

نام و نام خانوادگی:

زمان برگزاری: ۱۶۱۰۰ دقیقه

نام آزمون: فیزیک (تجربی) دوازدهم

تاریخ آزمون: ۱۴۰۱/۱۱/۱۰



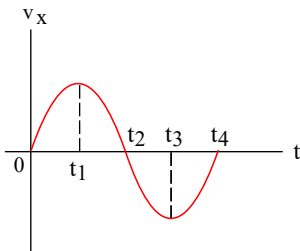
شرکت توسعه انتشارات

پرش_م ۱۱

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 توجه به نمودار، درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را مشخص کنید. الف) در بازه زمانی صفر تا t_1 شتاب متحرک در جهت مثبت است.



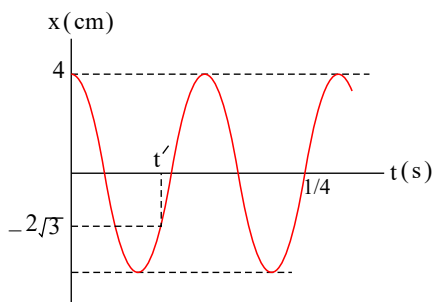
ب) در بازه زمانی t_1 تا t_2 علامت سرعت متوسط متحرک، منفی است.

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

د) شتاب حرکت جسم در لحظه t_3 صفر است.

ه) اندازه جابه‌جایی جسم در بازه زمانی t_2 تا t_4 صفر است.

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



ب) مقدار t' چند ثانیه است؟

پ) اندازه شتاب نوسانگر را در لحظه t' محاسبه کنید. (SI)

ت) اگر جرم نوسانگر 25g باشد در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل نوسانگر 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 x هاست، قرار دارد. معادله مکان - زمان جسم در SI به صورت

$$x = At^2 - 6t + 12 \text{ است. اگر به جسم نیروهای } \vec{F}_1 = -4\vec{i} \text{ و } \vec{F}_2 = 16\vec{i} \text{ وارد شده باشد: (A ضریب ثابتی است)}$$

الف) A را در SI بیابید.

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

پ) نمودار تکانه - زمان جسم را رسم کنید.

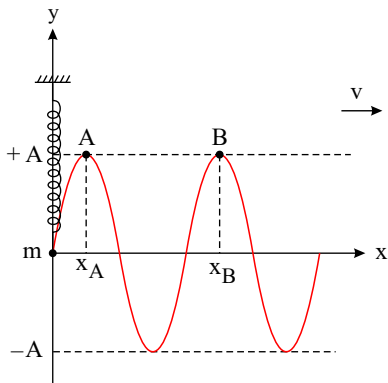
۷ به سؤالات زیر پاسخ دهید:

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

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



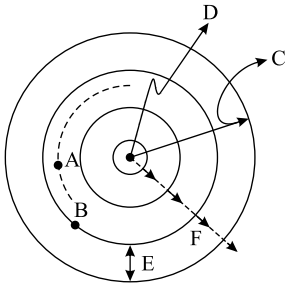
۸ مطابق شکل داده شده، توسط یک نوسانگر ساده دستگاه جرم - فنر قائم، موجی در طول طنابی بلند و افقی که یک سر آن به نوسانگر به جرم m در حال نوسان ساده، متصل و سر دیگر آن کشیده شده، ایجاد و در حال انتشار است. در لحظه $t = t'$ ذره A از طناب را که در مکان $x = x_A$ و ذره B از طناب نیز در مکان $x = x_B$ قرار دارد. اگر فاصله ذره B تا وضع تعادلی اش در لحظه $t = t' + 0,2s$ برای اولین بار، نصف دامنه نوسانی اش باشد. الف) اگر ثابت فنر $k = 10 \frac{N}{m}$ باشد، جرم m چند کیلوگرم است؟



ب) وزنه چند کیلوگرمی به جرم m آویخته و مجدد به نوسان واداریم تا وضعیت نوسانی ذرات A و B کاملاً قرینه شود؟ (در صورت نیاز $(\pi^2 \simeq 10)$)

۹ آزمایشی را طراحی و اجرا کنید که به کمک آن بتوان ضریب شکست یک تیغه متوازی السطوح شفاف را اندازه گرفت.

۱۰ شکل داده شده، جبهه های موج یک موج دایره ای شکل سطحی روی آب های کم عمق را نشان می دهد؛ در این موج، F و E و D و C و B و A نشان دهنده چه کمیات یا مفاهیم فیزیکی هستند؟



۱۱ به کمک مدل اتمی بور توضیح دهید چرا هر عنصر تنها طول موج های خاصی را که مشخصه آن عنصر است جذب یا گسیل می کند؟

۱۲ در اتم هیدروژن، هنگام گذار الکترون از مدار n_p به n_1 ، فوتون با انرژی $12,75(eV)$ تابش می شود. n_1 و n_p را بیابید. ($E_R = 13,6eV$)

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

$$\left(\frac{hc}{E_R} - \frac{E_R}{hc} - hcE_R\right) \dots\dots\dots$$

۱۴ کوچکترین بسامد پرتوهای بالمر در طیف اتمی هیدروژن در گستره قرار دارند. (فروسرخ - مرئی - فرابنفش)

۱۵ در اتم هیدروژن الکترون از مدار n_1 به مدار n_p می رود و فوتونی با طول موج $112,5nm$ گسیل می کند. n_1 و n_p را بیابید. ($R = 0,01(nm)^{-1}$)

۱۶ نوری مرکب از یک منبع با طول موج های $\lambda_1 = 300nm$ و $\lambda_p = 600nm$ به سطح فلزی می تابد. توان خروجی منبع $150W$ بوده و سهم هریک از نورها از این توان یکسان است. اگر بیشینه طول موج فوتون های مورد نیاز برای جدا کردن الکترون ها از سطح فلز در آزمایش فوتوالکتریک، $650nm$ باشد و از این منبع در آزمایش فوتوالکتریک ذکر شده استفاده شود، نسبت تعداد فوتوالکترن های جدا شده به واسطه نور با طول موج λ_1 به نور به طول موج λ_p چند است؟

۱۷ اگر بلندترین طول موج رشته لیمان طیف اتمی هیدروژن در خلأ λ_1 باشد، بلندترین طول موج رشته بالمر طیف اتمی هیدروژن در آب ($n = \frac{4}{3}$) چند برابر λ_1 است؟

۱۸ R ثابت ریدبرگ، E_R انرژی یک ریدبرگ و W 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 بیابید.

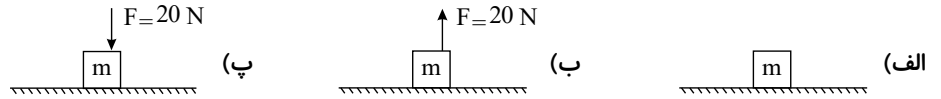
۱۹ از سطح کره ای به شعاع $5cm$ در هر دقیقه $3,6J$ انرژی الکترومغناطیسی گسیل می شود. شدت تابشی آن در SI چند W/m^2 است؟ ($\pi \simeq 3$) (شدت تابشی مقدار انرژی ای است که در $1s$ از $1m^2$ سطح یک جسم تابش شود.)



۲۰) شدت تابشی خورشید در خارج جو زمین حدود 1360 W/m^2 است یعنی در هر ثانیه به سطحی برابر 1 m^2 مقدار انرژی 1360 J می‌رسد. وقتی این تابش به سطح زمین می‌رسد، مقدار زیادی، از شدت آن به‌علت جذب در جو و ابرها از دست می‌رود. اگر تابش متوسط خورشید در سطح زمین به‌ازای هر متر مربع حدود 320 W/m^2 باشد، در هر ثانیه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟ طول موج فوتون‌ها را 620 nm فرض کنید. ($hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$)

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

۲۲) در هریک از اشکال زیر جسم 10 کیلوگرمی بر روی سطح در حال تعادل است. نیروی عمودی تکیه‌گاه را به‌دست آورید. ($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{Kg}}$)

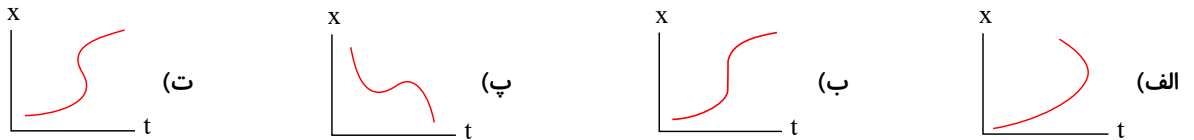


۲۳) معادله حرکت جسمی در SI به‌صورت $x = t^3 - 3t^2 + 4$ است.

الف) مکان متحرک در $t = 0 \text{ s}$ و $t = 2 \text{ s}$ را به‌دست آورید.

ب) سرعت متوسط جسم در بازه زمانی صفر تا 2 ثانیه را پیدا کنید.

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



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

الف) هسته پایدار با بیشترین تعداد پروتون ($Z = \dots$) متعلق به عنصر \dots است.

ب) نیروی الکترواستاتیکی بین هر پروتون با پروتون‌های دیگر \dots 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 پایدار بماند، باید \dots نیز افزایش یابد. نیروی هسته‌ای \dots بُرد است.

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

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

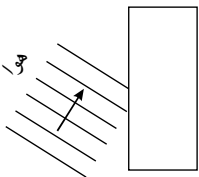
۲۶) تعریف کنید:

الف) موج طولی را تعریف کنید:

ب) موج‌های پیش‌رونده:

پ) جبهه 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 γ	X	P	Q	R	S
------------------	---	---	---	---	---

الف نام قسمت‌هایی از طیف را که با حروف علامت گذاری 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 اندازه شتاب نوسانگر هماهنگ ساده در نقاط بازگشتی صفر است.

ب بسامد سامانه جرم - فنر با یک فنر معین 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.

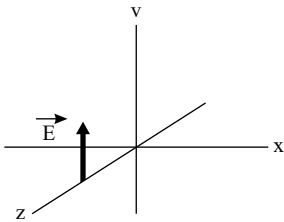
ت اگر بسامد نوسان‌های واداشته بیشتر از بسامد طبیعی آونگ ساده باشد، برای آونگ تشدید رخ نمی‌دهد.

ث تندی انتشار امواج الکترومغناطیسی در خلاء از رابطه $c = \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}$ به دست می‌آید.

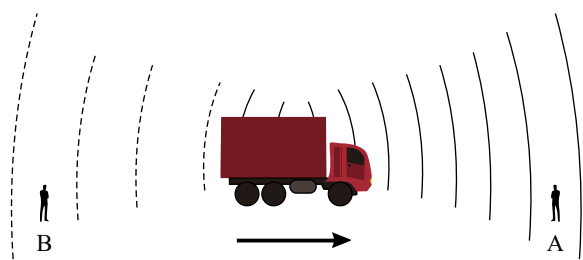
ج بسامد موج فرابنفش بیشتر از بسامد میکروموج است.

۳۰ به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف در یک لحظه 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 (چشمه 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؟

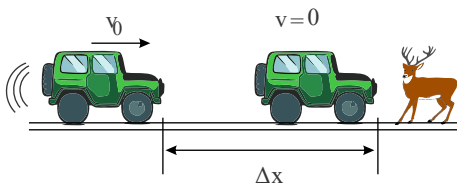


۳۱ معادله حرکت یک نوسانگر هماهنگ ساده در SI به صورت $x = 0.02 \cos(10\pi t)$ است.

الف در چه لحظه‌ای پس از لحظه صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به صفر می‌رسد؟

ب اندازه 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 فاصله ۴۵ متری خود می‌بیند و ترمز می‌گیرد. خودرو پس از ۴ ثانیه می‌ایستد.



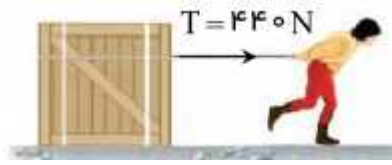
الف شتاب کندشونده خودرو را حساب کنید.

ب جابه‌جایی خودرو تا توقف چقدر است؟



پ آیا خودرو به گوزن برخورد می‌کند؟ چرا؟

۳۳ در شکل روبه‌رو، شخصی با یک طناب افقی جعبه ۱۰۰ کیلوگرمی را می‌کشد. اگر ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی بین جعبه و سطح به ترتیب

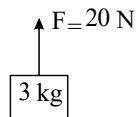


۰٫۳ و ۰٫۲ باشد: الف) با محاسبه نشان دهید چرا جعبه شروع به حرکت می‌کند؟ ($g = 10 \frac{m}{s^2}$)

ب) شتاب جعبه را پس از حرکت حساب کنید. ($g = 10 \frac{m}{s^2}$)

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

۳۵ به نخ سبکی وزنه ۳ کیلوگرمی را بسته و نیروی $F = 20 N$ را به آن وارد می‌کنیم. نوع حرکت این جسم کدامیک از حالات زیر نمی‌تواند باشد؟

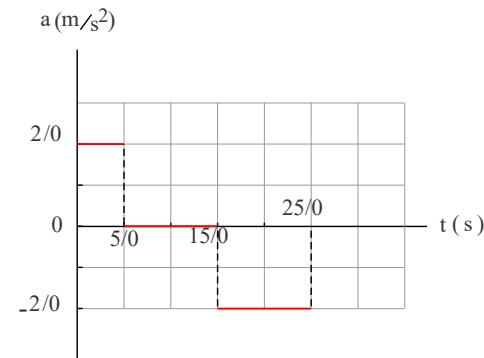


علت را ذکر کنید: الف) تند شونده ب) کند شونده

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 $v_0 = 0$ و $x_0 = 0$ در



بازه زمانی صفر تا $s = 25.0$ ، الف) نمودارهای سرعت - زمان و مکان - زمان این ماشین را رسم کنید.

ب) با توجه به نمودار سرعت - زمان، مشخص کنید در کدامیک از بازه‌های زمانی، حرکت

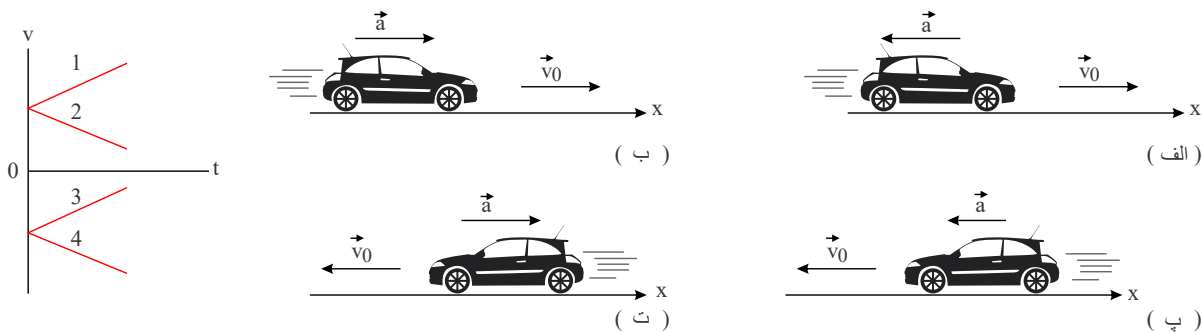
ماشین تندشونده، کندشونده یا با سرعت ثابت است؟

پ) شتاب متوسط ماشین را پیدا کنید.

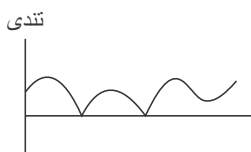
ت) جابه‌جایی ماشین را پیدا کنید.

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 کندشونده) 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 به صورت $x = 0.03 \cos 50\pi t$ 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 موج تخت تشکیل شده روی سطح آب برابر؛

$\lambda/2$ (۱) λ (۲) 2λ (۳)

ت) بسامد کدامیک از امواج زیر از بسامد امواج فرسرخ بیشتر است؟

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

۴۲ دامنهٔ حرکت نوسانگری به جرم 200 g برابر 5 سانتی‌متر و بسامد آن 0.5 هرتز است. انرژی مکانیکی نوسانگر چند ژول است؟

($\pi^2 = 10$)

۴۳ نیمه‌عمر یک مادهٔ پرتوزا، 4 روز است. پس از گذشت 20 روز چه کسری از هسته‌های مادر پرتوزای اولیه باقی می‌ماند؟

۴۴ یک دستگاه صوتی، صدایی با تراز شدت $\beta = 90\text{ dB}$ ایجاد می‌کند. شدت این صوت چند W/m^2 است؟

($I_0 = 10^{-12} W/m^2$)

۴۵ اتم هیدروژن در حالت برانگیختهٔ $n = 3$ قرار دارد. کوتاه‌ترین طول موج تابشی آن چند نانومتر است؟ ($R = 0.01\text{ nm}^{-1}$)

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

0 eV _____

- 1/51 eV _____

- 3/40 eV _____

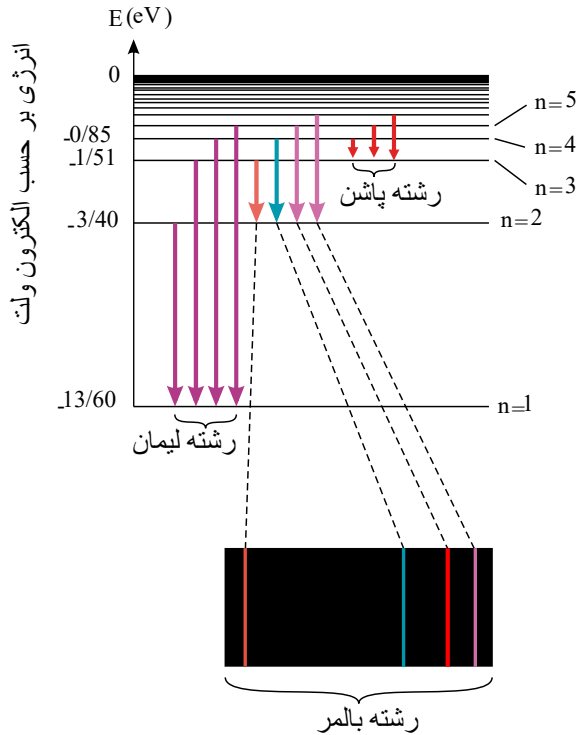
- 13/6 eV _____

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

ب) اگر الکترون از تراز انرژی 1.51 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 660 nm منجر شود؟ توجه کنید که این طول

موج‌ها در گسترهٔ مرئی است.



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

الف) منظور از $n = 1$ و انرژی 13.6 eV 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، گستره طول موج‌های آن رشته می‌نامند. گستره طول موج‌های رشته لیمان ($n' = 1$) را پیدا کنید.

۴۸) شدت تابشی طور یکنواخت خورشید در خارج جو زمین حدود 1360 W/m^2 است؛ یعنی در هر ثانیه به سطحی برابر 1 m^2 ، مقدار انرژی

1360 J می‌رسد. وقتی این تابش به سطح زمین می‌رسد مقدار زیادی، از شدت آن، به‌علت جذب در جو و ابرها از دست می‌رود. اگر شدت تابشی متوسط خورشید در سطح زمین به‌ازای هر متر مربع حدود 300 W/m^2 باشد، در هر ثانیه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟ طول موج فوتون‌ها را 570 nm فرض کنید.

$$hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$$

۴۹) یک لامپ رشته‌ای با توان 100 W از فاصله یک کیلومتری دیده می‌شود. فرض کنید نور لامپ به‌طور یکنواخت در فضای اطراف آن منتشر

می‌شود و بازده لامپ ۵ درصد است (یعنی 5 W تابش مرئی گسیل می‌کند). و فقط ۱ درصد این تابش دارای طول موجی در حدود 550 nm 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 2.0 mm در نظر بگیرید.)

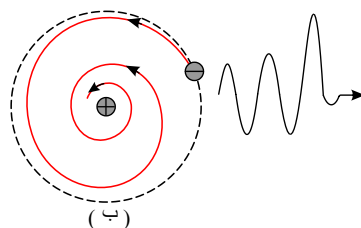
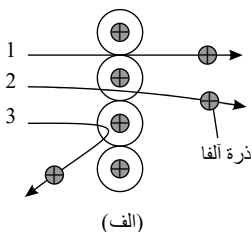
۵۰) مبنای مدل رادرفورد، نتایج آزمایش‌هایی بود که از پراکندگی ذره‌های آلفا توسط یک ورقه نازک طلا به‌دست آمده بود. (شکل الف)

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 ذره ۳ منحرف می‌شوند. این امر چه نکته‌ای را درباره ساختار اتم طلا نشان می‌دهد؟

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

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

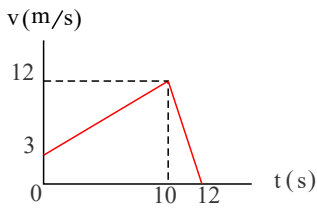


۵۱) در چه فاصله‌ای از سطح زمین شتاب گرانش زمین نصف شتاب گرانش در سطح زمین است؟

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 بازه زمانی صفر تا 12 s مطابق شکل زیر است. در این بازه زمانی: الف) مسافت کل پیموده شده توسط آهو را به دست 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 2 m/s^2 شروع به حرکت می‌کند. در همین لحظه، کامیونی با سرعت ثابت 36 km/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.

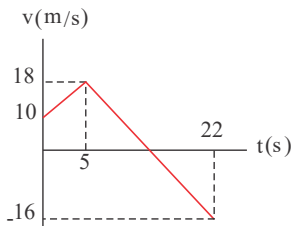
۵۵) سرعت جسمی بر حسب زمان بر حسب یکاهای SI به صورت زیر به دست می‌آید: (حرکت جسم در لحظه صفر آغاز شده است)

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

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

ب) در ثانیه چندم حرکت اندازه شتاب متوسط جسم برابر 24 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 بازه زمانی t_1



تا t_2 صفر باشد، بیشترین مقدار ممکن برای $t_2 - t_1$ چقدر است؟

۵۷) مکان جسمی بر حسب زمان بر حسب یکاهای SI به صورت زیر به دست می‌آید: (حرکت جسم در لحظه صفر آغاز شده است).

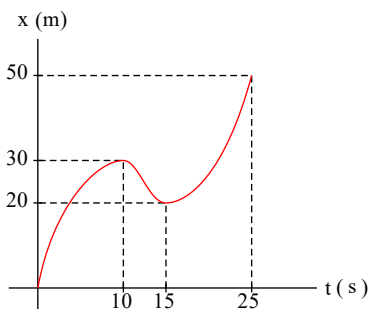
$$x = 1.5t^3 - t + 2.5$$

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

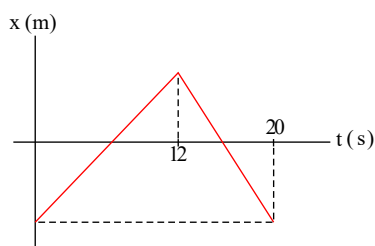
ب) سرعت متوسط جسم از لحظه $t = 2$ s تا چه لحظه‌ای برابر 77 متر بر ثانیه است؟

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

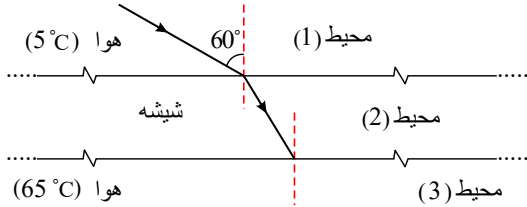


سرعت متوسط متحرک در ۵ ثانیه آخر حرکت را به دست آورید.

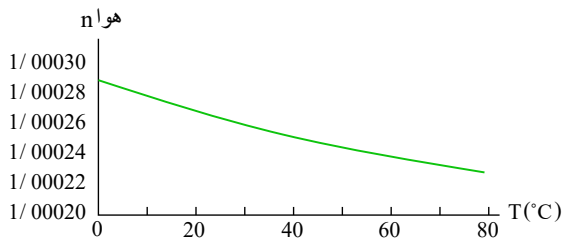


۶۰ یک متحرک روی یک مسیر مستقیم از نقطه A به نقطه B می‌رود. اگر مسافت پیموده شده توسط متحرک و اندازه جابه‌جایی آن به ترتیب برابر ۱۸۰ و ۱۰۰ متر باشد و متحرک تنها یک بار تغییر جهت داده باشد، فاصله نقطه تغییر جهت تا نقطه وسط A و B چقدر است؟

۶۱ مطابق شکل پرتو نوری تک‌رنگ از هوا با دمای $5^\circ C$ به سطح یک تیغه شیشه‌ای متوازی‌السطوح با زاویه تابش $60^\circ C$ تابیده است. این پرتو پس از دو بار شکست در دو سطح موازی این تیغه در نهایت وارد هوا با دمای $65^\circ C$ می‌شود. پرتو شکسته وارد شده به محیط (۳) با خط عمود بر مرز جداکننده شیشه و محیط (۳) زاویه 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 زاویه 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 گسیل شده از سطح اجسام در ناحیه (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؟

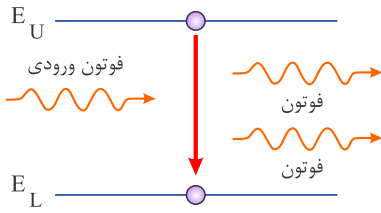
ب آیا شتاب در حرکت هماهنگ ساده، ثابت است یا متغیر؟

پ آیا بسامد نوسان‌های سامانه 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 باریکه لیزری چه ویژگی‌هایی دارند؟

۶۶ از داخل پرانتز گزینه درست را انتخاب کنید.

الف در حرکت هماهنگ ساده، دامنه نوسان؛ بیشینه فاصله نوسانگر از (نقطه تعادل - نقطه بازگشتی) است.

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

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

ت وقتی چشمه صوت به ناظر ساکن نزدیک می‌شود، فاصله 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 گسیل شده از سطح اجسام در ناحیه (فرابنفش - فرسوخ) است.

۶۷ متحرکی در مدت زمان ۸s از مکان $\vec{d}_1 = (-4m)\vec{i}$ به مکان $\vec{d}_2 = (4m)\vec{i}$ 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 شده متحرک چند متر است؟

۶۸ ایزوتوپ 1_8O با گسیل پوزیترون، واپاشی می‌کند. معادله 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 هسته هریک چند نوترون وجود دارد؟ در صورت لزوم از جدول تناوبی استفاده کنید.

الف) ${}^{195}_{78}X$ (ب) ${}^{32}_{16}X$ (پ) ${}^{61}_{29}X$

۷۰ مرتبه بزرگی تعداد نوترون‌هایی را که می‌توان تنگ هم در یک توپ تنیس به شعاع 3.2cm جای داد، تخمین بزنید. در این صورت مرتبه بزرگی جرم این توپ چقدر است؟

(مرتبه بزرگی شعاع و جرم نوترون را به ترتیب $1.67 \times 10^{-27}\text{kg}$ و $1.67 \times 10^{-15}\text{m}$ در نظر بگیرید.)

۷۱ هریک از فعالیت‌های زیر توسط کدام دانشمند صورت گرفت؟

الف) کشف نوترون

ب) کشف پرتوزایی

پ) انجام آزمایش ورقه طلا

۷۲ ترازهای انرژی در اتم در حدود الکترون‌ولت است.

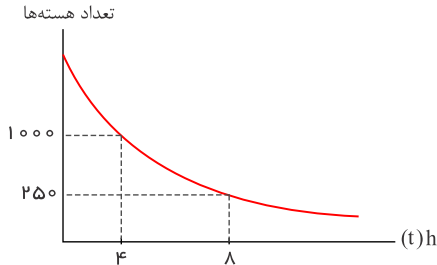


۷۳) با توجه به نمودار شکل مقابل، که مربوط به یک ماده پرتوزا است:

الف) نیمه عمر این ماده چند ساعت است؟

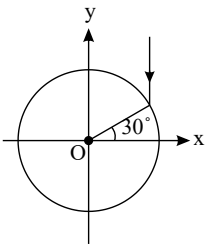
ب) تعداد هسته‌های مادر پرتوهای اولیه چه قدر بوده است؟

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



۷۴) نیمه عمر یک ماده پرتوزا ۱۲ شبانه‌روز است. پس از گذشت چند شبانه‌روز، $\frac{1}{33}$ از ماده اولیه باقی می‌ماند؟

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



۷۶) شدت صوت حاصل از یک منبع صدا طبق رابطه $I = 4t + 3$ در SI با زمان تغییر می‌کند. تغییر تراز شدت صوت پس از چه زمانی از روشن شدن منبع ۱۰ دسی‌بل است؟

۷۷) معادله حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI $x = (0.01) \cos \pi t$ است. تندی نوسانگر چقدر باشد تا انرژی جنبشی، یک سوم انرژی پتانسیل آن شود؟

۷۸) جسمی به جرم 1 kg به فنری افقی با ثابت 6 N/cm متصل است. فنر به اندازه 9 cm فشرده و سپس رها می‌شود و جسم روی سطح افقی شروع به نوسان می‌کند. با چشم‌پوشی از اصطکاک:

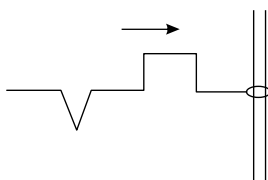
الف) دامنه نوسان و تندی بیشینه جسم چقدر است؟

ب) وقتی تندی جسم 1.6 m/s است، انرژی پتانسیل کشسانی آن چقدر است؟

۷۹) نور تک‌رنگی با زاویه 53° از هوا وارد محیط شفاف شده و 16 درجه منحرف می‌شود. اگر بسامد $6 \times 10^{14} \text{ Hz}$ باشد موارد زیر را محاسبه نمایید. $\sin 53^\circ = 0.8$ ، سرعت نور در هوا: $3 \times 10^8 \text{ m/s}$

الف) ضریب شکست در محیط شفاف

ب) طول موج در محیط شفاف



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

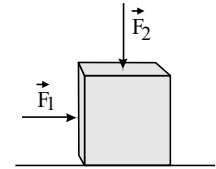


۸۱ الف) سفینه‌ای به جرم $10^4 \times 300$ kg در وسط فاصله بین زمین و ماه قرار دارد. نیروی گرانشی خالصی را که از طرف زمین و ماه به این سفینه در این مکان وارد می‌شود به دست آورید. (از داده‌های مسئله‌های قبل استفاده کنید).
 ب) در چه فاصله‌ای از زمین، نیروی گرانشی ماه و زمین بر سفینه، یکدیگر را خنثی می‌کنند؟

$$M_{\text{زمین}} = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}, \quad M_{\text{ماه}} = 7,36 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$\text{فاصله زمین تا ماه} = 3,84 \times 10^5 \text{ km}$$

۸۲ در شکل زیر، نیروی F_1 به بزرگی 200 N بر جعبه وارد شده است، اما جعبه همچنان ساکن است. اگر در همین حالت بزرگی نیروی قائم F_2 که جعبه را به زمین می‌فشارد از صفر شروع به افزایش کند، کمیت‌های زیر چگونه تغییر می‌کنند؟ الف) اندازه نیروی عمودی



سطح وارد بر جعبه

ب) اندازه نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جعبه

پ) اندازه بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی

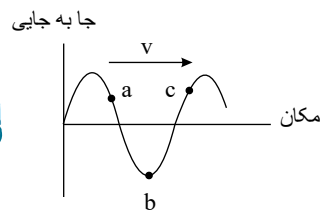
ت) نیروی خالص وارد بر جسم

۸۳ نشان دهید در حرکت بر خط راست، در هر بازه 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 کشیده شده‌ای 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؟



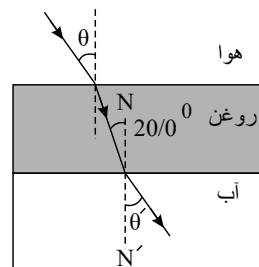
۸۵ تراز شدت صوت یک خیابان بی‌سروصدا 40 dB است. شدت صوت این خیابان، چند وات بر متر مربع است؟ ($I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$)

۸۶ نیمه عمر کبالت $5,25$ سال است.

الف. چند سال طول می‌کشد تا $\frac{1}{16}$ از هسته‌های کبالت در نمونه اولیه به صورت فعال باقی بمانند؟

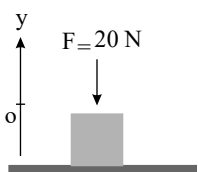
ب. این مقدار چند درصد مقدار اولیه است؟

۸۷ با توجه به شکل داده شده اگر ضریب شکست روغن برابر $1,4$ باشد و ضریب شکست آب برابر $1,3$ باشد، زاویه‌های θ و θ' را محاسبه کنید.



(ضریب شکست هوا برابر $1,0$ و $\sin 20^\circ = 0,34$ ، $\sin 22^\circ = 0,37$ ، $\sin 29^\circ = 0,48$)

۸۸ همانند شکل روبه‌رو، نیروی $F = 20 \text{ N}$ به جعبه‌ای به جرم 5 kg که روی میز افقی قرار دارد وارد می‌شود.



الف) نیروی عمودی سطح چند نیوتون است؟



ب واکنش نیروی عمودی سطح در چه جهتی است؟ $(g = 10 \frac{N}{kg})$

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

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

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

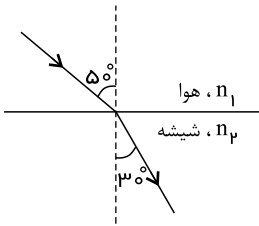
پ در امواج دایره‌ای ایجادشده بر سطح آب، فاصله بین دو برآمدگی مجاور برابر یک طول موج است.

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 چشمه صوتی، فاصله 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.

$$(\sin 5^\circ \simeq 0.087, \sin 3^\circ = 0.05, n_1 = 1)$$

ب زاویه بازتابش چند درجه است؟



پاسخنامه تشریحی

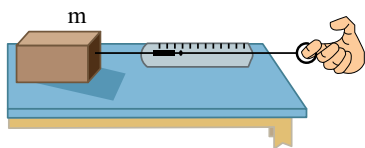
۱) مکعب چوبی را روی میز افقی قرار می‌دهیم و نیروسنج را به مکعب چوبی وصل می‌کنیم و سر دیگر نیروسنج را با دست به‌طور افقی می‌کشیم. نیروی دست را به آرامی افزایش می‌دهیم تا جایی که مکعب در آستانه لغزیدن قرار گیرد. عددی که در این حالت نیروسنج نشان می‌دهد $f_{s, \max}$ است. پس از اندازه‌گیری جرم مکعب بنا به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



۳) نیروی دست خود را به آرامی افزایش می‌دهیم تا جایی که مکعب چوبی در آستانه 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 رابطه $f_{s, \max} = \mu_s F_N$ ، $F_N = mg$ ، $f_{s, \max} = \mu_s F_N$ 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.

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

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

۴) الف) ابتدا با توجه به نمودار، دوره و پس از آن بسامد زاویه‌ای را محاسبه کرده و معادله حرکت نوسانگر را می‌نویسیم. پس از آن با قرار دادن $x = -2\sqrt{3}$ در معادله، مقدار t' را به دست می‌آوریم.

$$1,4s = \frac{T}{4} \rightarrow T = 0,8s$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\frac{1}{10}} = \frac{20\pi}{1} = \frac{5\pi}{2}$$

$$x = A \cos(\omega t) = 0,04 \cos\left(\frac{5\pi}{2}t\right)$$

(ب)

$$\begin{cases} x = -\frac{2\sqrt{3}}{100}m = 0,04 \cos\left(\frac{5\pi}{2}t'\right) \Rightarrow \cos\left(\frac{5\pi}{2}t'\right) = -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ t = t' \end{cases}$$

$$\rightarrow \frac{5\pi}{2}t' = (\pi - \frac{\pi}{6}), (\pi + \frac{\pi}{6}), (3\pi - \frac{\pi}{6}), (3\pi + \frac{\pi}{6}), \dots \rightarrow \frac{5\pi}{2}t' = \frac{7\pi}{6} \rightarrow \Delta t' = \frac{7}{3} \rightarrow \boxed{t' = \frac{7}{15}s}$$

برای دومین بار

$$F_{\text{net}} = -kx = ma \rightarrow \begin{cases} a = -\left(\frac{k}{m}\right)x \\ \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m} \end{cases} \Rightarrow a = -\omega^2 x$$

$$\omega = \frac{5\pi}{2} \rightarrow \omega^2 = \frac{25\pi^2}{4} = \frac{25 \times 10}{4} = \frac{250}{4} = 62,5$$



$$(1), (2) \Rightarrow a = -62,5x \xrightarrow{x = -\frac{2\sqrt{3}}{100}m} \xrightarrow{t=t'} a = -62,5 \left(-\frac{2\sqrt{3}}{100}\right) \rightarrow a = 1,25\sqrt{3} \frac{m}{s^2}$$

ت

$$m = 250g = \frac{1}{4}kg$$

$$U = 0,1J$$

$$E = K_{max} = U + K \rightarrow K = K_{max} - U = \frac{1}{2}mA^r\omega^r - U = \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \times \left(\frac{4}{100}\right)^r \times 62,5 - 0,25J$$

$$\rightarrow K = \frac{1}{2}mv^r = 1,25J - 0,25J = 1 \rightarrow \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \times v^r = 1 \rightarrow v = 2\sqrt{2} \frac{m}{s}$$

۵

الف) نیروی وزن و نیروی مقاومت هوا

ب) نیروهای وارد بر چتر باز، متوازن باشد.

۶

الف) معادله مکان - زمان درجه دوم است. بنابراین، حرکت شتاب دار با شتاب ثابت است.

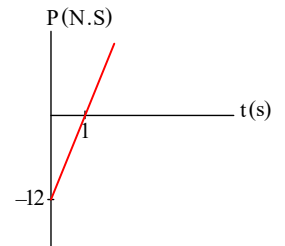
$$\begin{cases} x = At^r - 6t + 12 \\ x = \left(\frac{1}{2}a\right)t^r + v_0t + x_0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \frac{a}{2} = A \\ \vec{F}_{net} = m\vec{a} \rightarrow 16\vec{i} - 4\vec{i} = 2\vec{a} \rightarrow \vec{a} = 6\vec{i} \end{cases} \rightarrow a = 6m/s^2 \rightarrow A = \frac{6}{2} = 3$$

ب) تکانه از رابطه $\vec{p} = m\vec{v}$ محاسبه می شود. بنابراین، اگر \vec{p} ثابت باشد، \vec{v} باید ثابت باشد. به این معنی که نیروها متوازن بوده است. یعنی $\vec{F}_{net} = 0$ داریم:

$$\vec{F}_{net} = \vec{F}_1 + \vec{F}_r + \vec{F}_p = 0 \Rightarrow 16\vec{i} - 4\vec{i} + \vec{F}_p = 0 \rightarrow \vec{F}_p = -12\vec{i}$$

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

$$v = at + v_0 = 6t - 6 \rightarrow p = mv = 2(6t - 6) = 12t - 12 \rightarrow p = 12t - 12$$



۷

الف)

الف)

$$\omega = 2\pi f \rightarrow \omega = 2\pi \times 50 = 100\pi \text{ rad/s}$$

$$x = A \cos \omega t, \quad A = 3cm \Rightarrow x_{(cm)} = 3 \cos 100\pi t$$

ب)

$$\begin{cases} \beta_r - \beta_1 = 10 \log \frac{I_r}{I_1} \\ \frac{I_r}{I_1} = \sqrt{10} \end{cases} \Rightarrow \Delta\beta = 10 \log 10^{0,5} \rightarrow \Delta\beta = 5dB$$

ب)

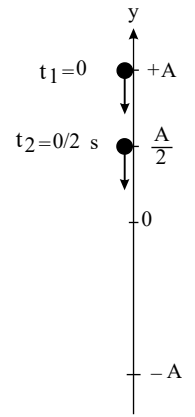
الف) به ذره B از طناب توجه می کنیم؛ برای سادگی در پاسخ گویی می توان فرض کرد:

۸



$$\begin{cases} t_1 = t' = 0 \\ t_2 = t' + 0,2s = 0 + 0,2 = 0,2s \end{cases}$$

$$t_2 = 0,2s \rightarrow y = A \cos(\omega t) \rightarrow \frac{A}{2} = A \cos(\omega \times 0,2)$$



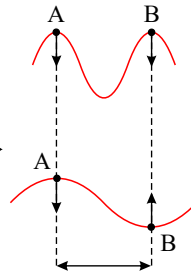
$$\rightarrow \omega \times 0,2 = \frac{\pi}{3} \rightarrow (\omega = \frac{5\pi}{3}) \rightarrow \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{5\pi}{3} \rightarrow \frac{10}{m} = \frac{25 \times 10}{9} \rightarrow m = \frac{9}{25} kg$$

$$\text{راه تستی} \rightarrow \begin{cases} \Delta t = \frac{T}{6} \rightarrow (t' + 0,2) - (t') = \frac{T}{6} \rightarrow 0,2 = \frac{T}{6} \rightarrow T = 1,2s \\ A \rightarrow \frac{A}{2} \end{cases} \rightarrow (\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{5\pi}{3})$$

(ب) برای قرینه شدن وضعیت نوسانی ذرات A و B باید فاصله آنها از حالت کنونی ($\Delta x_{AB} = \lambda$) به وضعیت (... و $\frac{5\lambda}{2}$ یا $\frac{3\lambda}{2}$ یا $\frac{\lambda}{2}$) تبدیل شود. چون با آویختن جرم دیگر به

وزنه قبلی m افزایش می یابد طبق رابطه $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ و ثابت ماندن k (ثابت فنر)، T و در نتیجه طبق

رابطه: $\lambda = vT$ (v به محیط انتشار موج یعنی طناب بستگی داشته و چون شرایط فیزیکی حاکم بر طناب تغییر نکرده v ثابت می ماند).



$$\lambda = \underbrace{v}_{\text{افزایش ثابت}} \underbrace{T}_{\text{افزایش ثابت}} \rightarrow (\lambda \text{ افزایش می یابد}) \rightarrow \text{و چون فاصله دو ذره ثابت مانده است بنابراین}$$

$$\lambda_1 = \frac{\lambda_2}{2} \rightarrow \lambda_2 = 2\lambda_1 \Rightarrow T_2 = 2T_1$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} \rightarrow 2 = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} \rightarrow m_2 = 4m_1 \rightarrow \Delta m = m_2 - m_1 = 4m_1 - m_1 = 3m_1 = 3\left(\frac{9}{25}\right) = \frac{27}{25} kg$$

۹) پرتو نور تک رنگی را (می توان در صورت در دسترس بودن از باریکه نور خروجی از یک دستگاه لیزر کوچک استفاده نمود). به طور مایل به یک وجه تیغه متوازی السطوحی که می خواهیم ضریب شکست آن را حساب کنیم می تابانیم. زاویه ورود و خروج از لبه تیغه را توسط یک نقاله (هر وسیله مناسب مشابه دیگر) اندازه می گیریم (محیط پیرامون تیغه هوا است). با اندازه گیری زاویه شکست (با استفاده از نقاله) به سادگی به کمک قانون شکست اسنل می توانیم ضریب شکست تیغه را محاسبه کنیم:

$$(n=1) \text{ هوا} \rightarrow n_{\text{هوا}} \sin \theta_1 = n_{\text{شیشه}} \times \sin \theta_2 \rightarrow n_{\text{شیشه}} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

با اندازه گیری θ_1 ، θ_2 ، n (ضریب شکست شیشه) محاسبه می شود.

D ← چشمه موج

E ← طول موج

F ← بردار سرعت

۱۰) A ← دره (پاستیج) موج

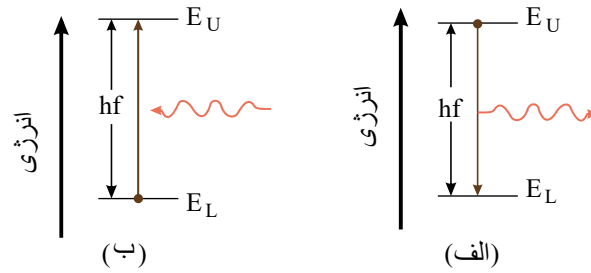
B ← قله (ستیج) موج

C ← پرتو موج

۱۱) براساس مدل بور می دانیم که خطهای گوناگون در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی وقتی به وجود می آیند که الکترونهای اتمهای هیدروژن، که به هر دلیلی برانگیخته شده اند، از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین تر جهش کنند و فوتونهایی را گسیل کنند (شکل الف). همچنین الکترونها می توانند در جهت عکس گذار کنند، یعنی در فرآیندی که جذب فوتون خوانده می شود از ترازهای انرژی پایین تر به ترازهای انرژی بالا بروند (شکل ب). در این حالت اتم، فوتونی را که دقیقاً انرژی لازم برای گذار الکترون از تراز انرژی پایین به تراز انرژی بالاتر را دارد جذب می کند. به این ترتیب اگر فوتونهایی با گستره پیوسته ای 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 رابطه ریدبرگ می‌توانیم به جای n' از n_L و بالعکس و به جای n از n_U و بالعکس استفاده نماییم،

$$\Delta E = \left(-\frac{E_R}{n_U^2}\right) - \left(-\frac{E_R}{n_L^2}\right) = E_R \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2}\right)$$

$$\rightarrow 12,75(eV) = 13,6eV \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2}\right) \rightarrow \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} = \frac{12,75eV}{13,6eV}$$

برای سهولت در حل: $\left. \begin{aligned} 12,75 &= 15 \times 0,85 \\ 13,6 &= 16 \times 0,85 \end{aligned} \right\}$

$$\rightarrow \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} = \frac{15}{16} = 1 - \frac{1}{16} \left\{ \begin{aligned} \frac{1}{n_L^2} &= 1 \rightarrow n_L^2 = 1 \rightarrow n_L = 1 \\ \frac{1}{n_U^2} &= \frac{1}{16} \rightarrow n_U^2 = 16 \rightarrow n_U = 4 \end{aligned} \right.$$

*البته اگر به عدد $12,75eV$ دقت شود با توجه به مقادیر انرژی ترازهای انرژی در اتم $H: 13,6, -3,4, -1,5, -0,85, \dots$ می‌فهمیم قطعاً یک پای کار باید $13,6 -$ الکترون ولت باشد! یعنی $E_{n_1} = -13,6eV$ پس $n_1 = 1$ (این طور نیست!!)

۱۳)

طبق متن کتاب درسی در رابطه ریدبرگ می‌توانیم به جای n' از n_L و بالعکس و به جای n از n_U و بالعکس استفاده نماییم،

$$E = E_U - E_L = \left(-\frac{E_R}{n_U^2}\right) - \left(-\frac{E_R}{n_L^2}\right) = E_R \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2}\right) = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \left(\frac{E_R}{hc}\right) \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2}\right) \rightarrow R = \frac{E_R}{hc}$$

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

۱۵) طبق متن کتاب درسی در رابطه ریدبرگ می‌توانیم به جای n' از n_L و بالعکس و به جای n از n_U و بالعکس استفاده نماییم،

بدیهی است چون فوتون گسیل شده است: $n_1 > n_2$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_U^2} - \frac{1}{n_L^2}\right)$$

$$\rightarrow \frac{1}{112,5nm} = \frac{1}{100nm} \left(\frac{1}{n_U^2} - \frac{1}{n_L^2}\right) = \frac{100}{112,5} = \frac{8}{9}$$

$$\frac{1}{n_U^2} - \frac{1}{n_L^2} = \frac{8}{9} \quad (1)$$

می‌دانیم چون طول موج فوتون گسیل شده $\lambda = 112,5nm$ کوچکتر از $400nm$ است، بنابراین طیف گسیل شده از نوع فرابنفش است بنابراین می‌تواند مربوط به رشته لیمان باشد. یعنی:

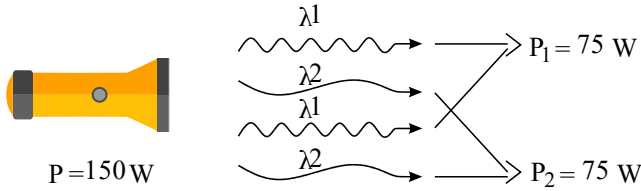
$$n_2 = 1 \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(1) \text{ و } (2)} \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n_U^2} = \frac{8}{9} \rightarrow \frac{1}{n_U^2} = 1 - \frac{8}{9} = \frac{1}{9} \rightarrow n_U^2 = 9 \rightarrow n_U = 3$$

$$\text{کل انرژی کل: } E = nhf = nh \frac{c}{\lambda} \rightarrow P_1 = P_2 \rightarrow n_1 \frac{hc}{\lambda_1} = n_2 \frac{hc}{\lambda_2}$$

$$\Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{1}{2}$$

دقت شود چون $\lambda_p < 650nm$ است هر دو در آزمایش فوتوالکتریک و جدا نمودن فوتوالکترون‌ها از سطح فلز نقش ایفا خواهند کرد.

بنابراین: $n_p = 2n_1$

۱۷

بلندترین طول موج رشته لیمان مربوط به $n = 2$ است. بنابراین داریم:

$$\text{رشته لیمان (در خلأ)} : \frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{(\lambda_1)_{max}} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = \frac{3R}{4} \rightarrow (\lambda_1)_{max} = \frac{4}{3R}$$

و بلندترین طول موج رشته بالمر مربوط به $n = 3$ است.

$$\text{در خلأ} \rightarrow \text{رشته بالمر} : \frac{1}{(\lambda_p)_{max}} = R \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{3^2} \right) = \frac{5R}{36} \rightarrow (\lambda_p)_{max} = \frac{36}{5R}$$

هنگامی که نور دوم وارد آب به ضریب شکست $n = \frac{3}{4}$ می شود، طول موج آن $\frac{3}{4}$ برابر می شود.

$$\left(\lambda = \frac{v}{f} \text{ و } v = \frac{c}{n} \rightarrow \frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{v'}{v} = \frac{n}{n'} = \frac{1}{\frac{4}{3}} = \frac{3}{4} \right)$$

$$\lambda'_p = \frac{3}{4} \lambda_p = \frac{3}{4} \times \frac{36}{5R} = \frac{27}{5R}$$

$$\frac{\lambda'_p}{\lambda_1} = \frac{\frac{27}{5R}}{\frac{4}{3R}} \rightarrow \frac{\lambda'_p}{\lambda_1} = \frac{81}{20}$$

۱۸

$$hf_0 = W_0 \rightarrow f_0 = \frac{W_0}{h} \xrightarrow{\lambda_{max} = \frac{c}{f_0}} \lambda_{max} = \frac{c}{\frac{W_0}{h}} \rightarrow \lambda_{max} = \frac{hc}{W_0} \quad (1)$$

از طرفی می دانیم:

$$R = \frac{E_R}{hc} \rightarrow hc = \frac{E_R}{R} \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(1), (2)} \lambda_{max} = \frac{\frac{E_R}{R}}{W_0} \rightarrow \lambda = \frac{E_R}{RW_0}$$

طبق تعریف ارائه شده از شدت تابشی در متن سؤال شدت تابشی را به شکل زیر می توان نوشت:

۱۹

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{مساحت سطح کُرِه} \\ A = 4\pi R^2 = 4 \times 3 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{12}{4} = 3 \text{ m}^2 \\ I = \frac{E}{A \cdot t} = \frac{3.6}{3 \times 60} = 0.02 \text{ W/m}^2 \end{array} \right.$$

توجه: یکای شدت تابشی:

$$I = \frac{E}{At} = \frac{\left(\frac{E}{t}\right)}{A} = \frac{P}{A} (\text{W/m}^2)$$

گام اول: در هر ثانیه 3.2 J انرژی به هر متر مربع از سطح زمین می رسد. این انرژی توسط فوتون هایی با طول موج 620 nm تأمین می شود. ابتدا انرژی هر فوتون را می یابیم:

۲۰

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{620 \text{ nm}} = 2 \text{ eV} = 2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 3.2 \times 10^{-19} \text{ J}$$

گام دوم: تعداد فوتون ها (n) برابر است با:

$$n = \frac{\text{کل } E}{E \text{ هر فوتون}} = \frac{3.2 \text{ J}}{3.2 \times 10^{-19} \text{ J}} = 10^{21}$$

۲۱ | فوتون در هر ثانیه به هر متر مربع از سطح زمین می رسد.

طیف خطی هیدروژن اتمی

۲۱

$$F_N = mg + 20 = 120 \text{ N} \text{ (ب)}$$

$$F_N = mg - 20 = 80 \text{ N} \text{ (ب)}$$

$$F_N = mg = 100 \text{ N} \text{ (الف)}$$

۲۲

۲۳ (الف)

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

$$\left\{ \begin{array}{l} t = 0 \text{ s} \Rightarrow x(0 \text{ s}) = 4 \text{ m} \\ t = 2 \text{ s} \Rightarrow x(2 \text{ s}) = 2^3 - 3 \times 2^2 + 4 = 0 \text{ m} \end{array} \right.$$



$$v_{av} = \frac{x(2s) - x(0s)}{2s - 0s} = \frac{0m - 4m}{2s} = -2m/s$$

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 نشان‌دهنده نمودار $x - t$ یک متحرک باشند و تنها نمودار «پ» می‌تواند مکان متحرکی را برحسب زمان نشان دهد. بنابراین، پاسخ گزینه «پ» است.

۲۵)

الف) ${}_{83}^{209}Bi$ بیسموت ۸۳

ب) بلند بُرد - تعداد نوترون‌ها - کوتاه‌بُرد

پ) توریم ($Z = 90$)، اورانیوم ($Z = 92$)، ۸۳

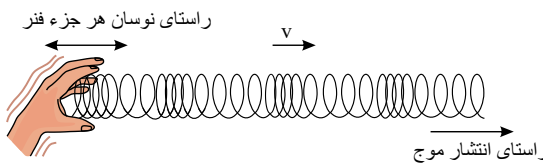
ت) انرژی بستگی هسته‌ای

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 ببریم، یک تپ در طول فنر به راه می‌افتد و اگر دست خود را پیایی 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 نقطه دیگر حرکت کرده و انرژی را با خود منتقل می‌کنند. در این امواج، ماده تشکیل‌دهنده 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 نقطه تماس گوی با سطح آب در تمام جهت‌ها حرکت می‌کند. به هریک از برآمدگی‌ها یا فرورفتگی‌های ایجادشده روی سطح آب یک جبهه موج می‌گویند.

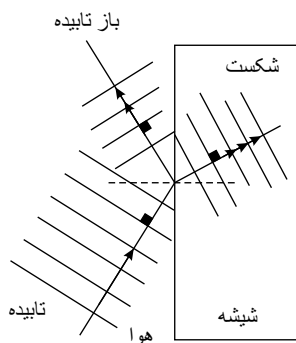
۲۷)

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:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda = \frac{v}{f} \\ v = \frac{C}{n} \end{array} \right. \xrightarrow{v_{\text{شیشه}} < v_{\text{هوا}}} \left\{ \begin{array}{l} \lambda_{\text{شیشه}} < \lambda_{\text{هوا}} \\ \lambda_{\text{تابیده}} = \lambda_{\text{تابیده شده}} \\ f_{\text{شکست‌یافته}} = f_{\text{بازتابیده}} = f_{\text{تابیده}} \end{array} \right.$$

ب)

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



۲۸)

الف) پاسخ:



(P)	(Q)	(R)	(S)	(X)
فرابنفش	مرئی	فروسرخ	میکروموج	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

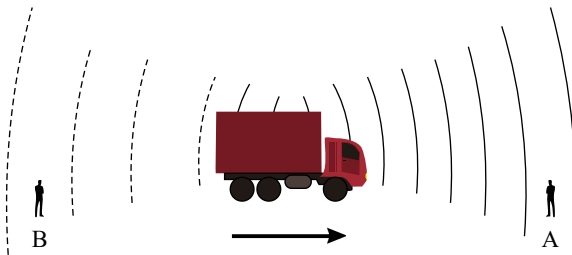
ج درست

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

الف

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

$$-0.02 = 0.02 \cos 10\pi t \quad 10\pi t = \pi \quad t = \frac{1}{10} s$$

ب

$$a_{\max} = |w^2 \times A| \quad a_{\max} = |100 \times 10 \times 0.02| = 20 \frac{m}{s^2}$$

۳۲

الف

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

$$a = \frac{0 - 20}{4} = -5 \frac{m}{s^2}$$

ب

$$\Delta x = \left(\frac{v + v_0}{2} \right) t$$

$$\Delta x = \left(\frac{0 + 20}{2} \right) \times 4$$

$$\Delta x = 40 m$$

پ خیر، زیرا: $40m < 45m$

۳۳ (الف)

$$f_{smax} = \mu_s F_N = \mu_s mg$$

$$f_{smax} = 0.4 \times 1000 = 400N$$

$$T > f_s$$

$$F_{wt} = ma \rightarrow T - f_k = ma \rightarrow T - \mu_k mg = ma$$

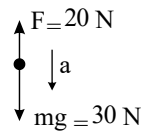
$$440 - (0.3 \times 1000) = 100a$$

$$a = 1.4 \frac{m}{s^2}$$

۳۴ می‌دانیم انرژی فوتون‌های فرسوخ کمتر از انرژی فوتون‌های نور مرئی (از جمله نور بنفش) است. بنابراین اگر فوتون فرسوخ 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، کند شونده است.

$$a = \frac{20 - 30}{3} = -\frac{10}{3} m/s^2$$



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

۳۶ ابتدا به مدت ۵ ثانیه (در بازه ۰ s تا ۵ s)، شتاب متحرک $2m/s^2$ است.

$$\Delta v_1 = a_1 \Delta t_1 = 2m/s^2 (5s - 0s) = 10m/s$$

پس سرعت متحرک افزایش می‌یابد و از $0m/s$ به $10m/s$ می‌رسد.

سپس به مدت ۱۰ ثانیه (در بازه ۵ s تا ۱۵ s)، شتاب متحرک، صفر و سرعت متحرک، ثابت و برابر $10m/s$ است.

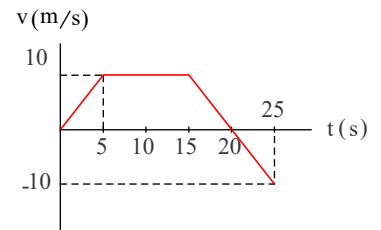
در نهایت به مدت ۱۰ ثانیه (در بازه ۱۵ s تا ۲۵ s)، شتاب متحرک $-2m/s^2$ است و داریم:

$$\Delta v_2 = a_2 \Delta t_2 = -2m/s^2 (25s - 15s) = -20m/s$$

بنابراین، سرعت متحرک $-20m/s$ کاهش می‌یابد و از $10m/s$ به $-10m/s$ می‌رسد.

در این بازه زمانی و در لحظه‌ای که سرعت متحرک صفر می‌شود، جهت حرکت تغییر می‌کند. با توجه به مقدار شتاب $(-2m/s^2)$ و سرعت اولیه در این بازه $(+10 \frac{m}{s})$ ، سرعت در لحظه ۲۰ s صفر می‌شود.

بنابراین، نمودار سرعت زمان متحرک به شکل زیر می‌شود:



تندشونده $0s < t < 5s$

یکنواخت $5s < t < 15s$

کندشونده $15s < t < 20s$

تندشونده $20s < t < 25s$

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(-10m/s) - (0m/s)}{25s - 0s} = \frac{-10m/s}{25s} = -0.4m/s^2$$

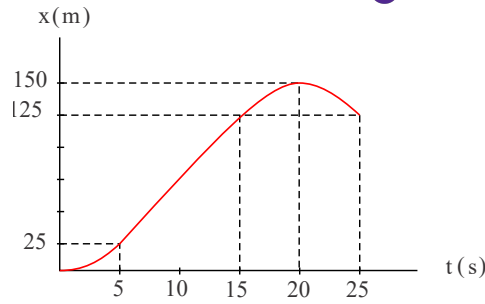
با توجه به نمودار $v - t$ این حرکت و سطح محصور بین منحنی و محور زمان، جابه‌جایی متحرک در بازه‌های زمانی مختلف را به دست می‌آوریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0s < t < 5s \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{1}{2} \times 10m/s \times 5s = 25m \\ 5s < t < 15s \Rightarrow \Delta x_2 = 10 \frac{m}{s} (15s - 5s) = 100m \\ 15s < t < 20s \Rightarrow \Delta x_3 = \frac{1}{2} \times 10m/s \times (20s - 15s) = 25m \\ 20s < t < 25s \Rightarrow \Delta x_4 = -\frac{1}{2} \times 10m/s (25s - 20s) = -25m \end{array} \right.$$

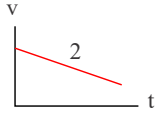
$$\Rightarrow \text{کل } \Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \Delta x_4 = +125m$$



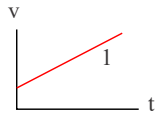
با توجه به جابجایی‌های به دست آمده، داریم:



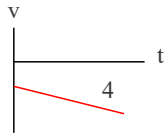
۳۷ الف) خودرو در جهت مثبت حرکت می‌کند ($v > 0$) و شتاب خودرو در جهت منفی است ($a < 0$) و نمودار $v - t$ آن به شکل زیر می‌تواند باشد: در این شرایط، شتاب، مخالف سرعت است و طبق نمودار، اندازه سرعت کاهش می‌یابد و حرکت کندشونده است.



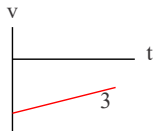
ب) خودرو در جهت مثبت حرکت می‌کند ($v > 0$) و شتاب خودرو نیز در جهت مثبت است ($a > 0$) و نمودار $v - t$ آن به شکل زیر می‌تواند باشد: در این شرایط، شتاب، موافق سرعت است و طبق نمودار اندازه سرعت افزایش می‌یابد و حرکت تندشونده است.



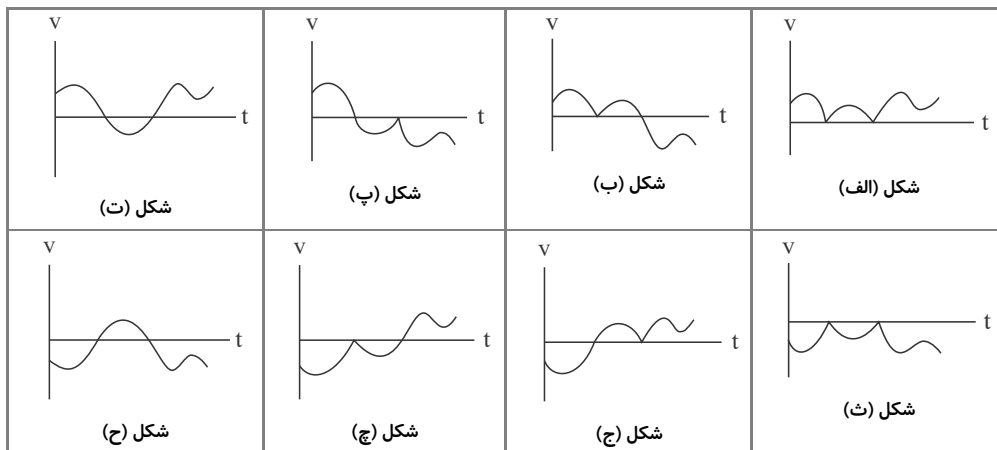
پ) خودرو در جهت منفی حرکت می‌کند ($v < 0$) و شتاب خودرو نیز در جهت منفی است ($a < 0$) و نمودار $v - t$ آن به شکل زیر می‌تواند باشد. در این شرایط، شتاب، موافق سرعت و طبق نمودار اندازه سرعت در حال افزایش و حرکت تندشونده است.



ت) خودرو در جهت منفی حرکت می‌کند ($v < 0$) و شتاب خودرو در جهت مثبت است ($a > 0$) و نمودار $v - t$ آن به شکل زیر می‌تواند باشد: در این شرایط، شتاب، مخالف سرعت و طبق نمودار اندازه 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_0 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 رابطه زیر ثابت فنر بدست می‌آید:

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

۴۰

الف)



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

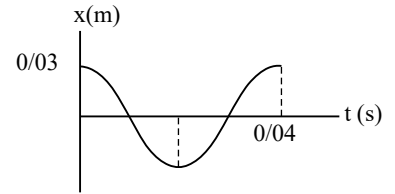
$$2 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$L = 1m$$

ب

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

$$T = \frac{2\pi}{50\pi} = 0,04s$$



۴۱

الف گزینه (۲)

ب گزینه (۱)

پ گزینه (۲)

ت گزینه (۳)

۴۲

$$\omega = 2\pi f = \pi \text{ rad/s}$$

$$E = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \Rightarrow E = \frac{1}{2} \times 0,2 \times \pi^2 \times 25 \times 10^{-4} = 25 \times 10^{-4} J$$

۴۳

$$n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{20}{4} = 5 \Rightarrow \frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow \frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^5 = \frac{1}{32}$$

۴۴

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 90 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow \frac{I}{10^{-12}} = 10^9 \Rightarrow I = 10^{-3} \frac{W}{m^2}$$

۴۵

کوتاه ترین طول موج تابشی مربوط به دورترین گذار به پایین می شود که $n' = 1$ می شود.

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{9}\right) \Rightarrow \lambda = 112,5 nm$$

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

$$E_{\max} = 0 eV - (-13,6 eV) = 13,6 eV$$

$$E_{\max} = hf_{\max} = h \frac{c}{\lambda_{\min}} \rightarrow \lambda_{\min} = \frac{hc}{E_{\max}}$$

$$\rightarrow \lambda_{\min} = \frac{1240 eV \cdot nm}{13,6 eV} \cong 91,2 nm$$

$$\lambda_{\min} = 91,2 nm$$

مشاهده می شود که: $400 nm < 91,2 nm < 700 nm$ یعنی در ناحیه فرابنفش است. بدیهی است! چون گذار به تراز $n = 1$ انجام شده و این طول موج در گستره طول موج های رشته لیمان قرار دارد. (ب)

$$E = E_U - E_L = (-1,51 eV) - (-13,6 eV) \rightarrow E \cong 12,1 eV$$

$$\rightarrow E = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{1240 eV \cdot nm}{12,1 eV} \rightarrow \lambda \cong 102,48 nm$$

که چون کوچکتر از $400 nm$ است در گستره طول موج های فرابنفش است. (رشته لیمان)

(پ) طول موج فوتون گسیلی $660 nm$ است. بنابراین چون $400 nm \leq \lambda \leq 700 nm$ در ناحیه مرئی است. ابتدا انرژی فوتون گسیلی را می یابیم، سپس بررسی می کنیم که با گذار بین کدام دو تراز حاصل می شود:

$$\text{فوتون } E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240 eV \cdot nm}{660 nm} \approx 1,89 eV$$

حال اگر به اعداد مربوط به ترازهای انرژی اتم هیدروژن نگاه کنیم، انرژی این فوتون مربوط به اختلاف انرژی های $1,51 eV$ و $3,40 eV$ است:

$$E = (-1,51 eV) - (-3,40 eV) = 1,89 eV$$



* در ضمن اگر خوب دقت کنیم؛ در می‌یابیم، تراز مقصد گذار الکترون مربوط به $n = 2$ یعنی مربوط به رشته بالمر است، چون λ مربوط به نور مرئی است.

(۴۷) الف) پایین‌ترین تراز انرژی، حالت پایه نامیده می‌شود که مربوط به $n = 1$ 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 ($n = 1$) به بالاترین حالت برانگیخته ممکن ($n = \infty$) مقدار 13.6eV 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 به وجود 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)

$$\begin{cases} n' = 1 \\ n = 2 \end{cases} \rightarrow \frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = \frac{3}{4}R$$

$$\rightarrow \lambda_{\max} = \frac{4}{3R}$$

$$\begin{cases} n' = 1 \\ n = \infty \end{cases} \rightarrow \frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) = R$$

$$\rightarrow \lambda_{\min} = \frac{1}{R}$$

$$\Delta\lambda = \lambda_{\max} - \lambda_{\min} = \frac{4}{3R} - \frac{1}{R} = \frac{4-3}{3R}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \Delta\lambda = \frac{1}{3R} \approx \frac{1}{0.703 \text{ nm}^{-1}} = 33 \text{ nm} \\ R \approx 0.703 \text{ nm}^{-1} \end{cases}$$

$$\Delta\lambda \approx 33 \text{ nm}$$

(۴۸) در هر ثانیه 300J انرژی به هر متر مربع زمین می‌رسد. این انرژی وابسته به فوتون‌های با طول موج 570nm فرض شده است.

ابتدا انرژی هر فوتون را می‌یابیم:

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{570 \text{ nm}} = 2.18 \text{ eV}$$

و تعداد فوتون‌ها (n) برابر است با:

$$n = \frac{\text{کل } E}{E \text{ هر فوتون}} = \frac{300 \text{ J}}{2.18 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}} \rightarrow n = \frac{300 \times 10^{19}}{3.488} \approx 86 \times 10^{19} = 8.6 \times 10^{20}$$

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

(۱) توان لامپ رشته‌ای 100W است یعنی در هر ثانیه 100J انرژی مصرف می‌کند اما بازده لامپ در ایجاد نور مرئی 5% است یعنی: $\frac{5}{100} \times 100 = 5\text{W} = \Delta W$

یعنی این لامپ در هر ثانیه 5J نور در محیط گسیل می‌کند.

(۲) تابش مرئی گسیل شده توسط لامپ به طور یکنواخت در همه جهات گسیل می‌گردد. یعنی به شکل کره. هنگامی که این انرژی به شخص می‌رسد شعاع کره یک کیلومتر است و مساحت سطح کره:

$$A = 4\pi R^2 = 4 \times 3.14 \times 1000^2 \rightarrow A = 12.56 \times 10^6 \text{ m}^2$$

(۳) طبق فرض مسئله فقط یک درصد تابش گسیل شده توسط لامپ به شکل نور مرئی با طول موج 550nm است:

$$\frac{1}{100} \times \Delta W = \frac{5}{100} W$$

یعنی در هر ثانیه $\frac{5}{100} \text{J}$ انرژی به شکل کره با طول موج 550nm گسیل می‌شود. (البته این که امواج الکترومغناطیسی کروی منتشر شوند با مفروضاتی است که حُب فعلاً کاری به آن نداریم ...!)

(۴) حال سطح کروی به مساحت $12.56 \times 10^6 \text{ m}^2$ را در نظر می‌گیریم. انرژی روی این سطح در هر ثانیه $\frac{5}{100} \text{J}$ است. مردمک چشم ناظر به مساحت A' قسمتی از این سطح است:

$$A' = \pi r^2 = 3.14 \left(\frac{2.0}{2} \times 10^{-3} \right)^2 \rightarrow A' = 3.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

(۵) در نهایت با یک تناسب ساده یک حساب و کتاب ساده می‌کنیم:

انرژی عبور از سطح	مساحت سطح
$\frac{5}{100} \text{J}$	$12.56 \times 10^6 \text{ m}^2$
$E = ?$	$3.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2$



$$\rightarrow E = \frac{\frac{5}{100} \times \frac{3}{4} \times 10^{-6} m^2}{\frac{12}{56} \times 10^6 m^2} = 0,0125 \times 10^{-16} J \rightarrow E = 1,25 \times 10^{-14} J$$

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 هسته بسیار چگال و کوچک (شعاع $\approx 10^{-15} m$) 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 به راحتی می‌توان ورقه بسیار نازک از آن را ساخت. رادرفورد به دنبال یک ورقه خیلی نازک از یک فلز بود و چون شکل دادن و نازک دادن طلا از همه آسان‌تر بود ورقه طلا را برای آزمایش خود برگزید. دلیل دیگر این‌که رادرفورد به دنبال 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 الکترونیکی بین هسته و الکترون، الکترون روی هسته سقوط کند و در نتیجه اتم باید ناپایدار باشد، چیزی که با واقعیت جور در نمی‌آید.

- اگر الکترون‌ها، مانند سیاره‌های منظومه 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 به تدریج کوچکتر و بسامد حرکت آن به تدریج بیشتر شود. این افزایش تدریجی بسامد حرکت مداری الکترون‌ها، سبب می‌شود تا بسامد موج الکترومغناطیسی گسیل‌شده نیز به تدریج 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 افتد 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.

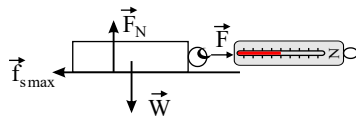
۵۱) باتوجه به رابطه محاسبه شتاب گرانش داریم:

$$g = G \frac{M_e}{r^2} \Rightarrow \frac{g_h}{g_o} = \left(\frac{r_o}{r_h}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{2} = \left(\frac{R_e}{R_e + x}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{R_e}{R_e + x}$$

$$\Rightarrow \sqrt{2}R_e = R_e + x \Rightarrow x = (\sqrt{2} - 1)R_e$$

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 آستانه 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 رابطه $F_N = mg$ مقدار نیروی عمودی را محاسبه کنید.

۴- این بار آزمایش را با ۲ قطعه 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 به دست آمده از نیروسنج را بر وزن تقسیم کنید.

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

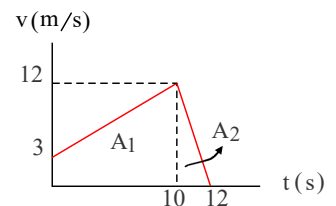
۵۳) الف و ب) در این حرکت، سرعت همواره مثبت بوده و حرکت تغییر جهت نداشته است. بنابراین، مسافت پیموده شده برابر اندازه جابه‌جایی است و از طرفی، جابه‌جایی مثبت و برابر سطح محصور میان منحنی و محور زمان است.

$$A_1 = \frac{3 + 12}{2} (10 - 0) = 75 m$$

$$A_2 = \frac{1}{2} \times 12 \times (12 - 10) = 12 m$$

$$\Rightarrow \Delta x = A_1 + A_2 = 87 m$$

$$\Rightarrow \text{مسافت } L = |\Delta x| = 87 m$$



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

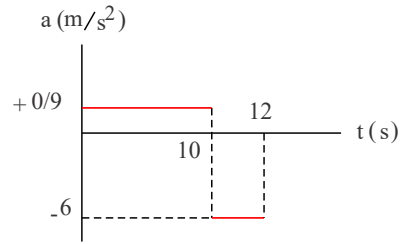
در بازه زمانی ۰ s تا ۱۰ s شتاب ثابت و مثبت است.

در بازه زمانی ۱۰ s تا ۱۲ s شتاب ثابت و منفی است.



$$0s < t < 10s \Rightarrow a_1 = \frac{12m/s - 3m/s}{10s - 0s} = 0.9m/s^2$$

$$10s < t < 12s \Rightarrow a_2 = \frac{0 - 12m/s}{12s - 10s} = -6m/s^2$$



پس:

(۵۴) الف) خودرو را متحرک ۱ و کامیون را متحرک ۲ فرض می‌کنیم. همچنین محل ایستادن خودرو که مکان اولیه خودرو و کامیون است را مبدا مکان فرض می‌کنیم.

$$\Rightarrow x_{01} = x_{02} = 0$$

متحرک ۱ (خودرو) با شتاب ثابت و از حال سکون ($v_{01} = 0$) شروع به حرکت می‌کند و حرکت متحرک ۲ (کامیون) یکنواخت است.

$$x_1 = \frac{1}{2}a_1t^2 + v_{01}t + x_{01} = \frac{1}{2} \times 2t^2 + 0 + 0 \Rightarrow x_1 = t^2$$

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

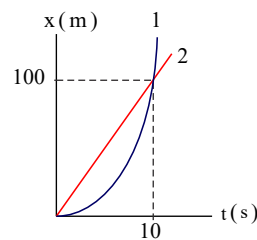
$$x_2 = v_2t + x_{02} = 10t + 0 \Rightarrow x_2 = 10t$$

متحرک‌ها وقتی به هم می‌رسند که: $x_1 = x_2$.

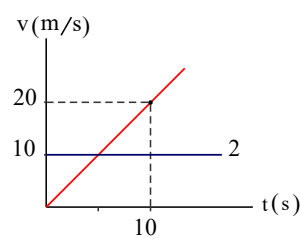
$$x_1 = x_2 \Rightarrow t^2 = 10t \Rightarrow t(t - 10) = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} t = 0s \Rightarrow x_1 = x_2 = 0 \Rightarrow \text{همان مکان اولیه} \\ t = 10s \Rightarrow x_1 = x_2 = 100m \end{cases}$$

پس از ۱۰s و در فاصله ۱۰۰m از مکان اولیه خودرو به کامیون می‌رسد.



(ب)



(پ)

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

(الف) (۵۵)

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

$$\Rightarrow \begin{cases} t = 0s \Rightarrow v(0s) = -2 \times 0 + 3 \times 0 - 0 + 4 = +4m/s \\ t = 5s \Rightarrow v(5s) = -2 \times 5^2 + 3 \times 5^2 - 5 + 4 = -176m/s \end{cases}$$

$$\Rightarrow a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v(5s) - v(0s)}{5s - 0s} = \frac{(-176m/s) - (+4m/s)}{5s} = \frac{-180m/s}{5s} = -36m/s^2$$

(ب) اندازه شتاب متوسط در ثانیه m حرکت از $t_1 = (n-1)s$ تا $t_2 = (n)s$ را به دست می‌آوریم:

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

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

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



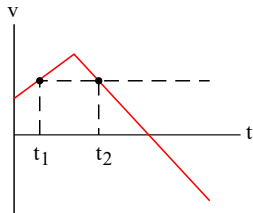
$$\Rightarrow a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-6(n-1)^2}{1} = -6(n-1)^2 \Rightarrow |a_{av}| = 6(n-1)^2 = 24$$

$$\Rightarrow (n-1)^2 = 4 \Rightarrow n-1 = 2 \Rightarrow n = 3s$$

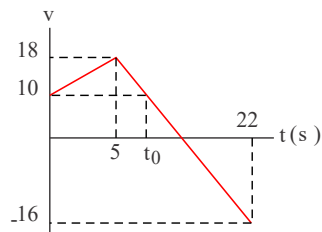
در ثانیه سوم حرکت اندازه شتاب متوسط جسم برابر ۲۴ متر بر مربع ثانیه است.

۵۶) باتوجه به صفر بودن شتاب در بازه زمانی $t_p - t_1$ ، نتیجه می گیریم سرعت در لحظه های t_1 و t_p برابر است.

$$t_1 \leq t \leq t_p \Rightarrow a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v(t_p) - v(t_1)}{t_p - t_1} = 0 \Rightarrow v(t_p) = v(t_1)$$



به بیان دیگر، شیب خطی که دو لحظه t_1 و t_p را در نمودار سرعت - زمان بهم وصل می کند صفر است و این خط افقی است. پس دو لحظه t_1 و t_p می توانند مانند شکل روبه رو در نمودار سرعت - زمان مشخص شوند. باتوجه به شکل روبه رو، بیشترین مقدار ممکن برای $t_p - t_1$ در شرایطی روی می دهد که t_1 برابر صفر است و t_p لحظه ای است که در آن سرعت جسم برابر سرعت اولیه اش می باشد.



اکنون با توجه به شکل روبه رو، لحظه ای را که در آن سرعت جسم برابر سرعت اولیه اش است، لحظه t_0 می نامیم و آن را به دست می آوریم. با توجه به خط راست بودن منحنی در بازه زمانی $5s \leq t \leq 22s$ داریم:

$$\frac{v(22s) - v(5s)}{22s - 5s} = \frac{v(22s) - v(t_0)}{22s - t_0}$$

$$\Rightarrow \frac{(-16m/s) - (+18m/s)}{17s} = \frac{(-16m/s) - (+10m/s)}{22s - t_0}$$

$$\Rightarrow \frac{-34m/s}{17s} = \frac{-26m/s}{22s - t_0} \Rightarrow 22s - t_0 = 13s$$

$$\Rightarrow t_0 = 9s \Rightarrow (t_p - t_1)_{\max} = t_0 - 0 = t_0 = 9s$$

۵۷) الف

$$\begin{cases} t_1 = 0s \Rightarrow x_1 = 2,5m \\ t_p = 2s \Rightarrow x_p = 1,5 \times 2^2 - 2 + 2,5 = 12,5m \end{cases}$$

$$\Rightarrow v_{av} = \frac{x_p - x_1}{t_p - t_1} = \frac{12,5 - 2,5}{2 - 0} = \frac{10}{2} = 5m/s$$

ب) لحظه مورد نظر را T فرض می کنیم.

$$\begin{cases} t_1 = 2s \Rightarrow x_p = 1,5 \times 2^2 - 2 + 2,5 \\ t_p = T \Rightarrow x_p = 1,5T^2 - T + 2,5 \end{cases}$$

$$\Rightarrow v_{av} = \frac{x_p - x_1}{t_p - t_1} = \frac{(1,5T^2 - T + 2,5) - (1,5 \times 2^2 - 2 + 2,5)}{T - 2}$$

$$\Rightarrow v_{av} = \frac{1,5(T^2 - 2^2) - (T - 2)}{T - 2} = \frac{1,5(T-2)(T+2) - (T-2)}{T-2}$$

$$= 1,5(T+2) - 1 = 1,5T + 3T + 5$$

$$\xrightarrow{v_{av}=7} 1,5T + 3T + 5 = 7 \Rightarrow 1,5T + 3T - 72 = 0$$

$$\Rightarrow T^2 + 2T - 48 = 0 \Rightarrow (T+8)(T-6) = 0 \Rightarrow \begin{cases} T = -8s \text{ قابل قبول نیست.} \\ T = 6s \end{cases}$$

۵۸) متحرک در لحظه های ۱s 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 لحظه ای که در آن متوقف

شده است، مسافت ۱۰ متر را در مدت ۵ ثانیه پیموده و تندی متوسط آن $\frac{10m}{5s} = 2m/s$ بوده است.

همچنین متحرک در کل زمان حرکت (مدت زمان صفر تا ۲۵s) در همان لحظه های توقف (۱s و ۱۵s) تغییر جهت داده است، به طوری که ابتدا از مکان صفر به مکان ۳۰m رفته و مسافت ۳۰



متر را پیموده است، سپس از مکان $30m$ به مکان $20m$ رفته و مسافت 10 متر را پیموده است و در نهایت از مکان $20m$ به مکان $50m$ رفته و مسافت 30 متر دیگر را پیموده است. بنابراین،

$$\frac{70m}{25s} = 2.8m/s \text{ در مجموع مسافت } 70m = 30m + 10m + 30m \text{ را پیموده و تندی متوسط آن } 2.8m/s \text{ بوده است.}$$

$$\Rightarrow \frac{\text{تندی متوسط بین دو لحظه توقف}}{\text{تندی متوسط در کل زمان حرکت}} = \frac{2m/s}{2.8m/s} = \frac{5}{7}$$

۵۹ در فاصله زمانی صفر تا 12 ثانیه، منحنی نمودار خط راست است و شیب ثابتی دارد. پس می توان گفت سرعت متوسط متحرک در پنج ثانیه اول حرکت (صفر تا $5s$)، برابر سرعت متوسط در کل این محدوده زمانی (صفر تا $12s$) است. پس داریم:

$$\Rightarrow (v_{av})_{0s-5s} = (v_{av})_{0s-12s} = \frac{x(12s) - x(0s)}{12s - 0s} = \frac{x_{12} - x_0}{12}$$

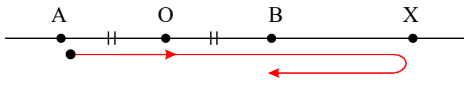
همچنین در فاصله زمانی 12 ثانیه تا 20 ثانیه، نیز منحنی نمودار خط راست است و شیب ثابتی دارد. پس می توان گفت سرعت متوسط متحرک در پنج ثانیه آخر حرکت ($15s$ تا $20s$)، برابر سرعت متوسط در کل این محدوده زمانی ($12s$ تا $20s$) است و از طرفی $x_{20} = x_0$ ، پس داریم:

$$\Rightarrow (v_{av})_{15s-20s} = (v_{av})_{12s-20s} = \frac{x(20s) - x(12s)}{20s - 12s} = \frac{x_{20} - x_{12}}{8} = \frac{x_0 - x_{12}}{8}$$

بنابراین:

$$\Rightarrow \frac{\text{سرعت متوسط در پنج ثانیه اول}}{\text{سرعت متوسط در پنج ثانیه آخر}} = \frac{\frac{x_{12} - x_0}{12}}{\frac{x_0 - x_{12}}{8}} = -\frac{2}{3}$$

۶۰ مانند شکل زیر فرض می کنیم متحرک در نقطه X تغییر جهت داده است و نقطه وسط A و B را O می نامیم.



راه حل اول:

$$\begin{cases} \text{مسافت پیموده شده } l = AX + BX = 180m \\ \text{اندازه جابه جایی } d = AB = AX - BX = 100m \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} AX = 140m \\ BX = 40m \end{cases}$$

$$\Rightarrow OX = OB + BX = \frac{AB}{2} + BX = \frac{100}{2} + 40 = 90m$$

راه حل دوم:

$$\left. \begin{aligned} AX &= AO + OX = \frac{AB}{2} + OX \\ BX &= OX - OB = OX - \frac{AB}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow AX + BX = 2OX$$

$$\Rightarrow OX = \frac{AX + BX}{2} = \frac{\text{مسافت پیموده شده}}{2} = 90m$$

توجه: راه حل دوم نشان می دهد که پاسخ این سؤال به اندازه جابه جایی بستگی ندارد و نصف مسافت پیموده شده است.

۶۱

الف می دانیم با افزایش دمای هوا ضریب شکست هوا کاهش می یابد، یعنی $n_3 < n_1$.

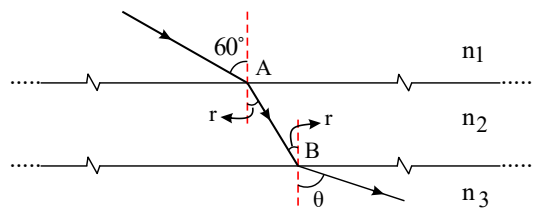
از طرفی در مرز دو محیط (۱) و محیط (۲) پرتو شکسته که وارد محیط (۲) شده به خط عمود نزدیک تر شده؛ بنابراین: $n_2 > n_1$ در نتیجه: $n_2 > n_1 > n_3$

ب طبق رابطه $v = \frac{c}{n}$ ، سرعت با ضریب شکست رابطه عکس دارد؛ بنابراین: $v \propto \frac{1}{n}$ یعنی: $v_2 < v_1 < v_3$

پ

$$\begin{aligned} A : n_1 \sin 60^\circ &= n_2 \sin r \\ B : n_2 \sin r &= n_3 \sin \theta \end{aligned} \Rightarrow n_1 \sin 60^\circ = n_3 \sin \theta$$

$$n_2 < n_1 \rightarrow \sin \theta > \sin 60^\circ \Rightarrow \theta > 60^\circ$$



۶۲

الف خودبه خود

ب پروتون های



پ کوتاه برد

ت فرسرخ

۶۳

الف

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

ب

جرم هسته از مجموع جرم نوکلون های تشکیل دهنده هسته، اندکی کمتر است.

۶۴

الف

دوره های

ب

متغیر

پ

بله

ت

طول موج

۶۵

الف

کمترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از اتم

ب

گسیل القایی

پ

هم بسامد، هم جهت و هم فاز هستند.

۶۶

الف

نقطه تعادل

ب

دمای هوا

پ

امواج رادیویی

ت

بیشتر

ث

عمود بر

ج

فرسرخ

۶۷

الف

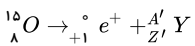
در جهت مثبت محور x

ب

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_{av} = \frac{4 - (-4)}{8} \Rightarrow v_{av} = 1 \frac{m}{s}$$

پ

$$\ell \geq \lambda m$$



$$\left. \begin{array}{l} 15 = A' + 0 \rightarrow A' = 15 \\ 8 = Z' + 1 \rightarrow Z' = 7 \end{array} \right\} \rightarrow {}_7^{15}N$$

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

۶۸

$${}_{78}^{195}X = {}_{78}^{195}Pt \rightarrow N = 195 - 78 = 117 \quad (\text{الف})$$

$${}_{16}^{32}X = {}_{16}^{32}S \rightarrow N = 32 - 16 = 16 \quad (\text{ب})$$

$${}_{29}^{61}X = {}_{29}^{61}Cu \rightarrow N = 61 - 29 = 32 \quad (\text{پ})$$

۷۰

$$\text{حجم توپ } V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3,14 \times (3,2 \times 10^{-2} m)^3 = 1,37 \times 10^{-4} m^3$$

$$\text{حجم نوترون در توپ } V' = \frac{4}{3}\pi r'^3 = \frac{4}{3} \times 3,14 \times (10^{-15} m)^3 = 1,4 \times 10^{-45} m^3$$



$$N = \frac{V}{V'} = \frac{1,37 \times 10^{-4} m^3}{1,4 \times 10^{-45} m^3} \approx 10^{41}$$

$$m = N \times m' = 10^{41} \times 10^{-27} = 10^{14} kg$$

۷۱ الف (جادویک ب) بکرل پ) رادرفور

۷۲ الکترونها

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

$$N_0 \xrightarrow{\text{2 ساعت}} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{\text{2 ساعت}} \frac{N_0}{4} = 1000 \rightarrow \frac{N_0}{4} = 1000 \Rightarrow N_0 = 4000$$

(ب)

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

یعنی $\frac{1}{32}$ هسته‌های اولیه باقی مانده و $\frac{31}{32}$ هسته‌های اولیه واپاشیده می‌شود.

۷۴ روش اول:

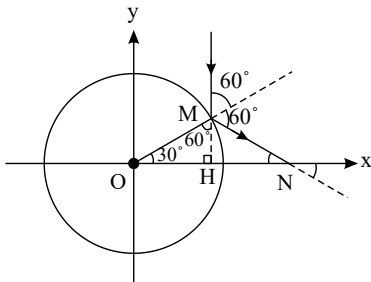
$$N_0 \xrightarrow{\text{شبهانه روز ۱۲}} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{\text{شبهانه روز ۱۲}} \frac{N_0}{4} \xrightarrow{\text{شبهانه روز ۱۲}} \frac{N_0}{8} \xrightarrow{\text{شبهانه روز ۱۲}} \frac{N_0}{16} \xrightarrow{\text{شبهانه روز ۱۲}} \frac{N_0}{32}$$

مدت زمان لازم، برابر ۵ نیمه عمر یعنی ۶۰ شبهانه روز است.
روش دوم:

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \Rightarrow \frac{1}{32} N_0 = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{12}} \Rightarrow \left(\frac{1}{2}\right)^5 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{12}}$$

$$\frac{t}{12} = 5 \Rightarrow t = 60 \text{ شبهانه روز}$$

۷۵ مطابق شکل زاویه پرتو فرودی با امتداد خط عمودبر آینه در نقطه تابش که از مرکز دایره می‌گذرد با زاویه M در مثلث قائم‌الزاویه OMH متقابل به راس است. بنابراین متمم 30° یعنی 60° است.



طبق قانون عمومی بازتاب زاویه پرتو بازتاب با خط عمود یعنی OM نیز باید 60° باشد. از آنجا که زاویه بازتاب (60°) با جمع زاویه‌ای غیر مجاورش در مثلث OMN برابر است، بنابراین:

$$\hat{O} + \hat{N} = 60^\circ \xrightarrow{\hat{O} = 30^\circ} \hat{N} = 30^\circ$$

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

۷۶

$$\text{تغییر تراز } \Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} - 10 \log \frac{I_1}{I_0}$$

$$\rightarrow \Delta\beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \xrightarrow{\Delta\beta=10} 10 = 10 \log \frac{4t+3}{3}$$

$$\rightarrow \log \frac{4t+3}{3} = 1 \rightarrow \frac{4t+3}{3} = 10 \rightarrow 4t = 27 \rightarrow t = \frac{27}{4} (s)$$

$$E = \frac{1}{2} m (\omega r)^2 (\pi)^2 = \frac{\pi^2 m}{20000} \quad E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 \text{ می‌توان نوشت: } \omega = \pi \text{ و } A = 0,1 m \text{ می‌توان نوشت: } x = 0,1 \cos \pi t$$

از طرفی $E = U + K$ که $K = \frac{1}{2} mv^2$ و همچنین $K = \frac{1}{3} U$ یا $U = 3K$ ، بنابراین:



$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 r^2 \rightarrow \frac{\pi^2 m}{20000} = \frac{1}{2}m\omega^2 r^2 \rightarrow v^2 = \frac{\pi^2}{40000} \rightarrow v = \frac{\pi}{200} m/s$$

۷۸) الف) دامنه نوسان همان ۹cm است یعنی $A = 9cm$.

تندی بیشینه جسم از رابطه $v_{max} = A\omega$ به دست می آید که $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ قابل محاسبه است. با قرار دادن $m = 1kg$ و $k = 6N/cm = 600N/m$ در رابطه اخیر خواهیم داشت:

$$\omega = \sqrt{\frac{600}{1}} = 10\sqrt{6} Rad/s$$

پس:

$$v_{max} = 0.09 \times 10\sqrt{6} = 0.9\sqrt{6} m/s$$

ب) انرژی مکانیکی برابر است با: $E = \frac{1}{2}mv_{max}^2 = 2.43 J$ پس داریم: $(v = 1.6m/s)$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = 1.28$$

$$E = U + K \rightarrow 2.43 = 1.28 + U \rightarrow U = 1.15 J$$

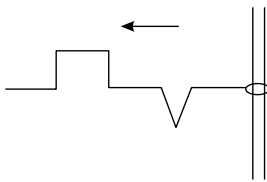
۷۹) الف) چون نور از محیط رقیق به محیط غلیظ وارد می شود، پس $\theta = 37^\circ$ و $i = 53^\circ - 16^\circ = 37^\circ$ و از قانون اسنل خواهیم داشت:

$$\sin i = n \sin r \rightarrow \sin 53^\circ = n \sin 37^\circ \rightarrow n = \frac{\sin 53^\circ}{\sin 37^\circ} = \frac{4}{3}$$

ب) طول موج:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{n f} = \frac{3 \times 10^8}{\frac{4}{3} \times 6 \times 10^{14}} = \frac{3}{8} \times 10^{-6} m$$

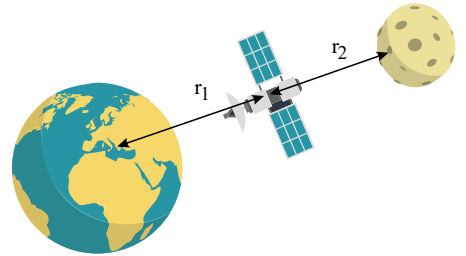
۸۰) شکل موج بازتاب از مانع نرم (انتهای آزاد) به گونه ای است که گویی قرینه موج تابیده را نسبت به میله ترسیم می کنیم (تصویر آینه ای موج)، پس:



۸۱) الف)

$$F_{em} = G \frac{M_e m}{r_1^2}, \quad F_{mm} = G \frac{M_m m}{r_2^2}$$

$$F_{net} = G \frac{M_e m}{r_1^2} - G \frac{M_m m}{r_2^2} = \frac{Gm}{r^2} (M_e - M_m)$$



$$r_1 = r_2 = r = \frac{1}{2}d = \frac{1}{2} \times 3.84 \times 10^8 km = 1.92 \times 10^8 m$$

$$F_{net} = \frac{6.67 \times 10^{-11} N \cdot m^2/kg^2 \times 3 \times 10^4 kg}{(1.92 \times 10^8 m)^2} (5.98 \times 10^{24} kg - 7.36 \times 10^{22} kg)$$

$$F_{net} = 320.59 N$$

ب)

$$\left. \begin{aligned} F_{net} &= G \frac{M_e m}{r_1^2} - G \frac{M_m m}{r_2^2} \\ r_1 + r_2 &= d \end{aligned} \right\} \rightarrow 0 = G \frac{M_e m}{r_1^2} - G \frac{M_m m}{r_2^2} \rightarrow \frac{M_e}{r_1^2} = \frac{M_m}{r_2^2}$$

$$\frac{M_e}{M_m} = \frac{r_1^2}{(d - r_1)^2} \rightarrow \frac{r_1}{(d - r_1)} = \sqrt{\frac{5.98 \times 10^{24} kg}{7.36 \times 10^{22} kg}} \approx 9$$

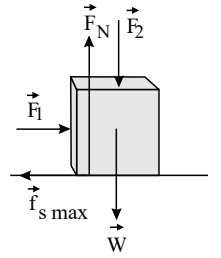
$$\rightarrow \frac{r_1}{d - r_1} = 9 \rightarrow r_1 = 9d - 9r_1 \rightarrow r_1 = 0.9d = 3.456 \times 10^8 m$$

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



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

$$F_N - F_f - W = ma = 0 \rightarrow F_N = F_f + W$$



با افزایش F_f ، نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه افزایش می‌یابد.
(ب) چون جسم ساکن است، نیروی اصطکاک ایستایی برابر نیروی f_1 است، یعنی:

$$F_1 - f_s = ma = 0 \rightarrow F_1 = f_s$$

پس با افزایش F_f ، نیروی اصطکاک تغییر نمی‌کند.
(پ)

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

با افزایش F_f ، 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 بازه زمانی دلخواه، \vec{v}_1 (سرعت اولیه) و \vec{v}_2 (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}_1 و \vec{v}_2 و مسیر حرکت است. همچنین با توجه 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)

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 40 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{-8} W/m^2$$

۸۶) الف.

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow \frac{1}{16} N_0 = N_0 \times \frac{1}{2^n} \Rightarrow 2^n = 16 \Rightarrow n = 4$$

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} \Rightarrow 4 = \frac{t}{5,25y} \Rightarrow t = 21y$$

ب.

$$\frac{1}{16} \times 100 = \%6,25$$

۸۷)

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_{\text{روغن}}}{n_{\text{هوا}}} \Rightarrow \frac{\sin \theta}{\sin 30^\circ} = \frac{1,4}{1,0} \Rightarrow \sin \theta_1 = 1,4 \times 0,34 \approx 0,48 \Rightarrow \theta_1 \approx 29^\circ$$

$$\frac{\sin 30^\circ}{\sin \theta'} = \frac{n_{\text{آب}}}{n_{\text{روغن}}} \Rightarrow \frac{0,34}{\sin \theta'} = \frac{1,3}{1,4} \Rightarrow \sin \theta' \approx 0,37 \Rightarrow \theta' \approx 22^\circ$$

۸۸)

الف)

$$F_{net} = 0 \Rightarrow F_N = mg + F \Rightarrow F_N = 5 \times 10 + 20 = 70N$$

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)



$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \frac{\sin 30^\circ}{\sin 50^\circ} = \frac{1}{n_2} \Rightarrow \frac{0,5}{0,75} = \frac{1}{n_2} \Rightarrow n_2 = 1,5$$

ب ۵۰ درجه