



## دفترچه‌ی سؤالات مرحله‌ی اول

### بیست و هشتمین دوره‌ی المپیاد فیزیک سال ۱۳۹۳

صبح - ساعت: ۹:۰۰

#### کد دفترچه: ۱

| مدت آزمون<br>(دقیقه) | تعداد سؤالات    |              |
|----------------------|-----------------|--------------|
|                      | مساله‌های کوتاه | چند گزینه‌ای |
| ۲۴۰                  | ۸               | ۳۱           |

استفاده از ماشین حساب ممنوع است.

توضیحات مهم

- کد برگه‌ی سؤالات شما ۱ است. این کد را در محل مربوط روی پاسخ‌نامه علامت بزنید، در غیر این صورت پاسخ‌نامه‌ی شما تصحیح نخواهد شد. توجه داشته باشید کد برگه‌ی سؤالات شما که در بالای هر یک از صفحه‌های این دفترچه نوشته شده است با کد اصلی که در همین صفحه است یکی باشد.
- بلافاصله پس از آغاز آزمون تعداد سؤالات داخل دفترچه و وجود همه‌ی برگه‌های دفترچه‌ی سؤالات را بررسی نمایید. در صورت وجود هرگونه نقصی در دفترچه، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید.
- یک برگ پاسخ‌نامه در اختیار شما قرار گرفته که مشخصات شما بر روی آن نوشته شده است. در صورت نادرست بودن آن، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید.
- برگه‌ی پاسخ نامه را دستگاه تصحیح می‌کند، پس آن را تا نکنید و تمیز نگه دارید و به علاوه، پاسخ هر پرسش را با **مداد مشکی نرم** در محل مربوط علامت بزنید. لطفاً خانه‌ی مورد نظر را کاملاً سیاه کنید.
- در سؤالات **چهار گزینه‌ای** به هر پاسخ درست ۳ نمره مثبت و به هر پاسخ نادرست یک نمره منفی تعلق می‌گیرد. در **مساله‌های کوتاه** به هر پاسخ درست ۸ نمره مثبت تعلق می‌گیرد و پاسخ نادرست نمره منفی ندارد.
- همراه داشتن هرگونه کتاب، جزوه، یادداشت و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه و لپ‌تاپ ممنوع است. همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد، تقلب محسوب خواهد شد.
- آزمون مرحله‌ی دوم برای دانش‌آموزان سال اول و دوم دبیرستان **صرفاً جنبه‌ی آزمایشی و آمادگی** دارد و شرکت کنندگان در دوره‌ی تابستانی از بین دانش‌آموزان سال سوم دبیرستان انتخاب می‌شوند.
- داوطلبانی می‌توانند دفترچه‌ی سؤالات را با خود ببرند که تا پایان آزمون در جلسه حضور داشته باشند، در غیر این صورت دفترچه باید همراه پاسخ نامه تحویل داده شود.

۱) آونگی برای اندازه‌گیری زمان چنان تنظیم شده است که دوره‌ی نوسان‌های آن یک ثانیه باشد. فرض کنید طول آونگ ده درصد بزرگ‌تر شود. اگر با این آونگ طول شبانه روز را اندازه‌گیری کنیم، مدت زمان اندازه‌گیری شده

(+۳, -۱)

۱) تقریباً ۱۴۰ دقیقه بیشتر می‌شود. ۲) تقریباً ۷۰ دقیقه بیشتر می‌شود.

۳) تقریباً ۱۴۰ دقیقه کمتر می‌شود. ۴) تقریباً ۷۰ دقیقه کمتر می‌شود.

۲) می‌توان نشان داد میدان گرانشی ناشی از یک پوسته‌ی کروی با توزیع جرم یکنواخت در داخل آن صفر و در بیرون آن مشابه یک جسم نقطه‌ای با همان جرم در مرکز کره است. با استفاده از این مطلب شدت میدان گرانشی،  $g'$ ، در کف چاهی به عمق  $d$  کدام گزینه است؟ فرض کنید چگالی زمین ثابت، شعاع زمین  $R$  و شتاب گرانش در سطح زمین  $g$  است.

(+۳, -۱)

$$g' = g \frac{R-d}{R} \quad (۲)$$

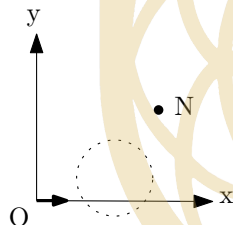
$$g' = g \frac{(R-d)^3}{R^3} \quad (۱)$$

$$g' = g \frac{R+d}{R} \quad (۴)$$

$$g' = g \frac{(R+d)^3}{R^3} \quad (۳)$$

۳) الکترونی مطابق شکل از نقطه‌ی  $O$  شروع به حرکت می‌کند و تحت تأثیر میدان مغناطیسی یکنواخت  $B$  در ناحیه‌ی محصور در دایره به نقطه‌ی  $N$  در صفحه‌ی  $x-y$  می‌رسد. محورهای  $x$  و  $y$  مطابق شکل و محور  $z$  عمود بر صفحه و جهت مثبت آن رو به بیرون است. جهت میدان مغناطیسی کدام گزینه است؟

(+۳, -۱)



-z (۴)

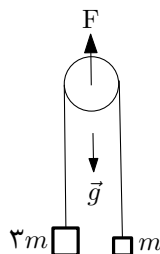
+z (۳)

-y (۲)

+y (۱)

۴) در دستگاه شکل مقابل قرقره و نخ‌ها جرم ناچیز دارند. نیروی  $F$  را به محور قرقره وارد می‌کنیم تا جرم  $۳m$  در آستانه‌ی بلند شدن از سطح زمین قرار گیرد. در این حالت شتاب جرم  $m$  به سمت بالا چقدر است؟

(+۳, -۱)



$$\frac{g}{3} \quad (۴)$$

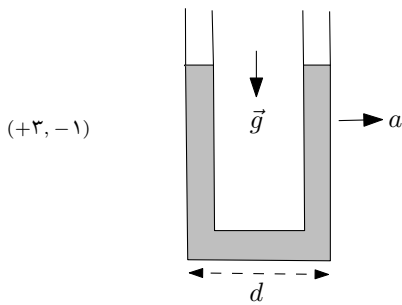
$$\frac{g}{2} \quad (۳)$$

$$g \quad (۲)$$

$$۲g \quad (۱)$$

## کد برگه‌ی سؤال‌ها ۱

۲



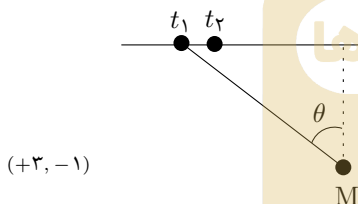
۵) بخش‌های قائم یک لوله‌ی U شکل محتوی جیوه به فاصله‌ی  $d$  از هم هستند و قطر لوله در مقابل  $d$  ناچیز است. این دستگاه را در حضور گرانش با شتاب ثابت و افقی  $a$  مطابق شکل به حرکت درمی‌آوریم. اختلاف ارتفاع جیوه در لوله‌ها چقدر خواهد شد؟

(۴)  $\frac{dg}{\sqrt{g^2 + a^2}}$

(۳)  $\frac{ad}{\sqrt{g^2 + a^2}}$

(۲)  $\frac{ad}{g}$

(۱) صفر



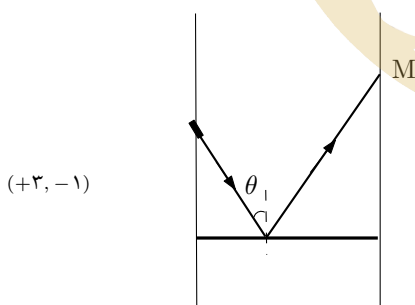
۶) یک فرستنده‌ی صوتی با سرعت ثابت  $v$  روی محور  $x$  در حال حرکت است. این فرستنده در لحظه‌های  $t_1$  و  $t_2$  دو علامت صوتی منتشر می‌کند و گیرنده‌ای در نقطه‌ی  $M$  آن‌ها را دریافت می‌کند. اگر سرعت صوت در محیط برابر  $c$  و جابجایی متحرک در بازه‌ی زمانی  $\Delta t = t_2 - t_1$  در مقایسه با فاصله‌ی گیرنده و فرستنده ناچیز باشد، بازه‌ی زمانی  $\Delta t' = t'_2 - t'_1$  بین دریافت علامت‌ها توسط گیرنده کدام گزینه است؟

(۲)  $\Delta t' = \Delta t \left(1 - \frac{v}{c} \cos \theta\right)$

(۱)  $\Delta t' = \Delta t \left(1 - \frac{v}{c} \sin \theta\right)$

(۴)  $\Delta t' = \Delta t \left(1 + \frac{v}{c} \cos \theta\right)$

(۳)  $\Delta t' = \Delta t \left(1 + \frac{v}{c} \sin \theta\right)$



۷) یک باریکه‌ی لیزر مطابق شکل با زاویه‌ی  $\theta$  از دیواره‌ی سمت چپ یک منبع آب به سطح آب می‌تابد و پس از بازتاب، نقطه‌ی نورانی  $M$  را روی دیواره‌ی سمت راست تشکیل می‌دهد. از این دستگاه برای سنجش ارتفاع آب مخزن استفاده می‌کنیم. تعیین کنید اگر سطح آب به اندازه‌ی  $h$  بالا بیاید، نقطه‌ی  $M$  روی دیواره‌ی سمت راست چقدر جابجا می‌شود؟

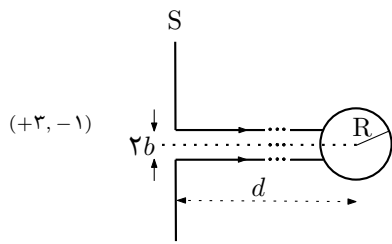
(۴)  $\frac{2h}{\cos \theta}$

(۳)  $\frac{h}{\cos \theta}$

(۲)  $2h$

(۱)  $h$

۸) دسته پرتو نور موازی شده‌ای از یک پنجره‌ی دایره‌ای به شعاع  $b$  که روی پرده‌ی  $S$  ایجاد شده، عبور کرده و به کره‌ای به شعاع  $R$  ( $2b < R$ ) که سطح آن آینه است، می‌تابد. مرکز کره در امتداد محور پنجره قرار دارد و فاصله‌ی آن تا پرده  $d$  است که از  $R$  بسیار بزرگ‌تر است. شعاع دایره‌ی نورانی که روی پرده‌ی  $S$  تشکیل می‌شود کدام گزینه است؟



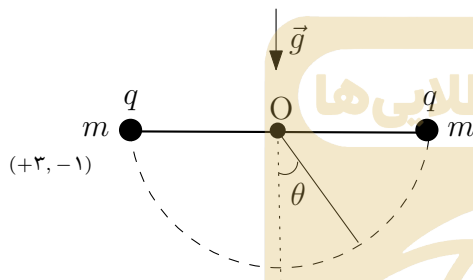
$$\frac{2bd\sqrt{R^2 - b^2}}{R^2 - 2b^2} \quad (۴)$$

$$\frac{bd}{\sqrt{R^2 - b^2}} \quad (۳)$$

$$\frac{2bd}{R} \quad (۲)$$

$$2b \quad (۱)$$

۹) دو بار نقطه‌ای  $q$  هر یک به جرم  $m$  به دو سر نخ به طول  $2l$  متصل‌اند. در حالی که نخ مطابق شکل افقی است و نقطه‌ی  $O$  در وسط آن ثابت است بارها را از حالت سکون رها می‌کنیم تا تحت تأثیر گرانش سقوط کنند. فرض کنید حرکت به طور کامل در صفحه شکل صورت می‌گیرد.



کوچکترین زاویه‌ی  $\theta_0$  که نخ‌ها با امتداد قائم درست می‌کنند از کدام رابطه به دست می‌آید؟ (انرژی پتانسیل الکتریکی دو بار  $q_1$  و  $q_2$  به فاصله‌ی  $d$  از یکدیگر  $\frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 d}$  است.)

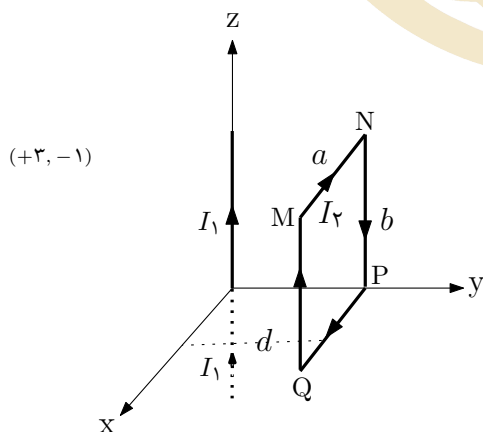
$$\frac{2 \sin^2 \theta_0}{1 - \sin \theta_0} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 mgl^2} \quad (۲)$$

$$\frac{\sin^2 \theta_0}{1 - \sin \theta_0} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 mgl^2} \quad (۱)$$

$$\sin^2 \theta_0 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 mgl^2} \quad (۴)$$

$$\tan \theta_0 = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 mgl^2} \quad (۳)$$

۱۰) در شکل مقابل سیم بسیار طویل حامل جریان  $I_1$  بر محور  $z$  منطبق است. حلقه‌ی مستطیل شکل  $MNPQ$  حامل جریان  $I_2$  نیز طوری قرار دارد که صفحه‌ی آن بر محور  $y$  عمود است و به فاصله‌ی  $d$  از محور  $z$  است. ضلع  $PQ$  در صفحه‌ی  $x-y$  و ضلع  $PN$  در صفحه‌ی  $y-z$  است. اگر  $F_x$  و  $F_y$  مؤلفه‌های نیروی وارد بر حلقه باشند نسبت  $\frac{F_y}{F_x}$  کدام گزینه است؟



$$-\frac{d}{\sqrt{a^2 + d^2}} \quad (۴)$$

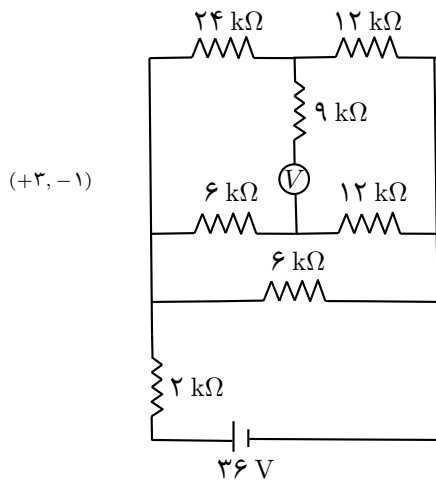
$$-\frac{\sqrt{a^2 + d^2}}{d} \quad (۳)$$

$$-\frac{d}{a} \quad (۲)$$

$$-\frac{a}{d} \quad (۱)$$

## کد برگه‌ی سؤال‌ها ۱

۴



(+۳, -۱)

۱۱) در مدار شکل روبرو، نیروی محرکه‌ی باتری و مقدار مقاومت‌ها در شکل مشخص شده‌اند. ولت‌سنج  $V$  و باتری هر دو آرمانی‌اند. ولت‌سنج چه عددی را بر حسب ولت نشان می‌دهد؟

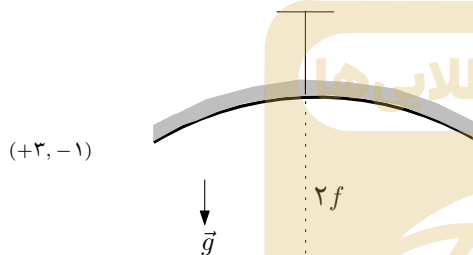
۱۲ (۲)

۴ (۱)

۱۸ (۴)

۸ (۳)

۱۲) مطابق شکل آینه‌ی مقعری به فاصله‌ی کانونی  $f$



(+۳, -۱)

طوری از سقف آویزان شده است که محور آن در راستای قائم باشد. جسمی درست از زیر رأس آینه و به فاصله‌ی  $2f$  از آن، از حالت سکون رها می‌شود و سقوط می‌کند. زمانی که تصویر جسم بیشترین سرعت را دارد، فاصله‌ی جسم از رأس آینه چقدر است؟

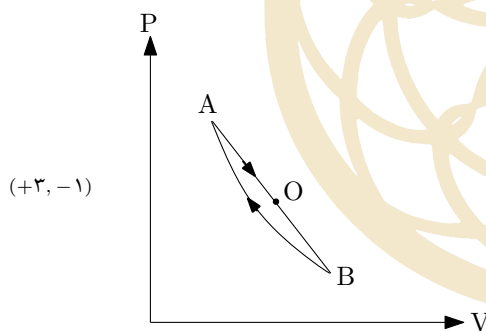
$\frac{8}{3}f$  (۴)

$\frac{7}{3}f$  (۳)

$2f$  (۲)

$\frac{7}{4}f$  (۱)

۱۳) مقداری گاز کامل که چرخه‌ی ABA را در صفحه‌ی



(+۳, -۱)

$P$ - $V$  طی می‌کند در شکل نشان داده شده است. فرآیند AB یک خط راست و فرآیند BA بی‌دررو است. اندازه‌ی کار خالص انجام شده در یک چرخه را برابر  $W$  بگیرید. نقطه‌ای بین A و B روی فرایند AB است. اندازه‌ی گرمای خالص داده شده به گاز در مسیر AO را  $Q_{AO}$  بگیرید. کدام گزینه صحیح است؟

۱) نقطه‌ی O هر جا که باشد  $Q_{AO} < W$

۲) نقطه‌ی O هر جا که باشد  $Q_{AO} > W$

۳) نقطه‌ی O می‌تواند چنان باشد که  $Q_{AO} > W$

۴) هیچ نقطه‌ای نمی‌توان یافت که  $Q_{AO} = W$

۱۴) یک مول گاز با ضریب اتمیسیته‌ی  $\frac{5}{3}$  با دو مول گاز با ضریب اتمیسیته‌ی  $\frac{7}{5}$  مخلوط شده است. با فرض آن که هر دو گاز و مخلوط آن‌ها ایده‌آل است، یعنی انرژی آن مجموع انرژی جنبشی کل ملکول‌هاست، ضریب اتمیسیته‌ی مخلوط چقدر است؟ (ضریب اتمیسیته نسبت  $\frac{C_P}{C_V}$  است.)

(+۳, -۱)

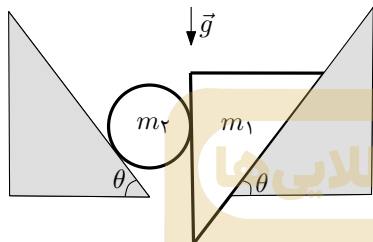
$\frac{67}{45}$  (۴)

$\frac{19}{13}$  (۳)

$\frac{7}{4}$  (۲)

$\frac{4}{3}$  (۱)

۱۵) در شکل مقابل اصطکاک کلیه‌ی سطوح ناچیز



است. استوانه و گوه در حالی که پیوسته در تماس با هم هستند بر روی دو سطح شیب‌دار ثابت با زاویه‌ی شیب  $\theta$  می‌لغزند. جرم گوه و استوانه به ترتیب  $m_2$  و  $m_1$  است و  $(m_2 > m_1)$ . اندازه‌ی شتاب  $m_1$  کدام گزینه است؟

(+۳, -۱)

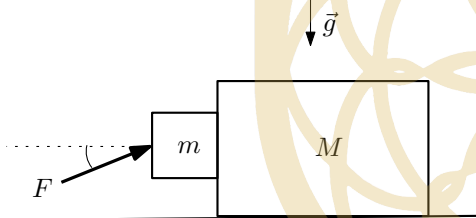
$\frac{1}{2} \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g \sin \theta$  (۴)

$\frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g \sin \theta$  (۳)

$\frac{1}{4} g \sin \theta$  (۲)

$g \sin \theta$  (۱)

۱۶) در شکل روبرو ضریب اصطکاک ایستایی بین



دو جسم  $\mu_s$  و جرم اجسام  $m$  و  $M$  است. نیروی  $F$  هر دو جسم را در حالی که نسبت به هم نمی‌لغزند به جلو می‌راند. کمترین مقدار  $F$  کدام است؟ جرم  $M$  با سطح افقی اصطکاک ندارد.

(+۳, -۱)

$\frac{(m+M)mg}{\sqrt{(m+M)^2 + \mu_s^2 M^2}}$  (۲)

$\frac{(m+M)mg}{\mu_s M}$  (۱)

$\frac{mg \sqrt{(m+M)^2 + \mu_s^2 M^2}}{2 \mu_s M}$  (۴)

$\frac{mg}{\sqrt{1 + \mu_s^2}}$  (۳)

۱۷) عرض رودخانه‌ای ۳۶ m است. شخصی می‌خواهد با قایق پارویی که بیشترین سرعت آن ۳ m/s است از یک طرف رودخانه به طرف دیگر برود. سرعت جریان آب نسبت به ساحل ۴ m/s است. طول کوتاه‌ترین مسیر ممکن چند متر است؟

(+۳, -۱)

۳۶ (۱) ۴۵ (۲) ۴۸ (۳) ۶۰ (۴)

۱۸) آزمایش‌ها نشان می‌دهند که شعاع هسته‌ی هر اتم از رابطه‌ی  $R = r_0 A^{1/3}$  به دست می‌آید که در آن  $r_0 = 1.5 \times 10^{-15}$  m و  $A$  عدد جرمی است. جرم هر نوکلئون (پروتون و نوترون) تقریباً  $m = 1.67 \times 10^{-27}$  kg و چگالی یک ستاره‌ی نوترونی تقریباً با چگالی هسته‌ی یک اتم برابر است. اگر خورشید با جرم  $M = 2 \times 10^{30}$  kg به ستاره‌ی نوترونی تبدیل شود شعاع آن حدوداً چقدر خواهد بود؟

(+۳, -۱)

۵ km (۱) ۱۵ km (۲) ۲۵ km (۳) ۳۵ km (۴)

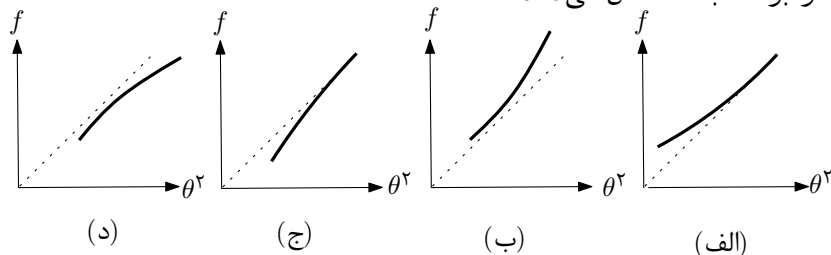
۱۹) فرض کنید تعداد ستاره‌ها در واحد حجم کیهان، ثابت و برابر با  $n$  است و زمین در مرکز کیهان قرار دارد. توان تابشی هر ستاره را یکسان و برابر با  $L$  بگیرید. اگر شدت نور یک ستاره در سطح زمین (انرژی دریافت شده در واحد زمان در واحد سطح زمین) با  $f$  نشان داده شود، تعداد ستاره‌هایی که شدت آن‌ها در سطح زمین از مقدار معین  $f_0$  بیشتر است کدام گزینه است؟

(+۳, -۱)

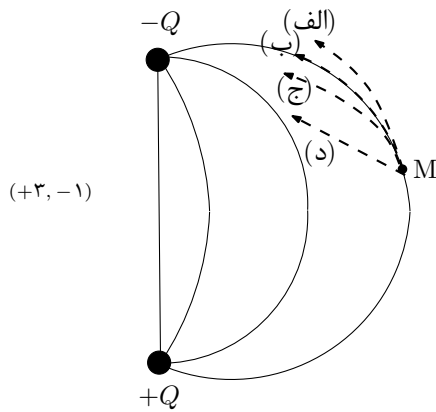
(۱)  $\frac{4}{3}\pi n \left(\frac{L}{4\pi f_0}\right)^2$  (۲)  $\frac{4}{3}\pi n \left(\frac{L}{\pi f_0}\right)^2$   
(۳)  $\frac{4}{3}\pi n \left(\frac{L}{4\pi f_0}\right)^{\frac{2}{3}}$  (۴)  $\frac{4}{3}\pi n \left(\frac{L}{\pi f_0}\right)^{\frac{2}{3}}$

۲۰) یک خوشه‌ی ستاره‌ای مجموعه‌ای از ستاره‌های نزدیک هم است. فرض کنید خوشه‌های ستاره‌ای متعددی در فواصل مختلف زمین قرار دارند که قطر همه‌ی خوشه‌ها و توان تابشی همه‌ی آن‌ها با هم برابر است. همچنین فرض کنید بین این خوشه‌ها تا زمین گاز و غبار وجود دارد که باعث کاهش نور رسیده از این خوشه‌ها به زمین می‌شود. اگر زاویه‌ای باشد که یک خوشه‌ی ستاره‌ای تحت آن زاویه از سطح زمین دیده می‌شود، کدام نمودار شدت نور دریافت شده روی زمین،  $f$ ، را بر حسب  $\theta^2$  نشان می‌دهد؟

(+۳, -۱)



الف (۱) ب (۲) ج (۳) د (۴)



۲۱) در شکل خطوط میدان الکتریکی دو بار  $+Q$  و  $-Q$  با خطوط پر رسم شده است. بار آزمون از نقطه‌ی  $M$  و از حال سکون رها می‌شود. کدام یک از مسیرهای خط‌چین در شکل مقابل می‌تواند مسیر حرکت بار آزمون باشد؟

الف (۱)

ب (۲)

ج (۳)

د (۴)

(+۳, -۱)

۲۲) با تخمین‌های مناسب حساب کنید مصرف سالیانه‌ی آب در کشور برای استحمام بر حسب میلیون متر مکعب به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

(+۳, -۱)

۱۰۱۲ (۴)

باشگاه المپیاد طلایی‌ها

۱۰۹ (۳)

۱۰۶ (۲)

۱۰۳ (۱)

۲۳) پرتابه‌ای از سطح زمین تحت زاویه‌ی نامعلوم نسبت به افق رو به بالا پرتاب می‌شود. پرتابه پس از زمان  $t$  به ارتفاع  $h$  از سطح زمین می‌رسد و پس از زمان  $T$  (از زمان پرتاب) مجدداً به سطح زمین برمی‌گردد کدام گزینه مقدار  $h$  را نشان می‌دهد؟ شتاب گرانش  $g$  است.

(+۳, -۱)

(۱)  $gt(T-t)$  (۲)  $\frac{1}{4}gt(T-t)$  (۳)  $gt\sqrt{T^2-t^2}$  (۴)  $\frac{1}{4}gt\sqrt{T^2-t^2}$

۲۴) برای اندازه‌گیری زمان دو نوع روز می‌توان تعریف کرد: یکی روز نجومی و دیگری روز خورشیدی. روز نجومی که آن را با  $T_A$  نشان می‌دهیم بازه‌ی زمانی میان دو وضعیت متوالی زمین است که در آن نقطه‌ی معینی (مثلاً در استوای زمین) مقابل یک ستاره‌ی دور دست باشد. روز خورشیدی که آن را با  $T_S$  نشان می‌دهیم بازه‌ی مشابه برای آن است که یک نقطه‌ی معین زمین در مقابل خورشید باشد (که اصطلاحاً به آن ظهر شرعی می‌گویند). با توجه به آن که جهت چرخش زمین دور خودش و دور خورشید یکسان است،  $T_A - T_S$  حدوداً چقدر است؟

(+۳, -۱)

-۲۲۰ s (۴)

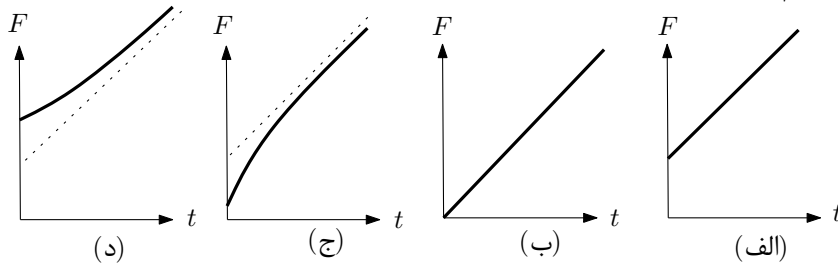
-۱۱۰ s (۳)

۱۱۰ s (۲)

۲۲۰ s (۱)

۲۵) فرض کنید شیر آبی را ناگهان باز می‌کنیم. زیر شیر یک ترازو قرار دارد که ظرفی روی آن است تا آب درون آن بریزد. اگر لحظه‌ی  $t = 0$  لحظه‌ای باشد که آب در ابتدا به کف ظرف می‌رسد، کدام گزینه می‌تواند نیرویی باشد که ترازو بر حسب زمان نشان می‌دهد؟

(+۳, -۱)



(۱) الف (۲) ب (۳) ج (۴) د

۲۶) شش بار نقطه‌ای یکسان  $q$  مطابق شکل روی رأس‌های یک شش وجهی که طول همه‌ی یال‌های آن  $a$  است، قرار دارند. این شش وجهی یک هرم با قاعده‌ی پنج ضلعی منتظم است. نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی واقع در رأس  $P$  کدام گزینه است؟

(+۳, -۱)

$$\tan 54^\circ \approx 1/38$$

$$(۱) \quad \frac{q^2}{\epsilon_0 a^2} \times 5$$

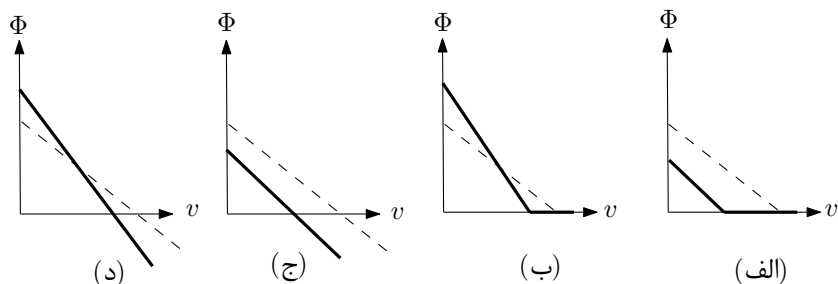
$$(۲) \quad \frac{q^2}{\epsilon_0 a^2} \times 4$$

$$(۳) \quad \frac{q^2}{\epsilon_0 a^2} \times 3$$

$$(۴) \quad \frac{q^2}{\epsilon_0 a^2} \times 2$$

۲۷) یک خودرو در هوای بارانی با سرعت ثابت  $v$  در جاده‌ی مستقیم و افقی حرکت می‌کند. قطرات باران به طور عمودی و با سرعت  $u$  به زمین می‌رسند و باد نمی‌آید. فرض کنید شیشه‌ی عقب اتومبیل با راستای عمودی زاویه‌ی  $\theta$  می‌سازد. کدام گزینه می‌تواند مقدار باران فرو ریخته در ثانیه به شیشه عقب،  $\Phi$ ، بر حسب سرعت خودرو را نشان دهد؟ خط پیوسته برای  $\theta = 30^\circ$  و خط چین برای  $\theta = 45^\circ$  است.

(+۳, -۱)



(۱) الف (۲) ب (۳) ج (۴) د

۲۸ در فیزیک دستگاه‌هایی داریم در ابعاد حدود چند صد نانومتر که به آن‌ها دستگاه‌های مزوسکوپی گفته می‌شود. این قبیل دستگاه‌ها با وجود آن که از ابعاد اتمی بسیار بزرگ‌ترند، برای توصیف برخی از خواص آن‌ها باید فیزیک کوانتومی به کار برد. آزمایش نشان می‌دهد که هدایت الکتریکی (کمیت  $G = I/V$ ) برای یک سیم رسانای مزوسکوپی کوانتیده است، یعنی مضرب صحیحی از یک مقدار بنیادی  $G_0$  است. کدام گزینه می‌تواند  $G_0$  را بر حسب ثابت‌های بنیادی  $h$  (ثابت پلانک)،  $e$  (بار الکتریکی) و  $\epsilon_0$  (ضریب گذردهی خلاء) نشان دهد؟ (+۳، -۱)

(۱)  $\frac{2e^2}{h}$  (۲)  $\frac{2h}{e^2}$  (۳)  $\frac{2e^2\epsilon_0}{h}$  (۴)  $\frac{2h}{e^2\epsilon_0}$

۲۹ یک جوسنج جیوه‌ای (بارومتر) مطابق شکل به واسطه‌ی وجود مقداری هوا در بالای ستون جیوه‌ی داخل لوله‌ی قائم، فشار هوای محیط را درست نشان نمی‌دهد. وقتی فشار هوا ۷۵۵ mm Hg است جوسنج عدد ۷۴۸ mm Hg و هنگامی که فشار هوا ۷۴۰ mm Hg است جوسنج عدد ۷۳۶ mm Hg را نشان می‌دهد. طول  $L$  از لوله که بالای سطح آزاد جیوه قرار گرفته چقدر است؟ فرض کنید دمای هوای بالای ستون جیوه همواره ثابت است. (+۳، -۱)

(۱) ۷۵۸ mm (۲) ۷۶۴ mm (۳) ۷۷۰ mm (۴) ۷۷۶ mm

۳۰ دو متحرک ۱ و ۲ هم‌زمان از دو انتهای یک جاده‌ی مستقیم به سوی یکدیگر حرکت می‌کنند. بزرگی سرعت اولیه‌ی آن‌ها  $v_1$  و  $v_2$  و بزرگی شتاب آن‌ها در طول مسیر همواره ثابت و به ترتیب برابر  $a_1$  و  $a_2$  است. اگر این دو متحرک در وسط مسیر از کنار یکدیگر عبور کنند و نیز با سرعت یکسان به انتهای دیگر جاده برسند کدام رابطه بین کمیت‌های داده شده برقرار است؟ (+۳، -۱)

(۱)  $\frac{a_2}{a_1} = \frac{9v_2 + v_1}{9v_1 + v_2}$  (۲)  $\frac{a_2}{a_1} = \frac{9v_2 - v_1}{9v_1 - v_2}$  (۳)  $\frac{a_2}{a_1} = \frac{7v_2 + v_1}{7v_1 + v_2}$  (۴)  $\frac{a_2}{a_1} = \frac{7v_2 - v_1}{7v_1 - v_2}$

۳۱ در یک شب مهتابی شدت نور ماه روی زمین حدود  $10^{-4} \text{ W/m}^2 \times 3$  است. مرتبه‌ی بزرگی تعداد فوتون‌هایی که در یک ثانیه وارد چشم ما می‌شود چقدر است؟ طول موج نوری که از ماه به زمین می‌رسد را ۵۵۰ nm و قطر مردمک چشم را ۶ mm در نظر بگیرید. ثابت پلانک  $6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  و سرعت نور  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$  است. (+۳، -۱)

(۱)  $10$  (۲)  $10^4$  (۳)  $10^7$  (۴)  $10^{10}$

## مسئله‌های کوتاه

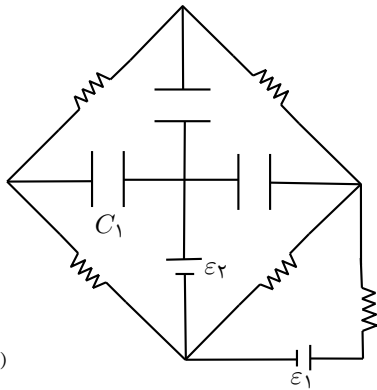
پیش از شروع به حل مسئله‌های کوتاه توضیح زیر را به دقت بخوانید.  
در این مسئله‌ها باید پاسخ را برحسب واحدهای مورد نظر (مثلاً میلی آمپر، متر، کیلوگرم، دقیقه و غیره) که در صورت مسئله خواسته شده، با دو رقم به دست آورید. سپس خانه‌های مربوط به رقم‌های این عدد را در پاسخ‌نامه سیاه کنید. توجه کنید که رقم یکان 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                             |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1                                | 1                                |
| <input checked="" type="radio"/> | 2                                |
| 3                                | 3                                |
| 4                                | 4                                |
| 5                                | 5                                |
| 6                                | 6                                |
| 7                                | <input checked="" type="radio"/> |
| 8                                | 8                                |
| 9                                | 9                                |
| 0                                | 0                                |

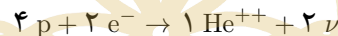


(۸ نمره)

۱) در مدار شکل روبرو، ظرفیت همگی خازن‌ها  $8 \mu F$  و مقدار همگی مقاومت‌ها  $10 \text{ k}\Omega$  است. پس از گذشت زمان طولانی از بسته شدن مدار، اندازه‌ی بار ذخیره شده روی خازن  $C_1$  چند میکروکولن است؟  $\varepsilon_1 = 14 \text{ V}$  و  $\varepsilon_2 = 5 \text{ V}$ .

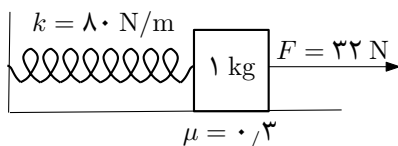
۲) بر روی محور اصلی عدسی نازکی که به صورت قرص دایره‌ای به شعاع  $2 \text{ cm}$  است لامپ میله‌ای نازکی به طول  $10 \text{ cm}$  قرار گرفته است. فاصله‌ی نزدیک‌ترین نقطه‌ی لامپ تا عدسی  $30 \text{ cm}$  است. در طرف دیگر عدسی پرده‌ای عمود بر محور اصلی قرار دارد و لکه‌ی روشنی روی آن مشاهده می‌شود. با جابجا کردن پرده به موازات عدسی قطر لکه‌ی روشن کم و زیاد می‌شود. کمترین مقدار قطر لکه‌ی روشن چند میلی‌متر است؟ فاصله‌ی کانونی عدسی  $20 \text{ cm}$  است. (۸ نمره)

۳) در هسته‌های گازی شکل خورشید واکنش‌های گوناگون همجوشی هسته‌ای رخ می‌دهد. یکی از این واکنش‌ها که قسمت عمده‌ی انرژی لازم برای منظومه‌ی شمسی (از جمله سیاره‌ی زمین) را فراهم می‌کند چرخه‌ی پروتون نام دارد. این چرخه را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:



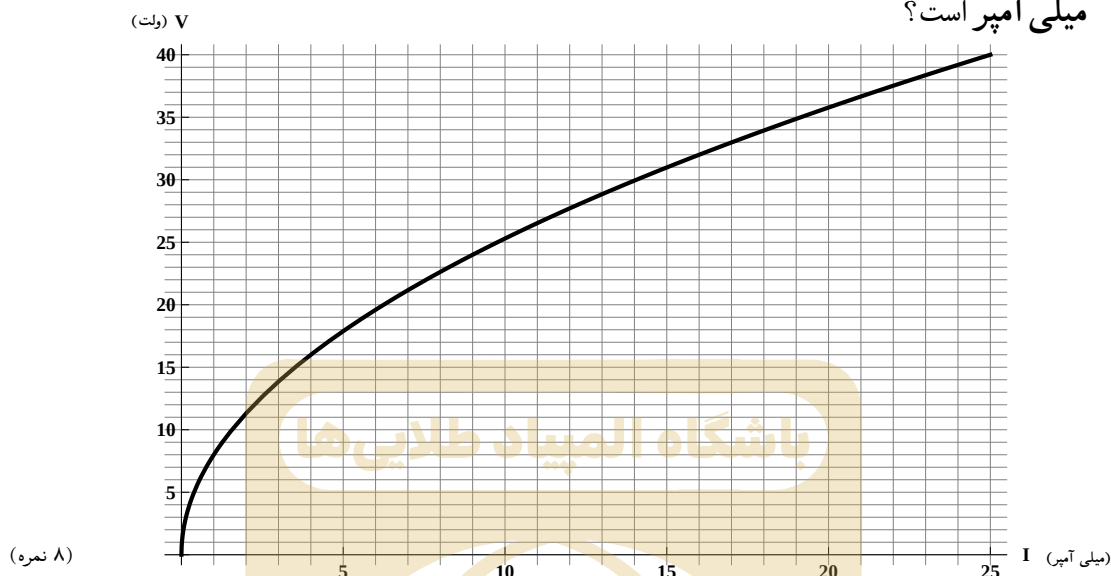
که  $p$  پروتون،  $e^-$  الکترون،  $\text{He}$  هلیوم و  $\nu$  نوترینو است. در هر چرخه  $26/2 \times 10^6 \text{ eV}$  انرژی حاصل می‌شود که  $1 \text{ eV} = 1/6 \times 10^{-19} \text{ J}$ . انرژی خورشیدی با آهنگ  $1380$  وات بر متر مربع به زمین می‌رسد و شعاع زمین  $6370$  کیلومتر است. اگر تعداد نوترینوهایی که در هر ثانیه به زمین می‌رسد  $a \times 10^n$  ( $1 < a < 10$ ) باشد عدد  $n$  چقدر است؟ (۸ نمره)

۴) وزنه‌ای به جرم  $1 \text{ kg}$  مطابق شکل توسط فنری به ضریب سختی  $k = 80 \text{ N/m}$  که یک انتهای آن به دیواری قائم و انتهای دیگر آن به این وزنه متصل است روی سطح افقی نگه داشته شده است. در این حالت طول فنر عادی و ضریب اصطکاک بین وزنه و سطح  $0/3$  است. شخصی با نیروی ثابت و افقی  $F = 32 \text{ N}$  شروع به کشیدن جسم می‌کند. توان نیروی  $F$  در لحظه‌ای که وزنه  $50 \text{ cm}$  جابجا شده است چند وات است؟ ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )



(۸ نمره)

۵) منحنی ولتاژ - جریان برای یک مقاومت غیر خطی که از قانون اهم تبعیت نمی‌کند مطابق شکل است. این مقاومت را با یک باتری با نیروی محرکه  $40\text{ V}$  و یک مقاومت معمولی  $2\text{ k}\Omega$  در یک مدار سری می‌کنیم. مقاومت داخلی باتری قابل اغماض است. شدت جریان مدار چند میلی آمپر است؟

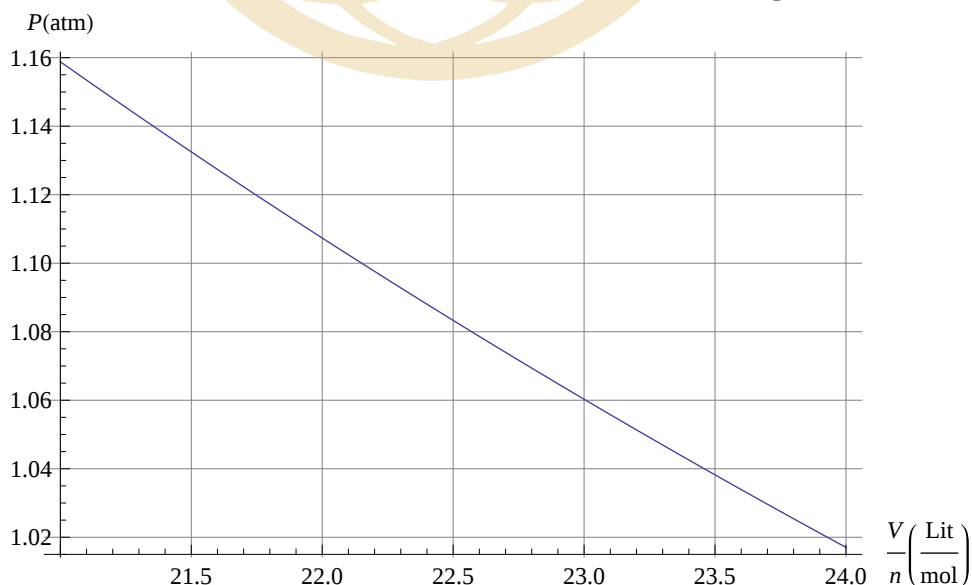


(۸ نمره)

۶) معادله‌ی حالت برخی از گازها را می‌توان به تقریب به شکل زیر در نظر گرفت

$$\left(P + a \frac{n^2}{V^2}\right)V = nRT,$$

که در آن  $P$  فشار،  $V$  حجم،  $n$  تعداد مول،  $T$  دما،  $R$  ثابت جهانی گازها و  $a$  ثابت واندروالس است که تنها به جنس گاز بستگی دارد. نمودار زیر فشار گاز کربن دی‌سولفید را بر حسب حجم بر مول در دمای  $300\text{ K}$  نشان می‌دهد. ثابت واندروالس برای این گاز چند  $\text{atm} \cdot \text{mol}^2 \cdot \text{Lit}^2$  است؟ ثابت جهانی گازها  $8.314\text{ J/mol} \cdot \text{K}$  است.



(۸ نمره)

۷) یک مخزن آب به شکل مکعب مستطیل که مساحت قاعده‌ی آن  $100 \text{ m}^2$  و ارتفاع آن  $10 \text{ m}$  است طوری داخل زمین کار گذاشته شده که سقف آن هم سطح زمین است. پمپی توسط لوله‌ای که سطح مقطع آن  $100 \text{ cm}^2$  است و به کف مخزن وصل است آب را تا سطح زمین بالا می‌کشد. مقدار آبی که در هر ثانیه به وسیله‌ی پمپ تخلیه می‌شود ثابت است. در وضعیتی که مخزن پراز آب است پمپ در مدت  $5 \times 10^4 \text{ s}$  قادر است تمام آب را تخلیه کند. حداقل کاری که پمپ باید انجام دهد چند مگاژول است؟ توجه کنید که انرژی پتانسیل اولیه‌ی آب را می‌توان با فرض آن که تمام آب مخزن در نیمه ارتفاع مخزن قرار دارد، به حساب آورد. چگالی آب  $1 \text{ g/cm}^3$  و شتاب ثقل  $10 \text{ m/s}^2$  است.

(۸ نمره)

۸) حجم یک مخزن فولادی ۹ لیتر است و در ابتدا از

هوای اتاق که آن را گاز کامل در نظر می‌گیریم با فشار یک

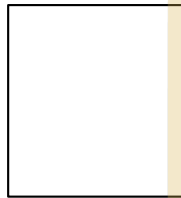
اتمسفر پر شده است. می‌خواهیم به وسیله‌ی تلمبه‌ای مطابق

شکل که حجم مخزن آن یک لیتر است هوای داخل مخزن

فولادی را بکشیم تا فشار داخل آن به یک هزارم اتمسفر

برسد. در طی فرایند دما ثابت است. چند بار باید تلمبه

بزنیم؟  $\log 3 \approx 0.477$



(۸ نمره)