نام و نام خانوادگی:

زمان برگزاری: ۱۶۱۰۰ دقیقه

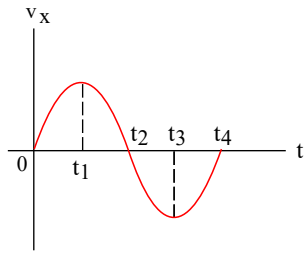
نام آزمون: فیزیک (تجربی) دوازدهم

تاریخ آزمون: ۱۴۰۱/۱۱/۱۰

۱ آزمایشی طراحی کنید که با آن بتوانید ضریب اصطکاک ایستایی (μ_s) بین یک مکعب چوبی با وجوه مشابه و میز افقی را اندازه بگیرید.

۲ آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد ضریب اصطکاک ایستایی جسم به مساحت سطح تماس بستگی ندارد.

۳ نمودار سرعت زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. با توجّه به نمودار، درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را مشخّص کنید.الف) در بازهٔ زمانی صفر تا t_1، شتاب متحرک در جهت مثبت است.



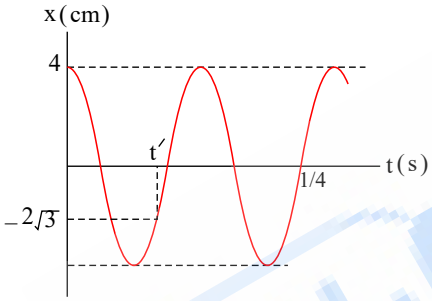
ب) در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2، علامت سرعت متوسط متحرک، منفی است.

ج) نوع حرکت جسم در بازه‌ی زمانی t_2 تا t_3، کندشونده است.

د) شتاب حرکت جسم در لحظهٔ t_3، صفر است.

ه) اندازهٔ جابه‌جایی جسم در بازهٔ زمانی t_2 تا t_4، صفر است.

۴ نمودار مکان - زمان نوسانگر ساده‌ای مطابق شکل زیر است. الف) معادلهٔ مکان - زمان این نوسانگر را بنویسید. (SI)



ب) مقدار t' چند ثانیه است؟

پ) اندازهٔ شتاب نوسانگر را در لحظهٔ t' محاسبه کنید. (SI)

ت) اگر جرم نوسانگر $250g$ باشد در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل نوسانگر $0/25J$ است، سرعت نوسانگر چند (m/s) است؟ $(\pi^2 \simeq 10)$

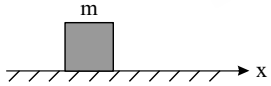
۵ چتربازی در هوای آرام و در امتداد قائم در حال سقوط است.

الف چه نیروهایی بر چترباز وارد می‌شود؟

ب در چه صورت تندی چترباز به تندی حدی می‌رسد؟

۶ جسمی به جرم $2kg$ بر روی سطح افقی که منطبق بر محور xهاست، قرار دارد. معادلهٔ مکان - زمان جسم در SI به‌صورت $x = At^2 - 6t + 12$ است. اگر به جسم نیروهای $\vec{F}_1 = -4\vec{i}$ و $\vec{F}_2 = 16\vec{i}$ وارد شده باشد: (A ضریب ثابتی است)

الف) A را در SI بیابید.



ب) اگر بخواهیم از $t = 2s$ به بعد بردار تکانهٔ جسم ثابت باشد، نیروی $\vec{F}_3$ را نیز به جسم وارد می‌کنیم. $\vec{F}_3$ را برحسب بردارهای یکه بیابید.

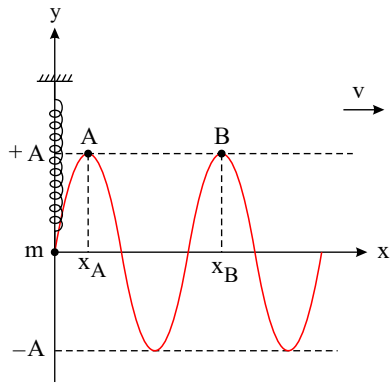
پ) نمودار تکانه - زمان جسم را رسم کنید.

۷ به سؤالات زیر پاسخ دهید:

الف الف) دامنهٔ نوسان یک حرکت هماهنگ ساده $3cm$ و بسامد آن $50Hz$ است. معادلهٔ حرکت این نوسانگر را بنویسید.

ب ب) نسبت شدت صوت دو دستگاه صوتی $\frac{I_2}{I_1} = \sqrt{10}$ است. اختلاف ترازهای شدت صوت این دو دستگاه چند دسی‌بل است؟

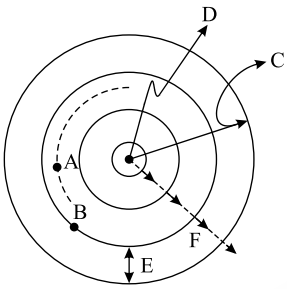
۸ مطابق شکل داده‌شده، توسط یک نوسانگر سادهٔ دستگاهِ جرم - فنر قائم، موجی در طول طنابی بلند و افقی که یک سر آن به نوسانگر به جرم m در حال نوسان ساده، متصل و سر دیگر آن کشیده شده، ایجاد و در حال انتشار است. در لحظهٔ $t=t'$، ذرهٔ A از طناب را که در مکان $x=x_A$ و ذرهٔ B از طناب نیز در مکان $x=x_B$ قرار دارد. اگر فاصلهٔ ذرهٔ B تا وضع تعادلی‌اش در لحظهٔ $t=t'+۰٫۲s$ برای اولین بار، نصف دامنهٔ نوسانی‌اش باشد. الف) اگر ثابت فنر $k=۱۰\frac{N}{m}$ باشد، جرم m چند کیلوگرم است؟



ب) وزنهٔ چند کیلوگرمی به جرم m آویخته و مجدد به نوسان واداریم تا وضعیت نوسانی ذرات A و B کاملاً قرینه شود؟ (در صورت نیاز $(\pi^۲ \simeq ۱۰)$)

۹ آزمایشی را طراحی و اجرا کنید که به کمک آن بتوان ضریب شکست یک تیغهٔ متوازی‌السطوح شفاف را اندازه گرفت.

۱۰ شکل داده‌شده، جبهه های موج یک موج دایره‌ای شکل سطحی روی آب‌های کم‌عمق را نشان می‌دهد؛ در این موج، A و B و C و D و E و F نشان‌دهندهٔ چه کمیات یا مفاهیم فیزیکی هستند؟



۱۱ به کمک مدل اتمی بور توضیح دهید چرا هر عنصر تنها طول موج‌های خاصی را که مشخصهٔ آن عنصر است جذب یا گسیل می‌کند؟

۱۲ در اتم هیدروژن، هنگام گذار الکترون از مدار $n_۲$ به $n_۱$، فوتون با انرژی $۱۲٫۷۵(eV)$ تابش می‌شود. $n_۲$ و $n_۱$ را بیابید.$(E_R=۱۳٫۶eV)$

۱۳ اگر E_R انرژی ریدبرگ برای اتم H، h ثابت پلانک و c سرعت نور در خلأ باشد، ثابت ریدبرگ (R) برحسب E_R، h و c برابر است با .....$(\frac{hc}{E_R}-\frac{E_R}{hc}-hcE_R)$

۱۴ کوچکترین بسامد پرتوهای بالمر در طیف اتمی هیدروژن در گسترهٔ ..... قراردارند.(فروسرخ - مرئی - فرابنفش)

۱۵ در اتم هیدروژن الکترون از مدار $n_۱$ به مدار $n_۲$ می‌رود و فوتونی با طول موج $۱۱۲٫۵nm$ گسیل می‌کند. $n_۱$ و $n_۲$ را بیابید. $(R=۰٫۰۱(nm)^{-۱})$

۱۶ نوری مرکب از یک منبع با طول موج‌های $\lambda_۱=۳۰۰nm$ و $\lambda_۲=۶۰۰nm$ به سطح فلزی می‌تابد. توان خروجی منبع $۱۵۰W$ بوده و سهم هریک از نورها از این توان یکسان است. اگر بیشینهٔ طول موج فوتون‌های موردنیاز برای جدا کردن الکترون‌ها از سطح فلز در آزمایش فوتوالکتریک، $۶۵۰nm$ باشد و از این منبع در آزمایش فوتوالکتریک ذکرشده استفاده شود، نسبت تعداد فوتوالکترون‌های جداشده به واسطهٔ نور با طول موج $\lambda_۱$ به نور به طول موج $\lambda_۲$ چند است؟

۱۷ اگر بلندترین طول موج رشتهٔ لیمان طیف اتمی هیدروژن در خلأ $\lambda_۱$ باشد، بلندترین طول موج رشتهٔ بالمر طیف اتمی هیدروژن در آب $(n=\frac{۴}{۳})$ چند برابر $\lambda_۱$ است؟

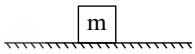
۱۸ R ثابت ریدبرگ، E_R انرژی یک ریدبرگ و $W_۰$ تابع کار یک فلز است. بلندترین طول موج فوتونی که بتواند الکترونی را از سطح این فلز جدا کند برحسب R، E_R و $W_۰$ بیابید.

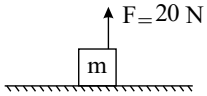
۱۹ از سطحِ کره‌ای به شعاع $۵۰cm$ در هر دقیقه $۳٫۶J$ انرژی الکترومغناطیسی گسیل می‌شود. شدت تابشی آن در SI چند $W/m^۲$ است؟ $(\pi \simeq ۳)$(شدت تابشی مقدار انرژی‌ای است که در $۱s$ از $۱m^۲$ سطح یک جسم تابش شود.)

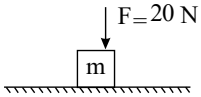
۲۰ شدت تابشی خورشید در خارج جوّ زمین حدود $۱۳۶۰ W/m^۲$ است یعنی در هر ثانیه به سطحی برابر $۱m^۲$، مقدار انرژی $۱۳۶۰J$ می‌رسد. وقتی این تابش به سطح زمین می‌رسد، مقدار زیادی، از شدت آن به‌علّت جذب در جوّ و ابرها از دست می‌رود. اگر تابش متوسط خورشید در سطح زمین به‌ازای هر متر مربع حدود $۳۲۰ W/m^۲$ باشد، در هر ثانیه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟ طول موج فوتون‌ها را $۶۲۰nm$ فرض کنید.($hc = ۱۲۴۰eV \cdot nm$)

۲۱ در میان طیف گسیلی گازهای مختلف طیف خطی کدام عنصر هم از جنبهٔ تاریخی و هم از جنبهٔ نظری اهمیت خاصی دارد؟

۲۲ در هریک از اشکال زیر جسم ۱۰ کیلوگرمی بر روی سطح در حال تعادل است. نیروی عمودی تکیه‌گاه را به‌دست آورید.
($g = ۱۰ \frac{N}{Kg}$)

الف)


ب)


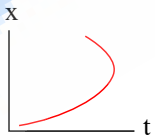
پ)


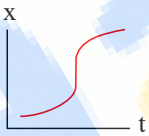
۲۳ معادلهٔ حرکت جسمی در SI به‌صورت $x = t^۳ - ۳t^۲ + ۴$ است.

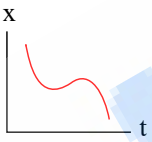
الف) مکان متحرک در $t = ۰\ s$ و $t = ۲\ s$ را به‌دست آورید.

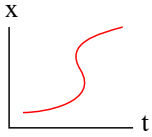
ب) سرعت متوسط جسم در بازهٔ زمانی صفر تا ۲ ثانیه را پیدا کنید.

۲۴ توضیح دهید کدام‌یک از نمودارهای مکان - زمان شکل زیر می‌تواند نشان‌دهندهٔ نمودار $x - t$ یک متحرک باشد؟

الف)


ب)


پ)


ت)


۲۵ جمله‌های زیر را با کلمات مناسب پر کرده و در پاسخ برگ بنویسید.

الف هستهٔ پایدار با بیشترین تعدادِ پروتونِ (..... $z =$) متعلق به عنصر ..... است.

ب نیروی الکترواستاتیکی بین هر پروتون با پروتون‌های دیگر ..... است در حالی که یک پروتون یا یک نوترون، فقط نزدیک‌ترین نوکلئون‌های مجاور خود را با نیروی هسته‌ای جذب می‌کند. به همین دلیل وقتی تعداد پروتون‌های درون هسته افزایش می‌یابد اگر هسته بخواهد پایدار بماند، باید ..... نیز افزایش یابد. نیروی هسته‌ای ..... بُرد است.

پ به جز دو عنصر ..... و اورانیوم ..... که در طبیعت یافت می‌شوند سایر هسته‌هایِ سنگین با عدد اتمی بزرگتر از ..... $Z =$ ناپایدارند.

ت برای جدا کردن نوکلئون‌های یک هسته انرژی لازم است. انرژی لازم برای این منظور، ..... نامیده می‌شود.

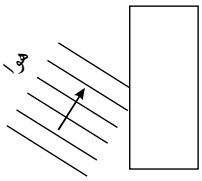
۲۶ تعریف کنید:

الف موج طولی را تعریف کنید:

ب موج‌های پیش‌رونده:

پ جبههٔ موج:

۲۷ در شکل زیر موج نور فرودی از هوا وارد شیشه می‌شود. بخشی از موج در سطح جدایی دو محیط باز می‌تابد و بخشی دیگر شکست می‌یابد و وارد شیشه می‌شود.



الف مشخصه‌های موج بازتابیده و موج شکست‌یافته را با موج فرودی مقایسه کنید.

ب جبهه‌های موج بازتابیده و شکست‌یافته را رسم کنید.

۲۸ شکل زیر طیف موج‌های الکترومغناطیسی را با یک مقیاس تقریبی نشان می‌دهد.

پرتوهای X / پرتوهای γ	P	Q	R	S

الف نام قسمت‌هایی از طیف را که با حروف علامت‌گذاری شده‌اند، بنویسید.

ب اگر در طول طیف از چپ به راست حرکت کنیم، مقدار کدام مشخصه‌های موج افزایش یا کاهش می‌یابد و کدام ثابت می‌ماند؟

۲۹ درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را با واژه‌های «درست» یا «نادرست» در پاسخ‌نامه مشخص کنید.

الف اندازهٔ شتاب نوسانگر هماهنگ ساده در نقاط بازگشتی صفر است.

ب بسامد سامانهٔ جرم - فنر با یک فنر معیّن ولی وزنه‌های متفاوت با جذر جرم وزنه به‌طور مستقیم متناسب است.

پ با افزایش دما در یک منطقه، ساعت آونگ‌دار (با آونگ ساده) عقب می‌افتد.

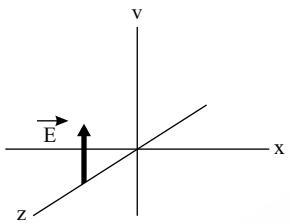
ت اگر بسامد نوسان‌های واداشته بیشتر از بسامد طبیعی آونگ ساده باشد، برای آونگ تشدید رخ نمی‌دهد.

ث تندی انتشار امواج الکترومغناطیسی در خلاء از رابطهٔ $c = \sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}$ به‌دست می‌آید.

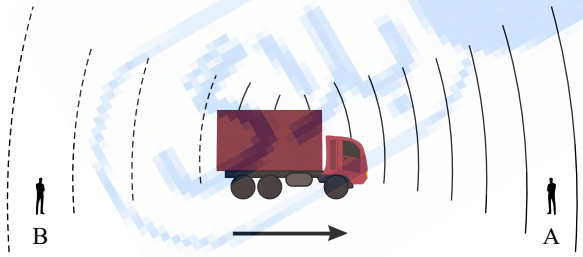
ج بسامد موج فرابنفش بیشتر از بسامد میکروموج است.

۳۰ به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف در یک لحظهٔ خاص، میدان الکتریکی مربوط به یک موج الکترومغناطیسی در نقطه‌ای از فضا در جهت $+y$ و جهت انتقال انرژی در جهت $+X$ است. جهت میدان مغناطیسی در این لحظه در کدام سو است؟



ب در شکل روبه‌رو ماشین آتش‌نشانی (چشمهٔ صوتی) نسبت به دو ناظر A و B ساکن است. با حرکت ماشین به طرف ناظر A، طول موج صوت دریافتی دو ناظر ساکن A و B، چه تغییری نسبت به قبل خواهد داشت؟

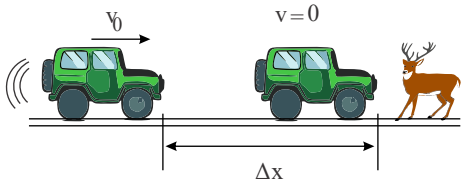


۳۱ معادلهٔ حرکت یک نوسانگر هماهنگ ساده در SI به‌صورت $x = 0/02\cos(10\pi t)$ است.

الف در چه لحظه‌ای پس از لحظهٔ صفر، برای نخستین‌بار تندی نوسانگر به صفر می‌رسد؟

ب اندازهٔ بیشترین شتاب حرکت این نوسانگر چقدر است؟ $(\pi^2 = 10)$

۳۲ مطابق شکل، محیط بان با سرعت $20\frac{m}{s}$ در حال حرکت است که ناگهان گوزنی را در فاصلهٔ ۴۵ متری خود می‌بیند و ترمز می‌گیرد. خودرو پس از ۴ ثانیه می‌ایستد.

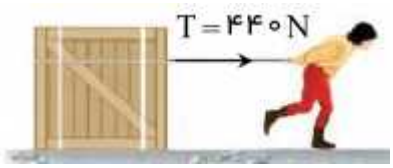


الف شتاب کندشوندهٔ خودرو را حساب کنید.

ب جابه‌جایی خودرو تا توقف چقدر است؟

پ آیا خودرو به گوزن برخورد می‌کند؟ چرا؟

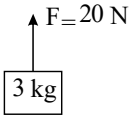
۳۳ در شکل روبه‌رو، شخصی با یک طناب افقی جعبهٔ ۱۰۰ کیلوگرمی را می‌کشد. اگر ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی بین جعبه و سطح به‌ترتیب ۰٫۴ و ۰٫۳ باشد:الف) با محاسبه نشان دهید چرا جعبه شروع به حرکت می‌کند؟ ($g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}$)



ب) شتاب جعبه را پس از حرکت حساب کنید.($g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}$)

۳۴ هنگامی که نور بنفش به یک محلول رنگی معینی بتابد، نور مرئی گسیل می‌شود. هرگاه بر این محلول نور فروسرخ بتابد، همین نتیجه به‌دست نمی‌آید. چرا؟

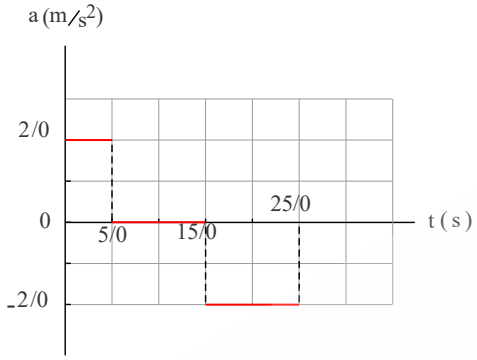
۳۵ به نخ سبکی وزنه ۳ کیلوگرمی را بسته و نیروی $F = ۲۰N$ را به آن وارد می‌کنیم. نوع حرکت این جسم کدام‌یک از حالات زیر نمی‌تواند باشد؟ علت را ذکر کنید.الف) تند شونده ب) کند شونده



پ) در ابتدا کند شونده و سپس تند شونده

ت) در ابتدا تند شونده و سپس کند شونده

۳۶ شکل مقابل، نمودار شتاب - زمان یک ماشین اسباب‌بازی را نشان می‌دهد که در امتداد محور x حرکت می‌کند. با فرض $x_۰ = ۰$ و $v_۰ = ۰$، در بازهٔ زمانی صفر تا $۲۵٫۰ s$، الف) نمودارهای سرعت - زمان و مکان - زمان این ماشین را رسم کنید.

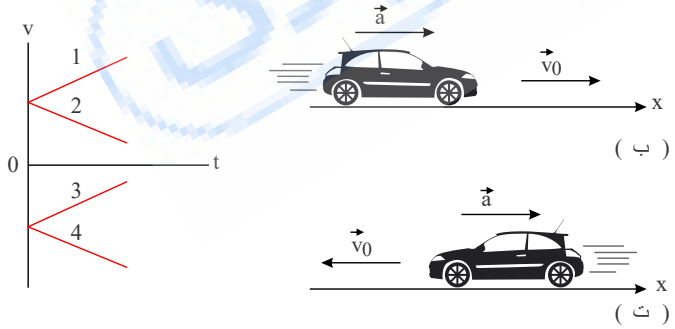


ب) با توجّه به نمودار سرعت - زمان، مشخّص کنید در کدام‌یک از بازه‌های زمانی، حرکت ماشین تندشونده، کُندشونده یا با سرعت ثابت است؟

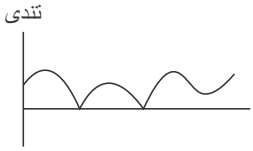
پ) شتاب متوسط ماشین را پیدا کنید.

ت) جابه‌جایی ماشین را پیدا کنید.

۳۷ در تمامی حالت‌های شکل زیر، خودروها در امتداد محور x و با شتاب ثابت در حرکت‌اند. حرکت هریک از خودروها، توسط کدام‌یک از نمودارهای $v - t$ توصیف می‌شود؟ همچنین توضیح دهید تندی کدام خودرو در حال افزایش (حرکت تندشونده) و تندی کدام خودرو در حال کاهش (حرکت کُندشونده) است؟



۳۸ نمودار تندی - زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند به شکل زیر است. متحرک حداقل و حداکثر چند بار تغییر جهت داده است؟



۳۹ به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف دو عامل مؤثر بر بزرگی نیروی مقاومت شاره را نام ببرید.

ب با طراحی یک آزمایش، ثابت یک فنر (k) را به دست آورید.

۴۰ به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف دورهٔ آونگ ساده‌ای ۲ ثانیه است. طول این آونگ چند متر است؟ $(\pi^2 \simeq g)$

ب معادلهٔ حرکت هماهنگ سادهٔ یک نوسانگر در SI به‌صورت $x = ۰/۰۳ \cos ۵۰\pi t$ است. دورهٔ این حرکت را حساب کرده و نمودار مکان - زمان آن را رسم کنید.

۴۱ برای هریک از سؤالات زیر گزینهٔ درست را انتخاب کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید.

الف انرژی مکانیکی سامانهٔ جرم - فنر با کدام‌یک از عوامل زیر متناسب نیست؟

(۱) مربع دامنهٔ نوسان (۲) مربع ثابت فنر (۳) مربع بسامد زاویه‌ای

ب در پدیدهٔ تشدید، بسامد نوسانگر ..... بسامد طبیعی آن است؛

(۱) برابر (۲) بیشتر از (۳) کمتر از

پ فاصلهٔ دو جبههٔ متوالی موجِ تخت تشکیل‌شده روی سطح آب برابر؛

(۱) $\lambda/۲$ (۲) λ (۳) ۲λ

ت بسامد کدام‌یک از امواج زیر از بسامد امواج فروسرخ بیشتر است؟

(۱) امواج رادیویی (۲) میکروموج (۳) نور مرئی

۴۲ دامنهٔ حرکت نوسانگری به جرم $۲۰۰\ g$ برابر ۵ سانتی‌متر و بسامد آن ۰/۵ هرتز است. انرژی مکانیکی نوسانگر چند ژول است؟ $(\pi^2 = ۱۰)$

۴۳ نیمه‌عمر یک مادهٔ پرتوزا، ۴ روز است. پس از گذشت ۲۰ روز چه کسری از هسته‌های مادر پرتوزای اولیه باقی می‌ماند؟

۴۴ یک دستگاه صوتی، صدایی با تراز شدت $\beta = ۹۰ dB$ ایجاد می‌کند. شدت این صوت چند W/m^2 است؟
$(I_۰ = ۱۰^{-۱۲} W/m^2)$

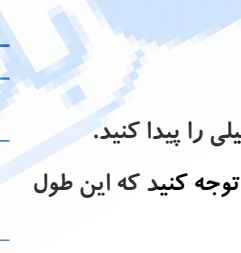
۴۵ اتم هیدروژن در حالت برانگیختهٔ $n = ۳$ قرار دارد. کوتاه‌ترین طول موج تابشی آن چند نانومتر است؟ $(R = ۰/۰۱ nm^{-1})$

۴۶ شکل مقابل تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد.

الف) کمترین طول موج فوتونی را پیدا کنید که با گذار بین این ترازها به‌دست می‌آید.

ب) اگر الکترون از تراز انرژی $-۱/۵۱\ eV$ به تراز پایه جهش کند طول موج فوتون گسیلی را پیدا کنید.

پ) کدام گذار بین دو تراز می‌تواند به گسیل فوتونی با طول موج ۶۶۰ nm منجر شود؟ توجه کنید که این طول موج‌ها در گسترهٔ مرئی است.

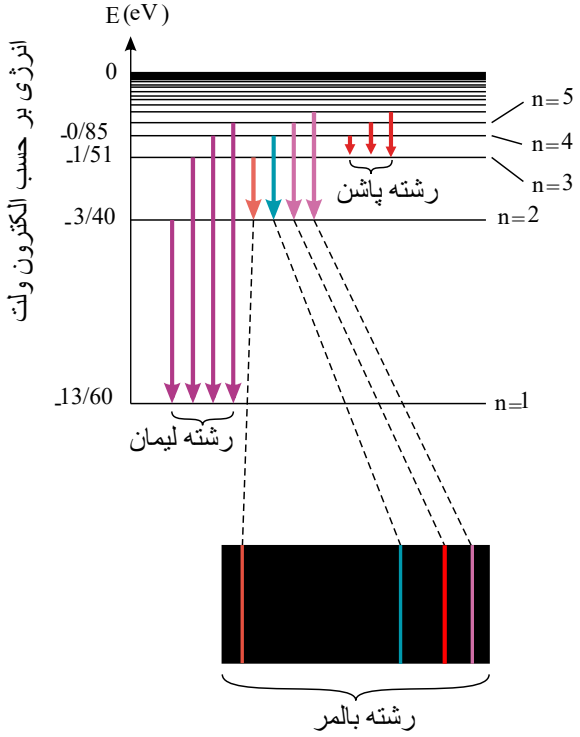


۴۷ شکل زیر، سه رشتهٔ طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی را روی نمودار تراز انرژی نشان می‌دهد که براساس مدل اتمی بور رسم شده است.

الف) منظور از $n = ۱$ و انرژی $-۱۳٫۶۰eV$ چیست؟

ب) براساس مدل اتمی بور دلیل خطی بودن طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی را توضیح دهید.

پ) اختلاف کوتاه‌ترین و بلندترین طول موج در هر رشته را، گسترهٔ طول موج‌های آن رشته می‌نامند. گسترهٔ طول موج‌های رشتهٔ لیمان $(n' = ۱)$ را پیدا کنید.



۴۸ شدت تابشی طور یکنواخت خورشید در خارج جوّ زمین حدود $۱۳۶۰\ W/m^۲$ است؛ یعنی در هر ثانیه به سطحی برابر $۱\ m^۲$، مقدار انرژی $۱۳۶۰J$ می‌رسد. وقتی این تابش به سطح زمین می‌رسد مقدار زیادی، از شدت آن، به‌علّت جذب در جوّ و ابرها از دست می‌رود. اگر شدت تابشی متوسط خورشید در سطح زمین به‌ازای هر متر مربع حدود $۳۰۰\ W/m^۲$ باشد، در هر ثانیه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟ طول موج فوتون‌ها را $۵۷۰\ nm$ فرض کنید.

$hc = ۱۲۴۰\ eV \cdot nm$

۴۹ یک لامپ رشته‌ای با توان $۱۰۰W$ از فاصلهٔ یک کیلومتری دیده می‌شود. فرض کنید نور لامپ به‌طور یکنواخت در فضای اطراف آن منتشر می‌شود و بازدهٔ لامپ ۵ درصد است (یعنی $۵W$ تابش مرئی گسیل می‌کند.) و فقط ۱ درصد این تابش دارای طول موجی در حدود $۵۵۰nm$ است. در هر ثانیه چه تعداد فوتون با این طول موج وارد مردمک‌های چشم ناظری می‌شود که در این فاصله قرار دارد؟ (قطر مردمک را $۲٫۰\ mm$ درنظر بگیرید.)

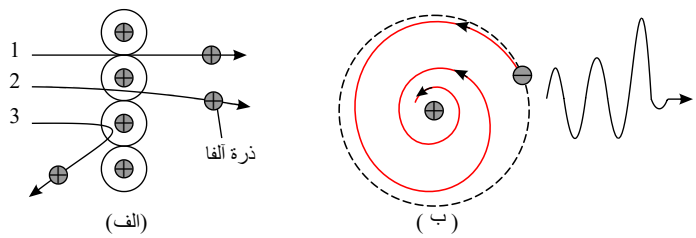
۵۰ مبنای مدل رادرفورد، نتایج آزمایش‌هایی بود که از پراکندگی ذره‌های آلفا توسط یک ورقهٔ نازک طلا به‌دست آمده بود.(شکل الف)

الف) توضیح دهید چرا بیشتر ذره‌های آلفا مانند ذره‌های ۱ و ۲ یا اصلاً منحرف نمی‌شوند، یا به مقدار کمی منحرف می‌شوند؟

ب) تنها تعداد بسیار کمی از ذره‌ها مانند ذرهٔ ۳ منحرف می‌شوند. این امر چه نکته‌ای را دربارهٔ ساختار اتم طلا نشان می‌دهد؟

پ) چرا رادرفورد در آزمایش خود از صفحهٔ بسیار نازک طلا استفاده کرده بود؟

ت) شکل (ب)، به کدام مشکل مدل اتمیِ رادرفورد اشاره دارد؟ در مدل بور چگونه این مشکل رفع شده است؟



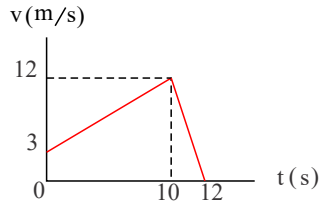
۵۱ در چه فاصله‌ای از سطح زمین شتاب گرانش زمین نصف شتاب گرانش در سطح زمین است؟

۵۲ آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد $f_{s,\max}$ متناسب با F_N است.

۵۳ آهویی در مسیری مستقیم در امتداد محور x می‌دود. نمودار سرعت - زمان آهو در بازهٔ زمانی صفر تا $12/0\ s$ مطابق شکل زیر است. در این بازهٔ زمانی: الف) مسافت کل پیموده شده توسط آهو را به‌دست آورید.

ب) جابه‌جایی آهو را پیدا کنید.

پ) نمودار شتاب - زمان آهو را رسم کنید.



۵۴ خودرویی پشت چراغ قرمز ایستاده است. با سبز شدن چراغ، خودرو با شتاب $2m/s^2$ شروع به حرکت می‌کند. در همین لحظه، کامیونی با سرعت ثابت $36km/h$ از آن سبقت می‌گیرد.

الف) در چه لحظه و در چه مکانی خودرو به کامیون می‌رسد؟

ب) نمودار مکان - زمان را برای خودرو و کامیون در یک دستگاه مختصات رسم کنید.

پ) نمودار سرعت - زمان را برای خودرو و کامیون در یک دستگاه مختصات رسم کنید.

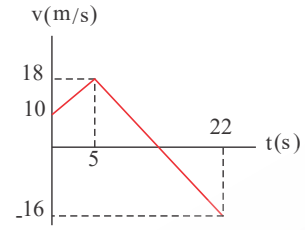
۵۵ سرعت جسمی برحسب زمان برحسب یکاهای SI به‌صورت زیر به‌دست می‌آید: (حرکت جسم در لحظه صفر آغاز شده است)

$$v = -2t^3 + 3t^2 - t + 4$$

الف) شتاب متوسط جسم در پنج ثانیهٔ اول حرکت چقدر است؟

ب) در ثانیهٔ چندم حرکت اندازهٔ شتاب متوسط جسم برابر ۲۴ متر بر مربع ثانیه است؟

۵۶ شکل روبه‌رو نمودار سرعت - زمان جسمی را نشان می‌دهد که روی محور x حرکت می‌کند. اگر در این حرکت، شتاب متوسط در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 صفر باشد، بیشترین مقدار ممکن برای $t_2 - t_1$ چقدر است؟



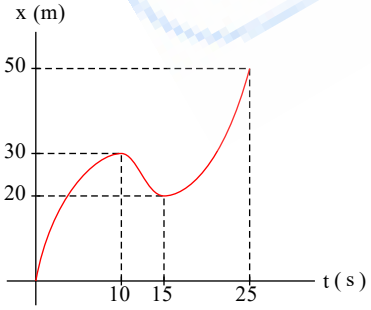
۵۷ مکان جسمی برحسب زمان برحسب یکاهای SI به‌صورت زیر به‌دست می‌آید: (حرکت جسم در لحظه صفر آغاز شده است.)

$$x = 1/5t^3 - t + 2/5$$

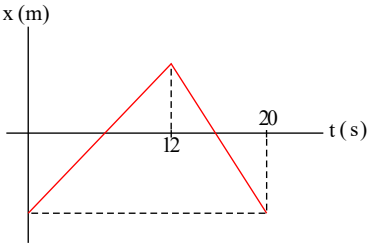
الف) سرعت متوسط جسم در دو ثانیهٔ اول حرکت چقدر است؟

ب) سرعت متوسط جسم از لحظهٔ $t = 2s$ تا چه لحظه‌ای برابر ۷۷ متر بر ثانیه است؟

۵۸ در یک حرکت بر خط راست که نمودار مکان - زمان آن به شکل زیر است، نسبت تندی متوسط بین دو لحظه‌ای که در آن متحرک متوقف شده است، به تندی متوسط در کل زمان حرکت چند است؟

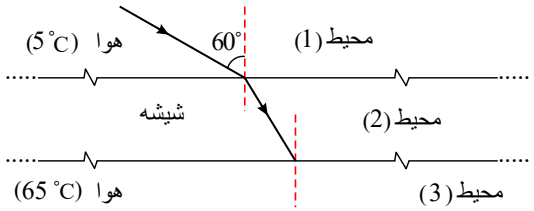


۵۹ نمودار مکان - زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند به شکل زیر است. نسبت سرعت متوسط متحرک در ۵ ثانیه اول حرکت به سرعت متوسط متحرک در ۵ ثانیه آخر حرکت را به‌دست آورید.

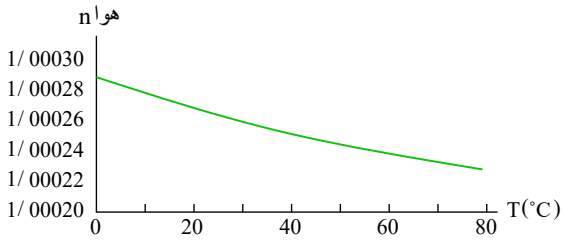


۶۰ یک متحرک روی یک مسیر مستقیم از نقطهٔ A به نقطهٔ B می‌رود. اگر مسافت پیموده‌شده توسط متحرک و اندازهٔ جابه‌جایی آن به‌ترتیب برابر ۱۸۰ و ۱۰۰ متر باشد و متحرک تنها یک بار تغییر جهت داده باشد، فاصلهٔ نقطهٔ تغییر جهت تا نقطهٔ وسط A و B چقدر است؟

۶۱ مطابق شکل پرتو نوری تک‌رنگ از هوا با دمای $5^\circ C$ به سطح یک تیغهٔ شیشه‌ای متوازی‌السطوح با زاویهٔ تابش $60^\circ C$ تابیده است. این پرتو پس از دو بار شکست در دو سطح موازی این تیغه درنهایت وارد هوا با دمایِ $65^\circ C$ می‌شود. پرتو شکستهٔ واردشده به محیط (۳) با خط عمودبر مرز جداکنندهٔ شیشه و محیط (۳) زاویهٔ θ می‌سازد.



الف ضریب شکست سه محیط را با هم مقایسه کنید.



ب سرعت پرتو تک‌رنگ را در سه محیط با هم مقایسه کنید.

پ آیا زاویهٔ θ : $\theta < 60^\circ$ ، $\theta = 60^\circ$ یا $\theta > 60^\circ$ خواهد بود؟

۶۲ از داخل پرانتز گزینه درست را انتخاب کنید و بنویسید.

الف در گسیل (القایی – خودبه‌خود) فوتون در جهتی کاتوره‌ای گسیل می‌شود.

ب خواص شیمیایی هر اتم را تعداد (نوترون‌های – پروتون‌های) هسته تعیین می‌کند.

پ نیروی هسته‌ای بین نوکلئون‌ها (کوتاه‌برد – بلندبرد) است.

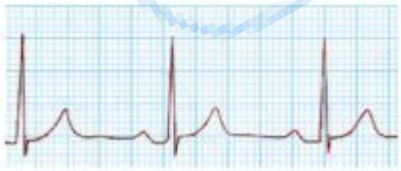
ت در دماهای معمولی، بیشتر تابش گسیل‌شده از سطح اجسام در ناحیهٔ (فروسرخ – نور مرئی) قرار دارد.

۶۳ پاسخ دهید.

الف چرا مدل بور برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می‌چرخد به کار نمی‌رود؟

ب منظور از «کاستی جرم هسته» چیست؟

۶۴ به پرسش‌های زیر پاسخ کوتاه دهید.



الف شکل مقابل، چگونه نوسانی را نشان می‌دهد؟

ب آیا شتاب در حرکت هماهنگ ساده، ثابت است یا متغیر؟

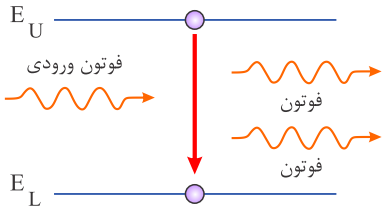
پ آیا بسامد نوسان‌های سامانهٔ وزنه – فنر، به جرم وزنه بستگی دارد؟

ت میزان پیشروی موج را در مدت یک دوره چه می‌گویند؟

۶۵

الف انرژی یونش الکترون چیست؟

ب شکل روبه‌رو، کدام فرآیند گسیل را نشان می‌دهد؟



پ فوتون‌های باریکهٔ لیزری چه ویژگی‌هایی دارند؟

۶۶ از داخل پرانتز گزینهٔ درست را انتخاب کنید.

الف در حرکت هماهنگ ساده، دامنهٔ نوسان؛ بیشینه فاصلهٔ نوسانگر از (نقطهٔ تعادل - نقطهٔ بازگشتی) است.

ب تندی انتشار صوت در هوا به (دامنهٔ موج صوتی - دمای هوا) بستگی دارد.

پ طول موج (امواج رادیویی - نور مرئی) از طول موجِ امواج فروسرخ بیشتر است.

ت وقتی چشمهٔ صوت به ناظر ساکن نزدیک می‌شود، فاصلهٔ جبهه‌های موج در عقب چشمه (بیشتر - کمتر) می‌شود.

ث میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی یک موج الکترومغناطیسی همواره (عمود بر - موازی بر) جهت حرکت موج هستند.

ج در دماهای معمولی، بیشتر تابش گسیل‌شده از سطح اجسام در ناحیهٔ (فرابنفش - فروسرخ) است.

۶۷ متحرکی در مدت زمان $۸s$ از مکان $\vec{d_۱} = (-۴m)\vec{i}$ به مکان $\vec{d_۲} = (۴m)\vec{i}$ می‌رسد.

الف جهت حرکت این متحرک را تعیین کنید.

ب بزرگی سرعت متوسط متحرک در مدت زمان $۸s$ چند متر بر ثانیه است؟

پ مسافت طی شدهٔ متحرک چند متر است؟

۶۸ ایزوتوپ ${}^{۱۵}_{۸}O$ با گسیل پوزیترون، واپاشی می‌کند. معادلهٔ این واکنش را بنویسید و با استفاده از جدول تناوبی عنصرها که در پیوست آمده است، عنصر جدیدی را که تولید می‌شود تعیین کنید.

۶۹ در هریک از موارد زیر نماد X چه عنصری را نشان می‌دهد و در هستهٔ هریک چند نوترون وجود دارد؟ در صورت لزوم از جدول تناوبی استفاده کنید.

الف) ${}^{۱۹۵}_{۷۸}X$ ب) ${}^{۳۲}_{۱۶}X$ پ) ${}^{۶۱}_{۲۹}X$

۷۰ مرتبهٔ بزرگی تعداد نوترون‌هایی را که می‌توان تنگ هم در یک توپ تنیس به شعاع $۳٫۲cm$ جای داد، تخمین بزنید. در این صورت مرتبهٔ بزرگی جرم این توپ چقدر است؟

(مرتبهٔ بزرگی شعاع و جرم نوترون را به‌ترتیب $۱۰^{-۱۵}m$ و $۱۰^{-۲۷}kg$ درنظر بگیرید.)

۷۱ هریک از فعالیت‌های زیر توسط کدام دانشمند صورت گرفت؟

الف) کشف نوترون

ب) کشف پرتوزایی

پ) انجام آزمایش ورقهٔ طلا

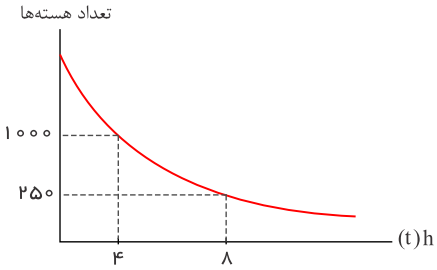
۷۲ ترازهای انرژی ..... در اتم در حدود الکترون‌ولت است.

۷۳ با توجه به نمودار شکل مقابل، که مربوط به یک مادهٔ پرتوزا است:

الف) نیمه عمر این ماده چند ساعت است؟

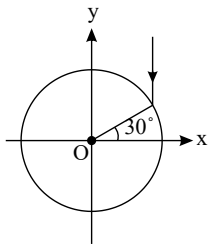
ب) تعداد هسته‌های مادر پرتوهای اولیه چه‌قدر بوده است؟

پ) پس از گذشت ۱۰ ساعت، چه کسری از هسته‌های اولیه واپاشیده شده است؟



۷۴ نیمهٔ عمر یک مادهٔ پرتوزا ۱۲ شبانه‌روز است. پس از گذشت چند شبانه‌روز، $\frac{۱}{۳۲}$ از مادهٔ اولیه باقی می‌ماند؟

۷۵ لوله‌ای با مقطع دایره‌ای به شعاع ۲ متر را مطابق شکل درنظر بگیرید. فرض کنید که سطح بیرونی آن آینه است. مطابق شکل پرتو نوری موازی محور y به آینه می‌تابد. زاویهٔ بین امتداد پرتو بازتابش با محور x را به‌دست آورید.



۷۶ شدت صوت حاصل از یک منبع صدا طبق رابطهٔ $I = ۴t + ۳$ در SI با زمان تغییر می‌کند. تغییر تراز شدت صوت پس از چه زمانی از روشن شدن منبع ۱۰ دسی‌بل است؟

۷۷ معادلهٔ حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI $x = (۰/۰۱)\cos \pi t$ است. تندی نوسانگر چقدر باشد تا انرژی جنبشی، یک سوم انرژی پتانسیل آن شود؟

۷۸ جسمی به جرم $۱kg$ به فنری افقی با ثابت $۶N/cm$ متصل است. فنر به اندازهٔ $۹cm$ فشرده و سپس رها می‌شود و جسم روی سطح افقی شروع به نوسان می‌کند. با چشم‌پوشی از اصطکاک:

الف) دامنهٔ نوسان و تندی بیشینهٔ جسم چقدر است؟

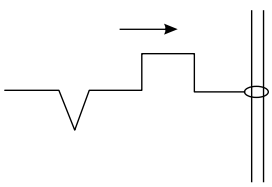
ب) وقتی تندی جسم $۱/۶m/s$ است، انرژی پتانسیل کشسانی آن چقدر است؟

۷۹ نور تک‌رنگی با زاویهٔ ۵۳° از هوا وارد محیط شفاف شده و ۱۶ درجه منحرف می‌شود. اگر بسامد $۶ \times ۱۰^{۱۴} Hz$ باشد موارد زیر را محاسبه نمایید. ($\sin ۵۳^\circ = ۰/۸$، سرعت نور در هوا: $۳ \times ۱۰^۸ m/s$)

الف) ضریب شکست در محیط شفاف

ب) طول موج در محیط شفاف

۸۰ شکل تپ بازتاب از انتهای آزاد را برای موج فرودی داده‌شده در شکل زیر رسم کنید.



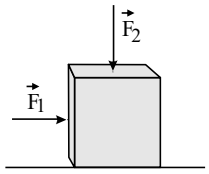
۸۱ الف) سفینه‌ای به جرم $۳٫۰۰ \times ۱۰^{۴} kg$ در وسط فاصلهٔ بین زمین و ماه قرار دارد. نیروی گرانشی خالصی را که از طرف زمین و ماه به این سفینه در این مکان وارد می‌شود به‌دست آورید. (از داده‌های مسئله‌های قبل استفاده کنید).

ب) در چه فاصله‌ای از زمین، نیروی گرانشی ماه و زمین بر سفینه، یکدیگر را خنثی می‌کنند؟

$M_{\text{زمین}} = ۵٫۹۸ \times ۱۰^{۲۴} kg \quad , \quad M_{\text{ماه}} = ۷٫۳۶ \times ۱۰^{۲۲} kg$

فاصلهٔ زمین تا ماه $= ۳٫۸۴ \times ۱۰^{۵} km$

۸۲ در شکل زیر، نیروی $\vec{F}_۱$ به بزرگی $۲۰٫۰ N$ بر جعبه وارد شده است، اما جعبه همچنان ساکن است. اگر در همین حالت بزرگی نیروی قائم $\vec{F}_۲$ که جعبه را به زمین می‌فشارد از صفر شروع به افزایش کند، کمیت‌های زیر چگونه تغییر می‌کنند؟الف) اندازهٔ نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه



ب) اندازهٔ نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جعبه

پ) اندازهٔ بیشینهٔ نیروی اصطکاک ایستایی

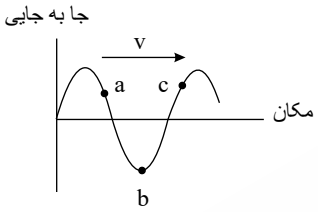
ت) نیروی خالص وارد بر جسم

۸۳ نشان دهید در حرکت بر خط راست، در هر بازهٔ زمانی دلخواه بردار شتاب متوسط هم‌راستا با مسیر حرکت است.

۸۴ شکل روبه‌رو یک موج سینوسی را در لحظه‌ای از زمان نشان می‌دهد که با تندی v در جهت محور x در طول ریسمان کشیده‌شده‌ای حرکت می‌کند. سه جزء a، b و c از این ریسمان روی شکل نشان داده شده‌اند.

الف) در این لحظه، کدام جزء به طرف پایین می‌رود؟

ب) کاهش نیروی کشش وارد بر این ریسمان، چه اثری بر تندی انتشار موج عرضی دارد؟



۸۵ تراز شدت صوت یک خیابان بی‌سروصدا $۴۰ dB$ است. شدت صوت این خیابان، چند وات بر متر مربع است؟ $(I_۰ = ۱۰^{-۱۲} W/m^{۲})$

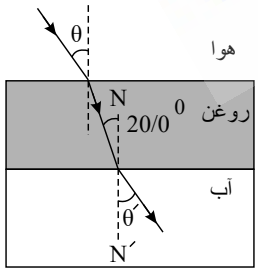
۸۶ نیمه‌عمر کبالت ۵٫۲۵ سال است.

الف. چند سال طول می‌کشد تا $\frac{۱}{۱۶}$ از هسته‌های کبالت در نمونه اولیه به‌صورت فعال باقی بمانند؟

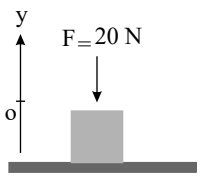
ب. این مقدار چند درصد مقدار اولیه است؟

۸۷ با توجه به شکل داده‌شده اگر ضریب شکست روغن برابر ۱٫۴ باشد و ضریب شکست آب برابر ۱٫۳ باشد، زاویه‌های θ و θ' را محاسبه کنید.

(ضریب شکست هوا برابر ۱٫۰ و $\sin ۲۰^{\circ} = ۰٫۳۴$ ، $\sin ۲۲^{\circ} = ۰٫۳۷$ ، $\sin ۲۹^{\circ} = ۰٫۴۸$)



۸۸ همانند شکل روبه‌رو، نیروی $F = ۲۰ N$ به جعبه‌ای به جرم $۵ kg$ که روی میز افقی قرار دارد وارد می شود.



الف نیروی عمودی سطح چند نیوتون است؟

ب واکنش نیروی عمودی سطح در چه جهتی است؟ $(g = ۱۰ \frac{N}{kg})$

۸۹ درستی یا نادرستی هریک از گزاره‌های زیر را با واژهٔ ((درست)) یا ((نادرست)) در پاسخ‌نامه مشخص کنید.

الف با افزایش ثابت فنر در سامانهٔ جرم - فنر (با جرم یکسان) دورهٔ تناوب نوسان‌ها کوتاه‌تر می‌شود.

ب نوسان تاب بدون هُل دادن، یک نوسان نامیرا است.

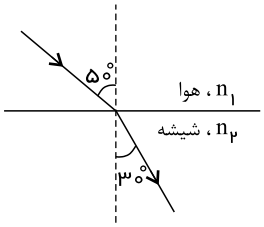
پ در امواج دایره‌ای ایجادشده بر سطح آب، فاصلهٔ بین دو برآمدگی مجاور برابر یک طول موج است.

ت بیشترین بسامد در طیف امواج الکترومغناطیسی، متعلق به امواج رادیویی است.

ث امواج صوتی هنگام انتشار در هوا، عرضی هستند.

ج با حرکت یک چشمهٔ صوتی، فاصلهٔ جبهه‌های موج در جلوی چشمه، بیشتر از پشت آن می‌شود.

۹۰ در شکل روبه‌رو موج نوری فرودی از هوا وارد شیشه می‌شود. بخشی از موج در سطح جدایی دو محیط بازمی‌تابد و بخشی دیگر شکست می‌یابد و وارد شیشه می‌شود.



الف ضریب شکست شیشه را حساب کنید.

$(n_۱ = ۱ \, , \, \sin ۳۰^\circ = ۰/۵ \, , \, \sin ۵۰^\circ \simeq ۰/۷۵)$

ب زاویهٔ بازتابش چند درجه است؟

پاسخ‌نامه تشریحی

۱ مکعب چوبی را روی میز افقی قرار می‌دهیم و نیروسنج را به مکعب چوبی وصل می‌کنیم و سر دیگر نیروسنج را با دست به‌طور افقی می‌کشیم. نیروی دست را به آرامی افزایش می‌دهیم تا جایی که مکعب در آستانهٔ لغزیدن قرار گیرد. عددی که در این حالت نیروسنج نشان می‌دهد $f_{s\ ,\ \max}$ است. پس از اندازه‌گیری جرم مکعب بنا به قانون دوم نیوتون:

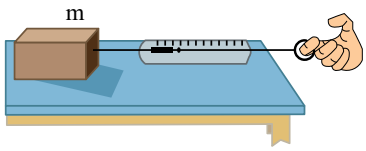
$$F_N = mg \ \Rightarrow\ f_{s\ ,\ \max} = \mu_s F_N \ \Rightarrow\ \mu_s = \frac{f_{s\ ,\ \max}}{mg}$$

۲ وسایل لازم: نیروسنج، قطعهٔ چوبی به شکل مکعب مستطیل با وجوه یکنواخت، ترازو ، خط کش

شرح آزمایش:

۱) مکعب چوبی را از طرف وجه بزرگ آن ، روی سطح افقی میز قرار می‌دهیم.

۲) نیروسنج را مانند شکل به مکعب چوبی وصل کرده و سردیگر نیروسنج را با دست گرفته و به طور افقی می‌کشیم.



۳) نیروی دست خود را به آرامی افزایش می‌دهیم تا جایی که مکعب چوبی در آستانهٔ لغزیدن قرار گیرد. در این حالت عددی را که نیروسنج نشان می‌دهد، در جدول یادداشت می‌کنیم (برای افزایش دقت در نتیجه‌گیری می‌توان آزمایش را چندین بار تکرار کرد.)

۴) اکنون مکعب چوبی را از طرف وجه کوچک‌تر روی سطح قرار داده و مراحل ۲ و ۳ را تکرار می‌کنیم.

۵) با اندازه‌گیری جرم مکعب چوبی و استفاده از رابطهٔ $f_{s,max} = \mu_s F_N$ ، $(f_{s,max} = F_{\text{نیروسنج}}, F_N = mg)$ مقدار μ_s را محاسبه می‌کنیم. $(\mu_s = \frac{f_{s,max}}{F_N} = \frac{F_{\text{نیروسنج}}}{mg})$

۶) مشاهده خواهد شد که μ_s تقریباً تغییر نمی‌کند و نتیجه می‌گیریم که ضریب اصطکاک به سطح ظاهری تماس بستگی ندارد.

شمارهٔ آزمایش	مساحت سطح تماس قطعه با میز	وزن قطعه:	
		عددی که نیروسنج نشان می‌دهد $(f_{s,max})$	μ_s

۳ الف) درست ب) نادرست ج) نادرست د) درست ه) نادرست

۴ الف) ابتدا با توجه به نمودار، دوره و پس ازآن بسامد زاویه‌ای را محاسبه کرده و معادلهٔ حرکت نوسانگر را می‌نویسیم. پس از آن با قرار دادن $x = -۲\sqrt{۳}$ در معادله، مقدار t' را به‌دست می‌آوریم.

$$۱٫۴s = ۷\frac{T}{۴} \rightarrow T = ۰٫۸s$$

$$\omega = \frac{۲\pi}{T} = \frac{۲\pi}{\frac{۸}{۱۰}} = \frac{۲۰\pi}{۸} = \frac{۵\pi}{۲}$$

$$x = A\cos(\omega t) = ۰٫۰۴\cos(\frac{۵\pi}{۲}t)$$

ب)

$$\begin{cases} x = -\frac{۲\sqrt{۳}}{۱۰۰}m = ۰٫۰۴\cos(\frac{۵\pi}{۲}t') \Rightarrow \cos(\frac{۵\pi}{۲}t') = -\frac{\sqrt{۳}}{۲} \\ t = t' \end{cases}$$

$$\rightarrow \frac{۵\pi}{۲}t' = (\pi - \frac{\pi}{۶}), \underbrace{(\pi + \frac{\pi}{۶})}_{\text{برای دومین بار}}, (۳\pi - \frac{\pi}{۶}), (۳\pi + \frac{\pi}{۶}), \ldots \rightarrow \frac{۵\pi}{۲}t' = \frac{۷\pi}{۶} \rightarrow ۵t' = \frac{۷}{۳} \rightarrow \boxed{t' = \frac{۷}{۱۵}s}$$

پ)

$$F_{net} = -kx = ma \rightarrow \begin{cases} a = -(\frac{k}{m})x \\ \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \rightarrow \omega^۲ = \frac{k}{m} \end{cases} \Rightarrow a = -\omega^۲ x$$

$$\omega = \frac{۵\pi}{۲} \rightarrow \omega^۲ = \frac{۲۵\pi^۲}{۴} = \frac{۲۵ \times ۱۰}{۴} = \frac{۲۵۰}{۴} = ۶۲٫۵$$

$$(۱)\ ,\ (۲) \Rightarrow \boxed{a=-۶۲٫۵x} \xrightarrow[x=-\frac{۲\sqrt{۳}}{۱۰۰}m]{t=t'} a=-۶۲٫۵(-\frac{۲\sqrt{۳}}{۱۰۰}) \rightarrow \boxed{a=۱٫۲۵\sqrt{۳}\frac{m}{s^۲}}$$

ت)

$$m=۲۵۰g=\frac{۱}{۴}kg$$

$$U=۰٫۰۱J$$

$$E=K_{max}=U+K \rightarrow K=K_{max}-U=\frac{۱}{۲}mA^۲\omega^۲-U=\frac{۱}{۲}\times\frac{۱}{۴}\times(\frac{۴}{۱۰۰})^۲\times ۶۲٫۵-۰٫۲۵J$$

$$\rightarrow K=\frac{۱}{۲}mv^۲=۱٫۲۵J-۰٫۲۵J=۱ \rightarrow \frac{۱}{۲}\times\frac{۱}{۴}\times v^۲=۱ \rightarrow \boxed{v=۲\sqrt{۲}\frac{m}{s}}$$

۵

الف نیروی وزن و نیروی مقاومت هوا

ب نیروهای وارد بر چترباز، متوازن باشد.

۶ الف) معادلهٔ مکان - زمان درجهٔ دوم است. بنابراین، حرکت شتاب‌دار با شتاب ثابت است.

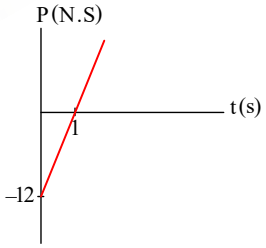
$$\begin{cases} x=At^۲-۶t+۱۲ \\ x=(\frac{۱}{۲}a)t^۲+v_۰t+x_۰ \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \frac{a}{۲}=A \\ \vec{F}_{net}=m\vec{a} \rightarrow ۱۶\vec{i}-۴\vec{i}=۲\vec{a} \rightarrow \vec{a}=۶\vec{i} \end{cases} \rightarrow a=۶m/s^۲ \rightarrow \boxed{A=\frac{۶}{۲}=۳}$$

ب) تکانه از رابطهٔ $\vec{p}=m\vec{v}$ محاسبه می‌شود. بنابراین، اگر $\vec{p}$ ثابت باشد، $\vec{v}$ باید ثابت باشد. به این معنی که نیروها متوازن بوده است. یعنی $\vec{F}_{net}=\vec{۰}$ و داریم:

$$\vec{F}_{net}=\vec{F_۱}+\vec{F_۲}+\vec{F_۳}=\vec{۰} \Rightarrow ۱۶\vec{i}-۴\vec{i}+\vec{F_۳}=\vec{۰} \rightarrow \boxed{\vec{F_۳}=-۱۲\vec{i}}$$

پ) برای رسم نمودار تکانه - زمان به معادلهٔ v نیاز داریم.

$$v=at+v_۰=۶t-۶ \rightarrow p=mv=۲(۶t-۶)=۱۲t-۱۲ \rightarrow \boxed{p=۱۲t-۱۲}$$



۷

الف)

الف

$$\omega=۲\pi f \rightarrow \omega=۲\pi\times ۵۰=۱۰۰\pi\ rad/s$$

$$x=A\cos\omega t\ ,\ A=۳cm \Rightarrow x_{(cm)}=۳\cos ۱۰۰\pi t$$

ب)

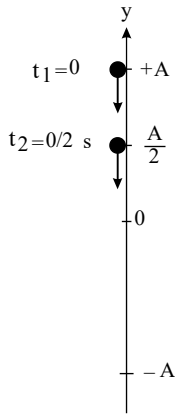
ب

$$\begin{cases} \beta_۲-\beta_۱=۱۰\log\frac{I_۲}{I_۱} \\ \frac{I_۲}{I_۱}=\sqrt{۱۰} \end{cases} \Rightarrow \Delta\beta=۱۰\log ۱۰^{۰٫۵} \rightarrow \Delta\beta=۵dB$$

۸ الف) به ذرهٔ B از طناب توجه می‌کنیم؛ برای سادگی در پاسخ‌گویی می‌توان فرض کرد:

$$\begin{cases} t_1 = t' = ۰ \\ t_۲ = t' + ۰/۲s = ۰ + ۰/۲ = ۰/۲s \end{cases}$$

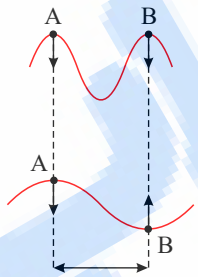
$$t_۲ = ۰/۲s \rightarrow y = A\cos(\omega t) \rightarrow \frac{A}{۲} = A\cos(\omega \times ۰/۲)$$



$$\rightarrow \omega \times ۰/۲ = \frac{\pi}{۳} \rightarrow (\omega = \frac{۵\pi}{۳}) \rightarrow \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{۵\pi}{۳} \rightarrow \frac{۱۰}{m} = \frac{۲۵ \times ۱۰}{۹} \rightarrow m = \frac{۹}{۲۵}kg$$

راه تستی $\rightarrow \begin{cases} \Delta t = \frac{T}{۶} \rightarrow (t' + ۰/۲) - (t') = \frac{T}{۶} \rightarrow ۰/۲ = \frac{T}{۶} \rightarrow T = ۱/۲s \\ A \rightarrow \frac{A}{۲} \end{cases} \rightarrow (\omega = \frac{۲\pi}{T} = \frac{۵\pi}{۳})$

ب) برای قرینه شدن وضعیت نوسانی ذرات A و B باید فاصلهٔ آنها از حالت کنونی ($\Delta x_{AB} = \lambda$) به وضعیت (... و $\frac{۵\lambda}{۲}$ یا $\frac{۳\lambda}{۲}$ یا $\frac{\lambda}{۲} = \Delta x_{AB}$) تبدیل شود. چون با آویختن جرم دیگر به وزنهٔ قبلی m افزایش می یابد طبق رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ و ثابت ماندن k (ثابت فنر)، T و در نتیجه طبق رابطهٔ: $\lambda = vT$ (v به محیط انتشار موج یعنی طناب بستگی داشته و چون شرایط فیزیکی حاکم بر طناب تغییر نکرده v ثابت می‌ماند.)

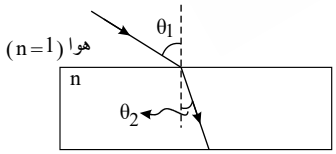


$\lambda = \underbrace{v}_{\text{ثابت}} \underbrace{T}_{\text{افزایش}} \rightarrow (\lambda \text{ افزایش می‌یابد}) \longrightarrow$ و چون فاصله دو ذرهٔ ثابت مانده است بنابراین

$$\lambda_۱ = \frac{\lambda_۲}{۲} \rightarrow \lambda_۲ = ۲\lambda_۱ \Rightarrow T_۲ = ۲T_۱$$

$$\frac{T_۲}{T_۱} = \sqrt{\frac{m_۲}{m_۱}} \rightarrow ۲ = \sqrt{\frac{m_۲}{m_۱}} \rightarrow m_۲ = ۴m_۱ \rightarrow \Delta m = m_۲ - m_۱ = ۴m_۱ - m_۱ = ۳m_۱ = ۳(\frac{۹}{۲۵}) = \frac{۲۷}{۲۵}kg$$

۹ پرتو نور تک‌رنگی را (می‌توان در صورت در دسترس بودن از باریکهٔ نور خروجی از یک دستگاه لیزر کوچک استفاده نمود.) به‌طور مایل به یک وجهٔ تیغهٔ متوازی‌السطوحی که می‌خواهیم ضریب شکست آن را حساب کنیم می‌تابانیم. زاویهٔ ورود و خروج از لبهٔ تیغه را توسط یک نقاله (هر وسیلهٔ مناسب مشابه دیگر) اندازه می‌گیریم (محیط پیرامون تیغه هوا است). با اندازه‌گیری زاویهٔ شکست (با استفاده از نقاله) به سادگی به کمک قانون شکست اسنل می‌توانیم ضریب شکست تیغه را محاسبه کنیم:



$$\rightarrow \overbrace{n_{\text{هوا}}}^{۱} \sin\theta_۱ = n_{\text{شیشه}} \times \sin\theta_۲ \rightarrow n_{\text{شیشه}} = \frac{\sin\theta_۱}{\sin\theta_۲}$$

با اندازه‌گیری $\theta_۱$ و $\theta_۲$، n (ضریب شکست شیشه) محاسبه می‌شود.

۱۰

$A \leftarrow$ درّهٔ (پاستیغ) موج

$B \leftarrow$ قلّهٔ (ستیغ) موج

$C \leftarrow$ پرتو موج

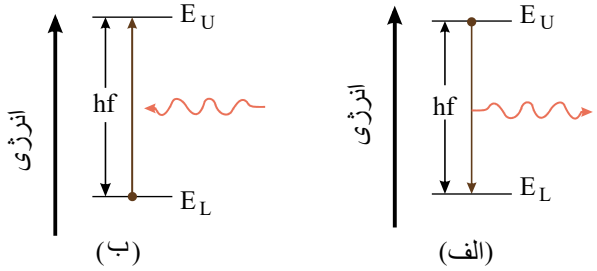
$D \leftarrow$ چشمهٔ موج

$E \leftarrow$ طول موج

$F \leftarrow$ بردار سرعت

۱۱ براساس مدل بور می‌دانیم که خط‌های گوناگون در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی وقتی به‌وجود می‌آیند که الکترون‌های اتم‌های هیدروژن، که به هر دلیلی برانگیخته شده‌اند، از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر جهش کنند و فوتون‌هایی را گسیل کنند (شکل الف)، همچنین الکترون‌ها می‌توانند در جهت عکس گذار کنند، یعنی در فرآیندی که جذب فوتون خوانده می‌شود از ترازهای انرژی پایین‌تر به ترازهای انرژی بالا بروند (شکل ب). در این حالت اتم، فوتونی را که دقیقاً انرژی لازم برای گذار الکرون از تراز انرژی پایین به تراز انرژی بالاتر را دارد جذب می‌کند. به این ترتیب اگر فوتون‌هایی با گسترهٔ پیوسته‌ای از طول موج‌ها مطابق آزمایش از گاز بگذرند و سپس طیف آنها تشکیل شود. یک دسته خط‌های جذبی تاریک در طیف پیوسته

مشاهده خواهند شد. خط‌های تاریک طول موج‌هایی را مشخص می‌کنند که با فرآیند جذب فوتون، برداشته شده‌اند.



الف) فرآیند گسیل فوتون و ب) فرآیند جذب فوتون توسط اتم

۱۲ طبق متن کتاب درسی در رابطهٔ ریدبرگ می‌توانیم به‌جای n' از n_L و بالعکس و به‌جای n از n_U و بالعکس استفاده نمائیم.»

$$\Delta E = (-\frac{E_R}{n_۲^۲}) - (-\frac{E_R}{n_۱^۲}) = E_R(\frac{۱}{n_۱^۲} - \frac{۱}{n_۲^۲})$$

$$\rightarrow ۱۲٫۷۵(eV) = ۱۳٫۶eV(\frac{۱}{n_۱^۲} - \frac{۱}{n_۲^۲}) \rightarrow \frac{۱}{n_۱^۲} - \frac{۱}{n_۲^۲} = \frac{۱۲٫۷۵eV}{۱۳٫۶eV}$$

برای سهولت در حل : $\left.\begin{array}{l} ۱۲٫۷۵ = ۱۵ \times ۰٫۰۸۵ \\ ۱۳٫۶ = ۱۶ \times ۰٫۸۵ \end{array}\right\}$

$$\rightarrow \frac{۱}{n_۱^۲} - \frac{۱}{n_۲^۲} = \frac{۱۵}{۱۶} = ۱ - \frac{۱}{۱۶} \begin{cases} \frac{۱}{n_۱^۲} = ۱ \rightarrow n_۱^۲ = ۱ \rightarrow n_۱ = ۱ \\ \frac{۱}{n_۲^۲} = \frac{۱}{۱۶} \rightarrow n_۲^۲ = ۱۶ \rightarrow n_۲ = ۴ \end{cases}$$

*البته اگر به عدد $۱۲٫۷۵eV$ دقت شود با توجه به مقادیر انرژی ترازهای انرژی در اتم H : $-۱۳٫۶, -۳٫۴, -۱٫۵, -۰٫۸۵, \cdots$

می‌فهمیم قطعاً یک پای کار باید $-۱۳٫۶$ الکترون ولت باشد! یعنی $E_{n_۱} = -۱۳٫۶eV$ پس $n_۱ = ۱$.(این‌طور نیست.؟!!)

۱۳

طبق متن کتاب درسی در رابطهٔ ریدبرگ می‌توانیم به‌جای n' از n_L و بالعکس و به‌جای n از n_U و بالعکس استفاده نمائیم.» $R = \frac{E_R}{hc}$

$$E = E_U - E_L = (-\frac{E_R}{n_U^۲}) - (-\frac{E_R}{n_L^۲}) = E_R(\frac{۱}{n_L^۲} - \frac{۱}{n_U^۲}) = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\frac{۱}{\lambda} = (\frac{E_R}{hc})(\frac{۱}{n_L^۲} - \frac{۱}{n_U^۲}) \rightarrow R = \frac{E_R}{hc}$$

۱۴ مرئی (در رشتهٔ بالمر پرتوهای مرئی و فرابنفش مشاهده می‌شود.)

۱۵ طبق متن کتاب درسی در رابطهٔ ریدبرگ می‌توانیم به‌جای n' از n_L و بالعکس و به‌جای n از n_U و بالعکس استفاده نمائیم.»

بدیهی است چون فوتون گسیل شده است: $n_۱ > n_۲$

$$\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{n_۲^۲} - \frac{۱}{n_۱^۲})$$

$$\rightarrow \frac{۱}{۱۱۲٫۵nm} = \frac{۱}{۱۰۰nm}(\frac{۱}{n_۲^۲} - \frac{۱}{n_۱^۲}) = \frac{۱۰۰}{۱۱۲٫۵} = \frac{۸}{۹}$$

$$\frac{۱}{n_۲^۲} - \frac{۱}{n_۱^۲} = \frac{۸}{۹} \qquad (۱)$$

می‌دانیم چون طول موج فوتون گسیل شده $\lambda = ۱۱۲٫۵nm$ کوچکتر از $۴۰۰nm$ است، بنابراین طیف گسیل‌شده از نوع فرابنفش است بنابراین می‌تواند مربوط به رشتهٔ لیمان باشد. یعنی:

$$n_۲ = ۱ \qquad (۲)$$

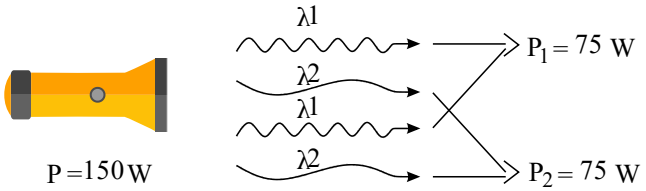
$$\xrightarrow{(۱)\text{ و }(۲)} \frac{۱}{۱^۲} - \frac{۱}{n_۱^۲} = \frac{۸}{۹} \rightarrow \frac{۱}{n_۱^۲} = ۱ - \frac{۸}{۹} = \frac{۱}{۹} \rightarrow n_۱^۲ = ۹ \rightarrow n_۱ = ۳$$

۱۶

انرژی کل : $E = nhf = nh\frac{c}{\lambda} \rightarrow P_۱ = P_۲ \rightarrow n_۱\frac{\cancel{hc}}{\lambda_۱} = n_۲\frac{\cancel{hc}}{\lambda_۲}$

$$\Rightarrow \frac{n_۱}{n_۲} = \frac{\lambda_۱}{\lambda_۲} = \frac{۱}{۲}$$

دقت شود چون $\lambda_۲ < ۶۵۰nm$ و $\lambda_۱$ است هر دو در آزمایش فوتوالکتریک و جدا نمودن فوتوالکترون‌ها از سطح فلز نقش ایفا خواهند کرد.



بنابراین: $n_۲ = ۲n_۱$

۱۷ بلندترین طول موج رشتهٔ لیمان مربوط به $n = ۲$ است. بنابراین داریم:

رشتهٔ لیمان (در خلأ) : $\frac{۱}{\lambda_۱} = \frac{۱}{(\lambda_۱)_{max}} = R(\frac{۱}{۱^۲} - \frac{۱}{۲^۲}) = \frac{۳R}{۴} \rightarrow (\lambda_۱)_{max} = \frac{۴}{۳R}$

و بلندترین طول موج رشتهٔ بالمر مربوط به $n = ۳$ است.

رشتهٔ بالمر : $\rightarrow$ در خلأ $\frac{۱}{(\lambda_۲)_{max}} = R(\frac{۱}{۲^۲} - \frac{۱}{۳^۲}) = \frac{۵R}{۳۶} \rightarrow (\lambda_۲)_{max} = \frac{۳۶}{۵R}$

هنگامی که نور دوم وارد آب به ضریب شکست $n = \frac{۳}{۴}$ می‌شود، طول موج آن $\frac{۳}{۴}$ برابر می‌شود.

$(\lambda = \frac{v}{f} \text{ و } v = \frac{c}{n} \rightarrow \frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{v'}{v} = \frac{n}{n'} = \frac{۱}{\frac{۴}{۳}} = \frac{۳}{۴})$

$\lambda'_۲ = \frac{۳}{۴}\lambda_۲ = \frac{۳}{۴} \times \frac{۳۶}{۵R} = \frac{۲۷}{۵R}$

$\frac{\lambda'_۲}{\lambda_۱} = \frac{\frac{۲۷}{۵R}}{\frac{۴}{۳R}} \rightarrow \frac{\lambda'_۲}{\lambda_۱} = \frac{۸۱}{۲۰}$

۱۸

$hf_۰ = W_۰ \rightarrow f_۰ = \frac{W_۰}{h} \xrightarrow{\lambda_{max} = \frac{c}{f_۰}} \lambda_{max} = \frac{c}{\frac{W_۰}{h}} \rightarrow \lambda_{max} = \frac{hc}{W_۰} \quad (۱)$

از طرفی می‌دانیم:

$R = \frac{E_R}{hc} \rightarrow hc = \frac{E_R}{R} \quad (۲)$

$\xrightarrow{(۱)\ ,\ (۲)} \lambda_{max} = \frac{\frac{E_R}{R}}{W_۰} \rightarrow \lambda = \frac{E_R}{RW_۰}$

۱۹ طبق تعریف ارائه‌شده از شدت تابشی در متن سؤال شدت تابشی را به شکل زیر می‌توان نوشت:

$\begin{cases} \text{مساحت سطح کره } A = ۴\pi R^۲ = ۴ \times ۳ \times (\frac{۱}{۲})^۲ = \frac{۱۲}{۴} = ۳m^۲ \\ I = \frac{E}{A \cdot t} = \frac{۳/۶}{۳ \times ۶۰} = ۰/۰۲ W/m^۲ \end{cases}$

توجه: یکای شدت تابشی:

$I = \frac{E}{At} = \frac{(\frac{E}{t})}{A} = \frac{P}{A}(W/m^۲)$

۲۰ گام اول: در هر ثانیه $۳۲۰J$ انرژی به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد. این انرژی توسط فوتون‌هایی با طول موج $۶۲۰nm$ تأمین می‌شود. ابتدا انرژی هر فوتون را می‌یابیم:

$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{۱۲۴۰eV \cdot nm}{۶۲۰nm} = ۲eV = ۲ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} J = ۳/۲ \times ۱۰^{-۱۹} J$

گام دوم: تعداد فوتون‌ها (n) برابر است با:

$n = \frac{\text{کل } E}{\text{هر فوتون } E} = \frac{۳۲۰J}{۳/۲ \times ۱۰^{-۱۹} J} = ۱۰^{۲۱}$

$۱۰^{۲۱}$ فوتون در هر ثانیه به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد.

۲۱ طیف خطی هیدروژن اتمی

۲۲ الف) $F_N = mg = ۱۰۰N$ ب) $F_N = mg - ۲۰ = ۸۰N$ پ) $F_N = mg + ۲۰ = ۱۲۰N$

۲۳ الف)

$x = t^۳ - ۳t^۲ + ۴$

$\begin{cases} t = ۰\ s \Rightarrow x(۰\ s) = ۴\ m \\ t = ۲\ s \Rightarrow x(۲s) = ۲^۳ - ۳ \times ۲^۲ + ۴ = ۰\ m \end{cases}$

ب)

$$v_{av} = \frac{x(۲s) - x(۰\,s)}{۲s - ۰\,s} = \frac{۰m - ۴m}{۲\,s} = -۲m/s$$

۲۴ نمودار مکان - زمان (مکان جسم برحسب زمان) همواره یک تابع است. یعنی به ازای هر مقدار t حداکثر یک مقدار برای x می‌تواند وجود داشته باشد و متحرک در یک لحظه نمی‌تواند در چند مکان قرار داشته باشد.

بنابراین، نمودارهای «الف، ب و ت» نمی‌توانند نشان‌دهندهٔ نمودار $x - t$ یک متحرک باشند و تنها نمودار «پ» می‌تواند مکان متحرکی را برحسب زمان نشان دهد. بنابراین، پاسخ گزینهٔ «پ» است.

۲۵

الف ۸۳، بیسموت $_{۸۳}^{۲۰۹}Bi$

ب بُلند بُرد - تعداد نوترون‌ها - کوتاه‌بُرد

پ توریم ($Z = ۹۰$)، اورانیوم ($Z = ۹۲$)، ۸۳

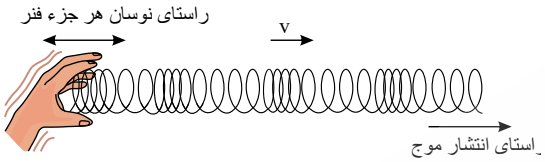
ت انرژی بستگی هسته‌ای

۲۶

الف

موج طولی، موجی است که راستای جابه‌جایی ذرات محیط (راستای ارتعاش) بر امتداد منشأ موج منطبق است.

به طور مثال: اگر یک فنری را روی یک سطح افقی قرار دهیم و یک سر آن را به نقطه ثابت کرده و سر آزاد فنر را در امتداد طول فنر به سرعت به جلو و عقب ببرید، یک تپ در طول فنر به راه می‌افتد و اگر دست خود را پیاپی به جلو و عقب حرکت دهید یک موج طولی پیوسته با تندی v در طول فنر به حرکت درمی‌آید.



ب در موج‌های عرضی و طولی، موج‌ها از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر حرکت کرده و انرژی را با خود منتقل می‌کنند. در این امواج، مادهٔ تشکیل‌دهندهٔ محیط انتشار جابه‌جا نشده و این موج است که از یک سر به سر دیگر حرکت می‌کند. به این موج‌ها موج‌های «پیش‌رونده» می‌گویند.

پ اگر بر سطح آب (در یک تشت موج) نوسان‌ساز به یک گوی کوچک متصل باشد بر سطح آب موج دایره‌ای شکل ایجاد می‌شود که از نقطهٔ تماس گوی با سطح آب در تمام جهت‌ها حرکت می‌کند. به هریک از برآمدگی‌ها یا فرورفتگی‌های ایجادشده روی سطح آب یک جبهه موج می‌گویند.

۲۷

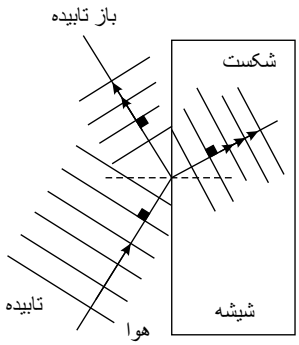
الف بسامد موج تابیده، بازتابیده و شکست‌یافته با هم برابر است. (چون فقط به چشمه بستگی دارد.) - موج تابیده و بازتابیده چون هر دو در یک محیط هستند؛ با هم برابر است - سرعت موج شکست‌یافته در شیشه ($v = \frac{C}{n}$) برای امواج مرئی) نیز به دلیل افزایش ضریب شکست کاهش می‌یابد.

طول موج نیز:

$$\begin{cases} \lambda = \frac{v}{f} \\ v = \frac{C}{n} \end{cases} \xrightarrow{v_{\text{شیشه}} < v_{\text{هوا}}} \boxed{\lambda_{\text{شیشه}} < \lambda_{\text{هوا}}}\ ،\ \boxed{\lambda_{\text{بازتابیده}} = \lambda_{\text{تابیده شده}}}\ ،\ \boxed{f_{\text{شکست‌یافته}} = f_{\text{بازتابیده}} = f_{\text{تابیده}}}$$

ب

اگر جبههٔ موج تابیده‌شده مانند آنچه در کتاب درسی آمده تخت باشد (که البته جای تردید است!) داریم:



۲۸

الف پاسخ:

رادیویی	﴿S﴾	﴿R﴾	﴿Q﴾	﴿P﴾	﴿پرتوهای X﴾	
	میکروموج	فروسرخ	مرئی	فرابنفش		پرتوهای γ

ب

از چپ به راست یعنی از سمت پرتوهای گاما به سمت امواج رادیویی:

۱) طول موج افزایش یابد.

۲) بسامد موج کاهش می‌یابد.

۳) سرعت انتشار آنها در خلأ تغییر نمی‌کند.

۲۹

الف نادرست

ب نادرست

پ درست

ت درست

ث نادرست

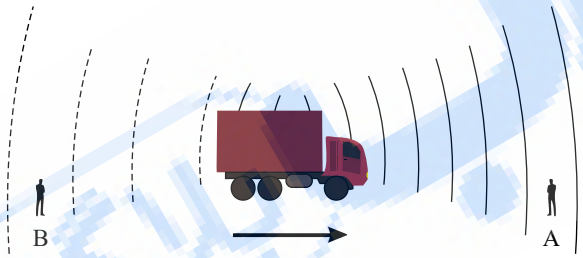
ج درست

۳۰

الف جهت $+Z$. انرژی در راستای حرکت موج ($\vec{v}$) منتقل می‌شود. می‌دانیم که $\vec{E}$ بر $\vec{B}$ و $\vec{v}$ عمود است و با توجه به قانون دست راست، در حالتی که چهارانگشت در جهت میدان الکتریکی و انگشت شست در جهت انتشار موج است، بردار میدان مغناطیسی از کف دست خارج می‌شود. یعنی در اینجا جهت میدان مغناطیسی B، $+Z$ است.

ب منبع صوت با سرعتی مشخص به سمت ناظر A حرکت می‌کند و ناظر B دور می‌شود. با توجه به جهت حرکت داریم:

پس طول موج صوت برای ناظر A کاهش و برای ناظر B افزایش می‌یابد.



۳۱

در لحظه‌ای که $x=-A$ باشد، پس از شروع نوسان، برای اولین بار تندی نوسانگر به صفر می‌رسد.

الف

$$-۰/۰۲ = ۰/۰۲\cos ۱۰\pi t \qquad ۱۰\pi t = \pi \qquad t = \frac{۱}{۱۰}s$$

ب

$$a_{max} = |w^۲ \times A| \qquad a_{max} = |۱۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۰۲| = ۲۰\frac{m}{s^۲}$$

۳۲

الف

$$a = \frac{v - v_۰}{t}$$

$$a = \frac{۰ - ۲۰}{۴} = -۵\frac{m}{s^۲}$$

ب

$$\Delta x = (\frac{v + v_۰}{۲})t$$

$$\Delta x = (\frac{۰ + ۲۰}{۲}) \times ۴$$

$$\Delta x = ۴۰m$$

پ خیر، زیرا: $۴۰m < ۴۵m$

۳۳ الف)

$$f_{s\max} = \mu_s F_N = \mu_s mg$$
$$f_{s\max} = ۰/۴ \times ۱۰۰۰ = ۴۰۰N$$
$$T > f_s$$

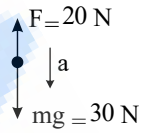
ب)

$$F_{wt} = ma \rightarrow T - f_k = ma \rightarrow T - \mu_k mg = ma$$
$$۴۴۰ - (۰/۳ \times ۱۰۰۰) = ۱۰۰a$$
$$a = ۱/۴\frac{m}{s^۲}$$

۳۴ می‌دانیم انرژی فوتون‌های فروسرخ کمتر از انرژی فوتون‌های نور مرئی (از جمله نور بنفش) است. بنابراین اگر فوتون فروسرخ جذب و نور مرئی (با انرژی فوتون‌های بیشتر) گسیل نماید قانون پایستگی انرژی نقض می‌شود.

۳۵ چون نیروی وزن جسم، بیشتر از نیروی F است، پس جهت شتاب حرکت روبه پایین است. پس حال اگر حرکت به طرف پایین بوده، حرکتش تند شونده و اگر روبه بالا باشد، کندشونده است.

$$a = \frac{۲۰ - ۳۰}{۳} = -\frac{۱۰}{۳}\, m/s^۲$$



از طرفی حرکت جسم می‌تواند حالت گزینهٔ پ باشد تا جسم متوقف شود. پس از آن حرکت جسم تندشوندهٔ رو به پایین انجام می‌شود. ولی باتوجه به ثابت بودن شتاب امکان ندارد گزینه ت درست باشد.

۳۶ ابتدا به مدت ۵ ثانیه (در بازهٔ $۰\ s$ تا $۵\ s$)، شتاب متحرک $۲m/s^۲$ است.

$$\Delta v_۱ = a_۱ \Delta t_۱ = ۲m/s^۲(۵s - ۰\ s) = ۱۰m/s$$

پس سرعت متحرک افزایش می‌یابد و از $۰m/s$ به $۱۰m/s$ می‌رسد.

سپس به مدت ۱۰ ثانیه (در بازهٔ $۵\ s$ تا $۱۵\ s$)، شتاب متحرک، صفر و سرعت متحرک، ثابت و برابر $۱۰m/s$ است.

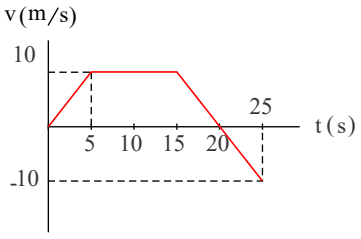
در نهایت به مدت ۱۰ ثانیه (در بازهٔ $۱۵\ s$ تا $۲۵\ s$)، شتاب متحرک $-۲m/s^۲$ است و داریم:

$$\Delta v_۲ = a_۲ \Delta t_۲ = -۲\, m/s^۲(۲۵s - ۱۵s) = -۲۰m/s$$

بنابراین، سرعت متحرک $-۲۰m/s$ کاهش می‌یابد و از $+۱۰m/s$ به $-۱۰m/s$ می‌رسد.

در این بازهٔ زمانی و در لحظه‌ای که سرعت متحرک صفر می‌شود، جهت حرکت تغییر می‌کند. با توجّه به مقدار شتاب $(-۲\ m/s^۲)$ و سرعت اولیه در این بازه $(+۱۰\ \frac{m}{s})$، سرعت در لحظهٔ $۲۰\ s$ صفر می‌شود.

بنابراین، نمودار سرعت زمان متحرک به شکل زیر می‌شود:



$۰s < t < ۵s \Rightarrow$ تندشونده

$۵s < t < ۱۵s \Rightarrow$ یکنواخت

$۱۵s < t < ۲۰s \Rightarrow$ کندشونده

$۲۰s < t < ۲۵s \Rightarrow$ تندشونده

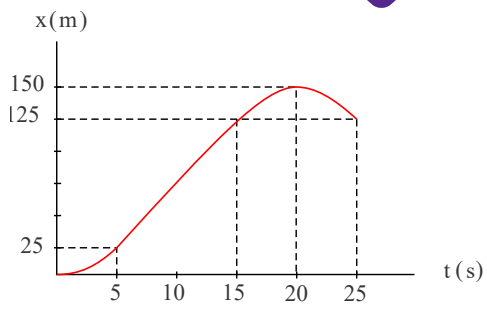
$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(-۱۰m/s) - (۰m/s)}{۲۵s - ۰\ s} = \frac{-۱۰m/s^۲}{۲۵s} = -۰/۴m/s^۲$$

با توجّه به نمودار $v - t$ این حرکت و سطح محصور بین منحنی و محور زمان، جابه‌جایی متحرک در بازه‌های زمانی مختلف را به‌دست می‌آوریم:

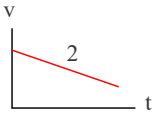
$$\begin{cases} ۰\ s < t < ۵\ s \ \Rightarrow\ \Delta x_۱ = \frac{۱}{۲} \times ۱۰m/s \times ۵\ s = ۲۵\, m \\ ۵s < t < ۱۵s \ \Rightarrow\ \Delta x_۲ = ۱۰\frac{m}{s}(۱۵s - ۵s) = ۱۰۰\, m \\ ۱۵s < t < ۲۰\ s \ \Rightarrow\ \Delta x_۳ = \frac{۱}{۲} \times ۱۰m/s \times (۲۰\ s - ۱۵s) = ۲۵m \\ ۲۰\ s < t < ۲۵s \ \Rightarrow\ \Delta x_۴ = -\frac{۱}{۲} \times ۱۰m/s(۲۵s - ۲۰\ s) = -۲۵m \end{cases}$$

$$\Rightarrow \text{کل } \Delta x = \Delta x_۱ + \Delta x_۲ + \Delta x_۳ + \Delta x_۴ = +۱۲۵m$$

با توجّه به جابه‌جایی‌های به‌دست آمده، داریم:

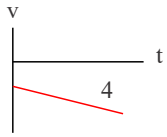


۳۷ الف) خودرو در جهت مثبت حرکت می‌کند $(v > 0)$ و شتاب خودرو در جهت منفی است $(a < 0)$ و نمودار $v - t$ آن به شکل زیر می‌تواند باشد:
در این شرایط، شتاب، مخالف سرعت است و طبق نمودار، اندازهٔ سرعت کاهش می‌یابد و حرکت کندشونده است.

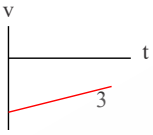


ب) خودرو در جهت مثبت حرکت می‌کند $(v > 0)$ و شتاب خودرو نیز در جهت مثبت است $(a > 0)$ و نمودار $v - t$ آن به شکل زیر می‌تواند باشد:
در این شرایط، شتاب، موافق سرعت است و طبق نمودار اندازهٔ سرعت افزایش می‌یابد و حرکت تندشونده است.

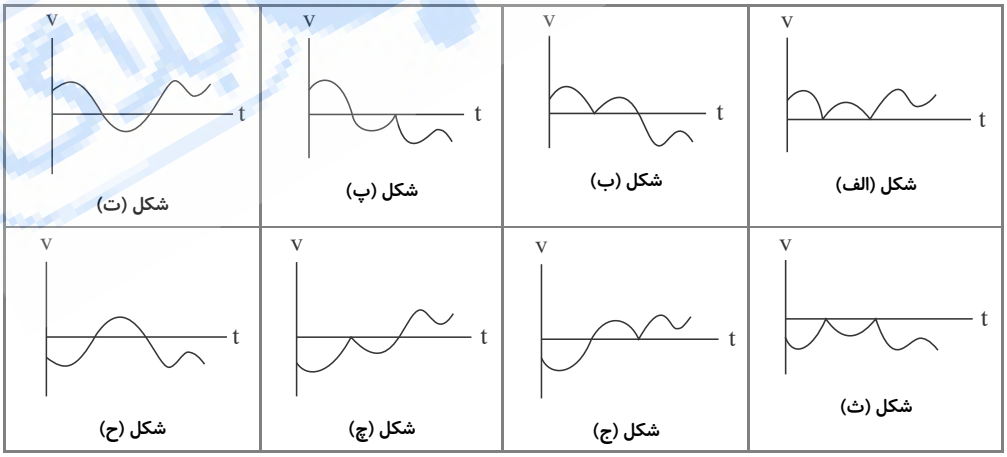
پ) خودرو در جهت منفی حرکت می‌کند $(v < 0)$ و شتاب خودرو نیز در جهت منفی است $(a < 0)$ و نمودار $v - t$ آن به شکل زیر می‌تواند باشد.
در این شرایط، شتاب، موافق سرعت و طبق نمودار اندازهٔ سرعت در حال افزایش و حرکت تندشونده است.



ت) خودرو در جهت منفی حرکت می‌کند $(v < 0)$ و شتاب خودرو در جهت مثبت است $(a > 0)$ و نمودار $v - t$ به شکل زیر می‌تواند باشد:
در این شرایط، شتاب، مخالف سرعت و طبق نمودار اندازهٔ سرعت در حال کاهش و حرکت کندشونده است.



۳۸ باتوجه به نمودار تندی - زمان، هر یک از شکل‌های زیر، می‌توانند نمودار سرعت - زمان متحرک باشند:



متحرک ممکن است مانند شکل‌های (الف) و (ث) تغییر جهت نداشته باشد، و یا مانند شکل‌های (ب، پ، ج و چ) یک‌بار تغییر جهت داشته باشد و یا مانند شکل‌های (ت) و (ح) دو بار تغییر جهت داشته باشد. بنابراین متحرک ممکن است تغییر جهت نداشته باشد و حداکثر دو بار تغییر جهت داده باشد.

۳۹

الف تندی جسم و بزرگی جسم

ب فنری با طول اولیه L_o را از یک نقطه بطور قائم آویزان می‌کنیم و به سر دیگر آن جسمی به جرم m وصل می‌کنیم. پس از رسیدن فنر به حالت تعادل، تغییر طول فنر (x) را حساب کرده و از رابطهٔ زیر ثابت فنر بدست می‌آید:

$$kx - mg = 0 \Rightarrow k = \frac{mg}{x}$$

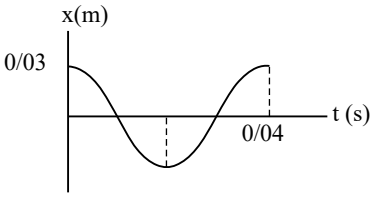
۴۰

الف

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$
$$۲ = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$
$$L = ۱m$$

ب

$$T = \frac{۲\pi}{\omega}$$
$$T = \frac{۲\pi}{۵۰\pi} = ۰/۰۴s$$



۴۱

الف گزینهٔ (۲)

ب گزینهٔ (۱)

پ گزینهٔ (۲)

ت گزینهٔ (۳)

۴۲

$$\omega = ۲\pi f = \pi\ rad/s$$
$$E = \frac{۱}{۲}m\,\omega^{۲}A^{۲} \Rightarrow E = \frac{۱}{۲} \times ۰/۲ \times \pi^{۲} \times ۲۵ \times ۱۰^{-۴} = ۲۵ \times ۱۰^{-۴}J$$

۴۳

$$n = \frac{t}{T_{\frac{۱}{۲}}} = \frac{۲۰}{۴} = ۵ \Rightarrow \frac{N}{N_{۰}} = (\frac{۱}{۲})^{n} \Rightarrow \frac{N}{N_{۰}} = (\frac{۱}{۲})^{۵} = \frac{۱}{۳۲}$$

۴۴

$$\beta = ۱۰\log\frac{I}{I_{۰}} \Rightarrow ۹۰ = ۱۰\log\frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} = ۱۰^{۹} \Rightarrow I = ۱۰^{-۳}\frac{W}{m^{۲}}$$

۴۵

کوتاه‌ترین طول موج تابشی مربوط به دورترین گذار به پایین می‌شود که $n' = ۱$ می‌شود.

$$\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{n'^{۲}} - \frac{۱}{n^{۲}}) \rightarrow \frac{۱}{\lambda} = \frac{۱}{۱۰۰}(\frac{۱}{۱} - \frac{۱}{۹}) \Rightarrow \lambda = ۱۱۲/۵nm$$

۴۶ الف) کمترین طول موج فوتون مترادف با این مفهوم است که انرژی فوتون و بسامد فوتون گسیلی، بیشترین باشد. و نیز می‌دانیم بیشترین انرژی زمانی است که الکترون بین دو تراز انرژی با بیشترین اختلاف گذار کند.

$$E_{max} = ۰\ eV - (-۱۳/۶\ eV) = ۱۳/۶\ eV$$
$$E_{max} = hf_{max} = h\frac{c}{\lambda_{min}} \rightarrow \lambda_{min} = \frac{hc}{E_{max}}$$
$$\rightarrow \lambda_{min} = \frac{۱۲۴۰\ eV \cdot nm}{۱۳/۶\ eV} \cong ۹۱/۲\ nm$$
$$\lambda_{min} = ۹۱/۲\ nm$$

مشاهده می‌شود که: $۹۱/۲\ nm < ۴۰۰\ nm$ یعنی در ناحیهٔ فرابنفش است. بدیهی است! چون گذار به تراز $n = ۱$ انجام شده و این طول موج در گسترهٔ طول موج‌های رشتهٔ لیمان قرار دارد.

(ب)

$$E = E_U - E_L = (-۱/۵۱\ eV) - (-۱۳/۶\ eV) \rightarrow E \cong ۱۲/۱\ eV$$
$$\rightarrow E = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{۱۲۴۰\ \cancel{eV} \cdot nm}{۱۲/۱\ \cancel{eV}} \rightarrow \lambda \cong ۱۰۲/۴۸\ nm$$

که چون کوچکتر از $۴۰۰\ nm$ است در گسترهٔ طول موج‌های فرابنفش است. (رشتهٔ لیمان)

(پ) طول موج فوتون گسیلی $۶۶۰\ nm$ است. بنابراین چون $۴۰۰nm \leq \lambda \leq ۷۰۰nm$ در ناحیهٔ مرئی است، ابتدا انرژی فوتون گسیلی را می‌یابیم، سپس بررسی می‌کنیم که با گذار بین کدام دو تراز حاصل می‌شود:

فوتون $E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{۱۲۴۰\ eV \cdot nm}{۶۶۰\ nm} \approx ۱/۸۹\ eV$

حال اگر به اعداد مربوط به ترازهای انرژی اتم هیدروژن نگاه کنیم، انرژی این فوتون مربوط به اختلاف انرژی‌های $-۱/۵۱\ eV$ و $-۳/۴۰\ eV$ است:

$$E = (-۱/۵۱\ eV) - (-۳/۴۰\ eV) = ۱/۸۹\ eV$$

* درضمن اگر خوب دقت کنیم؛ در می‌یابیم، تراز مقصد گذار الکترون مربوط به $n=۲$ یعنی مربوط به رشتهٔ بالمر است، چون λ مربوط به نور مریی است.

۴۷ الف) پایین‌ترین تراز انرژی، حالت پایه نامیده می‌شود که مربوط به $n=۱$ است. دلیل این نام‌گذاری به این دلیل است که از ترازهای بالاتر که حالت‌های برانگیخته نامیده می‌شوند، متمایز باشد. در اتم هیدروژن و در دمای اتاق، الکترون اغلب در حالت پایه قرار دارد. برای بالا بردن الکترون از حالت پایه $(n=۱)$ به بالاترین حالت برانگیختهٔ ممکن $(n=\infty)$ مقدار $۱۳٫۶eV$ باید صرف شود. صرف این مقدار انرژی، الکترون را از اتم خارج می‌کند و یون مثبت هیدروژن H^+ ایجاد می‌شود.

«این کمترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه، انرژی یونش الکترون نامیده می‌شود.

(ب) براساس مدل بور می‌دانیم که خط‌های گوناگون در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی وقتی به‌وجود می‌آیند که الکترون‌های اتم‌های هیدروژن که به هر دلیلی برانگیخته شده‌اند، از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر جهش کنند و فوتون‌هایی را گسیل کنند. در این حالت چون تعداد گذارها بین ترازها با انرژی بالا به انرژی پایین‌تر محدودیت دارد (چون الکترون فقط می‌تواند انرژی‌های مجاز و کوانتومی را دارا باشد.) تعدادی خطوط روشن مشاهده می‌شود.

(پ)

$$\begin{cases} n'=۱ \\ n=۲ \end{cases} \rightarrow \frac{۱}{\lambda_{max}}=R(\frac{۱}{۱^۲}-\frac{۱}{۲^۲})=\frac{۳}{۴}R$$

$$\rightarrow \lambda_{max}=\frac{۴}{۳R}$$

$$\begin{cases} n'=۱ \\ n=\infty \end{cases} \rightarrow \frac{۱}{\lambda_{min}}=R(\frac{۱}{۱^۲}-\frac{۱}{\infty^۲})=R$$

$$\rightarrow \lambda_{min}=\frac{۱}{R}$$

$$\Delta\lambda=\lambda_{max}-\lambda_{min}=\frac{۴}{۳R}-\frac{۱}{R}=\frac{۴-۳}{۳R}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \Delta\lambda=\frac{۱}{۳R}\simeq\frac{۱}{۰٫۰۳\,nm^{-۱}}=۳۳nm \\ R\simeq ۰٫۰۱\,nm^{-۱} \end{cases}$$

$$\Delta\lambda\simeq ۳۳nm$$

۴۸ در هر ثانیه $۳۰۰J$ انرژی به هر متر مربع زمین می‌رسد. این انرژی وابسته به فوتون‌های با طول موج $۵۷۰nm$ فرض شده است.

ابتدا انرژی هر فوتون را می‌یابیم:

$$E=hf=h\frac{c}{\lambda}=\frac{۱۲۴۰\,eV\cdot nm}{۵۷۰nm}=۲٫۱۸\,eV$$

و تعداد فوتون‌ها (n) برابر است با:

$$n=\frac{\text{کل } E}{\text{هر فوتون } E}=\frac{۳۰۰J}{۲٫۱۸\times ۱٫۶\times ۱۰^{-۱۹}J}\rightarrow n=\frac{۳۰۰\times ۱۰^{۱۹}}{۳٫۴۸۸}\simeq ۸۶\times ۱۰^{۱۹}=۸٫۶\times ۱۰^{۲۰}$$

۴۹ برای پاسخ به این تمرین به موارد زیر توجه می‌کنیم:

۱) توان لامپ رشته‌ای $۱۰۰W$ است یعنی در هر ثانیه $۱۰۰J$ انرژی مصرف می‌کند امّا بازدهٔ لامپ در ایجاد نور مرئی ۵% است یعنی: $\frac{۵}{۱۰۰}\times ۱۰۰=۵W$

یعنی این لامپ در هر ثانیه $۵J$ نور در محیط گسیل می‌کند.

۲) تابش مرئی گسیل‌شده توسط لامپ به‌طور یکنواخت در همهٔ جهات گسیل می‌گردد. یعنی به شکل کره. هنگامی که این انرژی به شخص می‌رسد شعاع کره یک کیلومتر است و مساحت سطح کُره:

$$A=۴\pi R^۲=۴\times ۳٫۱۴\times ۱۰۰۰^۲\rightarrow A=۱۲٫۵۶\times ۱۰^۶m^۲$$

۳) طبق فرض مسئله فقط یک درصد تابش گسیل‌شده توسط لامپ به شکل نور مرئی با طول موج $۵۵۰nm$ است:

$$\frac{۱}{۱۰۰}\times ۵W=\frac{۵}{۱۰۰}W$$

یعنی در هر ثانیه $\frac{۵}{۱۰۰}J$ انرژی به شکل کُره با طول موج $۵۵۰nm$ گسیل می‌شود. (البته این‌که امواج الکترومغناطیسی کروی منتشر شوند با مفروضاتی است که خُب فعلاً کاری به آن نداریم ...!)

۴) حال سطح کروی به مساحت $۱۲٫۵۶\times ۱۰^۶m^۲$ را درنظر می‌گیریم. انرژی روی این سطح در هر ثانیه $\frac{۵}{۱۰۰}J$ است. مردمک چشم ناظر به مساحت A' قسمتی از این سطح است:

$$A'=\pi r^۲=۳٫۱۴(\frac{۲٫۰}{۲}\times ۱۰^{-۳})^۲\rightarrow A'=۳٫۱۴\times ۱۰^{-۶}m^۲$$

۵) و درنهایت با یک تناسب ساده یک حساب و کتاب ساده می‌کنیم:

انرژی عبور از سطح		مساحت سطح
$\frac{\frac{۵}{۱۰۰}J}{E=?}$	$=$	$\frac{۱۲٫۵۶\times ۱۰^۶m^۲}{۳٫۱۴\times ۱۰^{-۶}m^۲}$

$$\rightarrow E=\frac{\frac{۵}{۱۰۰}\times \cancel{۳}^{۱}\cancel{۱۴}\times ۱۰^{-۶}m^{۲}}{\cancel{۱۲}\cancel{۵۶}\times ۱۰^{۶}m^{۲}}=۰/۰۱۲۵\times ۱۰^{-۱۶}J\rightarrow E=۱/۲۵\times ۱۰^{-۱۴}J$$

۵۰ الف) رادرفورد استدلال کرد که ذره‌های بدون انحراف باید از قسمت‌هایی از ورقه گذشته باشند که تهی بوده باشد. بنابراین نتیجه گرفت بیشتر فضای اتم تهی است.

ب) او استدلال کرد که ذره‌های با انحراف شدید از مرکزهایی بسیار چگالی و دارای بار مثبت منحرف شده‌اند. وی سرانجام نتیجه گرفت باید هسته‌ای چگال و دارای بار مثبت در مرکز هر اتم وجود داشته باشد. بنابر مدل رادرفورد، اتم دارای یک هستهٔ بسیار چگال و کوچک (شعاع $۱۰^{-۱۵}m\approx$) و با بار مثبت است که با تعداد الکترون در فاصله‌هایی به نسبت دور، (نسبت به ابعاد هسته) احاطه شده است.

پ) طلا خاصیت چکش‌خواری خیلی خوبی دارد و به‌راحتی می‌توان ورقهٔ بسیار نازک از آن را ساخت. رادرفورد به‌دنبال یک ورقهٔ خیلی نازک از یک فلز بود و چون شکل دادن و نازک دادن طلا از همه آسان‌تر بود ورقهٔ طلا را برای آزمایش خود برگزید. دلیل دیگر این‌که رادرفورد به‌دنبال یک فلز سنگین بود که تعداد الکترون‌های زیادی دارد و می‌خواست پراکندگی ذرات α را در این اتم سنگین با تعداد الکترون‌های زیاد بررسی کند.

ت) مربوط به یکی از چالش‌های مدل اتمی رادرفورد بود به طوری که:

– اگر رادرفورد الکترون‌ها را نسبت به هسته ساکن فرض می‌کرد باید تحت تأثیر نیروی ربایش الکتریکی بین هسته و الکترون، الکترون روی هسته سقوط کند و درنتیجه اتم باید ناپایدار باشد، چیزی که با واقعیت جور در نمی‌آید.

– اگر الکترون‌ها، مانند سیاره‌های منظومهٔ خورشیدی که دور خورشید می‌چرخند، به دور هسته در گردش باشند، باز هم این حرکت پایدار نمی‌ماند. زیرا حرکت مداری الکترون به دور هسته، شتابدار است. بنابر فیزیک کلاسیک، این حرکت شتابدار الکترون سبب تابش امواج الکترومغناطیسی می‌شود که بسامد آن با بسامد حرکت مداری الکترون برابر است. با تابش موج الکترومغناطیسی توسط الکترون، از انرژی آن کاسته می‌شود. این کاهش انرژی باعث می‌شود که شعاع مدار الکترون به دور هسته به‌تدریج کوچکتر و بسامد حرکت آن به‌تدریج بیشتر شود. این افزایش تدریجی بسامد حرکت مداری الکترون‌ها، سبب می‌شود تا بسامد موج الکترومغناطیسی گسیل‌شده نیز به‌تدریج زیاد شود. به این ترتیب باید طیف امواج الکترومغناطیسی گسیل‌شده از اتم، پیوسته باشد و الکترون پس از گسیل پی‌درپی امواج الکترومغناطیسی دور هسته فرو اُفتد که با طیف خطی گسیلی توسط اتم‌ها جور در نمی‌آید.

طبق مدل اتمی بور: وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی‌شود، الکترون فقط هنگام گذار از یک حالت مانا با انرژی بیشتر E_U به یک حالت مانا با انرژی کمتر E_L یک فوتون تابش می‌کند. در این صورت انرژی فوتون تابش‌شده برابر اختلاف انرژی بین دو تراز انرژی اولیه و تراز انرژی نهایی است.

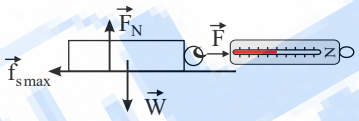
۵۱ باتوجه به رابطهٔ محاسبهٔ شتاب گرانش داریم:

$$g=G\frac{M_e}{r^{۲}}\Rightarrow \frac{g_h}{g_۰}=(\frac{r_۰}{r_h})^{۲}\Rightarrow \frac{۱}{۲}=(\frac{R_e}{R_e+x})^{۲}\Rightarrow \frac{۱}{\sqrt{۲}}=\frac{R_e}{R_e+x}$$

$$\Rightarrow \sqrt{۲}R_e=R_e+x\Rightarrow x=(\sqrt{۲}-۱)R_e$$

۵۲

وسایل لازم: نیروسنج – قطعه‌های چوبی مختلف – ترازو



شرح آزمایش:

۱– قطعه چوبی را از یک وجه روی سطح افقی قرار دهید.

۲– نیروسنج را به قطعه چوب وصل کرده و سر دیگر نیروسنج را در دست گرفته و بکشید. وقتی جسم در آستانهٔ لغزیدن قرار می‌گیرد عددی که نیروسنج نشان می‌دهد نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه $(f_{s,\max})$ است.

۳– جرم قطعه چوب را با ترازو اندازه‌گیری کرده و از رابطهٔ $F_N=mg$ مقدار نیروی عمودی را محاسبه کنید.

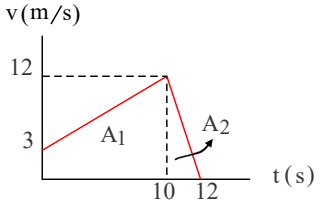
۴– این بار آزمایش را با ۲ قطعهٔ چوبی روی هم انجام دهید. عددی که نیروسنج نشان می‌دهد بیشتر می‌شود.

۵– آزمایش را با تعداد بیشتر قطعه چوبی انجام بدهید. باز هم نیروسنج عدد بیشتر را نشان می‌دهد.

۶– اعداد به‌دست آمده از نیروسنج را بر وزن تقسیم کنید.

نتیجه: نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه با مقدار وزن جسم رابطهٔ مستقیم دارد و با تقسیم این نیرو بر وزن عدد ثابتی به‌دست می‌آید.

۵۳ الف و ب) در این حرکت، سرعت همواره مثبت بوده و حرکت تغییر جهت نداشته است. بنابراین، مسافت پیموده شده برابر اندازهٔ جابه‌جایی است و از طرفی، جابه‌جایی مثبت و برابر سطح محصور میان منحنی و محور زمان است.



$$A_۱=\frac{۳+۱۲}{۲}(۱۰-۰)=۷۵\,m$$

$$A_۲=\frac{۱}{۲}\times ۱۲\times(۱۲-۱۰)=۱۲m$$

$$\Rightarrow \Delta x=A_۱+A_۲=۸۷\,m$$

$$\Rightarrow \text{مسافت } L=|\Delta x|=۸۷m$$

پ) حرکت از دو بخش با شتاب‌های ثابت تشکیل شده است.

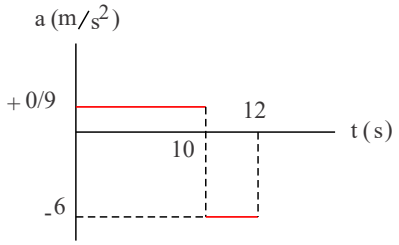
در بازهٔ زمانی $۰\,s$ تا $۱۰\,s$ شتاب ثابت و مثبت است.

در بازهٔ زمانی $۱۰\,s$ تا $۱۲\,s$ شتاب ثابت و منفی است.

$$\circ\, s < t < 10\, s \;\Rightarrow\; a_1 = \frac{12m/s - 3m/s}{10\, s - \circ\, s} = \circ/9 m/s^2$$

$$10s < t < 12s \;\Rightarrow\; a_2 = \frac{\circ - 12m/s}{12s - 10\, s} = -6 m/s^2$$

پس:



۵۴ الف) خودرو را متحرک ۱ و کامیون را متحرک ۲ فرض می‌کنیم. همچنین محل ایستادن خودرو که مکان اولیهٔ خودرو و کامیون است را مبداء مکان فرض می‌کنیم.

$$\Rightarrow x_{\circ 1} = x_{\circ 2} = \circ$$

متحرک ۱ (خودرو) با شتاب ثابت و از حال سکون $(v_{\circ 1} = \circ)$ شروع به حرکت می‌کند و حرکت متحرک ۲ (کامیون) یکنواخت است.

$$x_1 = \frac{1}{2} a_1 t^2 + v_{\circ 1} t + x_{\circ 1} = \frac{1}{2} \times 2t^2 + \circ + \circ \;\Rightarrow\; x_1 = t^2$$

$$v_2 = 36 \frac{km}{h} = 36 \frac{1000m}{3600\, s} = 10 m/s$$

$$x_2 = v_2 t + x_{\circ 2} = 10\, t + \circ \;\Rightarrow x_2 = 10\, t$$

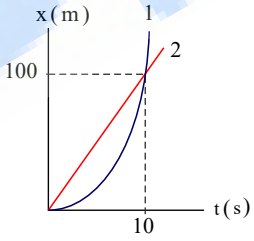
متحرک‌ها وقتی به‌هم می‌رسند که: $x_1 = x_2$.

$$x_1 = x_2 \;\Rightarrow\; t^2 = 10\, t \;\Rightarrow\; t(t - 10) = \circ$$

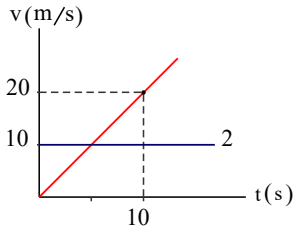
$$\Rightarrow \begin{cases} t = \circ\, s \;\Rightarrow\; x_1 = x_2 = \circ \;\Rightarrow \text{ همان مکان اولیه} \\ t = 10\, s \;\Rightarrow\; x_1 = x_2 = 100m \end{cases}$$

پس از $10\, s$ و در فاصلهٔ $100m$ از مکان اولیهٔ خودرو به کامیون می‌رسد.

ب)



پ)



توجه: در لحظه‌ای که خودرو به کامیون می‌رسد، سرعت آن دو برابر سرعت کامیون است.

۵۵ الف)

$$v = -2t^3 + 3t^2 - t + 4$$

$$\Rightarrow \begin{cases} t = \circ s \Rightarrow v(\circ s) = -2 \times \circ + 3 \times \circ - \circ + 4 = +4 m/s \\ t = 5s \Rightarrow v(5s) = -2 \times 5^3 + 3 \times 5^2 - 5 + 4 = -176 m/s \end{cases}$$

$$\Rightarrow a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v(5s) - v(\circ s)}{5s - \circ s} = \frac{(-176m/s) - (+4m/s)}{5s} = \frac{-180m/s}{5s} = -36 m/s^2$$

ب) اندازهٔ شتاب متوسط در ثانیه mام حرکت (از $t_1 = (n-1)s$ تا $t_2 = (n)s$) را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta v = v_2 - v_1 = (-2n^3 + 3n^2 - n + 4) - (-2(n-1)^3 + 3(n-1)^2 - (n-1) + 4)$$

$$\Rightarrow \Delta v = -2(n^3 - (n-1)^3) + 3(n^2 - (n-1)^2) - (n - (n-1))$$

$$\Rightarrow \Delta v = -2(3n^2 - 3n + 1) + 3(2n - 1) - (1) = -6n^2 + 12n - 6 = -6(n-1)^2$$

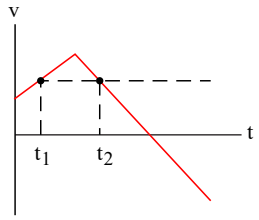
$$\Rightarrow a_{av}=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{-۶(n-۱)^۲}{۱}=-۶(n-۱)^۲ \Rightarrow |a_{av}|=۶(n-۱)^۲=۲۴$$

$$\Rightarrow (n-۱)^۲=۴ \Rightarrow n-۱=۲ \Rightarrow n=۳s$$

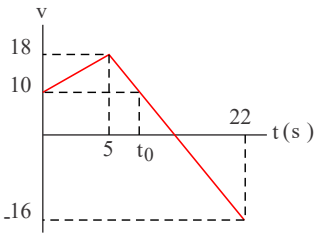
در ثانیهٔ سوم حرکت اندازه شتاب متوسط جسم برابر ۲۴ متر بر مربع ثانیه است.

۵۶ باتوجه به صفر بودن شتاب در بازهٔ زمانی $t_۲-t_۱$، نتیجه می‌گیریم سرعت در لحظه‌های $t_۱$ و $t_۲$ برابر است.

$$t_۱ \le t \le t_۲ \Rightarrow a_{av}=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{v(t_۲)-v(t_۱)}{t_۲-t_۱}=۰ \Rightarrow v(t_۲)=v(t_۱)$$



به بیان دیگر، شیب خطی که دو لحظه $t_۱$ و $t_۲$ را در نمودار سرعت - زمان به‌هم وصل می‌کند صفر است و این خط افقی است. پس دو لحظهٔ $t_۱$ و $t_۲$ می‌توانند مانند شکل روبه‌رو در نمودار سرعت - زمان مشخّص شوند. باتوجه به شکل روبه‌رو، بیشترین مقدار ممکن برای $t_۲-t_۱$ در شرایطی روی می‌دهد که $t_۱$ برابر صفر است و $t_۲$ لحظه‌ای است که در آن سرعت جسم برابر سرعت اولیه‌اش می‌باشد.



اکنون با توجّه به شکل روبه‌رو، لحظه‌ای را که در آن سرعت جسم برابر سرعت اولیه‌اش است، لحظهٔ $t_۰$ می‌نامیم و آن را به‌دست می‌آوریم. با توجّه به خط راست بودن منحنی در بازهٔ زمانی $۵s \le t \le ۲۲s$ داریم:

$$\frac{v(۲۲s)-v(۵s)}{۲۲s-۵s}=\frac{v(۲۲s)-v(t_۰)}{۲۲s-t_۰}$$

$$\Rightarrow \frac{(-۱۶m/s)-(+۱۸m/s)}{۱۷s}=\frac{(-۱۶m/s)-(+۱۰m/s)}{۲۲s-t_۰}$$

$$\Rightarrow \frac{-۳۴m/s}{۱۷s}=\frac{-۲۶m/s}{۲۲s-t_۰} \Rightarrow ۲۲s-t_۰=۱۳s$$

$$\Rightarrow t_۰=۹s \Rightarrow (t_۲-t_۱)_{max}=t_۰-۰=t_۰=۹s$$

۵۷ الف)

$$\begin{cases} t_۱=۰s \Rightarrow x_۱=۲/۵m \\ t_۲=۲s \Rightarrow x_۲=۱/۵\times ۲^۳-۲+۲/۵=۱۲/۵m \end{cases}$$

$$\Rightarrow v_{av}=\frac{x_۲-x_۱}{t_۲-t_۱}=\frac{۱۲/۵-۲/۵}{۲-۰}=\frac{۱۰}{۲}=۵m/s$$

ب) لحظهٔ مورد نظر را T فرض می‌کنیم.

$$\begin{cases} t_۱=۲s \Rightarrow x_۲=۱/۵\times ۲^۳-۲+۲/۵ \\ t_۲=T \Rightarrow x_۲=۱/۵T^۲-T+۲/۵ \end{cases}$$

$$\Rightarrow v_{av}=\frac{x_۲-x_۱}{t_۲-t_۱}=\frac{(۱/۵T^۲-T+۲/۵)-(۱/۵\times ۲^۳-۲+۲/۵)}{T-۲}$$

$$\Rightarrow v_{av}=\frac{۱/۵(T^۳-۲^۳)-(T-۲)}{T-۲}=\frac{۱/۵(T-۲)(T^۲+۲T+۴)-(T-۲)}{T-۲}$$

$$=۱/۵(T^۲+۲T+۴)-۱=۱/۵T^۲+۳T+۵$$

$$\xrightarrow{v_{av}=۷۷} ۱/۵T^۲+۳T+۵=۷۷ \Rightarrow ۱/۵T^۲+۳T-۷۲=۰$$

$$\Rightarrow T^۲+۲T-۴۸=۰ \Rightarrow (T+۸)(T-۶)=۰ \Rightarrow \begin{cases} T=-۸s & \text{قابل قبول نیست.} \\ T=۶s \end{cases}$$

۵۸ متحرک در لحظه‌های $۱۰s$ و $۱۵s$ متوقف شده است و بین این دو لحظه بدون تغییر جهت از مکان $۳۰m$ به مکان $۲۰m$ رفته است. بنابراین، متحرک بین دو لحظه‌ای که در آن متوقف شده است، مسافت ۱۰ متر را در مدت ۵ ثانیه پیموده و تندی متوسط آن $\frac{۱۰m}{۵s}=۲m/s$ بوده است.

همچنین متحرک در کل زمان حرکت (مدت زمان صفر تا $۲۵s$) در همان لحظه‌های توقف ($۱۰s$ و $۱۵s$) تغییر جهت داده است، به‌طوری‌که ابتدا از مکان صفر به مکان $۳۰m$ رفته و مسافت ۳۰

متر را پیموده است، سپس از مکان $۳۰m$ به مکان $۲۰m$ رفته و مسافت ۱۰ متر را پیموده است و در نهایت از مکان $۲۰m$ به مکان $۵۰m$ رفته و مسافت ۳۰ متر دیگر را پیموده است. بنابراین، متحرک در کل مدت زمان حرکت $(۲۵s - ۰s = ۲۵s)$ در مجموع مسافت $۳۰m + ۱۰m + ۳۰m = ۷۰m$ را پیموده و تندی متوسط آن $۲/۸m/s$ بوده است. $\frac{۷۰m}{۲۵s}$

$$\Rightarrow \frac{\text{تندی متوسط بین دو لحظهٔ توقف}}{\text{تندی متوسط در کل زمان حرکت}} = \frac{۲m/s}{۲/۸m/s} = \frac{۵}{۷}$$

۵۹ در فاصلهٔ زمانی صفر تا ۱۲ ثانیه، منحنی نمودار خط راست است و شیب ثابتی دارد. پس می‌توان گفت سرعت متوسط متحرک در پنج ثانیهٔ اول حرکت (صفر تا $۵s$)، برابر سرعت متوسط در کل این محدودهٔ زمانی (صفر تا $۱۲s$) است. پس داریم:

$$\Rightarrow (v_{av})_{۰s-۵s} = (v_{av})_{۰s-۱۲s} = \frac{x(۱۲s) - x(۰s)}{۱۲s - ۰s} = \frac{x_{۱۲} - x_{۰}}{۱۲}$$

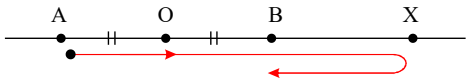
همچنین در فاصلهٔ زمانی ۱۲ ثانیه تا ۲۰ ثانیه، نیز منحنی نمودار خط راست است و شیب ثابتی دارد. پس می‌توان گفت سرعت متوسط متحرک در پنج ثانیهٔ آخر حرکت (۱۵ تا $۲۰s$)، برابر سرعت متوسط در کل این محدودهٔ زمانی ($۱۲s$ تا $۲۰s$) است و از طرفی $x_{۲۰} = x_{۰}$. پس داریم:

$$\Rightarrow (v_{av})_{۱۵s-۲۰s} = (v_{av})_{۱۲s-۲۰s} = \frac{x(۲۰s) - x(۱۲s)}{۲۰s - ۱۲s} = \frac{x_{۲۰} - x_{۱۲}}{۸} = \frac{x_{۰} - x_{۱۲}}{۸}$$

بنابراین:

$$\Rightarrow \frac{\text{سرعت متوسط در پنج ثانیهٔ اول}}{\text{سرعت متوسط در پنج ثانیهٔ آخر}} = \frac{\frac{x_{۱۲} - x_{۰}}{۱۲}}{\frac{x_{۰} - x_{۱۲}}{۸}} = -\frac{۲}{۳}$$

۶۰ مانند شکل زیر فرض می‌کنیم متحرک در نقطهٔ X تغییر جهت داده است و نقطهٔ وسط A و B را O می‌نامیم.



راه‌حل اول:

$$\begin{cases} \text{مسافت پیموده‌شده } l = AX + BX = ۱۸۰m \\ \text{اندازهٔ جابه‌جایی } d = AB = AX - BX = ۱۰۰m \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} AX = ۱۴۰m \\ BX = ۴۰m \end{cases}$$

$$\Rightarrow OX = OB + BX = \frac{AB}{۲} + BX = \frac{۱۰۰}{۲} + ۴۰ = ۹۰m$$

راه‌حل دوم:

$$\left.\begin{aligned} AX &= AO + OX = \frac{AB}{۲} + OX \\ BX &= OX - OB = OX - \frac{AB}{۲} \end{aligned}\right\} \Rightarrow AX + BX = ۲OX$$

$$\Rightarrow OX = \frac{AX + BX}{۲} = \frac{\text{مسافت پیموده‌شده}}{۲} = ۹۰m$$

توجه: راه‌حل دوم نشان می‌دهد که پاسخ این سؤال به اندازهٔ جابه‌جایی بستگی ندارد و نصف مسافت پیموده شده است.

۶۱

الف می‌دانیم با افزایش دمای هوا ضریب شکست هوا کاهش می‌یابد، یعنی $\boxed{n_۳ < n_۱}$.

از طرفی در مرز دو محیط (۱) و محیط (۲) پرتو شکسته که وارد محیط (۲) شده به خط عمود نزدیک‌تر شده؛ بنابراین: $\theta_r < \theta_i = ۶۰^\circ \rightarrow \boxed{n_۲ > n_۱}$

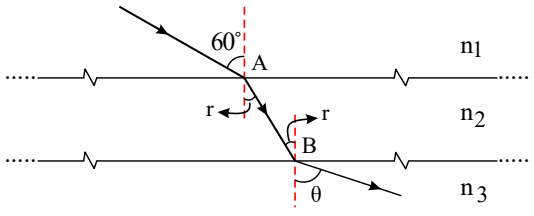
درنتیجه: $n_۲ > n_۱ > n_۳$

ب طبق رابطهٔ $v = \frac{C}{n}$، سرعت با ضریب شکست رابطهٔ عکس دارد؛ بنابراین: $v \propto \frac{۱}{۲}$ یعنی: $v_۲ < v_۱ < v_۳$

پ

$$\left.\begin{aligned} A &: n_۱ \sin ۶۰^\circ = n_۲ \sin r \\ B &: n_۲ \sin r = n_۳ \sin \theta \end{aligned}\right\} \Rightarrow n_۱ \sin ۶۰^\circ = n_۳ \sin \theta$$

$$n_۳ < n_۱ \rightarrow \sin \theta > \sin ۶۰^\circ \Rightarrow \boxed{\theta > ۶۰^\circ}$$



۶۲

الف خودبه‌خود

ب پروتون‌های

پ کوتاه‌برد

ت فروسرخ

۶۳

الف در این مدل، نیروی الکتریکی که یک الکترون بر الکترون دیگر وارد می‌کند به حساب نیامده است.

ب جرم هسته از مجموع جرم نوکئلون‌های تشکیل‌دهندهٔ هسته، اندکی کمتر است.

۶۴

الف دوره‌ای

ب متغیر

پ بله

ت طول موج

۶۵

الف کمترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از اتم

ب گسیل القایی

پ هم‌بسامد، هم‌جهت و هم‌فاز هستند.

۶۶

الف نقطهٔ تعادل

ب دمای هوا

پ امواج رادیویی

ت بیشتر

ث عمود بر

ج فروسرخ

۶۷

الف در جهت مثبت محور x

ب

$$v_{av}=\frac{\Delta x}{\Delta t}\Rightarrow v_{av}=\frac{۴-(-۴)}{۸}\Rightarrow v_{av}=۱\frac{m}{s}$$

پ

اگر مسافت طی شده توسط متحرک را با ℓ نمایش دهیم:

$$\ell\geq ۸m$$

۶۸

$${}^{۱۵}_{۸}O\rightarrow {}^{۰}_{+۱}e^{+}+{}^{A'}_{Z'}Y$$

$$\left.\begin{array}{l}۱۵=A'+۰\rightarrow A'=۱۵\\ ۸=Z'+۱\rightarrow Z'=۷\end{array}\right\}\rightarrow {}^{۱۵}_{۷}N$$

۶۹

الف) ${}^{۱۹۵}_{۷۸}X={}^{۱۹۵}_{۷۸}Pt\rightarrow N=۱۹۵-۷۸=۱۱۷$

ب) ${}^{۳۲}_{۱۶}X={}^{۳۲}_{۱۶}S\rightarrow N=۳۲-۱۶=۱۶$

پ) ${}^{۶۱}_{۲۹}X={}^{۶۱}_{۲۹}Cu\rightarrow N=۶۱-۲۹=۳۲$

۷۰

حجم توپ $V=\frac{۴}{۳}\pi r^{۳}=\frac{۴}{۳}\times ۳{,}۱۴\times(۳{,}۲\times ۱۰^{-۲}m)^{۳}=۱{,}۳۷\times ۱۰^{-۴}m^{۳}$

حجم نوترون در توپ $V'=\frac{۴}{۳}\pi r'^{۳}=\frac{۴}{۳}\times ۳{,}۱۴\times(۱۰^{-۱۵}m)^{۳}=۱{,}۴\times ۱۰^{-۴۵}m^{۳}$

تعداد نوترون در توپ $N = \frac{V}{V'} = \frac{۱٫۳۷ \times ۱۰^{-۴} m^۳}{۱٫۴ \times ۱۰^{-۴۵} m^۳} \approx ۱۰^{۴۱}$

جرم توپ $m = N \times m' = ۱۰^{۴۱} \times ۱۰^{-۲۷} = ۱۰^{۱۴} kg$

۷۱ الف) چادویک ب) بکرل پ) رادرفورد

۷۲ الکترون‌ها

۷۳ الف) با توجه به نمودار، مدت زمانی که طول می‌کشد، تا ۲ نیمه عمر طی شود $(۲۵۰ \to ۵۰۰ \to ۱۰۰۰)$ برابر ۴ ساعت است. $(۴ = ۴ - ۸)$ یعنی ۱ نیمه عمر برابر ۲ ساعت است.

ب)

$$N_0 \xrightarrow{۲\text{ساعت}} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{۲\text{ساعت}} \frac{N_0}{4} = 1000 \longrightarrow \frac{N_0}{4} = 1000 \; N_0 = 4000$$

پ)

$$N_0 \xrightarrow{۲\text{ساعت}} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{۲\text{ساعت}} \frac{N_0}{4} \xrightarrow{۲\text{ساعت}} \frac{N_0}{8} \xrightarrow{۲\text{ساعت}} \frac{N_0}{16} \xrightarrow{۲\text{ساعت}} \frac{N_0}{32}$$

یعنی $\frac{۱}{۳۲}$ هسته‌های اولیه باقی مانده و $\frac{۳۱}{۳۲}$ هسته‌های اولیه واپاشیده می‌شود.

۷۴ روش اول:

$$N_۰ \xrightarrow{\text{شبانه‌روز } ۱۲} \frac{N_۰}{۲} \xrightarrow{\text{شبانه‌روز } ۱۲} \frac{N_۰}{۴} \xrightarrow{\text{شبانه‌روز } ۱۲} \frac{N_۰}{۸} \xrightarrow{\text{شبانه‌روز } ۱۲} \frac{N_۰}{۱۶} \xrightarrow{\text{شبانه‌روز } ۱۲} \frac{N_۰}{۳۲}$$

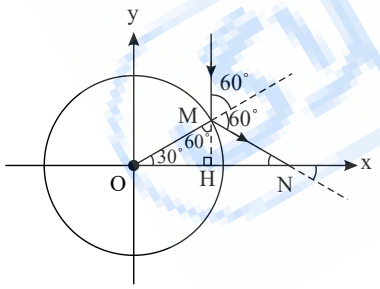
مدت زمان لازم، برابر ۵ نیمهٔ عمر یعنی ۶۰ شبانه‌روز است.

روش دوم:

$$N = N = (\frac{۱}{۲})^{\frac{t}{T}} \Rightarrow \frac{۱}{۳۲} N_۰ = N_۰ ()^{\frac{t}{t}} \Rightarrow (\frac{۱}{۲})^{۵} = (\frac{۱}{۲})^{\frac{t}{۱۲}}$$

$\frac{t}{۱۲} = ۵ \Rightarrow t = ۶۰$ شبانه‌روز

۷۵ مطابق شکل زاویهٔ پرتو فرودی با امتداد خط عمودبر آینه در نقطهٔ تابش که از مرکز دایره می‌گذرد با زاویهٔ M در مثلث قائم‌الزاویه $\overset{\Delta}{OMH}$ متقابل به راس است. بنابراین متمم ۳۰° یعنی ۶۰° است.



طبق قانون عمومی بازتاب زاویهٔ پرتو بازتاب با خط عمود یعنی OM نیز باید ۶۰° باشد. از آنجا که زاویهٔ بازتاب (۶۰°) با جمع زاویه‌ای غیر مجاورش در مثلث $\overset{\Delta}{OMN}$ برابر است، بنابراین:

$$\hat{O} + \hat{N} = ۶۰ \xrightarrow{\hat{O}=۳۰^\circ} \hat{N} = ۳۰^\circ$$

که این زاویهٔ همان زاویهٔ بین امتداد پرتو بازتاب با محور x است.

۷۶

تغییر تراز $\Delta\beta = \beta_۲ - \beta_۱ = ۱۰ \log \frac{I_۲}{I_۰} - ۱۰ \log \frac{I_۱}{I_۰}$ تراز شدت صوت $\beta = ۱۰ \log \frac{I}{I_۰} \Rightarrow$

$$\to \Delta\beta = ۱۰ \log \frac{I_۲}{I_۱} \xrightarrow[\Delta\beta=۱۰]{I_۱=۴(۰)+۳ \;,\; I_۲=۴t+۳} ۱۰ = ۱۰ \log \frac{۴t+۳}{۳}$$

$$\to \log \frac{۴t+۳}{۳} = ۱ \to \frac{۴t+۳}{۳} = ۱۰ \to ۴t = ۲۷ \to t = \frac{۲۷}{۴} \; (s)$$

۷۷ از $x = ۰٫۰۱ \cos \pi t$ می‌توان نوشت $A = ۰٫۰۱ \; m$ و $\omega = \pi$ و از $E = \frac{۱}{۲} m A^۲ \omega^۲$ می‌توان نوشت: $E = \frac{۱}{۲} m (۰٫۰۱)^۲ (\pi)^۲ = \frac{\pi^۲ m}{۲۰۰۰۰}$

از طرفی $E = U + K$ که $K = \frac{۱}{۲} m v^۲$ و همچنین $K = \frac{۱}{۳} U$ یا $U = ۳K$، بنابراین:

$$E = ۴K = ۴(\frac{۱}{۲}mV^۲) = ۲mv^۲ \rightarrow \frac{\pi^۲ m}{۲۰۰۰۰} = ۲mv^۲ \rightarrow v^۲ = \frac{\pi^۲}{۴۰۰۰۰} \rightarrow v = \frac{\pi}{۲۰۰}m/s$$

۷۸ الف) دامنهٔ نوسان همان $۹cm$ است یعنی $A = ۹cm$.

تندی بیشینهٔ جسم از رابطهٔ $v_{max} = A\omega$ به‌دست می‌آید که ω از رابطهٔ $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ قابل محاسبه است. با قرار دادن $m = ۱kg$ و $k = ۶N/cm = ۶۰۰N/m$ در رابطهٔ اخیر خواهیم داشت: $\omega = \sqrt{\frac{۶۰۰}{۱}} = ۱۰\sqrt{۶}Rad/s$

پس:

$$v_{max} = ۰/۰۹ \times ۱۰\sqrt{۶} = ۰/۹\sqrt{۶}m/s$$

ب) انرژی مکانیکی برابر است با: $E = \frac{۱}{۲}mv_{max}^۲ = ۲/۴۳\ J$ پس داریم: $(v = ۱/۶m/s)$

$$E = U + K \xrightarrow{K=\frac{۱}{۲}mv^۲=۱/۲۸} ۲/۴۳ = ۱/۲۸ + U \rightarrow U = ۱/۱۵J$$

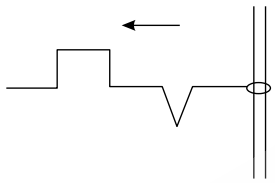
۷۹ الف) چون نور از محیط رقیق به محیط غلیظ وارد می‌شود، پس $r = i - ۱۶ = ۵۳ - ۱۶ = ۳۷^\circ$ و از قانون اسنل خواهیم داشت:

$$\sin i = n\sin r \rightarrow \sin ۵۳ = n\sin ۳۷^\circ \rightarrow n = \frac{\sin ۵۳^\circ}{\sin ۳۷^\circ} = \frac{۴}{۳}$$

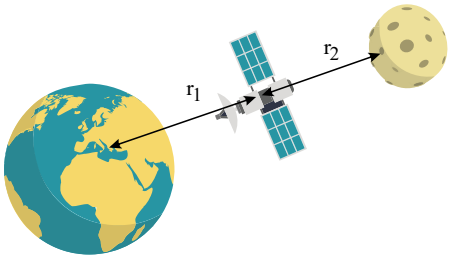
ب) طول موج:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{\frac{c}{n}}{f} = \frac{۳ \times ۱۰^۸}{\frac{۴}{۳} \times ۶ \times ۱۰^{۱۴}} = \frac{۳}{۸} \times ۱۰^{-۶}m$$

۸۰ شکل موج بازتاب از مانع نرم (انتهای آزاد) به گونه‌ای است که گویی قرینهٔ موج تابیده را نسبت به میله ترسیم می‌کنیم (تصویر آینه‌ای موج)، پس:



۸۱ الف)



$$F_{em} = G\frac{M_e m}{r_۱^۲} \quad , \quad F_{mm} = G\frac{M_m m}{r_۲^۲}$$

$$F_{net} = G\frac{M_e m}{r_۱^۲} - G\frac{M_m m}{r_۲^۲} = \frac{Gm}{r^۲}(M_e - M_m)$$

$$r_۱ = r_۲ = r = \frac{۱}{۲}d = \frac{۱}{۲} \times ۳/۸۴ \times ۱۰^۵km = ۱/۹۲ \times ۱۰^۸m$$

$$F_{net} = \frac{۶/۶۷ \times ۱۰^{-۱۱}N \cdot m^۲/kg^۲ \times ۳ \times ۱۰^۴kg}{(۱/۹۲ \times ۱۰^۸m)^۲}(۵/۹۸ \times ۱۰^{۲۴}kg - ۷/۳۶ \times ۱۰^{۲۲}kg)$$

$$F_{net} = ۳۲۰/۵۹N$$

ب)

$$\left.\begin{array}{l} F_{net} = G\frac{M_e m}{r_۱^۲} - G\frac{M_m m}{r_۲^۲} \\ r_۱ + r_۲ = d \end{array}\right\} \rightarrow ۰ = G\frac{M_e m}{r_۱^۲} - G\frac{M_m m}{r_۲^۲} \rightarrow \frac{M_e}{r_۱^۲} = \frac{M_m}{r_۲^۲}$$

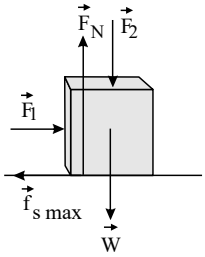
$$\frac{M_e}{M_m} = \frac{r_۱^۲}{(d - r_۱)^۲} \rightarrow \frac{r_۱}{(d - r_۱)} = \sqrt{\frac{۵/۹۸ \times ۱۰^{۲۴}kg}{۷/۳۶ \times ۱۰^{۲۲}kg}} \simeq ۹$$

$$\rightarrow \frac{r_۱}{d - r_۱} = ۹ \rightarrow r_۱ = ۹d - ۹r_۱ \rightarrow r_۱ = ۰/۹d = ۳/۴۵۶ \times ۱۰^۸m$$

۸۲ الف) در امتداد قائم، نیروهای وارد بر جسم متوازن هستند، بنابراین:

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a}$$

$$F_N - F_۲ - W = ma = ۰ \rightarrow F_N = F_۲ + W$$



با افزایش $F_۲$، نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه افزایش می‌یابد.

ب)چون جسم ساکن است، نیروی اصطکاک ایستایی برابر نیروی $f_۱$ است، یعنی:

$$F_۱ - f_s = ma = ۰ \rightarrow F_۱ = f_s$$

پس با افزایش $F_۲$، نیروی اصطکاک تغییر نمی‌کند.

پ)

$$f_{s,\max} = \mu_s F_N \rightarrow f_{s,\max} = \mu_s(F_۲ + W)$$

با افزایش $F_۲$، مقدار $f_{s,\max}$ افزایش می‌یابد.

ت) نیروی خالص وارد بر جسم در راستای x و y صفر است. چون جسم در این دو راستا حرکتی ندارد.

۸۳ می‌دانیم بردار سرعت در هر نقطه از مسیر، بر مسیر حرکت مماس است. پس در یک بازهٔ زمانی دلخواه، $\vec{v}_۱$ (سرعت اولیه) و $\vec{v}_۲$ (سرعت نهایی) هم‌راستا با مسیر حرکت هستند. از طرفی، هرگاه دو بردار هم‌راستا باشند، جمع و تفاضل آنها هم‌راستا با آنها است. در نتیجه، $\Delta\vec{v}$ (تغییر سرعت) نیز هم‌راستا با $\vec{v}_۱$ و $\vec{v}_۲$ و مسیر حرکت است. همچنین با توجّه به تعریف شتاب متوسط می‌دانیم $\vec{a}_{av}$ (بردار شتاب متوسط) همواره هم‌جهت (هم‌راستا و هم‌سو) با $\Delta\vec{v}$ (بردار تغییر سرعت) است. بنابراین، بردار شتاب متوسط هم‌راستا با مسیر حرکت است.

۸۴ الف) جزء c ب) کاهش می‌یابد.

۸۵

$$\beta = ۱۰\log\frac{I}{I_۰} \Rightarrow ۴۰ = ۱۰\log\frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow I = ۱۰^{-۸} W/m^۲$$

۸۶ الف.

$$N = N_۰(\frac{۱}{۲})^n \Rightarrow \frac{۱}{۱۶}N_۰ = N_۰ \times \frac{۱}{۲^n} \Rightarrow ۲^n = ۱۶ \Rightarrow n = ۴$$

$$n = \frac{t}{T_{\frac{۱}{۲}}} \Rightarrow ۴ = \frac{t}{۵/۲۵y} \Rightarrow t = ۲۱y$$

ب.

$$\frac{۱}{۱۶} \times ۱۰۰ = \%۶/۲۵$$

۸۷

$$\frac{\sin\theta_۱}{\sin\theta_۲} = \frac{n_{\text{روغن}}}{n_{\text{هوا}}} \Rightarrow \frac{\sin\theta}{\sin ۲۰^\circ} = \frac{۱/۴}{۱/۰} \Rightarrow \sin\theta_۱ = ۱/۴ \times ۰/۳۴ \approx ۰/۴۸ \Rightarrow \theta_۱ \approx ۲۹^\circ$$

$$\frac{\sin ۲۰^\circ}{\sin\theta'} = \frac{n_{\text{آب}}}{n_{\text{روغن}}} \Rightarrow \frac{۰/۳۴}{\sin\theta'} = \frac{۱/۳}{۱/۴} \Rightarrow \sin\theta' \approx ۰/۳۷ \Rightarrow \theta' \approx ۲۲^\circ$$

۸۸

الف

$$F_{net} = ۰ \Rightarrow F_N = mg + F \Rightarrow F_N = ۵ \times ۱۰ + ۲۰ = ۷۰N$$

ب عمود بر سطح به طرف پایین (خلاف محور y)

۸۹

الف درست

ب نادرست

پ درست

ت نادرست

ث نادرست

ج نادرست

۹۰

الف

$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}=\frac{n_1}{n_2}\Rightarrow\frac{\sin ۳۰^\circ}{\sin ۵۰^\circ}=\frac{۱}{n_2}\Rightarrow\frac{۰/۵}{۰/۷۵}=\frac{۱}{n_2}\Rightarrow n_2=۱/۵$$

ب ۵۰ درجه

قاب برتر