

مبارزه علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست و جو و کشف واقعیت هاست. «امام خمینی (ره)»

## دفترچه سؤالات مرحله اول

سی امین دوره المپیاد فیزیک سال ۱۳۹۵

صبح - ساعت: ۰۹:۰۰

کد دفترچه : ۱

| تعداد سؤالات | مدت آزمون   |              |
|--------------|-------------|--------------|
|              | مسئله کوتاه | چند گزینه ای |
| ۲۸           | ۷           | ۲۱۰ (دقیقه)  |

نام :

نام خانوادگی :

شماره صندلی :

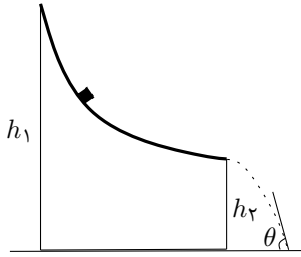
### توضیحات مهم

#### استفاده از ماشین حساب ممنوع است.

- ۱ - کد دفترچه سؤالات شما ۱ است. این کد را در محل مربوط روی پاسخ نامه با مداد پر کنید. در غیر این صورت پاسخ نامه شما تصحیح نخواهد شد. توجه داشته باشید کد دفترچه سؤالات شما که در زیر هر یک از صفحه های این دفترچه نوشته شده است، با کد اصلی که در همین صفحه است، یکی باشد.
- ۲ - بلافاصله پس از آغاز آزمون، تعداد سؤالات داخل دفترچه و وجود همه برگه های دفترچه سؤالات را بررسی نمایید. در صورت وجود هر گونه نقصی در دفترچه، در اسرع وقت مسؤول جلسه را مطلع کنید.
- ۳ - یک برگ پاسخ نامه در اختیار شما قرار گرفته که مشخصات شما بر روی آن نوشته شده است. در صورت نادرست بودن آن، در اسرع وقت مسؤول جلسه را مطلع کنید. ضمناً مشخصات خواسته شده در پایین پاسخ نامه را با مداد مشکی بنویسید.
- ۴ - برگه پاسخ نامه را دستگاه تصحیح می کند، پس آن را تا نکند و تمیز نگه دارید و به علاوه، پاسخ هر پرسش را با مداد مشکی نرم در محل مربوط علامت بزنید. لطفاً خانه مورد نظر را کاملاً سیاه کنید.
- ۵ - در سوال های چهار گزینه ای به هر پاسخ درست ۳ نمره مثبت و به هر پاسخ نادرست ۱ نمره منفی تعلق می گیرد. در مساله های کوتاه به هر پاسخ درست ۵ نمره مثبت تعلق می گیرد و پاسخ نادرست نمره منفی ندارد.
- ۶ - همراه داشتن هر گونه کتاب، جزوه، یادداشت و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه، ماشین حساب و لپ تاپ ممنوع است. همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد، تقلب محسوب خواهد شد.
- ۷ - آزمون مرحله دوم برای دانش آموزان پایه دهم، صرفاً جنبه آزمایشی و آمادگی دارد و شرکت کنندگان در دوره تابستانی از بین دانش آموزان سوم متوسطه انتخاب می شوند.
- ۸ - داوطلبان نمی توانند دفترچه سؤالات را با خود ببرند. (دفترچه باید همراه پاسخ نامه تحویل داده شود).

## کد برگه‌ی سؤال‌ها ۱

۱



(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 حالی که سرعت‌اش کاملاً افقی است از روی سرسره خارج می‌شود و با زاویه‌ی  $\theta$  نسبت به افق به سطح زمین برخورد می‌کند.  $\frac{h_2}{h_1}$  کدام گزینه است؟

$\tan^2 \theta$  (۴)

$\tan \theta$  (۳)

$\sin \theta$  (۲)

$\sin^2 \theta$  (۱)

(۲) در یکی از روزهای آخراسفند و یا اول فروردین، ماه تقریباً حدود  $40^\circ$  دقیقه پس از خورشید طلوع می‌کند. می‌دانیم جهت گردش زمین به دور خورشید و جهت گردش ماه به دور زمین 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 زودتر 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؟

$\frac{e^2 h^2}{4\pi m_e^2}$  (۴)

$\frac{eh^2}{4\pi m_e^2}$  (۳)

$\frac{eh}{4\pi m_e^2}$  (۲)

$\frac{eh}{4\pi m_e}$  (۱)

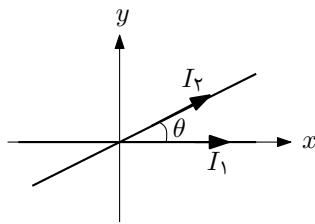
(۴) فرض کنید چگالی هوای جو زمین از روی سطح زمین که مقدار آن  $1/225 \text{ kg/m}^3$  است به طور خطی با افزایش ارتفاع از سطح زمین کاهش می‌یابد تا به صفر برسد. با این مدل ضخامت جو زمین تقریباً چند کیلومتر خواهد بود؟ از تغییرات شتاب گرانش با ارتفاع صرف‌نظر کنید.

$8/5$  (۴)

$17$  (۳)

$25/5$  (۲)

$34$  (۱)



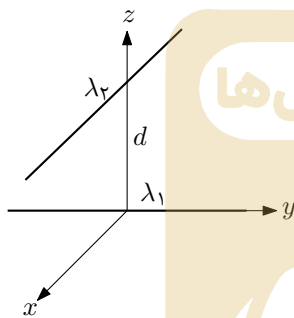
۵) دو سیم نامتناهی حامل جریان  $I_1$  و  $I_2$  مطابق شکل در صفحه‌ی  $x-y$  قرار دارند. مکان هندسی نقاطی در این صفحه که میدان مغناطیسی در آن‌ها صفر است کدام است؟

$$y = \left( \frac{I_1 \sin^2 \theta}{I_2 + I_1 \cos \theta} \right) x \quad (۲)$$

$$y = \left( \frac{I_1}{I_2} \tan(\theta/2) \right) x \quad (۱)$$

$$y = \left( \frac{I_1 \sin \theta}{I_2 + I_1 \cos \theta} \right) x \quad (۴)$$

$$y = \left( \frac{I_1 \sin^2(\theta/2)}{I_2 + I_1 \cos(\theta/2)} \right) x \quad (۳)$$



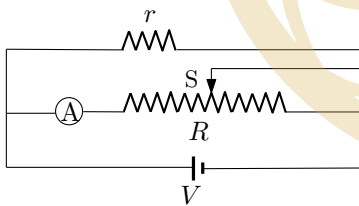
۶) دو خط بار نامتناهی با چگالی بار خطی (بار الکتریکی بر واحد طول)  $\lambda_1$  و  $\lambda_2$  مطابق شکل به فاصله‌ی  $d$  از یکدیگر قرار دارند. با توجه به ملاحظات فیزیکی اندازه‌ی نیروی الکتریکی بین دو خط بار کدام گزینه می‌تواند باشد؟ خط بار  $\lambda_2$  موازی محور  $x$  است.

$$\frac{\lambda_1 \lambda_2}{2 \epsilon_0} \quad (۲)$$

$$\frac{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}{2 \epsilon_0} \quad (۱)$$

$$\frac{\lambda_1 \lambda_2}{2 \epsilon_0 d^2} \quad (۴)$$

$$\frac{\sqrt{\lambda_1 \lambda_2} (\lambda_1 + 2 \lambda_2)}{2 \epsilon_0} \quad (۳)$$



۷) در مدار شکل روبرو مقاومت کل 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؟

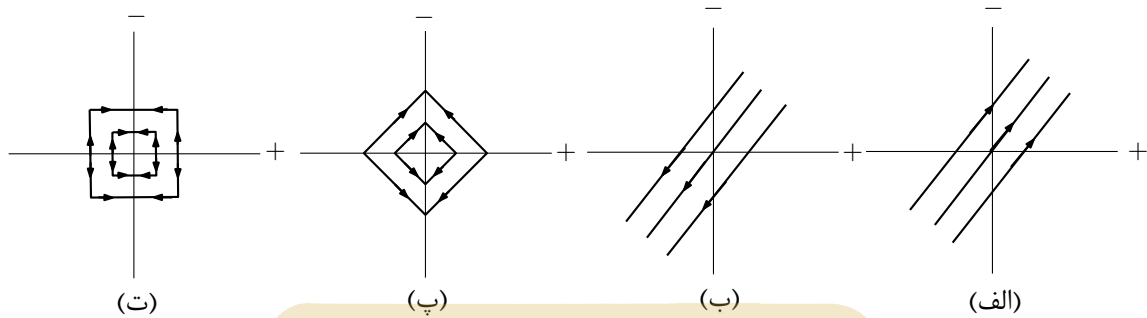
$$\frac{V}{R} \leq i \leq \frac{V}{R} \frac{1}{1 - r/2R} \quad (۲)$$

$$\frac{V}{R} \frac{1}{1 + R/2r} \leq i \leq \frac{V}{R} \quad (۱)$$

$$\frac{V}{R} \leq i \leq \frac{V}{R} \frac{1}{1 - r/4R} \quad (۴)$$

$$\frac{V}{R} \frac{1}{1 + R/4r} \leq i \leq \frac{V}{R} \quad (۳)$$

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



(ت) (۴)

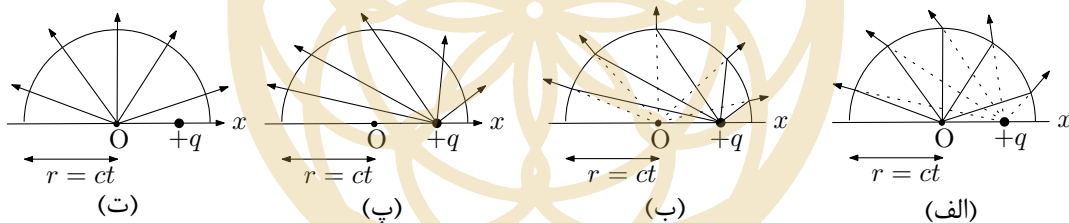
(پ) (۳)

(ب) (۲)

(الف) (۱)

باشگاه المپیاد طلایی‌ها

۹) بار الکتریکی  $q$  ابتدا در  $x = 0$  ساکن است. ناگهان در  $t = 0$  و در مدت بسیار کوتاهی سرعت آن در امتداد محور  $x$  به یک مقدار ثابت می‌رسد. تغییرات میدان الکتریکی در نقطه‌ای که به فاصله  $r$  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 شکل نزدیک‌تر است؟



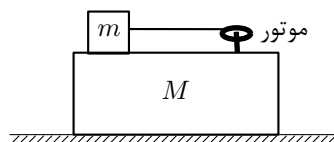
(ت) (۴)

(پ) (۳)

(ب) (۲)

(الف) (۱)

۱۰) در شکل مقابل جرم  $M$  با زمین اصطکاک ندارد ولی جرم  $m$  با جرم  $M$  اصطکاک دارد. موتوری روی جرم  $M$  نصب شده و نخ 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؟



(۲)  $F \neq 0$ ,  $W = 0$

(۱)  $F = 0$ ,  $W = 0$

(۴)  $F \neq 0$ ,  $W \neq 0$

(۳)  $F = 0$ ,  $W \neq 0$

(۱۱) فرض کنید یک نوع گاز از معادله‌ی

$$PV + \frac{an^2}{V} = nRT$$

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 ثابت است. برای این گاز انرژی درونی چنین است

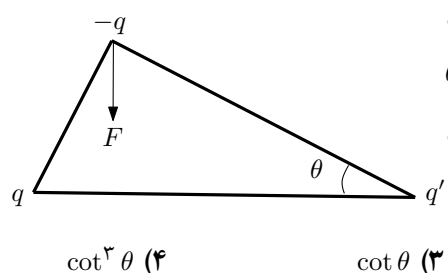
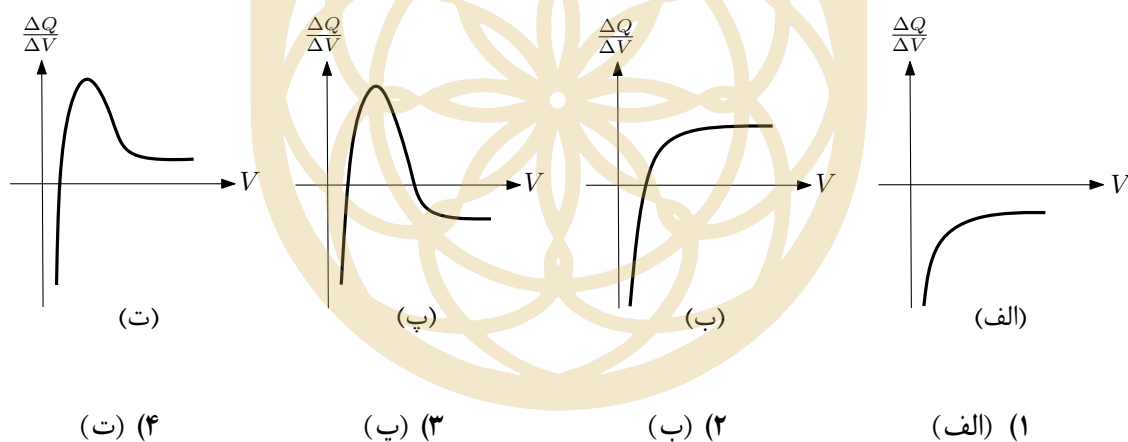
$$U = \frac{3}{2}nRT - \frac{an^2}{V} + U_0$$

که در آن  $U_0$  یک مقدار عددی ثابت است. فرض کنید رابطه‌ی فشار و حجم گاز به صورت زیر است

$$P = P_0 + \frac{k}{V},$$

که در آن  $k$  و  $P_0$  ثابت و مثبت هستند. فرض کنید برای تغییر حجم  $\Delta V$ ، گرمای  $\Delta Q$  مبادله شود. اگر این فرایند به آرامی صورت گیرد،  $\frac{\Delta Q}{\Delta V}$  در کدام نمودار صحیح رسم شده است.

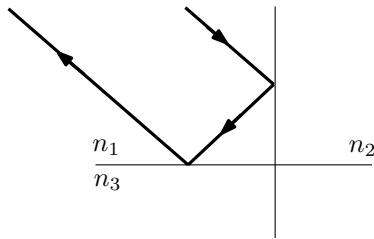
$$\text{راهنمایی: } \Delta U = \frac{dU}{dV} \Delta V$$



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

## کد برگه‌ی سؤال‌ها ۱

۵



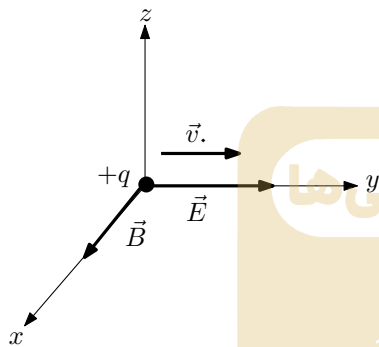
۱۳ سه محیط شفاف که ضریب شکست آن‌ها مطابق شکل  $n_1$ ،  $n_2$  و  $n_3$  است در مجاورت هم قرار دارند و سطح جدایی آن‌ها صفحات عمود بر هم اند. اگر یک پرتو فرودی پس از دو بازتاب کلی متوالی به موازات پرتو نخستین بازتابد، کدام گزینه درست است؟

$$n_1^2 + n_2^2 > n_3^2 \quad (۲)$$

$$n_1^2 + n_2^2 < n_3^2 \quad (۱)$$

$$\frac{1}{n_1^2} > \frac{1}{n_2^2} + \frac{1}{n_3^2} \quad (۴)$$

$$n_1^2 + n_2^2 > n_3^2 \quad (۳)$$



۱۴ ذره‌ی با بار الکتریکی  $+q$  با سرعت اولیه‌ی  $\vec{v}$  در راستای محور  $y$  وارد ناحیه‌ای از فضا می‌شود که در آن مطابق شکل میدان‌های الکتریکی و 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  $\delta$  که از  $l_0$  خیلی کوچک‌تر است بلند کرده و سپس رها می‌کنیم. شتاب جسم درست در لحظه‌ی رها شدن چقدر است؟ از گرانش صرف‌نظر کنید. راهنمایی: برای  $|x|$  خیلی کوچک‌تر از یک داریم،  $(1+x)^n \approx 1+nx$ .

$$\frac{Nk\delta^3}{2l_0^3m} \quad (۴)$$

$$\frac{Nk\delta^2}{l_0m} \quad (۳)$$

$$\frac{Nk\delta^2}{2l_0m} \quad (۲)$$

$$\frac{Nk\delta}{m} \quad (۱)$$

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 کره 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  $\sigma$  یک ثابت است. کدام رابطه دمای کره،  $T$  را بر حسب زمان،  $t$  نشان می‌دهد؟

$$\begin{aligned} \frac{1}{T^3} &= \frac{1}{T_0^3} + \frac{4\pi R^2 \sigma}{C} t \quad (2) & \frac{1}{3T^3} &= \frac{1}{3T_0^3} + \frac{4\pi R^2 \sigma}{C} t \quad (1) \\ \frac{1}{T^5} &= \frac{1}{T_0^5} + \frac{4\pi R^2 \sigma}{T_0^3 C} t \quad (4) & \frac{1}{\Delta T^5} &= \frac{1}{\Delta T_0^5} + \frac{4\pi R^2 \sigma}{T_0^3 C} t \quad (3) \end{aligned}$$

۱۷) ماهواره‌ای در صفحه‌ی استوای زمین در مداری دایره‌ای به شعاع دو برابر شعاع 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  $\Omega_1$  و هنگامی که در حال غروب است  $\Omega_2$  ثبت می‌کند. نسبت  $\frac{\Omega_1}{\Omega_2}$  بر حسب سرعت زاویه‌ای ماهواره،  $\Omega_s$ ، و سرعت زاویه‌ای زمین،  $\Omega_e$ ، 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.

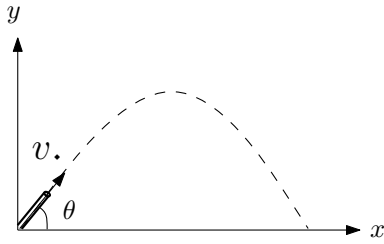
$$\begin{aligned} 1 - \frac{\Omega_e}{\Omega_s} \quad (1) & \quad 2 + \frac{\Omega_e}{\Omega_s} \quad (2) & \quad 2 - \frac{\Omega_e}{\Omega_s} \quad (3) & \quad \frac{2\sqrt{3}}{3} \left( 2 - \frac{\Omega_e}{\Omega_s} \right) \quad (4) \end{aligned}$$

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 زمین 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  $1 + nx \approx (1 + x)^n$ ) 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 فتراست. در این صورت سرعت گلوله در ارتفاع  $h$  از سطح زمین کدام گزینه است؟

$$\begin{aligned} \sqrt{v_0^2 - 2g_0 h + \frac{g_0 h^2}{R^2}} \quad (2) & \quad \sqrt{v_0^2 - 2g_0 h + \frac{2g_0 h^2}{R}} \quad (1) \\ \sqrt{v_0^2 - 2g_0 h + \frac{g_0 h^2}{R}} \quad (4) & \quad \sqrt{v_0^2 - 2g_0 h + \frac{g_0 h^2}{2R^2}} \quad (3) \end{aligned}$$

## کد برگه‌ی سؤال‌ها ۱

۷



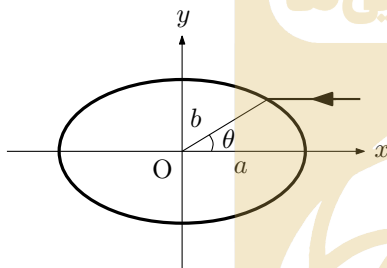
۱۹) لوله‌ی یک تفنگ ساچمه‌ای با آهنگ یکنواخت و آرام از زاویه‌ی  $\theta = 0$  تا زاویه‌ی  $\theta = \frac{\pi}{4}$  نسبت به افق می‌چرخد و در این مدت  $N$  ساچمه شلیک می‌کند، که  $N$  عددی بزرگ است. فاصله‌ی دو ساچمه‌ی متوالی، که اولی در زاویه‌ی  $\theta$  شلیک شده است را روی محور افقی  $x$  حساب کنید و از روی آن تعداد ساچمه‌های فرود آمده در واحد طول محور  $x$  را بر حسب  $\theta$ ،  $g$  و  $v_0$  (سرعت شلیک ساچمه‌ها) به دست آورید.

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

$$(۱) \quad \frac{\pi g}{4 N v_0^2 \cos^2 \theta}$$

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

$$(۳) \quad \frac{\pi g}{4 N v_0^2 \sin^2 \theta}$$



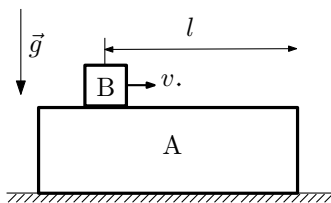
۲۰) لوله‌ای با مقطع بیضی در نظر بگیرید که سطح بیرونی آن آینه است. بیضی مقطع لوله مطابق شکل در صفحه‌ی  $x-y$  با معادله‌ی  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$  داده می‌شود. یک پرتو نور مطابق شکل موازی محور  $x$  به آینه می‌تابد. تانژانت زاویه‌ی بین پرتو تابیده با پرتو بازتابیده کدام گزینه است؟

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

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

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

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



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

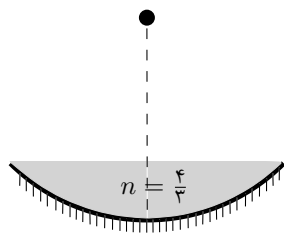
$$(۴) \quad \sqrt{10 \mu g l}$$

$$(۳) \quad \sqrt{5 \mu g l}$$

$$(۲) \quad \sqrt{\frac{5}{4} \mu g l}$$

$$(۱) \quad \sqrt{\frac{5}{4} \mu g l}$$

۲۲) یک آینه‌ی کاو (مقعر) پرتوهای نور موازی با محور را در فاصله‌ی ۳۰ cm 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  $\frac{4}{3}$  است.



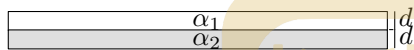
۲۳ cm (۴)

۴۰ cm (۳)

۴۵ cm (۲)

۸۰ cm (۱)

۲۳) دو نوار فلزی با ضریب‌های انبساط طولی  $\alpha_1$  و



$\alpha_2$  ( $\alpha_1 > \alpha_2$ ) و ضخامت‌های یکسان  $d$  در دمای اتاق

هم‌طول هستند و در این دما به هم پرچ شده‌اند. وقتی

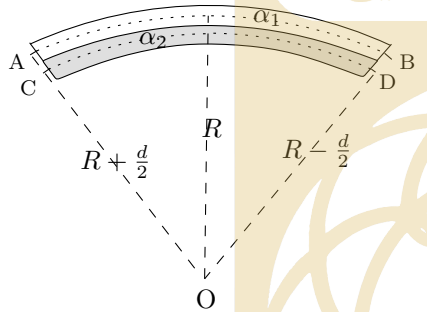
دما به اندازه‌ی  $\Delta T$  افزایش یابد دو نوار مطابق شکل خم

می‌شوند و به صورت کمانی از دایره به شعاع  $R$  در می‌آیند.

چقدر است؟ فرض کنید  $\frac{d}{R}$ ،  $\alpha_1 \Delta T$  و  $\alpha_2 \Delta T$  از یک

خیلی کوچک‌ترند. برای سهولت طول انبساط یافته‌ی دو

نوار را مطابق شکل طول کمان‌های AB و CD بگیرید.



$$\frac{2d}{(\alpha_1 - \alpha_2)\Delta T} \quad (۲)$$

$$\frac{d(\alpha_1 + \alpha_2)}{(\alpha_1 - \alpha_2)^2 \Delta T} \quad (۴)$$

$$\frac{d}{(\alpha_1 - \alpha_2)\Delta T} \quad (۱)$$

$$\frac{d(\alpha_1 + \alpha_2)}{2(\alpha_1 - \alpha_2)^2 \Delta T} \quad (۳)$$

۲۴) یک میله‌ی شیشه‌ای به ضریب شکست ۱/۵ که

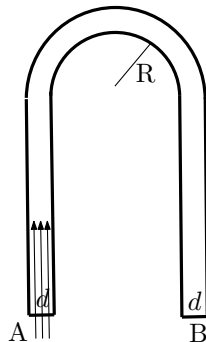
سطح مقطع آن مربعی به ضلع  $d$  است مطابق شکل خم

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

شوند.



۴ (۴)

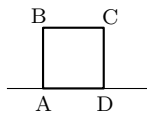
۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

(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 حدى که  $n$  خیلی بزرگ است، بار نهایی باقیمانده در خازن  $C$ ،

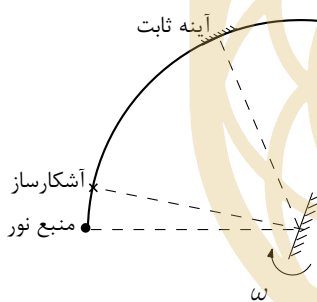
(۱) کمتر از  $\frac{q}{4}$  و بزرگ‌تر از صفر است (۲) بیش‌تر از  $\frac{q}{4}$  است (۳)  $\frac{q}{4}$  است (۴) صفر است



(۲۶) مربع ABCD را روی سطح افقى می‌غلطانیم 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  $300\text{ m}$  از یک آینه‌ی چرخان قرار دارند. آینه با سرعت زاویه‌ای  $\omega$  می‌چرخد. فاصله‌ی چشمه‌ی نور تا آشکارساز،  $60\text{ m}$  است. مقدار  $\omega$  بر حسب رادیان بر ثانیه کدام گزینه باشد تا نور بازتابیده از آینه‌ی ثابت توسط آشکارساز دریافت شود؟

(۱)  $250$  (۲)  $500$  (۳)  $1000$  (۴)  $2000$

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

(۱)  $\frac{1}{n^2}$  (۲)  $\frac{1}{n^3}$  (۳)  $\frac{1}{n^4}$  (۴)  $\frac{1}{n^5}$

## 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 میلی آمپر، 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  $26/7 \mu F$  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.

پاسخ نادرست در این بخش نمره‌ی منفی ندارد.

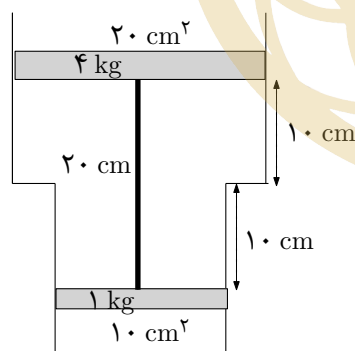
باشگاه المپیاد طلایی‌ها

| دهگان                              | یکان                               |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <input type="radio"/> 1            | <input type="radio"/> 1            |
| <input checked="" type="radio"/> 2 | <input type="radio"/> 2            |
| <input type="radio"/> 3            | <input type="radio"/> 3            |
| <input type="radio"/> 4            | <input type="radio"/> 4            |
| <input type="radio"/> 5            | <input type="radio"/> 5            |
| <input type="radio"/> 6            | <input type="radio"/> 6            |
| <input type="radio"/> 7            | <input checked="" type="radio"/> 7 |
| <input type="radio"/> 8            | <input type="radio"/> 8            |
| <input type="radio"/> 9            | <input type="radio"/> 9            |
| <input type="radio"/> 0            | <input type="radio"/> 0            |

۱) 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 تمام انرژی که بر سطح آن‌ها می‌تابد را جذب می‌کنند و در دمای  $T$  با شدت  $I = \sigma T^4$  از سطح خود انرژی تابش می‌کنند که  $\sigma$  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  $\alpha_1$  از انرژی که به سطح آن می‌تابد را جذب می‌کند و به طور مؤثر در مقایسه با یک جسم سیاه ایده‌آل با شدت  $\alpha_2 \sigma T^4$  انرژی به اطراف تابش می‌کند. اگر دمای مؤثر خورشید  $T_s = 6000 \text{ K}$ ، دمای مؤثر زمین  $T_e = 300 \text{ K}$ ، شعاع خورشید  $R_s = 7 \times 10^8 \text{ m}$ ، فاصله‌ی زمین تا خورشید  $D = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$  و  $\alpha_1 = 0.7$  باشد،  $\alpha_2$  چقدر است؟

۲) در مدل کلاسیکی اتم هیدروژن، الکترون روی مسیر بسته‌ای حول هسته می‌چرخد. الکترون شتابدار امواج الکترومغناطیسی تابش می‌کند. توان تابشی یک الکترون شتابدار  $\frac{e^2 a^2}{6\pi\epsilon_0 c^3}$  است که  $a$  شتاب الکترون،  $e$  بار الکترون و  $c$  سرعت نور است. فرض کنید در لحظه‌ی  $t = 0$  الکترون اتم هیدروژن بر روی یک مدار دایره‌ای می‌چرخد و دارای انرژی مکانیکی  $E_0 = -13.6 \text{ eV}$  است. همچنین فرض کنید در این لحظه الکترون در هر دور به اندازه‌ی  $|\alpha| E_0$  انرژی از دست بدهد. اگر  $\alpha = k \times 10^{-n}$  که  $1 < k < 10$ ، عدد  $n$  را تعیین کنید. برای الکترون  $mc^2 = 0.511 \text{ MeV}$  که  $m$  جرم الکترون است.

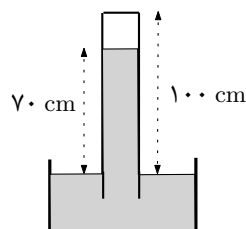
۳) مطابق شکل ظرفی که به صورت دو استوانه‌ی هم محور به سطح مقطع‌های  $10 \text{ cm}^2$  و  $20 \text{ cm}^2$  ساخته شده و با دو پیستون به جرم‌های  $1 \text{ kg}$  و  $4 \text{ kg}$  بسته شده حاوی  $0.15$  مول گاز ایده‌آل است. دو پیستون توسط نخ‌ی به طول  $20 \text{ cm}$  به هم وصل شده‌اند. فشار هوای بیرون  $10^5 \text{ Pa}$  است. اگر در وضعیت نشان داده شده در شکل دستگاه در حال تعادل باشد، دمای گاز چند درجه‌ی سلسیوس است؟ ثابت گازها  $R = 8.3 \text{ J/mol.K}$  و شتاب گرانش  $g = 10 \text{ m/s}^2$  است.



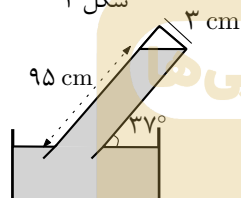
۴) توان تابشی خورشید بر واحد سطح روی سطح زمین  $1400 \text{ W/m}^2$  است. شعاع خورشید  $7 \times 10^8 \text{ m}$  و فاصله‌ی زمین تا خورشید  $1.5 \times 10^{11} \text{ m}$  است. اگر تابش خورشید در تمام جهات یکسان باشد، چه مساحتی از سطح خورشید بر حسب متر مربع، توانی برابر یک نیروگاه برق  $1000$  مگاواتی تولید می‌کند؟

۵) گلوله‌ای از بالای یک ساختمان با ارتفاع ۶۴ m 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) مقداری هوا در بالای لوله‌ی یک فشارسنج که به طور عمودی درون ظرف جیوه قرار گرفته محبوس است (شکل ۱). انتهای لوله‌ی فشارسنج ۱۰۰ cm بالای سطح جیوه و ارتفاع جیوه‌ی درون لوله ۷۰ cm 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 ۹۵ cm 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 تغییر نمی‌کند. سطح مقطع لوله، مربعی به ابعاد ۳ cm است.  $\sin 37^\circ = 0.6$ .



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؟

