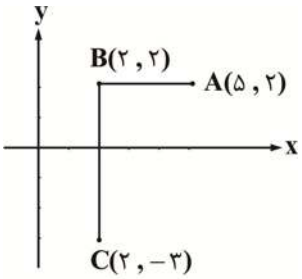
فیزیک ۳

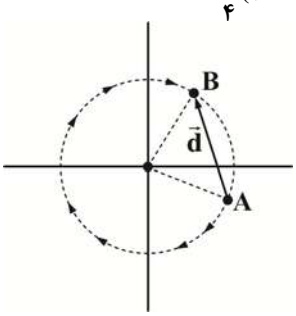
۱- گزینه «۲» ـ محل نقاط A، B و C را در محور مختصات مشخص می‌کنیم



$$\ell = AB + BC = ۳ + ۵ = ۸\ m$$

(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ شناخت حرکت)

۲- گزینه «۳» ـ ماه در جهت ساعتگرد از A به B می‌رود پس مسافت طی شده $\frac{۳}{۴}$ محیط دایره است $\ell = \frac{۳}{۴}(۲\pi R) = \frac{۳}{۲}\pi R$



برای به‌دست آوردن اندازه بردار جابه‌جایی از رابطه فیثاغورس استفاده می‌کنیم.

$$d = \sqrt{R^۲ + R^۲} = \sqrt{۲}R \Rightarrow \frac{\ell}{d} = \frac{\frac{۳}{۲}\pi R}{\sqrt{۲}R} = \frac{۳\sqrt{۲}}{۴}\pi$$

(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ شناخت حرکت)

۳- گزینه «۴» ـ

$$V_{av} = \frac{\Delta x_{کل}}{\Delta t_{کل}} = \frac{۲۰t + ۵\frac{t}{۲} - ۱۰\frac{t}{۲}}{۲t} = \frac{۱۷/۵}{۲}\frac{m}{s}$$

$$S_{av} = \frac{\ell_{کل}}{\Delta t_{کل}} = \frac{۲۰t + ۵\frac{t}{۲} + ۱۰\frac{t}{۲}}{۲t} = \frac{۲۷/۵}{۲}\frac{m}{s} \Rightarrow \frac{V_{av}}{S_{av}} = \frac{\frac{۱۷/۵}{۲}}{\frac{۲۷/۵}{۲}} = \frac{۷}{۱۱}$$

(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ شناخت حرکت)

۴- گزینه «۱» ـ شیب مماس بر نمودار مکان ـ زمان در هر لحظه برابر V می‌باشد و در لحظه‌های $t_۲$ و $t_۴$ شیب صفر است پس داریم

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{۰ - ۰}{۴ - ۲} = ۰\frac{m}{s^۲}$$

(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ شناخت حرکت)

۵- گزینه «۲» ـ خودرو اول با سرعت $۱۸\frac{m}{s}$ پس از ۵ ثانیه ۹۰ متر به جلو می‌رود و فاصله دو خودرو از هم $۳۶۰ - ۹۰ = ۲۷۰\ m$ می‌شود اکنون معادله حرکت ۲ متحرک را از این لحظه به بعد نوشته و با هم برابر قرار می‌دهیم:

$$x_۱ = -۱۸t + ۲۷۰ , x_۲ = ۱۲t \Rightarrow x_۱ = x_۲ \Rightarrow -۱۸t + ۲۷۰ = ۱۲t \Rightarrow ۳۰t = ۲۷۰ \Rightarrow t = ۹\ s$$

$$\Delta x_۲ = Vt = ۱۲ \times ۹ = ۱۰۸\ m$$

(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ سرعت ثابت)

۶- گزینه «۱» ـ سرعت حرکت مسافر از دید سوزنبان $۴۸\frac{km}{h}$ می‌باشد دو قطار در خلاف جهت حرکت هم در حرکت هستند:

$$V_{نسبی} = V_۱ + V_۲ \Rightarrow ۸۵ = ۴۸ + V_۲ \Rightarrow V_۲ = ۳۷\frac{km}{h}$$

(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ سرعت ثابت)

۷- گزینه «۴» ـ نمودارهای سرعت ـ زمان هر دو متحرک موازی محور t است پس نوع حرکت، سرعت ثابت است، مکان اولیه متحرک A و B را $x_{۰A}$ و $x_{۰B}$ می‌نامیم:

$$\begin{cases} x_A = ۱۵t + x_{۰A} \\ x_B = -۳t + x_{۰B} \end{cases} \xrightarrow[x_A = x_B]{t = ۷s} ۱۵ \times ۷ + x_{۰A} = -۳ \times ۷ + x_{۰B} \Rightarrow ۱۸ \times ۷ = x_{۰B} - x_{۰A} \Rightarrow x_{۰B} - x_{۰A} = ۱۲۶\ m$$

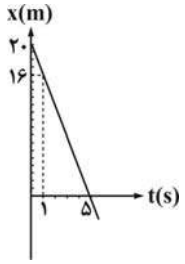
(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ سرعت ثابت)

۸- گزینه «۳» ـ دقت کنید که واحدی که برای شکل استفاده شده است km است پس متحرک در $t = ۰\ s$ در مکان $x_A = ۲۰\ m$ قرار دارد و به نقطه $x_B = -۱۰\ m$ می‌رود.

$$V = -۴\frac{m}{s} \Rightarrow x = Vt + x_۰ \Rightarrow x = -۴t + ۲۰$$

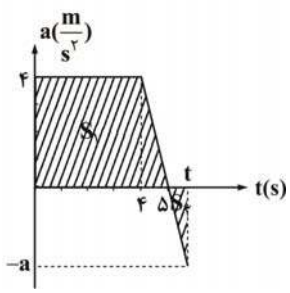
حال به کمک نقطه‌گذاری نمودار معادله $x = -۴t + ۲۰$ را رسم می‌کنیم.

$$\left.\begin{array}{l} t = ۰ \Rightarrow x = ۲۰\ m \\ t = ۵ \Rightarrow x = ۰\ m \\ t = ۱ \Rightarrow x = ۱۶\ m \end{array}\right\} \Rightarrow$$



(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ سرعت ثابت)

۹- گزینه «۳» ـ سطح محصور بین نمودار شتاب ـ زمان و محور زمان برابر تغییر سرعت است، متحرک از حال سکون شروع به حرکت کرده، پس سرعت اولیه $V_۰ = ۰$ است. برای آن‌که متحرک مجدد متوقف شود باید تغییر سرعت، یعنی سطح زیر نمودار صفر شود.



$$\Delta V = ۰ \Rightarrow S_۱ = S_۲ \Rightarrow ۱۶ + ۲ = \frac{(t-۵)\times a}{۲} \Rightarrow (t-۵)\times a = ۳۶\ (I)$$

از طرفی چون شیب خط در ثانیه ۴ تا t ثابت است پس داریم:

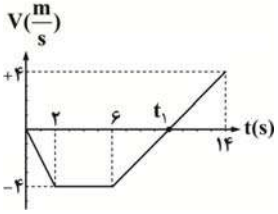
$$\frac{۴}{۵-۴} = \frac{a}{t-۵} \Rightarrow ۴(t-۵) = a\ (II)$$

$$(I), (II) \Rightarrow (t-۵)\times ۴(t-۵) = ۳۶ \Rightarrow (t-۵)^۲ = ۹ \Rightarrow \begin{cases} t-۵ = ۳ \\ t-۵ = -۳ \end{cases}$$

$$t = ۸\ s\ ,\ ۲s$$

دقت کنید t به عنوان مجهول نوشته شده بعد از ثانیه ۵ است پس $t = ۲s$ غ ق ق می‌باشد. (جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ شتاب ثابت)

۱۰- گزینه «۳» ـ در بازه زمانی‌ای که سرعت متحرک منفی است متحرک خلاف جهت محور x حرکت می‌کند.



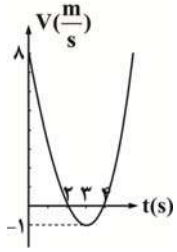
با توجه به ثابت بودن شیب نمودار در بازه ۶ تا ۱۴ ثانیه $\Rightarrow \frac{۸}{۸} = \frac{۴}{(t_۱ - ۶)} \Rightarrow t_۱ = ۱۰\ s$

(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ شتاب ثابت)

۱۱- گزینه «۴» ـ ابتدای نمودار سرعت ـ زمان متحرک را رسم می‌کنیم.

نقاط تلاقی نمودار با محور t $\Leftarrow$ $۰ = (t-۲)(t-۴) \Rightarrow t = ۲\ ,\ ۴\ s$

راس سهمی $t = \frac{-b}{۲a} = \frac{۶}{۲} = ۳\ s$ $V = (۳)^۲ - ۶(۳) + ۸ = -۱\frac{m}{s}$



۱) در بازه $۲\ s$ تا $t = ۰$ سرعت مثبت و شتاب منفی است.

۲) در بازه $۳\ s$ تا $t = ۲$ سرعت منفی و شتاب منفی است.

۳) در باره $۴\ s$ تا $t = ۳$ سرعت منفی و شتاب مثبت است.

می‌دانیم اگر سرعت و شتاب هم علامت باشند حرکت تندشونده و اگر مخالف العلامت باشد حرکت کندشونده است.

۴) در بازه $t = ۴\ s$ به بعد سرعت مثبت و شتاب مثبت است. $\Leftarrow$ پس در بازه $۲s$ تا $t = ۰$ سرعت و $۴s$ تا $t = ۳$ حرکت کند شونده است.

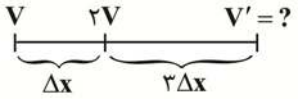
(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ شتاب ثابت)

۱۲- گزینه «۳» ـ با توجه به نمودار جهت حرکت و جهت سرعت ۳ مرتبه عوض می‌شود، می‌دانیم جهت تقعر نمودار بیانگر علامت شتاب است و علامت شتاب ۲ مرتبه تغییر کرده (ابتدا منفی سپس مثبت و در آخر منفی) (جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ شتاب ثابت)

۱۳- گزینه «۲» ـ

$$(۲V)^۲ - (V)^۲ = ۲a\Delta x \Rightarrow ۲a\Delta x = ۳V^۲ \ (I)$$

در قسمت دوم حرکت با توجه به معادله سرعت ـ جابه‌جایی داریم:



$$V'^۲ - (۲V)^۲ = ۲a \times ۳\Delta x \Rightarrow V'^۲ - ۴V^۲ = ۳(\underbrace{۲a\Delta x}_{\text{از } ۳V^۲ (I)}) \Rightarrow V'^۲ = ۹V^۲ + ۴V^۲ \Rightarrow V' = \sqrt{۱۳}V$$

(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ شتاب ثابت)

۱۴- گزینه «۴» ـ

$$V_۰ = ۳۶\frac{km}{h} \times \frac{۱}{۳/۶} = ۱۰\frac{m}{s}$$

با استفاده از رابطه مستقل از شتاب داریم $\Rightarrow \Delta x = \frac{V_۰ + V_۱}{۲}\Delta t \Rightarrow ۲۰ = \frac{۱۰+۰}{۲}\Delta t \Rightarrow \Delta t = ۴s$

(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ شتاب ثابت)

۱۵- گزینه «۲» ـ می‌توانیم حرکت را بر عکس فکر کنیم به‌این صورت که متحرک با سرعت اولیه‌ای شروع به حرکت کرده (همان مجهول سوال) و پس از ۳ ثانیه، ۲۱ متر جابه‌جا شده، فقط باید توجه داشت در برعکس فکر کردن علامت شتاب قرینه می‌شود.

$$\Delta x = \frac{۱}{۲}at^۲ + V_۰t \Rightarrow ۲۱ = \frac{۱}{۲}(-۲)(۳)^۲ + V_۰ \times ۳ \Rightarrow ۳۰ = ۳V_۰ \Rightarrow V_۰ = ۱۰\frac{m}{s}$$

(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ شتاب ثابت)

۱۶- گزینه «۴» ـ

$$\Delta y = -\frac{۱}{۲}gt^۲ \Rightarrow -۸۰ = -\frac{۱}{۲} \times ۱۰ \times t^۲ \Rightarrow t = ۴s$$

$$V^۲ = -۲g\Delta y \Rightarrow V^۲ = -۲ \times ۱۰ \times (-۸۰) = ۱۶۰۰$$

$$V = -۴۰\frac{m}{s}$$

(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ سقوط آزاد)

۱۷- گزینه «۲» ـ

$$V_B^۲ - V_A^۲ = -۲g\Delta y \Rightarrow ۲۵۰۰ - ۱۶۰۰ = -۲ \times ۱۰ \times \Delta y \Rightarrow ۹۰۰ = -۲۰\Delta y \Rightarrow |\Delta y| = ۴۵ m$$

(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ سقوط آزاد)

۱۸- گزینه «۱» ـ سرعت برخورد گلوله به سطح آب را حساب می‌کنیم:

$$\Delta y = V\Delta t \Rightarrow -۵ = V \times ۰/۵ \Rightarrow V = -۱۰\frac{m}{s}$$

اکنون زمان حرکت جسم تا لحظه برخورد به سطح آب را به‌دست می‌آوریم:

$$V = -gt \Rightarrow -۱۰ = -۱۰t \Rightarrow t = ۱s$$

با استفاده از معادله سرعت ـ جابه‌جایی ارتفاع نقطه رها شدن نسبت به سطح آب را به‌دست می‌آوریم:

$$V^۲ = -۲g\Delta y \Rightarrow ۱۰۰ = -۲۰\Delta y \Rightarrow \Delta y = -۵m \Rightarrow V_{av} = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{-۵+(-۵)}{۱+۰/۵} = \frac{-۱۰}{۱/۵} = \frac{-۲۰}{۳}\frac{m}{s} \Rightarrow |V_{aV}| = \frac{۲۰}{۳}\frac{m}{s}$$

(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ سقوط آزاد)

۱۹- گزینه «۲» ـ

$$V = -gt \xrightarrow{t=۱} V = -۱۰\frac{m}{s}$$

$$\xrightarrow{t=۲} V = -۲۰\frac{m}{s}$$

$$\xrightarrow{t=۳} V = -۳۰\frac{m}{s}$$

$$V_۲^۲ - V_۱^۲ = -۲g\Delta y$$

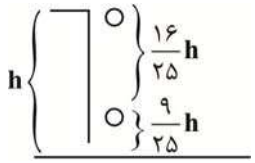
$$\Rightarrow \text{ثانیه دوم} \rightarrow ۴۰۰ - ۱۰۰ = -۲ \times ۱۰ \times \Delta y_۱ \Rightarrow \Delta y_۱ = -۱۵ m$$

$$\Rightarrow \text{ثانیه سوم} \rightarrow ۹۰۰ - ۴۰۰ = -۲ \times ۱۰ \times \Delta y_۲ \Rightarrow \Delta y_۲ = -۲۵ m$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta y_۲}{\Delta y_۱} = \frac{-۲۵}{-۱۵} = \frac{۵}{۳}$$

(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ سقوط آزاد)

۲۰- گزینه «۳» ـ اگر گلوله کل مسیر را در t ثانیه طی کند، $\frac{16}{25}$ ابتدایی مسیر را در $(t-2)\,s$ طی می‌کند پس داریم:



$$y=-\frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow \frac{h}{\frac{16}{25}h}=(\frac{t}{t-2})^2 \Rightarrow \frac{5}{4}=\frac{t}{t-2} \Rightarrow 5t-10=4t \Rightarrow t=10\,s$$

(جیرودی) (پایه دوازدهم ـ فصل اول ـ سقوط آزاد)

فیزیک ۱ و ۲

۲۱- گزینه «۳» ـ مورد «الف» صحیح است.

مورد «ب»: غلط است زیرا $\Delta T=\Delta\theta$ پس اگر دمای جسمی $20^\circ C$ تغییر کند دمای آن $20k$ تغییر خواهد کرد.

مورد «ج»: غلط است زیرا در دماسنج ترموکوپل از ۲ سیم فلزی غیر هم‌جنس استفاده می‌شود.

مورد «د»: صحیح است $283\,k=10^\circ C \Leftarrow F=1/8\theta+32=18+32=50^\circ F$

مورد «هـ»: غلط است اساس کار دماسنج گازی مبتنی بر قانون گازهای کامل می‌باشد. (جیرودی) (پایه دهم ـ فصل چهارم ـ دما و دماسنجی)

۲۲- گزینه «۳» ـ شکل «الف» $\alpha_A>\alpha_C$ چون طول ثانویه A کمتر از C است پس کاهش دما داریم، شکل «ب» $\alpha_A>\alpha_B$ چون طول ثانویه A بیشتر از B است پس افزایش دما داریم، شکل «پ» $\alpha_B>\alpha_C$ چون طول ثانویه B کمتر از C است پس کاهش دما داریم.

(جیرودی) (پایه دهم ـ فصل چهارم ـ انبساط طولی)

۲۳- گزینه «۱» ـ

$45^\circ C$	$90\,cm$
$55^\circ C$	$x\,cm$
$10^\circ C$	$20\,cm$

$$\frac{55-10}{45-10}=\frac{x-20}{90-20} \Rightarrow \frac{45}{35}=\frac{x-20}{70} \Rightarrow x-20=90 \Rightarrow x=110\,cm$$

(جیرودی) (پایه دهم ـ فصل چهارم ـ دماسنج معلوم و مجهول)

۲۴- گزینه «۲» ـ

$$\frac{\Delta L}{L_1}\times 100=\alpha\times\Delta\theta\times 100=2\times10^{-5}\times250\times100=0/5$$
$$\frac{\Delta V}{V_1}\times 100=3\alpha\times\Delta\theta\times 100=6\times10^{-5}\times250\times100=1/5$$

(جیرودی) (پایه دهم ـ فصل چهارم ـ انبساط گرمایی)

۲۵- گزینه «۳» ـ

$$(50+100)\,Lit=900\times\beta\times80-10^{-3}\times15\times10^{-6}\times80 \Rightarrow \frac{150}{80}=900\beta-15\times10^{-3} \Rightarrow \frac{1}{8}=60\beta-10^{-3} \quad \boxed{\div 15}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{8}=60\beta-10^{-3} \qquad \boxed{\frac{1}{8}=125\times10^{-3}}$$

$$125\times10^{-3}+10^{-3}=60\beta \Rightarrow \frac{126\times10^{-3}}{60}=\beta \Rightarrow \beta=2/1\times10^{-3}k^{-1}$$

(جیرودی) (پایه دهم ـ فصل چهارم ـ انبساط حجمی)

۲۶- گزینه «۴» ـ

$$\Delta\rho=-\rho_1 3\alpha\times\Delta\theta \Rightarrow 15=-5000\times3\times2\times10^{-5}\times\Delta\theta \Rightarrow 1=-2\times10^{-2}\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta=-50^\circ C \Rightarrow \Delta\theta=\theta_2-\theta_1=-50$$
$$\theta_2=250-50=200^\circ C$$

(جیرودی) (پایه دهم ـ فصل چهارم ـ انبساط)

۲۷- گزینه «۱» ـ

$$Q_1+Q_2=0 \Rightarrow \underbrace{m_1}_{\rho_{آب}V_1}c_{آب}\Delta\theta_1+\underbrace{m_2}_{\rho_{آب}V_2}c_{آب}\Delta\theta_2=0$$
$$\Rightarrow V_1\Delta\theta_1+V_2\Delta\theta_2=0 \Rightarrow V_1(\underbrace{50-90}_{-40})+50(\underbrace{50-30}_{20})=0 \Rightarrow -2V_1+50=0 \Rightarrow V_1=25\,Lit$$

(جیرودی) (پایه دهم ـ فصل چهارم ـ تعامل گرمایی)

۲۸- گزینه «۲» ـ

$$Q_{گرماسنج}+Q_{مس}+Q_{آب}=0$$
$$400\times c\times(\underbrace{30-20}_{10})+600\times c\times(\underbrace{30-130}_{-100})+500\times4200\times(\underbrace{30-20}_{10})=0 \Rightarrow 4c-60c+21000=0 \Rightarrow 56c=21000$$
$$c_{مس}=375\frac{J}{kg.k}$$

(جیرودی) (پایه دهم ـ فصل چهارم ـ تعادل گرمایی)

۲۹- گزینه «۱» ـ

$Q_{\text{کل}} = pt = ۳۰۰۰ \times ۱۰ \times ۶۰ = ۱۸ \times ۱۰^۵ \ J$

رسیده به یخ $Q = mL_F = ۴/۵ \times ۳۲۰ \times ۱۰^۳ = ۱۴/۴ \times ۱۰^۵ J \Rightarrow$ درصد $\frac{۱۴/۴ \times ۱۰^۵}{۱۸ \times ۱۰^۵} \times ۱۰۰ = ۸۰$

(جیرودی) (پایه دهم ـ فصل چهارم ـ گرما)

۳۰- گزینه «۱» ـ فقط موارد «د» و «هـ» غلط می‌باشد زیرا در انتقال گرما از طریق همرفت نیاز به محیط مادی داریم (در انتقال گرما به روش تابش نیاز به محیط مادی نداریم) و اجسام تیره جذب و بازتابش قوی‌تری نسبت به مواد دیگر دارند.

(جیرودی) (پایه دهم ـ فصل چهارم ـ روش‌های انتقال گرما)

۳۱- گزینه «۲» ـ گرمایی که از طریق میله بین آب و یخ مبادله می‌شود باعث ذوب شدن یخ می‌شود.

$$\frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta\theta}{L} \Rightarrow \frac{mL_F}{t} = \frac{kA\Delta\theta}{L} \Rightarrow \frac{۶۰ \times ۱۰^{-۳} \times ۳۳۶ \times ۱۰^۳}{۶۰ \times ۶۰} = \frac{k \times ۳۲ \times ۱۰^{-۴} \times ۱۰۰}{۲} \Rightarrow k = ۳۵ \frac{J}{m.s°C}$$

(جیرودی) (پایه دهم ـ فصل چهارم ـ آهنگ رسانش گرما)

۳۲- گزینه «۳» ـ

عمق ۷۰ متری $P = P_۰ + \rho gh = ۱۰^۵ + ۱۰^۳ \times ۱۰ \times ۷۰ = ۸ \times ۱۰^۵ Pa$

سطح آب $P = P_۰ = ۱۰^۵ Pa$

$$P_۱V_۱ = P_۲V_۲ \Rightarrow ۸ \times ۱۰^۵ V_۱ = ۱۰^۵ V_۲ \Rightarrow \frac{V_۲}{V_۱} = \frac{\frac{۴}{۳}\pi r_۲^۳}{\frac{۴}{۳}\pi r_۱^۳} = ۸ \Rightarrow \frac{r_۲}{r_۱} = ۲ \Rightarrow \frac{A_۲}{A_۱} = \frac{۴\pi r_۲^۲}{۴\pi r_۱^۲} = (\frac{r_۲}{r_۱})^۲ = ۴$$

(جیرودی) (پایه دهم ـ فصل چهارم ـ قوانین گازها)

۳۳- گزینه «۳» ـ

$$\frac{\rho_۲}{\rho_۱} = \frac{\frac{PM}{R \times ۳۶۴}}{\frac{PM}{R \times ۲۷۳}} = \frac{۲۷۳}{۳۶۴} = \frac{۳ \times ۹۱}{۴ \times ۹۱} = \frac{۳}{۴}$$

درصد تغییرات چگالی $\Rightarrow \frac{\Delta\rho}{\rho_۱} \times ۱۰۰ = \frac{\frac{۳}{۴}\rho_۱ - \rho_۱}{\rho_۱} \times ۱۰۰ = -\frac{۱}{۴} \times ۱۰۰ = -۲۵$

پس چگالی ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. (جیرودی) (پایه دهم ـ فصل چهارم ـ قوانین گازها)

۳۴- گزینه «۲» ـ چون پیستون در حال تعادل است پس $P_{He} = P_{H_۲}$:

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V} \Rightarrow \frac{nRT}{V}He = \frac{nRT}{V}H_۲ \Rightarrow \frac{\frac{۴۰}{۴} \times R \times ۵۰۰}{V_{He}} = \frac{\frac{۲۰}{۲} \times R \times ۴۰۰}{V_{H_۲}} \Rightarrow \frac{V_{H_۲}}{V_{H_e}} = \frac{۴}{۵}$$

$$V = Ah \xrightarrow{A_{H_e} = A_{H_۲}} \frac{V_{H_۲}}{V_{H_e}} = \frac{h_{H_۲}}{h_{H_e}} = \frac{۴}{۵}$$

(جیرودی) (پایه دهم ـ فصل چهارم ـ قوانین گازها)

۳۵- گزینه «۱» ـ

$$\frac{P_۱V_۱}{T_۱} = \frac{P_۲V_۲}{T_۲} \Rightarrow \frac{P_۱V_۱}{T_۱} = \frac{\frac{۱۲۵}{۱۰۰}P_۱ \times \frac{۶۴}{۱۰۰}V_۱}{T_۲} \Rightarrow \frac{T_۲}{T_۱} = \frac{۱۲۵ \times ۶۴}{۱۰^۴} = ۰/۸$$

(جیرودی) (پایه دهم ـ فصل چهارم ـ قوانین گازها)