سانتی‌متر جیوه cmHg

۶۵. چه ارتفاعی از آب برحسب متر، فشاری برابر ۱۵۰mmHg (میلی‌متر جیوه) دارد؟ $(\rho_{آب}=1000\frac{kg}{m^3}, \rho_{جیوه}=13600\frac{kg}{m^3})$ (ریاضی ۸۵)

۱) ۰/۱۵ ۲) ۱/۵۰ ۳) ۸/۰۲ ۴) ۲/۰۴

۶۶. اگر در مکانی فشار هوا برابر ۷۶ سانتی‌متر جیوه باشد، فشار در عمق ۱۳۶ سانتی‌متری آب رودخانه چند سانتی‌متر جیوه است؟ $(\rho_{آب}=1000\frac{kg}{m^3}, \rho_{جیوه}=13600\frac{kg}{m^3})$ (ریاضی خارج ۹۳)

۱) ۸۲ ۲) ۸۶ ۳) ۹۲ ۴) ۹۶

۶۷. اگر فشار هوا ۷۵ سانتی‌متر جیوه باشد، فشار در عمق چند متری آب به ۱۰۰ سانتی‌متر جیوه می‌رسد؟ (ریاضی خارج ۸۹)

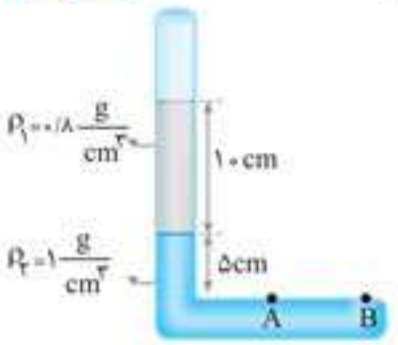
(چگالی آب و جیوه به ترتیب: $1\frac{g}{cm^3}$، $13/6\frac{g}{cm^3}$ و $g=10\frac{N}{kg}$ است.)

۱) ۳/۴ ۲) ۶/۸ ۳) ۱۰/۲ ۴) ۱۳/۶

۶۸. در ارتفاع حدود ۳۰۰۰ متری از سطح دریا، فشار هوا ۶۸kPa است. این فشار، چند سانتی‌متر جیوه است؟ $(\rho_{جیوه}=13/6\frac{g}{cm^3}, g=10\frac{N}{Kg})$ (ریاضی ۱۴۰۱)

۱) ۶۰ ۲) ۵۵ ۳) ۵۰ ۴) ۴۵

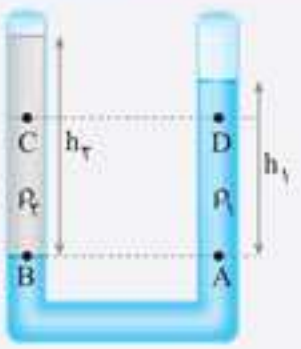
۶۹. در شکل روبه‌رو، فشار حاصل از دو مایع ρ_1 و ρ_2 در نقاط A و B به ترتیب از راست به چپ برحسب سانتی‌متر جیوه کدام است؟ $(\rho_{جیوه}=13/5\frac{g}{cm^3}, g=10\frac{m}{s^2})$



۱) $\frac{13}{16}$، $\frac{13}{16}$ ۲) $\frac{13}{16}$، کمتر از $\frac{13}{16}$

۳) $\frac{26}{27}$، $\frac{26}{27}$ ۴) $\frac{26}{27}$، کمتر از $\frac{26}{27}$

لوله‌های U شکل



◄ اگر یک یا چند مایع در ظروفی با لوله‌های U شکل در حالت سکون قرار داشته باشند، با استفاده از این‌که نکته که فشار هر نقطه، درون مایع به فاصلهٔ آن نقطه تا سطح آن مایع در راستای قائم بستگی دارد، می‌توان نتیجه گرفت: **«در یک مایع ساکن و در نقاط هم‌تراز افقی، فشار یکسان است.»**

مثلاً مطابق شکل مقابل که دو مایع با چگالی متفاوت در لولهٔ U شکل قرار دارند، می‌توان گفت $P_A=P_B$ است و می‌توان نوشت:

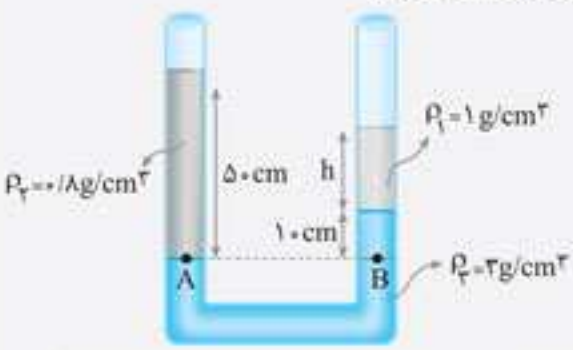
$$\begin{cases}P_A=\rho_1gh_1+P_0\\P_B=\rho_2gh_2+P_0\end{cases}\xrightarrow{P_A=P_B}\rho_1gh_1+P_0=\rho_2gh_2+P_0\Rightarrow\rho_1h_1=\rho_2h_2$$

سوال: آیا در این شکل $P_C=P_D$ برقرار است؟

■ **پاسخ:** خیر؛ زیرا هر چند دو نقطهٔ C و D در یک تراز افقی‌اند اما در یک مایع یکسان نیستند.

تذکر: برای پاسخ به این‌گونه مسائل ابتدا دو نقطهٔ هم‌تراز افقی در یک مایع را مشخص می‌کنیم، سپس فشار کل دو نقطه را مساوی یکدیگر قرار می‌دهیم. از معادله‌ای که به‌دست می‌آید، می‌توان مجهول مورد نظر را حساب کرد.

مثال: در شکل روبه‌رو مایع‌ها ساکن‌اند. h چند سانتی‌متر است؟



■ **پاسخ:** نقاط A و B هم‌ترازند و هر دو نقطهٔ A و B در مایع ρ_2 هستند. پس فشار دو نقطهٔ A و B (P_A و P_B) یکسان است و داریم:

$$P_A=P_B\Rightarrow\rho_2gh_2+P_0=\rho_3gh_3+\rho_1gh+P_0$$

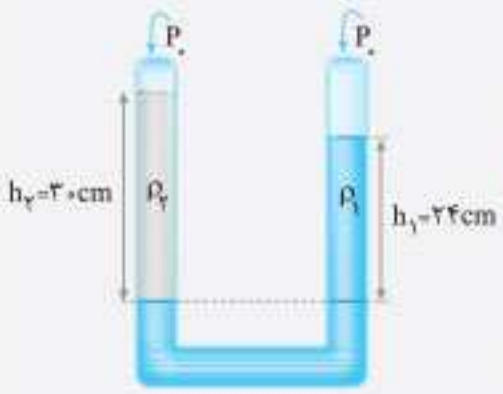
$$\xrightarrow[\text{سپس g حذف می‌شود.}]{\text{ابتدا } P_0 \text{ حذف می‌شود.}}\rho_2h_2=\rho_3h_3+\rho_1h$$

اما قبل از عددگذاری، دقت کنید که چون در هر جمله و در طرفین تساوی حاصل‌ضرب ρh وجود دارد، کافی است یکای ρ و یکای h در هر جمله یکسان در نظر گرفته شود، چه SI و چه غیر SI. هر کدام راحت‌تر است.

$$0/8(\frac{g}{cm^3})\times50(cm)=3(\frac{g}{cm^3})\times10(cm)+1(\frac{g}{cm^3})\times h\Rightarrow h=10cm$$

تذکر: در شکل‌هایی که فشار هوا را با P_0 همراه با فلش(↓) نشان می‌دهیم، منظور از جهت فلش جهت نیرویی است که توسط هوا بر سطح مایع وارد می‌شود.

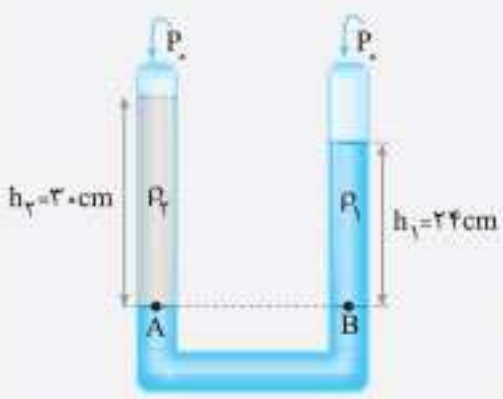
مثال: در لولهٔ شکل مقابل، دو مایع مخلوط‌نشدنی ریخته شده است و چگالی آن‌ها به‌ترتیب ρ_1 و ρ_2 است. اگر $\rho_1 = 2\frac{g}{cm^3}$ باشد، ρ_2 چند گرم بر سانتی‌مترمکعب است؟ (سطح مقطع لوله‌ها یکسان است.) (ریاضی ۸۵)



۱) ۱/۲
۲) ۱/۶
۳) ۱/۸
۴) ۲/۵

● **پاسخ:** گزینهٔ «۲» فشار دو نقطهٔ A و B که در یک مایع و هم‌ترازند (در یک سطح افقی قرار دارند)، یکسان است و می‌توان نوشت:

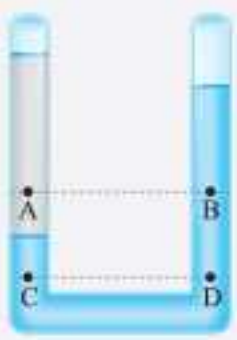
$$\begin{cases} P_A = P_B \\ P_A = \rho_2 g h_2 + P_. \Rightarrow \rho_2 g h_2 + P_. = \rho_1 g h_1 + P_. \Rightarrow \rho_2 h_2 = \rho_1 h_1 \\ P_B = \rho_1 g h_1 + P_. \end{cases}$$



$$\Rightarrow \rho_2 \times 30cm = 2\frac{g}{cm^3} \times 24cm \Rightarrow \rho_2 = 1/6\frac{g}{cm^3}$$

چرا یکاها را در SI ننوشته‌ایم؟ چون در رابطهٔ $\rho_2 h_2 = \rho_1 h_1$ طرفین معادله حاصل‌ضرب کمیت‌های یکسان است، می‌توان یکای کمیت‌ها را یکسان در نظر گرفت؛ چه SI چه غیر SI. دقت کنید که سطح مقطع لوله هم اگر یکسان نبود، تأثیری در پاسخ درست نداشت؛ چون فشار به ارتفاع مایع بستگی دارد نه به سطح مقطع $(P = \rho gh)$

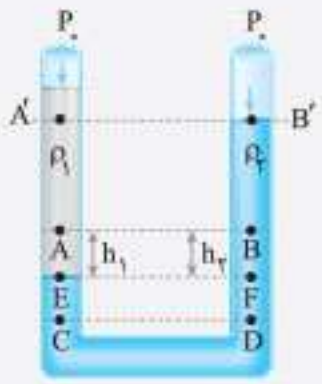
مثال: در شکل روبه‌رو، درون لوله دو مایع مخلوط‌نشدنی قرار دارند. اگر فشار در نقاط نشان‌داده‌شده درون مایع‌ها را با هم مقایسه کنیم، کدام رابطه درست است؟ (تجربی ۹۵)



۱) $P_C < P_D$ و $P_A = P_B$
۲) $P_C < P_D$ و $P_A < P_B$
۳) $P_C = P_D$ و $P_A = P_B$
۴) $P_C = P_D$ و $P_A > P_B$

● **پاسخ:** گزینهٔ «۴»

روش اول: (روش تشریحی): اول از هر چیز چون نقاط C و D در یک مایع و هم‌ترازند فشار یکسان دارند، یعنی $P_C = P_D$. حال برای مقایسهٔ فشار دو نقطهٔ A و B می‌توان فشار دو نقطهٔ E و F را برابر گرفت، چون در یک تراز و در یک مایع هستند:

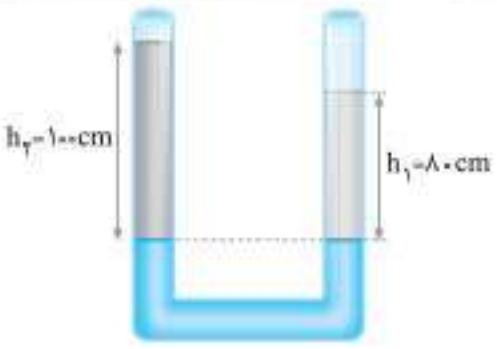


$$P_E = P_F \Rightarrow P_A + \rho_1 g h_1 = P_B + \rho_2 g h_2 \xrightarrow{h_1 = h_2}$$
$$P_A - P_B = \rho_2 g h_1 - \rho_1 g h_1 \Rightarrow P_A - P_B = g h_1 (\rho_2 - \rho_1)$$

از آن‌جا که $\rho_2 > \rho_1$ است، (چرا؟! معمولاً مایعی که در بخش زیرین قرار می‌گیرد، چگالی بیشتری دارد.) پس $P_A > P_B$ است.

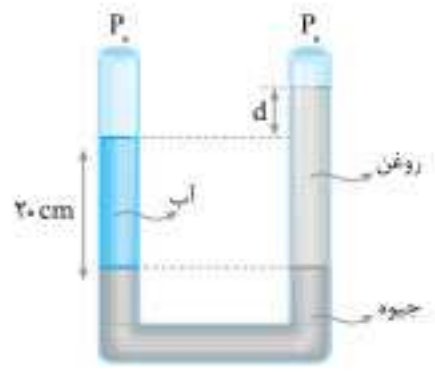
روش دوم: (روش سریع): هرگاه بخواهیم دو نقطهٔ هم‌تراز مثل B و A را در دو مایع مختلف مقایسه کنیم، می‌توان گفت که نقطه‌ای (مثل A) که در مایع سبک‌تر قرار دارد، فشارش بیشتر است پس $P_A > P_B$. این روش، بسیار کاربردی بوده و یک نکته مهم محسوب می‌شود.

۷۰. در شکل مقابل h_1 و h_2 به ترتیب عمق آب و نفت است که روی جیوه ریخته شده است و دو سطح جیوه هم‌تراز است. اگر چگالی آب $1\frac{g}{cm^3}$ باشد، چگالی نفت چند کیلوگرم‌برمترمکعب است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$ (تجربی ۸۲)



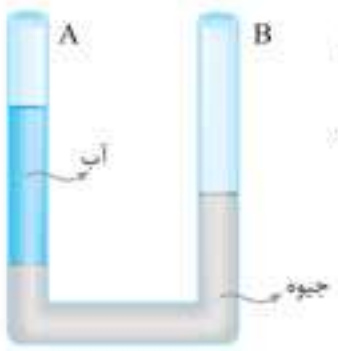
۱) ۸۰
۲) ۱۲۵
۳) ۸۰۰
۴) ۱۲۵۰

۷۱. در شکل مقابل، ارتفاع جیوه در دو لوله یکسان است. اگر چگالی آب $1\frac{g}{cm^3}$ و چگالی روغن $0/8\frac{g}{cm^3}$ باشد، اختلاف ارتفاع آب و روغن (d) چند سانتی‌متر است؟ (تجربی خارج ۸۷)



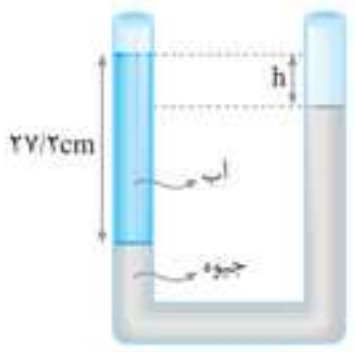
۱) ۲
۲) ۳
۳) ۴
۴) ۵

۷۲. در شکل مقابل ارتفاع آب در شاخهٔ A برابر ۲۷/۲cm است. در شاخهٔ B الکل به چگالی $۰/۸\frac{g}{cm^۳}$ می‌ریزیم تا جیوه در دو شاخه هم‌سطح شود. اگر چگالی جیوه و آب به‌ترتیب $۱۳/۶\frac{g}{cm^۳}$ و $۱\frac{g}{cm^۳}$ باشد، ارتفاع الکل چند سانتی‌متر است؟



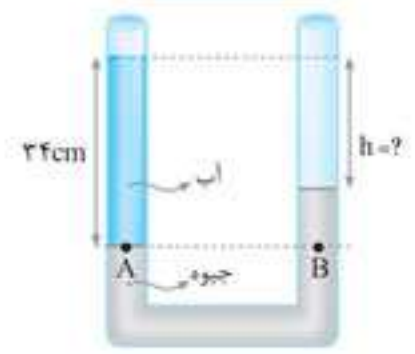
۱) ۱۷
۲) ۲۸
۳) ۳۴
۴) ۴۲

۷۳. مطابق شکل روبه‌رو، در لولهٔ Uشکل، آب و جیوه به حالت تعادل قرار دارند. h چند سانتی‌متر است؟ $(\rho_{جیوه}=۱۳/۶\frac{g}{cm^۳}، \rho_{آب}=۱\frac{g}{cm^۳})$ (تجربی خارج ۸۶)



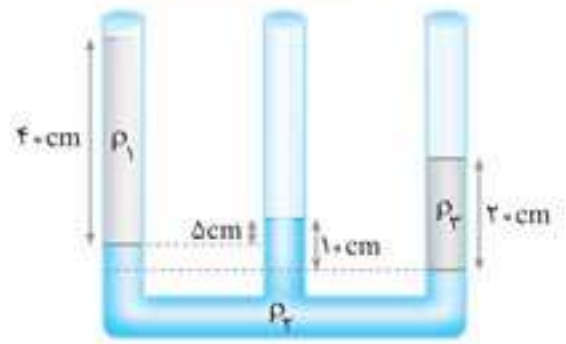
۱) ۲
۲) ۲۰
۳) ۱۳/۶
۴) ۲۵/۲

۷۴. در شکل روبه‌رو، اختلاف ارتفاع آب و جیوه چند سانتی‌متر است؟ (ریاضی خارج ۹۱)
$(\rho_{آب}=۱\frac{g}{cm^۳}، \rho_{جیوه}=۱۳/۶\frac{g}{cm^۳})$



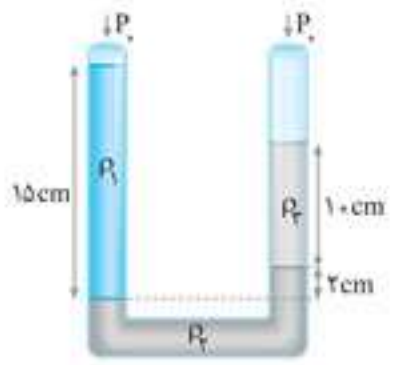
۱) ۲۷/۵
۲) ۲۹
۳) ۳۰
۴) ۳۱/۵

۷۵. در شکل مقابل سه مایع مخلوط‌نشدنی در ظرف در حال تعادل‌اند. $\frac{\rho_۳}{\rho_۱}$ کدام است؟



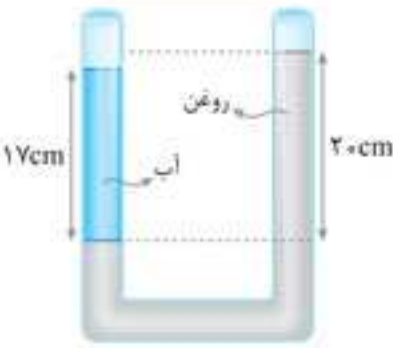
۱) ۲
۲) $\frac{۱}{۲}$
۳) ۴
۴) $\frac{۱}{۴}$

۷۶. سه مایع مخلوط‌نشدنی به چگالی‌های $\rho_۱$، $\rho_۲$ و $\rho_۳$ مطابق شکل در تعادل‌اند. $\rho_۳$ برابر کدام است؟



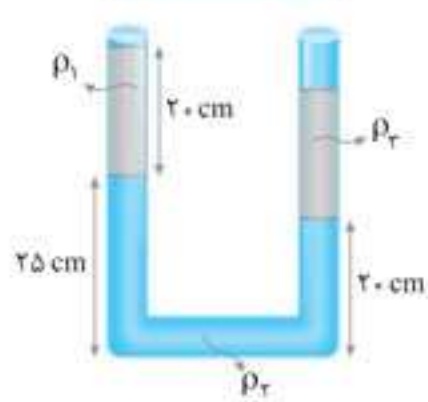
۱) $۱/۵\rho_۱ + ۰/۲\rho_۲$
۲) $۰/۸(\rho_۱ + \rho_۲)$
۳) $۱/۲۵(\rho_۱ - \rho_۲)$
۴) $۱/۵\rho_۱ - ۰/۲\rho_۲$

۷۷. در شکل مقابل آب و روغن در یک لوله U شکل به حالت تعادل‌اند. چگالی روغن ..... درصد از چگالی آب ..... است. (تجربی ۸۶)



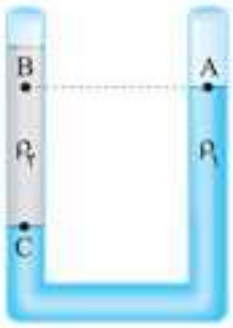
۱) ۱۵ ـ بیشتر
۲) ۱۵ ـ کمتر
۳) ۸۵ ـ کمتر
۴) ۸۵ ـ بیشتر

۷۸. در شکل مقابل، سه مایع مخلوط نشدنی به چگالی‌های $\rho_۱=۰/۸\frac{g}{cm^۳}$، $\rho_۲=۲/۴\frac{g}{cm^۳}$ و مایع سوم با چگالی $\rho_۳$ به حالت تعادل قرار دارند. اگر سطح مقطع لوله $۲cm^۲$ باشد، جرم مایع سوم چند گرم است؟ (تجربی خارج ۱۴۰۰)



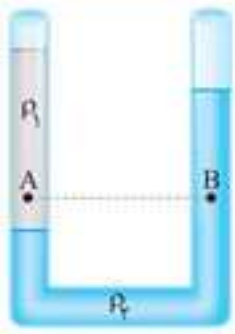
۱) ۵۶
۲) ۴۸
۳) ۴۲
۴) ۳۵

مقایسه فشار در دو مایع



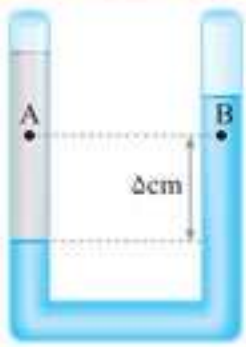
۷۹. در شکل مقابل دو مایع مخلوط‌نشدنی با چگالی‌های ρ_1 و ρ_2 در ظرف قرار دارند. اگر فشار در نقاط نشان‌داده‌شده P_A، P_B و P_C باشد. کدام رابطه درست است؟

۱) $P_C = P_A > P_B$
۲) $P_C > P_A > P_B$
۳) $P_C > P_B = P_A$
۴) $P_C > P_B > P_A$



۸۰. در شکل مقابل دو مایع در حال تعادل‌اند؛ دربارهٔ فشار نقاط A و B کدام گزینه درست است؟

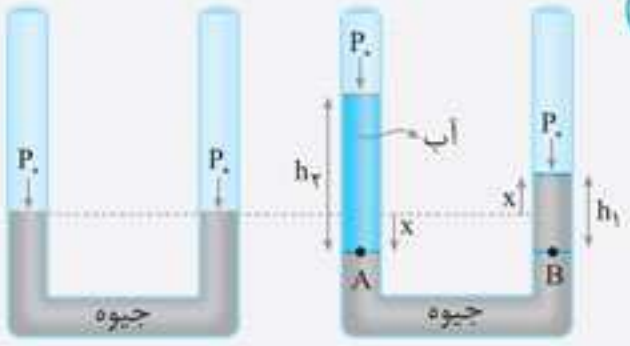
۱) $P_A = P_B$
۲) $P_A > P_B$
۳) $P_A < P_B$
۴) بسته به مقدار چگالی ρ_1 هر سه گزینهٔ «۱»، «۲» و «۳» می‌تواند درست باشد.



۸۱. در شکل مقابل دو مایع مخلوط‌نشدنی به چگالی‌های $800\frac{kg}{m^3}$ و $1000\frac{kg}{m^3}$ در یک لولهٔ U شکل قرار دارند. اگر فشار در نقطه‌های A و B به ترتیب P_A و P_B باشد، کدام رابطه در SI برقرار است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$ (تجربی خارج ۹۴)

۱) $P_A = P_B$
۲) $P_A = \frac{4}{5}P_B$
۳) $P_A = P_B - 100$
۴) $P_A = P_B + 100$

جابه‌جایی مایع در لولهٔ U شکل (سطح مقطع دوشاخهٔ برابر)



نکته الاکلنگ: در شکل الف در لوله U شکل مقداری جیوه قرار دارد که در هر دو طرف در یک ارتفاع است. اگر روی شاخهٔ سمت چپ، آب بریزیم، سنگینی وزن آب باعث می‌شود که جیوه در شاخهٔ سمت چپ به اندازهٔ x پایین رفته و دقیقاً در شاخهٔ سمت راست نیز جیوه به اندازهٔ x بالا برود. اکنون اختلاف ارتفاع جیوه در دو شاخه (شکل ب) یعنی h_1 به اندازهٔ $2x$ است $(h_1 = 2x) \Leftarrow$

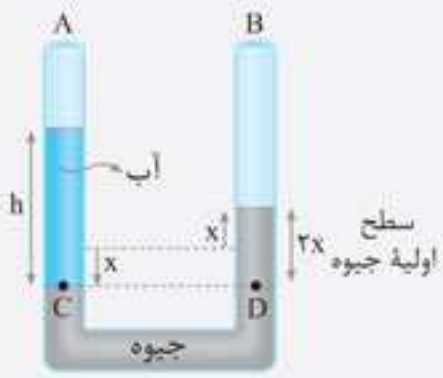
$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 + \overbrace{\rho_2 g h_2}^{\text{آب}} = P_0 + \overbrace{\rho_1 g h_1}^{\text{جیوه}} \Rightarrow \rho_2 h_2 = \rho_1 h_1$$

مثال: در شکل مقابل درون ظرف U شکل، جیوه وجود دارد. اگر در شاخهٔ A، $54cm^3$ آب بریزیم در شاخهٔ B، سطح جیوه چند سانتی‌متر جابه‌جا می‌شود؟ (مساحت مقطع لوله‌ها یکسان و برابر $2cm^2$، $\rho_{جیوه} = 13/5\frac{g}{cm^3}$ و $\rho_{آب} = 1\frac{g}{cm^3}$ است.)

۱) ۴ ۲) ۲ ۳) ۱ ۴) ۰/۵

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۳»

گام اول: چون سطح مقطع دوشاخه یکسان است، اگر در شاخهٔ A سطح جیوه به اندازهٔ x پایین رود، در شاخهٔ B نیز به اندازهٔ x بالا می‌رود و اختلاف سطح جیوه در دو شاخه برابر $2x$ می‌شود.



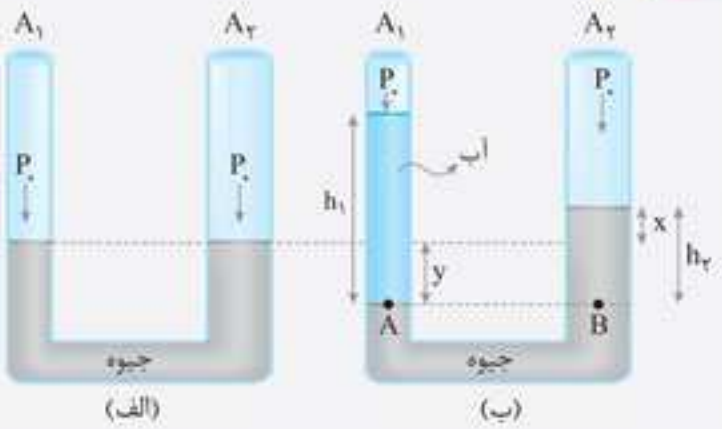
گام دوم: دو نقطهٔ C و D که در جیوه و در یک تراز افقی قرار دارند، هم‌فشارند و باید رابطهٔ فشار آن‌ها را بنویسیم و برابر یکدیگر قرار دهیم و x را حساب کنیم؛ اما قبل از آن باید h (ارتفاع آب) را حساب کنیم و با توجه به مساحت مقطع لوله و حجم آب، h را حساب می‌کنیم:

$$V_{آب} = Ah \Rightarrow 54 = 2 \times h \Rightarrow h = 27\,cm$$

$$P_C = P_D \Rightarrow \rho_{آب} g h + P_0 = \rho_{جیوه} g (2x) + P_0 \Rightarrow 1 \times 27 = 13/5 \times 2x \Rightarrow x = 1\,cm$$

تذکر: چون در شاخهٔ B سطح جیوه به اندازهٔ $x = 1cm$ بالا رفته است، پس می‌توان دریافت، فشار در کف لولهٔ U شکل به اندازهٔ $1cmHg$ زیاد شده است.

جابه‌جایی مایع در لولهٔ U شکل (سطح مقطع دوشاخهٔ نابرابر)



در شکل الف، در لولهٔ U شکل مقداری جیوه است و سطح جیوه در دو شاخه هم‌تراز هستند. اگر مانند شکل ب در شاخهٔ سمت چپ، مقداری آب اضافه کنیم، سطح جیوه در شاخهٔ چپ به اندازهٔ y پایین رفته و در شاخهٔ سمت راست به اندازهٔ x از سطح قبلی، بالا می‌رود. چون حجم جیوهٔ جابه‌جا شده در دو شاخه یکسان است. $A_۱y = A_۲x$

با نوشتن تساوی در نقاط هم‌تراز A و B در شکل ب داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_۰ + \overbrace{\rho_۱ g h_۱}^{\text{آب}} = P_۰ + \overbrace{\rho_۲ g h_۲}^{\text{جیوه}} \Rightarrow \rho_۱ h_۱ = \rho_۲ h_۲$$

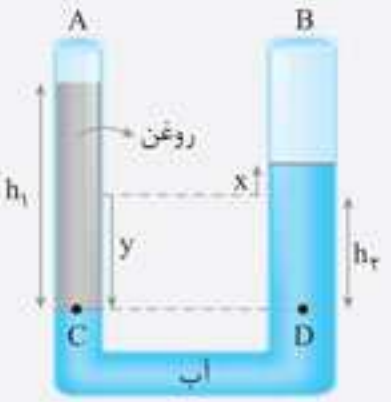
اگر نسبت $\frac{A_۲}{A_۱}$ مشخص باشد، نسبت $\frac{x}{y}$ نیز مشخص است و با توجه به شکل ب، $h_۲ = y + x$ است و می‌توان سوال را حل کرد.

مثال: در شکل مقابل قطر مقطع شاخهٔ B، دو برابر قطر مقطع شاخهٔ A است. اگر مساحت مقطع شاخهٔ A، $۲cm^۲$ باشد؛ چند گرم روغن روی آب در شاخهٔ A بریزیم تا سطح آب در شاخهٔ B، $۱cm$ بالا رود؟ $(\rho_{آب} = ۱\frac{g}{cm^۳}\ ،\ \rho_{روغن} = ۰/۸\frac{g}{cm^۳})$

۱) ۶
۲) ۸
۳) ۱۰
۴) ۱۲

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۳»

گام اول: چون قطر مقطع B، ۲ برابر قطر مقطع A است؛ بنابر رابطهٔ $A = \pi r^۲$ می‌توان نتیجه گرفت مساحت B، ۴ برابر مساحت A است. $\frac{A_B}{A_A} = (\frac{r_B}{r_A})^۲ \Rightarrow \frac{A_B}{A_A} = (\frac{۲}{۱})^۲ = ۴$



گام دوم: می‌دانیم حجم آب جابه‌جا شده در دو شاخه یکسان است و در شاخهٔ A به اندازهٔ y پایین رفته و در شاخهٔ B به اندازهٔ x بالا رفته، پس می‌توان رابطهٔ بین x و y را حساب کرد:

$$V_A = V_B \Rightarrow A_A y = A_B x \xrightarrow{A_B = ۴A_A} y = ۴x$$

و چون $h_۲ = x + y$ است، داریم: $h_۲ = x + ۴x = ۵x$

با توجه به صورت سؤال داریم: $x = ۱cm \Rightarrow h_۲ = ۵\,cm$

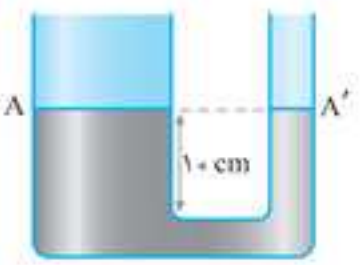
گام سوم: فشار دو نقطهٔ C و D را برابر هم قرار می‌دهیم:

$$P_C = P_D \Rightarrow \rho_{روغن} h_۱ g + P_۰ = \rho_{آب} h_۲ g + P_۰ \Rightarrow ۰/۸ \times h_۱ = ۱ \times ۵ \Rightarrow h_۱ = ۶/۲۵\,cm$$

گام چهارم: برای محاسبهٔ جرم روغن از رابطهٔ $m = \rho V$ استفاده می‌کنیم:

$$\xrightarrow{V = A_A \times h} m = ۰/۸ \times ۶/۲۵ \times ۲ \Rightarrow m = ۱۰g$$

۸۲. در دو لولهٔ استوانه‌ای مربوط به هم، تا سطح AA' آب وجود دارد و قطر قاعدهٔ یکی از استوانه‌ها ۳ برابر قطر قاعدهٔ استوانهٔ دیگر است. اگر از لولهٔ سمت چپ تا ارتفاع ۵ سانتی‌متر نفت اضافه کنیم، بعد از ایجاد تعادل، آب در لولهٔ باریک چند سانتی‌متر نسبت به حالت اول بالا می‌رود؟ (تجربی ۹۸)



$(\rho_{نفت} = ۰/۸\frac{g}{cm^۳}\ ،\ g = ۱۰\frac{N}{kg}\ ،\ \rho_{آب} = ۱\frac{g}{cm^۳})$

۱) ۱/۲
۲) ۳/۶
۳) ۴
۴) ۵

۸۳. در یک لولهٔ U شکل که مساحت قاعدهٔ لولهٔ سمت راست و چپ آن به‌ترتیب $۵cm^۲$ و $۲cm^۲$ است، مطابق شکل روبه‌رو، آب وجود دارد. در لولهٔ سمت چپ، چند گرم روغن بریزیم تا پس از ایجاد تعادل، سطح آب در لولهٔ سمت راست ۴ سانتی‌متر بالا رود؟ (ریاضی خارج ۹۶)

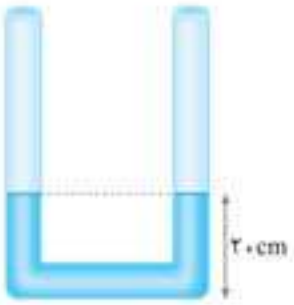
$(g = ۱۰\frac{N}{kg}\ ،\ \rho_{آب} = ۱\frac{g}{cm^۳}\ ،\ \rho_{روغن} = ۰/۸\frac{g}{cm^۳})$

۱) ۱۷/۵
۲) ۲۸
۳) ۳۵
۴) ۷۰

۸۴. در یک لولهٔ U شکل تا ارتفاع معینی جیوه وجود دارد. اگر در یکی از شاخه‌ها روی جیوه آب بریزیم تا ستون آب به ۲۱/۶ cm برسد، سطح جیوه در شاخهٔ مقابل نسبت به وضعیت اولیه چند سانتی‌متر بالا می‌رود؟ (سطح مقطع لوله یکسان و چگالی آب و جیوه به‌ترتیب $۱\frac{g}{cm^۳}$ و $۱۳/۵\frac{g}{cm^۳}$ است.) (تجربی ۹۰)

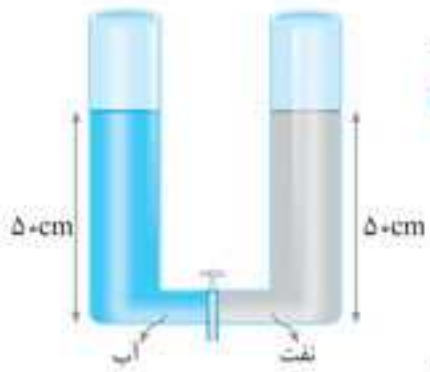
۱) ۰/۸
۲) ۱/۶
۳) ۰/۴
۴) ۳/۲

۸۵. در شکل روبه‌رو، ارتفاع آب در هر شاخهٔ لوله، برابر ۲۰cm است. درون یکی از شاخه‌ها به آرامی روغن می‌ریزیم تا طول ستون روغن به ۲۵cm برسد. در حالت تعادل، ارتفاع آب در شاخهٔ مقابل چند سانتی‌متر خواهد شد؟ (چگالی آب و روغن به‌ترتیب $۱\frac{g}{cm^۳}$ و $۰/۶\frac{g}{cm^۳}$ است.) (تجربی خارج ۹۰)



۱) ۲۵
۲) ۲۷/۵
۳) ۳۵
۴) ۳۷/۵

۸۶. در شکل روبه‌رو، قطر قاعدهٔ دو استوانه برابر است. اگر شیر ارتباط بین دو ظرف را باز کنیم سطح آب چند سانتی‌متر پایین می‌آید؟ $(\rho_{نفت}=۸۰۰\frac{kg}{m^۳}\ ،\ \rho_{آب}=۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳})$ (ریاضی ۹۵)

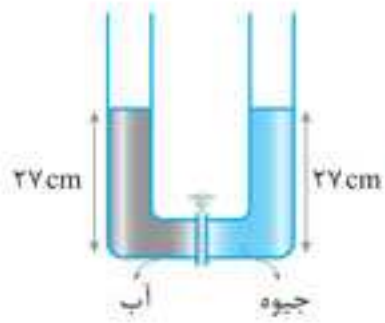


۱) ۱۰
۲) ۵
۳) ۴
۴) ۲/۵

۸۷. در شکل روبه‌رو، سطح مقطع لولهٔ $۲cm^۲$ است و در آن آب با چگالی $\rho_۱=۱\frac{g}{cm^۳}$ قرار دارد. روی آب، در یک طرف $۲۰cm^۳$ مایع مخلوط نشدنی با چگالی $\rho_۲=۰/۸\frac{g}{cm^۳}$ می‌ریزیم. در لولهٔ مقابل چند سانتی‌متر مکعب مایع مخلوط نشدنی دیگری با چگالی $\rho_۳=۰/۷۵\frac{g}{cm^۳}$ بریزیم، تا سطح آزاد مایع‌ها در دو شاخهٔ لوله در یک سطح باشد؟ (تجربی خارج ۱۴۰۱)

۱) ۸
۲) ۱۲
۳) ۱۲/۸
۴) ۱۶

۸۸. دو ظرف استوانه‌ای مشابه به‌وسیله لولهٔ بسیار باریک با حجم ناچیز به یکدیگر مربوط‌اند و مطابق شکل مقابل در یک استوانه آب و در دیگری جیوه قرار دارد. اگر شیر ارتباطی بین دو ظرف را باز کنیم، سطح جیوه در لوله چند سانتی‌متر پایین می‌آید؟ $(\rho_{جیوه}=۱۳/۵\frac{g}{cm^۳}\ ،\ \rho_{آب}=۱\frac{g}{cm^۳})$ (تجربی خارج ۹۸)



۱) ۲
۲) ۵
۳) ۱۲/۵
۴) ۲۵

آزمون مبحثی ۱

زمان پیشنهادی: ۱۳ دقیقه

۱ ۸۹. کشش سطحی مایع به دلیل ..... است.
۱) نیروی جاذبهٔ بین مولکول‌های مایع و از نوع الکتریکی،
۲) نیروی جاذبهٔ بین مولکول‌های مایع و از نوع گرانشی،
۳) نیروی جاذبهٔ بین مولکول‌های سطح مایع و از نوع الکتریکی،
۴) نیروی جاذبهٔ بین مولکول‌های سطح مایع و از نوع گرانشی،

۲ ۹۰. مولکول‌های مایع به صورت ..... کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و فاصله آن‌ها در حدود ..... است.
۱) نامنظم ـ $۱۰^{-۱}$ نانومتر ۲) نامنظم ـ یک نانومتر ۳) منظم ـ $۱۰^{-۱}$ نانومتر ۴) منظم ـ یک نانومتر

۳ ۹۱. چند لولهٔ شیشه‌ای تمیز خیلی باریک با قطرهای داخلی متفاوت را به طور عمود وارد ظرف آب می‌کنیم. سطح آب درون لوله‌ها چگونه است؟
۱) در سطوح مختلف و همه بالاتر از سطح آب ظرف
۲) در سطوح مختلف و همه پایین‌تر از سطح آب ظرف
۳) در یک سطح و بالاتر از سطح آب ظرف
۴) در تمام لوله‌ها هم‌سطح با آب ظرف

۴ ۹۲. کدام شکل آب را در لولهٔ مویین درست نشان می‌دهد؟ (تجربی ۸۳)

۱)
۲)
۳)
۴)

۵ ۹۳. جرم جسمی ۴kg و روی سطح افقی است. اگر مساحت قاعدهٔ (تکیه‌گاه) جسم $۱۰cm^۲$ باشد فشار جسم بر سطح چند کیلوپاسکال است؟ $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$
۱) ۴×۱۰^{-۳}
۲) ۴
۳) ۴۰
۴) ۴×۱۰^{۴}

۹۴. ظرفی تا ارتفاع ۵۰cm از مایعی که جرم هر سانتی‌مترمکعب آن $\frac{۱۲۰}{۹۸}$ g است، پر شده است. فشار وارد از طرف مایع بر ته ظرف چند پاسکال است؟ $(g = ۹/۸ \frac{m}{s^۲})$

۱) ۶ ۲) $\frac{۶}{۹/۸} \times ۱۰^۲$ ۳) ۶×۱۰^۳ ۴) ۶×۱۰^۲

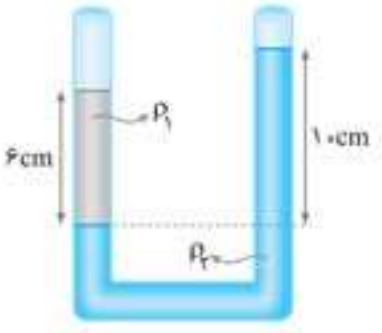
۹۵. اگر عمق آب استخری ۴ متر باشد، اختلاف فشار بین کف استخر و سطح آب چند پاسکال است؟ $(\rho_{آب} = ۱۰^۳ \frac{kg}{m^۳}, g = ۱۰ \frac{m}{s^۲})$ (ریاضی ۸۳)

۱) ۴×۱۰^۴ ۲) ۴×۱۰^۵ ۳) $۱/۴ \times ۱۰^۴$ ۴) $۱/۴ \times ۱۰^۵$

۹۶. عمق یک مایع در مخزنی ۵ متر و فشار هوا برابر ۷۵ سانتی‌متر جیوه است. فشار کلی که بر کف مخزن وارد می‌شود، چند سانتی‌متر جیوه است؟ (چگالی مایع و جیوه به‌ترتیب ۳/۴ و ۱۳/۶ گرم‌برسانتی‌مترمکعب است.)

۱) ۱۲۵ ۲) ۱۷۵ ۳) ۲۰۰ ۴) ۲۲۵

۹۷. در شکل مقابل دو مایع مخلوط‌نشدنی در لولهٔ U شکل در حال تعادل هستند. اگر $\rho_۲ = ۱۰۰۰ \frac{kg}{m^۳}$ باشد، $\rho_۱$ چند کیلوگرم‌برمترمکعب است؟ $(g = ۱۰ \frac{m}{s^۲})$ (ریاضی خارج ۸۵)



۱) ۶۰۰ ۲) ۵۰۰۰

۳) $\frac{۵۰۰۰}{۳}$ ۴) $\frac{۱۰۰۰۰}{۳}$

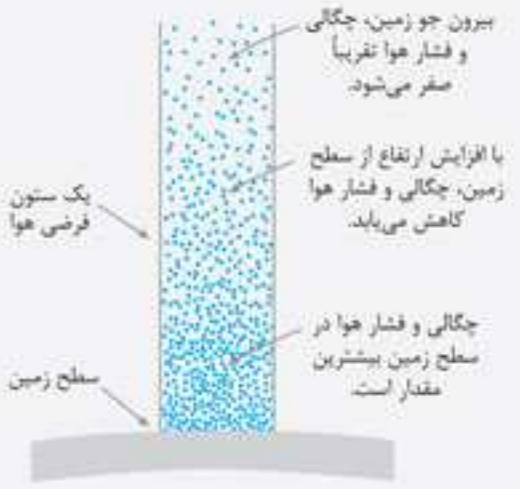
۹۸. در شکل روبه‌رو در لولهٔ U شکل آب ریخته شده و نقطهٔ M روی لوله نشانه‌گذاری شده است. اگر در قسمت سمت راست لوله، روی آب به ارتفاع ۵ سانتی‌متر نفت بریزیم، در لولهٔ مقابل سطح آب چند سانتی‌متر از نقطهٔ M بالاتر می‌رود؟ (چگالی نفت و آب به‌ترتیب ۰/۸ و ۱ گرم‌برسانتی‌مترمکعب است.) (ریاضی ۹۱)

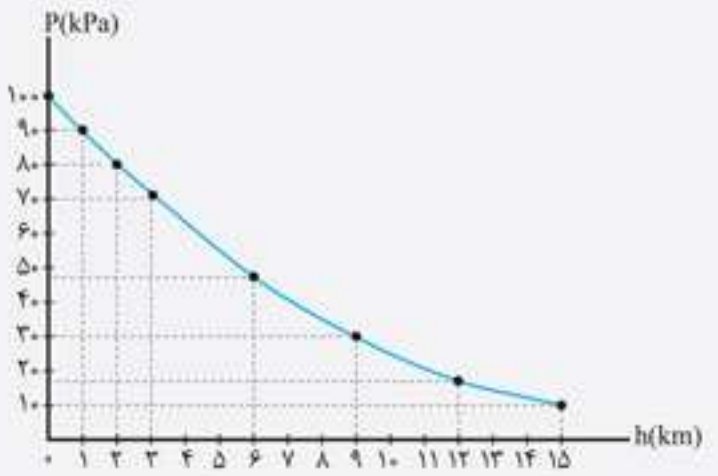
۱) ۱ ۲) ۲

۳) ۲/۵ ۴) ۴

فشار هوا ـ جوسنج (بارومتر)

ما ساکنین کرهٔ زمین در کف اقیانوسی از هوا زندگی می‌کنیم. از این رو هوا بر ما و اجسام اطراف ما فشار وارد می‌کند. نیروی گرانشی زمین بر هوای اطراف زمین نیز وارد می‌شود. سنگینی هوا سبب می‌شود که لایه‌های زیرین آن (نزدیک به سطح زمین) فشرده‌تر و چگالی هوا بیش‌تر شود. از این رو چگالی هوا ثابت نیست و با **افزایش ارتفاع** از سطح زمین، **فشار هوا کم** شده و **چگالی هوا** نیز **کاهش** می‌یابد.



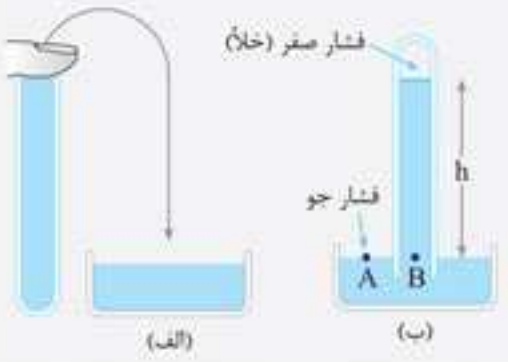


نمودار فشار هوا برحسب ارتفاع از سطح دریای آزاد به‌صورت منحنی است.

جوسنج (بارومتر)

◄ برای اندازه‌گیری فشار جو (هوا) به کار می‌رود.

مطابق شکل، اگر لوله‌ای شیشه‌ای به طول حداقل ۸۰cm را به‌طور کامل پُر از جیوه کنیم و آن را به‌صورت وارونه در مخزن جیوه قرار دهیم، جیوهٔ درون لوله کمی پایین می‌رود و در ارتفاع ثابتی (h) می‌ایستد. در این حالت فضای بالای جیوه محتوی بخار جیوه با فشار ناچیز است و برای دو نقطهٔ A و B می‌توان نوشت:



$$P_A = P_B \xrightarrow{P_A = P_۰} P_۰ = \rho g h$$

توجه کنید که چون $h_{آب}$ را برحسب سانتی‌متر در نظر گرفتیم، ارتفاع ستونی از جیوه که همان فشار را ایجاد کند نیز برحسب سانتی‌متر به‌دست می‌آید. اما چون فشار در عمق ۱۳۶cm مورد نظر است، داریم:

$$P = P_0 + P_{آب} \Rightarrow P = ۷۶(cmHg) + ۱۰(cmHg) = ۸۶cmHg$$

۶۷. ۴

منظور از فشار، همان فشار کل یعنی مجموع فشار هوا و فشار آب است. چون فشار برحسب سانتی‌مترجیوه داده شده است، می‌توان نوشت:

$$P = P_0 + P_{آب} \Rightarrow ۱۰۰(cmHg) = ۷۵(cmHg) + P_{آب} \Rightarrow P_{آب} = ۲۵cmHg$$

اکنون ارتفاعی از آب را به‌دست می‌آوریم که فشار آن برابر فشار در عمق ۲۵ سانتی‌مترجیوه باشد: $\rho_{آب} h_{آب} = \rho_{جیوه} h_{جیوه} \Rightarrow ۱ \times h_{آب} = ۱۳/۶ \times ۲۵$

$$\Rightarrow h_{آب} = ۳۴۰cm \xrightarrow{\div ۱۰۰} h_{آب} = ۳/۴m$$

۶۸. ۲

از رابطهٔ فشار مایع استفاده می‌کنیم:

$$P = \rho gh \Rightarrow \underset{Pa}{P} = ۱۳۶۰ \times \underset{cm}{h}$$

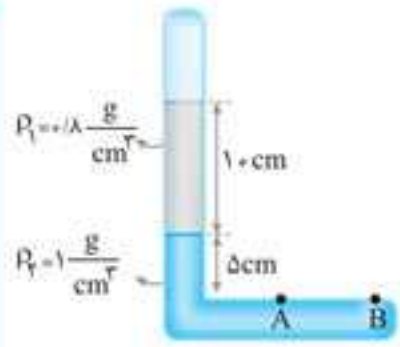
$$۶۸ \times ۱۰^۳ = ۱۳۶۰ \times h \Rightarrow h = ۵۰cm$$

طول ستون جیوه

$$\Rightarrow P = ۵۰cmHg$$

۶۹. ۴

نقاط A و B در یک مایع و در عمق یکسان قرار دارند. از این‌رو فشار آن‌ها یکسان است و چون فشار مایع مورد نظر است، می‌توان مجموع فشار دو مایع شاخهٔ سمت چپ را به‌دست آورد:



$$P_A = \rho_۱ gh_۱ + \rho_۲ gh_۲ = ۰/۸ \times ۱۰^۳ \times ۱۰ \times ۰/۱ + ۱۰۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۰۵$$

$$\Rightarrow P_A = ۱۳۰۰Pa \xrightarrow{P_A = P_B} P_B = ۱۳۰۰Pa$$

حالا فشار در نقاط A و B را برحسب سانتی‌متر جیوه حساب می‌کنیم:

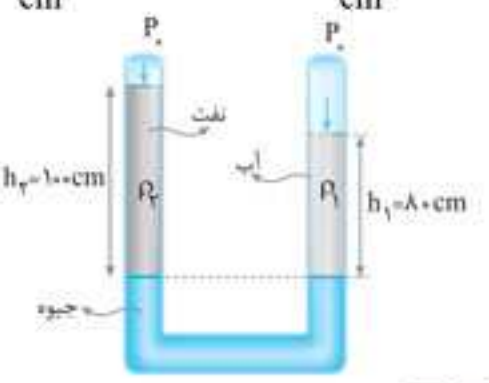
$$P_A = P_B = ۱۳۰۰ \div ۱۳۵۰ = \frac{۱۳۰۰}{۱۳۵۰} = \frac{۲۶}{۲۷} cmHg$$

۷۰. ۲

دو سطح جیوه هم‌ترازند و این دو نقطه فشار یکسان دارند و می‌توان نوشت:

$$\rho_۲ gh_۲ + P_0 = \rho_۱ gh_۱ + P_0 \xrightarrow[\text{یکاهای یکسان برای طرفین معادله}]{P_0 \text{ از طرفین حذف می‌شود}}$$

$$\rho_۲ \times ۱۰۰cm = ۱ \frac{g}{cm^۳} \times ۸۰cm \Rightarrow \rho_۲ = ۰/۸ \frac{g}{cm^۳} \times ۱۰۰۰ = ۸۰۰ \frac{kg}{m^۳}$$



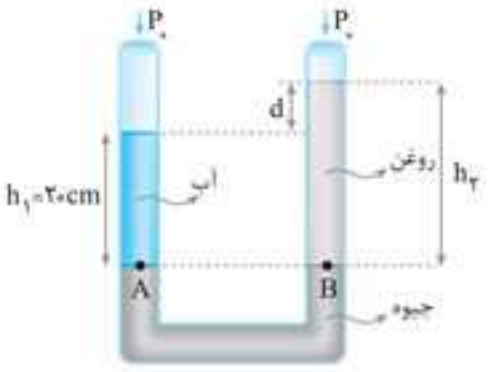
۷۱. ۳

چون فشار در دو نقطهٔ A و B یکسان است، می‌توان نتیجه گرفت که فشار ستون آب برابر فشار ستون روغن است. (یادتان باشد که فشار هوا در دو طرف یکسان است.) ابتدا مقدار $h_۲$ یعنی ارتفاع روغن را به‌دست می‌آوریم، پس داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_{آب} h_۱ = \rho_{روغن} h_۲$$

$$\xrightarrow[\text{برای کمیت‌ها}]{\text{یکای یکسان}} ۱ \frac{g}{cm^۳} \times ۲۰ = ۰/۸ \frac{g}{cm^۳} \times h_۲ \Rightarrow h_۲ = ۲۵cm$$

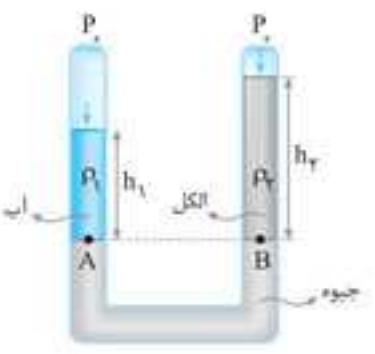
چون اختلاف سطح روغن با آب (d) مورد سؤال است اکنون با توجه به شکل می‌توان مقدار d را به‌دست آورد.



$$d = h_۲ - h_۱$$
$$= ۲۵ - ۲۰ = ۵cm$$

۷۲. ۴

مطابق شکل، ارتفاع الکل را (که در شاخهٔ B ریخته‌ایم) $h_۲$ در نظر می‌گیریم. دو سطح جیوه یعنی A و B در یک تراز افقی قرار دارند و می‌دانیم که فشار این دو سطح یکسان است و می‌توان نوشت:

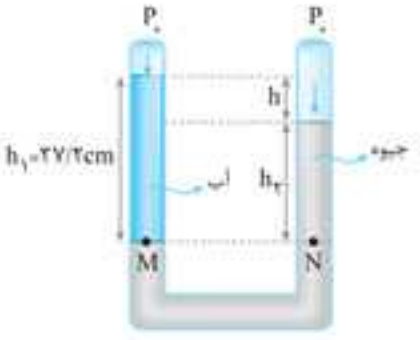


$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_۱ gh_۱ + P_0 = \rho_۲ gh_۲ + P_0$$

$$\Rightarrow ۱ \frac{g}{cm^۳} \times ۲۷/۲cm = ۰/۸ \frac{g}{cm^۳} \times h_۲ \Rightarrow h_۲ = ۳۴cm$$

۷۳. ۱

با توجه به این‌که M و N در یک مایع و هم‌تراز هستند، می‌توانید بنویسید:



$$P_M = P_N \xrightarrow{P_0 = P_0} \rho_۱ h_۱ = \rho_۲ h_۲$$

$$\Rightarrow ۱ \frac{g}{cm^۳} \times ۲۷/۲cm = ۱۳/۶ \frac{g}{cm^۳} \times h_۲$$

$$\Rightarrow h_۲ = ۲cm \Rightarrow h = ۲۷/۲ - ۲ = ۲۵/۲cm$$

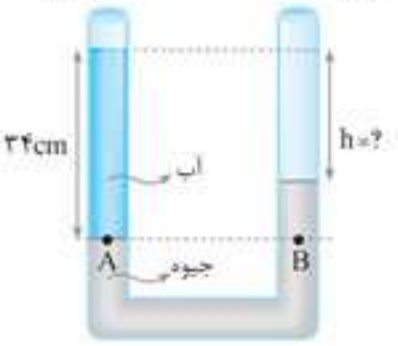
۷۴. ۱

فشار تراز افقی درون جیوه در نقاط A و B فشار یکسان است. واضح است که داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_{آب} gh_{آب} = \rho_{جیوه} gh_{جیوه} \xrightarrow{h_{جیوه} = h_{آب} - h}$$

$$۱ (\frac{g}{cm^۳}) \times ۳۴cm = ۱۳/۶ (\frac{g}{cm^۳}) \times (۳۴ - h) \Rightarrow h = ۳۱/۵cm$$

حتماً توجه کردید که یکاهای انتخاب‌شده در پاسخ این سؤال به گونه‌ای بود که در دو طرف معادله برای هر کمیت یکسان باشد و الزامی برای انتخاب یکاها در SI وجود ندارد.

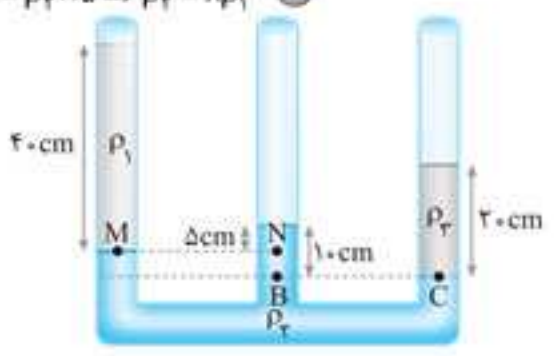


۷۵. ۲

از شکل پیداست که $P_M = P_N$ است و می‌توانیم بنویسیم:

$$P_M = P_N \rightarrow \rho_۱ gh_۱ + P_0 = \rho_۲ gh_۲ + P_0$$

$$\Rightarrow \rho_۱ \times ۴۰ = \rho_۲ \times ۵ \Rightarrow \rho_۲ = ۸\rho_۱$$



از طرف دیگر $P_B = P_C$ است و برای این دو نقطه هم داریم:

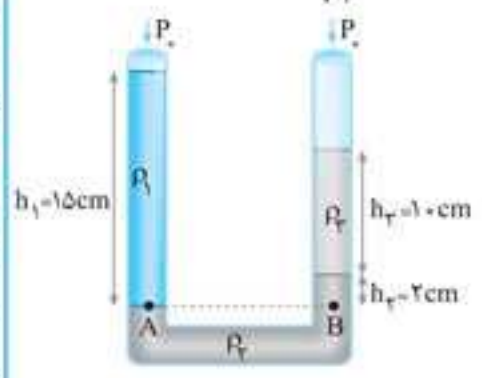
$$P_B = P_C \Rightarrow \rho_2 g h'_2 + P_0 = \rho_3 g h_3 + P_0 \xrightarrow{h'_2 = 10cm}$$

$$\rho_2 \times 10 = \rho_3 \times 20 \Rightarrow \rho_2 = 2\rho_3 \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(1),(2)} 2\rho_3 = 8\rho_1 \Rightarrow \frac{\rho_3}{\rho_1} = 4$$

۷۶. ۱ ۲ ۳ ۴

با توجه به شکل و این‌که فشار دو نقطهٔ A و B یکسان است، (زیرا این دو نقطه در یک تراز افقی و در یک مایع ساکن قرار دارند.) می‌توانیم بنویسیم:

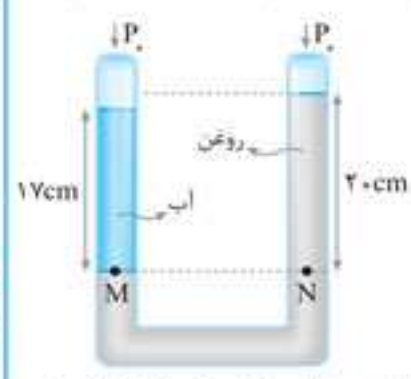


$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 g h_1 + P_0 = \rho_2 g h_2 + \rho_3 g h_3 + P_0$$

$$\Rightarrow \rho_1 \times 15\,(cm) = \rho_2 \times 2\,(cm) + \rho_3 \times 10\,(cm) \Rightarrow \rho_3 = 1/5\rho_1 - 0/2\rho_2$$

۷۷. ۱ ۲ ۳ ۴

خب با استفاده از این‌که فشار درون مایع ساکن، در دو نقطهٔ هم‌تراز، برابر است داریم:



$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_{آب} h_{آب} = \rho_{روغن} h_{روغن}$$

$$\frac{\rho_{روغن}}{\rho_{آب}} = \frac{17}{20} \Rightarrow \frac{\rho_{روغن}}{\rho_{آب}} = \frac{85}{100}$$

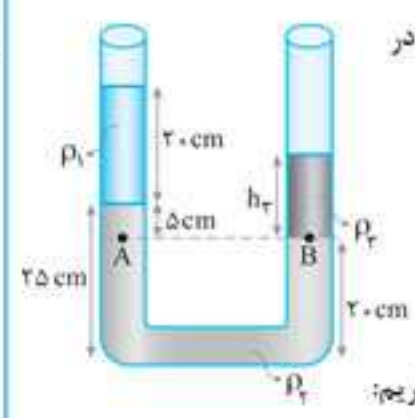
در نتیجه $\rho_{روغن}$ به اندازهٔ $15 = 85 - 100$ درصد از چگالی آب کمتر است.

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_{آب}} = \frac{85-100}{100} = -15\%$$

تذکر: معمولاً هنگامی‌که دو یا چند مایع مخلوط‌نشدنی درون ظروف U شکل قرار می‌گیرند، مایع با چگالی بیشتر در قسمت پایین‌تر و مایع با چگالی کمتر در قسمت‌های بالاتر قرار می‌گیرند. اما می‌توان در حالت‌هایی مایع‌ها را برخلاف حالت معمولی نیز درون ظرف در نظر گرفت. این سؤال نیز جزء این حالت‌های خاص است و بهتر این بود که آب در زیر و روغن روی آب قرار می‌گرفت.

۷۸. ۱ ۲ ۳ ۴

گام اول: با توجه به برابری فشار در نقاط هم‌تراز یک مایع ساکن، داریم:



$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 h_1 + \rho_2 h_2 = \rho_3 h_3$$

$$\xrightarrow{\rho_1 = 0/8\frac{g}{cm^3},\ \rho_2 = 2/4\frac{g}{cm^3}} 0/8 \times 20 + 2/4 \times 5 = \rho_3 h_3$$

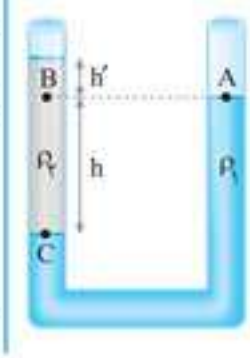
$$\rho_3 h_3 = 16 + 12 = 28\frac{g}{cm^2}$$

گام دوم: با توجه به رابطهٔ چگالی داریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m_3 = \rho_3 V_3 = \rho_3 h_3 A = 28 \times 2 \Rightarrow m_3 = 56g$$

۷۹. ۱ ۲ ۳ ۴

روش اول: نخست فشار هر نقطه را در نظر می‌گیریم و رابطهٔ آن را می‌نویسیم:



$$\left.\begin{aligned} P_C &= P_B + \rho_2 g h \\ P_B &= \rho_2 g h' + P_0 \end{aligned}\right\} \Rightarrow P_C > P_B$$

$$P_A = P_0 \Rightarrow P_B > P_A$$

اکنون با مقایسه رابطه‌های فوق می‌توان نتیجه گرفت:

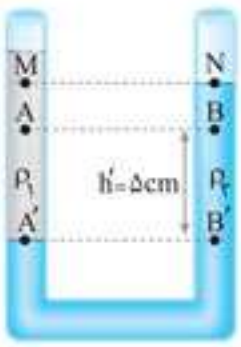
$$P_C > P_B > P_A$$

روش دوم: مایع ρ_1 سنگین‌تر است زیرا قسمت پایینی لوله را اشغال کرده است و همان طوری که در درسنامه گفته شد، از بین دو نقطه‌ای که روبه‌روی هم هستند، مثل B و A هر کدام در مایع سبکتری قرار دارد فشارش بیشتر است ($P_B > P_A$). در ضمن نقطهٔ C از نقطهٔ B پایین‌تر است یعنی به‌دلیل ارتفاع h (ستونی از مایع) که روی C قرار دارد $P_C > P_B$.

۸۰. ۱ ۳ ۴

چون نقطهٔ A در مایع سبک‌تری است پس فشار بیشتری دارد. $P_A > P_B$

۸۱. ۱ ۳ ۴



روش اول: ρ_1 بزرگ‌تر است یا ρ_2 ؟ درست است، $\rho_1 > \rho_2$ است.

آیا $P_A = P_B$ است؟ خیر، چون A و B در یک مایع قرار ندارند پس این تساوی برقرار نیست. اما در شکل روبه‌رو $P_{A'} = P_{B'}$ است و برای هر کدام از نقاط A' و B' می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} P_{A'} = P_A + \rho_1 g h' \\ P_{B'} = P_B + \rho_2 g h' \end{cases} \xrightarrow[\rho_1 = 800\,(\frac{kg}{m^3}),\ \rho_2 = 1000\,(\frac{kg}{m^3})]{P_{A'} = P_{B'}}$$

$$P_A + 800 \times 10 \times 0/05 = P_B + 1000 \times 10 \times 0/05 \Rightarrow P_A = P_B + 100$$

روش دوم: چون نقطهٔ A در مایع سبک‌تری قرار دارد فشارش بیشتر است و تنها گزینه‌ای که به این موضوع اشاره دارد **گزینهٔ ۴** است.

۸۲. ۱ ۲ ۳ ۴

حجم آب جابه‌جا شده در دو طرف یکسان است. اگر A_1 و A_2 به‌ترتیب مساحت قاعدهٔ شاخه سمت چپ و شاخهٔ سمت راست باشد، می‌نویسیم:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow A_1 x_1 = A_2 x_2 \Rightarrow \frac{\pi d_1^2}{4} x_1 = \frac{\pi d_2^2}{4} x_2$$

$$\xrightarrow{d_1 = 3d_2} (3d_2)^2 x_1 = d_2^2 (x_2) \Rightarrow x_2 = 9x_1$$

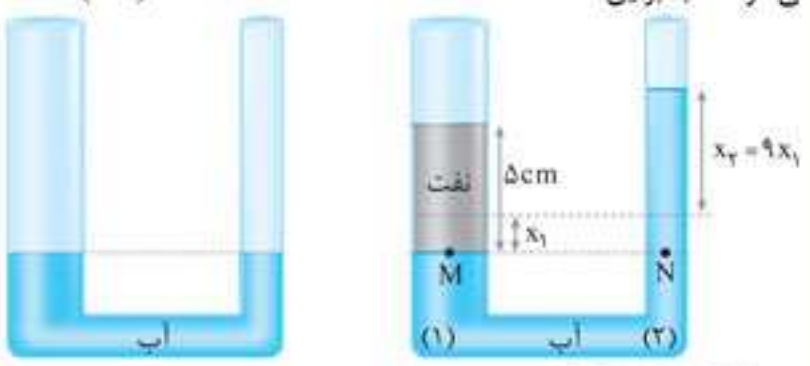
پس از نقطه N تا سطح مایع یعنی ارتفاع ستون آب در شاخه سمت راست $10x_1$ است (مطابق شکل)

$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_{نفت} h_{نفت} = \rho_{آب} h_{آب} \Rightarrow 0/8 \times (5) = 1 \times (10x_1)$$

$$\Rightarrow x_1 = 0/4cm$$

اما دقت کنید که طراح تست، بالا رفتن آب نسبت به حالت اول را می‌خواهد. بنابراین:

$$9x = 9(0/4) = 3/6cm$$



۸۳. ۱ ۳ ۴

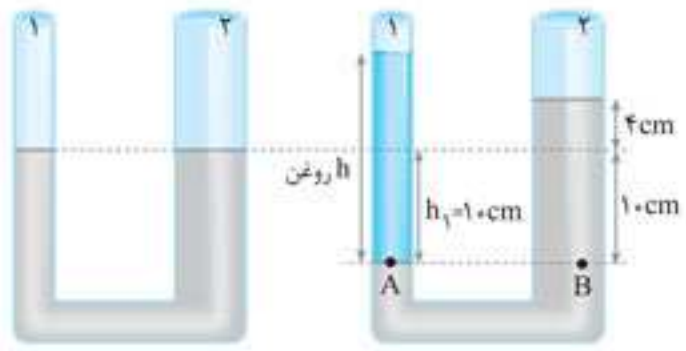
حجم مایع جابه‌جا شده (آب) در هر دو شاخه برابر است ($V_1 = V_2$) اگر A_1 و A_2 به‌ترتیب مساحت قاعدهٔ شاخهٔ سمت چپ و شاخهٔ سمت راست باشد، می‌توان نوشت:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow \underbrace{A_1 h_1}_{\text{شاخهٔ سمت چپ}} = \underbrace{A_2 h_2}_{\text{شاخهٔ سمت راست}} \Rightarrow 2h_1 = 5 \times 4$$

$$\Rightarrow h_1 = 10cm$$

یعنی آب در شاخهٔ سمت چپ ۱۰cm پایین رفته است.

مهروماه



پس اختلاف آب در دو شاخه برابر $14cm = 4 + 10$ است و چون $P_A = P_B$ است، داریم:

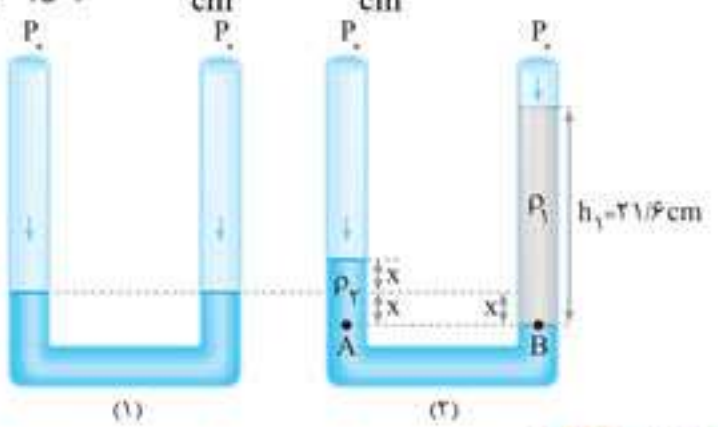
$$\rho_{روغن} h_{روغن} = \rho_{آب} h_{آب} \Rightarrow 0/8 \times h_{روغن} = 1 \times 14 \Rightarrow h_{روغن} = 17/5 cm$$

و جرم این مقدار روغن برابر است با: $m = \rho V = 0/8 \times 17/5 \times 2 = 28g$

۸۴. ۱ ۲ ۳ ۴

مطابق شکل (۲)، در شاخه سمت راست به اندازهٔ $h_1 = 21/6 cm$ آب ریخته‌ایم و جیوه در این شاخه به اندازهٔ x پایین می‌رود از این‌رو در شاخهٔ سمت چپ نیز جیوه به اندازهٔ x بالا می‌رود. پس اختلاف ارتفاع جیوه در دو شاخه برابر ۲x می‌شود. با توجه به هم‌ترازی دو نقطهٔ A و B که در یک مایع (جیوه) هستند، می‌توان نوشت:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_2 g(2x) + P_0 = \rho_1 g h_1 + P_0$$
$$\rho_2 (2x) = \rho_1 h_1$$
$$\xrightarrow[\text{یکای یکسان}]{\rho_1 = 10\rho_2} 13/5 \frac{g}{cm^3} \times 2x = 1 \frac{g}{cm^3} \times 21/6 cm \Rightarrow x = 0/8 cm$$



۸۵. ۱ ۲ ۳ ۴

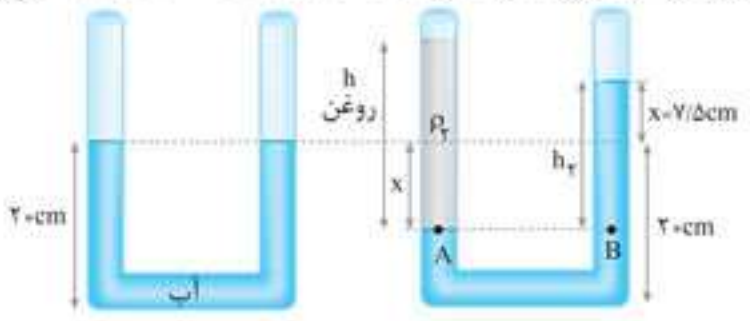
فشار ۲۵ سانتی‌متر روغن را در نظر می‌گیریم و ارتفاع h از آب که برابر فشار روغن باشد را حساب می‌کنیم:

$$P_{روغن} = P_{آب} \Rightarrow \rho_{روغن} g h_1 = \rho_{آب} g h_2 \Rightarrow 0/6 \times 25 = 1 \times h_2 \Rightarrow h_2 = 15 cm$$

چون اختلاف ارتفاع آب ۱۵cm است پس در شاخه $7/5 cm$ بالاتر رفته است.

در واقع h_2 شامل ۲x است: $h_2 = 2x \Rightarrow 15 = 2x \Rightarrow x = 7/5 cm$

چون ارتفاع آب در لوله مورد نظر است: $h_{کل\,آب} = 7/5 + 20 = 27/5 cm$

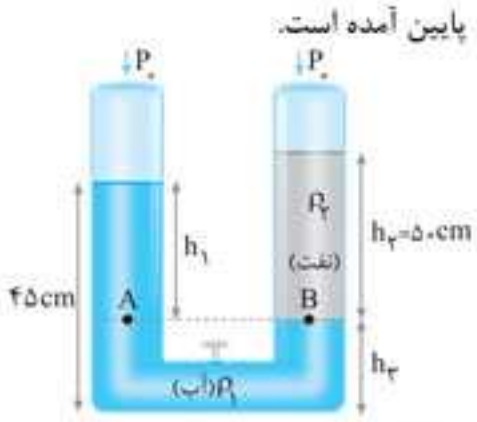


۸۶. ۱ ۲ ۳ ۴

اگر مقدار آب و نفت موجود در لولهٔ افقی را ناچیز در نظر بگیریم، مطابق شکل پس از باز شدن شیر مقداری آب پایین می‌رود و سطح نفت بالاتر می‌رود و فشار در دو نقطهٔ A و B یکسان می‌شود و داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 g h_1 + P_0 = \rho_2 g h_2 + P_0$$
$$\Rightarrow 1000 \times h_1 = 800 \times 50 (cm) \Rightarrow h_1 = 40 cm$$

اگر شاخهٔ سمت چپ در شکل پاسخ را با شاخهٔ سمت چپ در شکل سؤال مقایسه کنیم می‌بینیم که ارتفاع آب قبلاً ۵۰cm بوده و الان ۴۵cm است. یعنی آب ۵cm پایین آمده است.



۸۷. ۱ ۲ ۳ ۴

گام اول: ارتفاع ستون مایع ρ_2 را محاسبه می‌کنیم:

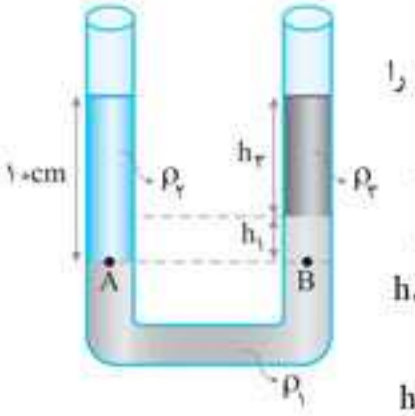
$$V = Ah_2 \Rightarrow 20 = 2 \times h_2$$
$$\Rightarrow h_2 = 10 cm$$

گام دوم: با توجه به شکل، مقدار h_1 را برحسب h_2 محاسبه می‌کنیم:

$$h_1 + h_2 = 10 \Rightarrow h_1 = 10 - h_2$$

گام سوم: با در نظر گرفتن نقاط هم‌فشار داریم:

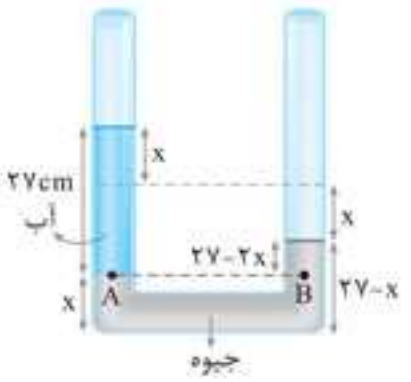
$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_2 h_2 = \rho_1 h_1 + \rho_2 h_2 \Rightarrow 0/8 \times 10 = 1 \times (10 - h_2) + 0/75 h_2$$
$$\Rightarrow 0/25 h_2 = 2 \Rightarrow h_2 = 8 cm$$
$$V_2 = Ah_2 \Rightarrow V_2 = 2 \times 8 = 16 cm^3$$



۸۸. ۱ ۲ ۳ ۴

با استفاده از قانون هم‌فشاری نقاط هم‌تراز، در دو نقطهٔ A و B داریم:

$$P_A = P_B$$
$$\Rightarrow \rho_{آب} g h_{آب} = \rho_{جیوه} g h_{جیوه}$$
$$\Rightarrow 1 \times 27 = 13/5 (27 - 2x)$$
$$\Rightarrow x = 12/5 cm$$



آزمون مبحثی ۱

۸۹. ۱ ۲ ۳ ۴

نیروی جاذبه‌ای که بین مولکول‌های سطح مایع پدید می‌آید، سبب می‌شود سطح مایع مانند یک پوسته کشسان عمل می‌کند و در برابر نیروی وزن برخی اجسام مانند سوزن فولادی مقاومت می‌کند و آن‌ها روی سطح مایع به حالت پایدار قرار می‌گیرند. نیروی بین مولکولی از نوع الکتریکی است.

۹۰. ۱ ۲ ۳ ۴

مولکول‌های مایع به دلیل جابه‌جایی مایع به‌صورت نامنظم قرار می‌گیرند و فاصلهٔ متوسط آنها در حدود یک آنگستروم یعنی 10^{-1} نانومتر است.

۹۱. ۱ ۲ ۳ ۴

می‌دانیم که هر قدر قطر داخلی لوله مویین کمتر باشد سطح آب درون لوله بالاتر قرار می‌گیرد.

۹۲. ۱ ۲ ۳ ۴

مطابق آنچه در درسنامه مطرح شد، نیروی دگرچسبی آب با جدارهٔ لوله بیشتر از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب است و سطح آب درون لوله به‌صورت فرورفته و بالاتر از سطح آب ظرف قرار می‌گیرد.

۹۳. ۱ ۲ ۳ ۴

با توجه به رابطهٔ فشار جسم جامد بر سطح یعنی $P=\frac{F_N}{A}$ و این‌که نیروی عمودی سطح یعنی F_N که بر این جسم اثر می‌کند برابر mg است، فشار جسم بر سطح را حساب می‌کنیم:

$$P=\frac{F_N}{A}\Rightarrow P=\frac{۴\times۱۰}{۱۰\times۱۰^{-۴}}=۴\times۱۰^۴\,Pa\Rightarrow P=۴\times۱۰^۴\times۱۰^{-۳}=۴۰\,kPa$$

۹۴. ۱ ۲ ۳ ۴

چون فشار مایع مورد نظر است باید از رابطهٔ $P=\rho gh$ استفاده کنیم:

$$\rho=\frac{۱۲۰}{۹۸}\times۱۰۰۰=\frac{۱۲۰۰۰۰}{۹۸}\frac{kg}{m^۳}$$

$$h=\frac{۵۰}{۱۰۰}=۰/۵\,m$$

$$P=\rho gh\Rightarrow P=\frac{۱۲۰۰۰۰}{۹۸}\times۹/۸\times\frac{۵}{۱۰}\Rightarrow P=۶۰۰۰\,Pa$$

۹۵. ۱ ۲ ۳ ۴

از رابطه اختلاف فشار دو نقطه درون مایع یعنی $\Delta P=\rho g\Delta h$ استفاده می‌کنیم:

$$\Delta h=۴\,m$$

$$\Delta P=۱۰^۳\times۱۰\times۴=۴\times۱۰^۴\,Pa$$

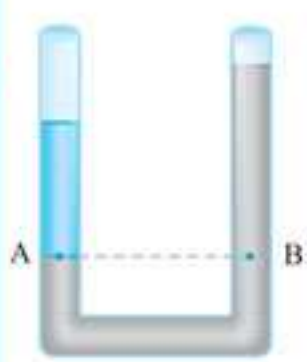
۹۶. ۱ ۲ ۳ ۴

می‌دانیم فشار کل وارد بر کف ظرف از رابطه $P=\rho gh+P_۰$ به‌دست می‌آید. چون فشار را برحسب cmHg باید حساب کنیم و فشار هوا نیز برحسب cmHg $(P_۰=۷۵\,cmHg)$ داده شده است، ابتدا مقدار ρgh را برحسب cmHg به‌دست می‌آوریم:

$$P=\rho gh\Rightarrow P=۳۴۰۰(۱۰)(۵)=۱۷۰۰۰۰\,Pa$$

$$\Rightarrow ۱۷۰۰۰۰\div۱۳۶۰=۱۲۵\,cmHg\Rightarrow P=۱۲۵+۷۵=۲۰۰\,cmHg$$

۹۷. ۱ ۲ ۳ ۴



درون مایع $\rho_۲$ دو نقطهٔ A و B هم‌تراز هستند. پس فشار دو نقطه یکسان است.

$$P_A=P_B\Rightarrow\rho_۱gh_۱+P_۰=\rho_۲gh_۲+P_۰$$

$$\Rightarrow\rho_۱\times۶=۱۰۰۰\times۱۰$$

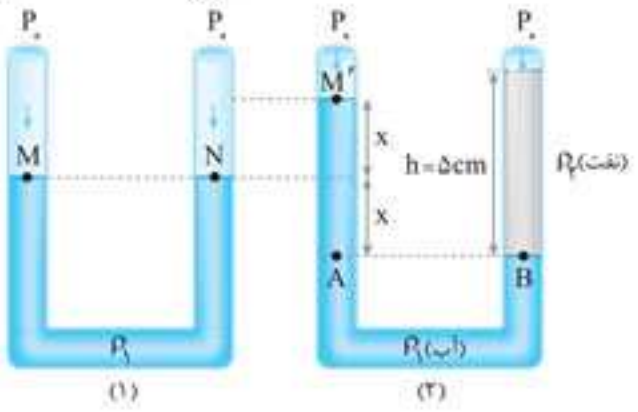
$$\Rightarrow\rho_۱=\frac{۱۰۰۰۰}{۶}=\frac{۵۰۰۰}{۳}\frac{kg}{m^۳}$$

۹۸. ۱ ۲ ۳ ۴

اول از هر چیزی یادآوری کنیم که هر مقدار (x) که سطح آب در لوله سمت راست پایین رود، همان مقدار (x) هم سطح آب در لوله سمت چپ بالا می‌رود. چرا؟ زیرا لوله را یکنواخت در نظر می‌گیریم یعنی ضخامت آن در همهٔ نقاط یکسان است. از این‌رو مطابق شکل (۲) اختلاف سطح آب در دو شاخه برابر ۲x می‌شود. اکنون، با توجه به این‌که می‌دانیم فشار دو نقطهٔ A و B (که هم‌ترازند و در یک مایع (آب) قرار دارند) برابر است، می‌توان نوشت:

$$P_A=P_B\Rightarrow\rho_۱g(۲x)+P_۰=\rho_۲gh+P_۰\Rightarrow\rho_۱(۲x)=\rho_۲h$$

$$\Rightarrow۱\frac{g}{cm^۳}\times۲x=۰/۸\frac{g}{cm^۳}\times۵cm\Rightarrow x=۲cm$$



۹۹. ۱ ۲ ۳ ۴

بنابر متن کتاب درسی، حرکت و برخورد مولکول‌های شاره، فشار را ایجاد می‌کند و نیرو بر اجسام وارد می‌گردد. ما در کف اقیانوسی از هوا زندگی می‌کنیم و با افزایش ارتفاع، چگالی و فشار هوا کم می‌شود و اگر درسنامه را خوانده باشید به یاد می‌آورید که $۱\,bar=۱/۰\times۱۰^۵\,Pa$ است و نیروی ناشی از فشار هوا در همهٔ جهت‌ها بر اجسام از جمله بدن ما به‌صورت عمودی بر سطح وارد می‌شود نه در راستای قائم.

۱۰۰. ۱ ۲ ۳ ۴

این را می‌دانیم که فشار مایع به شکل ظرف و قطر داخلی ظرف از جمله لولهٔ جوسنج بستگی ندارد. پس عبارت **الف** نادرست است. عبارت **پ** هم که می‌دانیم نادرست است و از درس‌نامه یادمان هست که ارتفاع جیوهٔ درون جوسنج بیانگر و متناسب با فشار هواست. (درستی عبارت **ب**) با توجه به این‌که چگالی جیوه بسیار بیشتر از چگالی آب است، ارتفاع بسیار بیشتری از آب لازم است تا با فشار ستونی از جیوهٔ درون جوسنج، برابری کند و نسبت ارتفاع آب به ارتفاع جیوه برابر است با:

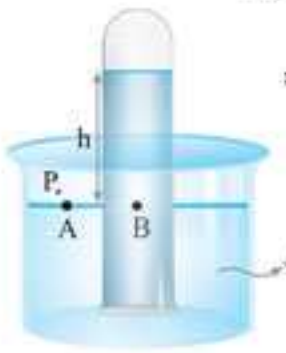
$$\left.\begin{aligned}P_{جو}&=\rho_{جیوه}gh_{جیوه}\\P_{جو}&=\rho_{آب}gh_{آب}\end{aligned}\right\}\Rightarrow\rho_{جیوه}h_{جیوه}=\rho_{آب}h_{آب}$$

$$\Rightarrow\frac{\rho_{جیوه}}{\rho_{آب}}=\frac{h_{آب}}{h_{جیوه}}\Rightarrow\frac{h_{آب}}{h_{جیوه}}=۱۳/۵$$

۱۰۱. ۱ ۲ ۳ ۴

نیروی گرانشی زمین بر هوا سبب می‌شود که لایه‌های زیرین هوا متراکم‌تر و چگالی بیشتری داشته باشند و لایه‌های بالایی چگالی کمتر. از این‌رو چگالی هوا ثابت نیست و فشار فقط تابعی از ارتفاع (h) نیست. در واقع منحنی **گزینهٔ ۴** نشان می‌دهد که هر چه از سطح زمین بالاتر برویم (h زیاد شود)، فشار هوا (P) کم می‌شود یعنی P و h رابطهٔ عکس دارند. دقت کنید که اگر چگالی هوا ثابت بود، **گزینهٔ ۳** پاسخ درست بود.

۱۰۲. ۱ ۲ ۳ ۴



با توجه به درس‌نامهٔ این قسمت، می‌توان نوشت:

$$P_A=P_B\xrightarrow[P_B=\rho gh]{P_A=P_۰}P_۰=\rho_{جیوه}gh_{جیوه}$$

$$\xrightarrow{h_{جیوه}=۷۰cm}P_۰=۱۳/۶\times۱۰^۳$$

$$\times۱۰\times۷۰\times۱۰^{-۲}\Rightarrow P_۰=۹۵۲۰۰\,Pa$$

۱۰۳. ۱ ۲ ۳ ۴

$$P_A=P_B\Rightarrow P_۰=P_{تهلوله}+\rho gh$$

$$\Rightarrow۷۶\times۱۳۶۰=۱۳۶۰۰+۱۳۶۰۰\times۱۰h$$

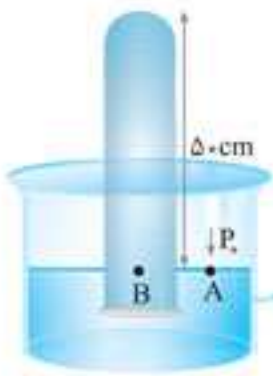
$$\Rightarrow۸۹۷۶۰=۱۳۶۰۰۰h$$

$$\Rightarrow h=۰/۶۶m=۶۶cm$$

حداکثر ارتفاع جیوه درون لوله قبل از شکستن لوله ۶۶ سانتی‌متر است، پس باید ارتفاع جیوه را ۴cm کاهش داد:

$$۷۰-۶۶=۴cm$$

۱۰۴. ۱ ۲ ۳ ۴



$$P_B=P_A\Rightarrow P_{تهلوله}+\rho gh=P_۰$$

$$\Rightarrow P_{تهلوله}+۱۳۵۰۰(۱۰)(۰/۵)=۷۰\times۱۳۵۰$$

$$\Rightarrow P_{تهلوله}=۲۷۰۰۰\,Pa$$

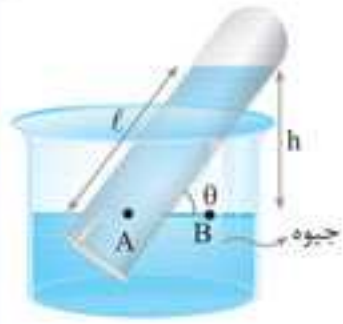
$$F_{تهلوله}=P_{تهلوله}\times A\xrightarrow[مساحت\ تهلوله]{A=۴\times۱۰^{-۴}m^۲}$$

$$F_{تهلوله}=۲۷۰۰۰\times۴\times۱۰^{-۴}$$

$$\Rightarrow F_{تهلوله}=۱۰/۸N$$

۱۰۵. ۱ ۲ ۳ ۴

تذکر: این را می‌دانیم که فشار مایع درون ظرف به ارتفاع مایع در راستای قائم بستگی دارد. از این‌رو در جوسنجی مانند شکل زیر فشار هوا از روش زیر به‌دست می‌آید:



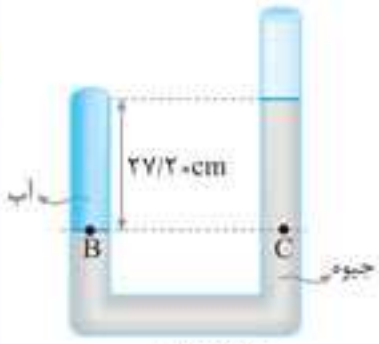
$$\sin\theta=\frac{h}{\ell}\Rightarrow\sin۵۳^\circ=\frac{h}{۹۰}$$
$$h=۹۰(۰/۸)=۷۲cm\Rightarrow۰/۷۲m$$
$$P_A=P_B\Rightarrow\rho gh=P_0$$
$$\Rightarrow ۱۳۵۰۰(۱۰)(۰/۷۲)=P_0$$
$$\Rightarrow P_0=۹۷۲۰۰Pa$$

۱۰۶. ۱ ۲ ۳ ۴

فشار B و C با هم برابر است. می‌توانیم بنویسیم:

$$P_B=P_C\Rightarrow P_{\text{لوله ته}}+P_{\text{آب}}=P_{\text{جیوه}}+P_0 \quad (*)$$

قبل از ادامهٔ پاسخ، چون فشار هوا بر حسب cmHg داده شده و فشار ته لوله را هم برحسب cmHg باید به‌دست آوریم، پس بهتر است فشار آب را نیز برحسب cmHg بنویسیم، یعنی این‌که:



$$\rho_{(\text{آب})}h_{(\text{آب})}=\rho_{(\text{جیوه})}h_{(\text{جیوه})}$$
$$\Rightarrow h_{(\text{جیوه})}=\frac{۱\times۲۷/۲۰}{۱۳/۶}=۲cmHg\Rightarrow P_{\text{آب}}=۲cmHg$$

و با جای‌گذاری در رابطهٔ (*) می‌توانید بنویسید:

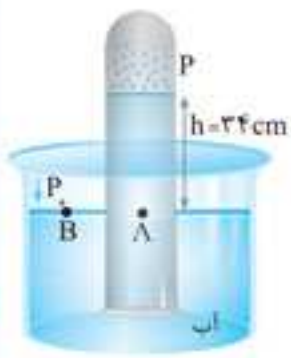
$$P_{(\text{ته لوله})}+۲(cmHg)=۲۷/۲(cmHg)+۷۰(cmHg)$$
$$\Rightarrow P_{(\text{ته لوله})}=۹۵/۲(cmHg)$$

۱۰۷. ۱ ۲ ۳ ۴

این‌که می‌گوید فشار گاز منظورش فشار مطلق گاز است. با توجه به این‌که فشار دو نقطهٔ A و B یکسان است، داریم:

$$P_A=P_B\Rightarrow P+\rho gh=P_0 \quad (*)$$

اما این‌جا بهتر است فشار ۳۴cm آب را برحسب cmHg به‌دست آوریم و یادتان هست که چه‌کار باید کرد؟



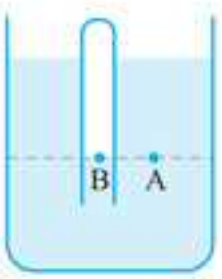
$$\rho_{\text{آب}}h_{\text{آب}}=\rho_{\text{جیوه}}h_{\text{جیوه}}\Rightarrow h_{\text{جیوه}}=\frac{۱\times۳۴}{۱۳/۶}=۲/۵cmHg$$

و حالا می‌رویم سراغ رابطهٔ (*)

$$\xrightarrow{P=۷۲cmHg} ۷۲+۲/۵=P_0\Rightarrow P_0=۷۴/۵cmHg \quad (*)$$

۱۰۸. ۱ ۲ ۳ ۴

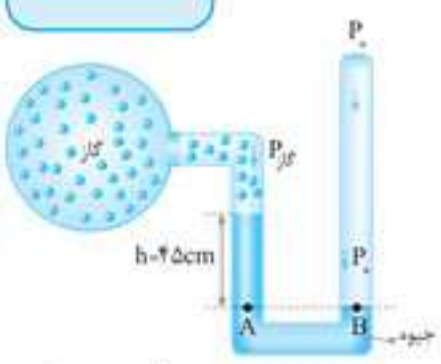
چون دو نقطهٔ A و B هم‌تراز و هم فشارند، می‌توان نوشت:



$$P_B=P_A$$
$$\Rightarrow P=P_0+\rho gh=۱۰^۵+۲۰۰۰\times۱۰\times۰/۲۵$$
$$P=۱۰۵۰۰۰Pa=۱۰۵kPa$$

۱۰۹. ۱ ۲ ۳ ۴

بسیار خب، منظور از فشار گاز همان فشار مطلق گاز است و با توجه به دو نقطهٔ A و B می‌توان نوشت:



$$P_A=P_B\Rightarrow P_{\text{گاز}}+\rho gh=P_0$$
$$\Rightarrow P_{\text{گاز}}=P_0-\rho gh$$
$$\Rightarrow P_{\text{گاز}}=۱۰^۵-۱۳۶۰۰\times۱۰\times۰/۴۵\Rightarrow P_{\text{گاز}}=۳۸۸۰۰Pa$$

۱۱۰. ۱ ۲ ۳ ۴

منظور از فشار گاز همان فشار مطلق گاز است و دیگر می‌دانید که برای یافتن پاسخ درست چه کار کنید:

$$P_{\text{مخزن}}+\rho gh=P_0\Rightarrow ۹۵۲۰۰+۱۳۶۰۰\times۱۰\times۰/۰۵=P_0\Rightarrow P_0=۱۰۲۰۰۰Pa$$

و برای تبدیل یکای پاسکال به سانتی‌مترجیوه، می‌توان نوشت:

$$\rho_{\text{جیوه}}=۱۳۶۰۰\frac{kg}{m^۳}\Rightarrow h=\frac{۱۰۲۰۰۰}{۱۳۶۰۰}=۷۵cmHg$$

۱۱۱. ۱ ۲ ۳ ۴

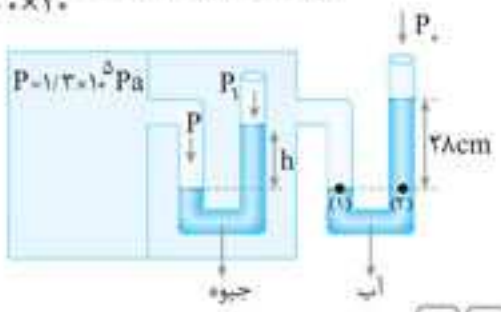
گام اول: فشار مخزنی که جیوه در آن قرار دارد را به‌دست می‌آوریم. برای این کار از برابری فشار، در دو نقطه هم‌تراز در ظرف محتوی آب استفاده می‌کنیم:

$$P_۱=P_۲\Rightarrow P_۱=\rho gh_{\text{آب}}+P_0=۱۰۰۰\times۱۰\times\frac{۲۸}{۱۰۰}+۱۰^۵=۱۰۲۸۰۰Pa$$

نکتهٔ این‌گونه تست‌ها در این است که گاز (یا هوایی) که روی شاخهٔ سمت چپ لولهٔ U شکل حاوی آب وجود دارد، فشار $P_۱$ دارد و همین فشار را روی شاخهٔ سمت راست (لوله حاوی جیوه) اعمال می‌کند. چون این گاز در یک فضای بسته تحت فشار است و این فشار را به همهٔ نقاط منتقل می‌کند.

گام دوم: از تعادل و برابری فشار در دو نقطهٔ هم‌تراز در ظرف محتوی جیوه استفاده می‌کنیم:

$$P_۱+\rho gh_{\text{جیوه}}=P\Rightarrow ۱۰۲۸۰۰+۱۳۶۰۰\times۱۰\times h=۱/۳\times۱۰^۵$$
$$\Rightarrow h=\frac{۲۷۲۰۰}{۱۳۶۰۰\times۱۰}=۰/۲m\Rightarrow h=۲۰cm$$



۱۱۲. ۱ ۲ ۳ ۴

با استفاده از اصل هم‌فشاری نقاط هم‌تراز برای گاز درون هر دو مخزن، داریم:

$$(P_{\text{گاز}})_A=P_0+۴۵=۷۵+۴۵\Rightarrow(P_{\text{گاز}})_A=۱۲۰cmHg$$
$$(P_{\text{گاز}})_B+۳۵=P_0\Rightarrow(P_{\text{گاز}})_B=۷۵-۳۵=۴۰cmHg$$
$$\Rightarrow\frac{(P_{\text{گاز}})_A}{(P_{\text{گاز}})_B}=\frac{۱۲۰}{۴۰}=۳$$

۱۱۳. ۱ ۲ ۳ ۴

فشار پیمانه‌ای برابر با اختلاف فشار مطلق گاز با فشار هواست و جوسنج فشار مطلق هوای محیط را نشان می‌دهد. در اعماق بیشتر آب دریاچه، فشار پیمانه‌ای آب که برابر اختلاف فشار آب با هوا یعنی ρgh است، افزایش می‌یابد.

۱۱۴. ۱ ۲ ۳ ۴

در عمق‌های یکسان از یک مایع ساکن، فشار مایع یکسان است؛ هم‌چنین فشار مایع در هر نقطه، در همهٔ جهت‌ها نیز یکسان است.

۱۱۵. ۱ ۲ ۳ ۴

از درسنامه می‌دانیم با فشارسنج، فشار پیمانه‌ای لاستیک اندازه‌گیری می‌شود. اما این‌که این فشار یعنی ۲۲۰kPa برحسب cmHg چقدر است را به‌دست می‌آوریم:

$$P=\rho gh\Rightarrow۲۲۰\times۱۰^۳=۱۳۶۰۰\times۱۰\times h\Rightarrow h\simeq۱/۶۲mHg$$
$$\Rightarrow h\simeq۱۶۲cmHg$$

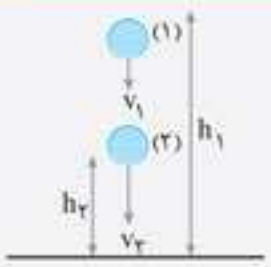
راه میانبری هم داشتیم یادتان هست؟ اگر $\rho_{\text{جیوه}}=۱۳۶۰۰\frac{kg}{m^۳}$ یا $۱۳/۶\frac{g}{cm^۳}$ باشد، داریم:

$$h=\frac{P}{۱۳۶۰}=\frac{۲۲۰۰۰۰}{۱۳۶۰}\simeq۱۶۲cmHg$$

البته اگر به گزینه‌ها نگاهی بیندازید، بدون محاسبه می‌توان دریافت فقط **گزینهٔ ۳** می‌تواند درست باشد.

نکته

فرض کنید در شرایط خلأ و مطابق شکل جسم از نقطهٔ (۱) به سمت پایین رها شده و وقتی به نقطهٔ (۲) می‌رسد، ارتفاع آن از سطح زمین ($h_۲$) است. اگر بین این دو نقطه رابطهٔ پایستگی انرژی مکانیکی را بنویسیم، خواهیم داشت:



$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow K_۱ + U_۱ = K_۲ + U_۲$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ + mgh_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ + mgh_۲ \xrightarrow[\div m]{\times(۲)} v_۱^۲ + ۲gh_۱ = v_۲^۲ + ۲gh_۲$$

$$\Rightarrow v_۲^۲ = v_۱^۲ + ۲g\Delta h$$

رابطهٔ به‌دست آمده را (با توجه به شکل بالا) می‌توان به‌صورت زیر نیز مورد استفاده قرار داد:

$$v^۲_{\text{بالا}} = v^۲_{\text{پایین}} + ۲g\Delta h$$

تذکر:

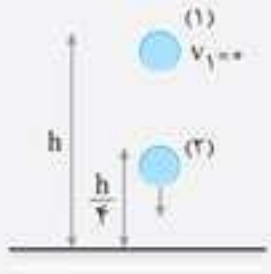
- در رابطهٔ فوق منظور از Δh، ($\Delta h = h_{\text{بالا}} - h_{\text{پایین}}$) است. از این‌رو Δh همواره مقداری مثبت است.
- رابطهٔ به‌دست آمده در هر مسیری چه مستقیم و چه منحنی قابل استفاده است و تنها شرط استفاده از آن پایسته بودن انرژی مکانیکی است. یعنی فقط نیروی وزن جسم بر جسم اثر کند و کار انجام دهد.

مثال: جسمی را از ارتفاع h از سطح زمین رها می‌کنیم. تندی این جسم در ارتفاع $\frac{۱}{۴}h$ از سطح زمین برابر کدام است؟ (از مقاومت هوا چشم‌پوشی کنید.) (ریاضی خارج ۸۶)

۱) $\sqrt{\frac{۱}{۲}gh}$ ۲) $\sqrt{\frac{۳}{۲}gh}$ ۳) $\frac{\sqrt{gh}}{۲}$ ۴) $۳\frac{\sqrt{gh}}{۲}$

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۲»

روش اول: مقاومت هوا ناچیز است پس می‌توان نوشت:

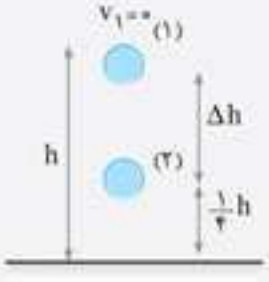


$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow K_۱ + U_۱ = K_۲ + U_۲ \xrightarrow{K_۱ = ۰} mgh_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ + mgh_۲$$

$$\xrightarrow[h_۲ = \frac{۱}{۴}h]{h_۱ = h} gh = \frac{۱}{۲}v_۲^۲ + g(\frac{۱}{۴}h) \Rightarrow \frac{۱}{۲}v_۲^۲ = \frac{۳}{۴}gh$$

$$\xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین}} v_۲ = \sqrt{\frac{۳}{۲}gh}$$

روش دوم: از رابطهٔ به‌دست آمده در نکتهٔ اخیر کمک می‌گیریم:



$$\Delta h = h - \frac{۱}{۴}h = \frac{۳}{۴}h$$

با توجه به شکل روبه‌رو، داریم:

حال می‌توان نوشت:

$$v^۲_{\text{پایین}} = v^۲_{\text{بالا}} + ۲g\Delta h \Rightarrow v^۲_{\text{پایین}} = ۰ + ۲g(\frac{۳}{۴}h) \xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین}} v_{\text{پایین}} = \sqrt{\frac{۳}{۲}gh}$$

مثال: مطابق شکل، ارابه‌ای به جرم m از نقطهٔ A با تندی ۲ متر بر ثانیه می‌گذرد. تندی آن هنگام عبور از نقطهٔ B چند متر بر ثانیه است؟ (از اصطکاک صرف نظر شود، $g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$) (ریاضی ۸۶)

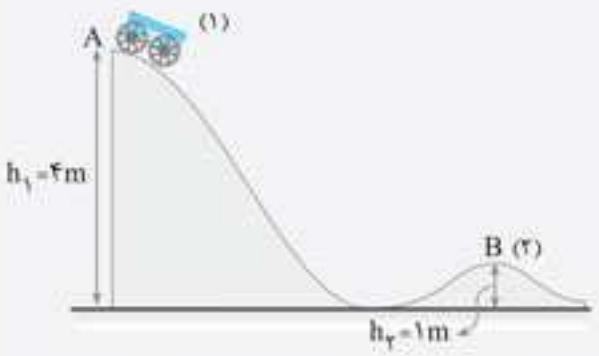
۱) ۴ ۲) ۸

۳) $\sqrt{۴۶}$ ۴) بستگی به جرم m دارد.

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۲»

نقطهٔ A را نقطهٔ (۱) و نقطهٔ B را نقطهٔ (۲) در نظر می‌گیریم:

روش اول:



$$K_۱ + U_۱ = K_۲ + U_۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲}mv_۱^۲ + mgh_۱ = \frac{۱}{۲}mv_۲^۲ + mgh_۲$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲} \times (۲)^۲ + (۱۰ \times ۴) = \frac{۱}{۲}v_۲^۲ + (۱۰ \times ۱) \Rightarrow v_۲^۲ = ۶۴$$

$$\xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین}} v_۲ = ۸\frac{m}{s}$$

روش دوم:

$$v^۲_{\text{پایین}} = v^۲_{\text{بالا}} + ۲g\Delta h \xrightarrow{\Delta h = ۴ - ۱ = ۳m} v_{\text{پایین}} = \sqrt{(۲)^۲ + ۲ \times ۱۰ \times ۳} = ۸\frac{m}{s}$$

نکته

بیشترین تندی: تا این‌جا یاد گرفتیم که در نبود اصطکاک می‌توان از رابطهٔ $(K+U=E)$ استفاده کرد و در این رابطه چون (E) ثابت است، می‌توان نتیجه گرفت که: $K+U=$ ثابت

با توجه به رابطهٔ به‌دست آمده، می‌توان گفت، با افزایش K، U کاهش می‌یابد (و برعکس).

«پس بیشترین مقدار (K) در نقطه‌ای اتفاق می‌افتد که (U) کمترین مقدار را داشته باشد.»

این جمله را به‌صورت زیر نیز می‌توان بیان کرد:

در نقطه‌ای که $\begin{bmatrix}\text{تندی}\\\text{ارتفاع}\end{bmatrix}$ **کمینه** است، $\begin{bmatrix}\text{ارتفاع}\\\text{تندی}\end{bmatrix}$ **بیشینه** است.

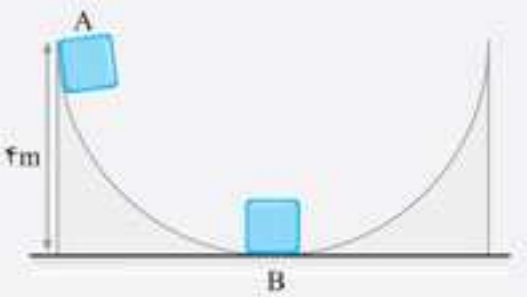
مثال: در شکل مقابل، جسم از نقطهٔ A رها شده و در مسیر دایره‌ای حرکت رفت و برگشتی انجام می‌دهد. با فرض بدون اصطکاک بودن مسیر حرکت، بیشترین تندی جسم چند متر بر ثانیه خواهد بود؟ $(g=10\frac{m}{s^2})$

۱) $\sqrt{15}$ ۲) $\sqrt{30}$

۳) $\sqrt{40}$ ۴) $\sqrt{80}$

پاسخ: گزینهٔ «۴»

با توجه به نکته اخیر، در شکل مقابل، در نقطهٔ B تندی متحرک باید بیشینه باشد، پس می‌توان نوشت: (تندی در پایین v_B و تندی در بالا، v_A است.)



$$v_B^2=v_A^2+2g\Delta h \xrightarrow[v_A=0]{\Delta h=4\,m} v_B=\sqrt{2\times10\times4}=\sqrt{80}\ \frac{m}{s}$$

مثال: در شکل مقابل، سطح افقی بدون اصطکاک است و جرم فنر ناچیز است. وزنه را به فنر تکیه داده و فشار می‌دهیم تا انرژی پتانسیل کشسانی سامانهٔ جسم ـ فنر به ۲J برسد. اگر در این حالت، بدون تندی اولیه، وزنه را رها کنیم، بیشترین تندی وزنه تا لحظهٔ جداشدن از فنر، چند متر بر ثانیه خواهد شد؟ (تجربی ۹۴)

۱) $2\sqrt{2}$ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) $4\sqrt{2}$

پاسخ: گزینهٔ «۱»

در حالتی که وزنه، فنر را فشرده می‌کند، تندی‌اش صفر است $(K_1=0)$ و برای این‌که تندی وزنه بیشترین مقدار را داشته باشد، باید تمام انرژی پتانسیل کشسانی فنر به جسم منتقل شود (یعنی $U_{2\text{فنر}}=0$). پس:

$$\overbrace{K_1}^{\text{صفر}}+U_1=K_2+\overbrace{U_2}^{\text{صفر}} \xrightarrow[U_1=2J]{K_2=\frac{1}{2}mv_2^2} 2=\frac{1}{2}\times0/5\times v_2^2 \Rightarrow v_2^2=8 \xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین}} v_2=\sqrt{8}=2\sqrt{2}\ \frac{m}{s}$$

اگر دقت کرده باشید، تست‌هایی از جنس سقوط یک جسم را در قسمت «قضیهٔ کار و انرژی جنبشی» نیز حل کردیم. واقعیت این است که بسیاری از تست‌های فصل کار ، انرژی و توان هم با استفاده از قضیهٔ «کار و انرژی جنبشی» و هم با استفاده از اصل «پایستگی انرژی مکانیکی» قابل حل هستند. ما سعی کردیم در هر دو قسمت تست‌های متنوعی تدارک ببینیم تا شما عزیزان به هر دو روش مسلط شوید. اما در نهایت تصمیم با شماست که با کدام روش تست‌ها را حل کنید. البته روش «کار و انرژی جنبشی» در بسیاری از موارد سریع‌تر عمل می‌کند.

مثال: جعبه‌ای به جرم ۲kg درون آسانسوری قرار گرفته است. آسانسور از حال سکون رو به بالا به حرکت درآمده و پس از ۱۰ متر بالا رفتن تندی آن به $4\frac{m}{s}$ می‌رسد. نیروی عمودی سطح که از طرف کف آسانسور بر جعبه وارد می‌شود چند نیوتون است؟

پاسخ: همان‌طور که در شکل مشخص است نیروی F_N که یکی از نیروهای ناپایدارکنندهٔ انرژی مکانیکی است با جابه‌جایی هم‌جهت است. پس کار آن صفر نیست و انرژی مکانیکی پایسته نمی‌ماند. یعنی اگر نقطهٔ شروع حرکت (۱) و ۱۰ متر بالاتر نقطهٔ (۲) باشد: $E_1\neq E_2$.

$$\Delta E=\Delta K+\Delta U=W_{F_N} \Rightarrow \frac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2)+mg\Delta h=F_N(\cos0^\circ)d$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}\times2(4^2-0^2)+2\times10\times10=F_N(1)(10)$$

$$\Rightarrow 216=10F_N \Rightarrow F_N=21/6N$$

۱۲۷. گلوله‌ای به جرم ۵kg را از ارتفاع ۲ متری سطح زمین با تندی $۴\frac{m}{s}$، در راستای قائم به سمت پایین پرتاب می‌کنیم. انرژی مکانیکی گلوله در لحظهٔ پرتاب چند ژول است؟ ($g=۱۰\frac{m}{s^۲}$ و مبدأ پتانسیل گرانشی سطح زمین فرض شود.)

۱) ۵۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۱۵۰ ۴) ۱۴۰

۱۲۸. وزنه‌ای به جرم ۵۰۰g تحت زاویهٔ ۳۷° نسبت به افق، از سطح زمین پرتاب می‌شود. اگر تندی اولیهٔ پرتاب $۱۰\frac{m}{s}$ باشد، انرژی مکانیکی وزنه در نقطهٔ اوج چند ژول است؟ ($g=۱۰\frac{m}{s^۲}$، $\cos ۳۷^\circ = ۰/۸$ و مقاومت هوا ناچیز و مبدأ پتانسیل گرانشی سطح زمین است.) (ریاضی خارج ۸۵)

۱) ۱۶ ۲) ۲۵ ۳) ۳۲ ۴) ۵۰

۱۲۹. گلوله‌ای به جرم m از ارتفاع h، بدون تندی اولیه رها می‌شود. اگر مقاومت هوا ناچیز باشد: (تجربی ۸۷)

۱) تندی گلوله ثابت می‌ماند.

۲) تندی گلوله هنگام برخورد به زمین، با h متناسب است.

۳) انرژی جنبشی گلوله، هنگام برخورد به زمین، با h متناسب است.

۴) انرژی جنبشی گلوله، هنگام برخورد به زمین، به جرم آن بستگی ندارد.

۱۳۰. جسمی به جرم ۲kg را از ارتفاع ۱۵ متری سطح زمین در شرایط خلأ رها می‌کنیم. انرژی جنبشی جسم در لحظهٔ رسیدن به زمین چند ژول است؟ ($g=۱۰\frac{m}{s^۲}$) (ریاضی خارج ۸۷)

۱) ۳۰۰ ۲) ۳۰ ۳) ۱۵۰ ۴) ۷۵

۱۳۱. جسم A به جرم m از ارتفاع ۱۰ متری سطح زمین و جسم B به جرم ۲m از ارتفاع ۲۰ متری سطح زمین رها می‌شوند. انرژی جنبشی جسم B در لحظهٔ رسیدن به زمین چند برابر انرژی جنبشی جسم A در لحظهٔ رسیدن به زمین است؟ (از مقاومت هوا صرف نظر شود.)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) $\frac{۱}{۴}$ (ریاضی خارج ۸۸)

۱۳۲. گلوله‌ای در شرایط خلأ، از سطح زمین با تندی اولیهٔ $۳۰\frac{m}{s}$ در امتداد قائم به‌طرف بالا پرتاب می‌شود. در چند متری سطح زمین، انرژی جنبشی گلوله نصف انرژی پتانسیل گرانشی آن است؟ ($g=۱۰\frac{m}{s^۲}$) (تجربی ۸۹)

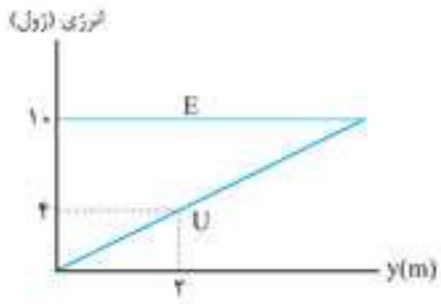
۱) ۱۵ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۳۵

۱۳۳. جسمی به جرم ۴۰۰ گرم مطابق شکل، از نقطهٔ A رها شده و با تندی $۲\frac{m}{s}$ از نقطهٔ B عبور می‌کند. انرژی پتانسیل گرانشی جسم در نقطهٔ B، چند ژول کمتر از انرژی پتانسیل گرانشی آن در A است؟ (سطح بدون اصطکاک است.)

۱) ۰/۸ ۲) ۰/۶

۳) ۱ ۴) ۰/۳

۱۳۴. نمودار انرژی برحسب مکان برای جسمی به جرم ۲kg به‌صورت شکل مقابل است. تندی جسم در مکان $y=۲m$ چند متر بر ثانیه است؟ (خط مایل در نمودار مربوط به انرژی پتانسیل گرانشی است.)



۱) $\sqrt{۵}$ ۲) $\frac{\sqrt{۳}}{۲}$

۳) $\sqrt{۶}$ ۴) $\frac{\sqrt{۷}}{۲}$

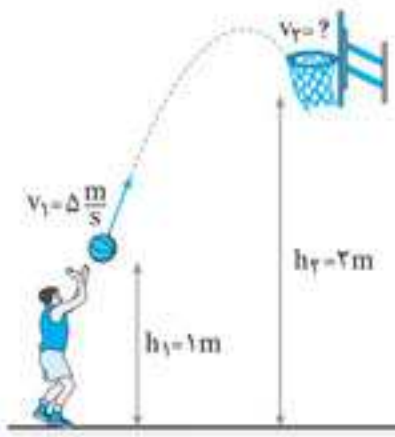
۱۳۵. جسمی به جرم یک کیلوگرم در شرایط خلأ، بدون تندی اولیه از ارتفاع h رها می‌شود. اگر انرژی جنبشی آن در نیمهٔ مسیر ۲۰ ژول باشد، ارتفاع h چند متر است؟ ($g=۱۰\frac{m}{s^۲}$)

۱) ۱/۵ ۲) ۲/۷۵ ۳) ۶ ۴) ۴

۱۳۶. گلوله‌ای بدون سرعت اولیه از ارتفاع h رها می‌شود و پس از طی Δh، انرژی جنبشی آن با $\frac{۱}{۴}$ انرژی پتانسیل گرانشی آن برابر می‌شود، $\frac{\Delta h}{h}$ چقدر است؟ (مبدأ پتانسیل سطح زمین است و مقاومت هوا ناچیز فرض شود.) (ریاضی خارج ۹۷)

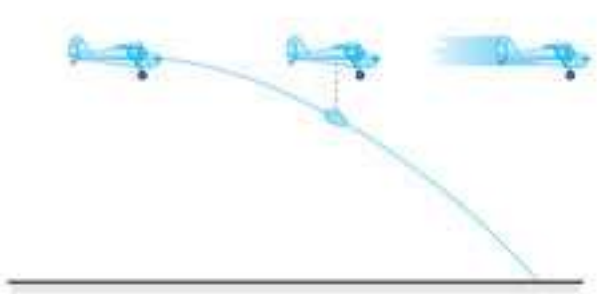
۱) $\frac{۱}{۵}$ ۲) $\frac{۱}{۴}$ ۳) $\frac{۳}{۴}$ ۴) $\frac{۴}{۵}$

۱۳۷. شکل روبه‌رو ورزشکاری را در حال پرتاب توپ بسکتبالی با تندی $v_1 = 5\frac{m}{s}$ به طرف سبد نشان می‌دهد. تندی توپ هنگام رسیدن به دهانهٔ سبد چقدر است؟ ($g = 10\frac{N}{kg}$ و مقاومت هوا را هنگام حرکت توپ نادیده بگیرید.) (برگرفته از کتاب درسی)



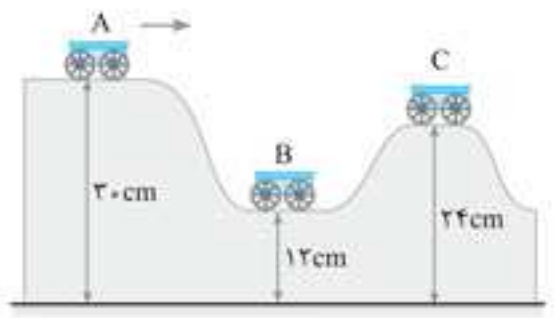
۱) $\sqrt{5}$
۲) $\sqrt{10}$
۳) $\sqrt{25}$
۴) $\sqrt{20}$

۱۳۸. در شکل مقابل هواپیمایی که در ارتفاع 225m از سطح زمین قرار داشته و با تندی $198\frac{km}{h}$ پرواز می‌کند، بسته‌ای را برای کمک به آسیب‌دیدگان زلزله رها می‌کند. تندی بسته هنگام برخورد به زمین تقریباً چند متر بر ثانیه است؟ ($g = 10\frac{N}{kg}$ و از تأثیر مقاومت هوا روی حرکت بسته چشم‌پوشی کنید.) (برگرفته از کتاب درسی)



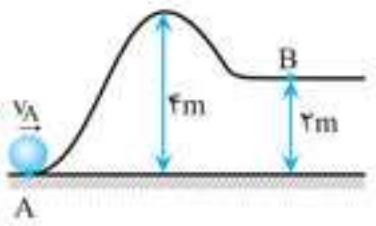
۱) ۸۰
۲) ۷۰
۳) ۸۵
۴) ۷۵

۱۳۹. در شکل روبه‌رو اصطکاک ناچیز است و ارابه بدون تندی اولیه از حالت A رها می‌شود. نسبت تندی ارابه در حالت B به تندی آن در حالت C کدام است؟ ($g = 10\frac{N}{kg}$) (ریاضی ۹۱)



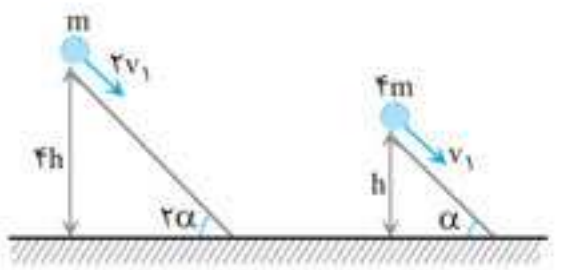
۱) ۲
۲) ۳
۳) $\sqrt{2}$
۴) $\sqrt{3}$

۱۴۰. مطابق شکل روبه‌رو، جسمی در پایین تپه‌ای در نقطهٔ A با تندی v_A پرتاب می‌شود. حداقل تندی v_A چند متر بر ثانیه باشد تا جسم بتواند به نقطهٔ B در طرف دیگر تپه برسد؟ ($g = 10\frac{m}{s}$ و از اتلاف انرژی صرف‌نظر کنید.)



۱) $2\sqrt{10}$
۲) $4\sqrt{5}$
۳) ۴۰
۴) ۸۰

۱۴۱. مطابق شکل مقابل، دو گلوله روی سطح بدون اصطکاکی به سمت پایین پرتاب می‌شوند. تندی گلولهٔ سنگین‌تر هنگام رسیدن به سطح زمین، چند برابر تندی گلولهٔ سبک‌تر هنگام رسیدن به سطح زمین است؟



۱) $\frac{1}{2}$
۲) ۲
۳) $\frac{1}{4}$
۴) ۴

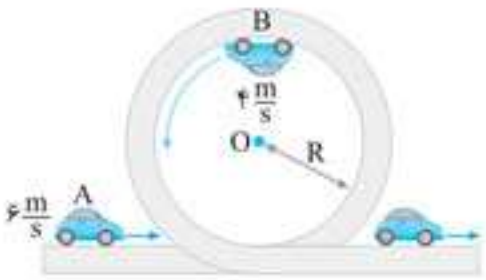
۱۴۲. در شکل مقابل، جسم با تندی $4\frac{m}{s}$، از نقطهٔ A، به بالای سطح شیبدار پرتاب می‌شود. بیشترین ارتفاعی که جسم روی سطح می‌تواند بالا رود، چند متر است؟ ($g = 10\frac{N}{kg}$ و سطح بدون اصطکاک است.)

۱) $\frac{1}{6}$
۲) $\frac{4}{5}$
۳) $\frac{3}{7}$
۴) $\frac{7}{10}$

۱۴۳. در شکل مقابل، به گلوله در نقطهٔ A، تندی v_0 داده شده و این گلوله در نقطهٔ B از قسمت قائم مسیر جدا شده و حداکثر تا ارتفاع 7m از سطح زمین، بالا رفته است. اگر اصطکاک در سطح مسیر و مقاومت هوا ناچیز باشد، v_0 چند متر بر ثانیه بوده است؟ ($g = 10\frac{N}{kg}$)

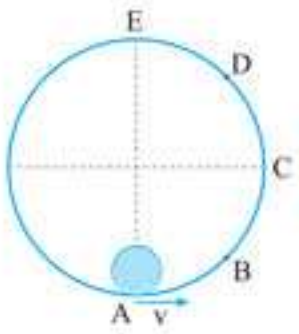
۱) ۵
۲) ۱۰
۳) ۱۵
۴) ۲۰

۱۴۴. در شکل مقابل، به یک ماشین اسباب‌بازی کوچک، در سطح افقی، تندی $۶\frac{m}{s}$ داده می‌شود. تندی این ماشین در بالاترین نقطهٔ دایرهٔ قائمِ مسیر، $۴\frac{m}{s}$ است. اگر از اصطکاک ماشین با سطح مسیر و مقاومت هوا، چشم‌پوشی کنیم، شعاع دایرهٔ مسیر چند متر بوده است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$



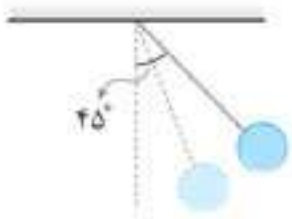
۱) ۰/۲۵ ۲) ۰/۴ ۳) ۰/۲ ۴) ۰/۵

۱۴۵. درون حلقهٔ شیارداری به شعاع r که در سطح قائم نگه داشته شده است، گلولهٔ کوچکی می‌تواند بدون اصطکاک حرکت کند. اگر به این گلوله در نقطهٔ A سرعتی برابر $v=\sqrt{۲gr}$ داده شود (مطابق شکل) تا چه نقطه‌ای می‌تواند درون شیار حلقه بالا رود؟



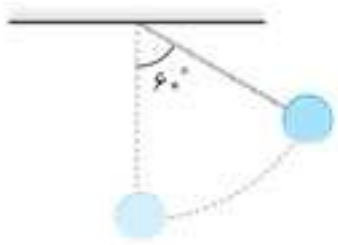
۱) تا نقطهٔ B (وسط AC) ۲) تا نقطهٔ C
۳) تا نقطهٔ D (وسط CE) ۴) تا نقطهٔ E

۱۴۶. یک آونگ ساده با حداکثر انحراف ۴۵° حول وضع تعادلش مطابق شکل مقابل، نوسان می‌کند. حداکثر انرژی پتانسیل گرانشی آونگ U_{max} و حداکثر انرژی جنبشی آن K_{max} می‌باشد. $\frac{U_{max}}{K_{max}}$ برابر است با: (از اتلاف انرژی صرف‌نظر کنید.)



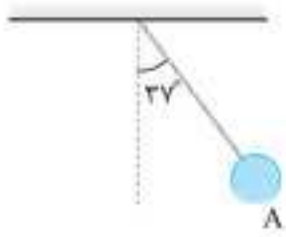
۱) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$ ۲) ۱ ۳) $\sqrt{۲}$ ۴) ۲

۱۴۷. در شکل مقابل، یک آونگ ساده به طول ۴۰cm را در شرایط خلأ به اندازهٔ ۶۰° از وضع تعادل منحرف کرده و رها می‌کنیم. تندی گلولهٔ آونگ در لحظهٔ عبور از پایین‌ترین نقطهٔ مسیر چند متر بر ثانیه است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$



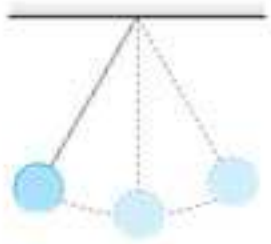
۱) ۱ ۲) $\sqrt{۲}$
۳) ۲ ۴) $۲\sqrt{۲}$

۱۴۸. مطابق شکل مقابل، آونگی به طول ۱/۲۵ متر، با تندی v از وضعیت نشان داده‌شده (نقطهٔ A) عبور می‌کند. کمترین مقدار v چند متر بر ثانیه باشد تا ریسمان بتواند به وضعیت افقی برسد؟ (از مقاومت هوا صرف نظر شود، $g=۱۰\frac{m}{s^۲}$ و $\sin ۳۷^\circ = ۰/۶$) (تجربی ۹۳)



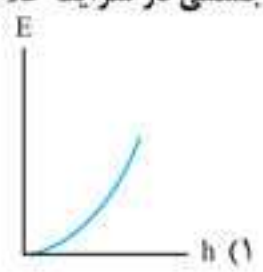
۱) ۲ ۲) $۲\sqrt{۵}$ ۳) $\sqrt{۵}$ ۴) ۴

۱۴۹. آونگی به طول ۱/۶ متر در حال نوسان است. وقتی گلولهٔ آونگ از پایین‌ترین نقطهٔ مسیر می‌گذرد، تندی‌اش $۴\frac{m}{s}$ است. زاویهٔ راستای نخ با خط قائم وقتی گلوله به بالاترین نقطهٔ مسیر می‌رسد، چند درجه است؟ ($g=۱۰\frac{m}{s^۲}$ و مقاومت هوا ناچیز است.) (ریاضی خارج ۸۷)



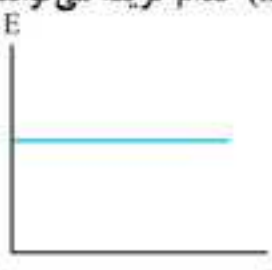
۱) ۴۵ ۲) ۳۰ ۳) ۶۰ ۴) ۹۰

۱۵۰. جسمی در شرایط خلأ از ارتفاع h رها می‌شود. نمودار تغییرات انرژی مکانیکی جسم برحسب ارتفاع (h) کدام گزینه می‌تواند باشد؟

۱) 

۲)

۳)

۴) 

۱۵۱. در شکل زیر، وزنهٔ $m=۲kg$ با تندی $۲\frac{m}{s}$ روی سطح افقی بدون اصطکاک به فنر برخورد می‌کند. در اثر این برخورد، انرژی پتانسیل کشسانی سامانهٔ جسم ـ فنر حداکثر چند ژول می‌شود؟

۱) ۲ ۲) −۲
۳) ۴ ۴) −۴

۱۵۲. در شکل زیر، وزنه‌ای با تندی $۴\frac{m}{s}$ پس از برخورد با فنر، آن را متراکم می‌کند. در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل کشسانی سامانهٔ جسم ـ فنر، ۳ برابر انرژی جنبشی وزنه می‌شود، تندی وزنه به چند متر بر ثانیه می‌رسد؟ (سطح بدون اصطکاک است.)

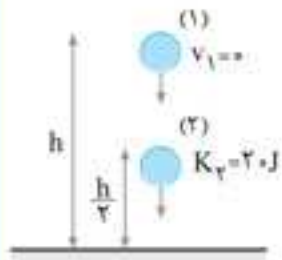
۱) ۶ ۲) ۴
۳) ۳ ۴) ۲

حال می‌توان از رابطهٔ انرژی جنبشی تندی جسم را حساب کرد:

$$K=\frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 6=\frac{1}{2}\times 2\times v^2 \Rightarrow v=\sqrt{6}\ \frac{m}{s}$$

۱۳۵. ۱ ۲ ۳ ۴

رابطهٔ پایستگی انرژی مکانیکی را برای نقطهٔ رها شدن (نقطهٔ (۱)) و نیمهٔ مسیر (نقطهٔ (۲)) به صورت روبه‌رو است: $K_1+U_1=K_2+U_2$



با توجه به این‌که تندی اولیه، صفر ($K_1=0$) و نیمهٔ مسیر $\frac{h}{2}$ است، داریم:

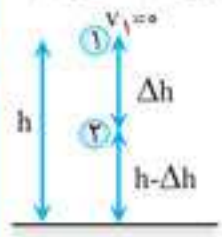
$$0+U_1=K_2+U_2 \Rightarrow mgh=K_2+mg(\frac{h}{2})$$

$$\Rightarrow 1\times 10\times h=20+1\times 10(\frac{h}{2})$$

$$\Rightarrow 10h=20+5h \Rightarrow 5h=20 \Rightarrow h=4m$$

۱۳۶. ۱ ۲ ۳ ۴

در شکل مقابل وضعیت اولیه و ثانویه جسم را نشان دادیم. چون مقاومت هوا ناچیز است، بین وضعیت ۱ و ۲ می‌توان رابطه پایستگی انرژی را به‌صورت زیر نوشت:



$$E_1=E_2 \Rightarrow K_1+U_1=K_2+U_2$$

$$\xrightarrow[K_2=\frac{1}{4}U_2]{v_1=0\Rightarrow K_1=0} 0+U_1=\frac{1}{4}U_2+U_2=\frac{5}{4}U_2$$

$$\Rightarrow mgh_1=\frac{5}{4}mgh_2 \Rightarrow h_1=\frac{5}{4}h_2$$

با توجه به شکل، می‌توان در معادله $h_1=\frac{5}{4}h_2$، h_1 را (h) و h_2 را $(h-\Delta h)$ قرار داد:

$$h=\frac{5}{4}(h-\Delta h) \Rightarrow -\frac{1}{4}h=-\frac{5}{4}\Delta h \Rightarrow \frac{\Delta h}{h}=\frac{1}{5}$$

۱۳۷. ۱ ۲ ۳ ۴

روش اول:

$$K_1+U_1=K_2+U_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2+mgh_1=\frac{1}{2}mv_2^2+mgh_2$$

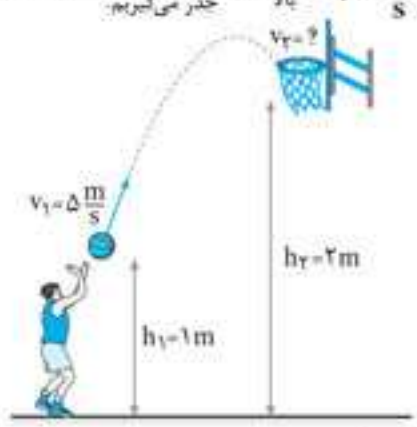
$$\Rightarrow (\frac{1}{2}\times(5)^2)+(10\times 1)=(\frac{1}{2}\times v_2^2)+(10\times 2)$$

$$\Rightarrow v_2^2=5 \xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین}} v_2=\sqrt{5}\ \frac{m}{s}$$

روش دوم:

$$v_{\text{پایین}}^2=v_{\text{بالا}}^2+2g\Delta h \xrightarrow{\Delta h=2-1=1m} 5^2=v_{\text{بالا}}^2+(2\times 10\times 1)$$

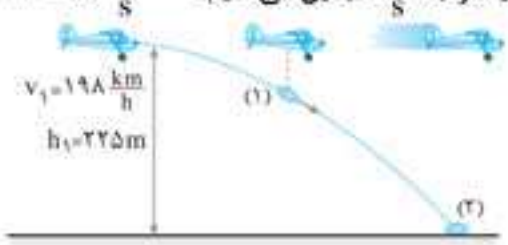
$$\Rightarrow v_{\text{بالا}}^2=25-20=5 \xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین}} v_{\text{بالا}}=\sqrt{5}\ \frac{m}{s}$$



۱۳۸. ۱ ۲ ۳ ۴

ابتدا تندی هواپیما را به $\frac{m}{s}$ تبدیل می‌کنیم:

$$198\frac{km}{h}\div 3/6=55\frac{m}{s}$$



روش اول:

تذکر: چون بسته قبل از پرتاب در هواپیما قرار دارد، تندی اولیهٔ آن با تندی هواپیما برابر است. $(v_1=198\frac{km}{h})$.

$$K_1+U_1=K_2+\overbrace{U_2}^{\text{صفر}} \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2+mgh_1=\frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}(55)^2+(10\times 225)=\frac{1}{2}v_2^2 \Rightarrow v_2^2=7525$$

$$\xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین}} v_2=86/7\frac{m}{s}\simeq 85\frac{m}{s}$$

روش دوم:

$$v_{\text{پایین}}^2=v_{\text{بالا}}^2+2g\Delta h \Rightarrow v_{\text{پایین}}^2=(55)^2+2\times 10\times 225$$

$$\Rightarrow v_{\text{پایین}}^2=7525 \xrightarrow{\text{جذر می‌گیریم}} v_{\text{پایین}}\simeq 85\frac{m}{s}$$

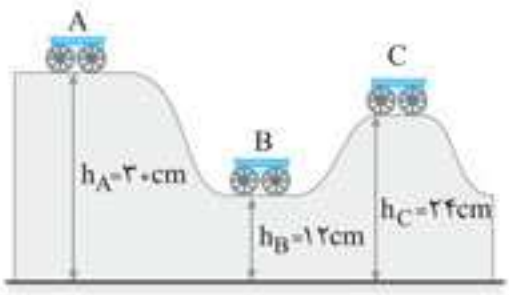
۱۳۹. ۱ ۲ ۳ ۴

اجازه بدید این تست را فقط با روش تستی حل کنم، زحمت روش اول رو خودتون بکشید.

ابتدا بین دو نقطهٔ A و B از رابطهٔ تستی استفاده می‌کنیم:

$$v_{\text{پایین}}^2=v_{\text{بالا}}^2+2g\Delta h \xrightarrow[v_{\text{بالا}}=v_A=0]{v_{\text{پایین}}=v_B}$$

$$v_B^2=0+(2\times 10\times \underbrace{(30-12)\times 10^{-2}}_{\text{اختلاف ارتفاع برحسب متر}}) \Rightarrow v_B=\sqrt{3/6}\ \frac{m}{s}$$



حال بین دو نقطهٔ A و C از رابطهٔ تستی استفاده می‌کنیم:

$$v_{\text{پایین}}^2=v_{\text{بالا}}^2+2g\Delta h \xrightarrow[v_{\text{بالا}}=v_A=0]{v_{\text{پایین}}=v_C}$$

$$v_C^2=0+(2\times 10\times \underbrace{(30-24)\times 10^{-2}}_{\text{اختلاف ارتفاع بر حسب متر}})$$

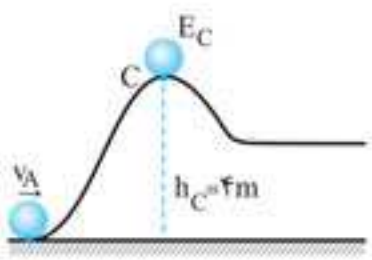
$$\Rightarrow v_C^2=\sqrt{2\times 10\times 0/6} \xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین}} v_C=\sqrt{1/2}\ \frac{m}{s}$$

حال می‌توان خواستهٔ تست را به‌دست آورد:

$$\frac{v_B}{v_C}=\frac{\sqrt{3/6}}{\sqrt{1/2}}=\sqrt{\frac{3/6}{1/2}}=\sqrt{3}$$

۱۴۰. ۱ ۲ ۳ ۴

برای این‌که جسم به نقطهٔ B برسد لازم است ابتدا تا نقطهٔ C (قلهٔ تپه) بالا برود. برای تعیین حداقل تندی در نقطهٔ A، تندی در نقطهٔ C را صفر می‌گیریم و با توجه به عدم وجود اصطکاک داریم:



$$E_A=E_C \Rightarrow K_A+U_A=K_C+U_C$$

$$\xrightarrow[K_C=0]{U_A=0} \frac{1}{2}mv_A^2=mgh_C \Rightarrow v_A=\sqrt{2gh_C}$$

$$=\sqrt{2\times 10\times 4}=\sqrt{16\times 5}=4\sqrt{5}\ \frac{m}{s}$$

۱۴۱. ۴ ۳ ۲ ۱

کافی است برای هر کدام از گلوله‌ها رابطه تستی $(v_{پایین}^2 = v_{بالا}^2 + 2g\Delta h)$ را بنویسیم:

برای گلوله m که از ارتفاع 4h با تندی $2v_1$ پرتاب می‌شود:

$$v_{پایین}^2 = (2v_1)^2 + 2g(4h) \Rightarrow v_{پایین} = \sqrt{4v_1^2 + 8gh}$$

برای گلولهٔ دیگر که جرم آن 4m است و از ارتفاع h با تندی v_1 پرتاب می‌شود، داریم:

$$v_{پایین}^2 = v_1^2 + 2gh \Rightarrow v_{پایین} = \sqrt{v_1^2 + 2gh}$$

در نهایت نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\Rightarrow \frac{v_{4m}}{v_m} = \frac{\sqrt{2gh + v_1^2}}{2\sqrt{2gh + v_1^2}} = \frac{1}{2}$$

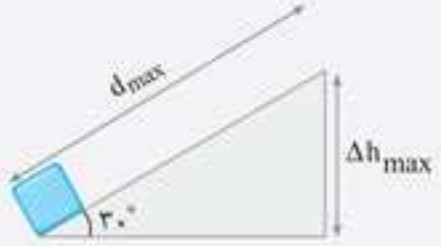
۱۴۲. ۴ ۳ ۲ ۱

در بیش‌ترین ارتفاع تندی حرکت به صفر می‌رسد. اگر پایین سطح را مبدأ سنجش ارتفاع بگیریم، داریم:

$$E_A = E_B \Rightarrow K_A + \overbrace{U_A}^{\text{صفر}} = \overbrace{K_B}^{\text{صفر}} + U_B$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv_A^2 = mgh_B \Rightarrow \frac{1}{2}(4)^2 = 10h_B \Rightarrow h_B = \frac{8}{10} = \frac{4}{5}m$$

تذکر: اگر در صورت سؤال، بیشترین مسافت طی‌شده توسط متحرک، خواسته شده بود، با توجه به شکل زیر، می‌توانستیم به صورت زیر آن را حساب کنیم:



$$\sin 30^\circ = \frac{\Delta h_{max}}{d_{max}}$$

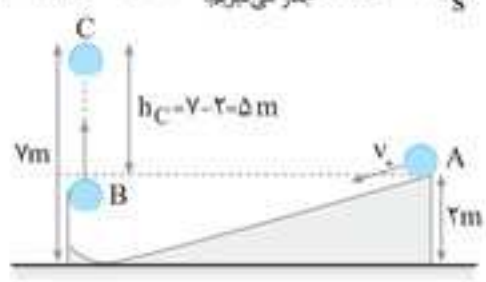
$$\Rightarrow d_{max} = \frac{\Delta h_{max}}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{4}{5}}{\frac{1}{2}} = \frac{8}{5} = 1/6m$$

۱۴۳. ۴ ۳ ۲ ۱

روش اول: مانند شکل زیر، اگر مبدأ سنجش پتانسیل گرانشی را خط افقی گذرنده از نقطهٔ A در نظر بگیریم، بین دو نقطهٔ A و C می‌توان نوشت:

$$K_A + \overbrace{U_A}^{\text{صفر}} = \overbrace{K_C}^{\text{صفر}} + U_C \Rightarrow \frac{1}{2}mv_A^2 = mgh_C \xrightarrow[h_C = 5m]{v_A = v_0}$$

$$\frac{1}{2}v_0^2 = 10 \times 5 \Rightarrow v_0^2 = 100 \xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین}} v_0 = 10\frac{m}{s}$$



تذکر: در این حالت چون $h_A = 0$ می‌شود، $U_A = 0$ بوده و $h_C = 7-2 = 5m$ است. هم‌چنین چون در نقطهٔ C، متحرک به حداکثر ارتفاع رسیده، تندی در این نقطه صفر است.

روش دوم: در رابطهٔ مقابل $\Delta h = 7-2 = 5m$ است:

$$v_A^2 = v_C^2 + 2g\Delta h \xrightarrow{v_C = 0,\ v_A = v_0}$$

$$v_0^2 = 0 + 2 \times 10 \times 5 \xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین}} v_0 = 10\frac{m}{s}$$

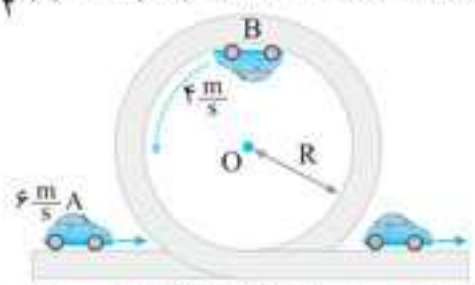
۱۴۴. ۴ ۳ ۲ ۱

بین دو نقطهٔ A و B از رابطه پایستگی انرژی مکانیکی استفاده می‌کنیم.

روش اول: اگر سطح افقی را مبدأ سنجش انرژی پتانسیل گرانشی در نظر بگیریم، با توجه به شکل مقابل، $(h_A = 0)$ و $(h_B = 2R)$ خواهد شد.

$$K_A + \overbrace{U_A}^{\text{صفر}} = K_B + U_B \Rightarrow \frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}(6)^2 = \frac{1}{2}(4)^2 + 10(2R) \Rightarrow 2R = 1 \Rightarrow R = 0/5m$$



روش دوم: نقطهٔ A پایین و نقطهٔ B بالا است پس داریم:

$$v_A^2 = v_B^2 + 2g\Delta h \xrightarrow{\Delta h = 2R} 6^2 = 4^2 + 2 \times 10 \times (2R) \Rightarrow R = 0/5m$$

۱۴۵. ۴ ۳ ۲ ۱

نقطه‌ای که گلوله می‌تواند به آن برسد را نقطهٔ x در نظر می‌گیریم و بین نقطهٔ A (مبدأ سنجش انرژی پتانسیل) و نقطه x رابطهٔ زیر را می‌نویسیم: (چون x، بیشترین ارتفاعی است که جسم به آن می‌رسد، تندی در آن نقطه صفر است.)

$$K_A + \underbrace{U_A}_{\text{صفر}} = \underbrace{K_x}_{\text{صفر}} + U_x \Rightarrow \frac{1}{2}mv_A^2 = mgh_x$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}(\sqrt{2gr})^2 = gh_x \Rightarrow gr = gh_x \Rightarrow h_x = r$$

بیشترین ارتفاعی که جسم به آن رسیده برابر شعاع دایره است و این نقطهٔ C است که ارتفاعش از زمین برابر r است. پس نهایتاً به نقطهٔ C می‌رسد.

تذکر: سعی کنید این تست را با روش تستی گفته‌شده نیز حل کنید.

۱۴۶. ۴ ۳ ۲ ۱

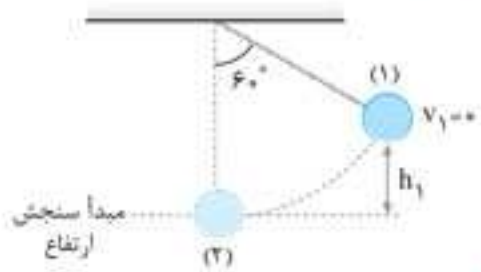
در درسنامه دیدید که به ازای $U = 0$، K_{max} و به ازای $K = 0$، U_{max} است. این مقادیر را اگر در رابطهٔ $K + U = E$ جای‌گذاری کنیم، خواهیم داشت:

$$K + U = E \begin{cases} \xrightarrow{U=0,\ K_{max}} K_{max} + 0 = E \Rightarrow K_{max} = E \\ \xrightarrow{K=0,\ U_{max}} 0 + U_{max} = E \Rightarrow U_{max} = E \end{cases}$$

پس نسبت خواسته شده برابر ۱ است و مواظب باشید که عدد ۱ در **گزینهٔ ۲** قرار دارد.

تذکر: رابطهٔ $(K_{max} = U_{max} = E)$ را به خاطر مبارک بسپارید.

۱۴۷. ۴ ۳ ۲ ۱



روش اول: پایین‌ترین نقطهٔ مسیر یعنی جایی که $h = 0$ است. پس:

$$\overbrace{K_1}^{\text{صفر}} + U_1 = K_2 + \overbrace{U_2}^{\text{صفر}} \Rightarrow mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\xrightarrow{h_1 = L(1-\cos 60^\circ) = 20cm = 0/2m} 10 \times (0/2) = \frac{1}{2} \times v_2^2 \Rightarrow v_2^2 = 4$$

$$\xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین}} v_2 = 2\frac{m}{s}$$

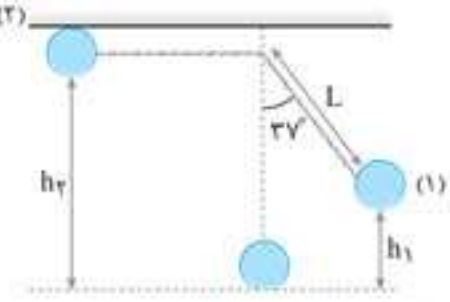
روش دوم: نقطهٔ (۲) پایین و نقطهٔ (۱) بالاست، پس می‌توان نوشت:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2g\Delta h \xrightarrow[v_1=0]{\Delta h = h_2 - h_1 \Rightarrow |\Delta h| = h_1} v_2 = \sqrt{2\times 10\times 0/2} = \sqrt{4} = 2\frac{m}{s}$$

تذکر: در رابطهٔ تستی گفته‌شده، منظور از Δh، اندازهٔ تغییر ارتفاع بوده و همواره باید مثبت جایگذاری شود.

۱۴۸. ۱ ۲ ۳ ۴

روش اول: با توجه به شکل روبه‌رو، وقتی آونگ به حالت افقی نقطهٔ (۲) می‌رسد، ارتفاع آن (h_2) برابر طول آونگ خواهد بود.



$$h_2 = L = 1/25\,m$$

ضمناً چون تندی گلوله در نقطهٔ (۱) کمترین مقدار را دارد، هنگامی که به نقطهٔ (۲) می‌رسد، تندی‌اش برابر صفر خواهد بود. حال می‌توان بین نقطهٔ (۱) و (۲) نوشت:

$$K_1 + U_1 = \overbrace{K_2}^{\text{صفر}} + U_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = mgh_2$$

$$\xrightarrow{h_1 = L(1-\cos 37^\circ) = 0/25\,m} \left(\frac{1}{2}v_1^2\right) + (10\times 0/25) = 10\times 1/25$$

$$\Rightarrow v_1^2 = 20 \xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین}} v_1 = \sqrt{20} = 2\sqrt{5}\,\frac{m}{s}$$

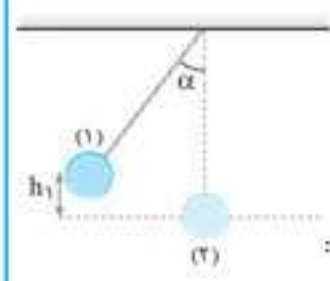
روش دوم: نقطهٔ (۱) را پایین و نقطهٔ (۲) را که در آن گلوله به سطح افقی رسیده است، بالا در نظر می‌گیریم:

$$v_1^2 = v_2^2 + 2g\Delta h \xrightarrow[\Delta h = h_2 - h_1 = 1/25 - 0/25 = 1\,m]{v_2 = 0}$$

$$v_1^2 = 0 + 2\times 10\times 1 \Rightarrow v_1^2 = 20 \xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین}} v_1 = 2\sqrt{5}\,\frac{m}{s}$$

۱۴۹. ۱ ۲ ۳ ۴

در پایین‌ترین نقطه ارتفاع صفر است ($h_2 = 0$) و در بالاترین نقطه مسیر تندی صفر است ($v_1 = 0$)، حال با توجه به شکل زیر می‌توان نوشت:



$$\overbrace{K_1}^{\text{صفر}} + U_1 = K_2 + \overbrace{U_2}^{\text{صفر}}$$

$$\Rightarrow mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\Rightarrow 10h_1 = \frac{1}{2}\times(4)^2 \Rightarrow h_1 = 0/8\,m$$

از طرفی رابطهٔ محاسبهٔ h_1 به‌صورت زیر است:

$$h_1 = L(1-\cos\alpha) \xrightarrow[L=1/6\,m]{h_1=0/8\,m} 0/8 = 1/6(1-\cos\alpha)$$

$$\Rightarrow \cos\alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$

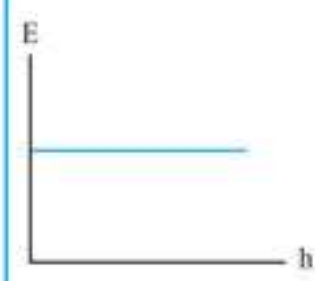
روش تستی:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2g\Delta h \xrightarrow[\Delta h = h_1]{v_1 = 0} 4 = \sqrt{2\times 10\times h_1} \xrightarrow{\text{توان ۲}} h_1 = 0/8\,m$$

ادامهٔ حل و یافتن α، مانند روش اول است.

۱۵۰. ۱ ۲ ۳ ۴

در شرایط خلأ مقاومت هوا و نیروهای اتلافی وجود ندارند در نتیجه انرژی مکانیکی پایسته است و با تغییر ارتفاع، ثابت خواهند ماند در نتیجه نمودار خواسته‌شده باید به‌صورت روبه‌رو باشد:



۱۵۱. ۱ ۲ ۳ ۴

تذکر: در رابطهٔ $(K_1 + U_1 = K_2 + U_2)$، منظور از U_1 و U_2، هم انرژی پتانسیل گرانشی جسم و هم انرژی پتانسیل کشسانی سامانهٔ جسم ـ فنر است. در سؤالاتی که تا این‌جا حل کردیم، سامانهٔ جسم ـ فنر وجود نداشت. به همین دلیل انرژی پتانسیل کشسانی هم در مسائل وجود نداشت، امّا از این تست به بعد فنر نیز وارد مسائل می‌شود.

قبل از برخورد جسم با فنر، انرژی پتانسیل کشسانی صفر است ($U_1 = 0$) و بعد از برخورد جسم، چون قرار است انرژی پتانسیل کشسانی فنر حداکثر شود، باید تمام انرژی جنبشی به فنر منتقل شود یعنی ($K_2 = 0$) است. پس:

$$K_1 + \overbrace{U_1}^{\text{صفر}} = \overbrace{K_2}^{\text{صفر}} + U_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 = U_{2,\text{فنر}} \Rightarrow U_{2,\text{فنر}} = \frac{1}{2}\times 2\times 2^2 = 4\,J$$

۱۵۲. ۱ ۲ ۳ ۴

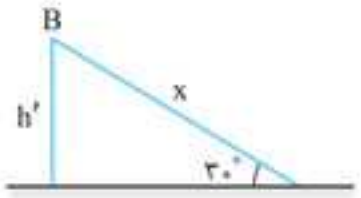
قبل از برخورد جسم با فنر ($U_1 = 0$) است، از طرفی برای لحظه‌ای که انرژی پتانسیل کشسانی سامانهٔ جسم ـ فنر، ۳ برابر انرژی جنبشی است ($U_2 = 3K_2$)، می‌توان نوشت:

$$K_1 + \overbrace{U_1}^{\text{صفر}} = K_2 + U_2 \xrightarrow{U_2 = 3K_2} K_1 = K_2 + 3K_2$$

$$\Rightarrow K_1 = 4K_2 \Rightarrow \frac{7}{2}mv_1^2 = 4\left(\frac{7}{2}mv_2^2\right)$$

$$\xrightarrow{v_1 = 4\frac{m}{s}} v_2^2 = \frac{16}{4} = 4 \xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین}} v_2 = 2\frac{m}{s}$$

۱۵۳. ۱ ۲ ۳ ۴



اصطکاک نداریم پس انرژی مکانیکی ثابت می‌ماند. انرژی مکانیکی سامانه را برای وقتی که جسم در نقطهٔ A قرار دارد با انرژی مکانیکی آن در نقطهٔ C مساوی قرار می‌دهیم. با انتخاب نقطهٔ C به عنوان مبدأ سنجش ارتفاع می‌توان نوشت:

$$E_A = E_C \Rightarrow (U_{\text{گرانشی}} + K)_A = (U_{\text{کشسانی}})_C \quad (*)$$

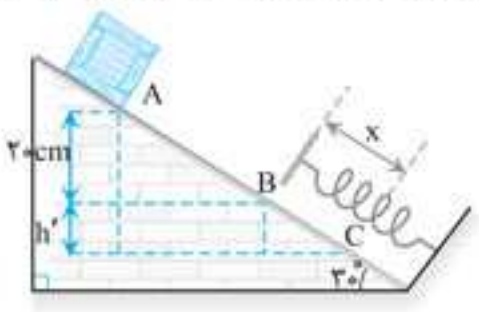
ارتفاع در نقطهٔ A، $20 + h'$ است پس ابتدا باید h' را محاسبه کنیم:

$$\sin 30^\circ = \frac{h'}{x} \Rightarrow h' = x\sin 30^\circ = \frac{x}{2}$$

$$\xrightarrow{(*)} \left(mgh + \frac{1}{2}mv^2\right)_A = 10$$

$$\Rightarrow 2\times 10\times\left(0/2 + \frac{x}{2}\right) + \frac{1}{2}\times 2\times 2^2 = 10$$

$$\Rightarrow 4 + 10x + 4 = 10 \Rightarrow 10x = 2 \Rightarrow x = 0/2\,m = 20\,cm$$



۱۵۴. ۱ ۲ ۳ ۴

در نقطهٔ A، جسم دارای انرژی پتانسیل گرانشی و کشسانی است و در نقطهٔ B دارای انرژی جنبشی و پتانسیل گرانشی است. پس با توجه به شکل می‌توان نوشت:

$$E_A = E_B \Rightarrow \overbrace{K_A}^{\text{صفر}} + U_A = K_B + U_B$$

$$\Rightarrow mgh_A + U_{\text{فنر}} = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$$

تغییر حالت مایع ـ بخار

◄ تبدیل مایع به بخار، تبخیر نام دارد. قبل از آن‌که یک مایع به نقطهٔ جوش برسد تبخیر به‌طور پیوسته‌ای از سطح مایع رخ می‌دهد که به آن تبخیر سطحی می‌گوییم. در پدیدهٔ تبخیر سطحی، تندی برخی مولکول‌های مایع به حدی می‌رسد که می‌توانند از سطح مایع فرار کنند.

نکته

۱) آهنگ تبخیر سطحی به دمای مایع و مساحت سطح مایع، بستگی مستقیم و به فشار هوا بر سطح مایع، بستگی وارون دارد.

۲) تبخیر سطحی فرایندی گرماگیر است و باعث کاهش دمای مایع می‌شود. زیرا مولکول‌هایی که تبخیر می‌شوند انرژی لازم برای فرار از سطح مایع را از مولکول‌های دیگر می‌گیرند.

◄ **جوشیدن:** هنگامی که دمای یک مایع بالا می‌رود و به نقطهٔ جوش می‌رسد حباب‌های گاز از درون مایع بالا می‌آیند و به سطح مایع می‌رسند و جوشیدن مایع آغاز می‌شود.

به فرایند تبخیر تا پیش از رسیدن به نقطهٔ جوش، تبخیر سطحی و به فرایند تبخیر در نقطهٔ جوش، اصطلاحاً جوشیدن می‌گویند، در حالی‌که هر دو فرایند تبخیر هستند.

گرمای منتقل‌شده در فرایند تبخیر یک مایع با جرم آن نسبت مستقیم دارد. نسبت این گرما به جرم مایع بخار شده را گرمای نهان ویژهٔ تبخیر می‌نامیم که برای سادگی گرمای نهان تبخیر نامیده می‌شود و آن را با L_V نشان می‌دهیم. $Q_{\text{تبخیر}} = mL_V$ ، $L_V = \frac{Q}{m}$

m جرم مایع بخار شده $\xleftarrow{\text{یکا}}$ kg و Q گرمای $\xleftarrow{\text{یکا}}$ J و L_V گرمای نهان تبخیر $\xleftarrow{\text{یکا}}$ $\frac{J}{kg}$

نکته

۱) گرمای نهان تبخیر به جنس و دمای مایع بستگی دارد.

۲) نقطهٔ جوش یک مایع به جنس و فشار وارد بر مایع و ناخالصی مایع بستگی دارد. افزایش فشار بر مایع باعث بالا رفتن نقطهٔ جوش مایع می‌شود. وجود ناخالصی در مایع نیز دمای جوش آن را بالا می‌برد.

۳) تبدیل بخار به مایع را میعان می‌گویند که وارون فرایند تبخیر است. در میعان، بخار با از دست دادن گرما به مایع تبدیل می‌شود. بنابراین گرمای این فرایند منفی است. $Q_{\text{میعان}} = -mL_V$

۴) گرمای نهان تبخیر آب، با افزایش دما کاهش می‌یابد؛ زیرا جنبش ذرات بیشتر شده، نیروی هم‌چسبی کاهش می‌یابد و جدا شدن ذرات از سطح آب راحت‌تر انجام می‌شود.

مثال: درون یک کتری برقی ۲ لیتر آب می‌ریزیم و آن را روشن می‌کنیم. توان مصرفی این کتری $1/5kW$ است.

الف) از شروع جوشیدن آب تا تبخیر همهٔ آب درون کتری، چقدر گرما به آب داده شده است؟ $(L_V = 2250\frac{kJ}{kg})$

ب) اگر تمام گرمای تولید شده به آب برسد، چند دقیقه طول می‌کشد تا این فرایند انجام شود؟

● **پاسخ: الف)** جرم هر لیتر آب، یک کیلوگرم است و گرمای منتقل‌شده در فرایند تبخیر برابر است با:

$$Q = mL_V = 2\times 2250000 = 4/5\times 10^6\ J$$

ب) با استفاده از رابطهٔ توان داریم:

$$P = \frac{Q}{t} \Rightarrow t = \frac{Q}{P} = \frac{4/5\times 10^6}{1/5\times 10^3} = 3\times 10^3\ s = 50\ min$$

مثال: دمای جوش گلیسیرین $290^\circ C$ است. مقدار ۵۰۰ گرم گلیسیرین با دمای $40^\circ C$ داریم. چند کیلوژول گرما باید به گلیسیرین بدهیم تا ۵۰ درصد آن تبخیر شود؟ $(L_V = 974\frac{kJ}{kg}, c = 2400\frac{J}{kg.K})$

● **پاسخ:** ابتدا گرمای تغییر دمای گلیسیرین را محاسبه می‌کنیم:

$$Q = mc\Delta T = 0/5\times 2400\times 250 = 3\times 10^5 J = 300\ kJ$$

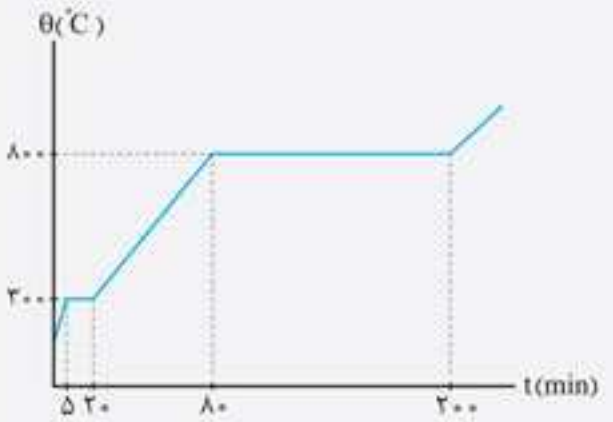
سپس گرمای تبخیر ۵۰ درصد (نصف) گلیسیرین را محاسبه می‌کنیم:

$$Q = mL_V = 0/25\times 974 = 243/5\ kJ$$

بنابراین کل گرمای لازم برابر است با:

$$Q = 300 + 243/5 = 543/5\ kJ$$

مثال: با آهنگ ثابتی به مادهٔ جامدی گرما داده‌ایم و نمودار دما - زمان برای آن، مطابق شکل است. نسبت گرمای نهان تبخیر به گرمای نهان ذوب برای این ماده چه‌قدر است؟ (از اتلاف گرما صرف نظر شود.)



پاسخ: چون آهنگ گرمادهی ثابت است، مدت زمان هر مرحله متناسب با گرمای مبادله شده است. یعنی نسبت $\frac{Q}{\Delta t}$ ثابت است.

قسمت‌هایی که دما ثابت است مرحله‌های ذوب و تبخیر هستند. مدت زمان ذوب با توجه به نمودار برابر ۱۵ دقیقه و مدت زمان تبخیر برابر ۱۲۰ دقیقه است.

$$\frac{Q_F}{\Delta t}=\frac{Q_V}{\Delta t}\Rightarrow\frac{mL_F}{۱۵}=\frac{mL_V}{۱۲۰}\Rightarrow\frac{L_V}{L_F}=۸$$

مثال: در گرماسنجی مخلوطی از آب و یخ وجود دارد. اگر ۱۰۰ گرم بخار آب وارد مخلوط آب و یخ شود، چند گرم یخ ذوب می‌شود؟ (جرم یخ زیاد است طوری که همهٔ آن ذوب نمی‌شود. $L_V=۲۲۵۰\frac{kJ}{kg}$ ، $c_{آب}=۴۲۰۰\frac{J}{kg.K}$ و $L_F=۳۰۰\frac{kJ}{kg}$)

۱) ۵۰۰ ۲) ۷۵۰ ۳) ۸۰۰ ۴) ۸۹۰

پاسخ: ابتدا تغییر حالت‌های بخار را می‌نویسیم و گرمایی که از دست می‌دهد را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{بخار }(۱۰۰^\circ C)\xrightarrow{-mL_V}\text{آب }(۱۰۰^\circ C)\xrightarrow{mc\Delta T}\text{آب }(۰^\circ C)$$

$$Q=-mL_V+mc\Delta T=-۰/۱\times۲۲۵۰-۰/۱\times۴/۲\times۱۰۰=-۲۶۷kJ$$

یعنی بخار آب ۲۶۷ kJ گرما به یخ $۰^\circ C$ می‌دهد که سبب ذوب شدن مقداری یخ می‌شود:

$$Q=-mL_F\Rightarrow۲۶۷=m\times۳۰۰\Rightarrow m=۰/۸۹kg=۸۹۰g$$

تغییر حالت‌های ماده

۱۶۹. کدام‌یک از جمله‌های زیر درست است؟

۱) اگر به جسمی گرما بدهیم، قطعاً دمای آن افزایش می‌یابد.
۲) اگر به جسمی گرما بدهیم، قطعاً حالت (فاز) آن تغییر می‌کند.
۳) اگر به جسمی گرما بدهیم، قطعاً میانگین انرژی جنبشی مولکول‌های آن تغییر می‌کند.
۴) در تغییر حالت (فاز) ماده با وجود این‌که دما ثابت می‌ماند، باید به ماده گرما بدهیم یا از آن گرما بگیریم.

۱۷۰. کدام‌یک از جمله‌های زیر نادرست است؟

۱) تغییر فاز جامد به مایع برای هر ماده در دمای معینی رخ می‌دهد که به آن نقطهٔ ذوب می‌گویند.
۲) افزایش فشار بر مایع سبب بالا رفتن دمای جوش آن می‌شود.
۳) دمای ذوب یخ در اثر افزایش فشار بالا می‌رود.
۴) در تغییر فاز ماده، دمای آن ثابت می‌ماند.

۱۷۱. کدام‌یک از جمله‌های زیر نادرست است؟

۱) برخلاف جامدهای بلورین، جامدهای بی‌شکل مانند شیشه نقطهٔ ذوب کاملاً مشخصی ندارند.
۲) وقتی به یک جامد بلورین گرما می‌دهیم، در هنگام ذوب، دمایش افزایش نمی‌یابد.
۳) نقطهٔ ذوب یک جامد بلورین فقط به جنس آن بستگی دارد.
۴) هنگامی که یک جامد بلورین ذوب می‌شود، به استثنای چند مورد خاص، حجم آن افزایش می‌یابد.

۱۷۲. علت پدیده‌های زیر به‌ترتیب از راست به چپ چه نام دارد؟

الف) آب روی پوست بدن پس از مدتی خشک می‌شود.
ب) روی شیشهٔ سرد حمام قطرات آب دیده می‌شود.
پ) روی شیشهٔ اتومبیل در صبح روزهای خیلی سرد برفک وجود دارد.
ت) جرم آب درون سماور روشن در دمای $۱۰۰^\circ C$ کم می‌شود.

۱) میعان - تبخیر سطحی - انجماد - ذوب
۲) جوشیدن - چگالش - میعان - تبخیر سطحی
۳) تبخیر سطحی - میعان - چگالش - تبخیر
۴) چگالش - میعان - ذوب - تبخیر سطحی

۱۷۳. افزودن ناخالصی مانند نمک طعام به آب سبب ..... دمای انجماد و ..... دمای جوش آن می‌شود.

۱) افزایش ـ افزایش ۲) افزایش ـ کاهش ۳) کاهش ـ افزایش ۴) کاهش ـ کاهش

۱۷۴. کاهش فشار وارد بر آب سبب ..... نقطهٔ انجماد و ..... نقطهٔ جوش آن می‌شود.

۱) افزایش ـ کاهش ۲) کاهش ـ افزایش ۳) کاهش ـ کاهش ۴) افزایش ـ افزایش

۱۷۵. نقطهٔ جوش یک مایع به کدام‌یک از موارد زیر بستگی ندارد؟

۱) فشار هوای وارد بر سطح مایع
۲) ناخالصی موجود در مایع
۳) جنس مایع
۴) گستردگی سطح مایع

۱۷۶. در ارتفاعات تخم‌مرغ ..... آب‌پز می‌شود، زیرا نقطهٔ جوش آب ..... یافته است.

۱) زودتر ـ افزایش
۲) زودتر ـ کاهش
۳) دیرتر ـ افزایش
۴) دیرتر ـ کاهش

۱۷۷. کدام عبارت زیر دربارهٔ تبخیر سطحی یک مایع نادرست است؟

۱) تبخیر سطحی مایع در هر دمایی اتفاق می‌افتد.
۲) با افزایش دما، آهنگ تبخیر سطحی افزایش می‌یابد.
۳) با افزایش فشار هوا، آهنگ تبخیر سطحی افزایش می‌یابد.
۴) با افزایش سطح آزاد مایع، آهنگ تبخیر سطحی افزایش می‌یابد.

محاسبهٔ گرمای ذوب

۱۷۸. گالیم (Ga) فلزی با دمای ذوب $۲۹/۸^\circ C$ و گرمای نهان ذوب $۸۰/۴\frac{kJ}{kg}$ است. شخصی ۲۰ گرم از این فلز را در دست می‌گیرد. هنگامی که گالیم به دمای ذوب خود می‌رسد، چند ژول گرما از دست شخص می‌گیرد تا ذوب شود؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۸۰۴
۲) ۱۶۰۸
۳) ۴۰۲
۴) ۱۶۸۰

۱۷۹. یک صفحهٔ مسی با دمای $۱۵۰^\circ C$ و یک صفحهٔ آلومینیمی با دمای $۲۰۰^\circ C$ را به طور جداگانه روی دو قطعه یخ بزرگ $۰^\circ C$ قرار می‌دهیم. اگر جرم یخ ذوب شده توسط صفحهٔ مسی دو برابر جرم یخ ذوب شده توسط صفحهٔ آلومینیمی باشد، جرم صفحه مسی چند برابر صفحهٔ آلومینیمی بوده است؟ $(c_{Al}=۹۰۰\frac{J}{kg.K}, c_{Cu}=۴۰۰\frac{J}{kg.K})$

۱) ۲
۲) ۳
۳) ۶
۴) $\frac{۳}{۴}$

۱۸۰. از ۵۰۰ گرم آب $۰^\circ C$ در فشار یک اتمسفر، $۱۰۰/۸\,kJ$ گرما می‌گیریم. اگر گرمای نهان ذوب یخ $۳۳۶\frac{kJ}{kg}$ باشد، چند درصد آب منجمد می‌شود؟ (ریاضی ۹۰)

۱) ۲۰
۲) ۴۰
۳) ۶۰
۴) ۸۰

۱۸۱. یک قطعه یخ $۰^\circ C$ به جرم $۵۵/۵kg$ روی یک سطح افقی با تندی اولیهٔ $۶\frac{m}{s}$ توسط ضربه‌ای به حرکت درمی‌آید و پس از مدتی از حرکت می‌ایستد. اگر همهٔ گرمای حاصل از اصطکاک به یخ برسد، تقریباً چند گرم از آن ذوب می‌شود؟ $(L_F=۳۳۳\frac{kJ}{kg})$

۱) ۳
۲) ۳۰
۳) ۱۵۰
۴) ۳۰۰

۱۸۲. مساحت دریاچه‌ای $۵۰۰km^۲$ است. در زمستان لایه‌ای از یخ صفر درجهٔ سلسیوس به ضخامت متوسط $۱۰cm$ سطح دریاچه را می‌پوشاند. دریاچه در بهار چند مگاژول انرژی برای ذوب یخ جذب می‌کند؟ $(\rho_{یخ}=۰/۹\frac{g}{cm^۳}\ ,\ L_F=۳۳۶\frac{kJ}{kg})$ (تجربی ۹۳)

۱) $۱/۵۱۲\times۱۰^۷$
۲) $۱/۵۱۲\times۱۰^{۱۰}$
۳) $۱/۵۱۲\times۱۰^{۱۳}$
۴) $۱/۵۱۲\times۱۰^{۱۶}$

۱۸۳. یک کیلوگرم یخ و $۴\,kg$ آب در فشار یک جو در تعادل گرمایی قرار دارند. به این مجموعه ۵۴۶ کیلوژول گرما می‌دهیم. بعد از رسیدن به تعادل، دمای آب چند درجهٔ سلسیوس است؟ $(L_F=۳۳۶\frac{kJ}{kg}, c_{آب}=۴۲۰۰\frac{J}{kg.K})$ (ریاضی خارج ۸۹)

۱) صفر
۲) ۱۰
۳) ۴۰
۴) ۱۰۰

۱۸۴. به $۵۰۰g$ یخ $-۲۰^\circ C$ مقداری گرما با آهنگ $۱۰/۵\frac{kJ}{min}$ در مدت ۲۰ دقیقه می‌دهیم. دمای نهایی آب حاصل چند درجه سیلسیوس است؟ $(c_{آب}=۲c_{یخ}=۴۲۰۰\frac{J}{kg^\circ C}\ ,\ L_F=۳۳۶۰۰۰\frac{J}{kg})$ (تجربی ۹۹)

۱) صفر
۲) ۵
۳) ۱۰
۴) ۱۵

۱۸۵. اگر گرمای ویژهٔ آب و یخ به‌ترتیب $۴۲۰۰\frac{J}{kg.K}$، $۲۱۰۰\frac{J}{kg.K}$ و همچنین $L_F=۳۳۵۰۰۰\frac{J}{kg}$ باشد، چند کیلوژول گرما لازم است تا ۲۰۰ گرم یخ $-۵^\circ C$ به آب $۵۰^\circ C$ تبدیل شود؟ (تجربی خارج ۹۵)

۱) ۱۱/۳۲
۲) ۱۱۱/۱
۳) ۱۱۳/۲
۴) ۱۱۱۱۰۰

۱۸۶. یک گرمکن الکتریکی با توان ثابت در مدت ۱۷ دقیقه مقداری یخ $-۱۰^\circ C$ را به آب صفر درجهٔ سلسیوس تبدیل می‌کند. این گرمکن پس از چند دقیقهٔ دیگر آب حاصل از ذوب یخ را به آب‌جوش $۱۰۰^\circ C$ تبدیل می‌کند؟ $(L_F=۸۰c_{آب}=۱۶۰c_{یخ})$

۱) ۲۰
۲) ۳۷
۳) ۱۷
۴) ۳۴

۱۸۷. به مقداری یخ صفر درجهٔ سلسیوس در فشار 1atm، گرما می‌دهیم و آن را به آب با دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس تبدیل می‌کنیم. چند درصد گرمای داده شده، صرف ذوب کردن یخ شده است؟ $(c = 4200\frac{J}{kg\cdot K}, L_F = 336\frac{kJ}{kg})$ (تجربی ۱۴۰۰)

۱) ۹۰ ۲) ۸۰ ۳) ۸۵ ۴) ۷۵

۱۸۸. ۲۰ گرم یخ در دمای صفر درجهٔ سلسیوس (نقطهٔ ذوب) قرار دارد. چند ژول گرما لازم است تا آن را ذوب کرده و دمای آب حاصل را به ۵۰ درجهٔ فارنهایت برساند؟ $(L_F = 336\frac{J}{g}, c_{آب} = 4/2\frac{J}{g^\circ C})$ (ریاضی ۱۴۰۰)

۱) ۱۰۹۲۰ ۲) ۹۰۵۰ ۳) ۸۱۹۰ ۴) ۷۵۶۰

دمای تعادل با تغییر حالت (جامد - مایع)

۱۸۹. وقتی قطعه فلزی به جرم 3 kg و دمای 112°C را روی یک قطعه یخ بزرگ 0°C قرار می‌دهیم، ۴۵۰ گرم یخ ذوب می‌شود. اگر تبادل گرما فقط بین فلز و یخ باشد، گرمای ویژهٔ فلز چند واحد SI است؟ $(L_F = 336000\frac{J}{kg})$

۱) ۳۸۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۴۵۰ ۴) ۵۰۰

۱۹۰. یک ظرف عایق محتوی ۸۰۰ گرم آب 10°C است. حداقل چند گرم یخ 0°C باید درون آب بریزیم تا دمای آن به 0°C برسد؟ (فرض کنید تبادل گرما فقط بین آب و یخ صورت می‌گیرد، $L_F = 80c_{آب}$)

۱) ۵۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۱۵۰ ۴) ۲۰۰

۱۹۱. در ظرفی که عایق گرماست، یک قطعه یخ 0°C وجود دارد. اگر ۸۰۰ گرم آب 50°C در ظرف بریزیم، پس از برقراری تعادل گرمایی، ۱۰۰ گرم یخ در ظرف باقی می‌ماند. جرم اولیهٔ یخ چند گرم بوده است؟ (تبادل گرما فقط بین آب و یخ صورت می‌گیرد، $c_{آب} = 4200\frac{J}{kg.K}$ و $L_F = 336000\frac{J}{kg}$) (ریاضی ۹۵)

۱) ۳۰۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۶۰۰

۱۹۲. چند گرم یخ 0°C را درون 6 kg آب 40°C بریزیم، تا در نهایت آب با دمای 10°C حاصل شود؟ (از اتلاف گرما صرف‌نظر می‌شود، $L_F = 336\frac{kJ}{kg}$ و $c_{آب} = 4200\frac{J}{kg.K}$) (ریاضی ۸۷)

۱) ۵۰۰ ۲) ۱۰۰۰ ۳) ۱۵۰۰ ۴) ۲۰۰۰

۱۹۳. در ظرفی ۱۰۰ گرم آب 100°C و ۱۰۰ گرم یخ 0°C می‌ریزیم. اگر ظرفیت گرمایی ظرف ناچیز باشد و از مبادلهٔ گرما با محیط صرف نظر شود، دمای نهایی مجموعه چند درجهٔ سلسیوس می‌شود؟ $(L_F = 336\frac{J}{g}, c_{آب} = 4/2\frac{J}{g.K})$ (ریاضی ۸۶)

۱) صفر ۲) ۳۰ ۳) ۲۰ ۴) ۱۰

۱۹۴. قطعه یخی به جرم m و دمای 0°C را درون همان مقدار آب 90°C می‌اندازیم. اگر از اتلاف گرما صرف‌نظر کنیم، دمای تعادل چند درجهٔ سلسیوس خواهد شد؟ $(L_F = 80\times 4200\frac{J}{kg}, c_{آب} = 4200\frac{J}{kg.K})$ (تجربی ۹۰)

۱) صفر ۲) ۲/۵ ۳) ۵ ۴) ۱۰

۱۹۵. ۱۰۰ گرم یخ 0°C را با ۱۰۰گرم آب 50°C مخلوط می‌کنیم. پس از تعادل گرمایی، دمای تعادل چند درجهٔ سلسیوس می‌شود؟ $(L_F = 340\frac{J}{g}, c_{آب} = 4/2\frac{J}{g^\circ C})$

۱) ۲۵ ۲) ۱۵ ۳) ۱۰ ۴) صفر

۱۹۶. درون ظرفی ۴۰۰ گرم مخلوط آب و یخ در دمای 0°C در حالت تعادل قرار دارد. اگر فلزی به جرم ۲۰۰ گرم و دمای 105°C را داخل آب بیندازیم، بعد از برقراری تعادل، دمای آب به 5°C می‌رسد. جرم یخ چند گرم بوده است؟ $(c_{آب} = 4200\frac{J}{kg.K}, L_F = 336\frac{kJ}{kg}, c_{فلز} = 840\frac{J}{kg.^\circ C})$ (تجربی ۹۴)

۱) ۲/۵ ۲) ۵ ۳) ۲۵ ۴) ۵۰

۱۹۷. مخلوطی از 1kg آب و 1kg یخ در تعادل گرمایی قرار دارند. یک گلولهٔ فلزی ۳۰۰ گرمی که دمای آن 80°C و گرمای ویژهٔ آن $420\frac{J}{kg.K}$ است، درون آن می‌اندازیم. تا رسیدن به تعادل گرمایی چند گرم از یخ ذوب می‌شود؟ $(c_{آب} = 4200\frac{J}{kg.K}, L_F = 336\frac{kJ}{kg})$ (ریاضی خارج ۹۶)

۱) ۲۰ ۲) ۳۰ ۳) ۵۰ ۴) ۱۰۰

۱۹۸. ظرفی محتوی ۱۰۰۰ گرم آب و ۲۰۰ گرم یخ 0°C، در تعادل گرمایی است. یک قطعه فلز به گرمای ویژهٔ $400\frac{J}{kg.K}$ و دمای 250°C را درون ظرف می‌اندازیم. جرم فلز حداقل چند گرم باشد، تا یخی در ظرف باقی نماند؟ $(L_F = 336000\frac{J}{kg}, c_{آب} = 4200\frac{J}{kg.K}$ و اتلاف گرما ناچیز است.) (ریاضی ۹۶)

۱) ۳۷۵ ۲) ۶۷۲ ۳) ۸۶۰ ۴) ۹۵۰

۱۵۳. ۱ ۲ ۳ ۴

ابتدا باید دمای تعادل را محاسبه کنیم و همان‌طور که می‌دانیم باید مجموع گرماهای مبادله شده را برابر صفر قرار دهیم:

$$\text{آب}\,(11/5^\circ C)\xrightarrow{Q_1}\text{آب}\,(\theta_e{}^\circ C)$$

$$\text{مس}\,(100^\circ C)\xrightarrow{Q_2}\text{مس}\,(\theta_e{}^\circ C)$$

$$Q_1+Q_2=0\Rightarrow 800\times 4200\times(\theta_e-11/5)+420\times 380(\theta_e-100)=0$$

اگر همهٔ جمله‌ها را بر ۴۲۰۰ تقسیم کنیم، داریم:

$$800(\theta_e-11/5)+38(\theta_e-100)=0\Rightarrow 118\theta_e=4720\Rightarrow\theta_e=40^\circ C$$

حال می‌توانیم تغییر دمای آب را محاسبه کنیم:

$$\Delta\theta=40-11/5=28/5^\circ C=28/5K$$

تذکر: هنگامی که در محاسبه به جواب ۴۰ می‌رسیم و در گزینه‌ها وجود دارد، باید به صورت تست مراجعه کنیم و ببینیم که چه چیزی را خواسته است، تا در پاسخ دادن به تست دچار اشتباه نشویم.

۱۵۴. ۱ ۲ ۳ ۴

روش اول:

$$\theta_e=\frac{(mc\theta_1)_{\text{آب}}+(mc\theta_1)_{\text{فلز}}}{(mc)_{\text{آب}}+(mc)_{\text{فلز}}}$$

$$=\frac{(800\times 4200\times 0)+(420\times 400\times 84)}{(800\times 4200)+(420\times 400)}=4^\circ C$$

روش دوم:

$$Q_{\text{آب}}+Q_{\text{فلز}}=0\Rightarrow Q_{\text{آب}}=-Q_{\text{فلز}}$$

$$mc\Delta\theta_{\text{آب}}=mc\Delta\theta_{\text{فلز}}$$

$$\Rightarrow 800\times 4200\times(\theta-0)=-420\times 400\times(\theta-84)$$

برای راحتی در محاسبات، دو طرف را در 4×42000 تقسیم می‌کنیم:

$$20\theta=-\theta+84\Rightarrow 21\theta=84\Rightarrow\theta=4^\circ C$$

۱۵۵. ۲ ۳ ۴ ۱

ابتدا باید جرم اجسام را از رابطهٔ چگالی محاسبه کنیم:

$$m=\rho V\Rightarrow\begin{cases}m_{Al}=2/7\times 200=540g\\ m_{\text{آب}}=1\times 540=540g\end{cases}$$

حال مجموع گرماهای مبادله شده را برابر صفر قرار می‌دهیم:

$$\text{آب}\,(20^\circ C)\xrightarrow{Q_1}\text{آب}\,(\theta_e{}^\circ C)$$

$$\text{آلومینیم}\,(100^\circ C)\xrightarrow{Q_2}\text{آلومینیم}\,(\theta_e{}^\circ C)$$

$$Q_1+Q_2=0\Rightarrow 540\times 4/2\times(\theta_e-20)+540\times 0/9\times(\theta_e-100)=0$$

همهٔ جمله‌ها را بر ۵۴۰ تقسیم می‌کنیم:

$$4/2\theta_e-84+0/9\theta_e-90=0\Rightarrow 5/1\theta_e=174\Rightarrow\theta_e\simeq 34^\circ C$$

۱۵۶. ۱ ۲ ۳

دمای تعادل برای مس و آلومینیم یکسان است. تغییر دمای مس برابر (θ_e-95) و تغییر دمای آلومینیم برابر (θ_e-90) است. چون θ_e را نمی‌دانیم، نمی‌توانیم تغییرات دمای مس و آلومینیم را محاسبه کنیم و در نتیجه نمی‌توانیم نسبت گرماهایی که از دست داده‌اند را محاسبه کنیم.

$$\frac{Q_{Al}}{Q_{Cu}}=\frac{m_{Al}c_{Al}\Delta\theta_{Al}}{m_{Cu}c_{Cu}\Delta\theta_{Cu}}$$

$$\xrightarrow{\text{جایگذاری می‌کنیم}}\frac{Q_{Al}}{Q_{Cu}}=\frac{1\times 900\times(\theta_e-90)}{2\times 400\times(\theta_e-95)}$$

حاصل کسر بالا به θ_e بستگی دارد.

۱۵۷. ۱ ۲ ۳

با توجه به این‌که $\frac{1}{6}$ گرمایی که گلوله از دست می‌دهد به محیط داده شده

پس $\frac{5}{6}$ گرمایی که گلوله از دست می‌دهد به آب داده می‌شود.

$$\frac{5}{6}C(20-100)+mc_{\text{آب}}(20-0)=0$$

$$\Rightarrow 2\times 4200\times 20=\frac{5}{6}C\times 80\Rightarrow C=2520\frac{J}{K}$$

۱۵۸. ۱ ۲ ۳

از رابطهٔ تعادل گرمایی استفاده می‌کنیم:

$$\text{آب}\,(50^\circ C)\xrightarrow{Q_1}\text{آلومینیم}\,(52^\circ C)\ ,\ \text{آب}\,(94^\circ C)\xrightarrow{Q_2}\text{آلومینیم}\,(52^\circ C)$$

$$Q_1+Q_2=m_1c_1(\theta-\theta_1)+m_2c_2(\theta-\theta_2)=0$$

$$4/5\times 4200\times(52-50)+m_2\times 900\times(52-94)=0\Rightarrow m_2=1kg$$

آزمون مبحثی ۱

۱۵۹. ۲ ۳ ۱

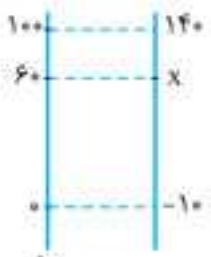
فاصلهٔ درجه‌بندی‌ها در مقیاس سلسیوس و کلوین یکسان است. بنابراین تغییرات دما در آن‌ها برابر است.

کمیت دماسنجی در دماسنج‌های محتوی مایع، ارتفاع مایع در لوله است که با تغییر حجم مایع، تغییر می‌کند و به جنس مایع بستگی ندارد. بنابراین **گزینهٔ ۱** نادرست است.

در دماسنج با مقیاس کلوین، فاصلهٔ بین نقاط ثابت دماسنجی به ۱۰۰ قسمت و در دماسنج با مقیاس فارنهایت به ۱۸۰ قسمت تقسیم می‌شود. بنابراین **گزینهٔ ۲** نادرست است.

عددی که دماسنج با مقیاس کلوین نشان می‌دهد، ۲۷۳ واحد بیشتر از عددی است که دماسنج با مقیاس سلسیوس در همان محیط نشان می‌دهد. بنابراین **گزینهٔ ۴** نادرست است.

۱۶۰. ۱ ۲ ۳ ۴



$$\frac{60-0}{100-0}=\frac{x-(-10)}{140-(-10)}$$

$$\Rightarrow\frac{6}{10}=\frac{x+10}{150}\Rightarrow x=80$$

۱۶۱. ۱ ۲ ۳ ۴

با توجه به این‌که طول اولیهٔ دو میله یکسان است، اختلاف طول آن‌ها در دمای $100^\circ C$، برابر اختلاف تغییر طول آن‌هاست:

$$\Delta L_{Cu}-\Delta L_{Fe}=0/25\times 10^{-3}$$

$$\Rightarrow L\times\Delta\theta(\alpha_{Cu}-\alpha_{Fe})=25\times 10^{-5}$$

$$\Rightarrow L\times 100\times(5\times 10^{-6})=25\times 10^{-5}\Rightarrow L=\frac{1}{2}m=50cm$$

۱۶۲. ۱ ۲ ۳ ۴

درصد انبساط حجمی برابر $\frac{\Delta V}{V_1}\times 100$ است که برابر $3\alpha\Delta T\times 100$ می‌شود:

$$\text{درصد انبساط حجمی}=3\alpha\Delta T\times 100=3\times 10^{-5}\times 100\times 100=0/3\%$$

۱۶۳. ۱ ۲ ۳

حجم مایع بیرون ریخته از ظرف برابر انبساط ظاهری مایع است:

$$\Delta V_{\text{ظاهری}}=V_1(\beta-3\alpha)\Delta T$$

$$\Rightarrow 80=4\times 10^3\times(4/3\times 10^{-4}-3\alpha)\times 50$$

$$\Rightarrow 80=2\times 10^5(4/3\times 10^{-4}-3\alpha)$$

$$\Rightarrow 80=86-6\times 10^5\alpha\Rightarrow\alpha=10^{-5}\frac{1}{K}$$

۱۶۴. ۲ ۳ ۴

با توجه به رابطهٔ $Q=C\Delta\theta$ و برابر بودن Q برای دو جسم، داریم:

$$Q_A=Q_B\Rightarrow C_A\Delta\theta_A=C_B\Delta\theta_B$$

$$\Rightarrow 3C_B\Delta\theta_A=C_B(\Delta\theta_A+20)\Rightarrow 3\Delta\theta_A=\Delta\theta_A+20$$

$$\Rightarrow\Delta\theta_A=10^\circ C\ ,\ \Delta T_A=\Delta\theta_A\Rightarrow\Delta T_A=10K$$

۱۶۵. گزینه ۲

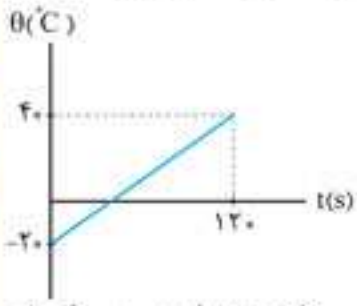
برای جسم (۱) $\Rightarrow Q = m_1 c_1 \Delta\theta$

برای جسم (۲) $\Rightarrow \frac{5}{4}Q = m_2 c_2 \Delta\theta$

$$\xrightarrow{\text{دو رابطه را بر هم تقسیم می‌کنیم}} \frac{Q}{\frac{5}{4}Q} = \frac{m_1 c_1 \Delta\theta}{m_2 c_2 \Delta\theta}$$

$$\Rightarrow \frac{4}{5} = \frac{m_1 c_1}{m_2 c_2} \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{4c_2}{5c_1}$$

۱۶۶. گزینه ۲



با توجه به نمودار تغییر دمای جسم برابر $60^\circ C$ است و گرمایی که جسم گرفته برابر است با:

$$Q = mc\Delta\theta = 0/1 \times 400 \times 60 = 2400\,J$$

این گرما در مدت زمان ۱۲۰ ثانیه به جسم داده شده است. پس گرمای گرفته شده توسط جسم در هر ثانیه برابر است با: $\frac{Q}{t} = \frac{2400}{120} = 20\,\frac{J}{s}$

۱۶۷. گزینه ۲

گرمای تولیدی توسط گرمکن برابر است با: $Q_1 = Pt = (300 \times 24)J$

گرمایی که مایع گرفته برابر است با:

$$Q_2 = mc\Delta T = 60 \times 10^{-3} \times 1500 \times 20 = (150 \times 12)J$$

درصد گرمای رسیده به مایع برابر است با:

$$\frac{Q_2}{Q_1} \times 100 = \frac{150 \times 12}{300 \times 24} \times 100 = 25\%$$

۱۶۸. گزینه ۲

ابتدا تغییرات ایجاد شده را مشخص می‌کنیم و سپس مجموع گرماهای مبادله شده را برابر صفر قرار می‌دهیم:

$$\text{آب}(2^\circ C) \xrightarrow{Q_2} (2^\circ C)\text{آب}(0^\circ C)\ ,\ \text{ظرف}(2^\circ C) \xrightarrow{Q_1} \text{ظرف}(12^\circ C)$$

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow C(-10) + 50 \times 10^{-3} \times 4200 \times 2 = 0 \Rightarrow C = 42\,\frac{J}{K}$$

۱۶۹. گزینه ۳

تغییر حالت ماده سبب تغییر در انرژی پتانسیل بین مولکولی آن می‌شود. یعنی انرژی درونی تغییر می‌کند و ماده باید گرما بگیرد یا از دست بدهد.

وقتی به جسمی گرما می‌دهیم، ممکن است تغییر دما یا تغییر حالت داشته باشد. بنابراین **گزینهٔ ۱و۲** که کلمهٔ قطعاً در آن‌ها آمده نادرست هستند.

در تغییر حالت ماده، دما و میانگین انرژی جنبشی مولکول‌های آن ثابت می‌ماند. بنابراین **گزینهٔ ۳** نادرست است.

۱۷۰. گزینه ۴

افزایش فشار در بیشتر موارد سبب بالا رفتن دمای ذوب جامد می‌شود ولی در مورد یخ حالت استثنا وجود دارد و افزایش فشار سبب کاهش دمای ذوب یخ می‌شود.

نقطهٔ ذوب، دمای تغییر فاز از جامد به مایع است، پس **گزینهٔ ۱** درست است.

افزایش فشار، دمای جوش را بالا می‌برد، زیرا مولکول‌ها برای خارج شدن از سطح مایع به انرژی بیشتری برای مقابله با آن فشار، نیاز دارند. بنابراین **گزینهٔ ۲** درست است.

هنگام تغییر فاز، میانگین انرژی جنبشی مولکول‌ها تغییر نمی‌کند. بنابراین دما نیز ثابت می‌ماند و فقط پیوند بین مولکول‌ها سست می‌شود. بنابراین **گزینهٔ ۴** درست است.

۱۷۱. گزینه ۴

نقطهٔ ذوب یک جامد بلورین علاوه بر جنس آن به فشار وارد بر آن نیز بستگی دارد.

جامدهای بی‌شکل مانند شیشه و جامدهای ناخالص مانند قیر قبل از ذوب به حالت خمیری درمی‌آیند و در یک بازهٔ دمایی به تدریج ذوب می‌شوند بنابراین **گزینهٔ ۱** درست است.

هنگامی که دمای جامد بلورین به نقطهٔ ذوب می‌رسد، افزایش دمای آن متوقف می‌شود تا این‌که کاملاً ذوب شود. بنابراین **گزینهٔ ۲** درست است.

حجمی که بلور با آرایش منظم مولکول‌ها در حالت جامد اشغال می‌کند، کمتر از حجمی است که در حالت مایع با آرایش مولکولی نامنظم اشغال می‌شود. (به‌جز موارد استثنا مانند یخ) بنابراین **گزینهٔ ۴** نیز درست است.

۱۷۲. گزینه ۳

۱۷۳. گزینه ۳

۱۷۴. گزینه ۱

۱۷۵. گزینه ۳

گسترده‌گی سطح مایع در آهنگ تبخیر سطحی مؤثر است، ولی نقطهٔ جوش مایع فقط به جنس مایع و ناخالصی در مایع و فشار هوای وارد بر سطح مایع بستگی دارد.

۱۷۶. گزینه ۳

در ارتفاعات که فشار هوا کمتر از سطح زمین است نقطهٔ جوش آب کاهش می‌یابد و در نتیجه مدت زمان لازم برای آب‌پز شدن تخم‌مرغ طولانی می‌شود.

۱۷۷. گزینه ۳

افزایش فشار هوا باعث می‌شود که مولکول‌ها برای خارج شدن از مایع به انرژی بیشتری نیاز داشته باشند، در نتیجه آهنگ تبخیر سطحی کاهش می‌یابد.

تبخیر سطحی با افزایش سطح و افزایش دما بیشتر می‌شود.

۱۷۸. گزینه ۲

باید گرمای ذوب را محاسبه کنیم:

$$Q = mL_F = 20 \times 10^{-3} \times 80/4 \times 10^3 = 1608\,J$$

۱۷۹. گزینه ۲

$$\left.\begin{aligned} m'L_F &= m_{Cu} \times c_{Cu} \times \Delta\theta \\ m''L_F &= m_{Al} \times c_{Al} \times \Delta\theta \end{aligned}\right\} \xrightarrow{\text{تقسیم دو رابطه}}$$

$$\frac{m'}{m''} = \frac{m_{Cu} \times 400 \times 150}{m_{Al} \times 900 \times 200} = 2 \Rightarrow \frac{m_{Cu}}{m_{Al}} = 6$$

۱۸۰. گزینه ۲

فرایند انجماد گرماده است و گرمای انجماد برابر منفی گرمای ذوب است:

$$-m \times L_F = -100/8$$

جرم آبی که منجمد می‌شود، برابر است با:

$$m \times 336 = 100/8 \Rightarrow m = 0/3\,kg = 300\,g$$

و در نهایت می‌توان نوشت: $\text{درصد آب منجمدشده} = \frac{300}{500} \times 100 = 60\%$

۱۸۱. گزینه ۲

یادآوری: گرمای حاصل از اصطکاک برابر قدر مطلق تغییرات انرژی مکانیکی قطعهٔ یخ است و این گرما صرف ذوب یخ می‌شود. یعنی برابر گرمای ذوب یخ است.

اگر جرم یخ ذوب شده را m' فرض کنیم، داریم: $m'L_F = \left|\frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)\right|$

$$\Rightarrow m' \times 333000 = \frac{1}{2} \times 55/5 \times 36 \Rightarrow m' = 0/003kg = 3g$$

۱۸۲. گزینه ۱

ابتدا باید حجم یخ را محاسبه کنیم و سپس جرم یخ را به‌دست آوریم:

$$V = A \times h = 500 \times 10^6 \times 0/1 = 5 \times 10^7\,m^3$$

$m=\rho V=۹۰۰\times۵\times۱۰^{۷}=۴۵\times۱۰^{۹}kg$

گرمایی که برای ذوب یخ لازم است برابر است با:

$Q=mL_F=۴۵\times۱۰^{۹}\times۳۳۶۰۰۰=۱/۵۱۲\times۱۰^{۱۶}J=۱/۵۱۲\times۱۰^{۱۰}MJ$

۱۸۳. ۴ ۳ ۲ ۱

مقداری از گرمای داده شده به مجموعه صرف ذوب شدن یخ می‌شود و گرمای باقی‌مانده دمای مجموعه را بالا می‌برد.

$Q_F=mL_F=۱\times۳۳۶=۳۳۶kJ\ ,\ ۵۴۶-۳۳۶=۲۱۰kJ$

مقدار ۲۱۰ کیلوژول گرما، صرف بالا رفتن دمای $۵\,kg$ آب می‌شود:

$Q=mc\Delta\theta\Rightarrow ۲۱۰۰۰۰=۵\times۴۲۰۰\times(\theta-۰)\Rightarrow\theta=۱۰^{\circ}C$

۱۸۴. ۴ ۳ ۲ ۱

سه گزینه دمای آب را بالاتر از صفر بیان کرده‌اند، بنابراین فرض می‌کنیم دمای آب $\theta^{\circ}C$ است:

$(-۲۰^{\circ}C)\text{یخ}\xrightarrow{Q_۱}(۰^{\circ}C)\text{یخ}\xrightarrow{Q_۲}(۰^{\circ}C)\text{آب}\xrightarrow{Q_۳}(\theta^{\circ}C)\text{آب}$

$P=\frac{Q}{t}\Rightarrow Pt=Q\Rightarrow Pt=Q_۱+Q_۲+Q_۳\Rightarrow Pt=$

$۱۰/۵\times۱۰^{۳}\times۲۰=(۰/۵\times۲۱۰۰\times۲۰)+(۰/۵\times۳۳۶۰۰۰)+(۰/۵\times۴۲۰۰\times\theta)$

$\xrightarrow[\text{تقسیم می‌کنیم}]{\text{دو طرف تساوی را بر }۱۰^{۳}}$

$۱۰/۵\times۲۰=(۰/۵\times۲۱\times۲)+(۰/۵\times۳۳۶)+(۰/۰۵\times۴۲\theta)$

$\xrightarrow[\text{تقسیم می‌کنیم}]{\text{دو طرف را بر }۲۱}۱۰=۱+۸+۰/۱\theta\Rightarrow۱=۰/۱\theta\Rightarrow\theta=۱۰^{\circ}C$

۱۸۵. ۴ ۳ ۲ ۱

ابتدا یخ $-۵^{\circ}C$ به یخ $۰^{\circ}C$ و سپس به آب $۰^{\circ}C$ و بعد از آن به آب $۵۰^{\circ}C$ تبدیل می‌شود. بنابراین سه مرحله باید به آن گرما بدهیم و گرمای کل برابر مجموع آن‌هاست.

$Q_۱=mc_{\text{یخ}}\Delta\theta=۰/۲\times۲۱۰۰\times۵=۲۱۰۰J$

$Q_F=mL_F=۰/۲\times۳۳۵۰۰۰=۶۷۰۰۰J$

$Q_۲=mc_{\text{آب}}\Delta\theta=۰/۲\times۴۲۰۰\times۵۰=۴۲۰۰۰J$

$Q_{\text{کل}}=۲۱۰۰+۶۷۰۰۰+۴۲۰۰۰=۱۱۱۱۰۰J=۱۱۱/۱kJ$

۱۸۶. ۴ ۳ ۲ ۱

$P=\frac{Q_۱}{t_۱}=\frac{Q_۲}{t_۲}\Rightarrow\frac{mc_{\text{یخ}}\Delta\theta+mL_F}{t_۱}=\frac{mc_{\text{آب}}\Delta\theta}{t_۲}$

$\Rightarrow\frac{۱۰c_{\text{یخ}}+۱۶۰c_{\text{یخ}}}{۱۷}=\frac{۲۰۰c_{\text{یخ}}}{t_۲}\Rightarrow t_۲=۲۰min$

۱۸۷. ۴ ۳ ۲ ۱

گام اول: تغییرات حالت و دمای یخ را مشخص می‌کنیم:

$(۰^{\circ}C)\text{یخ}\xrightarrow{Q_۱}(۰^{\circ}C)\text{آب}\xrightarrow{Q_۲}(۲۰^{\circ}C)\text{آب}$

گرمایی که صرف ذوب شدن یخ $(Q_۱)$ و بالا رفتن دمای آب تا $۲۰^{\circ}C$ $(Q_۲)$ می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

ترفند محاسباتی: $۳۳۶۰۰۰=۸۰\times۴۲۰۰$

$Q_۱=mL_F=m\times۳۳۶۰۰۰=۸۰\times۴۲۰۰\times m$

$Q_۲=mc\Delta\theta=m\times۴۲۰۰\times۲۰=۲۰\times۴۲۰۰m$

گام دوم: $Q_T=Q_۱+Q_۲=(۸۰+۲۰)\times۴۲۰۰m$ گرمای کل

$\Rightarrow Q_T=۱۰۰\times۴۲۰۰\times m$

$\frac{Q_۱}{Q_T}\times۱۰۰=\frac{۸۰\times۴۲۰۰\times m}{۱۰۰\times۴۲۰۰\times m}\times۱۰۰=۸۰٪$

۱۸۸. ۴ ۳ ۲ ۱

گام اول: دمای نهایی را بر حسب درجهٔ سلسیوس محاسبه می‌کنیم:

$F=۱/۸\theta+۳۲\Rightarrow۵۰=۱/۸\theta+۳۲\Rightarrow\theta=۱۰^{\circ}C$

گام دوم: تغییر حالت و دمای یخ را مشخص کرده و از رابطهٔ گرمایی استفاده می‌کنیم:

$(۰^{\circ}C)\text{یخ}\xrightarrow{Q_F}(۰^{\circ}C)\text{آب}\xrightarrow{Q_۱}(۱۰^{\circ}C)\text{آب}$

$Q_T=Q_۱+Q_F=mc\Delta\theta+mL_F$

$\Rightarrow Q_T=\frac{۲}{۱۰۰}\times۴۲۰۰\times۱۰+\frac{۲}{۱۰۰}\times۳۳۶\times۱۰^{۳}=۷۵۶۰J$

۱۸۹. ۴ ۳ ۲ ۱

با توجه به این‌که یخ بزرگ است، دمای تعادل $۰^{\circ}C$ می‌شود.

گرمایی که فلز از دست می‌دهد تا به دمای $۰^{\circ}C$ برسد، صرف ذوب شدن مقدار ۴۵۰ گرم یخ شده است.

$Q_F+Q_{\text{فلز}}=۰\Rightarrow۴۵۰\times۱۰^{-۳}\times۳۳۶۰۰۰=-۳\times c\times(۰-۱۱۲)$

$\Rightarrow c=۴۵۰\frac{J}{kg.K}$

۱۹۰. ۴ ۳ ۲ ۱

روش اول:

تذکر: حداقل مقدار یخ برای حالتی است که تمام یخ ذوب شود.

ابتدا تغییرات انجام شده را می‌نویسیم:

$(۰^{\circ}C)\text{یخ}\xrightarrow{Q_۲}(۰^{\circ}C)\text{آب}\xleftarrow{Q_۱}(۱۰^{\circ}C)\text{آب}$

حال مجموع گرماهای مبادله شده را برابر صفر قرار می‌دهیم:

$Q_۱+Q_F=۰\Rightarrow m_۱L_F+m_۲c\Delta\theta=۰$

$\Rightarrow۸۰m_۱+۸۰۰\times(-۱۰)=۰\Rightarrow m_۱=۱۰۰g$

روش دوم: با توجه به رابطهٔ $m_{\text{یخ ذوب‌شده}}=\frac{\theta}{۸۰}\times m_{\text{آب}}$ داریم:

$m_{\text{یخ ذوب‌شده}}=\frac{۱۰}{۸۰}\times۸۰۰=۱۰۰g$

۱۹۱. ۴ ۳ ۲ ۱

با توجه به رابطهٔ $m_{\text{یخ ذوب‌شده}}=\frac{\theta}{۸۰}\times m_{\text{آب}}$ می‌توانیم جرم یخ ذوب شده را به‌دست آوریم:

$m_{\text{یخ ذوب‌شده}}=\frac{۵۰}{۸۰}\times۸۰۰=۵۰۰g$

مقدار ۱۰۰ گرم یخ نیز باقی مانده است، بنابراین جرم یخ اولیه برابر است با:

$۵۰۰+۱۰۰=۶۰۰g$

۱۹۲. ۴ ۳ ۲ ۱

ابتدا تغییرات ایجاد شده تا دمای تعادل را می‌نویسیم و مجموع گرماهای مبادله شده را برابر صفر قرار می‌دهیم:

$(۴۰^{\circ}C)\text{آب}\xrightarrow{Q_۱}(۱۰^{\circ}C)\text{آب}\xleftarrow{Q_۲}(۰^{\circ}C)\text{آب}\xleftarrow{Q_F}(۰^{\circ}C)\text{یخ}$

$Q_۱+Q_۲+Q_F=۰$

$۶\times۴۲۰۰\times(-۳۰)+m\times۴۲۰۰\times۱۰+m\times۳۳۶۰۰۰=۰$

همهٔ جمله‌ها را بر ۴۲۰۰۰ تقسیم می‌کنیم:

$-۱۸+m+۸m=۰\Rightarrow m=۲kg=۲۰۰۰g$

۱۹۳. ۴ ۳ ۲ ۱

باید مجموع گرماهای مبادله شده را برابر با صفر قرار دهیم:

$(۱۰۰^{\circ}C)\text{آب}\xrightarrow{Q_۱}(\theta_e{}^{\circ}C)\text{آب}\xleftarrow{Q_۲}(۰^{\circ}C)\text{آب}\xleftarrow{Q_F}(۰^{\circ}C)\text{یخ}$

$Q_۱+Q_۲+Q_F=۰$

$\Rightarrow۱۰۰\times۴/۲\times(\theta_e-۱۰۰)+۱۰۰\times۴/۲(\theta_e-۰)+۱۰۰\times۳۳۶=۰$

همهٔ جمله‌ها را بر ۴۲۰ تقسیم می‌کنیم:

$\theta_e-۱۰۰+\theta_e+۸۰=۰\Rightarrow۲\theta_e=۲۰\Rightarrow\theta_e=۱۰^{\circ}C$