سؤالات مرحله اول بیست و سومین دوره‌ی المپیاد فیزیک ایران سال ۱۳۸۸

تعداد سؤالات		مدت آزمون (دقیقه)
چند گزینه‌ای	مسئله کوتاه	
۳۲	۷	۲۴۰

۱.۱ بیست و سومین دوره‌ی المپیاد فیزیک

۱ دو ظرف استوانه‌ای رسانای گرما در نظر بگیرید که دهانه‌ی هرکدام با یک پیستون بدون اصطکاک بسته شده، و در هرکدام 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 آن‌که حجم تغییر کند، فشار گاز P_a و دمای آن T_a می‌شود. روی پیستون ظرف دوم آن‌قدر شن را دانه‌دانه 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 $T_a < T_b$

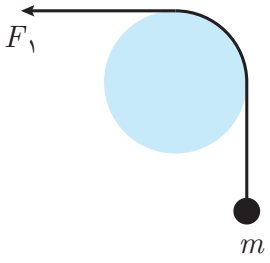
ه) $P_a = P_b$ و $T_a = T_b$

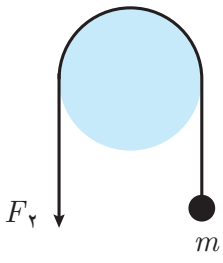
۲ مطابق شکل به یک سر نخی که از روی قطعه چوبی به شکل یک استوانه رد شده وزنه‌ی m آویخته و به سر دیگر نخ نیروی F_1 وارد شده است به طوری که وزنه در حال تعادل و در آستانه‌ی بالا آمدن است. نخ با چوب اصطکاک دارد به طوری که $F_1 - mg = f_1$. فرض کنید نخ را 90° دیگر روی چوب می‌اندازیم، به طوری که نیروی F_2 در راستای قائم و رو به پایین قرارگیرد. 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

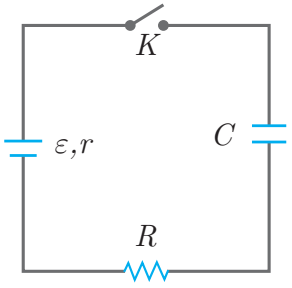
ب) ۲

ج) بیش از ۲





۳ 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 ε است. (+۳, −۱)

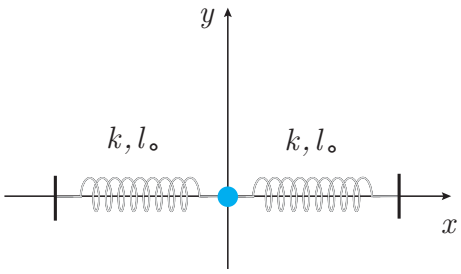


الف) $\frac{C\varepsilon^2 R}{r+R}$ ب) $\frac{1}{2}C\varepsilon^2$

ج) $\frac{C\varepsilon^2 R}{2(r+R)}$ د) $\frac{C\varepsilon^2 R^2}{2(r+R)^2}$

۴ مطابق شکل، جسمی به دو فنر مشابه با ثابت k و طول آزاد l_0 متصل است. طرف دوم هر یک از فنرها به دیوارهای ثابت متصل است. فاصله‌ی دو دیواره $2l_0$ 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 ($a \ll l_0$). اندازه‌ی برآیند نیروی وارد بر جسم کدام است؟

(راهنمایی: اگر $|\varepsilon|$ خیلی کوچک‌تر از ۱ باشد، داریم: $(1+\varepsilon)^\alpha \simeq 1+\alpha\varepsilon$) (+۳, −۱)



الف) ka ب) $\frac{k}{l_0}a^2$

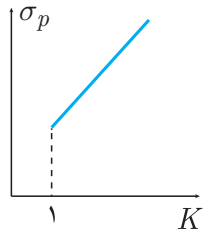
ج) $\frac{k}{l_0^2}a^3$ د) $\frac{k}{l_0^3}a^4$

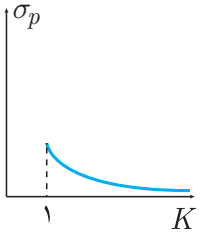
۵ جسمی از حال سکون روی یک سطح شیب‌دار به طرف پایین حرکت می‌کند. ضریب اصطکاک بین جسم و سطح شیب‌دار μ است. زاویه‌ی شیب سطح θ است. $\tan 2\theta$ چقدر باشد تا جسم فاصله‌ی افقی d را در کوتاه‌ترین زمان طی کند؟ (+۳, −۱)

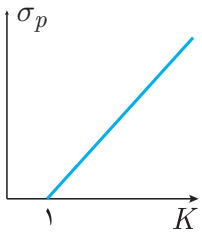
الف) $-\frac{1}{\mu}$ ب) $-\frac{1}{2\mu}$ ج) μ د) -2μ

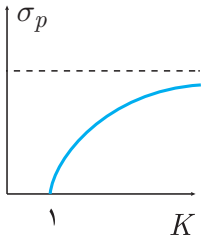
۶ خازن تختی را که عایق بین صفحه‌های آن هوا است، به یک باتری وصل کرده و سپس جدا می‌کنیم. روی صفحه‌های خازن بارهای $+q$ و $-q$ قرار می‌گیرد. در این حال یک تیغه‌ی عایق با ثابت دی‌الکتریک K بین دو صفحه قرار می‌دهیم، طوری که همه‌ی فضای خالی بین دو صفحه را پر می‌کند و بارهای صفحه‌های خازن تغییر نمی‌کند. تیغه‌ی عایق در میدان الکتریکی بین دو صفحه قطبیده (پلاریزه)

می‌شود. می‌توان قطبیده شدن تیغه‌ی عایق را به این شکل مدل‌سازی کرده 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)

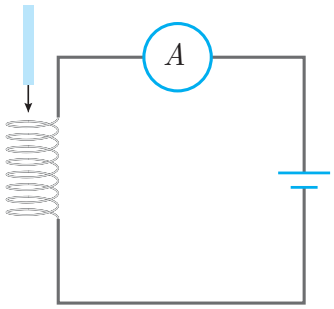
الف)


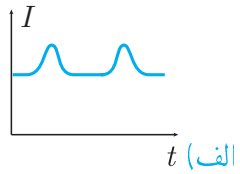
ب)


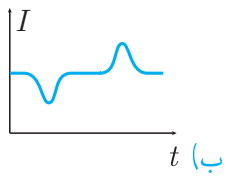
ج)


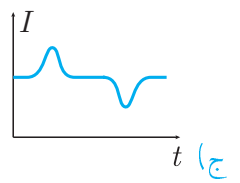
د)


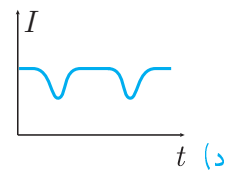
۷ یک میله‌ی آهنی با سرعت ثابت از وسط یک سیم‌پیچ متصل به باتری عبور می‌کند. آمپرمتر جریان I را نشان می‌دهد. نمودار $I(t)$ (جریان بر حسب زمان) کدام است؟ (+۳, −۱)



الف)


ب)


ج)


د)


۸ یک انسان بالغ در یک شبانه‌روز تقریباً به چقدر اکسیژن نیاز دارد؟ (+۲, −۱)

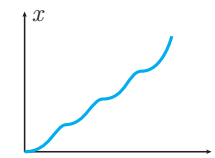
الف) ۱۰ g　　ب) ۱kg　　ج) ۱۰۰ kg

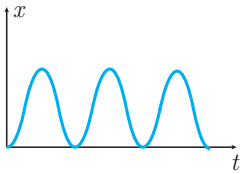
۹ فاصله‌ی یک جسم از یک عدسی واگرا N برابر فاصله‌ی کانونی عدسی است. نسبت طول جسم به طول تصویر کدام گزینه است؟ (+۳, −۱)

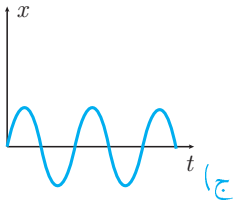
الف) $N-۱$　　ب) N

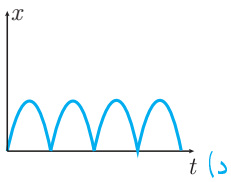
ج) $N+۱$　　د) $\frac{N+۱}{۲}$

۱۰ 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 مثبت‌اند. منحنی مکان ـ زمان متحرک کدام‌یک از شکل‌های زیر است؟ (+۳, −۱)

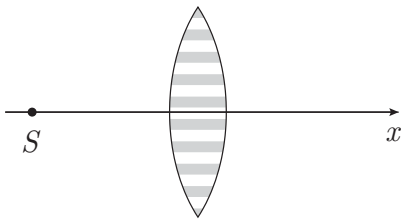
الف)


ب)


ج)


د)


۱۱ مطابق شکل یک عدسی از دو نوع شیشه با ضریب شکست مختلف ساخته شده است. لایه‌هایی که در شکل خاکستری‌اند 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)



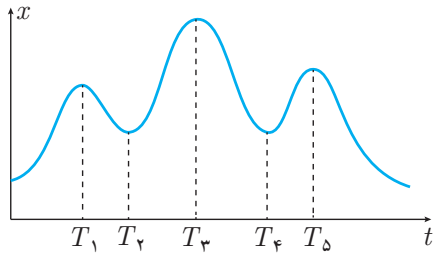
الف) طی حرکت پرده فقط یک مکان وجود دارد که روی پرده یک نقطه‌ی روشن دیده می‌شود.

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.

۱۲ سرعت متوسط متحرکی بین زمان $t = 0$ و $t = T$ را با $\overline{v}(0, T)$ نمایش می‌دهیم. منحنی مکان ـ زمان متحرکی که روی خط راستی حرکت می‌کند به صورت زیر است. اندازه‌ی $\overline{v}(0, T)$ به ازای $T = T_0$ بیش‌ترین مقدار است. T_0 در نزدیکی کدام زمان است؟ (+۴, −۱)



الف) T_1

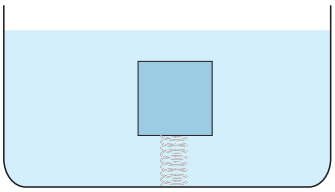
ب) T_2 و T_4

ج) T_1 و T_5

د) T_3

ه) T_5

۱۳ درون ظرفی مقداری آب ریخته‌ایم. چگالی آب ρ_0 است. جسمی به جرم M و چگالی ρ_1 ($\rho_1 < \rho_0$) به وسیله‌ی 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_1 است. اگر به جای جسم قبلی جسم دیگری با همان جرم ولی چگالی بیش‌تر ρ_2 ($\rho_2 > \rho_0$) را به فنر ببندیم، فنر فشرده می‌شود ولی نه آن‌قدر که به کف ظرف بچسبد. در این حالت نیرویی که آب به کف ظرف وارد می‌کند W_2 است. کدام گزینه درست است؟ در دو حالت مقدار آب یکسان است. (+۲, −۱)

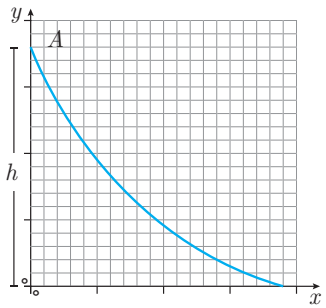


الف) $W_2 > W_1$

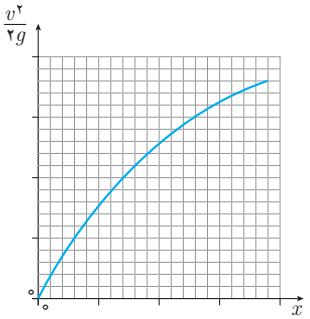
ب) $W_2 = W_1$

ج) $W_2 < W_1$

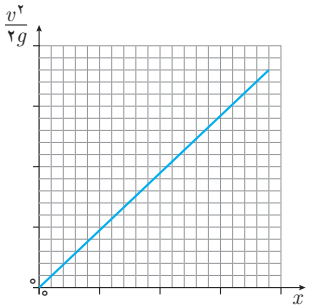
۱۴ شکل زیر میله‌ی باریکی را نشان می‌دهد. شتاب گرانش در امتداد $-y$ است. مهره‌ی تسبیحی روی میله از نقطه‌ی $A = (0, h)$، با سرعت اولیه‌ی صفر رها می‌شود. اصطکاک ناچیز است. نمودار تغییرات $\frac{v^2}{2g}$ بر حسب x کدام‌یک از شکل‌های زیر است؟ (v سرعت لحظه‌ای ذره است.) (+۳, −۱)



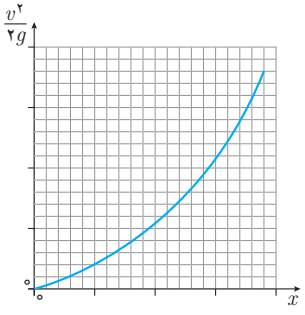
الف)



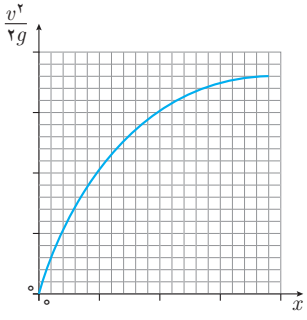
ب)



ج)



د)



۱۵ 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 ۰٫۳mm بگیرید.) (+۳, −۱)

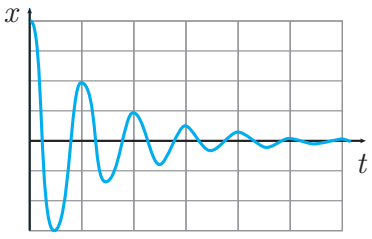
الف) $M \simeq ۶۰\text{g}$ و $m \simeq ۲۰\text{g}$

ب) $M \simeq ۶۰\text{g}$ و $m \simeq ۶\text{g}$

ج) $M \simeq ۲۰۰\text{g}$ و $m \simeq ۶\text{g}$

د) $M \simeq ۲۰۰\text{g}$ و $m \simeq ۲۰\text{g}$

۱۶ 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 از دو بار گذشتن از حالت تعادل به دورترین نقطه‌ی ممکن از آن می‌رود. در هر نوسان بخشی از انرژی تلف می‌شود. نسبت انرژی تلف شده در سیکل دوم به انرژی تلف شده در سیکل اول چقدر است؟ (+۳, −۱)



الف) ۱

ب) $\frac{۱}{۲}$

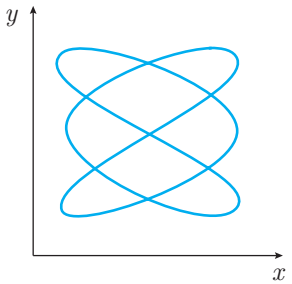
ج) $\frac{۳}{۴}$

د) $\frac{۱}{۴}$

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

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

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)



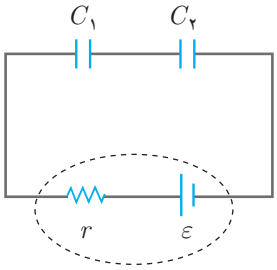
الف) $\frac{۱}{۲}$

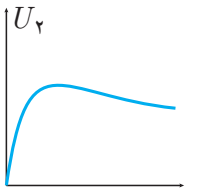
ب) $\frac{۲}{۳}$

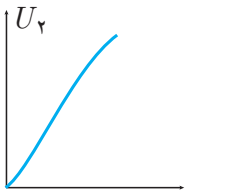
ج) $\frac{۳}{۲}$

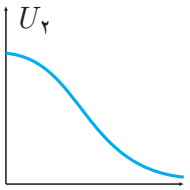
د) $\frac{۲}{۱}$

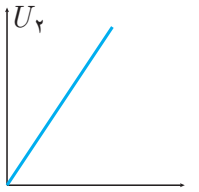
۱۸ در مدار نشان داده شده در شکل r ،ε و C_1 مقادیر ثابتی هستند. با تغییر C_2 انرژی ذخیره شده در خازن ۲، که آن را با U_2 نشان می‌دهیم، تغییر می‌کند. نمودار U_2 بر حسب C_2 کدام است؟ (+۳, −۱)



الف)


ب)


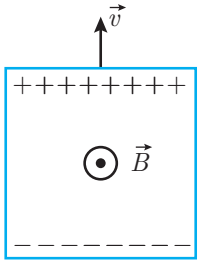
ج)


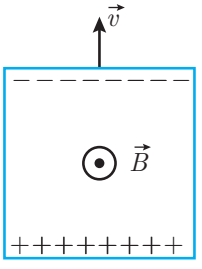
د)


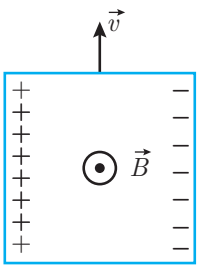
۱۹ $60\,cm^2$ آب را روی کف زمین اتاقی به ابعاد $3m \times 4m \times 5m$ می‌ریزیم. پس از مدتی همه‌ی آب تبخیر می‌شود. فاصله‌ی متوسط بین دو مولکول مجاور آب پس از گذشتن زمان طولانی از تبخیر تقریباً چند برابر می‌شود؟ (+۳, −۱)

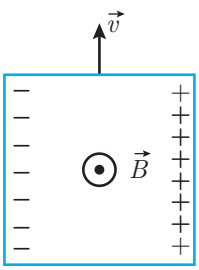
الف) ۱۰ برابر　　ب) ۱۰۰ برابر　　ج) ۱۰۰۰ برابر　　د) ۱۰۰۰۰ برابر

۲۰ یک رسانای مسطح مربع شکل با سرعت v در یک میدان مغناطیسی یکنواخت حرکت می‌کند. کدام‌یک 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)

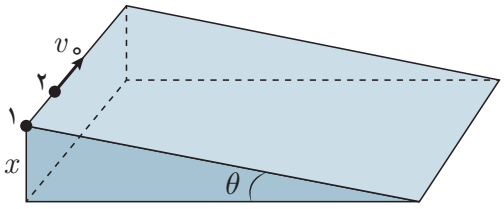
الف)


ب)


ج)


د)


۲۱ 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)



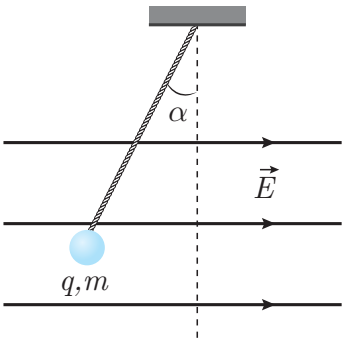
الف) ذره‌ی ۱ حتماً زودتر می‌رسد.

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 ذره‌ی ۲ حتماً زودتر می‌رسد.

۲۲ 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) $\alpha > \text{Arctan}(\frac{qE}{mg})$

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

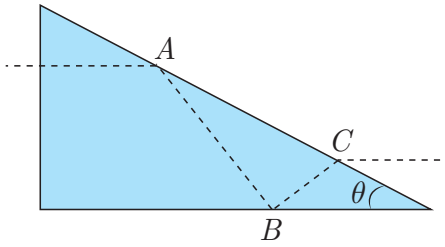
ج) $\alpha < \text{Arctan}(\frac{qE}{mg})$

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

۲۳ 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 مثبت‌اند. کدام گزینه درست است؟ (+۳, −۱)

الف) $v_1 = (\frac{p}{q})^2 v_0$ ب) $v_1 = (\frac{q}{p})^2 v_0$ ج) $v_1 = (\frac{p}{q}) v_0$ د) $v_1 = (\frac{q}{p}) v_0$

۲۴ مقطع یک منشور، مثلث قائم‌الزاویه و ضریب شکست آن n است. مطابق شکل پرتویی عمود بر وجه 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 چقدر است؟ (+۳, −۱)



فرمول‌های زیر ممکن است به درد بخورند.

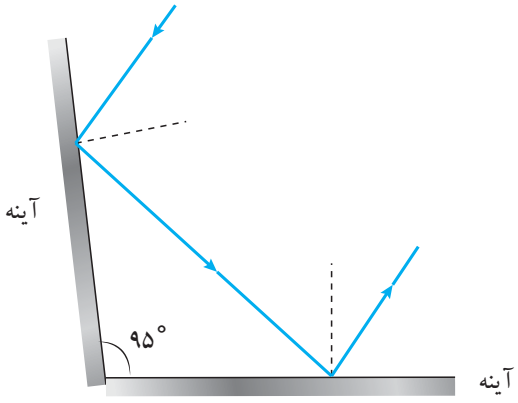
$$\cos(A+B)=\cos A\cos B-\sin A\sin B$$

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

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

۲۵ در شکل زیر همه‌ی پرتوها در یک صفحه‌اند. 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°

۲۶ 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)

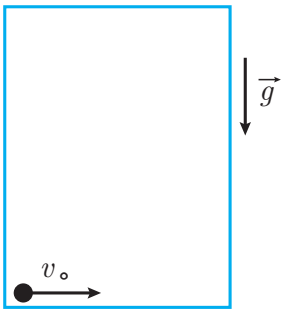
الف) به ازای هر مقدار m دائماً کم می‌شود.

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.

۲۷ آسانسوری با شتاب ثابت a حرکت می‌کند. جسم کوچکی با سرعت اولیه‌ی v_0 روی کف آسانسور به حرکت درمی‌آید. 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) $a = g(\frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2})$

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

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

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

۲۸ 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)

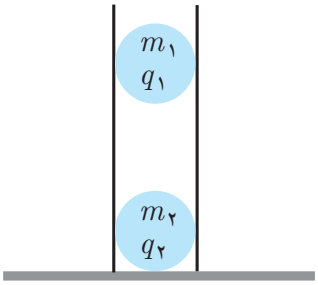
الف) $S = \frac{2}{3}\frac{v_0^2}{\sqrt{g}}\cos\theta\sin^3\theta$

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

۲۹ 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 چقدر است؟ (+۳, −۱)



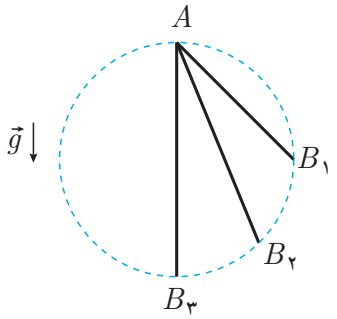
الف) $m_2 g$

ب) $(m_1 + m_2)g$

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

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

۳۰ سه میله‌ی باریک AB_1، AB_2 و AB_3 را مطابق شکل در نظر بگیرید. نقاط A، B_1، B_2 و B_3 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_1، T_2 و T_3 به نقاط B_1، B_2 و B_3 می‌رسند. کدام گزینه درست است؟ (+۲, −۱)



الف) $T_3 < T_2 < T_1$

ب) $T_1 = T_2 = T_3$

ج) $T_1 < T_2 < T_3$

۳۱ طول و عرض یک مستطیل با خط‌کشی با دقت ۱mm اندازه‌گیری شده و این مقادیر گزارش شده است:

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

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

۳۲ 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 چقدر 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) $\dfrac{-U + \sqrt{U^۲ + ۲gh}}{g}$

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

در این مسئله‌ها باید پاسخ را بر حسب واحدهای مورد نظر (مثلاً **میلی‌آمپر**، **متر**، **کیلوگرم**، **دقیقه** و غیره) که در صورت مسئله خواسته شده، با دو رقم به‌دست 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 بر حسب **میکروفاراد** خواسته شده باشد و شما عدد $۲۶٫۷\mu F$ را به‌دست آورده باشید. ابتدا آن را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد کنید تا عدد ۲۷ میکروفاراد به‌دست آید. سپس مطابق شکل پاسخ خود را در پاسخ‌نامه وارد کنید.

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

دهگان	یکان
۱	۱
۲	۲
۳	۳
۴	۴
۵	۵
۶	۶
۷	۷
۸	۸
۹	۹
۰	۰

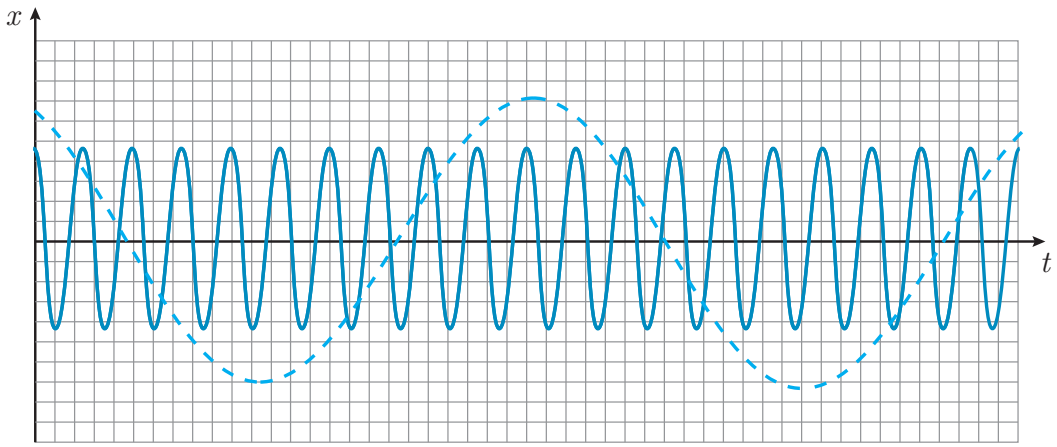
۲.۱ مسئله‌های کوتاه

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 $10\,\text{cm}$ و در عکس دوم $8\,\text{cm}$ است. فاصله‌ی x چند متر است؟

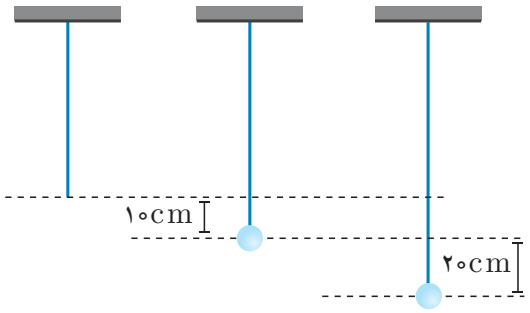
۲ در ارتفاع $h = 50\,\text{cm}$ از سطح حوض، لوله‌ی آبی افقی است و مقطع آن دایره‌ای به قطر $D = 1\,\text{cm}$ است. آب از لوله بیرون می‌آید و در فاصله‌ی افقی $R = 80\,\text{cm}$ به حوض می‌رسد. شتاب گرانش $g = 10\,\text{m/s}^2$ است. آهنگ خروج آب از دهانه‌ی لوله، بر حسب $10\,\text{ml/s}$ چقدر است؟ (ml یعنی میلی‌لیتر)

۳ هواپیمایی از نقطه‌ای روی خط استوا شروع به حرکت می‌کند. روی نصف‌النهار به اندازه‌ی $5000\,\text{km}$ به سمت شمال می‌رود. بعد به سمت شرق می‌پیچد و $5000\,\text{km}$ به شرق می‌رود (یعنی دقیقاً در امتداد یک مدار ثابت). بعد به جنوب می‌پیچد و $5000\,\text{km}$ در امتداد نصف‌النهار به جنوب می‌رود تا دوباره به استوا برسد. بعد به غرب می‌پیچد و $5000\,\text{km}$ در امتداد استوا حرکت می‌کند. در این‌جا فرود می‌آید. فاصله‌ی نقطه‌ی شروع پرواز با نقطه‌ی فرود روی خط استوا بر حسب $100\,\text{km}$ چقدر است؟ (محیط زمین $40000\,\text{km}$ است.)

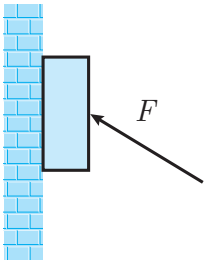
۴ در شکل زیر نمودار مکان ـ زمان برای دو نوسان‌گر داده شده است. نوسان‌گر ۱ با خط پُر، و نوسان‌گر ۲ با خط‌چین کشیده شده است. محور افقی زمان است. بسامد نوسان‌گر اول f_1 و بسامد نوسان‌گر دوم f_2 است. نسبت $\frac{f_1}{f_2}$ چند است؟



۵ یک انتهای کش لاستیکی بلند 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 ۱۰cm افزوده شده است. اکنون وزنه را ۲۰cm دیگر پایین می‌کشیم و در این حالت آن را رها می‌کنیم. بیش‌ترین ارتفاعی که وزنه از این‌جا بالا می‌رود چند سانتی‌متر است؟ کش در حالت کشیدگی مانند فنر عمل می‌کند.



۶ کتابی به جرم ۲kg 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 ۰٫۲kg دور یک استوانه به جرم ۱٫۰ kg است. اصطکاک جنبشی بین این حلقه و استوانه ۱N است. استوانه چنان قرارگرفته که محور آن قائم است و فاصله‌ی قاعده‌ی پایینی آن تا سطح زمین ۱٫۸m است. در حالی که حلقه و استوانه نسبت به هم ساکن‌اند، 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؟ ($g = ۱۰\,\mathrm{m/s^2}$)

۳.۱ پاسخ کلیدی مرحله اول المپیاد فیزیک دوره ۲۳

توجه: پاسخ سوالاتی که با علامت ستاره (*) مشخص شده‌اند در توضیحات ذکر شده است.

پاسخنامه کلیدی المپیاد فیزیک دوره:	توضیحات:	کد دفترچه:
بیست و سوم	سؤال ۳۱: گزینه های (ج) و(د) صحیح می باشند. مسئله سوم: ۲۰، ۲۱ و ۲۲ صحیح است. مسئله چهارم: ۱۰، ۱۱ و ۱۲ صحیح است.	۲ ۱

سؤالات چندگزینه‌ای

۳۱* ۳ ۴	۱۶ ۴	۱ ۲	۱ ۲
۳۲ ۱	۱۷ ۳	۲ ۳	۲ ۳
۳۳	۱۸ ۱	۳ ۳	۳ ۳
۳۴	۱۹ ۲	۴ ۳	۴ ۳
۳۵	۲۰ ۴	۵ ۱	۵ ۱
۳۶	۲۱ ۲	۶ ۴	۶ ۴
۳۷	۲۲ ۲	۷ ۲	۷ ۲
۳۸	۲۳ ۲	۸ ۲	۸ ۲
۳۹	۲۴ ۳	۹ ۳	۹ ۳
۴۰	۲۵ ۱	۱۰ ۱	۱۰ ۱
۴۱	۲۶ ۴	۱۱ ۴	۱۱ ۴
۴۲	۲۷ ۱	۱۲ ۱	۱۲ ۱
۴۳	۲۸ ۳	۱۳ ۳	۱۳ ۳
۴۴	۲۹ ۲	۱۴ ۱	۱۴ ۱
۴۵	۳۰ ۲	۱۵ ۲	۱۵ ۲

مسئله های کوتاه

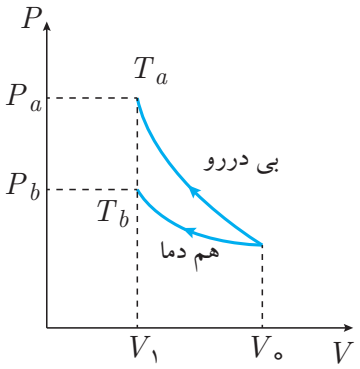
مسئله دهم		مسئله نهم		مسئله هشتم		مسئله هفتم		مسئله ششم		مسئله پنجم		مسئله چهارم*		مسئله سوم*		مسئله دوم		مسئله اول	
یکان	دهگان	یکان	دهگان	یکان	دهگان	یکان	دهگان	یکان	دهگان	یکان	دهگان	یکان	دهگان	یکان	دهگان	یکان	دهگان	یکان	دهگان
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴
۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶
۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷
۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵	۰	۵	۰	۰

۴.۱ پاسخ تشریحی مرحله اول المپیاد فیزیک دوره ۲۳

۱ الف ✓ ج د

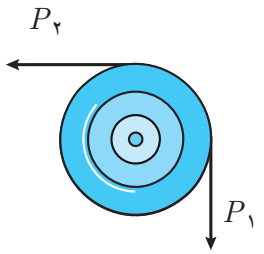
در ظرف اول به دلیل این‌که فرآیند سریع انجام می‌شود می‌توان آن را فرآیند بی‌دررو در نظر گرفت، اما در ظرف دوم فرآیند بسیار آرام انجام می‌شود و ظرف رسانای گرما است؛ بنابراین یک فرآیند هم‌دما می‌باشد. همان طور که در نمودار $P-V$ نشان داده شده است، در انقباض هم‌دما سیستم گرما از دست داده و دمای کم‌تری نسبت به فرآیند بی‌دررو مشابه دارد؛ بنابراین:

$$P_a > P_b \ , \ T_a > T_b$$



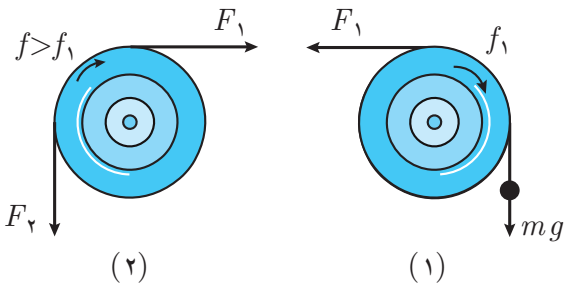
۲ الف ب ✓ د

راه حل اول با توجه به این‌که نیروی اصطکاک متناسب با نیروی عمود بر سطح N است و با توجه به شکل، برآیند نیروی عمود بر سطح و نیروی اصطکاک برابر با برآیند نیروی P_1 و P_2 است؛ بنابراین هر چه اندازه‌ی P_1 و P_2 بیش‌تر شود نیروی اصطکاک نیز بیش‌تر می‌شود.

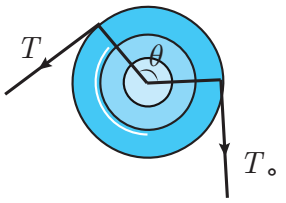


بیایید برای حالت دوم نخ را به دو قسمت تقسیم کنیم. قسمت اولِ نخ، مانند حالت اول است؛ اما قسمت دومِ نخ به جای نیروی mg، نیروی F_1 قرار گرفته که از mg بزرگ‌تر می‌باشد؛ در نتیجه برای قسمت دوم نخ می‌توان گفت نیروی اصطکاک f نیز بیش‌تر از f_1 است؛ بنابراین:

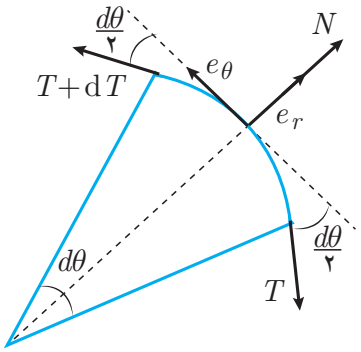
$$f_2 = f + f_1 > 2f_1 \Rightarrow \frac{f_2}{f_1} > 2$$



راه حل دوم می‌توان با نوشتن معادله‌ی تعادل برای یک المان کوچک از طناب نیروی اصطکاک را بر حسب زاویه‌ی طناب به دور چوب به‌دست آورد.



$$\sum F_r = ۰$$
$$\Rightarrow (T+dT)\sin\frac{d\theta}{۲} + T\sin\frac{d\theta}{۲} = N$$
$$\Rightarrow N = T\,d\theta \qquad (I)$$



$$\sum F_\theta = ۰$$
$$\Rightarrow (T+dT)\cos\frac{d\theta}{۲} - T\cos\frac{d\theta}{۲} - \mu N = ۰$$
$$\Rightarrow dT = \mu N$$
$$\xrightarrow{(I)} dT = \mu T\,d\theta$$
$$\Rightarrow \frac{dT}{T} = \mu d\theta \qquad (II)$$

برای زاویه‌ی کوچک $(\frac{d\theta}{۲})$ می‌دانیم:

$$\sin(\frac{d\theta}{۲}) \simeq \frac{d\theta}{۲} \quad , \quad \cos(\frac{d\theta}{۲}) \simeq ۱$$

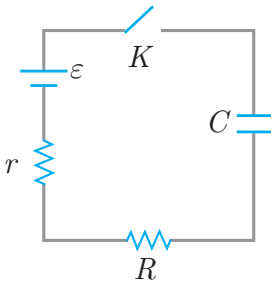
با انتگرال‌گیری از دو طرف معادله (II) داریم:

$$\int \frac{dT}{T} = \int \mu d\theta \Rightarrow T = T_۰ e^{\mu\Delta\theta}$$
$$\frac{f_۲}{f_۱} = \frac{mg(e^{\mu\pi}-۱)}{mg(e^{\frac{\mu\pi}{۲}}-۱)} = e^{\frac{\mu\pi}{۲}} + ۱ > ۲$$

۳ الف ب ✓ د

ابتدا مقدار بار الکتریکی عبورکرده از مدار را محاسبه می‌کنیم که همان بار ذخیره شده در خازن می‌باشد:

$$q = CV$$



حال اگر انرژی وارد شده به مدار از طریق باتری را از انرژی ذخیره شده در خازن کم کنیم مقدار انرژی تلف شده در مقاومت‌های r و R به‌دست می‌آید.

$$Q = qV - \frac{۱}{۲}CV^۲ = \frac{۱}{۲}CV^۲$$

در مقاومت‌های سری جریان عبوری از مقاومت‌ها برابر است.

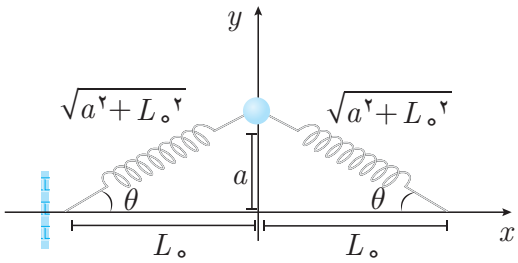
با توجه به رابطه‌ی $P = rI^۲$ تلفات در مقاومت‌های سری متناسب با مقدار مقاومت آن‌ها می‌باشد؛ بنابراین:

$$Q_R = \frac{R}{R+r} \times Q \Rightarrow Q_R = \frac{C\varepsilon^۲ R}{۲(R+r)}$$

۴ الف ب ✓ د

طبق قانون هوک نیروی کشش هر فنر برابر است با:

$$F = K(\sqrt{a^۲ + L_۰^۲} - L_۰) = KL_۰\left(\sqrt{۱ + (\frac{a}{L_۰})^۲} - ۱\right)$$



طبق راهنمایی سؤال داریم:

$$\left(۱ + (\frac{a}{L_۰})^۲\right)^{\frac{۱}{۲}} \simeq ۱ + \frac{۱}{۲}(\frac{a}{L_۰})^۲ \Rightarrow F = \frac{Ka^۲}{۲L_۰}$$

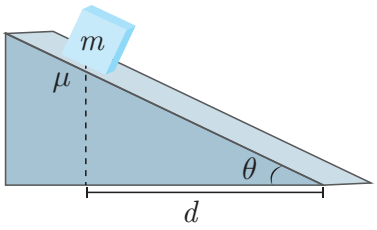
برآیند نیروهای وارد بر جسم در جهت y به صورت زیر محاسبه می‌شود.

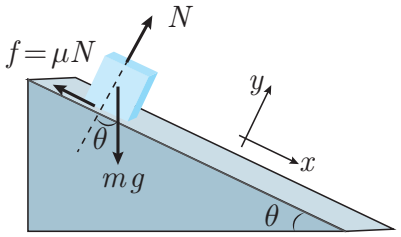
$$\sum F_y = ۲(F\sin\theta) = ۲F\frac{a}{\sqrt{a^۲ + L_۰^۲}} \simeq \frac{۲Fa}{L_۰}$$

$$\Rightarrow \sum F_y = \frac{Ka^۳}{L_۰^۲}$$

۵ الف ✓ ب ج د

در شکل زیر نیروهای وارد بر جسم نشان داده شده است.





قانون دوم نیوتن را در دو راستای x و y می‌نویسیم.

$$\left.\begin{aligned}\sum F_x = ma_x \Rightarrow mg\sin\theta - \mu N = ma_x\\ \sum F_y = 0 \Rightarrow N = mg\cos\theta\end{aligned}\right\} \Rightarrow a_x = g\sin\theta - \mu g\cos\theta$$

معادله‌ی مکان ـ زمان را در راستای سطح شیب‌دار می‌نویسیم.

$$\frac{d}{\cos\theta} = \frac{1}{2}a_x t^2 \Rightarrow t^2 = \frac{2d}{g(\sin\theta\cos\theta - \mu\cos^2\theta)}$$

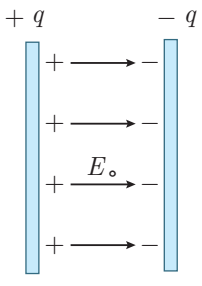
اگر t^2 کمینه شود t نیز کمینه می‌شود؛ هم‌چنین اگر مخرج کسر بیشینه شود کل کسر کمینه می‌شود؛ بنابراین تنها کافی است مشتق مخرج کسر را نسبت به θ برابر با صفر قرار دهیم.

$$\cos^2\theta - \sin^2\theta + 2\mu\sin\theta\cos\theta = 0$$

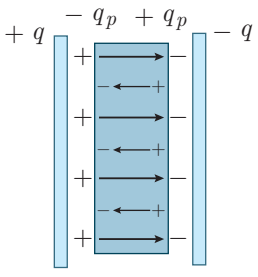
$$\Rightarrow \cos 2\theta + \mu\sin 2\theta = 0 \Rightarrow \tan 2\theta = -\frac{1}{\mu}$$

۶ الف ب ج ✓

از روابط خازن که در کتاب فیزیک ۳ آمده است داریم:



$$q = CV$$



$$q = KCV' \quad (I)$$