کد دفترچه سؤالات: ۱

۰) کد دفترچه سؤالات شما ۱ است. این کد را در محل مشخص شده روی پاسخ‌نامه با مداد پر کنید.

** اندازه شتاب گرانش را $۹/۸\ m/s^۲$ و چگالی آب را $۱۰۰۰\ kg/m^۳$ در نظر بگیرید. **

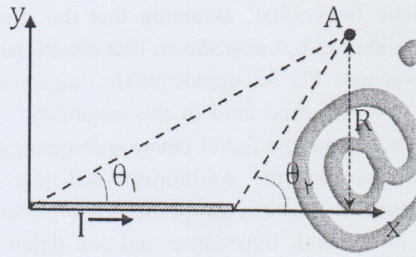
---

۱) یک صفحه خورشیدی به ابعاد $۵۰cm \times ۵۰cm$ در نظر بگیرید. این صفحه با بازده ۱۰ درصد، انرژی امواج الکترومغناطیسی تابش شده از خورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. اگر این صفحه در تابش عمودی خورشید با توان $۲۵W$ انرژی الکتریکی تولید کند، مرتبه بزرگی مقدار انرژی که در مدت دو ساعت از خورشید به سطح زمین می رسد، چند ژول است؟ (شعاع زمین را $۶۴۰۰km$ در نظر بگیرید)

۱) $۱۰^{۱۳}$ ۲) $۱۰^{۱۷}$ ۳) $۱۰^{۲۱}$ ۴) $۱۰^{۲۵}$

---

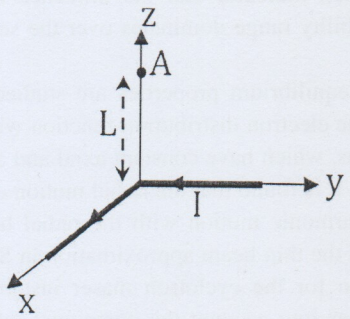
۲) میدان مغناطیسی یک قطعه سیم که روی محور xها قرار دارد و جریان I از آن عبور می‌کند، در نقطه A که در صفحه xy قرار دارد، از رابطه زیر بدست می‌آید:



$$B = \frac{\mu_۰ I}{۴\pi R}(\cos\theta_۱ - \cos\theta_۲)$$

زاویه $\theta_۱$ و $\theta_۲$ در شکل نشان داده شده است و R فاصله نقطه A تا امتداد سیم است. جهت میدان در جهت z (یعنی رو به بیرون شکل) است.

سیمی به طول L را از وسط ۹۰ درجه خم می‌کنیم و مطابق شکل روبرو طوری قرار می‌دهیم که بازوهای آن روی محور x و y باشد. اگر این قطعه سیم، بخشی از مداری باشد که جریان I از آن عبور می‌کند، اندازه میدان مغناطیسی ناشی از این قطعه در نقطه A که در ارتفاع L از صفحه xy واقع بر محور z قرار دارد، کدام گزینه است؟



۱) $\sqrt{\frac{۱}{۴۰}\frac{\mu_۰ I}{\pi L}}$ ۲) $\sqrt{\frac{۱}{۲۰}\frac{\mu_۰ I}{\pi L}}$ ۳) $\sqrt{\frac{۱}{۱۰}\frac{\mu_۰ I}{\pi L}}$ ۴) $\sqrt{\frac{۱}{۵}\frac{\mu_۰ I}{\pi L}}$

@irnpho

۳) کاغذهای موجود در بازار را بر حسب جرم یک مترمربع آنها تقسیم‌بندی می‌کنند. به عنوان مثال کاغذ ۸۰ گرمی، کاغذی است که جرم یک مترمربع آن ۸۰ g است. اگر یک برگه کاغذ از نوع ۸۰ گرمی را ۴ بار از روی محور تقارن کاملا تا زده و روی یک سطح افقی قرار دهیم، فشاری که بر اثر وزن کاغذ به سطح وارد می‌شود، بر حسب پاسکال به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

۱) ۱۳ ۲) ۷ ۳) ۳ ۴) ۱

---

۴) هنگامی که جسمی در شاره‌ای سقوط می‌کند، علاوه بر نیروی شناوری، یک نیروی مقاومت شاره (پس‌کشی) هم به جسم وارد می‌شود که تابعی از تندی جسم است. نیروی پس‌کشی باعث می‌شود که در سقوط‌های طولانی، در نهایت جسم با تندی تقریبا ثابت به حرکت خود ادامه دهد. این تندی را تندی حدی می‌گویند. برای اجسام با گستردگی فضایی، نیروی پس‌کشی با تقریب خوبی از رابطه $f_D = \frac{1}{2}CA\rho v^2$ به دست می‌آید که در آن v تندی جسم، A سطح مقطع جسم در جهت عمود بر حرکت، ρ چگالی شاره و C ثابت است. کره‌ای با شعاع ۳۰cm داخل شاره‌ای سقوط می‌کند و در نهایت سرعتش به $\sqrt{9/8}$ m/s می‌رسد. نسبت چگالی جسم به چگالی شاره کدام است؟ $C = 0/4$ در نظر بگیرید.

۱) $\frac{3}{2}$ ۲) ۲ ۳) $\frac{5}{2}$ ۴) ۳

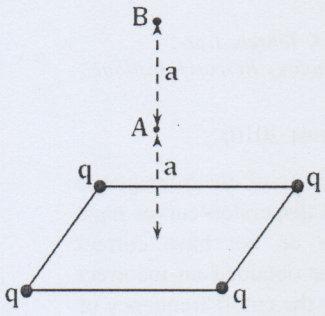
---

۵) در یک گاز، مولکول‌ها ضمن حرکت کاتوره‌ای خود، دائما با یکدیگر برخورد می‌کنند. برای گاز در حال تعادل، مسافت میانگینی که مولکول‌های گاز میان دو برخورد متوالی طی می‌کنند، مسافت آزاد میانگین نام دارد. می توان ثابت کرد که این مسافت از رابطه $\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}n_v\pi d^2}$ به دست می‌آید که در آن d قطر میانگین مولکول‌ها و n_v تعداد مولکول‌ها در واحد حجم است. اگر هوا را گاز کاملی بگیریم که قطر میانگین مولکول های آن ۴/۰Å باشد، مسافت آزاد میانگین برای هوا در فشار ۱/۰ atm و دمای ۲۷ °C چند نانومتر است؟ ثابت جهانی گازها $R = 8/3$ J/mol·K و عدد آووگادرو $N_A = 6/0 \times 10^{23}(\text{mol})^{-1}$ است. ($\sqrt{2} \approx 1/4$ و $1\text{ atm} = 1/01 \times 10^5\text{ Pa}$)

۱) ۱۱۶ ۲) ۵۸ ۳) ۲۹ ۴) ۲۰

---

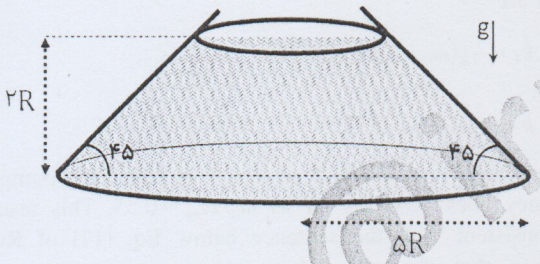
۶) چهار بار یکسان q روی چهار راس مربعی به ضلع a قرار دارند. نقاط A و B را روی محوری که از مرکز مربع می‌گذرد و بر صفحه مربع عمود است، به ترتیب در فاصله‌های a و $2a$ از صفحه مربع در نظر بگیرید. نسبت اندازه میدان الکتریکی در نقطه A به اندازه میدان الکتریکی در نقطه B کدام گزینه است؟



۱) ۴ ۲) $\sqrt{3}$ ۳) ۳ ۴) $\frac{3\sqrt{3}}{2}$

---

۷) ظرفی به جرم M به شکل مخروط ناقص از هر دو انتها باز است. یال‌های مخروط با قاعده پائینی آن زاویه ۴۵ درجه می‌سازند و شعاع قاعده پائینی $5R$ است. این ظرف را از قاعده بزرگتر روی یک میز افقی می‌گذاریم و به تدریج آن را از مایعی پر می‌کنیم که از کناره‌ها به بیرون نشت نمی‌کند. هنگامی که ارتفاع مایع در ظرف به $2R$ می‌رسد، ظرف مخروطی از روی میز بلند می شود. چگالی مایع کدام گزینه است؟ (حجم مخروط ناقصی که ارتفاع آن h و شعاع قاعده‌های آن r_1 و r_2 است از رابطه $V = \frac{1}{3}\pi h(r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2)$ به دست می‌آید.)



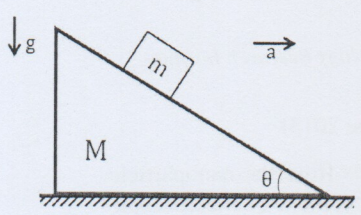
۱) $\frac{3}{52}\frac{M}{\pi R^3}$ ۲) $\frac{3}{61}\frac{M}{\pi R^3}$ ۳) $\frac{3}{70}\frac{M}{\pi R^3}$ ۴) $\frac{3}{98}\frac{M}{\pi R^3}$

---

۸) جرم مولی یک نوع آلیاژ آهن $55\ g/mol$ است. یک قطعه از این آلیاژ به جرم $220\ g$ و دمای $50\ °C$ را داخل ظرفی محتوی $1/0\ kg$ آب $10\ °C$ می‌اندازیم. اگر گرمای ویژه آب $4200\ J/kg \cdot K$ باشد و آلیاژ آهن از قاعده دولن و پتی تبعیت کند، دمای آب تقریبا چند درجه سلسیوس افزایش می‌یابد؟ گرمای انتقال یافته به ظرف و محیط اطراف ناچیز است. (در شرایط این مسئله، گرمای ویژه مولی در فشار ثابت با گرمای ویژه مولی در حجم ثابت، با هم برابرند.)

۱) ۱۰ ۲) ۵ ۳) ۲ ۴) ۱

۹) در شکل مقابل گوه‌ای (یک سطح شیب‌دار متحرکی) به زاویه شیب θ با شتاب ثابت a به سمت راست حرکت می‌کند. شتاب گرانش به سمت پائین و اصطکاک تمامی سطوح ناچیز است. جرم کوچک m نسبت به گوه ساکن است و همراه آن حرکت می‌کند. اندازه نیروی عمودی سطح گوه که بر جرم m وارد می‌شود، کدام گزینه است؟



۱) $ma\sin\theta$ ۲) $mg\cos\theta$ ۳) $ma\sin\theta + mg\cos\theta$ ۴) $\frac{mg}{\sin\theta}$

---

۱۰) برای هر دستگاه ترمودینامیکی کمیتی موسوم به آنتروپی می‌توان تعریف کرد که میزان بی‌نظمی در آن دستگاه را نشان می‌دهد. هرچه سهم آشفتگی‌های کاتوره‌ای دستگاه از انرژی درونی آن بیشتر باشد، آنتروپی آن بیشتر است. بنابر تعریف، اگر در یک فرایند دما ثابت باشد و گرمای Q به دستگاه داده شود، آنتروپی آن به اندازه $\Delta S = \frac{Q}{T}$ افزایش می‌یابد که T دمای دستگاه بر حسب کلوین است. اگر یک قطعه مس به جرم ۴۰۰g و دمای ۱۰ °C را داخل دریاچه‌ای به عمق ۱۰۰ متر و با همان دما رها کنیم تا به آرامی از سطح دریاچه به کف آن برسد، تغییر آنتروپی دستگاه مس و دریاچه بر حسب J/K کدام گزینه است؟ راهنمایی: این فرایند را با فرایند دیگری که مستلزم انتقال گرماست، مشابه‌سازی کنید. همچنین دقت کنید که با پایین رفتن جسم در آب، مقداری آب به جای آن بالا می‌رود. نسبت چگالی مس به آب ۸/۹ است.

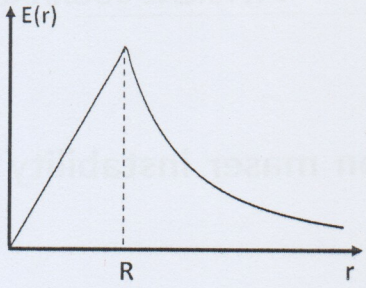
۱) ۰/۷۲ ۲) ۱/۲ ۳) ۱/۴ ۴) ۳۹

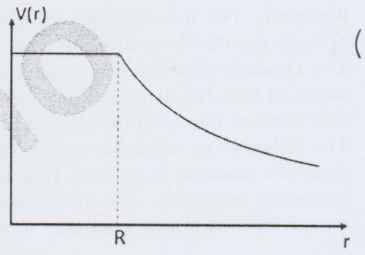
---

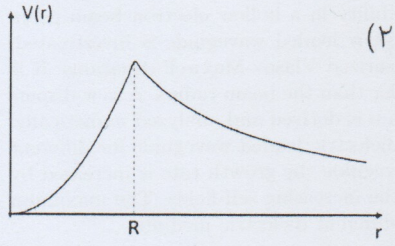
۱۱) میدان الکتریکی یک حلقه با بار Q و شعاع R روی محور آن، عمود بر سطح حلقه است و اندازه آن در نزدیکی حلقه از رابطه تقریبی $E = \frac{Qz}{۴\pi\epsilon_۰R^۳}$ به دست می‌آید که در آن z فاصله از حلقه است. بار الکتریکی $q = -\frac{Q}{۴}$ به جرم m را از نقطه‌ای روی محور و در فاصله $A = \frac{R}{۱۰۰}$ بالای سطح حلقه، از حالت سکون رها می‌کنیم. با چشم‌پوشی از گرانش و با مقایسه این دستگاه با دستگاه جرم ـ فنر، اندازه سرعت این بار هنگام عبور از مرکز حلقه چقدر است؟

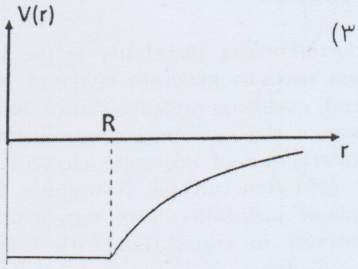
۱) $\frac{Q}{۵۰\sqrt{۴\pi\epsilon_۰Rm}}$ ۲) $\frac{Q}{۱۰۰\sqrt{۴\pi\epsilon_۰Rm}}$ ۳) $\frac{Q}{۲۰۰\sqrt{۴\pi\epsilon_۰Rm}}$ ۴) $\frac{Q}{۱۰۰\sqrt{۸\pi\epsilon_۰Rm}}$

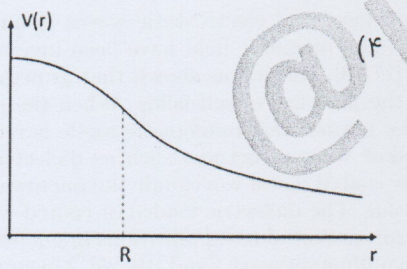
۱۲) میدان الکتریکی یک کره باردار با چگالی بار حجمی یکنواخت در نقاط داخل و خارج آن به صورت شعاعی است و اندازه آن از نمودار شکل روبرو به دست می‌آید که در آن r فاصله از مرکز کره است. با توجه به آن که میدان الکتریکی در یک نقطه، برابر با منفی شیب تابع پتانسیل الکتریکی در آن نقطه است، کدام نمودار پتانسیل الکتریکی را بر حسب r نشان می‌دهد؟



۱)


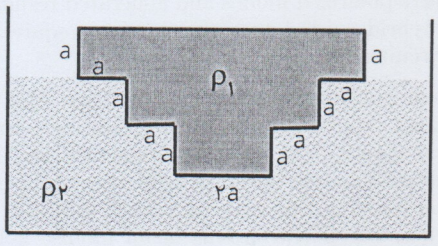
۲)


۳)


۴)


---

۱۳) جسم جامدی به چگالی ρ_1 در مایعی به چگالی ρ_2 شناور است. مقطع دستگاه مطابق شکل روبرو است. جسم در راستای عمود بر شکل به اندازه طول L امتداد دارد. نسبت چگالی مایع به چگالی جسم $(\frac{\rho_2}{\rho_1})$ چقدر است؟



۱) ۲ ۲) $\frac{1}{2}$ ۳) $\frac{9}{5}$ ۴) $\frac{5}{9}$

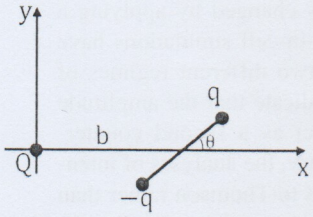
@irnpho

۱۴) انرژی موجود در هر گرم سیب ۰/۵۷ kcal است. اگر آهنگ مصرف انرژی در بازی بسکتبال حرفه‌ای ۴۸ kJ/min باشد، با انرژی حاصل از یک سیب ۱۰۰ گرمی، چند دقیقه می‌توان بسکتبال بازی کرد؟

۱) ۸/۴ ۲) ۵/۰ ۳) ۱/۲ ۴) ۰/۸۴

---

۱۵) انرژی دو بار q_1 و q_2 هنگامی که در فاصله d از هم قرار دارند برابر است با $U = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 d}$. بارهای $-q$ و $+q$ دو سر میله‌ای به طول $2a$ قرار دارند. وسط میله مطابق شکل در نقطه $(b, 0)$ در صفحه xy ثابت است و امتداد میله با محور x زاویه θ می‌سازد. با فرض آنکه b خیلی از a بزرگتر است و میله همواره در صفحه xy باقی می‌ماند، تغییر انرژی دستگاه وقتی میله از زاویه $\theta = \frac{\pi}{2}$ تا زاویه θ حول نقطه وسط بچرخد، کدام گزینه است؟



راهنمایی: از قضیه کسینوس‌ها در مثلث استفاده کنید. همچنین برای ϵ کوچک داریم: $(1+\epsilon)^n \approx 1 + n\epsilon$.

۱) $-\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0}\frac{\cos\theta}{(a^2+b^2)^{3/2}}$

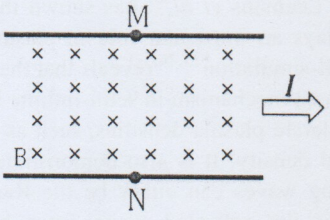
۲) $-\frac{2qQ}{4\pi\epsilon_0}\frac{\cos\theta}{(a^2+b^2)^{1/2}}$

۳) $-\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0}\frac{ab\cos\theta}{(a^2+b^2)^{3/2}}$

۴) $-\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0}\frac{2ab\cos\theta}{(a^2+b^2)^{3/2}}$

---

۱۶) در آزمایش موسوم به آزمایش هال، از یک نوار رسانا مطابق شکل جریان I عبور داده می‌شود. میدان مغناطیسی یکنواخت B نیز عمود بر صفحه نوار و به سمت داخل شکل برقرار است. بسته به اینکه جریان الکتریکی به واسطه حرکت بارهای مثبت یا منفی باشد، ممکن است بین دو نقطه مقابل M و N در عرض نوار اختلاف پتانسیل $\Delta V = V_M - V_N$ پدیدار شود. با توجه به این مطلب کدام گزینه صحیح است؟



۱) $\Delta V > 0$ است اگر جریان الکتریکی به واسطه حرکت بارهای منفی باشد.

۲) $\Delta V > 0$ است اگر جریان الکتریکی به واسطه حرکت بارهای مثبت باشد.

۳) تحت هر شرایطی $\Delta V > 0$

۴) تحت هر شرایطی $\Delta V < 0$

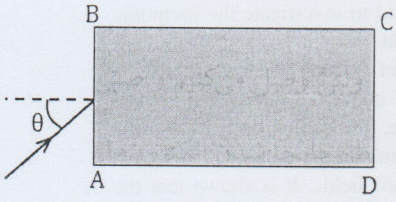
@inpho

۱۷) یک خازن به ظرفیت $۱/۰\mu F$ را که در ابتدا خالی است به یک باتری ۱۲ ولتی وصل می‌کنیم و صبر می‌کنیم تا خازن کاملا باردار شود. فرض می‌کنیم باردار شدن صفحات خازن فقط به واسطه جابجا شدن الکترون‌ها باشد. اگر تعداد الکترون‌های آزاد دو صفحه $n_۱$ و $n_۲$ باشد، کمیت $\Delta n = |n_۱ - n_۲|$ قبل و بعد از پر شدن خازن چه قدر تغییر کرده است؟ بار الکترون $e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ C است.

۱) $۱/۵ \times ۱۰^{۱۴}$ ۲) $۷/۵ \times ۱۰^{۱۳}$ ۳) $۳/۸ \times ۱۰^{۱۳}$ ۴) صفر

---

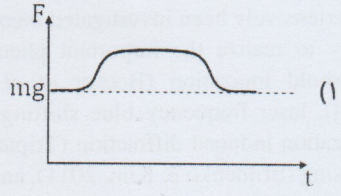
۱۸) مستطیل ABCD به عرض a و طول $۳a$ مقطع محیط شفافی به ضریب شکست $\frac{۳}{۲}$ است. پرتو نوری مطابق شکل، از هوا با زاویه θ به وسط عرض AB می‌تابد و پس از ورود به محیط و یک‌بار بازتاب کلی، نقطه D را روشن می‌کند. $\sin\theta$ کدام است؟

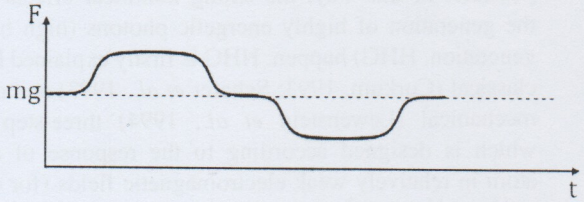


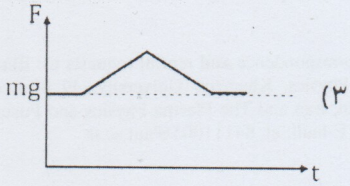
۱) $\frac{۳}{۲\sqrt{۱۰}}$ ۲) $\frac{۳}{\sqrt{۱۳}}$ ۳) $\frac{۳}{۲\sqrt{۵}}$ ۴) $\frac{۲}{۳}$

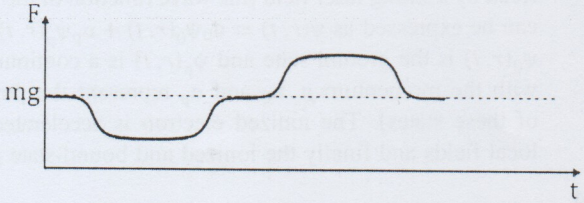
---

۱۹) شخصی به جرم m در طبقه اول یک ساختمان بسیار بلند وارد آسانسور شده و روی یک ترازو می‌ایستد. اگر این شخص بدون توقف در سایر طبقات، تا طبقه آخر ساختمان بالا برود، نیروی وارد شده بر ترازو بر حسب زمان کدام گزینه می‌تواند باشد؟

۱)


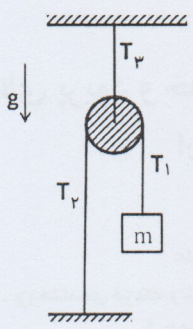
۲)


۳)


۴)


@irnpho

۲۰) در دستگاه شکل مقابل جرم نخ و قرقره ناچیز است و قرقره در محور خود اصطکاک ندارد. کدام گزینه در مورد نیروهای کشش نخ صحیح است؟



۱) $T_۱ = T_۲ = T_۳ = ۰$

۲) $T_۱ = T_۲ = T_۳ = mg$

۳) $۲T_۱ = ۲T_۲ = T_۳ = mg$

۴) $۲T_۱ = ۲T_۲ = T_۳ = ۲mg$

---

۲۱) کدام گزینه صحیح است؟

۱) تندی صوت در هر محیطی مستقل از دما است.

۲) تندی انتشار صداهای بم و صداهای زیر در هوا تقریبا یکسان است.

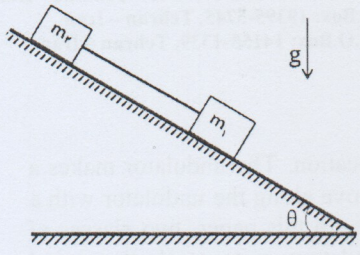
۳) تندی صوت در گازها همواره کمتر از مایعات است.

۴) در انتشار امواج ناشی از زلزله، تندی انتشار امواج اولیه (P) و امواج ثانویه (S) یکسان است.

@irnpho

---

۲۲) در دستگاه شکل مقابل جرم‌های $m_۱$ و $m_۲$ روی سطح شیبداری به زاویه θ به پایین حرکت می‌کنند. ضریب اصطکاک جنبشی این دو جسم با سطح به ترتیب $\mu_۱$ و $\mu_۲$ است. کدام گزینه در مورد کشش نخ درست است؟



۱) $T = ۰$ اگر $(\mu_۲ > \mu_۱)$

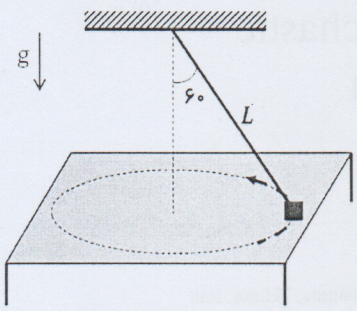
۲) $T = \frac{m_۱ m_۲}{m_۱ + m_۲}(\mu_۲ + \mu_۱) g \cos\theta$

۳) $T = \frac{m_۱ m_۲}{m_۱ + m_۲}(\mu_۲ - \mu_۱) g \cos\theta$ اگر $(\mu_۲ > \mu_۱)$

۴) $T = (m_۱ + m_۲)(\mu_۲ - \mu_۱) g \cos\theta$ اگر $(\mu_۲ > \mu_۱)$

---

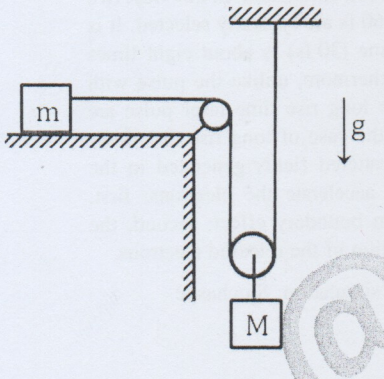
۲۳) جسمی را در نظر بگیرید که به نخ بدون جرمی به طول L متصل است و مطابق شکل روی میز افقی بدون اصطکاکی حرکت دایره‌ای یکنواخت می‌کند. زاویه نخ با راستای قائم ۶۰ درجه است. اگر اندازه نیروی عمودی سطح، یک سوم وزن جسم باشد، تندی جسم چقدر است؟



۱) $\sqrt{Lg}$ ۲) $\sqrt{\frac{۲\sqrt{۳}}{۳}Lg}$ ۳) $\sqrt{\frac{۱}{۲}Lg}$ ۴) $\sqrt{\frac{\sqrt{۳}}{۲}Lg}$

---

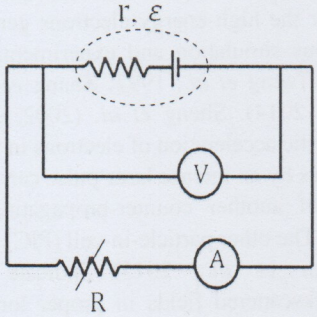
۲۴) در دستگاه شکل مقابل، دو جسم M و m با نخی به طول ثابت که از روی یک قرقره ثابت و یک قرقره متحرک عبور کرده، به هم متصل هستند. جرم قرقره‌ها و نخ ناچیز است. ضریب اصطکاک جنبشی جسم m با سطح میز ۰/۱۰ است. نسبت $\frac{M}{m}$ چه باشد تا جسم M با شتاب $\frac{g}{۴}$ حرکت کند؟



۱) ۰/۴۷ ۲) ۰/۸۰ ۳) ۰/۹۳ ۴) ۱/۶

---

۲۵) در مدار شکل زیر نیروی محرکه باتری ۱۴/۰V است. مقاومت رئوستا را تغییر می‌دهیم و مقادیر جریان و ولتاژ را اندازه‌گیری می‌کنیم. داده‌های آزمایش مطابق جدول زیر است:



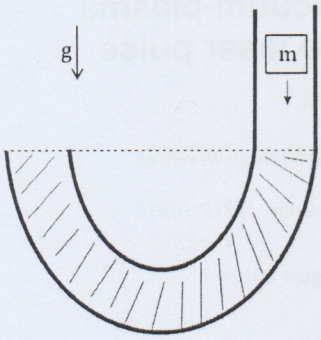
I(A)	۲/۰	۳/۰	۴/۰	۵/۰	۶/۰
V(V)	۱۱/۸	۱۰/۱	۹/۶	۷/۵	۲/۰

نتیجه اندازه‌گیری مقاومت داخلی چند اهم است؟

۱) ۱/۴ ۲) ۱/۳ ۳) ۱/۲ ۴) ۱/۱

@mpho

۲۶) در ظرف شکل مقابل، مایع در لوله سمت چپ در آستانه لبریز شدن است. در لوله سمت راست جسمی به جرم m و چگالی ρ را به آرامی شناور می‌کنیم. اگر چگالی مایع ρ_0 باشد، حجم مایعی که از لوله سمت چپ به بیرون می‌ریزد، کدام گزینه است؟



۱) $\frac{m}{\rho_0}$ ۲) $\frac{m}{\rho}$ ۳) $m\frac{\rho+\rho_0}{\rho\rho_0}$ ۴) صفر

@irnpho

مسئله‌های کوتاه

پیش از شروع به حل مسئله‌های کوتاه، توضیح زیر را به دقت بخوانید.

در این مسئله‌ها باید پاسخ را برحسب واحدهای موردنظر (مثلاً میلی‌آمپر، متر، کیلوگرم، دقیقه و غیره) که در صورت مسئله خواسته شده، با دو رقم بدست 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 بر حسب 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 نمره منفی ندارد.

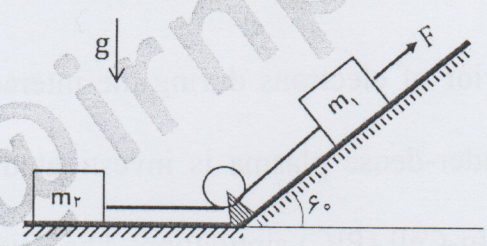
دهگان	یکان
1	1
●	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	●
8	8
9	9
0	0

@inpho

۱) نوعی شناور ساده از به هم بستن تنه‌های درختان به هم ساخته می‌شود که اصطلاحا به آن کلک گفته می‌شود. فرض کنید از به هم بستن تعدادی تنه درخت استوانه‌ای شکل به قطر ۲۰cm و طول ۲m در یک ردیف افقی، یک کلک ساخته شده است. اگر این کلک را روی آب شناور کنیم، بخشی از مقطع عرضی درختان از آب بیرون می‌ماند. حداقل چند تنه درخت را در ساختن یک کلک به کار بریم تا وقتی ۵ نفر که جرم هر کدام ۸۰kg است سوار آن شوند، تمام بدنه کلک در آب فرو رود؟ چگالی تنه درخت $۸۰۰\text{kg/m}^۳$ است.

---

۲) جرم $m_۱ = ۲/۰\text{kg}$ و جرم $m_۲ = ۳/۰\text{kg}$ مطابق شکل با نخ بدون جرمی به هم متصل هستند. نخ از زیر با قرقره‌ای به جرم ناچیز در تماس است و اصطکاک در محور قرقره قابل چشم‌پوشی است. جرم m با نیروی $F = ۳۰\text{N}$ روی سطح شیبداری به زاویه شیب $\theta = ۶۰^\circ$ به بالا کشیده می‌شود. کلیه سطوح بدون اصطکاک هستند. اندازه نیرویی که نخ به قرقره وارد می‌کند چند نیوتن است؟ $(\sqrt{۳} \approx ۱/۷)$



---

۳) یک گرمکن ۱۰۰۰ واتی چند دقیقه کار کند تا ۸۰۰g یخ در دمای $-۲۲\,^\circ\text{C}$ را به بخار آب $۱۰۰\,^\circ\text{C}$ تبدیل کند؟ گرمای نهان ذوب و تبخیر آب به ترتیب $L_F = ۳۳۴\ \text{kJ/kg}$ و $L_V = ۲۲۶۰\ \text{kJ/kg}$ است. گرمای ویژه یخ و آب نیز به ترتیب $C_I = ۲۲۰۰\ \text{J/kg}\cdot\text{K}$ و $C_W = ۴۱۸۰\ \text{J/kg}\cdot\text{K}$ است.

---

۴) یک لاستیک خودرو سواری قبل از باد کردن، حاوی هوا با فشار یک اتمسفر است. حجم داخلی لاستیک ثابت و برابر ۱۵ lit است. دمای هوای بیرون $۱۷\,^\circ\text{C}$ و فشار آن یک اتمسفر است. بر اثر باد کردن لاستیک، فشار آن در دمای ثابت به ۳۵ اتمسفر می‌رسد. جرم مولی هوا 29g/mol و ثابت جهانی گازها $R = ۸/۳\ \text{J/mol}\cdot\text{K}$ است. اگر این لاستیک را قبل از باد کردن و پس از باد کردن وزن کنیم، اختلاف چه ضریبی از ۱۰ گرم است؟

$(۱\ \text{atm} = ۱/۰۱ \times ۱۰^۵\text{Pa})$

@irnpho

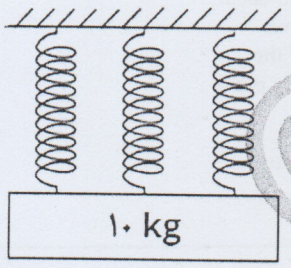
۵) اجسام جامد و مایع در مقابل تغییر فشار از خود واکنش نشان می‌دهند و اندکی حجم آنها تغییر می‌کند. کمیتی که برای توصیف این پدیده تعریف می‌شود، مدول کپه‌ای کشسانی نام دارد. این کمیت عبارت است از تغییر فشار به تغییر حجم نسبی جامد یا مایع، به عبارت دیگر $B = \frac{\Delta P}{\left|\frac{\Delta V}{V}\right|}$. یک آبگرم‌کن دارای مخزنی فولادی با ضریب انبساط طولی $\alpha = ۱/۰ \times ۱۰^{-۵}\mathrm{K}^{-۱}$ است. مخزن محتوی آب با ضریب انبساط حجمی $\beta = ۲/۷ \times ۱۰^{-۴}\mathrm{K}^{-۱}$ است. مدول کپه‌ای کشسانی آب برابر است با $۲/۲\mathrm{GPa}$. اگر مخزن پر از آب باشد و راه ورود و خروج آب به آن کاملا بسته باشد، در صورتی که دمای آن $۳۰^{\circ}\mathrm{C}$ بالا برود، فشار آب درون مخزن چند مگا پاسکال افزایش می‌یابد؟

---

۶) جسمی به جرم $۱۰۰\mathrm{g}$ از ارتفاع زیاد سقوط می‌کند و بر اثر مقاومت هوا به سرعت حدی می‌رسد. فرض کنید نیروی مقاومت هوا بر این جسم به طور خطی متناسب با سرعت آن باشد. اگر پیش از رسیدن به سرعت حد، در زمانی که سرعت جسم $۲\mathrm{m/s}$ است، نیروی مقاومت هوا $۰/۵۶\mathrm{N}$ باشد، سرعت حد چند دسی‌متر بر ثانیه است؟

---

۷) فنری به طول آزاد L و جرم ناچیز از قانون هوک تبعیت می‌کند. اگر جسمی به جرم $۱۰\mathrm{kg}$ را به انتهای آزاد آن بیاویزیم، طول آن به اندازه $۲۷\mathrm{cm}$ زیاد می‌شود. اگر این فنر را به سه قسمت مساوی تقسیم کنیم و مطابق شکل همان وزنه $۱۰\mathrm{kg}$ را از آن آویزان کنیم، هر یک از فنرها چند سانتی‌متر کشیده می‌شوند؟

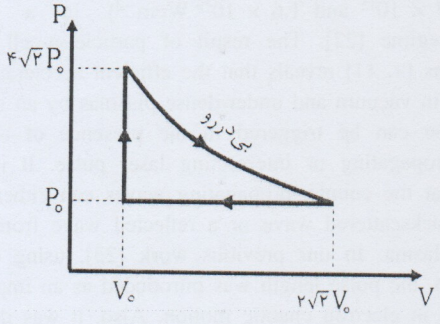


---

۸) برای یک گاز آرمانی در فرایند بی‌دررو، می توان ثابت کرد که کمیت PV^{γ} ثابت است که در آن P فشار و V حجم است و $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$ ضریب اتمیسیته گاز نام دارد. نمودار $P-V$ برای یک ماشین گرمایی آرمانی شامل n مول گاز آرمانی، مطابق شکل است.

بازده ماشین چند درصد است؟

$(\sqrt{۲} \approx ۱/۴)$



پاسخ تشریحی سؤالات مرحله اول المپیاد فیزیک سال ۱۳۹۸، کد دفترچه: ۱

۱) گزینه ۳

$$I_{\text{دریافتی}} = \frac{1}{2} I_{\text{تولیدی}} = \frac{1}{2} \times \frac{P_{\text{تولیدی}}}{A} = \frac{1}{2} \times \frac{25}{0.5 \times 0.5} = 10^3 \frac{W}{m^2}$$

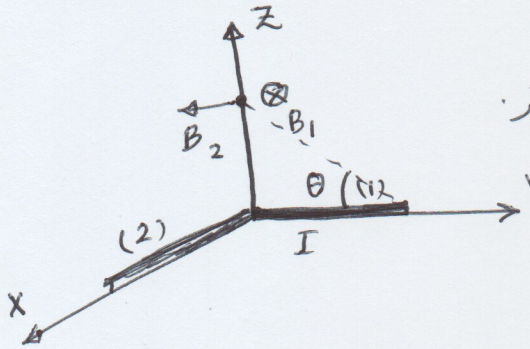
$$\Rightarrow E_{\text{دریافتی}} = I_{\text{دریافتی}} \times A \times t = I \times \pi R_e^2 \times t$$

$$= 10^3 \times 3.14 \times (6.4 \times 10^6)^2 \times 2 \times 3600 \cong 926 \times 10^{18} \cong 10^{21} \text{ J}$$

---

۲) گزینه ۱ صحیح است

مطابق شکل اندازه میدان هر دو سیم با هم برابر است و میدانها در هم ضرب می‌شوند.



$$|B_1| = |B_2| = \frac{\mu_0 I}{4\pi L} (\cos\theta - \cos\frac{\pi}{2})$$

$$= \frac{\mu_0 I}{4\pi L} \times \frac{L/2}{\sqrt{L^2 + \frac{L^2}{4}}} = \frac{\mu_0 I}{4\pi L} \times \frac{1}{\sqrt{5}}$$

$$B_T = + \frac{\mu_0 I}{4\pi L} \times \frac{1}{\sqrt{5}} (-\hat{i} + \hat{j}) \Rightarrow |B_T| = \sqrt{2}|B_1| = \sqrt{\frac{2}{5}} \frac{\mu_0 I}{4\pi L}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{40}} \frac{\mu_0 I}{\pi L}$$

---

۳) گزینه ۱ صحیح است.

فرض کنید جرم واحد سطح کاغذ (جرم بر واحد مساحت) σ باشد. اگر فرض کنیم مساحت یک کاغذ A باشد بعد از هر بار تا زدن مساحت آن نصف می‌شود بنابراین داریم:

$$P = \frac{mg}{A/16} = \frac{(\sigma A) g}{A/16} = 16\sigma g = 16 \times 80 \times 10^{-3} \times 9.8 = 12.54 \text{ Pa}$$

---

۴) گزینه ۱ صحیح است.

شناورند F_b:

هنگامی که سرعت ثابت می‌شود برآیند نیروها صفر است. (ρ' چگالی جسم است)

$$W = F_D + F_b \Rightarrow \rho' V g = \frac{1}{2} C A \rho v^2 + \rho V g \quad (V: \text{حجم})$$

$$\Rightarrow (\rho' - \rho) \times \frac{4}{3} \pi R^3 g = 0.2 \times \pi R^2 \rho v^2$$

$$\Rightarrow (\rho' - \rho) \times 0.4 \times 9.8 = 0.2 \rho \times 9.8 \Rightarrow \frac{\rho'}{\rho} = \frac{3}{2}$$

@irmho

پاسخ تشریحی سؤالات مرحله اول المپیاد فیزیک سال ۱۳۹۸، کد دفترچه: ۱

۵) گزینه ۲ صحیح است.

$$PV = nRT = \frac{N}{N_A}RT \Rightarrow P = \left(\frac{N}{V}\right)\frac{RT}{N_A} = n_v \frac{RT}{N_A} \Rightarrow n_v = \frac{PN_A}{RT}$$

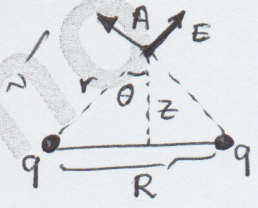
$$\Rightarrow n_v = \frac{1/01 \times 10^5 \times 6 \times 10^{23}}{8.3 \times 300} = 0.24 \times 10^{26} = 2.4 \times 10^{25}\ m^{-3}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{1}{\sqrt{2} \times 2.4 \times 10^{25} \times 3.14 \times (4 \times 10^{-10})^2} = \frac{10^{-5}}{168.8} = 5.8 \times 10^{-8}\ m = 58\ nm$$

---

۶) گزینه ۴ صحیح است.

میدان الکتریکی آرایش A روی محور تقارن برابر است با:



$$E_T = 2E\cos\theta = \frac{2Kq}{r^2} \times \frac{z}{r} = \frac{2Kqz}{r^3}$$

$$= 2Kq \frac{z}{\sqrt{(z^2 + R^2/4)^3}}$$

که در مربع $R = \sqrt{2}a$ در نظر گرفت. بنابراین برای یک مربع در فاصله z از مرکز داریم:

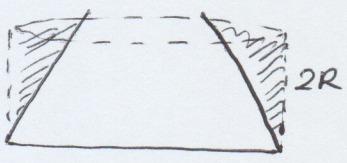
$$E(z) = 4Kq \frac{z}{\sqrt{(z^2 + a^2/2)^3}}$$

$$\Rightarrow \frac{E_A}{E_B} = \frac{E(z=a)}{E(z=2a)} = \frac{\frac{a}{\sqrt{(\frac{3}{2}a^2)^3}}}{\frac{2a}{\sqrt{(\frac{9}{2}a^2)^3}}} = \frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{9}{3}\right)^3} = \frac{3\sqrt{3}}{2}$$

---

۷) گزینه ۱ صحیح است.

اگر ظرف استوانه‌ای بود هیچ آب از لبه‌ها نمی‌ریخت. بنابراین حجم مخروط مقابل حجم مایع هاشور خورده باید برابر با حجم ظرف باشد.



$$\rho V = M \Rightarrow \rho \times \left[\pi(2R)(5R)^2 - \frac{\pi}{3} \times 2R\,(9R^2 + 25R^2 + 15R^2)\right]$$

$$= \frac{52}{3}\rho\pi R^3 = M \Rightarrow \rho = \frac{3}{52}\frac{M}{\pi R^3}$$

پاسخ تشریحی سوالات مرحله اول المپیاد فیزیک سال ۱۳۹۸ ، کد دفترچه: ۱

۸) گزینه ۴ صحیح است.

طبق قاعده دولون پتی ظرفیت گرمایی جامدات $25\ \frac{J}{mol\,K}$ یا $(3R)$ می‌باشد بنابراین

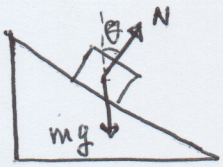
$$Q_{\text{آلومینیوم}} + Q_{\text{آب}} = 0 \quad \Rightarrow \quad n \times 25 \times (\theta - 50) + 1 \times 4200\,(\theta - 10) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{220}{55} \times 25\,(\theta - 50) + 4200(\theta - 10) = 0 \rightarrow \theta = \frac{470}{43} = 10.93$$

$$\Rightarrow \Delta\theta_{\text{آب}} = 0.93 \cong 1^{\circ}C$$

---

۹) گزینه ۳ صحیح است.



$$N\cos\theta = mg$$
$$N\sin\theta = ma$$
$$\Rightarrow \begin{cases} N\cos^2\theta = mg\cos\theta \\ +\ N\sin^2\theta = ma\sin\theta \end{cases}$$
$$N = ma\sin\theta + mg\cos\theta$$

---

۱۰)

با توجه به توضیحات سوالات تغییر انرژی پتانسیل گرانشی را می‌توان به عنوان گرما در نظر گرفت اما باید در نظر داشت که با پایین آمدن کلوخه می، سطح دریاچه بالا می‌رود که میزان بالا رفتن آن را می‌توان با در نظر گرفتن تغییری از شعاعی در نظر گرفت.

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{\Delta U}{T} = \frac{m\left(1 - \frac{\rho_{\text{آب}}}{\rho_{\text{مس}}}\right)gh}{T} = \frac{0.4 \times \left(1 - \frac{1}{8.9}\right) \times 9.8 \times 100}{283}$$

$$= 1.23\ \frac{J}{K}$$

@irnpho

پاسخ تشریحی سؤالات مرحله اول المپیاد فیزیک سال ۱۳۹۸ ـ نسخه تشریحی

۱۱) گزینه ۳ صحیح است.

حرکت ذره‌ی باردار حرکت نوسانی حول مرکز حلقه می‌باشد که سرعت در مرکز حلقه از رابطه $v_{max} = A\omega$ به دست می‌آید.

$$F = ma \Rightarrow qE = ma \Rightarrow a = -\frac{q}{4m}\cdot\frac{qz}{4\pi\epsilon_0 R^3} = -\frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 mR^3}z$$

در حرکت نوسانی $a = -\omega^2 z$ بنابراین $\omega = \sqrt{\frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 mR^3}}$

$$\Rightarrow v = \frac{R}{100}\omega = \frac{q}{200\sqrt{4\pi\epsilon_0 Rm}}$$

---

۱۲) گزینه ۴ صحیح است.

در ناحیه $(0\ R)$ میدان به صورت خطی تغییر می‌کند $E \propto r$ بنابراین تابع پتانسیل باید به صورت سهمی باشد که آن در هر نقطه مشتق با ۲ (نصف) باشد که گزینه‌های ۲ و ۳ می‌توانند باشند. با توجه به علامت صحیح می‌توان گزینه ۴ صحیح است.

---

۱۳) گزینه ۱ صحیح است.

طبق قانون شناوری داریم:

$$mg = \rho_{\text{غوطه}} V g \Rightarrow \rho_1 \times (2a^2L + 4a^2L + 6a^2L)g = \rho_2 6a^2 L g$$

$$\Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{12}{6} = 2$$

@irnpho

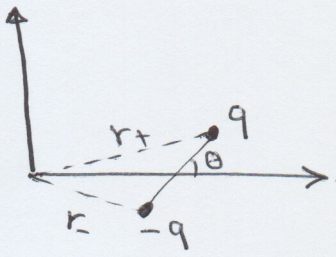
پاسخ تشریحی سوالات مرحله اول المپیاد فیزیک سال ۱۳۹۸، کد دفترچه: ۱

۱۴) گزینه ۲ صحیح است.

$$P=\frac{E}{t} \Rightarrow t=\frac{E}{P}=\frac{100\times 0.85\text{V}\times 4.2}{48}=4.98\,\text{min}\simeq 5\,\text{min}$$

---

۱۵) گزینه ۴ صحیح است.



$$U=\frac{Gq}{4\pi\epsilon_0 r_+}-\frac{Gq}{4\pi\epsilon_0 r_-}=\frac{Gq}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{r_+}-\frac{1}{r_-}\right)$$

$$r_+=(a^2+b^2+2ab\cos\theta)^{\frac{1}{2}}=(a^2+b^2)^{\frac{1}{2}}\left(1+\frac{2ab\cos\theta}{a^2+b^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$r_-=(a^2+b^2-2ab\cos\theta)^{\frac{1}{2}}=(a^2+b^2)^{\frac{1}{2}}\left(1-\frac{2ab}{a^2+b^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\Rightarrow U=\frac{Gq}{4\pi\epsilon_0\sqrt{a^2+b^2}}\left(\left(1+\frac{2ab}{a^2+b^2}\cos\theta\right)^{-\frac{1}{2}}-\left(1-\frac{2ab\cos\theta}{a^2+b^2}\right)^{-\frac{1}{2}}\right)$$

$$=\frac{Gq}{4\pi\epsilon_0\sqrt{a^2+b^2}}\left(\left(1-\frac{ab}{a^2+b^2}\cos\theta\right)-\left(1-\frac{ab}{a^2+b^2}\cos\theta\right)\right)$$

$$=\frac{-qG}{4\pi\epsilon_0}\,\frac{2ab\cos\theta}{(a^2+b^2)^{\frac{3}{2}}}$$

---

۱۶) گزینه ۲ صحیح است.

طبق قاعده دست راست بارهای مثبت که جهت راست حرکت می‌کنند جهت نقطه M حرکت می‌کنند و بارهای منفی در نقطه N جمع می‌شوند و میدان از M به N خواهیم داشت پس $V_M>V_N$ و $\Delta V<0$

---

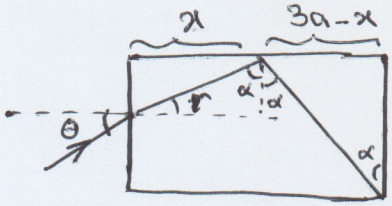
۱۷) گزینه ۱ صحیح است.

$$q=CV=12\times10^{-6}\,\text{C} \Rightarrow n=\frac{q}{e}=\frac{12\times10^{-6}}{1.6\times10^{-19}}=7.5\times10^{13}$$

$$\Delta n_{\text{بعد}}=2\times7.5\times10^{13}=15\times10^{13}=1.5\times10^{14}+\Delta n_{\text{قبل}}$$

پاسخ تشریحی سوالات مرحله اول المپیاد فیزیک سال ۱۳۹۸ . کد دفترچه : ۱

۱۸) گزینه ۳ صحیح است .



$$Sin\theta = n\,Sinr$$

$$tg\alpha = \frac{x}{a/2} = \frac{3a-x}{a} \Rightarrow 2x = 3a - x \rightarrow \boxed{x = a}$$

$$\Rightarrow Sinr = \frac{a/2}{\sqrt{\frac{a^2}{4}+a^2}} = \frac{1}{\sqrt{5}} \rightarrow Sin\theta = \frac{3}{2\sqrt{5}}$$

---

۱۹) گزینه ۲ صحیح است .

جرقه آسانسور باید برای ناظری که ابتدای حرکت شتاب نداشته و انتهای حرکت شتاب نداشته باشد صدق رابطه $N = m(g+a)$ نیروی وارد شده بر آن از mg بیشتر باشد در ابتدای حرکت $N > mg$ و در لحظات قبل از توقف $N < mg$ می باشد.

---

۲۰) گزینه ۴ صحیح است .

جسم m ساکن است پس $T_1 = mg$ از طرفی چون طناب جرم ندارد و نیروی کشش آن یکسان است پس $T_2 = mg$ ، از ساکن بودن قرقره و بدون جرم بودن آن داریم $T_3 = 2T_1 = 2mg$

---

۲۱) گزینه ۲ صحیح است .

---

۲۲) گزینه ۳ صحیح است .

جسم با یک شتاب حرکت تندشونده شروع می شود.

$$m_1 g\,Sin\theta - \mu_1 m_1 g\,Cos\theta - T = m_1 a$$

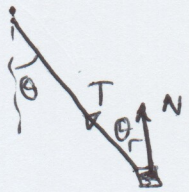
$$T + m_2 g\,Sin\theta - \mu_2 m_2 g\,Cos\theta = m_2 a$$

$$\Rightarrow T = \frac{m_1 m_2 g}{m_1 + m_2} Cos\theta\,(\mu_2 - \mu_1) \qquad T > 0 \Rightarrow \mu_2 > \mu_1$$

@irnpho

پاسخ تشریحی سؤالات مرحله اول المپیاد فیزیک - سال ۱۳۹۸ کد دفترچه: ۱

۲۳) گزینه ۱ صحیح است.



$$N + T\cos\theta = mg \rightarrow T\cos\theta = mg - \frac{1}{3}mg = \frac{2}{3}mg$$

$$T\sin\theta = \frac{mv^2}{R} = \frac{mv^2}{L\sin\theta}$$

$$\Rightarrow \quad \tan\theta = \frac{3mv^2}{2mgL\sin\theta} \Rightarrow \quad v = \sqrt{Lg}$$

---

۲۴) گزینه ۴ صحیح است.

$$a_m = 2a_M = \frac{g}{2} \Rightarrow \begin{cases} Mg - 2T = Ma_M = M\frac{g}{4} \\ T - \mu_k mg = ma_m = m\frac{g}{2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} Mg - 2T = M\,g/4 \\ 2T - 0.2mg = mg \end{cases} \Rightarrow (M - 0.2m) = m + \frac{M}{4} \rightarrow \frac{M}{m} = 1.6$$

---

25) گزینه ۳ صحیح است.

طبق رابطه $V = \varepsilon - rI$ داریم $r = \frac{\varepsilon - V}{I}$، مقادیر مختلف r عبارتند از

I	2	3	4	5	6
V	11.8	10.1	9.6	7.5	2
r	1.1	1.3	1.1	1.3	2

مقدار ۲ که دو تا از مقادیر بسیار متفاوت است پس آن را نادیده می‌گیریم و نتیجه‌گیری داخلی میانگین بقیه مقادیر است.

$$r = \frac{1.1 + 1.3 + 1.1 + 1.3}{4} = 1.2$$

@irnho

پاسخ تشریحی سؤالات مرحله اول المپیاد فیزیک سال ۱۳۹۸ کد دفترچه: ۱

۲۷) گزینه ۱ صحیح است.

مقدار آب خارج شده برابر است با مقداری که وزنش نیروی شناوری جبران می‌شود.

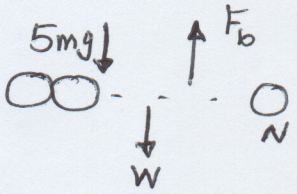
$$mg = \rho_0 V_{in} g \rightarrow V_{in} = \frac{m}{\rho_0}$$

سؤالات پاسخ کوتاه

---

۱) جواب $N = 32$ است.

به اندازه‌ی نیروی وزن خود W نیروی وزن الکلی و نیروی شناوری وارد می‌شود.



$$5mg + Nm'g = N\rho_{آب} Vg$$

$$\Rightarrow 5m + N\rho_{نفت} V = N\rho_{آب} V$$

$$\Rightarrow N = \frac{6m}{(\rho_{آب} - \rho_{نفت})V} = \frac{5 \times 80}{(1000 - 800) \times \pi \times (0.1)^2 \times 2} \simeq 31.82$$

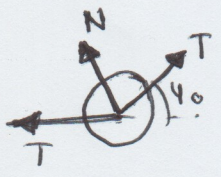
$$\Rightarrow N \geq 32$$

جواب $N = 32$

---

۲) جواب $N = 80\,N$ است.

$$\begin{cases} F - m_1 g \sin\theta - T = m_1 a \\ T = m_2 a \end{cases}$$



$$\Rightarrow 30 - 2 \times 9.8 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = (5)a \Rightarrow a \simeq 2.66 \Rightarrow T = 3 \times 2.66 \simeq 8N$$

$$N = 2T \sin 30 = T = 8N$$

@mcho

پاسخ تشریحی سوالات مرحله اول المپیاد فیزیک سال ۹۸ - ۱۳ کد دفترچه: ۱

۹/

۳) جواب $41\,min$ است.

$$P = \frac{Q}{t} \Rightarrow t = \frac{Q}{P} = \frac{(mc\Delta\theta)_{\text{یخ}} + mL_F + mc\Delta\theta_{\text{آب}} + mL_V}{10^3}$$

$$\Rightarrow t = 10^{-3}\{2200\times 22 + 334\times 10^3 + 4180\times 100 + 2260\times 10^3\}$$

$$= 0.8\{22\times 2.2 + 334 + 418 + 2260\} \cong 0.8\times 3060\ S$$

$$= 40.8\ min$$

---

۴) جواب 62 است.

$$PV = nRT \Rightarrow (\Delta P)V = (\Delta n)RT$$

$$\Rightarrow \Delta m = M\Delta n = M\frac{(\Delta P)V}{RT} = \frac{29}{1000}\times\frac{34\times 1.01\times 10^5\times 15\times 10^{-3}}{8.3\times 290}$$

$$= 621\ gr = 62.1\times 10g \cong 62\ (10gr)$$

---

۵) جواب $16\ MPa$ صحیح است.

تغییر حجم خاصی آب $= \Delta V = (\beta - 3\alpha)V\Delta T$ ، $\Delta P = \frac{\Delta V}{V}B$

$$\Rightarrow \Delta P = (\beta - 3\alpha)B\Delta T$$

$$= 2.2\times 10^9(2.7\times 10^{-4} - 3\times 10^{-5})\times 30 = 15.8\ MPa \cong 16\ MPa$$

@irnpho

پاسخ تشریحی نوزدهمین دوره المپیاد فیزیک سال ۱۳۹۸ — گروه آموزشی ۱

۱۰/

۶) جواب $35\ \frac{dm}{s}$ است

$$F = bv \Rightarrow 0.56 = 2b \Rightarrow b = 0.28\ \frac{N}{m/s}$$

سرعت حدی $mg - bv_{\text{حدی}} = 0 \Rightarrow v_{\text{حدی}} = \frac{mg}{b} = \frac{0.1 \times 9.8}{0.28} = 3.5\ m/s$

$= 35\ \frac{dm}{s}$

---

۷) جواب $0.4\ cm$ است.

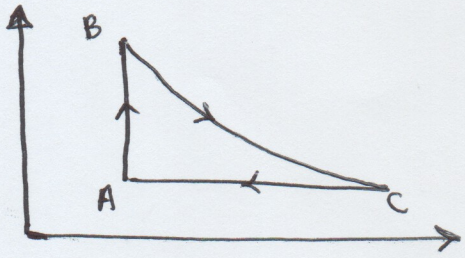
هر فنری را با N قسمت برابر تقسیم کنیم ثابت فنر K برابر می‌شود.

$$K' = 3K \qquad mg = F' = F \Rightarrow 3k'\Delta x' = K\Delta x$$

$$\Rightarrow 3(3k)\Delta x' = K\Delta x \rightarrow \Delta x' = \frac{\Delta x}{9} = \frac{27}{9} = 3$$

---

۸) جواب 35 است.



$$P_B V_B^{\gamma} = P_C V_C^{\gamma}$$

$$\Rightarrow 4\sqrt{2}\,P_0 V_0^{\gamma} = P_0 (2\sqrt{2}V_0)^{\gamma}$$

$$\Rightarrow 2^{5/2} = 2^{\frac{3\gamma}{2}} \Rightarrow \boxed{\gamma = \frac{5}{3}}$$

$$\frac{C_P}{C_V} = \frac{5}{3}, \quad C_P - C_V = R \Rightarrow C_V = \frac{3}{2}R \qquad C_P = \frac{5}{2}R$$

$$Q_H = n C_V \Delta T = n\left(\frac{3}{2}R\right)\Delta T = \frac{3}{2}(\Delta P)V = \frac{3}{2}V_0(4\sqrt{2}-1)P_0$$

$$Q_L = n C_P \Delta T = n\left(\frac{5}{2}R\right)\Delta T = \frac{5}{2}P_0\Delta V = \frac{5}{2}P_0(1-2\sqrt{2})V_0$$

$$\Rightarrow \eta = 1 - \frac{|Q_L|}{Q_H} = 1 - \frac{5(2\sqrt{2}-1)}{3(4\sqrt{2}-1)} = \frac{1.6}{4.6} \times 100 = 34.7 \cong 35\%$$

@irnpho