



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

دفترچه سؤالات مرحله اول سال ۱۴۰۴

سی و نهمین دوره المپیاد فیزیک

مدت آزمون	تعداد سؤالات	
	مسئله کوتاه	چهار گزینه ای
۲۱۰ دقیقه	۱۰	۲۴

شماره صندلی:

نام خانوادگی:

نام:

استفاده از هر نوع ماشین حساب ممنوع است.

توضیحات مهم

- ۱- بلافاصله پس از آغاز آزمون، تعداد سؤالات داخل دفترچه و همه برگه های دفترچه سؤالات را بررسی نمایید، در صورت هر گونه نقصی در دفترچه، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید.
- ۲- یک برگ پاسخ برگ 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. ضمناً مشخصات خواسته شده در پایین پاسخ برگ را با مداد مشکی بنویسید.
- ۳- برگه پاسخ برگ را دستگاه تصحیح می کند، 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.
- ۴- دفترچه سؤال باید همراه پاسخ برگ تحویل داده شود.
- ۵- در سؤال های چهار گزینه ای هر پاسخ درست ۳ نمره مثبت و هر پاسخ نادرست ۱ نمره منفی دارد. در مسئله های کوتاه، هر پاسخ درست ۶ نمره مثبت و پاسخ نادرست نمره منفی ندارد.
- ۶- شرکت کنندگان در دوره تابستانی از بین دانش آموزان دهم و یازدهم انتخاب می شوند.

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

ایرانفو - سایت جامع المپیاد فیزیک ایران

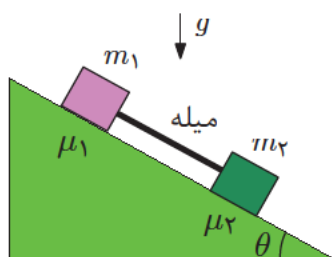
(۱) جسمی به جرم m از حال سکون از ارتفاع h بالای سطح زمین رها می‌شود و قبل از رسیدن به سطح زمین به تندی v می‌رسد. شتاب گرانش g است و جسم تحت تأثیر نیروی مقاومت هوا قرار دارد. در این فرایند انرژی داخلی جسم تا رسیدن به سطح زمین به اندازه ΔE_{int} تغییر می‌کند. کدام گزینه در باره کمیت $mgh - \frac{1}{2}mv^2 - \Delta E_{\text{int}}$ درست است؟

(۱) صفر است (۲) انرژی گرفته شده از هوای اطراف است

(۳) برابر ΔE_{int} است (۴) انرژی داده شده به هوای اطراف است

(۲) مرتبه بزرگی جرم تقریبی غذای سالانه مورد نیاز برای کل جمعیت کره زمین بر حسب کیلوگرم، در حدود کدام گزینه است؟ لازم به ذکر است که اگر یک عدد بین $10^n \times 3/0$ و $10^n \times 3$ باشد می‌گوییم مرتبه بزرگی آن 10^n است.

(۱) 10^8 kg (۲) 10^{10} kg (۳) 10^{13} kg (۴) 10^{15} kg



(۳) دستگاه شکل روبه‌رو از جرم‌های m_1 و m_2 تشکیل شده که توسط میله‌ای بدون جرم به یکدیگر متصل‌اند. دستگاه بر روی سطح شیب‌داری با زاویه شیب θ به طرف پایین حرکت می‌کند. ضریب اصطکاک جنبشی جرم‌ها با سطح شیب‌دار به ترتیب μ_1 و μ_2 و شتاب گرانش g است.

با فرض این که نیروی میله به هریک از جرم‌ها در امتداد میله است، برای حالتی که $\mu_2 > \mu_1$ باشد، اندازه و جهت نیرویی که میله به جرم m_1 وارد می‌کند کدام گزینه است؟

(۱) $\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (\mu_2 - \mu_1) g \cos \theta$ ، رو به بالا (۲) $\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (\mu_2 - \mu_1) g \cos \theta$ ، رو به پایین

(۳) $\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (\mu_2 - \mu_1) g \sin \theta$ ، رو به بالا (۴) $\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (\mu_2 - \mu_1) g \sin \theta$ ، رو به پایین

(۴) یک بخاری برقی وقتی به اختلاف پتانسیل ۲۲۰ ولت وصل شود با توان ۱۰۰۰ وات کار می‌کند. در این بخاری یک سیم گرماده یکنواخت به طول ۵۵/۰ cm به عنوان مقاومت الکتریکی به کار برده شده است. بر اثر اتصالی در بخشی از سیم، ۵/۰۰ cm از طول آن کم می‌شود. اگر در همین حال اختلاف پتانسیل اعمال شده را نیز به ۱۹۸ ولت کاهش دهیم، توان جدید بخاری کدام گزینه است؟ از تغییرات دما چشم‌پوشی شود.

۹۹۰ W (۴)

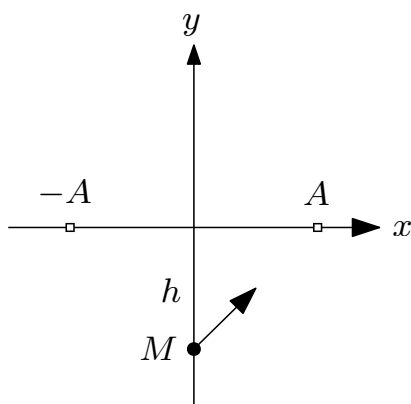
۸۹۱ W (۳)

۸۱۰ W (۲)

۷۳۶ W (۱)

(۵) کدام یک از گزاره‌های زیر غیر ممکن است؟

- (۱) در یک بازه زمانی متناهی و غیر صفر بردارهای سرعت و شتاب هر دو غیر صفر و ثابت هستند.
- (۲) در یک بازه زمانی متناهی و غیر صفر اندازه بردارهای سرعت و شتاب هر دو غیر صفر و ثابت هستند.
- (۳) در یک بازه زمانی متناهی و غیر صفر بردار شتاب یک جسم به سمت غرب و بردار سرعتش به سمت شرق است.
- (۴) در یک بازه زمانی متناهی و غیر صفر بردار شتاب یک جسم ثابت و غیر صفر است ولی سرعت متوسط آن در این مدت صفر است.



(۶) نوسانگری با دامنه A و بسامد زاویه‌ای ω بر روی محور x شکل روبه‌رو نوسان می‌کند و در لحظه $t = 0$ از مبدأ مختصات عبور می‌کند. شلیک‌کننده‌ای که در نقطه M به مختصات $(0, -h)$ قرار دارد می‌خواهد نوسانگر را در نقطه پیشینه حرکت خود بزند. صفحه شکل افقی است و سرعت حرکت گلوله v است. زمان شلیک گلوله کدام گزینه باشد تا این اتفاق رخ دهد.

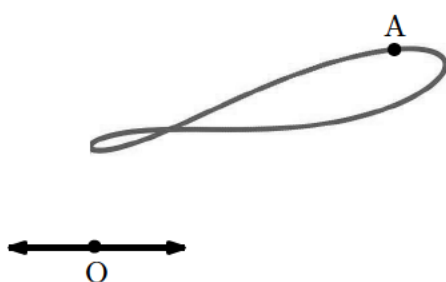
$$\frac{\pi}{2\omega} - \frac{\sqrt{A^2 + h^2}}{v} \quad (۲)$$

$$\frac{\pi}{4\omega} - \frac{\sqrt{A^2 + h^2}}{v} \quad (۴)$$

$$-\frac{\pi}{2\omega} + \frac{\sqrt{A^2 + h^2}}{v} \quad (۱)$$

$$-\frac{\pi}{4\omega} + \frac{\sqrt{A^2 + h^2}}{v} \quad (۳)$$

۷) شکل روبه‌رو تصویری از یک سطح افقی در جزیره کیش است که از بالا دیده می‌شود. در این تصویر، نقطه O محل فروکردن یک چوب قائم در زمین، موسوم به شاخص است. خط صافی که از نقطه O عبور کرده راستای شمال - جنوب را نشان می‌دهد. در طی روزهای مختلف سال در ساعت معینی محل نوک سایه چوب بر روی زمین را علامت‌گذاری کرده‌ایم. خمی که در شکل می‌بینید از وصل کردن این علامت‌ها به دست آمده است. کدام گزینه فصل متناظر با نقطه A بر روی خم و نیز ساعت ثبت علامت در هر روز را نشان می‌دهد؟



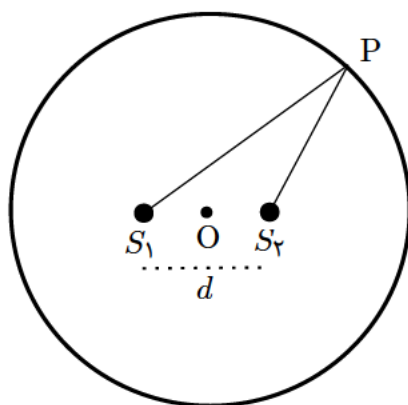
۲) زمستان - ساعت دو بعد از ظهر

۱) زمستان - ساعت ده صبح

۴) تابستان - ساعت دو بعد از ظهر

۳) تابستان - ساعت ده صبح

۸) در شکل روبه‌رو یک تشت تداخل از بالا دیده می‌شود. دو گوی کوچک که در انتهای دو میله نازک قائم قرار دارند با حرکت به سمت بالا و پایین امواجی را در سطح آب تشت ایجاد می‌کنند. این دو گوی در نقاط S_1 و S_2 به فاصله d از هم قرار دارند. میله‌های قائم به یک دستگاه نوسان‌کننده وصل هستند که آن‌ها را با بسامد یکسان و به طور هم‌فاز به نوسان درمی‌آورد. طول موج امواجی که از چشمه‌ها ایجاد می‌شود λ است و فرض کنید $d = 5/2 \lambda$.



بر روی دایره‌ای به مرکز O ، نقطه وسط $S_1 S_2$ ، در چند نقطه تداخل سازنده رخ می‌دهد؟

راهنمایی: برای آن که در نقطه P تداخل سازنده رخ دهد باید $|S_2 P - S_1 P| = n \lambda$ که $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

۲۲ (۴)

۲۰ (۳)

۱۱ (۲)

۱۰ (۱)



(۹) در این مسئله دو عکس می بینید. عکس اول یک نفت کش را نشان می دهد. عکس دوم نشان دهنده تصویری است که یک ناظر که در ساحل ایستاده از همان نفت کش مشاهده می کند. کدام گزینه دلیل تصویر مشاهده شده از نفت کش در عکس دوم است؟

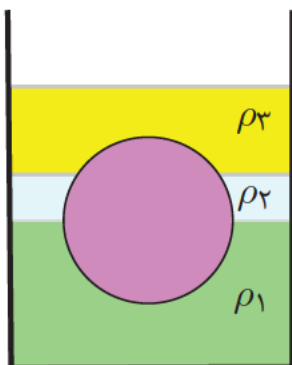


(۱) انعکاس نور از آب دریا

(۲) گرمتر بودن آب دریا نسبت به هوا

(۳) وارونگی هوا

(۴) انعکاس نور از ذرات معلق در هوا



(۱۰) در شکل روبه رو سه مایع مخلوط ناشدنی در ظرفی بر روی هم قرار گرفته اند. چگالی مایع ها از پایین به بالا به ترتیب ρ_1 ، ρ_2 و ρ_3 است. جسمی با چگالی ρ در بین این سه مایع طوری شناور است که نصف حجم آن در مایع با چگالی ρ_1 ، یک سوم حجم آن در مایع با چگالی ρ_2 و بقیه حجم آن در مایع با چگالی ρ_3 واقع است. کدام گزینه رابطه چگالی ρ را با چگالی های ρ_1 ، ρ_2 و ρ_3 نشان می دهد؟

$$\rho = \frac{\rho_1 + 2\rho_2 + 3\rho_3}{6} \quad (۲)$$

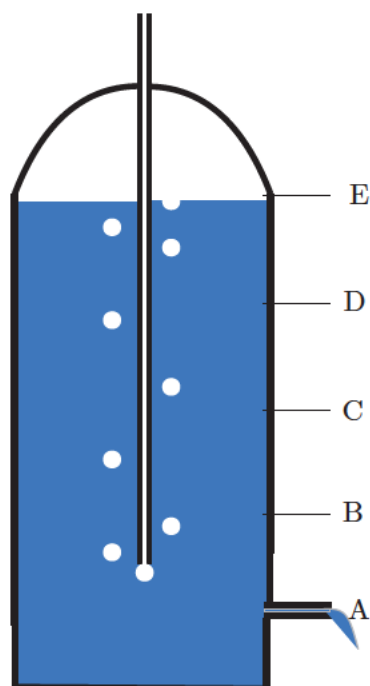
$$\rho = \frac{3\rho_1 + 2\rho_2 + \rho_3}{6} \quad (۴)$$

$$\rho = \frac{2\rho_1 + 3\rho_2 + 6\rho_3}{11} \quad (۱)$$

$$\rho = \frac{6\rho_1 + 3\rho_2 + 2\rho_3}{11} \quad (۳)$$

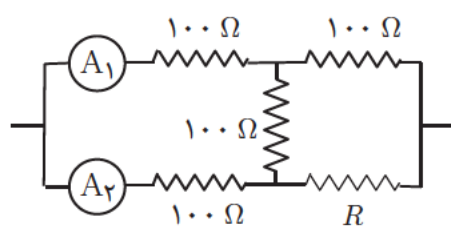
(۱۱) توسط یک قطره چکان می‌توانیم آب خالص و یا آب آغشته به مایع ظرفشویی را بچکانیم. در هر دو مورد ممکن است آب سرد یا گرم باشد. برای کدام گزینه قطره‌ها بزرگتر از بقیه گزینه‌ها است؟

- (۱) آب گرم آغشته به مایع ظرفشویی
(۲) آب گرم خالص
(۳) آب سرد آغشته به مایع ظرفشویی
(۴) آب سرد خالص



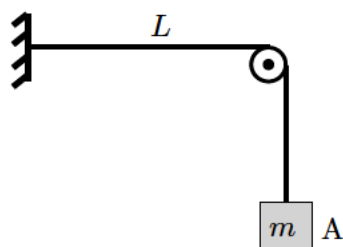
(۱۲) در شکل روبه‌رو ظرفی استوانه‌ای نشان داده شده که در ابتدا تا بالای نقطه E پر از آب است. ظرف کاملاً بسته است و فقط امکان خروج آب از شیر A در پایین و ورود هوا از طریق لوله نازک میانی وجود دارد. هوای وارد شده به صورت حباب‌های ریز و پیوسته از لوله وسط وارد آب شده و در بالای ظرف جمع می‌شود. پس از باز کردن شیر A آب به آرامی از آن خارج می‌شود و سطح آب در ظرف با سرعت ناچیزی پایین می‌رود. آهنگ خروج آب از شیر A با اختلاف فشار دو سر شیر متناسب است. نقاط A, B, C, D ، و E طوری قرار گرفته‌اند که $AB = BC = CD = DE$. زمان رسیدن سطح آب (مثلاً از نقطه E به نقطه C را با t_{EC} ، و سایر زمان‌ها را نیز به همین ترتیب نشان می‌دهیم. نسبت $\frac{t_{EC}}{t_{CB}}$ کدام گزینه است؟

- (۱) ۱
(۲) $\sqrt{2}$
(۳) ۲
(۴) ۴

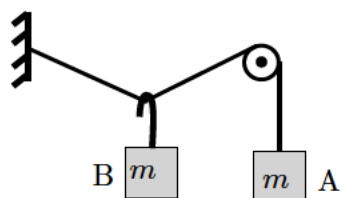


(۱۳) چهار مقاومت $100\ \Omega$ ، یک مقاومت مجهول R و دو آمپرسنج آرمانی مطابق شکل قسمتی از یک مدار را تشکیل می‌دهند. آمپرسنج‌های A_1 و A_2 به ترتیب جریان‌های 5 mA و 3 mA را نشان می‌دهد. اندازه مقاومت R کدام گزینه است؟

- (۱) $1200\ \Omega$
(۲) $900\ \Omega$
(۳) $600\ \Omega$
(۴) $300\ \Omega$



شکل ۱



شکل ۲

۱۴) جسم A به جرم m مطابق شکل ۱ از نخ آویزان است که پس از عبور از یک قرقره ثابت به دیواری در فاصله L از محور قرقره بسته شده است. جرم نخ و اصطکاک در محور قرقره قابل چشم‌پوشی و شتاب گرانش g است. حال مطابق شکل ۲ جسم B با همان جرم m را به کمک یک قلاب بدون اصطکاک و با جرم ناچیز به نخ افقی می‌آویزیم و به آرامی دستگاه را در حالت تعادل قرار می‌دهیم. به این ترتیب جسم A قدری بالا می‌رود. کدام گزینه مقدار بالا رفتن جسم A را نشان می‌دهد؟

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

۱۵) انرژی درونی گاز دو اتمی از رابطه $U = \frac{5}{2}PV$ به دست می‌آید. در طی یک فرایند معین حجم گاز از ۴ لیتر به ۳ لیتر و فشار آن از ۱ اتمسفر به ۲ اتمسفر تغییر می‌کند. اگر U_i و U_f به ترتیب انرژی درونی اولیه و نهایی گاز باشند کدام گزینه تغییر انرژی درونی این گاز، $U_f - U_i$ را نشان می‌دهد. هر اتمسفر را تقریباً 10^5 Pa بگیرید.

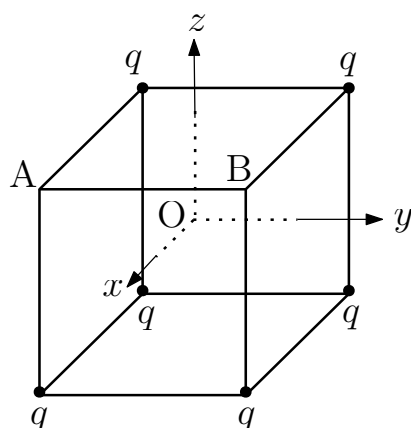
- (۱) 500 J (۲) 250 J (۳) -250 J (۴) -500 J

۱۶) یکی از مسائل مهم در مدیریت انرژی کشور، پایش دمای منازل و مکان‌های عمومی است. می‌خواهیم ببینیم کاهش دو درجه‌ای دمای منازل چه تأثیری در مصرف انرژی دارد. فرض کنید در یک روز زمستانی دمای هوای بیرون 5°C و دمای هوای داخل یک خانه 25°C باشد. در این حالت دستگاه گرمایش خانه باید با توان 5000 W کار کند. با توجه به این که آهنگ اتلاف انرژی، یعنی توان تلف شده، با اختلاف دمای داخل و خارج خانه متناسب است، در صورت کاهش دو درجه‌ای دمای خانه در هر ثانیه چه مقدار انرژی صرفه‌جویی می‌شود؟

- (۱) 400 J (۲) 500 J (۳) 4500 J (۴) 4600 J

(۱۷) به سطح آزاد هر مایع می‌توان نوعی انرژی موسوم به انرژی کشش سطحی نسبت داد که مقدار آن متناسب با اندازه سطح آزاد مایع است. این انرژی که باعث ایجاد پدیده کشش سطحی می‌شود ناشی از برهم‌کنش‌های الکترومغناطیسی مولکول‌های سطح در کنار ملاحظات ترمودینامیکی است. در حالت تعادل باید مساحت سطح آزاد مایع کمینه باشد. به همین دلیل هر قطره آزاد مایع شکل کروی دارد. اگر قطره‌ای از مایع بر روی یک میز افقی قرار گیرد، به دلیل گرانش و دگرچسبی، شکل قطره با کره تفاوت دارد. برای قطرات ریز می‌توان از اثر گرانش و دگرچسبی چشم‌پوشی کرد. دو قطره کروی کوچک به شعاع r در نظر بگیرید. این دو قطره به هم می‌چسبند و کسر مشخصی از انرژی کشش سطحی آزاد شده باعث پرتاب قطره حاصل شده به سمت بالا می‌شود. (این پدیده در آزمایشگاه قابل مشاهده است.) کدام یک از گزینه‌ها بستگی ارتفاع قطره پرتاب شده به شعاع قطره‌ها را نشان می‌دهد؟

- (۱) $\frac{1}{r}$ (۲) $\frac{1}{\sqrt{r}}$ (۳) r (۴) r^2

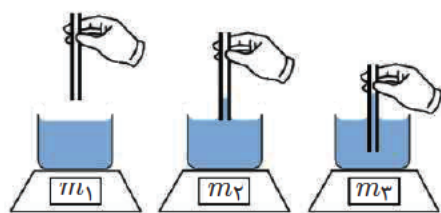


(۱۸) یال‌های یک مکعب به ضلع a به موازات محورهای مختصات هستند و مبدأ مختصات در مرکز مکعب قرار دارد. یال AB را مطابق شکل به موازات محور y بگیرید. به غیر از نقاط A و B بر روی ۶ رأس دیگر مکعب شش بار نقطه‌ای یکسان q قرار داده‌ایم. کدام گزینه بردار میدان الکتریکی در مرکز مکعب را نشان می‌دهد؟ $\hat{i}$ ، $\hat{j}$ و $\hat{k}$ بردارهای یکه در جهت محورهای x ، y و z هستند.

- (۱) $-\frac{4\sqrt{3}}{9} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} (\hat{i} + \hat{k})$ (۲) $\frac{4\sqrt{3}}{9} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} (\hat{i} + \hat{k})$
 (۳) $-\frac{8\sqrt{3}}{9} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} (\hat{i} + \hat{k})$ (۴) $\frac{8\sqrt{3}}{9} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} (\hat{i} + \hat{k})$

۱۹) بار نقطه‌ای مثبت Q بر روی یک میز ناهموار قرار دارد. بار نقطه‌ای مثبت q به جرم m از ارتفاع h بالای بار Q رها می‌شود و بر اثر گرانش بر روی خط قائم به سمت بار Q سقوط می‌کند. شتاب گرانش را g بگیرید. هنگامی که بار q به فاصله d از بار Q می‌رسد به طور لحظه‌ای متوقف می‌شود. کدام گزینه درست است؟

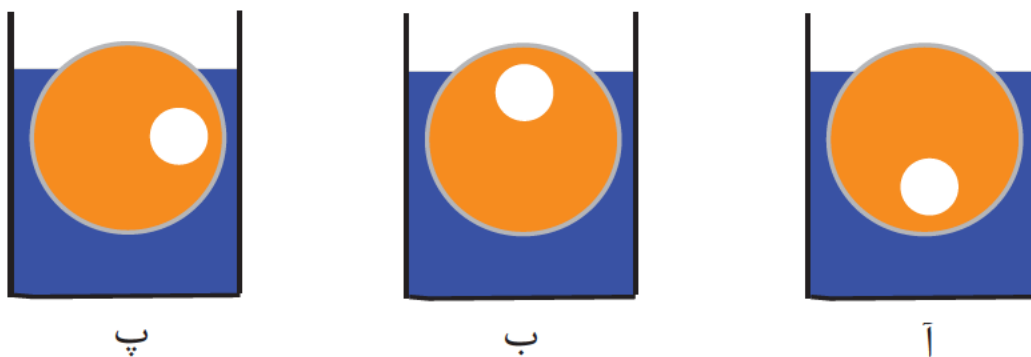
$$(1) \quad d = 0 \quad (2) \quad d < \sqrt{\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 mg}} \quad (3) \quad d = \sqrt{\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 mg}} \quad (4) \quad d > \sqrt{\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 mg}}$$



۲۰) در شکل زیر یک ظرف آب بر روی ترازوی بسیار حساسی قرار دارد. یک لوله شیشه‌ای موئین را در سه حالت مختلف نسبت به سطح آزاد آب، ساکن نگه داشته‌ایم. ترازو در وضعیت‌های نشان داده شده به ترتیب مقادیر m_1 ، m_2 و m_3 را نشان می‌دهد. کدام گزینه می‌تواند درست باشد؟

$$(1) \quad m_1 < m_2 < m_3 \quad (2) \quad m_2 = m_3 < m_1 \quad (3) \quad m_2 < m_1 < m_3 \quad (4) \quad m_1 = m_2 < m_3$$

۲۱) داخل کره‌ای جامد به شعاع R حفره‌ای کروی به شعاع r ($r < R$) ایجاد شده که مرکز آن با مرکز کره اصلی فاصله دارد. این کره بر روی مایعی به حالت شناور در حالت تعادل پایدار قرار گرفته است. با توجه به این که در حالت تعادل پایدار انرژی پتانسیل یک دستگاه فیزیکی کمینه است، موقعیت قرار گرفتن کره مطابق کدام گزینه است؟



$$(1) \quad \bar{A} \quad (2) \quad B \quad (3) \quad P \quad (4) \quad \text{هر سه حالت امکان وقوع دارد.}$$

(۲۲) فرض کنید نیروی مقاومت هوا در برابر حرکت یک توپ فقط به تندی لحظه‌ای آن بستگی دارد. با چشم‌پوشی از اثر گرانش، تویی به جرم m در امتداد خط راست حرکت می‌کند و پس از طی مسافت d اندازه سرعت آن نصف می‌شود. فرض کنید بتوانیم بدون تغییر شعاع توپ جرم آن را تغییر دهیم. با توجه به یکای کمیت‌های مربوط، d با کدام گزینه متناسب است؟

- (۱) m^{-1} (۲) $m^{-\frac{1}{2}}$ (۳) $m^{\frac{1}{2}}$ (۴) m

(۲۳) آلودگی هوا باعث می‌شود حداکثر فاصله قابل مشاهده در فضای باز محدود شود. به این کمیت عمق دید می‌گویند. ذره‌های آلاینده را کره‌های کوچک معلق در هوا با شعاع یکسان بگیرید. تعداد این ذرات در واحد حجم را غلظت عددی می‌نامیم و آن را با n نشان می‌دهیم. عمق دید با کدام گزینه متناسب است؟

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

(۲۴) هسته‌ای به عدد اتمی Z و عدد جرمی A در نظر بگیرید. در یک مدل ساده، حجم هسته با A و فاصله میانگین پروتون‌ها از هم با شعاع هسته متناسب است. انرژی پتانسیل الکتریکی دو بار Q_1 و Q_2 که در فاصله d از هم هستند با رابطه $U = \frac{kQ_1Q_2}{d}$ داده می‌شود. مجموع انرژی پتانسیل دافعه الکتریکی پروتون‌ها در هسته با کدام گزینه متناسب است؟ (لازم به ذکر است که به غیر از انرژی پتانسیل الکتریکی پروتون‌ها، عوامل دیگری نیز در انرژی هسته‌ها مؤثرند. از جمله نیروی هسته‌ای قوی بین هستک‌ها که باعث می‌شود انرژی هسته از انرژی هستک‌های جدا شده از هم، کمتر باشد.)

- (۱) $A^{\frac{1}{2}}(Z-1)^2$ (۲) $A^{-\frac{1}{2}}(Z-1)^2$ (۳) $A^{\frac{1}{2}}Z(Z-1)$ (۴) $A^{-\frac{1}{2}}Z(Z-1)$

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.

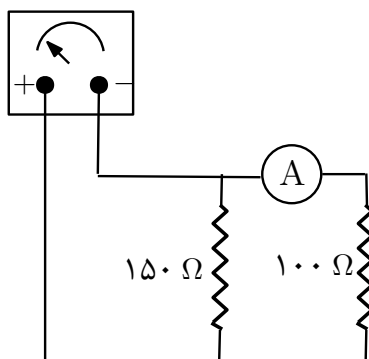
مثال: فرض کنید ظرفیت خازنی برحسب میکروفاراد خواسته شده باشد و شما عدد $26/7 \mu F$ را به دست آورده باشید. ابتدا آن را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد کنید تا عدد ۲۷ میکروفاراد به دست آید. سپس مطابق شکل پاسخ خود را در پاسخ‌نامه وارد کنید.

پاسخ نادرست در این بخش نمره‌ی منفی ندارد.

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

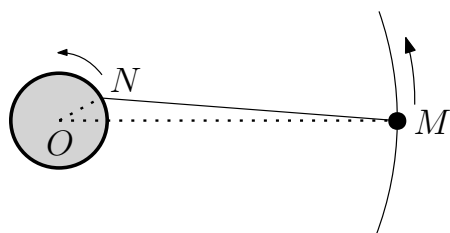
(۱) یک توپ به جرم 270 g از ارتفاع $8/1\text{ m}$ رها می‌شود و پس از برخورد با سطح زمین تا ارتفاع $3/6\text{ m}$ بالا می‌رود. در طی برخورد، توپ در مدت کوتاه 60 ms با زمین تماس دارد. شتاب گرانش را $9/8\text{ m/s}^2$ بگیرید و از نیروی مقاومت هوا چشم‌پوشی کنید. نیروی متوسط سطح زمین بر روی توپ بر حسب نیوتن چقدر است؟

(۲) جسمی به وزن 40 N به فنری با ثابت $k = 500\text{ N/m}$ متصل شده که سر دیگر آن به نقطه ثابتی متصل است. جسم در امتداد محور x بر روی سطح افقی با ضریب اصطکاک ایستایی $\mu_s = 0/7$ و ضریب اصطکاک جنبشی $\mu_k = 0/5$ نوسان می‌کند. مبدأ مختصات را جایی می‌گیریم که جسم در حالت تعادل فنر قرار دارد. اگر با کشیدن فنر جسم را از مکان $x = 21\text{ cm}$ از حال سکون رها کنیم، تا قبل از توقف کامل، چه مسافتی را بر حسب سانتی‌متر طی می‌کند؟ (یادآوری می‌شود انرژی پتانسیل فنری که به اندازه x از حال عادی تغییر طول داده باشد برابر $\frac{1}{2}kx^2$ است.)



(۳) در مدار شکل روبه‌رو یک منبع تغذیه خاص به کار رفته که اختلاف پتانسیل اسمی دو سر آن 48 V است. این اختلاف پتانسیل در صورتی برقرار خواهد بود که توان خروجی منبع تغذیه از 15 W کمتر باشد. در غیر این صورت منبع تغذیه با همان توان خروجی 15 W کار می‌کند. اگر آمپر متر در مدار شکل روبه‌رو عدد $\alpha \times 10^{-2}\text{ A}$ را نشان دهد، α چند است؟

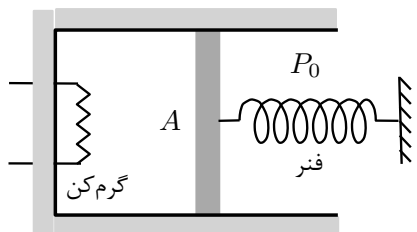
(۴) چنان که می‌دانید در پدیده فوتوالکتریک تابش نور به سطح یک فلز باعث کنده شدن الکترون از آن می‌شود. آزمایش نشان می‌دهد که این فرایند در کمتر از 10^{-9} s اتفاق می‌افتد. این مشاهده با فیزیک کلاسیک ناسازگار است. در نظریه کلاسیک باید تابش نور مدتی ادامه یابد تا الکترون‌ها انرژی لازم برای کنده شدن از سطح فلز را به دست آورند. فرض کنید تکه‌ای از فلز سدیم در فاصله $1/0\text{ m}$ از یک چشمه نور نقطه‌ای با توان 10 W قرار دارد. فرض کنید نور به طور یکنواخت در همه جهات منتشر می‌شود. هراتم سدیم را که‌ای به قطر $2/0\text{ Å}$ بگیرید و فرض کنید تمام تابش تابیده بر خود را جذب می‌کند. تابع کار سدیم $3/2\text{ eV}$ است. با توجه به این داده‌ها معلوم کنید بر مبنای فیزیک کلاسیک فرایند کنده شدن الکترون پس از چند دقیقه از آغاز تابش نور شروع می‌شود؟



(۵) جسم M به جرم 1 kg به انتهای نخ به طول 3 m وصل است. سر دیگر نخ را به نقطه N از یک محور چرخان قائم به شعاع $ON = 3\text{ cm}$ بسته ایم. بر اثر چرخش محور، جسم M بر روی دایره ای به مرکز O با سرعت ثابت 3 m/s در یک سطح افقی می چرخد. در شکل، نمای دستگاه در یک لحظه از بالا نشان داده شده است.

جرم نخ قابل چشم پوشی و ضریب اصطکاک جنبشی جسم با سطح افقی μ_k است. اندازه شتاب گرانش برابر $g = 10\text{ m/s}^2$ و امتداد آن عمود بر صفحه شکل و به سمت داخل است. به دلیل اصطکاک جسم با سطح افقی امتداد نخ NM با امتداد شعاع OM کمی زاویه دارد، به طوری که زاویه $\widehat{MON}$ در شکل همواره 30° است. کمیت $100\mu_k$ چقدر است؟

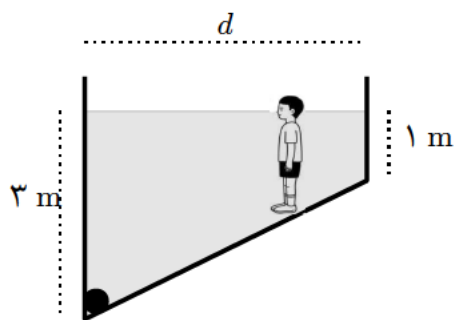
راهنمایی: با توجه به کوچک بودن ON ، طول های OM و NM تقریباً یکسان است. همچنین برای زوایای کوچک مقدار سینوس و تانژانت زاویه تقریباً برابر است.



(۶) در دستگاه شکل روبه رویستونی به سطح مقطع $A = 8\text{ cm}^2$ مقداری گاز آرمانی تک اتمی را در ظرف سمت چپ شکل محبوس کرده است. پیستون با دیواره اصطکاک ندارد و از بیرون به یک سر فنری به ضریب سختی $k = 8000\text{ N/m}$ وصل است که سر دیگر آن به دیوار ثابتی بسته شده است.

در حالتی که فنر طول عادی خود را دارد حجم گاز $2/4\text{ L}$ است. فشار هوای بیرون $P_0 = 10^5\text{ Pa}$ است. توسط یک گرم کن گاز را گرم می کنیم تا پیستون به اندازه 10 cm به راست رانده شود. توجه کنید که بر اثر افزایش دما به اندازه ΔT ، تغییر انرژی درونی یک گاز آرمانی تک اتمی از رابطه $\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$ به دست می آید که n تعداد مول ها و R ثابت گازهاست. اگر در فرایند فوق گرمای داده شده به گاز برابر $Q = \alpha \times 10\text{ J}$ باشد، α چند است؟ (یادآوری می شود انرژی پتانسیل فنری با ثابت k که به اندازه x از حال عادی تغییر طول داده باشد برابر $\frac{1}{2}kx^2$ است.)

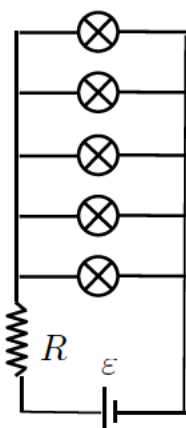
(۷) نوروهای مغز انسان در هنگام فعالیت، جریان های الکتریکی بسیار کوچک از خود عبور می دهند. فرض کنید بر اثر پاسخ حسی ناشی از فعالیت الکتریکی مغز، میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی $3 \times 10^{-13}\text{ T}$ عمود بر حلقه های پیچیده ای با N دور سیم در نزدیکی سر شخصی برقرار شود. شعاع پیچه را 5 cm بگیرید و فرض کنید در طی 1 ms میدان مغناطیسی با آهنگ ثابت صفر می شود. اگر ولتاژ برقرار شده در پیچه در این مدت 1 nV باشد، کمیت $\frac{N}{10}$ چقدر است؟



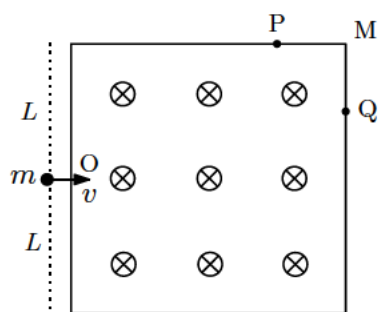
۸) در شکل روبه‌رو مقطع جانبی استخری به طول d نشان داده شده که کمترین عمق آن $1/0 \text{ m}$ و بیشترین عمق آن $3/0 \text{ m}$ است. عمق استخر در طول آن به طور یکنواخت زیاد می‌شود. پسر بچه‌ای که قدش 160 cm است و چشمانش 10 cm پایین‌تر از بالای سرش قرار دارد، در جایی از استخر ایستاده که چشمانش تقریباً هم‌ارتفاع با سطح آزاد آب است.

فرض کنید d کمترین مقدار طول استخر فوق بر حسب متر باشد به طوری که وقتی پسر بچه به صورت افقی به سطح آب نگاه می‌کند، بتواند تصویر گلوله کوچکی که در عمیق‌ترین جای استخر افتاده است را ببیند. کمیت $d \times 10$ چقدر است؟ ضریب شکست آب $\frac{4}{3}$ است. پسر بچه و گلوله را در صفحه شکل در نظر بگیرید.

توجه: از تقریب $\sqrt{1+\epsilon} \approx 1 + \frac{\epsilon}{2}$ برای وقتی که $|\epsilon|$ خیلی از یک کوچکتر است، می‌توانید استفاده کنید.



۹) پنج لامپ یکسان به مقاومت الکتریکی R به طور موازی به هم بسته شده‌اند. مجموعه لامپ‌ها با مقاومت دیگری که اندازه آن هم R است و یک منبع ولتاژ ثابت ϵ مطابق شکل سری شده‌اند. در این حالت توان الکتریکی مصرفی در هر لامپ P_1 است. یکی از لامپ‌ها می‌سوزد و مدار آن باز می‌شود. در حالت اخیر توان الکتریکی مصرفی هر لامپ P_2 می‌شود. کمیت $10 \times \frac{P_2}{P_1}$ را حساب کنید.



۱۰) در ناحیه‌ای که مقطع آن مربعی به ضلع $2L$ است میدان مغناطیسی یکنواخت B عمود بر صفحه شکل و به سمت داخل صفحه برقرار است. ذره‌ای به جرم m و بار الکتریکی q مطابق شکل از نقطه O عمود بر ضلع سمت چپ مربع وارد ناحیه میدان می‌شود و حرکت آن در صفحه شکل است. چنانچه ذره با تندی v_1 وارد شود از نقطه P و چنانچه با تندی v_2 وارد شود از نقطه Q خارج می‌شود به طوری که $MP = MQ = \frac{L}{2}$. کمیت $10 \times \frac{v_2}{v_1}$ چقدر است؟