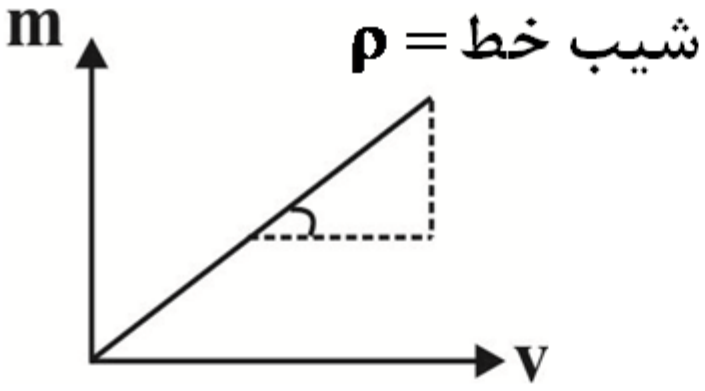
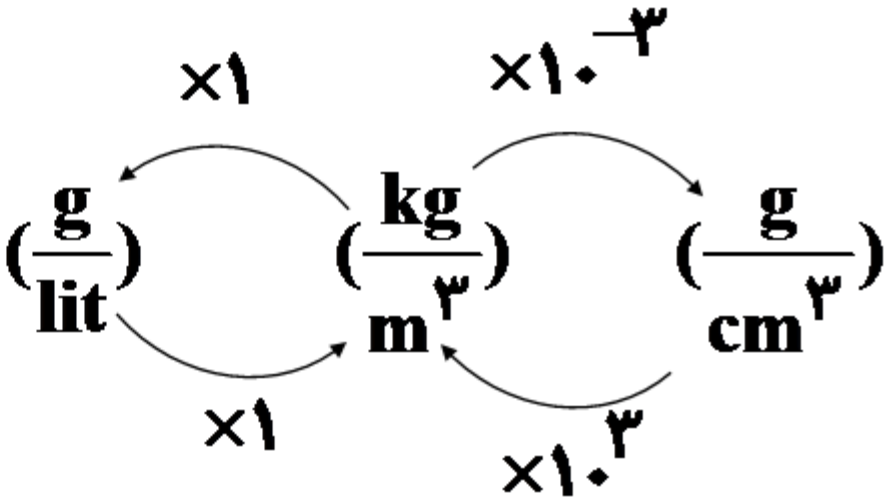
# ویژگی های ماده و فشار

**چگالی یا جرم حجمی:** جرم واحد حجم هر جسم را مـــی گوییم که فقط تابعی از جنس و دمای جسم است.

$$\rho = \frac{m}{v} \rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \frac{V_2}{V_1}$$



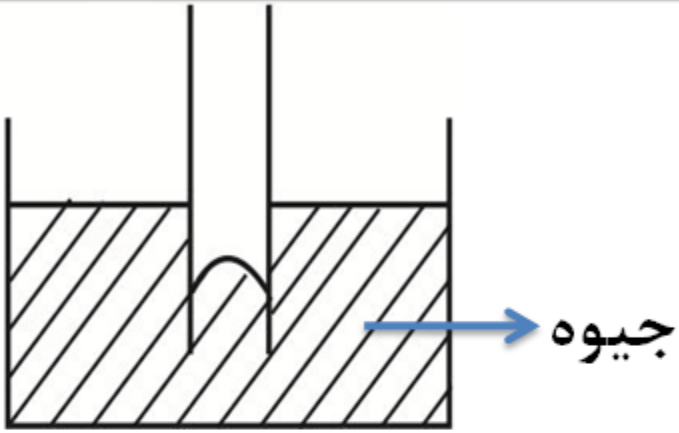



**نیروی چسبندگی:** نیروی ربایشی بین مولکول های مایع

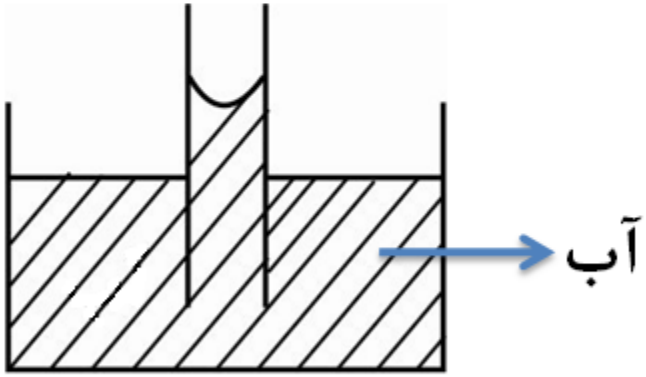
*تذکر: وقتی مولکول ها بسیار به هم نزدیک می شوند. یک نیروی رانشی قوی ایجاد می شود که مانع از نزدیک شدن آن ها به هم و تراکم مایع می شود.

**نیروی کشش سطحی:** نیروی چسبندگی بین مولکول های مایع در سطح آزاد مایع را گویند. این نیرو از نوع نیروهای بنیادی الکترومغناطیسی است. قرار گرفتن جسم های کوچک و سبک روی سطح آب به دلیل وجود این نیرو است.

**نیروی چسبندگی سطحی:** به نیروهای بین مولکول هـای دو ماده ی مختلف که با هم در تماس اند گفته می شود. با توجه به این نیرو می توان خاصیت پیوسـتگی را در لولـه های مویین به صورت زیر بررسی کرد:




نیروی چسبندگی جیوه > نیروی چسبندگی سطحی جیوه و شیشه




نیروی چسبندگی آب < نیروی چسبندگی سطحی آب و شیشه

۱) قطر یک گلوله‌ی توپر آلومینیمی دو برابر قطر یک گلوله‌ی توپر مسی است. اگر جرم گلوله‌ی آلومینیمی۲/۴برابر جرم گلوله‌ی مسی باشد، چگالی آلومینیم چند برابر چگالی مس است؟

۱) ۰/۱ ۲) ۰/۲

۳) ۰/۳ ۴) ۰/۴

۱)

می دانیم حجم کره برابر $V = \frac{۴}{۳}\pi r^{۳} = \frac{۴}{۳}\pi(\frac{D}{۲})^{۳}$ و $\rho = \frac{m}{V}$ است. بنابراین می توان نوشت:

$$\frac{\rho_{Al}}{\rho_{Cu}} = \frac{m_{Al}}{m_{Cu}} \times \frac{V_{Cu}}{V_{Al}} \xrightarrow{V \alpha D^{۳}} \frac{\rho_{Al}}{\rho_{Cu}} = \frac{m_{Al}}{m_{Cu}} \times (\frac{D_{Cu}}{D_{Al}})^{۳}$$

$$D_{Al}=۲D_{Cu}\,,m_{Al}=۲/۴m_{Cu}\longrightarrow$$

$$\frac{\rho_{Al}}{\rho_{Cu}}=\frac{۲/۴m_{Cu}}{m_{Cu}}\times(\frac{D_{Cu}}{۲D_{Cu}})^{۳}$$

$$\rightarrow\frac{\rho_{Al}}{\rho_{Cu}}=۲/۴\times\frac{۱}{۸}\Rightarrow\frac{\rho_{Al}}{\rho_{Cu}}=۰/۳$$

گزینه «۳» صحیح است

**وجود حفره در یک جسم:** بـــرای تعیـــین حجـــم حفـــره ی موجود در یک جسم، در ابتدا حجم جسم و یا جـــرم آن را بدون حضور حفره یافته، سپس آن را بـــا حجـــم یـــا جـــرم موجود مقایسه می کنیم تا حجم حفره را بیابیم.

$$\text{حجم حفره} = \text{حجم ظاهری} - \frac{\text{m}}{\rho}\text{حجم واقعی}$$

۲) طول هر ضلع مکعب فلزی $10cm$ و جرم آن $6kg$ است. اگر چگالی فلز $8\frac{g}{cm^3}$ باشد، مکعب:

۱) توپر است و حجم آن $750cm^3$ است.

۲) توپر است و حجم آن $1000cm^3$ است.

۳) حفره‌ی خالی دارد و حجم حفره $250cm^3$ است.

۴) حفره‌ی خالی دارد و حجم حفره $750cm^3$ است.

۲) در ابتدا فرض می‌کنیم که مکعب توپر است در این صورت حجم مکعبی از این جنس با جرم $۶kg$ را محاسبه می‌کنیم.

$$V=\frac{m}{\rho}\xrightarrow[\rho=۸۰۰۰\frac{kg}{m^۳}]{m=۶kg}V=\frac{۶}{۸۰۰۰}m^۳\Rightarrow V=۷۵۰cm^۳$$

ولی حجم این مکعب $۱۰۰۰cm^۳$ است، لذا در آن حفره‌ای به حجم $۲۵۰cm^۳$ وجود دارد.

**گزینه «۳» صحیح است**

**فشار:** کمیتی است نرده ای که به صورت بزرگی نیروی عمود بر سطح تعریف می شود و یکای آن در SI، پاسکال یا $\frac{N}{m^2}$ است.

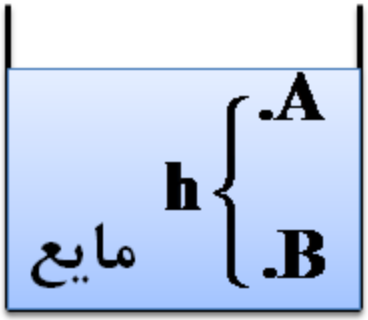
$$P = \frac{F_\perp}{A}$$

بدیهی است که برای جسمی به جرم m، فشار وارد بر سطح افقی از طرف جسم به صورت زیر خواهد بود که A سطح تماس بین جسم و سطح افقی است.

$$P = \frac{mg}{A}$$

در مایعات نیز، اختلاف فشار بین دو نقطه در مایع به فاصله ی قائم آن دو نقطه بستگی داشته و به صورت زیر است.

$$\Delta P = \rho g h$$




بدیهی است که فشار کل وارد بر یک نقطه در مایع با در نظرگرفتن فشار هوای محیط ($P_o$)به صورت زیر خواهد بود.

$$P = P_o + \rho g h$$

۳) در عمق ۸ متری مایعی، فشار کل ۱/۷۶ اتمسفر است. چگالی این مایع چند گرم بر سانتی‌مترمکعب است؟ (فشار هوا در محل، $1at \approx 10^5 pa$ ، $g = 10 \frac{m}{s^2}$ است.)

۱) ۰/۹۵ ۲) ۷/۲ ۳) ۹/۵ ۴) ۰/۷۲

۳)

$$P = P_{\circ} + \rho gh \Rightarrow ۱/۷۶ \times ۱۰^{۵} = ۱۰^{۵} + \rho \times ۱۰ \times ۸$$

$$\rightarrow \rho = ۹۵۰ \frac{kg}{m^{۳}} = ۰/۹۵ \frac{g}{cm^{۳}}$$

**گزینه «۱» صحیح است**

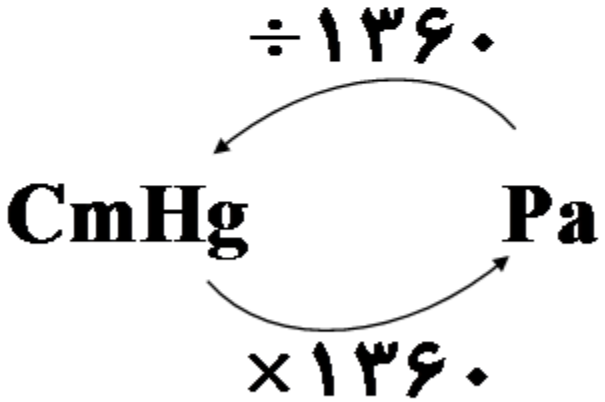
## مقایسه ی فشار حاصل از دو مایع:

اگر فشار مربوط به دو مایع با چگالی های $\rho_1$ و $\rho_2$ و ارتفاع های $h_1$ و $h_2$ با هم برابر باشد، آنگاه به صورت زیر عمل می کنیم.

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

تذکر: فشار حاصل از ۱۰ متر آب تقریباً معادل فشار حاصل از ارتفاع ۷۵ سانتی متر جیوه است.

*تذکر: اگر چگالی جیوه $\rho = ۱۳۶۰۰ \frac{kg}{m^۳} = ۱۳/۶ \frac{g}{cm^۳}$ باشد، برای تبدیل یکای CmHg به پاسکال به صورت زیر عمل می کنیم:



۴) اگر فشار هوا ۷۵ سانتی‌متر جیوه باشد، فشار در عمق چند متری آب به ۱۰۰ سانتی‌متر جیوه می‌رسد؟ (چگالی جیوه و آب به ترتیب $۱۳/۶\frac{g}{cm^۳}$ و $۱\frac{g}{cm^۳}$ است و $g=۱۰\frac{m}{s^۲}$ )

۱) ۳/۴ ۲) ۶/۸

۳) ۱۰/۲ ۴) ۱۳/۶

۴) ابتدا فشار ناشی از آب را در ارتفاع مورد نظر محاسبه و سپس به کمک آن ارتفاع آبی که این فشار را ایجاد می‌سازد، تعیین می‌کنیم:

$$p = p_0 + p_{آب} \rightarrow ۱۰۰ = ۷۵ + p_{آب} \rightarrow p_{آب} = ۲۵cmHg$$

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

$$\rightarrow h_{آب} = ۳۴۰cm = ۳/۴m$$

گزینه «۱» صحیح است

۵) چه ارتفاعی از آب بر حسب متـــر، فشـــاری برابـــر بـــا ۱۵۰ میلی‌متر جیوه دارد؟(چگالی آب و جیوه به ترتیب $۱۰۰۰ \frac{kg}{m^۳}$ و $۱۳۶۰۰ \frac{kg}{m^۳}$ است.)

۱) ۰/۱۵ ۲) ۱/۵۰

۳) ۸/۰۲ ۴) ۲/۰۴

۵) در این‌جا فقط فشار ناشی از آب مورد نظر است. از طرفی می‌دانیم که برای تبدیل یکای cmHg به Pa (با توجه به چگالی جیوه) به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\Delta P = ۱۵۰\ mmHg = ۱۵\ cmHg = ۱۵ \times ۱۳۶۰\ Pa$$

لذا برای تعیین ارتفاع ستون آبی که این فشار را تأمین می‌کند:

$$\Delta P = \rho g h \rightarrow$$

$$۱۵ \times ۱۳۶۰ = ۱۰^{۳} \times ۱۰ \times h \rightarrow$$

$$h = ۲/۰۴ m$$

گزینه «۴» صحیح است

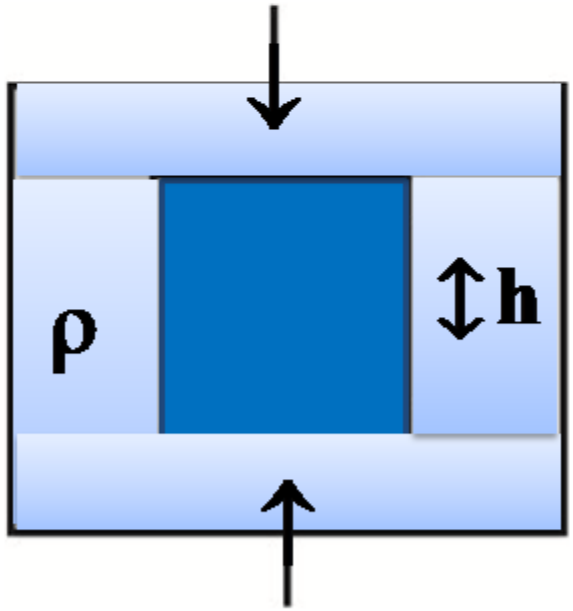
## نیروی وارد بر سطوح از طرف مایع

می دانیم، نیرویی که از طرف مایع به هر سطح وارد می شود بر سطح عمود بوده و به صورت زیر محاسبه می شود.

$$F = P.A \xrightarrow{P=\rho gh} F = \rho gh.A$$

❊**تذکر:** اختلاف نیروهایی که از بالا و پایین بر سطح استوانه ی قائمی مطابق شکل وارد می شود برابر وزن استوانه است.

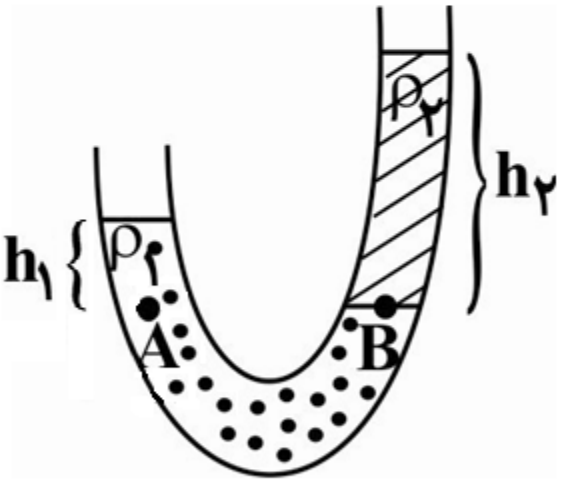
$$\Delta F = mg = \rho A h g$$



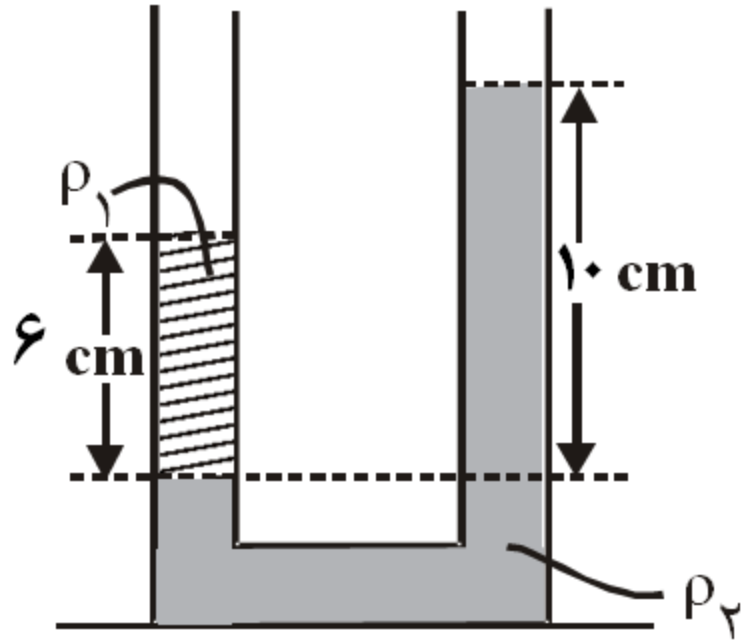
## لوله های U شکل و ظرف های مرتبط

می دانیم که در نقاط هم سطح در یک مایع در حال تعـادل فشار در همه ی نقاط هم سطح یکسان است لذا داریم:

$$P_A = P_B \rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$



۶) در شکل روبه‌رو، دو مایع مخلـوط‌نشـدنی در لولـه‌ی U شکل در حال تعادل هستند. اگر $\rho_۲ = ۱۰۰۰ \frac{kg}{m^۳}$ باشـد، $\rho_۱$ چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟




۱) ۶۰۰

۲) ۵۰۰۰

۳) $\frac{۵۰۰۰}{۳}$

۴) $\frac{۱۰۰۰۰}{۳}$

۶) مطابق شکل داده شده در صورت سؤال، فشـــار ارتفـــاع ۶ سانتی متر از مایع $\rho_1$ با فشار ارتفاع ۱۰ سانتی متری از مایع $\rho_2$ برابر است.

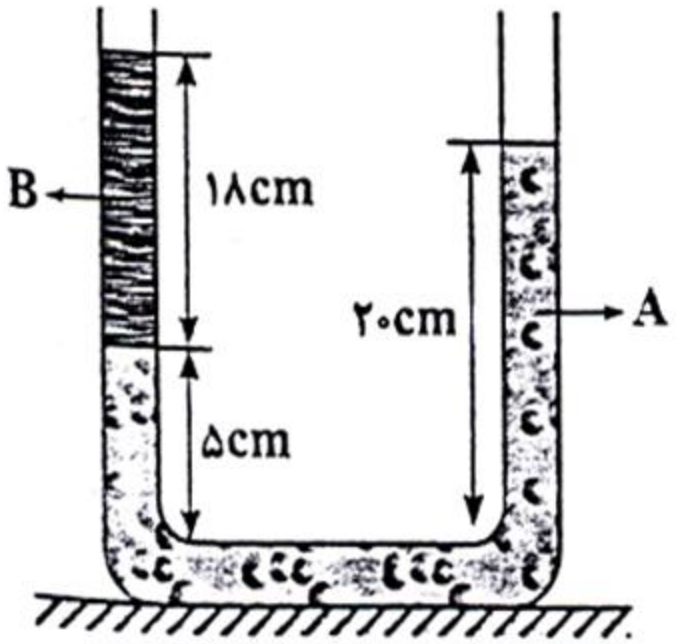
$$\rho_2 = ۱۰۰۰ \frac{kg}{m^3} = ۱ \frac{g}{cm^3}$$

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 \longrightarrow$$

$$۶ \times \rho_1 = ۱ \times ۱۰ \rightarrow \rho_1 = \frac{۱۰}{۶} = \frac{۵}{۳} \frac{g}{cm^3} = \frac{۵۰۰۰}{۳} \frac{kg}{m^3}$$

گزینه «۳» صحیح است

۷) در شکل مقابل دو مایع مخلوط نشدنی **A** و **B** به حالت تعادل قرار دارند. چگالی مایع **B** چند برابر چگالی **A** است؟




۱) $\frac{۵}{۶}$

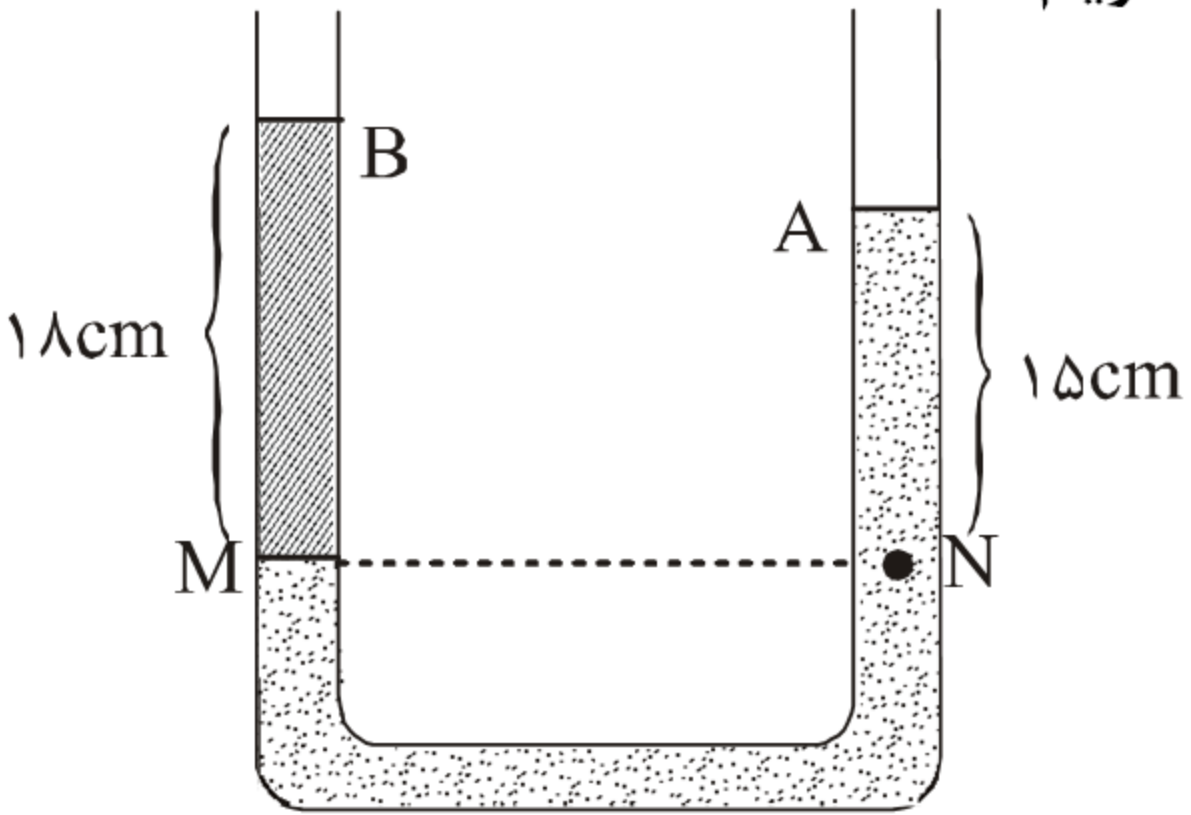
۲) $\frac{۶}{۵}$

۳) $\frac{۹}{۱۰}$

۴) $\frac{۱۰}{۹}$

۷) نقاط **M** و **N** هم تراز و هم فشارند.

با توجه به شکل داریم:



$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_B g h_B = \rho_A g h_A$$

$$\rho_B \times ۱۸ = \rho_A \times ۱۵ \Rightarrow \frac{\rho_B}{\rho_A} = \frac{۵}{۶}$$

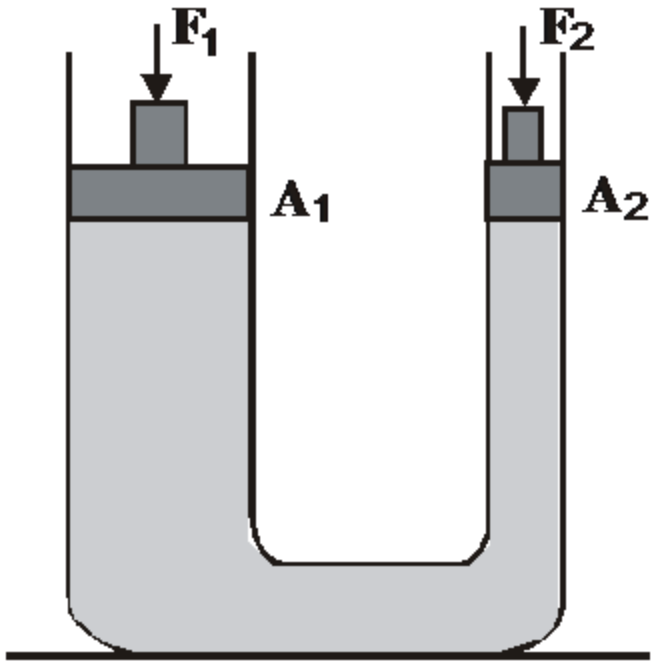
گزینه «۱» صحیح است

## اصل پاسکال

افزایش فشار وارد بر مایع محصور در یک نقطه، بدون تغییر به تمام قسمت های مایع منتقل می شود.

مطابق این اصل اختلاف فشار بین دو نقطه در یک مایع در حال تعادل، همواره مقداری است ثابت.

۸) در شکل روبه‌رو، به دو پیستون که روی یک مایع قرار دارند نیروهای $F_1$ و $F_2$ وارد می‌شود و فشار $P_1$ و $P_2$ را روی دو سطح هم‌تراز $A_1$ و $A_2$ ایجاد می‌کنند. اگر پیستون‌ها تحت تأثیر این نیروها حرکت نکنند (در تعادل باشند)، نتیجه می‌گیریم که:




۱) $F_1 = F_2$

۲) $F_1 = (\frac{A_1}{A_2})F_2$

۳) $P_1 = (\frac{A_1}{A_2})P_2$

۴) $F_1 = (\frac{A_2}{A_1})F_2$

۸) چون پیستون ها بر روی دو سطح هم تراز به حالت تعادل اند، فشار وارد بر پیستون ها باهم برابر است.

بنابراین می توان نوشت:

$$P_1 = P_2 \xrightarrow{P=\frac{F}{A}} \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow F_1 = (\frac{A_1}{A_2})F_2$$

**گزینه «۲» صحیح است**

## قانون عمومی گازهای کامل

برای مقدار معینی از یک گاز که در یک ظرف محبوس شده داریم:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

بدیهی است که در یک ظرف استوانه ای و در دمای ثابت داریم.

$$P_1V_1 = P_2V_2 \xrightarrow[A=\text{ثابت}]{V=A.h\ \text{استوانه}} P_1h_1 = P_2h_2$$

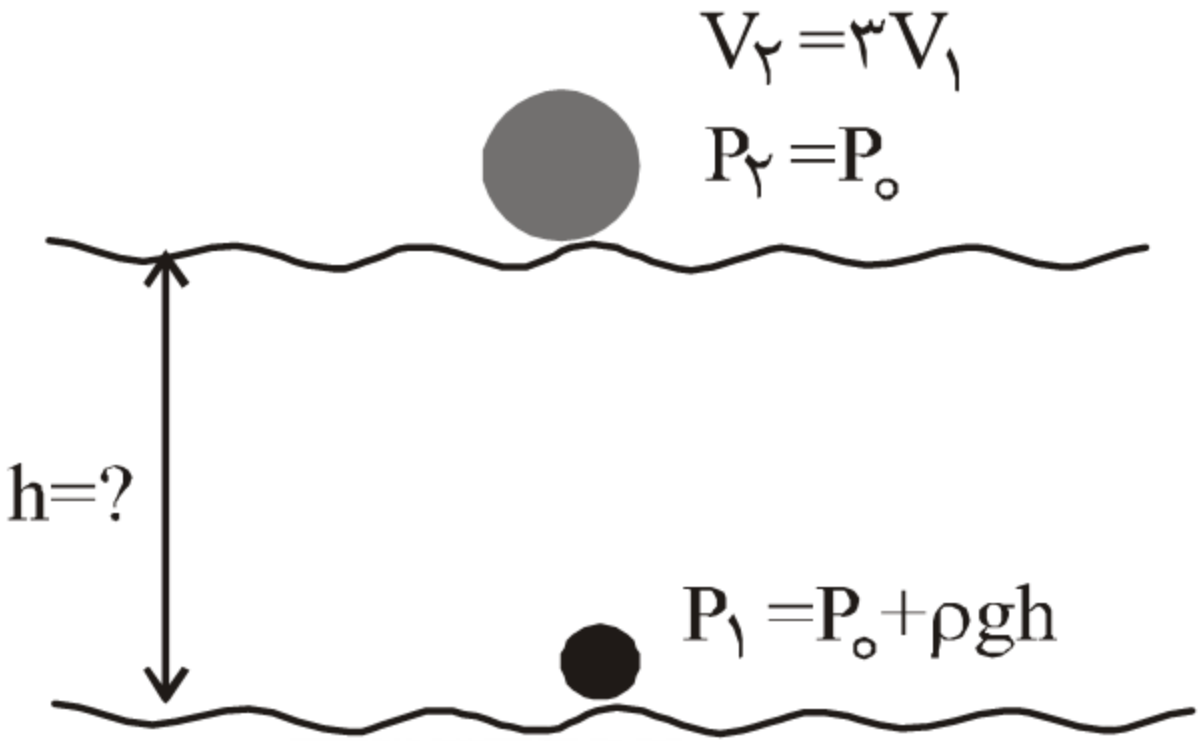
۹) حجم حباب‌های هوا در رسیدن از ته یک دریاچه تا سطح آب ۳ برابر می‌شود. اگر دمای آب ثابت فرض شود، عمق آب تقریباً چند متر است؟ (فشار هوا برابربا $۱۰^۵$ پاسکال و چگالی آب $۱۰۰۰ kg/m^۳$ و فرض شود $g = ۱۰ \frac{N}{kg}$ .)

۱) ۱۵ ۲) ۲۰

۳) ۲۵ ۴) ۳۰

۹) با استـــفاده از رابطه ی $P_1V_1 = P_2V_2$ و با توجه بـــه ایـــن

$P_2 = P_0, P_1 = P_0 + \rho gh$ که است می توان نوشت:



$$P_1V_1 = P_2V_2 \xrightarrow{V_2=3V_1}$$

$$P_1V_1 = P_0 \times 3V_1 \Rightarrow P_1 = 3P_0$$

$$P_1 = P_0 + \rho gh \rightarrow 3P_0 = P_0 + \rho gh \Rightarrow$$

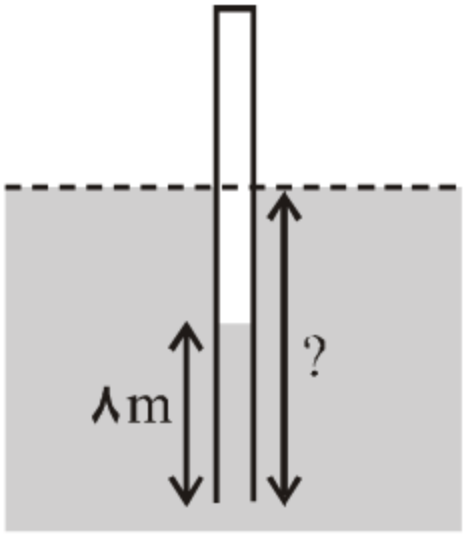
$$2P_0 = \rho gh \xrightarrow{\rho=1000\frac{kg}{m^3}, P_0=10^5 Pa}$$

$$2\times 10^5 = 1000\times 10\times h \rightarrow h = 20m$$

گزینه «۲» صحیح است

۱۰) لوله‌ای به طول $L = ۲۴m$ که یک طرف آن بسته است حاوی هوا در فشار $۱۰^{۵} pa$ است. این لوله را به‌طور قائم در یک دریاچه‌ی آب شیرین فرو می‌بریم تا وقتی که آب همانند شکل تا $\frac{۱}{۳}$ طول لوله بالا بیاید، لوله چند متر در آب فرورفته است؟ (دما در تمام نقاط برابر و ثابت فرض شود.)

$(\rho = ۱۰۰۰ \frac{kg}{m^{۳}} , g = ۱۰ \frac{m}{s^{۲}})$



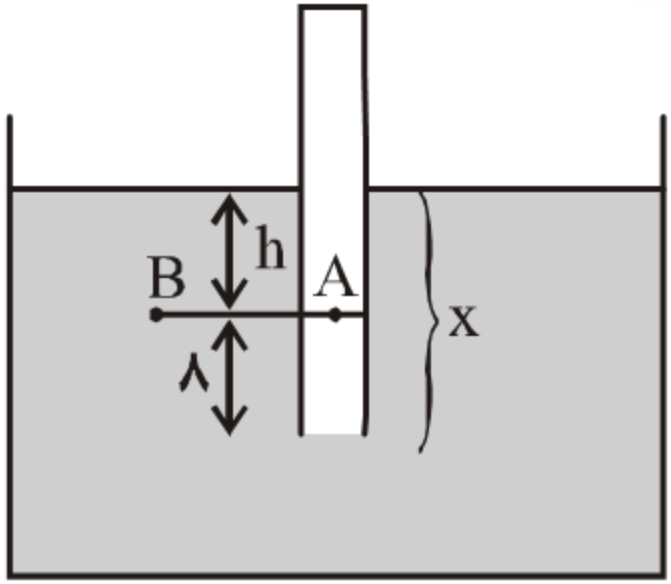

۱) ۵

۲) ۸

۳) ۱۳

۴) ۲۰

(۱۰




$$P_1V_1 = P_2V_2 \rightarrow P_1AL_1 = P_2AL_2 \Rightarrow P_1L_1 = P_2L_2$$

$$۱۰^{۵} \times ۲۴ = P_2 \times (۲۴ - ۸)$$

$$\Rightarrow P_2 = ۱/۵ \times ۱۰^{۵} Pa$$ فشار گاز در حالت دوم

$$P_A = P_B = P_\circ + \rho g h \Rightarrow ۱/۵ \times ۱۰^۵ = ۱۰^۵ + ۱۰۰۰ \times ۱۰ h$$

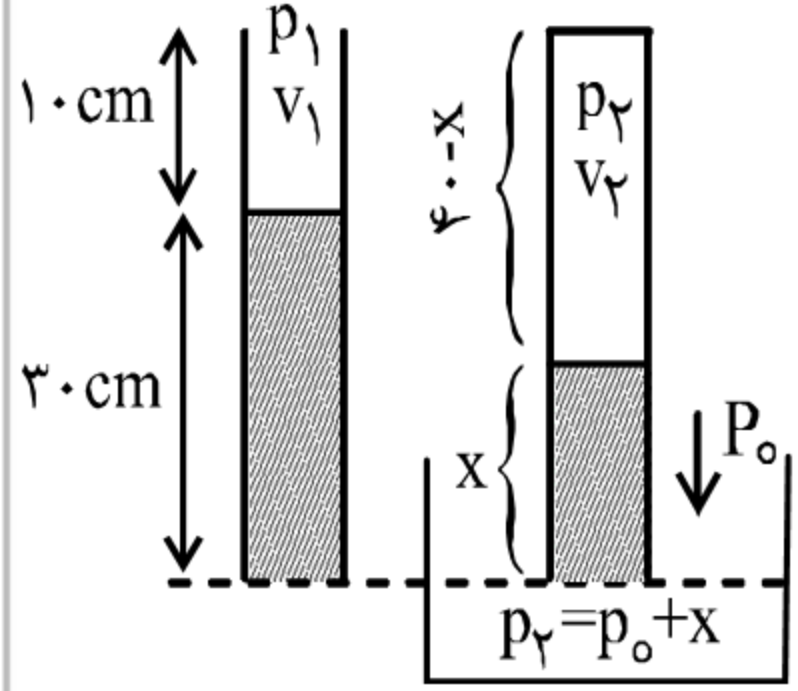
$$\rightarrow h = ۵m \ , \quad x = ۵ + ۸ = ۱۳m$$

گزینه «۳» صحیح است

۱۱) لوله ی استوانه ای شکلی به طول **۴۰cm** را کـــه هـــر دو طرف آن باز است تا ارتفاع ۳۰ سانتی متر بـــه‌طـــور قـــائم در جیوه فرو می بریم و سپس انگشت خود را در بالای لوله قرار داده و لوله را از جیوه بیرون می آوریم. اگر فشار هوا در محل **۷۵cmHg**باشد و دما ثابت بماند، چند سانتی متر از جیـــوه در لوله باقی می ماند؟

۱) ۱۰ ۲) ۱۵ ۳) ۲۰ ۴) ۲۵

۱۱) در حالت اول مطابق شکل **۳۰cm** داخل لوله جیوه و **۱۰cm** دیگر هوا با فشار هوای محل است.




در حالت دوم اگر طول جیوه **x** باشد، طول ستون هوای داخل لوله **۴۰—x** خواهد بود و بنا به قانون گازها می‌توان نوشت:

$$pv = nRT \xrightarrow[\text{ثابت}]{T,n} p_1v_1 = p_2v_2$$

$$\xrightarrow{v_1=10A\ ,\ v_2=(40-x)A} 75\times 10$$

$$= (75-x)(40-x) \rightarrow x = 25cm$$

گزینه «۴» صحیح است