باسمه تعالی

وزارت آموزش و پرورش

باشگاه دانش‌پژوهان جوان

مبارزه‌ی علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیّت‌ها است.

« امام خمینی (ره) »

بیست و سومین المپیاد فیزیک کشور

مرحله‌ی اوّل

۳۰ دی ۱۳۸۸

مدّت آزمون: ۴ ساعت از ۹:۰۰ تا ۱۳:۰۰ کد برگه‌ی سؤال‌ها ۱

تذکرها:

ضمن آرزوی موفقیّت برای شما داوطلب گرامی، خواهشمند است به موارد زیر دقیقاً توجه فرمایید:

۱) کد برگه‌ی سؤال‌های شما ۱ است که لازم است خانه‌ی مربوط به این رقم را در محل مربوط در پاسخ‌نامه سیاه کنید و آن را روی برگه‌ی پاسخ‌نامه بنویسید. **در غیر این صورت پاسخ‌نامه‌ی شما تصحیح نخواهد شد.** توجه داشته باشید کد برگه‌ی سؤال‌های شما، که در بالای هر یک از صفحه‌های این دفترچه نوشته شده است، با کد اصلی که در همین صفحه است یکسان باشد.

۲) این آزمون ۳۳ سؤال چندگزینه‌ای و ۷ مسئله‌ی کوتاه دارد و وقت آن ۴ ساعت است.

۳) در سؤال‌های چندگزینه‌ای به هر پاسخ درست امتیاز مثبت و به هر پاسخ غلط امتیاز منفی تعلق می‌گیرد. نمره‌ی مثبت و منفی هر سؤال در پرانتزی مقابل همان سؤال نوشته شده است.

۴) هر سؤال چندگزینه‌ای **فقط یک گزینه‌ی درست دارد** و انتخاب بیش از یک گزینه معادل با پاسخ نادرست است.

۵) مشخصات خواسته شده را **به طور کامل** روی برگه‌ی پاسخ‌نامه بنویسید و خانه‌های مربوط را پر کنید.

٦) لطفاً پاسخ‌نامه را تمیز نگه دارید و آن را تا نکنید، زیرا پاسخ‌نامه‌ها با دستگاه علامت‌خوان تصحیح می‌شوند.

۷) **همراه داشتن ماشین حساب و تلفن همراه مجاز نیست. اگر دارید، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید.**

۸) نتیجه‌ی این آزمون در اواخر اسفند ماه اعلام خواهد شد.

۹) پس از پایان آزمون می‌توانید دفترچه‌ی سؤالات را همراه خود ببرید.

ⓒ کلیه‌ی حقوق این سؤال‌ها برای باشگاه دانش‌پژوهان جوان محفوظ است.

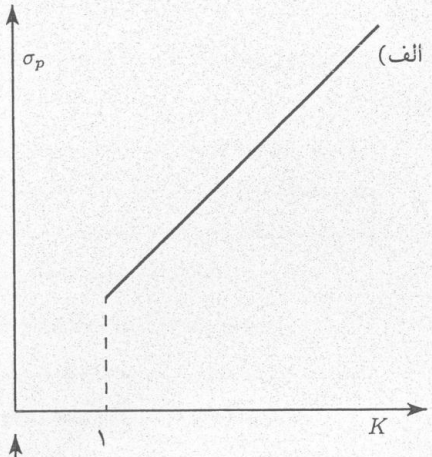
۱) جسمی از حال سکون روی یک سطح شیب‌دار به طرف پایین حرکت می‌کند. ضریب اصطکاک بین جسم و سطح شیب‌دار μ است. زاویه‌ی شیب سطح θ است. $\tan 2\theta$ چه قدر باشد تا جسم فاصله‌ی افقی d را در کوتاه‌ترین زمان طی کند؟ (+۳, −۱)

الف) $\frac{-۱}{\mu}$ ب) $\frac{-۱}{۲\mu}$ ج) μ د) -۲μ

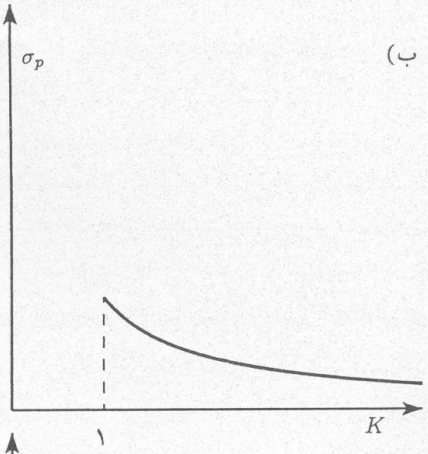
---

۲) خازن تختی را که عایق بین صفحه‌های آن هوا است، به یک باطری وصل کرده و سپس جدا می‌کنیم. روی صفحه‌های خازن بارهای $q+$ و $q-$ قرار می‌گیرد. در این حال یک تیغه‌ی عایق با ثابت دی‌الکتریک K بین دو صفحه قرار می‌دهیم، طوری که همه‌ی فضای خالی بین دو صفحه را پر می‌کند و بارهای صفحه‌های خازن تغییر نمی‌کند. تیغه‌ی عایق در میدان الکتریکی بین دو صفحه قطبیده (پلاریزه) می‌شود. می‌توان قطبیده شدن تیغه‌ی عایق را به این شکل مدل‌سازی کرد که گویا دو بار q_p+ و q_p- روی دو طرف تیغه‌ی عایق، کنار صفحه‌های خازن ایجاد شده است (بار q_p+ کنار صفحه‌ی منفی خازن، و بار q_p- کنار صفحه‌ی مثبت خازن). چگالی سطحی بار فرضی q_p+ روی سطح تیغه‌ی عایق را با σ_p نشان می‌دهیم. نمودار σ_p بر حسب K کدام است؟ (+۳, −۱)

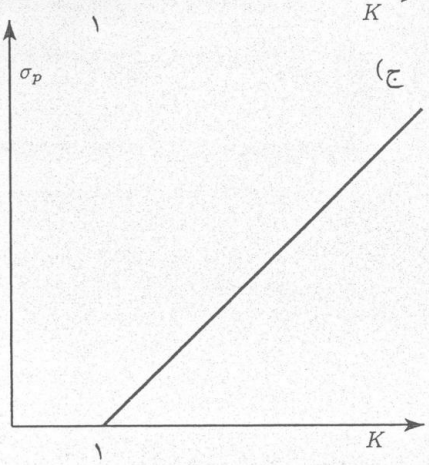
الف)



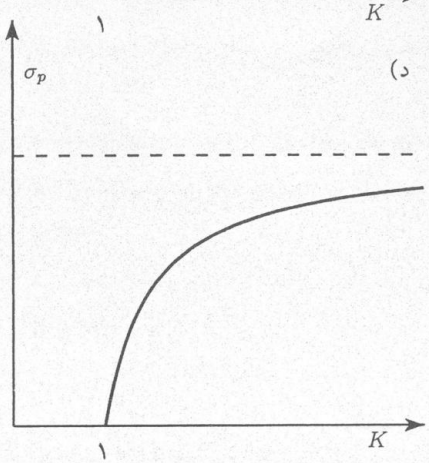
ب)



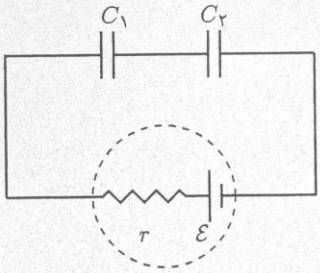
ج)



د)

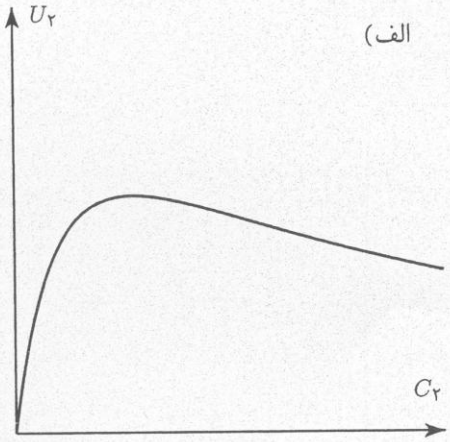


۳) (+۳, −۱)

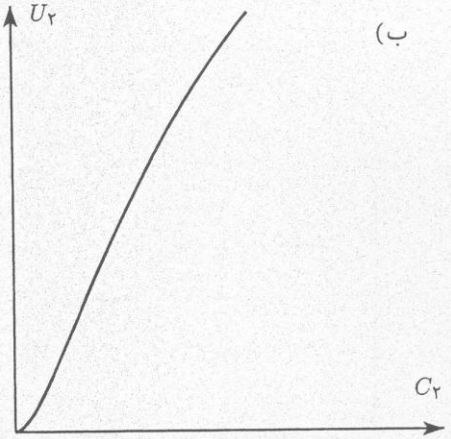


در مدار نشان داده شده در شکل $\mathcal{E}$، r، و C_1 مقادیر ثابتی هستند. با تغییر C_2 انرژی ذخیره شده در خازن ۲، که آن را با U_2 نشان می‌دهیم، تغییر می‌کند. نمودار U_2 بر حسب C_2 کدام است؟

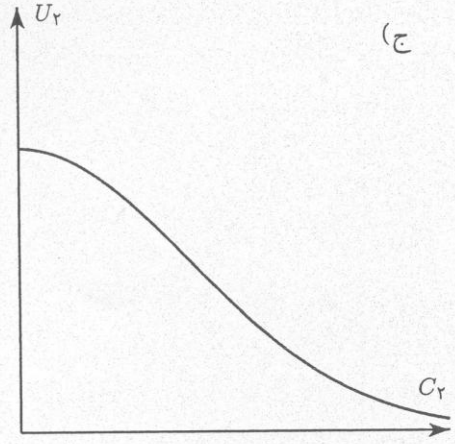
الف)



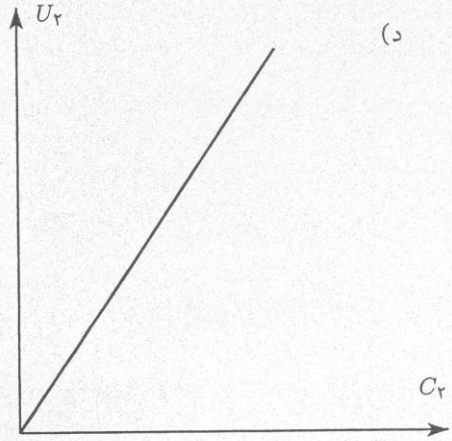
ب)



ج)



د)



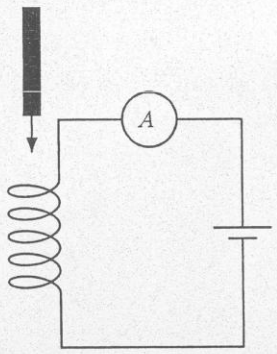
---

۴) $۶۰\ cm^3$ آب را روی کف زمین اتاقی به ابعاد $۳\ m \times ۴\ m \times ۵\ m$ می‌ریزیم. پس از مدتی همه‌ی آب تبخیر می‌شود. فاصله‌ی متوسط بین دو ملکول مجاور آب پس از گذشتن زمان طولانی از تبخیر تقریباً چند برابر می‌شود؟ (+۳, −۱)

الف) ۱۰ برابر ب) ۱۰۰ برابر ج) ۱۰۰۰ برابر د) ۱۰۰۰۰ برابر

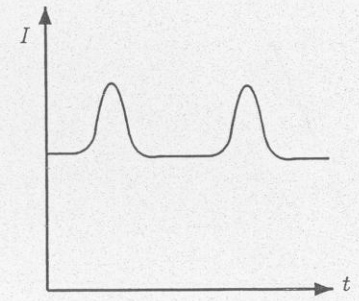
---

۵)

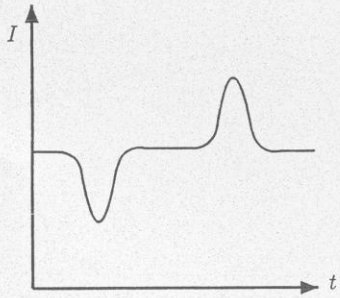


یک میله‌ی آهنی با سرعت ثابت از وسط یک سیم‌پیچ متصل به باطری عبور می‌کند. آمپرمتر جریان I را نشان می‌دهد. نمودار $I(t)$ (جریان بر حسب زمان) کدام است؟

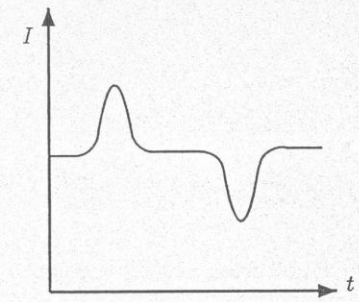
الف)



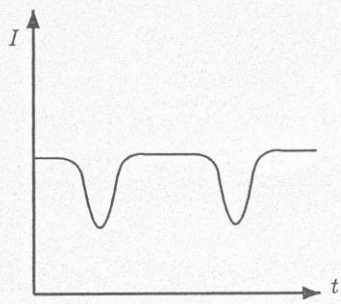
ب)



ج)



د)



(+۳, −۱)

---

۶) یک انسان بالغ در یک شبانه‌روز تقریباً به چه قدر اکسیژن نیاز دارد؟ (+۲, −۱)

الف) ۱۰ g ب) ۱ kg ج) ۱۰۰ kg

---

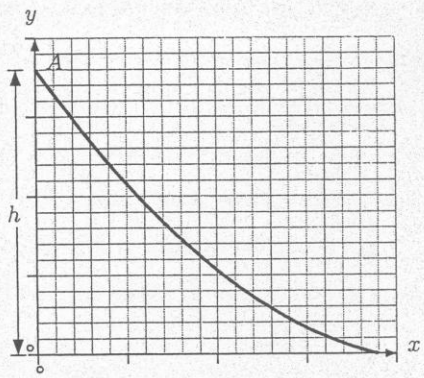
۷) فاصله‌ی یک جسم از یک عدسی واگرا N برابر فاصله‌ی کانونی عدسی است. نسبت طول جسم به طول تصویر کدام گزینه است؟ (+۳, −۱)

الف) $N-1$ ب) N ج) $N+1$ د) $\frac{N+1}{2}$

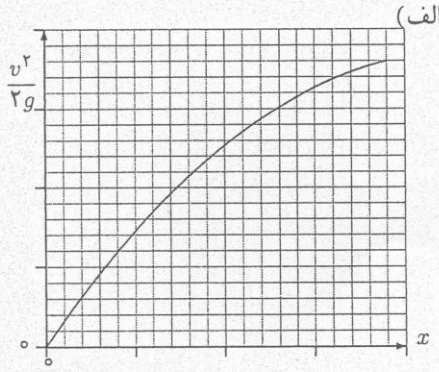
---

۸) (+۳, −۱)

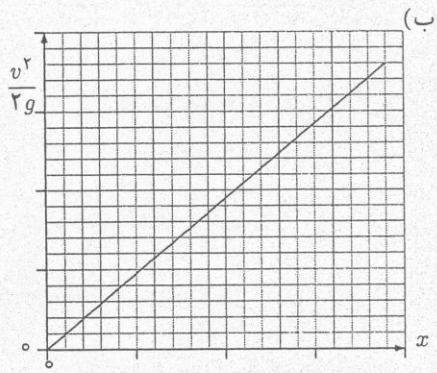
شکل روبرو میله‌ی باریکی را نشان می‌دهد. شتاب گرانش در امتداد $y-$ است. مهره‌ی تسبیحی روی میله از نقطه‌ی $A = (۰, h)$، با سرعت اولیه‌ی صفر رها می‌شود. اصطکاک ناچیز است. نمودار تغییرات $\frac{v^۲}{۲g}$ بر حسب x کدام یک از شکل‌های زیر است؟ (v سرعت لحظه‌ای ذره است.)



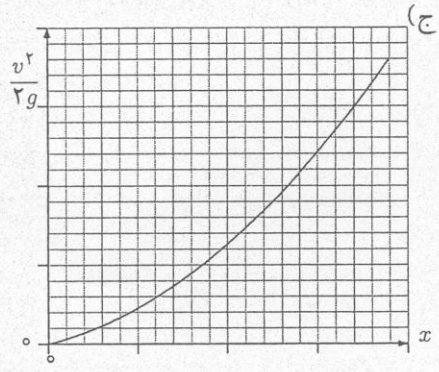
الف)



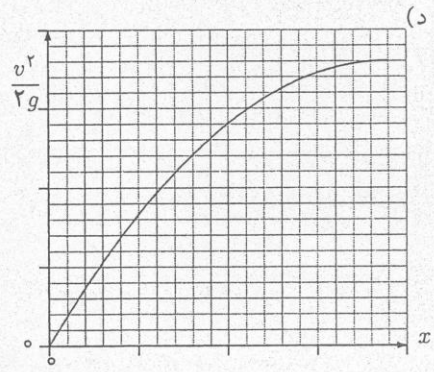
ب)



ج)



د)



---

۹) برای یک تخم‌مرغ معمولی متوسط، جرم تخم‌مرغ را با M و جرم پوسته‌ی آن را با m نشان می‌دهیم. کدام گزینه درست است؟ راه‌نمایی: چگالی پوسته را تقریباً ۳ برابر چگالی آب بگیرید. تخم‌مرغ را به شکل کره، و ضخامت پوسته را ۰٫۳ mm بگیرید. (+۳, −۱)

الف) $M \simeq ۶۰\,g$ و $m \simeq ۲۰\,g$

ب) $M \simeq ۶۰\,g$ و $m \simeq ۶\,g$

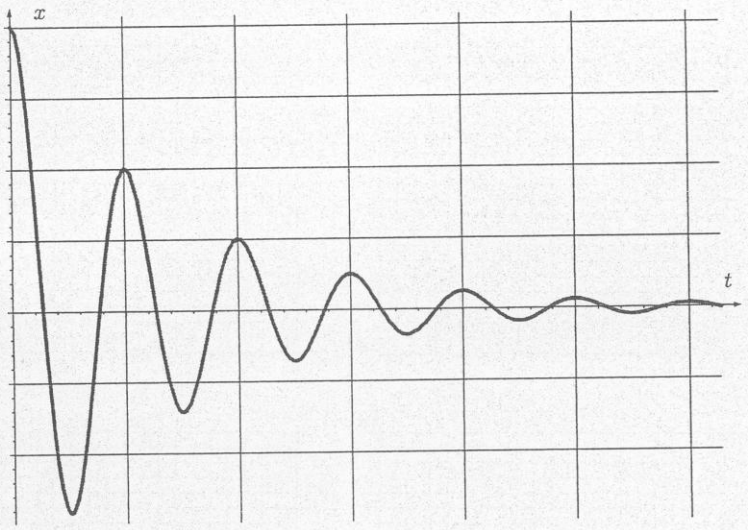
ج) $M \simeq ۲۰۰\,g$ و $m \simeq ۶\,g$

د) $M \simeq ۲۰۰\,g$ و $m \simeq ۲۰\,g$

---

۱۰) جسمی به جرم m را به فنری به ثابت K وصل کرده‌ایم و از حالت تعادل ($x = ۰$) خارج و سپس رها می‌کنیم. جسم شروع به نوسان می‌کند. در لحظه‌ای که جسم در مکان x است و سرعت آن v است، انرژی آن $\frac{۱}{۲}mv^۲ + \frac{۱}{۲}Kx^۲$ است. منحنی مکان ـ زمان جسم را در شکل می‌بینید. به علت وجود اصطکاک این حرکت میرا است و دامنه‌ی حرکت با گذشت زمان کوچک می‌شود. در یک سیکل جسم از بیشینه فاصله از نقطه‌ی تعادل شروع می‌کند و پس ازدو بار گذشتن از حالت تعادل به دورترین نقطه‌ی ممکن از آن می‌رود. در هر نوسان بخشی از انرژی تلف می‌شود. نسبت انرژی تلف‌شده در سیکل دوم به انرژی تلف‌شده در سیکل اول چه قدر است؟ (+۳, −۱)

الف) ۱ ب) $\frac{۱}{۲}$ ج) $\frac{۳}{۴}$ د) $\frac{۱}{۴}$

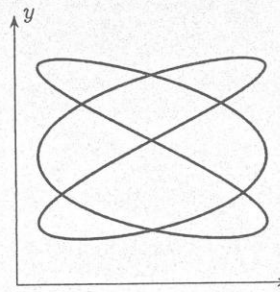


---

۱۱) ذره‌ای در صفحه‌ی xy بر روی مسیری که در شکل نشان داده شده حرکت می‌کند. معادله‌ی حرکت این ذره به شکل زیر است.

$$x = A_۱ + B_۱ \cos(۲\pi f_۱ t + \alpha_۱), \qquad y = A_۲ + B_۲ \cos(۲\pi f_۲ t + \alpha_۲)$$

به بیان دیگر، تصویر این ذره روی هر یک از محورهای x و y مثل یک نوسانگر ساده با بسامدهای $f_۱$ و $f_۲$ است. نسبت $\frac{f_۱}{f_۲}$ چیست؟ (+۳, −۱)



الف) $\frac{۱}{۲}$

ب) $\frac{۲}{۳}$

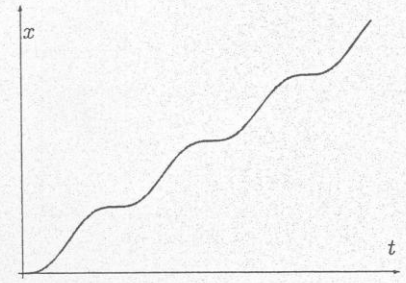
ج) $\frac{۳}{۲}$

د) $\frac{۲}{۱}$

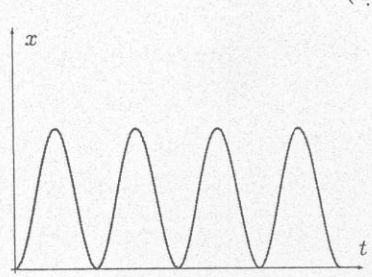
---

۱۲) ذره‌ای در لحظه‌ی $t = 0$ از نقطه‌ی $x = 0$ و با سرعت $v = 0$ در امتداد محور x شروع به حرکت می‌کند و شتاب آن $a = A\sin(\omega t)$ است، که در آن A و ω دو ثابت مثبت اند. منحنی مکان ـ زمان متحرک کدام یک از شکل‌های زیر است؟ (+۳, −۱)

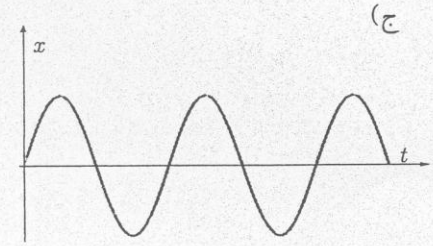
الف)



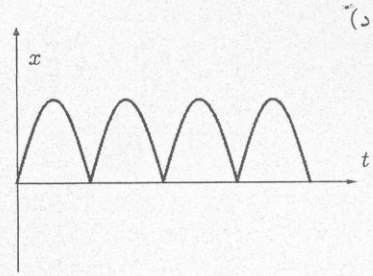
ب)



ج)

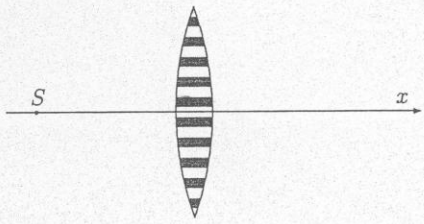


د)



---

۱۳) مطابق شکل یک عدسی از دو نوع شیشه با ضریب شکست مختلف ساخته شده است. لایه‌هایی که در شکل خاکستری اند از یک نوع شیشه، و لایه‌هایی که در شکل سفید اند از نوع دیگر اند. منبع نقطه‌ای تکرنگ S روی محور نوری این عدسی و در سمت چپ آن است. از شکست نور در مرز بین دو نوع شیشه صرف نظر کنید. پرده‌ای عمود بر محور نوری این عدسی در سمت راست عدسی است. این پرده از نزدیک عدسی در جهت محور x حرکت می‌کند. (+۳, −۱)



الف) طی حرکت پرده فقط یک مکان وجود دارد که روی پرده یک نقطه‌ی روشن دیده می‌شود.

ب) طی حرکت پرده فقط یک مکان وجود دارد که روی پرده یک لکه‌ی روشن دیده می‌شود.

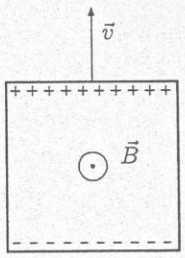
ج) طی حرکت پرده دو مکان وجود دارد که روی پرده فقط یک نقطه‌ی روشن دیده می‌شود.

د) طی حرکت پرده دو مکان وجود دارد که روی پرده لکه‌ی روشنی داریم که در این دو جا شدت روشنایی در مرکز لکه بیشینه است.

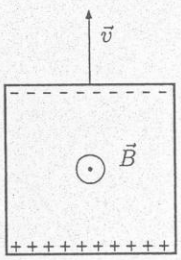
---

۱۴) یک رسانای مسطح مربع‌شکل با سرعت v در یک میدان مغناطیسی یکنواخت حرکت می‌کند. کدام یک از شکل‌های زیر توزیع بار الکتریکی روی رسانا را به درستی نشان می‌دهد؟ جهت میدان مغناطیسی بر صفحه‌ی کاغذ عمود و رو به شما است. (+۳, −۱)

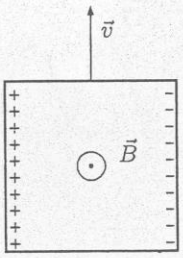
الف)



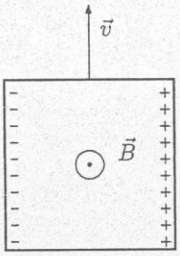
ب)



ج)

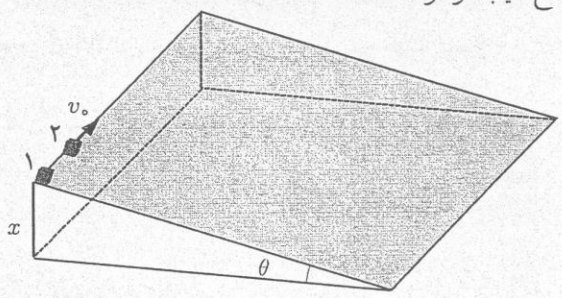


د)



---

۱۵) دو ذره‌ی مشابه را کنار هم روی سطح شیب‌داری با شیب θ و ارتفاع h قرار داده‌ایم. ذره‌ی ۱ را رها می‌کنیم و هم‌زمان ذره‌ی ۲ را با سرعت اولیه‌ی افقی v_0، مطابق شکل پرتاب می‌کنیم. ضریب اصطکاک بین این ذرات و سطح شیب‌دار را μ ($\mu < \tan\theta$) بگیرید. کدام گزینه در مورد زمان رسیدن این دو ذره به پایین سطح شیب‌دار درست است؟ (+۳, −۱)



الف) ذره‌ی ۱ حتماً زودتر می‌رسد.

ب) ذره‌ی ۲ حتماً زودتر می‌رسد.

ج) دو ذره حتماً هم‌زمان می‌رسند.

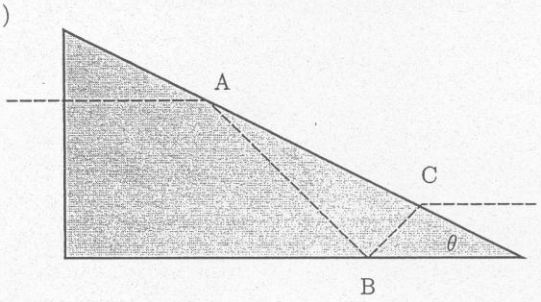
د) در صورتی که $v_0 < \sqrt{2gh}$ باشد (g شتاب گرانش است) ذره‌ی ۱، و در غیر این صورت ذره ۲ حتماً زودتر می‌رسد.

---

۱۶) مقطع یک منشور مثلث قائم‌الزاویه، و ضریب شکست آن n است. مطابق شکل پرتویی عمود بر وجه به منشور می‌تابد. این پرتو پس از بازتابش کلی از نقاط A و B به نقطه‌ی C می‌رسد و از آن نقطه موازی پرتوی تابیده از آن خارج می‌شود. زاویه‌ی θ چه قدر است؟
فرمول‌های زیر ممکن است به درد بخورند.

$$\cos(A+B) = \cos A \cos B - \sin A \sin B$$
$$\sin(A+B) = \sin A \cos B + \cos A \sin B$$

(+۴, −۱)



الف) $\text{Arccos}\ \frac{۱}{n}$

ب) $\text{Arcsin}\ \frac{۱}{n}$

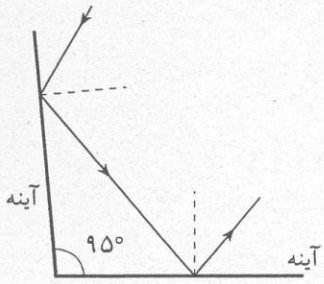
ج) $\text{Arccos}\ \frac{۱}{۲}\sqrt{۳+\frac{۱}{n}}$

د) $\text{Arcsin}\ \frac{۱}{۲}\sqrt{۳+\frac{۱}{n}}$

ه) $\text{Arccos}\ \sqrt{۳+\frac{۱}{n}}$

---

۱۷) در شکل مقابل همه‌ی پرتوها در یک صفحه اند. با ثابت نگه داشتن آینه‌ها پرتوی تابیده را در همین صفحه ۳° می‌چرخانیم. زاویه‌ی میان پرتوی تابیده بر آینه‌ی اول و پرتوی بازتابیده از آینه‌ی دوم را زاویه‌ی انحراف می‌نامیم. این زاویه چند درجه تغییر می‌کند؟ (+۳, −۱)



الف) ۰°

ب) ۳°

ج) ۶°

د) ۹°

---

۱۸) مقداری گاز کامل به حجم اولیه‌ی V و فشار اولیه‌ی P فرآیندی را می‌پیماید. این فرآیند در صفحه‌ی PV یک خط راست با شیب m ($m < ۰$) است. در طول این فرآیند انرژی درونی: (+۳, −۱)

الف) به ازای هر مقدار m دائماً کم می‌شود.

ب) به ازای هر مقدار m ابتدا زیاد و سپس کم می‌شود.

ج) به ازای هر مقدار m دائماً زیاد می‌شود.

د) به ازای بعضی مقادیر m، دائماً کم می‌شود؛ به ازای بعضی مقادیر m، دائماً زیاد می‌شود؛ و به ازای بعضی مقادیر m ابتدا زیاد و سپس کم می‌شود.

---

۱۹) دو ظرف استوانه‌ای رسانای گرما در نظر بگیرید که دهانه‌ی هر کدام با یک پیستون بدون اصطکاک بسته شده، و در هر کدام مقدار یکسانی گاز کامل در شرایط مشابه قرار دارد. روی پیستون ظرف اول یک کیسه‌ی شن می‌گذاریم، به طوری که پیستون پایین می‌رود و حجم گاز به کمترین مقدار V می‌رسد. پس از مدت کوتاهی، پیش از آن که حجم تغییر کند، فشار گاز P_a و دمای آن T_a می‌شود. روی پیستون ظرف دوم آن قدر شن را دانه دانه و به آرامی می‌گذاریم تا حجم گاز در این ظرف همان V شود. در این حالت فشار گاز P_b و دمای آن T_b است. فرض کنید طی این دو فرآیند، سیستم همواره نزدیک به تعادل ترمودینامیکی بوده است. کدام گزینه درست است؟ (+۴, −۱)

الف) $P_a > P_b$ و $T_a = T_b$

ب) $P_a > P_b$ و $T_a > T_b$

ج) $P_a = P_b$ و $T_a > T_b$

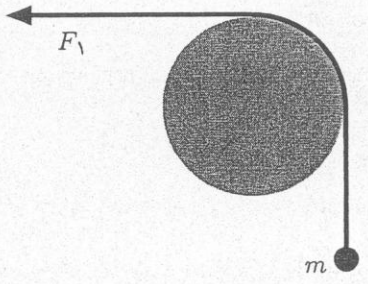
د) $P_a < P_b$ و $T_a < T_b$

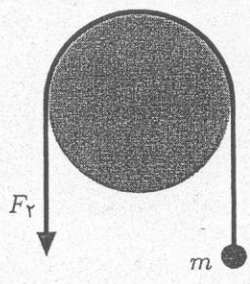
ه) $P_a = P_b$ و $T_a = T_b$

---

۲۰) مطابق شکل به یک سر نخی که از روی قطعه چوبی به شکل یک استوانه رد شده وزنه‌ی m آویخته و به سر دیگر نخ نیروی F_1 وارد شده است به طوری که وزنه در حال تعادل و در آستانه‌ی بالا آمدن است. نخ با چوب اصطکاک دارد به طوری که $F_1 - mg = f_1$. فرض کنید نخ را ۹۰° دیگر روی چوب می‌اندازیم، به طوری که نیروی F_2 در راستای قائم و رو به پایین قرار گیرد. در این حالت $F_2 - mg = f_2$ و جسم در آستانه‌ی بالا آمدن است. نسبت $\frac{f_2}{f_1}$ کدام است؟ (+۲, −۱)

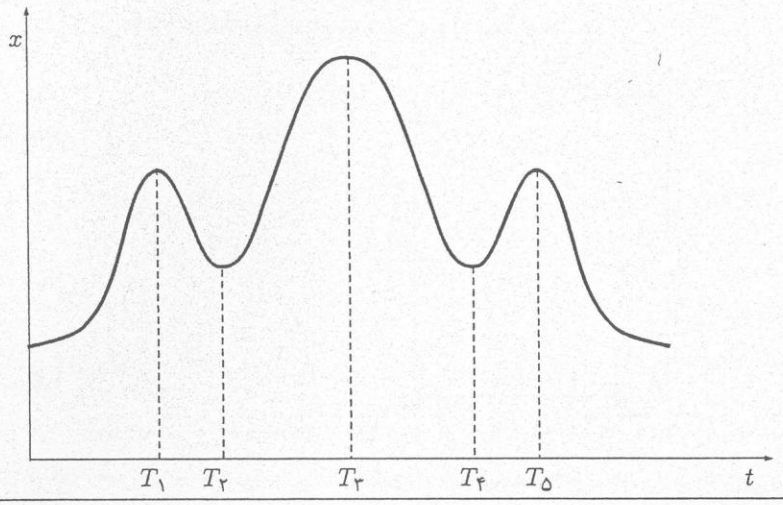
الف) ۱ ب) ۲ ج) بیش از ۲





۲۱) سرعت متوسط متحرکی بین زمان $t = ۰$ و $t = T$ را با $\bar{v}(۰,T)$ نمایش می‌دهیم. منحنی مکان ـ زمان متحرکی که روی خط راستی حرکت می‌کند به صورت زیر است. اندازه‌ی $\bar{v}(۰,T)$ به ازای $T = T_۰$ بیشترین مقدار است. $T_۰$ در نزدیکی کدام زمان است؟ (+۴,−۱)

الف) $T_۱$ ب) $T_۲$ و $T_۴$ ج) $T_۱$ و $T_۵$ د) $T_۳$ ه) $T_۵$

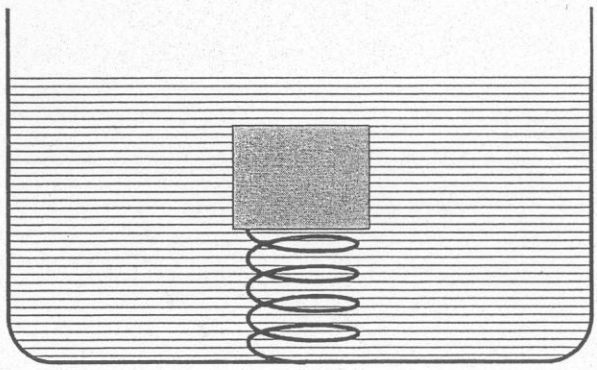


۲۲) درون ظرفی مقداری آب ریخته‌ایم. چگالی آب $\rho_۰$ است. جسمی به جرم M و چگالی $\rho_۱$ ($\rho_۱ < \rho_۰$) به وسیله فنری که به کف ظرف متصل شده، نگه داشته شده است. فنر کشیده می‌شود ولی جسم از آب بیرون نمی‌آید. نیرویی که آب به کف ظرف وارد می‌کند $W_۱$ است. اگر به جای جسم قبلی جسم دیگری با همان جرم ولی چگالی بیشتر $\rho_۲$ ($\rho_۲ > \rho_۰$) را به فنر ببندیم، فنر فشرده می‌شود ولی نه آن قدر که به کف ظرف بچسبد. در این حالت نیرویی که آب به کف ظرف وارد می‌کند $W_۲$ است. کدام گزینه درست است؟ در دو حالت مقدار آب یکسان است. (+۲,−۱)

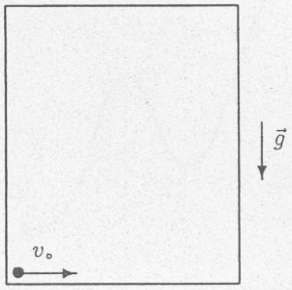
الف) $W_۲ > W_۱$

ب) $W_۲ = W_۱$

ج) $W_۲ < W_۱$



۲۳) آسانسوری با شتاب ثابت a حرکت می‌کند. جسم کوچکی با سرعت اولیه‌ی v_0 روی کف آسانسور به حرکت در می‌آید. به علت اصطکاک این جسم پس از پیمودن مسافتی می‌ایستد. اگر شتاب آسانسور رو به پایین باشد جسم پس از پیمودن مسافت S_1 می‌ایستد، و اگر شتاب آسانسور رو به بالا باشد و همین آزمایش را تکرار کنیم، جسم پس از پیمودن مسافت S_2 می‌ایستد. کدام گزینه مقدار a را نشان می‌دهد؟ g شتاب گرانش و μ ضریب اصطکاک است. (+۳، −۱)



الف) $a = g\left(\frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2}\right)$

ب) $a = \mu g\left(\frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2}\right)$

ج) $a = g\left(\frac{S_1 + S_2}{S_1 - S_2}\right)$

د) $a = \mu g\left(\frac{S_1 + S_2}{S_1 - S_2}\right)$

---

۲۴) ذره‌ای از روی سطح زمین با سرعت اولیه‌ی v_0 با زاویه‌ی θ نسبت به افق پرتاب می‌شود و روی زمین فرود می‌آید. نقطه‌ی پرتاب و فرود هم‌ترازند. مساحت سطح قائم بین منحنی مسیر و زمین را S می‌نامیم. کدام گزینه درست است؟ (g شتاب گرانش زمین است.) (+۳، −۱)

الف) $S = \frac{2}{3}\frac{v_0^2}{\sqrt{g}}\cos\theta\sin^3\theta$

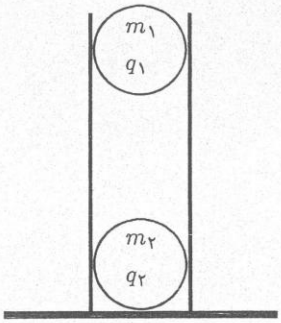
ب) $S = \frac{1}{3}\frac{v_0^3}{g}\cos^3\theta\sin\theta$

ج) $S = \frac{2}{3}\frac{v_0^4}{g^2}\cos\theta\sin^3\theta$

د) $S = \frac{1}{3}\frac{v_0^5}{g^3}\cos^3\theta\sin\theta$

---

۲۵) دو گلوله به جرم m_1 و m_2 و بار الکتریکی q_1 و q_2، مطابق شکل در لوله‌ی قائمی قرار دارند. گلوله‌ای که پایین است روی سطح میز است و گلوله‌ی بالایی با آن تماس ندارد. اصطکاک بین گلوله‌ها و لوله ناچیز است. نیرویی که گلوله‌ی پایینی به میز وارد می‌کند چه قدر است؟ (+۳، −۱)



الف) $m_2 g$

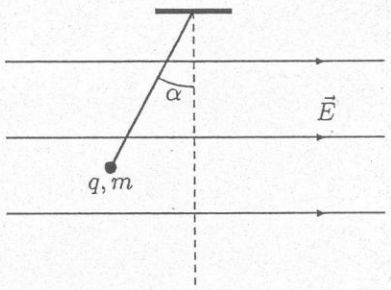
ب) $(m_1 + m_2)g$

ج) $\frac{m_1 q_1 + m_2 q_2}{q_1 + q_2} g$

د) $\frac{m_1 q_2 + m_2 q_1}{q_1 + q_2} g$

---

۲۶) شکل زیر آونگی با بار الکتریکی مثبت q و وزن mg را نشان می‌دهد که در یک میدان الکتریکی یکنواخت و افقی $\vec{E}$ قرار دارد. آونگ را مقداری از امتداد قائم (امتداد خط‌چین) خارج می‌کنیم و در حالت نشان داده شده در شکل ساکن نگه می‌داریم، طوری که نخ آونگ کشیده شده است. آونگ را رها می‌کنیم. گلوله‌ی آونگ روی خط راست حرکت می‌کند و نخ آونگ شل می‌شود. کدام گزینه در مورد زاویه‌ی α که در شکل نشان داده شده صحیح است؟ (+۳, −۱)



الف) $\alpha > \text{Arctan}\left(\frac{qE}{mg}\right)$

ب) $\alpha > \text{Arctan}\left(\frac{mg}{qE}\right)$

ج) $\alpha < \text{Arctan}\left(\frac{qE}{mg}\right)$

د) $\alpha < \text{Arctan}\left(\frac{mg}{qE}\right)$

---

۲۷) جسم کوچکی روی محور اصلی یک آینه‌ی مقعر، در فاصله‌ی p از آینه، و در حال نزدیک شدن به آینه است. سرعت جسم نسبت به آینه v_0 است. تصویر حقیقی این جسم روی محور اصلی آینه، در فاصله‌ی q از آینه، و در حال دور شدن از آینه است. سرعت تصویر نسبت به آینه v_1 است. p، q، v_0، و v_1، همگی مثبت اند. کدام گزینه درست است؟ (+۳, −۱)

الف) $v_1 = \left(\frac{p}{q}\right)^2 v_0$

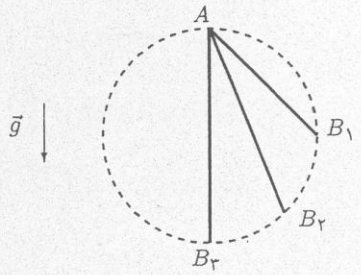
ب) $v_1 = \left(\frac{q}{p}\right)^2 v_0$

ج) $v_1 = \left(\frac{p}{q}\right) v_0$

د) $v_1 = \left(\frac{q}{p}\right) v_0$

---

۲۸) سه میله‌ی باریک $AB_۱$، $AB_۲$، و $AB_۳$ را مطابق شکل در نظر بگیرید. نقاط A، $B_۱$، $B_۲$، و $B_۳$ روی یک دایره‌ی قائم هستند و A بالاترین نقطه‌ی دایره است. سه مهره، مثل مهره‌های تسبیح، هم‌زمان از نقطه‌ی A روی این سه میله شروع به سُر خوردن می‌کنند. اصطکاکی در کار نیست. این سه مهره در زمان‌های $T_۱$ و $T_۲$ و $T_۳$ به نقاط $B_۱$ و $B_۲$ و $B_۳$ می‌رسند. کدام گزینه درست است؟ (+۲, −۱)



الف) $T_۳ < T_۲ < T_۱$

ب) $T_۱ = T_۲ = T_۳$

ج) $T_۱ < T_۲ < T_۳$

---

۲۹) طول و عرض یک مستطیل با خط‌کشی با دقّت ۱ mm اندازه‌گیری شده و این مقادیر گزارش شده است:

$$a = ۲۰\ \text{mm} \pm ۱\ \text{mm}, \qquad b = ۱۰\ \text{mm} \pm ۱\ \text{mm}.$$

کدام گزینه مساحت مستطیل را به درستی نشان می‌دهد؟ (+۳, −۱)

الف) $۲۰۰\ \text{mm}^۲ \pm ۱\ \text{mm}^۲$

ب) $۲۰۰\ \text{mm}^۲ \pm ۱۰\ \text{mm}^۲$

ج) $۲۰۰\ \text{mm}^۲ \pm ۲۰\ \text{mm}^۲$

د) $۲۰۰\ \text{mm}^۲ \pm ۳۰\ \text{mm}^۲$

---

۳۰) وقتی گلوله‌ی ساکنی منفجر می‌شود، به تعداد بسیار زیادی تکه تقسیم می‌شود. فرض کنید همه‌ی این تکه‌ها با سرعت U در جهت‌های مختلف فضا از نقطه‌ی انفجار دور می‌شوند. فرض کنید گلوله‌ای در لحظه‌ی رها شدن از ارتفاع h منفجر می‌شود. بیشترین اختلاف زمان ممکن بین رسیدن اولین و آخرین تکه به زمین چه‌قدر است؟ g شتاب گرانش است. (+۳, −۱)

الف) $\dfrac{۲U}{g}$

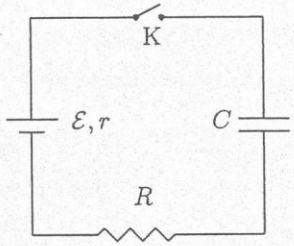
ب) $\dfrac{۲\sqrt{U^۲ + ۲gh}}{g}$

ج) $\dfrac{U + \sqrt{U^۲ + ۲gh}}{g}$

د) $\dfrac{-U + \sqrt{U^۲ + ۲gh}}{g}$

---

۳۱) در مدار نشان داده شده در شکل خازن در ابتدا خالی است. در فاصله‌ی زمانی بسته شدن کلید تا پر شدن خازن چه مقدار انرژی در مقاومت R تلف شده است؟ ظرفیت خازن C، مقاومت داخلی مولد r، و نیروی محرکه‌ی مولد $\mathcal{E}$ است. (+۳, −۱)



الف) $\frac{C\mathcal{E}^2 R}{r+R}$

ب) $\frac{1}{2}C\mathcal{E}^2$

ج) $\frac{C\mathcal{E}^2 R}{2(r+R)}$

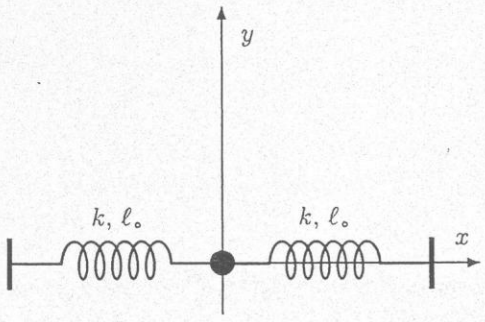
د) $\frac{C\mathcal{E}^2 R^2}{2(r+R)^2}$

---

۳۲) مطابق شکل، جسمی به دو فنر مشابه با ثابت k و طول آزاد ℓ_0 متصل است. طرف دوّم هر یک از فنرها به دیوارهای ثابت متصل است. فاصله‌ی دو دیواره $2\ell_0$ است. این مجموعه در صفحه‌ی افقی xy است. جسم را در امتداد محور y به اندازه‌ی a جابه‌جا می‌کنیم، طوری که a بسیار کوچکتر از ℓ_0 است ($a \ll \ell_0$). اندازه‌ی برآیند نیروی وارد بر جسم کدام است؟ (+۳, −۱)

راهنمایی: اگر $|\epsilon|$ خیلی کوچکتر از ۱ باشد، داریم

$$(1+\epsilon)^\alpha \simeq 1 + \alpha\epsilon$$



الف) ka

ب) $\frac{k}{\ell_0}a^2$

ج) $\frac{k}{\ell_0^2}a^3$

د) $\frac{k}{\ell_0^3}a^4$

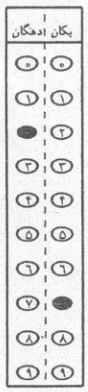
مسئله‌های کوتاه

پیش از شروع به حل مسئله‌های کوتاه توضیح زیر را به دقت بخوانید.

در این مسئله‌ها باید پاسخ را برحسب واحدهای مورد نظر (مثلاً میلی‌آمپر، متر، کیلوگرم، دقیقه و غیره) که در صورت مسئله خواسته شده، با دو رقم به دست آورید. سپس خانه‌های مربوط به رقم‌های این عدد را در پاسخ‌نامه سیاه کنید. توجه کنید که رقم یکان عدد در ستون یکان، و رقم دهگان در ستون دهگان علامت زده شود.

مثال: فرض کنید ظرفیت خازنی برحسب میکروفاراد خواسته شده باشد و شما عدد ۲۶٫۷ μF را به دست آورده باشید. ابتدا آن را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد کنید تا عدد ۲۷ میکروفاراد به دست آید. سپس مطابق شکل پاسخ خود را در پاسخ‌نامه وارد کنید.

هر مسئله ۱۰ نمره دارد. پاسخ نادرست در این بخش نمره‌ی منفی ندارد.



۱) شخصی در فاصله‌ی x از یک دوربین عکاسی است و عکسی از او گرفته می‌شود. فاصله‌ی کانونی عدسی دوربین از x خیلی کوچک‌تر است. سپس این شخص به اندازه‌ی یک متر از دوربین دور می‌شود و عکس دیگری از او گرفته می‌شود. دو عکس را با ابعاد مساوی چاپ می‌کنیم. دیده می‌شود که قد این شخص در عکس اول ۱۰ cm و در عکس دوم ۸ cm است. فاصله‌ی x چند متر است؟

---

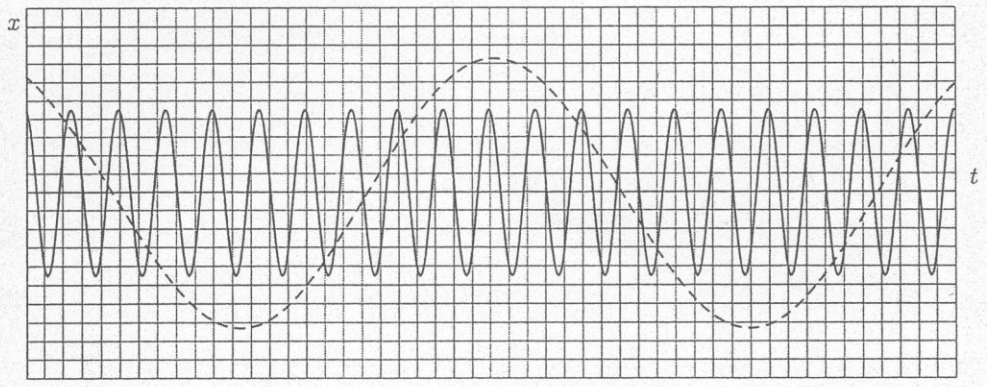
۲) در ارتفاع $h = ۵۰$ cm از سطح حوض، لوله‌ی آبی افقی است و مقطع آن دایره‌ای به قطر $D = ۱$ cm است. آب از لوله بیرون می‌آید و در فاصله‌ی افقی $R = ۸۰$ cm به حوض می‌رسد. شتاب گرانش $g = ۱۰$ m/s^۲ است. آهنگ خروج آب از دهانه‌ی لوله، بر حسب ۱۰ ml/s چه قدر است؟ (ml یعنی میلی‌لیتر).

---

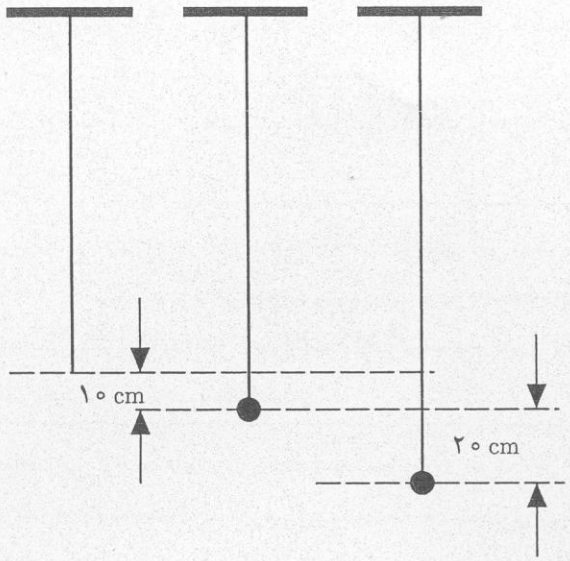
۳) هواپیمایی از نقطه‌ای روی خط استوا شروع به حرکت می‌کند. روی نصف‌النهار به اندازه‌ی ۵۰۰۰ km به سمت شمال می‌رود. بعد به سمت شرق می‌پیچد و ۵۰۰۰ km به شرق می‌رود (یعنی دقیقا در امتداد یک مدار ثابت). بعد به جنوب می‌پیچد و ۵۰۰۰ km در امتداد نصف‌النهار به جنوب می‌رود تا دوباره به استوا برسد. بعد به غرب می‌پیچد و ۵۰۰۰ km در امتداد استوا حرکت می‌کند. در این جا فرود می‌آید. فاصله‌ی نقطه‌ی شروع پرواز با نقطه‌ی فرود روی خط استوا بر حسب ۱۰۰ km چه قدر است؟ (محیط زمین ۴۰۰۰۰ km است.)

---

۴) در شکل زیر نمودار مکان ـ زمان برای دو نوسان‌گر داده شده است. نوسان‌گر ۱ با خط پُر، و نوسان‌گر ۲ با خط‌چین کشیده شده است. محور افقی زمان است. بسامد نوسان‌گر اول $f_۱$ و بسامد نوسان‌گر دوم $f_۲$ است. نسبت $\frac{f_۱}{f_۲}$ چند است؟

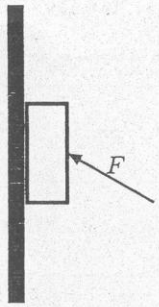


۵) یک انتهای کش لاستیکی بلند و سبکی به سقف متصل است و کش در امتداد قائم آویزان است. وزنه‌ای به جرم ۵۰۰ گرم را به انتهای آن می‌بندیم و وزنه را به آرامی پایین می‌آوریم تا کاملاً آویخته شود. در این حالت طول کش نسبت به حالت نخست ۱۰ cm افزوده شده است. اکنون وزنه را ۲۰ cm دیگر پایین می‌کشیم و در این حالت آن را رها می‌کنیم. بیش‌ترین ارتفاعی که وزنه از این جا بالا می‌رود چند سانتی‌متر است؟ کش در حالت کشیدگی مانند فنر عمل می‌کند.



---

۶)



کتابی به جرم ۲ kg را با نیروی F به دیوار قائمی فشار می‌دهیم به طوری که کتاب نه به پایین و نه به بالا می‌لغزد. ضریب اصطکاک ایستایی بین کتاب و دیوار ۰٫۷۵ و شتاب گرانش ۱۰ m/s^2 است. کم‌ترین مقدار نیروی F چند نیوتن است؟

---

۷) حلقه‌ای به جرم ۰٫۲ kg دور یک استوانه به جرم ۱٫۰ kg است. اصطکاک جنبشی بین این حلقه و استوانه ۱ N است. استوانه چنان قرار گرفته که محور آن قائم است و فاصله‌ی قاعده‌ی پایینی آن تا سطح زمین ۱٫۸ m است. در حالی که حلقه و استوانه نسبت به هم ساکن اند، مجموعه را رها می‌کنیم. استوانه با همان سرعتی که به زمین می‌رسد به سمت بالا برمی‌گردد. بعد از برخورد استوانه با زمین، حلقه شروع به سُر خوردن روی استوانه می‌کند. بعد از چند ثانیه حلقه نسبت به استوانه ساکن می‌شود؟ $g = 10\ \text{m/s}^2$