



نام و نام خانوادگی:

زمان برگزاری: ۱۵۶۰۰ دقیقه

نام آزمون: فیزیک (ریاضی) دوازدهم

تاریخ آزمون: ۱۴۰۱/۱۱/۱۰



شرکت توسعه انتشارات

پرش_م ۱۱

۱ هر یک از پدیده‌های زیر در اثر کدام یک از قوانین توجیه می‌شوند؟ به اختصار توضیح دهید:

الف) اتومبیلی که در حال حرکت است ناگهان ترمز کند و مسافران به جلو پرتاب شوند.

ب) راه رفتن ما بر روی زمین.

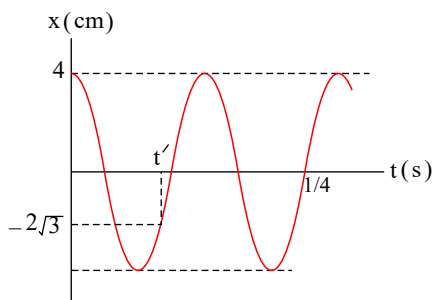
پ) عقب رفتن تفنگ هنگام شلیک گلوله به طرف جلو.

۲ 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 $250g$ باشد در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل نوسانگر $0.25J$ است، سرعت نوسانگر چند (m/s) است؟ ($\pi^2 \simeq 10$)



۳ درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را با علامت (د) یا (ن) تعیین کنید:

الف) در یک حرکت دورانی، rPm یعنی تعداد دور در دقیقه.

ب) در حرکت دایره‌ای یکنواخت، شتاب مرکز‌گرا از رابطه $a_c = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ نیز به دست می‌آید که در آن T و r به ترتیب دوره تناوب و شعاع دایره است.

پ) وقتی جسمی در یک شاره (مایع یا گاز) قرار دارد و نسبت به آن حرکت می‌کند از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم به آن وارد می‌شود که به آن نیروی مقاومت شاره یا نیروی شناوری گوئیم.

ت) تندی حدی برای یک چتر باز حدود $5.0 m/s$ و برای قطرات باران حدود $7.5 m/s$ است.

ث) نیروهای کنش و واکنش همواره به دو جسم وارد می‌شوند و هم‌نوع نیستند.

ج) در حرکت سقوط آزاد الزاماً سرعت اولیه جسم بایستی صفر بوده و نیروی مقاومت هوا ناچیز باشد.

چ) نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس دو جسم بستگی ندارد.

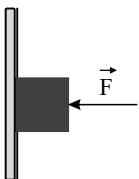
ح) دوره تناوب در یک حرکت هماهنگ ساده سامانه جرم - فنر به دامنه نوسان بستگی ندارد.

خ) توان امواج الکترومغناطیسی گسیل‌شده از خورشید که به سطح زمین می‌رسد تقریباً 10^6 میلیون گیگاوات است.

۴ همانند شکل روبه‌رو، جسمی را با نیروی افقی $F = 10 N$ به دیوار فشرده و ثابت نگاه داشته‌ایم. الف) سایر نیروهای وارد بر

جسم را در پاسخ‌نامه رسم کنید.

ب) نیروی خالص وارد بر جسم چقدر است؟





۵) شکل زیر جهت‌های حرکت یک چشمه صوتی و یک ناظر (شنونده) را در وضعیت‌های مختلف نشان می‌دهد.

چشمه	ناظر (شنونده)	(الف)
●	●	(۱)
● ←	●	(۲)
●	● →	(۳)

۶) جاهای خالی را به شکل مناسب تکمیل کرده وارد پاسخ‌برگ نمایید.

الف) ارتفاع صدا یک است و در فیزیک بر حسب بررسی می‌شود.

(کمیت فیزیک - شدت صوت - کیفیت ادراکی - بسامد صوت)

ب) زبری و بمی صدا مربوط به کیفیت ادراکی است. در گستره بسامدهای قابل شنیدن، صوت با بسامد 20000 Hz صدای قابل درک است.

(ارتفاع صدا - زیرترین - بلندی صدا - بم‌ترین)

۷) جرمی به جرم 2 kg 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 بردارهای یکه بیابید.

پ) نمودار تکانه - زمان جسم را رسم کنید.

۸) در هر یک از پرسش‌های زیر، گزینه درست را انتخاب کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید.

الف) ثابت فنر (k) به کدام یک از عوامل زیر بستگی ندارد؟

(۱) تغییر طول فنر (۲) شکل فنر (۳) اندازه فنر

ب) هرچه فاصله ماهواره از سطح زمین بیشتر شود، نیروی گرانشی وارد بر ماهواره

(۱) افزایش می‌یابد (۲) کاهش می‌یابد (۳) تغییر نمی‌یابد

پ) مساحت سطح زیر نمودار نیرو - زمان برابر است.

(۱) تغییر تندی (۲) تغییر نیرو (۳) تغییر تکانه

ت) کدام یک از روابط زیر در مورد اندازه نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه، درست است؟

$$f_{s,\max} = \mu_s F_N \text{ (۱)} \quad f_{s,\max} > \mu_s F_N \text{ (۲)} \quad f_{s,\max} < f_s \text{ (۳)}$$

۹) «می‌دانیم اگر یک جسم کرووی با توزیع جرم یکنواخت داشته باشیم برای یافتن نیروی گرانشی بین این جسم کرووی و یک ذره در فاصله مشخص از این کره می‌توانیم فرض کنیم جرم این کره در مرکز کره متمرکز شده است.»

چگالی و مساحت سطح سیاره x به ترتیب نصف و چهار برابر چگالی و مساحت سطح کره زمین است. (سیاره‌ها کرووی و توزیع جرم در آن‌ها یکنواخت فرض می‌شوند). در یک لحظه فاصله از مرکز کره زمین d می‌باشد:

الف) در این لحظه در چه فاصله از مرکز کره زمین شتاب گرانشی حاصل از سیاره x و کره زمین با هم برابر است؟

ب) شتاب گرانش در سطح سیاره چند برابر شتاب گرانش در سطح زمین است؟

۱۰) چشمه موجی با بسامد 20 Hz در یک محیط که تندی انتشار موج در آن 300 m/s است، نوسان‌های طولی ایجاد می‌کند. اگر دامنه نوسان‌ها

6 cm باشد:

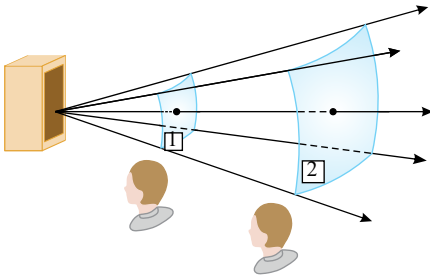
الف) فاصله وسط دو تراکم متوالی این موج چقدر است؟

ب) فاصله وسط یک تراکم و وسط یک انبساط متوالی با آن چقدر است؟



۱۱) طول آونگ ساده‌ای ۱۶۰ سانتی‌متر است. تعداد ۵۰ نوسان این آونگ، چند دقیقه طول می‌کشد؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$, $\pi = 3$)

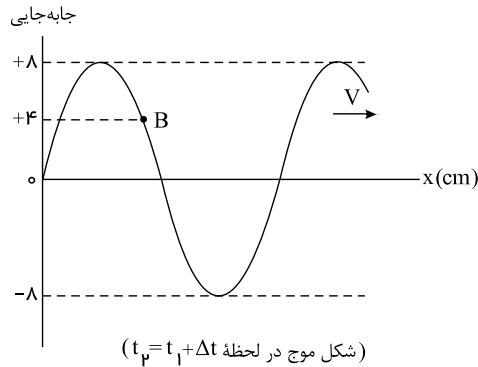
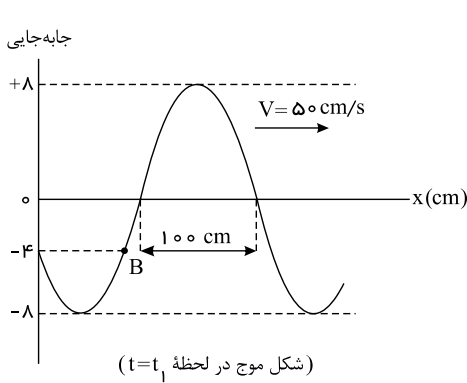
۱۲) موجی صوتی با توان $3.6 \times 10^{-6} \text{ W}$ عمود بر جهت انتشار از دو صفحه فرضی می‌گذرد. با فرض اینکه مساحت صفحه‌ها به ترتیب $A_1 = 9 \text{ m}^2$ و $A_2 = 18 \text{ m}^2$ باشد، شدت صوت در دو سطح را تعیین کنید و توضیح دهید چرا شنونده در محل صفحه دوم، صدا را آهسته‌تر می‌شنود. (اتلاف انرژی صوتی را ناچیز فرض کنید.)



۱۳) شکل‌های زیر نمودار جابه‌جایی - مکان یک موج را در دو لحظه معینی نشان می‌دهد. بین دو لحظه (t_1 و t_2):

الف) حداقل مسافت طی شده توسط ذره B از این محیط چند cm است؟

ب) بیشترین مقدار سرعت متوسط ذره B چند cm/s است؟

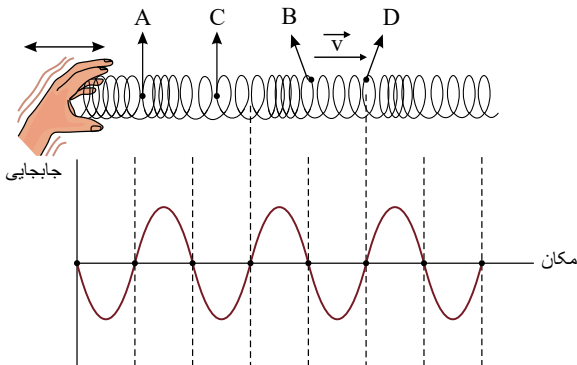


۱۴) شکل مقابل تصویری لحظه‌ای از ایجاد نواحی جمع‌شدگی و بازشدگی در طول یک فنر بلند کشیده، هنگام انتشار موج طولی سینوسی در فنر و نیز

نمودار جابه‌جایی - مکان برای موج ایجادشده در فنر را نشان می‌دهد.

اگر نقطه C مربوط به ذره‌ای در وسط بازشدگی و نقطه B مربوط به ذره‌ای در انتهای فشردگی (یا ابتدای بازشدگی) باشد، در مورد سرعت این ذرات چه

می‌توان گفت؟



۱۵) نحوه ایجاد و انتشار یک موج صوتی را به اختصار توضیح دهید.

۱۶) اگر مجموعه‌ای از اتم‌های هیدروژن در حالت $n = 5$ باشند، بلندترین طول موج در ناحیه طیف فرورسرخ که ممکن است گسیل نمایند (تقریباً)

$$\text{چند نانومتر است؟ } \left(\frac{hc}{E_R} = 9.1 \times 10^{-8} \text{ m} \right)$$



۱۷) یک لامپ ۲۰۰ واتی، نور آبی تابش می‌کند. اگر به جای این لامپ، یک لامپ ۲۰۰ واتی دیگر را که نور نارنجی تابش می‌کند جایگزین کنیم، تعداد فوتون‌های گسیل‌شده در هر ثانیه (افزایش می‌یابد - کاهش می‌یابد - تغییر نمی‌کند) می‌یابد - کاهش می‌یابد - تغییر نمی‌کند)

۱۸) در طیف اتم هیدروژن، بلندترین طول موج گسیل‌شده در رشته 720 nm است. $(R = 0.1 \text{ nm}^{-1})$ (لیمان - بالمر - پاشن)

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

۲۰) در اتم هیدروژن الکترون از مدار n_1 به مدار n_2 می‌رود و فوتونی با طول موج 112.5 nm گسیل می‌کند. n_1 و n_2 را بیابید. $(R = 0.1 \text{ nm}^{-1})$

۲۱) یک باریکه نور A با بسامد f_A و یک باریکه نور B با بسامد f_B ، هریک توان یکسانی را به سطح مشخصی انتقال می‌دهند. اگر نور A حداقل انرژی لازم جدا کردن الکترون‌ها از سطح فلز را داشته باشد و هر فوتون یک الکترون را از سطح جدا کند، تعداد فوتوالکترون‌های جدا شده از سطح توسط هر نور را با هم مقایسه کنید. (می‌دانیم که $f_B > f_A$ است.)

۲۲) یک لامپ روشنایی 100 W در فاصله 1 km دیده می‌شود. فرض کنید بازده لامپ ۲۰ درصد است (یعنی فقط 20 W تابش مرئی گسیل می‌شود). و ۱ درصد این تابش با طول موج 650 nm تابش می‌شود. چه تعداد فوتون با این طول موج وارد هر مردمک چشم ناظر می‌شود؟ (قطر مردمک چشم را 2 mm فرض کنید.)

$$(h \simeq 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \text{ و } \pi \simeq 3)$$

۲۳) چه جنبه‌هایی از مدل بور در مورد اتم هیدروژن: الف) کلاسیکی و ب) غیر کلاسیکی است؟

۲۴) نور از خلأ وارد محیطی شفاف می‌شود که سرعت نور در آن $\frac{3}{4\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$ است. بسامد آستانه برای فلزی 10^{15} Hz است. اگر آزمایش فوتوالکتریک برای فلزی در شرایط خلأ صورت پذیرفته باشد توضیح دهید آیا آزمایش فوتوالکتریک برای این فلز و در این محیط شفاف صورت خواهد پذیرفت؟

(ϵ_0 ضریب گذردهی الکتریکی در خلأ و μ_0 تراوایی مغناطیسی خلأ می‌باشد.)

۲۵) به کمک دینامیک حرکت دایره‌ای، انرژی جنبشی الکترونی را که در مدار (n ام) به دور هسته اتم هیدروژن (با بار $+e$) در حال دوران (در مسیر دایره‌ای) است، را محاسبه کنید. اثر نیروی گرانشی بین پروتون موجود در هسته اتم H و الکترون را در مقایسه با نیروی جاذبه کولنی بین آن‌ها ناچیز در نظر بگیرید. شعاع مدار اول اتم هیدروژن a_0 و ثابت کولن k را معلوم فرض کنید.

۲۶) کوتاه‌ترین طول موج مرئی رشته بالمر چند برابر کوتاه‌ترین طول موج فرابنفش رشته بالمر است؟

۲۷) اگر انرژی الکترون اتم هیدروژن در مدار اول را E_1 بنامیم. کوتاه‌ترین طول موج رشته پاشن را برحسب E_1 و h و c بیابید. (ثابت پلانک را با h ، سرعت نور با c نشان داده شده است.)

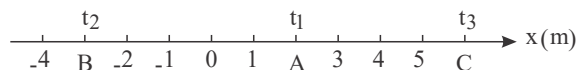
۲۸) R ثابت ریدبرگ، E_R انرژی یک ریدبرگ و W_0 تابع کار یک فلز است. بلندترین طول موج فوتونی که بتواند الکترونی را از سطح این فلز جدا کند برحسب R ، E_R و W_0 بیابید.

۲۹) منظور از وارونی جمعیت در گسیل القایی چیست؟

۳۰) طول موج‌های اولین و دومین خط‌های طیفی اتم هیدروژن در رشته پاشن ($n' = 3$) را به دست آورید و تعیین کنید که این خط‌ها در کدام گستره طول موج‌های الکترومغناطیسی واقع شده‌اند. $(R \simeq 0.1 \text{ nm}^{-1})$

۳۱) دو گوی هم‌اندازه را که جرم یکی دو برابر دیگری است ($m_2 = 2m_1$) از بالای برجی به ارتفاع h به‌طور هم‌زمان رها می‌کنیم. اگر از مقاومت هوا صرف‌نظر کنیم، سرعت برخورد گوی‌ها با زمین را با هم مقایسه کنید.

۳۲) متحرکی مطابق شکل زیر در لحظه t_1 در نقطه A ، در لحظه t_2 در نقطه B و در لحظه t_3 در نقطه C قرار دارد.



الف) بردارهای مکان متحرک را در هریک از این لحظه‌ها روی محور x رسم کنید و برحسب بردار یکه بنویسید.

ب) بردار جابه‌جایی متحرک را در هریک از بازه‌های زمانی t_1 تا t_2 ، t_2 تا t_3 و t_1 تا t_3 به دست آورید.



۳۳) تعریف کنید:

الف) نوکلئون:

ب) ایزوتوپ:

پ) نیروی هسته‌ای:

ت) انرژی بستگی هسته‌ای:

ث) پرتوهای طبیعی:

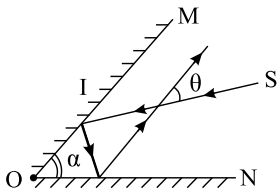
۳۴) تعریف کنید:

الف) دوره تناوب موج:

ب) بسامد موج:

پ) شدت صوت مرجع (I_0):

۳۵) دو آینه تخت OM و ON مطابق شکل با یکدیگر زاویه α می‌سازند. باریکه نور S بعد از بازتابش از آینه‌های OM و ON با راستای اولیه خود زاویه θ می‌سازد.



الف) θ را بر حسب α بیابید.

ب) اگر زاویه α ، 15° افزایش یابد، θ چند درجه و چگونه تغییر می‌کند؟ (فرض کنید که در ابتدا $90 < \alpha$)

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

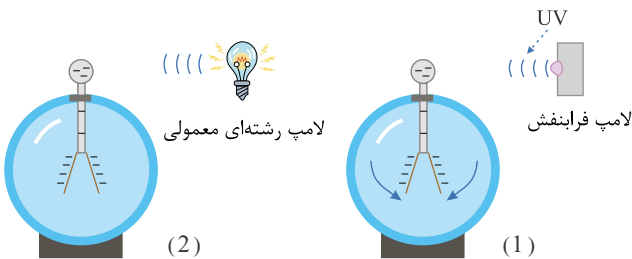
پرتوهای X	P	Q	R	S
پرتوهای γ				

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؟

۳۷) پاسخ دهید.

الف) شکل (۱) بیانگر کدام پدیده در فیزیک جدید است؟



ب) شکل‌های (۱) و (۲) چه تفاوت مهمی دارند؟

۳۸) جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید.

الف) برداری که مبدأ محور را به مکان جسم در هر لحظه وصل می‌کند بردار جسم در آن لحظه نامیده می‌شود.

ب) اگر برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر شود، می‌گوییم نیروهای وارد بر جسم هستند.

پ) تعداد نوسان‌های انجام‌شده در هر ثانیه را می‌نامند.

ت) انرژی لازم برای جدا کردن نوکلئون‌های یک هسته، انرژی نامیده می‌شود.

۳۹) به پرسش‌های زیر پاسخ کوتاه دهید:

الف) به چه نوع طیفی، طیف پیوسته می‌گوییم؟



ب) طول موج‌های رشته‌ی بالمر در کدام ناحیه یا ناحیه‌ها از طیف امواج الکترومغناطیسی است؟

پ) فوتون‌های لیزری، حاصل از کدام نوع گسیل هستند؟

۴۰) معادله‌ی حرکت جسمی که روی خط راست حرکت می‌کند، در SI به صورت $x = 6t^2 - 5t - 10$ است.

الف) سرعت اولیه‌ی جسم را تعیین کنید.

ب) سرعت متوسط جسم را بین دو لحظه‌ی $t_1 = 0$ و $t_2 = 2$ حساب کنید.

۴۱) اگر یک موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، در قسمت نازک طناب هریک از کمیت‌های زیر در مقایسه با موج

فرودی چه تغییری می‌کند؟ (بخشی از موج به قسمت ضخیم بازتاب می‌شود).

الف) بسامد موج بازتابیده

ب) طول موج موج بازتابیده

پ) تندی موج عبوری

۴۲) هنگامی که نور بنفش به یک محلول رنگی معینی بتابد، نور مرئی گسیل می‌شود. هرگاه بر این محلول نور فرورسوخ بتابد، همین نتیجه به دست

نمی‌آید. چرا؟

۴۳) فوتون‌های موجود در یک باریکه‌ی لیزر چه ویژگی‌های مشترکی دارند؟

۴۴) معادله‌ی حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI ، $x = 0.02 \cos 2\pi t$ می‌باشد. اگر جرم نوسانگر 0.1 gr باشد انرژی مکانیکی نوسانگر را محاسبه

نمایید.

۴۵) جرم خودرویی همراه با سرنشینان آن 4000 kg است. این خودرو روی چهار فنر با ثابت $4 \times 10^4 \text{ N/m}$ سوار شده است. دوره‌ی تناوب، بسامد،

و سرعت زاویه‌ای ارتعاش خودرو وقتی از چاله‌ای می‌گذرد چقدر است؟ فرض کنید وزن خودرو به طور یکنواخت روی فنرهای چهار چرخ توزیع شده

است. ($\pi^2 \simeq 10$)

۴۶) به نخ سبکی وزنه 3 کیلوگرمی را بسته و نیروی $F = 20 \text{ N}$ 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

۴۷) فنر سبکی را از دو سر آن با نیروهای برابر 10 نیوتون می‌کشیم. اگر ثابت فنر 50 نیوتون بر سانتی‌متر باشد، تغییرات طول فنر چه اندازه است؟

۴۸) کدامیک از جملات زیر صحیح است؟

الف) اینکه پدیده‌ی فوتوالکتریک فقط در بسامدی بیشتر از بسامد آستانه رخ می‌دهد، توسط فیزیک کلاسیک قابل توجیه بود.

ب) بسامد آستانه فقط به جنس فلزی که به آن نور می‌تابد بستگی دارد.

پ) طیف جذبی و گسیلی پیوسته در شناسایی عناصر از یکدیگر به کار می‌رود.

ت) فیزیک کلاسیک در توجیه منحصر به فرد بودن طیف اتمی عناصر ناتوان بود.

ث) طیف گسیلی هر عنصر، دقیقاً مکمل طیف جذبی همان عنصر است.

ج) در طیف اتم هیدروژن، فقط خطوط رشته‌ی لیمان در ناحیه‌ی فرابنفش قرار دارد.

چ) خط‌های تیره رنگ در طیف نور خورشید (خط‌های فرانوفر) نشانه‌ی طیف جذبی بخارها اتمی جو خورشید و جو کره‌ی زمین است.

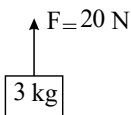
ح) مدل اتمی بور توانست پدیده‌ی فوتوالکتریک در فلزات را توجیه کند.

۴۹) کدامیک از موارد زیر درست است؟

الف) براساس الگوی اتمی بور، الکترونی در حین حرکت روی یک مدار، موج الکترومغناطیسی تابش نمی‌کند.

ب) اگر انرژی تراز سوم اتم هیدروژن E_3 باشد، $\Delta E_{(4 \rightarrow 2)}$ برابر $\frac{27}{16} E_3$ است.

پ) اگر الکترون در اتم هیدروژن روی تراز $n = 4$ باشد، پر انرژی‌ترین فوتونی که می‌تواند تابش کند $\frac{15}{16}$ ریذبرگ است.





ت در یک اتم هیدروژن الکترون در مدار مانای $n = 7$ قرار دارد. فرض کنید فقط گذارهای $\Delta n = 1$ و $\Delta n = 2$ مجاز باشند. در این صورت تعداد ۱۱ فوتون با انرژی‌های مختلف توسط این الکترون می‌تواند گسیل شود.

۵۰ موج طولی را تعریف کنید.

الف لختی

ب موج طولی

پ اثر فوتوالکتریک

۵۱ در جمله‌های زیر، جاهای خالی را با کلمه مناسب تکمیل کنید:

الف افزایش جرم در یک سامانه جرم - فنر، باعث می‌شود که دوره نوسان‌ها شود.

ب انرژی مکانیکی هر نوسانگر هماهنگ ساده، با مربع دامنه است.

پ نوسان‌هایی با اعمال یک نیروی خارجی، نوسان‌های نام دارند.

ت یکای در SI، وات بر متر مربع (W/m^2) است.

۵۲ یک خودرو پژو ۲۰۶ در بزرگراهی با تندی 108 کیلومتر بر ساعت در حال حرکت است و راننده با دیدن ترافیک می‌خواهد پس از طی مسافت 500 متری تندی خودرو را به 36 کیلومتر بر ساعت برساند. اندازه نیروی خالصی را که باید بر خودرو وارد شود (در صورت ثابت بودن) به دست آورید. لازم به ذکر است، پژو 206 جرمی حدود 1100 کیلوگرم دارد.

۵۳ پاشندگی نور را تعریف کنید و علت آن را توضیح دهید.

۵۴ تندی انتشار موج عرضی در سیمی به طول $2m$ و جرم $0.8kg$ که بین دو نقطه با نیروی $160N$ کشیده شده است. چند متر بر ثانیه است؟

۵۵ وزنه‌ای به جرم $2kg$ را به انتهای فنری به طول $0.2m$ که ثابت فنر آن $1000N/m$ است می‌بندیم و فنر را از سقف یک آسانسور آویزان می‌کنیم. آسانسور با شتاب $2m/s^2$ از حال سکون رو به پایین شروع به حرکت می‌کند. طول فنر در این حالت چقدر است؟ ($g = 10N/kg$)

۵۶ اتم هیدروژن در حالت برانگیخته $n = 3$ قرار دارد. کوتاه‌ترین طول موج تابشی آن چند نانومتر است؟ ($R = 0.1nm^{-1}$)

۵۷ حداقل انرژی لازم برای جدا کردن یک الکترون از سطح فلز سدیم برابر $2.28 eV$ است.

الف طول موج آستانه برای گسیل فوتوالکتریک از سطح فلز سدیم چقدر است معلوم کنید این طول موج مربوط به چه رنگی است؟

ب آیا فوتون‌هایی با طول موج $680 nm$ قادر به جدا کردن الکترون از سطح این فلز هستند؟ ($h_c = 1240 eV \cdot nm$)

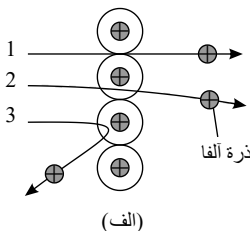
۵۸ مبنای مدل رادرفورد، نتایج آزمایش‌هایی بود که از پراکندگی ذره‌های آلفا توسط یک ورقه نازک طلا به دست آمده بود. (شکل الف)

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

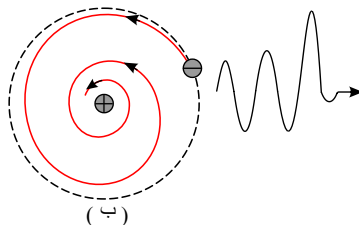
ب) تنها تعداد بسیار کمی از ذره‌ها مانند ذره ۳ منحرف می‌شوند. این امر چه نکته‌ای را درباره ساختار اتم طلا نشان می‌دهد؟

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؟



(الف)



(ب)

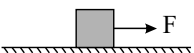
۵۹ اتومبیلی با سرعت 72 کیلومتر بر ساعت در حرکت است. راننده ترمز می‌کند و اتومبیل پس از 10 ثانیه متوقف می‌شود. اگر نیروی اصطکاک

چرخ‌ها و جاده 500 نیوتون و جرم اتومبیل 1.5 تن باشد؛

الف) شتاب حرکت اتومبیل و ب) نیروی ترمز اتومبیل را به دست آورید.

۶۰ در شکل مقابل ضریب اصطکاک جنبشی بین سطح تماس و جسم 10 کیلوگرمی برابر 0.25 است. نیروی F چقدر باشد تا شتاب حرکت جسم 1

متر بر مربع ثانیه شود؟ ($g = 10 \frac{m}{s^2}$)

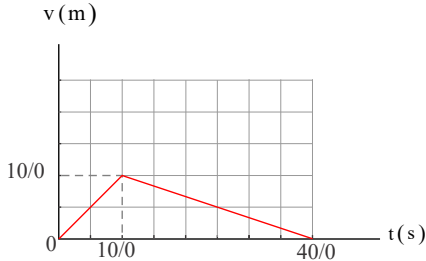




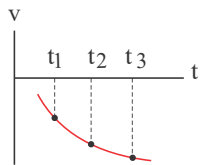
۶۱) آزمایشی طراحی کنید که با آن بتوانید:

الف) نیروی اصطکاک جنبشی وارد بر جسمی مانند یک قطعه چوب در حال لغزش روی سطح را اندازه بگیرید و با استفاده از آن μ_k را به دست آورید.
ب) بستگی یا عدم بستگی نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس یک جسم را تحقیق کنید.

۶۲) نمودار $v - t$ متحرکی که در امتداد محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. سرعت متوسط متحرک در بازه زمانی 0 تا $5/0$ s چند برابر سرعت متوسط آن در بازه زمانی $25/0$ تا $40/0$ s است؟



۶۳) نمودار سرعت - زمان متحرکی به شکل زیر است. اگر تندی متحرک در لحظه‌های t_1 ، t_2 و t_3 به ترتیب v_1 ، v_2 و v_3 و مقدار شتاب متحرک در



لحظه‌های t_1 ، t_2 و t_3 به ترتیب a_1 ، a_2 و a_3 باشد، کدام درست است؟ الف) $a_3 > a_2 > a_1$ و $v_3 > v_2 > v_1$

ب) $a_3 > a_2 > a_1$ و $v_3 < v_2 < v_1$

پ) $a_3 < a_2 < a_1$ و $v_3 > v_2 > v_1$ ت) $a_3 < a_2 < a_1$ و $v_3 < v_2 < v_1$

۶۴) رابطه مکان و زمان متحرکی بر حسب یکاهای SI به صورت زیر است:

$$x = 4t^2 - 12t + 13$$

در محدوده زمانی $t_1 = 1$ s تا $t_2 = 4$ s، الف) جابه‌جایی ب) مسافت پیموده شده متحرک را به دست آورید؟

۶۵) رابطه مکان جسمی که روی محور x حرکت می‌کند با زمان بر حسب یکاهای SI به صورت زیر است:

$$x = -9t^2 + 36t + 28$$

الف) در چه بازه زمانی جسم در سوی مثبت محور x حرکت می‌کند؟

ب) در چه بازه زمانی جسم در سوی منفی محور x حرکت می‌کند؟

پ) در چه لحظه‌ای جهت حرکت جسم تغییر می‌کند؟

ت) در چه مکانی جهت حرکت جسم تغییر می‌کند؟

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

(مرتبه بزرگی شعاع و جرم نوترون را به ترتیب 1.0×10^{-15} m و 1.0×10^{-27} kg در نظر بگیرید.)

۶۷) الف) یک توپ را از چه ارتفاعی رها کنیم تا با تندی 40 m/s به سطح زمین برسد؟ ($g = 10$ m/s²)

ب) زمان حرکت توپ از ابتدا تا رسیدن به زمین چقدر است؟

۶۸) متداول‌ترین نوع واپاشی در هسته‌ها، واپاشی است.

۶۹) در مورد انرژی بستگی هسته‌ای، به دو سؤال زیر پاسخ دهید:

الف) چرا جرم هسته از مجموع جرم نوکلئون‌های تشکیل‌دهنده‌اش کمتر است؟

ب) هنگام تبدیل جرم به انرژی، با وجود این که میزان جرم تبدیل شده بسیار ناچیز است اما انرژی آزاد شده از آن بسیار بزرگ است. علت چیست؟

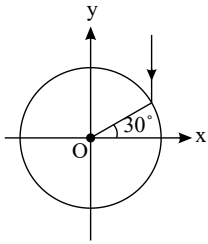
۷۰) اختلاف انرژی ترازهای نوکلئون در هسته از مرتبه $(MeV - eV)$ است.

۷۱) نیروی (گرانشی - هسته‌ای) بین نوکلئون‌ها چنان ضعیف است که نمی‌تواند با نیروی الکتریکی رانشی مقابله کند.

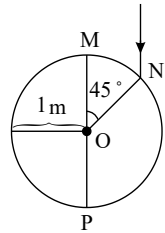
۷۲) هسته برانگیخته با گسیل می‌تواند به حالت پایه برگردد.



۷۳) 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.



۷۴) سرعت موج در هوا $\sqrt{2}$ برابر یک محیط کروی غیر جاذب است. اگر موج موازی قطر MP در امتداد نشان‌داده در شکل از هوا وارد کره شود، طول قوس بین نقطه برخورد پرتو شکست با سطح کروی و نقطه N را محاسبه کنید.



۷۵) تار ویولنی که طول آن 15cm است و در دو انتها بسته شده است در $n = 1$ خود نوسان می‌کند. تندی موج عرضی در این تار 250m/s و تندی صوت در هوا 348m/s است.

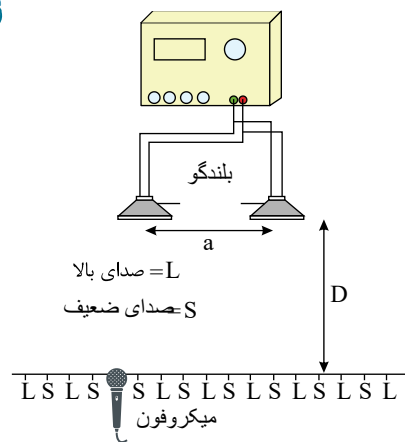
الف) بسامد

ب) طول موج امواج صوتی گسیل‌شده از تار چقدر است؟

۷۶) در آزمایش تداخل صوتی شکل ۳۱ - ۴ کتاب درسی فاصله بین هر نقطه با صدای بالا (L) تا نقطه با صدای ضعیف (S) مجاورش، با طول موج صوتی به کار رفته در این آزمایش متناسب است. برای آنکه این آزمایش به سادگی انجام‌پذیر باشد باید فاصله نقطه‌های S و L مجاور نه خیلی زیاد و نه خیلی کم باشد.

الف) بسامد صوت گسیل‌شده از بلندگوها را چگونه تغییر دهیم تا نقطه‌های S و L مجاور از هم دور شوند؟

ب) بسامد صوت گسیل‌شده از بلندگوها را چگونه تغییر دهیم تا نقطه‌های S و L مجاور به هم نزدیک شوند؟



۷۷) در آزمایش یانگ الف) اگر به جای نور تک‌فام سبز از نور تک‌فام قرمز استفاده کنیم پهنای هر نوار تاریک یا روشن چه تغییری می‌کند؟

ب) اگر آزمایش را به جای آنکه در هوا انجام دهیم، در آب انجام دهیم به پهنای هر نوار تاریک یا روشن چه تغییری می‌کند؟

۷۸) الف) طول موج نور نارنجی در هوا حدود $6.2 \times 10^{-7}\text{m}$ است، بسامد این نور چند هرتز است؟

ب) بسامد نور قرمز حدود $4.3 \times 10^{14}\text{Hz}$ است. طول موج این نور را در هوا و آب حساب کنید. (سرعت نور در هوا $3 \times 10^8\text{m/s}$ و در آب $2.25 \times 10^8\text{m/s}$)

۷۹) معادله حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI ، $x = 0.04 \cos 2\pi t$ است.

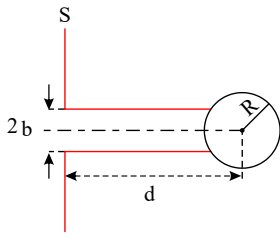
الف) در چه زمانی نوسانگر برای اولین بار از فاصله $x = +2\text{cm}$ می‌گذرد؟

ب) در لحظه‌ای که انرژی جنبشی $\frac{2}{5}$ انرژی پتانسیل نوسانگر است، تندی نوسانگر چقدر است؟

۸۰) معادله حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI ، $x = 0.02 \cos 4\pi t$ است. در لحظه‌ای که انرژی جنبشی نوسانگر ۲۰ درصد انرژی پتانسیل آن می‌شود، تندی نوسانگر چقدر است؟



۸۱) دسته پرتو موازی شده‌ای از یک پنجره دایره‌ای شکل به شعاع b روی پرده S عبور کرده و به کره‌ای به شعاع R ($2b < R$) که سطح آن آینه است، می‌تابد. مرکز کره در امتداد محور پنجره قرار دارد و فاصله آن تا پرده d است که از R بسیار بزرگتر است. شعاع دایره نورانی را که روی پرده S تشکیل می‌شود برحسب R و b و d به دست آورید.



۸۲) الف) شتاب گرانشی ناشی از خورشید در سطح زمین چقدر است؟

ب) شتاب گرانشی ناشی از ماه در سطح زمین چقدر است؟

$$M_{\text{خورشید}} = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}, \quad M_{\text{ماه}} = 7,36 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$\text{فاصله زمین تا خورشید} = 149,6 \times 10^6 \text{ km}$$

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

۸۳) در هریک از موارد زیر، نیروهای وارد بر جسم را مشخص کنید. واکنش هریک از این نیروها به چه جسمی وارد می‌شود؟

الف) خودرویی با سرعت ثابت در یک مسیر مستقیم افقی در حال حرکت است.

ب) کشتی‌ای با سرعت ثابت در حال حرکت است.

پ) قایقرانی در حال پارو زدن است.

ت) چتربازی در هوای آرام و در امتداد قائم در حال سقوط است.

ث) هواپیمایی در یک سطح پروازی افقی با سرعت ثابت در حال حرکت است.

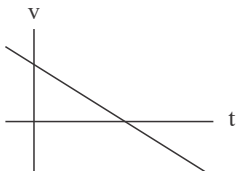
ج) توپی در راستای قائم به زمین برخورد می‌کند و برمی‌گردد.

۸۴) گلوله‌ای را باید از چه ارتفاعی رها کنیم تا پس از ۴٫۰ ثانیه به زمین برسد؟ سرعت گلوله در نیمه راه و همچنین در لحظه برخورد به زمین چقدر

است؟ مقاومت هوا را نادیده بگیرید.

۸۵) نمودار سرعت - زمان حرکتی به شکل زیر و خط راست است. اگر سرعت حرکت در لحظه صفر برابر v_0 باشد و جهت حرکت در لحظه T تغییر

کرده باشد، رابطه سرعت - زمان حرکت را بنویسید.



۸۶) الف) اگر حرکت جسمی شتاب‌دار نباشد، کدام یک از موارد (تندی - جهت حرکت - سرعت) ممکن است تغییر کند؟

ب) اگر حرکت جسمی شتاب‌دار باشد، کدام یک از موارد (تندی - جهت حرکت - سرعت) ممکن است تغییر نکند؟

۸۷) سنگی از صخره‌ای به ارتفاع $125m$ نسبت به زمین و در شرایط خلأ رها می‌شود.

الف) چند ثانیه طول می‌کشد تا سنگ به زمین برسد؟ ($g = 10m/s^2$)

ب) نمودار مکان - زمان آن را رسم کنید. (جهت بالا را مثبت و محل رها شدن سنگ را مبدأ مکان فرض کنید)

۸۸) یک لامپ با توان $5W$ تابش مرئی با طول موج $550nm$ گسیل می‌کند. در هر ثانیه چه تعداد فوتون از این لامپ گسیل می‌شود؟

$$(hc = 2 \times 10^{-25} J \cdot m)$$

۸۹) قسمت‌های اصلی یک راکتور هسته‌ای را نام ببرید. (۴ مورد)

۹۰) گلوله‌ای در شرایط خلأ از ارتفاع 80 متری زمین رها می‌شود.

الف) گلوله پس از چند ثانیه به زمین می‌رسد؟ ($g = 10m/s^2$)

ب) سرعت گلوله در لحظه برخورد به زمین چند متر بر ثانیه است؟



پاسخنامه تشریحی

۱

الف) قانون اول نیوتون (اینرسی یا لختی)

ب) قانون سوم نیوتون

پ) قانون سوم نیوتون

۲

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.

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

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

$$x = A \cos(\omega t) = 0,4 \cos\left(\frac{5\pi}{2}t\right)$$

ب)

$$\begin{cases} x = -\frac{2\sqrt{3}}{100}m = 0,4 \cos\left(\frac{5\pi}{2}t'\right) \Rightarrow \cos\left(\frac{5\pi}{2}t'\right) = -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ t = t' \end{cases}$$

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

برای دومین بار

پ)

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

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

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

ت)

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

$$U = 0,01J$$

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

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

۳

الف) د

ب) د

پ) ن

ت) د

ث) ن

ج) ن

ن (لازم نیست که $v_0 = 0$ باشد.)



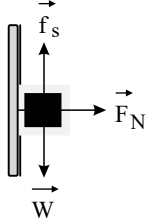
د ج

د ح

ن (تقریباً ۰۰۰ میلیون گیگاوات است نه ۱۰ میلیون گیگاوات).

۴ الف

(ب) صفر



۵ (۱) بیشتر (۲) کمتر (۳) کمتر

۶ الف) کیفیت ادراکی - بسامد صوت

(ب) ارتفاع صدا - زیرترین

ارتفاع صدا ← احساس زیری و بمی ← یک کیفیت ادراکی است و برحسب بسامد صوت قابل بررسی است.

زیری و بمی، مربوط به کیفیت ادراکی «ارتفاع صدا» است. ارتفاع صدا با کمیت بسامد صوت در ارتباط است. هر چه بسامد صوتی بیشتر باشد صدا زیرتر و هر چه بسامد صوتی کمتر باشد صدا بم‌تر است.

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

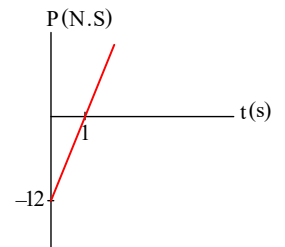
$$\begin{cases} x = At^2 - 6t + 12 \\ x = (\frac{1}{2}a)t^2 + v_0 t + x_0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \frac{a}{2} = A \\ \vec{F}_{net} = m\vec{a} \rightarrow 16\vec{i} - 4\vec{i} = 2\vec{a} \rightarrow \vec{a} = 6\vec{i} \end{cases} \rightarrow a = 6m/s^2 \rightarrow \boxed{A = \frac{6}{2} = 3}$$

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

$$\vec{F}_{net} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0 \Rightarrow 16\vec{i} - 4\vec{i} + \vec{F}_3 = 0 \rightarrow \boxed{\vec{F}_3 = -12\vec{i}}$$

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

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



۸

(۱) الف

(۲) ب

(۳) پ

(۱) ت

۹

الف

شتاب گرانشی در فاصله R از مرکز سیاره‌ای به جرم M از رابطه $g = \frac{GM}{R^2}$ به دست می‌آید.

$$\begin{cases} \rho_x = \frac{1}{3}\rho_e \\ A_x = 4A_e \rightarrow 4\pi R_x^2 = 4(\pi R_e^2) \rightarrow \boxed{R_x = 2R_e} \end{cases}$$

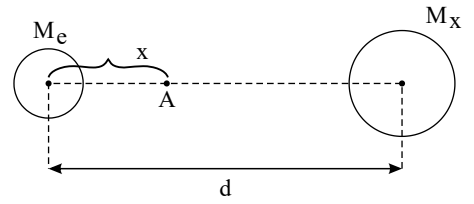
$$M = \rho V = \rho(\frac{4}{3}\pi R^3) \rightarrow \frac{M_x}{M_e} = (\frac{\rho_x}{\rho_e})(\frac{R_x}{R_e})^3 = (\frac{1}{3})(2)^3 \rightarrow \boxed{M_x = 4M_e}$$



$$A : g_e = g_x \rightarrow \frac{GM_x}{x^2} = \frac{GM_x}{(d-x)^2}$$

$$\rightarrow \left(\frac{d-x}{x}\right)^2 = \left(\frac{M_x}{M_e}\right) \rightarrow \frac{d-x}{x} = \sqrt{\frac{M_x}{M_e}}$$

$$\rightarrow d-x = \sqrt{\frac{M_x}{M_e}} x \rightarrow \sqrt{\frac{M_x}{M_e}} x = d \rightarrow \boxed{x = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_x}{M_e}}}}$$

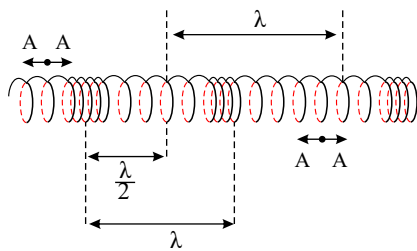


$$\left\{ \begin{aligned} g &= \frac{GM}{r^2} \\ \text{شعاع دایره } r &= R \text{ سطح سیاره} \end{aligned} \right.$$

$$\rightarrow g = \frac{GM}{R^2} \rightarrow \frac{g_x}{g_e} = \frac{\frac{GM_x}{R_x^2}}{\frac{GM_e}{R_e^2}} = \left(\frac{M_x}{M_e}\right) \left(\frac{R_e}{R_x}\right)^2 = \left(\frac{4}{1}\right) \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 1 \rightarrow \boxed{g_x = g_e}$$

۱۰

الف



فرض کنیم یک موج طولی در طول فنری مطابق شکل زیر ایجاد شده و در حال انتشار است.

مشاهده می شود دامنه نوسانی در محاسبه lambda تأثیری ندارد.

$$\left\{ \begin{aligned} f &= 20 \text{ Hz} \\ v &= 300 \text{ m/s} \end{aligned} \right. \rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{300}{20} = 15 \text{ m} \rightarrow \boxed{\lambda = 15 \text{ m}}$$

فاصله وسط دو تراکم متوالی = فاصله وسط دو انبساط متوالی = lambda

$$\Rightarrow \text{فاصله دو تراکم متوالی} = \lambda = 15 \text{ m}$$

ب

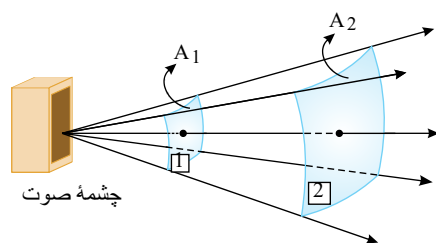
$$\text{فاصله وسط یک تراکم و یک انبساط متوالی} = \frac{\lambda}{2} = 7,5 \text{ m}$$

۱۱

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = 2 \times \pi \sqrt{\frac{1,6}{10}} = 2,5 \text{ s}$$

$$t = N \cdot T = 50 \times 2,5 \text{ s} \rightarrow t = \frac{50 \times 2,5}{60} = 2 \text{ min}$$

۱۲



نکته مهم: در شرایطی که شکل سؤال دارد، توان انرژی عبوری از دو سطح با هم برابر است چون هر انرژی که از سطح A_1 عبور کند، ناگزیر از سطح A_2 نیز بایستی عبور نماید. این سطوح قسمتی از کره هایی هستند که مرکز آن ها چشمه صوت و شعاع آن ها فاصله سطوح تا چشمه می باشد. اگر سطوح داده شده مثلاً تخت بودند یا هر وضعیت دیگری جز شکل رسم شده داشتند. (اندازه مساحت آن ها هم همین مقدار بود) توان انرژی عبوری از آن ها یکسان نمی باشد.

حال از تعریف شدت صوت استفاده می کنیم:

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} I_2 &= \frac{P_2}{A_2} = \frac{3,6 \times 10^{-6}}{18} = 2 \times 10^{-7} \text{ (W/m}^2\text{)} \\ I_1 &= \frac{P_1}{A_1} = \frac{3,6 \times 10^{-6}}{9} = 4 \times 10^{-7} \text{ (W/m}^2\text{)} \end{aligned} \right.$$

چون با افزایش سطح طبق رابطه $I = \frac{P}{A}$ ، I کاهش می یابد.یعنی اگر 1 m^2 از هر دو سطح را انتخاب کنیم شنونده (۲) در واحد زمان انرژی کمتری را دریافت می کند.

۱۳ برای پاسخ به این سؤال گام به گام پیش می رویم:

گام اول: با توجه به جهت انتشار موج جهت نوسان ذره B را مشخص می کنیم:



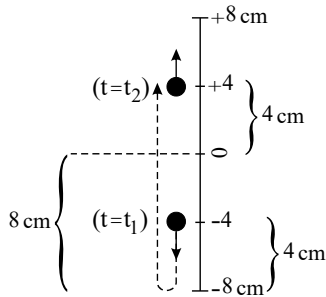
ذره B در لحظه t_1 رو به پایین و ذره B در لحظه t_2 رو به بالا در حال نوسان است.

گام دوم: دوره تناوب نوسان هر ذره از این محیط از جمله ذره B را نیاز داریم. برای این کار ابتدا طول موج را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\lambda}{2} = 100 \text{ cm} \rightarrow \lambda = 200 \text{ cm} \rightarrow vT = 200 \text{ cm} \rightarrow 50 \times T = 200 \text{ cm} \rightarrow T = \frac{200 \text{ cm}}{50 \text{ cm/s}} = 4 \text{ s} \rightarrow \boxed{T = 4 \text{ s}}$$

گام سوم: حداقل مسافت طی شده توسط ذره B (به دلیل حرکت نوسانی اش) برابر است با:

$$L_{\min} = 4 + 8 + 4 = 16 \text{ cm} \quad (\text{الف})$$



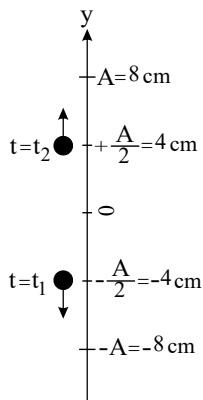
(ب) گام چهارم: مدت زمانی که طول می‌کشد تا ذره B از مکان در لحظه t_1 به مکان و موقعیتش در لحظه t_2 برسد محاسبه می‌کنیم. ذره B یک حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد (چون موج نشان داده شده سینوسی بوده و حتماً چشمه این موج نیز یک حرکت هماهنگ ساده انجام داده است):

$$y = A \cos(\omega t) \quad \text{و} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2} \text{ rad/s}$$

فرض می‌کنیم در $t = 0$ ذره B در $y = +A$ قرار داشته است.

(این فرض تأثیری در محاسبه Δt ندارد؛ اما سبب می‌شود که به سادگی بتوانیم از معادله حرکت هماهنگ ساده بیان شده در متن کتاب درسی یعنی

$$y = A \cos(\omega t) \quad (\text{استفاده کنیم}).$$



$$\begin{cases} t = t_1 \\ y = -\frac{A}{2} \end{cases} \Rightarrow y = A \cos(\omega t) \rightarrow -\frac{A}{2} = A \cos(\omega t_1)$$

$$\rightarrow \cos(\omega t_1) = -\frac{1}{2} \xrightarrow[\text{پس از } t=0 \text{ فرض شده}]{\text{برای اولین بار}} \omega t_1 = \pi - \frac{\pi}{3} \rightarrow \frac{\pi}{2} t_1 = \frac{2\pi}{3} \rightarrow \boxed{t_1 = \frac{4}{3} \text{ s}}$$

$$\begin{cases} t = t_2 \\ y = +\frac{A}{2} \end{cases} \Rightarrow \cos(\omega t_2) = \frac{1}{2} \xrightarrow[\text{پس از } t=0 \text{ فرض شده}]{\text{برای دومین بار}} \omega t_2 = 2\pi - \frac{\pi}{3} = \frac{5\pi}{3} \rightarrow \frac{\pi}{2} t_2 = \frac{5\pi}{3} \rightarrow \boxed{t_2 = \frac{10}{3} \text{ s}}$$

$$\Delta t_{\min} = \frac{10}{3} - \frac{4}{3} = \frac{6}{3} \text{ s} \rightarrow \boxed{\Delta t = 2 \text{ s}}$$

روش دوم برای تعیین Δt_{\min} : چون ذره، بین دو لحظه t_1 و t_2 از یک موقعیت با مکان و سرعت $\begin{cases} y_1 \\ v_1 \end{cases}$ به موقعیتی قرینه یعنی $\begin{cases} y_2 \\ v_2 \end{cases}$ رفته، حداقل مقدار Δt معادل نصف دوره

$$\text{است، یعنی } \Delta t_{\min} = \frac{T}{2}$$

گام پنجم: چون جابه‌جایی مقدار ثابت و مشخص دارد:

$$\Delta y = y_2 - y_1 = (+4 \text{ cm}) - (-4 \text{ cm})$$

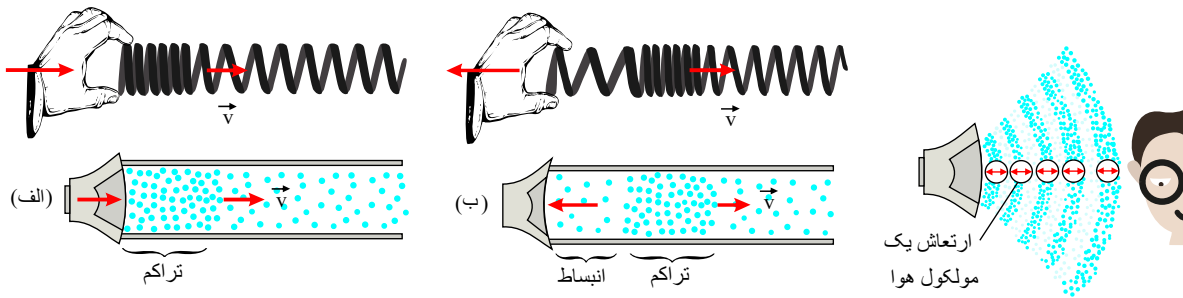
$$\rightarrow \boxed{\Delta y = 8 \text{ cm}} \rightarrow (v_{av})_{\max} = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{8 \text{ cm}}{2 \text{ s}} = 4 \text{ cm/s}$$

(۱۴) نقاطی که در مرکز فشردگی یا بازشدگی قرار دارند، دارای بیشترین تندی ارتعاشی ($V_{\max} = A\omega$) و نقاطی که در دو انتهای بازشدگی یا فشردگی قرار دارند، در نقاط بازگشت بوده یعنی تندی آنها صفر است.

(۱۵) صوت یک موج طولی است که توسط جسمی مرتعش از قبیل سیم گیتار، تارهای صوتی حنجره انسان، دیافراژم و یا پوسته‌های مرتعشی مانند صفحه مرتعش (دیافراژم) یک بلندگو، تولید می‌شود که اصطلاحاً به این‌ها چشمه صوت گفته می‌شود. امواج صوتی به دلیل طبیعت طولی خود، مثل موج طولی ایجاد شده در یک فنر کشیده، از مجموعه‌ای از تراکم‌ها و انبساط‌ها تشکیل شده‌اند.



با ارتعاش دیافراگم یک بلندگو، موجی صوتی ایجاد می‌شود. حرکت رو به بیرون دیافراگم، هوای جلوی آن را متراکم می‌کند. این تراکم، با تندی صوت از بلندگو دور می‌شود. پس از تولید یک ناحیه متراکم، دیافراگم حرکتش را برعکس می‌کند و به سمت داخل می‌رود. حرکت رو به داخل دیافراگم، هوای جلوی آن را منبسط می‌کند. این انبساط هم با تندی صوت از بلندگو دور می‌شود. دقت شود درحالی که موج صوتی از بلندگو به شنونده می‌رسد، هر مولکول هوا با موج حرکت نمی‌کند بلکه در مکان ثابتی به جلو و عقب نوسان می‌کند.



۱۶ طبق متن کتاب درس در رابطه ریدبرگ می‌توانیم به جای n_L از n_L و بالعکس و به جای n_U از n_U و بالعکس استفاده نماییم،

تابش فوتون‌های فرسوخ مربوط به رشته‌های پاشن، براکت و پفوند است. هرچه n برای یک رشته معین کمتر باشد، $(n = n' + 1)$ یا $n_U = n_L + 1$ آنگاه طول موج بلندتر خواهد بود. از طرفی متوسط طول موج‌های رشته پفوند بلندتر از سایر رشته‌هاست.

به عبارتی در اینجا باید دورترین و کوتاه‌ترین گذار را بررسی کنیم یعنی

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{1}{\lambda} &= R \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right) \\ R &= \frac{E_R}{hc} \rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{9.1 \times 10^{-8} m} \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{6^2} \right) = \frac{11}{9.1 \times 10^{-8} \times 900} \end{aligned} \right.$$

$$\frac{1}{5^2} - \frac{1}{6^2} = \frac{36 - 25}{25 \times 36} = \frac{11}{900}$$

$$\rightarrow \lambda = \frac{91 nm \times 900}{11} \approx 7445,46 nm$$

۱۷ می‌دانیم در مورد طیف‌های مرئی:

قرمز - نارنجی - زرد - سبز - آبی - بنفش

↑ انرژی فوتون‌ها E ، ↑ بسامد فوتون‌ها f

بنابراین با کاهش بسامد، انرژی هر فوتون کاهش می‌یابد. از نظر تعداد فوتون‌ها در هر ثانیه: تعداد فوتون‌های گسیل شده افزایش می‌یابد.

$$\underbrace{E}_{\text{کاهش}} = \underbrace{P}_{\text{ثابت افزایش}} \underbrace{t}_{\text{ثابت}} = n(hf) \rightarrow n \uparrow$$

جواب نهایی: افزایش می‌یابد - کاهش می‌یابد.

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

رشته بالمر

بلندترین طول موج به ازای: $n = n' + 1$ حاصل می‌شود.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{(n'+1)^2} \right) = R \left(\frac{n'^2 + 2n' + 1 - n'^2}{n'^2(n'+1)^2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{2n'+1}{n'^2(n'+1)^2} \right) \rightarrow \lambda R = \frac{n'^2(n'+1)^2}{2n'+1} \text{ و } \lambda R = 720 nm \times 0.01 nm^{-1}$$

$$\rightarrow \begin{cases} n'^2(n'+1)^2 = 36 \\ 2n'+1 = 5 \rightarrow (n' = 2) \Rightarrow \text{رشته بالمر} \end{cases}$$

روش کوتاه‌تر: $720 nm$ طول موج مرئی است که مربوط به رشته بالمر و $n' = 2$ است.

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

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

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

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$$

$$\rightarrow \frac{1}{112,5 nm} = \frac{1}{100 nm} \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) = \frac{100}{112,5} = \frac{8}{9}$$



$$\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} = \frac{\lambda}{9} \quad (1)$$

می دانیم چون طول موج فوتون گسیل شده $\lambda = 112,5 \text{ nm}$ کوچکتر از 400 nm است، بنابراین طیف گسیل شده از نوع فرابنفش است بنابراین می تواند مربوط به رشته لیمان باشد. یعنی:

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

$$\xrightarrow{(1) \text{ د } (2)} \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n_1^2} = \frac{\lambda}{9} \rightarrow \frac{1}{n_1^2} = 1 - \frac{\lambda}{9} = \frac{1}{9} \rightarrow n_1^2 = 9 \rightarrow n_1 = 3$$

۲۱ * هنگامی که نور A توانایی جدا کردن الکترون از فلز را داشته باشد، حتماً نور B نیز این توانایی را دارد. چون انرژی فوتون نور B بیشتر از انرژی فوتون نور A است.

هر دو توان یکسانی به سطح انتقال می دهند یعنی در 1 s انرژی یکسانی به سطح منتقل می کنند.

$$E_A = E_B \rightarrow nhf_A = n'hf'_B$$

$$\xrightarrow{Bf' > Af} \rightarrow n' < n$$

بنابراین تعداد فوتون های نور A بیشتر از تعداد فوتون های نور B است. پس نور A تعداد فوتوالکترون های بیشتری را می تواند از سطح جدا کند.

۲۲ قدم اول: تعیین می کنیم که در هر ثانیه چه تعداد فوتون در گستره مورد نظر توسط لامپ گسیل می شود:

کل انرژی تابشی در یک ثانیه در گستره طول موج مورد نظر:

$$E = (pt) \times \frac{20}{100} \times \frac{1}{100} = (100)(1)\left(\frac{1}{5} \times \frac{1}{100}\right) = 2 \times 10^{-1} \text{ J}$$

حال ببینیم چه کسری از این انرژی از مردمک چشم می گذرد؛ واضح است این فوتون ها به طور یکنواخت در همه جهات گسیل می شود و این مقدار انرژی روی کره ای به مرکزیت لامپ و شعاع

1 km توزیع شده است:

$$A = 4\pi r^2 = 4 \times 3 \times (10^3)^2 = 12 \times 10^6 \text{ m}^2$$

با یک تناسب ساده مقدار انرژی گذرنده از مردمک چشم را می یابیم:

$$\text{مساحت مردمک چشم} : A' = \pi r'^2 = 3 \times (10^{-3})^2 = 3 \times 10^{-6} \text{ (m}^2)$$

$$\frac{12 \times 10^6 \text{ m}^2}{3 \times 10^6 \text{ m}^2} \left| \begin{array}{l} 0,2 \text{ J} \\ E=? \end{array} \right. \rightarrow \frac{3 \times 10^{-6} \text{ m}^2}{12 \times 10^6 \text{ m}^2} = \frac{E}{0,2 \text{ J}} \Rightarrow E = \frac{3 \times 10^{-6} \times 0,2}{12 \times 10^6} = \frac{1}{2} \times 10^{-13} \text{ J} \rightarrow E = 0,5 \times 10^{-13} \text{ J}$$

و اکنون تعداد فوتون ها را می یابیم:

$$E = nhf = n \frac{hc}{\lambda} \rightarrow n = \frac{E\lambda}{hc} = \frac{0,5 \times 10^{-13} \times 650 \times 10^{-9}}{6,5 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} \cong 17 \times 10^4 \text{ فوتون}$$

۲۳ الف) اینکه الکترون روی مدار دایره ای دوران می کند و نیز محاسبه انرژی الکترون از جنبه های کلاسیکی مدل اتمی بور است.

ب) پیشنهاد مدارهای خاص برای حرکت الکترون (مدارهای مانا) و چگونگی تابش اتم، دو جنبه غیر کلاسیکی الکترون بوری هستند.

۲۴ می دانیم انرژی فوتون به فرکانس (بسامد) آن بستگی دارد: $E = hf$ و هنگامی که نور از خلأ وارد محیط دیگری می شود f تغییر نمی کند. پس اگر در شرایط خلأ این فوتون توانسته

باشد که الکترون را از سطح فلز جدا کند، حتماً در آن محیط شفاف خواهد توانست؛

بد نیست بدانیم:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda = \frac{v}{f} \\ \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{3}{4} \\ f_2 = f_1 \\ E_2 = E_1 \end{array} \right.$$

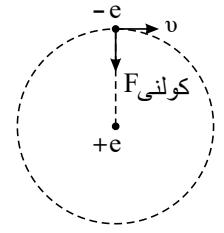
$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}, \quad v = \frac{c}{n} = \frac{3}{4} \left(\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \right) \rightarrow n = \frac{4}{3}$$

۲۵ فرض کنید الکترونی با بار $(-e)$ در مسیر دایره ای شکل به شعاع r_n به دور هسته اتم $(+e)$ در حال دوران است.

یادآوری:

$$F = \frac{k|q_1||q_2|}{r_{12}^2}$$

عامل دوران نیروی جاذبه کولنی بین هسته و الکترون است:



$$F_{net} = ma_c = \frac{mv^2}{r_n} \quad (1)$$

$$F_{net} = F_{کولنی} = \frac{k|e||e|}{r_n^2} = \frac{ke^2}{r_n^2} \quad (2)$$

$$\frac{mv^2}{r_n} = \frac{ke^2}{r_n^2} \rightarrow mv^2 = \frac{ke^2}{r_n} \rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = \frac{ke^2}{2r_n}$$

$$K : \text{انرژی جنبشی الکترون} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{ke^2}{2r_n} = \frac{ke^2}{2n^2 a_0}$$

ثابت کولن : $k \approx 9 \times 10^9$

بزرگی بار الکترون : $e = 1,6 \times 10^{-19} C$

۲۶) طبق متن کتاب درس در رابطه ریدبرگ می‌توانیم به جای n' از n_L و بالعکس و به جای n از n_U و بالعکس استفاده نماییم.

در رشته بالمر $n' = n_L = 2$ است. در این رشته ۴ خط مرئی وجود دارد که به ترتیب (خط اول بالمر : $n = 3$) ، (خط دوم : $n = 4$) ، (خط سوم : $n = 5$) ، (خط چهارم : $n = 6$) حاصل می‌شود. هر چه n بیشتر شود λ کمتر می‌شود پس نتیجه می‌گیریم که کوتاه‌ترین طول موج مرئی رشته بالمر به ازای $n = n_U = 6$ و کوتاه‌ترین طول موج فرابنفش به ازای $n = n_U = \infty$ حاصل می‌شود:

$$\frac{1}{\lambda_{min} \text{ مرئی}} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) = \frac{32R}{144} \rightarrow \frac{1}{\lambda_{min} \text{ مرئی}} = \frac{32R}{144} \rightarrow \lambda_{min} \text{ مرئی} = \frac{144}{32R}$$

$$\frac{1}{\lambda_{min} \text{ فرابنفش}} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) = \frac{R}{4} \rightarrow \lambda_{min} \text{ فرابنفش} = \frac{4}{R}$$

$$\frac{\lambda_{min} \text{ مرئی}}{\lambda_{min} \text{ فرابنفش}} = \frac{\frac{144}{32R}}{\frac{4}{R}} = \frac{144}{128} = \frac{9}{8}$$

۲۷) 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.

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \xrightarrow{n=1} E_1 = -E_R \rightarrow E_R = -E_1$$

$$\text{در رشته پاشن} \begin{cases} n = \infty \\ n' = 3 \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{min}} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) = \frac{R}{9} \rightarrow \lambda_{min} = \frac{9}{R}$$

$$\text{از طرفی می‌دانیم} : R = \frac{E_R}{hc} \rightarrow \lambda_{min} = \frac{9}{\frac{E_R}{hc}} \rightarrow \lambda_{min} = \frac{9hc}{E_R}$$

$$\xrightarrow{E_R = -E_1} \lambda_{min} = \frac{9hc}{-E_1} \Rightarrow \lambda_{min} = -\frac{9hc}{E_1}$$

۲۸)

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

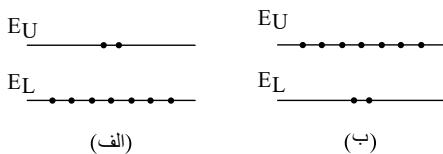
از طرفی می‌دانیم:

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

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

۲۹) در گسیل القایی هنگامی که توسط یک چشمه انرژی خارجی مناسب به الکترون‌ها انرژی می‌دهیم تا به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته شوند، اگر انرژی کافی به آنها داده شود، الکترون‌های بیشتری به تراز انرژی بالاتر برانگیخته خواهند شد به این حالت، وارونی جمعیت گویند. به عبارت دیگر:

وارونی جمعیت الکترونی در یک محیط لیزری، مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون‌ها در ترازهایی موسوم به «ترازهای شبه پایدار» نسبت به تراز پایین‌تر بسیار بیشتر باشد.



۳۰) 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.

$$\text{طول موج خط اول سری پاشن} \Rightarrow \begin{cases} n' = 3 \\ n = 4 \end{cases} \rightarrow \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{1}{10^8 nm} \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right)$$

$$\rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{16 - 9}{144 \times 10^8 nm} \rightarrow \lambda = \frac{144 \times 10^8 nm}{7} \approx 2057,14 nm$$



$$\text{طول موج خط دوم سری پاشن} \Rightarrow \begin{cases} n' = 3 \\ n = 5 \end{cases} \rightarrow \frac{1}{\lambda'} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{1}{1.09 \text{ nm}} \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{5^2} \right)$$

$$\rightarrow \frac{1}{\lambda'} = \frac{25 - 9}{22500} \rightarrow \lambda' = \frac{22500}{16} \approx 1406.25 \text{ nm}$$

$$\lambda > 700 \text{ nm}$$

هر دو در ناحیه فرورسوخ قرار دارند

$$\lambda' > 700 \text{ nm}$$

(ضمن این که از قبل می دانستیم کلیه طول موج های سری پاشن از در ناحیه فرورسوخ هستند.)

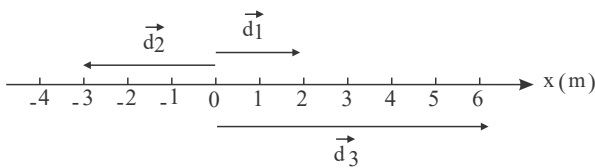
۳۱ چون $f_D = 0$ است، شتاب سقوط یکسان است، باتوجه به پایستگی انرژی مکانیکی داریم:

$$a = g - \frac{f_D}{m} \xrightarrow{f_D=0} a = g$$

$$v^2 - v_0^2 = 2gh \rightarrow v^2 - 0 = 2gh \rightarrow v = \sqrt{2gh}$$

سرعت برخورد گلوله ها با زمین به جرم گلوله ها وابسته نیست پس: $v_1 = v_2$

۳۲ الف بردار مکان در لحظه های t_1 ، t_2 و t_3 را به ترتیب \vec{d}_1 ، \vec{d}_2 و \vec{d}_3 می نامیم.



$$\vec{d}_1 = (+2m)\vec{i}, \quad \vec{d}_2 = (-2m)\vec{i}, \quad \vec{d}_3 = (+6m)\vec{i}$$

(ب)

$$t_1 < t < t_2 \Rightarrow \vec{d}_{12} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1 = (-2\vec{i}) - (+2\vec{i}) = (-4m)\vec{i}$$

$$t_2 < t < t_3 \Rightarrow \vec{d}_{23} = \vec{d}_3 - \vec{d}_2 = (+6\vec{i}) - (-2\vec{i}) = (+8m)\vec{i}$$

$$t_1 < t < t_3 \Rightarrow \vec{d}_{13} = \vec{d}_3 - \vec{d}_1 = (+6\vec{i}) - (+2\vec{i}) = (+4m)\vec{i}$$

۳۳

الف هسته اتم از نوترون ها و پروتون ها تشکیل شده است که به طور کلی نوکلئون نامیده می شود.

ب هسته هایی که تعداد پروتون مساوی ولی تعداد نوترون متفاوت و خواص شیمیایی یکسانی دارند. در نتیجه این هسته ها در جدول تناوبی عناصر هم مکان هستند و بنابراین ایزوتوپ (هم مکان) نامیده می شوند.

پ نیرویی است متفاوت با نیروی گرانش و نیروی الکترواستاتیکی که از نوع جاذبه ای و کوتاه برد (در فواصل کمتر از ابعاد هسته اتم) و بسیار قوی بوده که بین هر نوکلئون در هسته اتم با هسته های مجاورش وجود داشته و اجزای هسته را در کنار هم نگاه می دارد. این نیرو مستقل از بار الکتریکی بوده یعنی نیروی رابطه ای هسته ای یکسانی بین دو پروتون، دو نوترون یا یک پروتون و یک نوترون وجود دارد.

ت برای جدا کردن نوکلئون های یک هسته از هم انرژی لازم است. انرژی لازم برای این منظور، انرژی بستگی هسته ای نامیده می شود.

ث هنگامی که یک هسته ناپایدار یا پرتوزا به طور طبیعی (یا اصطلاحاً خودبه خود) واپاشی می کند، نوع معینی از ذرات یا فوتون های پرتوزایی آزاد می شوند. این فرآیند واپاشی، پرتوزایی طبیعی نامیده می شود.

۳۴

الف مدت زمانی که هر ذره محیط یک نوسان کامل انجام می دهد دوره تناوب موج نامیده می شود که برابر با زمانی است که چشمه موج یک نوسان کامل انجام می دهد.

ب f ، تعداد نوسان های انجام شده توسط هر ذره محیط در یک ثانیه بسامد موج نامیده می شود که برابر با بسامد چشمه موج هست. داریم: $f = \frac{1}{T}$

پ شدت صوت موج (I_0)، شدت صوتی است که نزدیک به حد پایین گستره شنیداری انسان است. یک موج صوتی با شدت $I = I_0$ تراز شدت صوتی برابر 0 dB دارد. شدت مرجع $10^{-12} \frac{W}{m^2}$ در نظر گرفته می شود.

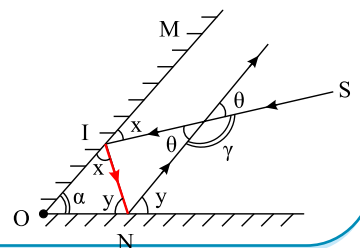
۳۵

الف

$$\triangle OMN : x + y + \alpha = 180^\circ : (x + y) = 180^\circ - \alpha \quad (1)$$

$$\triangle MNI : \theta + (180 - 2x) + (180 - 2y) = 180^\circ \rightarrow \theta = 2x + 2y - 180^\circ$$

$$\rightarrow \theta = 2(x + y) - 180^\circ \quad (2)$$



$$(1), (2) \rightarrow \theta = 2(180^\circ - \alpha) - 180^\circ = 180^\circ - 2\alpha \Rightarrow \theta = 180^\circ - 2\alpha, \quad \alpha = 5^\circ$$



$$\begin{cases} \theta_1 = 180^\circ - 2\alpha_1 \\ \theta_2 = 180^\circ - 2(\alpha_1 + 15^\circ) = 180^\circ - 2\alpha_1 - 30^\circ \Rightarrow \theta_2 = \theta_1 - 30^\circ \end{cases}$$

θ ، 30° کاهش می‌یابد.

۳۶

الف پاسخ:

	(P)	(Q)	(R)	(S)	ت
پرتوهای γ	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.

۳۷

الف پدیده فوتوالکتریک

ب

در شکل (۱) برهم‌کنش نور فرودی فرابنفش با کلاهدک برق‌نما باعث می‌شود تا ورقه‌های آن به سرعت به هم نزدیک شوند، در حالی که برهم‌کنش نور مرئی گسیل‌شده از یک لامپ رشته‌ای در شکل (۲)، چنین تأثیری ایجاد نمی‌کند.

۳۸

الف مکان

ب متوازن

پ بسامد

ت بستگی هسته‌ای

۳۹

الف

الف) همه اجسام در هر دمایی که باشد از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل می‌کنند. اگر این امواج شامل گستره پيوسته‌ای از طول موج‌ها باشد به گونه‌ای که هیچ مرزی بین آنها نباشد، طیف ایجاد شده در این شرایط را طیف گسیلی پيوسته به اختصار طیف پيوسته می‌نامند.

ب فرابنفش و مرئی

پ گسیل القایی

۴۰

الف

$$v_o = -5m/s$$

ب

$$x_1 = -10m$$

$$x_2 = (6 \times 4) - (5 \times 2) - 10 = 4m$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow v_{av} = \frac{4 - (-10)}{2} = 7m/s$$

۴۱ الف) ثابت (ب) افزایش (پ) افزایش

۴۲) 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.

۴۳) ۱ - هم بسامد هستند.

۲ - هم جهت هستند.

۳ - هم فاز هستند.

۴۴

$$x = 0.02 \cos 2\pi t \rightarrow A = 0.02m, \omega = 2\pi \text{ rad/s}$$



$$E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = \frac{1}{2} \times 0.1 \times 10^{-3} \times (2 \times 10^{-2})^2 \times (2\pi)^2$$

$$E = \frac{1}{2} \times 10^{-3} \times 4 \times 10^{-4} \times 4\pi^2 = \frac{4}{5} \pi^2 \times 10^{-7} (J)$$

۴۵) اگر وزن خودرو مساوی توزیع شده باشد یعنی به ازای هر فنر جرم 1000 kg داریم پس می توان نوشت:

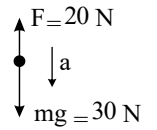
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{1000}{4 \times 10^4}} = \frac{\pi}{\sqrt{10}} (s) \approx 1 (s)$$

$$\text{بسامد: } f = \frac{1}{T} = 1 \text{ Hz}$$

$$\text{سرعت زاویه ای: } \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = 2\pi \text{ Rad/s}$$

۴۶) 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.

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



از طرفی حرکت جسم می تواند حالت گزینه پ باشد تا جسم متوقف شود. پس از آن حرکت جسم تندشونده رو به پایین انجام می شود. ولی باتوجه به ثابت بودن شتاب امکان ندارد گزینه ت درست باشد.

۴۷) نیروی مؤثر وارد بر فنر در این حالت برابر 10 نیوتون است.

$$F_e = kx \Rightarrow 10 = 50x \Rightarrow x = 0.2 \text{ cm}$$

۴۸)

الف) «نادرست»

طبق نظریه فیزیک کلاسیک حتی اگر بسامد کمتر از بسامد آستانه باشد با افزایش شدت پرتوها می توان الکترون را از سطح فلز جدا کرد (که می دانیم این موضوع نادرست است).

ب) «درست»

بسامد آستانه از رابطه $f_0 = \frac{W_0}{h}$ محاسبه شده و W_0 (تابع کار فلز) فقط به جنس فلز بستگی دارد.

پ) «نادرست»

طیف جذبی و گسیلی (گسسته - خطی) در شناسایی عناصر از یکدیگر به کار می روند نه طیف پیوسته.

ت) «درست»

ث) «نادرست»

طیف گسیلی هر عنصر مکمل طیف جذبی همان عنصر نیست بلکه طیف گسیلی گاز یا بخار کم فشار و رقیق آن عنصر می تواند مکمل طیف جذبی همان عنصر شود.

ج) «نادرست»

تعدادی از خطوط رشته بالمر هم در ناحیه فرابنفش قرار دارند.

چ) «درست»

ح) «نادرست»

مدل بور ایده ای در مورد اتم های چند الکترونی نداشت. در پدیده فوتوالکتریک در بحث فلزات، اتم های فلزات چندین الکترون دارند. بنابراین نمی توانیم در توجیه پدیده فوتوالکتریک از مدل بور استفاده نماییم.

۴۹)

الف) «درست»

بر اساس الگوی اتمی بور، الکترون فقط هنگام تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین تابش می کند.

ب)

$$E_\psi = -\frac{E_R}{3^2} \Rightarrow E_R = -9E_\psi$$

$$\Delta E_{(4 \rightarrow 2)} = E_4 - E_2 = \left(-\frac{E_R}{4^2}\right) - \left(-\frac{E_R}{2^2}\right) = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{16}\right) E_R = \frac{3}{16} E_R$$

$$\rightarrow \Delta E_{(4 \rightarrow 2)} = \frac{3}{16} (-9E_\psi) \rightarrow \Delta E_{(4 \rightarrow 2)} = -\frac{27}{16} E_\psi$$

پ)

«درست»

«درست»

پرانرژی‌ترین فوتون تابش زمانی است که از تراز $n = 4$ به $n = 1$ گذار کند:

$$E = E_f - E_1 = \left(-\frac{E_R}{4^2}\right) - \left(-\frac{E_R}{1^2}\right) = \frac{15}{16}E_R$$

ت

$$7 \xrightarrow{1} 6 \xrightarrow{2} 5 \xrightarrow{3} 4 \xrightarrow{4} 3 \xrightarrow{5} 2 \xrightarrow{6} 1$$

$$7 \xrightarrow{7} 5 \xrightarrow{8} 3 \xrightarrow{9} 1$$

$$7 \xrightarrow{10} 6 \xrightarrow{10} 4 \xrightarrow{11} 2 \xrightarrow{6} 1$$

درست

۱۱ فوتون مختلف (با انرژی‌های متفاوت) گسیل می‌شود.

۵۰

الف) خاصیتی از اجسام است که میل دارند وضعیت حرکت خود را هنگامی که نیروی خالص وارد بر آن‌ها صفر است حفظ کنند.

ب) در این موج، جابه‌جایی هر جزء نوسان‌کننده‌ای از فنر (یا ماده که موج در آن حرکت می‌کند) در راستای حرکت موج است.

پ) وقتی نوری با بسامد مناسب به سطح فلزی بتابد الکترون‌هایی از سطح فلز گسیل می‌شوند.

۵۱

الف) بیشتر

ب) متناسب

پ) واداشته

ت) شدت صوت

۵۲

$$v_1 = 108 \text{ km/h} \xrightarrow{\div 3.6} v_1 = 30 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 36 \text{ km/h} \xrightarrow{\div 3.6} v_2 = 10 \text{ m/s}$$

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a} \Rightarrow F_{net} = 1100 \times (-0.8) = -880 \text{ N} \Rightarrow v_2^2 - v_1^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 100 - 900 = 2a \times 500 \Rightarrow a = \frac{-800}{1000} = -0.8 \text{ m/s}^2$$

۵۳) تجزیه نور سفید در منشور به نورهای رنگی مختلف، ضریب شکست هر محیط (به جز خلأ) به طول موج نور بستگی دارد، بنابراین پرتوها هنگام عبور از مرز دو محیط در زاویه‌های مختلفی، شکسته می‌شوند.

۵۴

$$v = \sqrt{\frac{F \cdot L}{m}} \quad v = \sqrt{\frac{16 \times 2}{0.008}} \quad v = 200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۵۵

$$kx - mg = ma \Rightarrow (1000 \text{ N/m})(L - 0.2 \text{ m}) - (2 \text{ kg} \times 10 \text{ N/kg}) = (2 \text{ kg})(-2 \text{ m/s}^2) \Rightarrow L = 0.216 \text{ m}$$

۵۶

کوتاه‌ترین طول موج تابشی مربوط به دورترین گذار به پایین می‌شود که $n' = 1$ می‌شود.

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{9}\right) \Rightarrow \lambda = 112.5 \text{ nm}$$

۵۷) حداقل انرژی برای جدا کردن الکترون از سطح فلز یعنی W_0 . بنابراین برای فلز سدیم:

$$W_0 = 2.28 \text{ eV}$$

الف)

$$f_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{W_0}{h} \rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{W_0}$$

$$\lambda_0 = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{2.28 \text{ eV}} = 543.86 \text{ nm}$$

حداکثر طول موج فوتون فرودی به سطح فلز برای این که پدیده فوتوالکتریک رخ دهد = طول موج آستانه

$$\lambda_0 = \lambda_{\text{max}} = 543.86 \text{ nm} \text{ (به نظر برای رنگ سبز است.)}$$

(ب) شرط اینکه پدیده فوتوالکتریک رخ دهد:

$$\begin{cases} f \geq f_0 = \frac{W_0}{h} \\ \lambda \leq \lambda_0 = \lambda_{\text{max}} = \frac{hc}{W_0} \end{cases}$$



$$\begin{cases} \lambda_0 = 543,86 \text{ nm} \\ \lambda = 680 \text{ nm} \end{cases} \rightarrow \lambda > \lambda_0$$

بنابراین پدیده فوتوالکتریک رخ نخواهد داد.

۵۸ 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 $\approx 10^{-15} \text{ m}$) 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 این که 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 الکتریکی 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 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 تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو تراز انرژی اولیه و تراز انرژی نهایی است.

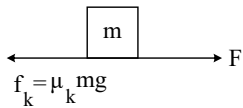
۵۹ پس از ترمز کردن دو نیروی ترمز و اصطکاک باعث کند شدن حرکت اتومبیل می‌شوند. در این صورت می‌توان نوشت:

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{-(f_{\text{ترمز}} + f_k)}{m} \\ a &= \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 20}{10} = -2 \text{ m/s}^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow -2 = -\frac{(f_{\text{ترمز}} + 500)}{1500}$$

$$\Rightarrow 3000 = +(f_{\text{ترمز}} + 500) \Rightarrow f_{\text{ترمز}} = 2500 \text{ N}$$

۶۰ باتوجه به نیروهای وارد بر جسم داریم:

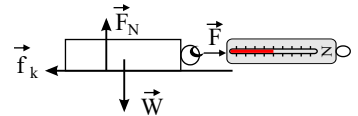
$$\begin{aligned} a &= \frac{F_{\text{net}}}{m} \Rightarrow a = \frac{F - f_k}{m} \Rightarrow a = \frac{F - \mu_k mg}{m} \\ \Rightarrow 1 &= \frac{F - 0,25 \times 10 \times 10}{10} \Rightarrow 10 = F - 25 \Rightarrow F = 35 \text{ N} \end{aligned}$$



۶۱ الف) به کمک یک نیروسنج، قطعه چوب را می‌کشیم تا حرکت کند. در بازه زمانی که قطعه چوب با سرعت ثابت در حال حرکت است، اندازه نیرویی که نیروسنج نشان می‌دهد برابر است

با نیروی اصطکاک جنبشی، در نتیجه خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} F - f_k &= ma \rightarrow F - f_k = 0 \rightarrow F = f_k \\ F &= f_k = \mu_k mg \rightarrow \mu_k = \frac{F}{mg} \end{aligned}$$

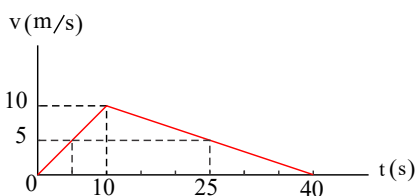


نیروی F از روی نیروسنج و m را به کمک ترازو به دست می‌آوریم.

ب) با وجه دیگر قطعه چوب، آزمایش را تکرار می‌کنیم و سعی می‌کنیم توسط نیروسنج قطعه چوب را با سرعت ثابت بکشیم. عددی که نیروسنج نشان می‌دهد در این شرایط تقریباً برابر حالت قبل می‌باشد. پس نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس بستگی ندارد.

۶۲ حرکت از دو بخش با شتاب ثابت تشکیل شده است. در بخش اول (۰ s تا ۱۰ s) حرکت تندشونده و در بخش دوم (۱۰ s تا ۴۰ s) حرکت کندشونده است.

با توجه به نمودار سرعت - زمان شکل زیر و اینکه لحظه ۵ s وسط مدت زمان بخش تندشونده حرکت (۰ s تا ۱۰ s) است و لحظه ۲۵ s وسط مدت زمان بخش کندشونده حرکت (۱۰ s تا ۴۰ s) است، سرعت در این لحظه‌ها یکسان و برابر 5 m/s است.





با توجه به اینکه در حرکت با شتاب ثابت سرعت متوسط برابر میانگین سرعت‌های ابتدا و انتهای حرکت است، داریم:

$$\begin{cases} \text{سرعت متوسط بازه } 0 \text{ تا } 5 \text{ s} & v_{av1} = \frac{v_0 + v_5}{2} = \frac{0 + 5m/s}{2} = 2,5m/s \\ \text{سرعت متوسط بازه } 5 \text{ تا } 10 \text{ s} & v_{av2} = \frac{v_5 + v_{10}}{2} = \frac{5m/s + 0}{2} = 2,5m/s \end{cases}$$

بنابراین سرعت متوسط در بازه زمانی 0 تا 5 s برابر سرعت متوسط در بازه زمانی 5 تا 10 s است و نسبت آن‌ها یک می‌شود.

(۶۳) تبدی برابر اندازه (قدرمطلق) سرعت است. در نمودار سرعت - زمان، سرعت منفی و اندازه آن در حال افزایش است. بنابراین، تبدی در لحظه‌های t_1 ، t_2 و t_3 داریم: $v_3 > v_2 > v_1$.

همچنین شتاب برابر شیب خط مماس بر منحنی سرعت - زمان است. در نمودار سرعت - زمان، شیب منحنی منفی و در حال نزدیک شدن به صفر است. بنابراین، مقدار شتاب در حال کاهش است: $a_3 < a_2 < a_1$. بنابراین، گزینه «پ» درست است.

(۶۴) الف

$$\begin{cases} t_1 = 1s \Rightarrow x_1 = 4 \times 1^2 - 12 \times 1 + 13 = 5m \\ t_2 = 4s \Rightarrow x_2 = 4 \times 4^2 - 12 \times 4 + 13 = 29m \end{cases}$$

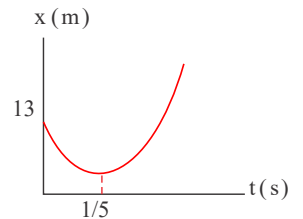
$$\Rightarrow \Delta x = x_2 - x_1 = 29m - 5m = 24m$$

(ب) بررسی می‌کنیم که متحرک در بازه زمانی $1s$ تا $4s$ تغییر جهت داشته است یا خیر. رابطه مکان - زمان را به صورت زیر تغییر می‌دهیم:

$$x = 4t^2 - 12t + 13 = (4t^2 - 12t + 9) + 4 = (2t - 3)^2 + 4$$

با توجه به رابطه مکان - زمان، نمودار مکان - زمان متحرک به شکل $f(t)$ است. مشاهده می‌شود که متحرک در لحظه $t_M = 1,5s$ تغییر جهت می‌دهد. پس برای محاسبه مسافت پیموده شده در بازه زمانی $1s$ تا $4s$ باید ابتدا مکان متحرک در لحظه $t_M = 1,5s$ را به دست آوریم.

$$t_M = 1,5s \Rightarrow x_M = 4 \times 1,5^2 - 12 \times 1,5 + 13 = 4m$$



این متحرک در بازه زمانی $1s$ تا $4s$ از مکان $x_1 = 5m$ در یک سو به مکان $x_M = 4m$ رفته و مسافت $|x_M - x_1| = 1m$ متر را می‌پیماید، سپس از مکان $x_M = 4m$ در یک سو به مکان $x_2 = 29m$ رفته و مسافت $|x_2 - x_M| = 25m$ متر را می‌پیماید. بنابراین، متحرک در این بازه زمانی در مجموع مسافت $25m + 1m = 26m$ را پیموده است.

(۶۵) رابطه مکان - زمان را به صورت زیر تغییر می‌دهیم:

$$\begin{aligned} x &= -9t^2 + 36t + 28 = -9t^2 + 36t - 36 + 64 \\ &= -9(t^2 - 4t + 4) + 64 = -9(t - 2)^2 + 64 \end{aligned}$$

با توجه به رابطه مکان - زمان، در لحظه $t = 2s$ مکان به بیشترین مقدار خود یعنی $x_{max} = 64m$ می‌رسد. بنابراین:

الف) در محدوده زمانی $0 < t < 2s$ بر حسب t صعودی است و افزایش می‌یابد و جسم در سوی مثبت محور x حرکت می‌کند.

ب) در محدوده زمانی $t > 2s$ بر حسب t نزولی است و کاهش می‌یابد و جسم در سوی منفی محور x حرکت می‌کند.

پ و ت) در لحظه $t = 2s$ و در مکان $x = 64m$ جهت حرکت جسم تغییر می‌کند.

(۶۶)

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

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

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

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

$$\text{الف) } v^2 - v_0^2 = -2g\Delta y \Rightarrow 1600 = -2 \times 10 \Delta y \Rightarrow h = |\Delta y| = 80m$$

(ب) چون جهت مثبت y به طرف بالاست و توپ سقوط کرده است، داریم: $\Delta y = -80m$



$$\Delta y = -\frac{1}{2}gt^2 \rightarrow -10 = -5t^2 \Rightarrow t = 2s$$

۶۸) بتا (الکترون) زا

۶۹) الف) این اختلاف جرم به انرژی تبدیل شده است.

ب) چون این اختلاف جرم در c^2 (مربع تندی نور در خلأ) ضرب می‌شود که عدد بزرگی است و در این صورت انرژی قابل ملاحظه‌ای تولید می‌شود.

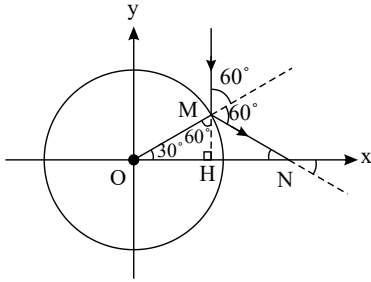
۷۰) MeV

۷۱) گرانشی

۷۲) فوتون

۷۳) 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:

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

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

۷۴) با توجه به شکل و از قانون عمومی شکست امواج داریم:

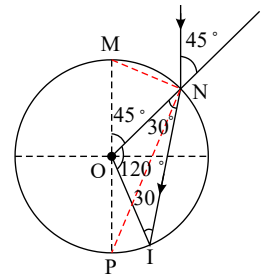
$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \xrightarrow{\theta_1 = 45^\circ} \frac{1}{\sqrt{2}v_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sqrt{2}} \rightarrow \sin \theta_2 = \frac{1}{2} \rightarrow \theta_2 = 30^\circ$$

با توجه به اینکه در مثلث ONP جمع زوایای P و N برابر 45° است و دو زاویه برابرند پس زاویه N برابر است با $22,5^\circ$ که از زاویه 30° درجه کمتر است؛ بنابراین پرتو

شکست دایره را در سمت راست P یعنی نقطه I قطع خواهد نمود. از آنجا که در مثلث ONI ، $ON = OI = 1m$ ، بنابراین $\hat{I} = \hat{N} = 30^\circ$ و در این مثلث

$$\hat{O} = \frac{2\pi}{3} (Rad) \text{ یا } \hat{O} = 120^\circ = 180^\circ - 30^\circ - 30^\circ$$

$$\hat{NI} = ON \times \frac{2\pi}{3} = \frac{2\pi}{3} (m)$$



۷۵) الف) چون در مورد $n = 1$ نوسان داریم بنابراین بسامد تار برابر خواهد شد با:

$$f = \frac{v}{2L} = \frac{250}{2 \times 0,15} = \frac{2500}{3} Hz$$

بنابراین بسامد امواج صوتی نیز $\frac{2500}{3}$ هرتز می‌شود.

ب) طول موج عبارت است از:

$$\lambda = \frac{v_{\text{صوت}}}{f} \xrightarrow{v_{\text{صوت}} = 348} \lambda = \frac{348}{\frac{2500}{3}} = 0,4176m = 41,76cm$$

۷۶) الف) طبق رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ هر چه بسامد (f) کمتر، طول موج (λ) بیشتر می‌شود و فاصله S و L که با λ متناسب است بیشتر می‌شود.

ب) طبق رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ هر چه بسامد (f) بیشتر، λ کمتر و فاصله S و L که با طول موج متناسب است کمتر می‌شود.

۷۷) الف) در آزمایش ینانگ هرچه طول موج نور بیشتر باشد پهنای نوارهای تداخلی بیشتر خواهد بود. بنابراین با توجه به اینکه در طیف نور مرئی نور سبز طول موج کمتری از طول موج نور قرمز دارد، اگر به جای نور سبز از نور قرمز استفاده کنیم پهنای نوارهای تداخلی بیشتر خواهد شد.



ب) از آنجا که در آب سرعت نور به نسبت ضریب شکست کم می‌شود بنابراین طول موج نور که با توجه به رابطه $\lambda = vT$ با سرعت متناسب است نیز کاهش می‌یابد. بنابراین با توجه به رابطه مستقیم پهنای نوار با طول موج در اینجا پهنای نوار کاهش می‌یابد.

۷۸) الف) طول موج از طریق رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ با بسامد رابطه دارد که در آن $v_{\text{هوا}} = c$ سرعت نور در هواست که برابر $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ است پس داریم:

$$6,2 \times 10^{-7} = \frac{3 \times 10^8}{f} \rightarrow f = \frac{3 \times 10^8}{6,2 \times 10^{-7}} = \frac{15}{31} \times 10^{15} \text{ Hz}$$

ب) طبق همان رابطه داریم:

$$\text{هوا: } \lambda_{\text{هوا}} = \frac{v_{\text{هوا}}}{f} \rightarrow \lambda_{\text{هوا}} = \frac{3 \times 10^8}{6,2 \times 10^{14}} = \frac{30}{62} \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{آب}} = \frac{v_{\text{آب}}}{f} \rightarrow \lambda_{\text{آب}} = \frac{2,25 \times 10^8}{6,2 \times 10^{14}} = \frac{22,5}{62} \times 10^{-6} \text{ m}$$

۷۹)

$$\text{الف) } x = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m} \rightarrow 0,02 = 0,04 \cos 2\pi t$$

$$\rightarrow \cos 2\pi t = \frac{1}{2} \rightarrow 2\pi t = 2k\pi \pm \frac{\pi}{3} \quad (k = 0, 1, \dots)$$

اولین بار یعنی $k = 0$ و علامت $+$ پس:

$$2\pi t = \frac{\pi}{3} \rightarrow t = \frac{1}{6} \text{ s}$$

$$\text{ب) } E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = \frac{1}{2} m (0,04)^2 \times (2\pi)^2$$

$$E = U + K \xrightarrow{K = \frac{1}{2} U \rightarrow U = \frac{2}{3} K} E = \frac{5}{3} K + K = \frac{8}{3} K = \frac{8}{3} \left(\frac{1}{2} m v^2 \right) = \frac{8}{3} m v^2$$

از برابری طرف‌های راست خواهیم داشت:

$$\frac{1}{3} m (0,04)^2 \times (2\pi)^2 = \frac{8}{3} m v^2 \rightarrow v^2 = \frac{1}{2} (0,04)^2 \times (2\pi)^2$$

$$v = \sqrt{\frac{1}{2} \times 0,04 \times 2\pi} = \frac{2\pi}{25} \sqrt{\frac{1}{2}} \text{ (m/s)}$$

۸۰) از $x = 0,02 \cos 4\pi t$ m داریم $A = 0,02$ m و $\omega = 4\pi$. انرژی مکانیکی نوسانگر از رابطه $E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2$ محاسبه می‌شود پس داریم:

$$E = \frac{1}{2} m (2 \times 10^{-2})^2 \times (4\pi)^2 = \frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-4} \times 16\pi^2 \times m$$

$$E = 32 \times 10^{-4} \times \pi^2 \times m$$

از طرفی انرژی مکانیکی جمع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل است پس داریم:

$$E = U + K$$

باتوجه به اینکه $K = \frac{20}{100} U$ پس:

$$K = \frac{2}{10} U = \frac{1}{5} U \rightarrow U = 5K$$

$$E = K + 5K = 6K \xrightarrow{K = \frac{1}{2} m v^2} 6 \times \frac{1}{2} m v^2 = 32 \times 10^{-4} \times \pi^2 \times m$$

$$\rightarrow v^2 = \frac{32\pi^2 \times 10^{-4}}{3} \rightarrow v = \sqrt{\frac{1}{3}} \times 4\pi \times 10^{-2} \text{ (m/s)}$$

۸۱) مطابق شکل در مثلث قائم‌الزاویه $\triangle ABC$ داریم:



$$\tan \varphi \alpha = \frac{R'}{d-x} \quad (1)$$

از مثلثات داریم:

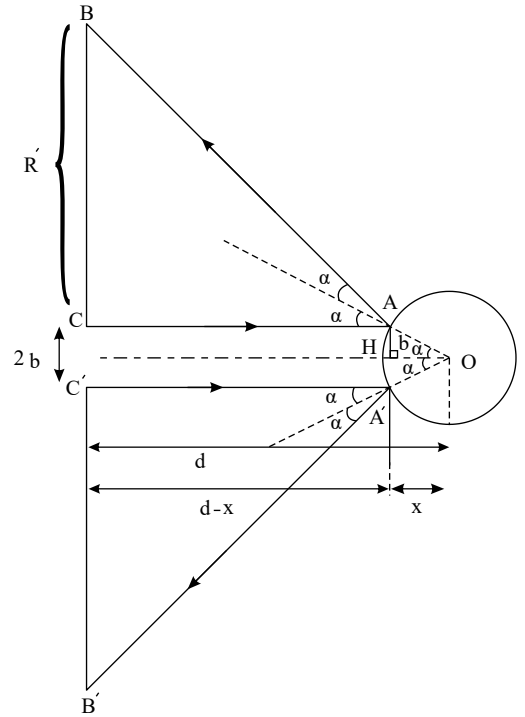
$$\tan \varphi \alpha = \frac{\varphi \tan \alpha}{1 - \tan^2 \alpha} \quad (2)$$

برای مثلث قائم‌الزاویه $\triangle OAH$ داریم:

$$\tan \alpha = \frac{b}{x}$$

با قراردادن آن در رابطه (۲) می‌توان نوشت:

$$\tan \varphi \alpha = \frac{\varphi \frac{b}{x}}{1 - \frac{b^2}{x^2}} = \frac{\varphi bx}{x^2 - b^2} \quad (3)$$



با مقایسه (۱) و (۳) خواهیم داشت:

$$\frac{R'}{d-x} = \frac{\varphi bx}{x^2 - b^2} \Rightarrow R' = \frac{\varphi bx}{x^2 - b^2}(d-x)$$

$$x^2 + b^2 = R^2$$

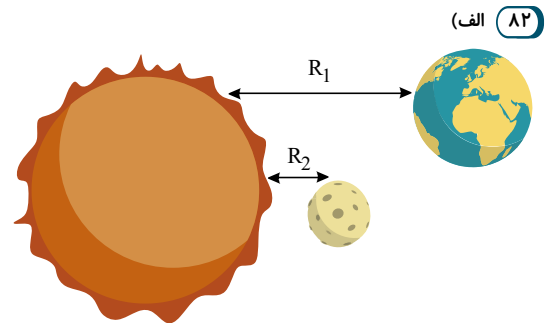
$$R' = \frac{\varphi b \sqrt{R^2 - b^2}}{R^2 - \varphi b^2}(d - \sqrt{R^2 - b^2})$$

با استفاده از قضیه فیثاغورث در مثلث $\triangle AOH$ داریم:

با استفاده از آن خواهیم داشت:

$$g_{R_{e1}} = \frac{GM_s}{R_1^2} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2 \times 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}}{(149,6 \times 10^6 \times 10^3 \text{ m})^2}$$

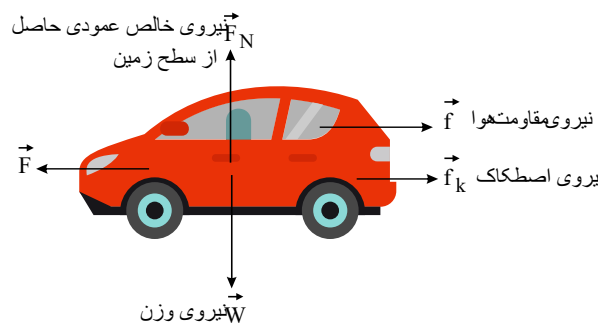
$$g_{R_{e1}} = 5,93 \times 10^{-3} \text{ N/kg}$$



(ب)

$$g_{R_{er}} = \frac{GM_m}{R_r^2} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2 \times 7,36 \times 10^{22} \text{ kg}}{(3,84 \times 10^8 \times 10^3 \text{ m})^2} = 3,33 \times 10^{-5} \text{ N/kg}$$

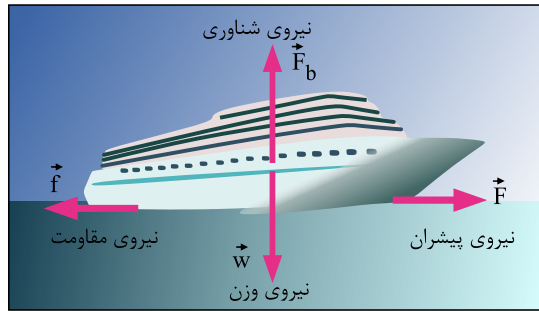
(الف) ۸۳





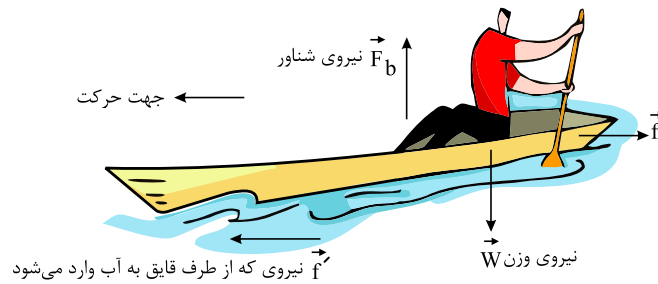
واکنش	کنش
نیروی که خودرو به زمین وارد می‌کند. \vec{W}'	نیروی که زمین به خودرو وارد می‌کند. \vec{W}
نیروی عمودی که خودرو بر سطح جاده وارد می‌کند. \vec{F}'_N	نیروی عمودی تکیه‌گاه سطح جاده به خودرو وارد می‌کند. \vec{F}_N
در وضعیت لغزش، نیروی موازی سطح از طرف خودرو در جهت حرکت به زمین وارد می‌شود. \vec{f}'_k	در وضعیت لغزش، نیروی موازی سطح از طرف زمین در خلاف جهت حرکت به خودرو وارد می‌شود. \vec{f}_k
نیروی که از طرف خودرو به مولکول‌های هوا در جهت حرکت وارد می‌شود. \vec{f}'	نیروی که از مولکول‌های هوا به خودرو در خلاف جهت حرکت وارد می‌شود. \vec{f}

(ب)



واکنش	کنش
نیروی که کشتی به زمین وارد می‌کند. \vec{W}'	نیروی که زمین به کشتی وارد می‌کند. \vec{W}
نیروی که از طرف کشتی به آب وارد می‌شود. \vec{F}'_b	نیروی شناوری (نیروی شناوری) به کشتی وارد می‌شود. \vec{F}_b
نیروی که در جهت مخالف حرکت از طرف آب و مولکول‌های هوا به کشتی وارد می‌شود. \vec{f}'	نیروی که در جهت مخالف حرکت از طرف آب و مولکول‌های هوا به سطح کشتی وارد می‌شود. \vec{f}

(پ)



واکنش	کنش
نیروی که قایق به زمین وارد می‌کند. \vec{W}'	نیروی که زمین به قایق وارد می‌کند. \vec{W}
نیروی که از طرف قایق به آب وارد می‌شود. \vec{F}'_b	نیروی شناوری (نیروی شناوری) به قایق وارد می‌شود. \vec{F}_b
نیروی که در جهت مخالف حرکت قایق به آب و مولکول‌های هوا وارد می‌شود. \vec{f}'	نیروی موازی در جهت مخالف حرکت از طرف آب و مولکول‌های هوا به سطح قایق وارد می‌شود. \vec{f}
نیروی که آب به پارو وارد می‌کند. \vec{F}'	نیروی که پارو به آب وارد می‌کند. \vec{F}

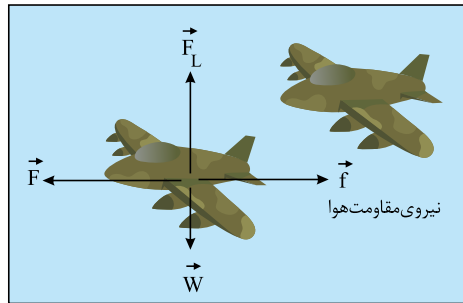
(ت)





واکنش	کنش
نیروی که چتر باز به زمین وارد می‌کند. \vec{W}'	نیروی که زمین به چتر باز وارد می‌کند. \vec{W}
نیروی که از طرف چتر باز به مولکول‌های هوا وارد می‌شود. \vec{F}'_D	نیروی که از طرف مولکول‌های هوا به چتر باز وارد می‌شود. \vec{F}_D

(ث)



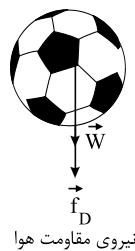
واکنش	کنش
نیروی که هواپیما به زمین وارد می‌کند. \vec{W}'	نیروی که زمین به هواپیما وارد می‌کند. \vec{W}
نیروی که از طرف مولکول‌های هوا به بالا به هواپیما وارد می‌شود. \vec{F}'_l	نیروی که از طرف مولکول‌های هوا رو به بالا به هواپیما وارد می‌شود. \vec{F}_l
نیروی که در جهت مخالف حرکت از مولکول‌های هوا وارد می‌شود. \vec{f}	نیروی که در جهت مخالف حرکت از مولکول‌های هوا به سطح هواپیما وارد می‌شود. \vec{f}

(ج)



قبل از برخورد:

واکنش	کنش
نیروی که توپ به زمین وارد می‌کند. \vec{W}'	نیروی که زمین به توپ وارد می‌کند. \vec{W}
نیروی که از طرف مولکول‌های هوا وارد می‌شود. \vec{F}'_D	نیروی که از طرف مولکول‌های هوا رو به بالا به توپ وارد می‌شود. \vec{F}_D



بعد از برخورد:

واکنش	کنش
نیروی که توپ به زمین وارد می‌کند. \vec{W}'	نیروی که زمین به توپ وارد می‌کند. \vec{W}
نیروی که از طرف مولکول‌های هوا وارد می‌شود. \vec{F}'_D	نیروی که از طرف مولکول‌های هوا رو به پایین به توپ وارد می‌شود. \vec{F}_D

$$y = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow y = \frac{1}{2} \times 9,8 \times 4^2 = 78,4 \text{ m}$$

$$v = gt \Rightarrow v = 9,8 \times 4 = 39,2 \text{ m/s}$$

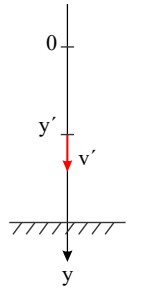


گلوله باید از ارتفاع $78,4 \text{ m}$ رها شود و با سرعت $39,2 \text{ m/s}$ به زمین می‌رسد. برای محاسبه سرعت گلوله در نیمه راه از رابطه مستقل از زمان برای نیمه اول مسیر استفاده می‌کنیم:

$$y' = \frac{1}{2}y = 39,2 \text{ m}$$

$$v'^2 - v_0^2 = 2g\Delta y \Rightarrow v'^2 - 0 = 2gy'$$

$$\Rightarrow v'^2 = 2 \times 9,8 \times 39,2 \Rightarrow v' = 19,6\sqrt{2} \text{ m/s}$$



۸۵ با توجه به خط راست بودن نمودار سرعت - زمان، رابطه سرعت - زمان درجه یک است.

رابطه سرعت - زمان را به صورت $v = mt + b$ در نظر می‌گیریم و داریم:

$$v = mt + b \Rightarrow \begin{cases} t = 0, v = v_0 \Rightarrow v_0 = m \times 0 + b \Rightarrow b = v_0 \\ t = T, v = 0 \Rightarrow 0 = m \times T + b \Rightarrow m = \frac{-b}{T} \Rightarrow m = -\frac{v_0}{T} \end{cases}$$

$$\Rightarrow v = -\frac{v_0}{T}t + v_0$$

۸۶ الف) اگر حرکت جسمی شتاب‌دار نباشد، سرعت جسم تغییر نمی‌کند و ثابت است. در نتیجه، اندازه سرعت یا تندی و همچنین جهت سرعت یا جهت حرکت نیز ثابت هستند. بنابراین در

حرکت جسمی که شتاب ندارد، تندی، جهت حرکت و سرعت همگی ثابت هستند و هیچ کدام تغییر نمی‌کنند.

ب) اگر حرکت جسمی شتاب‌دار باشد، سرعت جسم تغییر می‌کند. تغییر سرعت جسم می‌تواند به دلیل تغییر در اندازه بردار سرعت (تغییر تندی) یا تغییر در جهت بردار سرعت (جهت حرکت)

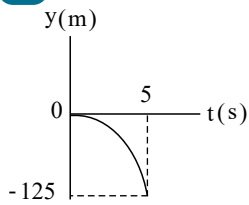
باشد. بنابراین، سرعت تغییر می‌کند، اما تندی یا جهت حرکت (یکی از آن‌ها) ممکن است تغییر نکرده باشد.

۸۷

الف)

$$\Delta y = -\frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow -125 = -5t^2 \Rightarrow t = 5 \text{ s}$$

ب)



۸۸ اگر انرژی کل الکترومغناطیسی گسیلی را E بنامیم، داریم:

$$E = p \cdot t = nh_f = n \frac{hc}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \frac{nhc}{\lambda} = Pt \Rightarrow n = \frac{pt\lambda}{hc} = \frac{5 \times 1 \times 550 \times 10^{-9}}{2 \times 10^{-25}} \Rightarrow n = 1,375 \times 10^{19}$$

۸۹ سوخت هسته‌ای، ماده کُندساز، میله‌های کنترل، شاره‌ای برای خنک کردن

۹۰

الف)

$$\Delta y = -\frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow -80 = -5t^2 \Rightarrow t = 4 \text{ s}$$

ب)

$$v^2 = -2g\Delta y \Rightarrow v^2 = -2 \times 10 \times (-80) = 1600 \Rightarrow v = -40 \text{ m/s}$$