بسمه تعالی

پاسخنامه‌ی آزمون مرحله 1 دوره‌ی 35

المپیاد فیزیک (۱۴۰۱ - ۱۴۰۰)

کد دفترچه - 2 -

دانش پژوهان المپیاد فیزیک

یازدهم های دبیرستان حلی 2 و حلی 4

امیرحسین هاشمی
علی میرزاخانی
پویا عرب مقدم
علیرضا خسروجردی

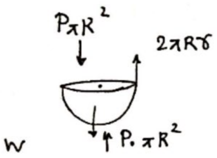
بسم الله الرحمن الرحیم

* پاسخنامه ی دوره ی 35 المپیاد فیزیک *

** کد دفترچه -(2)- **

---

① گزینه ی 4



$W = \rho V g = \rho \frac{2}{3}\pi R^3 g$ نیم کره

$\xrightarrow{\text{تعادل}} \sum F_y = 0 \rightarrow 2\pi R\gamma + P_0\pi R^2 = P\pi R^2 + \frac{2}{3}\rho g\pi R^3$

$$\rightarrow \boxed{P = P_0 + \frac{2\gamma}{R} - \frac{2}{3}\rho g R} \longrightarrow$$ گ4

---

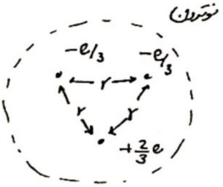
② گزینه ی 2

$\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} = E \rightarrow Q = 6.82\times 10^5\ (C) \rightarrow \boxed{n=6}$ گ2

$E = 150\ N$, $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9\times 10^9$, $R = 6.4\times 10^6\ m$

---

③ گزینه ی 4



$U = \sum_i U_i = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}\left(\frac{1}{9} - \frac{2}{9}\times 2\right)$

$\rightarrow U = -\frac{1}{3}\cdot\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \rightarrow$ گ4

---

④ گزینه ی 4

تکانه ی زاویه ای $\rightarrow mvr = n\hbar$ ①

$\xrightarrow[\text{در راستای شعاعی}]{\text{قانون نیوتون}} \frac{mv^2}{r} = \frac{(Ze)e}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ ②

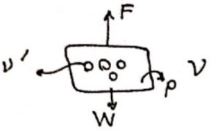
$\Bigg\} \rightarrow r = \frac{4\pi\epsilon_0 n^2\hbar^2}{mZe^2}$, $v = \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 n\hbar}$

$\Rightarrow \begin{cases} r' = Z^{-1} r & ③ \\ v' = Z v & ④ \end{cases} \rightarrow E' = K' + U' = \frac{1}{2}mv'^2 - \frac{KZe^2}{r'} = Z^2 E$

$\rightarrow$ گ4

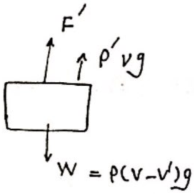
⑤ گزینه‌ی 1   خواسته‌ی سئوال : $\frac{v'}{v}=?!$

حالت 1 :



$$F=W=\rho(v-v')g$$

حالت 2 :



$$F'=\rho(v-v')g-\rho'vg$$

$$F'=\beta F$$

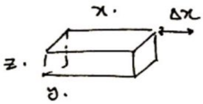
$$\rightarrow \rho(v-v')-\rho'v=\beta\rho(v-v')$$

$$\rightarrow \rho(\cancel{v}-\frac{v'}{v})(1-\beta)=\rho'\cancel{v} \rightarrow \rightarrow 1-\frac{v'}{v}=\frac{\rho'}{\rho(1-\beta)} \rightarrow \boxed{\frac{v'}{v}=\frac{\rho(1-\beta)-\rho'}{\rho(1-\beta)}}$$

گ1

---

⑥ گزینه‌ی 3



$$\frac{\Delta y}{y_\circ}=\frac{\Delta z}{z_\circ}=-\nu\frac{\Delta x}{x_\circ}$$

$r_1=1^{\Omega}$, $x_\circ=1^{m}$

$\Delta x=5\times10^{-4}m$, $\nu_{\text{مس}}=0.3$

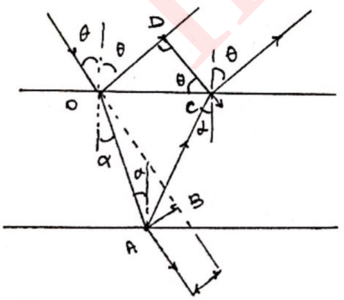
$$r_1=\rho\frac{x_\circ}{y_\circ z_\circ}$$

$$r_2=\rho\frac{x_\circ+\Delta x}{(y_\circ+\Delta y)(z_\circ+\Delta z)}=\overbrace{\rho\frac{x_\circ}{y_\circ z_\circ}}^{r_1}\cdot\left(\frac{1+\frac{\Delta x}{x_\circ}}{1+\underbrace{\frac{2\Delta y}{y_\circ}}_{-2\nu\frac{\Delta x}{x_\circ}}}\right)\simeq r_1\left(1+\frac{\Delta x}{x_\circ}(1+2\nu)\right)$$

$$\Rightarrow \Delta r=r_2-r_1=r_1\cdot\frac{\Delta x}{x_\circ}(1+2\nu)=\boxed{0.8\,m\Omega}$$

---

⑦ گزینه‌ی 1



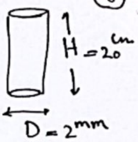
$$\frac{CD}{AB}=?!$$

$$\sin\theta=n\sin\alpha \quad (III)$$

$$\begin{cases}\overline{OA}=\frac{l}{\cos\alpha}\xrightarrow{\Delta OBA} AB=\frac{l\sin(\theta-\alpha)}{\cos\alpha} \quad (I)\\ \overline{OC}=2l\tan\alpha\xrightarrow{\Delta ODC} CD=2l\tan\alpha\cos\theta \quad (II)\end{cases}$$

$$(II),(III),(I)\rightarrow \frac{CD}{AB}=\boxed{\frac{2\cos\theta}{\sqrt{n^2-\sin^2\theta}-\cos\theta}}\rightarrow$$ گ1

⑧ گزینه‌ی ۴

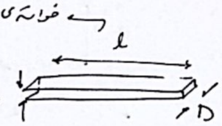


$$V_{eff} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H_{eff} = \frac{\pi D^2}{4} \times \frac{4}{5} H = \frac{\pi D^2 H}{5} \quad ①$$

حجم موثر مداد

$$V = \delta D \ell$$

استفاده شده روی زمین



δ ← ضخامت نوار کشیده شده روی کاغذ

$$\rightarrow V = V_{eff} \Rightarrow \delta \cancel{D} \ell = \frac{\pi D^{\cancel{2}} H}{5} \Rightarrow \boxed{\ell = \frac{\pi D H}{5\delta} = 5.1\,\text{Km}} \rightarrow \text{گ۴}$$

---

⑨ گزینه‌ی ۳

$$\sum Q_i = 0 \Rightarrow \theta_{st} = \frac{99}{\frac{m}{\mu M} + \frac{11}{2}} \longrightarrow (\theta_{st})_{max} = \lim_{\frac{m}{M} \to 0} \theta_{st}$$

$$\Rightarrow \boxed{\theta_{st} = 18} \rightarrow \text{گ۳}$$

---

⑩ گزینه‌ی ۱

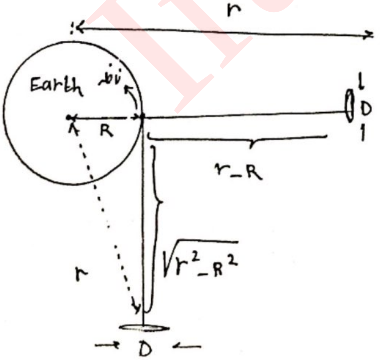
$$\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda} \xrightarrow{\varepsilon > 2m_0c^2} \lambda < \frac{h\cancel{c}}{2m_0 c^{\cancel{2}}} \rightarrow \lambda < \frac{h}{2m_e c}$$

انرژی تک فوتون

$$\rightarrow \lambda_{max} = 1.21 \times 10^{-3}\,\text{nm} \rightarrow \text{گ۱}$$

---

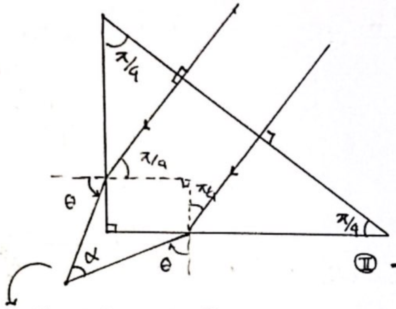
⑪ گزینه‌ی ۱



$$\begin{cases} \alpha_z = \dfrac{D}{r - R} & ① \\ \alpha_h = \dfrac{D}{\sqrt{r^2 - R^2}} & ② \end{cases}$$

$$①, ② \Rightarrow \boxed{r = \frac{\alpha_z^2 + \alpha_h^2}{\alpha_z^2 - \alpha_h^2} R} \rightarrow \text{گ۱}$$

⑫ گزینه‌ی ۳



$$n\sin(\pi/4) = \sin\theta$$

$$\Rightarrow \sin\theta = \frac{n}{\sqrt{2}} \quad \text{(II)}$$

$$\text{(I)} \Rightarrow \cos 2\theta = \cos^2\theta - \sin^2\theta = 1 - n^2 \quad \text{(III)}$$

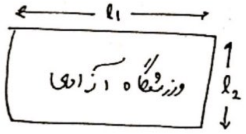
$$\text{(II)} \rightarrow \cos^2\theta = 1 - \frac{n^2}{2}$$

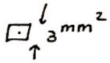
$$\alpha + 2(\pi/2 - \theta) + \frac{3\pi}{2} = 2\pi \Rightarrow \alpha + \pi/2 = 2\theta \rightarrow \cos 2\theta = -\sin\alpha \quad \text{(I)}$$

$$\xrightarrow[\text{(I)}]{\text{(III)}} \boxed{\sin\alpha = n^2 - 1} \rightarrow \text{۳}$$

---

⑬ گزینه‌ی ۲





تخمین مساحت : $l_1 l_2 = A \simeq 10^4 (m^2)$

$$a = 9\times10^{-6}\,m^2$$

$$\rightarrow \text{تعداد چمن‌ها} = \frac{10}{9}\times10^9 = n$$

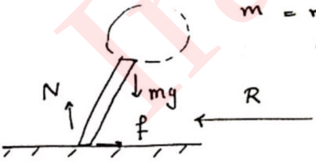
طول ساقه‌ی تک چمن $\simeq 9\,cm = l$ $\xrightarrow[\text{آن‌ها}]{\text{چیدن طولی}}$: $d = nl = \frac{\cancel{10}}{\cancel{9}} \times \frac{\cancel{9}}{\cancel{10}} \times 10^9 \times 10^{-3} = 10^6\,km$

$$\rightarrow \boxed{n = 5} \rightarrow \text{گ ۲}$$

---

⑭ گزینه‌ی ۴

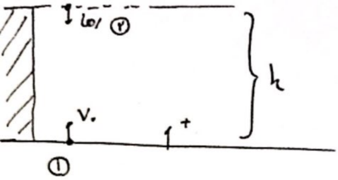
$$m = m_{\text{دوچرخه}} + m_{\text{شخص}} = 80\,kg$$



$$\sum\vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \begin{cases} \frac{mv^2}{R} = f \\ mg = N \end{cases} \rightarrow |\vec{F}|_{\text{نیروی زمین}} = \sqrt{f^2 + N^2} = m\sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}$$

$$\rightarrow \boxed{|\vec{F}| \simeq 1020\,N} \rightarrow \text{گ ۴}$$

⑮ گزینه‌ی 2



$$\begin{cases} y_1 = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \\ y_2 = h - \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$

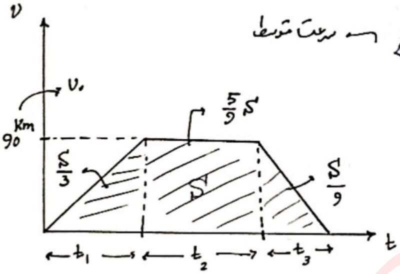
$$y_{\text{برخورد}} = \alpha h \quad , \quad t_{\text{برخورد}} = t_0$$

$$\rightarrow \alpha h = h - \frac{1}{2} g t_0^2 \rightarrow t_0 = \sqrt{\frac{2h(1-\alpha)}{g}} \longrightarrow \alpha h = v_0 \sqrt{\frac{2h(1-\alpha)}{g}} - \frac{1}{2} g t_0^2$$

$$\rightarrow \boxed{v_0 = \sqrt{\frac{gh}{2(1-\alpha)}}} \curvearrowright \text{گزینه‌ی 2}$$

---

⑯ گزینه‌ی 3



$$\langle V \rangle = \frac{S}{t_1 + t_2 + t_3} \quad \text{← سرعت متوسط}$$

$$\left.\begin{aligned} &Ⓘ \quad \frac{v_0 t_1}{2} = \frac{S}{3} \\ &Ⓘⓘ \quad \frac{v_0 t_3}{2} = \frac{S}{9} \\ &Ⓘⓘⓘ \quad t_2 v_0 = \frac{5}{9} S \end{aligned}\right\} \rightarrow$$

$$\frac{1}{6}(\underbrace{\text{مسافت باقی‌مانده}}_{(S - \frac{S}{3})}) = \frac{\cancel{2}^{1} S'}{_{3}\cancel{6} \times 3} = \frac{S}{9}$$

$$\rightarrow \langle V \rangle = \frac{\cancel{S}}{\frac{2}{3}\frac{\cancel{S}}{V_0} + \frac{5}{9}\frac{\cancel{S}}{V_0} + \frac{2}{9}\frac{\cancel{S}}{V_0}} = \frac{V_0}{\frac{2}{3} + \frac{5}{9} + \frac{2}{9}} = 62.30 \ \frac{\text{Km}}{\text{h}} \curvearrowright \text{گ 3}$$

---

⑰ گزینه‌ی 3

گرم کردن به اندازه‌ی ΔT $\rightarrow L = L_0(1 + \alpha \Delta T + K\alpha^2 \Delta T^2 + \cdots)$

سرد کردن به اندازه‌ی ΔT $\rightarrow \cancel{L_0} = \cancel{L_0}(1 - \alpha \Delta T + K\alpha^2 \Delta T^2 + \cdots)(1 + \alpha \Delta T + K\alpha^2 \Delta T^2 + \cdots)$

$$\rightarrow \boxed{K = \frac{1}{2}} \qquad \text{گ 3}$$

⑱ گزینه‌ی ۲

$$h^{1} \propto \gamma^{\alpha}\, g^{\beta}\, \rho^{\theta} \rightarrow \begin{array}{l} L:\ 1 = \beta - 3\theta \\ M:\ 0 = \theta + \alpha \\ T:\ 0 = -2\alpha - 2\beta \end{array}$$

ارتفاع ماکزیمم

$$\rightarrow \alpha + \beta = 0 \Big\} \rightarrow \boxed{\theta = \beta = -\frac{1}{2}}$$

$[\gamma] = MT^{-2}$

$[g] = LT^{-2}$

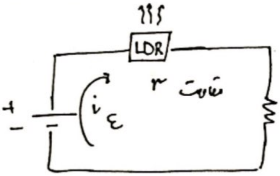
$[\rho] = ML^{-3}$

$$\rightarrow \boxed{\alpha = +1/2}$$

$$\rightarrow h_{Max} = \underbrace{K}_{\text{ثابت بی بعد تحلیل ابعاد}} \sqrt{\frac{\gamma}{\rho g}} \rightarrow \frac{\gamma_1}{\gamma_0} = \frac{1}{2} \longrightarrow \boxed{\frac{h_1}{h_0} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}} \sim$$ گزینه‌ی ۲

---

⑲ گزینه‌ی ۲



(لامپ)

$$r = \frac{A}{\underset{\text{مصرفی لامپ}}{P}} = \frac{A}{Ri^2}$$

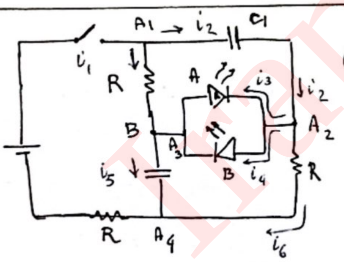
$$\Rightarrow \varepsilon - \frac{A}{Ri} - Ri = 0 \rightarrow R^2 i^2 - Ri\varepsilon + A = 0$$

$$\rightarrow \Delta \geqslant 0 \rightarrow R^2 \varepsilon^2 - 4R^2 A \geqslant 0 \rightarrow R^2(\varepsilon^2 - 4A) \geqslant 0 \rightarrow \varepsilon \geqslant 2\sqrt{A}$$

$$\boxed{\varepsilon_{min} = 2\sqrt{A}} \longrightarrow$$ گزینه‌ی ۲

---

⑳



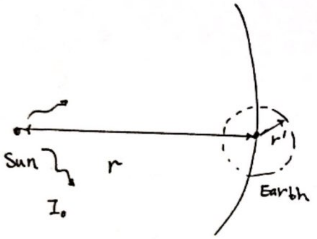
- در لحظه‌ی $t = 0^+$ خازن ها مثل سیم هستند $(i_1 = 0)$ و چون وارد A نمی شود ، B را روشن خواهد کرد

- کمی بعد $i_1 \neq 0$ می شود و جریان از مقاومت نیز خواهد گذشت لذا مسیر جریان $A_1A_2A_3B$ خواهد شد . و از A بازهم جریانی نمی گذرد .

- اما در $t \to \infty$ دیگر $\underset{C_1}{\underline{\text{خازن}}}$ اتصال کوتاه شده و جریان از B نمی گذرد و خاموش می شود و A روشن می شود

$\rightarrow$ $\boxed{\text{الف}}$ گزینه‌ی ۱

㉑ گزینه ی 2



$$\frac{r'}{r} \simeq 10^{-3} \ll 1 \rightarrow r' \simeq 0$$ (r در برابر)

$$I_e = 1400 \ \frac{W}{m^2}$$

$$I_e = I_0 \frac{\cancel{\pi} R_e^2}{4\cancel{\pi} r^2} \rightarrow I_0 = \frac{4 I_e r^2}{R_e^2}$$

$$I_m = I_0 \frac{\cancel{\pi} R_m^2}{4\cancel{\pi} r^2} = I_e \frac{R_m^2}{R_e^2} =$$

توان تابشی رسیده به ماه

$$I = (0.136)\, I_e \frac{R_m^2}{\cancel{R_e^2}} \times \frac{\cancel{\pi R_e^2}}{4\cancel{\pi} r'^2} = \frac{\overbrace{(0.136) I_e R_m^2}^{\eta}}{4\, r'^2} = I'$$

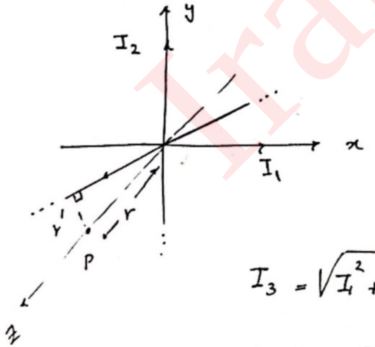
I رسیده به زمین از ماه

انرژی رسیده به زمین در (1s) = Δt برای متر مربع

$$\rightarrow E = I' A \Delta t = N h f = N\frac{hc}{\lambda}$$

$$\rightarrow N = \frac{\eta\, I_e R_m^2 A \Delta t \lambda}{4 r'^2 (hc)} \simeq 10^{16}$$ تعداد فوتون ها در یک ثانیه در 1 متر مربع → گ 2

㉒



$$\vec{B}_p \rightarrow$$

$$B_{\text{سیم} \infty} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

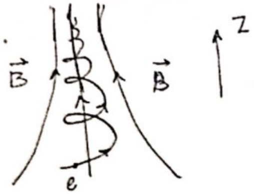
$$\rightarrow \begin{cases} I_3 \cos\theta = I_1 \\ I_3 \sin\theta = I_2 \end{cases}$$

گزینه ی 3

$$I_3 = \sqrt{I_1^2 + I_2^2} = \underline{1.25^{A}}$$

$$\tan\theta = \frac{3}{4} = \underline{0.75}$$

→ گزینه ی 3



$v_z \to \vec{v}$ ($\hat{\varphi}$)
مماسی

㉓

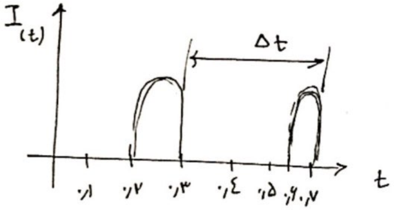
- با توجه به قانون دست راست و قانون نیروی لورنتس

$$\vec{F}_B = q(\vec{v}\times\vec{B})$$
← متغیر با مکان

- ناظر حرکت الکترون را پادساعتگرد خواهد دید

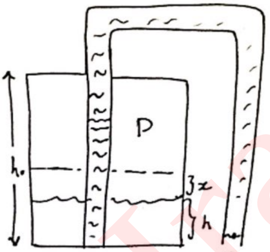
- سرعت v_z الکترون کم می‌شود تا در مکانی صفر شود و بازگردد.

⇐ $\boxed{\text{گزینه‌ی 1}}$



㉔ گزینه‌ی ۴

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{\Delta t} = \frac{2\pi\times0.3}{0.9} = 4.7\ \mathrm{m/s}$$



* سؤالات پاسخ کوتاه *

① جواب $\underline{15}$ cm است.

$P_0 = 75$ cmHg

$h_0 = 73.5 = 30\sqrt{6}$

$$\begin{cases} P_0 = P + \rho g h & ① \\ PV = \text{const} \end{cases}$$

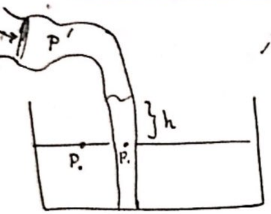
همدما → $P\overset{\text{سطح مقطع}}{\cancel{S}}(h_0 - h) = P_0 \cancel{S}\dfrac{h_0}{2}$

$$\to P = \frac{P_0 h_0}{2(h_0-h)} \quad ② \quad \xrightarrow{①} \quad P_0 = \frac{P_0 h}{2(h_0-h)} + \rho g h$$

$$\Rightarrow H = \frac{H h_0}{2(h_0-h)} + h \quad \to \quad h^2 - (H+h_0)h + \frac{H h_0}{2} = 0$$

$$\to h = 21.75 \xrightarrow[\text{[illegible]}]{\text{گرد}} \boxed{h = 22\ \mathrm{cm}} \quad \xrightarrow[\text{را خواسته است}]{\text{سؤال } x} \quad \Rightarrow x = \overset{36.75}{\frac{h_0}{2}} - \overset{21.75}{h} = 15\ \mathrm{cm}$$

② جواب $\underset{\smile}{23}$ است.



خلا وبخار

$$P' + \rho g h = P_0$$

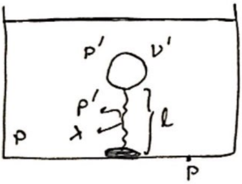
$$\rightarrow P' = P_0 - \rho g h = 9.81 \times 10^4 - 10^3 \times 9.81 \times 9.77$$

$$\rightarrow P' = 9.81 \times 10^3 (10 - 9.77) = 9810 \times 0.23 = 2256.3 \text{ Pa}$$

$$\rightarrow P' = \overbrace{22.563}^{a} \times 10^2 \text{ Pa} \rightarrow \quad \boxed{a \simeq 23}$$

$\boxed{l = 40^{m}}$ ③

جواب 40^{m} است.



$$\left.\begin{array}{l} P' = P - \rho g l \\ \underbrace{PV = P'V'} \end{array}\right\} \rightarrow V' = \frac{PV}{P - \rho g l} \quad ①$$

هم دمای فرآیند

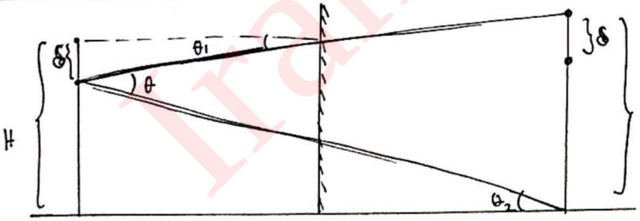
$$\text{حجم زنجیر} = \frac{\lambda l}{\rho'}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow W = \rho\left(\frac{\lambda l}{\rho'}\right)\cancel{g} + \rho\left(\frac{PV}{P - \rho g l}\right)\cancel{g} = \lambda l \cancel{g}$$

$$\rightarrow \lambda l \left(1 - \frac{\rho}{\rho'}\right) = \frac{\rho P V}{P - \rho g l} \rightarrow \frac{l}{24} = \frac{981}{981 - (9.8)l} \rightarrow \boxed{l = 40^{m}}$$

---

④



$\tan\theta = \frac{5}{9}$

$\theta_1 + \theta_2 = \theta$

$$\tan(\theta_1 + \theta_2) = \frac{\frac{\delta}{2x} + \frac{H - \delta}{2x}}{1 - \frac{\delta(H - \delta)}{4x^2}} = \tan\theta = \frac{5}{9} \rightarrow \boxed{x = 72^{cm}}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \delta = 16^{cm} \\ H = 160^{cm} \end{cases}$$

جواب 72^{cm} است.

⑤

$$P_n = P_0\left(\frac{V}{V+\Delta V}\right)^n \rightarrow \begin{cases} P_n < 10^{-4}\ \text{atm} \\ P_0 = 1\ \text{atm} \end{cases}$$

$$\begin{cases} V = 10^3\ \text{cm}^3 \\ \Delta V = 440\ \text{cm}^3 \end{cases}$$

$$\rightarrow 10^{-4} < \left(\frac{10^3}{1440}\right)^n \rightarrow -4 < n \log \frac{1}{(1,۲)^{۲}}$$

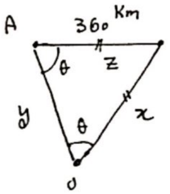
$$\rightarrow -4 < -n \log(1,۲) \times 2 \rightarrow 2 > n \log(۱,۲) \rightarrow n > 25.25$$

$$\rightarrow \boxed{n = 26}$$

جواب 26 است.

---

⑥



$$\begin{cases} y = 576\ \text{Km} \\ x = 360\ \text{Km} \end{cases}$$

$$100 \cos\theta = 80$$

جواب ۸۰ است،

$$\cos\theta = \frac{z^2+y^2-x^2}{2yz} = 0.8$$

$$\Delta t_{OA} = 56^s = y\left(\frac{7}{72}\right) \rightarrow y = 576\ \text{Km}$$

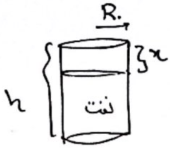
$$\Delta t_{OB} = 35^s = x\left(\frac{7}{72}\right) \rightarrow x = 360\ \text{Km}$$

☑

---

⑦

$$\Delta T = 45^\circ C - (-5)^\circ C = 50^\circ C$$



$$\Delta V_{ظ} = \Delta V_{Real} - \Delta V_{ظرف}$$

$$\cancel{\pi R_0^2}\, x = \cancel{\pi R_0^2}\,(h-x)\beta\Delta T - \cancel{\pi R_0^2}\, h\,(۳\alpha)\Delta T$$

$$\rightarrow x = \left[(h-x)\beta - 3h\alpha\right]\Delta T$$

$$\rightarrow x = 61\ \text{cm}$$

⑧

$\frac{\rho_0}{\rho_{\text{اشباع}}} = \eta \rightarrow \rho_0 = \eta\, \rho_{\text{اشباع}}$ ، قانون گاز کامل $\rightarrow \rho_{\text{اشباع}} = \frac{P_0 M}{R T_0}$ (I)

$m_{\text{کل}} = m_g + m_w$ (پایستگی جرم) $\rightarrow m_0 = m_{\text{کل}}$!! چون اول همه بخار است ●

$\rightarrow m_{\text{کل}} = \rho_0 V_0 = \rho_g V_g + \rho_w V_w$

$\rightarrow \rho_0 V_0 - \rho_w V_w = \rho_g V_g = \rho_g (V_0 - V_w) \rightarrow V_w = \frac{\rho_0 - \rho_g}{\rho_w - \rho_g} V_0$ (II)

$\xrightarrow[\text{II}]{\text{I}} V_w = \frac{\frac{P_0 M \eta}{R T_0} - \rho_g}{\rho_w - \rho_g} V_0$ (III)

$m_w = \rho_w V_w \rightarrow (\rho_w V_0) \frac{\rho_g - \frac{P_0 M \eta}{R T_0}}{\rho_g - \rho_w} = m_w$

$V_0 = 0.2\ m^3$, $P_0 M = 62.5 \times 18$

$\frac{\eta}{R} = 0.1$, $T_0 = 360$, $\rho_g = 25.8 \times 10^{-3}$

$\frac{\rho_g}{\rho_w} = 25.8 \times 10^{-6}$

$\rightarrow \boxed{m = 57.24\ g} \xrightarrow{\text{گرد به بالا}} 57\ g$

جواب 57 گرم است