جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش

دفترچه سوالات به همراه پاسخنامه تشریحی
مرحله دوم
هفدهمین دوره‌ی المپیاد فیزیک سال ۱۳۸۲

تعداد سوالات		مدت آزمون (دقیقه)
سوالات چند گزینه‌ای	مساله‌های تشریحی	
–	۱۰	۲۴۰

توضیحات مهم

استفاده از ماشین حساب ممنوع است.

تذکرات آزمون:

ضمن آرزوی موفقیت برای شما دانش‌پژوه گرامی، خواهشمند است قبل از پاسخ به سؤالات آزمون به موارد زیر توجه کنید:

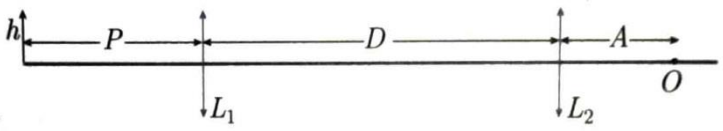
- این آزمون شامل **۱۰ مسئله‌ی تشریحی** و وقت آن **۲۴۰ دقیقه** است.
- نمره‌ی هر سوال در ابتدای آن نوشته شده است.
- استفاده از ماشین‌حساب در این آزمون مجاز است.
- همراه داشتن تلفن همراه (حتی خاموش) در طول زمان آزمون مجاز **نیست**.
- فقط داوطلبانی می‌توانند دفترچه‌ی سؤالات را با خود ببرند که تا پایان آزمون در جلسه حضور داشته باشند.
- آماده‌سازی پاسخنامه‌ی این آزمون توسط **ایرانفو، مرجع المپیاد فیزیک ایران** انجام شده است.
- جمع‌آوری و آماده‌سازی دفترچه‌ی سوالات این آزمون توسط **کمیته‌ی علمی ماخ** انجام شده است.

ایرانفو
مرجع المپیاد فیزیک ایران

www.MAAKH.ir

کلیه حقوق این سوالات برای ماخ محفوظ است.

۱- یک دوربین از دو عدسی همگرای L_1 و L_2 ساخته شده، که هم‌محوراند و فاصله‌یشان از هم D است. فاصله کانونی این دو عدسی، به‌ترتیب f_1 و f_2 است. مطابق شکل، جسمی بـه طول h در فاصله p از عدسی L_1 است. فاصله‌ها چنان است که تصویر این جسم در L_1، در طرف چپ L_2 تشکیل می‌شود. چشم ناظر در نقطه O، طرف راست L_2 و به فاصله A از آن است. درشت‌نمایی دروبین (γ) را به شکل $\gamma = \frac{k}{Y}\frac{X}{h}$ تعریف می‌کنیم. X فاصله جسم از ناظر، Y فاصله تصویر جسم در دوربین از ناظر، h طول جسم و k طول تصویر نهایی است.

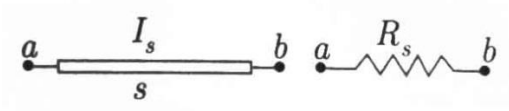


الف) درشت‌نمایی دوربین را برحسب p، D، A، f_1 و f_2 حساب کنید.

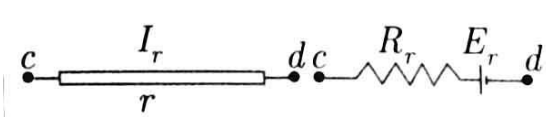
ب) درشت‌نمایی دوربین را به‌ازای $p \to \infty$ حساب کنید.

ج) مقدار به‌دست آمده در (ب) را به‌ازای $D = f_1 + f_2$ ساده کنید.

۲- مدار یک موتور الکتریکی از دو عنصر s و r تشکیل شده است. عنصر s مثل یک مقاومت به مقدار R_s است:



عنصر r مثل یک مقاومت به مقدار R_r و یک باتری با نیروی محرکه E_r است:



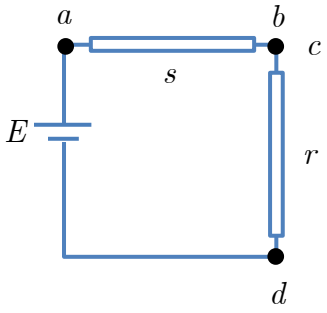
از این موتور برای حرکت دادن یک نوار نقاله استفاده می‌شود. با گذشتن جریان از عنصر s، میدان مغناطیسی B تولید می‌شود. به‌خاطر این میدان مغناطیسی و جریانی که از عنصر r می‌گذرد، نیروی F به نوار نقاله وارد می‌شود. سرعت نوار نقاله را با v نشان می‌دهیم. این رابطه‌ها برقرارند:

$$B = \alpha I_s \quad , \quad F = \beta B I_r \quad , \quad E_r = \gamma B v$$

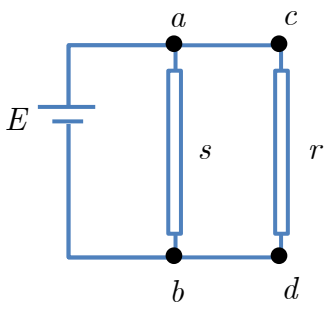
α، β و γ ثابت‌هایی‌اند، که همراه با R_r و R_s مشخصات موتور را تشکیل می‌دهند.

الف) مدار موتور سری مانند شکل (۱) است. برای این موتور، رابطه F را برحسب v و E مشخصات موتور به‌دست آورید.

ب) مدار موتور موازی مانند شکل (۲) است. برای این موتور، رابطه شکل (۲) F را برحسب v و E و مشخصات موتور به‌دست آورید:



شکل (۱)



شکل (۲)

www.iranpho.ir
www.MAAKH.ir

۳- می‌خواهیم عمق چاه، یعنی فاصله بین سطح آب درون چاه با سطح زمین را بسنجیم. برای این کار سنگی را به درون چاه می‌اندازیم و زمان بین رها شدن سنگ تا شنیدن صدای برخورد سنگ بـا سطح آب توی چاه، T، را با کرتومتر می‌سنجیم. می‌دانیم که در محل چاه $g = ۱۰\ m/s^۲$ است. فرض کنید $T = ۲/۰\ s$ باشد. اگر فرض کنیم صوت با سرعت بی‌نهایت منتشر می‌شود، و T را با دقت خیلی خوبی سنجیده‌ایم، آن وقت عمق چاه می‌شود $h_۰ = \frac{۱}{۲} g T^۲$. اگر صورت با سرعت بی‌نهایت منتشر شود و دقت زمان‌سنجی حدود $۰/۲\ s$ باشد، عمق چاه می‌شود $h_۰ + h_۱$. اگر خطای زمان‌سنجی نداشته باشیم و سرعت صوت را $۳۳۰\ m/s$ بگیریم، عمق چاه می‌شود $h_۰ + h_۲$

الف) $|h_۱|$ تقریباً چقدر است؟

ب) اگر می‌توان، علامت $h_۱$ را تعیین کنید.

ج) $|h_۲|$ تقریباً چقدر است؟ (دقت کنید که زمان برگشت صوت از ته چاه نسبت به زمان رسیدن به سطح آب، بسیار کوچک است.)

د) اگر می‌توان، علامت $h_۲$ را تعیین کنید.

راهنمایی: اگر $|\varepsilon|$ خیلی کوچک‌تر از ۱ باشد، آن‌گاه $(۱+\varepsilon)^۲ \simeq ۱ + ۲\varepsilon$.

۴- خودرویی به جرم $۱۰۰۰\ kg$ مجهز به دنده اتوماتیک است. هنگام حرکت خودرو در جاده افقی، دو نیروی پیشران و مقاوم در راستای جاده بـر آن اثر می‌کند. در زمان درگیر شدن دنـده nام ($n = ۱,۲,۳,۴,۵$) نسبت نیـروی موتور به نیروی پیش‌ران خودرو n است. سرعت خودرو، v، با a و b برابر است که b تعداد دور موتور بر واحد زمان و α عدد ثابتی برابر $۰/۲m$ است. جعبه دنده طوری ساخته شده است که با افزایش سرعت خودرو، هرگاه $b = b_۰$ شود، دنده n به دنده $n+۱$ می‌رود. $b_۰$ بیشترین تعداد دور موتور بر واحد زمان است و مقدار آن ۳۰۰۰ دور بر دقیقه است. نیروی مقاوم در برابر حرکت این خودرو مقدار ثابت $۲۰۰۰\ N$ است. هنگامی‌که $b < b_۰$ باشد، حداکثر نیروی موتور $۱۲۰۰۰N$ است.

الف) حداکثر سرعت این خودرو در سطح افقی (v_{max}) چقدر است؟

ب) در حالت (الف)، نیروی موتور چقدر است؟

ج) برای رکوردگیری، راننده با فشردن پدال گاز، موتور را با حداکثر نیرو به‌کار می‌اندازد. زمان رسیدن خودرو از حالت سکون به سرعت $۱۰۰\ km/h$ چقدر است؟

۵- مخلوطی از گازهای کامل a و b آرمانی است. اگر $PV = (n_a + n_b)RT$ برقرار باشد. P فشار مخلوط، V حجم آن، T دمای آن، R ثـابت عمومی گـازها، n_a تعداد مول‌های گاز a، و n_b تعداد مول‌های گاز b است. در این حالت به $P_a = n_a RT/V$ و $P_b = n_b RT/V$ به‌ترتیب فشار جزئی گاز a و فشار جزئی گاز b می‌گوییم.

اگر مایعی را در ظرفی دربسته بگذاریم، مقداری از مایع بخار می‌شود تا فشار بخار مایع به حد معینی برسد که به آن فشار بخار اشباع آن مایع می‌گویند. در این حالت بخار و مایع درون ظرف با هم به تعادل می‌رسند و مقدارشان ثابت می‌ماند. فشار بخار اشباع یک مایع فقط به جنس مایع و دمای آن بستگی دارد.

اگر محلولی از دو مایع a و b را درون ظرف دربسته‌ای بگذاریم، مقداری از محلول بخار می‌شود تا بخار و مایع به تعادل برسند. می‌گوییم این محلول آرمانی است اگر مخلوط گازهای a و b آرمانی باشد و

$$P_a = \frac{n'_a}{n'_a + n'_b} P_{a^*} \quad , \quad P_b = \frac{n'_b}{n'_a + n'_b} P_{b^*} \qquad (۱)$$

n'_a و n'_b، به ترتیب تعداد مول‌های مایع‌های a و b در محلول، و P_a و P_b به ترتیب فشارهای جزئی بخارهای a و b در حالت تعادل با محلول‌اند. P_{a^*} ثابتی است که فقط به دما و جنس مایع a بستگی دارد و P_{b^*} ثابتی است که فقط به دما و جنس مایع b بستگی دارد.

یک محلول آرمانی از n'_a مول مایع a و n'_b مول مایع b را در ظرفی دربسته می‌گذاریم. فرض کنید مقدار مایعی که بخار می‌شود آن‌قدر کم است، که فشارهای جزئی بخارهای a و b در حالت تعادل با مایع را می‌شود از روی رابطه (۱) با همان تعداد مول‌های اولیه مایع‌های a و b در محلول به‌دست آورد.

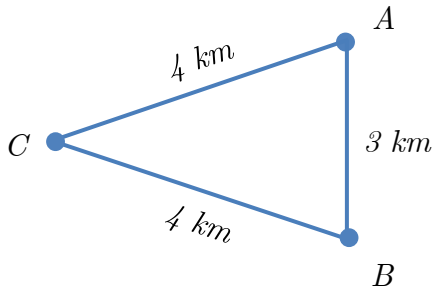
الف) (n_a / n_b) را به‌دست آورید. n_a تعداد مول‌های بخار a در حالت تعادل، و n_b تعداد مول‌های بخار b در حالت تعادل است.

ب) فرض کنید تعداد مول‌های بخار در حالت تعادل n است. n_a و n_b را به‌دست آورید.

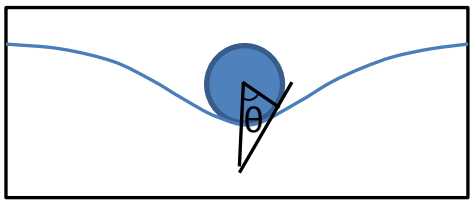
ج) تعداد مول‌های مایع‌های a و b در حالت تعادل را n''_a و n''_b بگیرید. n''_a و n''_b را حساب کنید.

د) فرض کنید $P_{a^*} < P_{b^*}$، مقدار $\left[(n''_a / n''_b) - (n'_a / n'_b)\right]$ مثبت است، منفی است یا صفر است؟ ادعایتان را ثابت کنید.

۶- آنتن یک گیرنده تلویزیون در نقطه C علاوه بر موجی که مستقیماً از فرستنده A دریافت می‌کند، موج منعکس شده از نقطه B را هم دریافت می‌کند. به این ترتیب یک تصویر دوگانه در تلویزیون ظاهر می‌شود. اگر فاصله‌ها مطابق شکل باشد، فاصله بین دو بخش تصویر دوگانه نسبت به هم چقدر است؟ طول صفحه تلویزیون $۵۰cm$ است. سرعت انتشار امواج فرستنده $۳\times۱۰^۸ m/s$ است. تصویر تلویزیون به این ترتیب ساخته می‌شود که یک‌بار باریکه الکترون خط‌های افقی متوالی روی صفحه را از بالا به پایین جاروب می‌کند. هر تصویر شامل ۶۲۵ خط افقی است و در هر ثانیه تمام صفحه تلویزیون ۲۵ بار جاروب می‌شود.



۷- میزان کشیده‌شدگی یک سطح، مانند پوسته بادکنک، را با کمیتی به‌نام کشش سطحی مشخص می‌کنند. یک پاره‌خط به طول l روی سطح درنظر بگیرید. سطح‌هایی که در دو سمت این پاره‌خط قرار دارند، نیرویی عمود بر این پاره‌خط و مماس بر سطح به هم وارد می‌کنند. اگر کشش سطحی جسم برابر با σ باشد، اندازه این نیرو برابر σl است.



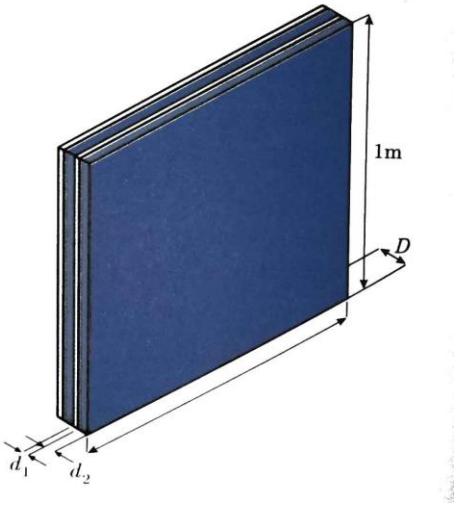
یک پوسته لاستیکی با جرم ناچیز و کشش سطحی σ درنظر بگیرید. روی این پوسته توپی کوچک به شعاع R و وزن W قرار می‌دهیم. فرض کنید در اثر گذاشتن این توپ، کشش سطحی عوض نمی‌شود. مطابق شکل، توپ باعث تغییرشکل لاستیک می‌شود. فرض کنید توپ و پوسته (مطابق شکل) در زاویه θ نسبت به راستای قائم از هم جدا می‌شوند. زاویه θ را به‌دست آورید.

۸- برای پنجره‌ای به شکل مربع و ضلع $۱m$، دو آرایش از دو جنس شیشه به شرح زیر قابل استفاده است.

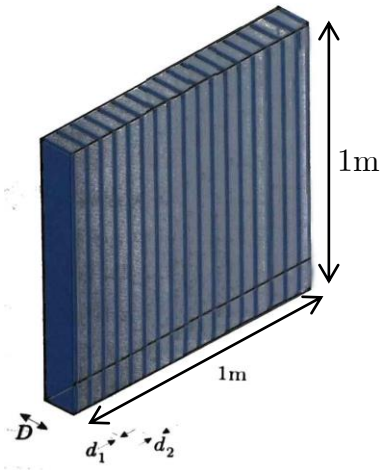
آرایش اول: مطابق شکل (۱) از دو جنس شیشه ورقه‌هایی به شکل مربع به ضلع $۱m$ و ضخامت‌های $d_۱$ و $d_۲$ به تعداد مساوی تهیه کرده و آن‌ها را یک در میان روی هم قرار داده و به هم چسبانده‌ایم تا شیشه‌ای ضخامت کلی D به‌دست آید. رسانندگی گرمایی دو جنس شیشه به‌ترتیب $k_۱$ و $k_۲$ است.

آرایش دوم: مطابق شکل (۲)، از دو جنس شیشه، تیغه‌هایی به طول $۱m$ و عرض D و ضخامت‌های $d_۱$ و $d_۲$ به تعداد مساوی تهیه کرده و

آن‌ها را یک در میان پهلوی هم گذارده و به هم چسبانده‌ایم تا عرض کل شیشه $1m$ شود. ضریب رسانندگی گرمایی دو جنس شیشه به ترتیب k_1 و k_2 است.



شکل (۱)



شکل (۲)

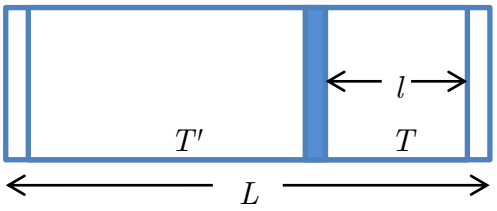
الف) آهنگ عبور گرما، از دو آرایش H و H' را به‌دست آورید. اختلاف دمای دو طرف پنجره در هر دو آرایش مساوی ΔT است.

ب) در حالتی‌که $k_1 = k_2$، نسبت $\frac{H}{H'}$ را به‌دست آورید.

۹- ماخ قرص سبکی مطابق شکل درون استوانه‌ای قرار گرفته است. چون قرص سبک است، برآیند نیروهای وارد بر آن همواره صفر است. دوسر استوانه بسته است. استوانه از گاز پر شده است و با محیط خارج تبادل گرمایی ندارد. قرص مانع انتقال گاز بین دو بخش سمت راست و چپ استوانه است، و می‌تواند بدون اصطکاک درون استوانه حرکت کند. تعداد مول‌های گاز در هر طرف استوانه برابر n است. طول استوانه برابر L است. فاصله قرص از انتهای راست استوانه را l می‌نامیم. گاز کامل است و ظرفیت گرمایی هر مول آن مقدار ثابت C است.

الف) اگر در لحظه‌ای دمای گاز در سمت راست لوله T و در سمت چپ T' باشد، l در این لحظه چقدر است؟

قرص رسانای گرما است. گرما با آهنگ $\frac{dQ}{dt} = \alpha(T - T')$ از راست به چپ می‌رود، که در آن α یک ثابت است. دمای اولیه دو طرف قرص را T_0 و T'_0 بگیرید.



ب) سرعت قرص (v) را به‌عنوان تابعی از l، L، α، C و n به‌دست آورید.

ج) هنگامی‌که سرعت قرص صفر می‌شود، l چقدر است؟

د) هنگامی‌که سرعت قرص صفر می‌شود، دمای گاز در دو طرف قرص چقدر است؟

۱۰- ماخ سفینه‌ای به جرم m_0 در فاصله R از ستاره‌ای به جرم M قرار دارد. این ستاره مشکوک به داشتن سیاره‌ای به جرم m است که در مداری دایره‌ای با شعاع a دور آن می‌چرخد. فرض کنید $a < R$، و سفینه در صفحه مدار سیاره است. از قانون گرانش نیوتن

می‌دانیم که دو جرم $m_۱$ و $m_۲$ که در فاصله r از یک‌دیگر قرار دارند نیروی $\frac{Gm_۱m_۲}{r^۲}$ در راستای خط واصل‌شان و به‌صورت جاذبه به هم وارد می‌کنند، که در آن G ثابت گرانش نیوتن است.

نیروی گرانشی که به سفینه وارد می‌شود درحالتی‌که سیاره در دورترین فاصله‌اش نسبت به سفینه باشد را $F_۱$، و نیروی گرانشی که به سفینه وارد می‌شود درحالتی‌که سیاره در نزدیک‌ترین فاصله‌اش نسبت به سفینه باشد را $F_۲$ می‌نامیم. نیروی گرانشی را که ستاره به سفینه وارد می‌کند با F نشان می‌دهیم.

الف) f را با رابطه $f = (\frac{R}{a})\left(\frac{F_۲ - F_۱}{F}\right)$ تعریف می‌کنیم. f را حساب کنید.

برای این‌که سفینه بتواند از روی این نیروها سیاره را تشخیص دهد، باید $\frac{F_۲ - F_۱}{F}$ قابل‌توجه باشد.

ب) در حد $\frac{a}{R} \to ۰$ مقدار f چقدر است؟

«پاسخنامه تشریحی»

۱- ماخ الف)

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q_1}=\frac{1}{f_1}\rightarrow q_1=\frac{pf_1}{p-f_1}$$
$$q_2=D-q_1$$
$$\frac{1}{q_2}+\frac{1}{p_2}=\frac{1}{f_2}\rightarrow p_2=\frac{q_2f_2}{q_2-f_2}=\frac{(D-q_1)f_2}{D-q_1-f_2}$$
$$\begin{cases}x=A+D+P\\ y=A-P_2\end{cases}\qquad k=h\frac{q_1}{P}\times\frac{P_2}{q_2}=h\times\frac{f_1}{P-f_1}\times\frac{f_2}{q_2-f_2}$$
$$\gamma=\frac{xk}{Yh}=\frac{x}{Y}\times\frac{f_1f_2}{(P-f_1)(D-\frac{pf_1}{p-f_1}-f_2)}$$
$$\gamma=\frac{A+D+P}{A-\frac{(D-\frac{pf_1}{p-f_1})f_2}{D-\frac{pf_1}{p-f_1}-f_2}}\times\frac{pf_1}{p-f_1}\times\frac{f_2}{D-\frac{pf_1}{p-f_1}-f_2}$$

ب)

$$\gamma\Big|_{p\to\infty}=\frac{f_1f_2}{A(D-f_1-f_2)-(D-f_1)f_2}$$

ج)

$$D=f_1+f_2\rightarrow\gamma=\left|\frac{f_1f_2}{-(D-f_1)f_2}\right|=\left|-\frac{f_1}{f_2}\right|=\frac{f_1}{f_2}$$

۲- ماخ الف)

$$\begin{cases}E-E_r=(R_r+R_s)I\\ B=\alpha I\\ F=\beta BI\\ E_r=\gamma BV\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}E-E_r=(R_r+R_s)I\\ F=\beta\alpha I^2\\ E_r=\gamma\alpha IV\end{cases}$$
$$\rightarrow E-\gamma\alpha VI=(R_r+R_s)I\rightarrow I=\frac{E}{R_s+R_r+\gamma\alpha V}$$
$$\rightarrow F=\beta\alpha\frac{E^2}{(R_s+R_r+\gamma\alpha V)^2}$$

ب)

$$\begin{cases} I_s = \dfrac{E_r}{R_s} \\ I_r = \dfrac{E - E_r}{R_r} \\ E_r = \gamma B V \\ F = \beta B I_r \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_s = \dfrac{E}{R_s} \\ I_r = \dfrac{E - \gamma V \alpha E / R_s}{R_r} \\ F = \beta \alpha I_s I_r \\ F = \beta \alpha \dfrac{E}{R_s} \dfrac{E - \gamma V \alpha E / R_s}{R_r} \end{cases}$$

۳- ماخ الف)

$$h = \frac{۱}{۲} g T^۲ \quad \Rightarrow \Delta h = h_۱ = g T \Delta T \Rightarrow |h_۱| = ۴m$$

ب) چون علامت ΔT می‌تواند + یا – باشد پس علامت $h_۰$ نیز قابل تعیین نیست.

ج)
$$h_۰ = \frac{۱}{۲} g T^۲ = ۲۰m$$

زمان بالا آمدن صدا $t \simeq \dfrac{۲۰m}{۳۳۰m/s} \simeq ۰.۰۶s$

$$h_۱ + h_۲ = \frac{۱}{۲} g (T + t)^۲ \Rightarrow h' = \frac{۱}{۲} g (۲ + \frac{۲۰}{۳۳۰})^۲ = ۲g(۱ + \frac{۲۰}{۳۳۰})^۲$$
$$= ۲ \times ۱۰ \times (۱ + \frac{۲۰}{۳۳۰}) = ۲۰ + \frac{۴۰۰}{۳۳۰} \Rightarrow h_۲ = \frac{۴۰}{۳۳} \simeq ۰/۱۲ \times ۱۰ = ۱/۲m$$

د)علامت $h_۲$ مشخص و مثبت است.

به این دلیل که ما برای پیدا کردن h' در ابتدا سرعت صورت را بی‌نهایت گرفتیم درنتیجه زمان بالا آمدن صورت ا در نظر نگرفتیم و عمق چاه را کمتر از مقدار واقعی بدست آوردیم در صورتی که $۱/۲m$ از عمق چاه را در نظر نگرفتیم که این مقدار واقعی نیست و عمق چاه همان $h_۰$ است.

۴- ماخ الف)

$$V_{max} = \alpha n_{max} b_۰ = ۰.۲ \times ۵ \times \frac{۳۰۰۰}{۶۰} = ۵۰m/s$$

ب)

$$a = ۰ \Rightarrow F = F_{\text{مقاوم}}$$
$$\frac{F}{F} = n \Rightarrow F = ۵ \times ۲۰۰۰ = ۱۰۰۰۰N$$

ج)

$$n = ۱ \Rightarrow a_{max} = \frac{۱۲۰۰۰ - ۲۰۰۰}{۱۰۰۰} = ۱۰m/s^۲$$
$$V_{max} = ۰.۲ \times ۱ \times ۵۰ = ۱۰m/s$$

$t_۱ = ۱s$

$n = ۲ \Rightarrow a_{\max} = \frac{۶۰۰۰ - ۲۰۰۰}{۱۰۰۰} = ۴m / s^۲$

$V_{\max} = ۰.۲ \times ۲ \times ۵۰ = ۲۰m / s$

$t_۲ = \frac{۲۰ - ۱۰}{۴} = ۲.۵s$

$n = ۳ \Rightarrow a_{\max} = \frac{۴۰۰۰ - ۲۰۰۰}{۱۰۰۰} = ۲m / s^۲$

$V = ۱۰۰km / h = ۲۷.۸m / s$

$t_۳ = \frac{۲۷.۸ - ۲۰}{۲} = ۳.۹s$

$t = t_۱ + t_۲ + t_۳ = ۱ + ۲.۵ + ۳.۹ = ۷.۴s$

۵- الف)

$P_a = \frac{n_a RT}{V} \Rightarrow \frac{n_a'}{n_a' + n_b'} P_{a۰} = \frac{n_a RT}{V}$

$P_b = \frac{n_b RT}{V} \Rightarrow \frac{n_b'}{n_a' + n_b'} P_{b۰} = \frac{n_b RT}{V}$

$\Rightarrow = \frac{n_a}{n_b} \Rightarrow \frac{n_a'}{n_b'} \frac{P_{a۰}}{P_{b۰}}$

ب)

$n_a + n_b = n, n_a \frac{n_a' P_{a۰}}{n_b' P_{a۰}} nb$

$\Rightarrow n_b (\frac{n_b' P_{b۰} + n_a' P_{a۰}}{n_b' P_{b۰}}) = n \Rightarrow nb = \frac{n n_b' P_{b۰}}{n_b' P_{b۰} + n_a' P_{a۰}}$

$\Rightarrow na = \frac{n n_a' P_{a۰}}{n_a' P_{a۰} + n_b' P_{b۰}}$

ج)

$n_a'' = n_a' - n_a = n_a' (۱ - \frac{n P_{a۰}}{n_a' P_{a۰} + n_b' P_{b۰}})$

$n_b'' = n_b' - n_b = n_b' (۱ - \frac{n P_{b۰}}{n_b' P_{b۰} + n_a' P_{a۰}})$

د)

$\Rightarrow \frac{n_a''}{n_b''} - \frac{n_a'}{n_b'} = \frac{n_a'}{n_b'} (\frac{n_a' P_{a۰} + n_b' P_{b۰} - n_a P_{a۰} - n_b' P_{b۰} - n_a' P_{a۰} + n P_{b۰}}{n_b' P_{b۰} + n_a' P_{a۰} - n P_{b۰}})$

۶- فاصله‌ی زمانی بین سیگنال اصلی و سیگنال بازتاب $= \frac{((۴+۳)-۴)\times ۱۰^{۳}}{۳\times ۱۰^{۸}} = ۱۰^{-۵}s$

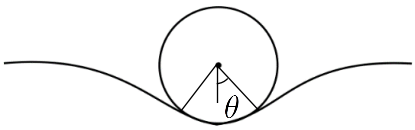
سرعت حرکت تصویر روی صفحه = $۲۵\times ۶۲۵\times ۰.۵m = ۷۸۱۲.۵m/s$

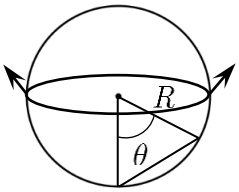
فاصله‌ی بین دو تصویر $۷۸۱۲.۵\times ۱۰^{-۵} \approx ۸cm$

۷-

$$W = (۲\pi R\sin\theta)\sigma\sin\theta$$

$$\sin^{۲}\theta = \frac{W}{۲\pi R\sigma} \Rightarrow \theta = \sin^{-۱}(\sqrt{\frac{W}{۲\pi R\sigma}})$$





۸- الف)

$$H = \frac{KAdT}{dx}$$

$$\begin{cases} T_{۱}-T_{۰} = \frac{Hd_{۱}}{K_{۱}A} \\ T_{۲}-T_{۱} = \frac{Hd_{۲}}{K_{۲}A} \\ \vdots \\ T_{n}-T_{n-۱} = \frac{Hd_{۱}}{K_{۱}A} \end{cases} \Rightarrow T_{n}-T_{۰} = n\left[\frac{Hd_{۱}}{K_{۱}A}-\frac{Hd_{۲}}{K_{۲}A}\right] \Rightarrow n = \frac{\Delta}{d_{۱}+d_{۲}}$$

$$A = ۱m^{۲} \Rightarrow H = \frac{(T_{n}-T_{۰})(d_{۱}+d_{۲})}{D(\frac{d_{۱}}{K_{۱}}+\frac{d_{۲}}{K_{۲}})}$$

$$H' = n'(\frac{k_{۱}d_{۱}(T_{n}-T_{۰})}{D}+\frac{k_{۲}d_{۲}(T_{n}-T_{۰})}{D}) \Rightarrow H' = \frac{(T_{n}-T_{۰})(k_{۱}d_{۱}+k_{۲}d_{۲})}{D(d_{۱}+d_{۲})}$$

ب)

$$k_{۱} = k_{۲} \Rightarrow H = \frac{T_{n}-T_{۰}}{D}k$$

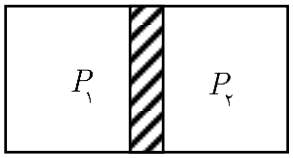
$$H' = \frac{T_n - T_\circ}{D} k \Rightarrow \frac{H}{H'} = ۱$$

* در این سوال آهنگ عبور گرما مانند جریان الکتریکی و دما مانند مولد الکتریکی عمل می‌کند و پنجره‌ها هم مانند مقاومت الکتریکی هستند.

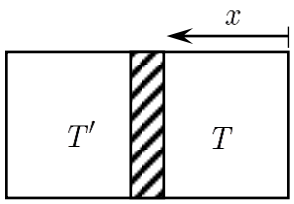
۹- ماخ الف)

$$P_۱A = P_۲A \Rightarrow P_۱ = P_۲ = p$$

$$\begin{cases} P(\ell A) = nRT \\ P(L-\ell)A) = nRT \end{cases} \qquad \frac{\ell}{L-\ell} = \frac{T}{T'} \rightarrow \frac{\ell}{L} = \frac{T}{T+T'} \rightarrow \ell = \frac{LT}{T+T'}$$



ب)



$$x = \frac{LT}{T+T'} \rightarrow x = L(\frac{(T+T')T - T(T+T')}{(T+T')^۲}$$

$$ncT = -ncT' \rightarrow T + T' = ۰ \rightarrow T + T' = ?$$

$$\rightarrow x = \frac{LT}{T+T'}$$

$$\frac{dQ}{dt} = ncT = -\alpha(\mathrm{T} - \mathrm{T}') \qquad \mathrm{T} = -\frac{\alpha}{nc}(T - T') \Rightarrow x = \frac{-\alpha L}{nc} \times \frac{T-T'}{T+T'}$$

$$\frac{\ell}{K} = \frac{T}{T+T'} \quad \rightarrow \frac{L-\ell}{L} = \frac{T'}{T+T'} \rightarrow \frac{۲\ell - L}{L} = \frac{T-T'}{T+T'}$$

$$\Rightarrow V = \frac{\alpha}{nc}(L - ۲\ell)$$

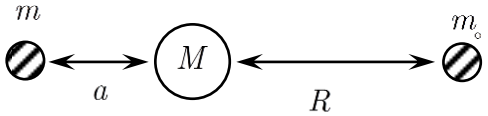
ج)

$$V = ۰ \Rightarrow L = ۲\ell \Rightarrow \ell = L/۲$$

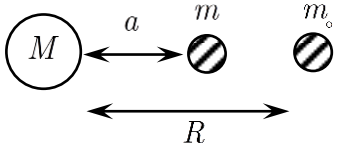
د)

$$T_\circ + T'_\circ = T + T' = ۲T \Rightarrow T = \frac{T_\circ + T'_\circ}{۲}$$

۱۰- ماخ الف)



$$F_۱ = \frac{GHm_\circ}{R^۲} + \frac{Gmm_\circ}{(R+a)^۲}$$



$$F_۲ = \frac{GHm_\circ}{R^۲} + \frac{Gmm_\circ}{(R-a)^۲}$$

$$f=\frac{R}{a}\left(\frac{\frac{GHm_{\circ}}{(-a+R)^{۲}}-\frac{Gmm_{\circ}}{(R+a)^{۲}}}{\frac{GHm_{\circ}}{R^{۲}}}\right)=\frac{R^{۳}}{a}\frac{m}{H}\left(\frac{۱}{(R-a)^{۲}}-\frac{۱}{(R+a)^{۲}}\right)$$

ب)

$$\lim\frac{a}{R}\to ۰\Rightarrow f=\frac{R^{۳}}{a}\frac{m}{H}\times\frac{۱}{R^{۲}}\left((۱-\frac{a}{R})^{-۲}-(۱+\frac{a}{R})^{-۲}\right.$$

$$\frac{R}{a}\frac{m}{H}\times(۱+\frac{۲a}{R}-۱+\frac{۲a}{R})=\frac{۴m}{H}\Rightarrow f=۴\frac{m}{H}$$