مثال پیشنهادی

یک فضانورد پس از فرود روی سیاره‌ای ناشناخته، آونگ ساده‌ای به طول ۵۰ cm می‌سازد. او می‌بیند که آونگ در ۱۳۶ ثانیه، ۱۰۰ نوسان کامل انجام می‌دهد. مقدار g در این سیاره چقدر است؟

پاسخ : $10/7\ m/s^2$

فعالیت پیشنهادی

از دانش‌آموزان بخواهید تا با استفاده از ماشین حساب، جدولی برای $\sin\theta$ برحسب θ از $\theta=0$ تا $\theta=2rad$ با فواصل $0/2rad$ تهیه کنند و تحقیق کنند که در بازهٔ ذکر شده، $\sin\theta \simeq \theta$ است.

پرسش‌های پیشنهادی

در جدول زیر اندازه‌های طول و زمان ده نوسان آونگ ساده‌ای داده شده است. با توجه به جدول زیر می‌خواهیم ببینیم طول آونگ بر زمان نوسان آن چه اثری می‌گذارد.

طول (برحسب متر)	زمان ده نوسان (برحسب ثانیه)
۰/۱	۶/۳
۰/۲	۹/۰
۰/۵	۱۴/۲
۱/۰	۲۰/۰
۱/۵	۲۴/۶
۲/۰	۲۸/۴

الف) نمودار زمان یک نوسان برحسب طول را رسم کنید.

ب) برای آنکه زمان یک نوسان ۱/۰ ثانیه باشد، طول آن باید چند متر باشد؟

پ) چرا زمان ده نوسان در جدول مشخص شده است؟

ت) آیا زمان یک نوسان با طول آونگ متناسب است؟

مثال ۳ــ۶

دوره و بسامد حرکت نوسانی کم‌دامنهٔ یک آونگ ساده که طول آن ۴۰ cm است چه اندازه است؟ ($g=10\ m/s^2$).

پاسخ

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

$$T=2\pi\sqrt{\frac{0/4}{10}}=2\pi\times\frac{2}{10}\simeq 1/25s$$

$$f=\frac{1}{T}=0/8Hz$$

مثال ۳ــ۷

طول آونگ سادهٔ کم‌دامنه چند سانتی‌متر باشد تا بتواند در هر دقیقه ۳۰ نوسان انجام دهد؟ $g=9/8\ m/s^2$ و $\pi^2=10$

پاسخ

$$T=\frac{t}{n}=\frac{60}{30}=2s$$

$$T^2=4\pi^2\frac{l}{g}$$

$$4=4\times 10\times\frac{l}{9/8}$$

$$l=0/98m=98cm$$

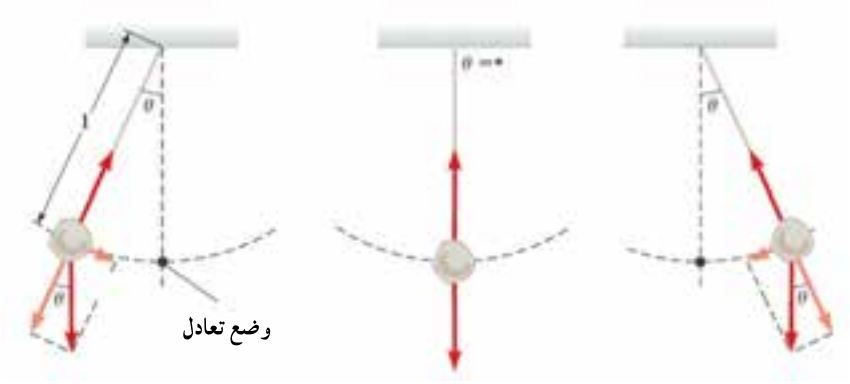
فعالیت ۳ــ۲

۱ــ به کمک یک گلوله و قطعه نخی به طول ۴۰ cm آونگ ساده‌ای بسازید و دورهٔ آن را به ترتیب با زاویه‌های انحراف ۴، ۶ و ۲۰ درجه اندازه بگیرید.

۲ــ گلولهٔ آونگی را که ساخته‌اید به ترتیب با چند گلولهٔ دیگر تعویض کنید. سپس دورهٔ هریک را با زاویهٔ انحراف ۶ درجه اندازه بگیرید.

۹۰

شکل ۲۹ آونگ ساده‌ای را نشان می‌دهد که برای وزنهٔ آن از یک قطعه سنگ کوچک به جرم m استفاده شده‌است. بردار نیروهای وارد بر سنگ و همچنین مؤلفه‌های آنها در شکل نشان داده شده است. نوع هریک از این نیروها را روی شکل بنویسید.



شکل ۲۹

تمرین‌های پیشنهادی

طول آونگی را که درست ثانیه را می‌زند (یعنی $T = ۲s$)، به اندازه $\frac{۱}{۱۰۰}$ طولش اضافه می‌کنیم. این آونگ چند ثانیه در روز عقب می‌افتد؟

پاسخ : تقریباً ۴۳۲s.

آونگی که ثانیه را می‌زند در یک محل ۱۰s در روز جلو می‌رود و در محلی دیگر ۱۰s در روز عقب می‌افتد. g این دو محل را با هم مقایسه کنید.

پاسخ : $\frac{g_۱}{g_۲} = \frac{۸۶۴۳}{۸۶۳۹} = ۱/۰۰۰۵$

۳ــ طول آونگ‌هایی را که ساخته‌اید تغییر دهید و دورهٔ نوسان آنها را با زاویهٔ انحراف ۶ درجه اندازه بگیرید.
نتیجهٔ فعالیت گروه را در کلاس به بحث بگذارید.

فعالیت ۳ــ۳

به کمک یک آونگ ساده شتاب گرانش را در محل سکونت خود اندازه‌گیری کنید. روش کار و نتیجهٔ اندازه‌گیری را به کلاس گزارش کنید.

۳ــ۶ــ تشدید

در بخش‌های قبل دیدیم که وقتی یک نوسانگر ساده نظیر آونگ و یا دستگاه وزنه ــ فنر را از وضع تعادل منحرف می‌کنیم و آن را برای نوسان آزاد می‌گذاریم، دستگاه حول وضع تعادل خود شروع به نوسان می‌کند. این حرکت نوسانی، **نوسان طبیعی یا آزاد دستگاه** نامیده می‌شود. بسامد (یا دورهٔ) نوسان طبیعی از ویژگی‌های ساختاری نوسانگر است. مثلاً، بسامد آونگ سادهٔ کم دامنه به طول آونگ (l) بستگی دارد. یعنی، اگر با دادن انرژی به یک آونگ دامنهٔ نوسان آن را افزایش دهیم (به‌طوری که زاویهٔ انحراف آونگ کوچک باقی بماند) بسامد نوسان‌های آن تغییر نمی‌کند، در حالی که برای تغییر بسامد، لازم است طول آونگ را تغییر دهیم.

هنگامی که نوسانگر را از حالت تعادل خارج می‌کنیم و آن را به نوسان درمی‌آوریم، به علت نیروهای اتلافی از قبیل اصطکاک و مقاومت هوا، دامنهٔ نوسان آن به‌تدریج کاهش می‌یابد و دستگاه پس از چند نوسان می‌ایستد. این نوسان‌ها را **نوسان میرا** می‌نامیم. ساده‌ترین مثال برای نوسان میرا آونگ ساده و نیز تاب بازی در بوستان‌ها است. می‌دانید هنگامی که تاب را به نوسان درمی‌آوریم و آن را رها می‌کنیم پس از تعدادی نوسان می‌ایستد. ولی اگر بخواهیم تاب به نوسان خود ادامه دهد باید به آن نیرو وارد کنیم. مثلاً، می‌توانیم، پس از یک رفت و برگشت، هنگامی که تاب می‌خواهد نوسان بعدی را شروع کند به آن نیرو وارد کنیم. در این حالت دورهٔ وارد کردن نیرو با دورهٔ نوسان تاب برابر است. با اعمال این نیرو دامنهٔ نوسان افزایش می‌یابد و به یک مقدار بیشینه می‌رسد و از این پس حرکت نوسانی بدون کاهش دامنه ادامه می‌یابد. در این حالت نیروی اعمال شده اثر نیروهای اتلافی را خنثی می‌کند.

۹۱

۳ــ۶ــ تشدید

راهنمای تدریس: با وجود این که این بخش «تشدید» نامیده شده است ولی مفاهیم دیگری از قبیل **نوسان طبیعی** و **نوسان‌میرا** نیز در آن مورد بحث قرار گرفته است. در این قسمت ابتدا نگاهی داریم به این مفاهیم و سپس به مفهوم تشدید می‌پردازیم.

تا پیش از این بخش دستگاه‌های نوسانی آرمانی شده‌ای را بررسی کردیم که بدون اصطکاک بودند. همان‌طور که دیدیم در چنین دستگاه‌هایی انرژی مکانیکی کل ثابت است و مجموعه دستگاه برای همیشه و بدون کاهش دامنه به‌طور پیوسته در حرکت نوسانی است. با وجود این همهٔ دستگاه‌های واقعی همواره نیروهای اتلافی دارند و نوسان‌ها با گذشت زمان از بین می‌روند مگر این که انرژی تلف شده را جایگزین کنیم.

کاهش دامنهٔ نوسان به دلیل نیروهای اتلافی سبب‌میرا شدن حرکت نوسانی می‌شود و چنین حرکتی **نوسان‌میرا** نامیده می‌شود. شکل ۳۰ مثالی از یک نوسان‌میرا را نشان می‌دهد. زنگ نوسان کننده‌ای که به حال خود رها شود سر انجام به علت نیروهای میرا کننده (مقاومت هوا و اصطکاک در نقطهٔ آویز) از حرکت باز می‌ایستد.

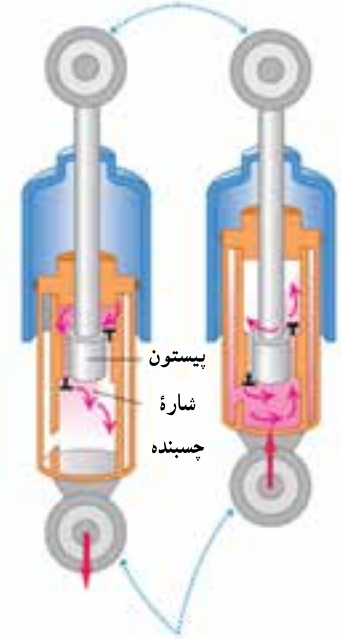
در یک دیاپازون (چنگال کوک) یا سیم تار و سه‌تار در حال ارتعاش، معمولاً تا حد امکان وجود میرایی کم مطلوب است. برعکس، میرایی نقش مفیدی در نوسان‌های دستگاه تعلیق یک اتومبیل ایفا می‌کند. کمک فنرها یک نیروی میرا کننده (که

شکل ۳۰

معمولاً تابع سرعت جسم نوسان کننده است) ایجاد می‌کنند به طوری که وقتی اتومبیل از روی یک ناهمواری می‌گذرد، برای همیشه نوسان خود را ادامه نمی‌دهد (شکل ۳۱). برای راحت‌تر بودن سرنشین‌ها، دستگاه باید با دامنه‌ای که به‌طور یکنواخت کاهش می‌یابد، نوسان کند.

همان‌طور که اشاره شد یک نوسانگرمیرا اگر به حال خود رها شود، سرانجام متوقف می‌شود. اما با وارد کردن نیرویی که

قسمت بالایی استوانه به شاسی اتومبیل وصل شده است و تقریباً ثابت می‌ماند.



قسمت پایین استوانه به محورها و چرخ‌ها وصل است و به بالا و پایین نوسان می‌کند.

شکل ۳۱

نسبت به زمان به‌طور دوره‌ای یا چرخه‌ای و با دورهٔ تناوب و بسامد معین تغییر می‌کند، می‌توان نوسانی با دامنهٔ ثابت ایجاد کرد. برای مثال، شخصی را که در حال تاب بازی است در نظر بگیرید. می‌توانید در هر چرخه اندکی او را به جلو هل دهید و دامنهٔ نوسان او را ثابت نگه دارید. این نیروی اضافی را معمولاً **نیروی محرک** می‌نامند.

اگر به یک نوسانگر هماهنگ‌میرا، نیروی محرکی با بسامد زاویه‌ای که به‌طور دوره‌ای تغییر می‌کند وارد کنیم حرکت ایجاد

شده را نوسان واداشته می‌نامند. این حرکت با حرکت نوسانگر هماهنگ ساده‌ای که فقط از وضع تعادل جابه‌جا شده و سپس رها می‌شود، تفاوت دارد. همان‌طور که دیدیم نوسانگر هماهنگ ساده، با **بسامد زاویه‌ای طبیعی** که توسط رابطهٔ $\omega = \sqrt{k/m}$ تعیین می‌شود نوسان می‌کند. ولی در نوسان وا داشته، بسامد زاویه‌ای که جسم با آن نوسان می‌کند متفاوت است و الزاماً با بسامد زاویه‌ای که دستگاه بدون نیروی محرک نوسان می‌کند برابر نیست.

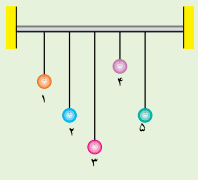
در نوسان‌های واداشته، بسامدهایی وجود دارد که به بسامد طبیعی دستگاه در حال نوسان نزدیک‌اند. در این بسامدها، نوسانگر با دامنهٔ بیشینه‌ای نوسان می‌کند. این واقعیت **تشدید** نامیده می‌شود. فیزیک پُر است از مثال‌های مربوط به تشدید؛ هل دادن کودک نشسته بر تاب با بسامدی برابر با بسامد طبیعی تاب و افزایش تدریجی نوسان‌ها، یکی ازمثال‌های رایج است. لرزش اتومبیل که تنها در یک دور معین موتور با سرعت چرخش چرخ رخ می‌دهد نمونه‌ای آشنا برای همه است.

بلندگوهای ارزان قیمت و نامرغوب وقتی نت موسیقی‌ای با بسامدی برابر با بسامد تشدید مخروط بلندگو یا جعبهٔ بلندگو را تولید می‌کنند اغلب زوزه‌ای آزاردهنده یا وزوزی به همراه دارند. تشدید در مدارهای الکتریکی نیز رخ می‌دهد. مدار تنظیم موج در رادیو یا گیرنده تلویزیون به شدت نسبت به موج‌هایی که بسامدهایی نزدیک به بسامد تشدید دارند واکنش نشان می‌دهند و این امر در انتخاب یک ایستگاه معین و کنار گذاشتن ایستگاه‌های دیگر به‌کار می‌رود.

تشدید در یک سامانهٔ مکانیکی می‌تواند ویرانگر باشد. یک بار گروهی از سربازان که روی پلی رژه می‌رفتند آن را ویران کردند؛ بسامد گام‌های آنها نزدیک به بسامد ارتعاش طبیعی پل بود و نوسان حاصل دامنه‌ای به حد کافی بزرگ داشت و پل فرو ریخت. از آن پس به سربازان فرمان داده شد که قبل از رد شدن از روی پل رژهٔ خود را قطع کنند. سال‌ها پیش، بسامد ارتعاش موتورهای هواپیمای خاصی با بسامد طبیعی بال‌های آن به تشدید درآمدند. نوسان‌های بزرگ در هواپیما تقویت شدند و ناگهان بال‌های آن افتادند.

فعالیت ۳ـ۴

مطابق شکل ۳ـ۱۳به یک میلهٔ افقی آونگ‌های ساده‌ای با طول‌های متفاوت ولی جرم یکسان بیاویزید، به‌طوری که طول آونگ‌های شمارهٔ ۲ و ۵ با یکدیگر برابر باشد. اکنون آونگ شمارهٔ ۵ را از وضع تعادل خارج و آن را رها کنید. حرکت چهار آونگ دیگر را به دقت مشاهده و تجزیه و تحلیل کنید و نتیجهٔ کار گروه را به کلاس گزارش دهید.



شکل ۳ـ۱۳

در این فعالیت با نوسان آونگ شمارهٔ ۵ آونگ‌های ۱ و ۳ و ۴ نیز به نوسان درمی‌آیند، اما پس از چند نوسان می‌ایستند. ولی آونگ شمارهٔ ۲ که دورهٔ آن با آونگ شمارهٔ ۵ یکسان است، در مدت طولانی‌تری می‌ایستد. نتیجه اینکه :

اگر به نوسانگری یک نیروی دوره‌ای اعمال شود، در صورتی که بسامد نیروی اعمال شده با بسامد نوسانگر یکسان باشد، دامنهٔ نوسان تا مقدار بیشینه‌ای افزایش می‌یابد و از آن پس حرکت نوسانی بدون کاهش دامنه ادامه می‌یابد. در این صورت می‌گوییم پدیدهٔ **تشدید** رخ داده است. در حالتی هم که بسامد نیروی اعمال شده با بسامد نوسانگر برابر نیست، انرژی به نوسانگر منتقل می‌شود. مثلاً در فعالیت ۳ـ۴ به آونگ‌های ۱ و ۳ و ۴ انرژی منتقل می‌شود و آنها را به حرکت درمی‌آورد. ولی بیشترین انرژی در حالت تشدید به نوسانگر منتقل می‌شود (مانند آونگ ۲).

پرسش ۳ـ۱

اگر نیروی اتلافی به نوسانگر وارد نشود، پیش‌بینی می‌کنید، در اثر تشدید، نوسانگر چگونه رفتار کند؟

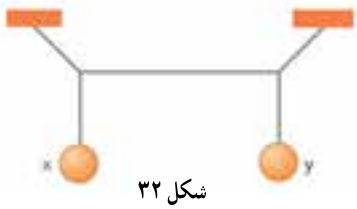
۹۲

پرسش۳ـ۱

پاسخ : اگر نیروی اتلافی نباشد و نیروی محرک به نوسانگر وارد شود، دامنهٔ آن بر اثر تشدید دائماً افزایش می‌یابد.

تمرین پیشنهادی

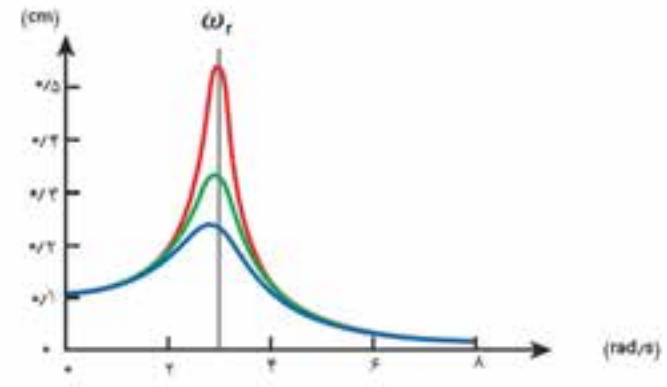
مطابق شکل ۳۲، دو گلولهٔ مشابه را با دو قطعه نخ هم طول از یک نخ کشیدهٔ افقی آویزان کرده‌ایم تا دو آونگ ساده به‌دست آید. اگر گلوله X را در راستایی عمود بر راستای نخ افقی از وضعیت تعادل دور و در حالتی که نخ آن کشیده است رها کنیم، گلولهٔ Y چگونه حرکتی خواهد داشت؟



شکل ۳۲

تشدید؛ از مفهوم تا کاربرد

پدیده‌های تشدیدی در تمام طبیعت، از وِزوِز خطوط انتقال برقِ با ولتاژ زیاد و نوسان ظریف مولکولیِ تحت تابش گرفته تا فرو ریزش فاجعه‌آمیز پلی معلق و حرکت هم گام اجرام سیاره‌ای، قابل مشاهده است. مفهوم بنیادی تشدید، براساس نوسان‌های متقابل یا مکمل دو سیستم بر هم کنش‌کننده متکی است. اگر چه گسترهٔ این اثر سیستم‌هایی از مقیاس زیراتمی تا کهکشان‌ها را در بر می‌گیرد، خصوصیات اصلی آن در تمام این سیستم‌ها شباهت زیادی با هم دارند. تشدیدها اغلب شامل سه جزء اصلی هستند : مشدد، نوسانگر محرک و سازوکار جفت‌شدگی. نخست، مشدد جسمی است که با بسامد نوسانی ویژهٔ ω_r مشخص می‌شود. چنگال‌کوک، یا لوله‌ای با طول معین، یا سیم فلزی نازکی که دو سر آن محکم درگیر شده باشد، مثال‌های متداولی از این مشددها هستند. دوم، نوسانگر که گسترهٔ وسیعی از بسامدها را که شامل ω_r هم می‌شود تولید می‌کند. سوم، انتقال نوسان‌ها از نوسانگر به مشدد نیازمند سازوکاری است که باید وجود داشته باشد. مثال معمولی مشدد، قطعه سیمی است که با طول ثابت تحت کشش قرار دارد. چنین سیمی می‌تواند دارای نوسان باشد و بسامد نوسان آن به میزان کشش و جنس آن بستگی دارد. نوسانگر نیز شامل قطعه سیمی با طول ثابت ولی با کشش قابل تنظیم است تا بتوان بسامد نوسان ω را به دلخواه تغییر داد. سرانجام، امواج صوتی که توسط نوسانگر ایجاد می‌شود، پس از پیمودن فاصلهٔ بینابینی و واداشتن مشدد به نوسان، جفت‌شدگی لازم را فراهم می‌آورد. به نوسان درآوردن نوسانگر با بسامدی که خیلی کوچک‌تر از ω_r باشد، تنها پاسخ بسیار ضعیفی برمی‌انگیزد. ولی وقتی بسامد ω به ω_r نزدیک می‌شود، نوسان شدیدتری حاصل می‌شود. وقتی بسامد به بسامد مشخصهٔ مشدد خیلی نزدیک می‌شود، سیم به شدت مرتعش می‌شود و ممکن است صدایش قابل شنیدن شود. چنانچه افزایش بسامد نوسانگر ادامه یابد، نوسان‌های مشدد ضعیف‌تر می‌شود و بالاخره از بین می‌رود. رسم پاسخ مشدد به صورت تابعی از بسامد نوسانگر، رفتاری به‌دست می‌دهد که در شکل ۳۳ نشان داده شده است. بیشینهٔ پاسخ در نزدیکی ω_r رخ می‌دهد و پهنای این منحنی اطلاعاتی از ماهیت مشدد و جفت‌شدگی آن فراهم می‌کند. برای تشدیدهای با منشأهای متفاوت، اغلب با چنین نموداری که پاسخ مشخصه را به دست می‌دهد روبه‌رو می‌شویم. نمونهٔ کلاسیک و البته قابل مناقشهٔ آن، به صورت رفتار خوانندهٔ اُپرایی مطرح می‌شود که با ایجاد نتی پر بسامد لیوانی بلورین را خرد می‌کند (در این جا نوسانگر خوانندهٔ اصلی اُپرا است؛ مشدد لیوان بلورین است؛ و جفت‌شدگی از طریق امواج صوتی حاصل می‌شود).



شکل ۳۳

چون پدیده‌های همراه با تشدید در بسیاری از جنبه‌های زندگی روزانه رخ می‌دهند، سابقهٔ مشاهدهٔ این پدیده‌ها قدیمی‌تر از هر توصیف تاریخی یا علمی است. صدای انسان، به ویژه آواز، از تشدید تارهای صوتی حاصل می‌شود. به‌علاوه، ادوات موسیقی ساده مانند فلوت، چنگ و تنبک در قدیمی‌ترین فرهنگ‌ها وجود داشته‌اند. بنابراین، برخلاف بسیاری از اثرهای فیزیکی، تشدید کاشف منحصر به‌فرد یا توضیح نظری منحصر به فردی ندارد. پدیدهٔ تشدید در تمام قلمروهای فیزیک، از فیزیک کلاسیک تاکوانتومی، بروز می‌کند. قدیمی‌ترین مطالعهٔ تشدید به یونانیان باستان و فیثاغورس برمی‌گردد، که هماهنگ‌های تارهای مرتعش را توصیف کرد.

ادامهٔ موضوع را می‌توانید در CD ضمیمهٔ
کتاب راهنمای معلم یا وب‌سایت گروه فیزیک ببینید.

راهنمای پاسخ‌یابی تمرین‌های فصل سوم

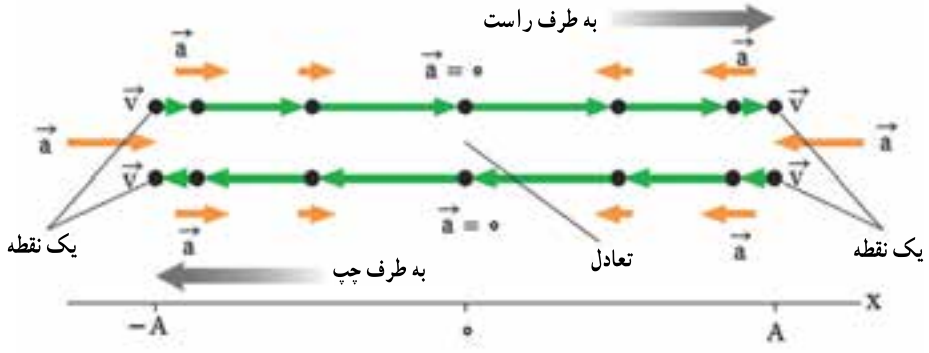
۱ــ همان‌طور که پیش از این نیز دیدیم افزایش یا کاهش دامنه به تنهایی هیچ تأثیری روی دورهٔ تناوب ندارد (شکل ۲۲ را ببینید).

از آنجا که بیشینهٔ سرعت نوسانگر با دامنهٔ نوسان متناسب است، با دو برابر شدن دامنه، بیشینهٔ سرعت نیز دو برابر می‌شود.

با توجه به رابطهٔ $E = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2$، انرژی مکانیکی نوسانگر ۴ برابر می شود.

۲ــ برای پاسخ به این پرسش به شکل ۴۱ توجه کنید. بردار سرعت با رنگ سبز و بردار شتاب با رنگ نارنجی نشان داده شده است.

۳ــ دوباره به شکل ۳۴ توجه کنید. چون جهت نیروی بازگرداننده با جهت شتاب نوسانگر یکی است، بنابراین در حین نوسان، همواره بزرگی و جهت این نیرو تغییر می‌کند. علامت منفی در رابطهٔ $F = -kx$، بیانگر این است که هیچ‌گاه بردار نیرو با بردار جابه‌جایی نوسانگر هم جهت نیست و در خلاف جهت یکدیگرند.



شکل ۳۴

۴ــ از دو رابطهٔ $E = \frac{1}{2} mw^2 A^2$ و $v_{max} = A\omega$

داریم $E = \frac{1}{2} m\, v^2_{max}$

به این ترتیب با دو برابر شدن بیشینهٔ سرعت نوسانگر، انرژی مکانیکی کل آن ۴ برابر می‌شود.

پدیدهٔ تشدید ممکن است مفید و یا برعکس مشکل‌زا باشد. مثلاً در ساعت کوکی این پدیده مفید است. فنر کوک شده یک نیروی دوره‌ای بر رقاصک ساعت اعمال می‌کند که بسامد آن با بسامد نوسان رقاصک برابر است و در نتیجه تشدید رخ می‌دهد و باعث می‌شود که حرکت نوسانی رقاصک ادامه یابد. پدیدهٔ تشدید ممکن است اثر مخرب نیز داشته باشد و باعث تخریب ساختمان‌ها و تأسیسات شود.

تمرین‌های فصل سوم

۱ــ توضیح دهید در حرکت هماهنگ سادهٔ وزنه ــ فنر اگر دامنهٔ نوسان دو برابر شود چه تغییری در دوره، بیشینهٔ سرعت و انرژی مکانیکی نوسانگر ایجاد می‌شود؟

۲ــ جهت سرعت و شتاب را در حرکت هماهنگ ساده، در دو حالت الف و ب، با هم مقایسه کنید و دربارهٔ نتیجهٔ این مقایسه توضیح دهید.

الف) نوسانگر به مبدأ (وضع تعادل) نزدیک می‌شود.

ب) نوسانگر از مبدأ دور می‌شود.

۳ــ آیا در حرکت هماهنگ ساده اندازه و جهت نیروی بازگرداننده ثابت است؟ آیا امکان دارد این نیرو با بردار مکان جسم از مبدأ هم‌جهت باشد؟ توضیح دهید.

۴ــ اگر بیشینهٔ سرعت نوسانگر وزنه ــ فنری دو برابر شود، انرژی کل آن چند برابر می‌شود؟

۵ــ در لحظه‌ای که انرژی جنبشی یک نوسانگر وزنه ــ فنر ۳ برابر انرژی پتانسیل آن است مکان نوسانگر چند برابر دامنهٔ نوسان آن است؟ سرعت و شتاب نوسانگر در این لحظه به‌ترتیب چند برابر بیشینهٔ سرعت و بیشینهٔ شتاب نوسانگر است؟

۶ــ دامنهٔ نوسان یک حرکت هماهنگ ساده 3×10^{-2} m و بسامد آن ۵ هرتز است. معادلهٔ حرکت این نوسانگر را بنویسید و نمودار مکان ــ زمان آن را در یک دوره رسم کنید.

۷ــ معادلهٔ حرکت، سرعت و شتاب هماهنگ ساده‌ای را بنویسید که دامنهٔ آن ۴cm و دورهٔ آن ۰/۴s است. نمودار مکان ــ زمان، سرعت ــ زمان و شتاب ــ زمان را در یک دوره رسم کنید.

۸ــ معادلهٔ حرکت هماهنگ سادهٔ یک نوسانگر در SI به‌صورت $x = 0/05 \sin 20\pi t$ است.

الف) در چه زمانی، پس از لحظهٔ صفر، برای اولین بار سرعت نوسانگر به بیشترین مقدار خود می‌رسد؟

ب) در چه فاصله‌ای از مبدأ انرژی جنبشی نوسانگر برابر با انرژی پتانسیل آن خواهد شد؟

۵ـ $K = ۳U$

$$E = k + U = ۴U \Rightarrow \frac{۱}{۲}m\omega^۲A^۲ = ۴(\frac{۱}{۲}m\omega^۲x^۲)$$

$$x = \pm\frac{A}{۲}$$

$$v = v_{max}\cos(\omega t + \varphi_۰) = v_{max}\sqrt{۱ - \sin^۲(\omega t + \varphi_۰)}$$

$$v = v_{max}\sqrt{۱ - \frac{x^۲}{A^۲}}$$

به ازای $x = \pm\frac{A}{۲}$ داریم.

$$v = \frac{\sqrt{۳}}{۲}v_{max}$$

با توجه به رابطه‌های $a = -w^۲x$ و $a_{max} = Aw$ ، به ازای $x = \pm\frac{A}{۲}$ داریم :

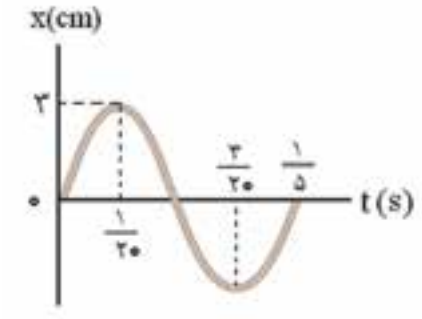
$$a = -\omega^۲(\pm\frac{A}{۲}) = \pm\frac{a_{max}}{۲}$$

۶ـ $A = ۳ \times ۱۰^{-۲}\,m$

$$F = ۵Hz \Rightarrow \omega = ۱۰\pi(rad/s)$$

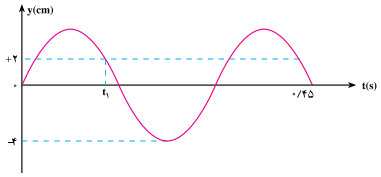
$$x = A\sin\omega t \Rightarrow x = (۳\times۱۰^{-۲}m)\sin۱۰\pi t$$

نمودار این تابع در شکل ۳۵ رسم شده است.



شکل ۳۵

۹ــ نمودار مکان ــ زمان نوسانگری مطابق شکل ۳ــ۱۴ است :
الف) معادله‌های حرکت و سرعت و شتاب این نوسانگر را بنویسید.
ب) اندازهٔ سرعت و شتاب نوسانگر را در لحظهٔ t_1 به‌دست آورید.



شکل ۳ــ۱۴

۱۰ــ پیستون‌های یک اتومبیل ۴ سیلندر در حالت خلاص تقریباً حرکت نوسانی ساده دارند. اگر دامنهٔ نوسان آنها ۵۰ میلی‌متر و بسامد آن ۱۱۰ هرتز باشد، کمیت‌های زیر را به دست آورید.
الف) بیشینهٔ سرعت پیستون‌ها
ب) بیشینهٔ شتاب نوسان آنها

۷ــ $A = ۴cm = ۴ \times ۱۰^{-۲}m$

$T = ۰/۴s$

$x = A\sin\omega t = (۴ \times ۱۰^{-۲}m)\sin ۵\pi t$

۸ــ الف) وقتی نوسانگر در وضع تعادل ($x = ۰$) است، بزرگی سرعت آن بیشینه است.

به ازای $x = ۰$ داریم :

$x = ۰/۰۵\sin ۲۰\pi t$

$۰ = ۰/۰۵\sin ۲۰\pi t \Rightarrow ۲۰\pi t = n\pi \quad n = ۰, ۱, \cdots$

به ازای $n = ۱$ برای نخستین بار (پس از لحظهٔ صفر) مکان نوسانگر صفر و در نتیجه سرعت آن بیشینه می‌شود. پس :

$۲۰\pi t = \pi \Rightarrow t = \frac{۱}{۲۰}s$

ب) $U = K \Rightarrow E = ۲U$

$\frac{۱}{۲}kA^۲ = ۲(\frac{۱}{۲}kx^۲)$

$x = \pm\frac{\sqrt{۲}}{۲}A$

۹ــ الف)

$x = (۲\times ۱۰^{-۲}m)\sin\frac{۲۰\pi t}{۳}$

$v = (۰/۴ m/s)\cos\frac{۲۰\pi t}{۳}$

$a = (-۹ m/s^۲)\sin\frac{۲۰\pi t}{۳}$

ب) زمان $t_۱ = \frac{۳}{۴۰}s$ خواهد شد که با جای‌گذاری در معادله‌های قسمت (الف) به سادگی می‌توان مقدار سرعت و شتاب را پیدا کرد.

۱۰ــ الف) $v_{max} = A\omega = (۵۰\times ۱۰^{-۳}m)(۲\times ۳/۱۴\times ۱۱۰ rad/s) = ۳۴/۵۴ m/s$

ب) $a_{max} = A\omega^۲ = (۵۰\times ۱۰^{-۳}m)(۲\times ۳/۱۴\times ۱۱۰ rad/s)^۲ = ۲۳۸۶/۰۲ m/s^۲$

برای دیدن نمونه آزمون تشریحی و چهارگزینه‌ای فصل به CD ضمیمهٔ کتاب راهنمای معلم یا وب‌سایت گروه فیزیک مراجعه کنید.