نام و نام خانوادگی:

زمان برگزاری: ۱۵۶۰۰ دقیقه

نام آزمون: فیزیک (ریاضی) دوازدهم

تاریخ آزمون: ۱۴۰۱/۱۱/۱۰

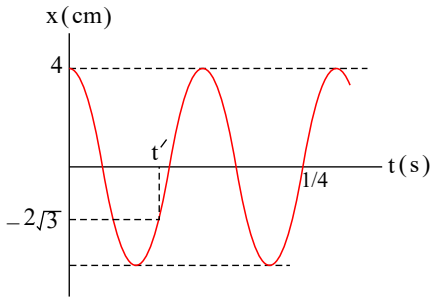
۱ هر یک از پدیده‌های زیر در اثر کدام یک از قوانین توجیه می‌شوند؟ به اختصار توضیح دهید:

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) معادلهٔ مکان - زمان این نوسانگر را بنویسید. (SI)



ب) مقدار t' چند ثانیه است؟

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

ت) اگر جرم نوسانگر $۲۵۰g$ باشد در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل نوسانگر $۰/۲۵J$ است، سرعت نوسانگر چند (m/s) است؟ $(\pi^۲ \simeq ۱۰)$

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 رابطهٔ $a_c = \frac{۴\pi^۲ r}{T^۲}$ نیز به دست می‌آید که در آن T و r به‌ترتیب دورهٔ 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 گوییم.

ت تندی حدّی برای یک چترباز حدود $۵/۰m/s$ و برای قطرات باران حدود $۷/۵m/s$ است.

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

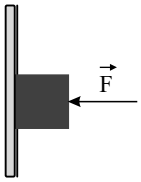
ج در حرکت سقوط آزاد الزاماً سرعت اولیهٔ جسم بایستی صفر بوده و نیروی مقاومت هوا ناچیز باشد.

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

ح دورهٔ تناوب در یک حرکت هماهنگ سادهٔ سامانهٔ جرم - فنر به دامنهٔ نوسان بستگی ندارد.

خ توان امواج الکترومغناطیسی گسیل‌شده از خورشید که به سطح زمین می‌رسد تقریباً ۱۰ میلیون گیگاوات است.

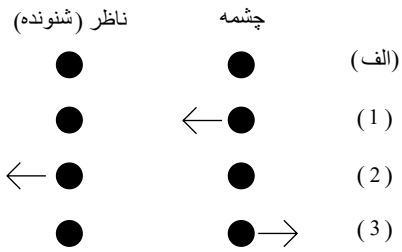
۴ همانند شکل روبه‌رو، جسمی را با نیروی افقی $F = ۱۰N$ به دیوار فشرده و ثابت نگاه داشته‌ایم. الف) سایر نیروهای وارد بر جسم را در پاسخ‌نامه رسم کنید.



ب) نیروی خالص وارد بر جسم چقدر است؟

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

بسامدی را که ناظر در حالت‌های (۱)، (۲) و (۳) می‌شنود در مقایسه با حالت «الف» کمتر است یا بیشتر؟



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

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

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

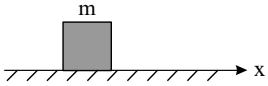
ب) زیری و بمی صدا مربوط به کیفیت ادراکیِ ..... است. در گسترهٔ بسامدهایِ قابل شنیدن، صوت با بسامد ۲۰۰۰۰Hz ..... صدایِ قابل درک است.

(ارتفاع صدا – زیرترین – بلندی صدا – بم‌ترین)

۷ جسمی به جرم ۲kg بر روی سطح افقی که منطبق بر محور xهاست، قرار دارد. معادلهٔ مکان - زمان جسم در SI به‌صورت $x = At^2 - 6t + 12$ است. اگر به جسم نیروهای $\vec{F}_1 = -4\vec{i}$ و $\vec{F}_2 = 16\vec{i}$ وارد شده باشد: (A ضریب ثابتی است)

الف) A را در SI بیابید.

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



پ) نمودار تکانه - زمان جسم را رسم کنید.

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

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

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

ب هرچه فاصلهٔ ماهواره از سطح زمین بیشتر شود، نیروی گرانشی وارد بر ماهواره ..... .

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

پ مساحت سطحِ زیر نمودار نیرو - زمان برابر ..... است.

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

ت کدام‌یک از روابط زیر در مورد اندازهٔ نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه، درست است؟

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

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

چگالی و مساحت سطح سیارهٔ x به ترتیب نصف و چهار برابر چگالی و مساحت سطح کرهٔ زمین است. (سیاره‌ها کروی و توزیع جرم در آن‌ها یکنواخت فرض می‌شوند.) در یک لحظه فاصلهٔ از مرکز کرهٔ زمین d می‌باشد:

الف در این لحظه در چه فاصله از مرکز کرهٔ زمین شتاب گرانشی حاصل از سیارهٔ x و کرهٔ زمین با هم برابر است؟

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

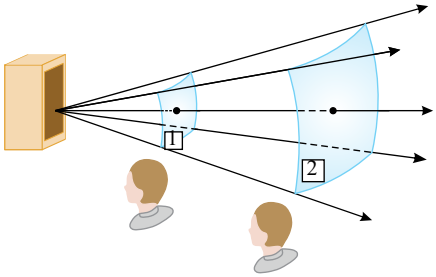
۱۰ چشمهٔ موجی با بسامد ۲۰Hz در یک محیط که تندی انتشار موج در آن ۳۰۰m/s است، نوسان‌های طولی ایجاد می‌کند. اگر دامنهٔ نوسان‌ها ۶cm باشد:

الف فاصلهٔ وسط دو تراکم متوالی این موج چقدر است؟

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

۱۱ طول آونگ ساده‌ای ۱۶۰ سانتی‌متر است. تعداد ۵۰ نوسانِ این آونگ، چند دقیقه طول می‌کشد؟ $(g = ۱۰ m/s^۲ \ , \ \pi = ۳)$

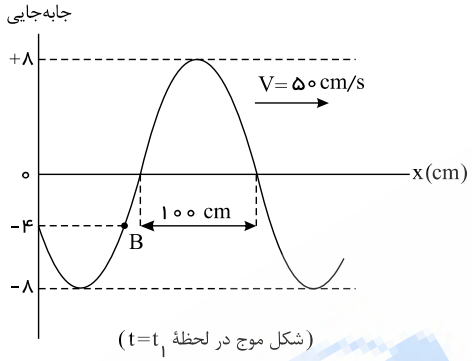
۱۲ موجی صوتی با توان $۳٫۶ \times ۱۰^{-۶} W$ عمود بر جهت انتشار از دو صفحهٔ فرضی می‌گذرد. با فرض اینکه مساحت صفحه‌ها به ترتیب $A_۱ = ۹m^۲$ و $A_۲ = ۱۸m^۲$ باشد، شدت صوت در دو سطح را تعیین کنید و توضیح دهید چرا شنونده در محل صفحهٔ دوم، صدا را آهسته‌تر می‌شنود. (اتلاف انرژی صوتی را ناچیز فرض کنید.)



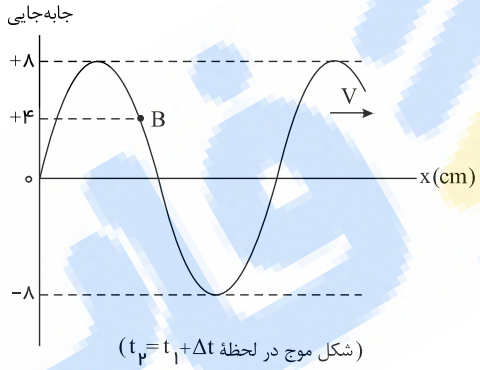
۱۳ شکل‌های زیر نمودار جابه‌جایی - مکان یک موج را در دو لحظهٔ معینی نشان می‌دهد. بین دو لحظهٔ ($t_۱$ و $t_۲$):

الف) حداقل مسافت طی‌شده توسط ذرهٔ B از این محیط چند cm است؟

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



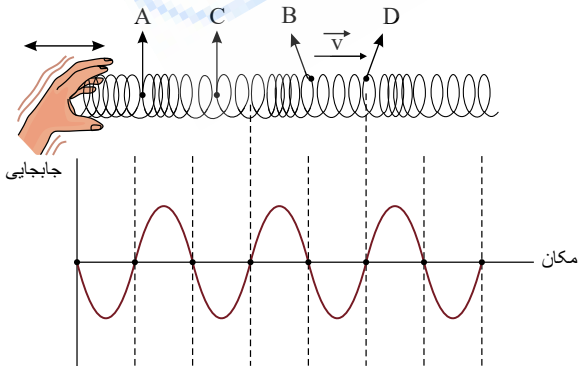
(شکل موج در لحظهٔ $t=t_۱$)



(شکل موج در لحظهٔ $t_۲=t_۱+\Delta t$)

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 نقطهٔ C مربوط به ذره‌ای در وسط بازشدگی و نقطهٔ B مربوط به ذره‌ای در انتهای فشردگی (یا ابتدای بازشدگی) باشد. در مورد سرعت این ذرات چه می‌توان گفت؟



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

۱۶ اگر مجموعه‌ای از اتم‌های هیدروژن در حالت $n = ۵$ باشند، بلندترین طول موج در ناحیهٔ طیف فروسرخ که ممکن است گسیل نمایند (تقریباً) چند نانومتر است؟ $(\frac{hc}{E_R} = ۹٫۱ \times ۱۰^{-۸} m)$

۱۷ یک لامپ ۲۰۰ واتی، نور آبی تابش می‌کند. اگر به‌جای 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) و انرژی هر فوتون ..... (افزایش می‌یابد - کاهش می‌یابد - تغییر نمی‌کند)

۱۸ در طیف اتم هیدروژن، بلندترین طول موج گسیل‌شده در رشتهٔ ..... $۷۲۰nm$ است. ($R = ۰/۰۱nm^{-1}$)(لیمان - بالمر - پاشن)

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

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

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

۲۲ یک لامپ روشنایی $۱۰۰W$ در فاصلهٔ $۱km$ دیده می‌شود. فرض کنید بازدهٔ لامپ ۲۰ درصد است (یعنی فقط $۲۰W$ تابش مرئی گسیل می‌شود.) و ۱ درصد این تابش با طول موج $۶۵۰nm$ تابش می‌شود. چه تعداد فوتون با این طول موج وارد هر مردمک چشم ناظر می‌شود؟ (قطر مردمک چشم را $۲mm$ فرض کنید.)

($h \simeq ۶/۵ \times ۱۰^{-۳۴} J \cdot s$ و $\pi \simeq ۳$)

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 $\frac{۳}{۴\sqrt{\varepsilon_۰\mu_۰}}$ است. بسامد آستانه برای فلزی $۳ \times ۱۰^{۱۵}Hz$ 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؟

($\varepsilon_۰$ ضریب گذردهی الکتریکی در خلأ و $\mu_۰$ تراوایی مغناطیسی خلأ می‌باشد.)

۲۵ به کمک دینامیک حرکت دایره‌ای، انرژی جنبشی الکترونی را که در مدار (m اُم) به دور هستهٔ اتم هیدروژن (با بار $+e$) در حال دوران (در مسیر دایره‌ای) است، را محاسبه کنید. (اثر نیروی گرانشیِ بین پروتون موجود در هستهٔ اتم H و الکترون را در مقایسه با نیروی جاذبهٔ کولنی بین آن‌ها ناچیز درنظر بگیرید. شعاع مدار اول اتم هیدروژن $a_۰$ و ثابت کولن k را معلوم فرض کنید.)

۲۶ کوتاه‌ترین طول موج مرئی رشتهٔ بالمر چند برابر کوتاه‌ترین طول موج فرابنفش رشتهٔ بالمر است؟

۲۷ اگر انرژی الکترون اتم هیدروژن در مدار اول را $E_۱$ بنامیم. کوتاه‌ترین طول موج رشتهٔ پاشن را برحسب $E_۱$ و h و c بیابید. (ثابت پلانک را با h ، سرعت نور با c نشان داده شده است.)

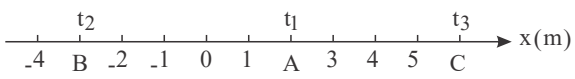
۲۸ R ثابت ریدبرگ، E_R انرژی یک ریدبرگ و $W_۰$ تابع کار یک فلز است. بلندترین طول موج فوتونی که بتواند الکترونی را از سطح این فلز جدا کند برحسب R ، E_R و $W_۰$ بیابید.

۲۹ منظور از وارونی جمعیت در گسیل القایی چیست؟

۳۰ طول موج‌های اولین و دومین خط‌های طیفی اتم هیدروژن در رشتهٔ پاشن ($n' = ۳$) را به‌دست آورید و تعیین کنید که این خط‌ها در کدام گسترهٔ طول موج‌های الکترومغناطیسی واقع شده‌اند.($R \simeq ۰/۰۱nm^{-۱}$)

۳۱ دو گوی هم‌اندازه را که جرم یکی دو برابر دیگری است ($m_۲ = ۲m_۱$) از بالای برجی به ارتفاع h به‌طور هم‌زمان رها می‌کنیم.
اگر از مقاومت هوا صرف‌نظر کنیم، سرعت برخورد گوی‌ها با زمین را باهم مقایسه کنید.

۳۲ متحرکی مطابق شکل زیر در لحظهٔ $t_۱$ در نقطهٔ A، در لحظهٔ $t_۲$ در نقطهٔ B و در لحظهٔ $t_۳$ در نقطهٔ 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 $t_۱$ تا $t_۲$، $t_۲$ تا $t_۳$ و $t_۱$ تا $t_۳$ به‌دست آورید.

۳۳ تعریف کنید:

الف نوکلئون:

ب ایزوتوپ:

پ نیروی هسته‌ای:

ت انرژی بستگی هسته‌ای:

ث پرتوزایی طبیعی:

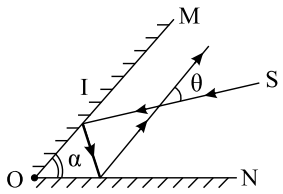
۳۴ تعریف کنید:

الف دورهٔ تناوب موج:

ب بسامد موج:

پ شدت صوت مرجع (I_0):

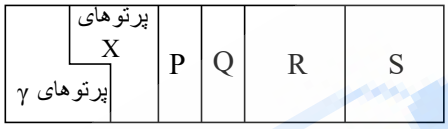
۳۵ دو آینهٔ تخت OM و ON مطابق شکل با یکدیگر زاویهٔ α می‌سازند. باریکهٔ نور S بعد از بازتابش از آینه‌های OM و ON با راستای اولیّه خود زاویهٔ θ می‌سازد.



الف θ را بر حسب α بیابید.

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

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



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 رشتهٔ بالمر در کدام ناحیه یا ناحیه‌ها از طیف امواج الکترومغناطیسی است؟

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

۴۰) معادلهٔ حرکت جسمی که روی خط راست حرکت می‌کند، در SI به‌صورت $x = ۶t^۲ - ۵t - ۱۰$ است.

الف) سرعت اولیهٔ جسم را تعیین کنید.

ب) سرعت متوسط جسم را بین دو لحظهٔ $t_۱ = ۰$ و $t_۲ = ۲s$ 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 موجِ موج بازتابیده

پ) تندی موج عبوری

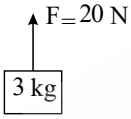
۴۲) هنگامی که نور بنفش به یک محلول رنگی معینی بتابد، نور مرئی گسیل می‌شود. هرگاه بر این محلول نور فروسرخ بتابد، همین نتیجه به‌دست نمی‌آید. چرا؟

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

۴۴) معادلهٔ حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI، $x = ۰/۰۲ \cos ۲\pi t$ می‌باشد. اگر جرم نوسانگر $۰/۱gr$ باشد انرژی مکانیکی نوسانگر را محاسبه نمایید.

۴۵) جرم خودرویی همراه با سرنشینان آن $۴۰۰۰kg$ است. این خودرو روی چهار فنر با ثابت $۴ \times ۱۰^۴ N/m$ سوار شده است. دورهٔ 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. $(\pi^۲ \simeq ۱۰)$

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



پ) در ابتدا کند شونده و سپس تند شونده

ت) در ابتدا تند شونده و سپس کند شونده

۴۷) فنر سبکی را از دو سر آن با نیروهای برابر ۱۰ نیوتون می‌کشیم. اگر ثابت فنر ۵۰ نیوتون بر سانتی‌متر باشد، تغییرات طول فنر چه اندازه است؟

۴۸) کدام‌یک از جملات زیر صحیح است؟

الف) اینکه پدیدهٔ فوتوالکتریک فقط در بسامدی بیشتر از بسامد آستانه رُخ 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 منحصربه‌فرد 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 رشتهٔ لیمان در ناحیهٔ فرابنفش قرار دارد.

چ) خط‌های تیره رنگ در طیف نور خورشید (خط‌های فرانهوفر) نشانهٔ طیف جذبی بخارها اتمی جوّ خورشید و جوّ کرهٔ زمین است.

ح) مدل اتمی بور توانست پدیدهٔ 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 $E_۳$ باشد. $\Delta E_{(۴\to۲)}$ برابر $-\frac{۲۷}{۱۶}E_۳$ است.

پ) اگر الکترون در اتم هیدروژن روی تراز $n = ۴$ باشد، پر انرژی‌ترین فوتونی که می‌تواند تابش کند $\frac{۱۵}{۱۶}$ ریدبرگ است.

ت در یک اتم هیدروژن الکترون در مدار مانایِ $n = ۷$ قرار دارد. فرض کنید فقط گذارهای $\Delta n = ۱$ و $\Delta n = ۲$ مجاز باشند. در این صورت تعداد ۱۱ فوتون با انرژی‌های مختلف توسط این الکترون می‌تواند گسیل شود.

۵۰ موج طولی را تعریف کنید.

الف لَختی

ب موج طولی

پ اثر فوتوالکتریک

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

الف افزایش جرم در یک سامانهٔ جرم - فنر، باعث می‌شود که دورهٔ 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 ($W/m^۲$) است.

۵۲ یک خودرو پژو ۲۰۶ در بزرگ‌راهی با تندی ۱۰۸ کیلومتر بر ساعت در حال حرکت است و راننده با دیدن ترافیک می‌خواهد پس از طی مسافت ۵۰۰ متری تندی خودرو را به ۳۶ کیلومتر بر ساعت برساند. اندازهٔ نیروی خالصی را که باید بر خودرو وارد شود (درصورت ثابت بودن) به‌دست آورید. لازم به ذکر است، پژو ۲۰۶ جرمی حدود ۱۱۰۰ کیلوگرم دارد.

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

۵۴ تندی انتشار موج عرضی در سیمی به طول $۲m$ و جرم $۰/۰۰۸kg$ که بین دو نقطه با نیروی $۱۶۰N$ کشیده شده است. چند متر بر ثانیه است؟

۵۵ وزنه‌ای به جرم $۲kg$ را به انتهای فنری به طول $۰/۲m$ که ثابت فنر آن $۱۰۰۰N/m$ است می‌بندیم و فنر را از سقف یک آسانسور آویزان می‌کنیم. آسانسور با شتاب $۲m/s^۲$ از حال سکون رو به پایین شروع به حرکت می‌کند. طول فنر در این حالت چقدر است؟ ($g = ۱۰N/kg$)

۵۶ اتم هیدروژن در حالت برانگیختهٔ $n = ۳$ قرار دارد. کوتاه‌ترین طول موج تابشی آن چند نانومتر است؟ ($R = ۰/۰۱nm^{-۱}$)

۵۷ حداقل انرژی لازم برای جدا کردن یک الکترون از سطح فلز سدیم برابر $۲/۲۸\,eV$ است.

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

ب) آیا فوتون‌هایی با طول موج $۶۸۰\,nm$ قادر به جدا کردن الکترون از سطح این فلز هستند؟($h_c = ۱۲۴۰eV \cdot nm$)

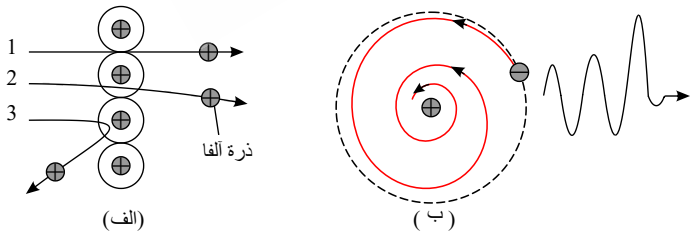
۵۸ مبنای مدل رادرفورد، نتایج آزمایش‌هایی بود که از پراکندگی ذره‌های آلفا توسط یک ورقهٔ نازک طلا به‌دست آمده بود.(شکل الف)

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

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

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

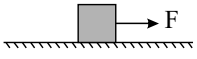
ت) شکل (ب)، به کدام مشکل مدل اتمیِ رادرفورد اشاره دارد؟ در مدل بور چگونه این مشکل رفع شده است؟



۵۹ اتومبیلی با سرعت ۷۲ کیلومتر بر ساعت در حرکت است. راننده ترمز می‌کند و اتومبیل پس از ۱۰ ثانیه متوقف می‌شود. اگر نیروی اصطکاک چرخ‌ها و جاده ۵۰۰ نیوتون و جرم اتومبیل ۱/۵ تن باشد؛

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

۶۰ در شکل مقابل ضریب اصطکاک جنبشی بین سطح تماس و جسم ۱۰ کیلوگرمی برابر ۰/۲۵ است. نیروی F چقدر باشد تا شتاب حرکت جسم ۱ متر بر مربع ثانیه شود؟ ($g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$)

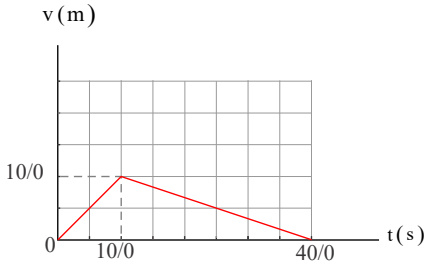


۶۱ آزمایشی طراحی کنید که با آن بتوانید:

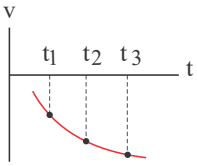
الف) نیروی اصطکاک جنبشی وارد بر جسمی مانند یک قطعه چوب در حال لغزش روی سطح را اندازه بگیرید و با استفاده از آن μ_k را به‌دست آورید.

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 بازهٔ زمانی s ۰٫۰ تا s ۵٫۰ چند برابر سرعت متوسط آن در بازهٔ زمانی s ۲۵٫۰ تا s ۴۰٫۰ است؟



۶۳ نمودار سرعت - زمان متحرکی به شکل زیر است. اگر تندی متحرک در لحظه‌های t_1، t_2 و t_3 به‌ترتیب v_1، v_2 و v_3 و مقدار شتاب متحرک در لحظه‌های t_1، t_2 و t_3 به‌ترتیب a_1، a_2 و a_3 باشد، کدام درست است؟الف) $v_3 > v_2 > v_1$ و $a_3 > a_2 > a_1$



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

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

۶۴ رابطهٔ مکان و زمان متحرکی برحسب یکاهای SI به‌صورت زیر است:

$x = ۴t^۲ - ۱۲t + ۱۳$

در محدودهٔ زمانی $t_1 = ۱s$ تا $t_2 = ۴s$ الف) جابه‌جایی ب) مسافت پیموده‌شدهٔ متحرک را به‌دست آورید؟

۶۵ رابطهٔ مکان جسمی که روی محور x حرکت می‌کند با زمان برحسب یکاهای SI به‌صورت زیر است:

$x = -۹t^۲ + ۳۶t + ۲۸$

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

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

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

۶۷ الف) یک توپ را از چه ارتفاعی رها کنیم تا با تندی $۴۰m/s$ به سطح زمین برسد؟ ($g = ۱۰m/s^۲$)

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

۶۸ متداول‌ترین نوع واپاشی در هسته‌ها، واپاشی ..... است.

۶۹ درمورد انرژی بستگی هسته‌ای، به دو سؤال زیر پاسخ دهید:

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

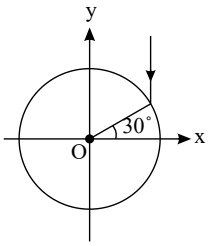
ب) هنگام تبدیل جرم به انرژی، با وجود این که میزان جرم تبدیل‌شده بسیار ناچیز است اما انرژی آزادشده از آن بسیار بزرگ است. علت چیست؟

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

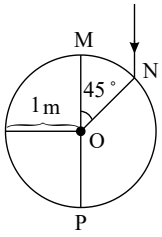
۷۱ نیروی (گرانشی- هسته‌ای) بین نوکلئون‌ها چنان ضعیف است که نمی‌تواند با نیروی الکتریکی رانشی مقابله کند.

۷۲ هستهٔ برانگیخته با گسیل ..... می‌تواند به حالت پایه برگردد.

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



۷۴ سرعت موج در هوا $\sqrt{۲}$ 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 نقطهٔ برخورد پرتو شکست با سطح کروی و نقطهٔ N را محاسبه کنید.

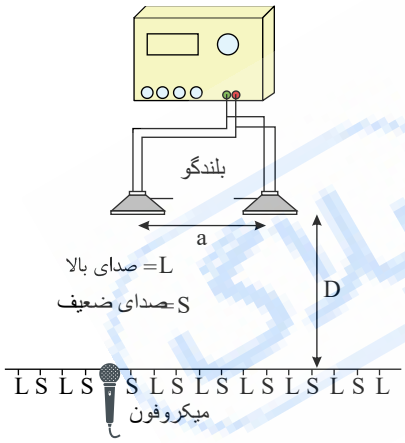


۷۵ تار ویولنی که طول آن $۱۵cm$ است و در دو انتها بسته شده است در $n = ۱$ خود نوسان می‌کند. تندی موج عرضی در این تار $۲۵۰m/s$ و تندی صوت در هوا $۳۴۸m/s$ است.

الف) بسامد

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

۷۶ در آزمایش تداخل صوتی شکل ۳۱ – ۴ کتاب درسی فاصلهٔ بین هر نقطه با صدای بالا (L) تا نقطهٔ 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 فاصلهٔ 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 نورتکفام 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 $۶٫۲ \times ۱۰^{-۷}m$ است، بسامد این نور چند هرتز است؟

ب) بسامد نور قرمز حدود $۴٫۳ \times ۱۰^{+۱۴}Hz$ است. طول موج این نور را در هوا و آب حساب کنید. (سرعت نور در هوا $۳ \times ۱۰^{۸}m/s$ و در آب $(۲٫۲۵ \times ۱۰^{۸}m/s$)

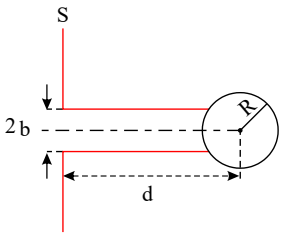
۷۹ معادلهٔ حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI، $x = ۰٫۰۴ \cos ۲\pi t$ است.

الف) در چه زمانی نوسانگر برای اولین بار از فاصلهٔ $x = +۲Cm$ می‌گذرد؟

ب) در لحظه‌ای که انرژی جنبشی $\frac{۲}{۵}$ انرژی پتانسیل نوسانگر است، تندی نوسانگر چقدر است؟

۸۰ معادلهٔ حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI، $x = ۰٫۰۲ \cos ۴\pi t$ است. در لحظه‌ای که انرژی جنبشی نوسانگر ۲۰ درصد انرژی پتانسیل آن می‌شود، تندی نوسانگر چقدر است؟

۸۱ دسته پرتو موازی شده‌ای از یک پنجرهٔ دایره‌ای شکل به شعاع b روی پردهٔ 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 فاصلهٔ آن تا پرده d است که از R بسیار بزرگتر است. شعاع دایرهٔ نورانی را که روی پرده S تشکیل می‌شود برحسب R و b و d به‌دست آورید.



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

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

$M_{\text{خورشید}} = ۱٫۹۹ \times ۱۰^{۳۰} kg$ ، $M_{\text{ماه}} = ۷٫۳۶ \times ۱۰^{۲۲} kg$

فاصلهٔ زمین تا خورشید $= ۱۴۹٫۶ \times ۱۰^{۶} km$

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

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.

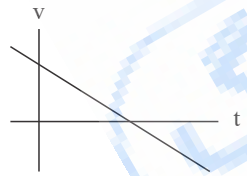
ت) چتربازی در هوای آرام و در امتداد قائم در حال سقوط است.

ت) 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 نیمهٔ راه و همچنین در لحظهٔ 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 لحظهٔ صفر برابر v_0 باشد و جهت حرکت در لحظهٔ T تغییر کرده باشد، رابطهٔ سرعت - زمان حرکت را بنویسید.



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

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

۸۷ سنگی از صخره‌ای به ارتفاع $۱۲۵m$ نسبت به زمین و در شرایط خلأ رها می‌شود.

الف چند ثانیه طول می‌کشد تا سنگ به زمین برسد؟ $(g = ۱۰ m/s^{۲})$

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 $۵W$ تابش مرئی با طول موج $۵۵۰nm$ گسیل می‌کند. در هر ثانیه چه تعداد فوتون از این لامپ گسیل می‌شود؟ $(hc = ۲ \times ۱۰^{-۲۵} J \cdot m)$

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

۹۰ گلوله‌ای در شرایط خلأ از ارتفاع ۸۰ متری زمین رها می‌شود.

الف گلوله پس از چند ثانیه به زمین می‌رسد؟ $(g = ۱۰ m/s^{۲})$

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

پاسخ‌نامه تشریحی

۱

الف قانون اول نیوتون (اینرسی یا لَختی)

ب قانون سوم نیوتون

پ قانون سوم نیوتون

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

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

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

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

ب)

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

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

پ)

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

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

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

ت)

$$m = ۲۵۰g = \frac{۱}{۴}kg$$

$$U = ۰٫۰۱J$$

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

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

۳

الف د

ب د

پ ن

ت د

ث ن

ج ن (لازم نیست که $v_۰ = ۰$ باشد.)

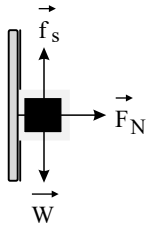
چ د

ح د

خ ن (تقریباً ۱۰۰ 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 بَم‌تر است.

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

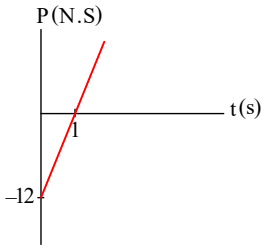
$$\begin{cases} x = At^2 - 6t + 12 \\ x = (\frac{1}{2}a)t^2 + v_0 t + x_0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \frac{a}{2} = A \\ \vec{F}_{net} = m\vec{a} \rightarrow 16\vec{i} - 4\vec{i} = 2\vec{a} \rightarrow \vec{a} = 6\vec{i} \end{cases} \rightarrow a = 6m/s^2 \rightarrow \boxed{A = \frac{6}{2}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

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

$$\vec{F}_{net} = \vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_3} = \vec{0} \Rightarrow 16\vec{i} - 4\vec{i} + \vec{F_3} = \vec{0} \rightarrow \boxed{\vec{F_3} = -12\vec{i}}$$

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

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



۸

الف (۱)

ب (۲)

پ (۳)

ت (۱)

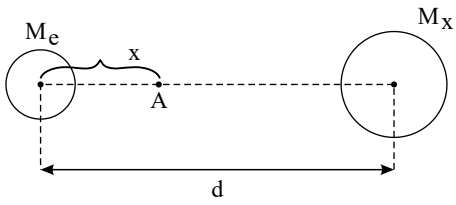
۹

الف

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

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

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



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

$$\rightarrow \left(\frac{d-x}{x}\right)^2 = \left(\frac{M_x}{M_e}\right)^4 \rightarrow \frac{d-x}{x} = 2$$

$$\rightarrow d - x = 2x \rightarrow 3x = d \rightarrow \boxed{x = \frac{d}{3}}$$

ب

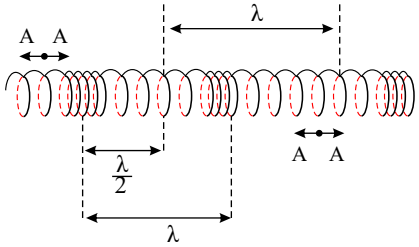
$$\begin{cases} g = \frac{GM}{r^2} \\ \text{شعاع دایره } R \rightarrow r = R \text{ سطح سیاره} \end{cases}$$

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

۱۰

الف

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



مشاهده می‌شود دامنهٔ نوسانی در محاسبهٔ λ تأثیری ندارد.

$$\begin{cases} f = 20Hz \\ v = 300m/s \end{cases} \rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{300}{20} = 15m \rightarrow \boxed{\lambda = 15m}$$

λ = **فاصلهٔ وسط دو انبساط متوالی** = فاصلهٔ وسط دو تراکم متوالی

$\Rightarrow$ **فاصله دو تراکم متوالی** $= \lambda = 15m$

ب

فاصلهٔ وسط یک تراکم و یک انبساط متوالی $= \frac{\lambda}{2} = 7/5m$

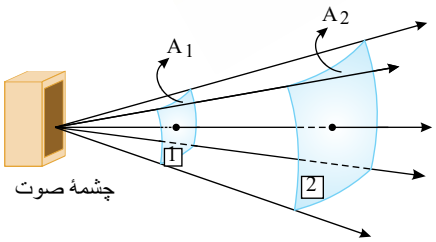
۱۱

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2 \times 3\sqrt{\frac{1/6}{10}} = 2/4s$$

$$t = N \cdot T = 50 \times 2/4s \rightarrow t = \frac{50 \times 2/4}{60} = 2min$$

۱۲

نکتهٔ 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 کره‌هایی هستند که مرکز آن‌ها چشمهٔ صوت و شعاع آن‌ها فاصلهٔ سطوح تا چشمه می‌باشد. اگر سطوح داده‌شده مثلاً تخت بودند یا هر وضعیت دیگری جز شکل رسم‌شده داشتند. (اندازهٔ مساحت آنها هم همین مقدار بود) توان انرژی عبوری از آن‌ها یکسان نمی‌باشد.



حال از تعریف شدت صوت استفاده می‌کنیم:

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

چون با افزایش سطح طبق رابطهٔ $I = \frac{P}{A}$ ، I کاهش می‌یابد.

یعنی اگر $1m^2$ از هر دو سطح را انتخاب کنیم شنوندهٔ (۲) در واحد زمان انرژی کمتری را دریافت می‌کند.

۱۳ **برای پاسخ به این سؤال گام‌به‌گام پیش می‌رویم:**

گام اول: با توجه به جهت انتشار موج جهت نوسان ذرهٔ B را مشخص می‌کنیم:

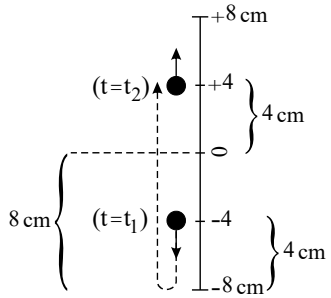
ذرهٔ B در لحظهٔ t_1 رو به پایین و ذرهٔ B در لحظهٔ t_2 رو به بالا در حال نوسان است.

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

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

گام سوم: حداقل مسافت طی‌شده توسط ذرهٔ B (به دلیل حرکت نوسانی‌اش) برابر است با:

الف) $L_{\min}=4+8+4=16cm$

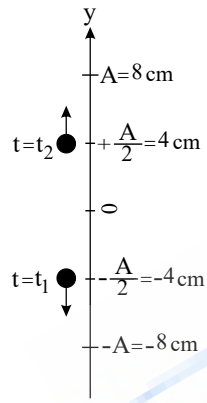


ب) گام چهارم: مدت زمانی که طول می‌کشد تا ذرهٔ B از مکان در لحظهٔ $t=t_1$ به مکان و موقعیتش در لحظهٔ $t=t_2$ برسد محاسبه می‌کنیم. ذرهٔ B یک حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد (چون موج نشان داده‌شده سینوسی بوده و حتماً چشمهٔ این موج نیز یک حرکت هماهنگ ساده انجام داده است؛

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

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

(این فرض تأثیری در محاسبهٔ Δt ندارد؛ اما سبب می‌شود که به سادگی بتوانیم از معادلهٔ حرکت هماهنگ سادهٔ بیان‌شده در متن کتاب درسی یعنی $y=A\cos(\omega t)$ استفاده کنیم.)



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

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

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

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

روش دوم برای تعیین Δt_{min} : چون ذره، بین دو لحظهٔ t_1 و t_2 از یک موقعیت با مکان و سرعت $\begin{cases}y_1\\ v_1\end{cases}$ به موقعیتی قرینه یعنی $\begin{cases}y_2=-y_1\\ v_2=-v_1\end{cases}$ رفته، حداقل مقدار Δt معادل نصف دوره است، یعنی $\Delta t_{min}=\frac{T}{2}$

گام پنجم: چون جابه‌جایی مقدار ثابت و مشخص دارد:

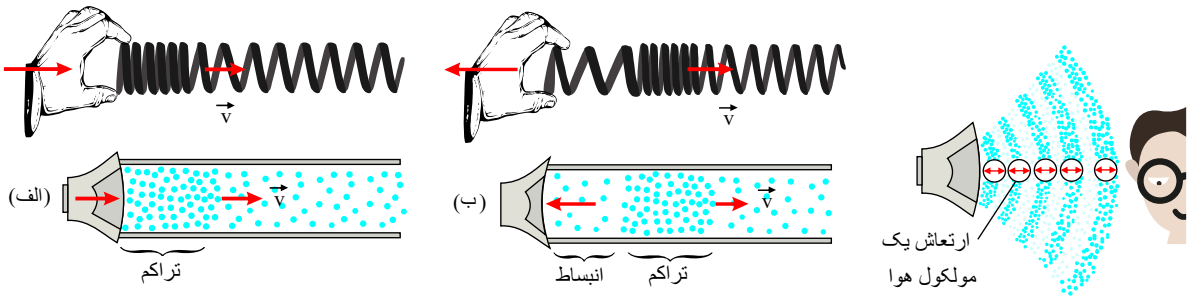
$$\Delta y=y_2-y_1=(+4cm)-(-4cm)$$

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

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 حنجرهٔ انسان، دیاپازون و یا پوسته‌های مرتعشی مانند صفحهٔ مرتعش (دیافراگم) یک بلندگو، تولید می‌شود که اصطلاحاً به این‌ها چشمهٔ صوت گفته می‌شود. امواج صوتی به دلیل طبیعت طولی خود، مثل موج طولی ایجادشده 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 ناحیهٔ 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 رابطهٔ ریدبرگ می‌توانیم به‌جای n' از n_L و بالعکس و به‌جای n از n_U و بالعکس استفاده نمائیم.»

تابش فوتون‌های فروسرخ مربوط به رشته‌های پاشن، براکت و پفوند است. هرچه n برای یک رشتهٔ معین کمتر باشد، ($n = n' + ۱$ یا $n_U = n_L + ۱$) آنگاه طول موج بلندتر خواهد بود.) از طرفی متوسط طول موج‌های رشتهٔ پفوند بلندتر از سایر رشته‌هاست.

به عبارتی در اینجا باید دورترین و کوتاه‌ترین گذار را بررسی کنیم یعنی $\begin{cases} n' = ۵ \\ n = ۶ \end{cases}$

$$\begin{cases} \frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{n_L^۲} - \frac{۱}{n_U^۲}) \\ R = \frac{E_R}{hc} \rightarrow \frac{۱}{\lambda} = \frac{۱}{\underbrace{۹/۱ \times ۱۰^{-۸} m}_{۹۱nm}}(\frac{۱}{۵^۲} - \frac{۱}{۶^۲}) = \frac{۱۱}{۹/۱ \times ۱۰^{-۸} \times ۹۰۰} \end{cases}$$

$$\frac{۱}{۵^۲} - \frac{۱}{۶^۲} = \frac{۳۶ - ۲۵}{۲۵ \times ۳۶} = \frac{۱۱}{۹۰۰}$$

$$\rightarrow \lambda = \frac{۹۱nm \times ۹۰۰}{۱۱} \simeq ۷۴۴۵/۴۶nm$$

۱۷ می‌دانیم درمورد طیف‌های مرئی:

$$\text{قرمز - نارنجی - زرد - سبز - آبی - بنفش} \xleftarrow{E_{\text{فوتون‌ها}} \uparrow \text{ انرژی}} \xrightarrow{f_{\text{فوتون‌ها}} \uparrow \text{ بسامد}}$$

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

تعداد فوتون‌های گسیل‌شده افزایش می‌یابد.

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

جواب نهایی: افزایش می‌یابد - کاهش می‌یابد.

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

رشتهٔ بالمر

بلندترین طول موج به ازای: $n = n' + ۱$ حاصل می‌شود.

$$\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{(n'+۱)^۲}) = R(\frac{\cancel{n'^۴} + ۲n' + ۱ - \cancel{n'^۴}}{n'^۲(n'+۱)^۲})$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۲n'+۱}{n'^۲(n'+۱)^۲}) \rightarrow \lambda R = \frac{n'^۲(n'+۱)^۲}{۲n'+۱} \text{ و } \lambda R = ۷۲۰nm \times ۰/۰۱nm^{-۱}$$

$$\rightarrow \begin{cases} n'^۲(n'+۱)^۲ = ۳۶ \\ ۲n'+۱ = ۵ \rightarrow (n' = ۲) \Rightarrow (\text{رشتهٔ بالمر}) \end{cases}$$

روش کوتاه‌تر: $۷۲۰nm$ طول موج مریی است که مربوط به رشتهٔ بالمر و $n' = ۲$ است.

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

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

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

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

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

$$\frac{1}{n_2^2}-\frac{1}{n_1^2}=\frac{8}{9} \qquad (1)$$

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

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

$$\xrightarrow{(1)\text{ و }(2)} \frac{1}{1^2}-\frac{1}{n_1^2}=\frac{8}{9} \to \frac{1}{n_1^2}=1-\frac{8}{9}=\frac{1}{9} \to n_1^2=9 \to n_1=3$$

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 می‌دهند یعنی در $1s$ انرژی یکسانی به سطح منتقل می‌کنند.

$$E_A = E'_B \to nhf_A = n'hf'_B$$

$$\xrightarrow[{}_Bf'>{}_Af\text{ چون}]{} {}_Bn' <{}_An$$

بنابراین تعداد فوتون‌های نور A بیشتر از تعداد فوتون‌های نور B است. پس نور A تعداد فوتوالکترون‌های بیشتری را می‌تواند از سطح جدا کند.

۲۲ قدم اول: تعیین می‌کنیم که در هر ثانیه چه تعداد فوتون در گسترهٔ موردنظر توسط لامپ گسیل می‌شود؛

کل انرژیِ تابشی در یک ثانیه در گسترهٔ طول موج موردنظر:

$$E=(pt)\times\frac{20}{100}\times\frac{1}{100}=(100)(1)(\frac{1}{5}\times\frac{1}{100})=2\times10^{-1}J$$

حال ببینیم چه کسری از این انرژی از مردمک چشم می‌گذرد؛ واضح است این فوتون‌ها به‌طور یکنواخت در همهٔ جهت‌ها گسیل می‌شود و این مقدار انرژی روی کره‌ای به مرکزیت لامپ و شعاع $1km$ توزیع شده است:

$$A=4\pi r^2=4\times3\times(10^3)^2=12\times10^6m^2$$

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

مساحت مردمک چشم : $A'=\pi r^2=3\times(10^{-3})^2=3\times10^{-6}(m^2)$

$$\begin{array}{|c|c|}\hline 12\times10^6m^2 & 0/2J \\ \hline 3\times10^{-6}m^2 & E=? \\ \hline\end{array} \to \frac{3\times10^{-6}\,m^2}{12\times10^6\,m^2}=\frac{E}{0/2J}\Rightarrow E=\frac{3\times10^{-6}\times0/2}{12\times10^6}=\frac{\cancel{6}^{1}\times10^{-7}}{\cancel{12}_{2}\times10^6}J\to E=0/5\times10^{-13}J$$

و اکنون تعداد فوتون‌ها را می‌یابیم:

$$E=nhf=n\frac{hc}{\lambda}\to n=\frac{E\lambda}{hc}=\frac{0/5\times10^{-13}\times650\times10^{-9}}{6/5\times10^{-34}\times3\times10^8}\cong17\times10^4 \text{ فوتون}$$

۲۳ الف) اینکه الکترون روی مدار دایره‌ای دوران می‌کند و نیز محاسبهٔ انرژی الکترون از جنبه‌های کلاسیکی مدل اتمی بور است.

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

۲۴ می‌دانیم انرژی فوتون به فرکانس (بسامد) آن بستگی دارد: $E=hf$ و هنگامی که نور از خلأ وارد محیط دیگری می‌شود f تغییر نمی‌کند. پس اگر در شرایط خلأ این فوتون توانسته باشد که الکترون را از سطحِ فلز جدا کند، حتماً در آن محیط شفاف خواهد توانست؛

بد نیست بدانیم:

$$\begin{cases}\lambda=\dfrac{v}{\underbrace{f}_{cte}}\\ \dfrac{\lambda_2}{\lambda_1}=\dfrac{v_2}{v_1}=\dfrac{3}{4}\\ f_2=f_1\\ E_2=E_1\end{cases}$$

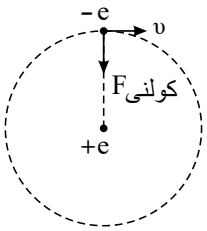
ضریب شکست محیط شفاف : $c=\dfrac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}\quad,\quad v=\dfrac{\cancel{c}}{n}=\dfrac{3}{4}(\dfrac{1}{\cancel{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}})\to n=\dfrac{4}{3}$

۲۵ فرض کنید الکترونی با بار $(-e)$ در مسیر دایره‌ای شکل به شعاع r_n به‌دور هستهٔ اتم (با بار $+e$) در حال دوران است.

یادآوری:

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

عامل دوران نیروی جاذبهٔ کولنی بین هسته و الکترون است:



در امتداد شعاع دوران : $F_{net}=ma_c=\frac{mv^2}{r_n}$ (۱)

$F_{net}=F_{\text{کولنی}}=\frac{k|-e||e|}{r_n^2}=\frac{ke^2}{r_n^2}$ (۲)

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

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

ثابت کولن : $k\simeq 9\times 10^9$

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

(۲۶) طبق متن کتاب درس در رابطهٔ ریدبرگ می‌توانیم به‌جای n' از n_L و بالعکس و به‌جای n از n_U و بالعکس استفاده نمائیم.

در رشتهٔ بالمر $n'=n_L=2$ است. در این رشته ۴ خط مرئی وجود دارد که به‌ترتیب (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 رشتهٔ بالمر به ازای $n=n_U=6$ و کوتاه‌ترین طول موج فرابنفش به‌ازای $n=n_U=\infty$ حاصل می‌شود:

$\frac{1}{\lambda_{min}^{\text{مرئی}}}=R(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{6^2})=\frac{32R}{144}\rightarrow\frac{1}{\lambda_{min}^{\text{مرئی}}}=\frac{32R}{144}\rightarrow\lambda_{min}^{\text{مرئی}}=\frac{144}{32R}$

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

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

(۲۷) طبق متن کتاب درسی در رابطهٔ ریدبرگ می‌توانیم به‌جای n' از n_L و بالعکس و به‌جای n از n_U و بالعکس استفاده نمائیم.

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

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

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)

$hf_\circ=W_\circ\rightarrow f_\circ=\frac{W_\circ}{h}\xrightarrow{\lambda_{max}=\frac{c}{f_\circ}}\lambda_{max}=\frac{c}{\frac{W_\circ}{h}}\rightarrow\lambda_{max}=\frac{hc}{W_\circ}$ (۱)

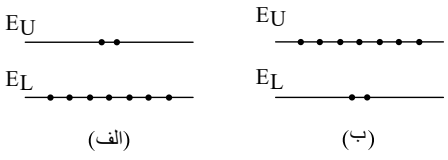
از طرفی می‌دانیم:

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

$\xrightarrow{(۱)\ ,\ (۲)}\lambda_{max}=\frac{\frac{E_R}{R}}{W_\circ}\rightarrow\lambda=\frac{E_R}{RW_\circ}$

(۲۹) در گسیل القایی هنگامی که توسط یک چشمهٔ انرژی خارجی مناسب به الکترون‌ها انرژی می‌دهیم تا به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته شوند، اگر انرژی کافی به اتم‌ها 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 شبه‌پایدار» نسبت به تراز پایین‌تر بسیار بیشتر باشد.



(الف) (ب)

(۳۰) طبق متن کتاب درسی در رابطهٔ ریدبرگ می‌توانیم به‌جای n' از n_L و بالعکس و به‌جای n از n_U و بالعکس استفاده نمائیم.

طول موج خط اول سری پاشن $\Rightarrow\begin{cases}n'=3\\n=4\end{cases}\rightarrow\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2})=\frac{1}{100nm}(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{4^2})$

$\rightarrow\frac{1}{\lambda}=\frac{16-9}{14400nm}\rightarrow\lambda=\frac{14400nm}{7}\simeq 2057/14nm$

طول موج خط دوم سری پاشن $\Rightarrow \begin{cases} n' = ۳ \\ n = ۵ \end{cases} \rightarrow \frac{۱}{\lambda'} = R(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{n^۲}) = \frac{۱}{۱۰۰nm}(\frac{۱}{۳^۲} - \frac{۱}{۵^۲})$

$\rightarrow \frac{۱}{\lambda'} = \frac{۲۵ - ۹}{۲۲۵۰۰} \rightarrow \lambda' = \frac{۲۲۵۰۰}{۱۶} \simeq ۱۴۰۶/۲۵nm$

$\lambda > ۷۰۰nm$

$\Rightarrow$ هر دو در ناحیهٔ فروسرخ قرار دارند

$\lambda' > ۷۰۰nm$

(ضمن این‌که از قبل می‌دانستیم کلیه طول موج‌های سری پاشن از در ناحیهٔ فروسرخ هستند.)

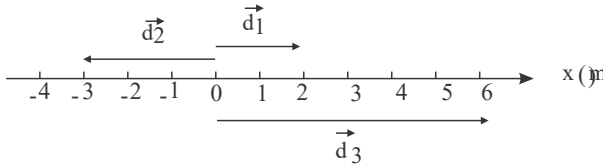
۳۱ چون $f_D = ۰$ است، شتاب سقوط یکسان است، باتوجه به پایستگی انرژی مکانیکی داریم:

$a = g - \frac{f_D}{m} \xrightarrow{f_D = ۰} a = g$

$v^۲ - v_۰^۲ = ۲gh \rightarrow v^۲ - ۰ = ۲gh \rightarrow v = \sqrt{۲gh}$

سرعت برخورد گلوله‌ها با زمین به جرم گلوله‌ها وابسته نیست پس: $v_۱ = v_۲$

۳۲ الف) بردار مکان در لحظه‌های $t_۱$، $t_۲$ و $t_۳$ را به‌ترتیب $\vec{d_۱}$، $\vec{d_۲}$ و $\vec{d_۳}$ می‌نامیم.



$\vec{d_۱} = (+۲m)\vec{i}$, $\vec{d_۲} = (-۳m)\vec{i}$, $\vec{d_۳} = (+۶m)\vec{i}$

ب)

$t_۱ < t < t_۲ \Rightarrow \vec{d_{۱۲}} = \vec{d_۲} - \vec{d_۱} = (-۳\vec{i}) - (+۲\vec{i}) = (-۵m)\vec{i}$

$t_۲ < t < t_۳ \Rightarrow \vec{d_{۲۳}} = \vec{d_۳} - \vec{d_۲} = (+۶\vec{i}) - (-۳\vec{i}) = (+۹m)\vec{i}$

$t_۱ < t < t_۳ \Rightarrow \vec{d_{۱۳}} = \vec{d_۳} - \vec{d_۱} = (+۶\vec{i}) - (+۲\vec{i}) = (+۴m)\vec{i}$

۳۳

الف هستهٔ اتم از نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده است که به‌طور کلی نوکلئون نامیده می‌شود.

ب هسته‌هایی که تعداد پروتون مساوی ولی تعداد نوترون متفاوت و خواص شیمیایی یکسانی دارند. درنتیجه این هسته‌ها در جدول تناوبی عناصر هم‌مکان هستند و بنابراین ایزوتوپ (هم‌مکان) نامیده می‌شوند.

پ نیرویی است متفاوت با نیروی گرانش و نیروی الکترواستاتیکی که از نوع جاذبه‌ای و کوتاه‌برد (در فواصل کمتر از ابعاد هستهٔ اتم) و بسیار قوی بوده که بین هر نوکلئون در هستهٔ اتم با هسته‌های مجاورش وجود داشته و اجزای هسته را در کنار هم نگاه می‌دارد. این نیرو مستقل از بار الکتریکی بوده یعنی نیروی رباییشی هسته‌ای یکسانی بین دو پروتون، دو نوترون یا یک پروتون و یک نوترون وجود دارد.

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

ث هنگامی که یک هستهٔ ناپایدار یا پرتوزا به‌طور طبیعی (یا اصطلاحاً خودبه‌خود) واپاشی می‌کند، نوع معینی از ذرات یا فوتون‌های پر انرژی آزاد می‌شوند. این فرآیند واپاشی، پرتوزایی طبیعی نامیده می‌شود.

۳۴

الف مدت زمانی که هر ذرهٔ محیط یک نوسان کامل انجام می‌دهد دورهٔ تناوب موج نامیده می‌شود که برابر با زمانی است که چشمهٔ موج یک نوسان کامل انجام می‌دهد.

ب (f)، تعداد نوسان‌های انجام‌شده توسط هر ذرهٔ محیط در یک ثانیه بسامد موج نامیده می‌شود که برابر با بسامد چشمهٔ موج هست. داریم: $f = \frac{۱}{T}$.

پ شدت صوت موج $(I_۰)$، شدت صوتی است که نزدیک به حدّ پایین گسترهٔ شنیداری انسان است. یک موج صوتی با شدت $I = I_۰$ تراز شدت صوتی برابر $۰dB$ دارد. شدت مرجع $۱۰^{-۱۲} \frac{W}{m^۲}$ در نظر گرفته می‌شود.

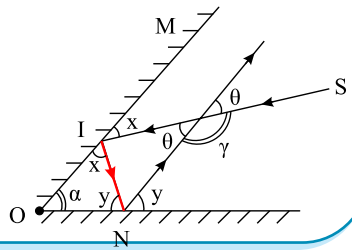
۳۵

الف

$\overset{\Delta}{OMN} : x + y + \alpha = ۱۸۰^\circ : (x + y) = \boxed{۱۸۰^\circ - \alpha}$ (۱)

$\overset{\Delta}{MNI} : \theta + (۱۸۰ - ۲x) + (۱۸۰ - ۲y) = ۱۸۰^\circ \rightarrow \theta = ۲x + ۲y - ۱۸۰^\circ$

$\rightarrow \boxed{\theta = ۲(x + y) - ۱۸۰^\circ}$ (۲)



$\xrightarrow{(۱)\ ,\ (۲)} \theta = ۲(۱۸۰^\circ - \alpha) - ۱۸۰^\circ = ۱۸۰^\circ - ۲\alpha \Rightarrow \boxed{\theta = ۱۸۰^\circ - ۲\alpha}$, $۵ = ۲\alpha$

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

θ، 30° کاهش می‌یابد.

۳۶

الف پاسخ:

رادیویی	((S)) میکروموج	((R)) فروسرخ	((Q)) مرئی	((P)) فرابنفش	((پرتوهای X))	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 پدیدهٔ فوتوالکتریک

ب در شکل (۱) برهم‌کنش نور فرودی فرابنفش با کلاهک برق‌نما باعث می‌شود تا ورقه‌های آن به سرعت به‌هم 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) همهٔ اجسام در هر دمایی که باشند از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل می‌کنند. اگر این امواج شامل گسترهٔ پیوسته‌ای از طول موج‌ها باشد به گونه‌ای که هیچ مرزی بین آنها نباشد، طیف ایجادشده در این شرایط را طیف گسیلی پیوسته به اختصار طیف پیوسته می‌نامند.

ب فرابنفش و مرئی

پ گسیل القایی

۴۰

الف

$v_0 = -5m/s$

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

۴۳ ۱ - هم‌بسامد هستند.

۲ - هم‌جهت هستند.

۳ - هم‌فاز هستند.

۴۴

$x = 0/02 \cos 2\pi t \rightarrow A = 0/02\, m\ ,\ \omega = 2\pi\ rad/s$

انرژی مکانیکی $E = \frac{۱}{۲}mA^۲\omega^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۱ \times ۱۰^{-۳} \times (۲ \times ۱۰^{-۲})^۲ \times (۲\pi)^۲$

$E = \frac{۱}{۲۰} \times ۱۰^{-۳} \times ۴ \times ۱۰^{-۴} \times ۴\pi^۲ = \frac{۴}{۵}\pi^۲ \times ۱۰^{-۷}(J)$

۴۵ اگر وزن خودرو مساوی توزیع شده باشد یعنی به‌ازای هر فنر جرم $۱۰۰۰\ kg$ داریم پس می‌توان نوشت:

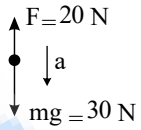
دورهٔ تناوب: $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = ۲\pi\sqrt{\frac{۱۰۰۰}{۴ \times ۱۰^۴}} = \frac{\pi}{\sqrt{۱۰}}(s) \simeq ۱(s)$

بسامد: $f = \frac{۱}{T} = ۱Hz$

سرعت زاویه‌ای: $\omega = \frac{۲\pi}{T} = ۲\pi f = ۲\pi Rad/s$

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.

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



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

۴۷ نیروی مؤثر وارد بر فنر در این حالت برابر ۱۰ نیوتون است.

$F_e = kx \Rightarrow ۱۰ = ۵۰x \Rightarrow x = ۰/۲cm$

۴۸

الف «نادرست»

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

ب «درست»

بسامد آستانه از رابطهٔ $f_۰ = \frac{W_۰}{h}$ محاسبه شده و $W_۰$ (تابع کار فلز) فقط به جنس فلز بستگی دارد.

پ «نادرست»

طیف جذبی و گسیلی (گسسته - خطی) در شناسایی عناصر از یکدیگر به‌کار می‌روند نه طیف پیوسته.

ت «درست»

ث «نادرست»

طیف گسیلی هر عنصر مکمل طیف جذبی همان عنصر نیست بلکه طیف گسیلی گاز یا بخار کم‌فشار و رقیق آن عنصر می‌تواند مکمل طیف جذبی همان عنصر شود.

ج «نادرست»

تعدادی از خطوط رشتهٔ بالمر هم در ناحیهٔ فرابنفش قرار دارند.

چ «درست»

ح «نادرست»

مدل بور ایده‌ای درمورد اتم‌های چند الکترونی نداشت. در پدیدهٔ فوتوالکتریک در بحث فلزات، اتم‌های فلزات چندین الکترون دارند. بنابراین نمی‌توانیم در توجیه پدیدهٔ فوتوالکتریک از مدل بور استفاده نمائیم.

۴۹

الف «درست»

براساس الگوی اتمی بور، الکترون فقط هنگام تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین تابش می‌کند.

ب

«درست»

$E_۳ = -\frac{E_R}{۳^۲} \Rightarrow E_R = -۹E_۳$

$\Delta E_{(۴\to۲)} = E_۴ - E_۲ = (-\frac{E_R}{۴^۲}) - (-\frac{E_R}{۲^۲}) = (\frac{۱}{۴} - \frac{۱}{۱۶})E_R = \frac{۳}{۱۶}E_R$

$\to \Delta E_{(۴\to۲)} = \frac{۳}{۱۶}(-۹E_۳) \to \Delta E_{(۴\to۲)} = -\frac{۲۷}{۱۶}E_۳$

پ

«درست»

پرانرژی‌ترین فوتون تابش زمانی است که از تراز ۴ $n=۴$ به ۱ $n=۱$ گذار کند:

$$E=E_۴-E_۱=(-\frac{E_R}{۴^۲})-(-\frac{E_R}{۱^۲})=\frac{۱۵}{۱۶}E_R$$

«درست»

ت

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

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

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

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

$$v_۱=۱۰۸km/h\xrightarrow{\div ۳٫۶}v_۱=۳۰m/s$$

$$v_۲=۳۶km/h\xrightarrow{\div ۳٫۶}v_۲=۱۰m/s$$

$$\vec{F}_{net}=m\vec{a}\Rightarrow F_{net}=۱۱۰۰\times(-۰٫۸)=-۸۸۰N\quad v_۲^۲-v_۱^۲=۲a\Delta x\Rightarrow ۱۰۰-۹۰۰=۲a\times ۵۰۰\Rightarrow a=\frac{-۸۰۰}{۱۰۰۰}=-۰٫۸m/s^۲$$

۵۳ تجزیهٔ 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

$$v=\sqrt{\frac{F\cdot L}{m}}\qquad v=\sqrt{\frac{۱۶\times ۲}{۰٫۰۰۸}}\qquad v=۲۰۰\frac{m}{s}$$

۵۵

$$kx-mg=ma\rightarrow(۱۰۰۰N/m)(L-۰٫۲m)-(۲kg\times ۱۰N/kg)=(۲kg)(-۲m/s^۲)\Rightarrow L=۰٫۲۱۶m$$

۵۶

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

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

۵۷ حداقل انرژی برای جدا کردن الکترون از سطح فلز یعنی $W_۰$. بنابراین برای فلز سدیم:

$$W_۰=۲٫۲۸eV$$

الف)

$$f_۰=\frac{c}{\lambda_۰}=\frac{W_۰}{h}\rightarrow\lambda_۰=\frac{hc}{W_۰}$$

$$\lambda_۰=\frac{۱۲۴۰\,eV\cdot nm}{۲٫۲۸\,eV}=۵۴۳٫۸۶\,nm$$

حداکثر طول موج فوتون فرودی به سطح فلز برای این‌که پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ دهد = طول موج آستانه

$\lambda_۰=\lambda_{max}=۵۴۳٫۸۶nm$ (به نظر برای رنگ سبز است.)

(ب) شرط اینکه پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ دهد:

$$\begin{cases}f\geq f_۰=\frac{W_۰}{h}\\ \lambda\leq\lambda_۰=\lambda_{max}=\frac{hc}{W_۰}\end{cases}$$

$$\begin{cases}\lambda_{\circ}=۵۴۳٫۸۶nm\\ \lambda=۶۸۰\,nm\end{cases}\rightarrow\ \lambda>\lambda_{\circ}$$

بنابراین پدیدهٔ 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 هستهٔ بسیار چگال و کوچک (شعاع $\approx ۱۰^{-۱۵}m$) 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 به‌راحتی می‌توان ورقهٔ بسیار نازک از آن را ساخت. رادرفورد به‌دنبال یک ورقهٔ خیلی نازک از یک فلز بود و چون شکل دادن و نازک دادن طلا از همه آسان‌تر بود ورقهٔ طلا را برای آزمایش خود برگزید. دلیل دیگر این‌که رادرفورد به‌دنبال یک فلز سنگین بود که تعداد الکترون‌های زیادی دارد و می‌خواست پراکندگی ذرات α را در این اتم سنگین با تعداد الکترون‌های زیاد بررسی کند.

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

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

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

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

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

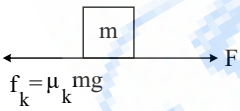
$$\left.\begin{aligned}a&=\frac{-(f_{\text{ترمز}}+f_k)}{m}\\ a&=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{۰-۲۰}{۱۰}=-۲m/s^۲\end{aligned}\right\}\Rightarrow -۲=-\frac{(f_{\text{ترمز}}+۵۰۰)}{۱۵۰۰}$$

$$\Rightarrow ۳۰۰۰=+(f_{\text{ترمز}}+۵۰۰)\Rightarrow f_{\text{ترمز}}=۲۵۰۰N$$

۶۰ باتوجه به نیروهای وارد بر جسم داریم:

$$a=\frac{F_{net}}{m}\Rightarrow a=\frac{F-f_k}{m}\Rightarrow a=\frac{F-\mu_k mg}{m}$$

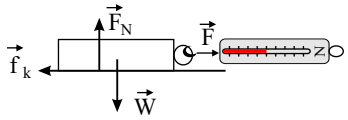
$$\Rightarrow ۱=\frac{F-۰٫۲۵\times ۱۰\times ۱۰}{۱۰}\Rightarrow ۱۰=F-۲۵\Rightarrow F=۳۵N$$



۶۱ الف) به کمک یک نیروسنج، قطعه چوب را می‌کشیم تا حرکت کند. در بازهٔ زمانی‌که قطعه چوب با سرعت ثابت در حال حرکت است، اندازهٔ نیرویی که نیروسنج نشان می‌دهد برابر است با نیروی اصطکاک جنبشی، در نتیجه خواهیم داشت:

$$F-f_k=ma\rightarrow F-f_k=۰\rightarrow F=f_k$$

$$F=f_k=\mu_k mg\rightarrow \mu_k=\frac{F}{mg}$$

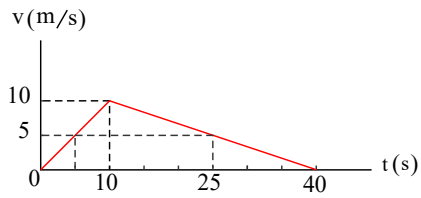


نیروی F از روی نیروسنج و m را به کمک ترازو به‌دست می‌آوریم.

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 توجّه به نمودار سرعت – زمان شکل زیر و اینکه لحظهٔ $۵\ s$ وسط مدت زمان بخش تندشوندهٔ حرکت ($۰\ s$ تا $۱۰\ s$) است و لحظهٔ $۲۵\ s$ وسط مدت زمان بخش کندشوندهٔ حرکت ($۱۰\ s$ تا $۴۰\ s$) است، سرعت در این لحظه‌ها یکسان و برابر $۵m/s$ است.



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

$$\begin{cases} \text{سرعت متوسط بازهٔ } ۰\ s \text{ تا } ۵\ s: v_{av۱} = \dfrac{v_۰ + v_۵}{۲} = \dfrac{۰ + ۵m/s}{۲} = ۲/۵m/s \\ \text{سرعت متوسط بازهٔ } ۲۵s \text{ تا } ۴۰\ s: v_{av۲} = \dfrac{v_{۲۵} + v_{۴۰}}{۲} = \dfrac{۵m/s + ۰}{۲} = ۲/۵m/s \end{cases}$$

بنابراین سرعت متوسط در بازهٔ زمانی $۰\ s$ تا $۵\ s$ برابر سرعت متوسط در بازهٔ زمانی $۲۵\ s$ تا $۴۰\ s$ است و نسبت آن‌ها یک می‌شود.

۶۳ تندی برابر اندازه (قدرمطلق) سرعت است. در نمودار سرعت - زمان، سرعت منفی و اندازهٔ آن در حال افزایش است. بنابراین، تندی در حال افزایش است و در لحظه‌های $t_۱$، $t_۲$ و $t_۳$ داریم: $v_۳ > v_۲ > v_۱$.

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: $a_۳ < a_۲ < a_۱$.

بنابراین، گزینهٔ «پ» درست است.

۶۴ الف)

$$\begin{cases} t_۱ = ۱s \Rightarrow x_۱ = ۴ \times ۱^۲ - ۱۲ \times ۱ + ۱۳ = ۵m \\ t_۲ = ۴s \Rightarrow x_۲ = ۴ \times ۴^۲ - ۱۲ \times ۴ + ۱۳ = ۲۹m \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta x = x_۲ - x_۱ = ۲۹m - ۵m = ۲۴m$$

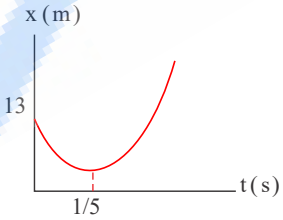
ب) بررسی می‌کنیم که متحرک در بازهٔ زمانی $t_۱ = ۱s$ تا $t_۲ = ۴s$ تغییر جهت داشته است یا خیر.

رابطهٔ مکان - زمان را به‌صورت زیر تغییر می‌دهیم:

$$x = ۴t^۲ - ۱۲t + ۱۳ = (۴t^۲ - ۱۲t + ۹) + ۴ = (۲t - ۳)^۲ + ۴$$

با توجّه به رابطهٔ مکان - زمان، نمودار مکان - زمان متحرک به شکل fi است. مشاهده می‌شود که متحرک در لحظهٔ $t_M = ۱/۵s$ تغییر جهت می‌دهد. پس برای محاسبهٔ مسافت پیموده‌شده در بازهٔ زمانی $t_۱ = ۱s$ تا $t_۲ = ۴s$ باید ابتدا مکان متحرک در لحظهٔ $t_M = ۱/۵s$ را به‌دست آوریم.

$$t_M = ۱/۵s \Rightarrow x_M = ۴ \times ۱/۵^۲ - ۱۲ \times ۱/۵ + ۱۳ = ۴m$$



این متحرک در بازهٔ زمانی $t_۱ = ۱s$ تا $t_۲ = ۴s$ ابتدا از مکان $x_۱ = ۵m$ در یک سو به مکان $x_M = ۴m$ رفته و مسافت $|x_M = x_۱| = ۱m$ متر را می‌پیماید، سپس از مکان $x_M = ۴m$ در یک سو به مکان $x_۲ = ۲۹m$ رفته و مسافت $|x_۲ - x_M| = ۲۵m$ متر را می‌پیماید. بنابراین، متحرک در این بازهٔ زمانی در مجموع مسافت $۲۵m + ۱m = ۲۶m$ را پیموده است.

۶۵ رابطهٔ مکان - زمان را به‌صورت زیر تغییر می‌دهیم:

$$x = -۹t^۲ + ۳۶t + ۲۸ = -۹t^۲ + ۳۶t - ۳۶ + ۶۴$$

$$= -۹(t^۲ - ۴t + ۴) + ۶۴ = -۹(t - ۲)^۲ + ۶۴$$

با توجّه به رابطهٔ مکان - زمان، در لحظهٔ $t = ۲s$ مکان به بیشترین مقدار خود یعنی $x_{max} = ۶۴m$ می‌رسد. بنابراین:

الف) در محدودهٔ زمانی $t < ۲s$، x برحسب t صعودی است و افزایش می‌یابد و جسم در سوی مثبت محور x حرکت می‌کند.

ب) در محدودهٔ زمانی $t > ۲s$، x برحسب t نزولی است و کاهش می‌یابد و جسم در سوی منفی محور x حرکت می‌کند.

پ و ت) در لحظه $t = ۲s$ و در مکان $x = ۶۴m$ جهت حرکت جسم تغییر می‌کند.

۶۶

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

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

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

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

۶۷

الف) $v^۲ - v_۰^۲ = -۲g\Delta y \Rightarrow ۱۶۰۰ = -۲ \times ۱۰\Delta y \Rightarrow h = |\Delta y| = ۸۰m$

ب) چون جهت مثبت y به طرف بالاست و توپ سقوط کرده است، داریم: $\Delta y = -۸۰m$

$$\Delta y = -\frac{۱}{۲}gt^۲ \rightarrow -۸۰ = -۵t^۲ \Rightarrow t = ۴s$$

۶۸ بتا (الکترون)زا

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

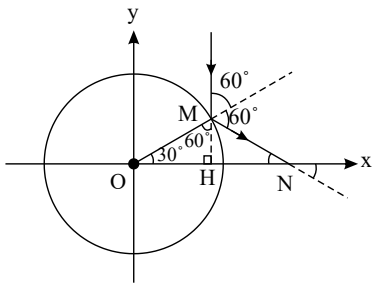
ب) چون این اختلاف جرم در $c^۲$ (مربع تندی نور در خلأ) ضرب می‌شود که عدد بزرگی است و در این صورت انرژی قابل ملاحظه‌ای تولید می‌شود.

۷۰ MeV

۷۱ گرانشی

۷۲ فوتون

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



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

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

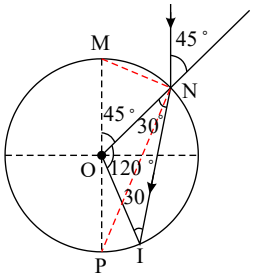
که این زاویهٔ همان زاویهٔ بین امتداد پرتو بازتاب با محور x است.

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

$$\frac{v_۲}{v_۱} = \frac{\sin\theta_۲}{\sin\theta_۱} \xrightarrow[v_۱=\sqrt{۲}v_۲]{\theta_۱=۴۵^\circ} \frac{۱}{\sqrt{۲}} = \frac{\sin\theta_۲}{\frac{\sqrt{۲}}{۲}} \rightarrow \sin\theta_۲ = \frac{۱}{۲} \rightarrow \theta_۲ = ۳۰^\circ$$

با توجه به اینکه در مثلث $\overset{\Delta}{ONP}$ جمع زوایای N و P برابر ۴۵° است و دو زاویه برابرند پس زاویهٔ N برابر است با $N = \frac{۴۵}{۲} = ۲۲٫۵$ که از زاویهٔ ۳۰° درجه کمتر است؛ بنابراین پرتو شکست دایره را در سمت راست P یعنی نقطهٔ I قطع خواهد نمود. از آنجا که در مثلث $\overset{\Delta}{ONI}$، $ON = OI = ۱m$ بنابراین $\hat{I} = \hat{N} = ۳۰^\circ$ و در این مثلث $\hat{O} = ۱۸۰ - ۳۰ - ۳۰ = ۱۲۰^\circ$ یا $\hat{O} = \frac{۲\pi}{۳}(Rad)$ بنابراین طول قوس NI برابر است با:

$$\overset{\frown}{NI} = ON \times \frac{۲\pi}{۳} = \frac{۲\pi}{۳}(m)$$



۷۵ الف) چون درمورد $n = ۱$ نوسان داریم بنابراین بسامد تار برابر خواهد شد با :

$$f = \frac{v}{۲L} = \frac{۲۵۰}{۲ \times ۰٫۱۵} = \frac{۲۵۰۰}{۳}Hz$$

بنابراین بسامد امواج صوتی نیز $\frac{۲۵۰۰}{۳}$ هرتز می‌شود.

ب) طول موج عبارت است از :

$$\lambda = \frac{v_{صوت}}{f} \xrightarrow[f=\frac{۲۵۰۰}{۳}]{v_{صوت}=۳۴۸} \lambda = \frac{۳۴۸}{\frac{۲۵۰۰}{۳}} = ۰٫۴۱۷۶m = ۴۱٫۷۶cm$$

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

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

۷۷ الف) در آزمایش یانگ 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 رابطهٔ $\lambda = vT$ با سرعت متناسب است نیز کاهش می‌یابد. بنابراین با توجه به رابطهٔ مستقیم پهنای نوار با طول موج در اینجا پهنای نوار کاهش می‌یابد.

۷۸ الف) طول موج از طریق رابطهٔ $\lambda = \frac{v}{f}$ با بسامد رابطه دارد که در آن $v_{\text{هوا}} = c$ سرعت نور در هواست که برابر $۳ \times ۱۰^{۸} m/s$ است پس داریم:

$$۶/۲ \times ۱۰^{-۷} = \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{f} \rightarrow f = \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{۶/۲ \times ۱۰^{-۷}} = \frac{۱۵}{۳۱} \times ۱۰^{۱۵} Hz$$

ب) طبق همان رابطه داریم:

$$\text{هوا}: \lambda_{\text{هوا}} = \frac{v_{\text{هوا}}}{f} \rightarrow \lambda_{\text{هوا}} = \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{۴/۳ \times ۱۰^{۱۴}} = \frac{۳۰}{۴۳} \times ۱۰^{-۶} m$$

$$\lambda_{\text{آب}} = \frac{v_{\text{آب}}}{f} \rightarrow \lambda_{\text{آب}} = \frac{۲/۲۵ \times ۱۰^{۸}}{۴/۳ \times ۱۰^{+۱۴}} = \frac{۲۲/۵}{۴۳} \times ۱۰^{-۶} m$$

۷۹

الف) $x = ۲cm = ۰/۰۲\, m \rightarrow ۰/۰۲ = ۰/۰۴ \cos ۲\pi t$

$$\rightarrow \cos ۲\pi t = \frac{۱}{۲} \rightarrow ۲\pi t = ۲k\pi \pm \frac{\pi}{۳} \quad (k = ۰, ۱, \cdots)$$

اولین بار یعنی $k = ۰$ و علامت $+$ پس:

$$۲\pi t = \frac{\pi}{۳} \rightarrow t = \frac{۱}{۶} s$$

ب) $E = \frac{۱}{۲} m A^{۲} \omega^{۲} = \frac{۱}{۲} m (۰/۰۴)^{۲} \times (۲\pi)^{۲}$

$$E = U + K \xrightarrow{K = \frac{۲}{۵}U \rightarrow U = \frac{۵}{۲}K} E = \frac{۵}{۲}K + K = \frac{۷}{۲}K = \frac{۷}{۲}(\frac{۱}{۲} m V^{۲}) = \frac{۷}{۴} m v^{۲}$$

از برابری طرف‌های راست خواهیم داشت:

$$\frac{۱}{۲} m (۰/۰۴)^{۲} \times (۲\pi)^{۲} = \frac{۷}{۴} m v^{۲} \rightarrow v^{۲} = \frac{۲}{۷} (۰/۰۴)^{۲} \times (۲\pi)^{۲}$$

$$v = \sqrt{\frac{۲}{۷}} \times ۰/۰۴ \times ۲\pi = \frac{۲\pi}{۲۵} \sqrt{\frac{۲}{۷}} (m/s)$$

۸۰ از $x = ۰/۰۲ \cos ۴\pi t$ داریم $A = ۰/۰۲\, m$ و $\omega = ۴\pi$. انرژی مکانیکی نوسانگر از رابطهٔ $E = \frac{۱}{۲} m A^{۲} \omega^{۲}$ محاسبه می‌شود پس داریم:

$$E = \frac{۱}{۲} m (۲ \times ۱۰^{-۲})^{۲} \times (۴\pi)^{۲} = \frac{۱}{۲} \times ۴ \times ۱۰^{-۴} \times ۱۶\pi^{۲} \times m$$

$$E = ۳۲ \times ۱۰^{-۴} \times \pi^{۲} \times m$$

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

$$E = U + K$$

باتوجه به اینکه $K = \frac{۲۰}{۱۰۰} U$ پس:

$$K = \frac{۲}{۱۰} U = \frac{۱}{۵} U \rightarrow U = ۵K$$

$$E = K + ۵K = ۶K \xrightarrow{K = \frac{۱}{۲} m v^{۲}} ۶ \times \frac{۱}{۲} m v^{۲} = ۳۲ \times ۱۰^{-۴} \times \pi^{۲} \times m$$

$$\rightarrow v^{۲} = \frac{۳۲\pi^{۲} \times ۱۰^{-۴}}{۳} \rightarrow v = \sqrt{\frac{۲}{۳}} \times ۴\pi \times ۱۰^{-۲} (m/s)$$

۸۱ مطابق شکل در مثلث قائم‌الزاویهٔ $\overset{\triangle}{ABC}$ داریم:

$$\tan ۲\alpha = \frac{R'}{d-x} \quad (۱)$$

از مثلثات داریم:

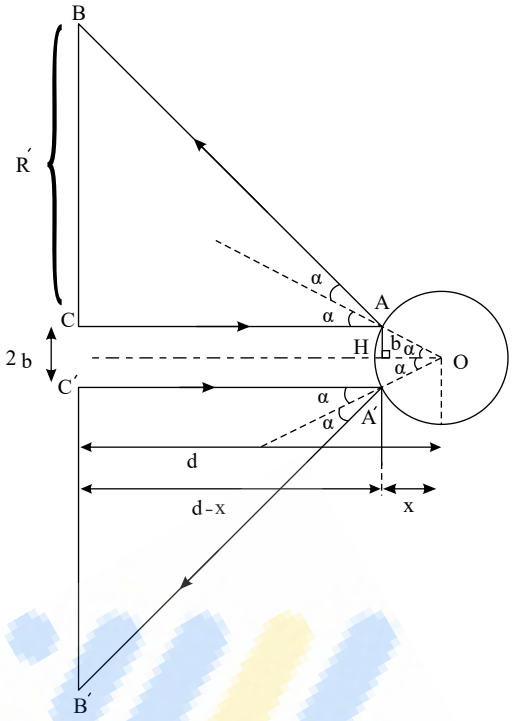
$$\tan ۲\alpha = \frac{۲\tan\alpha}{۱-\tan^۲\alpha} \quad (۲)$$

برای مثلث قائم‌الزاویه $\overset{\triangle}{OAH}$ داریم:

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

با قراردادن آن در رابطهٔ (۲) می‌توان نوشت:

$$\tan ۲\alpha = \frac{۲\frac{b}{x}}{۱-\frac{b^۲}{x^۲}} = \frac{۲bx}{x^۲-b^۲} \quad (۳)$$



با مقایسهٔ (۱) و (۳) خواهیم داشت:

$$\frac{R'}{d-x} = \frac{۲bx}{x^۲-b^۲} \Rightarrow R' = \frac{۲bx}{x^۲-b^۲}(d-x)$$

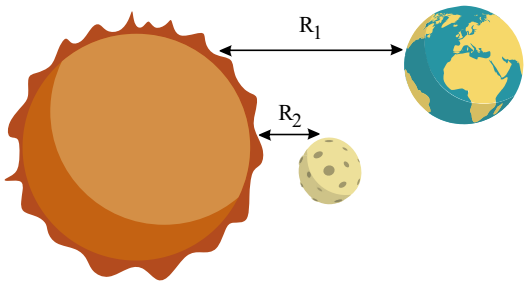
با استفاده از قضیهٔ فیثاغورث در مثلث $\overset{\triangle}{AOH}$ داریم:

$$x^۲ + b^۲ = R^۲$$

با استفاده از آن خواهیم داشت:

$$R' = \frac{۲b\sqrt{R^۲-b^۲}}{R^۲-۲b^۲}(d-\sqrt{R^۲-b^۲})$$

۸۲ الف)



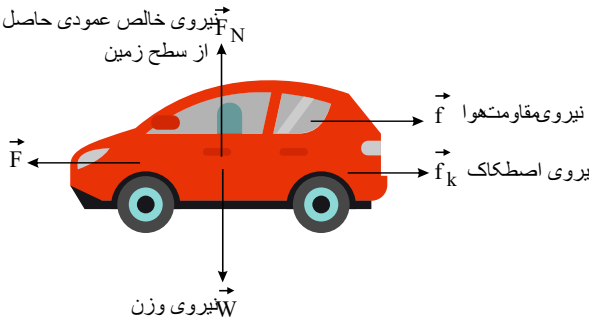
$$g_{R_{e۱}} = \frac{GM_s}{R_۱^۲} = \frac{۶٫۶۷\times ۱۰^{-۱۱} N\cdot m^۲/kg^۲ \times ۱٫۹۹\times ۱۰^{۳۰} kg}{(۱۴۹٫۶\times ۱۰^۶ \times ۱۰^۳ m)^۲}$$

$$g_{R_{e۱}} = ۵٫۹۳\times ۱۰^{-۳} N/kg$$

ب)

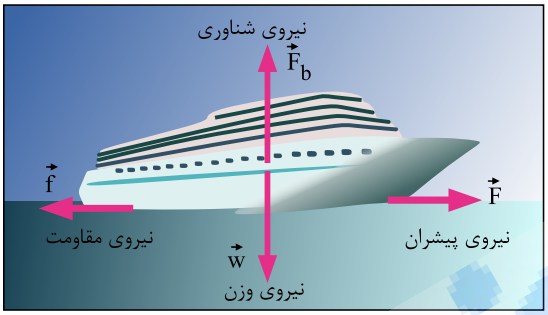
$$g_{R_{e۲}} = \frac{GM_m}{R_۲^۲} = \frac{۶٫۶۷\times ۱۰^{-۱۱} N\cdot m^۲/kg^۲ \times ۷٫۳۶\times ۱۰^{۲۲} kg}{(۳٫۸۴\times ۱۰^۵ \times ۱۰^۳ m)^۲} = ۳٫۳۳\times ۱۰^{-۵} N/kg$$

۸۳ الف)



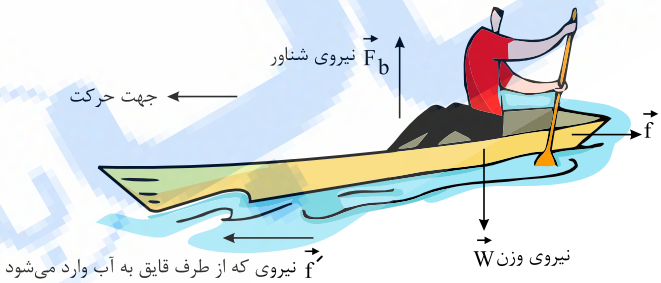
کنش	واکنش
نیرویی که زمین به خودرو وارد می‌کند. $\vec{W}$	نیرویی که خودرو به زمین وارد می‌کند. $\vec{W}'$
نیروی عمودی تکیه‌گاه سطح جاده به خودرو وارد می‌کند. $\vec{F}_N$	نیروی عمودی که خودرو بر سطح جاده وارد می‌کند. $\vec{F}'_N$
در وضعیت لغزش، نیروی موازی سطح از طرف زمین در خلاف جهت حرکت به خودرو وارد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

ب)



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

پ)

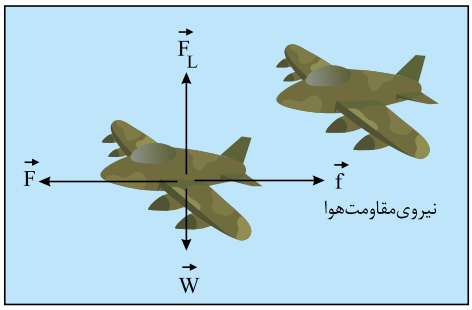


کنش	واکنش
نیرویی که زمین به قایق وارد می‌کند. $\vec{W}$	نیرویی که قایق به زمین وارد می‌کند. $\vec{W}'$
نیرویی که از طرف آب (نیروی شناوری) به قایق وارد می‌شود. $\vec{F}_b$	نیرویی که از طرف قایق به آب وارد می‌شود. $\vec{F}'_b$
نیروی موازی در جهت مخالف حرکت از طرف آب و مولکول‌های هوا به سطح قایق وارد می‌شود.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

ت)

کنش	واکنش
نیرویی که زمین به چترباز وارد می‌کند. $\vec{W}$	نیرویی که چترباز به زمین وارد می‌کند. $\vec{W}'$
نیرویی که از طرف مولکول‌های هوا به چترباز وارد می‌شود. $\vec{F}_D$	نیرویی که از طرف چترباز به مولکول‌های هوا وارد می‌شود. $\vec{F}'_D$

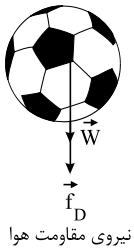
ث)



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

ج)

قبل از برخورد:	
کنش	وا کنش
نیرویی که زمین به توپ وارد می‌کند. $\vec{W}$	نیرویی که توپ به زمین وارد می‌کند. $\vec{W}'$
نیرویی که از طرف مولکول‌های هوا رو به بالا به توپ وارد می‌شود. $\vec{F}_D$	نیرویی که از طرف توپ به مولکول‌های هوا وارد می‌شود. $\vec{F}'_D$



نیروی مقاومت هوا

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

$y = \frac{۱}{۲}gt^۲ \Rightarrow y = \frac{۱}{۲} \times ۹٫۸ \times ۴^۲ = ۷۸٫۴\,m$

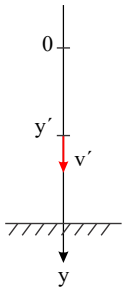
$v = gt \Rightarrow v = ۹٫۸ \times ۴ = ۳۹٫۲ m/s$

گلوله باید از ارتفاع $78/4\ m$ رها شود و با سرعت $39/2 m/s$ به زمین می‌رسد. برای محاسبهٔ سرعت گلوله در نیمهٔ راه از رابطهٔ مستقل از زمان برای نیمهٔ اول مسیر استفاده می‌کنیم:

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

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

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



۸۵ با توجه به خط راست بودن نمودار سرعت - زمان، رابطهٔ سرعت - زمان درجهٔ یک است.

رابطهٔ سرعت - زمان را به‌صورت $v = mt + b$ در نظر می‌گیریم و داریم:

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

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

۸۶ الف) اگر حرکت جسمی شتاب‌دار نباشد، سرعت جسم تغییر نمی‌کند و ثابت است. در نتیجه، اندازهٔ 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.

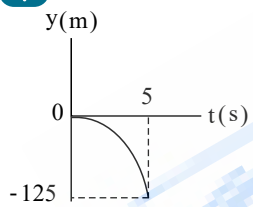
ب) اگر حرکت جسمی شتاب‌دار باشد، سرعت جسم تغییر می‌کند. تغییر سرعت جسم می‌تواند به‌دلیل تغییر در اندازهٔ بردار سرعت (تغییر تندی) یا تغییر در جهت بردار سرعت (جهت حرکت) باشد. بنابراین، سرعت تغییر می‌کند، اما تندی یا جهت حرکت (یکی از آن‌ها) ممکن است تغییر نکرده باشد.

۸۷

الف

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

ب



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

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

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

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

۹۰

الف

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

ب

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