

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{1 \times 8 \times 300}{8 \times 10^{-3}} = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$$

فیزیک

۲۰۶- حجم یک مول گاز آرمانی در دمای  $27^\circ\text{C}$  برابر ۸ لیتر است. فشار گاز چند پاسکال است؟ ( $R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}}$ )

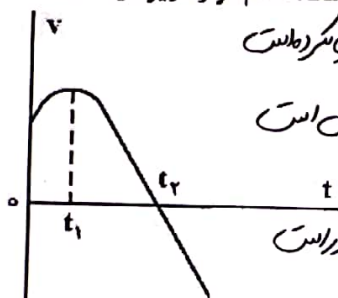
$$3 \times 10^5 \text{ (۱) } \checkmark$$

$$3 \times 10^2 \text{ (۳)}$$

$$2 \times 10^5 \text{ (۲)}$$

$$2 \times 10^2 \text{ (۴)}$$

۲۰۷- نمودار سرعت-زمان متحرکی که روی محور  $x$  حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. کدام موارد زیر درست است؟



الف- جهت سرعت و شتاب در لحظه  $t_1$  تغییر کرده است. ← جهت سرعت و شتاب

ب- در بازه زمانی  $t_1$  تا  $t_2$  حرکت در جهت محور  $x$  است.

پ- در بازه زمانی صفر تا  $t_1$  تندی در حال کاهش است. ← تندی در حال افزایش است

ت- بردار شتاب در بازه زمانی صفر تا  $t_2$  خلاف جهت محور  $x$  است.

کے از صفر تا  $t_1$  در جهت محور  $x$  است

ب ① ✓

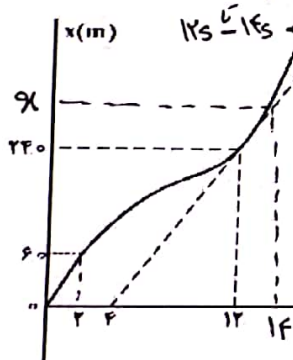
پ ②

الف و ت ③

ب و ت ④

۲۰۸- نمودار مکان-زمان متحرکی مطابق شکل زیر است. اگر تندی در لحظه  $t = 12\text{s}$  برابر تندی متوسط در بازه  $t_1 = 2\text{s}$  تا  $t_2 = 14\text{s}$  باشد، سرعت متوسط ۲ ثانیه اول چند برابر سرعت متوسط ۲ ثانیه هفتم است؟

(خط  $d$  مماس بر نمودار در لحظه  $t = 12\text{s}$  است.)



$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{96 - 24}{12 - 2} = \frac{72}{10} = 7.2$$

$$\Rightarrow \Delta x = 72 = 96 - 24 \Rightarrow x = 72 \text{ m}$$

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{96 - 24}{12 - 2} = \frac{72}{10} = 7.2$$

$$\Rightarrow \frac{72}{10} = \frac{40}{18} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{3} \text{ ① } \checkmark$$

$$\frac{1}{2} \text{ (۲)}$$

$$\frac{2}{3} \text{ (۳)}$$

$$\frac{2}{5} \text{ (۴)}$$

۲۰۹- متحرکی روی محور  $x$  در حال حرکت است، بردار شتاب متوسط آن در بازه زمانی  $t_1 = 0\text{s}$  تا  $t_2 = 10\text{s}$  در SI برابر

$2\vec{i}$  و در بازه زمانی  $t_1 = 0\text{s}$  تا  $t_2 = 15\text{s}$  برابر  $\frac{2}{3}\vec{i}$  است. بردار شتاب متوسط آن در بازه زمانی  $t_1 = 0\text{s}$  تا  $t_2 = 15\text{s}$

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \int_{t_1}^{t_2} v_2 - v_1 = 10(-2\vec{i}) = -20\vec{i} \Rightarrow v_2 - v_1 = 20\vec{i} \text{ ؟ کدام است؟}$$

$$t_1 = 0, t_2 = 15: v_2 - v_1 = 15(\frac{2}{3}\vec{i}) = 10\vec{i}$$

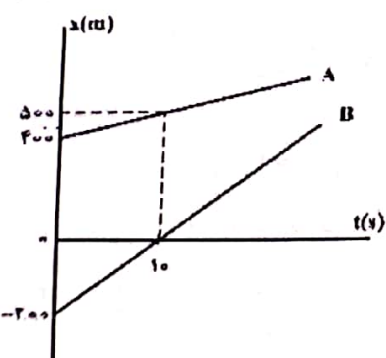
$$6\vec{i} \text{ ③ } \checkmark$$

$$4\vec{i} \text{ (۲)}$$

$$2\vec{i} \text{ (۱)}$$

$$\Rightarrow \bar{a} = \frac{20\vec{i}}{15} = \frac{4}{3}\vec{i}$$

۲۱۰- نمودار مکان-زمان دو خودرو که روی خط راست حرکت می‌کنند، مطابق شکل زیر است. در لحظه‌های  $t_1$  و  $t_2$



$t_2 > t_1$  فاصله دو متحرک از هم  $600\text{m}$  است. کدام است؟

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \begin{cases} v_A = \frac{100}{10} = 10 \\ v_B = \frac{300}{10} = 30 \end{cases}$$

$$x = vt + x_0$$

$$15 \text{ (۱)}$$

$$12 \text{ ② } \checkmark$$

$$8 \text{ (۳)}$$

$$5 \text{ (۴)}$$

$$\Rightarrow x_A = 10t + 400$$

$$x_B = 30t - 200 \Rightarrow |x_B - x_A| = 400$$

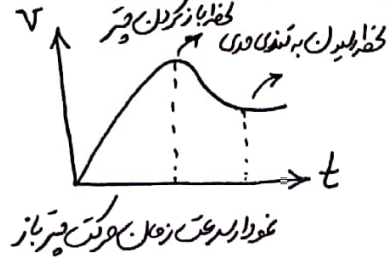
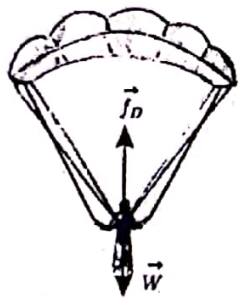
$$\Rightarrow |20t - 700| = 400$$

$$\Rightarrow 20t - 700 = 400 \rightarrow t = 45\text{s} \rightarrow \frac{45}{5} = 9$$

$$20t - 700 = -400 \rightarrow t = 15\text{s}$$

محل انجام محاسبات

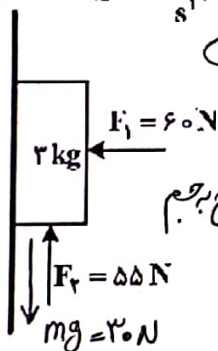
۲۱۱- در شکل زیر، چتربازی مدتی پس از یک پرش آزاد، چترش را باز می کند و ناگهان مقاومت هوا افزایش می یابد. از این لحظه به بعد، تا قبل از رسیدن چترباز به تندی حدی، کدام مورد، درباره حرکت چترباز درست است؟



- (۱) تندی و شتاب افزایش می یابند.  
 (۲) ✓ تندی و شتاب کاهش می یابند.  
 (۳) تندی افزایش و شتاب ثابت می ماند.  
 (۴) تندی افزایش و شتاب کاهش می یابد.

۲۱۲- مطابق شکل زیر، جسم را با نیروی افقی  $F_1$  به دیوار قائمی می فشاریم و جسم ساکن می ماند. اگر نیروی قائم  $F_2$  نیز

به جسم وارد شود، در این حالت نیرویی که سطح به جسم وارد می کند، چند نیوتون است؟ ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )



جسم ساکن است  $\Rightarrow F_s = F_2 - mg = 55 - 20 = 35 N$

$R = \sqrt{F_s^2 + F_N^2} = \sqrt{(35)^2 + (40)^2} = 53 N$

(۱)  $30\sqrt{2}$

(۲)  $30\sqrt{5}$

(۳) ✓ ۶۵

(۴) ۶۰

۲۱۳- جسمی به وزن ۸ N را به فنری به طول ۲۰ cm و ثابت  $k = 2 \frac{N}{cm}$  می بندیم و از سقف آسانسور آویزان می کنیم.

در مدتی که آسانسور روبه بالا با شتاب  $2 \frac{m}{s^2}$  در حال توقف است، طول فنر به چند سانتی متر می رسد؟ ( $g = 10 \frac{m}{s^2}$ )

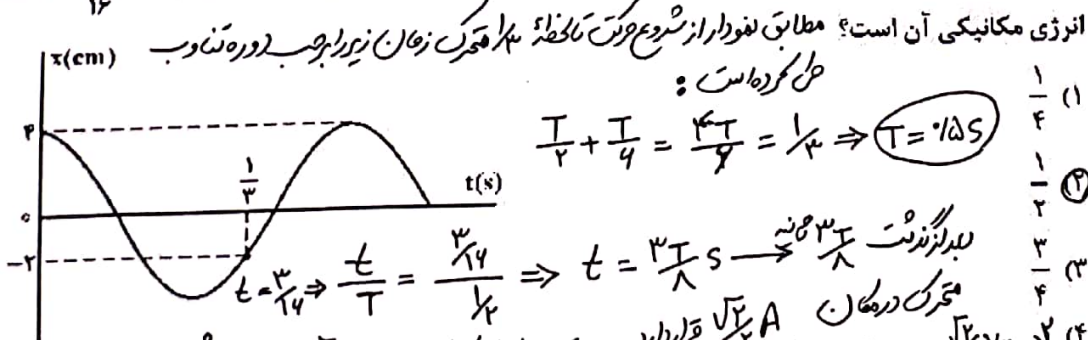
(۱) ✓ ۲۳٫۲

(۲) ۲۷٫۲

(۳) ۱۶٫۸

(۴) ۲۰٫۸

۲۱۴- نمودار مکان - زمان حرکت نوسانگری مطابق شکل زیر است. انرژی جنبشی نوسانگر در لحظه  $t = \frac{3}{16} s$  چند برابر



$\frac{T}{4} + \frac{T}{4} = \frac{2T}{4} = \frac{1}{4} \Rightarrow T = 0.5 s$

$t = \frac{3}{8} \Rightarrow \frac{t}{T} = \frac{3/8}{1/2} = \frac{3}{4} \Rightarrow t = \frac{3}{4} T = \frac{3}{4} \times 0.5 = 0.375 s$

$\frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} k v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{k}{m}} A$

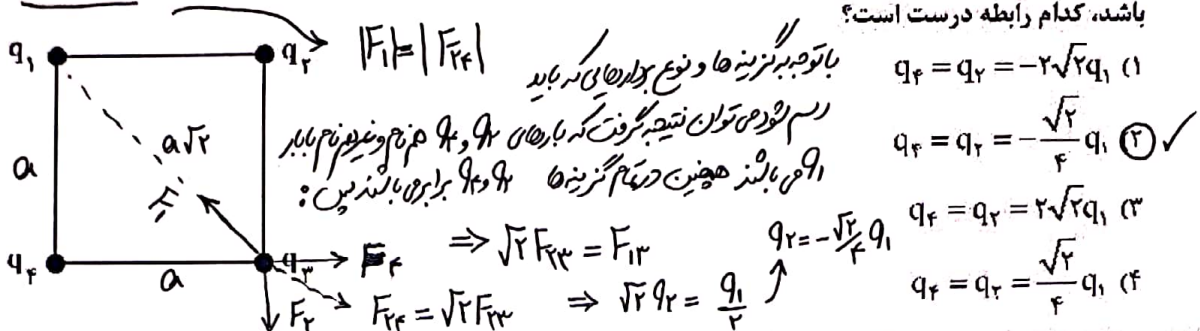
محل انجام محاسبات

(۲۱۳)  $W = mg = 8 \rightarrow m = 0.18 kg$

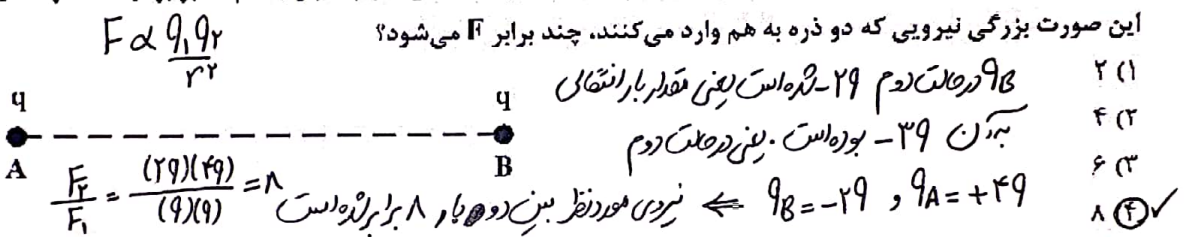
$2 \times \Delta x - 8 = 0.18(-2) \Rightarrow \Delta x = 3.12 cm$

$\rightarrow \text{طول فنر} = 23.12 cm$

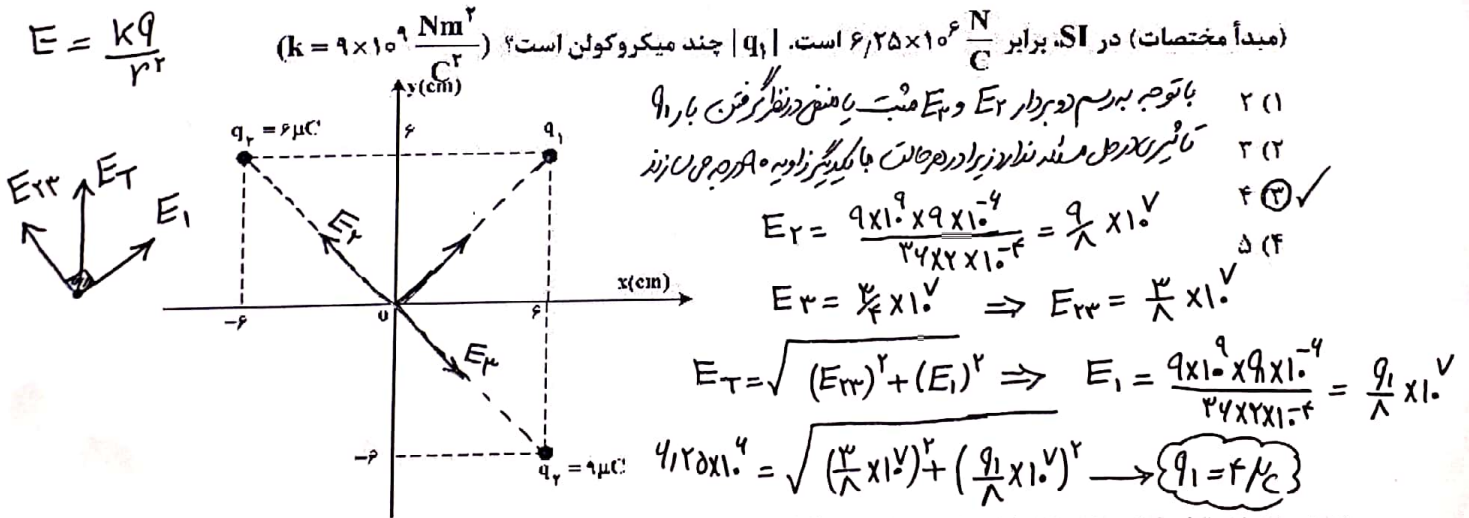
۲۲۱- در شکل زیر، چهار ذره باردار در رأس‌های یک مربع قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار  $q_2$  برابر صفر باشد، کدام رابطه درست است؟



۲۲۲- مطابق شکل زیر، بارهای الکتریکی مثبت و هم اندازه  $q$  در جای خود ثابت شده‌اند و به یکدیگر نیروی الکتریکی به بزرگی  $F$  وارد می‌کنند. اگر تعدادی الکترون از جسم  $A$  به جسم  $B$  منتقل کنیم تا بار جسم  $B$  برابر  $-2q$  شود، در این صورت بزرگی نیرویی که دو ذره به هم وارد می‌کنند، چند برابر  $F$  می‌شود؟



۲۲۳- مطابق شکل زیر، سه بار نقطه‌ای در صفحه  $xy$  قرار دارند و بزرگی میدان الکتریکی خالص در نقطه  $O$



۲۲۴- اگر اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر خازنی ۱۰ درصد کاهش یابد، بار الکتریکی و انرژی ذخیره شده در آن هر کدام

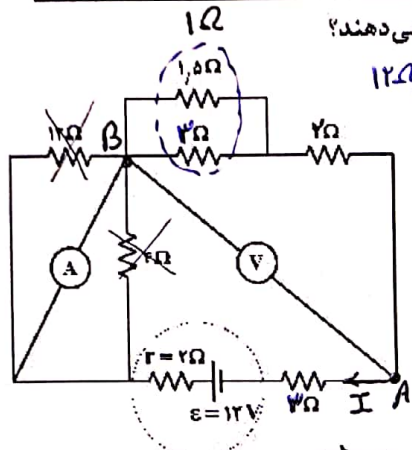
چند درصد (به ترتیب از راست به چپ) کاهش می‌یابند؟

۱) ۱۰ و ۱۹  
۲) ۱۹ و ۱۹  
۳) ۱۰ و ۱۰  
۴) ۱۹ و ۱۰ ✓

$V_2 = 0.9 V_1$   
 $C = \frac{q}{V} \rightarrow q \propto V$   
محل انجام محاسبات  
 $q_2 = 0.9 q_1 \rightarrow 10\% \text{ کاهش بار}$

$U = \frac{1}{2} C V^2 \rightarrow U_2 = 0.81 U_1 \rightarrow 19\% \text{ کاهش انرژی}$

۲۲۵- در مدار روبه‌رو، آمپرسنج آرمانی و ولت‌سنج آرمانی چه عددهایی را نشان می‌دهند؟



باتوجه به نحوه بستن آمپرسنج ولت‌سنج ۱۲Ω و ۴Ω

$$I = \frac{\varepsilon}{R_T + r} \rightarrow R_T = 1 + 2 + 3 = 4\Omega$$

$$I = \frac{12}{4 + 2} = 1.5A$$

ولت‌سنج مقدار ولت‌را بین دو نقطه A و B را نشان می‌دهد

$$V_A - 3(1.5) + 12 - 2(1.5) = V_B$$

$$\Rightarrow V_B - V_A = 4.5(V)$$

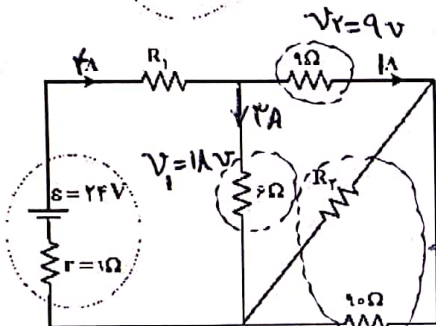
$$(1) \quad 2.4V \text{ و } 0.8A$$

$$(2) \quad 4.8V \text{ و } 0.8A$$

$$(3) \quad 4.5V \text{ و } 1.5A \quad \checkmark$$

$$(4) \quad 6V \text{ و } 1.5A$$

۲۲۶- در شکل روبه‌رو، توان الکتریکی مصرفی مقاومت  $R_2$  چند وات است؟



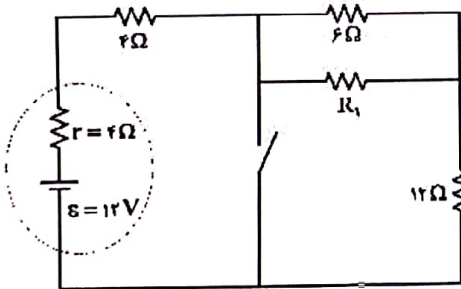
$$V_1 = V_2 + V_{R_2} \Rightarrow 18 = 9 + V_{R_2}$$

$$\rightarrow V_{R_2} = 9V \rightarrow R_2 = V_{R_2} I = 9 \times 1 = 9$$

$$R = \frac{9 \cdot R}{9 + R} \Rightarrow 9 = \frac{9 \cdot R}{9 + R} \rightarrow R = 10\Omega$$

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(9)^2}{10} = 8.1W$$

۲۲۷- در شکل زیر، با بستن کلید، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری ۴۰ درصد کاهش می‌یابد،  $R_1$  چند اهم است؟



$$V = \varepsilon - I r$$

$$V_2 = \frac{1}{2} V_1 \Rightarrow (12 - 4I_2) = \frac{1}{2} (12 - 4I_1)$$

$$\Rightarrow 5I_2 - 3I_1 = 4 \Rightarrow I_1 = 1.5(A)$$

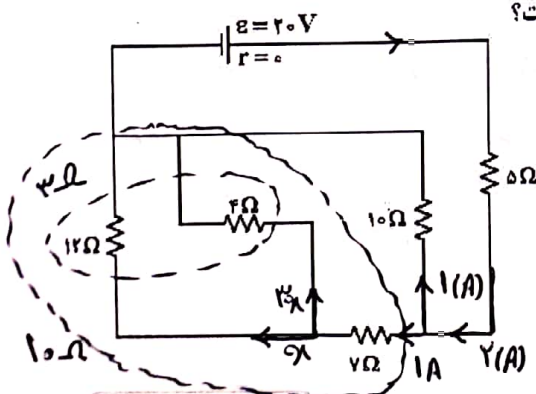
$$I_2 = \frac{12}{4 + 4} = 1.5$$

که در صورتی  
باتوجه کلید

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_T + r} \Rightarrow 1.5 = \frac{12}{2 + R} \Rightarrow R = 12$$

\* باتوجه به مقاومت‌های ۱۲Ω،  $R_1$ ، ۴Ω، ۱۲Ω اتصال کوتاه می‌شود.

۲۲۸- در مدار روبه‌رو، شدت جریان عبوری از مقاومت ۴ اهمی چند آمپر است؟



$$I = \frac{\varepsilon}{R_T + r} = \frac{20}{10} = 2(A)$$

$$4x = 1 \rightarrow x = \frac{1}{4}A$$

$$\Rightarrow 3x = \frac{3}{4}A$$

محل انجام محاسبات

۲۲۹- مطابق شکل زیر، پروتونی با سرعت  $\vec{v} = (10^4 \frac{m}{s}) \hat{i}$  وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت، به بزرگی  $170 G$  می‌شود. اگر تنها نیروی مغناطیسی به پروتون وارد شود، شتاب حرکتش در این لحظه در SI، کدام است؟

(بار الکتریکی پروتون  $1.6 \times 10^{-19} C$  و جرم آن  $1.7 \times 10^{-27} kg$  است.)

$F = qvB \sin \theta = ma$   
 $\Rightarrow 1.4 \times 10^{-19} \times 10^4 \times 170 \times 10^{-4} = 1.7 \times 10^{-27} a$   
 $\Rightarrow a = 1.4 \times 10^4$

طبق قاعده دست راست جهت  $F$  رو به بالا است.

①  $1.6 \times 10^{10} \hat{j}$  ✓  
 ②  $1.6 \times 10^{10} \hat{i}$   
 ③  $1.6 \times 10^8 \hat{j}$   
 ④  $1.6 \times 10^8 \hat{i}$

۲۳۰- در شکل زیر، حلقه رسانایی به مساحت  $600 cm^2$  عمود بر میدان مغناطیسی قرار دارد و میدان مغناطیسی بدون

تغییر جهت، در یک میلی ثانیه  $200$  گاوس کاهش می‌یابد. در این مدت، نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه چند

ولت است و جهت جریان القایی چگونه است؟

①  $1.2$ ، پادساعتگرد  
 ②  $0.6$ ، پادساعتگرد  
 ③  $0.6$ ، ساعتگرد  
 ④  $1.2$ ، ساعتگرد ✓

$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \frac{A \Delta B}{\Delta t}$   
 $|\mathcal{E}| = \frac{400 \times 10^{-4} \times 200 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-3}} = 1.2$

با کاهش میدان  $B$  رو به چپ، جهت  $B$  انی هم جهت می‌گیرند. طبق قاعده دست راست جهت جریان باید ساعتگرد باشد.

۲۳۱- در شکل زیر نتیجه اندازه‌گیری با چند رقم با معنا گزارش می‌شود و خطای وسیله اندازه‌گیری بر حسب میلی‌متر،

چقدر است؟

①  $0.1, 2 \pm 0.5 mm$   
 ②  $0.5, 2 \pm 0.5 cm$   
 ③  $0.1, 2 \pm 0.5 cm$   
 ④  $0.5, 2 \pm 0.5 mm$  ✓

خطا =  $\pm \frac{1}{4} = \pm 0.5 mm$   
 رص =  $0.1 cm = 1 mm$   
 ۴.۲۱ cm ± ۰.۵ cm  
 که ۳ رقم با معنا دارد

محل انجام محاسبات

۲۳۲- اگر تندی جسمی در یک مسیر ثابت بماند، کدام موارد الزاماً درست است؟  
 (الف) کار نیروی خالص وارد بر جسم صفر است.  $\Rightarrow \Delta K = 0 \rightarrow W_{\text{کل}} = \Delta K = 0$   $\Rightarrow V = \text{ثابت}$

(ب) انرژی مکانیکی جسم ثابت می‌ماند.

(پ) نیروی خالص وارد بر جسم صفر است.  $\leftarrow$  انرژی نیروی خالص صفر نیست

(۴) ب و پ

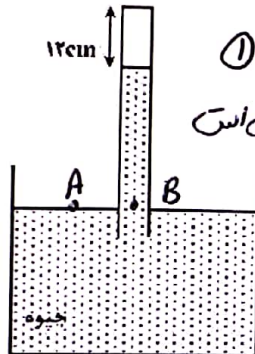
(۳) الف و ب

(۲) پ

(۱) الف  $\checkmark$

۲۳۳- در شکل زیر، فشار هوا برابر ۷۶cmHg و فشار گاز محبوس در لوله ۲cmHg است. در دمای ثابت، لوله را چند

سانتی‌متر بیشتر در جیوه فرو ببریم، تا فشار گاز درون لوله ۲cmHg شود؟



① در حالت اول  $P_A = P_B \Rightarrow P_0 = h + P_{\text{گاز}} \Rightarrow 74 = h + 2 \Rightarrow h = 72 \text{ cm}$

(در حالت دوم)  $\Rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow \frac{2 \times 12}{1} = \frac{P_2 \times V_2}{1} \Rightarrow P_2 h_2 = P_1 h_1$

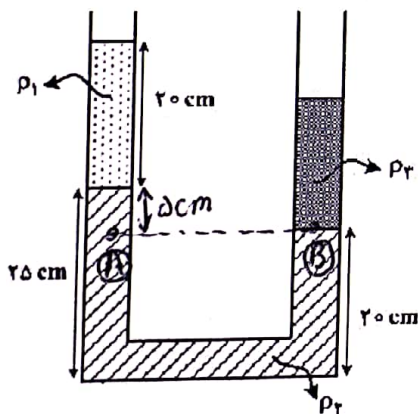
$\Rightarrow 2 \times 12 = P_2 h_2 \Rightarrow P_2 h_2 = 24$

② در حالت دوم  $P_A = P_B \Rightarrow P_0 = h_2 + P_{\text{گاز}} \Rightarrow 74 = h_2 + 2 \Rightarrow h_2 = 72 \text{ cm}$

طول لوله اول:  $12 + 72 = 84 \text{ cm}$  طول لوله دوم:  $72 + 8 = 80 \text{ cm} \Rightarrow 84 - 80 = 4 \text{ cm}$

۲۳۴- در شکل زیر، سه مایع مخلوط نشدنی به چگالی‌های  $\rho_1 = 0.8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ،  $\rho_2 = 2.4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  و مایع سوم با چگالی  $\rho_3$  به

حالت تعادل قرار دارند. اگر سطح مقطع لوله ۲cm<sup>۲</sup> باشد، جرم مایع سوم چند گرم است؟



$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 h_1 + \rho_2 h_2 = \rho_1 h_3 + \rho_2 h_4$

$\Rightarrow (0.8 \times 5) + (2.4 \times 20) = 0.8 h_3 + 2.4 h_4$

$\Rightarrow 0.8 h_3 = 2.4 \times 2 = 4.8$

$m_3 = \rho_3 V_3 = \rho_3 h_3 A = 2.4 \times 2 = 4.8 \text{ g}$

۲۳۵- در دمای صفر درجه سلسیوس، طول دو میله آلومینیومی و فولادی با هم برابر و هر کدام ۲ متر است. دمای میله‌ها را

تا چند درجه سلسیوس افزایش دهیم تا اختلاف طول آن‌ها  $\frac{2}{3}$  میلی‌متر شود؟

( $\alpha_{\text{آلومینیوم}} = 23 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  و  $\alpha_{\text{فولاد}} = 11.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ )

(۴) ۱۰۰

(۳) ۵۰  $\checkmark$

(۲) ۲۵

(۱) ۱۵

محل انجام محاسبات

$\Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta$

$\frac{\alpha_{\text{آل}}}{\alpha_{\text{فولاد}}} = \frac{23 \times 10^{-6}}{11.5 \times 10^{-6}} = 2 \Rightarrow \alpha_{\text{آل}} = 2 \alpha_{\text{فولاد}} \Rightarrow \frac{\Delta L_{\text{آل}}}{\Delta L_{\text{فولاد}}} = \frac{\alpha_{\text{آل}}}{\alpha_{\text{فولاد}}} = 2$

$\Rightarrow \Delta L_{\text{آل}} - \Delta L_{\text{فولاد}} = \frac{2}{3}$

$\Rightarrow \Delta L = \frac{2}{3} = L_1 \alpha \Delta \theta \Rightarrow \frac{2}{3} = 2 \times 11.5 \times 10^{-6} \Delta \theta$

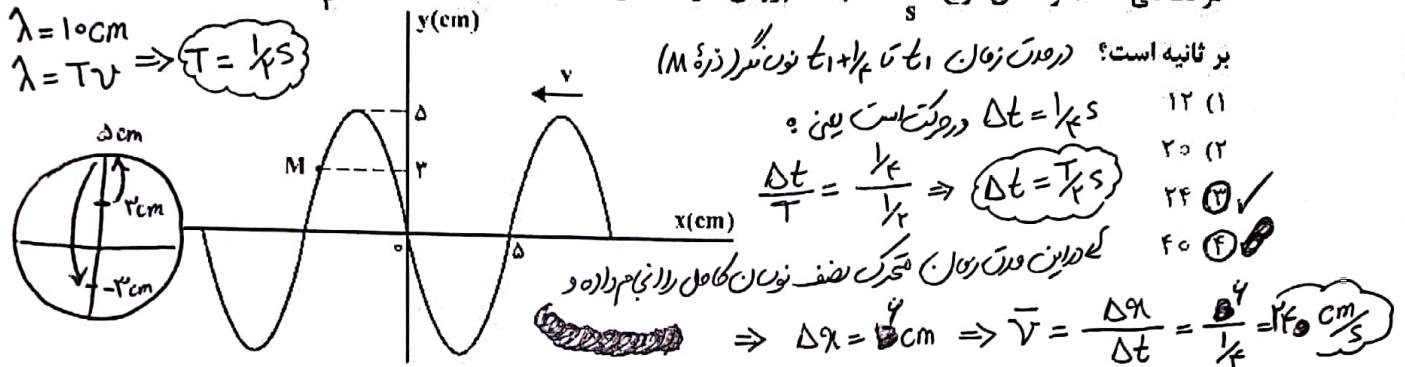
$\Delta \theta = 50^\circ \text{C}$

۲۱۴)  $B_A - B_B = 10 \log \frac{I_A}{I_B} \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} B - \frac{5}{4} B &= 10 \log \frac{I_A}{I_B} = 20 \times 13 = 260 \Rightarrow B = 264 \\ B_A - B_C &= 10 \log \frac{I_A}{I_C} = 40 \times 13 = 520 \Rightarrow 264 - B_C = 520 \Rightarrow B_C = 24 \end{aligned} \right.$

۱۷ صفحه فیزیک 261-A

۲۱۵- شکل زیر، تصویری از یک موج عرضی در یک ریسمان کشیده شده را در لحظه  $t_1$  نشان می‌دهد و موج به سمت چپ

حرکت می‌کند، اگر تندی موج  $20 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$  باشد، بزرگی سرعت متوسط ذره M در مدت  $t_1$  تا  $t_1 + \frac{1}{f}$  چند سانتی‌متر



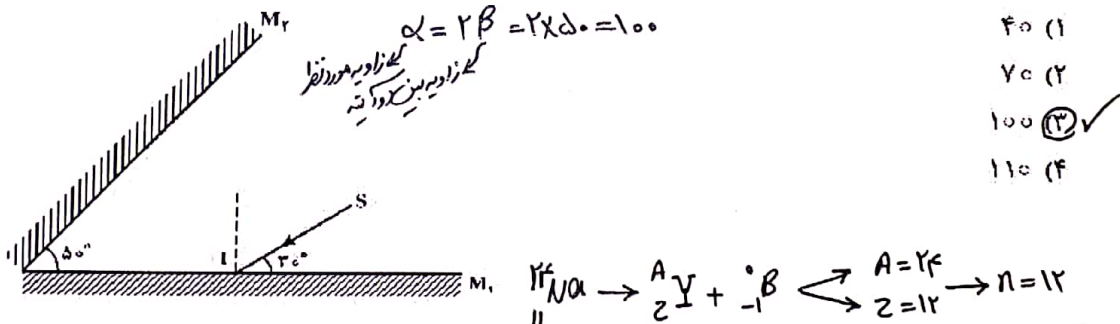
۲۱۶- سه ناظر A، B و C در فاصله‌های ۲r، r و ۴r از یک چشمه صوت نقطه‌ای قرار دارند. تراز شدت صوتی که ناظرهای

A و B در معرض آن قرار دارند،  $\beta$  و  $\frac{5}{6}\beta$  است. تراز شدت صوتی که ناظر C در معرض آن قرار دارد، چند دسی‌بل

است؟ ( $\log 2 = 0.3$ ) و از جذب انرژی صوت توسط محیط صرف‌نظر شود.

- ۴۸ (۴) ۳۶ (۳) ۳۰ (۲) ۲۴ (۱)

۲۱۷- در شکل زیر، امتداد پرتو نور بازتابیده از آینه  $M_2$  با امتداد پرتو SI، زاویه چند درجه می‌سازد؟



- ۴۰ (۱)  
 ۷۰ (۲)  
 ۱۰۰ (۳)  
 ۱۱۰ (۴)

۲۱۸- سدیم  $^{24}_{11}\text{Na}$  و پاشی  $\beta^-$  انجام می‌دهد. هسته جدید به ترتیب چند نوترون و چند پروتون خواهد داشت؟

- ۱۲ و ۱۲ (۴) ۱۳ و ۱۱ (۳) ۱۱ و ۱۲ (۲) ۱۱ و ۱۳ (۱)

۲۱۹- بسامد سومین خط طیف اتم هیدروژن در کدام رشته  $2.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$  است؟

$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{2.5 \times 10^{14}} = 1.2 \times 10^{-6} \text{ m}$   
 $\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{1.2 \times 10^{-6}} = R_H \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$   
 $\left[ C = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ و } R = \frac{1}{100} (\text{nm})^{-1} \right]$   
 ۱) پاشن ( $n' = 2$ ) ۲) براکت ( $n' = 4$ ) ۳) پفوند ( $n' = 5$ ) ۴) بالمر ( $n' = 2$ )

۲۲۰- در اتم هیدروژن، الکترون از مداری به شعاع r به مدار دیگری به شعاع r' می‌رود و فوتونی با انرژی

$2.55 \text{ eV}$  گسیل می‌کند. r چند برابر شعاع بور ( $a_0$ ) است؟ ( $E_R = 13.6 \text{ eV}$ )

- ۱۲ (۴) ۸ (۳) ۵ (۲) ۲ (۱)

محل انجام محاسبات

۲۲۰)  $E = -\frac{E_R}{n^2} \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} E_1 &= -13.6 \\ E_2 &= -3.4 \\ E_3 &= -1.51 \\ E_4 &= -0.85 \end{aligned} \right.$   
 $\Delta E_{3,2} = 2.55 \Rightarrow$  یعنی نسل ۳ از ۲ به ۳ می‌رود  
 $r_n = n^2 a_0 \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} r_4 &= 16 a_0 \\ r_2 &= 4 a_0 \end{aligned} \right. \Rightarrow r_4 - r_2 = 12 a_0$