

بنام خدا



امام علی علیه السلام :

هیچ گنجی سودمندتر از دانش نیست

گنجینه دانش

برای ارتباط با مهندس اصغری جهت کلاس خصوصی و یا

مشاوره و برنامه ریزی با شماره زیر تماس بگیرید

09125637231

۱-۱ - حالت های مختلف ماده:

- (الف) گاز: فاصله ی مولکول ها از هم نسبت به حالت های جامد و مایع خیلی بیش تر است (حدود چند ده برابر) - مولکول ها می توانند آزادانه حرکت کنند.
- (ب) مایع: فاصله ی مولکول ها در مقایسه با گاز بسیار کم تر است (در حدود یک انگستروم است). مولکول ها به راحتی به اطراف حرکت می کنند و روی هم می لغزند.
- (ج) جامد: فاصله ی مولکول ها مانند فاصله ی آن ها در مایع است - مولکول ها نمی توانند آزادانه حرکت کنند و تنها در جای خود یک حرکت نوسانی بسیار کوچک دارند.
- علت این که چرا یک ظرف نوشابه ی پلاستیکی در بسته ی خالی را می توان متراکم کرد ولی در حالی که ظرف پر از آب است نمی توان متراکم کرد را با توجه به فاصله ی مولکول ها در حالت گاز و مایع توجه می شود.
- وقتی یک قطره ی جوهر را داخل آب می اندازیم، پس از مدتی تمام آب رنگی می شود. این ویژگی مایع که مولکول ها می توانند به راحتی به اطراف حرکت کنند و روی هم بلغزند این امر را توجه می کند.
- وقتی یک لیوان پر از آب را کج می کنیم و آب از آن می ریزد با این ویژگی از مولکول های مایع که به راحتی روی هم می لغزند قابل توجه است.

۱- جامدهای بلورین:

در این جامدها مولکول ها در طرح منظمی کنار یکدیگر قرار دارند که معمولا از سرد کردن آهسته ی مایعات حاصل می شوند. فلزات و بیش تر سنگ ها مانند نمک طعام و الماس جامد بلورین هستند.

۲- جامدهای بی شکل:

مولکول ها در طرح منظم کنار یکدیگر قرار ندارند و معمولا از سرد کردن سریع مایعات بدست می آیند. شیشه یک جامد بی شکل است.

انواع جامد

۲-۳ - نیروهای هم چسبی:

نیروی جاذبه بین مولکول های یک مایع را نیروی هم چسبی می نامیم. البته اگر مولکول ها خیلی به هم نزدیک شوند یک نیروی رانشی قوی بین آنها ایجاد می شود که مانع نزدیک شدن آنها به هم می شود و عامل تراکم ناپذیری مایعات می شوند. نیروهای بین مولکولی کوتاه برد هستند، یعنی وقتی فاصله ی بین مولکول ها چند برابر فاصله ی بین مولکولی می شود، نیروهای بین مولکولی بسیار کوچک و عملاً صفر می شوند.

۳-۴ - کشش سطحی:

فرض کنید یک ورقه ی لاستیکی مثل بادکنک را از هر طرف بکشیم. هر نقطه از سطح این بادکنک توسط نقاط اطراف آن کشیده و نگه داشته شده است به گونه ای که اگر جسم سبکی را روی آن سطح قرار دهیم، با فرورفتگی کمی که در سطح ایجاد می شود، جسم روی سطح نگه داشته می شود مگر آن که جسم بیش از حد سنگین باشد. در سطح هر مایع، مولکول های مایع با نیروی هم چسبی که به هم وارد می کنند، باعث می شوند که سطح مایع مانند یک بادکنک کشیده شده عمل کند و اجسام سبکی مانند سوزن را روی خود نگه دارند. به این رفتار مایع کشش سطحی می گوئیم.

۴-۵ - نیروی دگرچسبی:

بین مولکول های دو ماده ی مختلف هم نیروی جاذبه وجود دارد که نیروی دگرچسبی نام دارد.

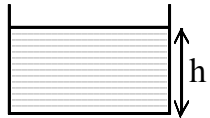
- نیروهای چسبندگی بین مولکول های آب و مولکول های شیشه ی تمیز بیش تر از نیروی هم چسبی بین مولکول های آب است. بنابراین قطره ی آب روی سطح شیشه پهن می شود و سطح شیشه را تر می کند. اگر سطح شیشه کمی چرب باشد، دیگر قطره ی آب پهن نمی شود. بلکه به صورت قطرات کروی درمی آیند. در این حالت نیروهای هم چسبی بین مولکول های آب بیشتر از نیروهای چسبندگی سطحی بین مولکول های آب و روغن است.

قطرات جیوه هم روی سطح شیشه ی تمیز به صورت کروی باقی می ماند که بیانگر این مطلب است که نیروهای چسبندگی بین مولکول های جیوه از نیروهای چسبندگی سطحی بین مولکول های جیوه و شیشه بیش تر است.

۵-۶- مویینگی:

- یکی از آثار نیروهای دگرچسبی، موینگی است. با وارد کردن یک لوله ی شیشه‌ای مویین درون یک ظرف مایع، مایع درون لوله بالا می‌آید ولی برای مایعات مختلف شرایط متفاوت است. مثلاً در مقایسه‌ی آب و جیوه می‌توان گفت:
- ۱- سطح آب در لوله‌ی مویین دارای فرورفتگی است ولی سطح جیوه دارای برآمدگی است.
  - ۲- سطح آب در لوله از سطح آن در ظرف بالاتر است ولی در جیوه برعکس می‌باشد.
- مصالح ساختمانی از قبیل خاک و آجر و سیمان به سبب مویینگی آب را به درون خود می‌کشند. برای جلوگیری از این عمل از قیر که آب در آن نفوذ نمی‌کند استفاده می‌کنند و قبل از ساختن ساختمان زمین را قیراندود می‌کنند تا از نفوذ رطوبت به داخل ساختمان جلوگیری شود.

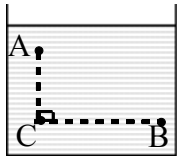
۶-۸- محاسبه ی فشار در مایعات (بدون اثر فشار هوا)



فرض کنید درون استوانه ای به سطح مقطع  $A$  تا ارتفاع  $h$  مایعی به چگالی  $\rho$  ریخته ایم. می خواهیم فشار در کف ظرف را محاسبه کنیم. نیروهای وارد بر مایع به صورت زیر است که چون مایع ساکن است،  $N=W$  می شود. عکس العمل  $N$  به کف ظرف وارد می شود، بنابراین:

البته اگر به جای کف ظرف، فشار در عمق  $h$  از مایع خواسته شود، به طرز مشابه به رابطه ی  $\rho gh$  خواهیم رسید. در این رابطه  $P$ ، فشار ناشی از وزن مایع در عمق  $h$  است که اگر چگالی مایع ( $\rho$ ) را بر حسب  $\frac{kg}{m^3}$  و عمق نقطه ی

موردنظر ( $h$ ) را بر حسب متر ( $m$ ) قرار دهیم، مقدار فشار بر حسب پاسکال ( $Pa$ ) بدست خواهد آمد. این رابطه نشان می دهد که فشار تمام نقاط در عمق یکسان از یک مایع ساکن برابر است و لازم به ذکر است که  $h$  از سطح آزاد مایع سنجیده می شود.

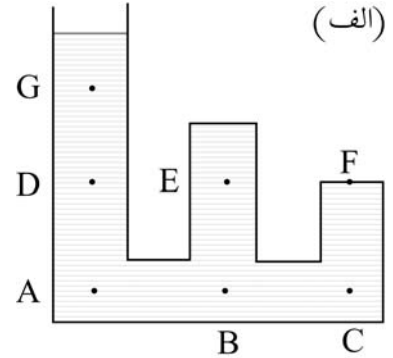
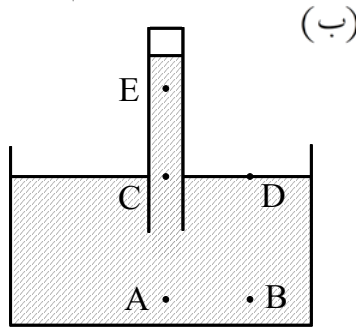
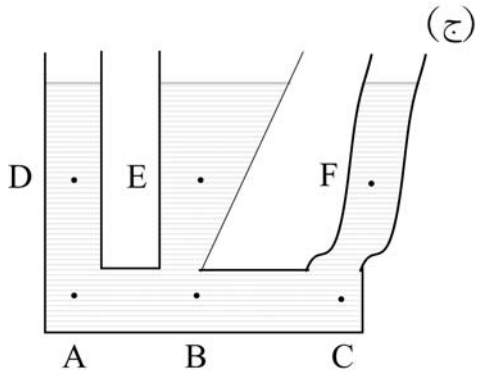


مثال: در ظرف مقابل مقداری آب وجود دارد. اختلاف فشار بین نقطه ی  $A$  و  $B$  چند پاسکال است؟ ( $AC=10\text{cm}$ ،  $BC=20\text{cm}$  و نقاط  $B$  و  $C$  در عمق یکسانی قرار دارند).  
حل:

$$\left. \begin{aligned} P_A &= \rho gh_1 \\ P_B &= \rho gh_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow P_B - P_A = \rho g(h_2 - h_1) = \rho g \Delta h$$

$$P_B - P_A = 1000 \times 10 \times 0.1 = 1000 \text{ Pa}$$

مثال: در هر یک از شکل های زیر فشار نقاط مشخص شده را با هم مقایسه کنید.



حل: با توجه به این که عمق از سطح آزاد مایع سنجیده می شود می توان به نتایج زیر رسید:

$$P_A = P_B > P_C = P_D > P_E \quad (\text{ب})$$

(الف)

$$P_A = P_B = P_C > P_D = P_E = P_F \quad (\text{ج})$$

مثال: مطابق شکل درون ظرفی که دیواره های جلویی، پشتی و سمت چپ آن قائم هستند و کف ظرف مستطیلی به ابعاد  $10\text{cm} \times 40\text{cm}$  است تا ارتفاع  $20\text{cm}$  آب ریخته ایم. (فقط فشار و نیروی ناشی از وزن مایع را در نظر بگیرید.)

(الف) فشار در کف ظرف چقدر است؟

(ب) نیروی وارد بر کف ظرف چقدر است؟

(ج) وزن مایع موجود در ظرف چقدر است؟

حل:

$$P = \rho gh = 1000 \times 10 \times 0.2 = 2000 \text{ Pa} \quad (\text{الف})$$

(ب) فشار در تمام نقاط کف یکسان است:

$$F = PA = 2000 \times (0.1 \times 0.4) = 80 \text{ N}$$

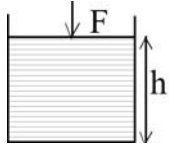
(ج) ابتدا حجم مایع موجود که یک منشور با قاعده ی ذوزنقه است را حساب، سپس جرم و در نهایت وزن آن را حساب می کنیم:

$$\left. \begin{aligned} V &= S \cdot b \\ S &= \frac{a+c}{2} \cdot h \end{aligned} \right\} \Rightarrow V = \left( \left( \frac{10+30}{2} \right) \times 20 \right) \times 40 = 16000 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho V = 1 \times 16000 = 16000 \text{ g} = 16 \text{ kg} \Rightarrow W = 160 \text{ N}$$

نکته: نیروی وارد بر کف ظرف صرفاً از طرف مایع برابر وزن مایعی است که به طور قائم بالای کف ظرف قرار می گیرد.

۷-۹- اثر فشار هوا:



فرض کنید درون یک ظرف استوانه‌ای شکل تا ارتفاع  $h$  مایعی به چگالی  $\rho$  ریخته‌ایم و روی آن یک پیستون سبک و بدون اصطکاکی قرار دارد و از طریق این پیستون نیروی  $F$  را به سطح مایع وارد می‌کنیم. در این صورت نیروهای وارد بر مایع به صورت زیر هستند و چون مایع ساکن است  $N=W+F$  می‌باشد. عکس‌العمل  $N$  یعنی  $N'$  به کف ظرف وارد می‌شود، بنابراین فشار در کف ظرف عبارتست از:

$$P = \frac{N'}{A} = \frac{N}{A} = \frac{W+F}{A} = \frac{W}{A} + \frac{F}{A}$$

جمله‌ی  $\frac{W}{A}$  فشار ناشی از وزن مایع است و آنرا قبلاً به صورت  $\rho gh$  ساده کرده‌ایم و  $\frac{F}{A}$  فشار ناشی از نیروی  $F$

است. بنابراین:

$$P = \rho gh + \frac{F}{A}$$

• (اصل پاسکال): فشار وارد بر مایع محصور بدون کاهش به تمام قسمت‌های مایع و دیواره‌های ظرف منتقل می‌شود.

ممکن است نیروی  $F$  را یک شخص وارد کرده باشد یا یک وزنه روی پیستون قرار داد و یا اصلاً خود پیستون دارای وزن باشد و یا ممکن است وزن هوای بالای سطح مایع نیرو وارد کند (دیگر حضور پیستون الزامی ندارد). بنابراین جمله‌ی  $\frac{F}{A}$  می‌تواند فشار ناشی از وزن هوا که به آن فشار هوا می‌گوییم و با  $P_0$  نمایش می‌دهیم باشد. بنابراین فشار

در عمق  $h$  از یک مایع به چگالی  $\rho$  در حالت کلی (با در نظر گرفتن اثر فشار هوا) از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$P = P_0 + \rho gh$$

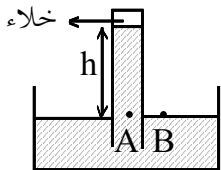
فشار هوا در نقاط مختلف متفاوت است ولی هرچه از سطح زمین دور می‌شویم، فشار هوا کم‌تر می‌شود. البته این تغییر در تغییر ارتفاع کم محسوس نیست و بسیار ناچیز می‌باشد.

مثال: فشار در عمق‌های ۱ متری و ۱۰ متری یک دریاچه  $10^5 \times 1/11$  و  $10^5 \times 2/1$  پاسکال است. چگالی آب دریاچه و فشار هوا در محل دریاچه چقدر است؟  
حل:

$$P = P_0 + \rho gh \Rightarrow \begin{cases} 1/11 \times 10^5 = P_0 + \rho \times 10 \times 1 \\ 2/1 \times 10^5 = P_0 + \rho \times 10 \times 10 \end{cases} \xrightarrow{\text{تفاضل}} 0.99 \times 10^5 = 90\rho \Rightarrow \rho = 1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\Rightarrow P_0 = 10^5 \text{ Pa}$$

فشار سنج:



وقتی هوای درون یک لوله مانند لوله‌ی آزمایش بلند را خالی کنیم و سپس آنرا مطابق شکل درون مایع قرار دهیم، مایع درون لوله بالا می‌رود. علت این امر وجود فشار هوایی است که بر سطح مایع درون ظرف وارد می‌شود و باعث می‌شود تا مایع درون لوله بالا برود. (توجه کنید این موضوع ربطی به موینگی ندارد، چون اصلاً لوله موین نیست و

نیروی بی که به علت چسبندگی سطحی است، بسیار ناچیز است.)  
می دانیم نقاط هم تراز در یک مایع با هم، هم فشار هستند. بنابراین:

$$P_B = P_A \Rightarrow P_0 = \rho gh$$

چون فشار در نقطه ی B فقط ناشی از فشار هوای بیرون است و در نقطه ی A فشار ناشی از وزن ستون h از مایع است. پس با دانستن  $\rho$  و اندازه گیری h می توان فشار هوا را اندازه گیری کرد. هرچقدر چگالی مایع کم تر باشد، مایع ارتفاع بیش تری را در لوله بالا می رود، بنابراین برای آن که طول لوله خیلی زیاد نباشد از مایعی با چگالی بالا استفاده می شود. معمولاً در فشارسنج ها از جیوه استفاده می شود.

در نزدیکی سطح آب های آزاد ارتفاع جیوه درون لوله که بالاتر از ظرف است،  $h = 76 \text{ cm}$  می شود و بنابراین برای این

$$P_0 = \rho_{\text{جیوه}} \times g \times h = 13600 \times 9.81 \times 0.76 = 101325 \text{ Pa} \approx 10^5 \text{ Pa}$$

مکان می توان نوشت:

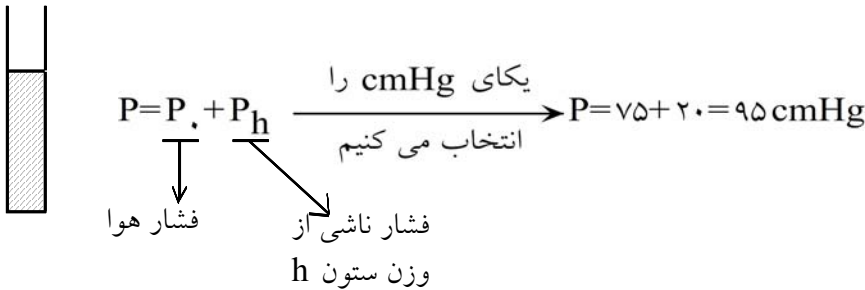
این مقدار یک اتمسفر (atm) نامیده می شود.

دیدیم که در این حالت فشار هوا با  $\rho gh$  یعنی فشار ناشی از ستونی از جیوه به ارتفاع  $76 \text{ cm}$  برابر است. گاهی اوقات به جای محاسبه ی فشار بر حسب پاسکال، فشار را بر اساس ارتفاعی از ستون جیوه بیان می کنند، مثلاً در شرایط فوق فشار هوا  $76$  سانتی متر جیوه ( $76 \text{ cmHg}$ ) بیان می شود. واضح است که برای آن که این مقدار را به پاسکال تبدیل کنیم، باید چگالی جیوه برای ما معلوم باشد.

مثال: فشار  $1 \text{ atm}$  برابر فشار ناشی از چه ستون آب است؟  $(\rho_{\text{آب}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$

$$P = \rho gh \Rightarrow 10^5 = 1000 \times 10 \times h \Rightarrow h = 10 \text{ m}$$

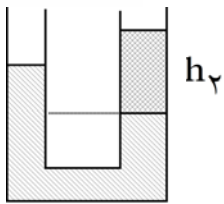
مثال: در شکل مقابل در لوله ی آزمایش تا ارتفاع  $20 \text{ cm}$  جیوه ریخته ایم. اگر فشار هوا  $75 \text{ cmHg}$  باشد، فشار در ته لوله چقدر است؟



لوله های U شکل:

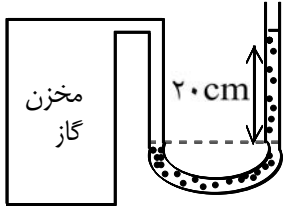
در چنین سوالاتی باز اساس کار، یکسان بودن فشار در عمق های یکسان از یک مایع ساکن است. در شکل مقابل با توجه به هم فشار بودن نقاط A و B می توان نوشت:



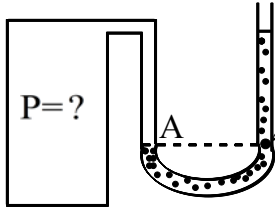


$$\Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

مثال: مطابق شکل درون یک لوله ی U شکل مقداری جیوه موجود است. یک شاخه ی این لوله به مخزن گاز وصل است. اگر فشار هوا  $75 \text{ cmHg}$  باشد. فشار گاز درون مخزن چقدر است؟



حل:



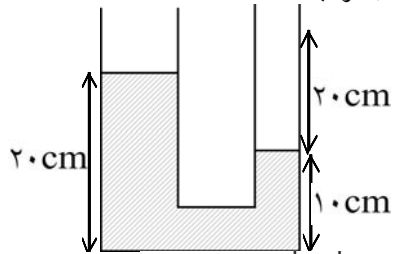
$$P_A = P_B \Rightarrow P = P_0 + P_{\text{ستون جیوه}} \xrightarrow{\text{بر حسب cmHg}} P = 75 + 20 = 95 \text{ cmHg}$$

باید توجه داشت که اگر مایع درون لوله جیوه نبود باید نسبت چگالی آن به چگالی جیوه معلوم باشد تا بتوان فشار را محاسبه کرد.

مثال: در مثال قبل فشار گاز درون مخزن بر حسب پاسکال چقدر است؟ ( )

$$P = \rho gh = 13600 \times 10 \times 0.95 = 129200 \text{ Pa}$$

مثال: در شکل مقابل چگالی مایع سبک تر (چگالی کم تر)  $2 \frac{g}{cm^3}$  است. چگالی مایع دیگر چقدر است؟



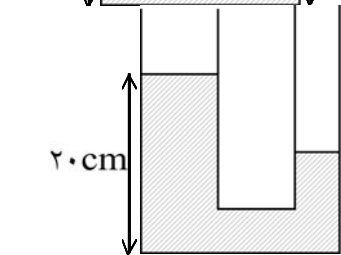
حل:

مایع سنگین تر (چگال تر) پایین تر از مایع سبک تر قرار می گیرد. بنابراین  $2 \frac{g}{cm^3}$  برابر مایع با ستون  $20 \text{ cm}$  در شاخه ی سمت راست است.

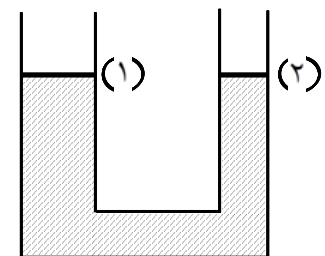
با توجه به شکل مقابل نقاط A و B هم فشارند:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 + \rho_1 gh_1 = P_0 + \rho_2 gh_2 \Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

$$\rho_1 = \frac{h_2}{h_1} \times \rho_2 \Rightarrow \rho_1 = 4 \frac{g}{cm^3}$$

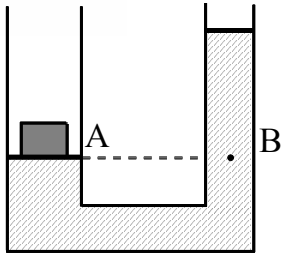


مثال: در شکل مقابل جرم و اصطکاک پیستون ها ناچیز است و چگالی مایع درون لوله  $0.8 \frac{g}{cm^3}$  است. هرگاه بر روی پیستون 1 که مساحت آن  $200 \text{ cm}^2$  است یک وزنه ی  $480$  گرمی قرار دهیم، پس از تعادل پیستون 2 چند سانتی متر بالاتر از پیستون 1 قرار می گیرد؟



حل:

حل:



$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 + \frac{W}{A} = P_0 + \rho g h \Rightarrow h = \frac{W}{\rho g A} = \frac{mg}{\rho g A}$$

$$h = \frac{m}{\rho A} \Rightarrow h = 3 \text{ cm}$$

نکته: برای آن که در مثال فوق جابه جایی هر پیستون را پیدا کنیم، باید مساحت پیستون دوم هم معلوم باشد. اگر جابه جایی پیستون ها را  $x_1$  و  $x_2$  بنامیم از حل دو معادله ی زیر می توان به نتیجه ی لازم رسید.

$$A_1 x_1 = A_2 x_2 \quad , \quad x_1 + x_2 = h$$

۸-۷- فشار:

فرض کنید روی یک سطح صاف از ماسه ی نرم یک آجر را در وضعیت های مختلف قرار می دهیم. با این که وزن آجر ثابت است ولی مقدار فرورفتگی ها متفاوت است. می بینیم در حالتی که آجر روی کم ترین سطح خود قرار گرفته است، بیش ترین فرورفتگی را ایجاد کرده است. اگر آجر دیگری را روی آجر اول قرار دهیم، فرورفتگی بیش تر می شود. کمیتی که در این جا معرفی می کنیم که با نیرو و رابطه ی مستقیم و با مساحت نسبت عکس دارد فشار نام دارد.

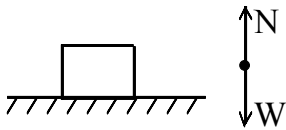
• فشار که با  $P$  نمایش داده می شود، اندازه ی نیروی عمودی وارد بر واحد سطح است. بنابراین اگر اندازه ی نیروی عمودی وارد بر سطحی به مساحت  $A$  برابر  $F$  باشد. فشار وارد بر واحد این سطح از رابطه ی  $P = \frac{F}{A}$  بدست می آید.

توجه داشته باشید که فشار یک کمیت نرده ای (اسکالر) بوده و یکای آن در SI، نیوتن بر مترمربع  $(\frac{N}{m^2})$  می باشد که پاسکال (Pa) نام دارد.

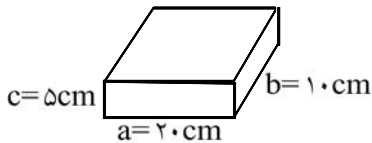
پرسش: به نظر شما هنگامی که یک چاقو را تیز می کنید، چه عاملی باعث می شود که چاقو بهتر می برد؟  
مثال: یک آجر به جرم  $1\text{ kg}$  و ابعاد

و کم ترین فشار وارد بر سطح توسط این آجر چند پاسکال است؟

نیروهای وارد بر جسم به صورت شکل مقابل است و چون جسم ساکن است،  $N = W$  می باشد. نیرویی که به سطح زمین وارد می شود  $(N')$  واکنش نیروی  $N$  می باشد. بنابراین:  $N' = N = W$



$$P = \frac{N'}{A} = \frac{N}{A} = \frac{W}{A} \Rightarrow \begin{cases} P_{\max} = \frac{mg}{A_{\min}} = \frac{10}{(5 \times 10) \times 10^{-4}} = 2000 \text{ Pa} \\ P_{\min} = \frac{mg}{A_{\max}} = \frac{10}{(10 \times 20) \times 10^{-4}} = 500 \text{ Pa} \end{cases}$$



مثال: در شکل مقابل چگالی مکعب مستطیل  $\frac{10}{3} \frac{g}{cm^3}$  است.

(الف) فشار وارد بر سطح چند پاسکال است؟

باز مشابه مثال قبل، نیروی وارد بر سطح برابر وزن است.

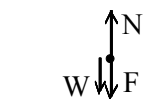
$$P = \frac{N'}{A} = \frac{N}{A} = \frac{W}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{\rho Vg}{A} = \frac{\rho(abc)g}{ab} = \rho cg \Rightarrow P = 10000 \times 0.05 \times 10 = 5000 \text{ Pa}$$

دقت کنید که چگالی جسم  $\frac{Kg}{m^3}$   $10000$  می باشد.

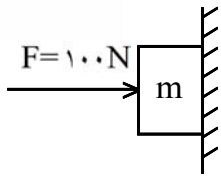
(ب) اگر یک نیروی  $F = 200\text{ N}$  به طور عمودی و رو به پایین به جسم وارد شود، فشار وارد بر سطح چقدر می شود؟

در این حالت نیروهای وارد بر جسم مطابق شکل مقابل خواهد بود و چون جسم ساکن است،

$N = F + W$  می باشد. واکنش نیروی  $N$  یعنی  $N'$  به سطح زیرین وارد می شود بنابراین:

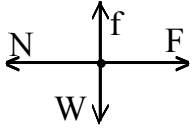


$$P = \frac{N'}{A} = \frac{W + F}{A} = \frac{W}{A} + \frac{F}{A} \Rightarrow P = 5000 + \frac{200}{0.2 \times 0.1} = 15000 \text{ Pa} = 15 \text{ KPa}$$



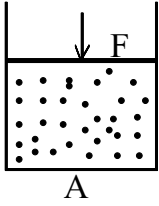
مثال: در شکل مقابل سطح تماس جسم با دیوار  $200 \text{ cm}^2$  است. فشار وارد بر سطح چقدر است؟

حل: نیروهای وارد بر جسم به صورت شکل زیر است و عکس العمل  $N$  هم به دیوار وارد می شود.



$$P = \frac{N'}{A} = \frac{N}{A} = \frac{F}{A} = \frac{100}{200 \times 10^{-4}} = 5000 \text{ Pa}$$

۹-۱۱- فشار در گازها:



اگر گاز محبوس در استوانه را با نیروی  $F$  که به پیستون سبک بدون اصطکاک وارد می‌شود، متراکم کنیم، در حال تعادل نیرو و در نتیجه فشار وارد بر پیستون از طرف گاز و نیروی  $F$  با هم برابر می‌شود. بنابراین فشاری که گاز به پیستون وارد می‌کند  $\frac{F}{A}$  است. بنابراین طبق اصل پاسکال فشار گاز

درون ظرف  $\frac{F}{A}$  است. (چون چگالی گاز و در نتیجه فشار ناشی از وزن آن بسیار کم است، فشار در تمام نقاط گاز یکسان است.)

• معمولاً اختلاف فشار یک محفظه با فشار هوای بیرون را فشار پیمانه‌ای می‌نامند.

۱- از مقایسه چگالی هوا در حالت های گاز و مایع و نیز هلیوم در این دو حالت چه نتیجه ای می توان در مورد فاصله مولکول ها در حالت های گاز و مایع به دست آورد؟

فاصله ی بین مولکول ها در حالت گاز بیش تر از فاصله ی بین مولکول ها در حالت مایع است. فاصله ی بین مولکول های هوا را در حالت مایع برابر  $a$  و در حالت گاز برابر  $b$  فرض می کنیم. تعداد مولکول های هوا در حالت مایع و گاز در یک حجم مشخص متناسب با چگالی هوا در حالت مایع و گاز است. یک مکعب به ابعاد  $۱m$  از هوا در حالت گاز در نظر گرفته می شود.

$$\left. \begin{aligned} \rho &= 1/29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ V &= 1 \text{m}^3 \end{aligned} \right\} \Rightarrow m = \rho V = 1/29 \text{ kg}$$

در هر یک از ابعاد این مکعب تعداد  $\frac{1}{b}$  مولکول قرار دارد و تعداد مولکول ها به صورت زیر به دست می آید. اگر جرم هر مولکول را  $m_0$  فرض کنیم داریم:

$$\text{تعداد مولکول ها} = \frac{1}{b} \times \frac{1}{b} \times \frac{1}{b} = \frac{1}{b^3} \Rightarrow m = m_0 \cdot \frac{1}{b^3} = 1/29 \text{ kg}$$

به همین ترتیب اگر یک مکعب به ابعاد  $۱m$  از هوا در حالت مایع در نظر گرفته شود داریم:

$$\left. \begin{aligned} \rho' &= 920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ V &= 1 \text{m}^3 \end{aligned} \right\} \Rightarrow m' = \rho' V = 920 \text{ kg}$$

$$\text{تعداد مولکول ها} = \frac{1}{a} \times \frac{1}{a} \times \frac{1}{a} = \frac{1}{a^3} \Rightarrow m' = m_0 \cdot \frac{1}{a^3} = 920 \text{ kg}$$

$$\left\{ \begin{aligned} m &= \frac{m_0}{b^3} = 1/29 \Rightarrow m_0 = 1/29 b^3 \\ m' &= \frac{m_0}{a^3} = 920 \Rightarrow m_0 = 920 a^3 \end{aligned} \right\} \Rightarrow 1/29 b^3 = 920 a^3$$

$$\Rightarrow \frac{b^3}{a^3} = \frac{920}{1/29} \approx 713 \Rightarrow \frac{b}{a} \approx \sqrt[3]{713}$$

فاصله ی بین مولکول ها در هوا به صورت گاز در حدود  $\sqrt[3]{713}$  برابر فاصله ی بین مولکول ها در هوای مایع است.

۲- حشره چگونه می تواند روی آب بایستد؟

در سطح آب مولکول های آب با نیروی هم چسبی یکدیگر را می کشند و باعث می شوند که سطح آب مانند یک طوری و یک پوسته ی کشیده شده رفتار کند. بنابراین اجسامی که مانند پشه وزن بسیار کمی دارند روی سطح آب می مانند و پای پشه در سطح آب فرو نمی رود.

۳- در گذشته در ایران به جای قیراندود کردن چگونه از نفوذ آب باران با داخل ساختمان جلوگیری می کردند؟  
از کاه گل استفاده می کردند.

۴- در گیاهان آب و مواد غذایی لازم دیگر بر اساس موینگی از آوندهای چوبی بالا می روند. مواد دیگری را نام ببرید که در اثر این خاصیت آب در آنها نفوذ کند.  
پارچه، خاک، چوب.

۵- چرا پاشنه نوک تیز به کف چوبی اتاق آسیب می رساند؟

نیروی وزن انسان توسط نیرویی که سطح به پاهای انسان وارد می کند خنثی می شود و عکس العمل این نیرو توسط پاهای انسان به سطح وارد می شود. اگر این نیرو از طریق مساحت کوچک تری به سطح اعمال شود، فشار بیشتری به مولکول های سطح وارد می شود و می تواند با غلبه بر نیروهای بین مولکولی در سطح که ممکن است کف چوبی اتاق باشد آسیب برساند.

۶- یک قوطی خالی را انتخاب کنید و آن را در عمق های مختلف سوراخ کنید. سپس آن را پر از آب کنید. مشاهده های خود را توجیه کنید.

مشاهده می شود که از سوراخ های در عمق بیشتر آب با شدت بیشتری بیرون می ریزد. این پدیده را می توان این گونه تشریح کرد که شدت جریان آب متناسب با فشار آب است و در سوراخ های با عمق بیشتر فشار آب بیشتر است.

۷- هنگامی که با نی نوشابه می نوشیم، چرا نوشابه از نی بالا می آید؟

ما در دهان خود با دادن هوا به طرف ریه خلاء ایجاد می کنیم و فشار هوای اطراف نوشابه را درون نی به طرف بالا حرکت می دهد.

۸- فشار ناشی از آب در عمق ۴ متری یک استخر چقدر است؟

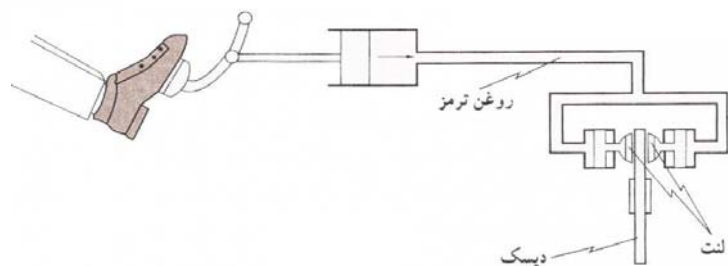
$$P = \rho g h = 1000 \times 10 \times 4 = 4 \times 10^4 \text{ Pa}$$

سوال فشار ناشی از آب (فشار پیمانه ای) را خواسته است. لذا در محاسبه ی فشار، فشار هوا در نظر گرفته نشده است.

۹- فشار کل در عمق ۴ متری یک استخر چقدر است؟

$$P = \rho g h + P_0 = 1000 \times 10 \times 4 + 10^5 = 4 \times 10^4 + 10^5$$

$$= 4 \times 10^4 + 10 \times 10^4 = 14 \times 10^4 = 1/4 \times 10^5 \text{ Pa}$$



۱۰- در شکل زیر دستگاه ترمز اتومبیل نشان داده شده است به طور مختصر توضیح دهید که دستگاه ترمز اتومبیل چگونه عمل می کند؟

هنگامی که راننده پدال ترمز را فشار می دهد، توسط پیستونی که با یک اهرم به پدال ترمز متصل است در مایع روغن ترمز که در مخزنی کوچک قرار دارد فشار ایجاد می شود. مایع روغن ترمز از مخزن کوچک توسط لوله هایی باریک به مخازن دیگری که کنار چرخ های اتومبیل قرار دارد راه دارد و فشار ایجاد شده در آن به این مخازن منتقل می شود. در این مخازن فشار روغن ترمز باعث می شود لنت های ترمز توسط پیستون هایی به دیسک چرخ فشار داده شوند. بر اثر این فشار و نیروی اصطکاک بین لنت های ترمز و دیسک چرخ اتومبیل متوقف می شود.

۱۱- در هنگام پاک کردن تخته سیاه ذرات گچ به طور نامنظم به اطراف حرکت می کنند. حرکت نامنظم آن ها را چگونه می توان توجیه کرد؟

ذرات گچ در میان مولکول های هوا قرار دارند. به دلیل حرکت نامنظم و تصادفی مولکول های هوا و برخورد آن ها با ذرات گچ، ذرات گچ به طور نامنظم و تصادفی به اطراف حرکت می کنند.

۱۲- چرا پونز راحت تر از میخ به داخل چوب فرو می رود؟



به شکل های مقابل توجه کنید.

شاید برای فرو کردن پونز و میخ به دیوار نیروی تقریباً یکسانی نیاز باشد. اما در میخ این نیرو توسط مساحت کوچکتری به میخ وارد می شود که با افزایش فشار بین میخ و سطحی که به میخ فشار می آورد مواجه می شود. فرض می کنیم مساحت سر یک پونز ۱۰ برابر مساحت سر میخ است. در این صورت اگر بخواهیم آن ها را با دست به داخل دیوار فشار دهیم، فشار ایجاد شده در سر میخ ۱۰ برابر فشار ایجاد شده در سر پونز است و دست ما نمی تواند این فشار را تحمل کند. + کوچک تر بودن مساحت سر پونز و ایجاد فشار بیشتر روی چوب نسبت به میخ.

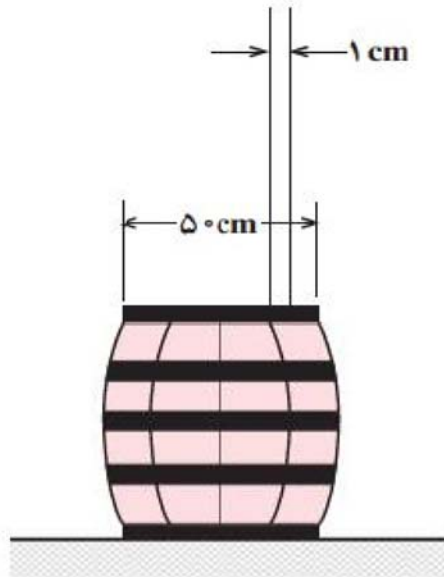
۱۳- در چه عمقی از دریا فشار ده برابر فشار جو در سطح دریا است؟ (چگالی آب دریا را  $1150 \text{ kg/m}^3$  فرض کنید)

$$P = 10P_0 \Rightarrow \rho gh + P_0 = 10P_0 \Rightarrow \rho gh = 9P_0$$

$$\Rightarrow 1150 \times 10 \times h = 9 \times 10^5 \Rightarrow h = \frac{9000}{115} = \frac{1800}{23} \text{ m} \Rightarrow h = 78.3 \text{ m}$$



۱۴- آزمایش شکل زیر را پاسکال برای اولین بار انجام داد. لوله باریک و بلندی را به بشکه‌ای وصل کرد و در داخل لوله آب ریخت. هنگامی که ارتفاع آب در لوله به  $۱۵/۳$  متر رسید، درپوش بشکه دررفت. اگر قطر درپوش  $۵۰\text{cm}$  باشد، در این لحظه چه نیرویی از طرف آب به درپوش وارد شده است؟ قطر داخلی لوله  $۱\text{cm}$  است.



$$P = \rho gh = 1000 \times 10 \times 15/3 = 153000 \text{ Pa}$$

هوا از بالا به درپوش نیرو وارد می‌کند. بنابراین برای محاسبه‌ی نیرویی که از طرف مایع (آب) و به واسطه‌ی فشار آن به درپوش وارد می‌شود، باید فشار پیمانه‌ای مایع (آب) در نظر گرفته شود.

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 0.5^2}{4} = \frac{\pi}{16} \text{ m}^2 \Rightarrow F = PA = 153000 \times \frac{\pi}{16} = \frac{19125\pi}{2} \text{ N}$$

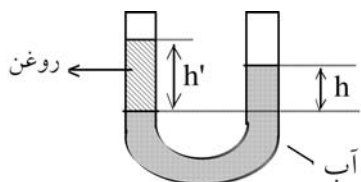
اگر بخواهیم مقدار این نیرو دقیق‌تر محاسبه شود، باید مساحت مقطع لوله از مساحت درپوش کم شود.

$$a = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times 0.01^2}{4} = \frac{\pi}{40000} \Rightarrow A' = A - a = \frac{\pi}{16} - \frac{\pi}{40000} = \frac{2499\pi}{40000}$$

$$\Rightarrow F' = PA' = 153000 \times \frac{2499\pi}{40000} = \frac{382347\pi}{40} \text{ N}$$

اختلاف  $F'$  و  $F$  برابر  $\frac{153\pi}{40} \text{ N}$  است که به طور نسبی ناچیز است ( $0.04\%$  درصد) و از ابتدا می‌توانستیم از آن

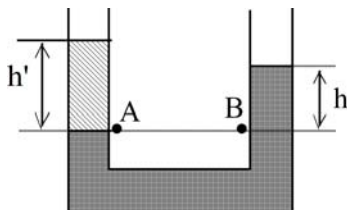
چشم‌پوشی کنیم.



در یک ظرف لوله U شکل حاوی آب مطابق شکل مقداری روغن ریخته‌ایم. به دو سؤال بعدی پاسخ دهید.

۱۵- نشان دهید  $\frac{h'}{h} = \frac{\rho}{\rho'}$  که در آن چگالی روغن و چگالی آب و ارتفاع ستون روغن است.

به شکل مقابل توجه کنید فشار در نقاط هم ارتفاع A و B از لوله‌ها برابر است.

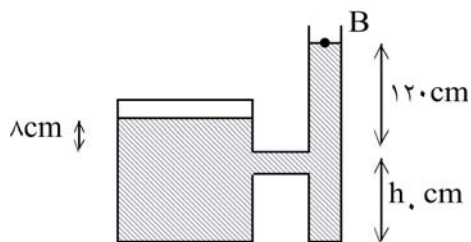


$$P_A = P_B \Rightarrow \rho'gh' + P_0 = \rho gh + P_0$$

$$\Rightarrow \rho'gh' = \rho gh \Rightarrow \rho'h' = \rho h \Rightarrow \frac{\rho}{\rho'} = \frac{h'}{h}$$

۱۶- چگونه می‌توان با این روش چگالی یک مایع نامعلوم را تعیین کرد؟

اگر چگالی یکی از دو مایع معلوم باشد، با اندازه‌گیری h و h' می‌توان چگالی مایع دیگر را به دست آورد.



اگر در مخزن شکل زیر آب بریزیم، وقتی سطح مایع از h بالاتر می‌رود، هوا در داخل ظرف A به دام می‌افتد. اگر سطح مایع در ظرف A، ۸ cm بالاتر از h، و در B، ۱۲۰ cm بالاتر از h باشد: به دو سؤال بعدی پاسخ دهید.

۱۷- فشارسنجی که به هوای بالای ظرف B وصل است چه عددی را نشان می‌دهد؟ (این فشارسنج فشار پیمانه‌ای را اندازه‌گیری می‌کند.)

فشارسنج فشار هوای درون ظرف A را به صورت پیمانه‌ای اندازه‌گیری می‌کند. فشار در ارتفاع h، درون لوله B و ظرف A یکسان است.

$$\Rightarrow P_A = P_B \Rightarrow \rho gh_A + P = \rho gh_B + P_0$$

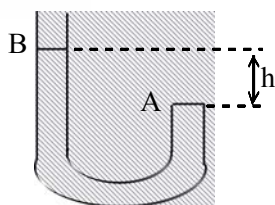
$$\Rightarrow 1000 \times 10 \times \frac{8}{100} + P = 1000 \times 10 \times \frac{120}{100} + 10^5$$

$$\Rightarrow P = 10^5 + 1000 \times 10 \times \frac{112}{100} = (10^5 + 11200) \text{ Pa}$$

$$\Rightarrow \text{پیمانه‌ای } P = 11200 \text{ Pa}$$

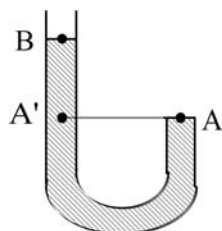
۱۸- فشار کل گاز محبوس چه قدر است؟

$$\text{کل } P = (10^5 + 11200) \text{ Pa} = 111200 \text{ Pa}$$



در شکل زیر مایعی به چگالی  $\rho$  در داخل لوله U شکل ریخته شده و انتهای سمت راست آن با درپوشی بسته شده است. مایع تمام بخش سمت راست لوله را اشغال کرده است. اختلاف ارتفاع در نقاط A و B برابر h است. به دو سؤال بعدی پاسخ دهید.

۱۹- فشار مایع در A و B چقدر است؟



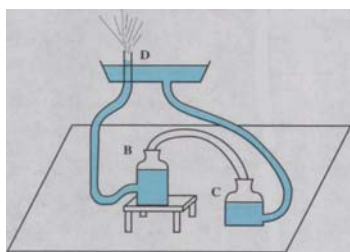
فشار مایع در B که سطح مایع است برابر فشار هوا ( $P_0$ ) است. فشار مایع در A با فشار مایع در نقطه  $A'$  که مطابق شکل هم سطح با A است برابر است.

$$\left. \begin{aligned} P_A &= P_{A'} \\ P_{A'} &= \rho gh + P_B \end{aligned} \right\} \Rightarrow P_A = \rho gh + P_B \Rightarrow P_A = \rho gh + P_0$$

۲۰- اگر شعاع لوله r باشد، چه نیرویی از طرف مایع به درپوش A وارد می شود؟

برای محاسبه ی نیرویی که از اطراف مایع به درپوش وارد می شود باید فشار پیمانه ای مایع در نظر گرفته شود. زیرا هوا نیز به درپوش نیرو وارد می کند.

$$\Rightarrow F = P'_A \cdot A = \rho gh (\pi r^2) = \pi r^2 \rho gh$$



۲۱- در شکل مقابل فواره هرون (ریاضی دان مصری عهد باستان) نشان داده شده است. فرض کنید که ظرف B در ابتدا پر و ظرف C خالی است. توضیح دهید چرا آب از لوله D فوران می کند؟

با ریختن آب فواره به داخل ظرف D آب از ظرف D به طرف ظرف C جاری می شود و باعث افزایش فشار هوای بالای ظرف C و در نتیجه افزایش فشار هوای بالای ظرف B می شود و در نهایت آب دوباره از ظرف B به فواره منتقل می شود و در ظرف D ریخته می شود. این پدیده تا زمانی ادامه دارد که ظرف B از آب خالی شود.

۲۲- در دماهایی که در گستره ی کار دماسنج های جیوه ای و الکلی نیستند، دما را چگونه و با چه ابزاری می توان اندازه گرفت؟

دماهای پایین را با دماسنج گازی و دماهای بالا را با ترموکوپل و تفسنج نوری اندازه می گیرند.

۱- متراکم کردن مایع‌ها سخت‌تر از متراکم کردن گازها است؟ چرا؟

۲- یک قطره روغن با حجم تقریبی  $CC \frac{1}{250}$  روی سطح آب چکیده می‌شود. پس از مدت زمان طولانی یک لکه‌ی روغن با مساحت تقریبی  $\frac{2}{5}$  مترمربع ایجاد می‌شود. اگر ضخامت این لکه برابر با قطر مولکول روغن فرض شود، قطر مولکول روغن را بر حسب آنگستروم به دست آورید.

۳- قطره‌ی آب در حین سقوط در هوا در طول مسیر به صورت قطره باقی می‌ماند. این پدیده چگونه توجیه می‌شود؟

۴- چرا نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع که از نوع ربایشی، است باعث نمی‌شود که مولکول‌های مایع درهم فرو روند؟

۵- تراکم پذیری کم آب چگونه توجیه می‌شود؟

۶- در فاصله‌های کم‌تر از فاصله‌ی بین مولکول‌های یک مایع، نیروی بین مولکولی برای مولکول‌های آن مایع از نوع ..... است و در فاصله‌هایی بیش‌تر از فاصله‌ی بین مولکول‌های یک مایع، نیروی بین مولکولی برای مولکول‌های آن مایع از نوع ..... است.

۷- نیروهای بین مولکولی کوتاه برد هستند. یعنی، وقتی فاصله مولکول‌ها چند برابر فاصله‌ی بین مولکولی می‌شود، نیروهای بین مولکولی ..... می‌شوند.

۸- پدیده‌ی کشش سطحی را در آب تشریح کنید.

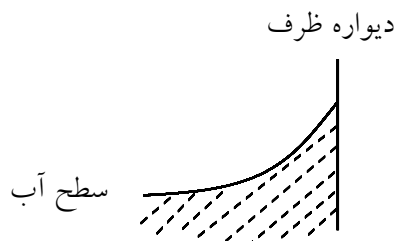
۹- هنگامی که یک قطره‌ی آب روی سطح یک شیشه‌ی خشک و تمیز قرار داده می‌شود، قطره شکل خود را از دست می‌دهد و به شیشه چسبیده و روی آن پهن می‌شود. این پدیده را تشریح کنید.

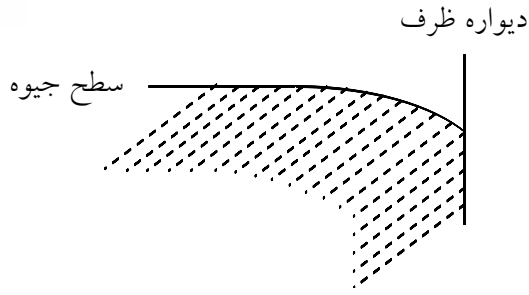
۱۰- هنگامی که یک قطره‌ی آب روی سطح یک شیشه که با روغن چرب شده است، قرار داده می‌شود، قطره شکل خود را حفظ می‌کند. این پدیده را تشریح کنید.

۱۱- یک قطره آب و یک قطره‌ی جیوه روی سطح خشک و تمیز شیشه‌ای قرار داده می‌شوند. قطره‌ی آب روی سطح شیشه پخش می‌شود و شکل خود را از دست می‌دهد. اما قطره‌ی جیوه به صورت کره باقی می‌ماند و شکل خود را حفظ می‌کند. چرا؟

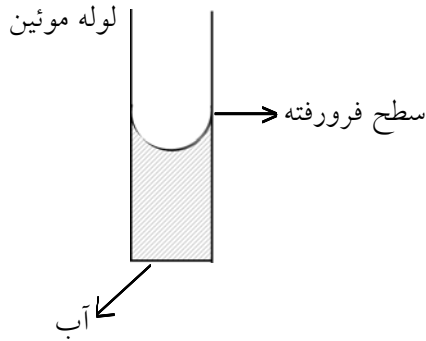
۱۲- هنگامی که موهای سر ما کثیف است، آب به سختی به داخل موهای ما نفوذ می‌کند و موهای ما دیرتر خیس می‌شوند. چرا؟

۱۳- در یک ظرف محتوی آب، سطح آب در نزدیکی دیواره‌های ظرف به دیواره‌های ظرف می‌چسبد و مطابق شکل بالا می‌آید. چرا؟

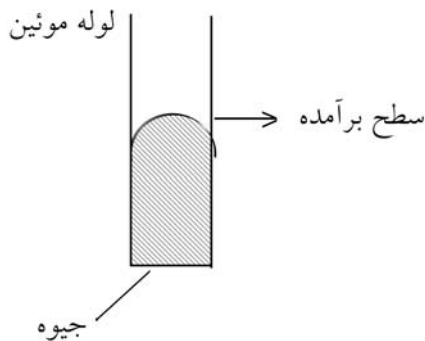




۱۴- در یک ظرف محتوی جیوه، سطح جیوه در نزدیکی دیواره های ظرف از دیواره دور می شود و مطابق شکل پایین می رود. چرا؟



۱۵- اگر در یک لوله ی موئین آب وجود داشته باشد، سطح آب مطابق شکل به صورت فرورفته در می آید. چرا؟



۱۶- اگر در یک لوله ی موئین جیوه وجود داشته باشد، سطح جیوه مطابق شکل به صورت برآمده در می آید. چرا؟

۱۷- سطح فرورفته ی آب در یک لوله ی موئین، چگونه باعث بالا آمدن آب در لوله می شود؟

۱۸- سطح برآمده ی جیوه در یک لوله ی موئین چگونه باعث پایین رفتن جیوه در لوله می شود؟

۱۹- چرا نیروی ناشی از دگرچسبی و کشش سطحی در لوله ی موئین محتوی آب باعث نمی شود، آب تا انتهای لوله بالا بیاید؟

۲۰- یک مکعب به چگالی  $6900$  کیلوگرم بر متر مکعب و ضلع  $3\text{cm}$  روی یک سطح افقی قرار دارد. فشار ناشی از مکعب روی سطح افقی چه قدر است؟

۲۱- یک مکعب به ضلع  $4$  سانتی متر روی یک سطح افقی قرار دارد. فشار ناشی از مکعب زیر آن برابر  $320$  پاسکال است. چگالی مکعب را به دست آورید.

۲۲- یک مکعب به چگالی  $11300$  کیلوگرم بر متر مکعب روی یک سطح افقی قرار دارد و فشار ناشی از آن روی سطح افقی برابر  $8475$  پاسکال است. ضلع مکعب را به دست آورید.

۲۳- یک مکعب مستطیل به ابعاد  $a = 10\text{ cm}$  و  $b = 20\text{ cm}$  و  $c = 25\text{ cm}$  و وزن  $6\text{ kg}$  از وجه‌های مختلف روی یک سطح افقی قرار داده می‌شود. فشار ناشی از آن روی سطح افقی را در هر حالت حساب کنید.

۲۴- یک مکعب مستطیل به ابعاد  $4\text{ cm}$  و  $5\text{ cm}$  و  $8\text{ cm}$  و وزن یک کیلوگرم را از وجه‌های مختلف روی یک سطح افقی قرار می‌دهیم. اختلاف بین بیش‌ترین و کم‌ترین فشار ناشی از مکعب مستطیل روی سطح افقی چه قدر است؟

۲۵- یک مکعب مستطیل به ابعاد  $3\text{ cm}$  و  $4\text{ cm}$  و  $5\text{ cm}$  روی وجه‌های مختلف روی یک سطح افقی قرار می‌گیرد. اختلاف بیش‌ترین و کم‌ترین فشار ناشی از مکعب روی سطح افقی برابر  $3$  کیلو پاسکال است. جرم مکعب را به دست آورید.

۲۶- یک مکعب مستطیل به ابعاد  $2a$  و  $3a$  و  $7a$  را از وجه‌های مختلف روی یک سطح افقی قرار می‌دهیم. نسبت بیش‌ترین فشار و کم‌ترین فشار ناشی از مکعب روی سطح افقی چه قدر است؟

۲۷- الف) فشار در عمق  $45$  سانتی‌متری از مایعی با چگالی  $800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  چند پاسکال است؟

۲۸- ب) فشار در چه عمقی از مایع با چگالی  $800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  برابر  $1000$  پاسکال است؟

۲۹- فشار ناشی از یک مایع در عمق  $75$  سانتی‌متری از آن، چه قدر از فشار ناشی از مایع در عمق  $30$  سانتی‌متری از آن بیش‌تر است؟ چگالی مایع را  $1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  فرض کنید.

۳۰- فشار ناشی از یک مایع در عمق  $6$  متری آن،  $50\text{ kPa}$  از فشار ناشی از مایع در عمق  $3/5$  متری آن بیش‌تر است. چگالی مایع را به دست آورید.

۳۱- فشار ناشی از یک مایع با چگالی  $750 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  در عمق  $7h$  از آن،  $12\text{ kPa}$  از فشار ناشی از آن در عمق  $12h$  کم‌تر است.  $h$  را به دست آورید.

۳۲- الف) اختلاف فشار هوا در بالاترین و پایین‌ترین نقطه‌ی اتاق چند پاسکال است؟  $(g = 9/8 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$

۳۳- ب) این مقدار تقریباً چه کسری از فشار هوای یک اتمسفر است؟

۳۴- الف) فرض کنید با افزایش ارتفاع از سطح زمین چگالی هوا کاهش پیدا نکند و ثابت بماند. تا چه ارتفاعی از سطح زمین بالا برویم تا فشار هوا به اندازه‌ی یک درصد فشار یک اتمسفر کاهش یابد؟

۳۵- ب) جواب واقعی قسمت قبل، از مقدار به دست آمده بیش‌تر است یا کم‌تر؟

به سوال های زیر درباره ی **سانتی متر جیوه** (یکای فشار) پاسخ دهید.

(چگالی جیوه را  $\frac{13600}{3} \frac{kg}{m^3}$  و هر اتمسفر را  $10^5 Pa \times 1/0.1$  فرض کنید.)

۳۶- یک سانتی متر جیوه یعنی چه؟

۳۷- یک سانتی متر جیوه چند پاسکال است؟ ( $g = 9/8 N/kg$ )

۳۸- هر پاسکال چند سانتی متر جیوه است؟

۳۹- هر اتمسفر چند سانتی متر جیوه است؟

۴۰- فشار یک ستون از مایعی به چگالی  $850$  کیلوگرم بر مترمکعب و ارتفاع  $8$  متر برابر چند سانتی متر جیوه است؟ چگالی جیوه را  $13600$  کیلوگرم بر مترمکعب فرض کنید.

۴۱- فشار ناشی از مایع در عمق  $5$  متری از مایعی برابر  $80 cmHg$  است. اگر چگالی جیوه  $13600$  کیلوگرم بر مترمکعب باشد، چگالی مایع را به دست آورید.

۴۲- یک ظرف پر از جیوه است و فشار ناشی از جیوه در کف ظرف برابر  $102$  سانتی متر جیوه است. اگر جیوه از ظرف خارج شود و ظرف پر از آب شود، فشار ناشی از مایع در کف ظرف چند سانتی متر جیوه کاهش می یابد؟ فشار آب و جیوه به ترتیب  $1000$  و  $13600$  کیلوگرم بر مترمکعب است.

یک ظرف پر از مایعی به چگالی  $2/5$  گرم بر سانتی متر مکعب است و فشار ناشی از مایع در کف ظرف برابر  $6$  سانتی متر جیوه است.

۴۳- الف) عمق ظرف را به دست آورید. (چگالی جیوه را  $13500$  گرم بر سانتی متر مکعب فرض کنید.)

۴۴- ب) اگر ظرف را از مایعی با چگالی  $0/75$  گرم بر سانتی متر مکعب پر کنیم فشار ناشی از مایع در کف ظرف چند سانتی متر جیوه می شود؟

۴۵- فشار کل در عمق  $6$  متری آب دریا چند پاسکال و چند اتمسفر است؟ چگالی آب دریا را  $1150$  کیلوگرم بر مترمکعب و فشار هوا را یک اتمسفر فرض کنید.

۴۶- فشار کل در چه عمقی از آب دریا برابر  $2/4$  اتمسفر است؟ چگالی آب دریا را  $1050$  کیلوگرم بر متر مکعب و فشار هوا را یک اتمسفر فرض کنید.

۴۷- فشار کل در عمق  $18$  متری آب دریا برابر  $293500$  پاسکال است. چگالی آب دریا چه قدر است؟ فشار هوا را یک اتمسفر فرض کنید.

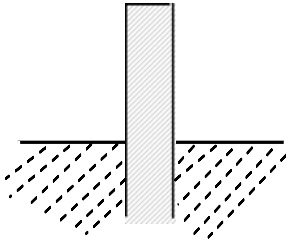
۴۸- فشار کل در عمق  $20$  متری آب یک دریاچه چند برابر فشار کل در عمق  $10$  متری آب دریاچه است؟ چگالی آب را  $1000$  کیلوگرم بر مترمکعب و فشار هوا را یک اتمسفر فرض کنید.

۴۹- فشار کل در عمق  $3h$  از آب  $2$  برابر فشار کل در عمق  $h$  از آب است،  $h$  را به دست آورید. فشار هوای بالای آب یک اتمسفر است و چگالی آب  $1000$  کیلوگرم بر مترمکعب است.

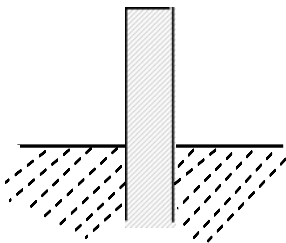
فشار کل در عمق یک متری آب یک دریاچه برابر  $1/15$  اتمسفر و فشار کل در عمق  $3$  متری آب آن دریاچه برابر  $1/37$  اتمسفر است.

۵۰- الف) چگالی آب دریاچه را به دست آورید.

۵۱- ب) فشار هوای بالای دریاچه را به دست آورید.

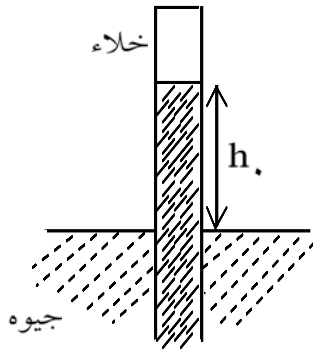


۵۲- در شکل مقابل مایع به طور کامل در لوله بالا آمده است و طول قسمتی از لوله که بیرون مایع قرار دارد، برابر یک متر است. اگر چگالی مایع  $850$  کیلوگرم بر مترمکعب و فشار هوا  $1/0.15$  اتمسفر باشد، فشار در ته لوله چند اتمسفر است؟

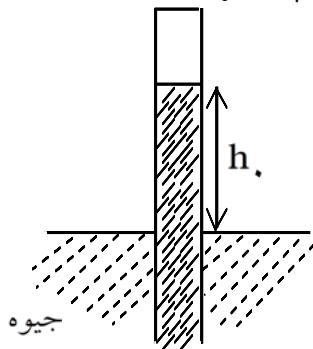


۵۳- در شکل مقابل چگالی مایع برابر  $2450$  کیلوگرم بر متر مکعب است و فشار هوا برابر  $0/98$  اتمسفر است. هم‌چنین مایع به طور کامل درون لوله بالا آمده است. حداکثر طول قسمت بیرونی لوله چه قدر باشد تا درون لوله فضای خالی (خلأ) ایجاد نشود؟

۵۴- در شکل مقابل جیوه تا ارتفاع  $75$  سانتی‌متر درون لوله بالا آمده و بالای لوله خلأ است. اگر چگالی جیوه  $13600$  کیلوگرم بر مترمکعب باشد، فشار هوا را به دست آورید.

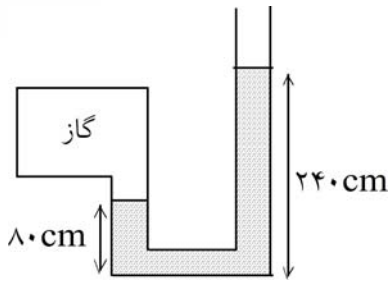


۵۵- در شکل مقابل جیوه تا ارتفاع  $72/5$  سانتی‌متر درون لوله بالا آمده است و فشار هوا یک اتمسفر می‌باشد. اگر چگالی جیوه  $13600$  کیلوگرم بر مترمکعب باشد، فشار هوای نفوذ کرده به بالای لوله چه قدر است؟

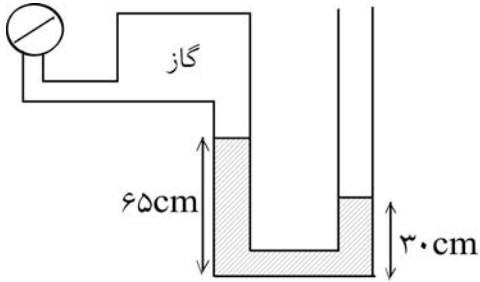




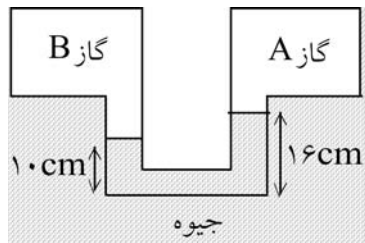
۵۶- در شکل مقابل فشار هوا یک اتمسفر و چگالی مایع  $1/25$  گرم بر سانتی متر مکعب است. فشار گاز درون ظرف چه قدر است؟



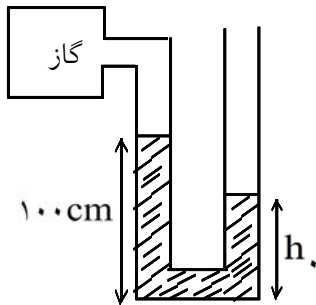
۵۷- در شکل مقابل فشار هوا یک اتمسفر است و فشارسنج فشار گاز درون ظرف را  $0.86 \text{ atm}$  نشان می دهد. چگالی مایع را به دست آورید.



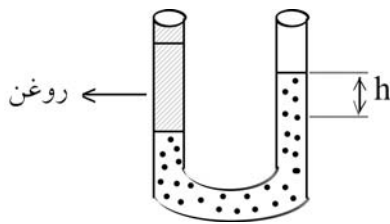
۵۸- در شکل مقابل اختلاف فشار گازهای محبوس A و B چند سانتی متر جیوه و چند پاسکال است؟ چگالی جیوه  $13600$  کیلوگرم بر متر مکعب است.



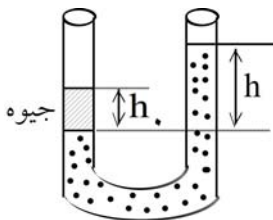
۵۹- در شکل مقابل فشار گاز درون ظرف  $0.844$  اتمسفر و فشار هوا یک اتمسفر است. هم چنین چگالی مایع  $2/4$  گرم بر سانتی متر مکعب است.  $h_1$  را به دست آورید.



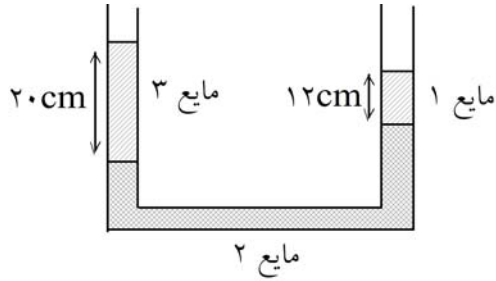
۶۰- در یک ظرف U شکل حاوی آب مطابق شکل روغن ریخته ایم. سطح آب در دو طرف لوله دارای  $20 \text{ cm}$  اختلاف ارتفاع است. اگر چگالی آب و روغن به ترتیب  $0.891$  و  $0.8$  گرم بر سانتی متر مکعب باشند، ارتفاع روغن را به دست آورید.



۶۱- در یک ظرف U شکل محتوی مایع نامعلوم مطابق شکل مقداری جیوه ریخته ایم. فرض کنید جیوه بالای مایع باقی می ماند و در آن فرو نمی رود. چگالی جیوه  $13/6$  گرم بر سانتی متر مکعب است. اگر ارتفاع جیوه در لوله  $8 \text{ cm}$  و اختلاف ارتفاع سطح مایع نامعلوم در دو طرف لوله  $32 \text{ cm}$  باشد چگالی مایع نامعلوم را به دست آورید.



۶۲- در شکل مقابل چگالی مایع های ۱ و ۳ به ترتیب ۲ و ۱/۵ گرم بر سانتی متر مکعب هستند. چگالی مایع ۲ را به دست آورید.



۶۳- در شکل مقابل چه رابطه ای بین چگالی های مایع ها برقرار است؟

یک ظرف استوانه ای شکل با سطح مقطع  $100 \text{ cm}^2$  محتوی مایعی با چگالی  $1/5 \text{ g/cm}^3$  است و ارتفاع مایع درون آن ۲۰ سانتی متر است. هم چنین فشار هوا یک اتمسفر است.

۶۴- الف) نیروی وارد بر کف ظرف ناشی از فشار مایع چه قدر است؟

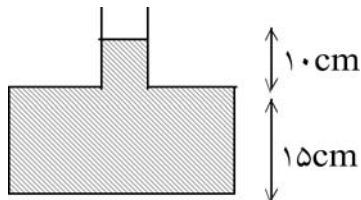
۶۵- ب) نیروی وارد بر کف ظرف ناشی از کل فشار در کف ظرف چه قدر است؟

۶۶- ج) اگر ظرف حاوی مایع نباشد، نیروی وارد از طرف هوا به کف ظرف چه قدر است؟

یک ظرف استوانه ای شکل با سطح مقطع  $120 \text{ cm}^2$  از مایعی با چگالی  $0/6$  گرم بر سانتی متر مکعب تا ارتفاع ۱۵ سانتی متر پر شده است.

۶۷- الف) نیروی وارد بر کف ظرف ناشی از فشار مایع چه قدر است؟

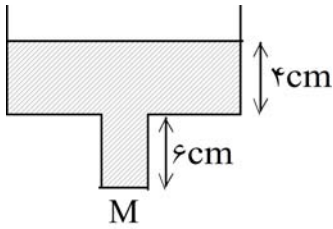
۶۸- ب) وزن مایع چه قدر است؟



در شکل مقابل سطح مقطع قسمت باریک ظرف برابر  $5 \text{ cm}^2$  و سطح مقطع قسمت پهن آن  $200 \text{ cm}^2$  و مایع درون ظرف آب است.

۶۹- الف) نیروی وارد بر کف ظرف ناشی از فشار آب چه قدر است؟

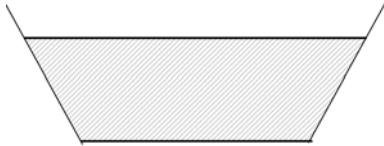
۷۰- ب) وزن آب درون ظرف را به دست آورید.



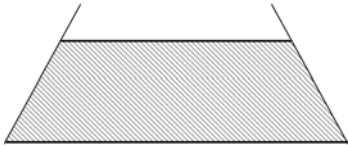
در شکل مقابل سطح مقطع قسمت باریک ظرف برابر  $50 \text{ cm}^2$  و سطح مقطع قسمت پهن آن  $250 \text{ cm}^2$  و مایع درون ظرف آب است.

۷۱- الف) نیروی وارد بر کف ظرف (M) ناشی از فشار آب چه قدر است؟

۷۲- ب) وزن آب درون ظرف را به دست آورید.



۷۳- در شکل مقابل نشان دهید نیروی وارد بر کف ظرف ناشی از فشار مایع از وزن مایع درون ظرف کم تر است.



۷۴- در شکل مقابل نشان دهید نیروی وارد بر کف ظرف ناشی از فشار مایع از وزن مایع درون ظرف بیش تر است.

۷۵- نام مفهومی را که تعریف آن آمده است، بنویسید.

مقدار مقاومت ویژه الکتریکی یک رسانای فلزی در صفر مطلق است.

۷۶- نام مفهومی را که تعریف آن آمده است، بنویسید.

دمایی است که در آن «افت سریع مقاومت ویژه» روی می دهد.

۱- در مایع‌ها اجزای تشکیل دهنده‌ی ماده (مولکول‌ها) نسبت به گازها بسیار نزدیک‌تر هستند. برای کاهش فاصله‌ی مولکول‌ها باید به نیروی دافعه‌ی بین آن‌ها که از نوع الکتریکی است غلبه کرد. این نیرو در حالتی که فاصله‌ی مولکول‌ها کم‌تر است، (در مایع‌ها) بزرگ‌تر است. بنابراین متراکم کردن مایع‌ها نسبت به گازها سخت‌تر است.

$$\begin{cases} V = \frac{1}{250} \text{ cc} = \frac{1}{250} \text{ cm}^3 = \frac{1}{250} \times 10^{-6} \text{ m}^3 = \frac{1}{250} \times 10^{-7} \text{ m}^3 \\ A = 2/5 \text{ m}^2 \end{cases} \quad -2$$

$$V = Ah \Rightarrow \frac{1}{250} \times 10^{-7} = 2/5 \times h \Rightarrow h = \frac{1}{625} \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\Rightarrow h = 1/6 \times 10^{-9} \text{ m} = 1/6 \text{ nm} = 16 \times 10^{-10} \text{ m} = 16 \text{ \AA}$$

۳- مولکول‌های قطره در حین سقوط از یک‌دیگر دور نمی‌شوند و متصل به یک‌دیگر باقی می‌مانند. برای توجیه این پدیده می‌توان گفت که بین مولکول‌های مایع یک نیروی ربایشی وجود دارد که نیروی هم‌چسبی نامیده می‌شود. این نیرو مولکول‌های مایع را در قطره متصل به یک‌دیگر نگاه می‌دارد، تأثیر این نیرو را می‌توان در پدیده‌های مختلف مشاهده کرد.

۴- وقتی مولکول‌ها به هم بسیار نزدیک می‌شوند، یک نیروی رانشی قوی بین آن‌ها ایجاد می‌شود که از نزدیک شدن بیش‌تر از آن‌ها جلوگیری می‌کند. در واقع تراکم‌پذیری کم مایع‌ها به این پدیده برمی‌گردد.

۵- با متراکم کردن اندک یک ظرف محتوی آب، مولکول‌های آن، مقداری به هم نزدیک می‌شوند که باعث می‌شود نیروی ربایشی میان آن‌ها به نیروی رانشی قوی تبدیل شود و این نیروی رانشی مانع متراکم کردن بیش‌تر آب می‌شود.

۶- رانشی - ربایشی

۷- بسیار کوچک و عملاً صفر

۸- نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع در سطح آب باعث می‌شود، مولکول‌های آب همانند اجزای یک پوسته کشیده شده، یک‌دیگر را بکشند. هنگامی که جسمی روی یک پارچه توری قرار داده می‌شود، یک فرورفتگی در پارچه توری ایجاد می‌شود و نیروهای بین نخ‌های توری که به یک‌دیگر متصل‌اند، جسم را نگاه می‌دارد. به همین ترتیب هنگامی که یک جسم بسیار سبک روی سطح آب قرار می‌گیرد، مولکول‌های آب نیز با نیروهای چسبندگی یک‌دیگر را می‌ربایند و باعث می‌شوند که سطح آب مانند یک توری و پوسته کشیده شده رفتار کند و جسم بسیار سبک را نگاه دارد. این رفتار سطح آب را کشش سطحی می‌نامند.

۹- نیرویی که باعث می‌شود قطره شکل خود را حفظ کند، نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب است. اما در این آزمایش نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب از نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و مولکول‌های شیشه که در سطح تماس ایجاد می‌شود، کم‌تر است. بنابراین مولکول‌های آب از هم جدا می‌شوند و به شیشه می‌چسبند.

۱۰- بین مولکول‌های آب و مولکول‌های روغن در سطح تماس آب و روغن نیروی دگرچسبی وجود دارد. اما نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و مولکول‌های روغن در سطح تماس از نیروی چسبندگی بین مولکول‌های آب کم‌تر است و نمی‌تواند باعث شود مولکول‌های آب به سطح چرب شیشه بچسبند و نیروی هم‌چسبی مولکول‌های آب می‌تواند شکل قطره‌ی آب را حفظ کند.

۱۱- نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و شیشه از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب بیشتر است. لذا مولکول‌های آب تمایل دارند به شیشه بچسبند تا این که به یک‌دیگر بچسبند. اما نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های جیوه و شیشه از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های جیوه کم‌تر است. لذا مولکول‌های جیوه تمایل دارند به یک‌دیگر بچسبند تا این که به شیشه بچسبند.

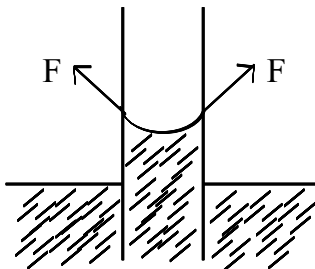
۱۲- نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و ذرات چربی موجود در موی سر کم‌تر از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب است. این امر باعث می‌شود قطره‌های آب روی موهای ما به صورت قطره بمانند و به موهای ما نچسبند.

۱۳- نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و دیواره‌ی ظرف از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب بیشتر است و باعث می‌شود مولکول‌های آب به طرف سطح دیواره کشیده شوند و سطح آب در نزدیکی دیواره به صورتی که در شکل مشاهده می‌شود به دیواره می‌چسبد.

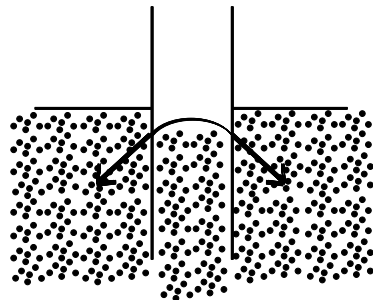
۱۴- نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های جیوه و دیواره‌ی ظرف از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های جیوه کم‌تر است و باعث می‌شود مولکول‌های جیوه به طرف یک‌دیگر کشیده شوند و از دیواره‌ی ظرف دور شوند و سطح جیوه در نزدیکی دیواره به صورتی که در شکل مشاهده می‌شود به دیواره بچسبد.

۱۵- به علت بیشتر بودن نیروی دگرچسبی (بین آب و لوله) از نیروی هم‌چسبی (آب)، مولکول‌های آب در نزدیکی دیواره به طرف دیواره کشیده می‌شوند و به دلیل باریک بودن لوله، سطح آب در لوله به صورت فرورفته (مقعر) در می‌آید.

۱۶- به علت کم‌تر بودن نیروی چسبندگی سطحی (بین جیوه و لوله) از نیروی چسبندگی (جیوه)، مولکول‌های جیوه در نزدیکی دیواره به طرف هم کشیده می‌شوند و به دلیل باریک بودن لوله، سطح جیوه در لوله به صورت برآمده (محدب) در می‌آید.



۱۷- از طرف سطح داخلی لوله موئین نیروی مطابق شکل به سطح آبی که با لوله در تماس است وارد می‌شود. این نیرو که به علت خاصیت کشش سطحی ایجاد شده است، باعث بالا رفتن سطح آب در لوله‌ی موئین می‌شود.



۱۸- از طرف سطح داخلی لوله‌ی موئین نیرویی مطابق شکل به سطح جیوه‌ای که با لوله در تماس است، وارد می‌شود. این نیرو که به علت خاصیت کشش سطحی ایجاد شده است، باعث پایین رفتن سطح جیوه در لوله‌ی موئین می‌شود.



۱۹- آب درون لوله تا جایی بالا می آید که برآیند نیروهای ناشی از چسبندگی سطحی و کشش سطحی با وزن آب بالا آمده در لوله برابر شوند. لذا مقدار مشخصی آب درون لوله بالا می آید.  
توجه: این امر سبب می شود که هر چه قدر لوله باریک تر باشد، آب تا ارتفاع بیشتری نسبت به سطح اولیه آن درون ظرف بالا بیاید.

۲۰- روش اول:

$$\begin{cases} \rho = 6900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ V = a^3 = 3^3 = 27 \text{ cm}^3 = 27 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \end{cases}$$

$$\Rightarrow m = \rho V = 6900 \times 27 \times 10^{-6} = 0.1863 \text{ kg} \Rightarrow W = mg = 1.863 \text{ N}$$

$$A = a^2 = 3^2 = 9 \text{ cm}^2 = 9 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow P = \frac{W}{A} = \frac{1.863}{9 \times 10^{-4}} = 2070 \text{ Pa}$$

روش دوم:

$$P = \rho gh = \rho g(a) = 6900 \times 10 \times \left(\frac{3}{100}\right) = 2070 \text{ Pa}$$

۲۱- روش اول:

$$\begin{cases} A = a^2 = 4^2 = 16 \text{ cm}^2 = 16 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \\ P = 320 \text{ Pa} \end{cases}$$

$$\Rightarrow F = PA = 320 \times 16 \times 10^{-4} = 0.512 \text{ N} \Rightarrow W = 0.512 \text{ N}$$

$$W = mg \Rightarrow 0.512 = m \times 10 \Rightarrow m = 0.0512 \text{ kg}$$

$$V = a^3 = 4^3 = 64 \text{ cm}^3 = 64 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0.0512}{64 \times 10^{-6}} = \frac{51200}{64} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

روش دوم:

$$P = \rho gh = \rho g(a) \Rightarrow 320 = \rho \times 10 \times \left(\frac{4}{100}\right) \Rightarrow \rho = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

۲۲- روش اول:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho = 11300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ V = a^3 \end{array} \right. \Rightarrow m = \rho V = (11300 \cdot a^3) \text{ kg} \Rightarrow W = mg = (113000 \cdot a^3) \text{ N}$$

$$\left. \begin{array}{l} P = 1475 \text{ Pa} \\ A = a^2 \end{array} \right\} \Rightarrow F = PA = (1475 a^2) \text{ N}$$

$$F = W \Rightarrow 1475 a^2 = 113000 a^3 \Rightarrow a = 0.075 \text{ m} \Rightarrow a = 7.5 \text{ cm}$$

روش دوم:

$$P = \rho gh = \rho g(a) \Rightarrow 1475 = 11300 \times 10 \times a \Rightarrow a = 0.075 \text{ m} = 7.5 \text{ cm}$$

۲۳- روش اول:

$$W = mg = 60 \text{ N}$$

$$A_1 = ab = 200 \text{ cm}^2 = 2 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \Rightarrow P_1 = \frac{W}{A_1} = \frac{60}{2 \times 10^{-2}} = 3000 \text{ Pa}$$

$$A_2 = ac = 250 \text{ cm}^2 = 25 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \Rightarrow P_2 = \frac{W}{A_2} = \frac{60}{25 \times 10^{-3}} = 2400 \text{ Pa}$$

$$A_3 = bc = 500 \text{ cm}^2 = 5 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \Rightarrow P_3 = \frac{W}{A_3} = \frac{60}{5 \times 10^{-2}} = 1200 \text{ Pa}$$

روش دوم:

$$V = abc = 5000 \text{ cm}^3 = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{6}{5 \times 10^{-3}} = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$P_1 = \rho gh_1 = \rho g(c) = 1200 \times 10 \times \frac{25}{100} = 3000 \text{ Pa}$$

$$P_2 = \rho gh_2 = \rho g(b) = 1200 \times 10 \times \frac{20}{100} = 2400 \text{ Pa}$$

$$P_3 = \rho gh_3 = \rho g(a) = 1200 \times 10 \times \frac{10}{100} = 1200 \text{ Pa}$$

۲۴- روش اول:

بیشترین فشار در حالتی ایجاد می‌شود که مکعب روی کوچک‌ترین وجه آن قرار دارد.

$$A_{\min} = 4 \times 5 = 20 \text{ cm}^2 = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

کم‌ترین فشار در حالتی ایجاد می‌شود که مکعب روی بزرگ‌ترین وجه آن قرار دارد.

$$A_{\text{Max}} = 5 \times 8 = 40 \text{ cm}^2 = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \Rightarrow P_{\min} = \frac{W}{A_{\text{Max}}} = \frac{10}{4 \times 10^{-3}} = 2500 \text{ Pa}$$

$$\Rightarrow \Delta P = P_{\text{Max}} - P_{\min} = 5000 - 2500 = 2500 \text{ Pa}$$

روش دوم:

$$\begin{cases} V = 4 \times 5 \times 8 = 160 \text{ cm}^3 = 16 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \\ m = 1 \text{ kg} \end{cases} \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{1}{16 \times 10^{-5}} = 6250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\begin{cases} P_{\text{Max}} = \rho g h_{\text{Max}} = 6250 \times 10 \times \frac{8}{100} = 5000 \text{ Pa} \\ P_{\min} = \rho g h_{\min} = 6250 \times 10 \times \frac{4}{100} = 2500 \text{ Pa} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta P = P_{\text{Max}} - P_{\min} = 5000 - 2500 = 2500 \text{ Pa}$$

۲۵- روش اول:

$$A_{\min} = 3 \times 4 = 12 \text{ cm}^2 = 12 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \Rightarrow P_{\text{Max}} = \frac{W}{A_{\min}} = \frac{10 \text{ m}}{12 \times 10^{-4}} = \frac{m}{12} \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$A_{\text{Max}} = 4 \times 5 = 20 \text{ cm}^2 = 20 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \Rightarrow P_{\min} = \frac{W}{A_{\text{Max}}} = \frac{10 \text{ m}}{20 \times 10^{-4}} = \frac{m}{20} \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\Rightarrow \Delta P = P_{\text{Max}} - P_{\min} = \left( \frac{m}{12} - \frac{m}{20} \right) \times 10^5 = \frac{m}{30} \times 10^5 = \frac{m}{3} \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$\Rightarrow \frac{m}{3} \times 10^4 = 3 \times 10^3 \Rightarrow m = 0.9 \text{ kg}$$

روش دوم:

$$\begin{cases} P_{\text{Max}} = \rho g (h_{\text{Max}}) = \rho \times 10 \times \frac{5}{100} = \frac{\rho}{2} \\ P_{\min} = \rho g (h_{\min}) = \rho \times 10 \times \frac{3}{100} = \frac{3\rho}{10} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta P = P_{\text{Max}} - P_{\min} = \frac{\rho}{2} - \frac{3\rho}{10} = \frac{2\rho}{10} = \frac{\rho}{5}$$

$$\Rightarrow \frac{\rho}{5} = 3 \times 10^3 \Rightarrow \rho = 15000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V = 3 \times 4 \times 5 = 60 \text{ cm}^3 = 6 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \Rightarrow m = \rho V = 15000 \times 6 \times 10^{-5} = 0.9 \text{ kg}$$



۲۶- روش اول:

$$\begin{cases} P_{\text{Max}} = \frac{W}{A_{\text{min}}} = \frac{W}{r_a \times r_a} = \frac{W}{r_a^2} \\ P_{\text{min}} = \frac{W}{A_{\text{Max}}} = \frac{W}{r_a \times r_a} = \frac{W}{r_a^2} \end{cases} \Rightarrow \frac{P_{\text{Max}}}{P_{\text{min}}} = \frac{r_a^2}{r_a^2} = \frac{v}{r}$$

روش دوم:

$$\begin{cases} P_{\text{Max}} = \rho g(h_{\text{Max}}) = \rho g(va) = v\rho ga \\ P_{\text{min}} = \rho g(h_{\text{min}}) = \rho g(ra) = r\rho ga \end{cases} \Rightarrow \frac{P_{\text{Max}}}{P_{\text{min}}} = \frac{v}{r}$$

(۲۷- الف)

$$P = \rho gh = 800 \times 10 \times \left(\frac{45}{100}\right) = 3600 \text{ Pa}$$

(۲۸- ب)

$$P = \rho gh \Rightarrow 1000 = 800 \times 10 \times h \Rightarrow h = \frac{1}{8} \text{ m} \Rightarrow h = 12.5 \text{ cm}$$

$$\begin{cases} P_1 = \rho gh_1 \\ P_2 = \rho gh_2 \end{cases} \Rightarrow \Delta P = P_2 - P_1 = \rho gh_2 - \rho gh_1 = \rho g(h_2 - h_1) = \rho g\Delta h \quad -29$$

$$\Rightarrow \Delta P = \rho g\Delta h \Rightarrow \Delta P = 1200 \times 10 \times \frac{45}{100} = 5400 \text{ Pa}$$

$$\begin{cases} P_1 = \rho gh_1 \\ P_2 = \rho gh_2 \end{cases} \Rightarrow \Delta P = P_2 - P_1 = \rho gh_2 - \rho gh_1 = \rho g(h_2 - h_1) = \rho g\Delta h \quad -30$$

$$\Rightarrow \Delta P = \rho g\Delta h \Rightarrow 50 \times 10^3 = \rho \times 10 \times 2/5 \Rightarrow \rho = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\begin{cases} P_1 = \rho gh_1 = \rho g(vh) = v\rho gh \\ P_2 = \rho gh_2 = \rho g(12h) = 12\rho gh \end{cases} \Rightarrow \Delta P = 5\rho gh \quad -31$$

$$\Rightarrow 12 \times 10^3 = 5 \times 750 \times 10 \times h \Rightarrow h = 0.32 \text{ m} \Rightarrow h = 32 \text{ cm}$$

(۳۲- الف)

$$\Delta P = \rho g\Delta h \Rightarrow \Delta P = 1/29 \times 9/8 \times 3 = 37/926 \text{ Pa}$$

(۳۳- ب)

$$\frac{\Delta P}{P_1} = \frac{37/926}{1.5} = 3/7926 \times 10^{-4} \Rightarrow \frac{\Delta P}{P_1} = 0.38 \%$$

(۳۴- الف)

$$\Delta P = \rho g \Delta h \Rightarrow \frac{1}{100} (10.5) = 1/29 \times 9/8 \times h \Rightarrow h \approx 79/1m$$

۳۵- ب) در عمل باید بیش‌تر از این ارتفاع از سطح زمین بالا برویم تا فشار به اندازه‌ی یک درصد فشار اتمسفر کاهش یابد. زیرا با بالا رفتن از سطح زمین  $g$  (شدت گرانش) و  $\rho$  (چگالی هوا) کاهش می‌یابند.

۳۶- یک سانتی‌متر جیوه یعنی فشار یک ستون از جیوه به ارتفاع یک سانتی‌متر.

$$1 \text{ cmHg} = \rho g h = 13600 \times 9/8 \times \frac{1}{100} = 1332/8 \text{ Pa} \quad -37$$

$$1 \text{ cmHg} = 1332/8 \text{ Pa} \Rightarrow 1 \text{ Pa} = \frac{1}{1332/8} \text{ cmHg} \approx 7/5 \times 10^{-4} \text{ cmHg} \quad -38$$

$$1 \text{ atm} = 1/0.1 \times 10^5 \text{ Pa} = 1/0.1 \times 10^5 \left( \frac{1}{1332/8} \text{ cmHg} \right) \Rightarrow 1 \text{ atm} \approx 75/8 \text{ cmHg} \quad -39$$

۴۰- باید ببینیم فشار ارتفاع  $h$  از مایع با چگالی  $\rho$  با فشار چه ارتفاعی از جیوه با چگالی  $\rho_0$  برابر است.

$$\rho_0 g h_0 = \rho g h \Rightarrow \rho_0 h_0 = \rho h \Rightarrow h_0 = \frac{\rho}{\rho_0} h \Rightarrow h_0 = \frac{850}{13600} \times 8 = \frac{1}{4} \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

فشار این مایع با فشار یک ستون از جیوه به ارتفاع  $25 \text{ cm}$  برابر است، پس فشار این مایع  $25 \text{ cmHg}$  است.

۴۱- اگر فشار ارتفاع  $h$  از مایعی با چگالی  $\rho$  با فشار ارتفاع  $h_0$  از جیوه با چگالی  $\rho_0$  برابر باشد:

$$\rho_0 g h_0 = \rho g h \Rightarrow \rho_0 h_0 = \rho h \Rightarrow 13600 \times \frac{80}{100} = \rho \times 5 \Rightarrow \rho = 2176 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

۴۲- فشار ناشی از مایع در کف ظرف پر از جیوه  $10.2$  سانتی‌متر جیوه است. بنابراین عمق ظرف  $10.2$  سانتی‌متر است. اگر ظرف پر از آب شود، فشار ناشی از مایع در کف ظرف برابر  $10.2$  سانتی‌متر آب است که باید ببینیم معادل چند سانتی‌متر جیوه است.

اگر فشار ارتفاع  $h$  از مایعی به چگالی  $\rho$  با فشار ارتفاع  $h_0$  از جیوه با چگالی  $\rho_0$  برابر باشد داریم:

$$\rho_0 g h_0 = \rho g h \Rightarrow \rho_0 h_0 = \rho h \Rightarrow 13600 \times h_0 = 1000 \times 10.2 \Rightarrow h_0 = 7/5 \text{ cmHg}$$

فشار ناشی از آب در کف ظرف  $7/5 \text{ cmHg}$  می‌شود. پس فشار در کف ظرف  $94/5$  سانتی‌متر جیوه کاهش می‌یابد.

۴۳- الف) اگر فشار ارتفاع  $h$  از مایعی با چگالی  $\rho$  با فشار ارتفاع  $h_0$  از جیوه با چگالی  $\rho_0$  برابر باشد:

$$\rho_0 g h_0 = \rho g h \Rightarrow \rho_0 h_0 = \rho h \Rightarrow 13/5 \times 6 = 2/5 \times h \Rightarrow h = 32/4 \text{ cm}$$

۴۴- عمق ظرف را  $h$  و چگالی جیوه را  $\rho_0$  فرض می کنیم.

اگر چگالی مایع اول را  $\rho_1$  فرض کنیم، ارتفاع  $h$  از مایع اول فشاری برابر فشار ارتفاع  $h_1$  از جیوه دارد که فشار مایع اول بر حسب سانتی متر جیوه است.

$$\rho_1 gh = \rho_0 gh_1 \Rightarrow \frac{h}{\rho_0} = \frac{h_1}{\rho_1}$$

هم چنین اگر چگالی مایع دوم را  $\rho_2$  فرض کنیم، ارتفاع  $h$  از مایع دوم فشاری برابر فشار ارتفاع  $h_2$  از جیوه دارد که فشار مایع دوم بر حسب سانتی متر جیوه است.

$$\rho_2 gh = \rho_0 gh_2 \Rightarrow \frac{h}{\rho_0} = \frac{h_2}{\rho_2}$$

$$\Rightarrow \frac{h_2}{\rho_2} = \frac{h_1}{\rho_1} \Rightarrow \frac{h_2}{\rho_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \Rightarrow \frac{h_2}{6} = \frac{0.75}{2.5} \Rightarrow h_2 = \frac{6 \times 0.75}{2.5} = \frac{4.5}{2.5} = \frac{9}{5} \Rightarrow h_2 = 1.8 \text{ cm}$$

فشار ناشی از مایع دوم در کف ظرف برابر  $1/8$  سانتی متر جیوه است.

$$P = \rho gh + P_0 = 1150 \times 10 \times 6 + 10^5 = 69000 + 10^5 = 169000 \text{ Pa} \Rightarrow P = 1/69 \text{ atm} \quad -45$$

$$P = \rho gh + P_0 \Rightarrow 2/4 \text{ atm} = \rho gh + 1 \text{ atm} \quad -46$$

$$\Rightarrow \rho gh = 1/4 \text{ atm} = 1/4 \times 10^5 \text{ Pa} \Rightarrow 1050 \times 10 \times h = 1/4 \times 10^5 \Rightarrow h = \frac{40}{3} \text{ m}$$

$$P = \rho gh + P_0 \Rightarrow 293500 = \rho gh + 100000 \Rightarrow \rho gh = 193500 \text{ Pa} \Rightarrow \rho \times 10 \times 18 = 193500 \quad -47$$

$$\Rightarrow \rho = 1075 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\begin{cases} P_1 = P_0 + \rho gh_1 = 10^5 + 1000 \times 10 \times 20 = 3 \times 10^5 \text{ Pa} \\ P_2 = P_0 + \rho gh_2 = 10^5 + 1000 \times 10 \times 10 = 2 \times 10^5 \text{ Pa} \end{cases} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{3 \times 10^5}{2 \times 10^5} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{3}{2} \quad -48$$

$$\begin{cases} P_1 = P_0 + \rho gh_1 = P_0 + \rho g(2h) \\ P_2 = P_0 + \rho gh_2 = P_0 + \rho g(h) \end{cases} \quad -49$$

$$P_1 = 2P_2 \Rightarrow P_0 + 2\rho gh = 2(P_0 + \rho gh) \Rightarrow P_0 + 2\rho gh = 2P_0 + 2\rho gh \Rightarrow \rho gh = P_0$$

$$\Rightarrow 1000 \times 10 \times h = 10^5 \Rightarrow h = 10 \text{ m}$$

$$P = \rho gh + P_0 \quad -50$$

$$\Rightarrow 20\rho = 137000 - 115000 = 22000 \Rightarrow \rho = 1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$10\rho + P_0 = 115000 \Rightarrow 10 \times 1100 + P_0 = 115000 \Rightarrow P_0 = 104000 \text{ Pa} = 1/0.4 \text{ atm} \quad -51$$

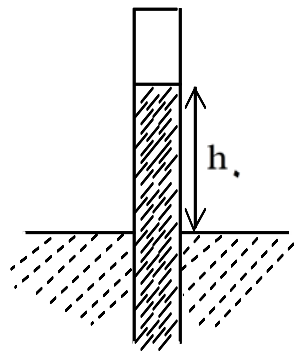
۵۲- اگر فشار در ته لوله را  $P_X$  و ارتفاع قسمت بیرونی لوله را  $h$  و فشار هوا را  $P_0$  فرض کنیم داریم:

$$P_0 = \rho gh + P_X \Rightarrow P_0 - P_X = \rho gh = 850 \times 10 \times 1 = 8500 \text{ Pa}$$

$$\Rightarrow P_0 - P_X = 0/0.85 \text{ atm} \Rightarrow 1/0.15 - P_X = 0/0.85 \Rightarrow P_X = 0/93 \text{ atm}$$

۵۳- مایع به دلیل فشار هوا درون لوله بالا می آید. فشار هوا تا ارتفاع محدودی می تواند باعث بالا آمدن مایع درون لوله شود. اگر طول لوله در بیرون مایع از این مقدار بیش تر باشد، مایع حداکثر تا همان ارتفاع درون لوله بالا می آید و در بالای لوله فضای خالی (خلأ) ایجاد می شود.

فرض می کنیم لوله آن قدر از آب بیرون کشیده شود که مطابق شکل در بالای لوله خلأ ایجاد شود. اگر ارتفاع مایع درون لوله  $h_0$ ، فشار هوا  $P_0$  و چگالی مایع  $\rho_0$  فرض شود.



$$\Rightarrow \rho_0 gh_0 = P_0 \Rightarrow h_0 = \frac{\rho_0}{\rho_0 g}$$

$$\Rightarrow h_0 = \frac{98000}{2450} \times 10 \Rightarrow h_0 = 4 \text{ m}$$

اگر طول قسمت بیرونی لوله از ۴ متر بیش تر شود، درون لوله خلأ ایجاد می شود.

۵۴- فشار هوا را  $P_0$ ، چگالی جیوه را  $\rho_0$  و ارتفاع جیوه در قسمت بیرونی لوله را  $h_0$  فرض می کنیم:

$$\Rightarrow P_0 = \rho_0 gh_0 \Rightarrow P_0 = 13600 \times 10 \times \frac{75}{1000} = 102000 \text{ Pa}$$

۵۵- فشار هوای بالای لوله را  $P_X$  فرض می کنیم. هم چنین چگالی مایع را  $\rho_0$  فشار هوا را  $P_0$  و ارتفاع مایع در قسمت بیرونی لوله را  $h_0$  در نظر می گیریم:

$$\Rightarrow P_X + \rho_0 gh_0 = P_0 \Rightarrow P_X + 13600 \times 10 \times \frac{725}{1000} = 100000$$

$$\Rightarrow P_X + 98600 = 100000 \Rightarrow P_X = 1400 \text{ Pa} \Rightarrow P_X = 0/0.14 \text{ atm}$$

۵۶- فشار هوا و فشار گاز محبوس را به ترتیب  $P_x$  و  $P_0$  فرض می کنیم و ارتفاع مایع درون لوله های چپ و راست را به ترتیب  $h_1$  و  $h_2$  می نامیم.

$$\Rightarrow P_x = 10^5 + 1250 \times 10 \times \frac{240 - 80}{100} = 10^5 + 20000 \Rightarrow P_x = 120000 \text{ Pa} = 1/2 \text{ atm}$$

۵۷- فشار هوا و فشار گاز محبوس را به ترتیب  $P_x$  و  $P_0$  فرض می کنیم و ارتفاع مایع درون لوله های چپ و راست را به ترتیب  $h_1$  و  $h_2$  می نامیم.

$$P_x + \rho g h_1 = P_0 + \rho g h_2 \Rightarrow \rho g (h_1 - h_2) = P_0 - P_x$$

$$\Rightarrow \rho g (h_1 - h_2) = 1 - 0.86 = 0.14 \text{ atm} = 14000 \text{ Pa}$$

$$\Rightarrow \rho \times 10 \left( \frac{65 - 30}{100} \right) = 14000 \Rightarrow \rho = 4000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

۵۸- فشار گازهای A و B را به ترتیب  $P_A$  و  $P_B$  و ارتفاع جیوه در لوله های چپ و راست را به ترتیب  $h_A$  و  $h_B$  فرض می کنیم.

$$P_A + \rho g h_A = P_B + \rho g h_B \Rightarrow P_B - P_A = \rho g (h_A - h_B)$$

اختلاف فشار گازهای A و B برابر ۶cmHg است.

$$\Rightarrow P_B - P_A = 13600 \times 10 \times \frac{6}{100} = 8160 \text{ Pa}$$

۵۹- فشار هوا و فشار گاز را به ترتیب  $P_x$  و  $P_0$  و ارتفاع مایع در لوله سمت چپ را  $h_x$  فرض می کنیم.

$$\Rightarrow P_x + \rho g h_x = P_0 + \rho g h_0 \Rightarrow \rho g (h_x - h_0) = P_0 - P_x$$

$$\Rightarrow \rho g (h_x - h_0) = 1 - 0.844 = 0.156 \text{ atm} = 15600 \text{ Pa}$$

$$\Rightarrow 2400 \times 10 (h_x - h_0) = 15600 \Rightarrow h_x - h_0 = 0.65 \text{ m} = 65 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow 100 - h_0 = 65 \Rightarrow h_0 = 35 \text{ cm}$$

۶۰- ارتفاع روغن را  $h_1$  و چگالی آب و روغن را به ترتیب  $\rho_1$  و  $\rho_2$  فرض می کنیم.

$$\Rightarrow \rho_1 g h_1 + P_0 = \rho_2 g h_2 + P_0 \Rightarrow \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$$

$$\Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 \Rightarrow 0.8 h_1 = 1 h_2 \Rightarrow h_1 = 1/25 \times 20 \Rightarrow h_1 = 25 \text{ cm}$$

۶۱- چگالی جیوه و مایع را به ترتیب  $\rho_1$  و  $\rho_2$  فرض می کنیم.

$$\Rightarrow \rho_1 g h_1 + P_0 = \rho_2 g h_2 + P_0 \Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 \Rightarrow 13/6 \times 8 = \rho \times 32 \Rightarrow \rho = 3/4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

۶۲- ارتفاع مایع ۱ و ۲ را به ترتیب  $h_1$  و  $h_2$  و ارتفاع مایع ۲ در لوله های چپ و راست را به ترتیب فرض می کنیم.

$$P_0 + \rho_3 gh_3 + \rho_2 gh_{2L} = \rho_1 gh_1 + \rho_2 gh_{2R} + P_0$$

$$\Rightarrow \rho_3 h_3 = \rho_1 h_1 + \rho_2 (h_{2R} - h_{2L}) \Rightarrow \rho_3 h_3 = \rho_1 h_1 + \rho_2 \Delta h_2$$

$$\Rightarrow 1/5 \times 30 = 2 \times 8 + \rho_2 \times 10 \Rightarrow 45 = 16 + 10\rho_2 \Rightarrow 10\rho_2 = 29 \Rightarrow \rho_2 = 2/9 \frac{g}{cm^3}$$

۶۳- ارتفاع مایع ۲ را در لوله های چپ و راست به ترتیب  $h_{2R}$  و  $h_{2L}$  فرض می کنیم:

$$\Rightarrow 20 + h_{2L} = 12 + h_{2R} \Rightarrow h_{2R} - h_{2L} = 8 \text{ cm}$$

چگالی مایع های ۱ و ۲ و ۳ را به ترتیب  $\rho_1$  و  $\rho_2$  و  $\rho_3$  و ارتفاع مایع های ۱ و ۳ را به ترتیب  $h_1$  و  $h_3$  فرض می کنیم:

$$\Rightarrow P_0 + \rho_3 gh_3 + \rho_2 gh_{2L} = P_0 + \rho_1 gh_1 + \rho_2 gh_{2R}$$

$$\Rightarrow \rho_3 h_3 = \rho_1 h_1 + \rho_2 (h_{2R} - h_{2L}) \Rightarrow \rho_3 \times 20 = \rho_1 \times 12 + \rho_2 \times 8$$

$$\Rightarrow 5\rho_3 = 3\rho_1 + 2\rho_2 \Rightarrow \rho_3 = \frac{3}{5}\rho_1 + \frac{2}{5}\rho_2$$

(۶۴- الف)

$$\left. \begin{aligned} P = \rho gh = 1500 \times 10 \times \frac{20}{100} = 3000 \text{ Pa} \\ A = 100 \text{ cm}^2 = 10^{-2} \text{ m}^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = PA = 3000 \times 10^{-2} = 30 \text{ N}$$

(۶۵- ب)

$$P = \rho gh + P_0 = 3000 + 10000 = 103000 \Rightarrow F = PA = 103000 \times 10^{-2} = 1030 \text{ N}$$

(۶۶- ج)

$$P_0 = 10^5 \text{ Pa} \Rightarrow F_0 = P_0 A = 10^5 \times 10^{-2} = 1000 \text{ N}$$

(۶۷- الف)

$$\left. \begin{aligned} P = \rho gh = 900 \times 10 \times \frac{15}{100} = 900 \text{ Pa} \\ A = 120 \text{ cm}^2 = 0.012 \text{ m}^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = PA = 900 \times 0.012 = 10.8 \text{ N}$$

(ب-۶۸)

$$\Rightarrow m = \rho V = 0.6 \times 1800 = 1080 \text{ g} = 1.08 \text{ kg} \Rightarrow W = mg = 10.8 \text{ N}$$

(الف-۶۹)

$$\left. \begin{array}{l} P = \rho g H = 1000 \times 10 \times \frac{25}{100} = 2500 \text{ Pa} \\ A = 200 \text{ cm}^2 \text{ (کف ظرف)} \end{array} \right\} \Rightarrow F = PA = 2500 \times 200 \times 10^{-4} = 50 \text{ N}$$

(ب-۷۰)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{حجم } V = 10 \times 5 + 15 \times 200 = 50 + 3000 = 3050 \text{ cm}^3 \\ \rho = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow m = \rho V = 3050 \text{ g} = 3.05 \text{ kg} \Rightarrow W = mg = 30.5 \text{ N}$$

(الف-۷۱)

$$\left. \begin{array}{l} P = \rho g H = 1000 \times 10 \times \frac{10}{100} = 1000 \text{ Pa} \\ A = 50 \text{ cm}^2 \text{ (کف ظرف)} \end{array} \right\} \Rightarrow F = PA = 1000 \times 50 \times 10^{-4} = 5 \text{ N}$$

(ب-۷۲)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{حجم } V = 6 \times 50 + 4 \times 250 = 300 + 1000 = 1300 \text{ cm}^3 \\ \rho = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow m = \rho V = 1300 \text{ g} = 1.3 \text{ kg} \Rightarrow W = mg = 13 \text{ N}$$

۷۳- ارتفاع مایع را  $h$ ، چگالی مایع را  $\rho$  و مساحت کف ظرف را  $A$  فرض می کنیم:

$$P = \rho g h \Rightarrow F = PA = \rho g h A$$

با توجه به شکل معلوم است که  $hA$  از حجم مایع کم تر است.

$$hA < V \Rightarrow \rho hA < \rho V = m \Rightarrow \rho hA < m$$

$$\Rightarrow \rho g hA < mg = W \Rightarrow \rho g hA < W \Rightarrow F < W$$

۷۴- ارتفاع مایع را  $h$  ، چگالی مایع را  $\rho$  و مساحت کف ظرف را  $A$  فرض می کنیم:

$$P = \rho gh \Rightarrow F = PA = \rho ghA$$

با توجه به شکل معلوم است که  $hA$  از حجم مایع بیشتر است.

$$\Rightarrow \rho ghA > mg = W \Rightarrow \rho ghA > W \Rightarrow F > W$$

۷۵- مقاومت ویژه باقیمانده  $\frac{0}{25}$

۷۶- دمای بحرانی  $\frac{0}{25}$