



باسمه تعالی  
جمهوری اسلامی ایران  
وزارت آموزش و پرورش  
سازمان علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیت‌هاست.  
«امام خمینی (ره)»



سازمان ملی پرورش استعداد های درخشان

دفترچه سؤالات مرحله اول سال ۱۴۰۰

## سی و پنجمین دوره المپیاد فیزیک

صبح - ساعت: ۰۹:۰۰

کد دفترچه: ۲

مدت آزمون (دقیقه)	تعداد سؤالات	
	مسأله کوتاه	چندگزینه‌ای
۲۱۰	۸	۲۴

نام: \_\_\_\_\_ نام خانوادگی: \_\_\_\_\_ شماره صندلی: \_\_\_\_\_

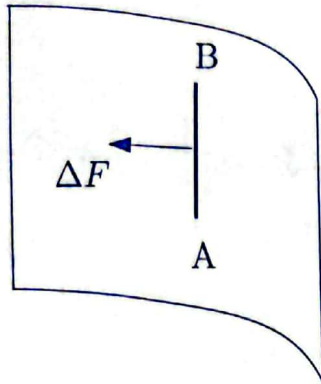
استفاده از هر نوع ماشین حساب ممنوع است.

توضیحات مهم

- کد دفترچه سؤالات شما ۲ است. این کد را در محل مربوط روی پاسخنامه با مداد پر کنید. در غیر این صورت پاسخنامه شما تصحیح نخواهد شد.
- بلافاصله پس از آغاز آزمون، تعداد سؤالات داخل دفترچه و وجود همه برگه‌های دفترچه سؤالات را بررسی نمایید. در صورت وجود هرگونه نقصی در دفترچه، در اسرع وقت مسؤول 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 مسؤول جلسه را مطلع کنید. ضمناً مشخصات خواسته شده در پایین پاسخنامه را با مداد مشکی بنویسید.
- برگه پاسخنامه 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 خانه مورد نظر را کاملاً سیاه کنید.
- در سوال‌های چهارگزینه‌ای هر پاسخ درست ۳ نمره مثبت و به هر پاسخ نادرست ۱ نمره منفی دارد. در مسأله‌های کوتاه هر پاسخ درست ۵ نمره مثبت و پاسخ نادرست نمره منفی ندارد.
- آزمون مرحله دوم برای دانش‌آموزان پایه دهم، صرفاً جنبه آزمایشی و آمادگی دارد و شرکت‌کنندگان در دوره تابستانی از بین دانش‌آموزان یازدهم انتخاب می‌شوند.
- دفترچه باید همراه پاسخنامه تحویل داده شود.

کلیه حقوق این سؤالات برای سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان محفوظ است.  
آدرس سایت اینترنتی: [ysc-sampad.medu.ir](http://ysc-sampad.medu.ir)

(۱) قطره شبنمی در نظر بگیرید که از انتهای یک برگ آویزان است. قسمت زیرین قطره را نیم‌کره‌ای به شعاع  $R$  بگیرید. فرض کنید این نیم‌کره تحت تأثیر نیروی وزن، نیروی ناشی از اختلاف فشار آب بالای آن با فشار هوا و نیروی ناشی از کشش سطحی در حال تعادل باشد.



تعریف کشش سطحی: فرض کنید سطح نشان داده شده در شکل مقابل سطح جدایی بین دو محیط، مثل آب و هوا، است. سطح واقع در سمت چپ پاره خط  $AB$  به طول  $\Delta L$  سطح سمت راست را مطابق شکل با نیروی  $\Delta F$  می‌کشد که با طول  $AB$  متناسب است، به طوری که  $\Delta F = \gamma \Delta L$ . به  $\gamma$  کشش سطحی گفته می‌شود که واحد آن نیوتن بر متر است.

می‌توان نشان داد که نیروی ناشی از فشار هوا بر نیم‌کره با حاصل ضرب فشار هوا در سطح قاعده نیم‌کره برابر است. فشار هوا  $P_0$  و چگالی آب  $\rho$  است. فشار آب در سطح قاعده نیم‌کره کدام گزینه است؟

$$P = P_0 + \frac{2\gamma}{R} - \frac{4\rho g R}{3} \quad (2)$$

$$P = P_0 - \frac{2\gamma}{R} + \frac{4\rho g R}{3} \quad (1)$$

$$P = P_0 + \frac{2\gamma}{R} - \frac{2\rho g R}{3} \quad (4)$$

$$P = P_0 - \frac{2\gamma}{R} + \frac{2\rho g R}{3} \quad (3)$$

(۲) فرض کنید در تمام سطح کره زمین، میدان الکتریکی به اندازه  $150 \text{ N/C}$  در نزدیکی سطح زمین رو به پایین وجود داشته باشد. برای ایجاد چنین میدانی مرتبه بزرگی اندازه بار کره زمین کدام گزینه است؟ شعاع زمین  $6.4 \times 10^6 \text{ m}$  است. لازم به ذکر است که اگر یک عدد بین  $10^3 \times 10^n$  و  $3 \times 10^n$  باشد می‌گوییم مرتبه بزرگی آن  $10^n$  است.

$$10^{-1} \text{ C} \quad (4)$$

$$1 \text{ C} \quad (3)$$

$$10^6 \text{ C} \quad (2)$$

$$10^{26} \text{ C} \quad (1)$$

(۳) انرژی الکترواستاتی دو بار نقطه‌ای  $q_1$  و  $q_2$  که در فاصله  $r$  از هم قرار دارند از رابطه  $\frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$  به دست می‌آید. چنانچه می‌دانید نوترون از دو کوارک  $d$  هر یک با بار  $-\frac{e}{3}$  و یک کوارک  $u$  با بار  $\frac{2e}{3}$  تشکیل شده است که  $e$  اندازه بار الکترون است. اگر فرض کنیم فاصله میانگین کوارک‌ها از یکدیگر در نوترون  $r$  است، انرژی الکترواستاتی نوترون چه ضریبی از  $\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$  است؟

$$-\frac{1}{3} \quad (4)$$

$$-\frac{4}{9} \quad (3)$$

$$\text{صفر} \quad (2)$$

$$+\frac{1}{9} \quad (1)$$

## کد دفترچه سوالات: ۲

۲

(۴) در مدل اتمی بور حالت‌های مجاز اتم هیدروژن حالت‌هایی هستند که الکترون در مدار دایره‌ای تحت اثر جاذبه الکتریکی هسته می‌چرخد و در حالت مجاز  $n$  ام داریم  $mvr = nh$ . در این رابطه،  $m$  جرم الکترون،  $v$  اندازه سرعت الکترون و  $r$  شعاع مدار است. همچنین  $h = \frac{h}{2\pi}$  که  $h$  ثابت پلانک است. فرض کنید در حالت پایه ( $n = 1$ ) شعاع مدار و انرژی دستگاه به ترتیب  $r_1$  و  $E_1$  باشد. برای اتم‌های هیدروژن گونه بار هسته  $Z$  برابر می‌شود و کمیت‌های یاد شده به ترتیب  $r'_1$  و  $E'_1$  خواهند بود. کدام گزینه درست است؟

یادآوری می‌شود شتاب مرکزگرا در حرکت دایره‌ای  $\frac{v^2}{r}$  است. همچنین لازم به ذکر است انرژی این دستگاه علاوه بر انرژی جنبشی، شامل انرژی پتانسیل است که از رابطه  $\frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$  به دست می‌آید.

$$E'_1 = ZE_1 \text{ و } r'_1 = r_1 \quad (1)$$

$$E'_1 = ZE_1 \text{ و } r'_1 = Z^{-1}r_1 \quad (3)$$

$$E'_1 = Z^2 E_1 \text{ و } r'_1 = Z^{-1} r_1 \quad (4)$$

(۵) یک قطعه آلومینیومی به شکل مکعب مستطیل به درستی ریخته‌گری نشده و داخل آن حفره‌های کوچک هوا موسوم به مک ایجاد شده است. این قطعه را از یک نیروسنج آویزان می‌کنیم. در حالت تعادل، نیروسنج نیروی وزن قطعه را  $F$  نشان می‌دهد. همین طور که قطعه آویزان است آن را کاملاً در آب فرو می‌بریم. نیروسنج نیروی  $F' = \beta F$  را نشان می‌دهد. اگر چگالی آلومینیوم  $\rho$  و چگالی آب  $\rho'$  باشد، مجموع حجم حفره‌های این قطعه چه نسبتی از حجم مکعب مستطیل است؟

$$\frac{\rho'(1-\beta)}{\rho} \quad (2)$$

$$\frac{\rho'}{\rho(1-\beta)} \quad (4)$$

$$\frac{\rho(1-\beta) - \rho'}{\rho(1-\beta)} \quad (1)$$

$$\frac{\rho(1-\beta) - \rho'}{\rho} \quad (3)$$

(۶) هرگاه جسم جامدی در جهت محور  $x$  کشیده شود، در بیشتر موارد ابعاد آن در جهت  $y$  و  $z$  کاهش می‌یابد. تغییر طول نسبی جسمی به ابعاد اولیه  $x_0$ ،  $y_0$  و  $z_0$  در جهت‌های سه‌گانه را به ترتیب  $\frac{\Delta x}{x_0}$ ،  $\frac{\Delta y}{y_0}$  و  $\frac{\Delta z}{z_0}$  بگیرید که کمیت‌های کوچکی هستند. اگر خواص جسم در هر سه جهت مشابه باشد و کشیدگی در جهت  $x$  باشد ضریب پواسون،  $\nu$ ، از رابطه  $\frac{\Delta y}{y_0} = \frac{\Delta z}{z_0} = -\nu \frac{\Delta x}{x_0}$  تعریف می‌شود. سیمی مسی به طول یک متر به اندازه  $0.5$  میلی‌متر کشیده می‌شود. ضریب پواسون برای مس را حدود  $\nu = 0.3$  بگیرید. اگر مقاومت الکتریکی اولیه سیم یک اهم باشد و مقاومت ویژه ثابت فرض شود، مقاومت الکتریکی سیم کشیده شده چقدر تغییر می‌کند؟

$$1 \text{ m}\Omega \quad (4)$$

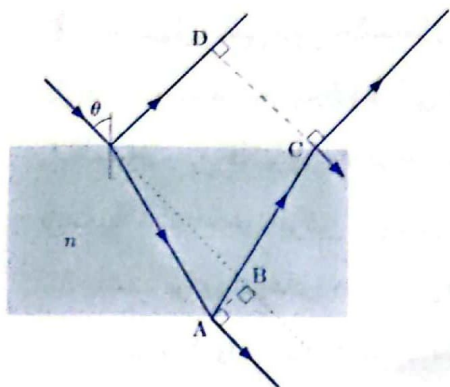
$$0.8 \text{ m}\Omega \quad (3)$$

$$0.5 \text{ m}\Omega \quad (2)$$

$$0.2 \text{ m}\Omega \quad (1)$$

## کد دفترچه سوالات: ۲

۳



(۷) مطابق شکل یک پرتو نور با زاویه تابش  $\theta$  به وجه بالایی یک تیغه متوازی السطوح شفاف به ضریب شکست  $n$  که در هوا قرار دارد برخورد می کند. بخشی از پرتو فرودی از وجه بالایی بازتاب می شود و بخشی از آن وارد تیغه می شود. بخشی از پرتو وارد شده به تیغه از وجه پایینی خارج می شود و بخشی از آن بازتاب شده و پس از شکست از وجه بالایی خارج می شود.

اگر  $AB$  جابه جایی پرتو خارج شده از وجه پایینی نسبت به امتداد اولیه پرتو فرودی و  $CD$  فاصله عمودی دو پرتو خروجی از وجه بالایی باشد نسبت  $\frac{CD}{AB}$  کدام گزینه است؟

$$(1) \quad \frac{2 \cos \theta}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta} - \cos \theta}$$

$$(2) \quad \frac{n}{\sin \theta \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \frac{2 \cos \theta}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta} - \cos \theta}$$

$$(3) \quad \frac{2 \cos \theta}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}$$

$$(4) \quad \frac{n}{\sin \theta \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \frac{2 \cos \theta}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}$$

(۸) مغزی یک مداد، استوانه‌ای به طول  $20 \text{ cm}$  و قطر  $2/0 \text{ mm}$  است. فرض کنید با این مداد خطوط مستقیمی رسم می کنیم که عرض آن‌ها برابر قطر مغزی و ضخامت متوسط آن‌ها  $50 \text{ nm}$  است. اگر هشتاد درصد مغزی را صرف رسم خطوط کنیم، مجموع طول خطوط چند کیلومتر است؟

(۱) ۱۲      (۲) ۱۰      (۳) ۶٫۲      (۴) ۵٫۱

(۹) در یک ظرف عایق‌بندی شده که ظرفیت گرمایی آن ناچیز است  $m$  گرم آب  $0^\circ \text{C}$  وجود دارد. در مرحله اول  $M$  گرم آب  $99^\circ \text{C}$  به آن اضافه می کنیم. در مرحله دوم  $2M$  گرم آب  $99^\circ \text{C}$  به  $\frac{99}{2}$  درجه مخلوط اضافه می کنیم و این عمل را ادامه می دهیم تا مرحله دهم که مرحله آخر است  $10M$  گرم آب  $99^\circ \text{C}$  به آن اضافه می کنیم. بیشینه دمای تعادل نهایی امکان پذیر برای این دستگاه چند درجه سلسیوس است؟

(۱) ۹۹      (۲)  $\frac{99}{2}$       (۳) ۱۸      (۴) ۱۱

## کد دفترچه سوالات: ۲

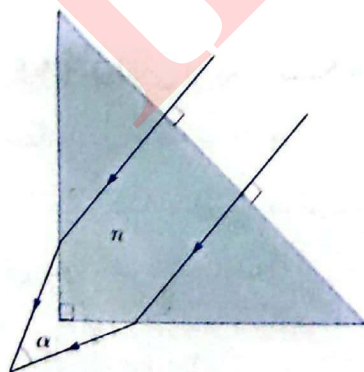
۴

(۱۰) بر اثر نابودی یک فوتون یک الکترون و یک پوزیترون تولید می‌شود. پوزیترون دارای بار مخالف الکترون است ولی جرم آن مشابه الکترون است. به این فرایند تولید زوج گفته می‌شود. با توجه به این که برای الکترون، کمیت  $m_e c^2$  که به آن انرژی سکون می‌گوییم برابر  $0.511 \text{ MeV}$  است کدام گزینه صحیح است؟ ثابت پلانک  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ، سرعت نور  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$  و  $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$  است.

- (۱) هر فوتون با طول موج کمتر از  $1/21 \times 10^{-2} \text{ nm}$  می‌تواند تولید زوج کند.
- (۲) هر فوتون با طول موج بیشتر از  $1/21 \times 10^{-2} \text{ nm}$  می‌تواند تولید زوج کند.
- (۳) هر فوتون با طول موج کمتر از  $2/43 \times 10^{-2} \text{ nm}$  می‌تواند تولید زوج کند.
- (۴) هر فوتون با طول موج بیشتر از  $2/43 \times 10^{-2} \text{ nm}$  می‌تواند تولید زوج کند.

(۱۱) اگر قطر یک جسم  $d$  و فاصله آن از ناظر  $r$  باشد برای  $d$ های خیلی کوچک‌تر از  $r$ ،  $\frac{d}{r}$  را قطر زاویه‌ای آن جسم نسبت به ناظر می‌گویند. قطر زاویه‌ای ماه وقتی درست در امتداد بالای سر ناظر زمینی است  $\alpha_z$  و وقتی در امتداد افق ناظر است  $\alpha_h$  اندازه‌گیری شده است. فرض کنید در مدتی که ماه از بالای سر ناظر به افق ناظر می‌رسد فاصله مرکز ماه تا مرکز زمین تغییری نمی‌کند. همچنین اثر وجود جو زمین در محاسبه قطر ظاهری ماه تصحیح شده است. اگر شعاع زمین  $R$  باشد، فاصله مرکز ماه تا مرکز زمین کدام گزینه است؟

$$\frac{\alpha_z}{\sqrt{\alpha_z^2 - \alpha_h^2}} R \quad (۴) \quad \frac{\alpha_h}{\sqrt{\alpha_z^2 - \alpha_h^2}} R \quad (۳) \quad \frac{\alpha_z}{\alpha_z - \alpha_h} R \quad (۲) \quad \frac{\alpha_z^2 + \alpha_h^2}{\alpha_z^2 - \alpha_h^2} R \quad (۱)$$



(۱۲) در شکل مقابل مقطع یک منشور قائم‌الزاویه متساوی‌الساقین با ضریب شکست  $n$  نشان داده شده است. فرض کنید  $1 < n < \sqrt{2}$ . دو پرتو موازی نور در صفحه شکل، عمود بر وجه بزرگ منشور به آن می‌تابد. پرتوها مطابق شکل شکسته شده و از دو وجه دیگر خارج می‌شوند. پرتوهای خروجی یکدیگر را با زاویه  $\alpha$  قطع می‌کنند. کدام گزینه درست است؟

$$\sin \alpha = \sqrt{n^2 - 1} \quad (۴) \quad \sin \alpha = n^2 - 1 \quad (۳) \quad \cos \alpha = \sqrt{n^2 - 1} \quad (۲) \quad \cos \alpha = n^2 - 1 \quad (۱)$$

۱۳) فرض کنید در زمین چمن ورزشگاه آزادی در هر مربع به ضلع ۳ میلی متر یک دانه علف کاشته شده و از هر دانه فقط یک ساقه علف رویده است. اگر از دنبال هم قرار دادن ساقه‌ها در طول یکدیگر یک نوار ساخته شود، طول نوار  $10^8$  km خواهد بود.  $n$  به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

۱۳ (۴)

۹ (۳)

۵ (۲)

۱ (۱)



۱۴) شخصی به جرم  $70$  kg سوار بر دوچرخه‌ای به جرم  $10$  kg پیچ جاده‌ای به شعاع  $25$  m را با سرعت  $15$  m/s طی می‌کند. در این وضعیت اندازه نیرویی که از طرف زمین به دوچرخه اعمال می‌شود به کدام گزینه نزدیک است؟

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

۱۰۷۰ N (۴)

۹۴۰ N (۳)

۷۲۰ N (۲)

۶۳۰ N (۱)

۱۵) در لحظه  $t = 0$  توپ کوچکی را از ارتفاع  $h$  نسبت به سطح زمین رها می‌کنیم. درست در همین لحظه توپ دیگری که در زیر توپ نخست قرار دارد را از سطح زمین به طور قائم با سرعت اولیه  $v$  رو به بالا پرتاب می‌کنیم. سرعت  $v$  چقدر باشد تا دو توپ در ارتفاع  $ah$  ( $0 < a < 1$ ) از سطح زمین با هم برخورد کنند؟

$$\sqrt{\frac{gh(1-a)}{2}} \quad (۴)$$

$$\sqrt{2\alpha gh} \quad (۳)$$

$$\sqrt{\frac{gh}{2(1-a)}} \quad (۲)$$

$$\sqrt{\frac{2gh}{(1-a)}} \quad (۱)$$

۱۶) قطاری از یک ایستگاه حرکتش را به صورت تندشونده با شتاب ثابت آغاز می‌کند و با این شتاب،  $\frac{1}{3}$  مسافت تا ایستگاه بعدی را طی می‌کند. سپس با سرعت ثابت  $90$  km/h به حرکت ادامه می‌دهد و در  $\frac{1}{6}$  مسافت باقیمانده تا ایستگاه بعد ترمز می‌کند و با شتاب ثابت سرانجام متوقف می‌شود. سرعت متوسط آن کدام گزینه است؟ مسیر بین دو ایستگاه مستقیم است.

۷۵ km/h (۴)

۶۰ km/h (۳)

۴۵ km/h (۲)

۳۰ km/h (۱)

۶

## کد دفترچه سوالات: ۲

۱۷) چنانچه می‌دانید انبساط طولی میله‌ای به طول  $L$  بر اثر تغییر دمای  $\Delta T$  از رابطه تقریبی  $\Delta L = L\alpha\Delta T$  به دست می‌آید، که  $\alpha$  ضریب انبساط طولی نام دارد. این رابطه با فرض آن است که ضریب انبساط طولی بر حسب دما ثابت و مقدار  $\alpha\Delta T$  خیلی کوچک‌تر از یک باشد. رابطه دقیق‌تری را می‌توان به صورت  $\Delta L = L(\alpha\Delta T + k(\alpha\Delta T)^2 + \dots)$  پیشنهاد داد. ضریب  $k$  را از این ملاحظه می‌توان به دست آورد که اگر دما را به اندازه  $\Delta T$  افزایش و سپس به همین مقدار کاهش دهیم طول میله تغییر نمی‌کند. ضریب  $k$  کدام گزینه است؟

۱ (۴)

 $\frac{1}{2}$  (۳) $-\frac{1}{2}$  (۲)

-۱ (۱)



۱۸) مقداری از یک مایع را بر روی سطحی کاملاً افقی و صیقلی که دگرچسبی اندکی با مایع دارد می‌ریزیم تا توده‌ای یکپارچه روی سطح تشکیل شود، مثل توده‌ای از آب بر روی یک سطح روغن‌زده. عامل گرانش زمین سبب می‌شود توده پهن‌تر شود و عامل هم‌چسبی مایع باعث می‌شود توده متراکم‌تر و برآمده‌تر باشد. خاصیت اخیر با کمیتی موسوم به کشش سطحی مایع توصیف می‌شود که یکای آن ژول بر مترمربع است و با نماد  $\gamma$  نشان داده می‌شود.

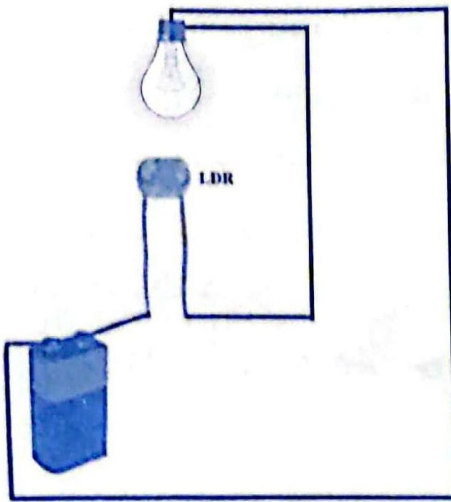
فرض کنید ارتفاع بیشینه یک توده آب خالص بر روی سطح افقی روغن‌زده  $h_0$  باشد. اگر حجم توده آب به اندازه کافی بزرگ باشد  $h_0$  به حجم آن بستگی ندارد. همچنین  $h_0$  به فشار هوا نیز بستگی ندارد. فرض کنید با اضافه کردن مقدار بسیار کمی ماده شوینده کشش سطحی آب نصف شود و ارتفاع آب  $h_1$  شود. همچنین افزودن ماده شوینده چگالی آب را عوض نمی‌کند. با توجه به یکای کمیت‌های مؤثر، نسبت  $\frac{h_1}{h_0}$  کدام گزینه است؟

۲ (۴)

 $\sqrt{2}$  (۳) $\frac{\sqrt{2}}{2}$  (۲) $\frac{1}{2}$  (۱)

۷

## کد دفترچه سؤالات: ۲

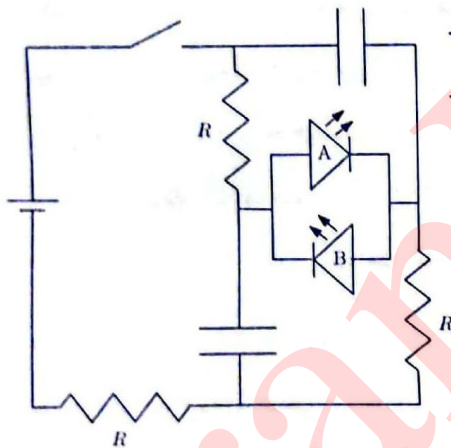


۱۹) مقاومت الکتریکی یک مقاومت نوری (LDR) با شدت نور تابیده شده بر آن رابطه‌ای معکوس دارد. در مداری مطابق شکل روبرو فرض کنید مقاومت الکتریکی یک مقاومت نوری دارای مقدار  $A/P$  است که  $P$  توان مصرفی لامپ و  $A$  کمیت ثابتی است. مقاومت لامپ برابر  $R$  و ثابت است. می‌توانید نشان دهید اگر در لحظه اول لامپ خاموش باشد بعد از آن نیز خاموش خواهد ماند. اما اگر لامپ روشن باشد ممکن است جریان ثابتی در مدار برقرار بماند.

حداقل اندازه نیروی محرکه باتری چقدر باشد تا جریان غیر صفر باشد و لامپ همچنان روشن بماند. از مقاومت داخلی باتری صرف نظر کنید.

۴A (۴)

A (۳)

 $2\sqrt{A}$  (۲) $\sqrt{A}$  (۱)

۲۰) دیودهای نورگسیل A و B مطابق شکل روبرو در مدار قرار دارند. ولتاژ باتری چنان است که در شرایط مناسب قادر به روشن کردن دیودها هست و در ضمن آن‌ها را نمی‌سوزاند. کدام گزینه در مورد رفتار دیودها پس از وصل کردن کلید درست است؟ قبل از وصل کردن کلید، خازن‌ها خالی از بار الکتریکی هستند.

(۱) اول دیود B روشن می‌شود، سپس خاموش شده و دیود A روشن می‌شود.

(۲) اول دیود A روشن می‌شود، سپس خاموش شده و دیود B روشن می‌شود.

(۳) اول دیود B روشن می‌شود، سپس دیود A هم روشن می‌شود.

(۴) اول دیود A روشن می‌شود، سپس دیود B هم روشن می‌شود.



## کد دفترچه سوالات: ۲

۸

(۲۱) میانگین شدت نور خورشید در تابش عمودی به سطح زمین (انرژی تابش شده بر واحد سطح بر واحد زمان) برابر  $1400 \text{ W/m}^2$  است. این تابش عمدتاً در طول موج‌های نزدیک  $580 \text{ nm}$  صورت می‌گیرد. برای سهولت فرض می‌کنیم تمام تابش در همین طول موج باشد. سطح ماه به طور میانگین  $13/6$  درصد از فوتون‌های خورشیدی را منعکس می‌کند. تعداد فوتون‌های خورشیدی که در یک شب مهتابی کامل در یک ثانیه از سطح ماه به یک مترمربع از زمین بازتاب می‌شود از چه مرتبه بزرگی است؟ لازم به ذکر است که اگر یک عدد بین  $10^3$  و  $10^5$  باشد می‌گوییم مرتبه بزرگی آن  $10^4$  است. برخی کمیت‌های مرتبط در این جا ذکر می‌شود که ممکن است همه آن‌ها در حل مسئله به کار برده نشود.

حاصل ضرب ثابت پلانک در سرعت نور  $hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$

اندازه بار الکترون  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

شعاع خورشید  $6.957 \times 10^8 \text{ m}$

شعاع زمین  $6.371 \times 10^6 \text{ m}$

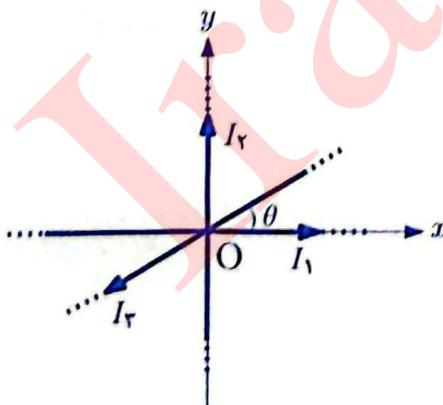
شعاع ماه  $1.737 \times 10^6 \text{ m}$

فاصله متوسط زمین تا خورشید  $1.496 \times 10^{11} \text{ m}$

فاصله متوسط زمین تا ماه  $3.844 \times 10^8 \text{ m}$

راهنمایی: برای محاسبه مرتبه بزرگی می‌توان اندازه کمیت‌ها را تا جای ممکن گرد کرد.

- (۱)  $10^{11} \text{ s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  (۲)  $10^{16} \text{ s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  (۳)  $10^{21} \text{ s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  (۴)  $10^{26} \text{ s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$



(۲۲) مطابق شکل سه سیم مستقیم بسیار طویل و نازک حامل

جریان در صفحه  $x-y$  واقع‌اند به طوری که  $I_1 = 1/0 \text{ A}$  و

$I_2 = 0/75 \text{ A}$ . محور  $z$  در نقطه  $O$  بر صفحه شکل عمود

است. مقادیر  $I_3$  و  $\tan \theta$  چقدر باشند تا میدان مغناطیسی ناشی

از جریان‌های گذرنده از سیم‌ها در تمام نقاط واقع بر محور  $z$  و

خارج از سیم‌ها صفر باشد؟ اندازه میدان مغناطیسی ناشی از

یک سیم مستقیم بسیار طویل حامل جریان  $I$  در نقطه‌ای به

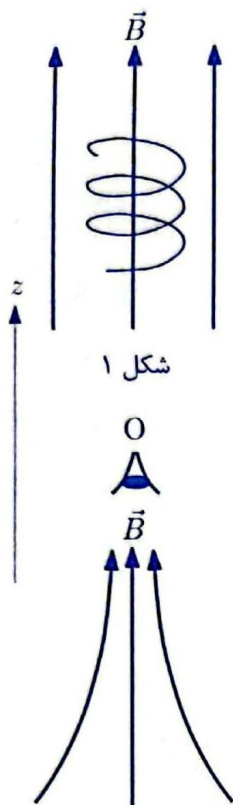
فاصله  $r$  از سیم  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$  است.

(۲)  $\tan \theta = 1/3$  و  $I_3 = 1/75 \text{ A}$

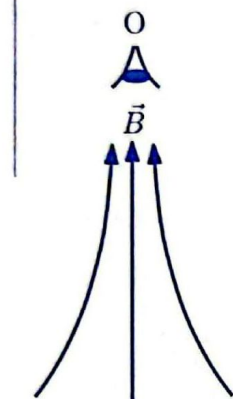
(۱)  $\tan \theta = 0/75$  و  $I_3 = 1/75 \text{ A}$

(۴)  $\tan \theta = 1/3$  و  $I_3 = 1/25 \text{ A}$

(۳)  $\tan \theta = 0/75$  و  $I_3 = 1/25 \text{ A}$



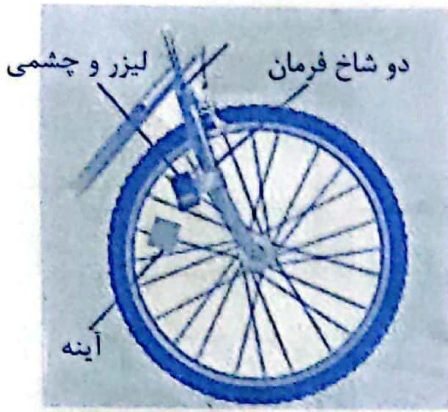
شکل ۱



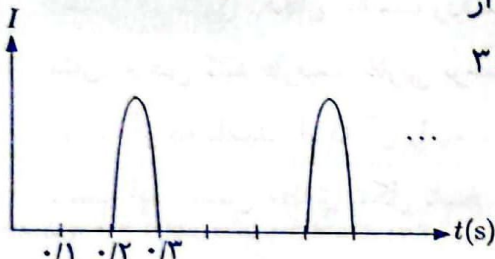
شکل ۲

(۲۳) یک ذره باردار در میدان مغناطیسی یکنواخت مطابق شکل ۱ حرکت مارپیچی دارد. اگر خطوط میدان در راستای محور  $z$  باشد، این حرکت ترکیبی از حرکت دایره‌ای در صفحه عمود بر محور  $z$  و حرکت انتقالی در امتداد محور  $z$  است. حال وضعیتی را در نظر بگیرید که میدان مغناطیسی یکنواخت نیست و خطوط میدان مطابق شکل ۲ در سمت  $z$  به آرامی به هم نزدیک می‌شوند. ناظر  $O$  مطابق شکل از بالا حرکت الکترونی در این میدان را مشاهده می‌کند. الکترون از ناحیه‌ای که میدان ضعیف‌تر است وارد میدان می‌شود و حرکتی تقریباً مارپیچی دارد. مؤلفه  $z$  سرعت الکترون،  $v_z$ ، در ابتدا مثبت یعنی حرکت در جهت  $z$  است. کدام گزینه درست است؟

- ۱) ناظر حرکت الکترون را پادساعتگرد می‌بیند و سرعت  $v_z$  الکترون کم می‌شود تا به صفر برسد و سپس برگردد.
- ۲) ناظر حرکت الکترون را ساعتگرد می‌بیند و سرعت  $v_z$  الکترون کم می‌شود تا به صفر برسد و سپس برگردد.
- ۳) ناظر حرکت الکترون را پادساعتگرد می‌بیند و سرعت  $v_z$  الکترون افزایش می‌یابد.
- ۴) ناظر حرکت الکترون را ساعتگرد می‌بیند و سرعت  $v_z$  الکترون افزایش می‌یابد.



شکل ۱



شکل ۲

۲۴) سرعت سنج یک دوچرخه مطابق شکل ۱ از یک منبع نور لیزر کوچک و یک چشمی تشکیل شده که کنار یکدیگر بر روی دو شاخ فرمان نصب شده‌اند. یک آینه کوچک بر روی یکی از پره‌ها نصب شده که هر بار که از جلوی لیزر عبور می‌کند نور آن را بر روی چشمی می‌اندازد و جریان کوچکی از مدار سرعت‌سنج عبور می‌کند. شکل ۲ جریان عبور کرده از مدار را نشان می‌دهد. اگر شعاع چرخ جلو دوچرخه ۳۰ cm باشد سرعت آن کدام گزینه است؟

۴/۷ m/s (۴)

۶/۳ m/s (۳)

۳/۸ m/s (۲)

۲/۷ m/s (۱)

## مسئله‌های کوتاه

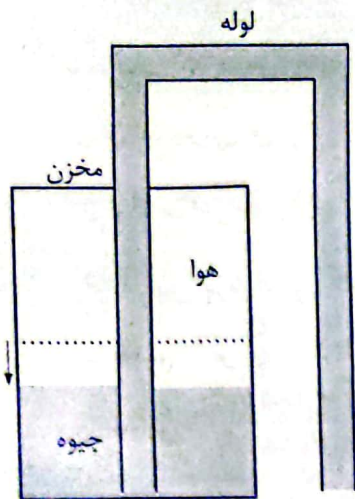
پیش از شروع به حل مسئله‌های کوتاه توضیح زیر را به دقت بخوانید. در این مسئله‌ها باید پاسخ را برحسب واحدهای مورد نظر (مثلاً میلی‌آمپر، متر، کیلوگرم، دقیقه و غیره) که در صورت مسئله خواسته شده، با دو رقم به دست آورید. سپس خانه‌های مربوط به رقم‌های این عدد را در پاسخ‌نامه سیاه کنید. توجه کنید که رقم یکان عدد در ستون یکان، و رقم دهگان در ستون دهگان علامت زده شود.

مثال: فرض کنید ظرفیت خازنی برحسب میکروفاراد خواسته شده باشد و شما عدد  $267 \mu F$  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.

دهگان	یکان
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9

## کد دفترچه سؤالات: ۲



(۱) مخزنی استوانه‌ای شکل به ارتفاع  $73/5$  cm (تقریباً  $30\sqrt{6}$  cm) در ابتدا تا نیمه پر از جیوه است و فشار هوای بالای آن با فشار جو برابر است. لوله‌ای به شکل  $\cap$  که پر از جیوه است از بالای مخزن عبور کرده و جیوه داخل آن به جیوه مخزن متصل شده است. اتصال لوله طوری است که هوای داخل مخزن کاملاً محبوس است. مقداری جیوه به آرامی از لوله بیرونی تخلیه می‌شود و سطح جیوه داخل مخزن پایین‌تر می‌رود. با فرض آن که دما ثابت است و فشار هوای بیرون  $75$  cmHg است معلوم کنید جیوه داخل مخزن چند سانتی‌متر پایین می‌رود؟

(۲) مخزنی از آب را در نظر بگیرید که با هوای آزاد در تماس است. به کمک یک پمپ مکشی می‌توان آب را در یک لوله قائم به سمت بالا کشید. فرض کنید انتهای پایینی لوله در آب مخزن فرو رفته و در بالا پمپ مکشی پس از تخلیه هوا و کاهش فشار، آب را به بالا کشیده است. هرگاه فشار در یک مایع کاهش یابد و از مقداری موسوم به فشار بخار اشباع، که تابع دمای محیط است، کمتر شود، مایع به جوش می‌آید. این پدیده باعث می‌شود ارتفاع بیشینه پمپاژ آب محدود باشد. به بیان دیگر اگر پمپ، فشار بالای لوله را از فشار بخار اشباع کمتر کند آب به جوش می‌آید و به جای آب، بخار آب تخلیه می‌شود.

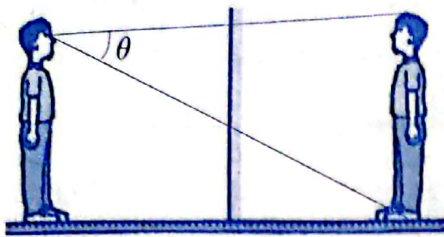
اگر در شهری فشار هوا  $98/1$  kPa باشد و پمپ مکشی حداکثر بتواند آب را تا  $9/77$  m بالا بکشد، فشار بخار اشباع آب در شرایط دمایی آن شهر چقدر است؟ جواب را به صورت  $P = a \times 10^2$  Pa در نظر بگیرید و مقدار  $a$  را در پاسخ‌نامه وارد کنید. شتاب گرانش را  $g = 9/81$  m/s<sup>2</sup> در نظر بگیرید.

(۳) فشار آب در کف یک دریاچه برابر  $981$  کیلو پاسکال است. در کف این دریاچه یک بالن هلیوم به حجم  $1/00$  لیتر وجود دارد که انتهای آن به زنجیر فولادی طولی بسته شده که هر  $21/0$  متر آن یک کیلوگرم جرم دارد و چگالی آن  $8000$  kg/m<sup>3</sup> است. اجازه می‌دهیم بالن از کف دریاچه به طور قائم بالا بیاید و بخشی از زنجیر را از کف دریاچه بلند کند. این بالن هلیوم چند متر از کف دریاچه بالا می‌آید؟

توجه کنید که در هر عمقی فشار هلیوم داخل بالن برابر فشار آب بیرون بالن است و در تمام مراحل بالا آمدن، دمای گاز هلیوم داخل بالن ثابت است. شتاب گرانش  $9/81$  m/s<sup>2</sup> و چگالی آب  $1000$  kg/m<sup>3</sup> است. از نیروی وزن بالن و هلیوم داخل آن چشم‌پوشی کنید.

۱۳

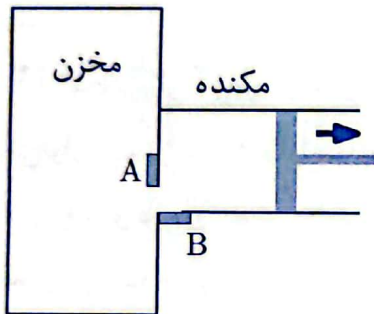
## کد دفترچه سوالات: ۲



۴) یک آینه تخت روی دیوار قائمی نصب شده است. شخصی که قدش  $160 \text{ cm}$  است و چشم‌هایش  $16 \text{ cm}$  پایین‌تر از نوک سرش قرار دارند در مقابل آینه ایستاده است و تصویر تمام قد خویش را در آینه می‌بیند.

زاویه بین پرتوهایی که از تصویر نوک سر و تصویر پایین پای شخص به چشم او می‌رسد را  $\theta$  می‌نامیم. اگر  $\tan \theta = \frac{5}{4}$  باشد، فاصله افقی شخص از آینه چند سانتی‌متر است؟

$$\text{راهنمایی: } \tan(\theta_1 + \theta_2) = \frac{\tan \theta_1 + \tan \theta_2}{1 - \tan \theta_1 \tan \theta_2}$$



۵) می‌خواهیم به کمک یک مکنده هوای داخل مخزنی به حجم  $10^2 \times 10^3 \text{ cm}^3$  را تخلیه کنیم. مطابق شکل، طرز کار مکنده طوری است که هر بار که پیستون به سمت راست حرکت می‌کند دریچه A باز و دریچه B بسته است. برعکس، وقتی پیستون به سمت چپ حرکت می‌کند دریچه A بسته و دریچه B باز است. حجم لوله مکنده وقتی پیستون تا انتهای سمت راست آمده باشد  $440 \text{ cm}^3$  است.

مکنده حداقل چند بار عمل تخلیه هوا را انجام دهد تا فشار هوای داخل مخزن از فشار اولیه  $10^5 \text{ atm}$  به فشاری کمتر از  $10^{-4} \times 10^5 \text{ atm}$  برسد؟ فرض کنید هوا گاز کامل است و  $\log(1/20) = 0.792$ .

۶) بر اثر زلزله امواج طولی (P) و عرضی (S) منتشر می‌شوند. سرعت انتشار این امواج با هم متفاوت است و به همین دلیل زمان رسیدن آن‌ها به یک دستگاه لرزه‌نگار فرق دارند. زلزله‌ای در نقطه O به وقوع پیوسته و امواج طولی و عرضی آن به دو لرزه‌نگار A و B رسیده است. لرزه‌نگار A اختلاف زمانی رسیدن این امواج را  $56 \text{ s}$  و لرزه‌نگار B اختلاف زمانی رسیدن این امواج را  $35 \text{ s}$  ثبت کرده‌اند. سرعت انتشار امواج طولی  $800 \text{ km/s}$  و سرعت انتشار امواج عرضی  $400 \text{ km/s}$  است. لرزه‌نگارهای A و B به فاصله  $360 \text{ km}$  از یکدیگر نصب شده‌اند. اگر زاویه OA با AB را  $\theta$  بنامیم،  $\cos \theta$  چقدر است؟

## کد دفترچه سوالات: ۲

۱۴

(۷) یک مخزن نفت استوانه‌ای شکل در منطقه‌ای قرار دارد که کمترین و بیشترین دمای آن در طول سال  $5/0^{\circ}\text{C}$  و  $45^{\circ}\text{C}$  است. اگر بخواهیم در سردترین زمان که شعاع قاعده مخزن  $5/0\text{ m}$  و ارتفاع مخزن  $14\text{ m}$  است مخزن را از نفت پر کنیم، حداقل چند سانتی‌متر از سر مخزن خالی باشد تا در گرم‌ترین زمان، نفت از مخزن سرریز نشود؟ ضریب انبساط طولی ورق آهنی که مخزن از آن ساخته شده  $\frac{1}{^{\circ}\text{C}} = 1/2 \times 10^{-5}$  و ضریب انبساط حجمی نفت  $\frac{1}{^{\circ}\text{C}} = 9/5 \times 10^{-4}$  است.

(۸) در مخلوطی از چند گاز، فشار هر یک از گازها را فشار جزئی می‌نامند که برای گاز کامل از رابطه  $P_i V = n_i RT$  تبعیت می‌کند. در این رابطه  $n_i$  و  $P_i$  به ترتیب تعداد مول‌ها و فشار جزئی گاز  $i$  ام است. فشار مخلوط، حاصل جمع فشارهای جزئی است. بخار اشباع بخاری است که در تعادل با مایع آن باشد. در این شرایط آهنگ تبدیل بخار به مایع با آهنگ تبدیل مایع به بخار برابر می‌شود. فشار بخار در این حالت فشار بخار اشباع نامیده می‌شود که به دمای بخار بستگی دارد.

رطوبت نسبی هوا عبارت است از نسبت چگالی بخار آب موجود در هوا به چگالی بخار اشباع شده در همان دما.

ظرفی به حجم  $200\text{ L}$  حاوی مخلوط بخار آب و هوا است. دمای مخلوط  $87/0^{\circ}\text{C}$  و رطوبت نسبی  $83/1$  درصد است. در این دما فشار بخار اشباع  $62/5\text{ kPa}$  است. اگر دما به  $27/0^{\circ}\text{C}$  کاهش یابد، که در آن چگالی بخار اشباع  $25/8\text{ g/m}^3$  است، چند گرم آب تولید می‌شود؟ بخار را گاز کامل بگیرید. جرم مولی آب  $M = 18/0\text{ g/mol}$  و ثابت جهانی گازها  $R = 8/31\text{ J/mol.K}$  است.