌ای بر حسب

انرژی جنبشی‌اش در SI مطابق شکل زیر است. تندی و شتاب آن هنگام عبور از نقطه‌ی تعادل به ترتیب از راست به چپ چند واحد SI است؟

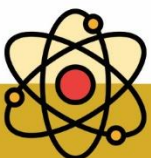


- (۱) ۰-۲
- (۲) ۰-۸
- (۳) ۰-۴
- (۴) ۵-۲

در نقطه تعادل شتاب صفر است پس گزینه ۴ بوج همیشه! همینطور میدونیم که در نقطه تعادل انرژی پتانسیل هم صفر هست پس داریم:

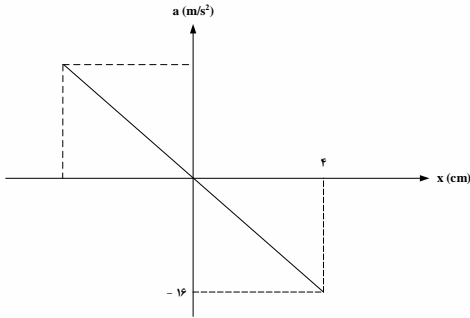
$E = U + K \quad E = \frac{1}{2}MV^2 + 0 \quad 1.2 = \frac{1}{2} \left(\frac{150}{1000}\right)V^2 + 0 \quad V = 4$

گزینه ۳





**تست:** نمودار  $a-x$  نوسانگری به جرم  $2\text{ kg}$  مطابق شکل مقابل است. انرژی مکانیکی و بسامد زاویه‌ای به ترتیب کدام گزینه است؟

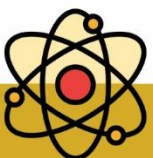


پاسخ: با توجه به شکل  $a_{max} = 16 \frac{m}{s^2}$  و  $A = 4\text{ cm}$  است پس

$$a_{max} = Aw^2 \rightarrow 16 = \frac{4}{100} w^2 \rightarrow w = 20 \frac{rad}{s}$$

$$F_{max} = ma_{max} = 2 \times 16 = 32\text{ N}$$

$$E = \frac{1}{2} F_{max} A = \frac{1}{2} \times 32 \times \frac{4}{100} = 0.64\text{ J}$$



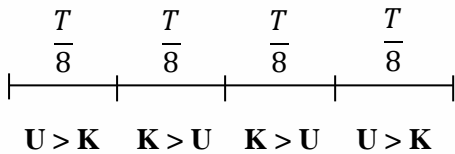


**تست:** معادله یک حرکت هماهنگ ساده به صورت  $x = A \cos 10 \pi t$  است. در بازه زمانی  $t_1 = \frac{1}{120} s$  تا

$t_2 = \frac{1}{10} s$  چه مدت انرژی پتانسیل بیشتر از انرژی جنبشی است؟

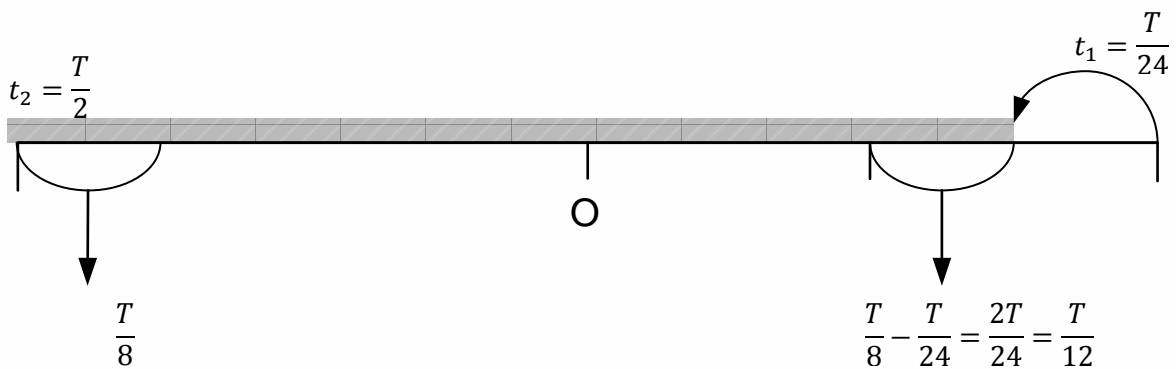
- (۱)  $\frac{1}{12}$  (۲)  $\frac{1}{24}$  (۳)  $\frac{1}{30}$  (۴)  $\frac{1}{40}$

پاسخ: در حرکت هماهنگ ساده در  $\frac{T}{8}$  اول حرکت، انرژی پتانسیل بیشتر از جنبشی است و در  $\frac{T}{4}$  بعدی انرژی جنبشی بیشتر از پتانسیل است و در  $\frac{T}{8}$  آخر نیز، مجدداً انرژی پتانسیل بیشتر از جنبشی است.



$$t_1 = \frac{1}{120} \rightarrow 10 \pi \times \frac{1}{120} = \frac{\pi}{12} = \frac{T}{24}$$

$$t_2 = \frac{1}{10} \rightarrow 10 \pi \times \frac{1}{10} = \pi = \frac{T}{2}$$

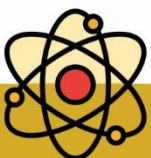


$U > K$  که کل مدت زمانی  $= \frac{T}{8} + \frac{T}{12} = \frac{5T}{24}$

$$t_{\text{کل}} = \frac{5 \times \frac{1}{5}}{24} = \frac{1}{24} s$$

$w = 10 \pi = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{1}{5} s$

(گزینه ۲ صحیح است)

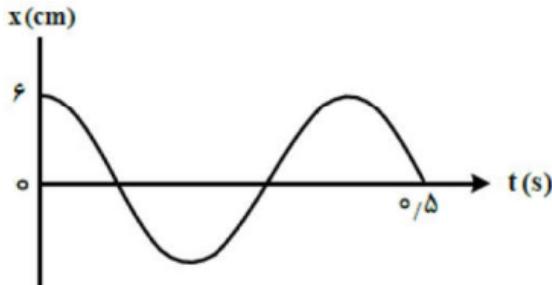






Home work 2

۱) نمودار مکان - زمان نوسانگری مطابق شکل مقابل است. بزرگی شتاب متوسط نوسانگر در بازه زمانی  $t_1 = 0/1s$  تا  $t_2 = 0/8s$  چند متر بر مربع ثانیه است؟



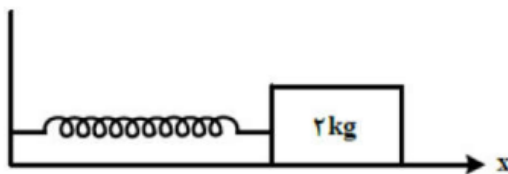
$\frac{2}{5}\pi$  (۴)

$\frac{3}{5}\pi$  (۳)

$\frac{15}{5}\pi$  (۲)

$\frac{25}{5}\pi$  (۱)

۲) مطابق شکل، وزنه‌ای به جرم  $2\text{ kg}$  به فنری که ثابت آن  $200 \frac{N}{m}$  است بسته شده و روی سطح افقی بدون اصطکاک، حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر کمترین و بیشترین طول فنر در حین نوسان به ترتیب  $40\text{ cm}$  و  $50\text{ cm}$  باشد، در لحظه‌ای که شتاب نوسانگر  $\vec{a} = \left(2 \frac{m}{s}\right) \vec{i}$  است، طول فنر، چند سانتی‌متر است؟



۴۸ (۴)

۴۷ (۳)

۴۳ (۲)

۴۲ (۱)

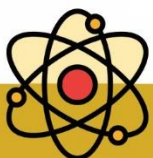
۳) نوسانگری روی سطح افقی بدون اصطکاک، روی پاره‌خطی به طول  $4\text{ cm}$  حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر بیشینه تندی آن  $0/08\pi \frac{m}{s}$  باشد، بزرگی شتاب نوسانگر در لحظه‌ای که جهت حرکت آن تغییر می‌کند، در SI چقدر است؟

$0/32\pi^2$  (۴)

$0/16\pi^2$  (۳)

$0/04\pi^2$  (۲)

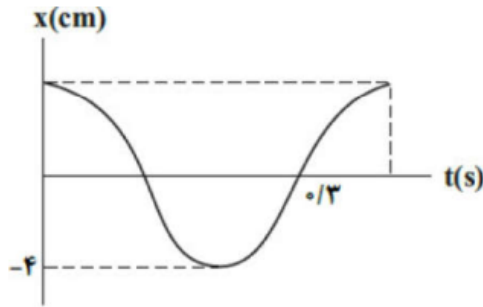
$0/06\pi^2$  (۱)





۴) نمودار مکان - زمان نوسانگری مطابق شکل مقابل است. شتاب این نوسانگر در لحظه  $t = \frac{2}{15}$  s چند متر بر مربع ثانیه

است؟ ( $\pi^2 = 10$ )



- ۱) ۵      ۲) -۵      ۳)  $2/5\sqrt{3}$       ۴)  $-2/5\sqrt{3}$

۵) نوسانگر هماهنگ ساده‌ای به جرم  $50\text{ g}$  در هر دقیقه  $120$  نوسان کامل انجام می‌دهد. اگر در هر دوره این نوسانگر مسافت  $100\text{ cm}$  را طی کند، اندازه بیشینه نیروی وارد بر نوسانگر چند نیوتون است؟ ( $\pi^2 = 10$ )

- ۱) ۱      ۲) ۲      ۳) ۱۲      ۴) ۵

۶) نوسانگری روی پاره‌خطی به طول  $8\text{ cm}$  روی سطح افقی بدون اصطکاک، حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر در لحظه‌ای که فاصله نوسانگر از نقطه تعادل برابر  $2\text{ cm}$  است، بزرگی شتاب برابر  $\frac{\pi^2}{3} \frac{m}{s^2}$  باشد، تندی نوسانگر در لحظه عبور از نقطه تعادل چند متر بر ثانیه است؟

- ۱)  $\frac{\pi}{10}$       ۲)  $\frac{\pi}{5}$       ۳)  $10\pi$       ۴)  $20\pi$

۷) رابطه‌ی سرعت و مکان نوسانگری در SI به صورت  $v^2 + 100x^2 = 1$  داده شده است. بیشینه شتاب نوسانگر چند  $\frac{m}{s^2}$  است؟

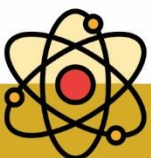
- ۱) ۲      ۲) ۱      ۳) ۲۰      ۴) ۱۰

۸) نوسانگری روی پاره‌خطی به طول  $10\text{ cm}$  حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. این نوسانگر در لحظه  $t_1$  با حرکت کندشونده از مکان  $+2\text{ cm}$  عبور می‌کند و در لحظه  $t_2$  برای اولین بار بعد از لحظه  $t_1$  به مکان  $-2\text{ cm}$  می‌رسد. اگر اندازه سرعت متوسط آن در بازه زمانی  $t_1$  تا  $t_2$  برابر  $32 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$  باشد، بیشینه تندی آن چند  $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$  است؟ (مرکز نوسان را مبدأ مختصات در نظر بگیرید.)

- ۱)  $4\pi$       ۲)  $8\pi$       ۳)  $40\pi$       ۴)  $80\pi$

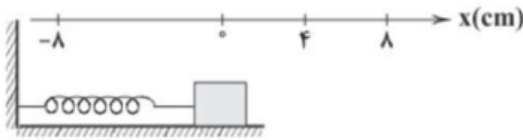
۹) نوسانگری روی پاره‌خطی به طول  $20\text{ cm}$ ، حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. کم‌ترین مدت‌زمانی که نوسانگر می‌تواند مسافت  $10\sqrt{3}\text{ cm}$  را طی کند، برابر با  $0.25\text{ s}$  است. بیشینه سرعت نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟

- ۱)  $\frac{8\pi}{15}$       ۲)  $\frac{4\pi}{15}$       ۳)  $\frac{2\pi}{10}$       ۴)  $\frac{2\pi}{20}$



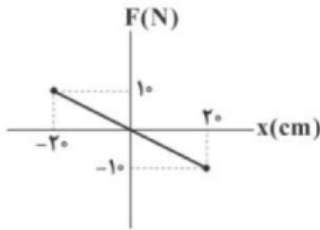


۱۰ در شکل زیر، جسم متصل به فنر بین مکان‌های  $x = +8\text{cm}$  و  $x = -8\text{cm}$  حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر بعد از  $0.5\text{s}$  از شروع حرکت، جسم برای اولین بار از مکان  $x = +4\text{cm}$  عبور کند، اندازه‌ی شتاب جسم در این مکان، چند متر بر مجذور ثانیه است؟ (توجه کنید: نوسانگر از  $x = +8\text{cm}$  شروع به نوسان می‌کند و  $\pi \approx 3$ )



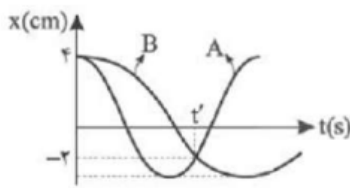
- ۰/۲۴ (۱)      ۰/۱۶ (۲)      ۰/۰۸ (۳)      ۰/۳۲ (۴)

۱۱ نمودار نیرو - مکان نوسانگر هماهنگ ساده‌ای به جرم  $10\text{g}$  که حول مبدأ مکان نوسان می‌کند، مطابق شکل است. بیشینه‌ی بزرگی تکانه نوسانگر چند واحد SI است؟



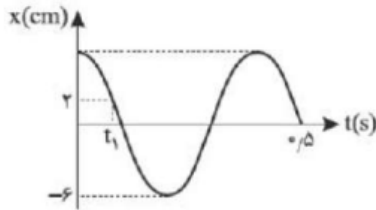
- ۸ (۱)      ۰/۸ (۲)      ۴ (۳)      ۰/۴ (۴)

۱۲ نمودار مکان - زمان دو نوسانگر A و B مطابق شکل است. بیشینه‌ی شتاب نوسانگر A چند برابر بیشینه‌ی شتاب نوسانگر B است؟

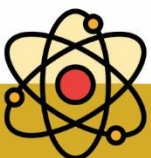


- ۱ (۱)      ۲ (۲)      ۱/۴ (۳)      ۴ (۴)

۱۳ نمودار مکان - زمان نوسانگری مطابق شکل است. اندازه‌ی شتاب در لحظه  $t_1$  چند  $\frac{m}{s^2}$  می‌باشد؟ ( $\pi^2 = 10$ )

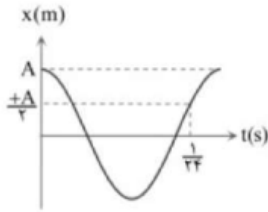


- ۲/۵ (۱)      ۱/۵ (۲)      ۵ (۳)      ۰/۵ (۴)





۱۴ نمودار مکان - زمان یک نوسانگر ساده به صورت شکل مقابل است. اگر بزرگی سرعت نوسانگر در لحظه عبور از مرکز نوسان برابر  $2\pi \frac{m}{s}$  باشد، معادله شتاب زمان آن در SI کدام است؟

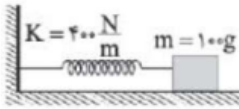


- ۱  $a = -8\pi^2 \cos 20\pi t$     
  ۲  $a = -40\pi^2 \cos 20\pi t$     
  ۳  $a = -8\pi^2 \cos 40\pi t$     
  ۴  $a = -40\pi^2 \cos 40\pi t$

۱۵ وزنه‌ای داخل آسانسوری که با شتاب  $4 \frac{m}{s}$  به طور تندشونده به سمت پایین در حال حرکت است از این فنر آویزان شده به طوری که فنر نسبت به حالت عادی خود ۶ cm تغییر طول داده است. فنر را کمی به اندازه‌ی ۲ cm فشرده کرده (به سمت بالا) و در  $t = 0$  رها می‌کنیم. در چه لحظه‌ای تندی جسم برای اولین بار بیشینه شده و مقدار آن چند  $\frac{m}{s}$  است؟  $(\pi = 3, g = 10 \frac{m}{s^2})$

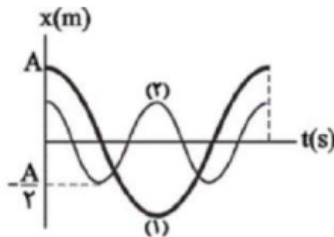
- ۱  $0/15$  و  $0/6$     
  ۲  $0/45$  و  $0/2$     
  ۳  $0/15$  و  $0/2$     
  ۴  $0/45$  و  $0/6$

۱۶ در شکل زیر اگر جسم ساکن متصل به فنر را به اندازه ۸ cm به سمت راست کشیده و در  $t = 0$  بدون سرعت اولیه رها کنیم، چند ثانیه بعد از شروع حرکت برای دومین بار تندی حرکت آن بیشینه می‌شود؟  $(\pi^2 \approx 10)$



- ۱  $\frac{3}{10}$     
  ۲  $\frac{3}{40}$     
  ۳  $\frac{3}{20}$     
  ۴  $\frac{3}{80}$

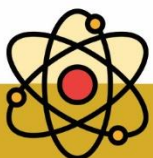
۱۷ نمودار مکان - زمان دو حرکت هماهنگ ساده مطابق شکل زیر است. بیشینه تندی نوسانگر (۱) چند برابر بیشینه تندی نوسانگر (۲) است؟



- ۱ ۱    
  ۲ ۴    
  ۳  $\frac{1}{4}$     
  ۴  $\frac{1}{2}$

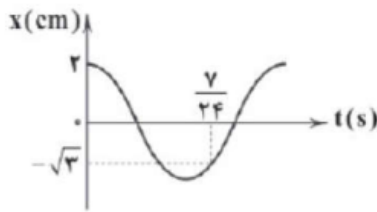
۱۸ متحرکی بر روی محور x نوسان می‌کند و نیروی وارد بر آن در SI به صورت  $F = -20x$  می‌باشد. اگر طول پاره‌خط مسیر ۴۰ cm باشد و بیشینه شتاب آن  $10 \frac{m}{s^2}$  شود، جرم آن چند کیلوگرم است؟

- ۱  $0/25$     
  ۲  $0/4$     
  ۳  $2/5$     
  ۴ ۴





۱۹) نمودار مکان - زمان نوسانگر وزنه - فنری مطابق شکل زیر است. اگر ثابت فنر  $100 \frac{N}{m}$  باشد، اندازه‌ی نیروی وارد بر فنر در لحظه‌ی  $t = \frac{1}{12} s$  چند نیوتون است؟

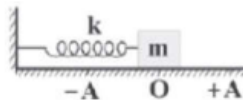


- ۱) ۱      ۲) ۰/۵      ۳) ۰/۲۵      ۴) ۰/۱۲۵

۲۰) وزنه‌ای به جرم  $200g$  به انتهای فنری با ثابت  $\frac{3}{2} \frac{N}{cm}$  بسته شده و مجموعه روی سطح افقی بدون اصطکاک حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر تند‌ی بیشینه‌ی وزنه  $\frac{2}{4} \frac{m}{s}$  باشد، اختلاف بین حداکثر و حداقل طول فنر حین نوسان وزنه چند متر است؟

- ۱) ۰/۳      ۲) ۳      ۳) ۱۲      ۴) ۰/۱۲

۲۱) در شکل زیر، وزنه‌ای متصل به فنری سبک روی سطح افقی بدون اصطکاک در حال نوسان است. اگر در مکان  $x = +A$  قسمتی از جرم وزنه کنده شود، به‌ترتیب از راست به چپ، انرژی مکانیکی وزنه و بسامد نوسان‌های آن چه تغییری می‌کند؟



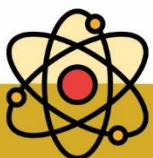
- ۱) کاهش، افزایش      ۲) کاهش، کاهش      ۳) ثابت، افزایش      ۴) ثابت، کاهش

۲۲) وزنه‌ای به جرم  $100g$  گرم با بسامد  $20$  هرتز روی محور  $x$  حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد و در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل کشسانی آن نصف مقدار بیشینه‌اش شود، انرژی جنبشی آن به  $1\pi^2 J$  می‌رسد. معادله‌ی مکان - زمان آن در SI کدام است؟

- ۱)  $x = 0/05 \cos 40\pi t$       ۲)  $x = 0/05 \cos 20\pi t$       ۳)  $x = 0/00 \cos 40\pi t$       ۴)  $x = 0/00 \cos 20\pi t$

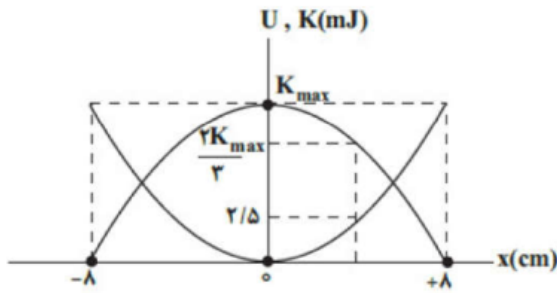
۲۳) انرژی پتانسیل یک نوسانگر به جرم  $100g$  در مکان‌های  $x_1$  و  $x_2$  به ترتیب  $U_1 = 0/3 J$  و  $U_2 = 0/8 J$  است. اگر انرژی جنبشی جسم در مکان  $x_1$ ، ۲ برابر انرژی جنبشی آن در مکان  $x_2$  باشد، در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل جسم  $1/1 J$  است، تند‌ی آن چند متر بر ثانیه می‌باشد؟

- ۱) ۱      ۲) ۲      ۳) ۳      ۴) ۴





۲۴ در شکل مقابل، نمودار انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل یک نوسانگر هماهنگ ساده بر حسب مکان، نشان داده شده است. بیشینه نیروی وارد بر این نوسانگر، چند نیوتون است؟

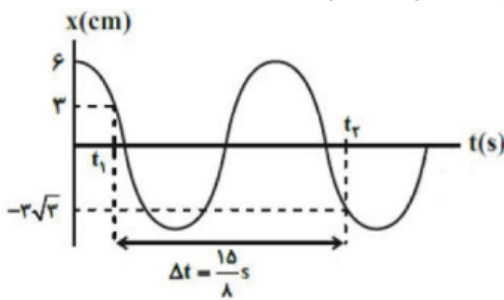


- ۱  $\frac{3}{16}$       ۲  $\frac{15}{16}$       ۳  $\frac{5}{8}$       ۴  $\frac{3}{8}$

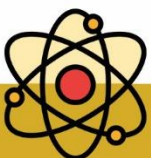
۲۵ هنگامی که اختلاف انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی یک نوسانگر  $25mJ$  است، تندی نوسانگر نصف تندی آن در نقطه تعادل است. اگر جرم نوسانگر  $2/0 \text{ kg}$  و بیشینه شتاب آن  $25 \frac{m}{s^2}$  باشد، دامنه نوسان نوسانگر چند سانتی‌متر است؟

- ۱ ۱      ۲ ۲      ۳  $\sqrt{2}$       ۴ ۴

۲۶ نمودار مکان - زمان نوسانگر هماهنگ ساده‌ای به جرم  $50g$  مطابق شکل مقابل است. انرژی جنبشی نوسانگر در لحظه‌ای که از مرکز نوسان عبور می‌کند، برابر با چند میلی‌ژول است؟ ( $\pi^2 = 10$ )

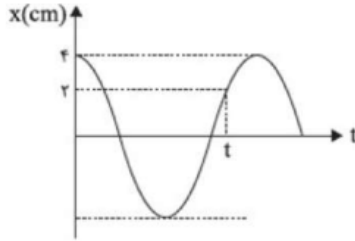


- ۱ صفر      ۲ ۱۶      ۳  $1/6$       ۴  $0/16$





۲۷) نمودار مکان - زمان نوسانگر ساده‌ای به جرم ۱۰۰ گرم مطابق شکل است. اگر انرژی مکانیکی این نوسانگر  $1/288 J$  باشد، لحظه‌ی  $t$  کدام است؟ ( $\pi^2 \approx 10$ )

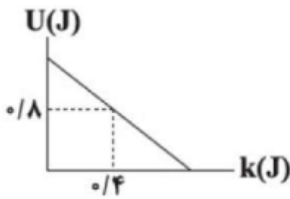


- ۱)  $\frac{1}{120}$       ۲)  $\frac{1}{24}$       ۳)  $\frac{1}{240}$       ۴)  $\frac{1}{48}$

۲۸) در یک حرکت نوسانی هنگامی که سرعت  $\frac{1}{4}$  سرعت بیشینه است، انرژی پتانسیل نوسانگر چند برابر انرژی مکانیکی نوسانگر است؟

- ۱)  $\frac{15}{16}$       ۲)  $\frac{7}{9}$       ۳)  $\frac{1}{16}$       ۴)  $\frac{13}{16}$

۲۹) شکل مقابل نمودار انرژی پتانسیل برحسب انرژی جنبشی نوسانگر هماهنگ ساده‌ای به جرم  $50g$  را نشان می‌دهد. تندی این نوسانگر در نقطه تعادل چند متر بر ثانیه است؟



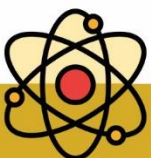
- ۱)  $4\sqrt{2}$       ۲)  $4\sqrt{3}$       ۳)  $0.4\sqrt{0.7/3}$       ۴)  $0.4\sqrt{0.7/2}$

۳۰) نوسانگر هماهنگ ساده‌ای روی یک پاره‌خط راست به طول ۲۰ سانتی‌متر، در مدت ۴ ثانیه مسافت ۸۰ سانتی‌متر را طی می‌کند. در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل این نوسانگر ۸ برابر انرژی جنبشی آن می‌شود، سرعت آن چند سانتی‌متر بر ثانیه خواهد بود؟ ( $\pi \approx 3$ )

- ۱) ۳۰      ۲) ۲۰      ۳) ۱۵      ۴) ۱۰

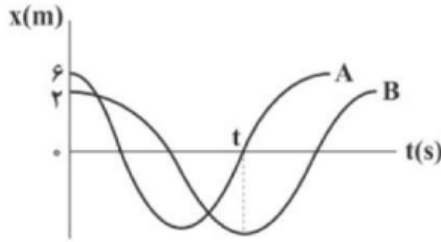
۳۱) در یک حرکت هماهنگ ساده، در بازه‌ی زمانی  $t_1$  تا  $t_2$ ، انرژی پتانسیل نوسانگر ۲۰ درصد کاهش یافته و انرژی جنبشی آن ۴۰ درصد تغییر می‌کند. تندی نوسانگر در لحظه‌ی  $t_1$ ، چه کسری از بیشینه‌ی تندی نوسانگر است؟ (اتلاف انرژی را ناچیز و قابل صرف‌نظر فرض کنید.)

- ۱)  $\frac{\sqrt{3}}{3}$       ۲)  $\frac{\sqrt{2}}{3}$       ۳)  $\frac{\sqrt{3}}{2}$       ۴)  $\frac{1}{3}$





۳۲ نمودار مکان - زمان دو نوسانگر هماهنگ ساده  $A$  و  $B$  مطابق شکل زیر است. اگر جرم نوسانگر  $A$  نصف جرم نوسانگر  $B$  باشد، انرژی مکانیکی نوسانگر  $B$ ، چند برابر انرژی مکانیکی نوسانگر  $A$  است؟ (از اتلاف انرژی صرف نظر کنید).



۲ (۴)

$\frac{1}{2}$  (۳)

$\frac{81}{8}$  (۲)

$\frac{8}{81}$  (۱)

۳۳ در حین نوسان هماهنگ ساده یک دستگاه وزنه - فنر، هنگامی که وزنه در یکی از نقاط بازگشتی است، نیمی از جرم آن برداشته می‌شود، در این صورت به ترتیب (از راست به چپ)، انرژی مکانیکی و بسامد این نوسانگر چند برابر می‌شوند؟

$1 - \sqrt{2}$  (۴)

$\sqrt{2} - 1$  (۳)

$\sqrt{2} - \sqrt{2}$  (۲)

۱-۱ (۱)

۳۴ معادله انرژی جنبشی - مکان یک نوسانگر که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد، در SI به صورت  $K = 0.16 - 400x^2$  است. مسافت طی شده توسط نوسانگر در هر دوره چند سانتی‌متر است؟

۱۶ (۴)

۸ (۳)

۴ (۲)

۲ (۱)

۳۵ رابطه بین انرژی پتانسیل ( $U$ ) و سرعت نوسانگری ( $V$ ) در SI به صورت  $U = 10 - 0.4V^2$ ، بیشینه سرعت نوسانگر چند  $\frac{m}{s}$  است؟

۱۰ (۴)

$\sqrt{10}$  (۳)

۲۵ (۲)

۵ (۱)

۳۶ اگر حداقل زمانی که طول می‌کشد انرژی جنبشی نوسانگر ساده‌ای به جرم  $200g$  از صفر به مقدار بیشینه برسد، برابر  $0.2s$  باشد، تکانه‌ی نوسانگر در لحظه‌ای که نیروی وارد بر آن صفر می‌شود، چند واحد SI است؟ (طول پاره‌خط نوسان  $8cm$  است).

$\frac{\pi\sqrt{2}}{10}$  (۴)

$\frac{\pi}{5}$  (۳)

$\frac{\pi}{10}$  (۲)

صفر (۱)

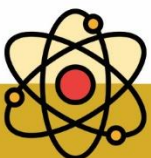
۳۷ معادله حرکت هماهنگ ساده‌ی یک نوسانگر در SI به صورت  $x = 0.5 \cos(40\pi t)$  می‌باشد، در لحظه‌ای که انرژی جنبشی نوسانگر  $\frac{1}{4}$  انرژی پتانسیل نوسانگر می‌باشد، سرعت نوسانگر چند  $\frac{m}{s}$  است؟

$10\pi$  (۴)

$5\sqrt{2}\pi$  (۳)

$\frac{5\sqrt{2}}{2}\pi$  (۲)

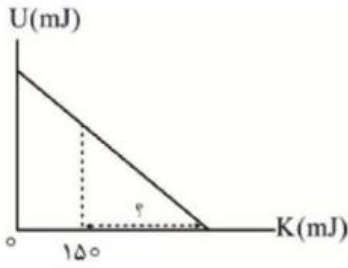
$10\sqrt{2}\pi$  (۱)







۳۸ نمودار تغییرات انرژی پتانسیل بر حسب انرژی جنبشی یک نوسانگر هماهنگ ساده به جرم  $0.2 \text{ kg}$  که روی پاره خط بدون اصطکاکی در حال حرکت است، به صورت شکل مقابل است. اگر معادله مکان - زمان این حرکت در SI به صورت  $x = 0.04 \cos 50t$  باشد، مقدار علامت سؤال چند میلی ژول است؟



- ۴۰۰ (۱)      ۵۵۰ (۲)      ۱۰۰ (۳)      ۲۵۰ (۴)

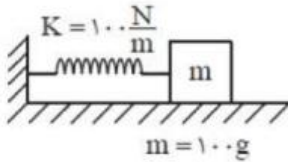
۳۹ معادله مکان - زمان حرکت نوسانگر هماهنگ ساده‌ی جرم و فنری که روی محور  $x$  و حول مرکز آن در حال حرکت است در SI به صورت  $x = A \cos \frac{5\pi}{4} t$  است. در بازه زمانی  $0.3 \text{ s}$  تا  $0.5 \text{ s}$ ، چند ثانیه اندازه انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگر بزرگتر یا مساوی با اندازه انرژی جنبشی آن است؟

- $0.7$  (۱)       $0.6$  (۲)       $0.5$  (۳)       $0.4$  (۴)

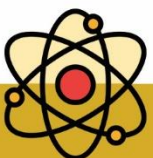
۴۰ رابطه شتاب و سرعت نوسانگر ساده‌ای به جرم  $200 \text{ g}$  در SI به صورت  $a = 2v^2 + 5$  داده شده است. انرژی مکانیکی نوسانگر چند ژول است؟

- $1/25$  (۱)       $2/5$  (۲)       $5$  (۳)       $10$  (۴)

۴۱ مطابق شکل جسمی به جرم  $100 \text{ g}$  به فنری با ثابت  $K = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$  متصل بوده و بر روی سطح بدون اصطکاکی می‌تواند نوسان کند. وزنه را  $2 \text{ cm}$  از وضع تعادل خارج کرده و رها می‌کنیم. در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل کشسانی فنر  $15 \text{ mJ}$  است، بزرگی سرعت نوسانگر چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟

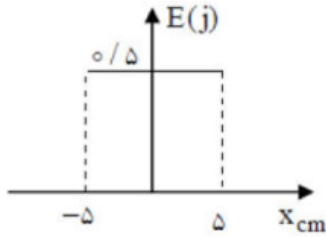


- $10\sqrt{10}$  (۱)       $20\sqrt{10}$  (۲)       $\frac{\sqrt{3}}{10}$  (۳)       $\frac{\sqrt{3}}{20}$  (۴)





۴۲) مطابق شکل جسم متصل به فنری حول مبدأ مکان در حال حرکت هماهنگ ساده است. با توجه به نمودار انرژی مکانیکی ثابت فنر چند نیوتن بر متر است؟ (طول پاره‌خط نوسان ۱۰ cm است)

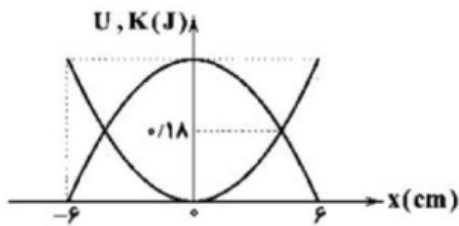


- ۴۰۰ (۱)      ۲۰۰ (۲)      ۱۲۰ (۳)      ۶۰ (۴)

۴۳) معادله‌ی حرکت هماهنگ ساده یک نوسانگر در SI به صورت  $x = 0.05 \cos 30\pi t$  است. چند ثانیه پس از شروع نوسان، برای دومین بار انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی نوسانگر با یکدیگر مساوی می‌شوند؟

- $\frac{1}{40}$  (۱)       $\frac{1}{60}$  (۲)       $\frac{1}{120}$  (۳)       $\frac{1}{240}$  (۴)

۴۴) مطابق شکل مقابل، سامانه‌ی جرم و فنری در راستای محور  $x$  به صورت هماهنگ ساده نوسان می‌کند و نمودار تغییرات انرژی جنبشی و پتانسیل آن به صورت زیر است. هنگامی که جسم در فاصله‌ی ۲ سانتی‌متری نقطه‌ی تعادل است، اندازه‌ی نیروی واردشده به جسم چند نیوتون است؟



- ۹ (۱)      ۶ (۲)      ۴ (۳)      ۲ (۴)

۴۵) اگر در یک لحظه‌ی مشخص نوع حرکت نوسانگر هماهنگ ساده‌ی کندشونده باشد، نسبت انرژی جنبشی به انرژی پتانسیل آن از این لحظه تا لحظه‌ای که نوسانگر برای اولین بار پس از این لحظه از نقطه‌ی تعادل عبور می‌کند، چگونه تغییر می‌کند؟

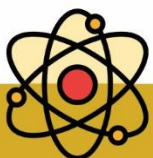
- ۱) پیوسته افزایش می‌یابد.      ۲) پیوسته کاهش می‌یابد.  
۳) ابتدا کاهش سپس افزایش می‌یابد.      ۴) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

۴۶) معادله‌ی مکان - زمان نوسانگری به جرم  $50g$  در SI به صورت  $y = 0.05 \cos \pi t$  است. در لحظه‌ای که برای اولین بار انرژی جنبشی نوسانگر برابر  $0.05 mJ$  می‌شود، اندازه‌ی اختلاف بزرگی سرعت نوسانگر با حداکثر بزرگی سرعت آن چند متر بر ثانیه است؟ ( $\pi^2 \approx 10, \sqrt{2} \approx 1/4$ )

- $0.006\pi$  (۱)       $0.036\pi$  (۲)       $0.002\pi$  (۳)       $0.004\pi$  (۴)

۴۷) بیشینه‌ی تندی نوسانگر ساده‌ی  $v_{max}$  است. اگر تندی نوسانگر از  $\frac{v_{max}}{4}$  به  $\frac{\sqrt{3}}{4} v_{max}$  برسد، انرژی پتانسیل کشسانی آن چند برابر می‌شود؟

- ۳ (۱)       $\frac{1}{3}$  (۲)       $\frac{4}{3}$  (۳)       $\frac{3}{4}$  (۴)





۴۸ اگر معادله‌ی مکان - زمان نوسانگری در یک حرکت هماهنگ ساده به صورت  $x = A \cos \omega t$  باشد، در لحظه‌ای که بزرگی سرعت نوسانگر  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  بزرگی سرعت بیشینه‌ی آن است، کدام رابطه بین  $U$  (انرژی پتانسیل) و  $K$  (انرژی جنبشی) این نوسانگر برقرار است؟

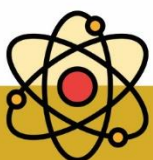
$K = 4U$  (۴)       $U = 4K$  (۳)       $K = 3U$  (۲)       $U = 3K$  (۱)

۴۹ دامنه‌ی نوسان‌های یک نوسانگر هماهنگ ساده ۳ cm و انرژی مکانیکی آن ۹ J است. چند ژول انرژی باید به آن داده شود تا دامنه‌ی نوسان‌های آن ۱ cm افزایش یابد؟ (بسامد نوسان‌ها ثابت فرض شود.)

$9$  (۴)       $7$  (۳)       $5$  (۲)       $4$  (۱)

۵۰ جرمی به جرم ۴۰۰ g به فنری افقی با ثابت  $k$  وصل است و روی سطح افقی در حال نوسان هماهنگ ساده می‌باشد. اگر  $\alpha$  نسبت بیشینه‌ی انرژی جنبشی این نوسانگر به اندازه‌ی بیشینه‌ی نیروی آن و  $\beta$  نسبت بیشینه‌ی انرژی پتانسیل این نوسانگر به مجذور بیشینه‌ی سرعت آن باشد و نوسانگر در هر دوره تناوب ۳۲ cm مسافت طی کند، حاصل  $\alpha\beta$  برحسب واحد SI برابر کدام گزینه است؟

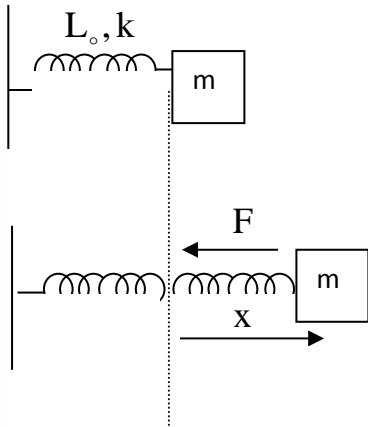
$0/008$  (۴)       $0/024$  (۳)       $0/012$  (۲)       $0/016$  (۱)



**نکات مربوط به نوسان فنر**

اگر جسمی به جرم  $m$  را به فنری به ثابت  $K$  متصل کرده و از وضع تعادل منحرف

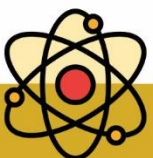
کنیم دوره تناوب و بسامد از روابط زیر بدست می آید



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

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

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





**تست:** مطابق شکل دو فنر از یک سر به جرم ۴ کیلوگرم بسته شده است و سرهای دیگرشان به دو نقطه‌ی

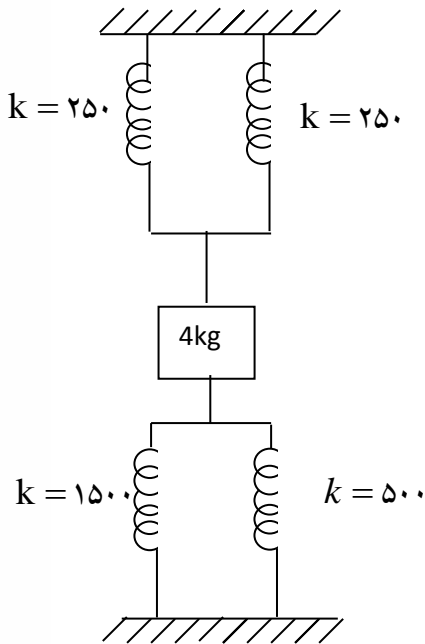
ثابت وصل است. و وزنه نوسان ساده انجام می‌دهد دوره نوسان‌های کم دامنه‌ی جسم تقریباً چند ثانیه است؟

۰/۲۵ - ۴

۰/۶۲ - ۳

۲۵ - ۲

۱۵۰ - ۱



ابتدا فنرها را ساده می‌کنیم در حالت موازی همه فنرها به جسم متصل اند ولی در حالت سری

فقط یکی از فنرها به جسم متصل است

در شکل مقابل چون همه فنرها به جسم متصل است فنرها موازی اند پس

$$K = 250 \text{ N/m}$$

$$K = 1500 \text{ N/m}$$

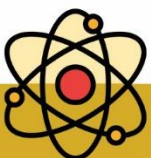
$$K = 500 \text{ N/m}$$

$$K_T = K_1 + K_2 + K_3 + K_4$$

$$K_T = 250 + 250 + 1500 + 500 = 2500 \text{ N/m}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{4}{2500}} \rightarrow T = 2\pi \times \frac{2}{50}$$

$$T = \frac{4\pi}{50} = \frac{2\pi}{25} = 0/24 \cong 0/25$$





## دستگاه آونگ ساده:

اگر نخ بدون جرم به طول  $L$  از سقف آویزان باشد و ذره ای به جرم  $m$  به انتهای آن وصل باشد به این مجموعه آونگ می گویند در صورتی که این مجموعه را با دامنه کم ( $\theta < 6^\circ$ ) به نوسان در آوریم به آن آونگ ساده گفته می شود و دوره و بسامد آن از رابطه زیر بدست می آید

$$\begin{cases} \omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \\ f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} \\ T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \end{cases}$$

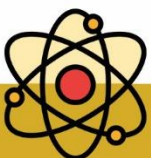
## تذکر مهم:

در تمام فرمول های بالا منظور از  $g$  شتاب نسبی محیط است

**تست:** آونگی در شرایط خلأ در سطح کره زمین در حال نوسان است، اگر از سطح کره زمین به اندازه  $0/25$  شعاع کره زمین بالا برویم و طول آونگ را نیز  $44$  درصد افزایش دهیم، دوره تناوب نوسانات چند درصد افزایش میابد؟

هیچکدام       $2/3$  برابر       $1/25$  برابر       $1/5$  برابر

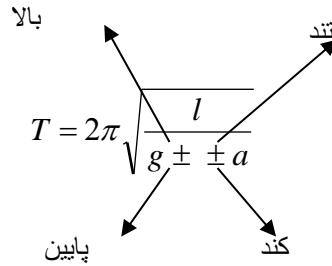
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{2\pi \sqrt{\frac{144}{100} \frac{L}{\frac{16}{25}g}}}{2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}} = \sqrt{\frac{144}{100} \frac{25}{16}} = 1.5$$





## نکات تکمیلی آونگ ساده

۱- اگر آونگ در یک آسانسور که با شتاب ثابت  $a$  بالا یا پایین می‌رود قرار گیرد رابطه ی ما به صورت زیر.



**تست:** آونگی ساده داخل آسانسوری که در حال سقوط است قرار دارد. دوره نوسانات آونگ کدام است؟

۴- اصلاً نوسان نمی‌کند.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g - a}} \quad -۳$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g + a}} \quad -۲$$

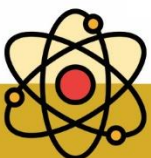
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad -۱$$

**تست:** یک ساعت پاندولی داخل یک ماهواره که روی مدار خود به دور کره ی زمین در حال دوران است،

کار می‌کند. این ساعت نسبت به سطح زمین :

۱- عقب می‌ماند    ۲- جلو می‌رود    ۳- همان ساعت روی زمین را نشان می‌دهد    ۴- اصلاً کار نمی‌کند

پاسخ:





۲- اگر به آونگ در تمام طول مسیر نیروی ثابت  $F$  وارد شود داریم:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g \pm \frac{F}{m}}}$$

نیرو به سمت پایین +  
نیرو به سمت بالا -

**تست:** اگر به گلوله یک آونگ نیرویی به اندازه  $\frac{3}{4}$  نیروی وزنش وارد شود و به سمت بالا باشد، دوره‌ی

نوسانش چند برابر حالتی است که نیرویی به آن وارد نشود؟

۲                      ۰/۵                      ۴                      ۱

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{g}{g - \frac{3}{4}g}} = \sqrt{\frac{g}{\frac{1}{4}g}} = \sqrt{4} = 2$$

۳- اگر آونگی از سقف اتومبیلی که با شتاب  $a$  (به طور افقی) حرکت می‌کند آویزان شود در

آن صورت دوره تناوب آن از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{\sqrt{a^2 + g^2}}}$$

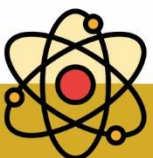
**تست:** اتومبیلی با شتاب  $10\sqrt{3}$  واحد  $Si$  در یک جاده افقی در حال حرکت است. آونگی به طول

۲۰ سانتیمتر از سقف آن آویزان است. در صورتیکه شرایط خلا باشد دوره نوسانات تقریباً چند

ثانیه است؟

۰/۶                      ۲/۱                      ۸/۱                      هیچکدام

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{20 \times 10^{-2}}{\sqrt{300 + 100}}} = 2\pi \sqrt{\frac{2 \times 10^{-1}}{20}} = \frac{2\pi}{10} = \frac{\pi}{5} = 0/6$$







**۴- انطباق آونگها:**

دو نوسانگر A و B که با دوره‌های  $T_A$  و  $T_B$  نوسان می‌کنند، پس از  $t$  ثانیه به اندازه  $n$  نوسان از هم جلو یا عقب می‌افتند که رابطه تستی زیر بین آنها برقرار است:  
(اونی که دوره اش کمتره جلو میوفته)

$$n = t \times \frac{|T_A - T_B|}{T_A \cdot T_B} \quad \text{یا} \quad n_A = n_B + X$$

**تست:** دو آونگ ساده A و B را با هم به نوسان در می‌آوریم، پس از گذشت ۲ دقیقه و ۲۴ ثانیه آونگ B

۱۰ نوسان کامل از آونگ A جلو می‌افتد، اگر دوره آونگ A  $1/8$  ثانیه باشد، دوره آونگ B چند ثانیه است؟

- ۱)  $1/2$       ۲)  $2/3$       ۳)  $1/4$       ۴)  $1/6$

$$\begin{aligned} n_B &= n_A + 10 \\ \frac{144}{T_B} &= \frac{144}{1/8} + 10 \\ \frac{144}{T_B} &= 80 + 10 \rightarrow T_B = \frac{144}{90} = 1/6 \end{aligned}$$

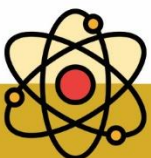
**تست:** اگر آونگی به طول اولیه  $L_0$  را گرم کنیم دوره آن چند برابر می‌شود؟

- $\sqrt{1 + 2\alpha\Delta\theta}$        $\sqrt{1 - 2\alpha\Delta\theta}$        $\sqrt{1 - \alpha\Delta\theta}$        $\sqrt{1 + \alpha\Delta\theta}$

**نکته:** اگر آونگ به طول اولیه  $L_0$  را گرم کنیم طول آن افزایش می‌یابد پس دوره آن

زیاد می‌شود و از رابطه زیر می‌توان استفاده کرد

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = \sqrt{\frac{L_0(1 + \alpha\Delta\theta)}{L_0}} = \sqrt{1 + \alpha\Delta\theta}$$





**نکته:** اگر ۲ آونگ با طول های  $L_1$  و  $L_2$  و دوره های  $T_1$  و  $T_2$  را داشته باشیم اگر آونگ ها را به هم بچسبانیم تا طولش  $L_1 + L_2$  شود، دوره تناوب از رابطه زیر بدست می آید

$$T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$$

**تست:** آونگ A با دامنه ۴cm با سرعت  $\frac{\pi}{50} \text{ m/s}$  از مرکز نوسان اش عبور می کند. آونگ B با دامنه ۶cm در حال نوسان است و شتاب آن در انتهای مسیر  $\frac{2\pi^2}{75}$  متر برمجذور ثانیه می باشد اگر آونگ ها را به هم بچسبانیم تا طول آن  $L_A + L_B$  شود دوره تناوب آونگ جدید چند ثانیه است؟

۸

۵

۳

۴

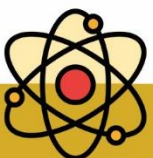
$$\frac{\pi}{50} = \frac{4}{100} \times \omega_A \rightarrow \omega_A = \frac{\pi}{2}$$

$$\frac{\pi}{2} = \frac{2\pi}{T_A} \rightarrow T_A = 4s$$

$$\frac{2\pi^2}{75} = \frac{6}{100} \times \omega_B^2 \rightarrow \omega_B^2 = \frac{4}{9}\pi^2 \rightarrow \omega_B = \frac{2}{3}\pi$$

$$\omega_B = \frac{2\pi}{T_B} = \frac{2\pi}{3} \rightarrow T_B = 3s$$

$$T = \sqrt{T_A^2 + T_B^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5s$$





## جمع بندی آونگ

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g \pm a}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g \pm \frac{F}{m}}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{\sqrt{g^2 + a^2}}}$$

$$T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L \cdot (1 + \alpha \Delta \theta)}{g}}$$

$$n = t \times \frac{T_A - T_B}{T_A \times T_A}$$

آونگ عادی

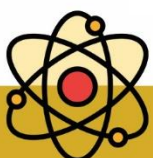
آونگ در آسانسور

آونگی که به آن نیرو وارد شود

آونگی که از سقف یک ماشین آویزان شود  
بستن دو آونگ به هم دیگر

آونگی که دمایش افزایش یابد

انطباق آونگ ها



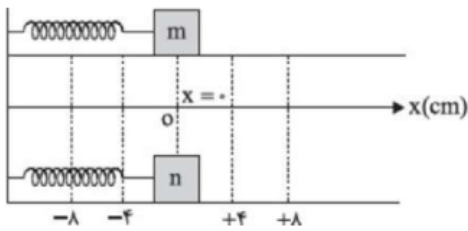


- ۱) جسمی به جرم  $M$  از فنری با سختی  $K$  آویزان است. برای این سیستم کدام گزینه درست است؟
- ۱) اگر جرم  $M$  زیاد شود، فرکانس تغییر نمی‌کند.      ۲) دامنه حرکت به دوره تناوب بستگی دارد.
- ۳) اگر طول فنر نصف شود، فرکانس نوسان تغییر می‌کند.      ۴) انرژی پتانسیل سیم ثابت است.

- ۲) معادله‌ی شتاب - مکان نوسانگری ساده وزنه‌ی فنری به جرم  $100$  گرم در SI به صورت  $x = -100\pi^2 t$  است. ثابت این فنر چند  $\frac{N}{m}$  است؟

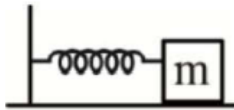
- ۱) ۱۰۰      ۲) ۲۰۰      ۳) ۳۰۰      ۴) ۵۰

- ۳) در شکل مقابل دو نوسانگر جرم و فنر کاملاً مشابه  $m$  و  $n$  در حال تعادل هستند. نوسانگر  $m$  را تا  $x = +8$  cm می‌کشیم و نوسانگر  $n$  را تا  $x = -4$  cm فشرده می‌کنیم. حال دو نوسانگر را رها می‌کنیم. دوره‌ی نوسانگر  $m$  چند برابر دوره‌ی نوسانگر  $n$  است؟



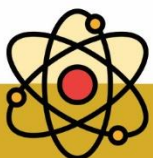
- ۱) ۱      ۲)  $\frac{1}{2}$       ۳) ۲      ۴) ۴

- ۴) مطابق شکل مقابل جسمی به جرم  $2$  kg را به فنری متصل می‌کنیم و پس از کشیدگی از نقطه‌ی تعادل رها می‌کنیم تا نوسان کند. اگر دوره‌ی تناوب نوسان  $\frac{1}{256}$  s باشد، ضریب سختی فنر چند  $\frac{N}{m}$  است؟



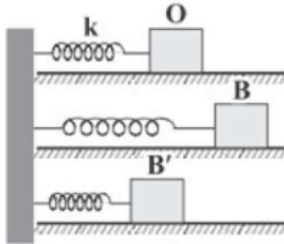
$\mu_k = 0$

- ۱) ۲۵      ۲) ۵۰      ۳) ۷۵      ۴) ۱۰۰





- ۵ در شکل زیر، وزنه‌ی ۳ کیلوگرمی را به اندازه‌ی ۵cm از وضع تعادل (نقطه‌ی O) تا نقطه‌ی B می‌کشیم و سپس رها می‌کنیم. این وزنه بین B تا B' حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر این وزنه، هر ۲ ثانیه از وضع تعادل بگذرد، چه تعداد از عبارت‌های زیر نادرست است؟  
 الف) از B تا O، بردار شتاب و سرعت هم‌سو هستند.  
 ب) بیشترین تندی جسم، ۵π سانتی‌متر بر ثانیه است.  
 ج) ثابت فنر، برابر با  $\frac{3\pi^2}{4}$  نیوتون بر متر می‌باشد.  
 د) از B' تا O، شتاب متوسط، برابر با  $2/\pi$  سانتی‌متر بر مجذور ثانیه است.

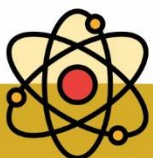


- ۶ فنر قائمی از سقف یک آسانسور آویخته شده و وزنه‌ای به آن متصل است. آسانسور با شتاب ثابت  $4 \frac{m}{s^2}$  از حال سکون شروع به حرکت به سمت پایین می‌کند و طول فنر نسبت به حالتی که آسانسور ساکن است،  $2/\pi$  تغییر می‌کند. اگر همین وزنه را به این فنر متصل کنیم تا نوسان هماهنگ ساده انجام دهد، بسامد نوسان چند هرتز می‌شود؟  
 ( $\pi^2 \approx 10, g = 10 \frac{m}{s^2}$ )

- ۷ فنری به ثابت k، وزنه‌ای به جرم  $m_1$  را با دوره‌ی تناوب ۴s روی سطح افقی به نوسان درمی‌آورد. همین فنر وزنه‌ای به جرم  $m_2$  را با دوره‌ی تناوب ۶s به نوسان درمی‌آورد. اگر به این فنر وزنه‌ای به جرم  $m_1 + 2m_2$  وصل کنیم، دوره‌ی تناوب نوسانات آن چند ثانیه خواهد بود؟ (سطح افقی بدون اصطکاک است.)

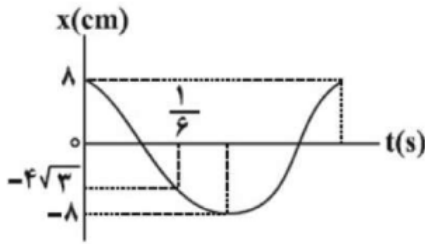
- ۸ طول آونگ ساده‌ای را ۱۷ سانتی‌متر تغییر می‌دهیم، دوره‌ی آن  $5/12$  درصد افزایش می‌یابد. دوره‌ی آونگ (قبل از تغییر طول) چند ثانیه است؟  
 ( $g = \pi^2 \frac{m}{s^2}$ )

- ۹ دوره‌ی تناوب آونگ ساده‌ی یک ساعت آونگ‌دار برابر ۱ ثانیه است. اگر طول این آونگ را ۴۴ درصد افزایش دهیم، در مدت یک دقیقه، این ساعت چند ثانیه، جلو یا عقب می‌افتد؟  
 ۱) ۱۲، جلو می‌افتد. ۲) ۱۲، عقب می‌افتد. ۳) ۱۰، جلو می‌افتد. ۴) ۱۰، عقب می‌افتد.





۱۰) نمودار مکان - زمان یک آونگ ساده که در سطح زمین نوسانات کم دامنه انجام می‌دهد، به صورت شکل مقابل است. اگر این آونگ را به فاصله  $4R_e$  از سطح کره زمین منتقل کنیم، آونگ در هر دقیقه چند نوسان کامل خواهد داد؟ ( $R_e$  شعاع کره زمین است.)

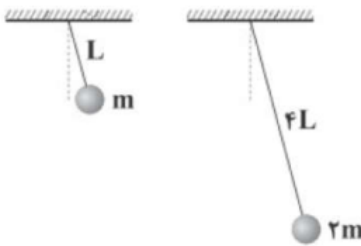


- ۱) ۳۷/۵      ۲) ۱۲/۵      ۳) ۱۵      ۴) ۳۰

۱۱) نخى به طول  $L$  را به سه قسمت تقسیم کرده و با آن‌ها سه آونگ ساده با دوره‌های  $T$ ،  $2T$  و  $3T$  می‌سازیم. اگر طول آونگ وسطی برابر با  $40\text{ cm}$  باشد، طول نخ اولیه ( $L$ )، چند سانتی‌متر بوده است؟

- ۱) ۹۰      ۲) ۱۴۰      ۳) ۱۲۰      ۴) ۲۸۰

۱۲) شکل زیر، دو آونگ ساده‌ی کم دامنه را نشان می‌دهد. اگر روی سطح زمین، تعداد نوسان‌های آونگ ۲ در هر دقیقه ۶۰ تا بیشتر از تعداد نوسان‌های آونگ ۱ باشد، بسامد نوسان آونگ ۱ در ارتفاع ۸۰۰ کیلومتری از سطح زمین چند هرتز است؟ (شعاع زمین ۶۴۰۰ کیلومتر است.)



آونگ (۱)      آونگ (۲)

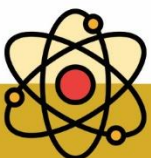
- ۱) ۱      ۲) ۲      ۳) ۱۶/۹      ۴) ۸/۹

۱۳) دوره تناوب دو آونگ ساده  $A$  و  $B$  در یک مکان به ترتیب  $1/2\text{ s}$  و  $1/6\text{ s}$  است. اگر با اتصال نخ این دو آونگ به یکدیگر آونگ ساده جدیدی که طول آن مجموع طول دو آونگ ساده  $A$  و  $B$  است بسازیم، این آونگ در مدت زمان ۵۶ ثانیه چند بار طول پاره‌خط نوسان را طی می‌کند؟

- ۱) ۵۶      ۲) ۴۰      ۳) ۲۰      ۴) ۲۸

۱۴) دو آونگ ساده هم طول  $m$  و  $n$  به ترتیب، در سطح زمین و در ارتفاع  $2R_e$  از سطح زمین به نوسان درمی‌آیند. دامنه نوسان آونگ  $m$  چند برابر دامنه نوسان آونگ  $n$  باشد تا بیشینه شتاب دو نوسانگر یکسان شود؟

- ۱) ۱/۹      ۲) ۱/۴      ۳) ۴      ۴) ۹





۱۵) آونگی از سقف آسانسوری که با شتاب ثابت  $\frac{m}{s^2} + 6$  رو به بالا در حرکت است، آویزان شده و حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اندازه شتاب حرکت آسانسور در حرکت رو به بالا چند  $\frac{m}{s^2}$  تغییر کند تا بیشینه تندی افقی گلوله متصل به آن،  $\frac{\sqrt{3}}{4}$  برابر شود؟ (دامنه حرکت را ثابت فرض کنید).

- ۱ (۱)      ۲ (۲)      ۳ (۳)      ۴ (۴)      ۵ (۵)

۱۶) یک ساعت دیواری آونگ‌دار، در سطح زمین به درستی کار می‌کند. اگر این ساعت را به سطح سیاره‌ای منتقل کنیم که جرم آن ۴ برابر جرم زمین و چگالی آن  $\frac{1}{16}$  برابر چگالی زمین باشد، در هر ۱۲ ساعتی که روی سطح زمین سپری می‌شود، این ساعت چند مدت زمانی عقب و یا جلو می‌افتد؟

- ۱ (۱) ۳ ساعت جلو می‌افتد.      ۲ (۲) ۳ ساعت عقب می‌افتد.  
۳ (۳) ۶ ساعت جلو می‌افتد.      ۴ (۴) ۶ ساعت عقب می‌افتد.

۱۷) دوره تناوب آونگ ساده‌ای که گلوله‌ی آن از جنس آهن است،  $\frac{1}{4}$  ثانیه می‌باشد. به کمک یک آهن‌ریا، نیرویی برابر  $\frac{3}{4}$  وزن گلوله در امتداد قائم و به طرف بالا بر گلوله وارد می‌کنیم. در این حالت آونگ چند بار در ثانیه نوسان خواهد کرد؟

- ۱ (۱)      ۲ (۲)      ۳ (۳)      ۴ (۴)

۱۸) یک آونگ به طول  $1\text{ m}$  در حال نوسان روی یک پاره‌خط به طول  $4\text{ cm}$  است. حداقل مسافت پیموده شده از دامنه توسط این آونگ در بازه‌ی زمانی دلخواه  $0.5\text{ s}$  چند سانتی‌متر است؟ ( $g = \pi^2$ )

- ۱ (۱)      ۲ (۲)      ۳ (۳)      ۴ (۴)

۱۹) حداکثر سرعت یک آونگ ساده با زاویه‌ی انحراف  $3^\circ$  درجه برابر  $\frac{m}{s} / 8$  است. اگر حداکثر زاویه‌ی انحراف آونگ به  $5/1^\circ$  درجه کاهش یابد، حداکثر سرعت آونگ چند متر بر ثانیه خواهد بود؟

- ۱ (۱)  $1/6$       ۲ (۲)  $0/8$       ۳ (۳)  $0/4$       ۴ (۴)  $0/2$

۲۰) حداکثر سرعت یک آونگ ساده با زاویه‌ی انحراف  $1/5^\circ$  درجه برابر  $\frac{m}{s} / 4$  است. اگر حداکثر زاویه‌ی انحراف را به  $3^\circ$  درجه افزایش دهیم، حداکثر سرعت آونگ چند متر بر ثانیه خواهد بود؟

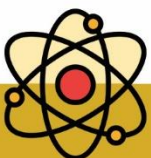
- ۱ (۱)  $1/6$       ۲ (۲)  $0/8$       ۳ (۳)  $0/4$       ۴ (۴)  $0/2$

۲۱) آونگ ساده‌ای با دامنه کم در سطح زمین در مدت  $t$ ،  $n$  نوسان کامل انجام می‌دهد. اگر این آونگ را به اندازه شعاع زمین از سطح زمین دور کنیم در چه مدتی بر حسب  $t$ ،  $n$  نوسان انجام خواهد داد؟

- ۱ (۱)  $\frac{t}{4}$       ۲ (۲)  $t$       ۳ (۳)  $2t$       ۴ (۴)  $4t$

۲۲) اگر به طول آونگ کم‌دامنه‌ای  $125\%$  درصد اضافه شود، تعداد نوسان‌های آن در مدت  $4$  دقیقه،  $50\%$  تا کاسته می‌شود. دوره اولیه نوسان آونگ چند ثانیه بوده است؟ ( $g = \pi^2$ )

- ۱ (۱)  $2/4$       ۲ (۲)  $1/8$       ۳ (۳)  $1/6$       ۴ (۴)  $1/2$





۲۳) دوره‌ی یک آونگ ساده در سطح زمین برابر یک ثانیه است. اگر طول آونگ را به  $\frac{1}{4}$  مقدار اولیه رسانده و آن را در

ارتفاعی برابر با شعاع زمین نسبت به سطح زمین قرار دهیم، دوره‌ی جدید چند ثانیه خواهد شد؟

- ۱) ۱      ۲)  $2\pi$       ۳) ۴      ۴)  $8\pi$

۲۴) یک آونگ ساده که با دوره‌ی  $T = 2s$  نوسان می‌کند، از یک نخ سبک و یک گلوله‌ی آهنی تشکیل شده است. طول آونگ را به  $\frac{1}{4}$  مقدار اولیه می‌رسانیم و توسط یک آهن‌ربا نیروی قائمی به اندازه‌ی ۳ برابر وزن گلوله به طرف پایین به آن وارد می‌کنیم. دوره‌ی آونگ چند ثانیه می‌شود؟

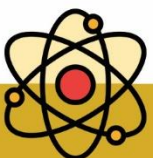
- ۱)  $\frac{1}{4}$       ۲)  $\frac{1}{2}$       ۳) ۲      ۴)  $\frac{\sqrt{3}}{3}$

۲۵) یک آونگ به طول ۲۵ cm نوسان می‌کند، به طوری که حداکثر زاویه‌ی آن با امتداد قائم  $23^\circ$  می‌شود و دوره‌ی نوسان آن یک ثانیه است. سرعت متوسط آونگ بین دو لحظه‌ی متوالی که سرعت آن صفر است، چند متر بر ثانیه است؟

$$\left( \sin 23^\circ = \frac{5}{13} \right)$$



- ۱)  $\frac{2}{13}$       ۲)  $\frac{3}{13}$       ۳)  $\frac{4}{13}$       ۴)  $\frac{5}{13}$







## تشدید (رزونانس)

فرکانس طبیعی ( $f_n$ ): هر دستگاهی برای خود یک فرکانس دارد. اگر آزادانه به نوسان درآید با آن فرکانس نوسان خواهد کرد.

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

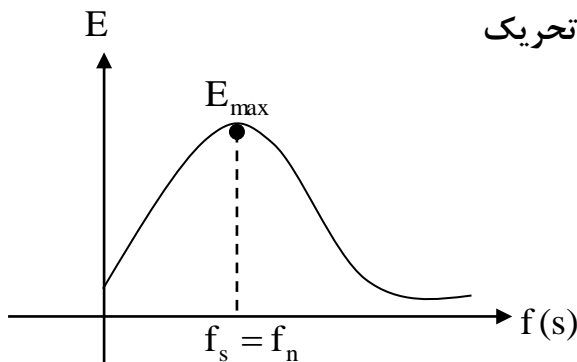
فرکانس طبیعی دستگاه جرم و متر

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

فرکانس طبیعی آونگ ساده

فرکانس تحریک ( $f_s$ ): فرکانسی است که توسط یک نیروی خارجی به دستگاه مورد نظر تحمیل می‌شود.

نمودار تجربی انرژی نوسانگر بر حسب فرکانس تحریک



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

جرم و متر

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

آونگ

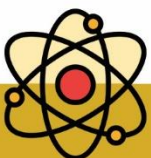
**تعریف تشدید:** اگر فرکانس طبیعی یک جسم با فرکانس تحریکش برابر شود، انرژی نوسان max شده (دامنه نوسان max شده) به این حالت تشدید یا رزونانس می‌گوییم.

**نوسان میرا:** نوسانی است که به مرور زمان انرژی خود را از دست داده و دامنه نوساناتش صفر می‌شود.

$$E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = \frac{1}{2} m A^2 (2\pi f)^2 = 2\pi^2 m A^2 f^2$$

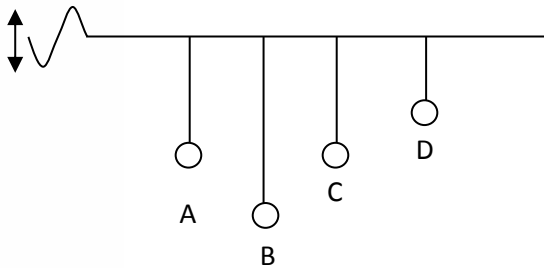
مکانیکی

**نکته:** اگر دو دستگاه دارای فرکانس‌های طبیعی کاملاً یکسان باشند یکدیگر را تشدید می‌کنند. یعنی اگر یکی به نوسان درآید دیگری را نیز به نوسان درمی‌آورد.





**تست ۴:** آونگ مطابق شکل به سیم نازک و محکمی متصل هستند. از یک طرف آن سیم نوسانی تولید کرده و بعد از مدت زمانی نوسان را قطع می‌کنیم. اگر جرم آونگ‌های A, B برابر با m و جرم آونگ C برابر 4m و جرم آونگ D برابر با 8m باشد اگر آونگ A با دامنه کم شروع به نوسان کند، کدام آونگ یا آونگها،

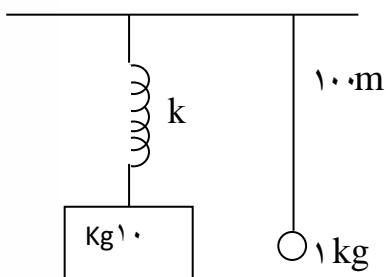


با آونگ A به حالت تشدید در می‌آید؟

فقط آونگ C فقط آونگ B آونگ C و D همه آونگها

**پاسخ:** هر چهار آونگ شروع به نوسان می‌کنند و چون نوسان میرا است بالاخره متوقف می‌شوند ولی آونگ A و C از همگی دیرتر می‌ایستند زیرا دارای طول‌های یکسان پس فرکانس‌های طبیعی یکسان هستند پس نوسان یکدیگر را تشدید می‌کنند. جرم تاثیری در بسلمد آونگ‌ها ندارد و در تشدید آونگ‌ها طول مهم است (گزینه ۱ صحیح است)

**تست ۵:** دو دستگاه زیر را در نظر بگیرید. ثابت فنر چند نیوتن برمتر باشد تا اگر آونگ نوسان ساده کند



دستگاه جرم و فنر نیز به نوسان درآید؟

۱      ۱۰      ۱۰۰      ۲۰۰

**پاسخ:**

اگر بخواهیم با نوسانات آونگ جرم و فنر نوسان کم باید یکدیگر را تشدید کرده باشند پس باید دارای فرکانس‌های یکسان باشند.

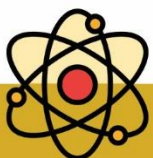
$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

جرم و متر

$$\Rightarrow \frac{k}{m} = \frac{g}{l} \Rightarrow \frac{k}{10} = \frac{10}{100} \Rightarrow k = 1 \text{ N/M}$$

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

آونگ





**تست:** تعدادی آونگ ساده به طول‌های  $10\text{ cm}$ ،  $35\text{ cm}$ ،  $45\text{ cm}$ ،  $50\text{ cm}$ ، از میله‌ای افقی آویزان می‌کنیم و میله را با بسامد زاویه‌ای در بازه  $2\text{ rad/s}$  تا  $5\text{ rad/s}$  به طور افقی به نوسان درمی‌آید. کدام آونگ‌ها دچار تشدید می‌شوند؟ ( $g = 10\text{ N/kg}$ ) (مشابه سنجش)

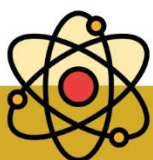
- (۱) آونگ‌های  $35$  و  $45$  سانتی‌متری  
 (۲) آونگ‌های  $45$  و  $50$  سانتی‌متری  
 (۳) تمام آونگ‌ها  
 (۴) هیچکدام از آونگ‌ها

اول از روی فرمول  $\omega$  طول‌هایی که می‌توانند تشدیدساز باشند را محاسبه می‌کنیم

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad 2 = \sqrt{\frac{10}{L}} \quad L = 2.5 = 250\text{ cm}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad 5 = \sqrt{\frac{10}{L}} \quad L = \frac{10}{25} m = 40\text{ cm}$$

پس فقط آونگ‌هایی که طولشون بین  $40$  تا  $250$  سانتیمتر باشه دچار تشدید میشن پس گزینه  $2$  صحیح است

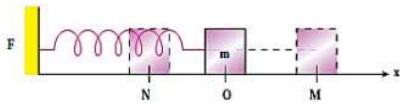




## Final homework

**تست ۱:** کدام یک از عبارتهای زیر، نادرست است؟

- (۱) در یک حرکت نوسانی به تعداد سیکل‌های کامل انجام شده در واحد زمان، بسامد (فرکانس) (تواتر) می‌گوییم و واحد آن هرتز است
- (۲) حرکت‌های دایره‌ای یکنواخت نوسانی نیستند ولی حرکت‌های رفت و برگشتی پی‌درپی یک جسم، حرکت نوسانی است
- (۳) ضربان قلب انسان همواره، یک حرکت نوسانی دوره‌ای است.
- (۴) حرکت نوسانی و حرکت‌های دایره‌ای که هر چرخه آن در دوره‌های دیگر دقیقاً تکرار شود، دوره‌ای نام دارد.



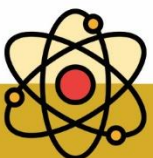
**تست ۲:** با توجه به نوسان مقابل کدام گزینه غلط است؟

- (۱) از  $N$  به سمت  $O$  بردارهای سرعت و شتاب مختلف‌الجهت هستند
- (۲) از  $O$  به  $M$  بردار سرعت همجهت با محور  $x$  ها و بردار شتاب خلاف جهت محور  $x$  ها است
- (۳) در نقاط  $M$  و  $N$  سرعت و انرژی جنبشی صفر و نیرو و انرژی پتانسیل بیشینه است
- (۴) در نقطه  $O$  سرعت و انرژی جنبشی بیشینه و نیرو و شتاب صفر است

**تست ۳:**

در حرکت نوسانی هماهنگ، در کدام یک از موارد زیر، مکان نوسان‌کننده الزاماً منفی است؟

- (۱) سرعت مثبت باشد
- (۲) شتاب مثبت باشد
- (۳) سرعت منفی باشد
- (۴) هیچکدام ، علامت مکان مستقل از سرعت و شتاب است





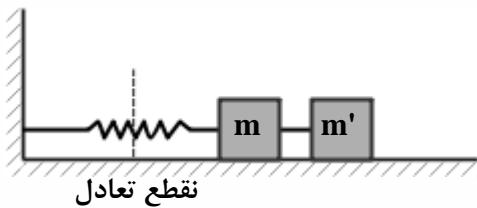
**تست ۴:**

نوسانگر وزنه - فنر، روی سطح افقی بدون اصطکاک، با دامنه  $A_1$  و بسامد  $f_1$  نوسان می‌کند. در لحظه‌ای که نوسانگر در بیش‌ترین فاصله از مرکز نوسان قرار دارد،  $\frac{3}{4}$  جرم وزنه، کنده شده و جدا می‌شود و جرم باقی‌مانده متصل به همان فنر به نوسان ادامه می‌دهد. اگر در این حالت بسامد،  $f_2$  و دامنه،  $A_2$  باشد، نسبت‌های  $\frac{f_2}{f_1}$  و  $\frac{A_2}{A_1}$  به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟

- (۱) ۱ و ۱      (۲) ۱ و ۲      (۳) ۲ و ۱      (۴) ۲ و ۲

**تست ۵:**

در شکل زیر  $m$  و  $m'$  با میله سبکی به هم متصل‌اند. دستگاه حول نقطه تعادل نوسان می‌کند. لحظه‌ای که جرم‌ها به دورترین فاصله از نقطه تعادل می‌رسند، جرم  $m'$  را جدا می‌کنیم. دامنه نوسان جرم  $m$  چه قدر می‌شود؟



(۱) کم‌تر می‌شود.

(۲) بیش‌تر می‌شود.

(۳) تغییر نمی‌کند.

(۴) بدون داشتن ثابت فنر و جرم‌ها نمی‌توان پاسخ داد.

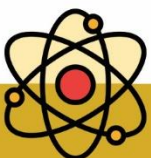
المپیاد فیزیک - مرحله اول

**تست ۶:**

معادله مکان نوسانگر ساده‌ای در SI به صورت  $x = 0.02 \cos \frac{\pi}{2} t$  است. در کدام بازه زمانی (بر حسب ثانیه) شتاب و سرعت در جهت محور  $x$  (مثبت)‌اند؟

(۱) صفر تا ۱      (۲) ۱ تا ۲

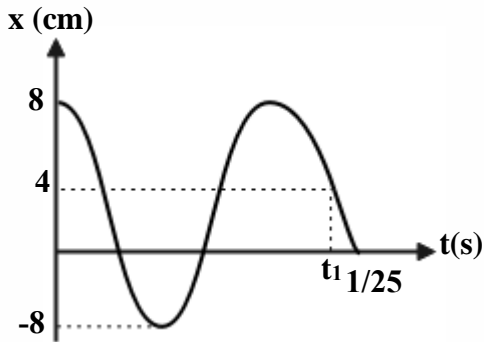
(۳) ۲ تا ۳      (۴) شتاب هرگز در جهت محور  $x$  نمی‌شود.





**تست ۷:**

شکل زیر، نمودار مکان - زمان نوسانگر ساده‌ای را نشان می‌دهد. مقدار  $t_1$  چند ثانیه است؟



(۱) ۱

(۲)  $\frac{1}{6}$

(۳)  $\frac{5}{6}$

(۴)  $\frac{7}{6}$

**تست ۸:**

X و A به ترتیب، مکان و دامنه یک نوسانگر ساده است. در لحظه  $t_1$ ،  $x = \frac{\sqrt{3}}{2} A$  است و جهت حرکت نوسانگر در آن لحظه به سمت مرکز نوسانگر است. اگر یک ثانیه بعد، نوسانگر دوباره به همان مکان برسد، دوره این نوسان چند ثانیه است؟

(۴)  $\frac{3}{6}$

(۳)  $\frac{2}{4}$

(۲)  $\frac{1}{6}$

(۱)  $\frac{1}{2}$

**تست ۹:**

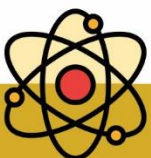
معادله حرکت هماهنگ جسمی در SI به صورت  $x = 0.04 \cos \frac{\pi}{4} t$  است. در فاصله زمانی  $1s \leq t \leq 3s$  مسافتی که این جسم می‌پیماید، چند سانتی‌متر است؟

(۴) ۱۵۰

(۳) ۴۰

(۲) ۱۰۰

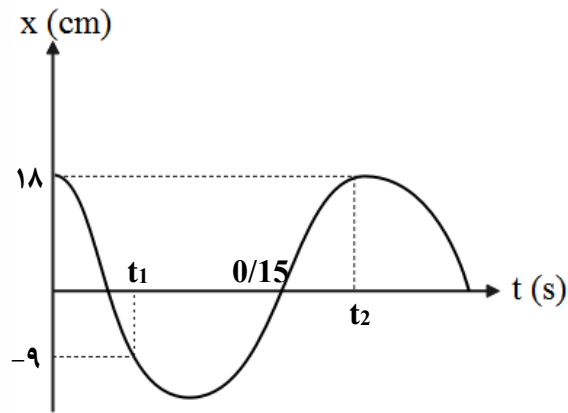
(۱)  $4\sqrt{2}$





**تست ۱۰:**

نمودار مکان - زمان نوسانگری به صورت زیر است. سرعت متوسط نوسانگر در بازه زمانی  $t_1$  و  $t_2$  چند  $\frac{cm}{s}$  است؟



- (۱) ۳۵/۸
- (۲) ۲۲/۵
- (۳) ۲/۰.۲۵
- (۴) ۵۰/۴

**تست ۱۱:**

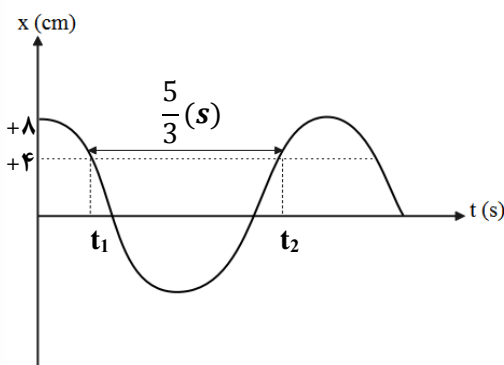
معادله حرکت نوسانگری در SI به صورت  $x = 0.02 \cos \frac{\pi}{2} t$  است. تندی متوسط نوسانگر در بازه زمانی

$t_1 = \frac{1}{2} s$  تا  $t_2 = \frac{30}{12} s$  چند سانتی متر بر ثانیه است؟

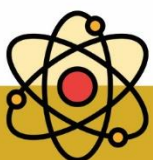
- (۱) ۱
- (۲) ۲
- (۳) ۴
- (۴) ۸

**تست ۱۲:**

نمودار مکان - زمان نوسانگری مطابق شکل زیر است، بیشینه تندی نوسانگر تقریباً چند متر بر ثانیه است؟



- ( $\pi = 3$ )
- (۱) ۰/۱۹۲
  - (۲) ۰/۳۲۶
  - (۳) ۰/۱۲۳
  - (۴) ۰/۱۵۹

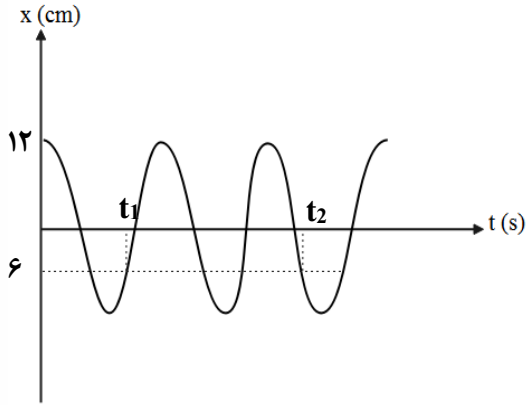




**تست ۱۳:**

نمودار مکان - زمان نوسانگری که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد و دارای تندی بیشینه  $6 \frac{cm}{s}$  است

مطابق شکل زیر است.  $(t_2 - t_1)$  چند ثانیه است؟ ( $\pi = 3$ )



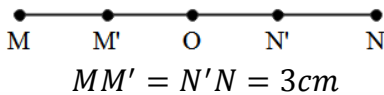
۲۰ (۱)      ۱۷ (۲)

۳۶ (۳)      ۱۸ (۴)

**تست ۱۴:**

نوسانگری روی پاره خط MN نوسان میکند و در هر دوره مسافت ۲۴ سانتی متر را می‌پیماید

اگر زمانی که طول می‌کشد تا پاره خط  $M'N'$  را طی کند برابر  $\frac{1}{2}$  ثانیه باشد، بزرگی سرعت هنگام عبور از نقطه



O چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟

$2\pi$  (۴)

$4\pi$  (۳)

$\frac{\sqrt{3}}{2}\pi$  (۲)

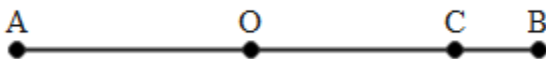
$2\sqrt{3}\pi$  (۱)

**تست ۱۵:**

نوسانگری روی پاره خط  $AB = 20cm$  حرکت نوسانی ساده دارد به طوری که فاصله C تا B را در مدت

حداقل  $\frac{\pi}{2}$  ثانیه طی می‌کند، O وسط AB و  $OC = 5\sqrt{2}cm$  است. سرعت نوسانگر هنگام عبور از نقطه O چند

سانتی‌متر بر ثانیه است؟

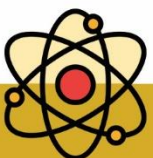


۲۰ (۲)

$\frac{2}{5}$  (۱)

$\frac{3}{5}$  (۴)

۵ (۳)







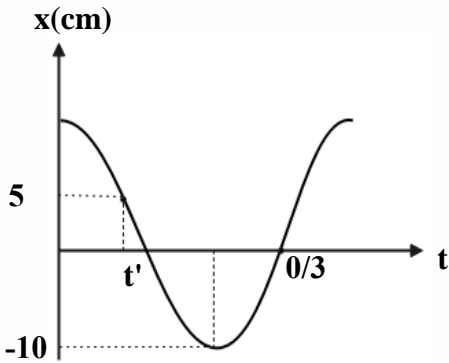
**تست ۱۶:**

با توجه به نمودار مکان - زمان نوسانگر داده شده کدام گزینه درست است؟ ( $\pi^2 \approx 10$ )  
 (۱) بسامد نوسانگر 4Hz است.

(۲) معادله حرکت در SI به صورت  $x = 10 \times 10^{-2} \text{Sin}(6\pi t)$  است.

(۳) شتاب نوسانگر در لحظه  $t'$  برابر با  $-12/5 \frac{m}{s^2}$  است..

(۴)  $t' = \frac{T}{8}$  برابر با است



**تست ۱۷:**

در لحظه‌ای که سرعت یک نوسانگر ساده به صفر می‌رسد، شتاب آن به  $80 \frac{m}{s^2}$  می‌رسد و در لحظه‌ای که نیروی وارد بر آن صفر می‌شود، سرعت آن  $2 \frac{m}{s}$  می‌شود. معادله مکان - زمان آن نوسانگر در SI، کدام است؟

(۲)  $x = 0/04 \text{Cos}40t$

(۱)  $x = 0/05 \text{Sin}(40t + \frac{\pi}{2})$

(۴)  $x = 0/05 \text{Sin}80t$

(۳)  $x = 0/05 \text{Sin}40t$

**تست ۱۸:**

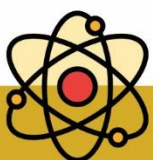
در یک حرکت هماهنگ ساده، در مدت دلخواه  $\frac{1}{4}$  دوره، کمترین مسافتی که نوسانگر طی می‌کند چند برابر دامنه است؟ ( $\sqrt{2} = 1/4$ )

(۴)  $1/4$

(۳)  $0/7$

(۲)  $0/6$

(۱)  $0/3$

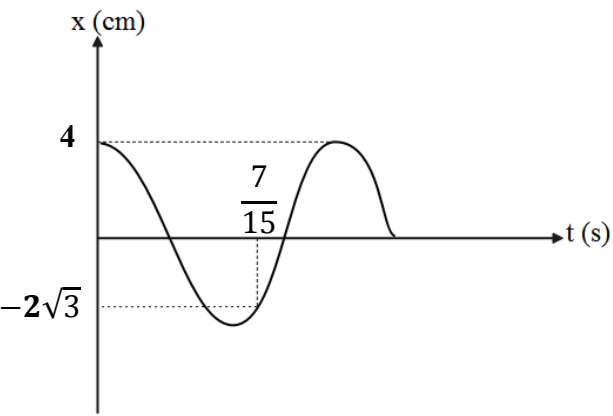




تست ۱۹:

نمودار مکان - زمان متحرکی که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد، مطابق شکل زیر است. در مدت دلخواهی به اندازه  $\frac{1}{4}$  دوره، بیش‌ترین مقدار سرعت متوسط متحرک چند متر بر ثانیه است؟

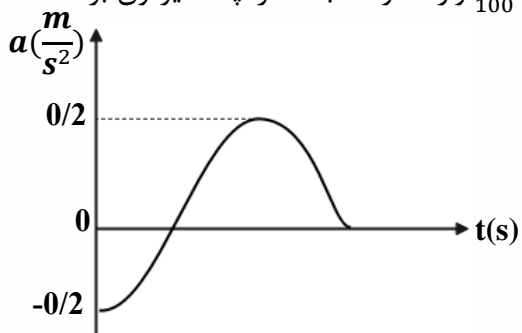
- (۱)  $\frac{\sqrt{2}}{10}$
- (۲)  $\frac{\sqrt{2}}{5}$
- (۳)  $\frac{1}{5}$
- (۴)  $\frac{2}{5}$



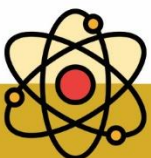
تست ۲۰:

برای یک سامانه وزنه - فنر نمودار شتاب - زمان مطابق شکل زیر است. وزنه در لحظه  $t = 3s$  برای دومین بار از مبدأ می‌گذرد. اگر در لحظه  $t = 2s$  به وزنه نیرویی به بزرگی  $\frac{4}{100} N$  وارد شود، ثابت فنر چند نیوتون بر

متر است؟ ( $\pi^2 = 10$ )



- (۱) ۰/۵
- (۲) ۰/۳۵
- (۳) ۴۵
- (۴) ۰/۳





**تست ۲۱:**

نوسانگری به جرم 100g به انتهای فنری که ثابت آن  $40 \frac{N}{m}$  است، بسته شده است و روی سطح افقی بدون اصطکاک، حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر انرژی مکانیکی نوسان گر 8mJ باشد، لحظه‌ای که انرژی جنبشی نوسان گر برابر انرژی پتانسیل کشسانی آن است، سرعت آن چند متر بر ثانیه است؟

- (۱)  $\frac{\sqrt{2}}{10}$       (۲)  $\frac{\sqrt{2}}{5}$       (۳)  $10\sqrt{2}$       (۴)  $20\sqrt{2}$

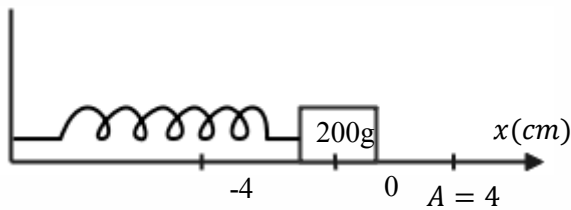
**تست ۲۲:**

معادله مکان - زمان نوسان‌گری در SI به صورت  $x = 0/02 \cos 100\pi t$  است. در لحظه  $t = \frac{1}{150} s$  انرژی پتانسیل کشسانی نوسان گر چند برابر انرژی جنبشی آن است؟

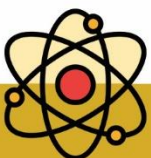
- (۱)  $\frac{1}{4}$       (۲)  $\frac{1}{3}$       (۳)  $0/4$       (۴)  $0/5$

**تست ۲۳:**

مطابق شکل زیر، نوسان‌گری روی محور x حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر حداقل زمانی که طول می‌کشد تا نوسان گر از مکان  $x_1 = 1cm$  در جهت مثبت محور x عبور کند و به مکان  $x_2 = -1cm$  برسد، برابر ۲ ثانیه باشد، انرژی مکانیکی نوسان گر چند میلی‌ژول است؟ ( $\pi^2 = 10$ )



- (۱)  $0/1$       (۲)  $0/2$       (۳)  $0/4$       (۴)  $0/8$

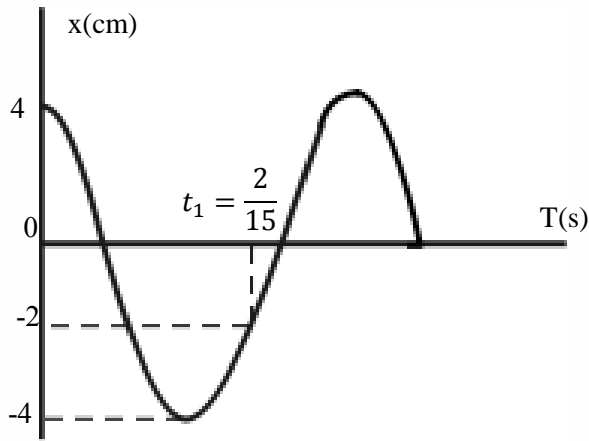




**تست ۲۴:**

نمودار مکان - زمان نوسان‌گری به جرم ۵۰ گرم مطابق شکل زیر است. انرژی مکانیکی نوسان‌گر چند ژول

است؟ ( $\pi^2 = 10$ )



(۱)  $\frac{1}{250}$

(۲)  $\frac{1}{25}$

(۳)  $\frac{2}{5}$

(۴)  $\frac{1}{50}$

**تست ۲۵:**

معادله مکان - زمان حرکت نوسانگر هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت  $x = A \cos \frac{\pi}{24} t$  است. میان  $t_1 =$

$16s$  تا  $t_2 = 45s$ ، چند ثانیه انرژی پتانسیل نوسانگر بزرگ‌تر یا مساوی با انرژی جنبشی آن است؟

(۴) ۱۵

(۳) ۱۸

(۲) ۱۲

(۱) ۱۴

**تست ۲۶:**

معادله حرکت نوسانگر وزنه - فنر در SI به صورت  $x = 0.05 \cos 30t$  است. اگر بیشینه انرژی جنبشی آن

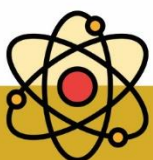
50mJ باشد، ثابت فنر چند نیوتون بر متر است؟

(۴) ۱۵۰

(۳) ۴۰

(۲) ۱۰۰

(۱) ۵۰





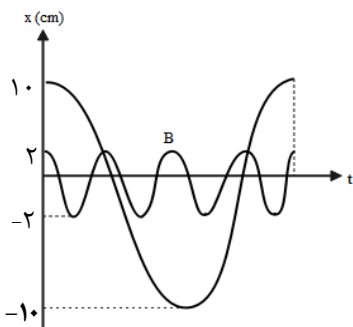
تست ۲۷:

نوسانگری به جرم 200g به انتهای فنری که ثابت آن  $k = 20 \frac{N}{M}$  است، بسته شده و روی سطح افقی روی پاره‌خطی به طول 10cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. انرژی جنبشی نوسانگر در لحظه‌ای که از ۲ سانتی‌متر مرکز نوسان عبور می‌کند، چند میلی‌ژول است؟

- (۱) ۴      (۲) ۱۰      (۳) ۲۱      (۴) ۲۵

تست ۲۸:

شکل روبه‌رو، نمودار مکان - زمان دو نوسان گر A و B را نشان می‌دهد، اگر جرم نوسان گر B، پنج برابر جرم نوسان گر A باشد، انرژی مکانیکی نوسان گر A چند برابر انرژی مکانیکی نوسان گر B است؟

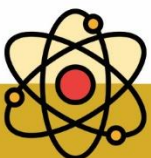


- (۱)  $\frac{5}{16}$       (۲)  $\frac{16}{5}$   
 (۳)  $\frac{5}{9}$       (۴)  $\frac{16}{25}$

تست ۲۹:

دوره نوسان آونگ ساده‌ای در یک مکان معین، برابر ۲ ثانیه است و در مدت  $\frac{2}{6}$  دقیقه N نوسان کامل انجام می‌دهد. طول آونگ را چند درصد کاهش یا افزایش دهیم تا در همان مدت و در همان مکان،  $N - 18$  نوسان کامل انجام دهد؟

- (۱) ۶۹ درصد کاهش      (۲) ۶۹ درصد افزایش      (۳) ۳۱ درصد کاهش      (۴) ۳۱ درصد افزایش





**تست ۳۰:**

یک ساعت آونگ دار (با آونگ ساده) در دمای  $^{\circ}C$ ، تنظیم شده است. اگر دما  $50^{\circ}C$  افزایش یابد، این ساعت جلو می‌افتد یا عقب و چند درصد دوره تغییر می‌کند؟ (ضریب انبساط خطی نخ آونگ  $\alpha = 10^{-4} K^{-1}$  است.)

- (۱) جلو،  $0/5$       (۲) عقب،  $0/5$       (۳) جلو،  $0/25$       (۴) عقب،  $0/25$

**تست ۳۱:**

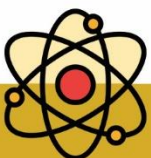
یک ساعت که با آونگ کار می‌کند، در ارتفاع  $5R_c$  از سطح زمین قرار دارد. اگر یک شبانه‌روز در سطح زمینی طی شود، عقربه ساعت شمار این ساعت چه مدت زمانی جلو خواهد رفت؟ (آونگ به کار رفته در ساعت را یک آونگ ساده در نظر بگیرید.)

- (۱) ۲۰ دقیقه      (۲) ۴ ساعت      (۳) ۲ ساعت      (۴) ۱۴۴ ساعت

**تست ۳۲:**

آونگی به طول  $L_1$  حرکت هماهنگ ساده‌ای به دوره  $4s$  انجام می‌دهد و آونگ دیگری به طول  $L_2$  در همان محل، با دوره تناوب  $\sqrt{5}s$  حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر آونگ در طول  $L_1 + 4L_2$  را به اندازه  $4cm$  از وضع تعادل منحرف کرده و رها کنیم تا حرکت هماهنگ ساده انجام دهد. سرعت در مرکز نوسان چند  $m/s$  می‌باشد؟ ( $\pi \approx 3$ )

- (۱)  $\frac{1}{50}$       (۲)  $\frac{1}{12}$       (۳)  $\frac{1}{25}$       (۴)  $\frac{1}{100}$





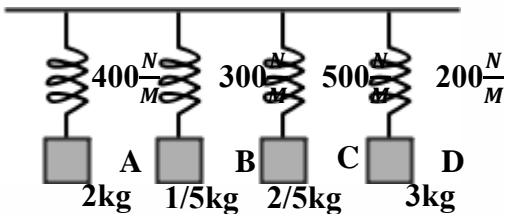
تست ۳۳:

نقش یک موج عرضی در  $t = 0$  s مطابق شکل روبروست. بزرگی شتاب ذره A در لحظه  $\frac{1}{100}$  ثانیه چند برابر تندی متوسط ذره B بین  $\frac{1}{200}$  s تا  $\frac{3}{200}$  s است؟

- (۱)  $\frac{\pi}{4}$
- (۲)  $\frac{\sqrt{3}}{2}\pi$
- (۳)  $\frac{\sqrt{3}}{4}\pi$
- (۴)  $\frac{\pi}{2}$

تست ۳۴:

در شکل زیر، اگر وزنه A با بسامد طبیعی خود به نوسان درآید، پدیده تشدید برای کدام یک از وزنه‌های دیگر رخ می‌دهد؟

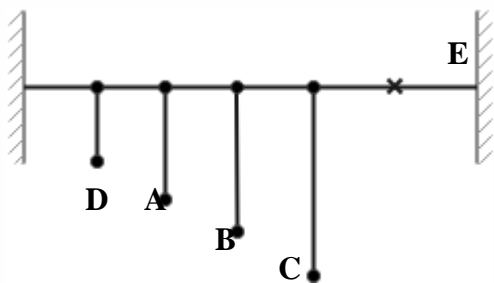


- (۱) B و D
- (۲) C و D
- (۳) B و C
- (۴) B و C, D

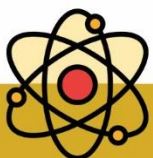
تست ۳۵:

مطابق شکل چهار آونگ A, B, C و D که طول آن‌ها به ترتیب برابر با  $L_A = 15cm$ ,  $L_B = 45cm$ ,  $L_C = 45cm$  و  $L_D = 120cm$ ,  $70cm$  به طناب افقی متصل هستند. اگر از نقطه E آونگی وادارنده با طول متغیر که دوره تناوب آن  $1(s) < T < 2(s)$  را بسته و آن را به نوسان درآوریم، در کدام آونگ‌ها تشدید رخ می‌دهد؟

$(\pi^2 \approx g)$



- (۱) C و D, A
- (۲) B و A, C
- (۳) B و D
- (۴) C و B



**تست ۱:** پاسخ گزینه ۳

ضربان قلب انسان در یک بازه زمانی معین و کوتاه، یک حرکت نوسانی دوره‌ای است. ولی اگر بازه زمانی طولانی و غیر معین باشد دوره ای نیست

**تست ۲:**

پاسخ گزینه ۱ :

از N به سمت O بردارهای سرعت مثبت و شتاب نیز مثبت است پس همجهت هستند

**تست ۳:**

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به رابطه  $a = -\omega^2 x$ ، چون مقدار  $\omega^2$  همواره مثبت است، بردارهای شتاب و مکان همواره مختلف‌العلامه هستند. بنابراین زمانی که شتاب مثبت باشد، حتماً نوسان‌گر در مکان منفی قرار میگیرد.

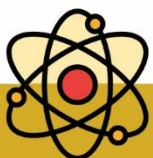
**تست ۴:**

گزینه ۲ پاسخ صحیح است، چون در بعد ماکزیمم جرم کم شده، بنابراین دامنه نوسان ثابت می ماند و  $\frac{A_2}{A_1} = 1$

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{M}} \Rightarrow 2\pi f = \sqrt{\frac{K}{M} \xrightarrow{K_1=K_2} \frac{f_1}{f_2}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} = \sqrt{\frac{M - \frac{3}{4}M}{M}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{4}M}{M}} = \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{f_2}{f_1} = 2$$

**تست ۵:**

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. برای این که دستگاه نوسان کند، کافی است که یک عامل خارجی وزنه‌ها را روی سطح افقی بدون اصطکاک در راستای طول فنر بکشد یا هل دهد به طوری که طول فنر از حالت عادی بیشتر یا کمتر شود و سپس آن را رها کند. پس از رها شدن وزنه‌ها نیروی بازگرداننده فنر به آن‌ها شتاب می دهد و سرعت وزنه‌ها را زیادتر می کند. با حرکت وزنه‌ها به طرف نقطه تعادل، طول فنر به طول عادی آن نزدیک می شود. هنگامی که وزنه‌ها به نقطه تعادل برسند، دیگر نیروی بازگرداننده فنر به آن‌ها وارد نمی شود و سرعت وزنه‌ها در این نقطه بیشترین است، از این پس وزنه‌ها به علت سرعتی که دارند ادامه مسیر می دهند و با این



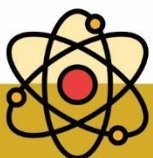
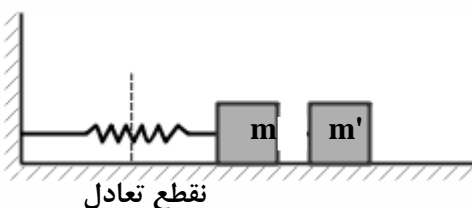




کار نیروی بازگرداننده فنر در خلاف جهت سرعت وزنه‌ها ظاهر می‌شود و به آن‌ها وارد می‌شود و سرعت آن‌ها را کم می‌کند تا سرانجام در بیشترین یا کمترین طول فنر برای لحظه‌ای متوقف می‌شوند و خواهند ایستاد. در حرکت نوسانی دستگاه جرم - فنر، انرژی موجود در دستگاه میان انرژی جنبشی وزنه و انرژی پتانسیل کشسانی فنر توزیع می‌شود. انرژی جنبشی وزنه مربوط به جرم و سرعت آن و انرژی جنبشی وزنه و انرژی پتانسیل کشسانی فنر توزیع می‌شود. انرژی جنبشی وزنه مربوط به جرم و سرعت آن و انرژی پتانسیل کشسانی فنر مربوط به تغییر طول آن است. در دو انتهای حرکت که فنر بیشترین یا کمترین طول را دارد، سرعت وزنه‌ها صفر است، در این نقاط انرژی جنبشی دستگاه صفر است و تمام انرژی دستگاه به صورت انرژی پتانسیل کشسانی در می‌آید. در نقطه تعادل که تغییر طول فنر صفر است، انرژی پتانسیل کشسانی فنر صفر است و تمام انرژی به صورت انرژی جنبشی ظاهر می‌شود، در نتیجه سرعت وزنه‌ها در گذر از نقطه تعادل بیشترین است. در لحظه‌ای که وزنه  $m'$  را جدا می‌کنیم، جرم‌ها در دورترین فاصله از نقطه تعادل هستند، پس سرعت آن‌ها و انرژی جنبشی وزنه‌ها صفر است و تمام انرژی دستگاه به صورت انرژی پتانسیل کشسانی است که به تغییر طول فنر بستگی دارد. با جدا کردن وزنه  $m'$  و باقی‌ماندن وزنه  $m$ ، انرژی مکانیکی دستگاه تغییر نمی‌کند و همان انرژی پتانسیل کشسانی فنر در دستگاه باقی می‌ماند. حال این انرژی مکانیکی ثابت و مشخص در مراحل بعدی بین انرژی جنبشی وزنه  $m$  و انرژی پتانسیل کشسانی فنر توزیع می‌شود. با توجه به ثابت بودن این انرژی نتیجه می‌گیریم که در حداکثر فشردگی فنر و دامنه نوسان جرم تغییری ایجاد نمی‌شود و دامنه نوسان ثابت باقی می‌ماند. نکته بسیار مهمی که باید در این جا به آن اشاره کنیم آن است که دامنه نوسان مستقل از جرم وزنه‌های دستگاه است، در اینجا با کاهش جرم وزنه‌ها از  $m+m'$  به  $m$  و با توجه به این که فنر، نیروی کشسانی فنر و دامنه نوسان دستگاه ثابت است، شتاب حرکت نوسانی افزایش می‌یابد در نتیجه انتظار داریم که بیشترین سرعت دستگاه در نقطه تعادل افزایش یابد و این انرژی مکانیکی به صورت انرژی جنبشی جرم  $m$  درآید و در ضمن زمان نوسان و دوره تناوب نوسان دستگاه کاهش یابد زیرا دوره تناوب طبق رابطه

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}}$$

با جرم رابطه مستقیم دارد.





### تست ۶:

اگر به تابع نوسان دقت کنید میبینید که گزینه ۳ پاسخ صحیح است. این موضوع در ناحیه ۳ رخ میدهد. یعنی

$$T = 4s \rightarrow (2,3) \text{ پس: } \frac{3T}{4} \text{ تا } \frac{T}{2}$$

### تست ۷:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

$$1.25 = T + \frac{1}{4}T \quad T = 1$$

$$t_1 = T + \frac{1}{6}T = \frac{7}{6}$$

### تست ۸:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$\frac{T}{6} + \frac{T}{2} + \frac{T}{6} = 1 \quad T = 1.2$$

### تست ۹:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$\omega = \frac{\pi}{4} \quad T = 8$$

در لحظه  $t = 1s$  مکان این نوسانگر را به دست می‌آوریم.

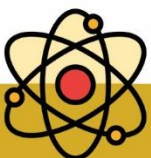
$$t = 1s \Rightarrow x = 0.04 \cos\left(\frac{\pi}{4} \times 1\right) = 0.04 \frac{\cos \pi}{4} = 0.04 \times \frac{\sqrt{2}}{2} m = 0.02\sqrt{2}m = 2\sqrt{2}cm$$

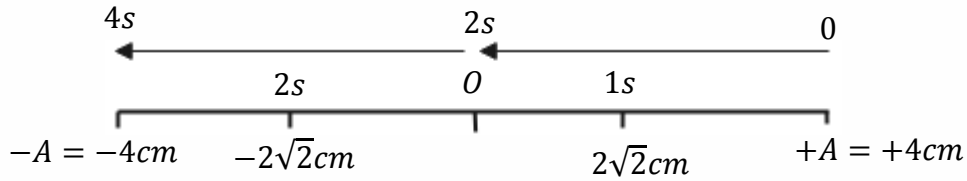
همچنین برای لحظه  $t = 3s$  خواهیم داشت:

$$t = 3s \Rightarrow x = 0.04 \cos\left(\frac{\pi}{4} \times 3\right) = 0.04 \cos \frac{3\pi}{4} = 0.04 \times \frac{-\sqrt{2}}{2} = -0.02\sqrt{2}$$

$$\Rightarrow x = -0.02\sqrt{2}m = -2\sqrt{2}cm$$

می‌دانیم  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  ←  $T = 8s$  به شکل دقت کنید.





$$\text{مسافت طی شده} = 2 \times 2\sqrt{2} = 4\sqrt{2} \text{ cm}$$

### تست ۱۰:

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$\frac{3T}{4} = 0.15 \quad T = 0.20 \quad \Delta t = \frac{T}{2} + \frac{T}{6} = \frac{8}{60} \quad V = \frac{0.27}{\frac{8}{60}} = 2.025$$

### تست ۱۱:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$\omega = \frac{\pi}{2} \quad T = 4$$

$$\frac{25}{12} - \frac{1}{2} = 2 \quad \text{یعنی } \Delta t = \frac{T}{2} \Rightarrow S_{av} = \frac{2A}{T} = \frac{4A}{T} = \frac{4 \times 2}{4} \Rightarrow \bar{S} = 2 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

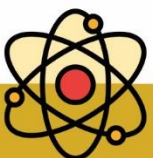
### تست ۱۲:

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. لحظه‌های  $t_1$  و  $t_2$  اولین و دومین زمانی هستند که  $x = 2 \text{ cm}$  می‌شود.

$$\omega = \frac{\text{زاویه}}{\text{زمان}} \Rightarrow \omega = \frac{\frac{\pi}{6} + \frac{\pi}{6} + \pi}{\frac{5}{3}} = \frac{4\pi}{5} = \frac{12 \text{ rad}}{5 \text{ s}}$$

$$\Rightarrow \frac{5}{3} \omega = \frac{4\pi}{3} \Rightarrow \omega = \frac{4\pi}{5} = \frac{12 \text{ rad}}{5 \text{ s}}$$

$$\Rightarrow V_{max} = A\omega = \frac{8}{100} \times \frac{12}{5} = \frac{16}{125} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 0.192 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$





**تست ۱۳:**

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$V_m = A\omega \quad 6 = 12\omega \quad \omega = \frac{1}{2}$$

$$\omega = \frac{\text{زاویه}}{\text{زمان}} = \frac{1}{2} = \frac{3\pi + \frac{\pi}{6} + \frac{\pi}{6}}{(t_2 - t_1)} \quad \xrightarrow{\pi=3} (t_2 - t_1) = 20(s)$$

**تست ۱۴:**

جواب گزینه ۳ می باشد

مسافت هر دوره رو تقسیم بر ۴ کنیم دامنه به دست میاد پس دامنه ۶ سانتیمتر هست

از طرفی:

$$\frac{T}{12} + \frac{T}{12} = 0.5 \quad T = 3 \quad \omega = \frac{2\pi}{3} \quad V = A\omega \quad 6 \times \frac{2\pi}{3} = 4\pi$$

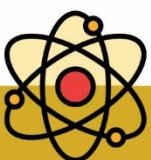
**تست ۱۵:**

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$\cos\theta = \frac{5\sqrt{2}}{10} = \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow \theta = \frac{\pi}{4} \text{ rad} \rightarrow \Delta\theta_{BC} = \frac{\pi}{4} \text{ rad}$$

$$\Delta\varphi = \omega \Delta t \rightarrow \frac{\pi}{4} = \omega \times \frac{\pi}{2} \rightarrow \omega = \frac{1}{2} \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$V_{\max} = A\omega = 10 \times \frac{1}{2} = 5 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$





**تست ۱۶:**

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$\frac{3T}{4} = 0/3 \Rightarrow T = 0/4s \Rightarrow f = 2/5Hz$  بررسی علت نادرستی گزینه یک:

$x = A \cos(\omega t) \Rightarrow x = 10 \times 10^{-2} \cos(5\pi t)$  بررسی علت نادرستی گزینه دو:

$a = -\omega^2 x \Rightarrow a = -(5\pi)^2 (\frac{5}{100}) = -12/5 \frac{m}{s^2}$  بررسی درستی گزینه سه:

$t' = \frac{T}{6}$  بررسی علت نادرستی گزینه چهار:

**تست ۱۷:**

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$V = 0 \Rightarrow a = A\omega^2 = 80 \frac{m}{s^2}$  تقسیم  $\rightarrow \omega = 40 \frac{rad}{s}$   
 $F = 0 \Rightarrow V = V_{max} = 2 \frac{m}{s}$

$\Rightarrow A = \frac{2}{40} = \frac{1}{20} m = 0/05m \Rightarrow x = A \cos \omega t \Rightarrow x = 0/05 \cos 40t$

**$x = 0.05 \sin(40t + \frac{\pi}{2})$**

**تست ۱۸:**

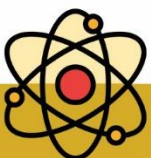
گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

نکته: کمترین مسافت طی شده در یک بازه متقارن در اطراف در انتهای پاره خط نوسان رخ می دهد. (چرا که

در دو انتهای پاره خط نوسان سرعت برابر صفر است.)

مسافت کمینه =  $A(2 - \sqrt{2})$

$\Rightarrow$  کمترین مسافت =  $0/6A$





**تست ۱۹:**

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. از روی نمودار می توان دوره حرکت را به دست آورد.

قبلا نکته شو گفتم بیشترین جابه جایی در  $\frac{1}{4}T$  برابر با  $\sqrt{2}A$  است حالا کافیه این عدد رو به زمان

گفته شده تقسیم کنیم تا بیشترین سرعت متوسط به دست بیاد ولی قبلش اول باید دوره رو پیدا کنیم:

$$\frac{3T}{4} - \frac{T}{6} = \frac{7}{15} \quad T = 0.8$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\sqrt{2}A}{\frac{1}{4}T} = \frac{\sqrt{2} \times 4cm}{\frac{1}{4} \times 0.8s} = \frac{\sqrt{2} m}{5 s}$$

**تست ۲۰:**

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

در لحظه  $t = 3s$  متحرک برای دومین بار از مبدأ (یعنی  $x = 0$ ) می گذرد بنابراین:

$$\frac{3T}{4} = 3 \quad T = 4$$

$$F = ma \Rightarrow \frac{4}{100} = m \times 0/2 \Rightarrow m = \frac{2}{10} kg$$

در گام آخر برای به دست آوردن ثابت فنر به سادگی داریم:

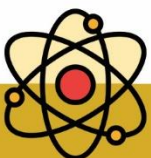
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{k}{m} \xrightarrow{T=4s; m=0.2kg} \frac{4(10)}{4^2} = \frac{k}{0.2} \Rightarrow k = 0.5 \frac{N}{m}$$

**تست ۲۱:**

گزینه ۲ پاسخ صحیح است، انرژی مکانیکی نوسان گر ثابت است پس داریم:

$$E = U + K \Rightarrow 0/008 = 2K \Rightarrow K = 4 \times 10^{-3} J$$

$$K = \frac{1}{2} mV^2 \Rightarrow 4 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} \times 0/1 \times V^2 \Rightarrow V^2 = 8 \times 10^{-2} \Rightarrow V = 2\sqrt{2} \times 10^{-1} = \frac{\sqrt{2}m}{5s}$$





تست ۲۲:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$x = 0/02 \cos 100\pi t \Rightarrow x = 0/02 \cos(100\pi \times \frac{1}{150})$$

$$t = \frac{1}{150} s$$

$$x = 0/02 \cos(\frac{2\pi}{3}) = -0/01 \Rightarrow x = \frac{-A}{2}$$

$$\frac{U}{K} = \frac{\frac{1}{2} m \omega^2 x^2}{\frac{1}{2} m \omega^2 (A^2 - x^2)} = \frac{x^2}{A^2 - x^2} \Rightarrow \frac{U}{K} = \frac{(\frac{-A}{2})^2}{A^2 - (\frac{-A}{2})^2} = \frac{\frac{A^2}{4}}{\frac{3A^2}{4}} \Rightarrow \frac{U}{K} = \frac{1}{3}$$

تست ۲۳:

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$M = 0/2 kg$$

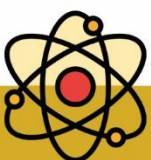
$$E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$$

$$2 = \frac{T}{2} \Rightarrow T = 4s$$

یعنی 2A را طی کرده یعنی  $\frac{T}{2}$  طول کشیده پس داریم:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \omega^2 = \frac{10}{4}$$

$$E = \frac{1}{2} \times 0/2 \times \frac{10}{4} \times 16 \times 10^{-4} = 0/4 mg$$





تست ۲۴:

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$x = -\frac{A}{2} \Rightarrow \Phi \begin{cases} \pi - \frac{\pi}{3} & \text{از مرکز دور} \\ \pi + \frac{\pi}{3} & \text{به مرکز نزدیک} \end{cases}$$

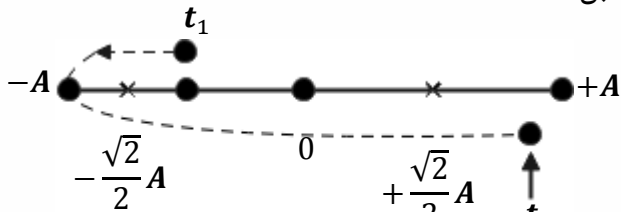
$$\Delta\Phi = \frac{4\pi}{3} \Rightarrow \Delta t = \frac{4T}{6} = \frac{2T}{3} = \frac{2}{15} \Rightarrow T = \frac{1}{5} \text{ s}$$

$$E = \frac{1}{2} mA^2 \omega^2 = \frac{1}{2} \times 50 \times 10^{-3} \times (4 \times 10^{-1})^2 \times (10\pi)^2 = \frac{1}{25} \text{ J}$$

تست ۲۵:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. در  $x = \pm \frac{\sqrt{2}}{2} A$ ، انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل نوسانگر با یکدیگر برابر هستند.

در  $|x|$  های بزرگتر از  $\frac{\sqrt{2}}{2} A$ ، انرژی پتانسیل بزرگتر از انرژی جنبشی نوسانگر است، به کمک  $x = A \cos \omega t$  و حل معادله مثلثاتی، مکان نوسانگر میان  $t_1$  و  $t_2$  به صورت شکل مقابل است.



نوسانگر در لحظه‌ای  $\frac{T}{8}, \frac{3T}{8}, \frac{4T}{8}$  و  $\frac{7T}{8}$  در مکان‌های  $x = \pm \frac{\sqrt{2}}{2} A$  است. به  $t_2$  توجه به مسیر حرکت نوسانگر

جامانده است. میان لحظه‌های  $t_1$  تا  $t_2$  انرژی پتانسیل، این نوسانگر میان  $\frac{3T}{8}$  تا  $\frac{5T}{8}$  و پس از  $\frac{7T}{8}$  تا  $t_2$  بزرگتر از

انرژی جنبشی آن است:

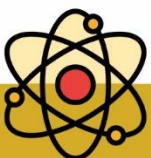
$$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow \frac{\pi}{24} = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = 48 \text{ s}$$

$$\Delta t = \frac{T}{4} + \left( t_2 - \frac{7T}{8} \right) = \frac{48}{4} + \left( 25 - \frac{7 \times 48}{8} \right) = 12 + 3 = 15 \text{ s}$$

تست ۲۶:

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. بیشینه انرژی جنبشی نوسانگر ساده، برابر انرژی مکانیکی آن است. پس داریم:

$$k_{max} = E = \frac{1}{2} kA^2 \Rightarrow 50 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} k \times 25 \times 10^{-4} \Rightarrow k = 40 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$







**تست ۲۷:**

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$K = E - U \Rightarrow K = \frac{1}{2}kA^2 - \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k(A^2 - x^2)$$

$$K = \frac{1}{2} \times 20((5 \times 10^{-2})^2 - (2 \times 10^{-2})^2)$$

$$K = 10 \times 10^{-4}(25 - 4) \Rightarrow K = 21 \times 10^{-3}J = 21mJ$$

**تست ۲۸:**

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$\frac{A_A = 10cm}{A_B = 2cm} \Rightarrow \frac{A_A}{A_B} = \frac{10}{2} = 5$$

در مدتی که  $A$  یک نوسان انجام داده،  $B$  چهار نوسان انجام داده  $\Rightarrow T_A = 4T_B \Rightarrow \frac{T_B}{T_A} = \frac{1}{4}$

$$E = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \xrightarrow{\omega=2\pi/T} E = \frac{1}{2}m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 A^2 = 2\pi^2 m \frac{A^2}{T^2}$$

$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \left(\frac{A_A}{A_B}\right)^2 \times \left(\frac{T_B}{T_A}\right)^2 = \frac{1}{5} \times 5^2 \times \left(\frac{1}{4}\right)^2 = 5 \times \frac{1}{16} = \frac{5}{16}$$

**تست ۲۹:**

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

آونگ اول :  $N = \frac{2/6 \times 60}{2} = 26 \times 3 = 78$  دور کامل

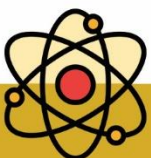
آونگ دوم :  $N' = N - 18 = 78 - 18 = 60$

$$T' = \frac{t'}{N'} = \frac{2/6 \times 60}{60} \Rightarrow T' = 2/6s$$

$$\Rightarrow \frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{L'}{L}} \Rightarrow \left(\frac{2/6}{2}\right)^2 = L'/L \Rightarrow 1/3^2 = \frac{L'}{L} \Rightarrow L' = 1/9L$$

یعنی افزایش طول برابر ۶۹٪ است.

$$\Delta L = 0/69L$$





**تست ۳۰:**

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. دوره تناوب آونگ با جذر طول آونگ رابطه مستقیم دارد. از طرفی طول آونگ با تغییرات دما ( $\Delta\theta$ ) رابطه مستقیم دارد.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = \sqrt{\frac{L_1(1 + \alpha\Delta\theta)}{L_1}} = \sqrt{1 + \alpha\Delta\theta}$$

از آنجا که  $\alpha\Delta\theta$  بسیار کوچک است می توان تقریباً از رابطه زیر استفاده کرد:

$$\frac{T_2}{T_1} \approx 1 + \frac{\alpha\Delta\theta}{2} \Rightarrow \frac{\Delta T}{T_1} = \frac{\alpha\Delta\theta}{2} \Rightarrow \text{درصد تغییرات دوره} = \frac{100\alpha\Delta\theta}{2} = 50\alpha\Delta\theta$$

تقریباً دوره ۰/۲۵ درصد افزایش می یابد که به علت افزایش ساعت عقب می افتد

**تست ۳۱:**

گزینه ۲ پاسخ صحیح است، می دانیم که رابطه شتاب گرانش زمین با ارتفاع از سطح زمین را به صورت مقایسه ای می نویسیم:

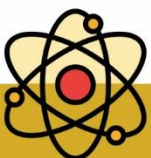
$$I: \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{g_1}{g_2}} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{R_c + h_2}{R_c + h_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{R_c + 5R_c}{R_c + 0} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 6$$

$$II: \frac{g_1}{g_2} = \left(\frac{R_c + h_2}{R_c + h_1}\right)^2$$

پس در یک شبانه روز (۲۴ ساعت)، ساعت آونگ دار در ارتفاع  $5R_c$  از سطح زمین به اندازه ۴ ساعت پیشروی خواهد کرد.

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{x}{24} \Rightarrow x = 4$$

$$T' = \frac{T}{2} + \frac{T}{2} \sqrt{\frac{n-1}{n}} \rightarrow \frac{T'}{T} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{n-1}{n}} = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{n-1}{4n}}$$





تست ۳۲:

پاسخ: دوره تناوب آونگ به طول  $L_1 + 4L_2$  از رابطه زیر به دست می آید

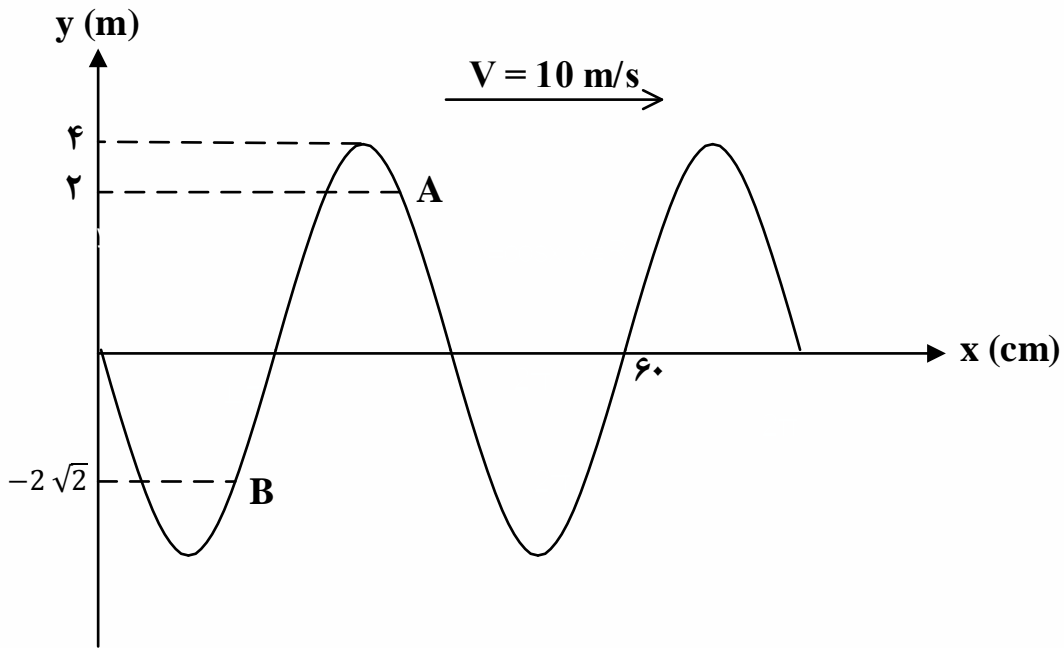
$$T = \sqrt{T_1^2 + 4T_2^2} = \sqrt{16 + 4 \times 5} = \sqrt{36} = 6 \text{ s}$$

$$w = \frac{2\pi}{T} \rightarrow w = \frac{2\pi}{6} = \frac{\pi \text{ rad}}{3 \text{ s}}$$

$$v_{max} = Aw = \frac{4}{100} \times \frac{\pi}{3} = \frac{4\pi}{300} = \frac{1 \text{ m}}{20 \text{ s}}$$

(گزینه ۲ صحیح است)

تست ۳۳:



پاسخ:

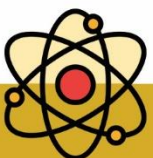
$$\frac{3\lambda}{2} = 0.6 \rightarrow \lambda = 0.4 \text{ m}$$

$$\lambda = TV \rightarrow 0.4 = 10T \rightarrow T = 0.04 \text{ s}$$

حال باید بفهمیم  $\frac{1}{100}$  ثانیه معادل چند  $T$  است

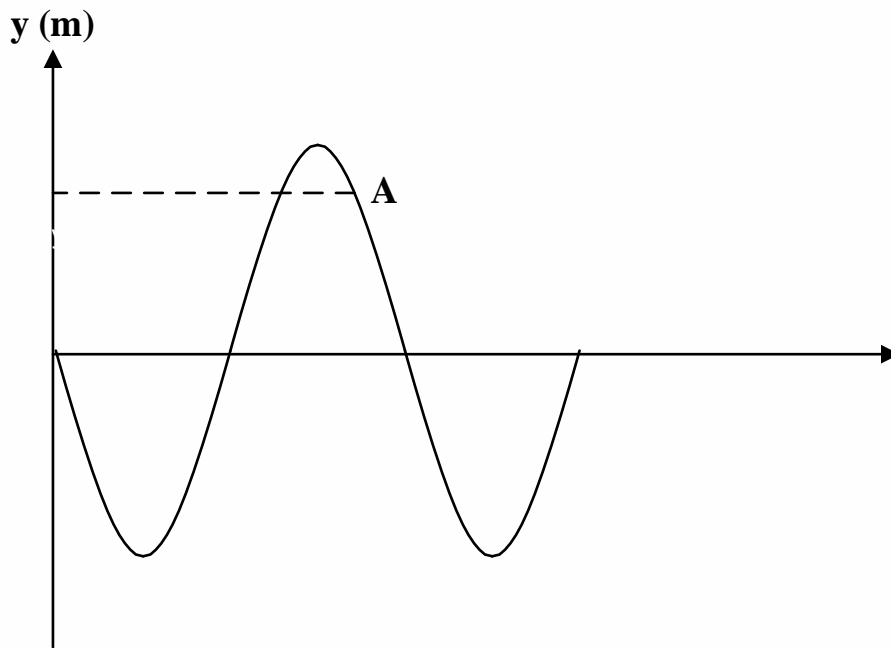
$$\frac{\frac{1}{100}}{4} = \frac{1}{4} \rightarrow t = \frac{T}{4}$$

باید  $\frac{T}{4}$  به سمت راست شیفِت کنیم.





با توجه به شکل ذره  $A$  پس از  $\frac{T}{6}$  به بالاترین نقطه می‌رسد. سپس  $\frac{T}{12}$  پایین آمده و به نقطه  $x = 2\sqrt{3}$  می‌رسد پس شتاب ذره  $A$  در لحظه  $t = \frac{1}{100}$  می‌شود

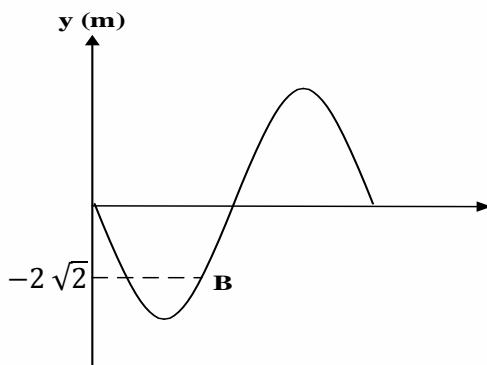


$$a = -w^2 x = -\frac{2\pi}{4} \times 2\sqrt{3} \times 10^{-2} = \sqrt{3}\pi \frac{m}{s^2}$$

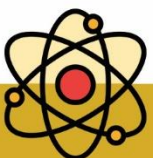
حالا تندی متوسط ذره  $B$  بین  $\frac{1}{200} s$  تا  $\frac{3}{200} s$ :

$$\frac{\frac{1}{200}}{4} = \frac{1}{8} \rightarrow t_1 = \frac{T}{8}$$

$$\frac{\frac{3}{200}}{4} = \frac{3}{8} \rightarrow t_2 = \frac{3T}{8}$$



ذره  $B$  در  $\frac{T}{8}$  به پایین ترین نقطه می‌رسد و در  $\frac{3T}{8}$  به مرکز نوسان می‌رسد؛ پس مسافت پیموده شده در این مدت  $4 \text{ cm}$  است.





$$S_{av} = \frac{4 \times 10^{-2}}{2} = 4 \frac{m}{s}$$

$$\frac{a}{S_{av}} = \frac{\sqrt{3}\pi}{4}$$

گزینه ۳ صحیح است

### تست ۳۴:

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. پدیده تشدید برای وزنه‌هایی رخ می‌دهد که فرکانس طبیعی آن‌ها با فرکانس طبیعی A یکی باشد.

$$A: \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{400}{2}} = \sqrt{200} = 2\pi f_A$$

$$B: \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{300}{1/5}} = \sqrt{200} = 2\pi f_B$$

$$C: \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{500}{2/5}} = \sqrt{200} = 2\pi f_C$$

$$D: \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{200}{2}} = \sqrt{\frac{200}{3}} = 2\pi f_D$$

$$f_A = f_B = f_C$$

### تست ۳۵:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow T_1 = 1s \Rightarrow 1 = 2\pi \sqrt{\frac{L_1}{g}} \Rightarrow L_1 = 25 \text{ cm}$$

$$T_2 = 2s \Rightarrow 2 = 2\pi \sqrt{\frac{L_2}{g}} \Rightarrow L_2 = 100 \text{ cm}$$

بنابراین طول آونگ‌ها باید بین 25 cm و 100 cm باشد، پس آونگ B و C به تشدید در می‌آیند

