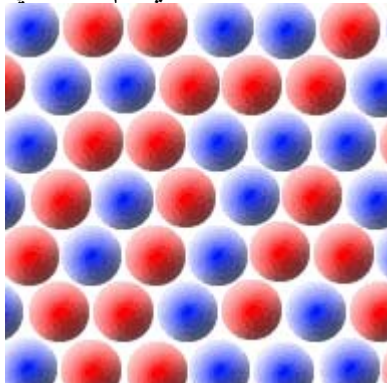


فصل پنجم: ویژگی های ماده

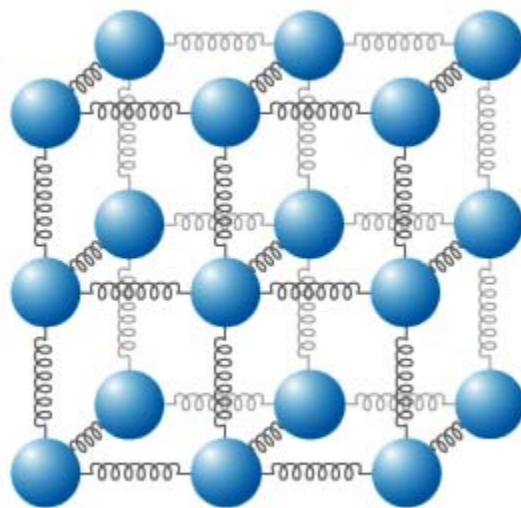
ویژگی های ماده

جامدها

در ماده های جامد مولکول ها در فاصله ی کم و معینی از هم قرار دارند.

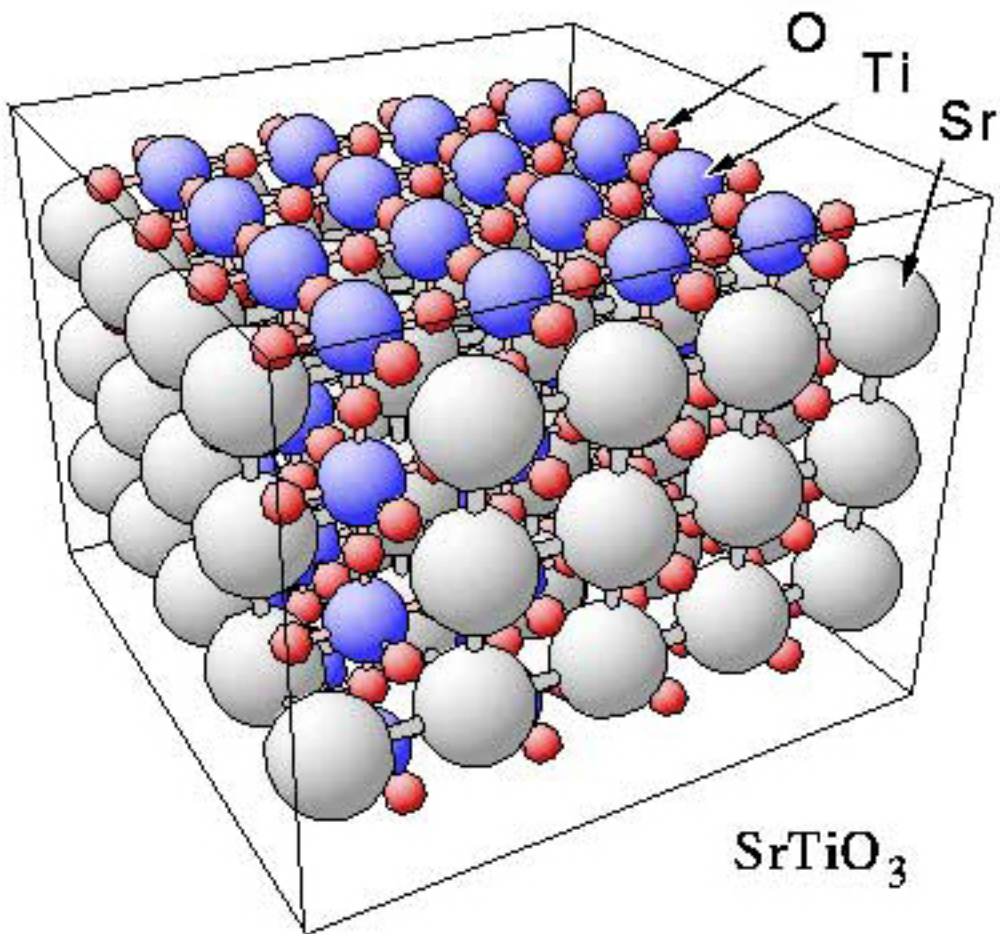


نیروی بین مولکولی در جامدها، مانند فنر عمل می کند. این نیرو نمی گذارد تا مولکول ها از یک فاصله ی معین نسبت به هم نزدیک تر یا دورتر شوند. مولکول های جامد در جای خود نوسان می کنند؛ بنابراین شکل و حجم جامد، ثابت است.



جامدها بر دو نوع اند:

جامد بلورین: مولکول های جامد بلورین در طرح های منظمی قرار دارند. اگر یک مایع را به آرامی سرد کنیم، جامد بلورین به دست می آید.



جامد بی شکل: مولکول‌های جامد بی شکل، آرایش خاصی ندارند. این نوع جامد، از سرد شدن سریع مایع به دست می‌آید.



موم جامدی بی شکل است.

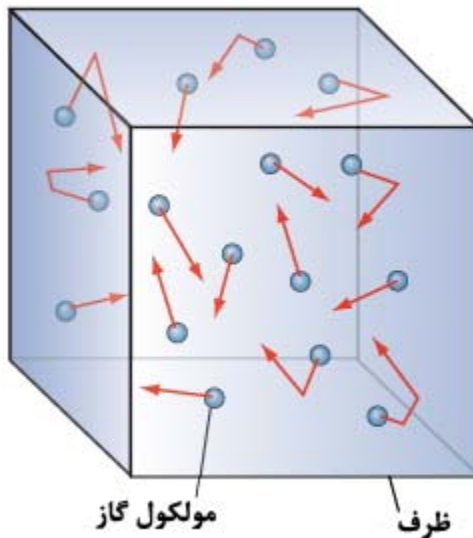
مایع‌ها

در يك ماده فاصله‌ي بين مولكول‌ها در حالت مایع نسبت به حالت جامد آن، بیش‌تر است و همچنین مولكول‌ها آزادانه به اطراف حرکت مي‌کنند. مولكول‌هاي مایع بر روي هم مي‌لغزند و مایع به شکل ظرف خود در مي‌آید. مایع‌ها تقریباً تراکم‌ناپذیرند و در نتیجه حجم آن‌ها ثابت است.



گازها

مولكول‌ها در حالت گازی از هم فاصله‌ي زیادی دارند و آزادانه به هر طرف حرکت مي‌کنند. گازها حجم و شکل معین نداشته و حجم آن‌ها برابر حجم ظرفشان است.



پدیده‌ي پخش: پخش بوي گل در هوای اتاق و پخش دود در گازها، نشان مي‌دهند که مولكول‌هاي گاز به هر طرف و با هر سرعتي حرکت مي‌کنند. به‌ویژه مشاهده‌ي حرکت دود در گازها، نشان مي‌دهد که حرکت مولكول‌هاي گاز، پیش‌بینی نشده کاتوره‌اي است. از پخش جوهر در آب، هم به همین نتیجه مي‌رسیم.

چگالی

بنا به تعریف، جرم يکاي حجم هر ماده را چگالی آن ماده مي‌نامند:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

در SI، يکاي چگالی، m^3 است ولي يکاهای cm^3 و lit هم رایج‌اند:

$$\rho\left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) \times 1000 = \rho\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = \rho\left(\frac{\text{g}}{\text{lit}}\right)$$

مثال: چگالی نفت $0/8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ است.
الف چگالی نفت را بر حسب یکای SI محاسبه کنید.
ب جرم 200 لیتر نفت چند کیلوگرم است؟

پاسخ:
الف

$$0/8\left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) \times 1000 = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V = 200 \text{lit} = 0/2 \text{m}^3$$

ب

$$m = \rho V = 800 \times 0/2 = 160 \text{kg}$$

مثال: نسبت چگالی ماده‌ی A به ρ_B برابر 4 است. اگر جرم 150cm^3 از ماده‌ی A برابر 200 گرم باشد، جرم 450 سانتی‌متر مکعب از ماده‌ی B، چند گرم است؟

پاسخ:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A}$$

$$\frac{3}{4} = \frac{200}{m_B} \times \frac{450}{150} \Rightarrow m_B = 800 \text{g}$$

مثال: چگالی هوا در شرایط متعارفی، تقریباً $1/3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ است. جرم هوای داخل یک سالن به ابعاد 20m، 15m و 3m، چند کیلوگرم است؟

پاسخ:

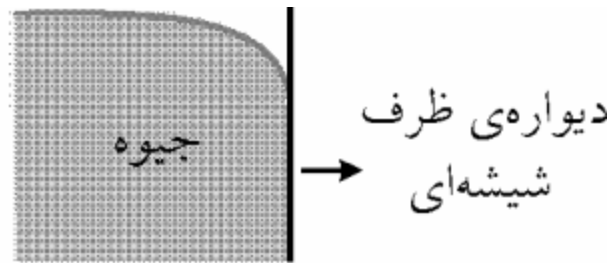
$$v = 20 \times 15 \times 3 = 900 \text{m}^3$$

$$m = \rho v = 1/3 \times 900 = 1170 \text{kg}$$

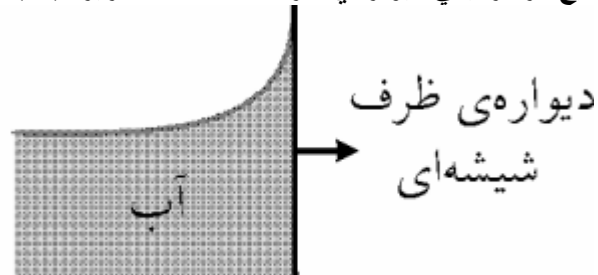
نیروی چسبندگی سطحی

بین مولکول‌های هر مایع با مولکول‌های ظرف آن، نیرویی ربایشی وجود دارد که نیروی چسبندگی سطحی نامیده می‌شود.

اگر در یک مایع نیروی چسبندگی سطحی کمتر از نیروی چسبندگی باشد، مایع ظرف خود را تر نمی‌کند. در این صورت سطح مایع در نزدیکی دیواره‌ی ظرف، مانند شکل زیر، به پایین کشیده می‌شود.



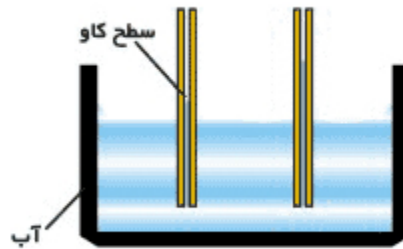
اگر در يك مایع نیروی چسبندگی سطحی بیش‌تر از نیروی چسبندگی باشد، مایع ظرف خود را تر می‌کند و سطح مایع در نزدیکی دیواره‌ی ظرف، مانند شکل زیر، به بالا کشیده می‌شود.



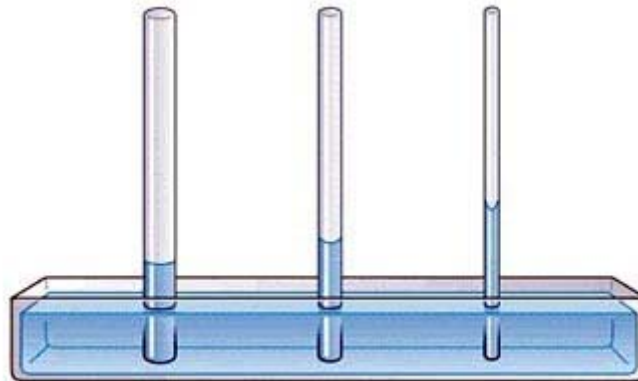
آب، سطح ظرف را تر می‌کند ولی جیوه به ظرف نمی‌چسبد.

سطحی کشش

در سطح مایع‌ها، به هر يك از مولکول‌ها، از طرف دیگر مولکول‌های سطح، نیرویی ربایشی وارد می‌شود که ایجاد کشش سطحی می‌کند. کشش سطحی به نوع مایع و دمای آن بستگی دارد. این پدیده مانع فرو رفتن پشه در آب می‌شود.



- 3- آزمایش نشان می‌دهد که ارتفاع مایع درون لوله با شعاع لوله و چگالی مایع نسبت وارون دارد.
 4- مایع تا حدی در لوله بالا می‌رود که وزن مایع درون لوله با نیروی چسبندگی سطحی لوله و مایع برابر شود. در نتیجه هر چه لوله باریک‌تر باشد، ارتفاع مایع در آن بیشتر می‌شود.



- وقتی لوله‌ی موئین را به‌طور قائم درون مایعی که آن را تر نمی‌کند قرار دهیم:
 ۱. سطح مایع درون لوله پایین‌تر از سطح آزاد مایع درون ظرف قرار می‌گیرد.
 ۲. سطح مایع درون لوله محدب است.
 ۳. ارتفاع مایع درون لوله با شعاع لوله نسبت مستقیم دارد.
 ۴. هر چه لوله باریک‌تر باشد، میزان پایین رفتن مایع در آن بیشتر است.

فشار

فشار مایع‌ها

- برای محاسبه‌ی فشار درون مایع‌ها باید به نکته‌های زیر، دقت کنید:
 ۱. بر هر سطحی که با مایع ساکن تماس دارد، از طرف مایع نیرویی وارد می‌شود که بر آن، عمود است.
 ۲. فشار در هر نقطه از مایع بر هر سطح بسیار کوچکی واقع در آن نقطه، از همه طرف و به یک اندازه وارد می‌شود.
 ۳. درون مایع ساکن، نقطه‌های هم‌تراز که بر یک سطح افقی واقع‌اند، دارای فشار یکسان‌اند.
 ۴. سطح آزاد مایع ساکن، افقی است.
 ۵. اختلاف فشار در هر دو نقطه‌ی درون مایع ساکن، از رابطه‌ی محاسبه می‌شود $\Delta P = \rho g \Delta h$. در این رابطه، ρ چگالی مایع و Δh اختلاف عمق دو نقطه‌ی موردنظر، نسبت به سطح آزاد مایع است.
 ۶. فشار درون مایع‌ها با وزن کل مایع، شکل ظرف و اندازه‌ی سطح مقطع ظرف، ارتباط ندارد.

۷. هر گونه تغییر فشاری که در یک نقطه از مایع محدود، ایجاد شود، عیناً به بقیه‌ی نقطه‌های مایع انتقال می‌یابد

مثال: چگالی آب دریاچه‌ای $1/2 \frac{g}{cm^3}$ است. اختلاف فشار نقاط درون آب دریاچه با سطح آب دریاچه را در عمق‌های 5 متری و 10 متری، محاسبه کنید.

$$P_0 = 10^5 Pa, g; 10 \frac{m}{s^2}$$

پاسخ:

$$\rho = 1/2 \times 10^3 = 1200 \frac{kg}{m^3}$$

$$\Delta P_1 = \rho g \Delta h_1 = (1200 \times 10 \times 5)$$

$$= 60000 Pa = 60 kPa$$

$$\Delta P_2 = \rho g \Delta h_2 = (1200 \times 10 \times 10)$$

$$= 120000 Pa = 120 kPa$$

مثال: ارتفاع یکی از سدهای بلند جهان در شوروی سابق، 300 متر است. فشاری که بر پایین این سد وارد می‌شود، چند پاسکال است؟ فشار هوا را در سطح آب 10^5 پاسکال و چگالی آب را $1 \frac{g}{cm^3}$ فرض

$$g; 10 \frac{m}{s^2}$$

کنید.

پاسخ: اختلاف فشار در عمق دریاچه با سطح آن برابر است با:

$$\rho = 1 \frac{g}{cm^3} = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

$$\Delta P = \rho g \Delta h = 10^3 \times 10 \times 300 = 3 \times 10^6 Pa$$

برای تعیین فشار وارد بر پایین سد، باید فشار هوا را هم در نظر بگیریم:

$$P = 3 \times 10^6 + 10^5 = 3/1 \times 10^6 Pa$$

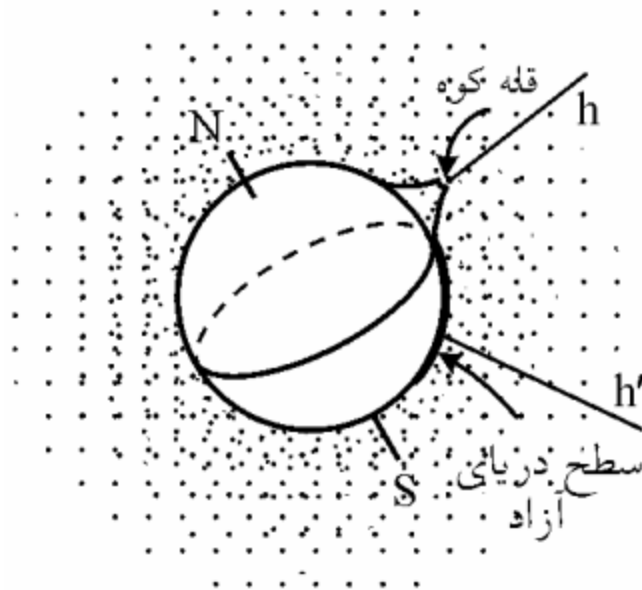
همان‌طور که می‌دانید در عمق مورد نظر، فشار در تمام جهتها، به‌طور یکسان وارد می‌شود.

فشار هوا

هوا گازی است که اطراف زمین را تا ارتفاع چندین کیلومتر احاطه کرده است و این ارتفاع زیاد هوا، وزن قابل توجهی دارد که نمی‌توان از فشار آن چشم‌پوشی کرد.

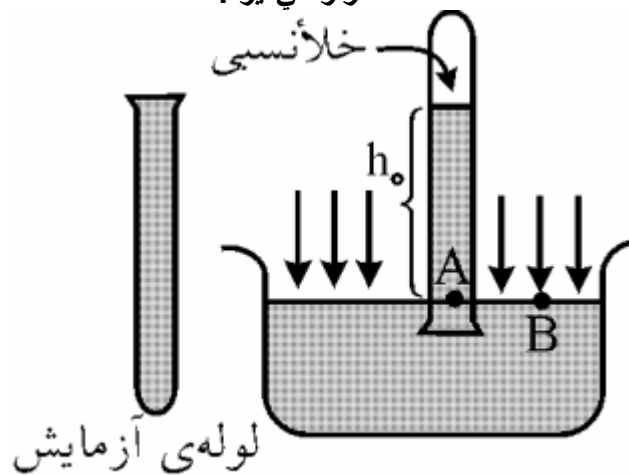
غالباً تصور می‌کنیم که هوا یا جو در هر ارتفاع از سطح زمین به طرف پایین فشار وارد می‌آورد. در صورتی که فشار هوا در هر نقطه به تمام جهتها و به‌طور یکنواخت وارد می‌شود.

به شکل زیر توجه کنید. فشار هوا در قله‌ی کوه کمتر از فشار آن در سطح دریای آزاد است، زیرا ارتفاع هوای بالای کوه کمتر از ارتفاع هوای بالای سطح دریاست. به همان نسبت وزن آن کمتر و در نتیجه فشار کمتر می‌شود.



تراکم هوا در اطراف زمین یکنواخت نیست. علاوه بر این، شدت میدان گرانش با افزایش فاصله از مرکز زمین کاهش می‌یابد ولی این عامل و چند عامل دیگر را در محاسبه فشار در سطح کتاب درسی دبیرستانی نادیده می‌گیریم.

آزمایش‌های متعددی وجود فشار هوا را به اثبات می‌رساند، که قدیمی‌ترین آن‌ها توسط توریچلی انجام شد آزمایش 5-5 صفحه 125 کتاب درسی. آزمایش توریچلی، در واقع اساس پیدا کردن رابطه‌ای است که بتوان توسط آن فشار هوا را تعیین کرد. لوله‌ی آزمایشی به طول یک متر را پر از جیوه کرده و آن را وارونه داخل ظرف پر از جیوه قرار می‌دهیم. سطح جیوه‌ی درون لوله پایین می‌آید و در ارتفاعی که متناسب با فشار هوا در محل آزمایش است قرار می‌گیرد.



فکر می‌کنید چرا تمام جیوه، از درون لوله‌ی آزمایش خارج نشد؟ چه چیزی ارتفاع ستون جیوه‌ی درون لوله را تعیین می‌کند؟

در واقع فشار هوای محل آزمایش است که بر سطح جیوه‌ی درون ظرف وارد می‌شود و مانع پایین آمدن جیوه در لوله می‌گردد.

می‌دانیم اختلاف فشار بین دو نقطه‌ی واقع در مایع ساکن از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

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

روشن است که اگر دو نقطه هم عمق باشند، یعنی در یک سطح افقی باشند، $\Delta h = 0$ و در نتیجه $\Delta P = 0$ و دو نقطه، هم‌فشار خواهند بود.

با توجه به شکل بالا، دو نقطه‌ی A و B در یک سطح افقی قرار دارند. ولی موقعیت یکی زیر ستون جیوه و دیگری خارج از آن و در سطح آزاد جیوه است. هیچ نوع حرکتی ناشی از جاری شدن مایع بین دو نقطه A و B مشاهده نمی‌شود.

فشار در نقطه‌ی A، ناشی از فشار ستون جیوه‌ی بالای آن و برابر $P_A = \rho_{Hg} g h_0$ است. فشار وارد بر نقطه‌ی B، فشار هوای خارج است. بنابراین $P_B = P_0$ است. داریم:

$$P_B = P_A$$

$$P_0 = \rho_{Hg} g h_0$$

بنابراین با اندازه‌گیری ارتفاع ستون جیوه در آزمایش تورچلی (h_0)، می‌توان فشار هوا را در محل آزمایش از رابطه‌ی بالا به‌دست آورد.

مثال: آزمایش بالا را در محلی که در کنار سطح دریای آزاد است، انجام داده‌ایم. ارتفاع ستون

$$g = 9.81 \frac{N}{kg} \quad \rho_{Hg} = 13600 \frac{kg}{m^3} \quad \text{جیوه 76 سانتی‌متر شده است. فشار هوا چند پاسکال است؟}$$

پاسخ:

$$P_0 = \rho_{Hg} g h_0 = 13600 \times 9.81 \times 0.76$$

$$; 1.01 \times 10^5 Pa ; 10^5 Pa$$

چه درکی از بزرگی فشار هوا در سطح دریای آزاد دارید؟

اگر 200 نفر که به طور متوسط جرم آن‌ها 50kg است را بتوان روی سطحی به مساحت $1m^2$ قرار داد، تقریباً همان فشاری را بر سطح وارد می‌کنند که ستون هوا به ارتفاع جو بر همان سطح وارد کرده است.

به فشار 10^5 پاسکال یک آتمسفر (atm) می‌گوییم.

فشار را برحسب ارتفاع ستون جیوه هم بیان می‌کنند. مثلاً می‌گویند فشار هوا برابر 76 سانتی‌متر جیوه (76cmHg)

یا 760 میلی‌متر جیوه (760mmHg) است.

$$10^5 Pa = 1 atm = 76 cmHg = 760 mmHg$$

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، با افزایش ارتفاع از سطح زمین، عامل‌های مختلفی بر روی فشار هوا اثر می‌گذارند. می‌توان نشان داد تا ارتفاع 2000 متری از سطح زمین فشار هوا تقریباً به ازای هر 10m یک میلی‌متر جیوه کاهش می‌یابد.

مثال: ارتفاع برجی 500m است اگر فشار در پای این برج سطح زمین 750mmHg باشد، فشار در بالای

این برج چند میلی‌متر جیوه و چند پاسکال است؟

$$g ; 10 \frac{N}{kg} , \rho_{Hg} = 13600 \frac{kg}{m^3}$$

پاسخ: به ازای هر 10m یک میلی‌متر جیوه از فشار کاسته می‌شود. بنابراین کاهش فشار (x) برابر

است با:

$$x = \frac{500}{10} = 50 mmHg$$

برج بالاي در $P = 750 - 50 = 700 \text{ mmHg}$

$$P = \rho_{\text{Hg}}gh = 13600 \times 10 \times \frac{700}{1000} = 95200 \text{ Pa}$$

برج بالاي در

مثال: اگر آمایش توریچلی را به جای جیوه با آب در کنار سطح دریای آزاد انجام دهیم، ارتفاع ستون آب داخل لوله چند متر می‌شود؟

$$\rho_{\text{Hg}} = 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

پاسخ: دقت کنید، در این آمایش مایعی که هوا بر سطح آن فشار می‌آورد، آب است. فشار هوا در سطح دریای آزاد را قبلاً محاسبه کرده‌ایم. البته در آنجا مایع مورد استفاده جیوه و ارتفاع آن 76 سانتی‌متر بود. بنابراین:

$$P_0 = P \Rightarrow (\rho gh)_{\text{Hg}} = (\rho gh)_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\Rightarrow (\rho h)_{\text{Hg}} = (\rho h)_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$13600 \times \frac{76}{100} = 1000 h_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$h_{\text{H}_2\text{O}} = 10/336 \text{ m}$$

یعنی باید از یک لوله‌ی تقریباً یازده متری برای انجام آمایش استفاده شود. به‌نظر شما نگاه داشتن چنین لوله‌ای آسان است؟

دقت کنید که همیشه می‌توان ارتفاع ستون جیوه‌ای را به‌دست آورد که فشارش با فشار ایجاد شده توسط ستونی از یک مایع دیگر برابر باشد. بنابراین می‌توان فشار هر مایع را برحسب یکای سانتی‌متر جیوه (cmHg) و یا میلی‌متر جیوه (mmHg) بیان کرد.

$$(\rho h)_{\text{مایع}} = (\rho h)_{\text{جیوه}}$$

مثال: عمق آب استخری 2/72 متر است. اختلاف فشار آب کف و سطح استخر، چند پاسکال و چند

$$g: 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}, \rho_{\text{Hg}} = 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ میلی‌متر جیوه است؟}$$

پاسخ:

$$\Delta P = \rho gh = 1000 \times 10 \times 2/72 = 2/72 \times 10^4 \text{ Pa}$$

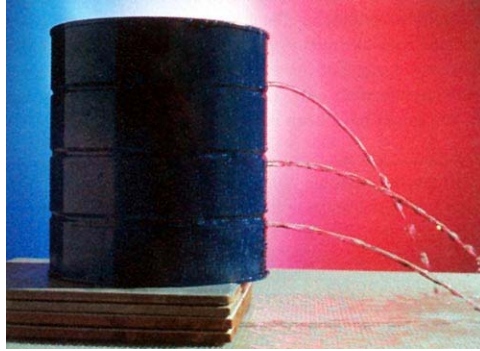
$$(\rho h)_{\text{آب}} = (\rho h)_{\text{جیوه}}$$

$$1000 \times 2/72 = 13600 h_{\text{Hg}} \Rightarrow h_{\text{Hg}} = 0/2 \text{ m}$$

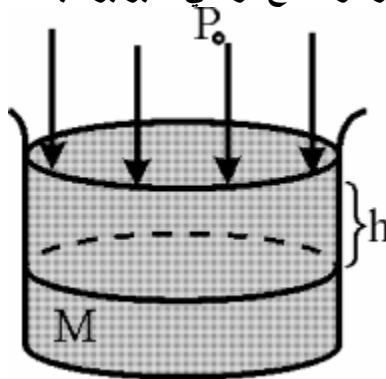
بنابراین فشار آب بر کف استخر 200mmHg بیش‌تر از فشار در سطح آب است. این به معنای آن است که اختلاف فشار برابر فشار ستونی از جیوه به ارتفاع 200 میلی‌متر است.

فشار یک مایع در عمق

h



اگر فشار هوا بر سطح مایع برابر P_0 و چگالی مایع برابر ρ باشد، اختلاف فشار بین نقطه‌ای در عمق h با سطح مایع، برابر است با $\Delta P = \rho gh$:
 اگر فشار در سطح فرضی M برابر P باشد، داریم:



$$\Delta P = P - P_0 = \rho gh$$

بنابراین، فشار در عمق h از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$P = \rho gh + P_0$$

مثال: فشار در عمق 150 متری اقیانوس چند پاسکال و چند سانتی‌متر جیوه است؟ $\rho = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ و فشار

هوا در سطح اقیانوس را 10^5 پاسکال یا 76cmHg بگیرد $10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.
 پاسخ:

$$P_{\text{کل}} = \rho_{\text{مایع}} gh + P_0$$

$$P = 1030 \times 10 \times 150 + 10^5 = 15/45 \times 10^5 + 10^5$$

$$= 16/45 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$(\rho h)_{\text{آب}} = (\rho h)_{\text{جیوه}} \Rightarrow 1030 \times 150 = 13600 \times h_{\text{جیوه}}$$

$$\Rightarrow h ; 11/36 \text{m} = 1136 \text{cm}$$

فشار آب اقیانوس در عمق 150 متری برابر 1136cmHg است.

بنابراین فشار در عمق 150 متری برابر است با:

$$P = 1136 + 76 = 1212 \text{cmHg}$$

مثال: فشار وارد بر كف يك استخر شنا به عمق 3 متر چند پاسكال است؟ فشار وارد بر ديواره هاي

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

استخر در همين عمق چند پاسكال است؟
پاسخ:

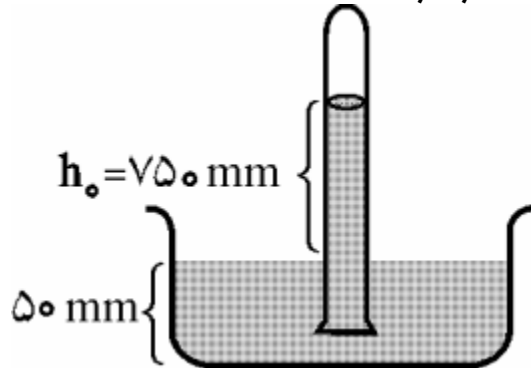
$$P = P_0 + \rho gh = 10^5 + 1000 \times 10 \times 3$$

$$= 10^5 + 0/3 \times 10^5 = 1/3 \times 10^5 \text{ Pa}$$

فشار در يك نقطه درون مايع فقط رو به پايين نيست، بلكه همواره در تمام جهتها، يكسان است. بناپراين فشار وارد بر ديواره هاي استخر در عمق 3 متر همان $1/3 \times 10^5$ پاسكال است.

مثال: در شكل زير، اگر مايع درون لوله و ظرف، جيوه باشد، فشار وارد بر كف ظرف چند ميلي متر

$$\rho = 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, g; 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$



پاسخ: چون مايع جيوه است، بناپراين فشار كل بر حسب mmHg از جمع فشار هوا كه برابر فشار ارتفاع ستون جيوه است و فشار جيوه ي درون ظرف، به دست مي آيد.

$$P_{\text{كل}} = 750 + 50 = 800 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{كل}} = P_0 + \rho gh = \rho gh_0 + \rho gh$$

$$P_{\text{كل}} = 13600 \times 10 \times \frac{750}{1000} + 13600 \times 10 \times \frac{50}{1000}$$

$$= 1/36 \times 10^5 (0/75 + 0/05)$$

$$P_{\text{كل}} = 1/36 \times 10^5 \times 0/8 = 1/088 \times 10^5 \text{ Pa}$$

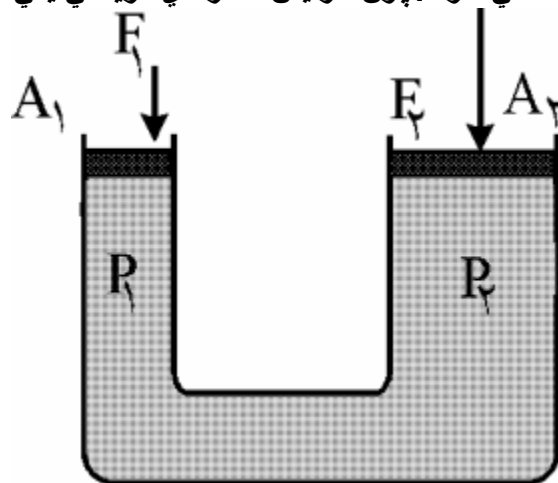
پاسكال اصل

فشار وارد بر مايع محصور، بدون كاهش و عيناً، به تمام قسمت هاي مايع و ديواره هاي ظرف منتقل مي شود.

مشهورترين کاربرد اصل پاسكال بالابر جك هيدروليكي روغني است.



به شکل زیر توجه کنید. اگر نیروی F_1 بر سطح مقطع پیستون به مساحت A_1 وارد شود، تمام F_1 قسمت‌های مایع زیر پیستون‌ها، دیواره‌ی ظرف و سطح مقطع پیستون A_2 افزایش فشاری برابر A_1 را دریافت می‌کنند. پیستون‌ها سبک فرض می‌شوند بنابراین پیستون به مساحت A_2 دیگر هم‌تراز راستای پیستون A_1 نخواهد ایستاد. برای حفظ تعادل باید این افزایش فشار توسط نیروی F_2 ، که فشاری برابر A_2 ایجاد می‌کند، خنثی شود. چون افزایش فشارهای دریافتی یکی است، می‌توان نوشت:

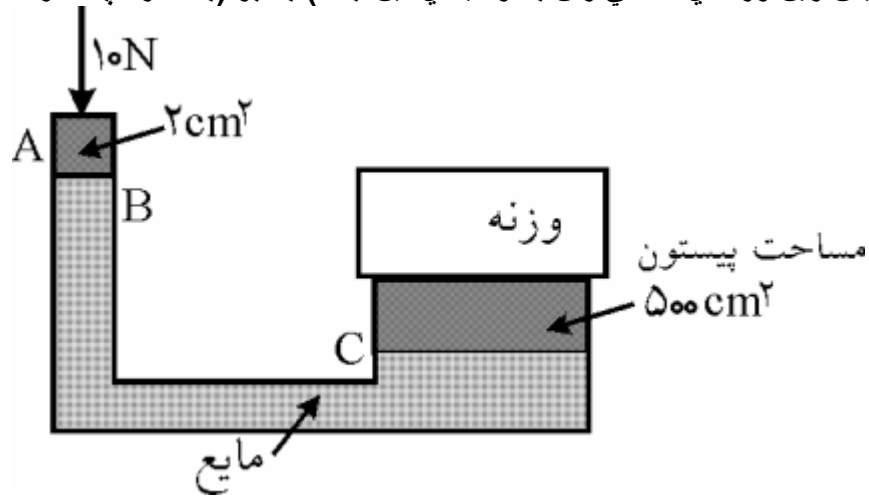


$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

بنابراین، اگر A_1 ، A_2 ، آن‌گاه F_1 ، F_2 علامت؟ به معنی خیلی بزرگ‌تر است؛ یعنی نیروی کوچک F_1 می‌تواند وزنه‌ای بزرگ روی پیستون با مساحت A_2 را تحمل کند. البته دیواره‌های محفظه باید چنان محکم باشند که بتوانند فشار زیادی را، بدون آن که شکسته شوند تحمل کنند.

- مثال: شکل ساده‌ی زیر یک جک هیدرولیکی است. پیستون‌ها بدون وزن و اصطکاک ناچیز است. نیروی 10 نیوتونی به پیستون A وارد می‌شود. به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
۱. چرا نیروی رو به پایین در A باعث بالا رفتن وزنه می‌شود؟
 ۲. افزایش فشاری که پیستون کوچک در قسمت B به مایع وارد می‌کند، چه قدر است؟
 ۳. افزایش فشار مایع در قسمت C به دیواره‌ی ظرف چه قدر است؟

۴. افزایش فشار مایع به پیستون بزرگ چه قدر است؟
 ۵. بیشترین وزنه‌ای که می‌توان به وسیله‌ی این جک (بلند کرد چه قدر است؟



پاسخ:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{10}{2 \times 10^{-4}} = 5 \times 10^4 \text{ Pa}$$

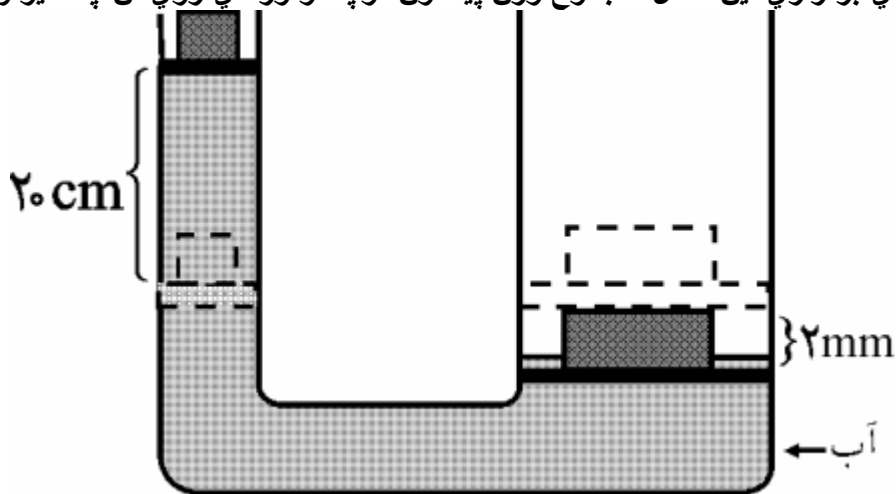
۱. نیروی 10 نیوتونی، افزایش فشاری برابر بر مایع زیر پیستون کوچک وارد می‌کند. بنابراین اصل پاسکال، این افزایش فشار عیناً به تمام قسمت‌های مایع از جمله قسمت C که پیستون بزرگ قرار دارد وارد شده و باعث بالا رفتن وزنه می‌شود.

2- $5 \times 10^4 \text{ Pa}$ 3- $5 \times 10^4 \text{ Pa}$ 4- $5 \times 10^4 \text{ Pa}$

5-

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow \frac{10}{2} = \frac{F_2}{500} \Rightarrow F_2 = 500 \times 5 = 2500 \text{ N}$$

مثال: در شکل زیر، وزن پیستون بزرگ و وزنه‌ی روی آن 200N است. اگر پیستون کوچک 20 سانتی‌متر پایین بیاید، پیستون بزرگ 2 میلی‌متر بالا می‌رود تا هم تراز راستای یکدیگر قرار گیرند. برای برقراری این تعادل، مجموع وزن پیستون کوچک و وزنه‌ی روی آن چند نیوتون است؟



پاسخ: از قانون پایستگی انرژی برای به دست آوردن جواب پرسش استفاده می‌کنیم. کار انجام شده توسط پیستون کوچک باید با انرژی کار مورد نیاز برای بالا بردن پیستون بزرگ برابر باشد. بنابراین داریم:

$$(F_1 \times d_1)_{\text{پیستون کوچک}} = (F_2 \times d_2)_{\text{پیستون بزرگ}} \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$\frac{F_1}{200} = \frac{2 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-2}} \Rightarrow F_1 = 2 \text{ N}$$

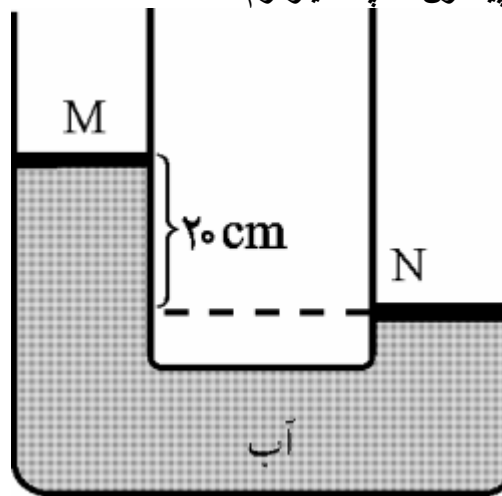
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$$

در بررسی بالابرهاي روغني دیدیم A_2 ؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

مثال: در شکل زیر، مساحت سطح مقطع هر پیستون، 50 cm^2 است. اگر جرم پیستون M برابر 2 kg باشد،

جرم پیستون N چند کیلوگرم است؟ $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$



پاسخ:

$$P_N = P_M + \rho_{\text{H}_2\text{O}}gh$$

$$\Rightarrow P_0 + \frac{W_N}{A} = P_0 + \frac{W_M}{A} + \rho_{\text{H}_2\text{O}}gh$$

$$\Rightarrow \frac{m_N g}{A} = \frac{m_M g}{A} + \rho_{\text{H}_2\text{O}}gh$$

$$\Rightarrow \frac{m_N}{50 \times 10^{-4}} = \frac{2}{50 \times 10^{-4}} + 1000 \times 20 \times 10^{-2}$$

$$\Rightarrow m_N = 3 \text{ kg}$$

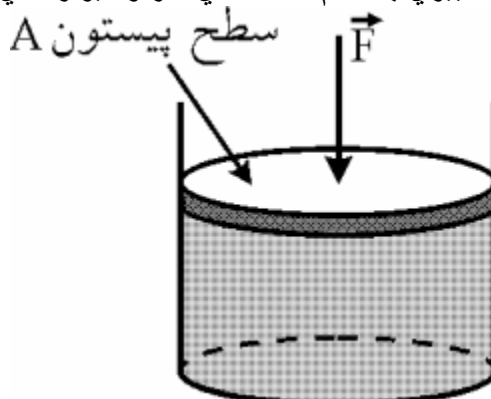
فشار در گازها

آیا تا به حال باد لاستیک ماشینی را خالی کرده‌اید؟

چرا هوای داخل لاستیک خارج می‌شود؟

می‌توان گفت: هوای داخل لاستیک فشاری دارد که از فشار هوای خارج بیشتر است. به همین دلیل باد خارج می‌شود

به شکل زیر توجه کنید. فشاری که نیروی F از طریق پیستون بر گاز زیر آن وارد می‌کند $(\frac{F}{A})$ ، طبق اصل پاسکال بدون هیچ تغییری به تمام قسمت‌های گاز و دیواره‌های ظرف منتقل می‌شود.

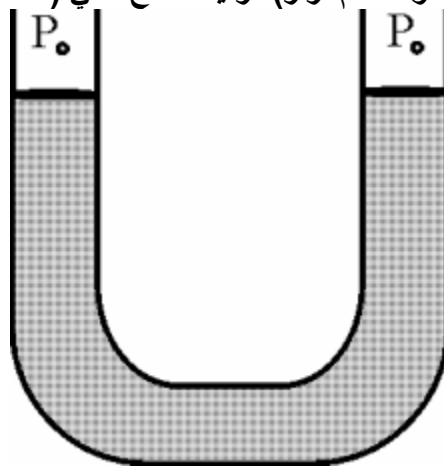


پیش‌تر گفته بودیم، به دلیل چگالی کم گازها، فشار ناشی از وزن آن‌ها در ارتفاع‌های کم ناچیز است.

بنابراین فشار گاز داخل ظرف از رابطه‌ی $P = \frac{F}{A} + P_0$ محاسبه می‌شود.

این فشار را می‌توان با استفاده از یک فشارسنج اندازه گرفت.

به شکل روبه‌رو توجه کنید. درون لوله‌ی U شکل می‌توان جیوه و یا هر مایع دیگری ریخت. سطح آزاد جیوه در دو طرف لوله، هم تراز (در یک سطح افقی) است. چرا؟ فکر کنید.

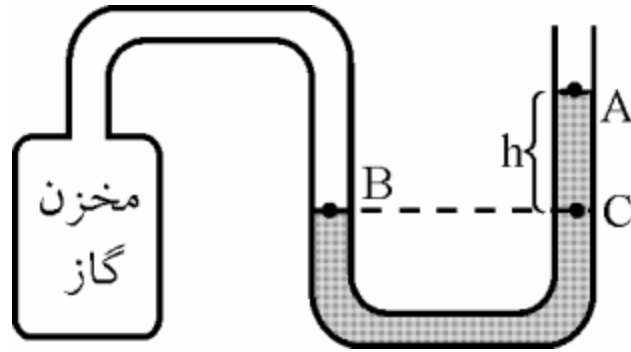


چون فشار وارد بر سطح آزاد مایع در دو طرف لوله یکسان و برابر فشار هواست.

حال، یک طرف لوله را به مخزن گازی که می‌خواهیم فشارش را اندازه بگیریم وصل می‌کنیم. مشاهده می‌شود که دیگر ارتفاع ستون جیوه در دو طرف لوله یکسان نیست. فشار در نقطه‌ی B یعنی فشار گاز

درون مخزن برابر P و فشار در نقطه‌ی A، همان فشار هوا و برابر P_0 است. فشار نقطه C با فشار

نقطه‌ی B برابر است؛ زیرا هم ترازند. بنابراین داریم:



$$P_B = P_C = P_0 + \rho_{Hg}gh$$

$$\Rightarrow P = P_0 + \rho_{Hg}gh \Rightarrow P - P_0 = \rho_{Hg}gh$$

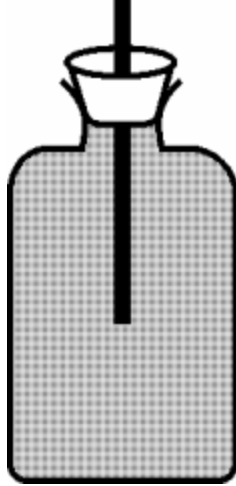
با اندازه گرفتن h می‌توان اختلاف فشار را به‌دست آورد.
 به این اختلاف فشار یعنی اختلاف فشار گاز درون مخزن و فشار هوا، فشار پیمانه‌ای می‌گویند.
 نکته:

این وسیله ظرف U شکل با مایع درون آن، یک فشارسنج است.

فشارسنج، فشار پیمانه‌ای را اندازه می‌گیرد.

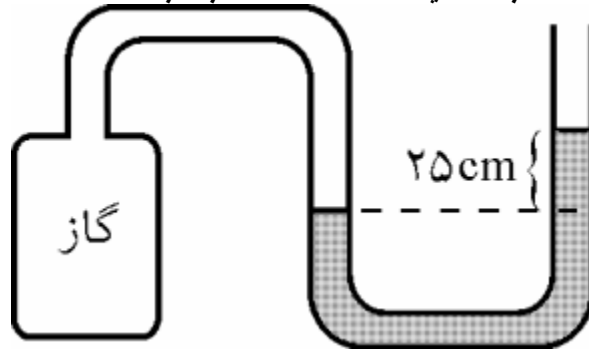


مثال: در شکل زیر، چرا نمی‌توان با مکیدن، مایع را نوشید؟



پاسخ: وقتی مایع را با یک نی می‌مکیم، فشار هوا به مایع وارد می‌شود و آن را در نی به بالا می‌راند. در بطری بسته است، بنابراین فشار هوا بر سطح مایع وارد نشده و مایع بالا نمی‌آید. اگر مایع را با شدت بمکیم، فکر می‌کنید مایع بالا بیاید؟

مثال: در شکل زیر، چگالی مایع فشارسنج، $2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ است. فشار گاز درون مخزن چند پاسکال است؟ فشار پیمانهای گاز درون مخزن چند پاسکال است؟



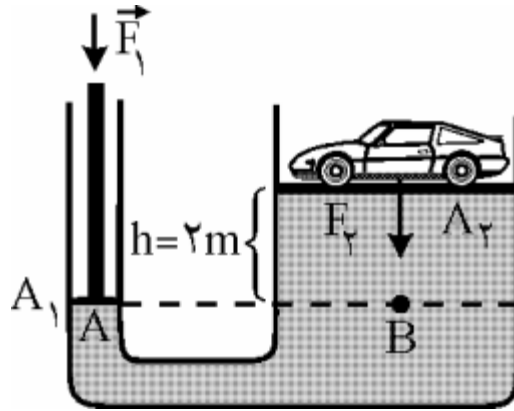
پاسخ:

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

$$P = P_0 + \rho gh = 10^5 + 2500 \times 10 \times \frac{40}{100} = 1.1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = \rho gh = 2500 \times 10 \times \frac{40}{100} = 10^4 \text{ Pa} \quad \text{گاز پیمانهای فشار}$$

مثال: با توجه به شکل زیر، بالابر هیدرولیکی می‌تواند ماشینی به جرم 2000 kg را توسط نیروی $F_1 = 784 \text{ N}$ ، دو متر بالا ببرد. اگر مساحت سطح پیستون کوچک $3/14 \text{ cm}^2$ و مساحت سطح پیستون بزرگ $87/5 \text{ cm}^2$ باشد، فشار پیمانهای فشار ناشی از ستونی از روغن به ارتفاع 2 متر که در زیر پیستون بزرگتر واقع است چند پاسکال است؟ جرم پیستون‌ها ناچیز است.



پاسخ:

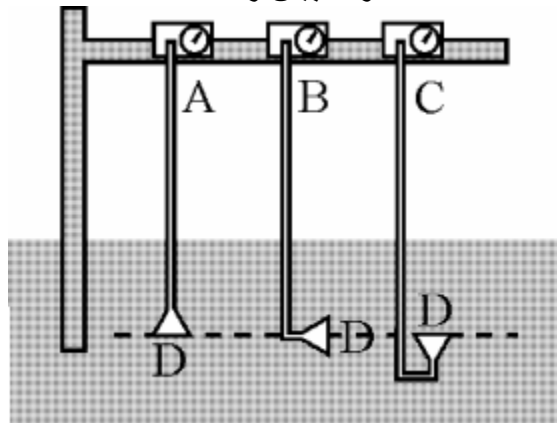
$$P_A = \frac{F_1}{A_1} + P_0 = P_B = \frac{F_2}{A_2} + \rho_{\text{روغن}} gh + P_0$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{روغن}} gh = P_{\text{فشار پیمانه ای}} = \frac{F_1}{A_1} - \frac{F_2}{A_2}$$

$$P = \frac{784}{3/14 \times 10^{-4}} - \frac{2000 \times 10}{87/5 \times 10^{-4}}$$

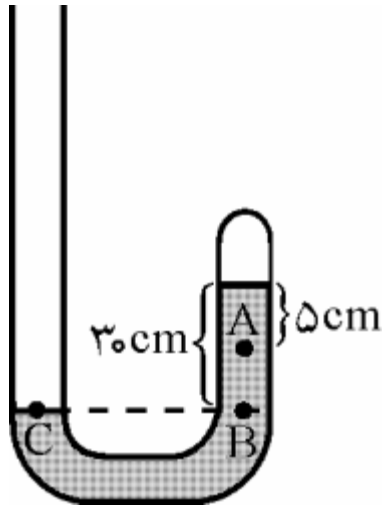
$$; 2/5 \times 10^6 - 2/28 \times 10^6 = 2/2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

مثال: شکل زیر، سه فشارسنج که در یک عمق از سطح آزاد آب قرار دارند را نشان می‌دهد. هر یک از آن‌ها فشاری را اندازه می‌گیرد که بر پوسته کوچک D وارد می‌شود. فشار کدامیک از فشارسنج‌های A، B و C بیش‌تر است؟



پاسخ: بیش‌تر گفتیم نقطه‌های هم عمق در تمام جهت‌ها فشار یکسان دارند. بنابراین با توجه به کوچک بودن سطح پوسته‌ی D، سمت‌گیری پوسته تغییری در فشار، در عمق یکسان از سطح آزاد آب به‌وجود نمی‌آورد.

مثال: در شکل زیر فشار نقطه‌ی A چند سانتی‌متر جیوه است؟ فشار هوای بیرون 75 سانتی‌متر جیوه و مایع درون ظرف، جیوه است.



پاسخ: دقت کنید نقطه‌ی هم‌تراز A، در شاخه‌ی سمت چپ درون مایع قرار نمی‌گیرد. بنابراین نمی‌توان فشار این دو نقطه‌ی هم‌تراز را، یکی گرفت. فقط وقتی مایع‌ها از یک جنس باشند، نقاط هم‌تراز هم‌فشارند.

فشار در سطح آزاد جیوه در شاخه‌ی سمت چپ در نقطه‌ی C که همان فشار هوا است با فشار نقطه‌ی هم‌تراز با آن در لوله‌ی سمت راست نقطه‌ی B یکسان است. بنابراین داریم:

$$P_C = P_B \Rightarrow P_{\text{هوا}} = P' + \rho_{\text{Hg}}gh$$

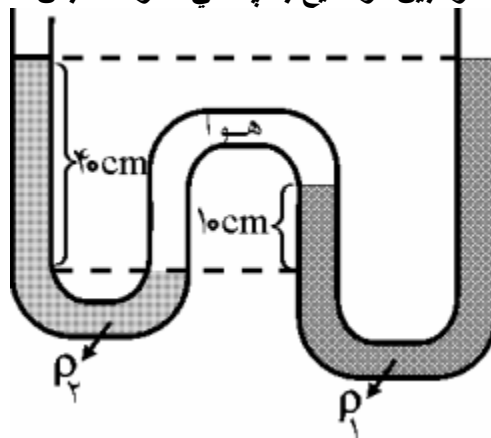
بر حسب cmHg، رابطه‌ی بالا به صورت زیر خواهد بود:

$$75 = P' + 30 \Rightarrow P' = 45 \text{ cmHg}$$

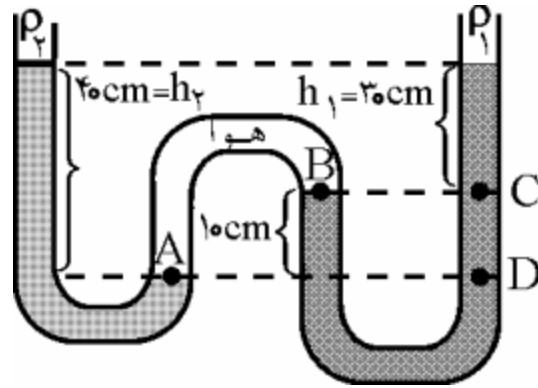
$$P_A = P' + \rho_{\text{Hg}}gh \Rightarrow P_A = 45 + 5 = 50 \text{ cmHg}$$

P2

مثال: در شکل زیر، مقداری هوا بین دو مایع با چگالی ρ_1 و ρ_2 حبس است. نسبت ρ_1 چه قدر است؟



پاسخ: فشاری که هوای مابین دو مایع بر سطح آن‌ها وارد می‌کند یکسان است.



$$P_A = P_B = P_{\text{هوای محبوس}} \quad , \quad P_B = P_C \Rightarrow P_A = P_C$$

بنابراین داریم:

$$\rho_2 g h_2 = \rho_1 g h_1 \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{h_1}{h_2} = \frac{30}{40} \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{3}{4}$$

پرسش: نقطه‌ی D درون مایع ρ_1 که هم‌تراز نقطه‌ی A است را در نظر بگیرید. آیا فشار در نقطه‌ی A برابر فشار در نقطه‌ی D است؟ دلیل بیاورید.