مقدمه مؤلّفان

- تقدیم به آدم‌های تک‌فام (مجیدساکی)
- تقدیم به ثابتِ شتابِ گرانشی‌ام، همسرم! (احسان حسینیان)

سلام به همگی...

امتحان نهایی دیگه مثل قدیم‌ها نیست و توی قبولی کنکور سهم بسیار مهمی رو به خودش اختصاص داده. پس باید یه حساب ویژه روی اون باز کرد و تمام تلاش ممکن رو برای گرفتن نمرهٔ ۲۰ انجام داد. برای گرفتن یه نمرهٔ ۲۰ درست‌حسابی کافیه که دو تا کار زیر رو انجام بدید...!

۱- تهیهٔ کتاب بانک نهایی فیزیک (۳) خیلی‌سبز (که انجام دادی...) ۲- مطالعهٔ دقیق کتاب و حل سؤالات آن

اما چرا می‌شه با این کتاب نمرهٔ ۲۰ امتحان نهایی رو گرفت؟

۱ تمام تیپ سؤال‌های امتحان نهایی‌های برگزارشده در این کتاب گردآوری شده است.

۲ تمام تمرینات، پرسش‌ها، متن، فعالیت و هر آن‌چه که در کتاب درسی هست و می‌تواند در امتحان نهایی مطرح شود به صورت سؤالات کاملاً استاندارد با همان رویکرد امتحان نهایی تألیف شده است.

۳ پاسخ‌های کاملاً تشریحی آورده شده است تا شما با خواندن آن به مباحث تسلط عالی پیدا کنید.

۴ درس‌نامهٔ خلاصه اما حاوی تمام نکات آورده شده است تا در زمان کم، تمام موضوعات را مرور کنید.

۵ در انتهای کتاب چند دوره آزمون سال‌های گذشته نیز آورده شده است تا قبل از امتحان نهایی، بتوانید از خودتان امتحان نهایی بگیرید.

تشکر و قدردانی از:

- دکتر کمیل نصری عزیز مدیر انتشارات که حمایت‌های ایشان باعث دلگرمی ما بود.
- آقای احمد علی‌نژاد مدیر تألیف کتاب که نظرات ارزشمند و راهنمایی‌های ایشان در تمام مراحل تألیف شامل حال ما شد.
- مهدی هاشمی، دوست، همکار و مؤلف کاردُرست فیزیک که با بیان نظرات و حساسیت‌ها در بالابردن سطح کیفی کتاب بسیار مؤثر بود.
- کارشناسان و ویراستاران حرفه‌ای و درجه یک فیزیک، خانم‌ها مریم گلی‌حسن‌لو، نرجس تیمناک، لیلا حافظی، مریم اصلانی‌فر، سارا جوادی و آقایان کیوان صارمی، فرزاد نامی و آرمین کمالی بابت دقت‌نظر، بهبود کیفی و دلسوزی‌های ارزشمندشان و سرکار خانم ضحی امیری که با پیگری‌های فراوان، نظم بالا و برنامه‌ریزی عالی در به چاپ رسیدن کتاب بسیار کمک کردند.
- تیم تولید خیلی‌سبز که واقعاً کارشان حرف ندارد.

با آرزوی بهترین‌ها

فهرست مطالب

	سؤال	درسنامه + پاسخ
فصل اول: حرکت بر خط راست		
بخش اول: مسافت و جابه‌جایی، تندی و سرعت متوسط، معادله و نمودار مکان ـ زمان	۵	۶۷
بخش دوم: تندی و سرعت لحظه‌ای ـ شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای ـ نمودار سرعت ـ زمان	۸	۷۱
بخش سوم: معادلات و مسائل حرکت با سرعت ثابت	۱۱	۷۴
بخش چهارم: معادلات و مسائل حرکت با شتاب ثابت	۱۳	۷۷
بخش پنجم: بررسی نمودارهای حرکت با شتاب ثابت	۱۵	۸۰
بخش ششم: سقوط آزاد	۱۷	۸۳
فصل دوم: دینامیک و حرکت دایره‌ای		
بخش اول: نیرو و قانون اول نیوتون	۱۹	۸۵
بخش دوم: قانون دوم نیوتون	۲۰	۸۶
بخش سوم: قانون سوم نیوتون	۲۱	۸۷
بخش چهارم: نیروی وزن و نیروی مقاومت شاره	۲۲	۸۸
بخش پنجم: نیروی عمودی سطح و حرکت آسانسور	۲۴	۹۰
بخش ششم: نیروی اصطکاک	۲۵	۹۲
بخش هفتم: نیروی کشسانی فنر	۲۷	۹۵
بخش هشتم: نیروی کشش طناب	۲۹	۹۶
بخش نهم: تکانه و قانون دوم نیوتون	۳۰	۹۷
بخش دهم: حرکت دایره‌ای یکنواخت	۳۱	۹۹
بخش یازدهم: نیروی گرانشی	۳۲	۱۰۱
فصل سوم: نوسان و موج		
بخش اول: نوسان دوره‌ای و حرکت هماهنگ ساده	۳۴	۱۰۳
بخش دوم: انرژی در حرکت هماهنگ ساده	۳۷	۱۰۶
بخش سوم: امواج مکانیکی	۳۸	۱۰۹
بخش چهارم: امواج الکترومغناطیسی	۴۱	۱۱۲
بخش پنجم: صوت و اثر دوپلر	۴۲	۱۱۳
فصل چهارم: برهم‌کنش‌های موج		
بخش اول: بازتاب موج	۴۵	۱۱۶
بخش دوم: شکست موج	۴۷	۱۱۹
بخش سوم: پراش و تداخل امواج	۵۰	۱۲۱
فصل پنجم: آشنایی با فیزیک اتمی		
بخش اول: اثر فوتوالکتریک و فوتون	۵۴	۱۲۶
بخش دوم: طیف خطی و بررسی رشته خط‌های طیف گسیلی هیدروژن اتمی	۵۶	۱۲۸
بخش سوم: بررسی مدل‌های اتمی	۵۷	۱۳۰
بخش چهارم: طیف جذبی گاز هیدروژن اتمی و موفقیت‌ها و نارسایی‌های مدل بور	۵۸	۱۳۲
بخش پنجم: لیزر	۶۰	۱۳۴
فصل ششم: آشنایی با فیزیک هسته‌ای		
بخش اول: ساختار هسته	۶۱	۱۳۴
بخش دوم: پرتوزایی طبیعی و نیمه‌عمر	۶۲	۱۳۶
بخش سوم: شکافت و گداخت (هم‌جوشی) هسته‌ای	۶۴	۱۳۹
ضمیمه: امتحانات نهایی		
امتحان شماره ۱: خرداد ۱۴۰۰	۱۴۲	۱۵۲
امتحان شماره ۲: شهریور ۱۴۰۰	۱۴۴	۱۵۳
امتحان شماره ۳: خرداد ۱۴۰۱	۱۴۶	۱۵۴
امتحان شماره ۴: شهریور ۱۴۰۱	۱۴۹	۱۵۵

فصل ۳ نوسان و موج

مشاوره

سلام؛ به فصل نوسان و موج رسیدیم. این فصل تا ابتدای موج طولی توی امتحان نیم‌سال اول حدود ۴/۵ نمره رو داره. در امتحان نهایی این فصل ۳/۷۵ نمره داره. معمولاً سؤالات این فصل در امتحان نهایی سطح متوسطی داره. هر چیزی که نیاز هست تا شما بتونید نمرهٔ کامل این فصل رو بگیرید، ما براتون آماده کردیم...

درصد اهمیت و پراکندگی بارم امتحانی فصل نوسان و موج

بخش ۱ نوسان دوره‌ای و حرکت هماهنگ ساده

صفحهٔ ۶۲ تا ۶۵ و ۶۷ کتاب درسی

درس‌نامهٔ ۱ را در صفحهٔ ۱۰۳ ببینید.

■ عبارت مناسب را از درون پرانتز انتخاب کنید.

۴۱۲- مدت‌زمان یک چرخه (دورهٔ تناوب ـ بسامد) نامیده می‌شود.

۴۱۳- تعداد نوسان‌های کامل در یک ثانیه (دورهٔ تناوب ـ بسامد) نامیده می‌شود.

۴۱۴- در حرکت هماهنگ ساده، دامنهٔ نوسان، بیشینهٔ فاصلهٔ نوسانگر از (نقطهٔ تعادل ـ نقطهٔ بازگشتی) است. (دی ۹۹ تجربی)

۴۱۵- تندی نوسانگر هنگام رسیدن به (نقطهٔ تعادل ـ نقطهٔ بازگشت) بیشینه است.

۴۱۶- اندازهٔ شتاب نوسانگر هنگام رسیدن به (نقطهٔ تعادل ـ نقطهٔ بازگشت) بیشینه است.

۴۱۷- حرکت هماهنگ ساده یک حرکت با شتاب (ثابت ـ متغیر) است.

■ جای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب پر کنید.

۴۱۸- شتاب نوسانگر در نقطهٔ تعادل ..... است. (شهریور ۱۴۰۱ تجربی)

۴۱۹- بسامد زاویه‌ای نوسانگر جرم ـ فنر با جذر ..... نسبت وارون دارد. (شهریور ۱۴۰۱ تجربی)

۴۲۰- وسیله‌ای برای ثبت نوسان‌ها، ..... نام دارد.

۴۲۱- اگر در سامانهٔ جرم ـ فنر، به ازای جرم معین، ثابت فنر را کاهش دهیم، دورهٔ نوسان‌ها ..... می‌یابد. (شهریور ۱۴۰۰ ریاضی)

۴۲۲- افزایش جرم در یک سامانهٔ جرم ـ فنر، باعث می‌شود که دورهٔ نوسان‌ها ..... شود. (خرداد ۹۸ ریاضی)

۴۲۳- با افزایش جرم گلولهٔ آونگ ساده، دورهٔ نوسان آن ..... .

۴۲۴- اگر آونگ ساده‌ای را از سطح زمین به سطح ماه انتقال دهیم، دورهٔ نوسان آونگ ساده ..... می‌یابد. (شهریور ۱۴۰۱ تجربی)

۴۲۵- به نوسانی که در آن به نوسانگر یک نیروی خارجی متناوب وارد می‌شود، ..... گفته می‌شود. (شهریور ۱۴۰۱ تجربی)

■ درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.

۴۲۶- تکان‌خوردن شاخه‌های درخت در باد یک حرکت نوسانی دوره‌ای است.

۴۲۷- به تعداد نوسان‌های کامل در هر ثانیه، دورهٔ تناوب گفته می‌شود.

۴۲۸- اندازهٔ شتاب نوسانگر در نقاط بازگشتی صفر است. (خرداد ۹۸ تجربی)

۴۲۹- بیشینهٔ تندی نوسانگر مربوط به دو انتهای مسیر $(x = \pm A)$ است. (شهریور ۹۸ ریاضی)

۴۳۰- بیشینهٔ تندی نوسانگر در حرکت هماهنگ ساده با بسامد زاویه‌ای به طور مستقیم متناسب است. (شهریور ۱۴۰۰ تجربی)

۴۳۱- هنگامی که تندی نوسانگر صفر است، اندازهٔ شتاب آن بیشینه است.

۴۳۲- با افزایش ثابت فنر در سامانهٔ جرم ـ فنر (با جرم یکسان) دورهٔ تناوب نوسان‌ها کوتاه‌تر می‌شود. (شهریور ۱۴۰۱ تجربی)

۴۳۳- دورهٔ تناوب سامانهٔ جرم ـ فنر، با یک فنر معین ولی وزنه‌های متفاوت، با جذر جرم وزنه، به طور مستقیم متناسب است. (دی ۱۴۰۰ تجربی)

۴۳۴- دورهٔ تناوب آونگ ساده، به جرم و دامنهٔ آن بستگی دارد. (شهریور ۱۴۰۰ تجربی)

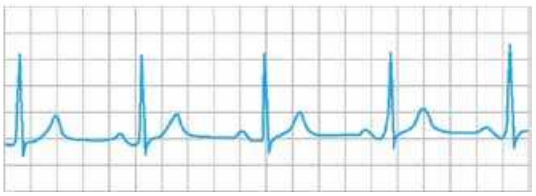
۴۳۵- با افزایش دما در یک منطقه، ساعت آونگ‌دار (با آونگ ساده) عقب می‌افتد. (خرداد ۹۸ تجربی)

۴۳۶- با بردن ساعت آونگ‌دار به منطقه‌ای با شتاب گرانشی بیشتر، ساعت آونگ‌دار عقب می‌افتد.

۴۳۷- نوسان تاب بدون هُل‌دادن یک نوسان نامیرا است. (خرداد ۱۴۰۱ تجربی)

■ به پرسش‌های زیر دربارهٔ حرکت نوسانی پاسخ کوتاه دهید.

۴۳۸- شکل مقابل، چگونه نوسانی را نشان می‌دهد؟ (دی ۹۸ ریاضی)



۴۳۹- تعداد چرخه‌ها در مدت یک ثانیه را چه می‌گویند؟ (دی ۹۹ ریاضی)

۴۴۰- به مدت‌زمان یک چرخه (یک نوسان کامل) چه می‌گویند؟ (دی ۱۴۰۰ ریاضی)

۴۴۱- شتاب در حرکت هماهنگ ساده ثابت است یا متغیر؟ (دی ۹۸ ریاضی)

۴۴۲- با افزایش دامنهٔ نوسان یک سامانهٔ وزنه ـ فنر، دورهٔ تناوب آن چگونه تغییر می‌کند؟

۴۴۳- اگر جرم گلولهٔ آونگ ساده‌ای که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد را افزایش دهیم، بسامد نوسان آن چگونه تغییر می‌کند؟

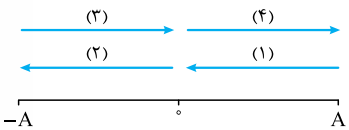
۴۴۴- اگر در یک محیط، طول آونگ ساده‌ای را کاهش دهیم، دورهٔ تناوب آن چه تغییری می‌کند؟ (خرداد ۱۴۰۱ ریاضی)

۴۴۵- از بین کمیت‌های زیر، دو عامل مؤثر بر دورهٔ تناوب آونگ ساده را مشخص کنید و در پاسخ‌برگ بنویسید. (دی ۹۷ تجربی)

شتاب گرانشی ـ جرم وزنهٔ آونگ ـ دامنه ـ طول آونگ

۴۴۶- به کمک کدام وسیله می‌توان شتاب گرانشی یک محل را اندازه گرفت؟ (دی ۱۴۰۰ ریاضی)

۴۴۷- حرکت یک نوسانگر که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد در یک نوسان کامل مطابق شکل به ۴ قسمت تقسیم شده است. با توجه به شکل به سؤالات زیر پاسخ دهید: (جهت فلش‌ها جهت حرکت نوسانگر را نشان می‌دهد.)



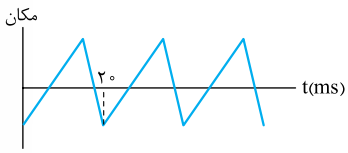
الف) حرکت نوسانگر در کدام قسمت یا قسمت‌ها تندشونده است؟

ب) بردار شتاب نوسانگر در قسمت (۴) در جهت محور x است یا در خلاف آن؟

پ) اندازهٔ شتاب نوسانگر در قسمت (۱) چگونه تغییر می‌کند؟

■ مسائل زیر را حل کنید.

۴۴۸- شکل مقابل نمودار مکان ـ زمان یک نوسانگر را نشان می‌دهد. بسامد نوسان این نوسانگر چند هرتز است؟

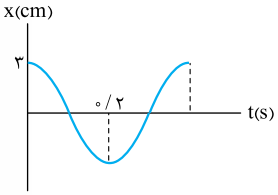


۴۴۹- معادلهٔ مکان ـ زمان نوسانگر هماهنگ ساده‌ای با دامنهٔ $0/06\ m$ و بسامد $2/5\ Hz$ را بنویسید. (با فرض این‌که در لحظهٔ $t = 0\ s$ نوسانگر در بیشینهٔ فاصله از نقطهٔ تعادل $(x = +A)$ باشد.) (شهریور ۹۹ تجربی)

۴۵۰- جرمی متصل به یک فنر با دورهٔ $5\ s$ و دامنهٔ $4\ cm$ در راستای قائم در حال نوسان است. پس از گذشت $\frac{5}{6}\ s$ از لحظهٔ رهاشدن جرم از بالای نقطهٔ تعادل، جابه‌جایی آن از وضع تعادل چند سانتی‌متر است؟ (مطابق تمرین کتاب درسی)

۴۵۱- نوسانگری که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد، در هر دقیقه، ۱۲۰ بار طول پاره‌خط نوسان که $40\ cm$ است را طی می‌کند. معادلهٔ مکان ـ زمان آن را در SI بنویسید.

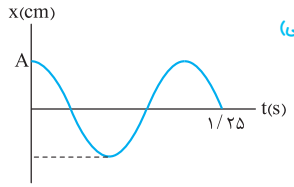
۴۵۲- نمودار مکان ـ زمان یک حرکت هماهنگ ساده به شکل روبه‌رو است. (دی ۱۴۰۰ ریاضی)



الف) دورهٔ این حرکت چه‌قدر است؟

ب) معادلهٔ حرکت آن را بنویسید.

۴۵۳- نمودار مکان ـ زمان حرکت هماهنگ سادهٔ یک نوسانگر به شکل مقابل است: (خرداد ۱۴۰۱ ریاضی)



الف) بسامد زاویه‌ای این نوسانگر را حساب کنید.

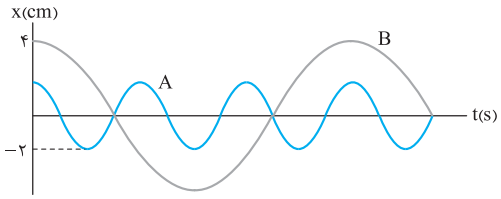
ب) در چه مکانی تندی نوسانگر بیشینه است؟

۴۵۴- دامنهٔ نوسان یک حرکت هماهنگ ساده، $۰/۱\ m$ و دورهٔ تناوب آن $۰/۴\ s$ است. (این نوسانگر در مبدأ زمان، در انتهای مثبت مسیر نوسان قرار دارد.) (دی ۹۹ تجربی)

الف) معادلهٔ مکان ـ زمان این نوسانگر را بنویسید.

ب) نمودار مکان ـ زمان این نوسانگر را در یک دورهٔ تناوب رسم کنید.

۴۵۵- نمودار مکان ـ زمان دو نوسانگر A و B که روی محور x حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهند به صورت شکل مقابل است.



الف) بسامد نوسانگر A چند برابر بسامد نوسانگر B است؟

ب) بیشینهٔ تندی نوسانگر A چند برابر بیشینهٔ تندی نوسانگر B است؟

پ) بیشینهٔ شتاب نوسانگر A چند برابر بیشینهٔ شتاب نوسانگر B است؟

۴۵۶- معادلهٔ حرکت یک نوسانگر هماهنگ ساده در SI به صورت $x = ۰/۰۲\cos(۱۰\pi t)$ است. $(\pi \simeq \sqrt{۱۰})$ (خرداد ۹۹ تجربی با تغییر، مشابه شهریور ۱۴۰۱ تجربی)

الف) بسامد نوسان چند هرتز است؟

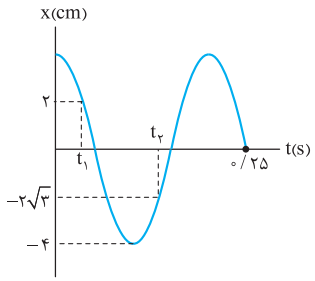
ب) اندازهٔ بیشترین شتاب حرکت این نوسانگر چه‌قدر است؟

پ) در چه لحظه‌ای برحسب ثانیه پس از $t = ۰$ برای اولین بار شتاب نوسانگر صفر می‌شود؟

ت) بیشینهٔ تندی نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟

ث) در چه لحظه‌ای برحسب ثانیه پس از $t = ۰$ برای دومین بار تندی نوسانگر صفر می‌شود؟

۴۵۷- نمودار مکان ـ زمان نوسانگری که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد به صورت شکل مقابل است. (مطابق تمرین کتاب درسی)



الف) معادلهٔ مکان ـ زمان نوسانگر را بنویسید.

ب) لحظهٔ $t_۱$ را برحسب ثانیه به دست بیاورید.

پ) شتاب نوسانگر در لحظهٔ $t_۲$ چند متر بر مربع ثانیه است؟ $(\pi^۲ \simeq ۱۰)$

۴۵۸- رابطهٔ شتاب مکان یک نوسانگر که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد در SI به صورت $a = -۴\pi^۲x$ است. اگر جرم نوسانگر $۲۰\ g$ و دامنهٔ نوسان آن $۱۰\ cm$ باشد:

الف) دورهٔ نوسان نوسانگر چند ثانیه است؟

ب) بیشینهٔ نیروی وارد بر نوسانگر چند نیوتون است؟

۴۵۹- جسمی به جرم $۰/۲۵\ kg$ به فنری با ثابت $۱۰۰\ N/m$ متصل است و روی سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارد. جسم را به اندازهٔ $۰/۰۴\ m$ می‌کشیم و رها می‌کنیم. جسم روی سطح افقی شروع به نوسان می‌کند. بسامد زاویه‌ای این سامانهٔ جرم ـ فنر چند رادیان بر ثانیه است؟ (شهریور ۹۸ تجربی)

۴۶۰- وزنه‌ای به جرم $۴\ kg$ به فنری با ثابت $۴۰۰\ N/m$ متصل است. وزنه را از نقطهٔ تعادل $۴\ cm$ کشیده و رها می‌کنیم. اگر مکان وزنه در لحظهٔ رهاشدن $x = +۴\ cm$ باشد، نوسانگر در لحظهٔ $t = \frac{\pi}{۴۰}\ s$ در چه فاصله‌ای از نقطهٔ تعادل $(x = ۰)$ است؟ (مطابق تمرین کتاب درسی)

۴۶۱- جرم خودرویی به همراه سرنشینان آن $۲۰۰۰\ kg$ است. این خودرو دارای ۴ کمک‌فنر مشابه با ثابت $۲۰\ N/cm$ است. اگر خودرو درون چاله‌ای بیفتد، بسامد نوسان آن چند هرتز خواهد بود؟ $(g = ۱۰\ m/s^۲ ،\ \pi \simeq ۳)$ و فرض کنید وزن خودرو به طور یکنواخت روی کمک‌فنرها پخش شده است.) (مطابق تمرین کتاب درسی)

۴۶۲- وزنه‌ای به جرم $۲\ kg$ را از فنری آویزان می‌کنیم. هنگامی که وزنه به تعادل می‌رسد، طول فنر $۱۰\ cm$ زیاد می‌شود. اگر وزنه‌ای به وزن $۵\ N$ را به این فنر متصل کنیم و روی سطح افقی به نوسان در بیاوریم، دورهٔ نوسان آن چند ثانیه می‌شود؟ $(g = ۱۰\ N/kg)$ (مطابق تمرین کتاب درسی)

۴۶۳- جسمی به جرم m به فنری متصل است و با دورهٔ نوسان $۰/۴\ s$ در حال نوسان است. اگر جرم متصل به فنر را $۲\ kg$ افزایش دهیم دورهٔ نوسان $۰/۶\ s$ می‌شود. $(\pi \simeq \sqrt{۱۰}, g = ۱۰\ N/kg)$ (مطابق تمرین کتاب درسی)

الف) m چند کیلوگرم است؟

ب) ثابت فنر چند واحد SI است؟

۴۶۴- در مکانی که مقدار شتاب گرانشی $9/75\ m/s^2$ است، دورهٔ تناوب یک آونگ سادهٔ در حال نوسان، ۲ ثانیه است. (شهریور ۹۹ ریاضی)

الف) طول آونگ چند متر است؟ $(\pi^2 = 10)$

ب) آیا جرم آونگ تأثیری در بسامد آونگ دارد؟

۴۶۵- طول آونگ ساده‌ای ۱۶۰ سانتی‌متر است. تعداد ۵۰ نوسانِ این آونگ، چند دقیقه طول می‌کشد؟ $(g = 10\ m/s^2, \pi = 3)$ (خرداد ۹۸ ریاضی)

بخش ۲ انرژی در حرکت هماهنگ ساده

درس‌نامهٔ ۲ را در صفحهٔ ۱۰۶ ببینید. صفحهٔ ۶۶ تا ۶۹ کتاب درسی

■ در هر یک از گزاره‌های زیر، جای خالی را با واژهٔ مناسب پر کنید.

۴۶۶- در نقطهٔ تعادل حرکت هماهنگ سادهٔ سامانهٔ جرم ـ فنر، انرژی ..... نوسانگر صفر است. (دی ۹۹ تجربی)

۴۶۷- انرژی مکانیکی هر نوسانگر هماهنگ ساده، با مربع دامنه ..... است. (خرداد ۹۸ ریاضی)

۴۶۸- انرژی پتانسیل سامانهٔ جرم ـ فنر در نقاط بازگشتی ..... است. (شهریور ۹۹ تجربی)

۴۶۹- با کاهش تندی نوسانگر، انرژی ..... نوسانگر ثابت می‌ماند. (شهریور ۹۹ تجربی)

۴۷۰- وقتی سطح اصطکاک ندارد، انرژی مکانیکی سامانهٔ نوسانگر، ..... می‌ماند. (شهریور ۱۴۰۰ ریاضی)

۴۷۱- در لحظه‌ای که نیروی وارد بر نوسانگر جرم ـ فنر بیشینه است، انرژی پتانسیل نوسانگر ..... است. (خرداد ۹۷ ریاضی)

۴۷۲- نوسان‌هایی با اعمال یک نیروی خارجی، نوسان‌های ..... نام دارند. (خرداد ۹۸ ریاضی)

۴۷۳- در پدیدهٔ تشدید، بسامد نیروی خارجی ..... بسامد طبیعی نوسانگر است.

■ درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.

۴۷۴- با نزدیک‌شدن نوسانگر به نقطهٔ بازگشتی، انرژی مکانیکی نوسانگر افزایش می‌یابد.

۴۷۵- انرژی مکانیکی نوسانگر با مربع بسامد آن نسبت مستقیم دارد.

۴۷۶- تاب‌خوردن کودکی که به طور دوره‌ای هل داده می‌شود، مثالی از نوسان واداشته است. (دی ۱۴۰۰ تجربی)

۴۷۷- نوسان تاب بدون هُل‌دادن یک نوسان نامیرا است. (خرداد ۱۴۰۱ تجربی)

۴۷۸- اگر یک آونگ با بسامدی برابر با بسامد طبیعی آن به نوسان درآید، برای آونگ، تشدید (رزونانس) رخ می‌دهد. (شهریور ۱۴۰۰ تجربی)

■ به پرسش‌های زیر پاسخ کوتاه دهید.

۴۷۹- وقتی نوسانگر به نقاط بازگشتی نزدیک می‌شود، انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد یا کاهش؟ (خرداد ۱۴۰۱ ریاضی)

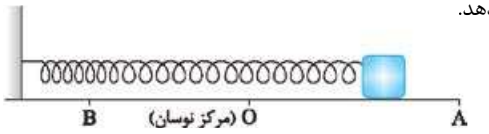
۴۸۰- انرژی پتانسیل نوسانگر، در وسط مسیر نوسان (نقطهٔ تعادل) چه‌قدر است؟ (دی ۱۴۰۰ ریاضی)

۴۸۱- انرژی جنبشی نوسانگر در دو انتهای مسیر چه‌قدر است؟ (دی ۹۹ ریاضی)

۴۸۲- نوسانگرها با اعمال یک نیروی خارجی، می‌توانند چنین نوسان‌هایی انجام دهند. (دی ۹۹ ریاضی)

۴۸۳- اگر بسامد نوسان‌های واداشته با بسامد نوسان طبیعی نوسانگر برابر باشد، چه اتفاقی می‌افتد؟ (دی ۱۴۰۰ ریاضی)

۴۸۴- مطابق شکل وزنهٔ متصل به فنر روی پاره‌خط AB حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد.



خانه‌های الف، ب و پ جدول زیر را با کلمه‌های (بیشینه ـ ثابت ـ صفر) کامل کنید.

کمیت / مکان	A	O	B
انرژی جنبشی	-	الف	-
انرژی پتانسیل	ب	پ	-

■ مسائل زیر را حل کنید.

۴۸۵- دامنهٔ حرکت نوسانگری به جرم ۲۰۰ g برابر ۵ سانتی‌متر و بسامد آن ۰/۵ هرتز است. انرژی مکانیکی نوسانگر چند ژول است؟ $(\pi^2 = 10)$ (شهریور ۹۹ ریاضی)

۴۸۶- دامنهٔ نوسان یک نوسانگر جرم ـ فنر در حرکت هماهنگ ساده $0/2\ m$ و ثابت فنر آن $200\ N/m$ است. انرژی مکانیکی نوسانگر در لحظهٔ عبور از $x=+\frac{A}{2}$ چند ژول است؟ (برگرفته از کتاب درسی و مشابه خرداد ۱۴۰۱ تجربی)

۴۸۷- معادلهٔ حرکت هماهنگ سادهٔ یک نوسانگر در SI به صورت $x=0/05\cos 5\pi t$ است. در چه لحظه‌ای پس از زمان صفر، برای دومین بار انرژی جنبشی آن بیشینه می‌شود؟ (خرداد ۹۸ ریاضی)

۴۸۸- معادلهٔ حرکت هماهنگ سادهٔ یک نوسانگر در SI به صورت $x=0/02\cos 10\pi t$ است. (دی ۹۷ تجربی)

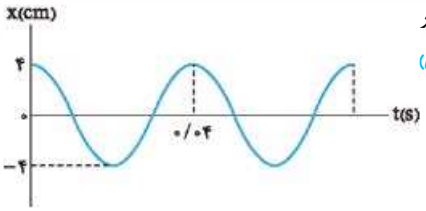
الف) بیشینهٔ تندی این نوسانگر چه‌قدر است؟ $(\pi=3)$

ب) در چه زمانی پس از لحظهٔ صفر برای نخستین بار انرژی پتانسیل نوسانگر بیشینه است؟

۴۸۹- انرژی مکانیکی یک نوسانگر وزنه ـ فنر که روی سطح افقی بدون اصطکاکی در حال نوسان است برابر $10\ J$ و جرم وزنهٔ این نوسانگر $0/4\ kg$ است. در لحظه‌ای که انرژی جنبشی نوسانگر برابر انرژی پتانسیل آن است، تندی حرکت نوسانگر چند m/s است؟ (دی ۱۴۰۰ تجربی)

۴۹۰- معادلهٔ مکان ـ زمان حرکت هماهنگ سادهٔ یک نوسانگر به جرم $100\ g$ در SI به صورت $x=0/1\cos(20\pi t)$ است. در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل ۳ برابر انرژی جنبشی نوسانگر است، تندی نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟ $(\pi\ \ \sqrt{10})$

۴۹۱- در شکل مقابل نمودار مکان ـ زمان نوسانگر هماهنگ سادهٔ جرم ـ فنری نشان داده شده است. اگر ثابت فنر این نوسانگر $60\ N/m$ باشد: (خرداد ۹۸ تجربی)

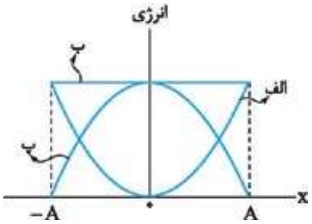


الف) انرژی مکانیکی این نوسانگر چند ژول است؟

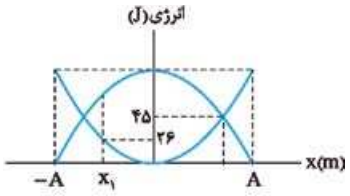
ب) در چه لحظه‌ای برای سومین بار پس از $t=0$ انرژی جنبشی نوسانگر بیشینه می‌شود؟

پ) جرم نوسانگر چند گرم است؟ $(\pi^2=10)$

۴۹۲- شکل مقابل، نمودار تبدیل انرژی در حین حرکت هماهنگ سادهٔ یک سامانهٔ جرم ـ فنر روی سطح افقی (بدون اصطکاک) را نشان می‌دهد. نام هر یک از انرژی‌های «الف، ب و پ» را بنویسید. (شهریور ۱۴۰۰ تجربی)



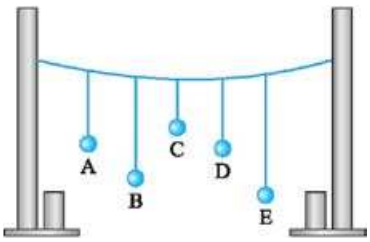
۴۹۳- نمودار انرژی‌های جنبشی و پتانسیل نوسانگری به جرم $20\ g$ که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد، مطابق شکل مقابل است.



الف) انرژی مکانیکی نوسانگر چند ژول است؟

ب) تندی نوسانگر در لحظه‌ای که نوسانگر از مکان x_1 عبور می‌کند، چند متر بر ثانیه است؟

۴۹۴- در شکل مقابل، چند آونگ را از سیمی آویخته‌ایم. آونگ (A) را به نوسان درمی‌آوریم. کدام آونگ با دامنهٔ بزرگ‌تری به نوسان درمی‌آید؟ توضیح دهید. (خرداد ۱۴۰۰ ریاضی)



۴۹۵- طول آونگ‌های سادهٔ A، B، C و D به ترتیب $L_A=15\ cm$، $L_B=50\ cm$، $L_C=70\ cm$ و $L_D=20\ cm$ است. این آونگ‌ها را به یک میلهٔ افقی وصل می‌کنیم. اگر میله با بسامد زاویه‌ای در محدودهٔ $\omega=5\ rad/s$ تا $\omega=10\ rad/s$ به نوسان در بیاید، کدام آونگ یا آونگ‌ها با دامنهٔ بیشتری نوسان می‌کنند؟ $(g=10\ m/s^2)$ (مطابق تمرین کتاب درسی)

بخش ۳ امواج مکانیکی

صفحهٔ ۶۹ تا ۷۴ و ۷۷ تا ۷۸ کتاب درسی

درس‌نامهٔ ۳ را در صفحهٔ ۱۰۹ ببینید.

جاهای خالی را با عبارت یا کلمهٔ مناسب پر کنید.

۴۹۶- به هر یک از برآمدگی‌ها یا فرورفتگی‌های ایجادشده روی سطح آب یک تشت موج ..... می‌گویند. (خرداد ۹۸ تجربی)

۴۹۷- مسافتی که موج در مدت یک دورهٔ تناوب نوسان چشمه طی می‌کند، برابر ..... است. (دی ۹۹ تجربی)

شتاب مرکزگرای ماهواره همان شتاب گرانش (g_h) است. با استفاده از فرمول‌های زیر تندی و دورهٔ تناوب ماهواره را به دست می‌آوریم:

$$a=\frac{v^2}{r} \Rightarrow 6/4=\frac{v^2}{8000\times10^3} \Rightarrow v=3200\sqrt{5}\ m/s$$

$$a=\frac{4\pi^2 r}{T^2} \Rightarrow 6/4=\frac{4\times3\times(8000\times10^3)}{T^2} \Rightarrow T=\sqrt{15}\times10^3\ s$$

۴۱۱. $$F_{net}=ma \Rightarrow G\frac{M_e m'}{r^2}=m'\frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

$$\Rightarrow T^2=\frac{4\pi^2 r^3}{GM_e} \Rightarrow T^2\propto r^3$$

فصل ۳ بخش ۱
نوسان دوره‌ای و حرکت هماهنگ ساده

صفحهٔ ۶۲ تا ۶۵ و ۶۷ کتاب درسی

مفاهیم اولیهٔ نوسان:

به حرکتی که تکرار می‌شود **حرکت نوسانی** می‌گوییم.

چرخه (سیکل): به هر تکرار یک حرکت یا رخداد، چرخه یا سیکل گفته می‌شود.

نوسان دوره‌ای: به حرکت نوسانی که مدت چرخه‌های آن ثابت و با هم برابر است نوسان دوره‌ای گفته می‌شود.

دورهٔ تناوب: مدت‌زمان یک چرخه (سیکل) را دورهٔ تناوب می‌نامیم و آن را با T نشان می‌دهیم.

$$T=\frac{\Delta t}{n}\ \frac{\text{(مدت‌زمان سپری‌شده)}}{\text{(تعداد چرخه‌ها)}}$$

بسامد: تعداد چرخه‌ها در مدت یک ثانیه را بسامد می‌نامیم و آن را با f نشان می‌دهیم. یکای بسامد، هرتز (Hz) است که معادل چرخه بر ثانیه یا بر ثانیه $(\frac{1}{s})$ است.

$$f=\frac{n}{\Delta t}\ \frac{\text{(تعداد چرخه‌ها)}}{\text{(مدت‌زمان سپری‌شده)}}$$

نکته رابطهٔ بین T و f به صورت مقابل است:

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

مثال **در یک حرکت نوسانی در هر دقیقه ۱۸۰۰ چرخه توسط نوسانگر طی می‌شود. بسامد و دورهٔ نوسانگر را در SI به دست بیاورید.**

✓ پاسخ:

$$f=\frac{n}{\Delta t}=\frac{1800}{60\ s}=30\ Hz$$

$$T=\frac{1}{f}=\frac{1}{30}\ s$$

حرکت هماهنگ ساده: اگر حرکت نوسانی دوره‌ای ویژگی‌های زیر را داشته باشد، آن را حرکت هماهنگ ساده می‌نامیم:

۱ مسیر نوسان یک پاره‌خط است.

۲ حرکت نسبت به نقطهٔ وسط مسیر (مرکز نوسان) تقارن دارد.

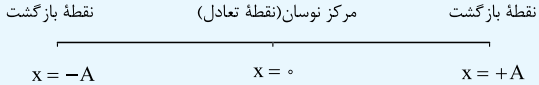
۳ همواره نیرویی به سمت مرکز نوسان به نوسانگر وارد می‌شود.

چند تعریف در حرکت هماهنگ ساده:

دامنهٔ نوسان: بیشینهٔ فاصلهٔ نوسانگر از مرکز نوسان دامنهٔ نوسان (A) نامیده می‌شود.

نوسان کامل: یک رفت و برگشت کامل را یک نوسان کامل می‌نامیم.

نقاط بازگشت و نقطهٔ تعادل: دو انتهای پاره‌خط نوسان را نقاط بازگشت و نقطهٔ وسط مسیر را مرکز نوسان (نقطهٔ تعادل) می‌نامیم.



نکته طول پاره‌خط نوسان ۲ برابر دامنهٔ نوسان است.

معادلهٔ مکان ـ زمان و نمودار مکان ـ زمان حرکت هماهنگ ساده:

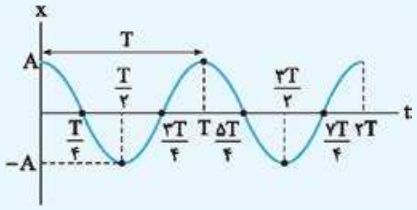
معادلهٔ مکان ـ زمان حرکت هماهنگ ساده به صورت زیر است:

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

(دامنهٔ نوسان ↑ ، ↓ بسامد زاویه‌ای)

در این رابطه $\omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi f$ است که برحسب رادیان بر ثانیه می‌باشد.

نمودار مکان ـ زمان حرکت هماهنگ ساده به صورت شکل زیر است:



شتاب نوسانگر: برای به دست آوردن شتاب نوسانگر از رابطهٔ زیر استفاده می‌شود:

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

نکته‌های حرکت هماهنگ ساده:

۱ مسافت طی‌شده در هر نوسان کامل ۴A است.

۲ تندی نوسانگر در نقاط بازگشت برابر صفر و در لحظهٔ عبور از مرکز نوسان بیشینه و برابر $v_{max}=A\omega$ است.

۳ هنگام نزدیک‌شدن نوسانگر به مرکز نوسان، حرکت نوسانگر تندشونده و هنگام دورشدن نوسانگر از مرکز نوسان حرکت نوسانگر کندشونده است.

۴ در نقاط بازگشت اندازهٔ شتاب نوسانگر بیشینه و برابر $a_{max}=A\omega^2$ و در مرکز نوسان شتاب نوسانگر برابر صفر است.

۵ بردار شتاب و بردار مکان نوسانگر همواره در خلاف جهت یکدیگرند.

دو نوسانگر مهم:

الف وزنه ـ فنر: اگر جسمی به جرم m به فنری با ثابت k متصل شود و روی سطح بدون اصطکاک نوسان کند، دورهٔ نوسان آن از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

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

در این رابطه m برحسب کیلوگرم و k برحسب نیوتون بر متر می‌باشد. با توجه به رابطهٔ $\omega=\frac{2\pi}{T}$، بسامد زاویه‌ای وزنه ـ فنر از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

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

نکته دورهٔ نوسان، بسامد زاویه‌ای و بسامد نوسانگر وزنه ـ فنر به دامنهٔ نوسان بستگی ندارد.

مثال **قطعه‌ای به جرم ۸۰ g را به فنری با ثابت ۲ N/cm متصل می‌کنیم. قطعه را به اندازهٔ مشخصی از مکان تعادل خود روی سطح افقی بدون اصطکاک دور، سپس قطعه را رها می‌کنیم. دورهٔ تناوب و بسامد زاویه‌ای نوسان قطعه را به دست آورید.**

✓ پاسخ:

$$m = ۸۰\,g = ۸\times۱۰^{-۲}\,kg$$

$$k = ۲\,N/cm = ۲\times۱۰^{۲}\,N/m$$

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow T = ۲\pi\sqrt{\frac{۸\times۱۰^{-۲}}{۲\times۱۰^{۲}}} = ۲\pi\times۲\times۱۰^{-۲} = \frac{۴\pi}{۱۰۰}$$

$$= \frac{\pi}{۲۵}\,s$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{۲\times۱۰^{۲}}{۸\times۱۰^{-۲}}} = \frac{۱۰^{۲}}{۲} = ۵۰\,rad/s$$

نوسانگر آونگ ساده: اگر آونگی به طول نخ L و جرم وزنهٔ m با دامنهٔ کم در حال حرکت هماهنگ ساده باشد، دورهٔ تناوب نوسان‌های آن از رابطهٔ مقابل به دست می‌آید:

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

L برحسب متر و g شتاب گرانش در محل آونگ است. با توجه به رابطهٔ $\omega = \frac{۲\pi}{T}$، بسامد زاویه‌ای آونگ ساده از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

نکته ۱ دورهٔ تناوب، بسامد زاویه‌ای و بسامد حرکت نوسانی آونگ به جرم گلولهٔ آن بستگی ندارد.

۲ اگر ساعت آونگ‌داری را از یک منطقه با شتاب گرانش کم‌تر به منطقه‌ای با شتاب گرانش بیشتر ببریم، دورهٔ نوسان آن کم‌تر شده و ساعت جلو می‌افتد (و بالعکس).

۳ اگر طول نخ ساعت آونگ‌داری در اثر افزایش دما، افزایش بیابد، دورهٔ نوسان آن افزایش یافته و ساعت عقب می‌افتد.

مثال **طول نخ آونگی ۹۸ cm است. آن را در محلی به نوسان درمی‌آوریم. این آونگ در مدت یک دقیقه، ۳۰ نوسان کامل انجام می‌دهد. شتاب گرانش در محل آونگ چند متر بر مربع ثانیه است؟ ($\pi^{۲} = ۱۰$)**

✓ پاسخ: ابتدا دورهٔ نوسان را به دست می‌آوریم: $T = \frac{\Delta t}{n} = \frac{۶۰}{۳۰} = ۲\,s$

حالا از رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$، شتاب گرانش را به دست می‌آوریم:

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow ۲ = ۲\pi\sqrt{\frac{۰/۹۸}{g}} \Rightarrow \frac{۱}{\pi} = \sqrt{\frac{۰/۹۸}{g}}$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{\pi^{۲}} = \frac{۰/۹۸}{g} \Rightarrow g = ۹/۸\,m/s^{۲}$$

پاسخ سؤالات

۴۱۲. دورهٔ تناوب

۴۱۳. بسامد

۴۱۴. نقطهٔ تعادل

۴۱۵. نقطهٔ تعادل

۴۱۶. نقطهٔ بازگشت

۴۱۷. متغیر

۴۱۸. صفر

۴۱۹. جرم وزنه

۴۲۰. نوسان‌نگار

۴۲۱. افزایش؛ طبق رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$، با کاهش k، دورهٔ تناوب افزایش می‌یابد.

۴۲۲. افزایش؛ طبق رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$، با افزایش m، دورهٔ تناوب نیز افزایش می‌یابد.

۴۲۳. تغییری نمی‌کند؛ طبق رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$، جرم آونگ تأثیری در دورهٔ تناوب آن ندارد.

۴۲۴. افزایش، طبق رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ و با توجه به این‌که شتاب گرانش ماه کم‌تر از سطح زمین است، دورهٔ تناوب افزایش می‌یابد.

۴۲۵. نوسان واداشته

۴۲۶. نادرست؛ زمان تکرارها یکسان نیست.

۴۲۷. نادرست؛ این تعریف را بسامد می‌نامند.

۴۲۸. نادرست؛ اندازهٔ شتاب در نقاط بازگشتی بیشینه است.

۴۲۹. نادرست؛ بیشینهٔ تندی نوسانگر مربوط به مرکز نوسان $(x = ۰)$ است.

۴۳۰. درست

۴۳۱. درست

۴۳۲. درست؛ طبق رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$، با افزایش k (ثابت فنر)، دورهٔ تناوب کم‌تر می‌شود.

۴۳۳. درست؛ طبق رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$، دورهٔ تناوب با جذر جرم متناسب است.

۴۳۴. نادرست؛ جرم آونگ و دامنهٔ آن در دورهٔ تناوب آن تأثیری ندارد.

۴۳۵. درست؛ با افزایش دما، طول نخ آونگ زیاد می‌شود. طبق رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ با افزایش طول نخ، دورهٔ تناوب افزایش و ساعت عقب می‌افتد.

۴۳۶. نادرست؛ با افزایش شتاب گرانش، طبق رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$، دورهٔ تناوب نوسان کاهش یافته و در نتیجه ساعت جلو می‌افتد.

۴۳۷. نادرست؛ یک نوسان میرا است.

۴۳۸. حرکت نوسانی دوره‌ای (زیرا هر چرخه دقیقاً مشابه چرخه‌های قبلی است.)

۴۳۹. بسامد

۴۴۰. دورهٔ تناوب

۴۴۱. متغیر

۴۴۲. تغییر نمی‌کند.

۴۴۳. تغییر نمی‌کند.

۴۴۴. کاهش می‌یابد.

۴۴۵. شتاب گرانشی ـ طول آونگ

۴۴۶. آونگ ساده

۴۴۷. الف) در دو قسمت (۱) و (۳) که نوسانگر به مرکز نوسان نزدیک می‌شود.

ب) چون نوسانگر در $x > ۰$ است، پس بردار شتاب و بردار نیرو در خلاف جهت محور x است.

پ) طبق رابطهٔ $a = -\omega^{۲}x$ و با توجه به این‌که در قسمت (۱) نوسانگر در حال نزدیک‌شدن به $x = ۰$ است، اندازهٔ شتاب آن کاهش می‌یابد.

۴۴۸. با توجه به نمودار مدت‌زمان هر چرخه (سیکل) برابر $T = ۲۰\ ms$ است.

طبق رابطهٔ $f = \frac{۱}{T}$، بسامد نوسان را به دست می‌آوریم:

$$T = ۲۰\ ms = ۲۰\times۱۰^{-۳}\ s = ۲\times۱۰^{-۲}\ s$$

$$f = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{۲\times۱۰^{-۲}} = ۵۰\ Hz$$

۴۴۹. ابتدا بسامد زاویه‌ای نوسانگر را به دست می‌آوریم:

$$\omega = ۲\pi f = ۲\pi\times۲/۵ = ۵\pi\ rad/s$$

حالا معادلهٔ حرکت را با استفاده از معادلهٔ حرکت هماهنگ ساده می‌نویسیم:

$$x = A\cos\omega t \Rightarrow x = ۰/۰۶\cos(۵\pi t)$$

۴۵۰. معادلهٔ حرکت نوسانگر را می‌نویسیم:

$$\begin{cases} A = ۰/۰۴m \\ T = ۵s \Rightarrow \omega = \frac{۲\pi}{T} = \frac{۲\pi}{۵}\ rad/s \end{cases}$$

$$x = ۰/۰۴\cos(\frac{۲\pi}{۵}t)$$

حالا لحظهٔ $t = \frac{۵}{۶}s$ را در معادله قرار می‌دهیم تا جابه‌جایی نوسانگر از وضع تعادل به دست بیاید:

$$x = ۰/۰۴\cos(\frac{۲\pi}{۵}t) \Rightarrow x = ۰/۰۴\cos(\frac{۲\pi}{۵}\times\frac{۵}{۶})$$

$$= ۰/۰۴\cos(\frac{\pi}{۳}) = ۰/۰۲m$$

۴۵۱. ابتدا دورهٔ نوسان و بسامد زاویه‌ای را به دست می‌آوریم. ۱۲۰ بار طی‌کردن طول پاره‌خط نوسان معادل $\frac{۱۲۰}{۲} = ۶۰$ نوسان کامل است زیرا در هر نوسان ۲ بار طول پاره‌خط طی می‌شود. پس:

$$T = \frac{\Delta t}{n} = \frac{۶۰\ s}{۶۰} = ۱\ s$$

$$\omega = \frac{۲\pi}{T} = \frac{۲\pi}{۱} = ۲\pi\ rad/s$$

دامنهٔ نوسان نصف طول پاره‌خط نوسان است، پس:

$$A = \frac{۴۰\ cm}{۲} = ۲۰\ cm = ۰/۲\ m$$

حالا معادلهٔ مکان ـ زمان نوسانگر را می‌نویسیم:

$$x = A\cos(\omega t) = ۰/۲\cos(۲\pi t)$$

۴۵۲. الف) با توجه به نمودار، $\frac{T}{۲} = ۰/۲\ s$ است، پس دورهٔ تناوب برابر $T = ۰/۴\ s$ است.

ب) با توجه به نمودار، دامنهٔ نوسان $A = ۰/۰۳\ m$ می‌باشد. ابتدا با استفاده از رابطهٔ $\omega = \frac{۲\pi}{T}$، بسامد زاویه‌ای را تعیین می‌کنیم:

$$\omega = \frac{۲\pi}{T} = \frac{۲\pi}{۰/۴} = ۵\pi\ rad/s$$

حالا با استفاده از معادلهٔ حرکت هماهنگ ساده، معادلهٔ حرکت را می‌نویسیم:

$$x = A\cos(\omega t) \Rightarrow x = ۰/۰۳\cos(۵\pi t)$$

۴۵۳. الف) با توجه به نمودار $\frac{۵T}{۴} = ۱/۲۵\ s$ است. پس دورهٔ تناوب برابر است با:

$$\frac{۵T}{۴} = ۱/۲۵ \Rightarrow T = ۱\ s$$

حالا با استفاده از رابطهٔ $\omega = \frac{۲\pi}{T}$، بسامد زاویه‌ای را حساب می‌کنیم:

$$\omega = \frac{۲\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{۲\pi}{۱} = ۲\pi\ rad/s$$

ب) تندی نوسانگر در مکان $x = ۰$ بیشینه است.

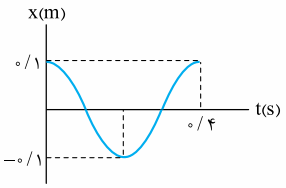
۴۵۴. الف) ابتدا بسامد زاویه‌ای نوسانگر را حساب می‌کنیم:

$$\omega = \frac{۲\pi}{T} = \frac{۲\pi}{۰/۴} = ۵\pi\ rad/s$$

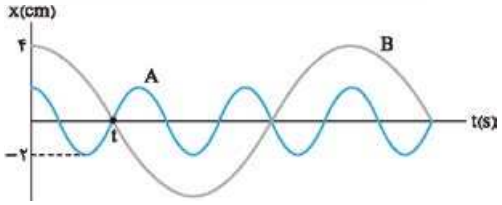
حالا با استفاده از معادلهٔ $x = A\cos\omega t$، معادلهٔ مکان ـ زمان نوسانگر را می‌نویسیم:

$$x = A\cos\omega t = ۰/۱\cos(۵\pi t)$$

ب)



۴۵۵. الف) ابتدا با استفاده از نمودار نسبت دورهٔ تناوب دو نوسانگر را حساب می‌کنیم. لحظهٔ t را برحسب دورهٔ تناوب دو نوسانگر می‌نویسیم:



$$\begin{cases} t = \frac{۳T_A}{۴} \\ t = \frac{T_B}{۴} \end{cases} \Rightarrow \frac{۳T_A}{۴} = \frac{T_B}{۴} \Rightarrow ۳T_A = T_B$$

چون $f = \frac{۱}{T}$ است، پس نسبت بسامدها به نسبت عکس دوره‌ها است. پس:

$$\frac{f_A}{f_B} = \frac{T_B}{T_A} = \frac{۳T_A}{T_A} = ۳$$

ب) تندی بیشینه از رابطهٔ $v_{max} = A\omega$ به دست می‌آید. پس:

$$\frac{v_{max(A)}}{v_{max(B)}} = \frac{A_A}{A_B}\times\frac{\omega_A}{\omega_B} \xrightarrow{\omega=۲\pi f} \frac{v_{max(A)}}{v_{max(B)}} = \frac{A_A}{A_B}\times\frac{f_A}{f_B}$$

$$= \frac{۲}{۴}\times۳ = \frac{۳}{۲}$$

پ) شتاب بیشینه از رابطهٔ $a_{max} = A\omega^۲$ به دست می‌آید. پس:

$$\frac{a_{max(A)}}{a_{max(B)}} = \frac{A_A}{A_B}\times(\frac{\omega_A}{\omega_B})^۲ = \frac{A_A}{A_B}\times(\frac{۲\pi f_A}{۲\pi f_B})^۲ = \frac{۲}{۴}\times(۳)^۲ = \frac{۹}{۲}$$

۴۵۶. الف) با مقایسهٔ معادلهٔ حرکت داده‌شده با معادلهٔ حرکت هماهنگ ساده، دامنه (A) و بسامد زاویه‌ای (ω) را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} x = A\cos\omega t \\ x = ۰/۰۲\cos(۱۰\pi t) \end{cases} \Rightarrow A = ۰/۰۲\ m\ ,\ \omega = ۱۰\pi\ rad/s$$

$$\omega = ۲\pi f \Rightarrow ۱۰\pi = ۲\pi f \Rightarrow f = ۵Hz$$

ب) اندازهٔ بیشینهٔ شتاب برابر $a_{max} = A\omega^۲$ است، پس:

$$a_{max} = A\omega^۲ \Rightarrow a_{max} = ۰/۰۲\times(۱۰\pi)^۲ = ۰/۰۲\times۱۰۰\pi^۲$$

$$= ۲۰\ m/s^۲$$

پ) هنگام عبور نوسانگر از مرکز نوسان شتاب نوسانگر صفر می‌شود. اولین بار در $t = \frac{T}{۴}$ این اتفاق رخ می‌دهد. پس زمان خواسته‌شده برابر است با:

$$\omega = \frac{۲\pi}{T} \Rightarrow ۱۰\pi = \frac{۲\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{۱}{۵}\ s$$

$$t = \frac{T}{۴} = \frac{۱}{۲۰}\ s$$

ت) $v_{max} = A\omega = ۰/۰۲ \times ۱۰\pi = ۰/۲\pi \ m/s$

ث) تندی نوسانگر در لحظهٔ عبور از $x = \pm A$ صفر می‌شود. نوسانگر در لحظه‌های $\frac{T}{۲}$، T، $\frac{۳T}{۲}$ و ... از $x = \pm A$ عبور می‌کند. بنابراین پس از $t = ۰$ برای دومین بار، در لحظهٔ $t = T$، تندی نوسانگر صفر می‌شود. پس: $t = T = \frac{۱}{۵} s$

۴۵۷. الف) با توجه به نمودار ابتدا دورهٔ تناوب را به دست می‌آوریم:

$$۵\frac{T}{۴} = ۰/۲۵ \Rightarrow T = ۰/۲ \ s$$

با استفاده از $\omega = \frac{۲\pi}{T}$، بسامد زاویه‌ای را حساب می‌کنیم:

$$\omega = \frac{۲\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{۲\pi}{۰/۲} = ۱۰\pi \ rad/s$$

حالا با استفاده از رابطهٔ $x = A\cos\omega t$، معادلهٔ حرکت را می‌نویسیم. دامنهٔ نوسان طبق نمودار $A = ۰/۰۴ \ m$ است. پس:

$$x = A\cos\omega t \Rightarrow x = ۰/۰۴\cos(۱۰\pi t)$$

ب) $x = ۰/۰۴\cos(۱۰\pi t) \Rightarrow ۰/۰۲ = ۰/۰۴\cos(۱۰\pi t_۱)$

$$\Rightarrow \cos(۱۰\pi t_۱) = \frac{۱}{۲} \Rightarrow ۱۰\pi t_۱ = \frac{\pi}{۳} \Rightarrow t_۱ = \frac{۱}{۳۰} s$$

پ) شتاب از رابطهٔ $a = -\omega^۲ x$ به دست می‌آید. پس:

$$a = -\omega^۲ x \Rightarrow a_{t_۲} = -\omega^۲ x_{t_۲} = -(۱۰\pi)^۲ \times \frac{-۲\sqrt{۳}}{۱۰۰} = ۲۰\sqrt{۳} \ m/s^۲$$

۴۵۸. الف)

$$\begin{cases} a = -\omega^۲ x \\ a = -۴\pi^۲ x \end{cases} \Rightarrow \omega^۲ = ۴\pi^۲ \Rightarrow \omega = ۲\pi \ rad/s$$

$$\omega = \frac{۲\pi}{T} \Rightarrow ۲\pi = \frac{۲\pi}{T} \Rightarrow T = ۱ \ s$$

ب) $F_{max} = ma_{max} = m(A\omega^۲) = ۲\times۱۰^{-۲}(۰/۱\times۴\pi^۲)$

$$= ۸\pi^۲ \times ۱۰^{-۳} \ N$$

۴۵۹.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{۱۰۰}{۰/۲۵}} = ۲۰ \ rad/s$$

۴۶۰. ابتدا بسامد زاویه‌ای نوسانگر را حساب می‌کنیم:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{۴۰۰}{۴}} = ۱۰ \ rad/s$$

معادلهٔ حرکت نوسانگر را می‌نویسیم:

$$x = A\cos\omega t \Rightarrow x = ۰/۰۴\cos ۱۰t$$

حالا مکان نوسانگر را در لحظهٔ $t = \frac{\pi}{۴۰} s$ به دست می‌آوریم:

$$x = ۰/۰۴\cos ۱۰t \xrightarrow{t=\frac{\pi}{۴۰}} x = ۰/۰۴\cos(۱۰\times\frac{\pi}{۴۰})$$

$$= ۰/۰۲\sqrt{۲} \ m$$

۴۶۱. وزنی که روی هر کمک فنر مؤثر است برابر $\frac{۱}{۴}$ وزن خودرو است. پس جرم مؤثر روی هر فنر خودرو برابر است با:

$$m' = \frac{m}{۴} = \frac{۲۰۰۰}{۴} = ۵۰۰ \ kg$$

طبق رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$، دورهٔ تناوب را به دست می‌آوریم:

$$k = ۲۰ \ N/cm = ۲۰\times۱۰^۲ \ N/m = ۲\times۱۰^۳ \ N/m$$

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{m'}{k}} = ۲\pi\sqrt{\frac{۵۰۰}{۲\times۱۰^۳}} = \pi \ (s) = ۳ \ s$$

طبق رابطهٔ $f = \frac{۱}{T}$، بسامد نوسان برابر است با: $f = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{۳} Hz$

۴۶۲. ابتدا ثابت فنر را به دست می‌آوریم. در حالت تعادل برایند نیروها صفر است، پس:

$$F_e = mg \Rightarrow kx = mg \Rightarrow k\times\frac{۱}{۱۰} = ۲۰$$

$$\Rightarrow k = ۲۰۰ \ N/m$$

حالا با استفاده از رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$، دورهٔ نوسان را به دست می‌آوریم:

$$m'g = ۵ \Rightarrow m'\times۱۰ = ۵ \Rightarrow m' = ۰/۵ \ kg$$

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{m'}{k}} \Rightarrow T = ۲\pi\sqrt{\frac{۰/۵}{۲۰۰}} = \frac{\pi}{۱۰} s$$

۴۶۳. الف) رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ را برای هر دو حالت می‌نویسیم:

$$\begin{cases} T_۱ = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \\ T_۲ = ۲\pi\sqrt{\frac{m+۲}{k}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} ۰/۴ = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \\ ۰/۶ = ۲\pi\sqrt{\frac{m+۲}{k}} \end{cases}$$

با تقسیم دو معادلهٔ به دست آمده بر هم، داریم:

$$\frac{۲}{۳} = \sqrt{\frac{m}{m+۲}} \Rightarrow \frac{۴}{۹} = \frac{m}{m+۲} \Rightarrow ۴m + ۸ = ۹m$$

$$\Rightarrow m = ۱/۶ \ kg$$

ب) با جای‌گذاری m در یکی از معادله‌ها، k را به دست می‌آوریم:

$$T_۱ = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow ۰/۴ = ۲\pi\sqrt{\frac{۱/۶}{k}} \Rightarrow \frac{۲}{۱۰\pi} = \sqrt{\frac{۱/۶}{k}}$$

$$\Rightarrow \frac{۴}{۱۰۰\pi^۲} = \frac{۱/۶}{k} \Rightarrow k = ۴۰۰ \ N/m$$

۴۶۴. الف) از رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ استفاده می‌کنیم تا طول آونگ به دست بیاید:

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow ۲ = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{۹/۷۵}} \Rightarrow \frac{۱}{\pi} = \sqrt{\frac{L}{۹/۷۵}}$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{\pi^۲} = \frac{L}{۹/۷۵} \Rightarrow L = \frac{۹/۷۵}{\pi^۲} = \frac{۹/۷۵}{۱۰} = ۰/۹۷۵ \ m$$

ب) خیر، جرم آونگ تأثیری در دورهٔ نوسان و بسامد آونگ ندارد.

۴۶۵. ابتدا دورهٔ نوسان آونگ را حساب می‌کنیم:

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = ۲\times۳\sqrt{\frac{۱/۶}{۱۰}} = ۶\times\frac{۴}{۱۰} = ۲/۴ \ s$$

حالا مدت ۵۰ نوسان را حساب می‌کنیم:

$$T = \frac{\Delta t}{n} \Rightarrow ۲/۴ = \frac{\Delta t}{۵۰} \Rightarrow \Delta t = ۱۲۰ \ s = ۲ \ min$$

فصل ۳ بخش ۲ — انرژی در حرکت هماهنگ ساده

صفحهٔ ۶۶ تا ۶۹ کتاب درسی

نوسانگر دارای دو انرژی است: الف) **انرژی جنبشی (K)** ب) **انرژی پتانسیل (U)**. مجموع این دو انرژی را انرژی مکانیکی نوسانگر می‌نامیم که همواره مقداری ثابت است.

$$E = U + K$$

انرژی مکانیکی از رابطه‌های زیر به دست می‌آید:

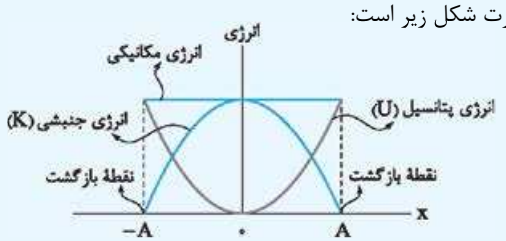
$$E = \frac{۱}{۲}kA^۲ \quad , \quad E = \frac{۱}{۲}mA^۲\omega^۲ = ۲\pi^۲ mA^۲ f^۲$$

نکات انرژی نوسانگر:

۱ هنگام نزدیک‌شدن نوسانگر به نقطهٔ تعادل $(x=0)$، انرژی جنبشی نوسانگر افزایش و انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد.

۲ هنگام نزدیک‌شدن نوسانگر به نقاط بازگشت $(x=\pm A)$، انرژی جنبشی نوسانگر کاهش و انرژی پتانسیل افزایش می‌یابد.

۳ نمودار تغییرات انرژی‌های جنبشی و پتانسیل نوسانگر برحسب مکان به صورت شکل زیر است:



۴ انرژی جنبشی نوسانگر هنگام عبور از مرکز نوسان (نقطهٔ تعادل) بیشینه و برابر انرژی مکانیکی و هنگام رسیدن به نقاط بازگشت $(x=\pm A)$ صفر است. $K_{max}=E$

۵ انرژی پتانسیل نوسانگر هنگام عبور از مرکز نوسان (نقطهٔ تعادل) صفر و هنگام رسیدن به نقاط بازگشت $(x=\pm A)$ بیشینه و برابر انرژی مکانیکی است. $U_{max}=E$

۶ انرژی مکانیکی هر نوسانگر با حرکت هماهنگ ساده، متناسب با مربع دامنهٔ (A^2) و مربع بسامد (f^2) است.

۷ انرژی جنبشی در هر لحظه از رابطهٔ $K=\frac{1}{2}mv^2$ به دست می‌آید.

۸ در لحظات $t_1=0$، $t_2=\frac{T}{2}$، $t_3=T$، $t_4=\frac{3T}{2}$ و ... انرژی پتانسیل نوسانگر بیشینه و انرژی جنبشی آن صفر است.

۹ در لحظات $t_1=\frac{T}{4}$، $t_2=\frac{3T}{4}$، $t_3=\frac{5T}{4}$، $t_4=\frac{7T}{4}$ و ... انرژی پتانسیل نوسانگر صفر و انرژی جنبشی آن بیشینه است.

مثال **دامنهٔ نوسان وزنه‌ای به جرم ۲ kg که به فنری با ثابت ۲۰۰ N/m متصل است برابر ۴ cm می‌باشد.**

الف) انرژی مکانیکی نوسانگر چند ژول است؟

ب) در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل نوسانگر ۰/۰۷ J است، تندی نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟

پاسخ: الف) $E=\frac{1}{2}kA^2=\frac{1}{2}\times 200\times(4\times10^{-2})^2=0/16\ J$

ب) $E=U+K \Rightarrow 0/16=0/07+K \Rightarrow K=0/09\ J$

$K=\frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 0/09=\frac{1}{2}\times 2\times v^2 \Rightarrow v=0/3\ m/s$

مثال **معادلهٔ حرکت نوسانگری به جرم ۲۰۰ گرم در SI به صورت $x=0/02\cos(50\pi t)$ است.**

الف) انرژی مکانیکی نوسانگر چند ژول است؟ $(\pi^2=10)$

ب) در چه لحظه‌ای پس از $t=0$ برای اولین بار انرژی جنبشی نوسانگر بیشینه می‌شود؟

پاسخ: الف)

$E=\frac{1}{2}mA^2\omega^2=\frac{1}{2}\times 0/2\times(0/02)^2\times(50\pi)^2=1\ J$

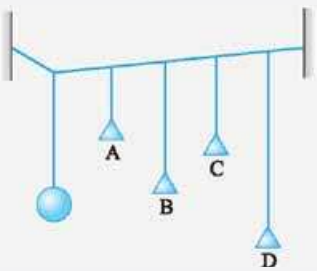
ب) در لحظهٔ $t=\frac{T}{4}$، انرژی جنبشی برای اولین بار بیشینه می‌شود.

$\omega=\frac{2\pi}{T} \Rightarrow 50\pi=\frac{2\pi}{T} \Rightarrow T=0/04\ s \Rightarrow t=\frac{T}{4}=0/01\ s$

تشدید: هنگامی که یک نوسانگر را از وضع تعادل خارج می‌کنیم و می‌گذاریم تا به خودی خود نوسان کند، با بسامد طبیعی نوسان می‌کند. با اعمال نیروی خارجی، می‌توان نوسانگر را با بسامدهای دیگری نیز به نوسان درآورد که این حالت را «**نوسان واداشته**» می‌گوییم.

اگر بسامد نیروی خارجی با بسامد طبیعی یک نوسانگر برابر باشد، دامنهٔ نوسان به شدت افزایش می‌یابد که می‌گوییم **تشدید** رخ داده است.

مثال **در شکل مقابل با نوسان وزنهٔ سنگین، کدام آونگ با دامنهٔ بیشتری نوسان می‌کند؟ چرا؟**



پاسخ: آونگ B با دامنهٔ بیشتری نوسان می‌کند. زیرا طول آونگ B با طول نخ وزنهٔ سنگین برابر است و طبق رابطهٔ $\omega=\sqrt{\frac{g}{l}}=2\pi f$، بسامد طبیعی آونگ B با بسامد طبیعی نوسان آونگ سنگین که توسط آن نخ افقی به نوسان درآمده برابر است. پس بین آونگ B و وزنه تشدید رخ داده و دامنهٔ نوسان آونگ B نسبت به سایر آونگ‌ها بیشتر خواهد بود.

پاسخ سؤالات

۴۶۶. پتانسیل

۴۶۷. متناسب

۴۶۸. بیشینه

۴۶۹. مکانیکی

۴۷۰. ثابت

۴۷۱. بیشینه

۴۷۲. واداشته

۴۷۳. برابر با

۴۷۴. نادرست؛ انرژی مکانیکی ثابت است.

۴۷۵. درست

۴۷۶. درست

۴۷۷. نادرست؛ این نوسان میرا است و تاب بعد از مدتی به دلیل اتلاف انرژی می‌ایستد.

۴۷۸. درست

۴۷۹. با نزدیک‌شدن نوسانگر به نقاط بازگشتی، انرژی جنبشی کاهش می‌یابد.

۴۸۰. صفر است.

۴۸۱. صفر