جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش

ماخ

دفترچه سؤالات و پاسخ تستی
مرحله اول
سی‌امین دوره‌ی المپیاد فیزیک سال ۱۳۹۵

تعداد سوالات		مدت آزمون (دقیقه)
سوالات چند گزینه‌ای	مساله‌های تشریحی	
۲۹	۷	۲۴۰

توضیحات مهم

استفاده از ماشین حساب ممنوع است.

تذکرات آزمون:

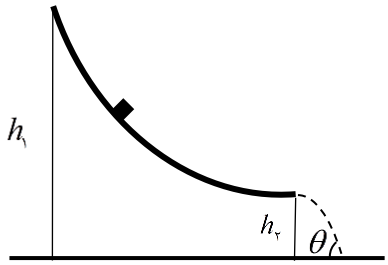
ضمن آرزوی موفقیت برای شما دانش‌پژوه گرامی، خواهشمند است قبل از پاسخ به سؤالات آزمون به موارد زیر توجه کنید:

- این آزمون شامل **۲۹ سؤال تستی و ۷ سؤال نشریحی** و وقت آن **۲۴۰ دقیقه** است.
- نمره‌ی هر سؤال در ابتدای آن نوشته شده است.
- استفاده از ماشین‌حساب در این آزمون مجاز است.
- همراه داشتن تلفن همراه (حتی خاموش) در طول زمان آزمون مجاز **نیست**.
- فقط داوطلبانی می‌توانند دفترچه‌ی سؤالات را با خود ببرند که تا پایان آزمون در جلسه حضور داشته باشند.
- جمع‌آوری و آماده‌سازی دفترچه‌ی سؤالات این آزمون توسط **کمیته‌ی علمی ماخ** انجام شده است.

www.MAAKH.ir

کلیه حقوق این سوالات برای ماخ محفوظ است.

۱- جسمی مطابق شکل از بالای یک سرسره‌ی بدون اصطکاک در ارتفاع h_1 بالای سطح زمین شروع به حرکت می‌کند. این جسم در ارتفاع h_2 از سطح زمین در حالیکه سرعتش کاملاً افقی است از روی سرسره خارج می‌شود و با زاویه‌ی θ نسبت به افق به سطح زمین برخورد می‌کند. $\frac{h_2}{h_1}$ کدام است؟



۱) $\sin^2\theta$ ۲) $\sin\theta$
۳) $\tan\theta$ ۴) $\tan^2\theta$

۲- در یکی از روزهای آخر اسفند و یا اول فروردین، ماه تقریباً حدود ۴۰ دقیقه پس از خورشید طلوع می‌کند. می‌دانیم جهت گردش زمین به دور خورشید و جهت گردش ماه به دور زمین و و جهت چرخش زمین به دور خودش یکسان است. فرض کنید صفحه‌ی حرکت ماه به دور زمین و صفحه‌ی حرکت زمین به دور خورشید یکی است. در غروب این روز

۱) ماه تقریباً ۱۵ دقیقه دیرتر از خورشید غروب می‌کند.
۲) ماه تقریباً ۱۵ دقیقه زودتر از خورشید غروب می‌کند.
۳) ماه تقریباً ۶۵ دقیقه دیرتر از خورشید غروب می‌کند.
۴) ماه تقریباً ۶۵ دقیقه دیرتر از خورشید غروب می‌کند.

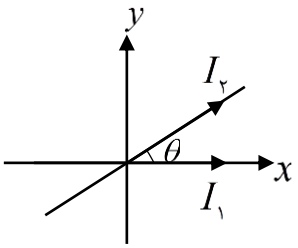
۳- برای یک حلقه‌ی بسته که از آن جریان الکتریکی می‌گذرد می‌توان کمیتی به نام ممان مغناطیسی تعریف کرد که از حاصلضرب جریان الکتریکی حلقه در مساحت آن به دست می‌آید. برای الکترون نیز می‌توان کمیتی مشابه تعریف کرد. اگر h ثابت پلانک، e بار الکترون و m_e جرم الکترون باشد، با توجه به یکای کمیت‌ها، کدام گزینه می‌تواند ممان مغناطیسی الکترون باشد؟

۱) $\frac{eh}{4\pi m_e}$ ۲) $\frac{eh}{4\pi m_e^2}$ ۳) $\frac{eh^2}{4\pi m_e^2}$ ۴) $\frac{e^2h^2}{4\pi m_e^2}$

۴- فرض کنید چگالی هوای جو زمین از روی سطح زمین که مقدار آن $1/225 kg/m^3$ است به طور خطی با افزایش ارتفاع از سطح زمین کاهش می‌یابد تا به صفر برسد. با این مدل ضخامت جو زمین تقریباً چند کیلومتر خواهد بود؟ از تغییرات شتاب گرانش با ارتفاع صرف نظر کنید.

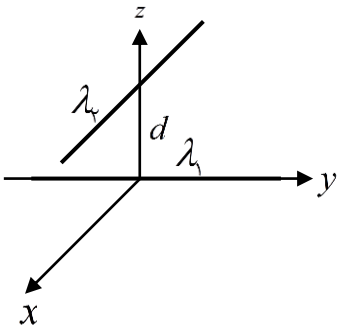
۱) ۳۴ ۲) ۲۵/۵ ۳) ۱۷ ۴) ۸/۵

۵- دو سیم نامتناهی حامل جریان I_1 و I_2 مطابق شکل در صفحه‌ی $x-y$ قرار دارند. مکان هندسی نقاطی در این صفحه که میدان مغناطیسی در آن‌ها صفر است، کدام است؟



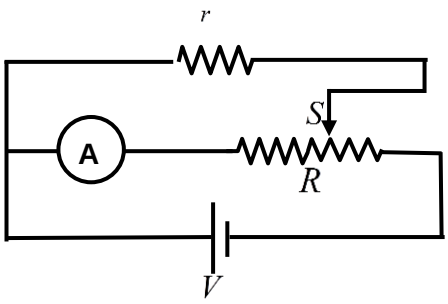
۱) $y=(\frac{I_1}{I_2}\tan(\theta/2))x$ ۲) $y=(\frac{I_1\sin^2(\theta)}{I_2+I_1\cos(\theta)})x$
۳) $y=(\frac{I_1\sin^2(\theta/2)}{I_2+I_1\cos(\theta/2)})x$ ۴) $y=(\frac{I_1\sin(\theta)}{I_2+I_1\cos(\theta)})x$

۶- دو خط بار نامتناهی با چگالی بار خطی (بار الکتریکی بر واحد طول) یکنواخت λ_1 و λ_2 مطابق شکل به فاصله‌ی d از یکدیگر قرار دارند. با توجه به ملاحظات فیزیکی اندازه‌ی نیروی الکتریکی بین دو خط بار کدام گزینه می‌تواند باشد؟ خط بار λ_2 موازی محور x است.



۱) $\frac{\lambda_1^2+\lambda_2^2}{2\varepsilon_0}$ ۲) $\frac{\lambda_1\lambda_2}{2\varepsilon_0}$
۳) $\frac{\sqrt{\lambda_1\lambda_2}(\lambda_1+2\lambda_2)}{2\varepsilon_0}$ ۴) $\frac{\lambda_1\lambda_2}{2\varepsilon_0 d^2}$

۷- در مدار شکل روبرو مقاومت کلی پتانسیومتر R است و $r < R$. با جابجا کردن لغزنده‌ی S روی مقاومت R جریان گذرنده از آمپرسنج A قابل تغییر است. محدوده‌ی تغییرات جریان گذرنده از آمپرسنج کدام گزینه است؟



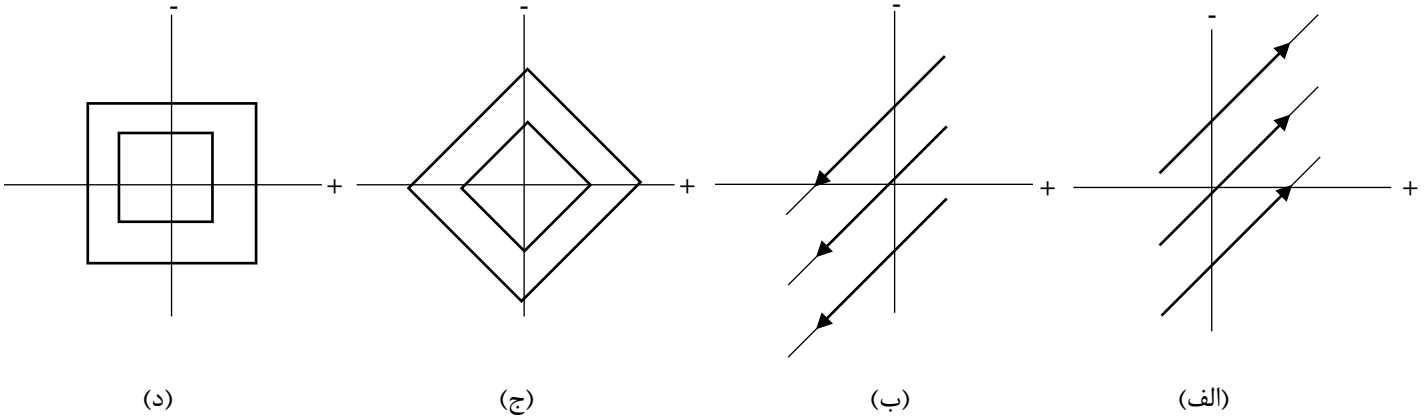
۱) $\frac{V}{R}\frac{۱}{۱+R/۲r} \le i \le \frac{V}{R}$

۲) $\frac{V}{R} \le i \le \frac{V}{R}\frac{۱}{۱-r/۲R}$

۳) $\frac{V}{R}\frac{۱}{۱+R/۴r} \le i \le \frac{V}{R}$

۴) $\frac{V}{R} \le i \le \frac{V}{R}\frac{۱}{۱-r/۴R}$

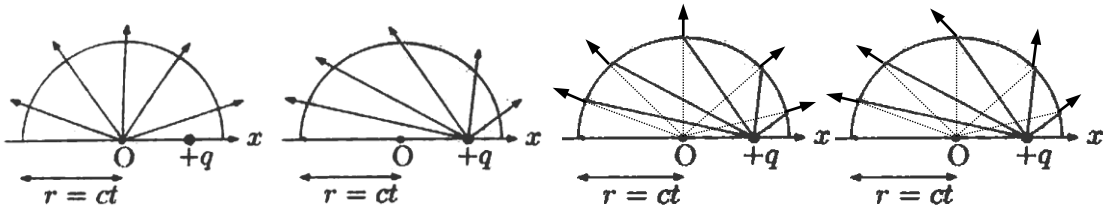
۸- می‌دانیم میدان الکتریکی ناشی از یک صفحه‌ی تخت نامتناهی با توزیع بار یکنواخت در بیرون از آن مقداری ثابت در جهت عمود بر صفحه است. اکنون دو صفحه‌ی تخت نامتناهی با توزیع بار الکتریکی یکنواخت ولی علامت‌های متفاوت در نظر بگیرید. این دو صفحه عمود بر هم هستند. کدام شکل خطوط میدان الکتریکی بین صفحه‌ها را درست نشان می‌دهد؟



(الف) (ب) (ج) (د)

۱) (الف) ۲) (ب) ۳) (ج) ۴) (د)

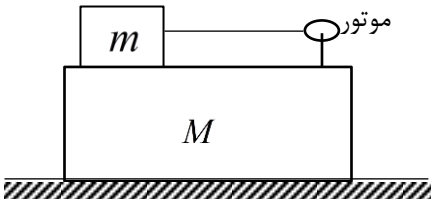
۹- بار الکتریکی q ابتدا در $x = ۰$ ساکن است. ناگهان در $t = ۰$ و در مدت بسیار کوتاهی سرعت آن در امتداد محور x به یک مقدار ثابت می‌رسد. تغییرات میدان الکتریکی در نقطه‌ای که به فاصله‌ی r از مبدأ واقع است، پس از زمان $t = \frac{r}{c}$ احساس می‌شود که در آن c سرعت نور است. در زمان t خطوط میدان الکتریکی بار در حال حرکت به کدام شکلی نزدیک‌تر است؟



(الف) (ب) (پ) (ت)

۱) (الف) ۲) (ب) ۳) (پ) ۴) (ت)

۱۰- در شکل مقابل جرم M بازمین اصطکاک ندارد. ولی جرم m با جرم M اصطکاک دارد، موتوری روی جرم M نصب شده و نخی افقی که به جرم m وصل است را با سرعت ثابت دور یک قرقره جمع می‌کند. نیروی برآیند وارد به جرم M را F و کار آن را W بنامید. کدام گزینه صحیح است؟



۱) $W=۰$ و $F=۰$ ۲) $W=۰$ و $F\neq ۰$

۳) $W\neq ۰$ و $F=۰$ ۴) $W\neq ۰$ و $F\neq ۰$

۱۱- فرض کنید یک نوع گاز از معادله‌ی

$$PV+\frac{an^۲}{V}=nRT$$

پیروی می‌کند که در آن P فشار گاز، V حجم گاز، T دمای مطلق گاز و n تعداد مول آن است. R ثابت گازها و a یک عدد ثابت است. برای این گاز انرژی درونی چنین است

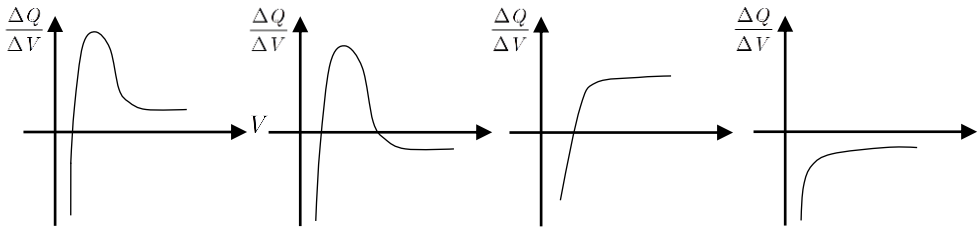
$$U=\frac{۳}{۲}nRT-\frac{an^۲}{V}+U_۰$$

که در آن $U_۰$ یک مقدار عددی ثابت است. فرض کنید رابطه‌ی فشار و حجم گاز به صورت زیر است

$$P=P_۰+\frac{k}{V^۲}$$

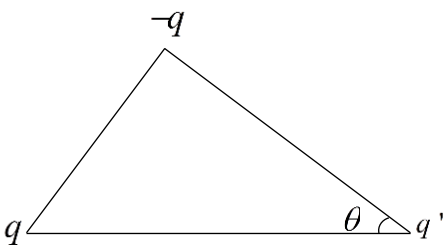
که در آن k و $P_۰$ ثابت و مثبت هستند. فرض کنید برای تغییر حجم ΔV، گرمای ΔQ مبادله شود. اگر فرایند به آرامی صورت گیرد، $\frac{\Delta Q}{\Delta V}$ در کدام نمودار صحیح رسم شده است؟

راهنمایی: $\Delta U=\frac{dU}{dV}\Delta V$



۱) (الف) ۲) (ب) ۳) (پ) ۴) (ت)

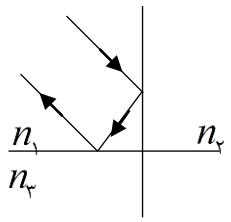
۱۲- بارهای q، $-q$ و q' مطابق شکل در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای قرار دارند که یکی از زاویه‌های حاده‌ی آن θ است. اگر راستای نیروی برآیند وارد بر بار $-q$ مطابق شکل عمود بر وتر باشد، نسبت $\frac{q'}{q}$ کدام است؟



۱) $\tan\theta$ ۲) $\tan^۲\theta$

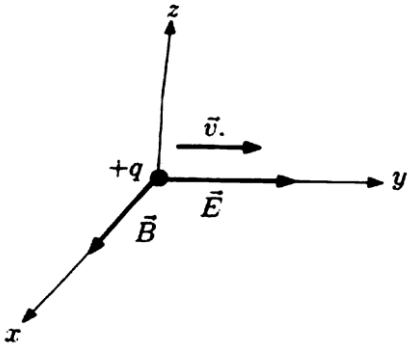
۳) $\cos\theta$ ۴) $\cos^۲\theta$

۱۳- سه محیط شفاف که ضریب شکست آنها مطابق شکل n_1، n_2 و n_3 است در مجاورت هم قرار دارند و سطح جدایی آنها صفحات عمود برهم‌اند. اگر یک پرتو فرودی پس از دو بازتاب کلی متوالی به موازات پرتو نخستین بازتابد، کدام گزینه درست است؟



۱) $n_2^2 + n_3^2 < n_1^2$
۲) $n_1^2 + n_2^2 > n_3^2$
۳) $n_2^2 + n_3^2 < n_1^2$
۴) $n_1^2 + n_3^2 > n_2^2$

۱۴- ذره‌ی با بار الکتریکی $+q$ با سرعت اولیه‌ی $\vec{v}_0$ در راستای محور y وارد ناحیه‌ای از فضا می‌شود که در آن مطابق شکل میدان‌های مغناطیسی عمود بر هم $\vec{E}$ و $\vec{B}$ برقرار است.



کدام گزینه در مورد مسیر حرکت ذره درست است؟

۱) مسیر حرکت مارپیچی است که محور آن محور x است.
۲) مسیر حرکت مارپیچی است که محور آن محور در صفحه‌ی $x-y$ است و با محور x زاویه‌ی حاده می‌سازد.
۳) حرکت در صفحه‌ی $y-z$ صورت می‌گیرد و جابجایی کلی آن به سمت $+z$ است.
۴) حرکت در صفحه‌ی $y-z$ صورت می‌گیرد و جابجایی کلی آن به سمت $-z$ است.

۱۵- جسمی به جرم m به N فنر مشابه با ضریب سختی k و طول آزاد l_0 که در یک صفحه قرار دارند متصل شده است. انتهای این فنرها روی رأس‌های یک N ضلعی منتظم ثابت شده‌اند، به طوری که تمامی فنرها در حالت تعادل خود قرار دارند. این جسم را به آرامی و در جهتی عمود بر صفحه‌ی N ضلعی، به میزان δ که از l_0 خیلی کوچکتر است بلند کرده و سپس رها می‌کنیم. شتاب جسم درست در لحظه‌ی رها شدن چقدر است؟ از گرانش صرف نظر کنید.

راهنمایی: برای $|x|$ خیلی کوچکتر از یک داریم، $(1+x)^n \approx 1+nx$.

۱) $\frac{Nk\delta}{m}$
۲) $\frac{Nk\delta^2}{2l_0 m}$
۳) $\frac{Nk\delta^2}{l_0 m}$
۴) $\frac{Nk\delta^2}{2l_0^2 m}$

۱۶- کره‌ای فلزی به شعاع R و ظرفیت گرمایی C را تا دمای T_0 گرم می‌کنیم و سپس در لحظه‌ی $t=0$ در خلاء قرار می‌دهیم، به گونه‌ای که تنها عامل انتقال حرارت کرده با محیط از طریق تابش باشد. فرض کنید سطح کره مشابه اجسام موسوم به اجسام سیاه تابش می‌کند به طوری که انرژی که در واحد زمان از واحد سطح آن تابش می‌شود $I=\sigma T^4$ است که σ یک ثابت است. کدام رابطه دمای کره، T را بر حسب زمان، t نشان می‌دهد؟

۱) $\frac{1}{3T^3} = \frac{1}{3T_0^3} + \frac{4\pi R^2 \sigma}{C} t$
۲) $\frac{1}{T^3} = \frac{1}{T_0^3} + \frac{4\pi R^2 \sigma}{C} t$
۳) $\frac{1}{5T^5} = \frac{1}{5T_0^5} + \frac{4\pi R^2 \sigma}{T_0^2 C} t$
۴) $\frac{1}{3T^5} = \frac{1}{T_0^5} + \frac{4\pi R^2 \sigma}{T_0^2 C} t$

۱۷- ماهواره‌ای در صفحه‌ی استوای زمین در مداری دایره‌ای به شعاع دو برابر زمین و هم‌سو با جهت چرخش زمین حول خودش، به دور زمین می‌چرخد. ناظری واقع بر استوای زمین، سرعت زاویه‌ای ماهواره را زمانی که بالای سرش قرار دارد Ω_1 و هنگامی که در حال غروب است Ω_2 ثبت می‌کند. نسبت $\frac{\Omega_1}{\Omega_2}$ بر حسب سرعت زاویه‌ای ماهواره، Ω_s، و سرعت زاویه‌ای زمین، Ω_e، کدام گزینه است؟

راهنمایی: سرعت زاویه‌ای یک جسم متحرک نسبت به یک ناظر با رابطه $\Omega = \frac{v_{2t} - v_{1t}}{d}$ داده می‌شود که در آن v_{1t} و v_{2t} به ترتیب مؤلفه‌ی سرعت ناظر و جسم در راستای عمود بر خط دید ناظر است و d فاصله‌ی ناظر از جسم را نشان می‌دهد.

۱) $1-\frac{\Omega_e}{\Omega_s}$
۲) $2+\frac{\Omega_e}{\Omega_s}$
۳) $2-\frac{\Omega_e}{\Omega_s}$
۴) $\frac{2\sqrt{3}}{3}(2-\frac{\Omega_e}{\Omega_s})$

۱۸- شتاب گرانش زمین در فاصله‌ی r از مرکز آن $g = \frac{GM}{r^2}$ است که G ثابت گرانش و M جرم زمین است. گلوله‌ای از نقطه‌ای واقع بر سطح با سرعت اولیه‌ی v_0 به طور قائم به سمت بالا پرتاب می‌شود. فرض کنید ارتفاع گلوله نسبت به سطح زمین در مقایسه با شعاع زمین، R، کوچک است، طوری که (با توجه به رابطه‌ی $(1+x)^n \approx 1+nx$ برای $|x|$ بسیار کوچکتر از یک) شتاب ناشی از گرانش، علاوه بر شتاب ثابت $g_0 = \frac{GM}{R^2}$ شامل جمله‌ای است که مشابه شتاب ناشی از نیروی فنر است. در این صورت سرعت گلوله در ارتفاع h از سطح زمین کدام گزینه است؟

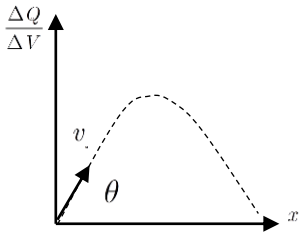
۱) $\sqrt{v_0^2 - 2g_0h + \frac{2g_0h^2}{R}}$

۲) $\sqrt{v_0^2 - 2g_0h + \frac{g_0h^3}{R^2}}$

۳) $\sqrt{v_0^2 - 2g_0h + \frac{g_0h^3}{R}}$

۴) $\sqrt{v_0^2 - 2g_0h + \frac{g_0h^2}{R^2}}$

۱۹- لوله‌ی یک تفنگ ساچمه‌ای با آهنگ یکنواخت و آرام از زاویه‌ی $\theta = 0$ تا زاویه‌ی $\theta = \frac{\pi}{2}$ نسبت به افق می‌چرخد و در این مدت N ساچمه شلیک می‌کن، که N عددی بزرگ است. فاصله‌ی دو ساچمه‌ی متوالی، که اولی در زاویه‌ی θ شلیک شده است را روی محور افقی x حساب کنید و از روی آن تعداد ساچمه‌های فرود آمده در واحد طول محور x را بر حسب θ، g و v_0 (سرعت شلیک ساچمه‌ها) به دست آورید.



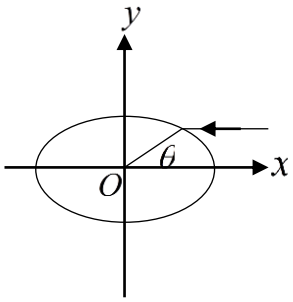
۱) $\frac{\pi g}{4Nv_0^2 \cos 2\theta}$

۲) $\frac{Ng}{\pi v_0^2 \cos 2\theta}$

۳) $\frac{\pi g}{4Nv_0^2 \sin 2\theta}$

۴) $\frac{Ng}{\pi v_0^2 \sin 2\theta}$

۲۰- لوله‌ای با مقطع بیضی در نظر بگیرید که سطح بیرونی آن آینه است. بیضی مقطع لوله مطابق شکل در صفحه‌ی $x-y$ با معادله‌ی $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ داده می‌شود. یک پرتو نور مطابق شکل موازی محور x به آینه می‌تابد. تانژانت زاویه‌ی بین پرتو تابیده با پرتو بازتابیده کدام گزینه است؟



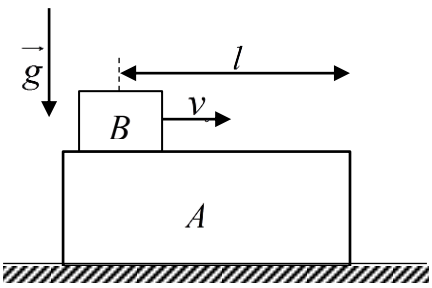
۱) $\frac{2a^2b^2 \tan\theta}{a^4 - b^4 \tan^2\theta}$

۲) $\frac{2ab \cot\theta}{b^2 \cot^2\theta - a^2}$

۳) $\frac{2ab \tan\theta}{a^2 - b^2 \tan^2\theta}$

۴) $\frac{2a^2b^2 \cot\theta}{b^4 \cot^2\theta - a^2}$

۲۱- در شکل مقابل جسم A با سطح افق اصطکاک ندارد اما با جسم B اصطکاک دارد و ضریب اصطکاک بین سطوح آنها μ است. در لحظه‌ی $t = 0$ جسم A ساکن و جسم B با سرعت v_0 در حال حرکت است و فاصله‌ی وسط آنها از انتهای جسم A برابر l است. بیشینه v_0 چقدر باشد تا جسم B از روی جسم A نیفتد. شتاب گرانش g و $m_A = 4m_B$ است.



۱) $\sqrt{\frac{5}{4}\mu gl}$

۲) $\sqrt{\frac{5}{2}\mu gl}$

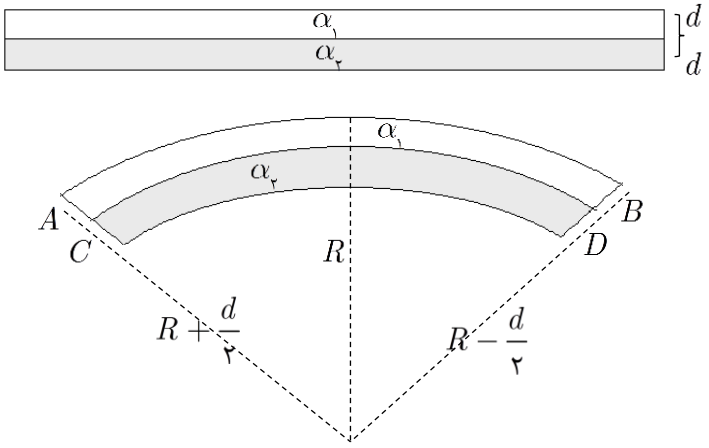
۳) $\sqrt{5\mu gl}$

۴) $\sqrt{10\mu gl}$

۲۲- یک آینه‌ی کاو (مقعر) پرتوهای نور موازی با محور را در فاصله‌ی $۳۰cm$ از رأس آینه جمع می‌کند. مطابق شکل گودی آینه را با آب پر می‌کنیم. یک چشمه‌ی نور نقطه‌ای روی محور آینه در نظر بگیرید. فاصله‌ی چشمه از رأس آینه چقدر باشد تا تصویر نهایی روی خودش تشکیل شود؟ فرض کنید ابعاد آینه از فاصله‌ی کانونی آن خیلی کوچکتر است و ضریب شکست آب $\frac{۴}{۳}$ است.

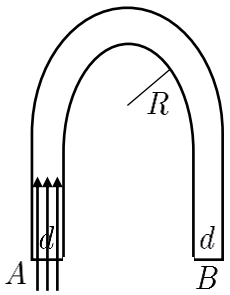
۱) $۸۰cm$
۲) $۴۵cm$
۳) $۴۰cm$
۴) $۲۳cm$

۲۳- دو نوار فلزی با ضریب‌های انبساطی طولی $\alpha_۱$ و $\alpha_۲$ ($\alpha_۱ > \alpha_۲$) و ضخامت یکسان d در دمای اتاق هم طول هستند و در این دما به هم پرچ شده‌اند. وقتی دما به اندازه‌ی ΔT افزایش یابد دو نوار مطابق شکل خم می‌شوند و به صورت کمانی از دایره به شعاع R در می‌آیند. R چقدر است؟ فرض کنید $\frac{d}{R}$، $\alpha_۱\Delta T$ و $\alpha_۲\Delta T$ از یک خیلی کوچکترند. برای سهولت طول انبساط یافته‌ی دو نوار را مطابق شکل طول کمان‌های AB و CD بگیرید.



۱) $\frac{d}{(\alpha_۱-\alpha_۲)\Delta T}$
۲) $\frac{۲d}{(\alpha_۱-\alpha_۲)\Delta T}$
۳) $\frac{d(\alpha_۱+\alpha_۲)}{۲(\alpha_۱-\alpha_۲)^۲\Delta T}$
۴) $\frac{d(\alpha_۱+\alpha_۲)}{(\alpha_۱-\alpha_۲)^۲\Delta T}$

۲۴- یک میله‌ی شیشه‌ای به ضریب شکست ۱/۵ که سطح مقطع آن مربعی به ضلع d است، مطابق شکل خم می‌کنیم به طوری که قسمت خمیده نیم دایره‌ای به شعاع داخلی R است. کمترین مقدار $\frac{R}{d}$ چقدر باشد تا همه‌ی پرتوهایی که عمود به سطح A می‌تابند از سطح B خارج شوند.

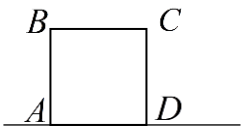


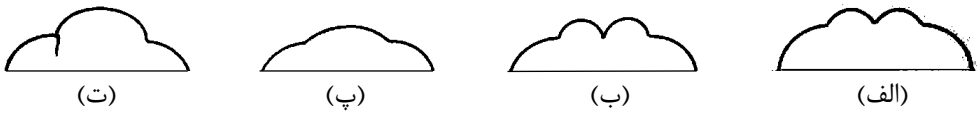
۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

۲۵- یک خازن با ظرفیت C و بار q به همراه n تا خازن خالی با ظرفیت $\frac{C}{n}$ در اختیار داریم. تمام خازن‌ها را یکی پس از دیگری به خازن C وصل می‌کنیم و سپس جدا می‌کنیم. در حدی که n خیلی بزرگ است، بار نهایی باقیمانده در خازن C،

۱) کمتر از $\frac{q}{۲}$ و بزرگتر از صفر است.
۲) بیشتر از $\frac{q}{۲}$ است.
۳) $\frac{q}{۲}$ است.
۴) صفر است.

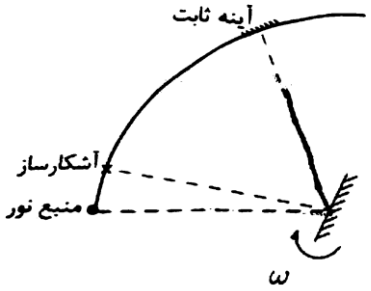
۲۶- مربع $ABCD$ را روی سطح افقی می‌غلتانیم به طوری که در هر لحظه در حال چرخیدن دور یکی از رأس‌ها باشد. شکل مسیر نقطه‌ی A به کدام گزینه شبیه است؟





۱) (الف) ۲) (ب) ۳) (پ) ۴) (ت)

۲۷- در شکل مقابل یک آینه‌ی ثابت، یک چشمه‌ی نور و یک آشکارساز همگی در فاصله‌ی $۳۰۰m$ از یک آینه‌ی چرخان قرار دارند. آینه با سرعت زاویه‌ای ω می‌چرخد. فاصله‌ی چشمه‌ی نور تا آشکارساز، $۰/۶m$ است. مقدار ω بر حسب رادیان بر ثانیه کدام گزینه باشد تا نور بازتابیده از آینه‌ی ثابت توسط آشکارساز دریافت؟



۱) ۲۵۰ ۲) ۵۰۰
۳) ۱۰۰۰ ۴) ۲۰۰۰

۲۸- طبق مدل اتمی بور برای اتم هیدروژن، الکترون در مدار دایره‌ای مانای nام حول هسته می‌چرخد. این حرکت یک میدان مغناطیسی در محل هسته ایجاد می‌کند که متناسب است با

۱) $\frac{۱}{n^۲}$ ۲) $\frac{۱}{n^۳}$ ۳) $\frac{۱}{n^۴}$ ۴) $\frac{۱}{n^۵}$

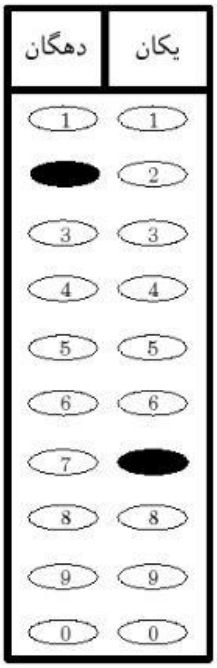
مسئله‌های کوتاه

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

در این مسئله‌ها باید پاسخ را برحسب واحدهای موردنظر (مثلاً میلی‌آمپر، متر، کیلوگرم، دقیقه و غیره) که در صورت‌مسئله خواسته‌شده، 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 میکرو فاراد خواسته‌شده باشد و شما عدد μF ۷ / ۲۶ را به‌دست آورده باشید. ابتدا آن را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد کنید تا عدد ۷۲ میکرو فاراد به دست آید. سپس مطابق شکل پاسخ خود را در پاسخ‌نامه وارد کنید.

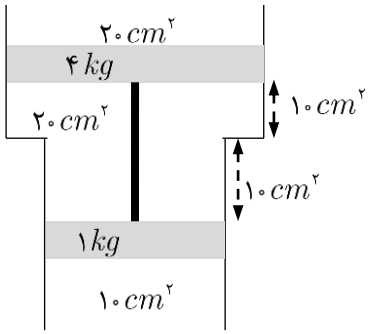
پاسخ نادرست در این بخش نمره‌ی منفی ندارد.



۱- ماخ کلیه‌ی اجسام می‌توانند بخشی از انرژی تابش شده به سطح خود را جذب کنند و به محیط اطراف خود نیز انرژی تابش کنند. یک دسته از اجسام که به آنها جسم سیاه می‌گویند و در دمای T با شدت $I=\sigma T^{۴}$ از سطح خود انرژی تابش می‌کنند که σ ثابت استفان-بولتزمن نام دارد و از خواص جسم مستقل است (شدت یعنی انرژی تابش شده در واحد زمان از واحد سطح). فرض کنید سطح خورشید جسم سیاه است و در تمام جهات یکسان تابش می‌کند، اما سطح زمین کسر $\alpha_۱$ از انرژی که به سطح آن می‌تابد را جذب می‌کند و به طور مؤثر در مقایسه با یک جسم سیاه ایده‌آل با شدت $\alpha_۲\sigma T^{۴}$ انرژی به اطراف تابش می‌کند. اگر دمای مؤثر خورشید $T_s=۶۰۰۰K$، دمای مؤثر زمین $T_e=۳۰۰K$، شعاع خورشید $R_s=۷\times۱۰^{۸}$، فاصله‌ی زمین تا خورشید $D=۱/۵\times۱۰^{۱۱}\,m$ و $\alpha_۱=۰/۷$ باشد، $۱۰\alpha_۲$ چقدر است؟

۲- ماخ در مدل کلاسیکی اتم هیدروژن، الکترون روی مسیر بسته‌ای حول هسته می‌چرخد. الکترون شتاب‌دار امواج الکترومغناطیسی تابش می‌کند. توان تابشی یک الکترون شتاب‌دار $\frac{\varepsilon^{۲}\alpha^{۲}}{۶\pi\varepsilon_۰c^{۳}}$ است که a شتاب الکترون، e بار الکترون و c سرعت نور است. فرض کنید در لحظه‌ی $t=۰$ الکترون اتم هیدروژن بر روی یک مدار دایره‌ای می‌چرخد و دارای انرژی مکانیکی $E_۰=-۱۳/۶eV$ است. همچنین فرض کنید در این لحظه الکترون در هر دور به اندازه‌ی $\alpha\left|E_۰\right|$ انرژی از دست بدهد. اگر $\alpha=k\times۱۰^{-n}$ که $۱<k<۱۰$، عدد k را تعیین کنید. برای الکترون $mc^{۲}=۰/۵۱۱\,meV$ که m جرم الکترون است.

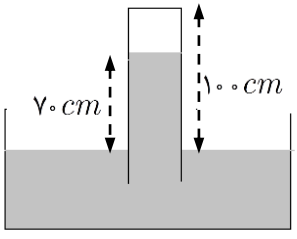
۳- ماخ مطابق شکل ظرفی که به صورت دو استوانه‌ی هم محور به سطح مقطع‌های $۱۰cm^{۲}$ و $۲۰cm^{۲}$ ساخته شده و با دو پیستون به جرم‌های $۱kg$ و $۴kg$ بسته شده حاوی $۰/۰۱۵$ مول گاز ایده‌آل است. دو پیستون توسط نخی به طول $۲۰cm$ به هم وصل شده‌اند. فشار هوای بیرون $۱۰^{۵}\,Pa$ است. اگر در وضعیت نشان داده شده در شکل دستگاه در حال تعادل باشد، دمای گاز چند **درجه‌ی سلسیوس** است؟ ثابت گازها $R=۸/۳\,J/mol.K$ و شتاب گرانش $g=۱۰\,m/s^{۲}$ است.



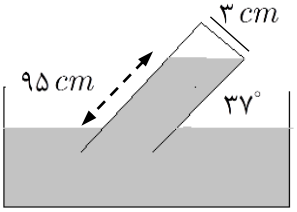
۴- ماخ توان تابشی خورشید بر واحد سطح روی سطح زمین $۱۴۰۰W/m^{۲}$ است. شعاع خورشید $۷/۰\times۱۰^{۸}m$ و فاصله‌ی زمین تا خورشید $۱/۵\times۱۰^{۱۱}m$ است. اگر تابش خورشید در تمام جهت‌ها یکسان باشد، چه مساحتی از سطح خورشید بر حسب **متر مربع**، توانی برابر یک نیروگاه برق ۱۰۰۰ مگاواتی تولید می‌کند؟

۵- ماخ گلوله‌ای از بالای یک ساختمان با ارتفاع $۶۴m$ با سرعت $۴\,m/s$ پرتاب می‌شود و به سطح زمین برخورد می‌کند. بیشترین فاصله‌ی افقی که محل برخورد گلوله از ساختمان می‌تواند داشته باشد، چند **متر** است؟

۶- ماخ مقداری هوا در بالای لوله‌ی یک فشارسنج که به طور عمودی درون ظرف جیوه قرار گرفته محبوس است (شکل ۱). انتهای لوله‌ی فشارسنج $۱۰۰cm$ بالای سطح جیوه و ارتفاع جیوه‌ی درون لوله $۷۰cm$ است. لوله را خم می‌کنیم تا با زاویه‌ی ۳۷° نسبت به سطح جیوه درون ظرف قرار گیرد. در این وضعیت مطابق شکل ۲ ستون جیوه در سمت چپ لوله به فاصله‌ی $۹۵cm$ از سطح آزاد جیوه و در سمت راست آن در انتهای لوله قرار دارد. فشار هوای بیرون چند **سانتی‌متر جیوه** است؟ در این فرایند دمای هوای محبوس تغییری نمی‌کند. سطح مقطع لوله، مربعی به ابعاد $۳cm$ است. $\sin۳۷^{\circ}=۰/۶$.

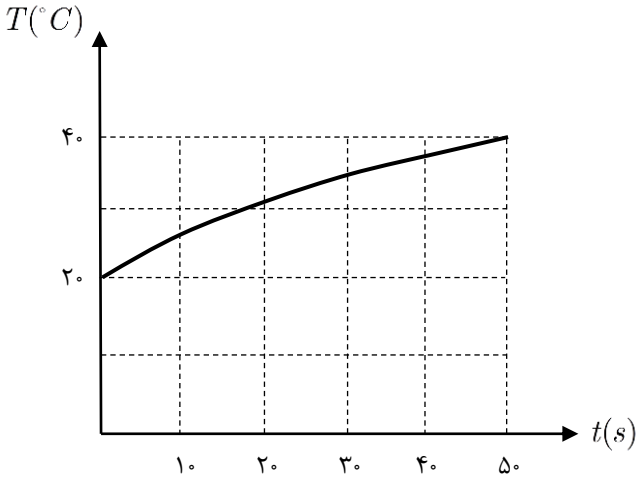


شکل ۱

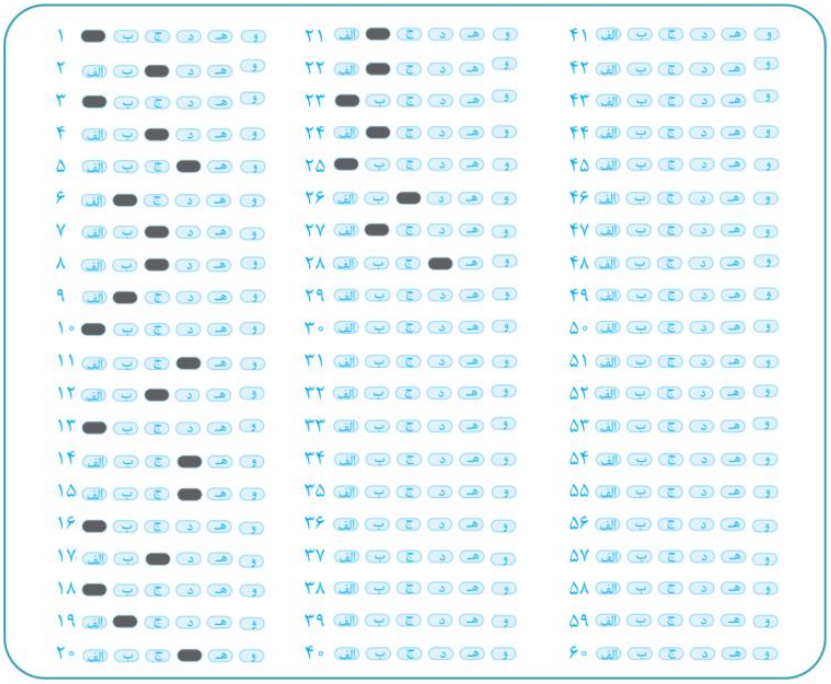


شکل ۲

۷- در ظرفی مقداری آب در دمای T_0 موجود است. از بالای ظرف قطره‌های آب با آهنگ ثابت در ظرف ریخته می‌شود. فرض کنید دمای هر قطره موقع رسیدن به سطح آب T_1 است و با ورود هر قطره آب، آب درون ظرف به تعادل می‌رسد. اگر شروع ریزش قطرات لحظه‌ی $t = 0$ باشد، تغییرات دما بر حسب زمان مطابق شکل است. T_1 چند **درجه سلسیوس** است؟



کلید سوالات



پاسخ کوتاه:

۱- $۱۰\alpha_{۲} \simeq ۶$

۲- $n = ۶$

۳- $۸۸^{\circ}C$

۴- $۱۶\,m^{۲}$

۵- $۱۴\,m$

۶- $۷۱\,cm\,Hg$

۷- $۸۰^{\circ}C$