باسمه تعالی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت آموزش و پرورش

باشگاه دانش‌پژوهان جوان

مبارزهٔ علمی برای جوانان، زنده‌کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیّت‌هاست. «امام خمینی (ره)»

دفترچهٔ سؤالات مرحلهٔ اوّل سال ۱۴۰۳

سی و هشتمین دورهٔ المپیاد فیزیک

تعداد سؤالات		مدّت آزمون
چهارگزینه‌ای	مسئله کوتاه	
۳۰	۷	۲۴۰ دقیقه

نام: نام‌خانوادگی: شمارهٔ صندلی:

توضیحات مهم

استفاده از هرنوع ماشین‌حساب ممنوع است.

۱- بلافاصله پس از آغاز آزمون، تعداد سؤالات داخل دفترچه و همهٔ برگه‌های دفترچهٔ سؤالات را بررسی نمایید، در صورت هرگونه نقصی در دفترچه، در اسرع وقت مسوول جلسه را مطّلع کنید.

۲- یک برگ پاسخ‌برگ در اختیار شما قرار گرفته که مشخّصات شما بر روی آن نوشته شده است، در صورت نادرست بودن آن، در اسرع وقت مسوول جلسه را مطّلع کنید. ضمناً مشخّصات خواسته شده در پایین پاسخ‌برگ را با مداد مشکی بنویسید.

۳- برگهٔ پاسخ‌برگ توسط دستگاه تصحیح می‌شود، پس آن را تا نکنید و تمیز نگه دارید و پاسخ هر پرسش را با مداد مشکی نرم در محلّ مربوط علامت بزنید. لطفاً خانهٔ مورد نظر را کاملاً سیاه کنید.

۴- دفترچه سؤال باید همراه پاسخ‌برگ تحویل داده شود.

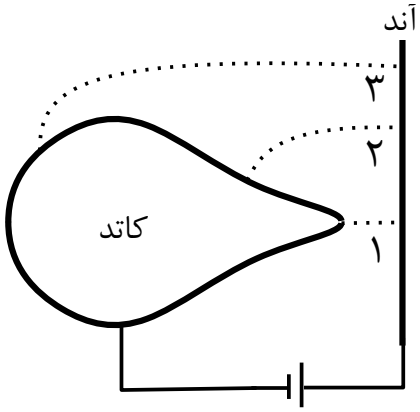
۵- در سؤال‌های چهارگزینه‌ای هر پاسخ درست ۳ نمرهٔ مثبت و هر پاسخ نادرست ۱ نمرهٔ منفی دارد. در مسئله‌های کوتاه، هر پاسخ درست ۵ نمرهٔ مثبت دارد و پاسخ نادرست نمرهٔ منفی ندارد.

۶- شرکت‌کنندگان در دورهٔ تابستانی از بین دانش‌آموزان پایه دهم و یازدهم انتخاب می‌شوند.

کلّیهٔ حقوق این سؤالات برای باشگاه دانش پژوهان جوان محفوظ است.

آدرس سایت اینترنتی: ysc.medu.gov.ir

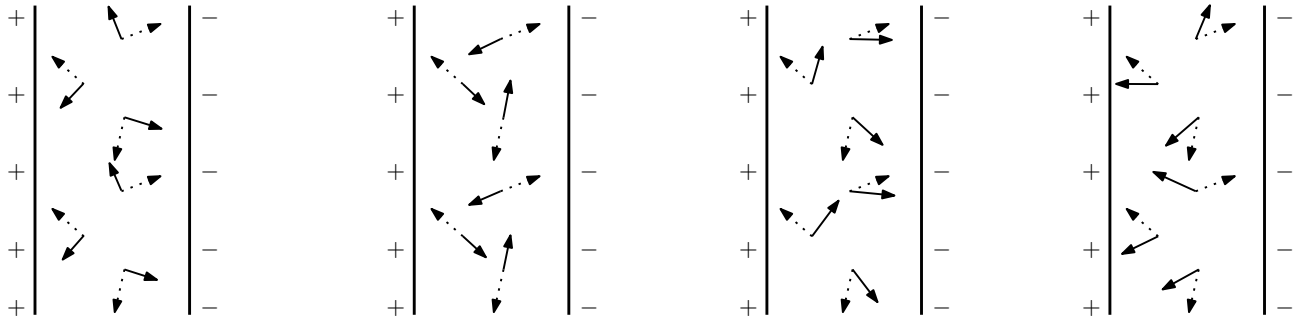
۱) در فرایند تخلیهٔ الکتریکی در خلاء، به واسطهٔ اختلاف پتانسیل معینی که بین کاتد و آند برقرار می‌شود، الکترون‌ها از کاتد کنده شده و به آند می‌رسند. کاتد و آند هر کدام رساناهای هم‌پتانسیلی هستند که به ترتیب به قطب‌های منفی و مثبت یک منبع با ولتاژ بالا وصل شده‌اند. با توجه به شکل، کدام گزینه در مورد سرعت الکترون‌هایی که به ترتیب از مسیرهای ۱، ۲ و ۳ به آند رسیده‌اند درست است؟



۱) $v_1 > v_2 > v_3$ **۲)** $v_1 = v_2 = v_3$ **۳)** $v_1 < v_2 < v_3$ **۴)** $v_2 > v_3 > v_1$

---

۲) در بین صفحات یک خازن نوعی دی‌الکتریک قرار داده‌ایم که مولکول‌های آن قطبی است. هر مولکول دوقطبی را با برداری که از مرکز بار منفی به مرکز بار مثبت وصل می‌شود نشان می‌دهیم. فرض کنید در شکل‌های زیر بردارهای خط‌چین، مولکول‌های قطبی قبل از آن که صفحات خازن بار داشته باشند را نشان دهند و بردارهای با خطوط سیاه نشان‌دهندهٔ مولکول‌ها بعد از گذاشتن بار روی صفحات خازن باشند. برای سهولت فرض کنید مولکول‌ها جابه‌جا نمی‌شوند و فقط می‌توانند سر جای خود بچرخند. کدام گزینه می‌تواند نشان‌دهندهٔ آرایهٔ مولکول‌ها بعد از گذاشتن بار روی صفحات خازن باشد؟



۱) الف **۲)** ب **۳)** ج **۴)** د

---

۳) چراغ‌های جلوی یک خودرو بعد از خاموش کردن خودرو (بر اثر اشتباه راننده و یا اختلال در سامانهٔ کنترل خودرو) روشن مانده‌اند. این امر در صورت ادامه باعث تخلیهٔ کامل باتری می‌شود. تصاویر روبه‌رو نوع باتری و لامپ‌های جلو را نشان می‌دهد. واحد Ah که روی باتری نوشته شده مخفف Amper-hour به معنی آمپر ـ ساعت است. فرض کنید باتری تا قبل از خاموش شدن خودرو کاملاً شارژ شده و در طی مدت تخلیه، ولتاژ ثابتی برقرار می‌کند. همچنین از انرژی تلف شده در چراغ‌های عقب و سایر قسمت‌های خودرو چشم بپوشید. با توجه به اطلاعات تصاویر، معلوم کنید راننده حداکثر چند ساعت فرصت دارد تا قبل از تخلیهٔ کامل باتری، چراغ‌ها را خاموش کند؟

۱) ۶٫۵ ۲) ۳٫۵ ۳) ۱۱ ۴) ۱۳

---

۴) چنانچه می‌دانید، هر گاه جسمی در داخل یک شاره سقوط کند پس از مدتی به سرعت ثابت حدی می‌رسد. پس از آن، شاره با آهنگ ثابتی انرژی مکانیکی جسم را تلف می‌کند و باعث گرم شدن جسم و محیط می‌شود. این آهنگ ثابت را توان اتلافی شاره می‌نامیم و با P_f نشان می‌دهیم. فرض کنید $P_f = a(P_g)^n$ که P_g توان انجام کار توسط نیروی گرانش بر روی جسم است. کدام گزینه در سرعت حدی درست است؟

۱) $P_f = a^{n-1}$ ۲) $P_f = a^{1-n}$ ۳) $P_f = a^{\frac{1}{1-n}}$ ۴) $P_f = a^{\frac{1}{n-1}}$

---

۵) دیواره‌های ظرف بسته‌ای عایق حرارت و غیر قابل جابه‌جایی هستند. این ظرف محتوی هوا و چند قطره آب است. فشار اولیهٔ ظرف کم است و تمام قطرات آب تبخیر می‌شوند. کدام گزینه در مورد کار انجام شده روی دستگاه متشکل از هوا، ظرف و آب درون آن و نیز تغییر انرژی داخلی این دستگاه در فرایند یاد شده درست است؟

۱) $W < ۰$ و $\Delta U < ۰$

۲) $W < ۰$ و $\Delta U = ۰$

۳) $W = ۰$ و $\Delta U = ۰$

۴) $W = ۰$ و $\Delta U < ۰$

---

۶) کدام یک از گزاره‌های زیر درست است؟

۱) پیچه‌ای در میدان مغناطیسی متغیر خارجی قرار دارد و در آن جریان القایی ایجاد می‌شود. میدان مغناطیسی ناشی از جریان القایی، در مرکز پیچه، ممکن است همسو با میدان خارجی باشد.

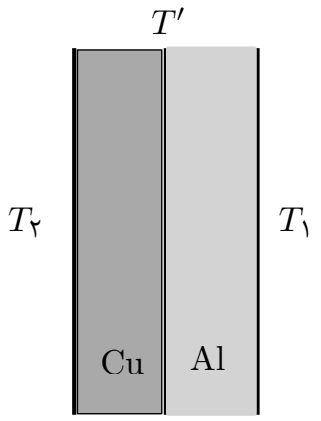
۲) یک حلقه رسانا در جایی که میدان مغناطیسی یکنواخت و ثابت برقرار است، می‌چرخد. تحت هر شرایطی در حلقه جریان القایی ایجاد می‌شود.

۳) الکترونی در میدان مغناطیسی حرکت می‌کند. تحت هر شرایطی میدان مغناطیسی به آن نیرو وارد می‌کند.

۴) میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقهٔ جریان یکنواخت و موازی محور حلقه است.

---

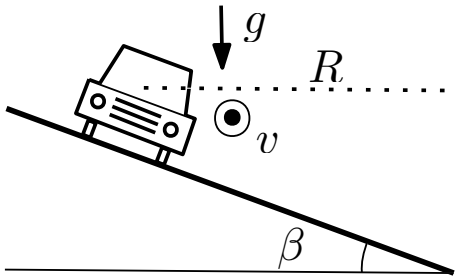
۷) در شکل روبه‌رو لایه‌هایی از مس و آلومینیوم به ضخامت‌های یکسان بین دو منبع گرمایی به دماهای $T_۲$ و $T_۱$ قرار گرفته‌اند و $T_۲ > T_۱$. در حالت پایا گرما از چپ به راست شارش می‌یابد و دمای همهٔ نقاط در طول زمان ثابت است. با توجه به آن که رسانایی گرمایی مس بیشتر از آلومینیوم است، کدام گزینه در مورد دمای سطح تماس دو لایه، T'، درست است؟



۱) $T' < \frac{T_۱ + T_۲}{۲}$ ۲) $T' = \frac{T_۱ + T_۲}{۲}$ ۳) $T' > \frac{T_۱ + T_۲}{۲}$ ۴) $T' = \frac{T_۲ - T_۱}{۲}$

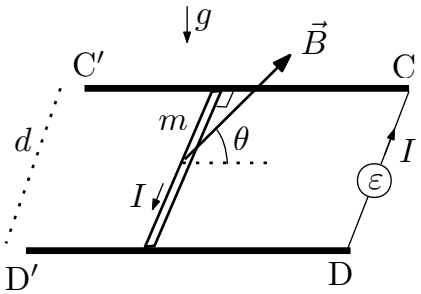
---

۸) شکل روبه‌رو مقطعی از یک جاده در سر یک پیچ را نشان می‌دهد که برای سهولت حرکت خودروها آن را با شیب عرضی به زاویهٔ شیب β ساخته‌اند. پیچ جاده را می‌توان قسمتی از یک دایره به شعاع R دانست. خودرویی که ابعاد آن از شعاع پیچ خیلی کوچکتر است با تندی v در این جاده حرکت می‌کند. ضریب اصطکاک ایستایی بین چرخ‌ها و جاده μ_s و شتاب گرانش g است. اگر سرعت خودرو از مقدار مشخصی بیشتر شود سُر می‌خورد. این مقدار بیشینه کدام گزینه است؟



۱) $\sqrt{Rg\left(\frac{\sin\beta + \mu_s\cos\beta}{\cos\beta - \mu_s\sin\beta}\right)}$ ۲) $\sqrt{Rg\left(\frac{\sin\beta - \mu_s\cos\beta}{\cos\beta + \mu_s\sin\beta}\right)}$

۳) $\sqrt{Rg\cos\beta(\sin\beta + \mu_s\cos\beta)}$ ۴) $\sqrt{Rg\cos\beta(\sin\beta - \mu_s\cos\beta)}$



۹) ریل‌های رسانای CC' و DD' به فاصلهٔ d از یکدیگر در صفحهٔ افقی قرار دارند. میله‌ای به جرم m و مقاومت الکتریکی معین، مطابق شکل روبه‌رو بر روی ریل‌ها می‌تواند جابه‌جا شود. مولد ε جریان ثابت I را در مدار برقرار می‌کند. میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ در صفحهٔ عمود بر میله قرار دارد و با امتداد موازی با ریل‌ها زاویهٔ θ می‌سازد. شتاب گرانش $\vec{g}$ و ضریب اصطکاک ایستایی میله با ریل‌ها μ_s است. اندازهٔ B چقدر باشد تا میله در آستانهٔ حرکت قرار گیرد؟

۱) $\dfrac{\mu_s mg}{Id(\cos\theta - \mu_s \sin\theta)}$

۲) $\dfrac{\mu_s mg}{Id(\cos\theta + \mu_s \sin\theta)}$

۳) $\dfrac{\mu_s mg}{Id(\sin\theta - \mu_s \cos\theta)}$

۴) $\dfrac{\mu_s mg}{Id(\sin\theta + \mu_s \cos\theta)}$

---

۱۰) عکس روبه‌رو توسط گوشی همراه از ماه در کنار دست عکاس گرفته شده است. می‌دانیم که قطر ماه تقریباً ۳۵۰۰ کیلومتر است. فرض کنید گوشی در کنار چشم عکاس است و دست وی کاملاً کشیده است. با استفاده از این عکس و حدس‌های مناسب تخمین بزنید نسبت فاصلهٔ زمین تا ماه به فاصلهٔ شمال تا جنوب ایران به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

۱) دویست ۲) ده هزار ۳) دویست هزار ۴) ده میلیون

---

۱۱) چنانچه می‌دانید نماد ${}^{A}_{Z}X_N$ معرف هسته‌ای است که تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آن به ترتیب Z و N و عدد جرمی آن A است. در یک مدل ساده رابطهٔ زیر را می‌توان برای جرم هسته پیشنهاد داد

$$m({}^{A}_{Z}X_N) = Zm_p + Nm_n + \alpha A + \beta A^{\frac{۲}{۳}} + \gamma(Z^{۲} - Z)A^{-\frac{۱}{۳}} + \frac{\lambda}{A}(Z-N)^{۲}$$

که در آن m_p و m_n به ترتیب جرم پروتون و نوترون و α، β، γ و λ ضرایب ثابتی هستند. هسته‌های ایزوبار به هسته‌هایی گفته می‌شود که عدد جرمی آن‌ها یکسان است. برای چند هستهٔ ایزوبار به عدد جرمی A، عدد اتمی (Z) کدام گزینه باشد تا انرژی بستگی بیشینه شود؟ (راهنمایی: کمیت‌های Z و N را متغیرهای پیوسته فرض کنید.)

۱) $\dfrac{۲\lambda + \gamma A^{\frac{۱}{۳}}}{۴\lambda A + ۲\gamma A^{\frac{۲}{۳}}}$

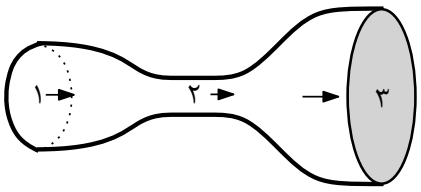
۲) $\dfrac{۲\lambda A + \gamma A^{\frac{۱}{۳}}}{۴\lambda + ۲\gamma A^{\frac{۱}{۳}}}$

۳) $\dfrac{۸\lambda A + \gamma A^{\frac{۲}{۳}}}{۴\lambda A + ۲\gamma A^{\frac{۱}{۳}}}$

۴) $\dfrac{۴\lambda A + \gamma A^{\frac{۲}{۳}}}{۸\lambda + ۲\gamma A^{\frac{۲}{۳}}}$

---

۱۲) شاره‌ای آرمانی در یک لولهٔ افقی بدون اصطکاک در جریان است. سطح مقطع لوله متغیر است، به طوری که مطابق شکل روبه‌رو $A_۲ < A_۱ < A_۳$. در تمام قسمت‌ها شاره کاملاً لوله را پر کرده است. فشار و سرعت در منطقهٔ ۱ را با $P_۱$ و $v_۱$ نشان می‌دهیم و به همین ترتیب برای مناطق بعدی نام‌گذاری می‌کنیم. کدام گزینه درست است؟



۱) $A_۱v_۱ = A_۲v_۲ = A_۳v_۳$

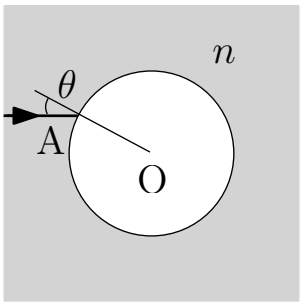
۲) $v_۲ < v_۱ < v_۳$

۳) $P_۱v_۱ = P_۲v_۲ = P_۳v_۳$

۴) $P_۲ > P_۱ > P_۳$

---

۱۳) در شکل روبرو حبابی کروی محتوی هوا به ضریب شکست ۱ در داخل محیط شفافی به ضریب شکست n نشان داده شده است. پرتو نوری که در داخل محیط شفاف به نقطهٔ A تابیده با راستای شعاع در آن نقطه زاویهٔ θ می‌سازد. اگر امتداد پرتو خروجی از حباب بر پرتو فرودی عمود باشد، کدام گزینه درست است؟



۱) $\cot\theta = \sqrt{۲}n + ۱$

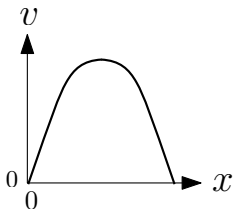
۲) $\cot\theta = n + \sqrt{۲}$

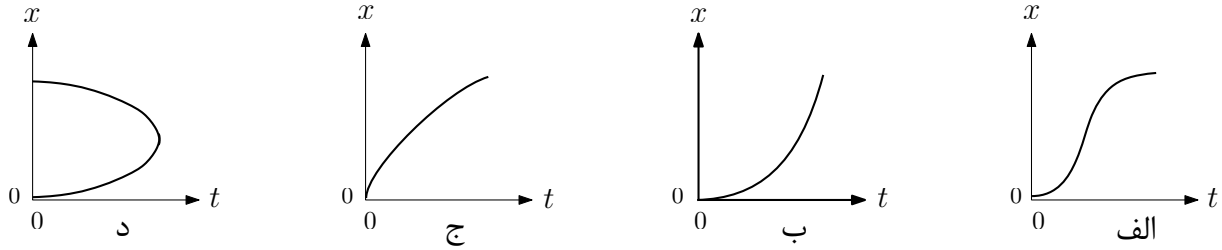
۳) $\cot\theta = \sqrt{۲}n - ۱$

۴) $\cot\theta = n - \sqrt{۲}$

---

۱۴) نمودار سرعت ـ مکان متحرکی به شکل روبه‌رو است. متحرک در لحظهٔ $t = ۰$ در نقطهٔ $x = ۰$ بوده است. کدام گزینه می‌تواند نشان‌دهندهٔ نمودار مکان ـ زمان متحرک در کل این حرکت باشد؟

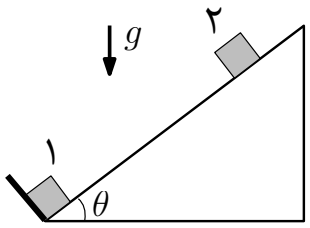




۱) الف ۲) ب ۳) ج ۴) د

---

۱۵) در شکل مقابل جرم دو جسم ۱ و ۲ یکسان است و هر دو بار الکتریکی $+q$ دارند. جسم ۱ در پایین سطح شیب‌دار ساکن نگه داشته شده و جسم ۲ در فاصلهٔ معینی از جسم ۱ روی سطح شیب‌دار ساکن است. ضریب اصطکاک ایستایی جسم ۲ با سطح شیب‌دار μ_s و زاویهٔ شیب θ است.



برای آن که جسم ۲ ساکن بماند باید بار الکتریکی q بین مقدار کمینهٔ (غیر صفر) $q_{\min}$ و مقدار بیشینهٔ $q_{\max}$ باشد. نسبت $q_{\max}/q_{\min}$ کدام گزینه است؟

۱) $\sqrt{\dfrac{\tan\theta+\mu_s}{\tan\theta-\mu_s}}$

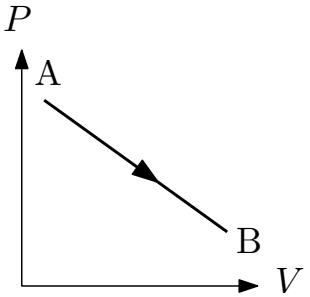
۲) $\sqrt{\dfrac{(1-\mu_s\tan\theta)(\tan\theta+\mu_s)}{(1+\mu_s\tan\theta)(\tan\theta-\mu_s)}}$

۳) $\sqrt{\dfrac{\tan\theta-\mu_s}{\tan\theta+\mu_s}}$

۴) $\sqrt{\dfrac{(1+\mu_s\tan\theta)(\tan\theta-\mu_s)}{(1-\mu_s\tan\theta)(\tan\theta+\mu_s)}}$

---

۱۶) یک مول گاز آرمانی در یک تحول ترمودینامیکی از حالت A در نمودار $P-V$ شکل مقابل به حالت B می‌رود به طوری که مسیر تحول با رابطهٔ $P=-aV+b$ داده می‌شود. ضرایب ثابت a و b در این رابطه مثبت هستند.

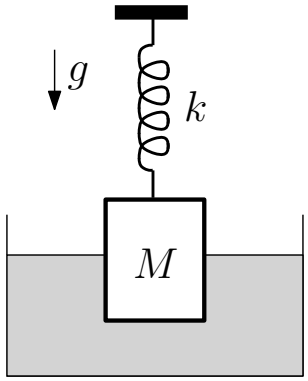


شرط لازم و کافی برای این که در این فرایند دما همواره کاهشی باشد کدام گزینه است؟

۱) $V_{\rm A}\geq\dfrac{b}{4a}$ ۲) $V_{\rm A}\geq\dfrac{b}{2a}$ ۳) $V_{\rm B}\geq\dfrac{b}{4a}$ ۴) $V_{\rm B}\geq\dfrac{b}{2a}$

---

۱۷) در شکل روبه‌رو استوانه‌ای به جرم M و حجم V از بالا از فنری با ثابت k آویزان است و از پایین نیمی از آن در مایعی با چگالی ρ فرو رفته است. در این حالت طول فنر به اندازهٔ d از طول عادی آن بیشتر است. حال جرم m را بر روی استوانه می‌گذاریم تا این بار $\frac{۲}{۳}$ آن در مایع فرو رود و بازشدگی فنر d' شود. جرم m بر حسب کمیت $y = \frac{d'}{d}$ و سایر داده‌های مسئله کدام گزینه است؟



۱) $M(y-۱) + \frac{\rho V}{۲}\left(\frac{۴}{۳} - y\right)$

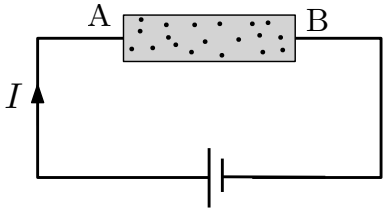
۲) $M\left(\frac{۱-y}{y}\right) + \frac{\rho V}{۲}\left(\frac{۳-۴y}{۳y}\right)$

۳) $M(y-۱) + \frac{\rho V}{۲}\left(\frac{۲}{۳} - y\right)$

۴) $M\left(\frac{۱-y}{y}\right) + \frac{\rho V}{۲}\left(\frac{۳-۲y}{۳y}\right)$

---

۱۸) بر اثر حل شدن نمک طعام در آب یون‌های Na^+ و Cl^- می‌توانند آزادانه در محلول حرکت کنند. لولهٔ باریک AB در شکل روبه‌رو محتوی محلول آب نمک است. دو میلهٔ رسانا که به قطب‌های یک باتری متصل‌اند در دو سر این لوله جای گرفته‌اند.



فرض کنید در داخل لوله و دور از میله‌های رسانای دو سر آن، تعداد یون‌های Na^+ و Cl^- در واحد حجم با هم برابر باشند. اگر اندازهٔ سرعت یون‌های سدیم و کلر در این منطقه به ترتیب v_{Na} و v_{Cl} باشد، جریان I با کدام گزینه متناسب است؟

۱) $\frac{v_{Na} v_{Cl}}{v_{Na} + v_{Cl}}$

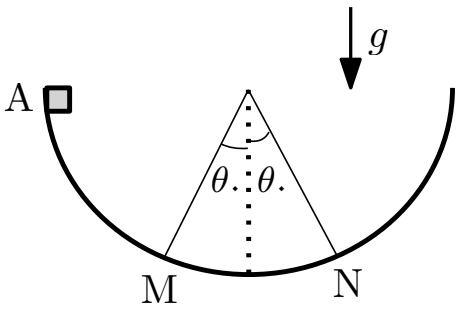
۲) $\sqrt{v_{Na}^۲ + v_{Cl}^۲}$

۳) $|v_{Na} - v_{Cl}|$

۴) $v_{Na} + v_{Cl}$

---

۱۹) یک ترن هوایی شهر بازی در بخشی از حرکت خود از حال سکون از نقطهٔ A شکل مقابل در مسیری نیم‌دایره به پایین حرکت می‌کند. در طی مسیر نیروی ترمزی ثابت F در خلاف جهت حرکت ترن به آن وارد می‌شود و آن را در نقطه‌ای بر روی کمان MN متوقف می‌کند.



این فرایند در همان حرکت اول رخ می‌دهد و ترن رفت و برگشت ندارد. کمان MN مقابل زاویهٔ $۲\theta_{\circ}$ است. شتاب گرانش g است. کدام گزینه در مورد نسبت F/mg درست است؟

۱) $\frac{۱-\cos\theta_{\circ}}{\pi/۲+\theta_{\circ}} < \frac{F}{mg} < \frac{۱-\cos\theta_{\circ}}{\pi/۲-\theta_{\circ}}$

۲) $\frac{\cos\theta_{\circ}}{\pi/۲+\theta_{\circ}} < \frac{F}{mg} < \frac{\cos\theta_{\circ}}{\pi/۲-\theta_{\circ}}$

۳) $\frac{۱}{\pi/۲+\theta_{\circ}} < \frac{F}{mg} < \frac{۱}{\pi/۲-\theta_{\circ}}$

۴) $\frac{۲}{\pi} - \frac{\sin\theta_{\circ}}{\pi/۲-\theta_{\circ}} < \frac{F}{mg} < \frac{۲}{\pi} + \frac{\sin\theta_{\circ}}{\pi/۲-\theta_{\circ}}$

---

۲۰) در کشوری گرمسیر محل عبور عابر پیاده را با خطوط موازی در عرض خیابان نشان می‌دهند. شکل زیر که از عرض خیابان، یعنی از زاویهٔ دید عابران، گرفته شده نشان می‌دهد که بر اثر حرکت اتوبوس‌های سنگین در نزدیکی یک ایستگاه، خطوط تغییر شکل داده‌اند. با توجه به این شکل معین کنید چه نوع حرکتی می‌تواند باعث این تغییر شکل باشد؟

۱) حرکت یکنواخت به سمت راست تصویر

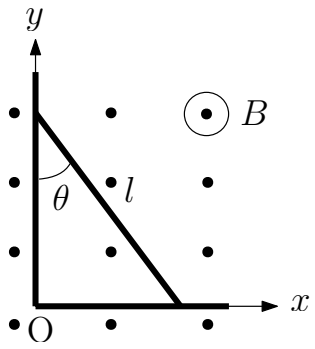
۲) حرکت کندشونده به سمت چپ تصویر

۳) حرکت تندشونده به سمت چپ تصویر

۴) حرکت تندشونده به سمت راست تصویر

---

۲۱) میله‌ای رسانا به طول l مطابق شکل روبه‌رو به دو میلهٔ ثابت و رسانا که بر محورهای x و y قرار دارند، تکیه دارد و همواره با آن‌ها در تماس می‌ماند. دستگاه در صفحه‌ای افقی قرار دارد که میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ بر آن عمود است. هنگامی که میله با محور y زاویهٔ θ دارد، در بازهٔ زمانی بسیار کوچک Δt زاویهٔ θ به مقدار بسیار کوچک $\Delta\theta$ اضافه می‌شود.



اندازهٔ نیروی محرکهٔ متوسط القایی ایجاد شده در مدار طی این مدت کدام گزینه است؟

راهنمایی: $\Delta(\sin ۲\theta) \approx ۲(\cos ۲\theta)\Delta\theta$ و $\Delta(\cos ۲\theta) \approx -۲(\sin ۲\theta)\Delta\theta$.

۱) $\left|\frac{Bl^۲}{۴}\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\cos ۲\theta\right|$

۲) $\left|\frac{Bl^۲}{۴}\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\sin ۲\theta\right|$

۳) $\left|\frac{Bl^۲}{۲}\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\cos ۲\theta\right|$

۴) $\left|\frac{Bl^۲}{۲}\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\sin ۲\theta\right|$

---

۲۲) دانشمندی برای شوخی از نمادهای نامعمول برای نشان دادن کمیت‌های فیزیکی استفاده می‌کند. مثلاً از علامت $\diamondsuit$ برای نشان دادن نیرو و از علامت $\natural$ برای نشان دادن کمیتی از جنس سرعت استفاده می‌کند. در نوشته‌های او هر گاه نمادها دنبال هم بیایند در هم ضرب شده‌اند و علامت‌های $+$ و $=$ معنای معمول خود را دارند. در نوشته‌ای از این دانشمند معادلهٔ زیر آمده است

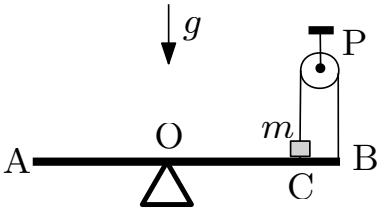
$$\diamondsuit\flat + \flat\flat\natural = *$$

یکای کمیتی که در معادلهٔ فوق با علامت $*$ نشان داده شده در دستگاه SI کدام گزینه است؟

۱) $\mathrm{kg.m^۲/s^۳}$ ۲) $\mathrm{kg^۲.m/s^۳}$ ۳) $\mathrm{kg.m/s^۲}$ ۴) بدون یکا

---

۲۳) در شکل مقابل اهرم AB میله‌ای یکنواخت به جرم M است که در نقطهٔ O بر روی تکیه‌گاه قرار دارد. جرم نقطه‌ای m نیز در نقطهٔ C با اهرم در تماس است و به کمک یک نخ بدون جرم از قرقرهٔ ثابت P آویخته است. نخ در سمت دیگر به نقطهٔ انتهایی B اهرم متصل است. از جرم قرقره و اصطکاک در محور آن چشم بپوشید. می‌دانیم که نیروی وزن یک میلهٔ یکنواخت به طور مؤثر بر نقطهٔ وسط آن اثر می‌کند. پیکربندی دستگاه طوری است که $\mathrm{AO} = \mathrm{OC} = ۳\mathrm{CB}$ و در این حالت اهرم افقی است. نیروی کشش نخ کدام گزینه است؟



۱) $\frac{M+۶m}{۱۴}g$ ۲) $\frac{M+۳m}{۱۴}g$ ۳) $\frac{M+۶m}{۴}g$ ۴) $\frac{M+۳m}{۴}g$

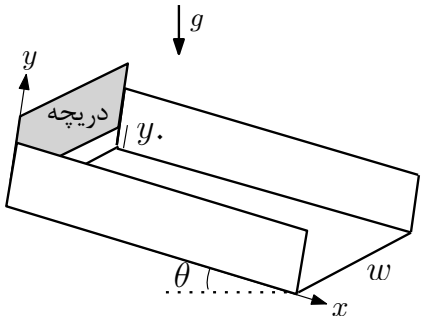
---

۲۴) فشار پیمانه‌ای آب (افزونی فشار نسبت به فشار هوا) در لوله‌های شبکهٔ آبرسانی شهر اصفهان، در یک محل خاص، ۲ bar است. چگالی آب را $۱۰۰۰\ \mathrm{kg/m^۳}$ و شتاب گرانش را $۹/۸\ \mathrm{m/s^۲}$ بگیرید. اگر ارتفاع هر طبقهٔ ساختمان در یک برج مسکونی ۳ m باشد، آب شهری حداکثر چند طبقه از سطح زمین بالا می‌رود؟ یادآوری می‌شود $۱\ \mathrm{bar} = ۱۰^۵\ \mathrm{Pa}$.

۱) ۴ ۲) ۶ ۳) ۸ ۴) ۱۰

---

۲۵) مقطع یک کانال آب، مستطیلی به عرض w است. این کانال، بر روی سطح شیب‌داری به زاویهٔ شیب θ آب را به پایین منتقل می‌کند. دریچه‌ای که مطابق شکل عمود بر امتداد شیب کانال (محور x) است، می‌تواند مسیر آب را ببندد. فرض کنید این دریچه به اندازهٔ $y_\circ$ که از طول کانال بسیار کوچکتر است باز شده و آب با سرعت $v_\circ$ از زیر آن جاری است.



در هر نقطهٔ دلخواه از کانال مقطع آب در سطح عمود بر امتداد سرعت، مستطیلی به عرض w و ارتفاع y است که در ابتدای کانال همان $y_\circ$ است. سطح کانال را بدون اصطکاک فرض کنید به طوری که در یک x معین، سرعت آب در تمام مقطع عمود بر محور x یکسان باشد. مقدار y پس از آن که آب طول l را در امتداد کانال طی کرد، کدام گزینه است؟

۱) $\dfrac{y_\circ(v_\circ^2 + 2gl\sin\theta)}{v_\circ^2}$

۲) $\dfrac{y_\circ\sqrt{v_\circ^2 + 2gl\sin\theta}}{v_\circ}$

۳) $\dfrac{y_\circ v_\circ^2}{v_\circ^2 + 2gl\sin\theta}$

۴) $\dfrac{y_\circ v_\circ}{\sqrt{v_\circ^2 + 2gl\sin\theta}}$

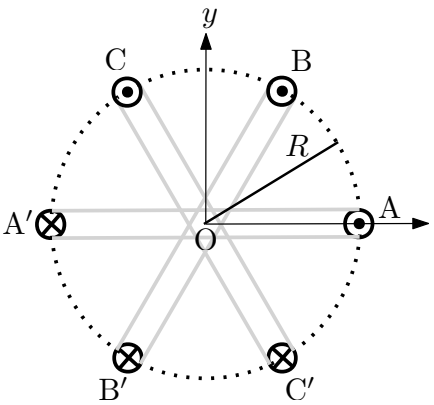
---

۲۶) با حدس‌های مناسب تخمین بزنید تعداد دانه‌های برنج پخته شده (پلو) که کل ایرانی‌ها در یک سال می‌خورند به کدام گزینه نزدیک‌تر است. فرض کنید هر ایرانی به طور میانگین روزانه در یک وعدهٔ غذایی برنج مصرف می‌کند.

۱) 10^{16} ۲) 10^{14} ۳) 10^{11} ۴) 10^{9}

---

۲۷) سه حلقه به شعاع R هر کدام حامل جریان I هستند. حلقه‌ها از سیم‌های نازک با روکش نارسانا ساخته شده‌اند. فرض کنید این سه حلقه بر روی کره‌ای نامرئی به شعاع R قرار گرفته‌اند و مرکز آن‌ها بر مرکز کره منطبق است. شکل مقابل برشی از این دستگاه را نشان می‌دهد. صفحات حلقه‌ها بر صفحهٔ شکل عمود هستند و با یکدیگر زاویهٔ ۶۰° می‌سازند.



نخستین حلقه در نقاط A و A′ صفحهٔ شکل را قطع کرده است به طوری که جریان از نقطهٔ A از صفحهٔ شکل بیرون می‌آید و در نقطهٔ A′ داخل می‌شود. به همین ترتیب حلقهٔ بعدی در نقاط B و B′ و حلقهٔ سوم در نقاط C و C′ صفحهٔ شکل را قطع کرده‌اند. اگر $B_\circ = \frac{\mu_\circ I}{۲R}$ اندازهٔ میدان مغناطیسی حلقه در مرکز آن باشد (که در آن $\mu_\circ$ ضریب تراوایی مغناطیسی خلاء است)، میدان برایند سه حلقه در نقطهٔ O کدام گزینه است؟

۱) $-B_\circ(\hat{\mathbf{i}} + \sqrt{۳}\hat{\mathbf{j}})$

۲) $B_\circ(-\sqrt{۳}\hat{\mathbf{i}} + \hat{\mathbf{j}})$

۳) $B_\circ(\hat{\mathbf{i}} + \sqrt{۳}\hat{\mathbf{j}})$

۴) $B_\circ(\sqrt{۳}\hat{\mathbf{i}} - \hat{\mathbf{j}})$

---

۲۸) در حرکت دایره‌ای یکنواخت نسبت اندازهٔ شتاب متوسط در یک سوم دورهٔ تناوب به اندازهٔ شتاب مرکزگرا کدام گزینه است؟

۱) $\frac{۳}{۲\pi}$

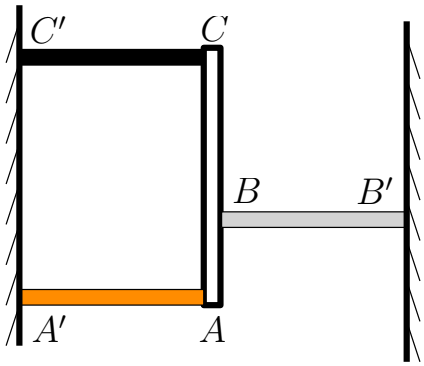
۲) $\frac{\sqrt{۳}}{۲\pi}$

۳) $\frac{۲\sqrt{۳}}{۲\pi}$

۴) $\frac{۳\sqrt{۳}}{۲\pi}$

---

۲۹) سه میلهٔ افقی AA'، BB' و CC' در شکل مقابل دارای طول‌های برابر و به ترتیب ضرایب انبساط طولی $\alpha_۱$، $\alpha_۲$ و $\alpha_۳$ هستند. این سه میله همواره بر دیوارها عمودند و از سمت نقاط A، B و C به میلهٔ ABC تکیه دارند، به طوری که $BC = ۲AB$. میلهٔ ABC از جنس بسیار نرمی ساخته شده که به راحتی ممکن است خمیده شود. تمام میله‌ها در یک صفحهٔ افقی قرار دارند.



ضرایب $\alpha_۱$، $\alpha_۲$ و $\alpha_۳$ هیچ‌کدام صفر نیستند اما ممکن است مثبت یا منفی باشند. رابطهٔ بین این ضرایب چه باشد تا بر اثر تغییرات دما میلهٔ ABC همواره خط راست باقی بماند.

۱) $\alpha_۱ + ۳\alpha_۲ + ۲\alpha_۳ = ۰$

۲) $۳\alpha_۱ + ۲\alpha_۲ + \alpha_۳ = ۰$

۳) $\alpha_۱ + ۲\alpha_۲ + ۳\alpha_۳ = ۰$

۴) $۲\alpha_۱ + ۳\alpha_۲ + \alpha_۳ = ۰$

---

۳۰) یک بالن در نزدیکی سطح زمین معلق است. بالن کاملاً بسته است و گازی به آن وارد یا از آن خارج نمی‌شود. برای بالا بردن بالن، گاز درون آن را گرم می‌کنیم تا حجم آن ۱۰ درصد مقدار اولیه‌اش افزایش یابد. چگالی هوای بیرون بالن در محل اول $\rho_۱$ و در محل بعدی $\rho_۲$ است. از حجم سبد آویخته از بالن و چیزهای داخل آن چشم می‌پوشیم و فرض می‌کنیم در هر دو محل دستگاه در حالت تعادل است. نسبت $\frac{\rho_۲}{\rho_۱}$ کدام گزینه است؟

۱) $\frac{۹}{۱۰}$

۲) $\frac{۱۰}{۱۱}$

۳) $\frac{۱۰}{۹}$

۴) $\frac{۱۱}{۱۰}$

>

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 $۲۶/۷\,\mu F$ 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.

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

۱) در یک نیروگاه هسته‌ای سالانه ۱۸۲۵ کیلوگرم اورانیوم ۲۳۵ شکافت پیدا می‌کند. توان خروجی میانگین این نیروگاه ۱۲۰۰ مگاوات است. در فرایند شکافت هر هستهٔ اورانیوم ۲۳۵ به مقدار $200\ \mathrm{MeV}$ انرژی آزاد می‌شود. بار الکتریکی الکترون $e = 1/6 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}$ و عدد آووگادرو $N_A = 6/0 \times 10^{23}$ است. بازده این نیروگاه چند **درصد** است؟

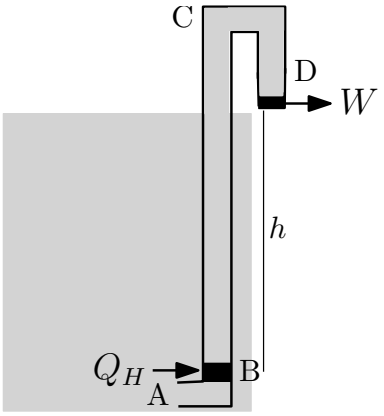
---

۲) لوله‌ای باریک و دراز که انتهای پایین آن بسته است، به سطح مقطع ثابت $0/4\ \mathrm{cm}^2$، به طور قائم قرار دارد. در این لوله ابتدا $10\ \mathrm{cm}^3$ روغن به چگالی $850\ \mathrm{kg/m}^3$ می‌ریزیم. سپس به آرامی همین حجم آب روی آن اضافه می‌کنیم. این دستگاه در نوعی حالت تعادل شبه‌پایدار قرار می‌گیرد، به این معنی که اگر لرزش قابل توجهی نداشته باشد در همین حالت می‌ماند. حال فرض کنید بر اثر یک حرکت کوچک دستگاه، روغن به آرامی رو بیاید و آب به زیر رود. چگالی آب را $1000\ \mathrm{kg/m}^3$ و شتاب گرانش را $9/8\ \mathrm{m/s}^2$ بگیرید. در این فرایند مقدار انرژی مکانیکی کاهش یافته به صورت $\alpha \times 10^{-4}\ \mathrm{J}$ است. عدد α را در پاسخ‌نامه وارد کنید.

راهنمایی: برای محاسبهٔ انرژی پتانسیل گرانشی یک استوانهٔ همگن می‌توان کل جرم آن را در مرکز آن فرض کرد.

---

۳) در یک یخچال نسبت مقدار گرمای گرفته شده از منبع سرد به کار انجام شده در هر چرخه را ضریب عملکرد یخچال می‌نامند. یک سردخانهٔ میوه و تره‌بار اتاق بسته‌ای به ابعاد $۳/۰\ \mathrm{m} \times ۴/۰\ \mathrm{m} \times ۳/۰\ \mathrm{m}$ با دیواره‌های عایق گرما است که توسط یک یخچال با توان موتور $۲۳۰۰\ \mathrm{W}$ و ضریب عملکرد ۳ سردسازی می‌شود. برای این یخچال سردخانه منبع سرد و هوای بیرون منبع گرم است. هوای داخل سردخانه را هوای خشک با گرمای ویژهٔ $۷۲۰\ \mathrm{J/kg.K}$ و چگالی $۱/۲۰\ \mathrm{kg/m^3}$ بگیرید. یخچال چند **ثانیه** کار کند تا دمای سردخانه را از $۲۰\ ^\circ\mathrm{C}$ به $۵\ ^\circ\mathrm{C}$ برساند؟



۴) در شکل مقابل طرح‌وارهٔ یک ماشین گرمایی نشان داده شده است. در این ماشین لولهٔ عایق ABCD از پایین‌ترین نقطهٔ دریاچه‌ای به عمق h تا کمی بالای دریاچه کشیده شده است. آب دریاچه از نقطهٔ A وارد لوله می‌شود و در نقطهٔ B (مثلاً با استفاده از یک گرم‌کن الکتریکی) به آن گرمای Q_H می‌دهیم تا دمای آن به اندازهٔ ΔT بالاتر رود.

آب منبسط شده و در لوله بالا می‌رود تا به نقطهٔ C بالاتر از سطح دریاچه برسد. سپس مسیر CD را طی کرده و از آنجا سرریز می‌شود. یک پرهٔ مکانیکی در زیر خروجی D قرار می‌دهیم تا انرژی اضافه‌ای که آب به لحاظ بالاتر رفتن از سطح آزاد دریاچه به دست آورده تماماً به کار W بر روی پره تبدیل شود. ضریب انبساط حجمی آب را مقدار ثابت β و گرمای ویژهٔ آن را c بگیرید. از انبساط لوله چشم بپوشید. با استفاده از داده‌های زیر

$$h = ۱۰۰\ \mathrm{m}, \quad g = ۹/۸\ \mathrm{m/s^2}, \quad \beta = ۲/۸ \times ۱۰^{-۴}\ \mathrm{K^{-۱}},$$
$$c = ۴۲۰۰\ \mathrm{J/kg.K}, \quad T_\circ = ۳۰۰\ \mathrm{K}, \quad \Delta T = ۵/۰\ \mathrm{K}$$

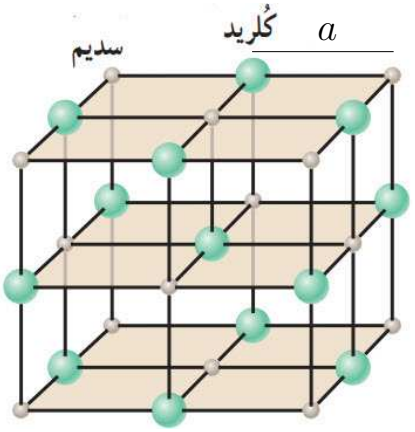
بازده این ماشین، η، را حساب کنید و مقدار عددی $\eta\ ^{۱۰^۶}$ را در پاسخ‌نامه وارد کنید.

---

۵) شخصی در حال قدم زدن مسافت مستقیم بین آنتن‌های A و B که امواج تلفن همراه گسیل می‌کنند را طی می‌کند. در نزدیکی فرستندهٔ A، به تدریج که شخص از فرستندهٔ A دور می‌شود آنتن‌دهی ضعیف‌تر می‌شود و از جایی به بعد با نزدیک شدن به فرستندهٔ B آنتن‌دهی بهتر می‌شود. توان دریافتی از هر فرستنده با رابطهٔ $P = \alpha \frac{P_s}{r^۲}$ داده می‌شود که P_s توان کل ارسال شده در محل فرستنده، r فاصله از فرستنده و α یک ثابت است. توان ارسالی P_s برای فرستندهٔ B هشت برابر توان ارسالی P_s برای فرستندهٔ A است. فرض کنید توان دریافت شده توسط گوشی مجموع توان‌های دریافت شده از دو فرستنده باشد. همچنین فرض کنید ارتفاع فرستنده‌ها از سطح زمین در مقایسه با فواصل افقی قابل چشم‌پوشی باشد. در نقطه‌ای که آنتن‌دهی از همه جا ضعیف‌تر است، توان دریافتی از فرستندهٔ A چند **درصد** توان کل دریافتی توسط گیرنده است؟

---

۶) در یک بلور خالص نمک طعام یون‌های کلرید و سدیم مطابق شکل روبه‌رو در گوشه‌های مکعب‌هایی به ضلع a قرار دارند. چگالی نمک بلوری $۲/۲\ \mathrm{g/cm^۳}$ و جرم مولی آن $۵۸/۵\ \mathrm{g/mol}$ است. عدد آووگادرو برابر $۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\ \mathrm{1/mol}$ است. اگر حجم مکعبی به ضلع a به صورت $a^۳ = \beta \times ۱۰^{-۳۰}\ \mathrm{m^۳}$ به دست آید، عدد β را در پاسخ‌نامه وارد کنید.



---

۷) در دستگاه شکل روبه‌رو جرم‌ها به ترتیب $m_۳ = ۰/۵۰\,\mathrm{kg}$، $m_۲ = ۱/۰۰\,\mathrm{kg}$ و $m_۱ = ۲/۰۰\,\mathrm{kg}$ و ضریب اصطکاک ایستایی بین همهٔ سطوح $\mu_s = ۰/۵۱$ است. جرم نخ و قرقره ناچیز است و قرقره در محور آن اصطکاک ندارد. F چند **نیوتن** باشد تا جرم‌های $m_۱$ و $m_۲$ در آستانهٔ حرکت قرار گیرند؟ $g = ۹/۸\,\mathrm{m/s^۲}$.