باسمه تعالی

وزارت آموزش و پرورش

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

معاونت دانش‌پژوهان جوان

مبارزه‌ی علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیت‌ها است.

« امام خمینی (ره) »

بیست و هفتمین المپیاد فیزیک کشور

مرحله‌ی اوّل

۲ اسفند ۱۳۹۲

کد دفترچه: ۱

شامل ۳۴ سؤال چندگزینه‌ای و ۷ مسئله‌ی کوتاه

توضیحات مهم: **استفاده از ماشین‌حساب ممنوع است.**

۱. کد برگه‌ی سؤال‌های شما **۱** است. این کد را در محل مربوط روی پاسخ‌نامه سیاه کنید. در غیر این صورت **پاسخ‌نامه‌ی شما تصحیح نخواهد شد.** توجه داشته باشید کد برگه‌ی سؤال‌های شما، که در بالای هر یک از صفحه‌های این دفترچه نوشته شده است، با کد اصلی که در همین صفحه است یکسان باشد.

۲. بلافاصله پس از آغاز آزمون تعداد سؤالات داخل دفترچه و وجود همه‌ی برگه‌های دفترچه‌ی سؤالات را بررسی نمایید. در صورت وجود هر گونه نقصی در دفترچه در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید.

۳. یک برگ پاسخ‌نامه در اختیار شما قرار گرفته که مشخصات شما بر روی آن نوشته شده است. در صورت نادرست بودن آن در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید.

۴. برگه‌ی پاسخ‌نامه را دستگاه تصحیح می‌کند، پس آن را تا نکنید و تمیز نگه دارید و به علاوه پاسخ هر سؤال را با مداد مشکی نرم در محل مربوطه کاملاً سیاه کنید.

۵. در سؤال‌های چندگزینه‌ای به هر پاسخ درست نمره‌ی مثبت و به هر پاسخ نادرست نمره‌ی منفی تعلق می‌گیرد. نمره‌ی مثبت و منفی هر سؤال در پرانتزی مقابل همان سؤال نوشته شده است. مسئله‌های کوتاه نمره‌ی منفی ندارند.

۶. همراه داشتن هر گونه کتاب، جزوه، یادداشت و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه و لپ‌تاپ ممنوع است. همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد تقلب محسوب خواهد شد.

۷. آزمون مرحله‌ی دوم برای دانش‌آموزان سال اول و دوم دبیرستان صرفاً جنبه‌ی آزمایشی و آمادگی دارد و شرکت‌کنندگان در دوره‌ی تابستان از بین دانش‌آموزان پایه‌ی سوم انتخاب می‌شوند.

۸. داوطلبانی می‌توانند دفترچه‌ی سؤالات را با خود ببرند که تا پایان آزمون در جلسه حضور داشته باشند، در غیر اینصورت دفترچه باید همراه پاسخ‌نامه تحویل داده شود.

IranPhO.ir

Scanned by CamScanner

۱) بادکنکی را باد می‌کنیم و با یک نخ به جسم سنگینی می‌بندیم. دستگاه را به آرامی درون آب ساکن رها می‌کنیم تا پایین رود. پس از غوطه‌وری کامل بادکنک، با پایین‌تر رفتن آن در آب نیروی وارد از طرف آب به آن (+۲, −۱)

۱) بیشتر می‌شود ۲) کمتر می‌شود ۳) تغییر نمی‌کند

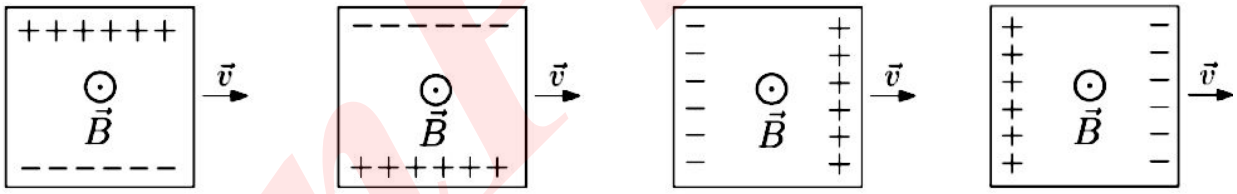
---

۲) جسمی با سرعت اولیه ۱۰ m/s در جهت جنوب به شمال در حرکت است. در بازه‌ی زمانی $0 \le t \le 5\,s$ جسم در معرض یک میدان نیروی ثابت قرار می‌گیرد به طوری که شتاب آن $2\,m/s^2$ در جهت جنوب غربی است و با جنوب ـ شمال زاویه‌ی ۶۰° می‌سازد. سرعت جسم در لحظه‌ی $t = 6\,s$ چقدر است؟ (+۴, −۱)

۱) صفر ۲) ۲ m/s ۳) ۵ m/s ۴) $5\sqrt{3}$ m/s ۵) ۱۰ m/s

---

۳) یک صفحه‌ی مربعی رسانا درون میدان مغناطیسی یکنواخت که عمود بر صفحه‌ی شکل و به سمت بیرون است حرکت می‌کند. کدام شکل آرایش بارها را درست نشان می‌دهد؟ (+۳, −۱)



۱) ۲) ۳) ۴)

---

۴) القاگر روبرو بخشی از یک مدار است و مقاومت الکتریکی ندارد. در مدت زمان Δt پتانسیل الکتریکی نقطه‌ی A بیشتر از پتانسیل الکتریکی نقطه‌ی B است. کدام گزینه در مورد جریان الکتریکی در القاگر درست است؟ (+۲, −۱)

۱) اگر جریان الکتریکی از B به A باشد، کاهنده است.

۲) جریان الکتریکی ثابت است.

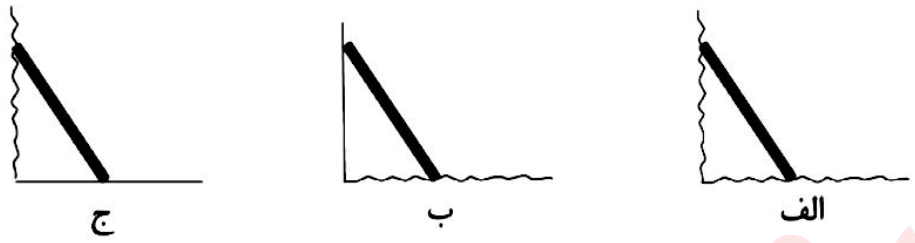
۳) اگر جریان الکتریکی از A به B باشد، کاهنده است.

IranPhO.ir

Scanned by CamScanner

۵) در شکل‌های زیر سطوح بدون اصطکاک با خطوط صاف و سطوح دارای اصطکاک با خطوط موج‌دار رسم شده‌اند. می‌خواهیم یک سرِ میله‌ی مایلی به دیوار قائم و سرِ دیگر آن روی سطح افقی قرار داشته باشد و ساکن بماند.

(+۳, −۱)



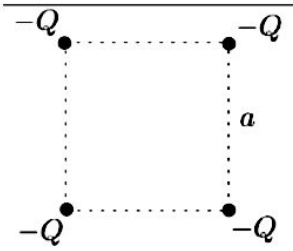
کدام پیکربندی‌ها برای ساکن نگه‌داشتن میله می‌تواند مناسب باشد؟

۱) فقط الف ۲) فقط الف و ب ۳) فقط الف و ج ۴) الف، ب و ج

---

۶) چهار بار یکسان $-Q$ در چهار گوشه‌ی مربعی به ضلع a ساکن نگه داشته شده‌اند. در کدام نقطه اندازه‌ی میدان الکتریکی بزرگ‌تر است؟

(+۳, −۱)



۱) مرکز مربع ۲) وسط اضلاع مربع ۳) نزدیکی هر بار ۴) در فاصله‌ی دور از بارها

---

۷) جسمی بر روی یک خط راست حرکت می‌کند و در تمام طول مسیر شتاب آن ثابت است. اگر $\bar{v}_1$، $\bar{v}_2$ و $\bar{v}_3$ سرعت متوسط در سه بازه‌ی زمانی متوالی Δt_1، Δt_2 و Δt_3 باشد، کدام رابطه درست است؟

(+۳, −۱)

۱) $\dfrac{\bar{v}_1 - \bar{v}_2}{\bar{v}_2 - \bar{v}_3} = \dfrac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{\Delta t_2 + \Delta t_3}$

۲) $\dfrac{\bar{v}_1 - \bar{v}_2}{\bar{v}_2 - \bar{v}_3} = \dfrac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\Delta t_2 - \Delta t_3}$

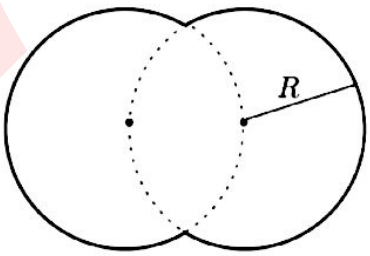
۳) $\dfrac{\bar{v}_1 + \bar{v}_2}{\bar{v}_2 + \bar{v}_3} = \dfrac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{\Delta t_2 + \Delta t_3}$

۴) $\dfrac{\bar{v}_1 + \bar{v}_2}{\bar{v}_2 + \bar{v}_3} = \dfrac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\Delta t_2 - \Delta t_3}$

---

۸) سطح مقطع افقی استخری با دیواره‌های قائم در شکل نشان داده شده است. مرکز هر دایره بر محیط دایره‌ی دیگر واقع است و شعاع هر کدام R است. در وضعیتی که استخر تا ارتفاع h آب داشته باشد و فشار هوای بیرون P_0 باشد نیروی وارد بر کف استخر چقدر است؟ چگالی آب را ρ و شتاب گرانش را g بگیرید.

(+۳, −۱)



۱) $(P_0 + \rho g h)(\dfrac{5\pi}{3} - \sqrt{3})R^2$

۲) $(P_0 + \rho g h)(\dfrac{8\pi}{3} - \dfrac{\sqrt{3}}{2})R^2$

۳) $(P_0 + \rho g h)(\dfrac{5\pi}{3} + \dfrac{\sqrt{3}}{4})R^2$

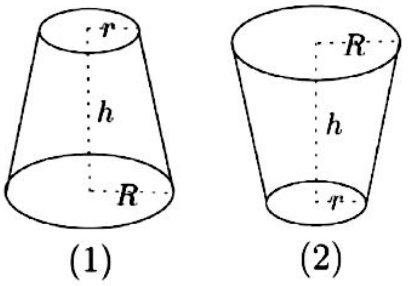
۴) $(P_0 + \rho g h)(\dfrac{4\pi}{3} + \dfrac{\sqrt{3}}{2})R^2$

Iran PhO.ir

Scanned by CamScanner

۹) حجم هر یک از ظرف‌های نشان داده شده در شکل $\frac{1}{3}\pi(R^2+r^2+rR)h$ است. ظرف‌ها کاملاً بسته و پر از آب هستند به نحوی که فشار در سطح بالایی آن‌ها صفر است. نسبت $\frac{r}{R}$ چقدر باشد تا در وضعیتی که ظرف‌ها پر از آب هستند نیروی ناشی از فشار آب، وارد بر دیواره‌ی جانبی ظرف (۱) یک و نیم برابر ظرف (۲) باشد؟

(+۳, −۱)

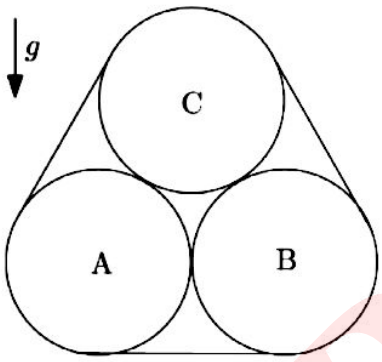


۱) ۰/۶۰ ۲) ۰/۵۰ ۳) ۰/۳۰ ۴) ۰/۲۵

---

۱۰) سه استوانه‌ی یکسان هر یک به جرم m با یک نخ سبک به هم بسته شده‌اند و مطابق شکل روی یک سطح افقی قرار دارند. اصطکاک بین استوانه‌ها و بین استوانه‌ها و سطح افقی ناچیز و کشش نخ در تمام طول نخ یکسان است. اگر N_1 اندازه‌ی نیروی C به A و N_2 اندازه‌ی نیروی وارد از B به A باشد، $N_1 - N_2$ کدام گزینه است؟

(+۳, −۱)

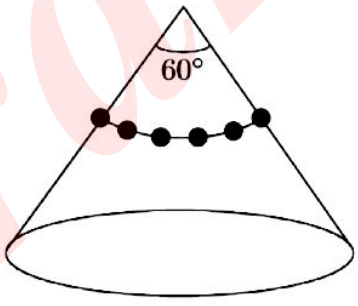


۱) ۰/۵۰ mg ۲) ۰/۵۸ mg ۳) ۰/۷۴ mg ۴) ۰/۸۷ mg

---

۱۱) نخی بسیار سبکی را از داخل N مهره‌ی یکسان گذرانده و دو سر نخ را گره می‌زنیم. جرم هر یک از مهره‌ها m است. این حلقه را مطابق شکل از بالای یک مخروط بر روی آن قرار می‌دهیم و سپس مهره‌ها را با فاصله‌های برابر از هم روی مخروط مرتب می‌کنیم تا همگی در یک سطح افقی باشند. از اصطکاک بین مهره‌ها با سطح مخروط صرفنظر می‌کنیم. بزرگی مهره‌ها طوری است که نخ با بدنه‌ی مخروط تماس ندارد. اگر نیروی کشش نخ در تمام طول نخ یکسان باشد اندازه‌ی آن چقدر است؟

(+۳, −۱)

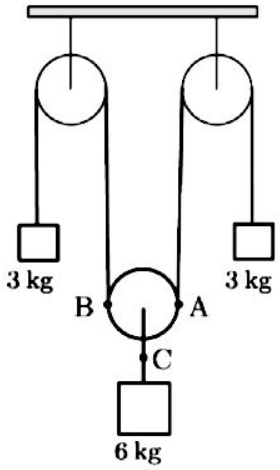


۱) $\sqrt{\frac{3}{4}}\frac{mg}{\sin(\pi/N)}$ ۲) $\frac{mg}{\sin(\pi/N)}$

۳) $\sqrt{\frac{3}{4}}\frac{mg}{\sin(2\pi/N)}$ ۴) $\frac{mg}{\sin(2\pi/N)}$

Iran Physics
Scanned by CamScanner

۱۲) در دستگاه نشان داده شده در شکل جرم طناب‌ها قابل صرف‌نظر کردن است، اما از جرم قرقره‌ها نمی‌توان چشم‌پوشید. قرقره‌های ثابت مشابه هستند و در محور خود اصطکاک ندارند. دستگاه از حالت سکون رها می‌شود. اگر کشش طناب در نقاط A، B و C به ترتیب T_A، T_B و T_C باشد، کدام گزینه درست است؟ (+۴، −۱)



۱) $T_A = T_B$ و $T_A + T_B = T_C$

۲) $T_A < T_B$ و $T_A + T_B = T_C$

۳) $T_A > T_B$ و $T_A + T_B = T_C$

۴) $T_A = T_B$ و $T_A + T_B < T_C$

۵) $T_A = T_B$ و $T_A + T_B > T_C$

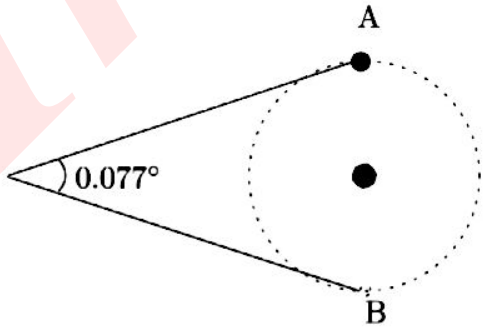
---

۱۳) در ظرفی با حجم متغیر، ۱۰٫۰ مول از یک گاز دو اتمی که برای آن $C_{MP} = 7R/2$ است وجود دارد. در دمای ۲۷٫۰ °C سرعت صوت در این گاز ۳۵۳ m/s است. اگر در یک فرایند هم‌فشار، ۶۰٫۰ kJ گرما به گاز داده شود سرعت انتشار صوت در این گاز چقدر می‌شود؟ لازم به ذکر است که سرعت صوت در گازی با فشار P، ضریب اتمیسیته γ و چگالی ρ از رابطه‌ی $v_s = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$ به دست می‌آید. ثابت گازها $R = 8.31$ J/mol.K است. (+۳، −۱)

۱) ۲۷۱ m/s ۲) ۴۲۴ m/s ۳) ۴۵۹ m/s ۴) ۵۹۷ m/s

---

۱۴) جرم سیاره‌ی مشتری 1.9×10^{27} kg است. از روی زمین و هنگامی که فاصله‌ی مشتری از زمین 6.3×10^{11} m است زاویه‌ی رصد یکی از قمرهای آن وقتی در دو وضعیت متقابل A و B قرار می‌گیرد ۰٫۰۷۷ درجه است. دوره‌ی تناوب حرکت این قمر به دور مشتری چند روز است؟ ثابت گرانش $G = 6.7 \times 10^{-11}$ N.m^2/kg^2 است. (+۳، −۱)



۱) ۱۸۰۰ روز ۲) ۱۸۰ روز ۳) ۱۸ روز ۴) ۱٫۸ روز

IranPhO.ir

Scanned by CamScanner

۱۵) در مدل اتمی بور فرض می‌شود $m_e v_n r_n = nh/2\pi$ که h ثابت پلانک، r_n شعاع مدار دایره‌ای n ام و v_n سرعت الکترون در این مدار است. برای اتم هیدروژن معمولی نیروی بین الکترون و پروتون که باعث حرکت الکترون بر روی یک دایره می‌شود نیروی الکتریکی است و شعاع حالت پایه $r_1 = 0/5\text{A}^\circ$ است. اگر در مدل اتمی بور به جای نیروی الکتریکی، نیروی گرانشی مؤثر بود شعاع حالت پایه‌ی دستگاه به کدام عدد نزدیک‌تر بود؟ جرم الکترون $m_e = 9/1 \times 10^{-31}\ \text{kg}$، جرم پروتون $m_p = 1/7 \times 10^{-27}\ \text{kg}$، ثابت پلانک $h = 6/6 \times 10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s}$ است، ثابت گرانش $G = 6/7 \times 10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2$، ثابت کولن $k = 9/0 \times 10^9\ \text{N.m}^2/\text{C}^2$ و بار الکتریکی الکترون $e = 1/6 \times 10^{-19}\ \text{C}$ است. (+۳، −۱)

۱) 10^{-8}m ۲) 10^{9}m ۳) 10^{29}m ۴) 10^{33}m

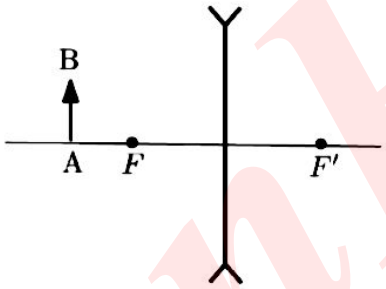
---

۱۶) فرض کنید در ابتدا N_1 اتم از یک عنصر پرتوزا در نمونه‌ای موجود است. پس از گذشت زمان ۴۵ دقیقه (که مضرب صحیحی از نیمه‌عمر است) N_2' اتم واپاشی کرده‌اند. پس از گذشت ۴۵ دقیقه دیگر N_3 اتم در نمونه باقی مانده‌اند به طوری که $\frac{N_2'}{N_3} = 56$. نیمه عمر این عنصر پرتوزا چند دقیقه است؟

۱) ۳/۷۵ ۲) ۷/۵ ۳) ۱۵ ۴) ۲۲/۵

---

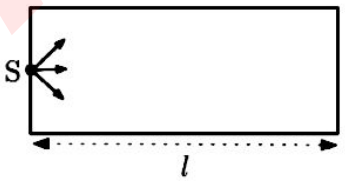
۱۷) در شکل مقابل جسم AB در مقابل یک عدسی واگرا قرار دارد که F و F' کانون‌های آن هستند. اگر $AF' = a$ و بزرگ‌نمایی تصویر m باشد، فاصله‌ی تصویر تا F چقدر است؟ (+۳، −۱)



۱) am ۲) am^2 ۳) $a(2m - m^2)$ ۴) $a(m - m^2)$

---

۱۸) استوانه‌ای شفاف به ضریب شکست n و طول l در هوا قرار دارد. در مرکز قاعده‌ی سمت چپ استوانه چشمه‌ی نقطه‌ای S وجود دارد. پرتوهای گسیلی که هم‌زمان از S خارج می‌شوند در زمان‌های متفاوتی به قاعده‌ی دیگر می‌رسند. اگر کوتاه‌ترین زمان رسیدن پرتوها t_1 و طولانی‌ترین زمان آن t_2 باشد $t_2 - t_1$ چقدر است؟ سرعت نور c است و طول استوانه نسبت به شعاع آن بزرگ است. (+۳، −۱)



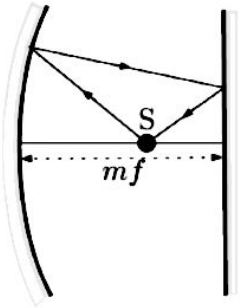
۱) $(n-1)\frac{nl}{c}$ ۲) $(n^2-1)\frac{nl}{c}$ ۳) $(n^2-1)\frac{l}{c}$ ۴) $(n-1)\frac{l}{c}$

IranPhO.ir

Scanned by CamScanner

۱۹) در شکل مقابل فاصله‌ی کانونی آینه‌ی مقعر f و فاصله‌ی آن از آینه‌ی تخت mf است. محور اصلی آینه‌ی مقعر بر سطح آینه‌ی تخت عمود است. تصویر نقطه‌ی نورانی S واقع بر محور اصلی آینه‌ی مقعر بر خودش منطبق است. فاصله‌ی نقطه‌ی نورانی S از آینه‌ی تخت چقدر است؟

(+۳, −۱)



۱) $mf + \sqrt{m(m-۲)}\, f$
۲) $m(m-۲)f$
۳) $mf - \sqrt{m(m-۲)}\, f$
۴) $\sqrt{m(m-۲)}\, f$

---

۲۰) فاصله‌ی بین جسمی تا یک دیوار D است. عدسی همگرایی که محور اصلی آن عمود بر راستای جسم است در دو موقعیت تصویر حقیقی از جسم روی دیوار تشکیل می‌دهد. اگر فاصله‌ی بین مکان‌های عدسی در این دو وضعیت d باشد، نسبت طول تصویر کوچک‌تر به طول تصویر بزرگ‌تر کدام گزینه است؟

(+۳, −۱)

۱) $\frac{d^۲}{D^۲}$
۲) $\frac{D-d}{D+d}$
۳) $\frac{D^۲-d^۲}{D^۲+d^۲}$
۴) $\left(\frac{D-d}{D+d}\right)^۲$

---

۲۱) چهار چشمه‌ی نقطه‌ای صوتی هم‌فاز در فاصله‌ی یکسان از گیرنده قرار دارند و دامنه‌ی موج منتشر شده از هر کدام یکسان است. اگر سه چشمه قطع شوند شدت صوت در محل گیرنده چند دسی‌بل کاهش می‌یابد؟ $(\log ۲ = ۰/۳)$

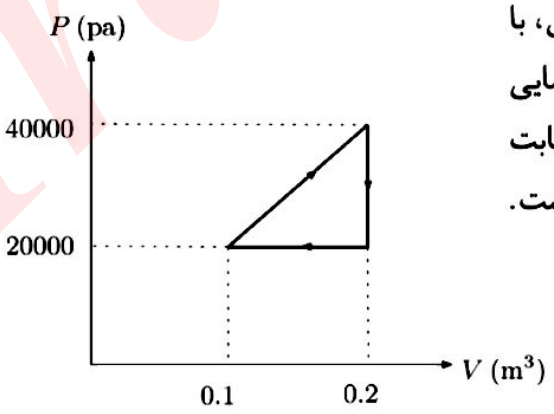
(+۲, −۱)

۱) ۳
۲) ۶
۳) ۱۲

---

۲۲) یک ماشین گرمایی مطابق چرخه‌ی شکل، با یک گاز کامل تک‌اتمی کار می‌کند. ظرفیت گرمایی مولی گاز کامل تک‌اتمی در حجم ثابت و فشار ثابت به ترتیب $C_{MV} = ۳R/۲$ و $C_{MP} = ۵R/۲$ است. بازده این ماشین کدام گزینه است؟

(+۳, −۱)



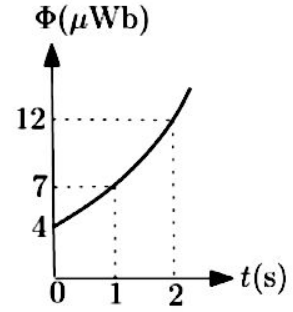
۱) $\frac{۱}{۶}$
۲) $\frac{۱}{۱۱}$
۳) $\frac{۱}{۱۲}$
۴) $\frac{۱}{۱۳}$

IranPhO.ir

Scanned by CamScanner

۲۳) نمودار شار مغناطیسی گذرنده از یک حلقه بر حسب زمان یک سهمی است. محور تقارن سهمی موازی محور Φ است. بزرگی نیروی محرکه‌ی القایی در لحظه‌ی $t = ۰$ چند میکرو ولت است؟

(+۳, −۱)

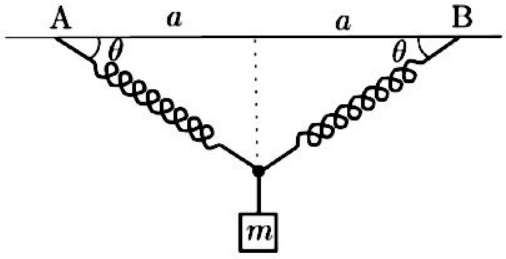


۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

---

۲۴) بین دو نقطه‌ی A و B به فاصله‌ی افقی $۲a$ دو فنر که طول عادی هر کدام a است قرار دارد. به نقطه‌ی اتصال دو فنر یک بار جرم $m_۱$ و یک بار جرم $m_۲$ را می‌آویزیم. زاویه‌ی θ در شکل بار اول ۳۰° و بار دوم ۴۵° است. نسبت $m_۲/m_۱$ چقدر است؟

(+۳, −۱)

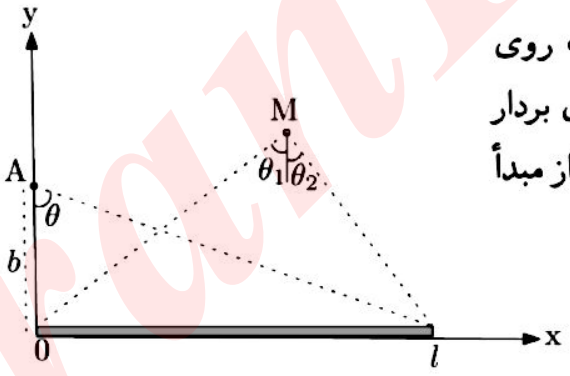


۱) $\sqrt{۲}$ ۲) $\sqrt{۳}$ ۳) $\frac{\sqrt{۶}-\sqrt{۳}}{۲-\sqrt{۳}}$ ۴) $\frac{۲\sqrt{۳}-\sqrt{۶}}{۲-\sqrt{۳}}$

---

۲۵) بار الکتریکی q به طور یکنواخت روی میله‌ای به طول l توزیع شده است. مؤلفه‌های بردار میدان الکتریکی در نقطه‌ی A به فاصله‌ی b از مبدأ مختصات عبارتند از

$$E_x = \frac{q}{۴\pi\epsilon_۰ lb}(\cos\theta - ۱)$$
$$E_y = \frac{q}{۴\pi\epsilon_۰ lb}\sin\theta$$



در این روابط θ زاویه‌ای است که در شکل نشان داده شده است. از نقطه‌ی M دو انتهای میله تحت زاویه‌های $\theta_۱$ و $\theta_۲$ دیده می‌شود. نسبت E_x/E_y در نقطه‌ی M کدام گزینه است؟

(+۳, −۱)

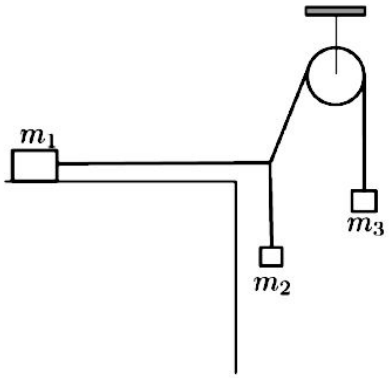
۱) $\tan\theta_۱ - \tan\theta_۲$ ۲) $\sin\left(\frac{\theta_۱-\theta_۲}{۲}\right)$ ۳) $\cot\left(\frac{\theta_۱-\theta_۲}{۲}\right)$ ۴) $\tan\left(\frac{\theta_۱-\theta_۲}{۲}\right)$

IranPhO.ir

Scanned by CamScanner

۲۶) در دستگاه نشان داده شده در شکل طناب‌ها و قرقره بدون جرم و اجسام دارای جرم‌های $m_1 = ۲۰\ \text{kg}$، $m_2 = ۸\ \text{kg}$ و $m_3 = ۱۰\ \text{kg}$ هستند. حداقل ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم m_1 و سطح چقدر باشد تا دستگاه در حال تعادل باشد؟ طناب متصل به جسم m_1 افقی است.

(+۳, −۱)



۱) ۰/۱۵ ۲) ۰/۳۰ ۳) ۰/۴۰ ۴) ۰/۵۳

---

۲۷) صفحات یک خازن تخت مساحت A دارند و به فاصله‌ی d از هم قرار گرفته‌اند. وقتی خازن را به اختلاف پتانسیل V وصل می‌کنیم هر صفحه با چه نیرویی دیگری را جذب می‌کند؟

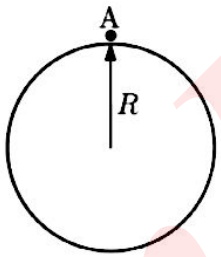
(+۳, −۱)

۱) $\frac{A\epsilon_۰ V^۲}{۲d^۲}$ ۲) $\frac{A\epsilon_۰ V^۲}{d^۲}$ ۳) $\frac{۲A\epsilon_۰ V^۲}{d^۲}$ ۴) $\frac{۴A\epsilon_۰ V^۲}{d^۲}$

---

۲۸) یک کره‌ی شیشه‌ای شفاف توپر به شعاع R و ضریب شکست $\sqrt{۲}$ در نظر بگیرید. ناظر نقطه‌ای A بسیار نزدیک به سطح کره و بیرون آن واقع است. حداکثر چه کسری از سطح داخلی کره توسط A قابل رویت است، به شرط آن که نور فقط با یک بار شکسته شدن و بدون بازتاب کلی به ناظر A برسد؟

(+۳, −۱)

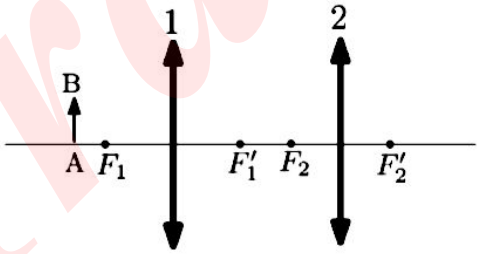


۱) $\frac{۳}{۴}$ ۲) $\frac{۱}{۲}$ ۳) $\frac{۳}{۸}$ ۴) $\frac{۱}{۴}$

---

۲۹) در شکل مقابل فاصله‌ی دو عدسی به اندازه‌ای است که اگر عدسی ۲ نبود، تصویر حاصل از عدسی ۱، از جسم AB داخل فاصله‌ی کانونی عدسی دوم و سمت راست آن تشکیل می‌شد. با وجود عدسی دوم کدام گزینه درست است؟

(+۳, −۱)



۱) تصویر حقیقی است و سمت راست عدسی ۲ تشکیل می‌شود

۲) تصویر مجازی است و سمت راست عدسی ۲ تشکیل می‌شود

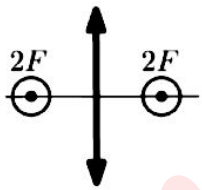
۳) تصویر حقیقی است و سمت چپ عدسی ۲ تشکیل می‌شود

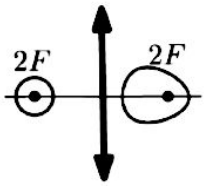
۴) تصویر مجازی است و سمت چپ عدسی ۲ تشکیل می‌شود

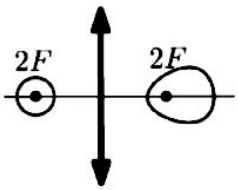
IranPhO.ir

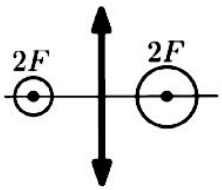
Scanned by CamScanner

۳۰) یک گوی کوچک نورانی در مقابل یک عدسی همگرا و سمت چپ آن قرار دارد، به طوری که مرکز آن در 2F روی محور اصلی است. کدام شکل تصویر حقیقی این گوی نورانی را نشان می‌دهد؟ (+۳, −۱)

۱) 

۲) 

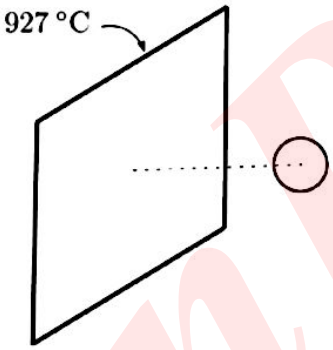
۳) 

۴) 

---

۳۱) بنا به نظریه‌ی تابش گرمایی کلیه‌ی اجسام به اطراف خود تابش می‌کنند و انرژی تابش شده از اطراف را نیز جذب می‌کنند. بنا به تعریف، جسم سیاه یک جذب‌کننده و تابش‌کننده‌ی ایده‌آل است که صددرصد انرژی تابیده شده بر آن را جذب می‌کند. آزمایش و نظریه نشان می‌دهد که شدت، یعنی مقدار انرژی که در واحد زمان از واحد سطح یک جسم سیاه تابیده می‌شود σT^4 است که T دمای مطلق جسم و σ ثابت است.

فرض کنید یک سطح سیاه تابش کننده در دمای ثابت ۹۲۷ °C قرار دارد و ابعاد سطح بسیار بزرگ است. در مقابل این سطح تابش‌کننده یک کره‌ی کوچک قرار دارد که آن هم یک جسم سیاه است. دمای تعادل کره چند درجه‌ی سانتیگراد است؟ (+۳, −۱)

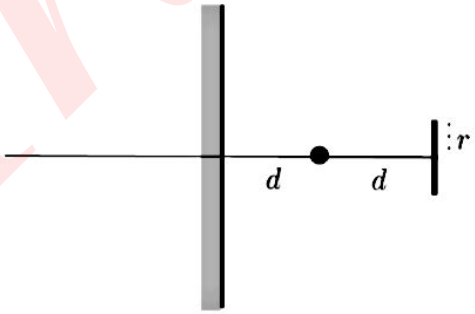


راهنمایی: اگر کره بین دو سطح تابنده‌ی موازی که هر کدام در دمای T هستند قرار گیرد، دمای تعادل آن همان T خواهد بود.

۱) ۹۲۷ ۲) ۷۳۶ ۳) ۵۷۵ ۴) ۳۲۷

---

۳۲) یک پرده‌ی کوچک دایره‌ای به شعاع r در فاصله‌ی $2d$ از یک آینه‌ی تخت قرار دارد. یک چشمه‌ی نقطه‌ای درست در وسط فاصله‌ی پرده و آینه در مقابل آینه قرار می‌دهیم. پرده به موازات آینه است و برای سهولت می‌توانید سطح آن را قسمتی از یک کره بگیرید. چه کسری از نور چشمه به طور مستقیم یا پس از بازتاب به پرده می‌رسد؟ r از d خیلی کوچک‌تر است. (+۳, −۱)



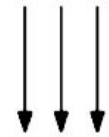
۱) $\frac{1}{36}\frac{r^2}{d^2}$ ۲) $\frac{5}{18}\frac{r^2}{d^2}$ ۳) $\frac{5}{16}\frac{r^2}{d^2}$ ۴) $\frac{1}{4}\frac{r^2}{d^2}$

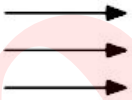
IranPhO.ir

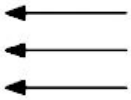
Scanned by CamScanner

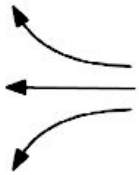
۳۳) در کدام میدان الکتریکی مسیر پروتون یک سهمی به شکل مقابل است؟

(+۳, −۱)

۱) 

۲) 

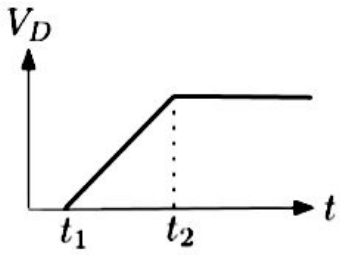
۳) 

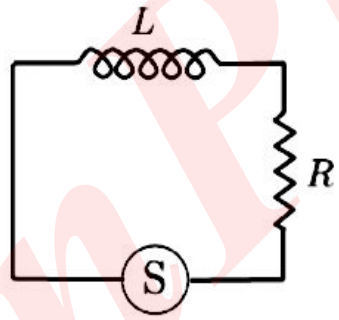
۴) 

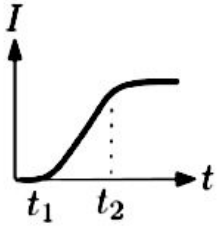
---

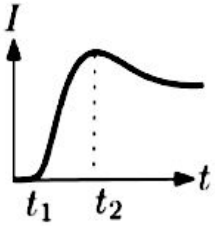
۳۴) مدار شکل مقابل از خودالقای L، مقاومت R و دستگاه S تشکیل شده که ولتاژ دو سر آن بر حسب زمان مطابق نمودار تغییر می‌کند. کدام گزینه نمودار تغییرات جریان بر حسب زمان است؟

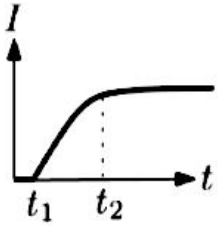
(+۳, −۱)

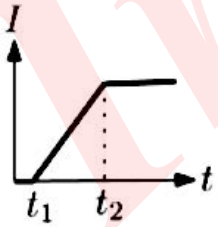




۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

IranPho.ir

Scanned by CamScanner

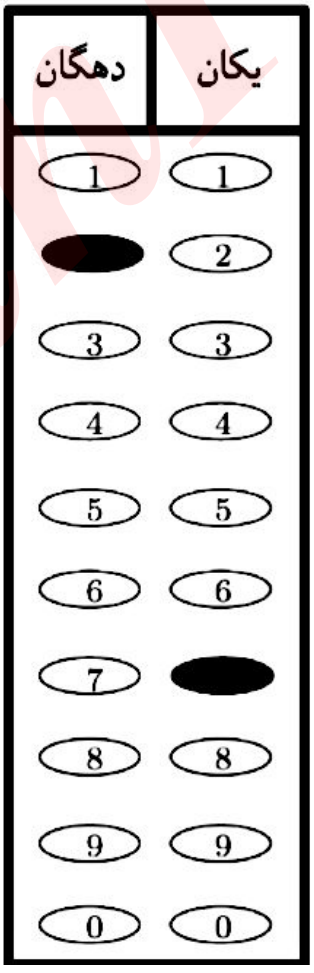
مسئله‌های کوتاه

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.

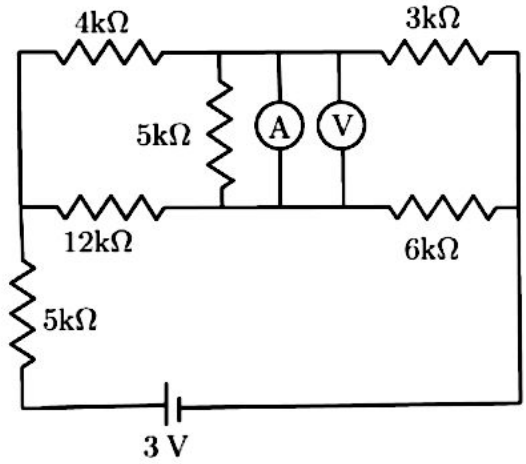
پاسخ نادرست در این بخش نمره‌ی منفی ندارد.



IranPhO.ir

Scanned by CamScanner

۱) در مدار شکل مقابل یک آمپرسنج ایده‌آل A و یک ولت‌سنج ایده‌آل V در مدار قرار داده شده است. آمپرسنج چه جریانی را بر حسب **میکروآمپر** نشان می‌دهد؟ (۸ نمره)

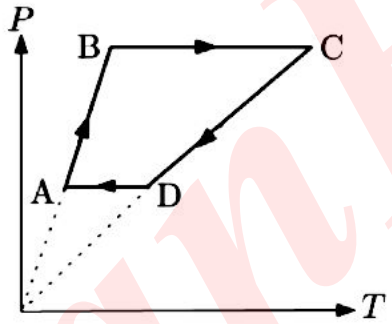


---

۲) میدان مغناطیسی ثابت ۰٫۱۰ T و میدان الکتریکی ۵٫۰ N/C هر دو در جهت محور z برقرار است. الکترونی تحت تأثیر این میدان‌ها حرکت می‌کند. تصویر مسیر حرکت الکترون بر صفحه‌ی x-y دایره‌ای به شعاع ۰٫۱۰ mm است. در لحظه‌ی $t = 0$ سرعت الکترون بر محور z عمود است. انرژی جنبشی الکترون در $t = ۴٫۰ \times ۱۰^{-۶}$ s چند **الکترون ولت** است؟ جرم الکترون $۹٫۱ \times ۱۰^{-۳۱}$ kg و بار آن $۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ C است. (۸ نمره)

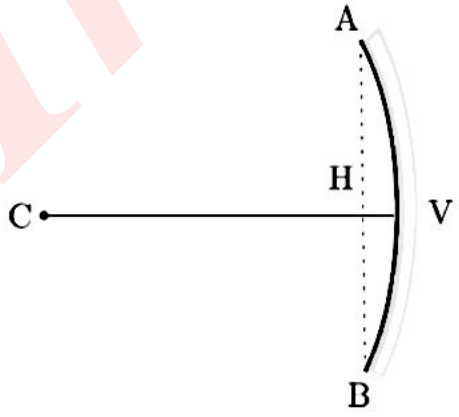
---

۳) یک مول گاز کامل تک اتمی چرخه‌ی مقابل را طی می‌کند. دمای گاز در نقاط A، B، C و D عبارتند از $T_A = ۳۰۰$ K، $T_B = ۶۰۰$ K، $T_C = ۱۸۰۰$ K و $T_D = ۹۰۰$ K. کار انجام شده توسط گاز در این چرخه چقدر است؟ ثابت گازها $R = ۸٫۳$ J/mol.K است. جواب را به صورت مضربی از **۱۰۰ J** بیان کنید. (۸ نمره)



---

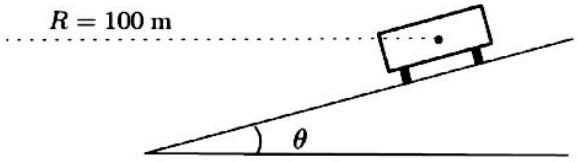
۴) قطر دهانه‌ی آینه کاوی $AB = ۴۰$ cm و فاصله‌ی رأس آینه از AB، مطابق شکل $VH = ۴$ cm است. شئ کوچکی عمود بر محور اصلی را در چه فاصله‌ای از آینه قرار دهیم تا طول تصویر حقیقی آن دو برابر طول جسم شود. پاسخ را بر حسب **سانتی‌متر** بیان کنید. (۸ نمره)



IranPhO.ir

Scanned by CamScanner

۵) شکل مقابل مقطع جاده‌ای را نشان می‌دهد که در آن شیب عرضی θ ایجاد شده است تا اتومبیل‌های دارای سرعت ۲۰ m/s بتوانند پیچی به شعاع $R = ۱۰۰$ m را بدون نیاز به اصطکاک جانبی چرخ‌ها طی کنند (شکل اتومبیل را از پشت سر نشان می‌دهد).

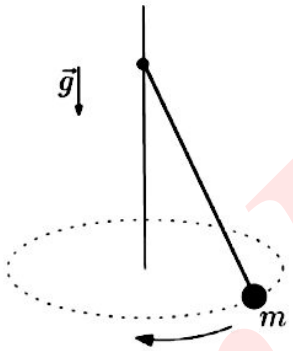


اگر اتومبیلی با سرعت ۲۵ m/s این پیچ را طی کند اصطکاک جانبی چرخ‌ها چقدر است؟ جرم اتومبیل ۶۰۰ kg است. جواب را به صورت مضربی از ۱۰۰ N بیان کنید.

(۸ نمره)

---

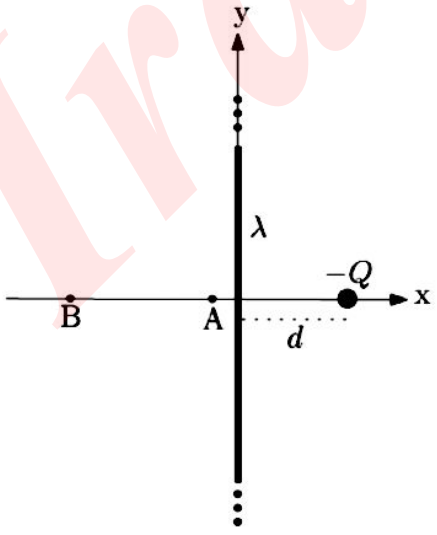
۶) گلوله‌ای به جرم ۳۶۰ g در انتهای نخی به طول ۹۰ cm قرار گرفته و مطابق شکل حول محور قائمی که انتهای نخ به آن بسته شده می‌چرخد. نخ حداکثر می‌تواند نیروی کشش ۴ N وارد کند. حداکثر انرژی جنبشی ذره چقدر می‌تواند باشد؟ جواب را بر حسب $۱۰^{-۲}$ J به دست آورید. فرض کنید $g = ۱۰$ m/s^۲.



(۸ نمره)

---

۷) بار الکتریکی مثبت به صورت یکنواخت روی محور y توزیع شده و مقدار آن در واحد طول λ است. بار نقطه‌ای منفی روی محور x و به فاصله‌ی d از خط بار مطابق شکل قرار دارد. اندازه‌ی میدان الکتریکی ناشی از یک خط بار بسیار بلند در فاصله‌ی r از آن $\frac{\lambda}{۲\pi\epsilon_۰ r}$ و راستای آن بر خط بار عمود است. اگر میدان الکتریکی در نقاط A و B به مختصات $x_A = (-۶ + ۴\sqrt{۲})$ cm و $x_B = (-۶ - ۴\sqrt{۲})$ cm صفر باشد، d چند میلی‌متر است؟

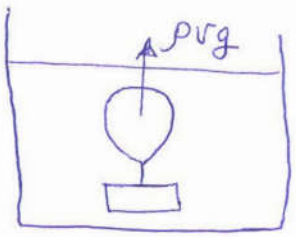


(۸ نمره)

IranPhO.ir
Scanned by CamScanner

پاسخ نامه بیست و هفتمین دوره المپیاد فیزیک – کد دفترچه سوال : ۱ – نویسنده : مجید زاهدیان

سوال ۱ : نیرویی که از طرف سیال به بادکنک وارد می‌شود همان نیروی ارشمیدس یعنی $\rho_{\text{سیال}} V_{\text{جسم}} g$ است. با پایین رفتن از سطح آب چگالی سیال و شتاب گرانش (g) تغییر چندانی نمی‌کند، اما باید تغییرات حجم بادکنک را بفهمیم.



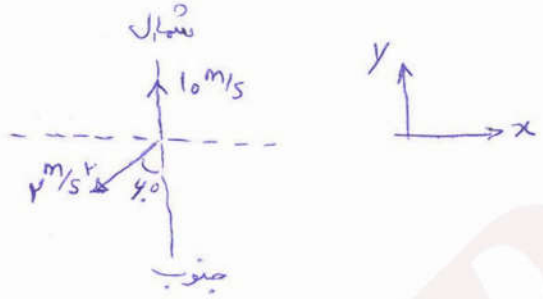
اگر فرض کنیم گاز درون بادکنک، گاز کامل باشد و آب دمای ثابتی در همه جایش داشته باشد می‌توان گفت :

$PV = nRT =$ ثابت ← هم‌دما گرفتیم

با پایین رفتن فشار زیاد شده پس حجم بادکنک کاهش می‌یابد.

$F = \rho V g$ ⇐ نیروی از طرف آب کاهش می‌یابد. ← گزینه‌ی ۲

سوال ۲ : حرکت جسم از $t=0$ تا $t=5s$ شتاب دار است و پس از آن سرعت ثابت است. پس کافی است سرعت جسم در $t=5s$ را حساب کنیم.



$$v_x = a_x t + v_{0x}$$
$$v_y = a_y t + v_{0y}$$

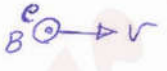
$$\begin{cases} v_{0x} = 0 \\ v_{0y} = 10\ m/s \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_x = -2\sin 60^\circ = -\sqrt{3} \\ a_y = -2\cos 60^\circ = -1 \end{cases}$$

$$\left.\begin{aligned} v_x &= -\sqrt{3} \times 5 = -5\sqrt{3} \\ v_y &= -1 \times 5 + 10 = +5 \end{aligned}\right\} \rightarrow v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{5^2 + 5^2 \times 3} = 10\ m/s$$

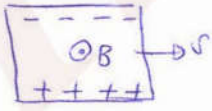
→ گزینه‌ی ۵

سوال ۳ : درون هر رسانایی الکترون‌های آزاد وجود دارد. وقتی رسانا درون میدان مغناطیسی قرار دارد و سرعت دارد، به این الکترون‌های آزاد نیروی الکترومغناطیسی وارد می‌شود که با استفاده از قاعده دست راست و با توجه به اینکه بار الکترون منفی است داریم :



$$\vec{F}_B = \underbrace{q}_{-e}(\vec{v} \times \vec{B}) \Rightarrow \vec{F}_B \uparrow \text{به سمت}$$

پس به الکترون نیرو به سمت بالا وارد می‌شود. بالای رسانا بار منفی پیدا می‌کند و پایین رسانا به دلیل نبود الکترون، مثبت می‌شود.



→ گزینه‌ی ۳

سوال ۴ : می‌دانیم اگر در جهت جریان از یک القاگر عبور کنیم $\Delta V = -L\frac{dI}{dt}$ می‌باشد.

$$\Delta V = -L\frac{dI}{dt} = V_A - V_B > 0 \Rightarrow -L\frac{dI}{dt} > 0$$

بررسی گزینه ۱۱

$$\Rightarrow \boxed{\frac{dI}{dt} < 0}$$ → ✓ جریان، کاهنده است

مجید زاهدیان

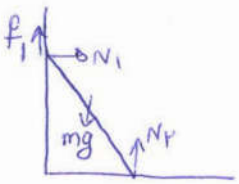
بررسی گزینه‌ی ۲) چون $\Delta V \neq 0$ است $\Leftarrow -L\frac{dI}{dt} \neq 0 \Leftarrow \frac{dI}{dt} \neq 0 \Leftarrow$ ثابت $\neq I \Leftarrow$ جریان ثابت نیست.

بررسی گزینه‌ی ۳)

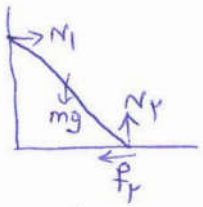
$\Delta V = -L\frac{dI}{dt} = V_B - V_A < 0 \Rightarrow -L\frac{dI}{dt} < 0 \Rightarrow \frac{dI}{dt} > 0 \rightarrow$ جریان افزایشی است

گزینه‌ی ۱ درست بود.

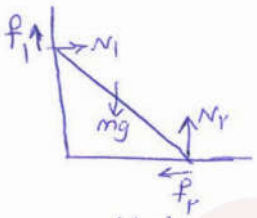
سوال ۵ : هرسه دیاگرام را رسم می‌کنیم :



(ج)



(ب)

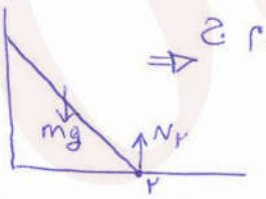


(الف)

با توجه به دیاگرام های کشیده شده می‌توان فهمید که فقط شکل ج تعادل نخواهد داشت.

تعادل شکل ج $\Rightarrow \begin{cases} N_1 = 0 \xrightarrow{f_1 = \mu N_1} f_1 = 0 \\ f_1 + N_2 = mg \end{cases}$

$N_1 = f_1 = 0 \Rightarrow$



یعنی درحقیقت دیاگرام ج اینگونه است

اگر گشتاور حول نقطه‌ی ۲ بنویسیم، فقط mg گشتاور می‌دهد که مخالف صفر است و تعادل نداریم.

$\Rightarrow$ گزینه‌ی ۲ صحیح است.

سوال ۶ : می‌دانیم $E = \frac{Kq}{r^2}$، خب اگر خیلی به یکی از بارها نزدیک شویم یعنی $r \to 0$، آن وقت $E \to \infty$ می‌رود و میدان بی‌نهایت می‌شود. گزینه‌های دیگر هرکدام مقداری محدود و مشخص دارند. $\Rightarrow$ گزینه‌ی ۳ صحیح است.

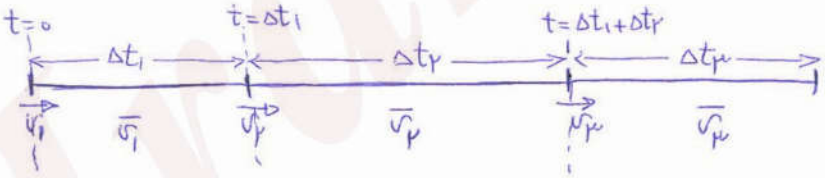
سوال ۷ : یک راه حل خیلی ساده این سوال اینه که یک شتاب در نظر بگیرید و برای Δt_1 و Δt_2 و Δt_3 مقدار در نظر بگیرید و سرعت متوسط در بازه‌ها رو بدست بیارید و ببینید که توی کدوم گزینه صدق می‌کنه! :)

راه حل اصلی :

V_1 سرعت در لحظه‌ی $t = 0$

V_2 سرعت در لحظه‌ی $t = \Delta t_1$

V_3 سرعت در لحظه‌ی $t = \Delta t_1 + \Delta t_2$



$V_2 = a\Delta t_1 + V_1$ ، $V_3 = a(\Delta t_1 + \Delta t_2) + V_1$

$$\bar{V}_1 = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} = \frac{\frac{1}{2}a\Delta t_1^2 + V_1 \Delta t_1}{\Delta t_1} = \frac{a\Delta t_1}{2} + V_1$$

$$\bar{V}_2 = \frac{1}{2}a\Delta t_2 + V_2 = \frac{1}{2}a\Delta t_2 + a\Delta t_1 + V_1$$

$$\bar{V}_3 = \frac{1}{2}a\Delta t_3 + V_3 = \frac{1}{2}a\Delta t_3 + a(\Delta t_1 + \Delta t_2) + V_1$$

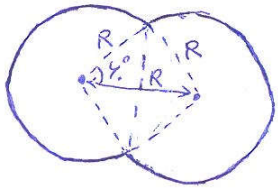
$\bar{V}_1 - \bar{V}_2 \Rightarrow \bar{V}_1 - \bar{V}_2 = -\frac{1}{2}a\Delta t_1 - \frac{1}{2}a\Delta t_2$

$\bar{V}_2 - \bar{V}_3 \Rightarrow \bar{V}_2 - \bar{V}_3 = -\frac{1}{2}a\Delta t_2 - \frac{1}{2}a\Delta t_3$

دو رابطه را به هم تقسیم کنید $\Rightarrow \frac{\bar{V}_1 - \bar{V}_2}{\bar{V}_2 - \bar{V}_3} = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{\Delta t_2 + \Delta t_3}$ $\Leftarrow$ گزینه‌ی ۱

مجید زاهدیان

سوال ۸ :

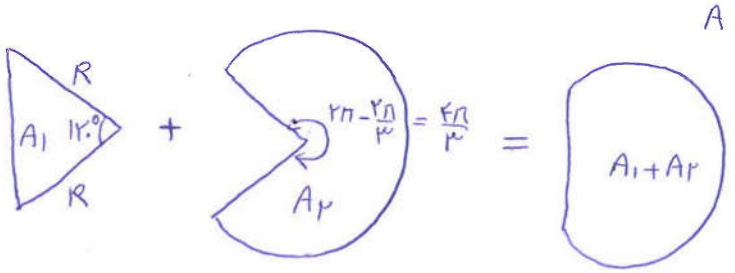


نیروی وارد بر کف استخر $F = P\,A$

مساحت کف استخر ← ← فشار کف استخر

و سوال اصلی پیدا کردن A است! $P = P_0 + \rho g h$

$$A = ۲ \times (A_1 + A_۲)$$



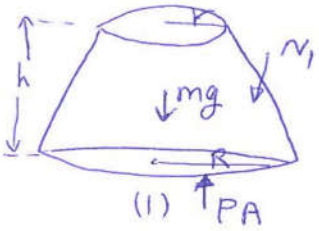
مساحت مثلث $A_1 = \frac{1}{۲} R \times R \times \sin(۱۲۰^\circ) = \frac{R^۲\sqrt{۳}}{۴}$

مساحت قطاعی از یک دایره $A_۲ = \frac{1}{۲} \times (\frac{۴\pi}{۳}) R^۲ = \frac{۲\pi}{۳} R^۲$

$$A = ۲\left(\frac{\sqrt{۳}}{۴} R^۲ + \frac{۲\pi}{۳} R^۲\right) = \left(\frac{\sqrt{۳}}{۲} + \frac{۴\pi}{۳}\right) R^۲$$

$$\Rightarrow F = (P_0 + \rho g h)\left(\frac{\sqrt{۳}}{۲} + \frac{۴\pi}{۳}\right) R^۲ \longrightarrow$$ گزینه ۴

سوال ۹ : دیاگرام نیروی وارد بر آب درون ظرف را می‌کشیم :

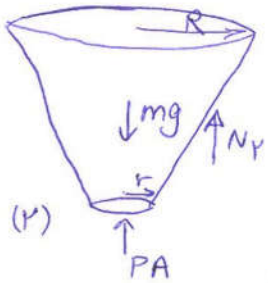


نیروی دیواره بر آب مولفه‌ی افقی ندارد زیرا تقارن داریم و فقط مولفه‌ی قائم دارد که با توجه به شکل ظرف به سمت بالا یا پایین است.

$$N_1 + mg = PA$$

$$N_1 + \rho V g = \rho g h A$$

$$\Rightarrow N_1 = \rho g h \times \pi R^۲ - \rho \frac{\pi}{۳}(R^۲ + r^۲ + rR) h g$$



$$N_۲ + PA = mg \Rightarrow N_۲ = \rho V g - \rho g h A = \rho \frac{\pi}{۳}(R^۲ + r^۲ + rR) h g - \rho g h \times \pi r^۲$$

سوال گفته $\frac{N_1}{N_۲} = \frac{۳}{۲} \Rightarrow \frac{\rho g h \pi R^۲ - \frac{\rho\pi}{۳}(R^۲ + r^۲ + rR) h g}{\rho\frac{\pi}{۳}(R^۲ + r^۲ + rR) h g - \rho g h \pi r^۲} = \frac{۳}{۲}$

$$\Rightarrow \frac{R^۲ - \frac{R^۲ + r^۲ + rR}{۳}}{\frac{R^۲ + r^۲ + rR}{۳} - r^۲} = \frac{۳}{۲} \Rightarrow ۴R^۲ - ۲r^۲ - ۲rR = ۳R^۲ - ۹r^۲ + ۳rR$$

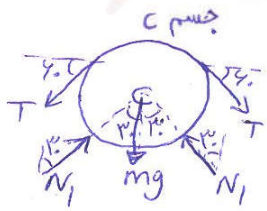
$$\Rightarrow R^۲ - ۵rR + ۴r^۲ = ۰ \Rightarrow \left(\frac{R}{r}\right)^۲ - ۵\left(\frac{R}{r}\right) + ۴ = ۰ \Rightarrow \frac{R}{r} = ۱ \text{ یا } ۴$$

۱ ← غیر قابل قبول

$$\Rightarrow \boxed{\frac{r}{R} = \frac{۱}{۴}}$$

گزینه ۴

سوال ۱۰ : به دلیل تقارن نیرویی که B به C وارد می‌کند همان نیرویی است که A به C وارد می‌کند.

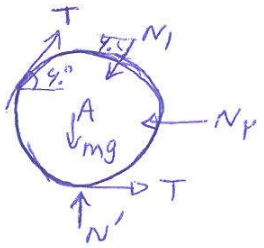


تعادل C : $mg + ۲T\sin۶۰^\circ = ۲N_1\cos۳۰^\circ$

$$\Rightarrow T = N_1 - \frac{mg}{\sqrt{۳}}$$

IranPro.ir

مجید زاهدیان

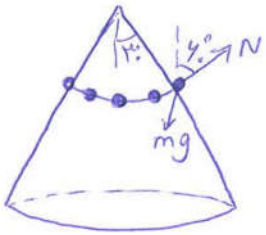


تعادل افقی برای B و A : $T + T\cos 60^\circ = N_2 + N_1 \cos 60^\circ$

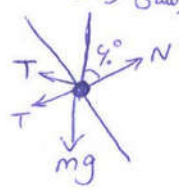
$\Rightarrow T\left(1+\frac{1}{2}\right) = N_2 + N_1 \times \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{3}{2}\left(N_1 - \frac{mg}{\sqrt{3}}\right) = N_2 + N_1 \times \frac{1}{2}$

$\Rightarrow \boxed{N_1 - N_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} mg = 0/87 mg}$

سوال (11) :

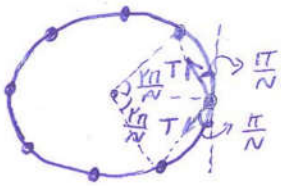


دیاگرام سه‌بعدی

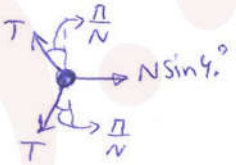


تعادل در راستای عمودی $\Rightarrow N\cos 60^\circ = mg \Rightarrow N = 2mg$

دید از بالا



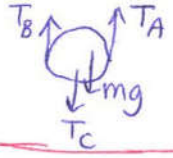
$\Rightarrow$



تعادل در راستای افقی $\Leftarrow 2T\sin\left(\frac{\pi}{N}\right) = N\sin 60^\circ \Leftarrow 2T\sin\left(\frac{\pi}{N}\right) = 2mg \times \frac{\sqrt{3}}{2}$

$\boxed{T = \frac{\sqrt{3}\, mg}{2\sin\left(\frac{\pi}{N}\right)}}$ $\rightarrow$ گزینه‌ی 1

سوال (12) : با توجه به تقارن واضح است که $T_B = T_A$ (دیاگرام بکشید هم میتونید متوجه اش نشید)



$T_A + T_B = T_C + mg \Rightarrow \boxed{T_A + T_B > T_C}$ $\rightarrow$ گزینه‌ی 2

سوال (13) : $PV = nRT \Rightarrow PV = \frac{\rho V}{M} RT \Rightarrow PM = \rho RT =$ ثابت (فرآیند هم‌فشاره)

ρ چگالی

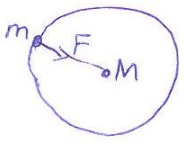
دما با چگالی رابطه عکس دارد

$$\left.\begin{aligned} v_{s1} &= \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho_1}} \\ v_{s2} &= \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho_2}} \end{aligned}\right\} \xrightarrow{\div} \frac{v_{s1}}{v_{s2}} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$

$T_1 = 300\,K$, $Q_p = 40000 = n C_{MP} \Delta T \Rightarrow 40000 = 10 \times \frac{5}{2} \times 8/31 \times (T_2 - T_1) \Rightarrow T_2 = 605/29\,K$

$\frac{v_{s2}}{v_{s1}} = \sqrt{\frac{605/29}{300}} \simeq 1/3 \Rightarrow \frac{v_{s2}}{345/2} = 1/3 \Rightarrow \boxed{v_{s2} = 448/9 \simeq 449\ m/s}$ $\rightarrow$ گزینه‌ی 3

سوال (14) : ابتدا باید رابطه‌ی دوره تناوب قمر را بدست آوریم :

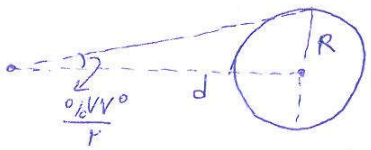


$F = ma$

$\Rightarrow \frac{GmM}{R^2} = mR\omega^2 \xrightarrow{\omega = \frac{2\pi}{T}} R\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{GM}{R^2} \Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 R^3}{GM}$

مجید زاهدیان

حال برای پیدا کردن دوره تناوب باید R شعاع حرکت دایره‌ای قمر را پیدا کنیم.



زاویه را از درجه باید به رادیان تبدیل کنیم

$$\frac{0/0\text{VV}^\circ}{2} = \frac{\pi}{180} \times \frac{0/0\text{VV}}{2}\ \text{rad} = \frac{\pi \times \text{VV}}{360} \times 10^{-3}\ \text{rad}$$

تا بتوانیم از تقریب $\tan\alpha \simeq \alpha$ استفاده کنیم.

$$\tan\left(\frac{\pi \times \text{VV}}{360} \times 10^{-3}\right) = \frac{R}{d}$$

$$\Rightarrow \frac{\pi \times \text{VV}}{360} \times 10^{-3} = \frac{R}{6/3 \times 10^{11}} \Rightarrow R = 4/23 \times 10^{8}\ m$$

$$T = 2\pi R\sqrt{\frac{R}{GM}} = 2\pi \times 4/23 \times 10^{8} \times \sqrt{\frac{4/23 \times 10^{8}}{6/\text{V} \times 10^{-11} \times 1/9 \times 10^{27}}} = 15/32 \times 10^{4}\ s \simeq 1/\text{V}\text{A}\ \text{روز} \simeq 1/8\ \text{روز}$$

$\Leftarrow$ گزینه‌ی ۴

سوال (۱۵):

اگر نیروی گرانش مؤثر باشد: $F' = \frac{Gm_e m_p}{r_1'^2} = m_e \frac{v_1'^2}{r_1'}$ ، $v_1' = \frac{h}{2\pi} \times \frac{1}{m_e r_1'}$

اگر نیروی الکتریکی مؤثر باشد: $F = \frac{k e \times e}{r_1^2} = m_e \frac{v_1^2}{r_1}$ ، $v_1 = \frac{h}{2\pi} \times \frac{1}{m_e r_1}$

$$\Rightarrow \frac{v_1'}{v_1} = \frac{r_1}{r_1'}$$

دو رابطه بالا را به هم تقسیم می‌کنیم

$$\frac{Gm_e m_p}{k e^2} \times \left(\frac{r_1}{r_1'}\right)^2 = \frac{r_1}{r_1'} \times \left(\frac{v_1'}{v_1}\right)^2 = \frac{r_1}{r_1'} \times \left(\frac{r_1}{r_1'}\right)^2 = \left(\frac{r_1}{r_1'}\right)^3$$

$$\Rightarrow \frac{r_1}{r_1'} = \frac{Gm_e m_p}{k e^2} \Rightarrow r_1' = r_1 \times \frac{k e^2}{Gm_e m_p} = \frac{1}{2} \times 10^{-10} \times \frac{9 \times 10^{9} \times (1/6 \times 10^{-19})^2}{6/\text{V} \times 10^{-11} \times 9/1 \times 10^{-31} \times 1/\text{V} \times 10^{-27}}$$

$$\Rightarrow r_1' = \frac{9 \times 1/6^2}{2 \times 6/\text{V} \times 9/1 \times 1/\text{V}} \times \frac{10^{-10} \times 10^{9} \times 10^{-38}}{10^{-11} \times 10^{-31} \times 10^{-27}} = 0/111 \times 10^{30} = 1/11 \times 10^{29} \simeq 10^{29}$$

$\Leftarrow$ گزینه‌ی ۳

سوال (۱۶): اگر کمی فکر کنید و کمی آزمون و خطا کنید میتوان فهمید رابطه طول عمر به صورت توانی است.

N تعداد اتم مانده $= \frac{N_0}{2^{(\frac{t}{T})}}$ ← N_0 تعداد اتم اولیه، t زمان گذشته شده، T نیمه عمر

$$N_2 = N_1 \times 2^{-\frac{40}{T}}$$ ← اتم مانده

$$N_2' = N_1 - N_2 = N_1\left(1 - 2^{-\frac{40}{T}}\right)$$ ← اتم واپاشی کرده

$$N_3 = N_1 \times 2^{-\frac{90}{T}}$$

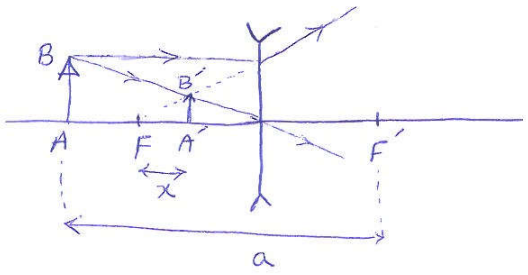
$$\frac{N_2'}{N_3} = 56 \Rightarrow \frac{1 - 2^{-\frac{40}{T}}}{2^{-\frac{90}{T}}} = 56 \Rightarrow 2^{\frac{90}{T}} - 2^{\frac{50}{T}} = 56 \xrightarrow{\frac{40}{T} = x} 4^x - 2^x = 56$$

$\Leftarrow x = 2$ و $x = 3$ صدق می‌کند $\Rightarrow \frac{40}{T} = 3 \Rightarrow T = 13^{min}$

$\Leftarrow$ گزینه‌ی ۳

مجید زاهدیان

سوال (۱۷):



$$\frac{1}{p}-\frac{1}{q}=\frac{-1}{f} \quad , \quad m=\frac{q}{p}=\frac{f-x}{a-f} \quad (I)$$

$$\frac{1}{a-f}-\frac{1}{f-x}=\frac{-1}{f} \Rightarrow \frac{a+x-2f}{ax+f^2-af-xf}=\frac{-1}{f}$$

$$\Rightarrow af+xf-2f^2=-ax-f^2+af+xf \Rightarrow ax=f^2$$

باید از رابطه‌ی (I) استفاده کنیم تا f را برحسب m بنویسیم.

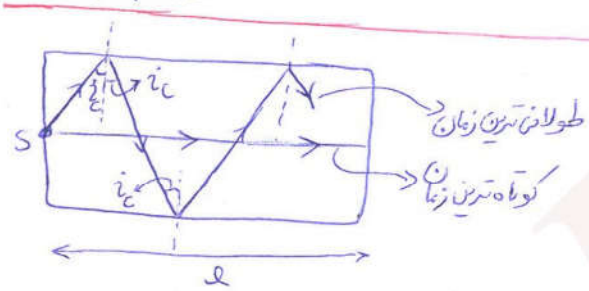
$$(I) \Rightarrow ma-mf=f-x \Rightarrow f=\frac{ma+x}{1+m}$$

$$ax=\left(\frac{ma+x}{1+m}\right)^2=\frac{m^2a^2+x^2+2max}{1+m^2+2m}$$

$$\Rightarrow x^2-a(1+m^2)x+m^2a^2=0 \Rightarrow x=\frac{a(1+m^2)\pm\sqrt{a^2(1+m^2)^2-4m^2a^2}}{2}=\frac{a(1+m^2)\pm a(1-m^2)}{2}$$

$$\Rightarrow x=\cancel{a} \text{ (غیر قابل قبول)} \quad \text{یا} \quad am^2 \Rightarrow \boxed{x=am^2} \rightarrow \text{گزینه‌ی } \underline{2}$$

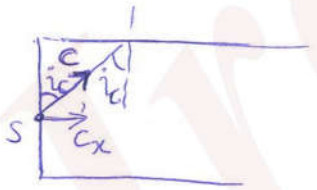
سوال (۱۸): کوتاه‌ترین زمان مربوط به آن پرتویی است که مستقیم به آن سوی استوانه می‌رود:



$$\Delta x=v\Delta t \Rightarrow \Delta t=\frac{\Delta x}{v}=\frac{l}{\frac{c}{n}}=t_1=t_{min}=\frac{nl}{c}$$

طولانی‌ترین زمان مربوط به آن پرتویی است که بیشترین بازتاب را دارد. اگر زاویه تابش از زاویه حد (i_c) کمتر باشد که اصلاً پرتو از درون استوانه خارج می‌شود. اما اگر زاویه تابش به اندازه‌ی بسیار اندکی از زاویه حد بیشتر باشد، پرتو بازتاب خواهد شد و هرچه زاویه تابش را بیشتر از i_c کنیم تعداد دفعات بازتاب کمتر می‌شود و زمان رسیدن به آن طرف کمتر می‌شود. پس طولانی‌ترین زمان برای وقتی است که زاویه تابش برابر i_c باشد.

می‌دانیم: $\sin i_c=\frac{1}{n}$



در اینجا چون حرکت پرتو نور دوبُعدی می‌شود باید سرعت نور را در راستای x تجزیه کنیم

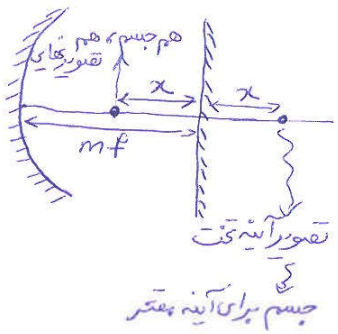
★ توجه: سرعت نور در خلأ c است و وقتی در محیطی با ضریب شکست n باشیم سرعت نور $\frac{c}{n}$ می‌شود.

$$\Delta x=c_x\Delta t \Rightarrow l=\frac{c}{n}\sin i_c \times t_2=\frac{c}{n}\times\frac{1}{n}\times t_2 \Rightarrow t_2=t_{max}=\frac{n^2l}{c}$$

$$\Delta t=t_2-t_1=\frac{n^2l}{c}-\frac{nl}{c} \Rightarrow \boxed{t_2-t_1=\frac{nl}{c}(n-1)} \rightarrow \text{گزینه‌ی } \underline{1}$$

مجید زاهدیان

سوال ۱۹ : برای بدست آوردن تصویر نهایی، جسم را در یکی از آینه‌ها تصویر می‌کنیم و تصویر بدست آمده را جسم برای آینه‌ی بعدی می‌گیریم و تصویرش را بدست می‌آوریم. ترتیب اینکه اول در کدام آینه تصویر کنیم و سپس در آینه‌ی بعدی تصویر کنیم هیچ فرقی نمی‌کند ولی ما به دلیل راحتی اول جسم را در آینه تخت تصویر می‌کنیم و سپس در آینه‌ی مقعر تصویر می‌کنیم.

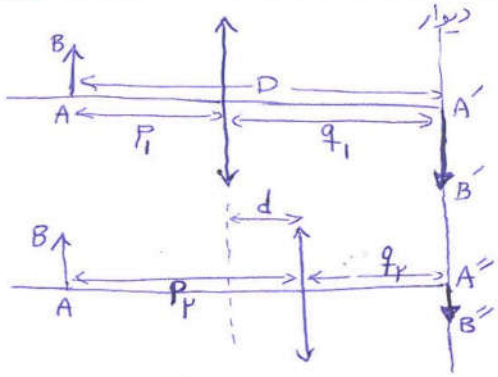


رابطه آینه مقعر : $\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{x+mf}+\frac{1}{mf-x}=\frac{1}{f} \Rightarrow \frac{2mf}{m^2f^2-x^2}=\frac{1}{f} \Rightarrow 2mf=m^2f^2-x^2$

$\Rightarrow x^2=f^2(m^2-2m) \Rightarrow \boxed{x=f\sqrt{m^2-2m}} \rightarrow$ گزینه ۳

سوال ۲۰ : از بیان سوال می‌توان فهمید که مکان جسم و مکانی که دیوار در آن جا قرار دارد نقاط مزدوج یکدیگر هستند.

(نقاط مزدوج در آینه‌ی مقعر یعنی اگر جسم را به محل تصویر ببریم تصویر جدید در محل جسم قبلی تشکیل شود. مکان جسم و تصویر یکی بوده فقط جای‌شان با هم عوض شده)



دیگر نقاط مزدوج : $p_2=q_1$, $p_1=q_2$

از روی شکل $\rightarrow \begin{cases} q_2+p_2=D \\ p_2-p_1=d \Rightarrow p_2-q_2=d \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p_2=\frac{D+d}{2} \\ q_2=\frac{D-d}{2} \end{cases}$

$$\frac{A''B''}{A'B'}=?=\frac{\frac{A''B''}{AB}}{\frac{A'B'}{AB}}=\frac{\frac{q_2}{p_2}}{\frac{q_1}{p_1}}=\left(\frac{q_2}{p_2}\right)^2=\left(\frac{\frac{D-d}{2}}{\frac{D+d}{2}}\right)^2=\left(\frac{D-d}{D+d}\right)^2$$

$\rightarrow$ گزینه‌ی ۴

سوال ۲۱ : اشتباهی که ممکن است در حل این سوال کرده باشید این است که فکر کنید وقتی سه چشمه قطع شوند، انرژی یا شدت (I) موج $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود. که این غلط است زیرا ما قانون برهم نهی امواج را برای دامنه‌ی موج داریم نه برای انرژی یا شدت موج. پس برایند که در حالت دوم دامنه‌ی موج $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود.

$\frac{A_2}{A_1}=\frac{1}{4}$ ← نسبت دامنه‌ها

می‌دانیم که انرژی یک موج با توان دوم دامنه متناسب است یعنی $E \sim A^2 \Rightarrow \frac{E_2}{E_1}=\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{E_2}{E_1}=\frac{1}{16}$

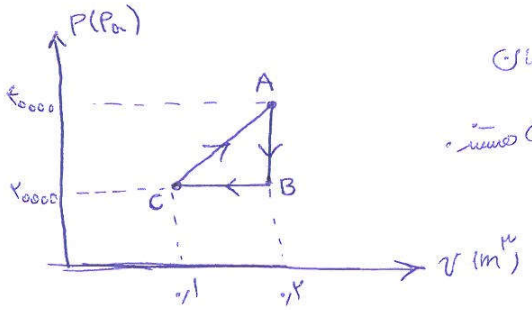
رابطه تراز شدت صوت $\beta_2-\beta_1=\log\left(\frac{I_2}{I_1}\right)=\log\left(\frac{\frac{E_2}{St}}{\frac{E_1}{St}}\right)=\log\left(\frac{E_2}{E_1}\right)=\log\frac{1}{16}=\log(1)-\log(16)$

$\Rightarrow \beta_2-\beta_1=-\log(2^4)=-4\log(2)=-4\times0,3=-1,2\,B=-12\,dB$

تراز شدت صوت ۱۲ دسی بل کاهش می‌یابد. $\Rightarrow$ گزینه‌ی ۳

مجید زاهدیان

سوال (۲۲):



واضح است که فرآیندهای AB و BC دمای شان روبه کاهش است. پس هردو این فرآیندها مربوط به Q_C هستند.

اما در فرآیند CA ، Q_H داریم. زیرا اگر معادله‌ی خط فرآیند CA را بنویسیم:

$$m_{CA}=\frac{\Delta P}{\Delta V}=\frac{۲\times۱۰^{۴}}{۰/۱}=۲\times۱۰^{۵}$$

$$P-P_A=m_{CA}(V-V_A)\Rightarrow P-۴\times۱۰^{۴}=۲\times۱۰^{۵}(V-\frac{۲}{۱۰})$$

$$\Rightarrow P=۲\times۱۰^{۵}V$$

حال رابطه‌ی $P(V)$ را در $PV=nRT$ جایگذاری می‌کنیم: $۲\times۱۰^{۵}V^{۲}=nRT$ ← همان‌طور که از رابطه پیداست با افزایش حجم، دما هم در حال افزایش است ⇐ فرآیند CA گرمایی است. کاملا Q_H است.

بازده ماشین $\eta=\frac{|W|}{Q_H}$ $\quad |W|=$ مساحت چرخه $=\frac{۲۰۰۰۰\times\frac{۱}{۱۰}}{۲}=۱۰۰۰ \Rightarrow W_{کل}=-۱۰۰۰=-Q_{کل}$

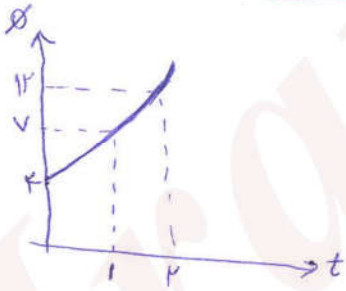
$Q_{کل}=+۱۰۰۰$ ← $Q_{کل}=\underbrace{Q_{CA}}_{Q_H}+\underbrace{Q_{AB}+Q_{BC}}_{Q_C}=+۱۰۰۰$

$$\begin{cases} Q_{AB}=\frac{C_{MV}}{R}\times V\Delta P=\frac{۳}{۲}\times\frac{۲}{۱۰}\times(-۲\times۱۰^{۴})=-۶۰۰۰ \\ Q_{BC}=\frac{C_{MP}}{R}P\Delta V=\frac{۵}{۲}\times۲\times۱۰^{۴}(-\frac{۱}{۱۰})=-۵۰۰۰ \end{cases}$$

$$\Rightarrow Q_H+(-۶۰۰۰)+(-۵۰۰۰)=+۱۰۰۰ \Rightarrow Q_H=۱۲۰۰۰$$

$$\eta=\frac{|W|}{Q_H}=\frac{۱۰۰۰}{۱۲۰۰۰}=\frac{۱}{۱۲}$$ → گزینه‌ی ۳

سوال (۲۳):



اندازه نیروی محرکه $|\mathcal{E}|=N\frac{d\Phi}{dt}=۱\times\frac{d\Phi}{dt}$

سوال گفته، Φ سهمی است یعنی: $\Phi_{(t)}=at^{۲}+bt+c$ که a و b و c مجهول اند.

برای پیدا کردن مجهول‌های a و b و c نیاز به سه معادله داریم که از نمودار استفاده می‌کنیم:

$$\Phi_{(۰)}=۴ \Rightarrow a(۰)+b(۰)+c=۴ \Rightarrow c=۴$$

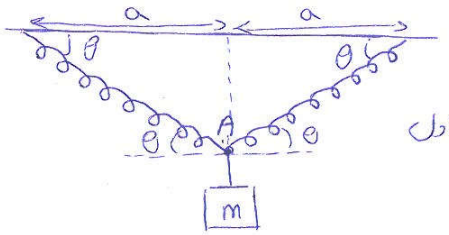
$$\left.\begin{array}{l} \Phi_{(۱)}=۷ \Rightarrow a(۱)+b(۱)+c=۷ \\ \Phi_{(۲)}=۱۲ \Rightarrow a(۴)+b(۲)+c=۱۲ \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} a+b=۳ \\ ۴a+۲b=۸ \end{array} \Rightarrow a=۱,\ b=۲$$

$$\Rightarrow \Phi_{(t)}=t^{۲}+۲t+۴$$

$$\frac{d\Phi}{dt}=۲t+۲ \Rightarrow \left.\frac{d\Phi}{dt}\right|_{t=۰}=۲ \Rightarrow \boxed{\mathcal{E}_{(t=۰)}=۲^{volt}}$$ ← گزینه‌ی ۳

مجید زاهدیان

سوال (۲۴):

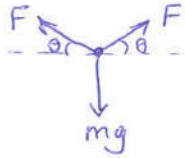


ابتدا می خواهیم رابطه‌ی θ و جرم m را پیدا کنیم:

$l_1 = a$ طول حالت عادی $\quad l_2 = \frac{a}{\cos\theta}$ طول فنر در حالت تعادل

نیروی فنر $= F = K\Delta l = Ka\left(\frac{1}{\cos\theta} - 1\right)$

دیاگرام آزاد نقطه A:



تعادل: $2F\sin\theta = mg \Rightarrow 2Ka\left(\frac{1}{\cos\theta} - 1\right)\sin\theta = mg$

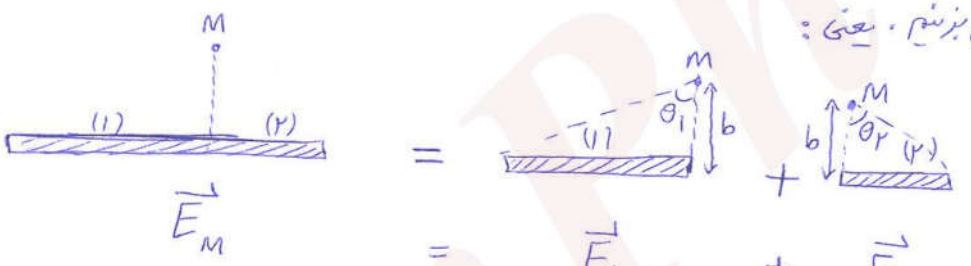
$$\Rightarrow m = \frac{2Ka}{g}\left(\frac{\sin\theta}{\cos\theta} - \sin\theta\right)$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{\frac{2Ka}{g}\left(\frac{\sin 60^\circ}{\cos 60^\circ} - \sin 60^\circ\right)}{\frac{2Ka}{g}\left(\frac{\sin 30^\circ}{\cos 30^\circ} - \sin 30^\circ\right)} = \frac{1 - \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{1}{2}} \times \frac{2\sqrt{3}}{2\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{3} - \sqrt{6}}{2 - \sqrt{3}}$$

گزینه‌ی ۳ ←

سوال (۲۵):

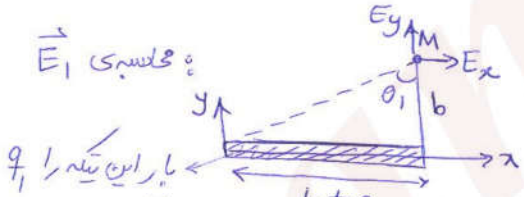
سوال میدان در یک گوشه‌ی میله را گفته. خب ما می توانیم برای پیدا کردن میدان در M، میله را به دو تکه جدا از هم تقسیم کنیم تا نقطه‌ی M در یک گوشه برای هر تکه میله شود که میدان اش را سوال گفته و سپس با استفاده از اصل برهم‌نهی میدان هر تکه از میله را با هم جمع بزنیم. یعنی:



$\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

λ چگالی بار خطی میله می گیریم.

$\vec{E}_1$ محاسبه‌ی:



q_1 بار این تکه را می گیریم $\rightarrow q_1 = \lambda \times b\,tg\theta_1$

$$E_{y_1} = \frac{\lambda(b\,tg\theta_1)}{4\pi\epsilon_0(b\,tg\theta_1)b}\sin\theta_1$$

$$E_{x_1} = \frac{-\lambda(b\,tg\theta_1)}{4\pi\epsilon_0(b\,tg\theta_1)b}(\cos\theta_1 - 1)$$

E_{x_1} را در یک ضرب منفی ←

ضرب کردیم چون در تکه اول نقطه M در سمت راست میله است ولی سوال میدان الکتریکی که داده برای وقتی است که نقطه M سمت چپ میله باشد.

اما به طور شهودی معلوم است که اینکه نقطه M در سمت چپ یا راست میله باشد در مولفه‌ی y میدان تاثیری ندارد. برای همین E_y را در چیزی ضرب نکردیم

$\vec{E}_2$ محاسبه‌ی:

q_2 بار این تکه را می گیریم $\rightarrow q_2 = \lambda \times b\,tg\theta_2$

$$E_{y_2} = \frac{\lambda(b\,tg\theta_2)}{4\pi\epsilon_0(b\,tg\theta_2)b}\sin\theta_2$$

$$E_{x_2} = \frac{\lambda(b\,tg\theta_2)}{4\pi\epsilon_0(b\,tg\theta_2)b}(\cos\theta_2 - 1)$$

$$E_{y_M} = E_{y_1} + E_{y_2} = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 b}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2)$$

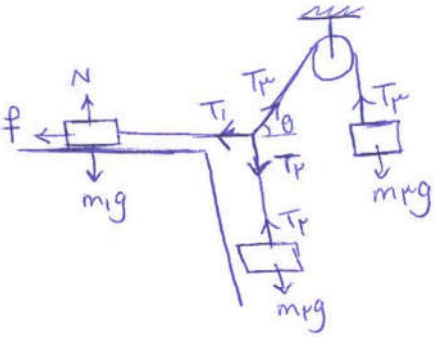
$$E_{x_M} = E_{x_1} + E_{x_2} = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 b}(1 - \cos\theta_1 + \cos\theta_2 - 1)$$

مجید زاهدیان

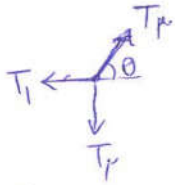
$$\frac{E_{x_{کل}}}{E_{y_{کل}}} = \frac{\cos\theta_2 - \cos\theta_1}{\sin\theta_1 + \sin\theta_2} \xrightarrow{\text{استفاده از فرمول جمع به ضرب در روابط مثلثاتی}} = \frac{-2\sin\left(\frac{\theta_2+\theta_1}{2}\right)\sin\left(\frac{\theta_2-\theta_1}{2}\right)}{2\sin\left(\frac{\theta_1+\theta_2}{2}\right)\cos\left(\frac{\theta_1-\theta_2}{2}\right)} = \frac{-\sin\left(\frac{\theta_2-\theta_1}{2}\right)}{\cos\left(\frac{\theta_1-\theta_2}{2}\right)}$$

$$= \frac{+\sin\left(\frac{\theta_1-\theta_2}{2}\right)}{\cos\left(\frac{\theta_1-\theta_2}{2}\right)} = \boxed{tg\left(\frac{\theta_1-\theta_2}{2}\right)} \rightarrow \text{گزینه‌ی } 4$$

سوال (۲۶): دیاگرام آزاد اجسام را می‌کشیم و معادلات تعادل آن را می‌نویسیم:



$$\begin{cases} T_3 = m_3 g \\ T_2 = m_2 g \\ T_1 = f = \mu N = \mu m_1 g \end{cases}$$



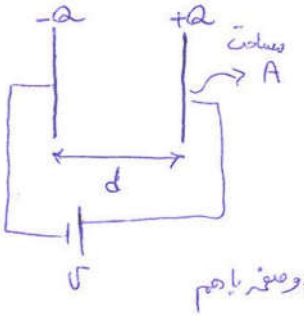
$$T_3\cos\theta = T_1 \Rightarrow \cos\theta = \frac{T_1}{T_3} = \frac{\mu m_1}{m_3}$$

$$T_3\sin\theta = T_2 \Rightarrow \sin\theta = \frac{T_2}{T_3} = \frac{m_2}{m_3}$$

$$\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1 \Rightarrow \frac{\mu^2 m_1^2}{m_3^2} + \frac{m_2^2}{m_3^2} = 1 \Rightarrow \mu^2 \times m_1^2 + m_2^2 = m_3^2 \Rightarrow \mu^2 \times 400 + 96 = 100$$

$$\Rightarrow \mu^2 \times 400 = 96 \Rightarrow \mu^2 = \frac{96}{400} \xrightarrow{\sqrt{\ }} \mu = \frac{6}{20} = \boxed{\frac{3}{10}} \rightarrow \text{گزینه‌ی } 2$$

سوال (۲۷): نیروی وارد بر هر صفحه برابر با بار هر صفحه ضربدر میدان الکتریکی ناشی از صفحه روبروی آن است.



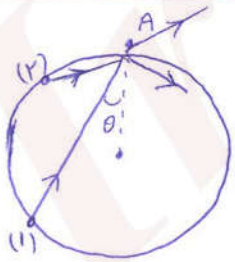
$$F = QE$$ ← دقت کنید که این میدان، میدان الکتریکی کل نیست بلکه فقط میدان ناشی از صفحه روبروی است چون میدان خود صفحه به خود صفحه نیرو وارد نمی‌کند

$$Q = CV = \frac{A\epsilon_0}{d} \times V$$

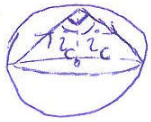
$$E_{کل} = \frac{V}{d} \Rightarrow E_{\text{یک صفحه}} = \frac{V}{2d}$$ ← میدان هر دو صفحه با هم

$$F = QE = \left(\frac{A\epsilon_0}{d} \times V\right)\left(\frac{V}{2d}\right) = \boxed{\frac{A\epsilon_0 V^2}{2d^2}} \rightarrow \text{گزینه‌ی } 1$$

سوال (۲۸): برای اینکه نقطه‌ی A مکان دیده نقطه (۱) از سطح داخلی کره را ببیند باید از آن نقطه نور به نقطه‌ی A برسد. برای اینکه پرتو بتواند از کره‌ی شیشه‌ای عبور کند باید زاویه تابش کمتر از زاویه حد (i_c) داشته باشد. اگر زاویه‌ی تابش از i_c بیشتر باشد پرتو نور از کره شیشه عبور نمی‌کند و بازتاب می‌شود. برای همین نقطه‌ای دیده نقطه‌ی (۲) برای A قابل مشاهده نیست. (البته با شرط فقط یک بار شکسته شدن نور)



$$\sin i_c = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow i_c = 45^\circ$$ ← رسم شکل

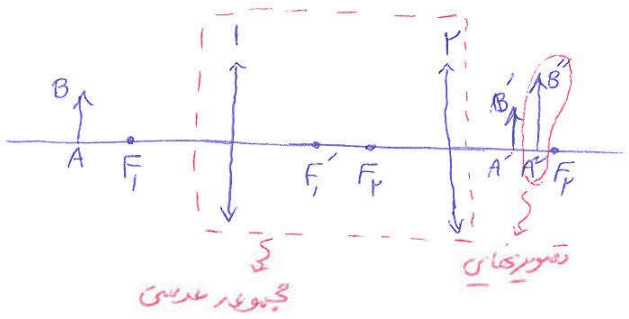


فقط نیمه‌ی جنوبی قابل مشاهده است.

$$\frac{\text{مساحت قابل مشاهده}}{\text{مساحت کل}} = \frac{2\pi R^2}{4\pi R^2} = \boxed{\frac{1}{2}} \rightarrow \text{گزینه‌ی } 2$$

مجید زاهدیان

سوال (۲۹): برای پیدا کردن تصویر نهایی، جسم AB را در عدسی ۱ تصویر کرده و این تصویر را جسم برای عدسی ۲ می‌یابیم و در عدسی ۲ تصویر می‌کنیم تا تصویر نهایی حاصل شود.

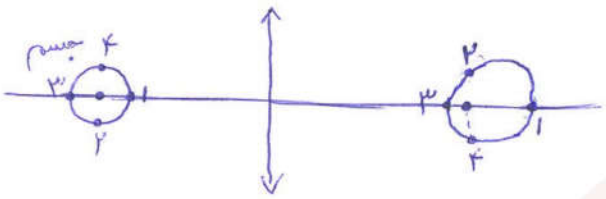


خود سوال تصویر در عدسی ۱ را داده پس فقط کافی است که $B'A'$ را در عدسی ۲ تصویر کنیم که چون $A'B'$ در فاصله کانونی عدسی ۲ است، پس تصویر نهایی ($A''B''$) پشت $A'B'$ یعنی سمت راست آن تشکیل می‌شود.

برای یک عدسی تنها اگر تصویر در آن سوی عدسی بود می‌گفتیم تصویر حقیقی است. اما در اینجا اگر مجموعه‌ی عدسی را در نظر بگیریم، تصویر نهایی سمت راست آن و آن سوی مجموعه عدسی تشکیل شده، پس تصویر حقیقی است.

گزینه‌ی ۱ صحیح است.

سوال (۳۰): اگر به همان محل تصویر حرکت‌های مختلف عدسی همگرا تسلط داشته باشید، حل این سوال بسیار ساده است.



۴ نقطه ۱ و ۲ و ۳ و ۴ از محیط جسم دایره‌ای شکل را در نظر بگیرید.

هرکدام را جدا تصویر کنید و سعی کنید تصویرها را به هم وصل کنید.

مشخص می‌شود که گزینه‌ی ۳ صحیح است.

سوال (۳۱): فرض کنید دمای تعادل کره T' باشد. در حالت تعادل آهنگ انرژی جذب شده با آهنگ انرژی تابش شده برابر است:

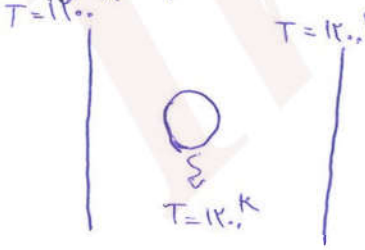
$$\frac{E}{At} = \sigma T^4 \Rightarrow \frac{E}{t} = \dot{Q}_{\text{تابش}} = \sigma T^4 \times A \leftarrow \text{آهنگ انرژی تابشی}$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{\text{تابش شده}} = \sigma T'^4 \times 4\pi R^2 \quad (R \text{ شعاع کره است})$$

حالت تعادل: $\dot{Q}_{\text{جذب شده}} = \dot{Q}_{\text{تابش شده}}$

برای بدست آوردن آهنگ انرژی جذب شده می‌گوییم:

فرض کنید به جای یک صفحه با دمای $T=1200\,K$، دو صفحه با دمای $T=1200\,K$ داشتیم. می‌توان گفت در این حالت آهنگ انرژی جذب شده (به دلیل تقارن) دو برابر آهنگ انرژی جذب شده در حالت اصلی (حالت اول) است. (یک صفحه شده، دو تا صفحه)



خود سوال گفته در این حالت دمای کره نیز $T=1200\,K$ می‌شود.

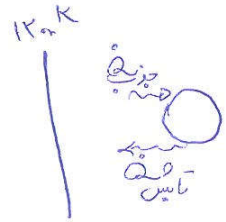
حالت تعادل: $\dot{Q}'_{\text{تابش شده}} = \dot{Q}'_{\text{جذب شده}}$

$$\Rightarrow \sigma \times 1200^4 \times 4\pi R^2 = \dot{Q}'_{\text{جذب شده}}$$

خب همان طور که بالا گفتیم $\dot{Q}_{\text{جذب شده}}$ در سوال اصلی نصف $\dot{Q}'_{\text{جذب شده}}$ است:

$$\dot{Q}_{\text{جذب شده}} = \frac{\dot{Q}'}{2} = \sigma \times 1200^4 \times 2\pi R^2$$

مجید زاهدیان



تعادل : $\dot{Q}_{\text{تابش}} = \sigma T'^4 \times 4\pi R^2 = \dot{Q}_{\text{جذب}} = \sigma \times 4^4 \times 2\pi R^2$

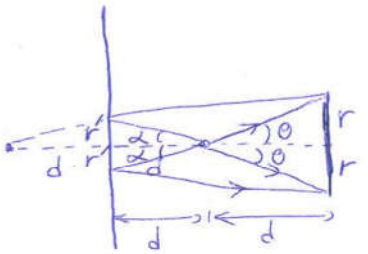
$\Rightarrow T'^4 \times 2 = (1200)^4 \Rightarrow T' = \frac{1200}{\sqrt[4]{2}} = 1009{,}1V\ K$

$T' = 1009{,}1V - 273 = 736{,}1V\ ^\circ C$ $\rightarrow$ گزینه‌ی ۲

سوال (۳۲) :

اگر شکل بگشیم آن پرتوهایی که در محدوده‌ی با زاویه‌ی θ باشند به طور مستقیم به پرده می‌رسند.

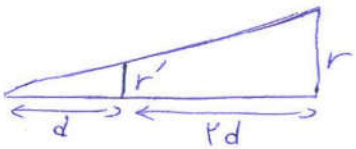
آن پرتوهایی هم که در محدوده‌ی با زاویه‌ی α باشند، پس از بازتاب از آینه به پرده می‌رسند.



$\tan\theta \simeq \theta = \frac{r}{d}$

$\tan\alpha \simeq \alpha = \frac{r'}{d}$

دقت داشته باشید که سوال گفته $r \ll d$ یعنی زاویه‌ی θ و α کوچک هستند و می‌توان از تقریب زاویه‌های کوچک استفاده کرد.



تالس : $\frac{r'}{r} = \frac{d}{3d} = \frac{1}{3} \Rightarrow r' = \frac{r}{3} \Rightarrow \frac{r'}{d} = \frac{\frac{r}{d}}{3} \Rightarrow \alpha = \frac{\theta}{3}$

پرتوهایی به پرده می‌رسند که در زاویه‌ی فضایی محدوده‌ی با زاویه‌ی θ یا زاویه‌ی α باشند :

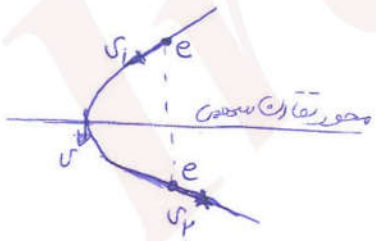
$\frac{\text{کسر نور رسیده به پرده}}{\text{زاویه فضایی کل}} = \frac{\text{زاویه فضایی مطلوب}}{4\pi} = \frac{2\pi(1-\cos\theta) + 2\pi(1-\cos\alpha)}{4\pi} = \frac{1-\cos\theta + 1-\cos\alpha}{2}$

تقریب : $\cos\theta \simeq 1 - \frac{\theta^2}{2}$ ، $\cos\alpha = 1 - \frac{\alpha^2}{2} = 1 - \frac{(\frac{\theta}{3})^2}{2}$

$\Rightarrow$ جواب $= \frac{1 - (1 - \frac{(\frac{r}{d})^2}{2}) + 1 - (1 - \frac{(\frac{r}{d})^2}{18})}{2} = \frac{\frac{1}{2}(\frac{r}{d})^2 + \frac{1}{18}(\frac{r}{d})^2}{2} = \frac{\frac{10}{18}(\frac{r}{d})^2}{2} = \boxed{\frac{5}{18}(\frac{r}{d})^2}$

گزینه‌ی ۲ صحیح است.

سوال (۳۳) : اگر به مسیر حرکت مماس رسم کنیم، جهت سرعت در آن نقطه بدست می‌آید.



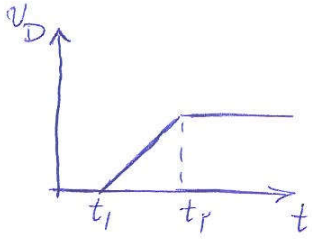
شتاب $a = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{2}$ ،

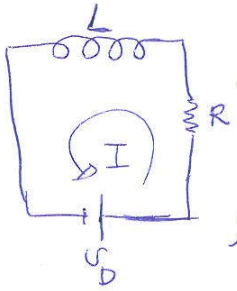
$\Rightarrow \vec{a}$

بنابراین بردار شتاب متوسط به سمت راست است و طبق $\vec{F} = m\vec{a}$ ، پس نیرو هم به سمت راست است و طبق $\vec{F} = q\vec{E}$ (بار پروتون مثبت است) میدان الکتریکی هم به سمت راست خواهد بود. گزینه‌ی ۲ صحیح است.

* یا می‌شد گفت ذره سرعت به سمت پایین خود را همواره دارد و این سرعت افقی است که در حال تغییر است. سرعت افقی اول به سمت چپ بوده و سپس صفر شده و بعد سرعت افقی به سمت راست شده، پس شتاب به سمت راست بوده و طبق همان استدلال‌های قبلی میدان الکتریکی هم به سمت راست است *

مجید زاهدیان





سوال (۳۴): وقتی در مدار القاگر داریم، هیچ وقت نمودار جریان نمی تواند شکسته باشد زیرا القاگر در مقابل تغییرات ناگهانی جریان واکنش نشان می دهد و یا جریانی که خودش القا می کند مانع از شکست ناپذیری جریان می شود. پس گزینه های ۳ و ۴ که در نمودارها شان شکستگی دیده می شود، رد می شوند. گزینه ی ۲ هم غلط است به این دلیل که $\frac{dI}{dt}$ در جایی بین t_1 و t_2 صفر شده. القاگر باعث می شود جریان در مدار کم کم زیاد شود تا به مقدار I_{max} برسد و از جریان صفر تا I_{max} روند کاملاً صعودی است. (اگر القاگر در مدار نباشد، جریان به یکباره از صفر به $\frac{V_D}{R}$ می رسد اما اگر القاگر داشته باشیم القاگر مانع از تغییر ناگهانی جریان می شود و آن را به تدریج افزایش می دهد تا به مقدار $\frac{V_D}{R}$ برسد)

اگر توجیحات فوق شما را قانع نکرد می توانید معادله دیفرانسیل مربوط به مدار را بنویسید و حل کنید و جریان را رسم کنید تا مطمئن شوید:

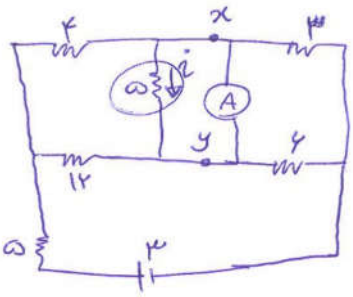
قانون حلقه: $-RI - L\frac{dI}{dt} + V_D = 0 \Rightarrow L\frac{dI}{dt} + RI = V_D = \begin{cases} 0 & t \le t_1 \\ at+b & t_1 < t < t_2 \\ c & t \ge t_2 \end{cases}$ → این معادله دیفرانسیل را حل کنید (a و b و c و R و L ثابت اند)

IranPhO.ir

سوال ① پاسخ کوتاه:

می دانیم از ولت سنج ایده آل هیچ جریانی عبور نمی‌کند، پس می‌توان ولت سنج را از مدار حذف کرد. (ولت سنج، اختلاف ولتاژ دو نقطه را می دهد. اگر از مدار حذف اش کنیم اتفاق خاصی نمی افتد فقط دیگر اختلاف ولتاژ دو نقطه را نشان نمی دهد.))

می دانیم آمپرسنج ایده‌آل هیچ مقاومتی ندارد و مانند سیم عمل می‌کند، یعنی جریان عبوری از سیم را نشان می دهد. دو سر آمپرسنج هیچ اختلاف ولتاژی نیست (برای همین آمپرسنج را در مدار سری می بندند) اما اینجا آمپرسنج موازی بسته شده است.

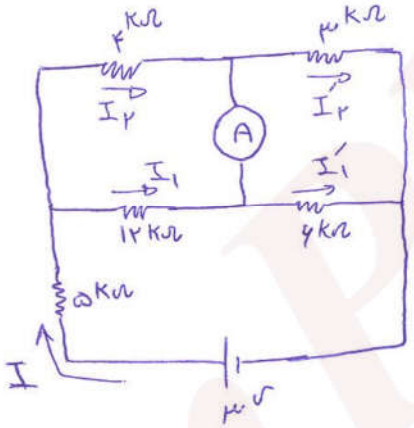


اختلاف پتانسیل دو سر آمپرسنج $= v_x - v_y = 0 \Rightarrow v_x = v_y$

پس دو سر مقاومت $5\,k\Omega$ که با آمپرسنج موازی است، هم پتانسیل اند $\Rightarrow i = 0$

هیچ جریانی از مقاومت نشان داده شده در شکل نمی گذرد $\Rightarrow$ پس می توان آن را حذف کرد.

مدار ساده شده:



ابتدا مقاومت معادل را حساب می‌کنیم تا جریان I بدست آید:

$$R_{eq} = 5 + \frac{4\times12}{4+12} + \frac{3\times6}{3+6} = 5 + 3 + 2 = 10\ k\Omega$$

$$R_{eq} I = 3\ V \Rightarrow I = \frac{3\ A}{10000} = 3\times10^{-4}\ A$$

جریانی که از آمپرسنج عبور می‌کند $|I_1 - I'_1|$ است با $|I_2 - I'_2|$. $|I_2 - I'_2| = |I_1 - I'_1|$

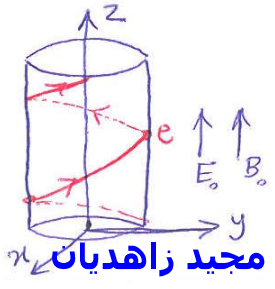
$$\left.\begin{aligned} I_1 + I_2 = I = 3\times10^{-4} \\ 4I_2 = 2I_1 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{aligned} I_1 &= \frac{3}{4}\times10^{-4} \\ I_2 &= \frac{9}{4}\times10^{-4} \end{aligned}$$

$$\left.\begin{aligned} I'_1 + I'_2 = I = 3\times10^{-4} \\ 3I'_2 = 6I'_1 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{aligned} I'_1 &= 1\times10^{-4} \\ I'_2 &= 2\times10^{-4} \end{aligned}$$

جریان آمپرسنج $A = |I_1 - I'_1| = \left|\frac{3}{4} - \frac{1}{10}\right|\times10^{-4} = \frac{1}{4}\times10^{-4}\ A = \frac{10^3}{4}\ \mu A = 250\ \mu A$

سوال ② پاسخ کوتاه:

صورت سوال مسیر حرکت الکترون را داده. گفته روی محور z ها به سمت بالا می رود و تصویرش روی صفحه‌ی x-y یک دایره است. یعنی الکترون روی استوانه‌ای رو به بالا حرکت می‌کند که شعاع استوانه $R = \frac{1}{10}\times10^{-3}\ m$ است.



مجید زاهدیان

از معادلات حرکت در دستگاه مختصات استوانه‌ای استفاده می‌کنیم.

$\vec{E}_0 = 0^{N/C}\,\hat{z}$ ، $\vec{B}_0 = \frac{1}{10}\,T\,\hat{z}$

چون e روی استوانه حرکت می‌کند $r=0$ و $\dot{r}=0$ و $\ddot{r}=0$ است.

$e = +1{,}6\times10^{-19}\,C$ ، $m = 9{,}1\times10^{-31}\,kg$

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow -eE_0\hat{z} + (\vec{v}\times\vec{B}) = m\vec{a}$$

$$\Rightarrow -eE_0\hat{z} + (-e)(\dot{z}\hat{z} + \dot{r}\hat{r} + r\dot{\theta}\hat{\theta})\times(B_0\hat{z}) = m\left[(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)\hat{r} + (2\dot{r}\dot{\theta} + r\ddot{\theta})\hat{\theta} + \ddot{z}\hat{z}\right]$$

$$\Rightarrow -eE_0\hat{z} - eR\dot{\theta}B_0\hat{r} = m\ddot{z}\hat{z} - mr\dot{\theta}^2\hat{r}$$

$\hat{z}$: $-eE_0 = m\ddot{z} \Rightarrow \ddot{z} = \frac{-eE_0}{m} =$ ثابت $\Rightarrow \dot{z}_{(t)} = \frac{-eE_0}{m}t + v_{0z}$

$\hat{r}$: $-eR\dot{\theta}B_0 = -mR\dot{\theta}^2 \Rightarrow \dot{\theta} = \frac{+eB_0}{m} =$ ثابت

سوال گفته سرعت اولیه عمود بر محور z است پس مولفه z ندارد.

$$\text{انرژی جنبشی} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left[\dot{z}^2 + (R\dot{\theta})^2\right] = \frac{m}{2}\left[\left(\frac{-eE_0}{m}t\right)^2 + R^2\frac{e^2B_0^2}{m^2}\right] = K$$

$$\Rightarrow K = \frac{+e^2E_0^2t^2}{2m} + \frac{e^2R^2B_0^2}{2m} = \frac{e^2}{2m}\left((E_0t)^2 + (RB_0)^2\right)$$

جایگذاری مقادیر داده شده $\rightarrow$

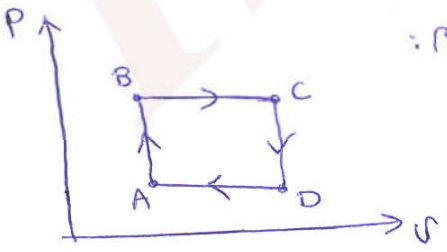
$$K = \frac{(1{,}6\times10^{-19})^2}{2\times9{,}1\times10^{-31}}\left[\left(5\times4\times10^{-6}\right)^2 + \left(10^{-4}\times10^{-1}\right)^2\right] \rightarrow$$ بر حسب ژ

اگر تقسیم بر $1{,}6\times10^{-19}$ شود برحسب الکترون ولت می‌شود

$$\Rightarrow K = \frac{1{,}6\times10^{-19}}{2\times9{,}1\times10^{-31}}\left[4\times10^{-10} + 10^{-10}\right] = \frac{1{,}6\times10^{-19}}{2\times9{,}1\times10^{-31}}\times5\times10^{-10} = \frac{8}{18{,}2}\times10^{31-29} = \frac{8000}{182}$$

$$\Rightarrow K = 43{,}956\ldots \Rightarrow \boxed{K \simeq 44\ eV}$$

سوال (۳۴) پاسخ کوتاه : نمودار P_T سوال را تبدیل به P_V می‌کنیم:



$$W_{\text{چرخه}} = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} + W_{DA} = W_{BC} + W_{DA}$$

$$= (-P\Delta V)_{BC} + (-P\Delta V)_{DA}$$

برای گاز کامل داریم: $PV = nRT$ مرآیند فشار ثابت $\Leftarrow P\Delta V = nR\Delta T$

مجید زاهدیان

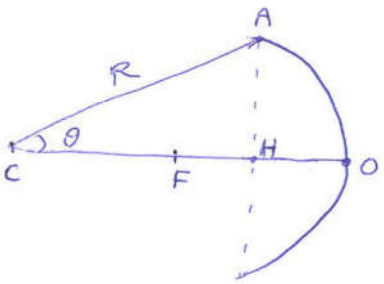
$$\Rightarrow W_{\text{چرخه}} = -nR\Delta T_{BC} - nR\Delta T_{DA} = -nR(T_C - T_B) - nR(T_A - T_D)$$

$$\Rightarrow W_{\text{چرخه}} = -nR\left[T_B + T_D - T_C - T_A\right] = -1 \times 8{,}3 \times \left[\underbrace{900 + 900}_{1800} - \underbrace{1800 - 300}_{2100}\right]$$

$$\Rightarrow W_{\text{چرخه}} = -8{,}3 \times (-900) = +7470 \text{ J} \Rightarrow \text{جواب} = 49{,}8 \text{ کیلوژول} \simeq 50$$

سوال ۴ پاسخ کوتاه: ابتدا در قدم اول، از روی داده‌های مسئله فاصله‌ی کانونی آینه را پیدا می‌کنیم.

می‌دانیم آینه‌های کاو یا کوژ قسمتی از کره‌ای هستند که یک سمت آن‌ها صیقلی شده.



داده‌های مسئله: $AH = 20\text{ cm}$, $OH = 4\text{ cm}$

R شعاع کره‌ی مربوط به آینه می‌گیریم. $CO = R$

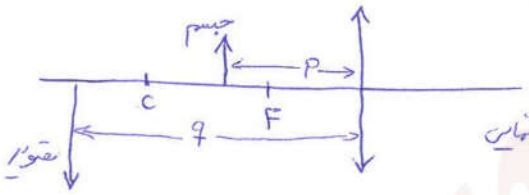
$$AH = R\sin\theta = 20 \Rightarrow \sin\theta = \frac{20}{R} \Rightarrow \cos\theta = \sqrt{1 - \left(\frac{20}{R}\right)^2} \quad (1)$$

$$OH = R - R\cos\theta = 4 \quad (2)$$

$$(1),(2) \Rightarrow R - R\,\frac{\sqrt{R^2 - 400}}{R} = 4 \Rightarrow R - 4 = \sqrt{R^2 - 400} \Rightarrow R^2 - 8R + 16 = R^2 - 400$$

$$\Rightarrow 8R = 416 \Rightarrow R = 52\text{ cm} \Rightarrow f = \frac{R}{2} = \frac{52}{2} = 26\text{ cm}$$

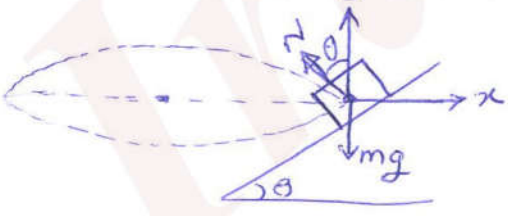
سوال گفته بزرگ‌نمایی باید 2 شود و تصویر هم حقیقی هست.



بزرگ‌نمایی $m = \frac{q}{P} = 2 \Rightarrow q = 2P$

$$\frac{1}{P} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{P} + \frac{1}{2P} = \frac{1}{26} \Rightarrow \frac{3}{2P} = \frac{1}{26} \Rightarrow P = \frac{3}{2} \times 26 = 39\text{ cm}$$

سوال ۵ پاسخ کوتاه: برای حالت اول که اصطکاک نداریم دیاگرام آزاد رسم کرده و معادلات حرکت را می‌نویسیم.



راستای y: $N\cos\theta - mg = ma_y^{\nearrow 0} = 0 \Rightarrow N\cos\theta = mg$

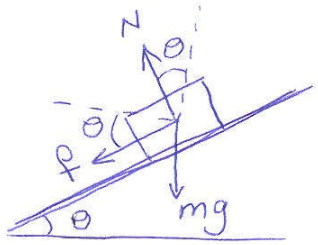
راستای x: $N\sin\theta = ma_x = m\frac{v_1^2}{R} \Rightarrow N\sin\theta = m\frac{v_1^2}{R}$

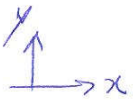
$$\tan\theta = \frac{v_1^2}{Rg} = \frac{(20)^2}{100 \times 10} = \frac{4}{10} = \frac{2}{5}$$: طرفین دو رابطه بدست آمده را به هم تقسیم می‌کنیم

$$1 + \tan^2\theta = \frac{1}{\cos^2\theta} \Rightarrow \cos\theta = \frac{5}{\sqrt{29}}, \quad \sin\theta = \frac{2}{\sqrt{29}}$$

مجید زاهدیان

خب حالا که زاویه‌ی θ پیدا شد، اصطکاک را وارد معادلات می‌کنیم





راستای y: $N\cos\theta - f\sin\theta = mg = ma_y = 0$

راستای x: $N\sin\theta + f\cos\theta = ma_x = m\frac{v^2}{R}$

حال باید دستگاه دو معادله دو مجهول بالا را حل کنیم

$$\Rightarrow \begin{cases} N\cos\theta - f\sin\theta = mg = 400\times 10 \\ N\sin\theta + f\cos\theta = m\frac{v^2}{R} = 400\times\frac{425}{10} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} N\times\frac{3}{\sqrt{29}} - f\times\frac{2}{\sqrt{29}} = 4000 \\ N\times\frac{2}{\sqrt{29}} + f\times\frac{3}{\sqrt{29}} = 4\times 425 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 3N - 2f = 4000\sqrt{29} \\ N(-3) + f\left(\frac{-2\times 3}{2}\right) = 4\times 425\times\sqrt{29}\times\frac{-3}{2} = -15\times 425\times\sqrt{29} \end{cases}$$

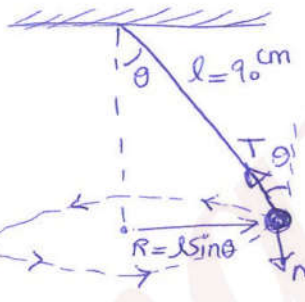
$$+ \quad f\left(-2-\frac{2\times 3}{2}\right) = -15\times 425\sqrt{29} + 4000\sqrt{29}$$

$$\Rightarrow f\times\frac{29}{2} = (15\times 425 - 4000)\times\sqrt{29} \Rightarrow f = \frac{18750}{\frac{30\times 425 - 12000}{\sqrt{29}}}$$

$$\Rightarrow f \simeq 1283 = 12{,}83\times 100$$

اگر رُند کنیم $\Longrightarrow$ جواب = ۱۲ یا ۱۳

سوال ۷ پاسخ کوتاه: اگر طول نخ l باشد، R شعاع حرکت دایره برابر $l\sin\theta$ است.



راستای y: $T\cos\theta - mg = ma_y = 0 \Rightarrow T\cos\theta = mg$ (۱)

راستای x: $T\sin\theta = ma_x = m\frac{v^2}{l\sin\theta}$ (۲)

اگر T ماکزیمم شود، سرعت (v) هم ماکزیمم شود $\Leftarrow$ انرژی جنبشی ماکزیمم می‌شود $\leftarrow T_{max} = 4^N$

(۱) $\Rightarrow 4\cos\theta = \frac{36}{100}\times 10 \Rightarrow \cos\theta = \frac{9}{10}$ و $\sin^2\theta = 1-\cos^2\theta = 1-\frac{81}{100} = \frac{19}{100}$

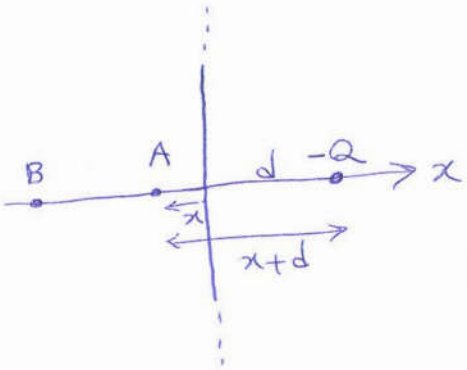
(۲) $\Rightarrow T\sin^2\theta = \frac{mv^2}{l} \Rightarrow 4\times\frac{19}{100} = \frac{mv^2}{\frac{9}{10}} \Rightarrow 4\times\frac{19}{100}\times\frac{9}{10} = mv^2$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\times 4\times\frac{19}{100}\times\frac{9}{10} = 18\times 19\times 10^{-3} = 342\times 10^{-3}\ J = 34{,}2\times 10^{-2}\ J$$

جواب = ۳۴٫۲ $\Longleftarrow$ اگر رُند کنیم $\Longrightarrow$ جواب = ۳۴

مجید زاهدیان

سوال ⑦ پاسخ کوتاه :



از اصل برهم نهی می دانیم میدان برآیند هست، جمع برداری میدان خط بار بعلاوه میدان بار نقطه ای.

$$\vec{E}_{(x)} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 x}(-\hat{x}) + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 (x+d)^2}(\hat{x}) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 x} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 (x+d)^2} \Rightarrow (x+d)^2 = \frac{Q}{2\lambda}x$$

$$\Rightarrow x^2 + 2dx + d^2 = \frac{Q}{2\lambda}x \Rightarrow x^2 + \left(2d - \frac{Q}{2\lambda}\right)x + d^2 = 0$$

جواب های این معادله را خودِ سوال گفته $x_A = -4+4\sqrt{2}$ ، $x_B = -4-4\sqrt{2}$

(نکته: می دانیم در معادله $x^2 - \alpha x + \beta = 0$ ، α = جمع ریشه ها ، β = ضرب ریشه ها)

$$d^2 = \text{ضرب ریشه ها} = (-4+4\sqrt{2})(-4-4\sqrt{2}) = 36 - 16\times 2 = 4 \Rightarrow d^2 = 4$$

$$\Rightarrow \boxed{d = 2\,cm = 20\,mm}$$

IranPhO.ir

پاسخ پرسش‌های کوتاه!

باشگاه دانش پژوهان جوان

مرحله اول المپیادهای علمی کشور

بیست و هفتمین دوره المپیاد فیزیک

سال تحصیلی ۹۳-۹۲

نام: -

نام خانوادگی: -

کد ملی: -

شماره صندلی: -

پرونده: - - - -

استان: -

شهرستان: -

منطقه: -

حوزه امتحانی: -

۹۹۹ ۹۹۸۰ ۰ ۱۹

نام:

نام‌خانوادگی:

کد ملی:

تلفن همراه:

مطابق توضیحات دفترچه تکمیل شود.

کد دفترچه

تمام سلول مورد نظر مطابق نمونه صحیح پر شود: صحیح غلط

سوالات چند گزینه‌ای

مساله‌های کوتاه

مساله اول	مساله دوم	مساله سوم	مساله چهارم	مساله پنجم	مساله ششم	مساله هفتم	مساله هشتم	مساله نهم	مساله دهم
یکان دهگان	یکان دهگان	یکان دهگان	یکان دهگان	یکان دهگان	یکان دهگان	یکان دهگان	یکان دهگان	یکان دهگان	یکان دهگان

۱۲ و ۱۳ صحیح است

مجید زاهدیان

IranPhO.ir