فشار کل

۵۵. اگر در عمق ۵ سانتی‌متری مایعی فشار ۱۰۰ کیلوپاسکال و در عمق ۲۰ سانتی‌متری آن فشار ۱۰۶ کیلوپاسکال باشد، فشار هوا در محیط چندکیلوپاسکال است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$ (ریاضی ۱۴۰۰)

۱) ۹۶ ۲) ۹۷ ۳) ۹۸ ۴) ۹۹

۵۶. در مکانی که فشارهوا $1.025\times10^5 Pa$ است، اگر از عمق ۱۰ سانتی‌متری مایعی، به عمق ۵۲ سانتی‌متری برویم، فشار ۱/۵ برابر می‌شود. چگالی مایع چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$ (تجربی ۱۴۰۰)

۱) ۲/۵ ۲) ۲/۶ ۳) ۱۳/۵ ۴) ۱۳/۸

۵۷. اگر فشار هوا $10^5 Pa$ باشد، فشار در عمق ۲ متری آب یک استخر به ترتیب از راست به چپ چند پاسکال و تقریباً چند سانتی‌متر جیوه است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2}, \rho_{آب} = 1\frac{g}{cm^3}, \rho_{جیوه} = 13/6\frac{g}{cm^3})$ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) $1/2\times10^5$ و ۸۸/۲ ۲) $1/2\times10^6$ و ۷۶/۳ ۳) 3×10^5 و ۸۸/۲ ۴) 3×10^6 و ۷۶/۳

۵۸. در چه عمقی از سطح دریا (برحسب متر) فشار، دو برابر فشار جو است؟ (فشار جو را $10^5 Pa$ و چگالی آب را $1000\frac{kg}{m^3}$ در نظر بگیرید.)

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۴۰

۵۹. لولهٔ بلندی به صورت قائم نگه‌داشته شده و در آن تا ارتفاع ۴cm جیوه ریخته شده است. اگر فشار هوا $1.0336\times10^5 Pa$ باشد، ارتفاع جیوهٔ درون لوله را به چند سانتی‌متر برسانیم تا فشار در ته لوله دو برابر شود؟ $(g = 10\frac{m}{s^2}, \rho_{جیوه} = 13/6\frac{g}{cm^3})$ (ریاضی ۹۷)

۱) ۸۴ ۲) ۸۲ ۳) ۸۰ ۴) ۷۸

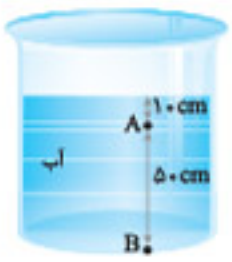
۶۰. در یک لولهٔ استوانه‌ای که مساحت قاعدهٔ آن $15cm^2$ است، تا ارتفاع ۲۰cm مایعی به چگالی $2\frac{g}{cm^3}$ قرار دارد. چند لیتر از مایع دیگری به چگالی $0.6\frac{g}{cm^3}$ به مایع درون لوله اضافه کنیم تا فشار ته لوله، ۱۰ درصد افزایش یابد؟ $(g = 10\frac{m}{s^2}, \rho = 13/6\frac{g}{cm^3}, P_0 = 75cmHg)$ (تجربی خارج ۱۴۰۲)

۱) ۲ ۲) ۲/۵ ۳) ۱ ۴) ۱/۵

۶۱. ابعاد ظرف استوانه‌ای B، دو برابر ابعاد ظرف استوانه‌ای A است. ظرف A را پر از آب می‌کنیم و هم جرم با آب، در استوانهٔ B جیوه می‌ریزیم. فشاری که آب بر کف ظرف A وارد می‌کند، چند برابر فشاری است که جیوه بر کف ظرف B وارد می‌کند؟ $(\rho_{جیوه} = 13/6\rho_{آب})$ (تجربی خارج ۹۶)

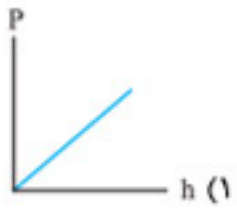
۱) $\frac{1}{13/6}$ ۲) $\frac{1}{4}$ ۳) ۱۳/۶ ۴) ۴

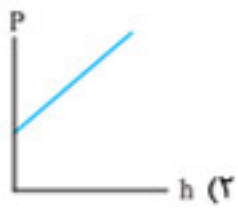
۶۲. در شکل زیر، فشار در نقطهٔ B چند برابر فشار در نقطهٔ A است؟ $(P_0 = 9/9\times10^4 Pa, \rho = 1\frac{g}{cm^3}, g = 10\frac{N}{kg})$ (تجربی ۸۹)

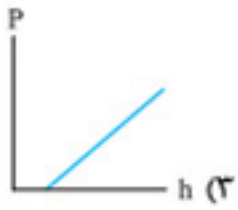


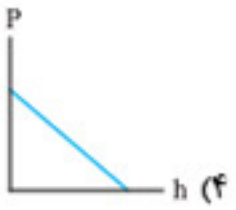
۱) $\frac{5}{4}$ ۲) $\frac{6}{5}$ ۳) $\frac{20}{19}$ ۴) $\frac{21}{20}$

۶۳. کدام گزینه نمودار فشار در عمق یک مایع را برحسب عمق آن (h) به درستی نشان می‌دهد؟

۱) 

۲) 

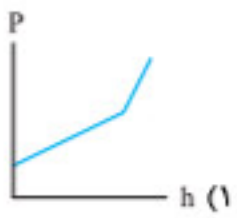
۳) 

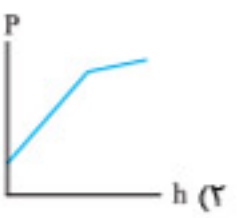
۴) 

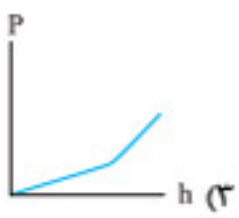
۶۴. اگر فشار در عمق h از سطح دریا برابر P_1 و در عمق ۲h برابر P_2 باشد، کدام رابطهٔ زیر صحیح است؟

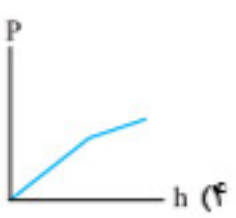
۱) $P_2 = P_1$ ۲) $2P_1 > P_2 > P_1$ ۳) $P_2 = 2P_1$ ۴) $2P_1 \geq P_2 > P_1$

۶۵. مطابق شکل دو مایع مخلوط‌نشدنی در یک ظرف استوانه‌ای قرار دارند. اگر از سطح مایع بالایی به طرف کف ظرف برویم، نمودار فشار برحسب عمق کدام گزینه خواهد بود؟

۱) 

۲) 

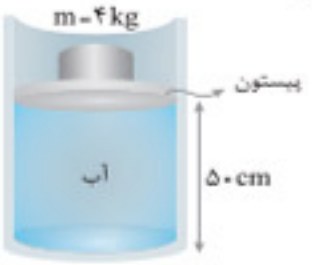
۳) 

۴) 

۶۶. در یک لولهٔ استوانه‌ای که مساحت قاعدهٔ آن $۲۰\,cm^۲$ است، ۲۷۲ گرم جیوه و ۵۴۴ گرم آب می‌ریزیم. فشار در ته لوله چند پاسکال می‌شود؟ $(g=۱۰\frac{m}{s^۲}, P_۰=۷۵cmHg, \rho_{جیوه}=۱۳/۶\frac{g}{cm^۳}, \rho_{آب}=۱\frac{g}{cm^۳})$ (تجربی ۱۴۰۲)

۱) ۱۰۳۳۶۰ ۲) ۱۰۴۷۲۰ ۳) ۱۰۶۰۸۰ ۴) ۱۰۷۴۴۰

۶۷. در شکل روبه‌رو، جرم پیستون ناچیز و مساحت آن $۴۰\,cm^۲$ و جرم وزنهٔ روی پیستون $۴kg$ و مساحت تکیه‌گاه آن $۲۰\,cm^۲$ است. فشار در کف ظرف چند پاسکال است؟ $(g=۱۰\frac{m}{s^۲}, P_۰=۱۰^۵Pa, \rho_{آب}=۱\frac{g}{cm^۳})$



۱) ۱۵۰۰۰ ۲) ۲۵۰۰۰
۳) ۱۱۵۰۰۰ ۴) ۱۲۵۰۰۰

سانتی‌متر جیوه cmHg

۶۸. چه ارتفاعی از آب برحسب متر، فشاری برابر $۱۵۰mmHg$ (میلی‌متر جیوه) دارد؟ $(\rho_{آب}=۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}, \rho_{جیوه}=۱۳۶۰۰\frac{kg}{m^۳})$ (ریاضی ۸۵)

۱) ۰/۱۵ ۲) ۱/۵۰ ۳) ۸/۰۲ ۴) ۲/۰۴

۶۹. اگر در مکانی فشار هوا برابر ۷۶ سانتی‌متر جیوه باشد، فشار در عمق ۱۳۶ سانتی‌متری آب رودخانه چند سانتی‌متر جیوه است؟ (ریاضی خارج ۹۳)
$(\rho_{آب}=۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}, \rho_{جیوه}=۱۳۶۰۰\frac{kg}{m^۳})$

۱) ۸۲ ۲) ۸۶ ۳) ۹۲ ۴) ۹۶

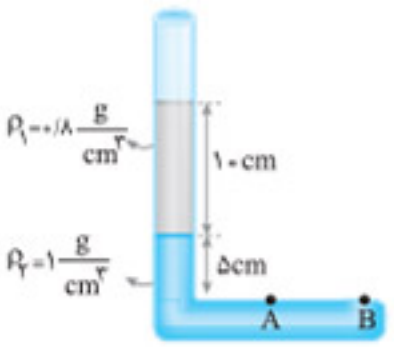
۷۰. اگر فشار هوا ۷۵ سانتی‌متر جیوه باشد، فشار در عمق چند متری آب به ۱۰۰ سانتی‌متر جیوه می‌رسد؟ (ریاضی خارج ۸۹)
(چگالی آب و جیوه به ترتیب: $۱\frac{g}{cm^۳}$، $۱۳/۶\frac{g}{cm^۳}$ و $g=۱۰\frac{N}{kg}$ است.)

۱) ۳/۴ ۲) ۶/۸ ۳) ۱۰/۲ ۴) ۱۳/۶

۷۱. در ارتفاع حدود ۲۰۰۰ متری از سطح دریا، فشار هوا $۶۸kPa$ است. این فشار، چند سانتی‌متر جیوه است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg}, \rho_{جیوه}=۱۳/۶\frac{g}{cm^۳})$ (ریاضی ۱۴۰۱)

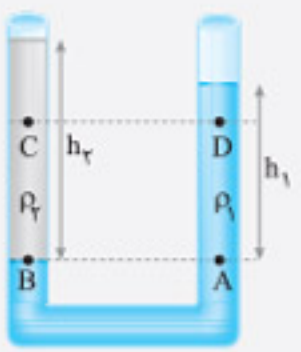
۱) ۶۰ ۲) ۵۵ ۳) ۵۰ ۴) ۴۵

۷۲. در شکل روبه‌رو، فشار حاصل از دو مایع $\rho_۱$ و $\rho_۲$ در نقاط A و B به ترتیب از راست به چپ برحسب سانتی‌متر جیوه کدام است؟ $(\rho_{جیوه}=۱۳/۵\frac{g}{cm^۳}, g=۱۰\frac{m}{s^۲})$



۱) $\frac{۱۳}{۱۶}$ ، $\frac{۱۳}{۱۶}$ ۲) $\frac{۱۳}{۱۶}$ ، کمتر از $\frac{۱۳}{۱۶}$
۳) $\frac{۲۶}{۲۷}$ ، $\frac{۲۶}{۲۷}$ ۴) $\frac{۲۶}{۲۷}$ ، کمتر از $\frac{۲۶}{۲۷}$

لوله‌های U شکل



◄ اگر یک یا چند مایع در ظروفی با لوله‌های U شکل در حالت سکون قرار داشته باشند، با استفاده از این 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:

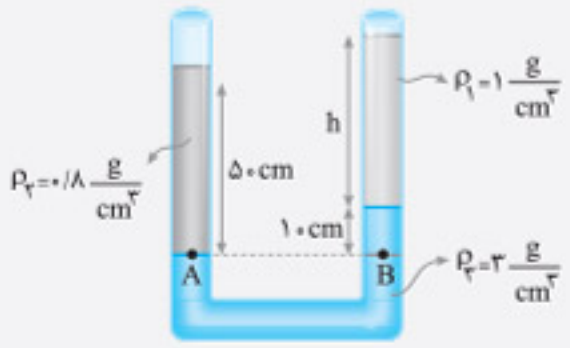
$$\begin{cases}P_A=\rho_۱gh_۱+P_۰\\P_B=\rho_۲gh_۲+P_۰\end{cases}\xrightarrow{P_A=P_B}\rho_۱gh_۱+P_۰=\rho_۲gh_۲+P_۰\Rightarrow\rho_۱h_۱=\rho_۲h_۲$$

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_3 هستند. پس فشار دو نقطهٔ A و B (P_A و P_B) یکسان است و داریم:

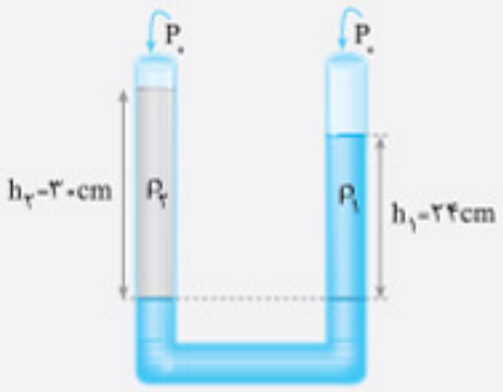
$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_2 g h_2 + P_0 = \rho_3 g h_3 + \rho_1 g h + P_0 \xrightarrow[\text{سپس g حذف می‌شود.}]{\text{ابتدا } P_0 \text{ حذف می‌شود.}} \rho_2 h_2 = \rho_3 h_3 + \rho_1 h$$

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.

$$0/8\left(\frac{g}{cm^3}\right) \times 50(cm) = 3\left(\frac{g}{cm^3}\right) \times 10(cm) + 1\left(\frac{g}{cm^3}\right) \times h \Rightarrow h = 10cm$$

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

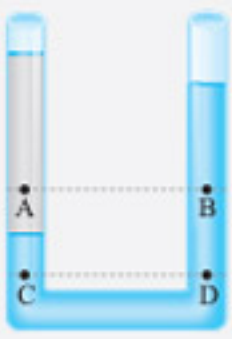
پاسخ: گزینهٔ «۲» فشار دو نقطهٔ A و B که در یک مایع و هم‌ترازند (در یک سطح افقی قرار دارند)، یکسان است و می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} P_A = P_B \\ P_A = \rho_2 g h_2 + P_0 \Rightarrow \rho_2 g h_2 + P_0 = \rho_1 g h_1 + P_0 \Rightarrow \rho_2 h_2 = \rho_1 h_1 \\ P_B = \rho_1 g h_1 + P_0 \end{cases}$$

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

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 ($P = \rho g h$)

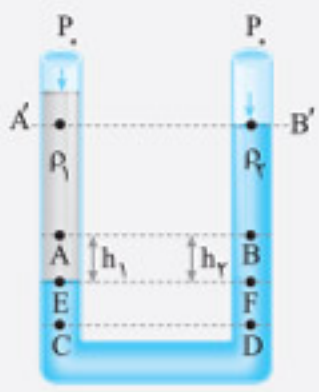
مثال: در شکل روبه‌رو، درون لوله دو مایع مخلوط‌نشدنی قرار دارند. اگر فشار در نقاط نشان‌داده‌شده درون مایع‌ها را با هم مقایسه کنیم، کدام رابطه درست است؟ (تجربی ۹۵)



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:



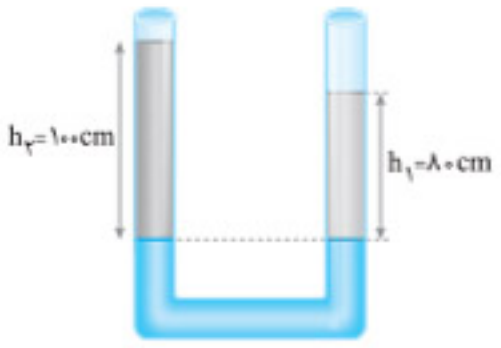
$$P_E = P_F \Rightarrow P_A + \rho_1 g h_1 = P_B + \rho_2 g h_2 \xrightarrow{h_1 = h_2}$$

$$P_A - P_B = \rho_2 g h_1 - \rho_1 g h_1 \Rightarrow P_A - P_B = g h_1 (\rho_2 - \rho_1)$$

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.

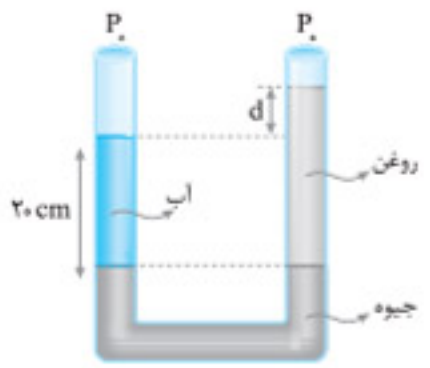
روش دوم: (روش سریع): هرگاه بخواهیم دو نقطهٔ هم‌تراز مثل B و A را در دو مایع مختلف مقایسه کنیم، می‌توان گفت که نقطه‌ای (مثل A) که در مایع سبک‌تر قرار دارد، فشارش بیشتر است پس $P_A > P_B$. این روش، بسیار کاربردی بوده و یک نکته مهم محسوب می‌شود.

۷۳. 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)



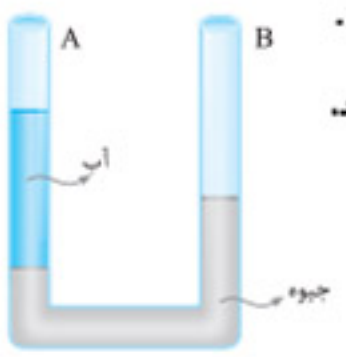
۱) ۸۰
۲) ۱۲۵
۳) ۸۰۰
۴) ۱۲۵۰

۷۴. 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)



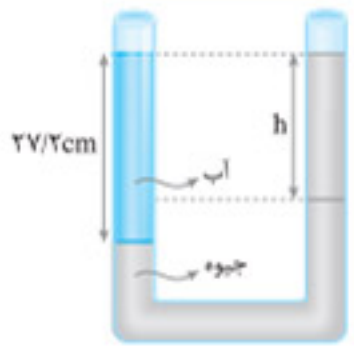
۱) ۲
۲) ۳
۳) ۴
۴) ۵

۷۵. در شکل مقابل ارتفاع آب در شاخهٔ A برابر ۲۷/۲cm است. در شاخهٔ B الکل به چگالی $0/8\frac{g}{cm^3}$ می‌ریزیم تا جیوه در دو شاخه هم‌سطح شود. اگر چگالی جیوه و آب به‌ترتیب $13/6\frac{g}{cm^3}$ و $1\frac{g}{cm^3}$ باشد، ارتفاع الکل چند سانتی‌متر است؟



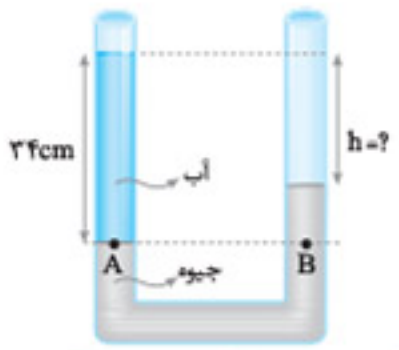
۱) ۱۷
۲) ۲۸
۳) ۳۴
۴) ۴۲

۷۶. مطابق شکل روبه‌رو، در لولهٔ Uشکل، آب و جیوه به حالت تعادل قرار دارند. h چند سانتی‌متر است؟ $(\rho_{آب} = 1\frac{g}{cm^3}, \rho_{جیوه} = 13/6\frac{g}{cm^3})$ (تجربی خارج ۸۶)



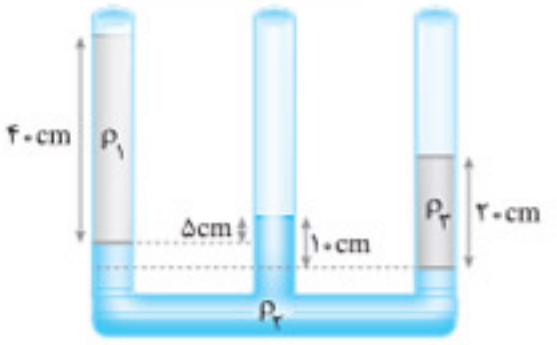
۱) ۲
۲) ۲۰
۳) ۱۳/۶
۴) ۲۵/۲

۷۷. در شکل روبه‌رو، اختلاف ارتفاع آب و جیوه چند سانتی‌متر است؟ (ریاضی خارج ۹۱)
$(\rho_{آب} = 1\frac{g}{cm^3}, \rho_{جیوه} = 13/6\frac{g}{cm^3})$



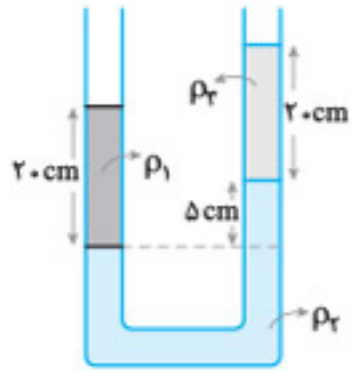
۱) ۲۷/۵
۲) ۲۹
۳) ۳۰
۴) ۳۱/۵

۷۸. در شکل مقابل سه مایع مخلوط‌نشدنی در ظرف در حال تعادل‌اند. $\frac{\rho_3}{\rho_1}$ کدام است؟



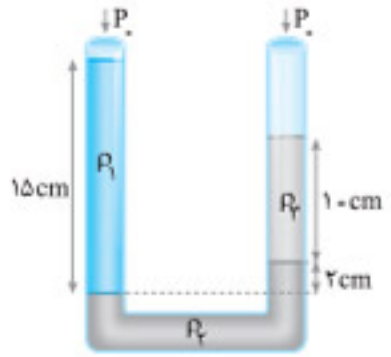
۱) ۲
۲) $\frac{1}{2}$
۳) ۴
۴) $\frac{1}{4}$

۷۹. در شکل مقابل سه مایع مخلوط‌نشدنی مطابق شکل به حالت تعادل قرار دارند. اگر $\rho_1 = 2\rho_3$ باشد، نسبت $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ چقدر است؟ (ریاضی خارج ۱۴۰۲)



۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

۸۰. سه مایع مخلوط‌نشدنی به چگالی‌های ρ_1، ρ_2 و ρ_3 مطابق شکل در تعادل‌اند. ρ_3 برابر کدام است؟



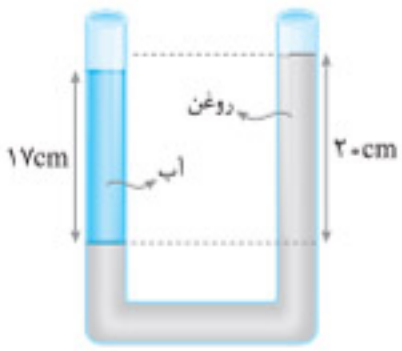
۱) $1/5\rho_1 + 0/2\rho_2$

۲) $0/8(\rho_1 + \rho_2)$

۳) $1/25(\rho_1 - \rho_2)$

۴) $1/5\rho_1 - 0/2\rho_2$

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



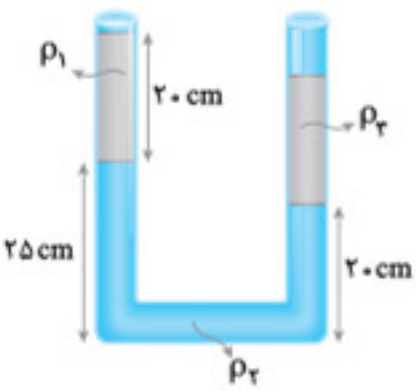
۱) ۱۵ ـ بیشتر

۲) ۱۵ ـ کمتر

۳) ۸۵ ـ کمتر

۴) ۸۵ ـ بیشتر

۸۲. در شکل مقابل، سه مایع مخلوط نشدنی به چگالی‌های $\rho_1 = 0/8 \frac{g}{cm^3}$، $\rho_2 = 2/4 \frac{g}{cm^3}$ و ρ_3 مایع سوم با چگالی ρ_3 به حالت تعادل قرار دارند. اگر سطح مقطع لوله $2cm^2$ باشد، جرم مایع سوم چند گرم است؟ (تجربی خارج ۱۴۰۰)



۱) ۵۶

۲) ۴۸

۳) ۴۲

۴) ۳۵

۸۳. سطح مقطع یک لولهٔ U شکل $2\,cm^2$ است و در آن مایعی با چگالی $\rho_1 = 2 \frac{g}{cm^3}$ ریخته شده است. مایع در هر شاخهٔ لوله $15\,cm$ بالا آمده است. در یکی از شاخه‌ها، $20\,cm^3$ مایع مخلوط نشدنی با چگالی $\rho_2 = 1 \frac{g}{cm^3}$ می‌ریزیم و در شاخهٔ مقابل نیز $30\,cm^3$ مایع مخلوط نشدنی دیگری به چگالی $\rho_3 = 0/8 \frac{g}{cm^3}$ می‌ریزیم. اختلاف ارتفاع سطح آزاد مایع‌ها در دو شاخه، چند سانتی‌متر است؟ (تجربی مجدد ۱۴۰۱)

۱) ۰/۵

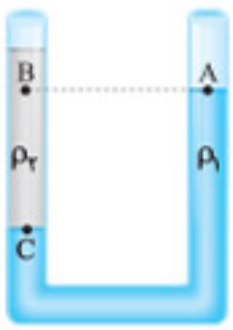
۲) ۱

۳) ۱/۵

۴) ۲

مقایسه فشار در دو مایع

۸۴. در شکل مقابل دو مایع مخلوط‌نشدنی با چگالی‌های ρ_1 و ρ_2 در ظرف قرار دارند. اگر فشار در نقاط نشان‌داده شده P_A، P_B و P_C باشند، کدام رابطه درست است؟



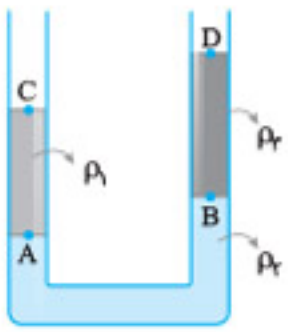
۱) $P_C = P_A > P_B$

۲) $P_C > P_A > P_B$

۳) $P_C > P_B = P_A$

۴) $P_C > P_B > P_A$

۸۵. مطابق شکل، سه مایع مخلوط نشدنی در لوله ریخته شده‌اند. کدام رابطه بین فشار در نقاط مشخص‌شده درست است؟ (ریاضی ۱۴۰۲)



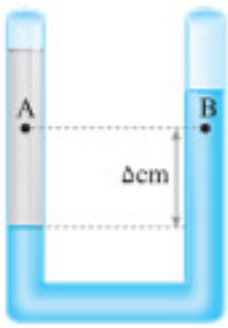
۱) $P_A > P_B > P_C = P_D$

۲) $P_A = P_B > P_C > P_D$

۳) $P_A - P_C = P_B - P_D$

۴) $P_A + P_C = P_B + P_D$

۸۶. 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)



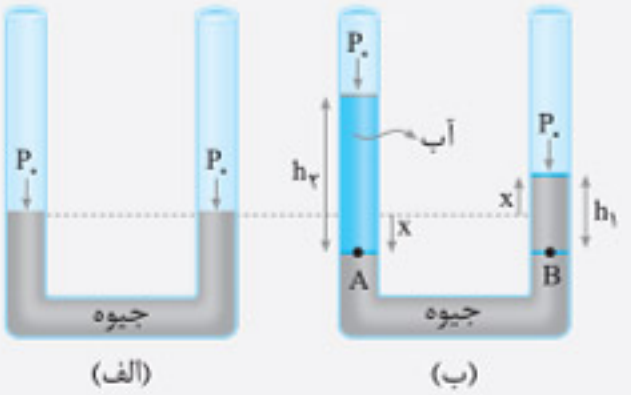
۱) $P_A = P_B$

۲) $P_A = \frac{4}{5} P_B$

۳) $P_A = P_B - 100$

۴) $P_A = P_B + 100$

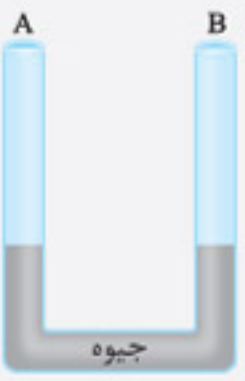
جابه‌جایی مایع در لولهٔ U شکل (سطح مقطع دوشاخهٔ برابر)



نکته الاکلنگ: در شکل (الف) در لوله U شکل مقداری جیوه قرار دارد که 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 ۲x است. $\Leftarrow h_1 = 2x$

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

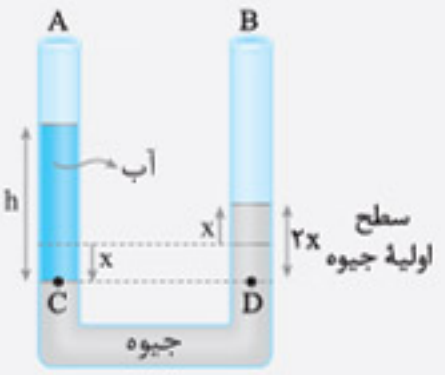
مثال: در شکل مقابل درون ظرف U شکل، جیوه وجود دارد. اگر در شاخهٔ A، $54cm^2$ آب بریزیم در شاخهٔ B، سطح جیوه چند سانتی‌متر جابه‌جا می‌شود؟ (مساحت مقطع لوله‌ها یکسان و برابر $2cm^2$، $\rho_{جیوه} = 13/5 \frac{g}{cm^3}$ و $\rho_{آب} = 1 \frac{g}{cm^3}$ است.)



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 ۲x می‌شود.



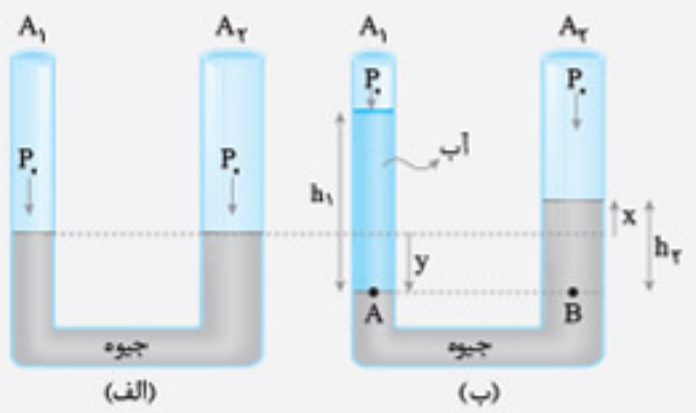
گام دوم: دو نقطهٔ C و D که در جیوه و در یک تراز افقی قرار دارند، هم‌فشارند و باید رابطهٔ فشار آن‌ها را بنویسیم و برابر یکدیگر قرار دهیم و x را حساب کنیم؛ اما قبل از آن باید h (ارتفاع آب) را حساب کنیم و با توجه به مساحت مقطع لوله و حجم آب، h را حساب می‌کنیم:

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

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

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

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



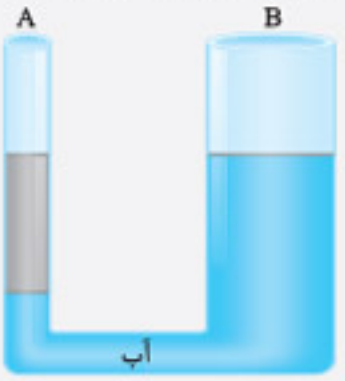
در شکل (الف)، در لولهٔ U شکل مقداری جیوه است و سطح جیوه در دو شاخه هم‌تراز هستند. اگر مانند شکل ب در شاخهٔ سمت چپ، مقداری آب اضافه کنیم، سطح جیوه در شاخهٔ چپ به اندازهٔ y پایین رفته و در شاخهٔ سمت راست به اندازهٔ x از سطح قبلی، بالا می‌رود چون حجم جیوهٔ جابه‌جا شده در دو شاخه یکسان است. $A_1 y = A_2 x$

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

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

اگر نسبت $\frac{A_2}{A_1}$ مشخص باشد، نسبت $\frac{x}{y}$ نیز مشخص است و با توجه به شکل ب، $h_2 = y + x$ 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، $2cm^2$ باشد؛ چند گرم روغن روی آب در شاخهٔ A بریزیم تا سطح آب در شاخهٔ B، $1cm$ بالا رود؟ ($\rho_{روغن} = 0/8 \frac{g}{cm^3}$، $\rho_{آب} = 1 \frac{g}{cm^3}$)



۱) ۶
۲) ۸
۳) ۱۰
۴) ۱۲

۵۶. ۱ ۲ ۳ ۴

گام اول: با توجه به رابطهٔ فشار مایعات داریم:

$$P=\rho gh+P_0 \xrightarrow{\substack{h_1=0/1m\\ h_2=0/53m}}$$

$$\begin{cases}P_1=\rho\times10\times0/1+1/026\times10^5=\rho+1/026\times10^5\\ P_2=\rho\times10\times0/53+1/026\times10^5=5/3\rho+1/026\times10^5\end{cases}$$

گام دوم: با توجه به اطلاعات داده شده در مسئله داریم:

$$P_2=1/5P_1\Rightarrow 5/3\rho+1/026\times10^5=1/5(\rho+1/026\times10^5)$$

$$\Rightarrow(5/3-1/5)\rho=(1/5-1)\times1/026\times10^5$$

$$\Rightarrow\rho=1350\frac{kg}{m^3}=13/5\frac{g}{cm^3}$$

۵۷. ۲ ۳ ۴

هر گاه فشار مورد نظر باشد، باید فشار آب و فشار هوا را در نظر بگیریم و مجموع آن‌ها را به‌دست آوریم. پس از تبدیل $\rho_{آب}=1\times10^3=10^3\frac{kg}{m^3}$ می‌توان نوشت:

$$P=P_0+\rho gh\Rightarrow P=10^5+1000\times10\times2=1/2\times10^5Pa$$

برای تبدیل این فشار به سانتی‌متر جیوه داریم:

$$P=1/2\times10^5\div1360\simeq88/2cmHg$$

۵۸. ۲ ۳ ۴

عمق مورد نظر را h می‌نامیم و از رابطهٔ فشار در عمق h می‌توان نوشت:

$$P=P_0+\rho gh\xrightarrow{P=2\times10^5}2\times10^5=10^5+1000\times10\times h\Rightarrow h=10m$$

۵۹. ۲ ۳ ۴

در **حالت اول** داریم: $P_A=P_0+\rho gh_A$

در **حالت دوم** داریم: $P_B=P_0+\rho gh_B\ ,\ P_B=2P_A$

$$\Rightarrow P_0+\rho gh_B=2(P_0+\rho gh_A)\Rightarrow P_0+\rho gh_B=2P_0+2\rho gh_A$$

$$\Rightarrow\rho gh_B-2\rho gh_A=2P_0-P_0\Rightarrow\rho g(h_B-2h_A)=P_0$$

$$\Rightarrow1360\times10\times(\frac{h_B-8}{100})=10336\Rightarrow136(h_B-8)=10336$$

$$\Rightarrow(h_B-8)=\frac{10336}{136}\Rightarrow h_B-8=76\Rightarrow h_B=84cm$$

۶۰. ۱ ۲ ۳

نکته: ۱ فشار در عمق h از سطح شاره: $P=\rho gh+P_0$

۲ تبدیل یکای پاسکال به سانتی‌متر جیوه (اگر $\rho_{جیوه}=13/6\ g/cm^3$ باشد):

$$P(cmHg)=\frac{P(Pa)}{1360}$$

گام اول: فشار هوا را برحسب Pa حساب می‌کنیم:

$$P_0=75\,cmHg\Rightarrow P_0=75\times1360=10200Pa$$

گام دوم: فشار وارد بر ته لوله را در حالت اول حساب می‌کنیم:

$$P_1=\rho gh+P_0\Rightarrow P_1=2\times10^3\times10\times0/2+10200=10600Pa$$

گام سوم: فشار وارد بر ته لوله را در حالت دوم حساب می‌کنیم:

$$P_2=P_1+0/1P_1=1/1P_1\Rightarrow P_2=1/1\times10600=11660Pa$$

اختلاف فشار ناشی از اضافه‌کردن مایع دوم: $\Delta P=11660-10600=1060Pa$

ارتفاع مایع اضافه‌شده را به دست می‌آوریم:

$$\Delta P=\rho_2gh_2\Rightarrow1060=1/06\times10^3\times10\times h_2\Rightarrow h_2=1m\Rightarrow h_2=100cm$$

گام چهارم: حجم مایع اضافه‌شده را حساب می‌کنیم:

$$V=Ah=15\times100=1500cm^3\xrightarrow{1cm^3=10^{-3}L}V=1/5L$$

۶۱. ۱ ۲ ۳

چون ظرف استوانه‌ای است می‌توان فشار مایع بر کف ظرف را از رابطهٔ $P=\frac{mg}{A}$ به‌دست آورد:

$$\frac{P_A}{P_B}=\frac{\frac{F_A}{A_A}}{\frac{F_B}{A_B}}=\frac{F_A}{F_B}\times\frac{A_B}{A_A}\xrightarrow[r_B=2r_A\Rightarrow A_B=4A_A]{m_A=m_B\Rightarrow F_A=F_B}\frac{P_A}{P_B}=1\times4=4$$

۶۲. ۱ ۲ ۳

توجه کنید که فشار نقطهٔ B و A را باید با یک‌دیگر مقایسه کنیم. فشار در هر نقطه شامل مجموع فشار هوا و آب است و می‌توان نوشت:

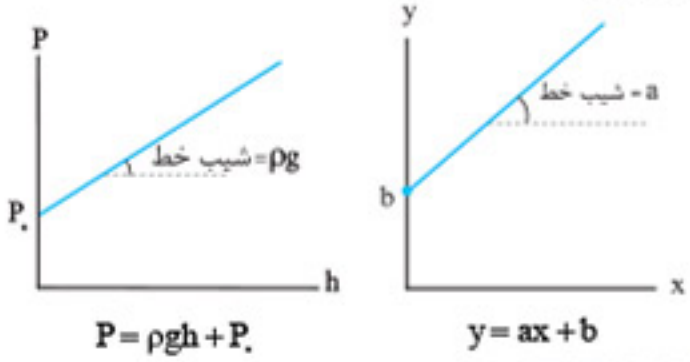
$$\rho=1\times10^3=10^3\frac{kg}{m^3}\ ,\ P_0=9/9\times10^4Pa$$

$$P=P_0+\rho gh\Rightarrow\frac{P_B}{P_A}=\frac{P_0+\rho gh_B}{P_0+\rho gh_A}\xrightarrow[h_A=0/1m]{h_B=0/6m}$$

$$\frac{P_B}{P_A}=\frac{9/9\times10^4+1000\times10\times0/6}{9/9\times10^4+1000\times10\times0/1}\Rightarrow\frac{P_B}{P_A}=\frac{21}{20}$$

۶۳. ۱ ۳ ۴

چون نمودار فشار برحسب عمق مایع مورد نظر است، علاوه بر فشار مایع باید فشار هوا را نیز در نظر بگیریم و از مقایسهٔ رابطهٔ ریاضی $y=ax+b$ که مربوط به نمودار خط راست است، با رابطهٔ $P=\rho gh+P_0$ می‌توان دریافت که نمودار **گزینهٔ ۲** پاسخ درست است و در این نمودار شیب خط برابر (ρg) است.



$P=\rho gh+P_0$ $\qquad$ $y=ax+b$

۶۴. ۱ ۳ ۴

باید نسبت فشار کل را در این دو عمق بنویسیم:

$$P=P_0+\rho gh\Rightarrow\frac{P_2}{P_1}=\frac{P_0+\rho gh_2}{P_0+\rho gh_1}\xrightarrow{h_2=2h_1}\frac{P_2}{P_1}=\frac{P_0+2\rho gh_1}{P_0+\rho gh_1}$$

حال می‌توانیم بگوییم که حتماً P_1 و P_2 مساوی نیستند و حتماً P_2 دو برابر P_1 هم نیست! پس **گزینهٔ ۱ و ۳** نادرست هستند. خب آیا **گزینهٔ ۴** می‌تواند درست باشد؟ حتماً متوجه شدید که P_2 نمی‌تواند مساوی $2P_1$ باشد پس **گزینهٔ ۴** هم درست نیست. و گزینهٔ درست **گزینهٔ ۲** است.

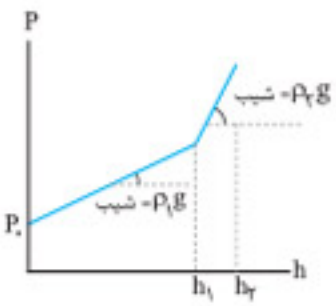
اما اگر کمی حوصله داشته باشید، خوب است بیان ریاضی آن را هم متوجه شویم. اگر طرف راست کسر بالا را تفکیک کنیم می‌توان نوشت:

$$\frac{P_2}{P_1}=\frac{\overbrace{P_0+\rho gh_1}+\rho gh_1}{\underbrace{P_0+\rho gh_1}}\Rightarrow\frac{P_2}{P_1}=1+\frac{\rho gh_1}{P_0+\rho gh_1}$$

چون کسر $\frac{\rho gh_1}{P_0+\rho gh_1}$ از یک کوچک‌تر است، حاصل‌جمع این کسر کوچک‌تر از یک با عدد ۱ حتماً از یک بزرگ‌تر اما کوچک‌تر از ۲ خواهد بود.

$$2>\frac{P_2}{P_1}>1\Rightarrow2P_1>P_2>P_1$$

۶۵. ۲ ۳ ۴



می‌دانیم که شیب نمودار $P-h$، برابر ρg است و نیز می‌دانیم که در این ظرف مایع زیرین چگالی بیشتر دارد، از این‌رو در نمودار فشار برحسب عمق مایع که از رابطهٔ $P=\rho gh$ به‌دست می‌آید، شیب نمودار (ρg) مربوط به مایع زیرین بیشتر است.

چون نمودار فشار کل مورد نظر است نه فشار مایع‌ها، باید در سطح مایع بالایی یعنی $h=0$، فشار هوا را نیز در نظر بگیریم. یعنی به ازای $h=0$، فشار برابر P_0 باشد که **گزینهٔ ۱** درست است. دقت کنید اگر نمودار فشار مایع‌ها مورد نظر بود **گزینهٔ ۳** پاسخ درست بود.

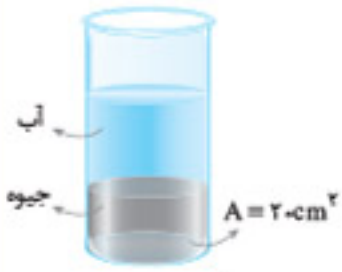
۶۶. ۱ ۲ ۳ ۴

تبدیل یکای سانتی‌متر جیوه به پاسکال و بالعکس.

$$\rho_{\text{جیوه}} = ۱۳/۶ \frac{g}{cm^۳} \Rightarrow P = ۱۳۶۰ \times h$$

P: Pa، h: طول ستون جیوه (cm)

با توجه به این‌که ظرف استوانه‌ای شکل است، فشار مایع‌ها را به‌صورت زیر حساب می‌کنیم:



$$P = P_{Hg} + P_{H_۲O} + P_۰$$

$$P = \frac{m_۱ g}{A} + \frac{m_۲ g}{A} + (۱۳۶۰ \times h)$$

$$\Rightarrow P = \frac{۲۷۲ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰}{۲۰ \times ۱۰^{-۴}} + \frac{۵۴۴ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰}{۲۰ \times ۱۰^{-۴}} + (۱۳۶۰ \times ۷۵)$$

$$\Rightarrow P = (۲۷۲ + ۵۴۴) \times ۵ + (۱۳۶۰ \times ۷۵)$$

$$\Rightarrow P = (۴۰۸۰ + ۱۰۲۰۰۰) \Rightarrow P = ۱۰۶۰۸۰ Pa$$

۶۷. ۱ ۲ ۳ ۴

برای محاسبهٔ فشار در کف ظرف باید مجموع فشار هوا، فشار آب و فشار وزنه (جرم پیستون ناچیز است.) را به‌دست آوریم و داریم:

$$\rho_{\text{آب}} = ۱ \times ۱۰۰۰ = ۱۰۰۰ \frac{kg}{m^۳}$$

دقت کنید که نیروی وزن وزنه از طریق پیستون بر مایع فشار وارد می‌کند. پس برای محاسبهٔ فشار وزنه در رابطهٔ $P = \frac{mg}{A}$ باید مساحت پیستون را در نظر بگیریم:

$$P = \frac{mg}{A} + P_۰ + \rho gh$$

$$\Rightarrow P = \frac{۴۰}{۴۰ \times ۱۰^{-۴}} + ۱۰^۵ + ۱۰۰۰ \times ۱۰ \times ۰/۵ \Rightarrow P = ۱۱۵۰۰۰ Pa$$

۶۸. ۱ ۲ ۳ ۴

در این سؤال می‌توان نوشت: $\rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} = \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}}$

$$\Rightarrow h_{\text{جیوه}} = \frac{۱۰۰۰ \frac{kg}{m^۳}}{۱۳۶۰۰ \frac{kg}{m^۳}} \times h_{\text{آب}} \Rightarrow ۱۵۰ mmHg = \frac{۱}{۱۳/۶} \times h_{\text{آب}}$$

$$\Rightarrow h_{\text{آب}} = ۲۰۴۰ mm \div ۱۰۰۰ \Rightarrow h_{\text{آب}} = ۲/۰۴ m$$

۶۹. ۱ ۳ ۴

چون فشار در عمق رودخانه را برحسب سانتی‌متر جیوه باید به‌دست آوریم، در مرحلهٔ اول فشار آب را برحسب سانتی‌متر جیوه محاسبه می‌کنیم:

$$\rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}} = \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} \Rightarrow ۱۰۰۰ \times ۱۳۶ = ۱۳۶۰۰ \times h_{\text{جیوه}}$$

$$\Rightarrow h_{\text{جیوه}} = ۱۰ cm$$

توجه کنید که چون $h_{\text{آب}}$ 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:

$$P = P_۰ + P_{\text{آب}} \Rightarrow P = ۷۶(cmHg) + ۱۰(cmHg) = ۸۶ cmHg$$

۷۰. ۲ ۳ ۴

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

$$P = P_۰ + P_{\text{آب}} \Rightarrow ۱۰۰(cmHg) = ۷۵(cmHg) + P_{\text{آب}} \Rightarrow P_{\text{آب}} = ۲۵ cmHg$$

اکنون ارتفاعی از آب را به‌دست می‌آوریم که فشار آن برابر فشار در عمق ۲۵ سانتی‌مترجیوه باشد:

$$\rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} \Rightarrow ۱ \times h_{\text{آب}} = ۱۳/۶ \times ۲۵$$

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

۷۱. ۱ ۲ ۴

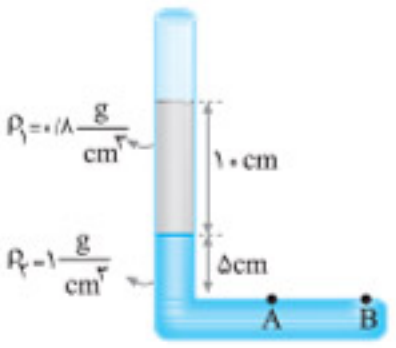
از رابطهٔ فشار مایع استفاده می‌کنیم:

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

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

$$\Rightarrow P = ۵۰ cmHg$$

۷۲. ۱ ۲ 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:

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

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

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

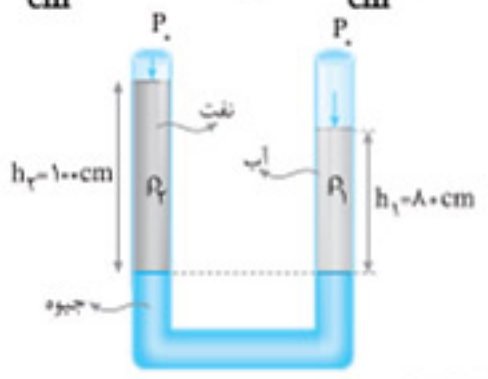
$$P_A = P_B = ۱۳۰۰ \div ۱۳۵۰ = \frac{۱۳۰۰}{۱۳۵۰} = \frac{۲۶}{۲۷} cmHg$$

۷۳. ۱ ۲ ۴

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

$$\rho_۲ gh_۲ + P_۰ = \rho_۱ gh_۱ + P_۰ \xrightarrow[\text{یکای یکسان برای طرفین معادله}]{P_۰ \text{ از طرفین حذف می‌شود.}}$$

$$\rho_۲ \times ۱۰ cm = ۱ \frac{g}{cm^۳} \times ۸۰ cm \Rightarrow \rho_۲ = ۰/۸ \frac{g}{cm^۳} \times ۱۰۰۰ = ۸۰۰ \frac{kg}{m^۳}$$

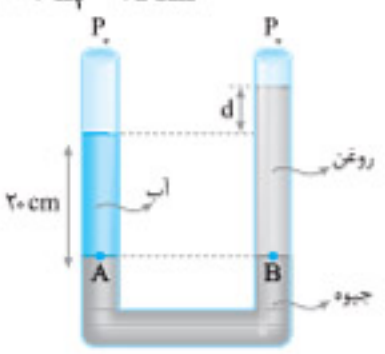


۷۴. ۱ ۲ ۳

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:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_{\text{آب}} h_۱ = \rho_{\text{روغن}} h_۲ \xrightarrow[\text{برای کمیت‌ها}]{\text{یکای یکسان}} ۱ \frac{g}{cm^۳} \times ۲۰ = ۰/۸ \frac{g}{cm^۳} \times h_۲$$

$$\Rightarrow h_۲ = ۲۵ cm$$

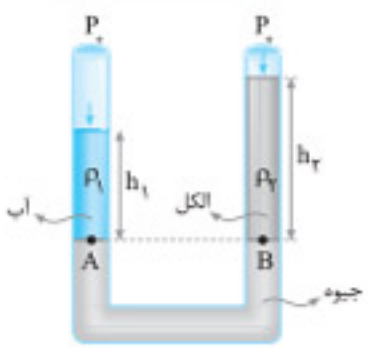


چون اختلاف سطح روغن با آب (d) مورد سؤال است اکنون با توجه به شکل می‌توان مقدار d را به‌دست آورد.

$$d = h_۲ - h_۱$$

$$d = ۲۵ - ۲۰ = ۵ cm$$

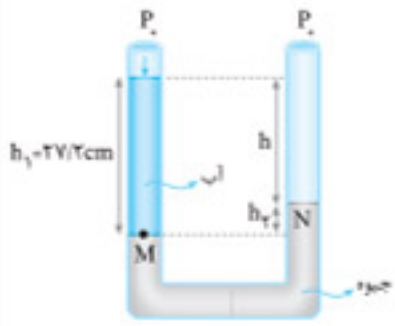
۷۵. ۱ ۲ ۴



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:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 g h_1 + P_0 = \rho_2 g h_2 + P_0$$
$$\Rightarrow 1\frac{g}{cm^3} \times 27/2cm = 0/8\frac{g}{cm^3} \times h_2 \Rightarrow h_2 = 34cm$$

۷۶. ۱ ۲ ۳ ۴



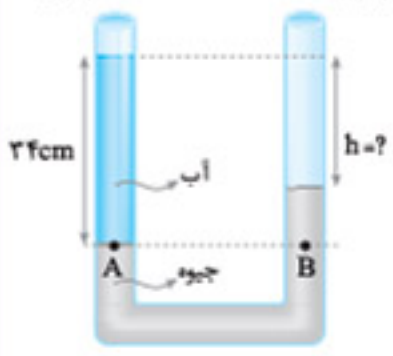
با توجه به این‌که M و N در یک مایع و هم‌تراز هستند، می‌توانید بنویسید:

$$P_M = P_N \xrightarrow{P_0 = P_0} \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$
$$\Rightarrow 1\frac{g}{cm^3} \times 27/2cm = 13/6\frac{g}{cm^3} \times h_2$$
$$\Rightarrow h_2 = 2cm \Rightarrow h = 27/2 - 2 = 25/2cm$$

۷۷. ۱ ۲ ۳ ۴

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

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_{آب} g h_{آب} = \rho_{جیوه} g h_{جیوه} \xrightarrow{h_{جیوه} = h_{آب} - h}$$
$$1(\frac{g}{cm^3}) \times 34cm = 13/6(\frac{g}{cm^3}) \times (34 - h) \Rightarrow h = 31/5cm$$

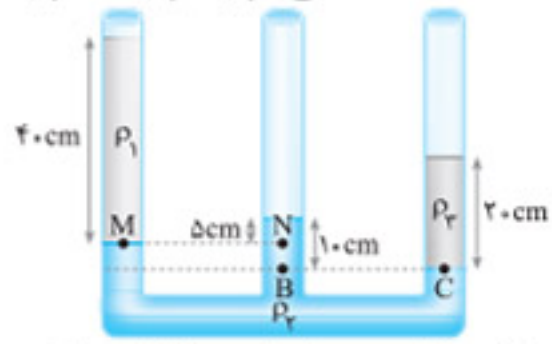


حتماً توجه کردید که یکاهای انتخاب‌شده در پاسخ این سؤال به گونه‌ای بود که در دو طرف معادله برای هر کمیت یکسان باشد و الزامی برای انتخاب یکاها در SI وجود ندارد.

۷۸. ۱ ۲ ۴

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

$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_1 g h_1 + P_0 = \rho_2 g h_2 + P_0$$
$$\Rightarrow \rho_1 \times 40 = \rho_2 \times 5 \Rightarrow \rho_2 = 8\rho_1 \quad (1)$$



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

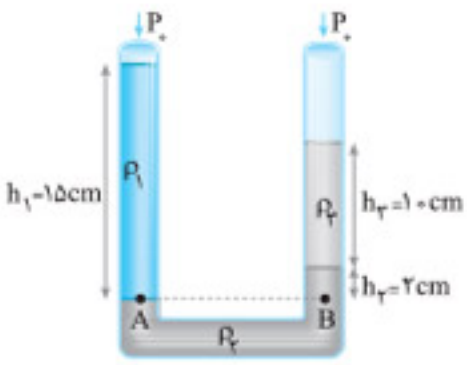
$$P_B = P_C \Rightarrow \rho_2 g h'_2 + P_0 = \rho_2 g h_2 + P_0 \xrightarrow{h'_2 = 10cm}$$
$$\rho_2 \times 10 = \rho_2 \times 20 \Rightarrow \rho_2 = 2\rho_2 \quad (2)$$
$$\xrightarrow{(1),(2)} 2\rho_2 = 8\rho_1 \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = 4$$

۷۹. ۱ ۳ ۴

دو نقطهٔ A و B در یک مایع (ρ_2) و در یک ارتفاع‌اند و هم‌تراز هستند: بنابراین فشار در این دو نقطه برابر است.

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 g h_1 + p_0 = \rho_2 g h_2 + \rho_2 g h_2 + p_0$$
$$\Rightarrow \rho_1 g h_1 + P_0 = \rho_2 g h_2 + \rho_2 g h_2 + P_0$$
$$\Rightarrow \rho_1 \times 20 = \rho_2 \times 5 + \frac{\rho_1}{2} \times 20$$
$$\Rightarrow \rho_1 \times 10 = \rho_2 \times 5 \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = 2$$

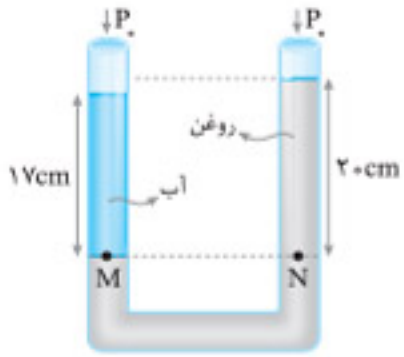
۸۰. ۱ ۲ ۳



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:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 g h_1 + P_0 = \rho_2 g h_2 + \rho_3 g h_3 + P_0$$
$$\Rightarrow \rho_1 \times 15(cm) = \rho_2 \times 2(cm) + \rho_3 \times 10(cm) \Rightarrow \rho_2 = 1/5\rho_1 - 0/2\rho_3$$

۸۱. ۱ ۳ ۴



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

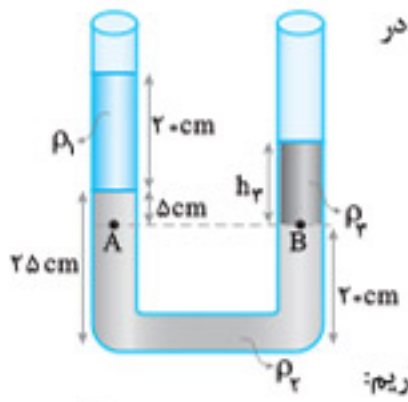
$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_{روغن} h_{روغن} = \rho_{آب} h_{آب}$$
$$\Rightarrow \frac{\rho_{روغن}}{\rho_{آب}} = \frac{17}{20} \Rightarrow \frac{\rho_{روغن}}{\rho_{آب}} = \frac{85}{100}$$
$$\frac{\Delta\rho}{\rho_{آب}} = \frac{85 - 100}{100} = -15\%$$

در نتیجه $\rho_{روغن}$ به اندازهٔ ۱۵ درصد از چگالی آب کمتر است.

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.

۸۲. ۱ ۲ ۳ ۴

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



$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 h_1 + \rho_2 h_2 = \rho_2 h_2$$
$$\xrightarrow{\rho_1 = 0/8\frac{g}{cm^3}, \rho_2 = 2/4\frac{g}{cm^3}}$$
$$0/8 \times 20 + 2/4 \times 5 = \rho_2 h_2$$
$$\rho_2 h_2 = 16 + 12 = 28\frac{g}{cm^2}$$

گام دوم: با توجه به رابطهٔ چگالی داریم:

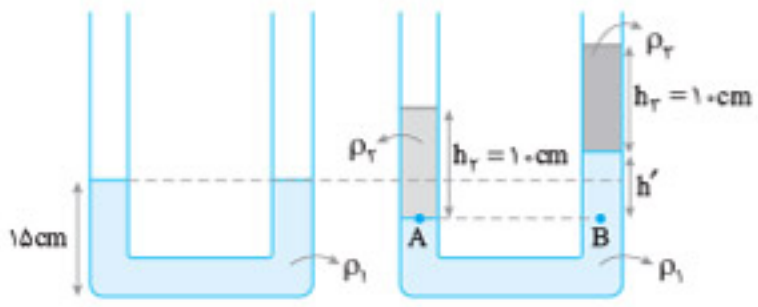
$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m_2 = \rho_2 V_2 = \rho_2 h_2 A = 28 \times 2 \Rightarrow m_2 = 56g$$

۸۳. ۱ ۳ ۴

گام اول: چون حجم مایع‌های ρ_1 و ρ_2 که به دو شاخه اضافه می‌کنیم برابر $30cm^3$ است، از رابطهٔ $V = Ah$، ارتفاع هر مایع را حساب می‌کنیم:

$$30 = 3 \times h \Rightarrow h = 10cm$$

گام دوم: مطابق شکل، سطح ρ_1 در شاخه‌ای که مایع ρ_2 می‌ریزیم، پایین می‌رود و در شاخهٔ دیگر بالا می‌رود و اگر اختلاف سطح مایع ρ_1 در دو شاخه را h' بنامیم، آن را حساب می‌کنیم:

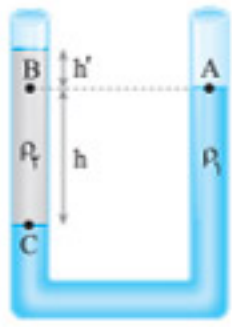


$P_A = P_B \Rightarrow \rho_۲ h_۲ = \rho_۱ h' + \rho_۲ h_۲$

$\xrightarrow{h_۲ = h_۲ = ۱۰cm} ۱\times۱۰ = ۲\times h' + ۰/۸\times۱۰ \Rightarrow h' = ۱cm$

۸۴. ۱ ۲ ۳

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



$\left.\begin{matrix} P_C = P_B + \rho_۲ gh \\ P_B = \rho_۲ gh' + P_۰ \end{matrix}\right\} \Rightarrow P_C > P_B$

$P_A = P_۰ \Rightarrow P_B > P_A$

اکنون با مقایسه رابطه‌های فوق می‌توان نتیجه گرفت:

$P_C > P_B > P_A$

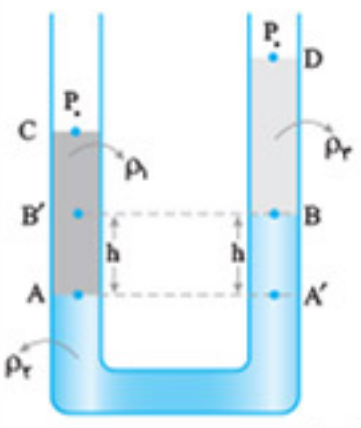
روش دوم: مایع $\rho_۱$ سنگین‌تر است زیرا قسمت پایینی لوله را اشغال کرده است و همان طوری که در درسنامه گفته شد، از بین دو نقطه‌ای که روبه‌روی هم هستند، مثل B و A هر کدام در مایع سبک‌تری قرار دارد فشارش بیشتر است ($P_B > P_A$). در ضمن نقطهٔ C از نقطهٔ B پایین‌تر است یعنی به‌دلیل ارتفاع h (ستونی از مایع) که روی C قرار دارد $P_C > P_B$.

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

۸۵. ۴ ۲ ۳

بررسی گزینه‌ها:

گزینهٔ ۱: درست: فشار در نقاط C و D برابر فشار هوا و یکسان است ($P_C = P_D$)



مطابق شکل $P_{B'} > P_B$ و $P_A > P_{B'}$ است: برای اثبات می‌توان نوشت: (دو نقطهٔ هم‌تراز در یک مایع) $P_A = P_{A'}$

$P_{B'} + \rho_۱ gh = P_B + \rho_۲ gh$

$\Rightarrow P_{B'} - P_B = (\rho_۲ - \rho_۱)gh$

چون $\rho_۲ > \rho_۱$ است: پس $P_{E'} > P_E$ خواهد بود.

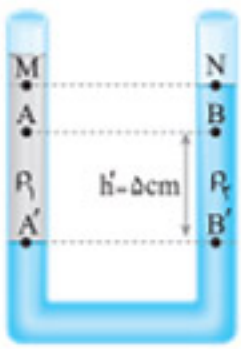
گزینهٔ ۲: نادرست: بنا بر استدلال گزینهٔ «۱»، $P_A \neq P_E$ است.

گزینهٔ ۳: نادرست: $P_A - P_C = P_B - P_D \xrightarrow{P_C = P_D} P_A = P_B$

گزینهٔ ۴: نادرست: $P_A + P_C = P_B + P_D \xrightarrow{P_C = P_D} P_A = P_D$

۸۶. ۱ ۲ ۳

روش اول: $\rho_۱$ بزرگ‌تر است یا $\rho_۲$ ؟ درست است، $\rho_۲ > \rho_۱$ 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:

$\left\{\begin{matrix} P_{A'} = P_A + \rho_۱ gh' \\ P_{B'} = P_B + \rho_۲ gh' \end{matrix}\right. \xrightarrow[\rho_۱ = ۸۰۰\frac{kg}{m^۳},\ \rho_۲ = ۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}]{P_{A'} = P_{B'}}$

$P_A + ۸۰۰\times۱۰\times۰/۰۵ = P_B + ۱۰۰۰\times۱۰\times۰/۰۵ \Rightarrow P_A = P_B + ۱۰۰$

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.

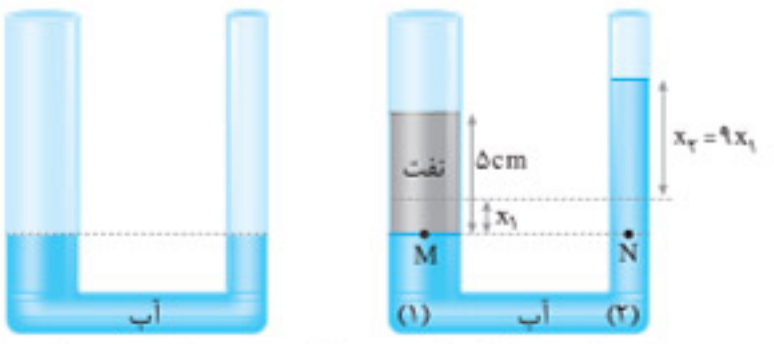
۸۷. ۱ ۳ ۴

حجم آب جابه‌جا شده در دو طرف یکسان است. اگر $A_۱$ و $A_۲$ به‌ترتیب مساحت قاعدهٔ شاخه سمت چپ و شاخهٔ سمت راست باشد، می‌نویسیم:

$V_۱ = V_۲ \Rightarrow A_۱ x_۱ = A_۲ x_۲ \Rightarrow \frac{\pi d_۱^۲}{۴} x_۱ = \frac{\pi d_۲^۲}{۴} x_۲$

$\xrightarrow{d_۱ = ۳d_۲} (۳d_۲)^۲ x_۱ = d_۲^۲ (x_۲) \Rightarrow x_۲ = ۹x_۱$

پس مطابق شکل از نقطهٔ N تا سطح مایع یعنی ارتفاع ستون آب در شاخه سمت راست $۱۰x_۱$ است.



$P_M = P_N \Rightarrow \rho_{نفت} h_{نفت} = \rho_{آب} h_{آب} \Rightarrow ۰/۸\times(۵) = ۱\times(۱۰x_۱)$

$\Rightarrow x_۱ = ۰/۴cm$

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

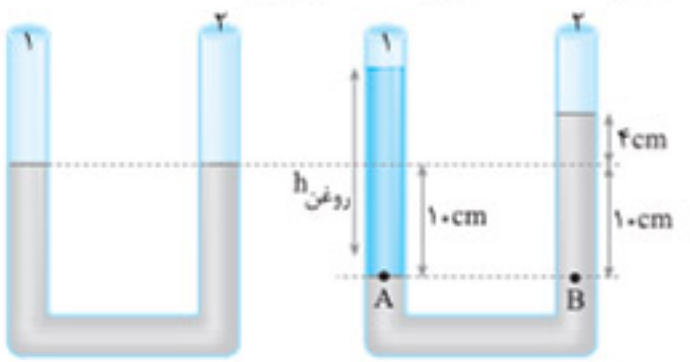
$۹x = ۹(۰/۴) = ۳/۶cm$

۸۸. ۱ ۳ ۴

حجم مایع جابه‌جا شده (آب) در هر دو شاخه برابر است ($V_۱ = V_۲$) اگر $A_۱$ و $A_۲$ به‌ترتیب مساحت قاعدهٔ شاخهٔ سمت چپ و شاخهٔ سمت راست باشد، می‌توان نوشت: $V_۱ = V_۲ \Rightarrow \underbrace{A_۱ h_۱}_{\text{شاخهٔ سمت چپ}} = \underbrace{A_۲ h_۲}_{\text{شاخهٔ سمت راست}} \Rightarrow ۲h_۱ = ۵\times۴$

$\Rightarrow h_۱ = ۱۰cm$

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



پس اختلاف آب در دو شاخه برابر $۱۰+۴=۱۴cm$ است و چون $P_A = P_B$ است، داریم: $\rho_{روغن} h_{روغن} = \rho_{آب} h_{آب} \Rightarrow ۰/۸\times h_{روغن} = ۱\times۱۴$

$\Rightarrow h_{روغن} = ۱۷/۵cm$

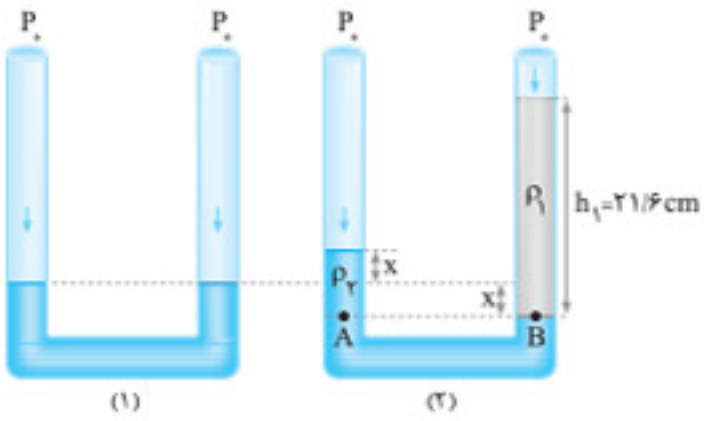
و جرم این مقدار روغن برابر است با: $m = \rho V = ۰/۸\times۱۷/۵\times۲ = ۲۸g$

۸۹. ۴ ۳ ۲

مطابق شکل (۲)، در شاخه سمت راست به اندازهٔ $h_۱ = ۲۱/۶cm$ 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: $P_A = P_B \Rightarrow \rho_۲ g(۲x) + P_۰ = \rho_۱ gh_۱ + P_۰$

$\rho_۲(۲x) = \rho_۱ h_۱$

$\xrightarrow[\text{یکای یکسان}]{\rho_۱ , \rho_۲} ۱۳/۵\frac{g}{cm^۳}\times۲x = ۱\frac{g}{cm^۳}\times۲۱/۶cm \Rightarrow x = ۰/۸cm$



۱۶۶. یک قطعهٔ آلومینیمی به جرم m و دمای $94^\circ C$ را درون $4/5kg$ آب $50^\circ C$ می‌اندازیم. اگر پس از برقراری تعادل گرمایی، دمای آب به $52^\circ C$ برسد، m چندکیلوگرم است؟ $(c_{Al} = 900 \frac{J}{kg.^\circ C}, c_{آب} = 4200 \frac{J}{kg.^\circ C})$ (تجربی خارج ۱۴۰۱)

۱) ۲/۵ ۲) ۲ ۳) ۱/۵ ۴) ۱

آزمون مبحثی ۱

۱ ۱۶۷. کدام‌یک از جمله‌های زیر درست است؟

۱) در دماسنج‌های محتوی مایع، کمیت دماسنجی به جنس مایع بستگی دارد.

۲) فاصلهٔ دمایی بین نقاط ثابت دماسنجی (نقطهٔ انجماد و جوش آب در فشار 1atm) در دماسنج‌های با مقیاس کلوین و فارنهایت هر دو به ۱۰۰ قسمت تقسیم شده است.

۳) تغییرات دما در دماسنج‌های با مقیاس کلوین و سلسیوس یکسان است.

۴) دماسنج‌های با مقیاس کلوین و سلسیوس اگر در یک محیط باشند، یک عدد را نشان می‌دهند.

۲ ۱۶۸. یک دماسنج دمای ذوب یخ را ۱۰- درجه و دمای جوش آب را ۱۴۰ درجه نشان می‌دهد. این دماسنج، دمای $60^\circ C$ را چه عددی نشان می‌دهد؟ (فشار هوا را یک اتمسفر فرض کنید.)

۱) ۹۰ ۲) ۸۰ ۳) ۱۰۰ ۴) ۱۱۰

۳ ۱۶۹. طول هر یک از دو میلهٔ مسی و آهنی در دمای $0^\circ C$ برابر با L است. اگر دمای هر دو میله را به $100^\circ C$ برسانیم، طول میلهٔ مسی $0/25 mm$ بیشتر از طول میلهٔ آهنی می‌شود. L چند سانتی‌متر است؟ $(\alpha_{Cu} = 17\times10^{-6} \frac{1}{^\circ C}, \alpha_{Fe} = 12\times10^{-6} \frac{1}{^\circ C})$

۱) ۵۰ ۲) ۱۵۰ ۳) ۱۰۰ ۴) ۲۰۰

۴ ۱۷۰. ضریب انبساط طولی فلزی $10^{-5} \frac{1}{K}$ است. اگر دمای قطعه‌ای از این فلز را $100^\circ C$ افزایش دهیم، حجم آن چند درصد افزایش می‌یابد؟ (تجربی ۹۴)

۱) ۰/۱ ۲) ۰/۳ ۳) ۱ ۴) ۳

۵ ۱۷۱. ظرفی فلزی با گنجایش ۴ لیتر در دمای $10^\circ C$ لبریز از یک مایع به ضریب انبساط حجمی $4/3\times10^{-4} \frac{1}{K}$ است. هنگامی که دمای ظرف و مایع را به $60^\circ C$ می‌رسانیم، مقدار $80 cm^3$ مایع از ظرف بیرون می‌ریزد. ضریب انبساط طولی فلز تقریباً چند واحد SI است؟

۱) 18×10^{-6} ۲) 12×10^{-6} ۳) 2×10^{-5} ۴) 10^{-5}

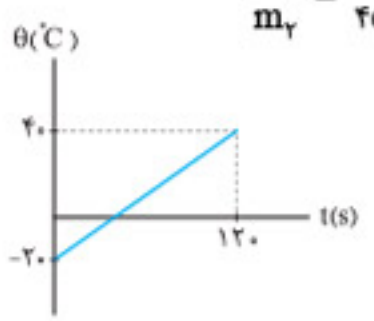
۶ ۱۷۲. ظرفیت گرمایی جسم A سه برابر ظرفیت گرمایی جسم B است. وقتی به این دو جسم گرمای مساوی می‌دهیم، تغییر دمای جسم B به اندازهٔ $20^\circ C$ بیشتر از تغییر دمای جسم A است. تغییر دمای جسم A چند کلوین است؟

۱) ۱۰ ۲) ۲۸۳ ۳) ۲۰ ۴) ۲۹۳

۷ ۱۷۳. به جسمی به جرم m_1 و گرمای ویژهٔ c_1 به اندازهٔ Q و به جسم دیگری به جرم m_2 و گرمای ویژهٔ c_2 به اندازهٔ $\frac{5}{4}Q$ گرما می‌دهیم اگر تغییر دمای دو جسم برابر باشد، کدام‌یک از روابط زیر صحیح است؟

۱) $\frac{m_1}{m_2} = \frac{4c_1}{5c_2}$ ۲) $\frac{m_1}{m_2} = \frac{4c_2}{5c_1}$ ۳) $\frac{m_1}{m_2} = \frac{5c_1}{4c_2}$ ۴) $\frac{m_1}{m_2} = \frac{5c_2}{4c_1}$

۸ ۱۷۴. نمودار دمای جسم جامدی به جرم ۱۰۰ گرم برحسب زمان مطابق شکل است. اگر گرمای ویژهٔ جسم $400 \frac{J}{kg.^\circ C}$ باشد، جسم در هر ثانیه چند ژول گرما گرفته است؟



۱) ۱۰ ۲) ۱۲ ۳) ۲۰ ۴) ۲۴

۹ ۱۷۵. یک گرمکن برقی در مدت ۲۴ ثانیه، دمای ۶۰ گرم مایعی را از $20^\circ C$ به $50^\circ C$ می‌رساند. اگر توان گرمکن 300 W و گرمای ویژهٔ مایع $1500 \frac{J}{kg.K}$ باشد، چند درصد گرمای تولیدی به مایع رسیده است؟ (ریاضی خارج ۹۳)

۱) ۱۶ ۲) ۲۵ ۳) ۷۵ ۴) ۸۴

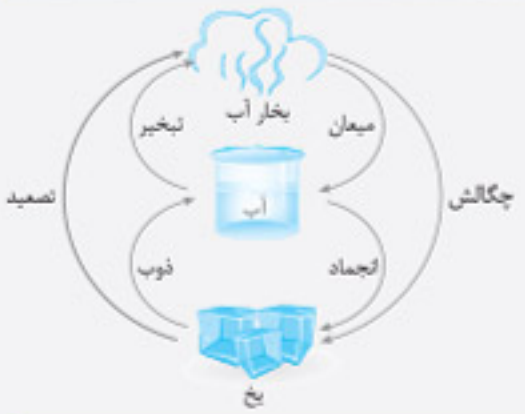
۱۰ ۱۷۶. در ظرفی که دمای آن $12^\circ C$ می‌باشد، ۵۰ گرم آب صفر درجهٔ سلسیوس می‌ریزیم. دمای تعادل $2^\circ C$ می‌شود. ظرفیت گرمایی ظرف چند ژول بر کلوین است؟ $(c_{آب} = 4200 \frac{J}{kg.K})$

۱) ۲۱ ۲) ۳۵ ۳) ۴۲ ۴) ۳/۵

تغییر حالت‌های ماده

◀ هر یک از حالت‌های ماده را یک فاز می‌گویند. در اطراف ما معمولاً سه حالت (فاز) ماده به نام‌های جامد، مایع و گاز وجود دارد. گذار از یک حالت (فاز) به حالت (فاز) دیگر را یک تغییر حالت (گذار فاز) می‌نامند. تغییر حالت‌های ماده با مبادلهٔ گرما انجام می‌شوند.

تغییر حالت‌های آب مطابق شکل مقابل هستند:



نکته

۱) ذوب، تبخیر و تصعید گرماگیر هستند. ۲) میعان، انجماد و چگالش گرماده هستند. ۳) به میعان، چگالش بخار به مایع نیز می‌گویند.
۴) به چگالش، چگالش بخار به جامد نیز می‌گویند.

تغییر حالت جامد ـ مایع

◀ تغییر فاز جامد به مایع را ذوب می‌گویند، که در دمای ذوب یا دمای گذار جامد به مایع انجام می‌شود. هنگامی که دمای جامد به نقطهٔ ذوب می‌رسد، دمای آن ثابت می‌ماند و جسم شروع به ذوب شدن می‌کند و به مایع تبدیل می‌گردد. گرمایی که در فرایند ذوب به جامد می‌دهیم صرف تغییر آرایش منظم مولکول‌ها در جامد به ساختار نامنظم مایع می‌شود. انرژی درونی جامد افزایش می‌یابد ولی دمای آن ثابت می‌ماند. به همین دلیل گرمای تغییر حالت را گرمای نهان می‌گویند.

گرمای منتقل شده در فرایند ذوب متناسب با جرم جسم است و نسبت گرما به جرم جسم را گرمای نهان ویژهٔ ذوب یا به اختصار گرمای نهان ذوب می‌گوییم که با L_F نشان می‌دهیم و یکای آن $\frac{J}{kg}$ است: $L_F = \frac{Q}{m}$, $Q_{ذوب} = mL_F$

m جرم جامد ذوب شده ←یکا— kg و Q گرما ←یکا— J و L_F گرمای نهان ذوب ←یکا— $\frac{J}{kg}$

نکته

۱) نقطهٔ ذوب به جنس جسم و فشار وارد بر آن بستگی دارد.
۲) معمولاً افزایش فشار وارد بر یک جسم سبب بالا رفتن نقطهٔ ذوب آن می‌شود. ولی در برخی موارد مانند یخ، افزایش فشار به کاهش نقطهٔ ذوب می‌انجامد. وجود ناخالصی در جامد باعث پایین رفتن نقطهٔ ذوب آن می‌شود.
۳) برخی جامدهای بی‌شکل مانند شیشه و جامدهای ناخالص مانند قیر نقطهٔ ذوب کاملاً مشخصی ندارند و در گستره‌ای از دما به تدریج ذوب می‌شوند.
۴) گرمای نهان ذوب به جنس جسم بستگی دارد.
۵) تغییر فاز مایع به جامد را انجماد می‌نامند. در انجماد مایع گرما از دست می‌دهد. فرایند انجماد وارون فرایند ذوب است. گرمای انجماد هم‌اندازهٔ گرمای ذوب است اما علامت آن منفی است. $Q_{انجماد} = -mL_F$

مثال: گرمای نهان ذوب یخ $۳۳۶\frac{kJ}{kg}$ است. هنگامی که $۰/۵$ کیلوگرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس ذوب می‌شود، چند کیلوژول گرما از محیط می‌گیرد؟

■ **پاسخ:** $Q_{ذوب} = mL_F = ۰/۵ \times ۳۳۶ = ۱۶۸\,kJ$

مثال: به وسیلهٔ یک گرمکن الکتریکی با توان گرمایی ۵۶۰ وات به یک قطعهٔ بزرگ یخ $0°C$، گرما می‌دهیم. در مدت زمان $۴/۲$ دقیقه چند گرم یخ ذوب می‌شود؟ (اتلاف گرما ناچیز است و $L_F = ۳۳۶۰۰۰\frac{J}{kg}$)

■ **پاسخ:** گرمایی که سبب ذوب یخ می‌شود، همان گرمایی است که گرمکن تولید می‌کند.

$$Pt = mL_F \Rightarrow ۵۶۰ \times ۴/۲ \times ۶۰ = m \times ۳۳۶۰۰۰ \Rightarrow m = ۰/۴۲kg = ۴۲۰g$$

نکته

در مواردی که یخ صفر درجهٔ سلسیوس را درون آب θ درجهٔ سلسیوس می‌ریزیم، با توجه به این‌که L_F تقریباً ۸۰ برابر گرمای ویژهٔ آب است، می‌توانیم جرم یخ ذوب شده را به صورت مقابل محاسبه کنیم: $Q_F + Q_{آب} = ۰ \Rightarrow m_{یخ} \times ۳۳۶۰۰۰ + m_{آب} \times ۴۲۰۰ \times (-\theta) = ۰$

اگر جمله‌ها را بر ۴۲۰۰ تقسیم کنیم، داریم: $\Rightarrow ۸۰m_{یخ} = m_{آب} \times \theta \Rightarrow m_{یخ\,ذوب\,شده} = \frac{\theta}{۸۰} \times m_{آب}$

جرم یخ ذوب شده توسط آب از رابطهٔ بالا قابل محاسبه است. توجه کنید که رابطهٔ بالا به ازای $L_F = ۳۳۶۰۰۰\frac{J}{kg}$ برقرار است.

مثال: درون ۴۰۰ گرم آب، مقدار ۲۵ گرم یخ $0^\circ C$ می‌ریزیم. پس از ایجاد تعادل گرمایی مقدار ۵ گرم یخ ذوب نشده می‌ماند. دمای آب چند درجهٔ سلسیوس بوده است؟ ($c_{آب} = 4200 \frac{J}{kg.K}$ ، $L_F = 336 \frac{kJ}{kg}$)

۱) ۵ ۲) ۴ ۳) ۲/۵ ۴) ۸

پاسخ: گزینهٔ «۲»

روش اول: وقتی مخلوط آب و یخ داشته باشیم، دمای تعادل $0^\circ C$ است. یخ $(0^\circ C) \xleftarrow{Q_F}$ آب $(0^\circ C) \xrightarrow{Q_1}$ آب $(\theta^\circ C)$

مقدار یخ ذوب شده برابر ۲۰ گرم است، زیرا ۵ گرم یخ باقی مانده است. $Q_1 + Q_F = 0$

$$\Rightarrow m_1 c \Delta\theta + m_2 L_F = 0 \Rightarrow 400 \times 4200 \times (-\theta) + 20 \times 336000 = 0$$

همهٔ جمله‌ها را بر ۴۲۰۰ تقسیم می‌کنیم: $\Rightarrow -400\theta = -1600 \Rightarrow \theta = 4^\circ C$

روش دوم: مقدار یخ $0^\circ C$ که آب می‌تواند ذوب کند، برابر $\frac{\theta}{80} \times m_{آب}$ است: $20 = \frac{\theta}{80} \times 400 \Rightarrow \theta = 4^\circ C$

مثال: مقداری آب $4^\circ C$ درون یک ظرف عایق وجود دارد. وقتی یک قطعه یخ $0^\circ C$ را درون آب می‌ریزیم، تمام یخ ذوب می‌شود و در پایان ۳kg آب $0^\circ C$ درون ظرف داریم. اگر تبادل گرما فقط بین آب و یخ باشد، جرم آب درون ظرف چند کیلوگرم بوده است؟ ($c_{آب} = 4200 \frac{J}{kg.K}$ ، $L_F = 336 \frac{kJ}{kg}$)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۱/۵ ۴) ۱/۷۵

پاسخ: گزینهٔ «۲» **روش اول:** اگر جرم آب را m فرض کنیم، جرم یخ برابر $3 - m$ بوده است.

گرمایی که آب از دست می‌دهد، صرف ذوب کردن یخ شده است. بنابراین داریم:

$$Q_{آب} + Q_F = 0 \Rightarrow m \times 4200 \times (-40) + (3 - m) \times 336000 = 0$$

همهٔ جمله‌ها را بر ۴۲۰۰۰ تقسیم می‌کنیم: $\Rightarrow -4m + 8(3 - m) = 0 \Rightarrow 12m = 24 \Rightarrow m = 2\,kg$

روش دوم: با توجه به این‌که $L_F = 80 c_{آب}$ است، جرم یخ ذوب شده از رابطهٔ مقابل به‌دست می‌آید: $m' = \frac{\theta}{80} \times m_{آب} \Rightarrow m' = \frac{1}{2} m_{آب}$

حال با توجه به این‌که جرم آب دو برابر یخ است و مجموع آن‌ها ۳ kg شده است، جرم آب ۲ kg و جرم یخ ۱kg می‌باشد.

مثال: یک قطعه یخ با دمای $-20^\circ C$ را درون ۲۵۰ گرم آب $20^\circ C$ می‌اندازیم. اگر بعد از برقراری تعادل گرمایی، ۵۰ گرم یخ ذوب نشده باقی مانده باشد، جرم قطعه یخ اولیه چند گرم بوده است؟ ($c_{آب} = 4/2 \frac{J}{g.K}$ ، $c_{یخ} = 2/1 \frac{J}{g.K}$ و $L_F = 336 \frac{J}{g}$ و تبادل گرما فقط بین آب و یخ بوده است.) (ریاضی ۹۳)

۱) ۵۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۲۵۰ ۴) ۳۰۰

پاسخ: گزینهٔ «۲» هرگاه یخ باقی بماند، دمای تعادل $0^\circ C$ است. از این‌رو آب $20^\circ C$ به آب $0^\circ C$ تبدیل می‌شود و از طرف دیگر همهٔ یخ به یخ $0^\circ C$ تبدیل می‌شود و سپس بخشی از آن ذوب می‌شود. اگر جرم یخ اولیه m باشد، جرم یخ ذوب شده برابر $m - 50$ گرم است.

$$(-20^\circ C) \text{ یخ} \xrightarrow{Q_2} (0^\circ C) \text{ یخ} \xrightarrow{Q_F} (0^\circ C) \text{ آب} \qquad (20^\circ C) \text{ آب} \xrightarrow{Q_1} (0^\circ C) \text{ آب}$$

$$Q_1 + Q_F + Q_2 = 0 \Rightarrow 250 \times 4/2 \times (-20) + m \times 2/1 \times 20 + (m - 50) \times 336 = 0$$

$$-21000 + 42m + 336m - 16800 \Rightarrow 378m = 37800 \Rightarrow m = 100\,g$$

همهٔ جمله‌ها را بر ۲/۱ تقسیم می‌کنیم:

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.

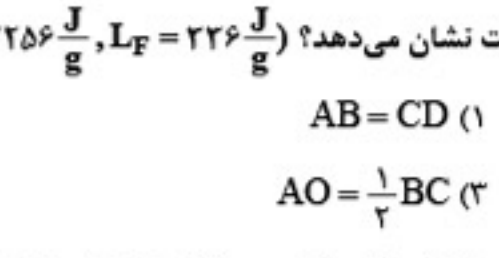
۲) تبخیر سطحی فرایندی گرماگیر است و باعث کاهش دمای مایع می‌شود. زیرا مولکول‌هایی که تبخیر می‌شوند انرژی لازم برای فرار از سطح مایع را از مولکول‌های دیگر می‌گیرند.

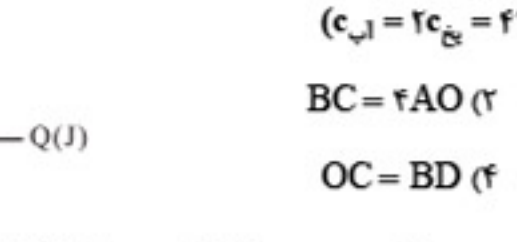
جوشیدن: هنگامی که دمای یک مایع بالا می‌رود و به نقطهٔ جوش می‌رسد حباب‌های گاز از درون مایع بالا می‌آیند و به سطح مایع می‌رسند و جوشیدن مایع آغاز می‌شود.

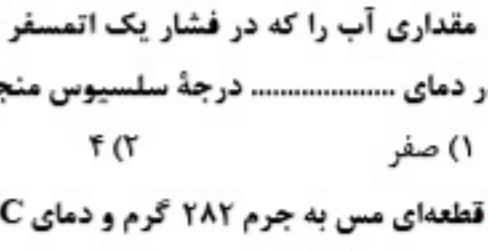
۲ ۲۵۹. اگر ۹۰ درصد گرمایی را که ۸۰۰ گرم آب $5^\circ C$ از دست می‌دهد تا به آب صفر درجه سلسیوس تبدیل شود، به یک قطعه یخ صفر درجهٔ سلسیوس بدهیم، چند گرم از یخ ذوب می‌شود؟ $(c_{آب} = 4200 \frac{J}{kg.K}, L_F = 336000 \frac{J}{kg})$ (تجربی خارج ۹۸)

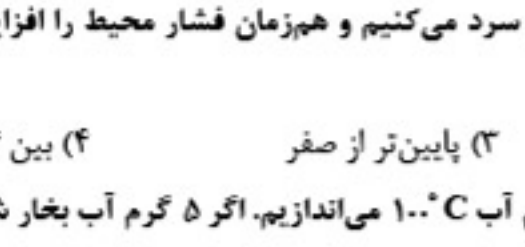
۱) ۵۰۰ ۲) ۴۵۰ ۳) ۵۰ ۴) ۴۵

۳ ۲۶۰. به ۲۰۰g یخ $-10^\circ C$ با آهنگ ثابت $210 \frac{J}{s}$ گرما می‌دهیم تا به آب $10^\circ C$ تبدیل شود. کدام نمودار، تغییرات دما را بر حسب زمان درست نشان می‌دهد؟ $(c_{آب} = 2c_{یخ} = 4200 \frac{J}{kg^\circ C}, L_F = 336000 \frac{J}{kg})$ (ریاضی خارج ۹۸)

۱)


۲)


۳)


۴)


۴ ۲۶۱. در مخلوطی از آب و یخ، مقداری یخ ذوب می‌شود و حجم مخلوط $5cm^3$ کاهش می‌یابد. جرم یخ ذوب‌شده چند گرم است؟ $(\rho_{آب} = 1 \frac{g}{cm^3}, \rho_{یخ} = 0/9 \frac{g}{cm^3})$

۱) ۴/۵ ۲) ۵ ۳) ۴۵ ۴) ۵۰

۵ ۲۶۲. ۸۰۰ گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس را با ۸۰۰ گرم آب $20^\circ C$ مخلوط می‌کنیم. اگر گرما فقط بین آب و یخ مبادله شود، بعد از برقراری تعادل گرمایی چند گرم آب و با چه دمایی بر حسب سلسیوس خواهیم داشت؟ $(c_{آب} = 4/2 \frac{J}{g.K}, L_F = 336 \frac{J}{g})$ (ریاضی ۹۷)

۱) ۱۰۰۰ و صفر ۲) ۱۲۰۰ و صفر ۳) ۱۶۰۰ و ۲ ۴) ۱۶۰۰ و ۴

۶ ۲۶۳. تبدیل بخار به مایع، جامد به بخار و مایع به بخار را به‌ترتیب چه می‌نامند؟ (تجربی ۹۷)

۱) تصعید، چگالش و تبخیر ۲) میعان، چگالش و تصعید ۳) تصعید، تبخیر و میعان ۴) میعان، تصعید و تبخیر

۷ ۲۶۴. کدام گزینه نادرست است؟ (تجربی ۹۷)

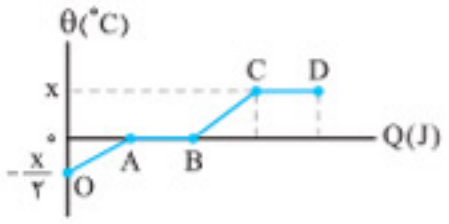
۱) تابش گرمایی سطوح تیره و کدر بیشتر از سطوح صیقلی و درخشان است.

۲) انتقال گرما در مایعات و گازها عمدتاً به روش همرفت انجام می‌شود.

۳) دستگاه گردش خون همچون سیستم خنک‌کنندهٔ ماشین نمونه‌ای از همرفت واداشته است.

۴) تابش گرمایی از سطح هر جسم فقط به دما و رنگ سطح آن بستگی دارد.

۸ ۲۶۵. نمودار زیر تغییرات دما برحسب گرمای داده‌شده به یک قطعه یخ در فشار 1atm را نشان می‌دهد. کدام گزینه رابطهٔ بین پارامترها را درست نشان می‌دهد؟ $(c_{آب} = 2c_{یخ} = 4200 \frac{J}{kg^\circ C}, L_V = 2256 \frac{J}{g}, L_F = 336 \frac{J}{g})$



۱) $AB = CD$ ۲) $BC = 4AO$

۳) $AO = \frac{1}{2}BC$ ۴) $OC = BD$

۹ ۲۶۶. مقداری آب را که در فشار یک اتمسفر قرار دارد، به تدریج سرد می‌کنیم و هم‌زمان فشار محیط را افزایش می‌دهیم. در این صورت، آب در دمای ..... درجهٔ سلسیوس منجمد می‌شود. (تجربی خارج ۹۷)

۱) صفر ۲) ۴ ۳) پایین‌تر از صفر ۴) بین ۴ درجه و صفر

۱۰ ۲۶۷. قطعه‌ای مس به جرم ۲۸۲ گرم و دمای $\theta^\circ C$ را داخل ۱۰۰ گرم آب $10^\circ C$ می‌اندازیم. اگر ۵ گرم آب بخار شود، θ چند درجهٔ سلسیوس است؟ $(c_{مس} = 400 \frac{J}{kg.^\circ C}, L_V = 2256 \frac{kJ}{kg})$ (تجربی خارج ۹۷)

۱) ۱۵۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۳۰۰ ۴) ۴۰۰

هایپرتست

۲۶۸. هنگامی که دمای جسمی در مقیاس سلسیوس ۳ برابر می‌شود، دمای آن در مقیاس فارنهایت ۷۲ درصد افزایش می‌یابد. دمای این جسم چند کلوین بوده است؟

۱) ۲۸۳ ۲) ۳۲۳ ۳) ۲۹۳ ۴) ۳۰۰

۲۶۹. دمای جسمی $۱۲۷^\circ C$ است. دمای این جسم را چند درجهٔ فارنهایت افزایش دهیم تا دمای آن برحسب کلوین ۲۵ درصد افزایش یابد؟

۱) ۱۰۰ ۲) ۵۴۰ ۳) ۲۱۲ ۴) ۱۸۰

۲۷۰. اگر دمای $\theta^\circ C$ دمایی باشد که دماسنج‌های با مقیاس فارنهایت و کلوین یک عدد را نشان می‌دهند، تفاوت این دما با دمای جوش آب در فشار یک اتمسفر تقریباً چند درجهٔ فارنهایت است؟

۱) ۳۶۲ ۲) ۲۰۱ ۳) ۳۰۱ ۴) ۵۴۲

۲۷۱. طول یک میلهٔ آهنی در دمای $۰^\circ C$ یک میلی‌متر بیشتر از طول یک میلهٔ مسی و برابر ۱۰۰۳ میلی‌متر است. دمای میله‌ها را به چند کلوین باید برسانیم، تا طول میلهٔ مسی ۲ میلی‌متر بیشتر از طول میلهٔ آهنی باشد؟ (ضرایب انبساط طولی آهن و مس به ترتیب $۱۲\times۱۰^{-۶}\frac{۱}{K}$ و $۱۸\times۱۰^{-۶}\frac{۱}{K}$ است.)

۱) ۵۰۰ ۲) ۷۷۳ ۳) ۵۲۳ ۴) ۵۴۶

۲۷۲. قطر یک گلولهٔ کروی آهنی در دمای $۰^\circ C$ به اندازهٔ ۰/۲ میلی‌متر از قطر سوراخ دایره‌ای در یک صفحهٔ مسی بزرگتر است و گلوله از سوراخ عبور نمی‌کند. اگر قطر گلوله ۱۰ cm باشد، حداقل دمای گلوله و صفحه باید تقریباً چند درجهٔ سلسیوس باشد تا گلوله از سوراخ عبور کند؟ $(\alpha_{آهن}=۱۲\times۱۰^{-۶}\frac{۱}{K}, \alpha_{مس}=۱۷\times۱۰^{-۶}\frac{۱}{K})$

۱) ۴۰۰ ۲) ۵۰۰ ۳) ۸۰۰ ۴) ۶۰۰

۲۷۳. ضریب انبساط حجمی فلزی $۲\times۱۰^{-۵}\frac{۱}{F^\circ}$ است. ضریب انبساط طولی آن برحسب $\frac{۱}{K}$ کدام است؟

۱) $\frac{۲}{۳}\times۱۰^{-۵}$ ۲) $\frac{۶}{۵}\times۱۰^{-۵}$ ۳) $۳/۶\times۱۰^{-۵}$ ۴) ۶×۱۰^{-۵}

۲۷۴. در شکل مقابل حجم مایع درون ظرف در دمای $۰^\circ C$ برابر ۲L است. اگر مساحت مقطع لولهٔ متصل به ظرف برابر $۴/۷\,cm^۲$ باشد و دمای مایع را $۵۰^\circ C$ بالا ببریم، ارتفاع مایع در لوله چند سانتی‌متر افزایش می‌یابد؟ (ضریب انبساط حجمی مایع $۱۰^{-۳}\frac{۱}{K}$ و ضریب انبساط طولی ظرف $۲\times۱۰^{-۵}\frac{۱}{K}$ است و از انبساط سطح مقطع لوله صرف‌نظر می‌شود.)

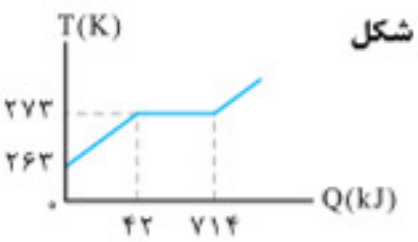
(برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۱۵

۲۷۵. با یک میلهٔ فلزی که طول آن در دمای $۰^\circ C$ یک متر و ضریب انبساط طولی آن $۲/۵\times۱۰^{-۵}\frac{۱}{C^\circ}$ است، در یک روز تابستانی با دمای $۴۰^\circ C$ محیط زمینی اندازه‌گیری شده و برابر $۱۰^۴$ متر گزارش شده است. محیط واقعی زمین چند متر بوده است؟ (دمای مرجع صفر درجهٔ سلسیوس درنظر گرفته شود.)

۱) ۱۰۰۰۱ ۲) ۱۰۰۱۰ ۳) ۹۹۹۰ ۴) ۹۹۸۹

۲۷۶. نمودار تغییرات دمایی جسم جامدی با گرمای ویژهٔ $۲۱۰۰\frac{J}{kg.K}$ برحسب گرمای داده‌شده به آن مطابق شکل است. اگر به جسم جامد اولیه ۲۱۰kJ گرما داده شود، چند کیلوگرم از آن به‌صورت جامد باقی می‌ماند؟



۱) ۱/۵ ۲) ۰/۶۲۵
۳) ۰/۵ ۴) ۱/۳۷۵

۲۷۷. اگر به ظرفی که شامل مخلوطی از یخ و آب صفر درجهٔ سلسیوس است، با آهنگ ثابت گرما دهیم، پس از ۳ دقیقه تمام یخ ذوب می‌شود و آب صفر درجهٔ سلسیوس داریم. اگر طی این فرایند حجم مخلوط $۲۰\,cm^۳$ کاهش یابد، آهنگ انتقال گرما چند واحد SI است؟ $(\rho_{یخ}=۰/۹\frac{g}{cm^۳}, \rho_{آب}=۱\frac{g}{cm^۳}, L_F=۳۳۶\frac{kJ}{kg}$ و اتلاف انرژی نداریم.)

۱) ۳۳۶ ۲) ۶۷۲ ۳) ۱۶۸ ۴) ۱۸۰

۲۷۸. ۴ گرم بخار آب $۱۰۰^\circ C$ حداکثر چند گرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس را می‌تواند به‌طور کامل ذوب کند؟ $(c_{آب}=۴/۲\frac{J}{g.^\circ C}, L_F=۳۳۶\frac{J}{g}, L_V=۲۲۶۸\frac{J}{g})$

۱) ۲۷ ۲) ۲۸ ۳) ۳۲ ۴) ۱۸/۵

۲۷۹. در ظرفی مقداری یخ صفر درجهٔ سلسیوس موجود است. اگر ۸۰۰g آب $۲۰^\circ C$ را در ظرف بریزیم و مبادلهٔ گرما فقط بین یخ و آب باشد، ۸۰٪ از جرم یخ ذوب می‌شود. جرم اولیهٔ یخ چند گرم بوده است؟ $(c_{آب}=۴۲۰۰\frac{J}{kg.^\circ C}, L_F=۳۳۶\frac{kJ}{kg})$

۱) ۲۰۰ ۲) ۲۵۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۵۰۰

۲۸۰. یک قطعه یخ به جرم ۵۰۰g با دمای $-10^\circ C$ را درون ظرفی حاوی ۵۰۰g آب با دمای $60^\circ C$ می‌اندازیم. اگر انتقال انرژی مخلوط آب و یخ با ظرف و هوا ناچیز باشد، پس از برقراری تعادل گرمایی، چند گرم از یخ در ظرف باقی می‌ماند؟ $(c_{آب}=4/2\frac{kJ}{kg.^\circ C}, c_{یخ}=2/1\frac{kJ}{kg.^\circ C}, L_F=220\frac{kJ}{kg})$

۱) ۵۰ ۲) ۱۵۰ ۳) ۳۵۰ ۴) ۲۵۰

۲۸۱. در گرماسنجی با ظرفیت گرمایی $210\frac{J}{^\circ C}$، ۲۰۰ گرم آب وجود دارد و مجموعه در دمای $60^\circ C$ در تعادل گرمایی است. اگر یک قطعهٔ ۳۰۰ گرمی یخ با دمای صفر درجهٔ سلسیوس در داخل آب بیندازیم، دمای تعادل مجموعه در حالت جدید به $19^\circ C$ می‌رسد. گرمای نهان ذوب یخ در این آزمایش چند $\frac{J}{kg}$ خواهد شد؟ $(c_{آب}=4200\frac{J}{kg.^\circ C}, c_{یخ}=2100\frac{J}{kg.^\circ C})$

۱) $3/22\times10^5$ ۲) $3/62\times10^5$ ۳) $3/24\times10^5$ ۴) $3/36\times10^5$

۲۸۲. ظرف مایقی محتوی m کیلوگرم آب صفر درجهٔ سلسیوس است. بر اثر تبخیر سطحی، مقداری از آب، بخار و بقیه تبدیل به یخ صفر درجهٔ سلسیوس می‌شود. اگر گرمای نهان ویژهٔ تبخیر آب را $2400\frac{kJ}{kg}$ و گرمای نهان ویژهٔ ذوب یخ را $300\frac{kJ}{kg}$ فرض کنیم، جرم یخ باقی‌مانده، چند برابر جرم آب بخارشده است؟ (آب با محیط اطراف تبادل گرما ندارد.)

۱) ۸ ۲) $\frac{1}{8}$ ۳) ۹ ۴) $\frac{1}{9}$

۲۸۳. درون ظرفی، یک کیلوگرم یخ صفر درجهٔ سلسیوس را با یک کیلوگرم آب ۴۰ درجهٔ سلسیوس مخلوط می‌کنیم. با صرف‌نظر از تبادل گرمای آب و یخ با ظرف و محیط، کدام‌یک از گزینه‌های زیر بعد از تعادل آب و یخ صحیح است؟ $(L_F=336\frac{kJ}{kg}, c_{آب}=4200\frac{J}{kg.^\circ C})$

۱) ۱/۲۵کیلوگرم آب و ۰/۷۵ کیلوگرم یخ در ظرف باقی می‌ماند.
۲) ۱/۵ کیلوگرم آب و ۰/۵ کیلوگرم یخ در ظرف باقی می‌ماند.
۳) ۲ کیلوگرم آب صفر درجهٔ سلسیوس در ظرف باقی می‌ماند.
۴) ۱/۷۵ کیلوگرم آب و ۰/۲۵ کیلوگرم یخ در ظرف باقی می‌ماند.

آزمون پایانی فصل

زمان پیشنهادی: ۳۰ دقیقه

۱. کدام گزینه دربارهٔ فرایند ذوب نادرست است؟

۱) افزایش فشار وارد بر جسم در بیشتر موارد، سبب پایین رفتن نقطهٔ ذوب می‌شود.
۲) افزایش فشار بر یخ، سبب کاهش اندک نقطهٔ ذوب آن می‌شود.
۳) فرایند ذوب، عملی گرماگیر است.
۴) گرمایی که جسم در نقطهٔ ذوب خود می‌گیرد تا به مایع تبدیل شود، سبب تغییر دمای آن نمی‌شود.

۲. وقتی جسمی گرما می‌گیرد، کدام کمیت در جسم قطعاً تغییر می‌کند؟

۱) دما ۲) ظرفیت گرمایی ۳) انرژی جنبشی مولکول‌ها ۴) انرژی درونی

۳. در یک دمانگاشت، ناحیه‌های گرم‌تر با رنگ ..... و ناحیه‌های سردتر با رنگ ..... مشخص شده است. (برگرفته از کتاب درسی)

۱) قرمز ـ سیاه ۲) سفید ـ سیاه ۳) آبی ـ قرمز ۴) قرمز ـ آبی

۴. اگر سطح خارجی جسم، صیقلی با رنگ روشن و درخشان باشد، تابش گرمایی آن ..... و اگر سطح خارجی جسم، ناصاف با رنگ تیره و مات باشد، تابش گرمایی آن ..... است. (برگرفته از کتاب درسی)

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

۵. دمای ۱۲۲ درجهٔ فارنهایت معادل با چند درجهٔ سلسیوس و چند کلوین است؟ (ریاضی ۹۸)

۱) ۵۰ و ۳۳۲ ۲) ۵۰ و ۳۲۳ ۳) ۵۹ و ۳۳۲ ۴) ۵۹ و ۳۲۳

۶. گرمکنی در هر ثانیه ۵۰۰J گرما می‌دهد. چند دقیقه طول می‌کشد تا این گرمکن ۱۰۰ گرم آب $10^\circ C$ را به بخار آب $100^\circ C$ تبدیل کند؟ $(L_V=2250\frac{kJ}{kg})$ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۵ ۲) ۷/۵ ۳) ۱۰ ۴) ۱۲/۵

۷. مقدار ۳۰۰ گرم آب $20^\circ C$ را با ۲۰۰ گرم آب $80^\circ C$ مخلوط می‌کنیم. اگر اتلاف گرما نباشد، دمای تعادل چند °C می‌شود؟ $(c_{آب}=4200\frac{J}{kg.K})$

۱) ۵۰ ۲) ۴۰ ۳) ۴۲ ۴) ۴۴

۸. دمای ذوب فلز گالیم (Ga) $29/8^\circ C$ و گرمای نهان ذوب آن $80/4\frac{kJ}{kg}$ است. اگر ۵ گرم از این فلز با دمای $19/8^\circ C$ را در دست بگیریم، تا زمانی که به طور کامل ذوب شود، چند ژول گرما از دست ما می‌گیرد؟ (گرمای ویژهٔ گالیم $370\frac{J}{kg.K}$ است.) (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۴۱۸/۵ ۲) ۴۲۰/۵ ۳) ۴۲۵ ۴) ۸۰۴