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 چهارمین المپیاد فیزیک کشور

مرحله‌ی اوّل

۶ بهمن ۱۳۸۹

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 ۳۰ سؤال چندگزینه‌ای و ۵ 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.

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

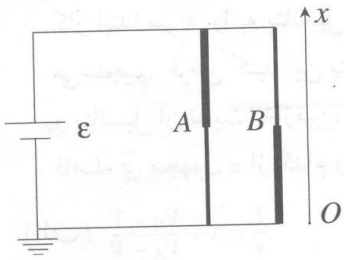
۷. **همراه داشتن ماشین حساب و تلفن همراه مجاز نیست. اگر دارید، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید.**

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.

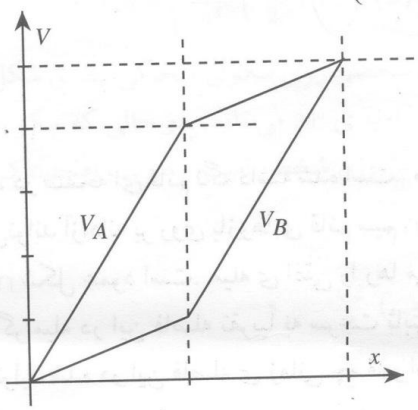
۱. در مدار ی که در شکل نشان داده شده شاخه‌ها ی A و B از دو سیم با جنس یکسان و طولهای یکسان ساخته شده است. قطر سیم در قسمت کلفت‌تر در هر شاخه دو برابر قسمت نازکتر است. محور x به موازات سیمها است و مبداء آن نقطه‌ی O است. پتانسیل نقطه‌ای به مختصه‌ی x در شاخه‌ی A ، $V_A(x)$ و در شاخه‌ی B ، $V_B(x)$ است.



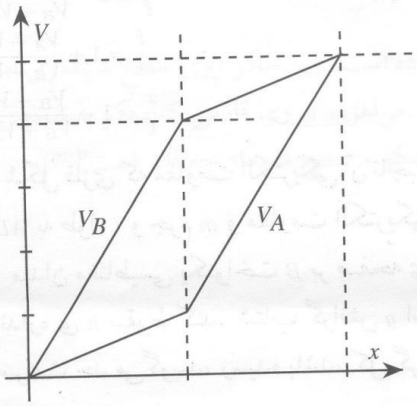
(3, −1)

کدام نمودار درست است؟

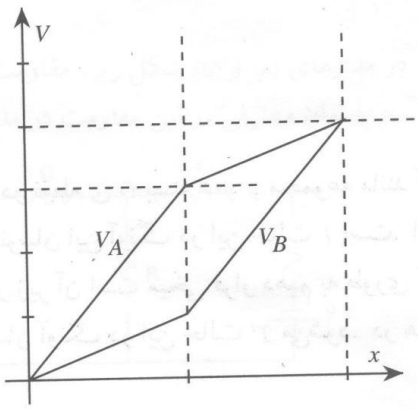
الف)



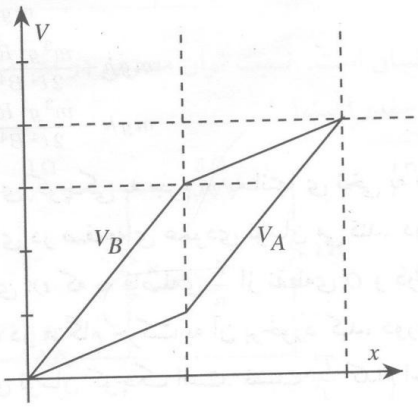
ب)



ج)



د)



۲. کابل مقاومت‌دار یکنواختی به طول ℓ با غلاف نارسانا از زیر زمین عبور کرده و در نقاط A و B در دسترس است. در زیر زمین و در فاصله ی نامعلوم x از سر A، غلاف نارسانا ساییده شده و جریان الکتریکی از این نقطه وارد زمین می‌شود. زمین را رسانایی با پتانسیل صفر می‌گیریم. فرض می‌کنیم در محل ساییدگی، کابل با مقاومت الکتریکی R به زمین وصل است. می‌خواهیم x را بیابیم. برای این کار ابتدا سر A را به پتانسیل V_A نسبت به زمین وصل می‌کنیم و پتانسیل سر آزاد B را نسبت به زمین می‌سنجیم. فرض کنید این پتانسیل V باشد. بار دیگر، سر B را به پتانسیل قابل‌تنظیمی وصل می‌کنیم و پتانسیل آن نسبت به زمین، V_B را چنان تنظیم می‌کنیم که پتانسیل سر آزاد A نسبت به زمین V شود. فاصله ی مجهول x از کدام رابطه به دست می‌آید؟ $(3,-1)$

(الف) $\frac{\ell}{x} = 1 + \frac{V_B - V}{V_A - V}$

(ب) $\frac{x}{\ell} = 1 - \frac{V_A - V}{V_B + V_A}$

(ج) $\frac{\ell}{x} = 1 + \frac{V_A - V}{V_B - V}$

(د) $\frac{x}{\ell} = 1 - \frac{V_B - V}{V_B + V_A}$

۳. سیم ∩ شکل فلزی که مقاومت الکتریکی آن ناچیز است، در صفحه ای قائم نگه داشته شده است. میله ی افقی AD به طول ℓ و جرم m و مقاومت الکتریکی R می‌تواند آزادانه بر روی بازوها ی قائم سیم ∩ شکل بلغزد. میدان مغناطیسی یکنواخت B بر صفحه ی سیم ∩ شکل عمود است. میله ی افقی را رها می‌کنیم تا به اندازه ی h سقوط کند. شتاب گرانش g است. اگر میله در این فاصله تقریباً به سرعت ثابتی، که به آن سرعت حد می‌گویند، رسیده باشد، کل گرما ی تولید شده در این فاصله ی زمانی چه قدر است؟ $(3,-1)$

(الف) $\frac{m^3 g^2 R^2}{2\ell^4 B^4}$

(ب) mgh

(ج) $mgh + \frac{m^3 g^2 R^2}{2\ell^4 B^4}$

(د) $mgh - \frac{m^3 g^2 R^2}{2\ell^4 B^4}$

۴. گلوله ی کوچکی به جرم m به انتها ی نخی به طول ℓ در نقطه ی O بسته شده و مجموعه مانند آونگ ساده ای در صفحه‌ای عمودی نوسان می‌کند. دوره ی نوسان این آونگ در این حالت T است. اگر در نقطه ی O' که به فاصله‌ی $\frac{\ell}{n}$ از نقطه‌ی O و درست در زیر آن است میخی قرار دهیم به طوری که نخ آونگ در هنگام حرکت به آن برخورد کند، دوره‌ی نوسان آونگ در این حالت T' می‌شود. در هر حال دامنه‌ی نوسان کوچک است. نسبت $\frac{T'}{T}$ کدام است؟ $(3,-1)$

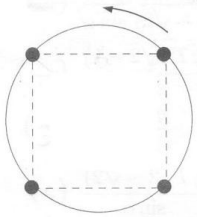
(الف) 1

(ب) $\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{n-1}{4n}}$

(ج) $\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{n-1}{4(n+1)}}$

(د) $\sqrt{\frac{n-1}{n}}$

۵. چهار جرم مشابه m که مطابق شکل روی رأس‌های مربعی به ضلع a قرار دارند، بر اثر نیروی گرانش بین خودشان روی دایره‌ای با سرعت زاویه‌ای ω می‌گردند. کدام گزینه درست است؟ $(3,-1)$



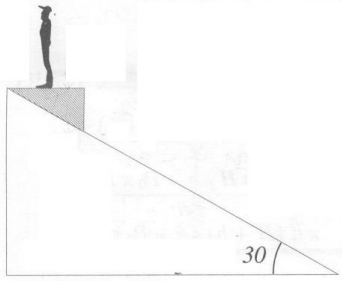
(الف) $\omega = \sqrt{\frac{Gm}{a^3}\left(\frac{1}{2}+\sqrt{2}\right)}$

(ب) $\omega = \sqrt{\frac{Gm}{a^3}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}+2\right)}$

(ج) $\omega = \sqrt{\frac{Gm}{a^3}\left(\frac{1}{2\sqrt{2}}+\sqrt{2}\right)}$

(د) $\omega = \sqrt{\frac{Gm}{a^3}\left(\frac{-1}{2}+\sqrt{2}\right)}$

۶. شخصی روی سکوی متحرکی مطابق شکل ایستاده است. این سکو روی سطح شیبداری است که با افق زاویه ی $30°$ می‌سازد. در حالی که سکو به پایین می‌لغزد، نیروی قائمی که سکو به شخص وارد می‌کند $\frac{15}{16}$ وزن شخص است. ضریب اصطکاک بین سکو و سطح شیبدار چه قدر است؟ $(3,-1)$



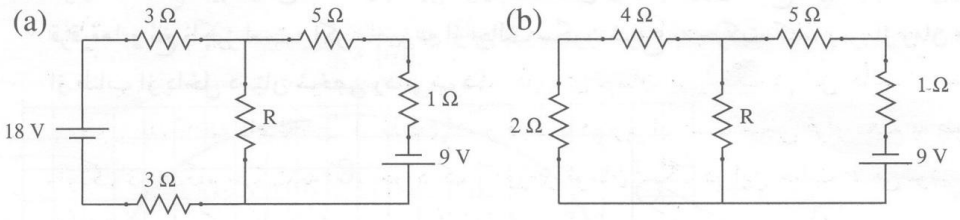
(الف) $\frac{\sqrt{3}}{2}$

(ب) $\frac{\sqrt{3}}{4}$

(ج) $\frac{\sqrt{3}}{3}$

(د) $\frac{2}{3}$

۷. در مدارهای (a) و (b) شکل زیر، مقاومت R یکسان است. نسبت توان مصرفی در مقاومت R در مدار (a) به توان مصرفی در این مقاومت در مدار (b) چقدر است؟ $(3,-1)$



(الف) 4

(ب) $\frac{1}{4}$

(ج) 1

(د) $\frac{9}{4}$

۸. پرتابه‌ای را با سرعت اولیه‌ی v_0 و زاویه‌ی α نسبت به افق پرتاب می‌کنیم. v_0 چقدر باشد تا پس از زمان T پرتابه در حین پایین آمدن در نصف ارتفاع نقطه‌ی اوج خود باشد؟ $(3,-1)$

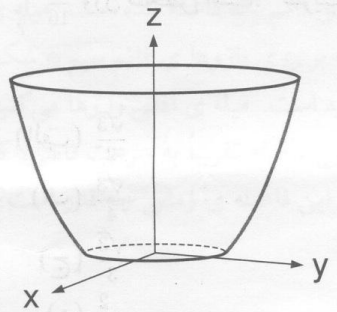
(الف) $\dfrac{2gT}{(2-\sqrt{2})\sin\alpha}$

(ب) $\dfrac{gT(\sqrt{2}-1)}{\sin\alpha}$

(ج) $\dfrac{gT\cos\alpha}{2+\sqrt{2}}$

(د) $\dfrac{gT(2-\sqrt{2})}{\sin\alpha}$

۹. فنجانی مطابق شکل در نظر بگیرید. فرض کنید این فنجان از چرخاندن سهمی $z=\alpha x^2-h$ در صفحه‌ی xz حول محور z ایجاد شده است، به طوری که بخش $z<0$ سهمی بریده شده و صفحه‌ی تختی کف آن چسبانده شده است. α و h مقادیر ثابت و مثبت هستند. ارتفاع فنجان H است. فنجان را با مایعی به چگالی ρ پر می‌کنیم. جرم مایع M و فشار هوای بیرون P_0 است. اندازه‌ی نیرویی که مایع به دیواره‌ی جانبی فنجان وارد می‌کند چه قدر است؟ $(3,-1)$



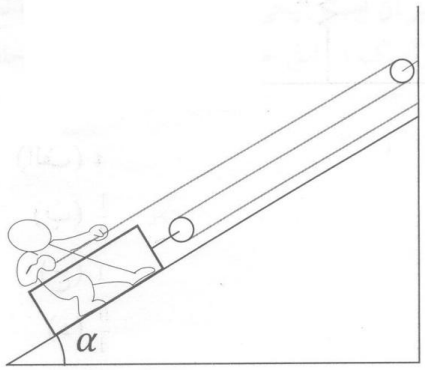
(الف) $Mg-\dfrac{\pi hH\rho g-P_0\pi(H+h)}{\alpha}$

(ب) $Mg-\dfrac{\pi h(H+h)\rho g-P_0\pi(H+h)}{\alpha}$

(ج) $Mg-\dfrac{\pi hH\rho g-P_0\pi H}{\alpha}$

(د) $Mg-\dfrac{\pi h(H+h)\rho g+P_0\pi h}{\alpha}$

۱۰. شخصی به جرم m درون جعبه ای به جرم m' ایستاده است. جعبه روی سطح شیبدار بدون اصطکاکی است که با افق زاویه ی α می‌سازد. شخص طنابی را که در شکل مشخص شده با نیروی ثابت F به موازات سطح شیبدار می‌کشد، و به این ترتیب شخص و جعبه روی سطح شیبدار بالا می‌روند. جرم قرقره‌ها و نخ ناچیز است. اگر مجموعه از حالت سکون شروع به حرکت کند، پس از زمان t چه طولی از طناب از داخل دستان شخص رد می‌شود؟ $(3,-1)$



(الف) $\left(\dfrac{3F}{m'}-g\sin\alpha\right)t^2$

(ب) $\left(\dfrac{3F}{m+m'}-g\sin\alpha\right)t^2$

(ج) $\dfrac{3}{2}\left(\dfrac{3F}{m'}-g\sin\alpha\right)t^2$

(د) $\dfrac{3}{2}\left(\dfrac{3F}{m+m'}-g\sin\alpha\right)t^2$

۱۱. برای رنگ‌آمیزی یک مجسمه ی برنجی توپر بزرگ، 100 قوطی رنگ لازم است. این مجسمه را ذوب می‌کنیم و با آن 100 مجسمه ی برنزی توپر کوچک هم‌اندازه، که همگی متشابه مجسمه ی اصلی اند، می‌سازیم. برای رنگ‌آمیزی این 1000 مجسمه چند قوطی رنگ لازم است؟ ضخامت لایه‌ی رنگ در هر دو حالت یکسان است.

(3, −1)

(الف) 10

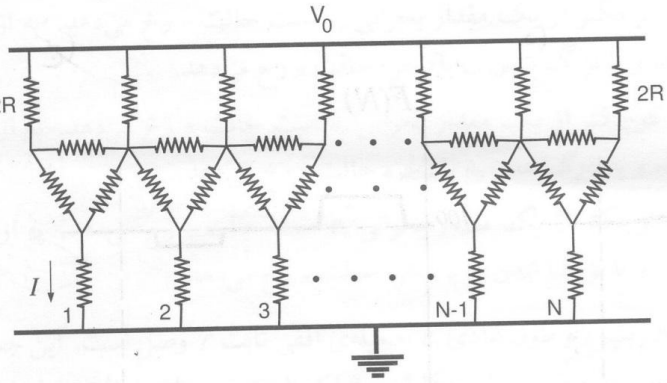
(ب) 100

(ج) 1000

(د) 10000

۱۲. در مدار شکل، در ردیف پایین N مقاومت مشابه R قرار دارد. مقاومتهای انتهایی ردیف بالا $2R$ و بقیه‌ی مقاومتها، همگی R هستند. اگر انتهای مقاومتهای ردیف بالا به پتانسیل V_0 وصل شده باشد، جریان I در شکل چقدر است؟

(3, −1)



(الف) $\frac{2V_0(N+1)}{R(5N+3)}$

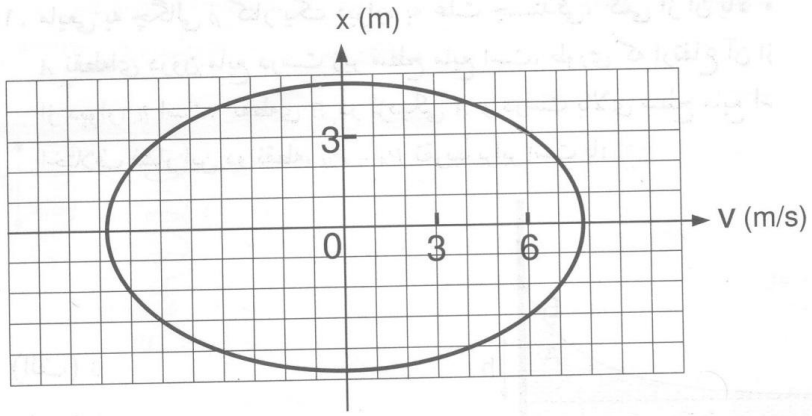
(ب) $\frac{2V_0(N+1)}{R(5N+2)}$

(ج) $\frac{V_0}{2R}$

(د) $\frac{2V_0}{5R}$

۱۳. منحنی سرعت ـ مکان ذره ای مطابق شکل است. هنگامی که سرعت ذره $6\,\mathrm{m/s}$ و مکان آن $3\,\mathrm{m}$ است، اندازه ی شتاب ذره به کدام مقدار نزدیکتر است؟

(3, −1)



(الف) $a = 2\,\mathrm{m/s^2}$

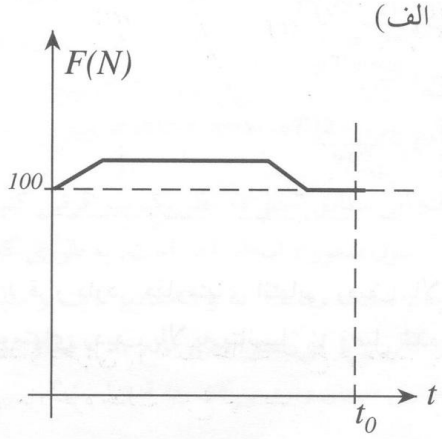
(ب) $a = 4\,\mathrm{m/s^2}$

(ج) $a = 8\,\mathrm{m/s^2}$

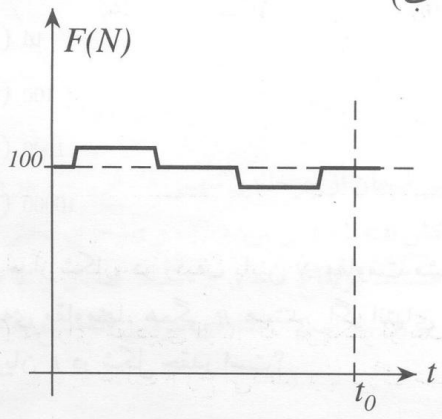
(د) $a = 16\,\mathrm{m/s^2}$

۱۴. جسمی به جرم $10\,\mathrm{kg}$ کف یک آسانسور قرار دارد. آسانسور از حال سکون به طرف بالا به راه می‌افتد و پس از مدت t_0 در ارتفاع معینی می‌ایستد. کدام نمودار می‌تواند نشان‌دهنده‌ی بستگی زمانی نیرویی باشد که کف آسانسور به جسم وارد می‌کند؟ (3, −1)

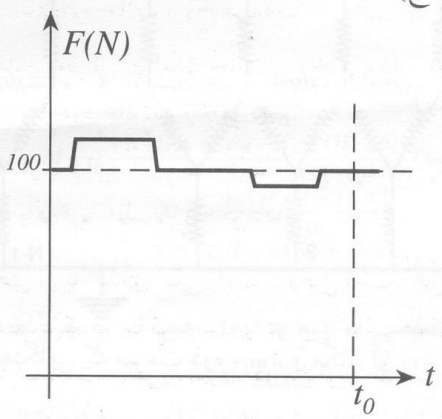
الف)



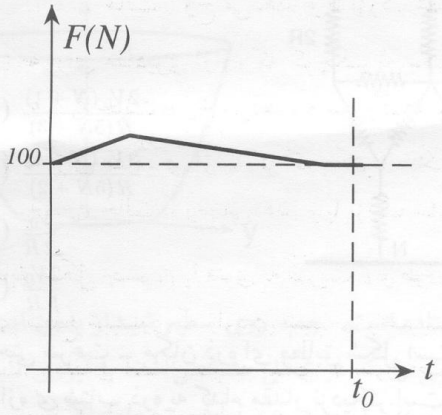
ب)



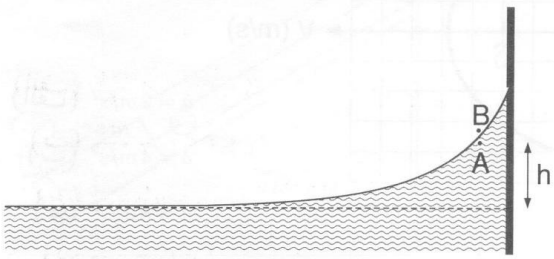
ج)



د)



۱۵. مایعی به چگالی ρ کنار یک دیوار، به علت چسبندگی، کمی از آن بالا می‌رود. مطابق شکل نقطه‌ی A نقطه‌ای درون مایع درست زیر سطح مایع است، طوری که ارتفاع آن از سطح مایع در فاصله‌ی دور از دیوار، h است. نقطه‌ی B در نزدیکی A و درست بالای سطح مایع است. شتاب گرانش g است. اختلاف فشار این دو نقطه، $P_A - P_B$ تقریباً برابر است با: (2, −1)

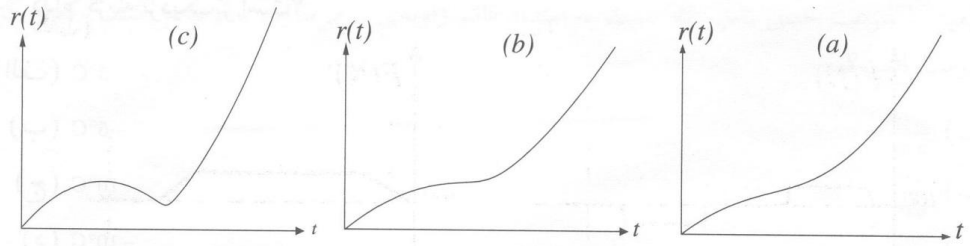


(الف) 0

(ب) $\rho g h$

(ج) $-\rho g h$

۱۶. پرتابه‌ای با سرعت اولیه‌ی v_0 و با زاویه ی اولیه ی $0 < \theta_0 < \frac{\pi}{2}$ نسبت به افق، و بالای آن، از مبداء مختصات پرتاب می‌شود، و پس از رسیدن به سطح افق نقطه‌ی پرتاب به حرکت خود ادامه می‌دهد. فاصله‌ی پرتابه تا مبداء بر حسب زمان $r(t)$ است. سه حالت a و b و c را در نظر بگیرید.



کدام گزینه درست است؟ (3, −1)

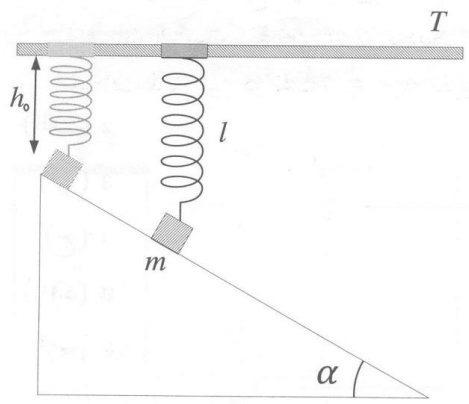
(الف) به ازای مقادیری از v_0 که کوچکتر از یک مقدار بحرانی v_c است حالت a رخ می‌دهد. به ازای $v_0 = v_c$ حالت b رخ می‌دهد، و با بزرگ شدن v_0 بالاخره حالت c رخ می‌دهد.

(ب) به ازای مقادیری از v_0 که کوچکتر از یک مقدار بحرانی v_c است حالت c رخ می‌دهد. به ازای $v_0 = v_c$ حالت b رخ می‌دهد، و با بزرگ شدن v_0 بالاخره حالت a رخ می‌دهد.

(ج) به ازای مقادیری از θ_0 که کوچکتر از یک مقدار بحرانی θ_c است حالت a رخ می‌دهد. به ازای $\theta_0 = \theta_c$ حالت b رخ می‌دهد، و با بزرگ شدن θ_0 بالاخره حالت c رخ می‌دهد.

(د) به ازای مقادیری از θ_0 که کوچکتر از یک مقدار بحرانی θ_c است حالت c رخ می‌دهد. به ازای $\theta_0 = \theta_c$ حالت b رخ می‌دهد، و با بزرگ شدن θ_0 بالاخره حالت a رخ می‌دهد.

۱۷. مطابق شکل جسم m با فنری به ضریب k و طول عادی ℓ_0 به میله‌ی افقی ثابت T وصل است. این جسم روی سطح شیبداری به زاویه‌ی شیب α و ضریب اصطکاک μ ساکن است و در این حالت طول فنر ℓ است. حلقه‌ی اتصال فنر به میله‌ی T بدون اصطکاک است. اگر جسم m در بالاترین نقطه‌ی سطح شیبدار باشد طول فنر h_0 است و $h_0 < \ell_0$. کلی‌ترین بازه‌ی مقادیر ممکن ℓ که جسم روی سطح شیبدار ساکن بماند کدام است؟ (3, −1)



(الف) $\ell_0 \le \ell \le \ell_0 + \frac{mg}{k}$

(ب) $h_0 \le \ell \le \ell_0 + \frac{mg}{k}$

(ج) $\ell = \frac{mg \sin\alpha}{k}(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$

(د) $\ell = \ell_0 + \frac{mg}{k}$

۱۸. آب از آبشاری به ارتفاع $100\,\mathrm{m}$ به زمین فرو می‌ریزد. فرض کنید ضمن فرو ریختن آب 1% آن تبخیر می‌شود، که همه‌ی گرمای لازم برای تبخیر آب از آب گرفته می‌شود. گرمای نهان تبخیر آب را $2 \times 10^6\,\mathrm{J/kg}$، گرمای ویژه ی آب را $4 \times 10^3\,\mathrm{J/(kg\,°C)}$، و شتاب گرانش را $1 \times 10^1\,\mathrm{m/s^2}$ بگیرید. تغییر دمای آب به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟ $(3, -1)$

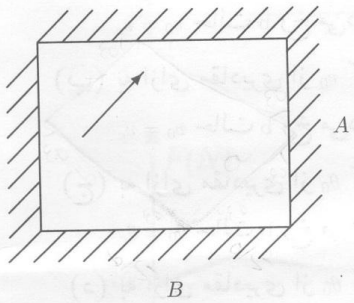
(الف) $5°\mathrm{C}$

(ب) $-5°\mathrm{C}$

(ج) $10°\mathrm{C}$

(د) $-10°\mathrm{C}$

۱۹. شکل زیر مقطع چهار آینه ی تخت را نشان می‌دهد که مستطیلی به ابعاد A و B است. مسیر یک پرتوی نور بین آینه‌ها مستطیلی به ابعاد a و b است. نسبت $\frac{A}{B}$ چیست؟ $(3, -1)$



(الف) $\frac{a}{b}$

(ب) $\frac{ab}{a^2+b^2}$

(ج) 1

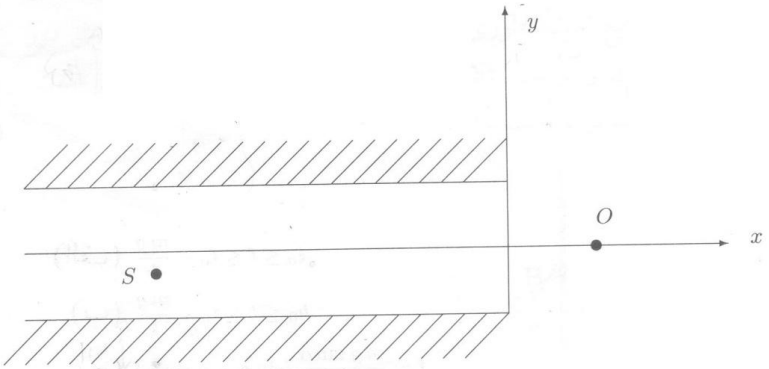
(د) $\frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}$

۲۰. دو آینه‌ی تخت موازی به فاصله‌ی $3.0\,\mathrm{cm}$ از یکدیگر قرار دارند. مطابق شکل محور x موازی آینه‌ها و به یک فاصله از هر دو است، و محور y عمود بر آینه‌ها است و از لبه‌ی آنها می‌گذرد. چشمه‌ی نقطه‌ای S و ناظر O هر دو در صفحه‌ی xy هستند و مختصه‌های آنها چنین است:

$x_S = -8.0\,\mathrm{cm}$ $\quad x_O = 2.0\,\mathrm{cm}$

$y_S = -0.5\,\mathrm{cm}$ $\quad y_O = 0.0$

ناظر O چند تصویر از چشمه‌ی S در آینه‌ها می‌بیند؟ $(4, -1)$



(الف) 2

(ب) 3

(ج) 4

(د) 5

(هـ) ∞

۲۱. قطره‌های باران تحت اثر بادی که با سرعت افقی v_w می‌وزد قرار دارند و شتاب گرانش g است. فرض کنید نیروی مقاومت هوا از دید ناظری که نسبت به هوا ساکن است $-b\vec{v}$ است، که $\vec{v}$ سرعت قطره ی باران نسبت به این ناظر و b یک ضریب ثابت و مثبت است. پس از مدتی، قطرات باران از دید ناظر زمین با سرعت حدی ثابتی که نسبت به امتداد قائم زاویه‌ی α می‌سازد، سقوط می‌کنند. کدام گزینه درست است؟ (3, −1)

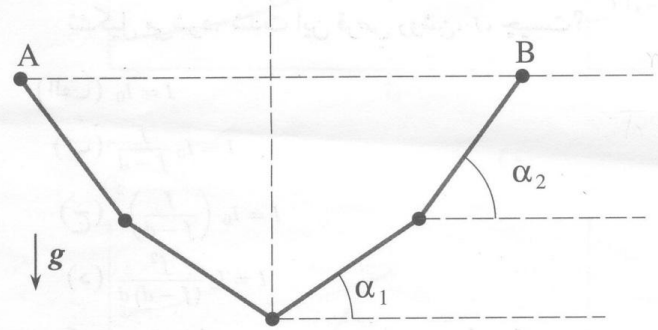
(الف) $\sin\alpha = \frac{b v_w}{m g}$

(ب) $\cos\alpha = \frac{b v_w}{m g}$

(ج) $\tan\alpha = \frac{b v_w}{m g}$

(د) $\cot\alpha = \frac{b v_w}{m g}$

۲۲. مطابق شکل سه گلوله ی متشابه با چهار ریسمان سبک به طولهای مساوی، بین نقاط هم‌ارتفاع A و B آویخته شده اند. امتداد نخها با افق زاویه‌های α_1 و α_2 می‌سازند. نسبت $\frac{\tan\alpha_1}{\tan\alpha_2}$ چیست؟ (3, −1)



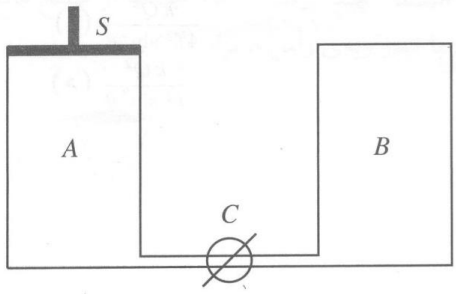
(الف) $\frac{2}{3}$

(ب) $\frac{1}{\sqrt{3}}$

(ج) $\frac{1}{3}$

(د) $\frac{1}{2}$

۲۳. دو محفظه‌ی عایق استوانه‌ای یکسان A و B به حجم V و ظرفیت گرمایی ناچیز، مطابق شکل، توسط شیر C به هم متصل اند. ابتدا استوانه‌ی A حاوی n مول گاز کامل تک‌اتمی در دمای T و ظرفیت گرمایی مولی در حجم ثابت $\frac{3}{2}R$ است. انتهای بالایی محفظه‌ی A توسط پیستون S، که می‌تواند آزادانه درون استوانه حرکت کند، کاملاً بسته شده است. استوانه‌ی B دربسته و درون آن کاملاً خلاء است. شیر C به گونه‌ای باز می‌شود که بر اثر ورود گاز به استوانه‌ی B پیستون به طریقی به پایین بلغزد که فشار در A ثابت بماند. پس از آن که گاز تمامی حجم ظرف B و بخشی از حجم ظرف A را پر کرد، پیستون ساکن می‌شود. اگر T' دمای مطلق گاز در پایان این فرایند باشد، نسبت $\frac{T'}{T}$ چقدر است؟ (3, −1)



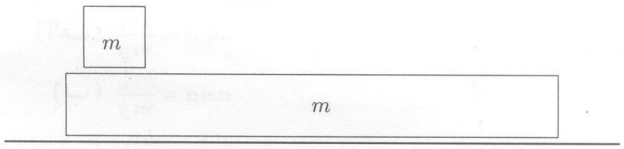
(الف) $\frac{8}{6}$

(ب) $\frac{6}{5}$

(ج) $\frac{7}{5}$

(د) $\frac{9}{7}$

۲۴. جعبه‌ای به جرم m روی جعبه‌ی دراز دیگری به جرم m قرار دارد. اصطکاک جعبه ی زیر با زمین ناچیز است، اما دو جعبه با هم اصطکاک دارند. در لحظه‌ی $t=0$ جعبه‌ی زیری ساکن است و جعبه‌ی رویی با سرعت v_0 نسبت به زمین حرکت می‌کند. کل کار نیروی اصطکاک روی جعبه‌ی بالایی از دید ناظر زمینی چقدر است؟ فرض کنید جعبه‌ی پایینی آن قدر دراز است که جعبه‌ی بالایی از روی آن نمی‌افتد. $(3,-1)$



(الف) $-\frac{3}{8}\,m\,v_0^2$

(ب) $-\frac{1}{2}m\,v_0^2$

(ج) $-\frac{1}{4}m\,v_0^2$

(د) $-\frac{3}{4}m\,v_0^2$

۲۵. در فاصله‌ی d از یک دیوار، یک عدسی همگرا با فاصله‌ی کانونی $f>d$ به موازات دیوار قرار دارد. از سمت مقابل دیوار یک باریکه‌ی لیزر با سطح مقطع دایره‌ای، که محور آن همان محور عدسی است، به عدسی می‌تابد. شدت باریکه I_0 است. پس از عبور این باریکه از عدسی یک قرص روشن روی دیوار تشکیل می‌شود. شدت این قرص روشن، I، چیست؟ $(3,-1)$

(الف) $I=I_0$

(ب) $I=I_0\,\frac{f}{f-d}$

(ج) $I=I_0\left(\frac{f}{f-d}\right)^2$

(د) $I=I_0\,\frac{f^2}{(f-d)\,d}$

۲۶. گلوله‌ی کوچکی به جرم m دارای بار الکتریکی مثبت Q از نخی با جرم ناچیز به طول ℓ آویخته شده است. گلوله‌ی مشابه دیگری با همان بار الکتریکی را به آرامی به گلوله‌ی آویخته نزدیک می‌کنیم و در جای قبلی گلوله‌ی اول نگه می‌داریم. راستای نخ به اندازه‌ی θ از راستای قائم منحرف می‌شود. کشش نخ در این وضعیت چقدر است؟ شتاب گرانش g و ثابت قانون کولن k است. $(4,-1)$

(الف) $m\,g$

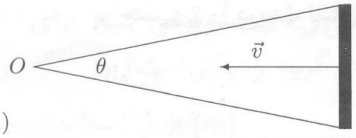
(ب) $m\,g\cos\theta$

(ج) $\frac{m\,g}{\cos\theta}$

(د) $\frac{k\,Q^2}{4\,\ell^2\,\sin^3\theta}$

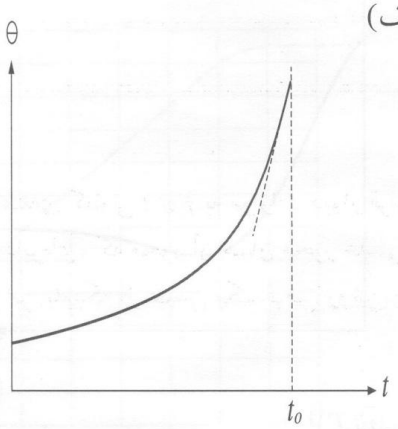
(هـ) $\frac{k\,Q^2}{\ell^2\,\sin^3\theta}$

۲۷. میله‌ای مطابق شکل با سرعت ثابت $\vec{v}$ عمود بر امتداد خود حرکت می‌کند. ناظر O میله را با زاویه‌ی θ می‌بیند. خط واصل از ناظر O به مرکز میله در امتداد $\vec{v}$ است. اگر در لحظه‌ی t_0 میله به ناظر برسد، کدام گزینه بستگی θ به زمان را نشان می‌دهد؟

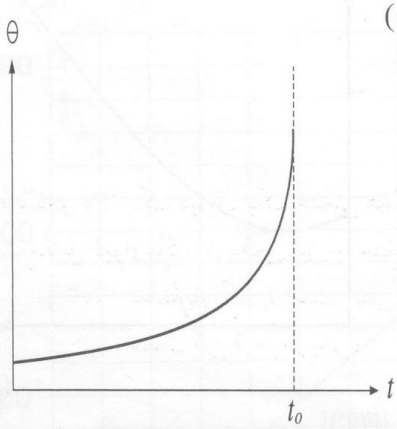


(3, −1)

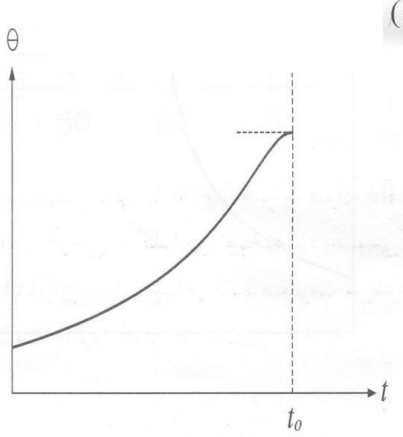
الف)



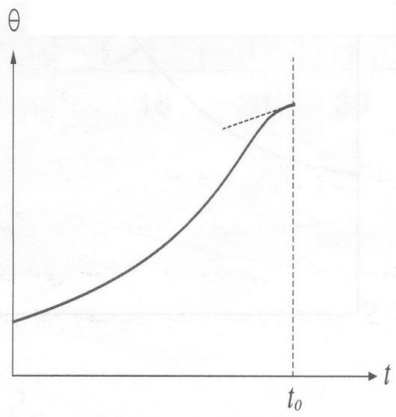
ب)



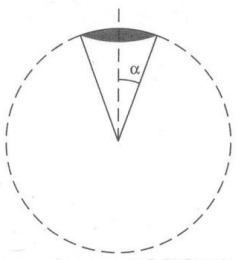
ج)



د)



۲۸. یک چشمه‌ی نقطه‌ای نور که در تمام جهات به طور یکسان تابش می‌کند زیر سطح افقی مایعی قرار دارد. ضریب شکست مایع 1.25 است. بالای مایع هوا است. چند درصد از نور چشمه از سطح مایع خارج می‌شود؟ مساحت یک عرقچین کروی به شعاع R با نیم‌زاویه‌ی رأس α برابر $4\pi R^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}$ است. (3, −1)



(الف) کمتر از 20%

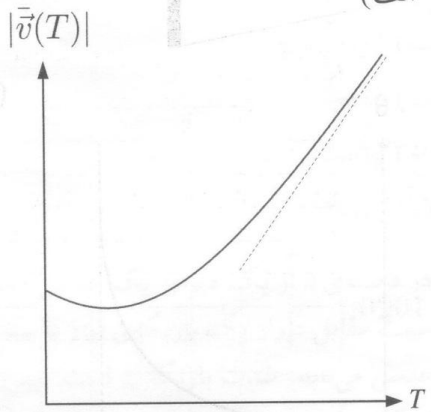
(ب) بین 20% تا 30%

(ج) بین 30% تا 40%

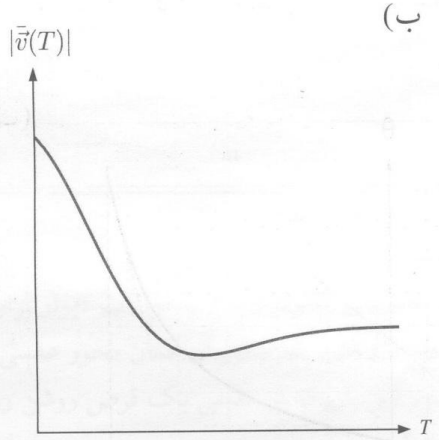
(د) بیشتر از 40%

۲۹. پرتابه‌ای در زمان $t=0$ با سرعت اولیه‌ی v_0 تحت زاویه‌ی θ نسبت به افق و بالای افق پرتاب می‌شود و پس از رسیدن به سطح افق نقطه‌ی پرتاب به حرکت خود ادامه می‌دهد. بردار سرعت متوسط پرتابه بین زمان $t=0$ تا $t=T$ را با $\vec{v}(T)$ نشان می‌دهیم. $|\vec{v}(T)|$ اندازه‌ی این بردار است. کدام گزینه نمودار $|\vec{v}(T)|$ بر حسب T را درست نشان می‌دهد؟ $(3,-1)$

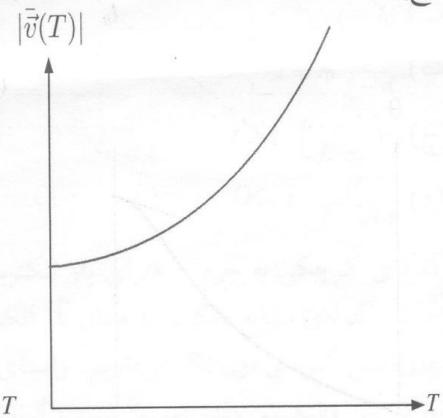
الف)



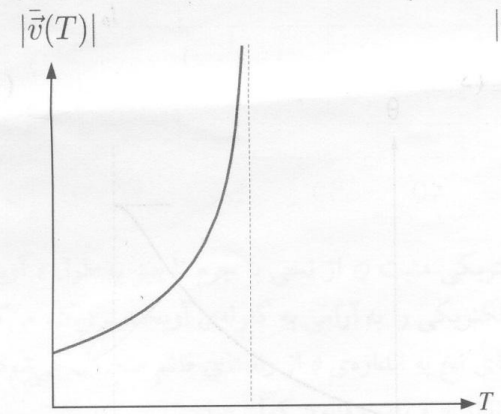
ب)



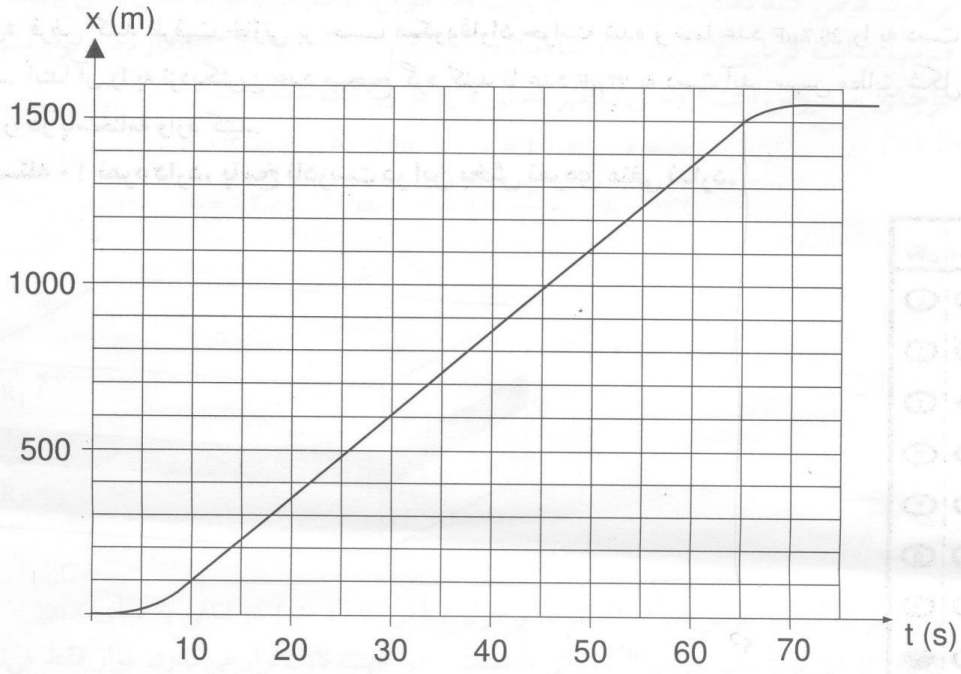
ج)



د)



۳۰. یوزپلنگی آهویی را در فاصله‌ی 500 متری خود می‌بیند و به سمت آن می‌دود. حرکت یوزپلنگ و آهو را در یک خط راست بگیرید. منحنی مکان ـ زمان یوزپلنگ را در شکل می‌بینید. به اندازه‌ی زمان τ طول می‌کشد تا آهو متوجه یوزپلنگ شود و شروع به فرار کند. آهو در مدت بسیار کوتاهی سرعت خود را به $60\,km/h$ می‌رساند و با این سرعت ثابت فرار می‌کند. از زمان شتاب گرفتن آهو چشم‌پوشی کنید. برای آن که آهو بتواند از دست یوزپلنگ فرار کند، حد اکثر مقدار τ به کدام گزینه نزدیکتر است؟ (3, −1)



(الف) 5 s

(ب) 10 s

(ج) 15 s

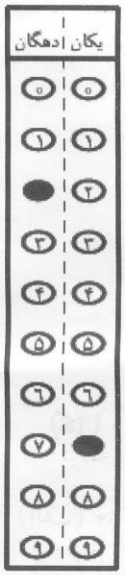
(د) 20 s

مسئله‌های کوتاه

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 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 بر حسب **میکروفاراد** خواسته شده و شما عدد $26.7\,\mu F$ را به دست آورده باشید. ابتدا آن را به نزدیکترین عدد صحیح گرد کنید تا عدد $27\,\mu F$ به دست آید. سپس مطابق شکل پاسخ خود را در پاسخنامه وارد کنید.

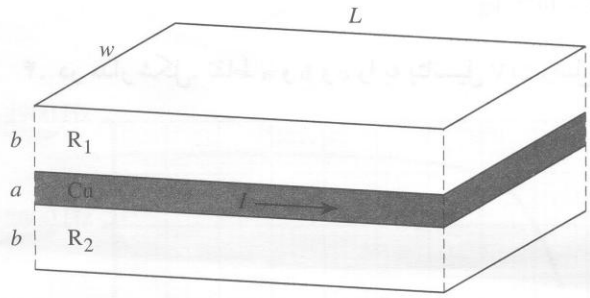
هر مسئله ۱۰ نمره دارد. پاسخ نادرست در این بخش نمره‌ی منفی ندارد.



۱. نوار مسی نازکی به ضخامت a، عرض w، و طول بسیار بلند L (حدود متر) بین دو نوار لاستیکی با همین عرض و طول، و ضخامت b قرار گرفته است. این دو نوار در شکل زیر با نامهای R_1 و R_2 مشخص شده اند. a و b بسیار کوچکتر از w اند. از نوار مسی جریان I در امتداد طول آن می‌گذرد و مجموعه در محیطی به دمای ثابت θ_0 قرار گرفته است. نوار مسی بر اثر عبور جریان گرم می‌شود و گرما فقط از نوار مسی به دو نوار لاستیکی و فقط از سطوح بالایی و پایینی دو نوار لاستیکی به محیط منتقل می‌شود. فرض کنید دمای سطوح بالایی و پایینی این دو نوار لاستیکی همواره همان دمای محیط است. ضریب هدایت گرمایی لاستیک K و مقاومت ویژه‌ی مس ρ است. در حالت پایدار دمای نوار مسی چند **درجه‌ی سلسیوس** است؟ همه‌ی مقادیر عددی لازم در زیر داده شده است.

$$a = 0.1\,\mathrm{mm}, \quad b = 2.0\,\mathrm{mm}, \quad w = 1.0\,\mathrm{cm}, \quad I = 20\,\mathrm{A},$$

$$\rho = 1.7 \times 10^{-8}\,\Omega\,\mathrm{m}, \quad K = 0.16\,\frac{\mathrm{W}}{^\circ\mathrm{C\,m}}, \quad \theta_0 = 23^\circ\mathrm{C}.$$



۲. نوار مسی نازکی به عرض w، ضخامت a، و طول L (در حدود متر) در اتاقی به دمای $T = 300\,\mathrm{K}$ قرار گرفته. از این نوار یک جریان الکتریکی به شدت I در جهت طول نوار می‌گذرد. نوار فقط می‌تواند با تابش با محیط اطرافش تبادل گرما بکند. وقتی جسمی به مساحت A و دمای مطلق T_2 در اتاقی به دمای مطلق T_1 قرار می‌گیرد، با توان $A\sigma T_2^4$ انرژی از دست می‌دهد، و با توان $A\sigma T_1^4$ از محیط انرژی می‌گیرد، که در این جا σ ثابت است.

دمای این نوار مسی در حالت پایدار چند **درجه ی سلسیوس** است؟ همه‌ی عددهای لازم در زیر آمده است. برای محاسبه می‌توانید از تقریب

$$(1+x)^{1/4} \simeq 1 + \frac{x}{4} - \frac{3x^2}{32}$$

که برای x های بسیار کوچکتر از 1 معتبر است، استفاده کنید.

$$w = 1.0\,\mathrm{cm}, \quad a = 0.1\,\mathrm{mm}, \quad \sigma = 5.7 \times 10^{-8}\,\mathrm{W\,m^{-2}\,K^{-4}}, \quad \rho = 1.7 \times 10^{-8}\,\Omega\,\mathrm{m}, \quad I = 20\,\mathrm{A}.$$

۳. یکی از واکنشهای شکافت هسته‌ای اتم $^{235}_{92}\mathrm{U}$ به صورت زیر است.

$$^{235}_{92}\mathrm{U} + ^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow ^{141}_{56}\mathrm{Ba} + ^{92}_{36}\mathrm{Kr} + 3\,^{1}_{0}\mathrm{n}$$

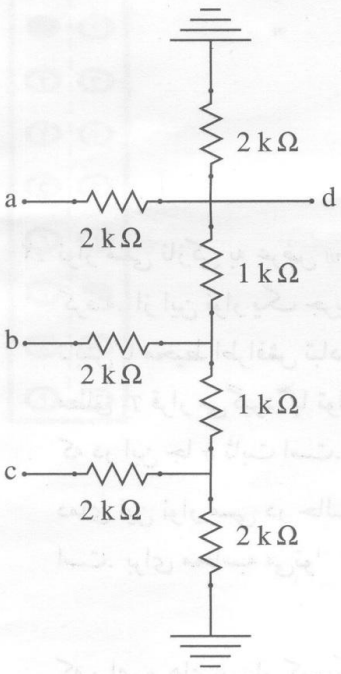
جرم ذرات این واکنش بر حسب واحد جرم اتمی (u) در جدول زیر آمده است.

ذره	$^{235}_{92}\mathrm{U}$	$^{141}_{56}\mathrm{Ba}$	$^{92}_{36}\mathrm{Kr}$	$^{1}_{0}\mathrm{n}$
جرم	235.04 u	140.91 u	91.91 u	1.01 u

5% از اتمهای اورانیوم غنی‌شده که در نیروگاه هسته‌ای به عنوان سوخت استفاده می‌شود $^{235}_{92}\mathrm{U}$ و بقیه $^{238}_{92}\mathrm{U}$ اند. هسته‌های $^{238}_{92}\mathrm{U}$ واکنش شکافت ندارند. در واکنش فوق فرض کنید انرژی جنبشی نوترون اولیه ناچیز است. انرژی آزاد شده از شکافت کامل 10 g سوخت نیروگاه هسته‌ای چند **گیگا ژول** است؟ (گیگا یعنی 10^9) فرض کنید فقط واکنشی که در بالا آمد روی می‌دهد.

$$1\,\mathrm{u} = 1.7 \times 10^{-27}\,\mathrm{kg},$$

۴. در مدار شکل، نقاط a و b و c را به پتانسیل 24 V وصل می‌کنیم. پتانسیل نقطه ی d چند **ولت** است؟



۵. شخصی در کنار جاده‌ای، به فاصله‌ی d از جادّه ایستاده است. آمبولانسی، آژیرکشان، در جادّه حرکت می‌کند، به نحوی که ابتدا به شخص نزدیک می‌شود و سپس دور می‌شود. اگر بسامد آژیر آمبولانس f_0 باشد، بسامدی که شخص می‌شنود f است که با فرمول زیر داده می‌شود.

$$f = f_0 \left(1 - \frac{v}{c} \cos\theta\right)$$

در این فرمول $c = 320\,\mathrm{m/s}$ سرعت صوت در هوا است، و θ زاویه‌ای است که خط واصل شخص به آمبولانس با امتداد بردار سرعت آمبولانس می‌سازد. (شکل را ببینید.) این شخص با یک ابزار دقیق بسامد آژیر بر حسب زمان را ثبت کرده است. نمودار حاصل در زیر آمده است. سرعت آمبولانس چند **متر بر ثانیه** است؟