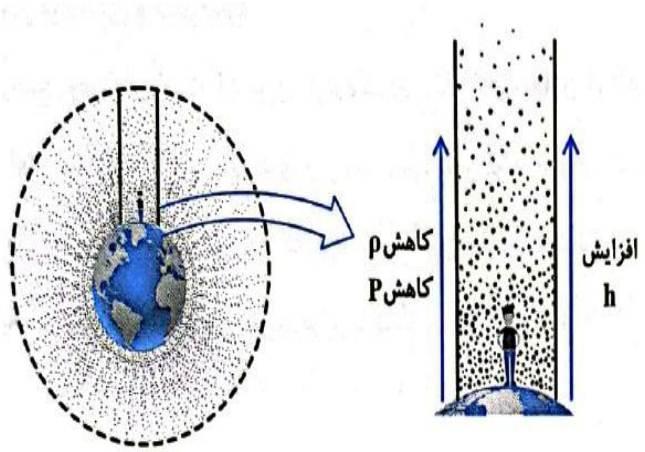
درس‌نامه

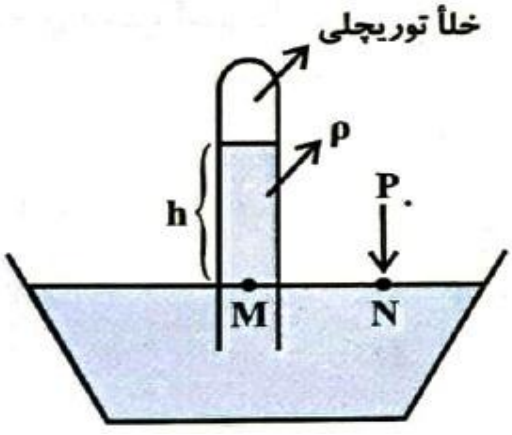
فشار هوا



اگر نیروی گرانش زمین بر چگالی و فشار هوا: نیروی جاذبه (گرانش) زمین، باعث نگهداری هوا در اطراف خود و تشکیل جو می‌شود که تا حدود ۱۵km از سطح زمین ادامه دارد. فشار هوا در هر نقطه از سطح زمین به دلیل وزن ستون هوای بالای آن نقطه است (هوا را می‌توان به یک اقیانوسی از شاره تشبیه کرد.)

تغییرات g و p در اطراف زمین، نیروی جاذبه و شتاب گرانش زمین (g) با دور شدن از سطح زمین (افزایش ارتفاع) کاهش می یابد در نتیجه، چگالی و فشار هوا نیز کاهش می‌یابد. (لایه‌های زیرین هوا نسبت به لایه‌های بالاتر، متراکم‌تر هستند.)

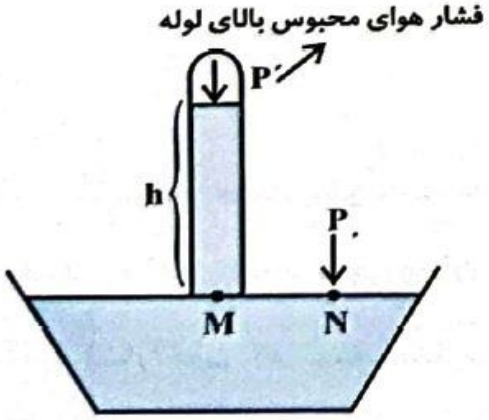
• آزمایش توریچلی



آزمایش توریچلی (نحوه کار بارومتر): توریچلی یک لوله‌آزمایش حدود یک متر را پر از جیوه کرد و درحالی‌که با انگشتش دهانه لوله را بسته بود، آن را به طور وارونه وارد تشت پر از جیوه کرد. پس از مدتی جیوه در لوله کمی پایین آمده و در ارتفاع معینی ثابت ماند. او چنین استدلال کرد. عاملی که باعث شد تا جیوه در این ارتفاع ثابت بماند، فشار هوای محیط است. باتوجه‌به یکسان بودن فشار در نقاط هم تراز M و N در شکل روبه‌رو می‌توان نوشت:

$$P_M = P_N = P_\circ = pgh$$

این ارتفاع در نقاط هم سطح دریا معادل ۷۶ cm جیوه است (معادل فشار هوا). در این نقاط اگر به جـای جیوه، هر مایع دیگری در لوله ریخته می‌شد، این اتفاق می‌افتاد. به‌طوری‌که فشار حاصل از ارتفاع سـتون مایع در لوله، برابر فشار هوا شود. مثلاً در این آزمایش، اگر به‌جای جیوه از آب استفاده می‌شد، بـه لولـه تقریباً ۱۰ متری نیاز بود.



- **نکته؛** در این آزمایش فشار فضای بالای لوله تقریباً صفر است (خلأ نسبی توریچلی). ارتفاع ستون مایع در داخل لوله، برای یک مایع معین به نحوه قرارگرفتن لوله، سطح مقطع لوله و شکل لوله بستگی ندارد و ارتفاع یکسان خواهد بود.

اگر در فضای بالای لوله هوا وجود داشته باشد ۲ حالت خواهیم داشت

حالت (۱): فشار هوای محیط بیشتر از فشار هوای محبوس در بالای ستون مایع اسـت. در ایـن حالـت مقداری از مایع در لوله به بالا رانده شده و در ارتفاع بالاتری از سطح آزاد مایع درون ظرف بـه تعـادل می‌رسد.

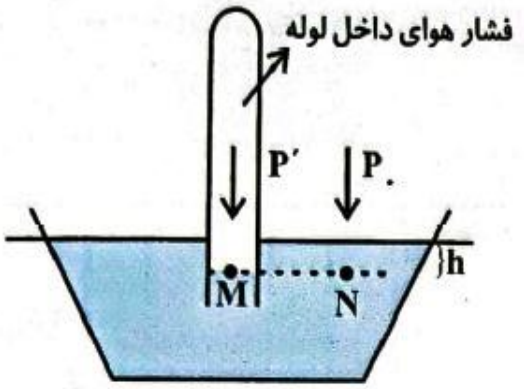
$$P_N = P_M$$

$$P_o = P' + P_{\text{مایع}}$$

$$P' < P_o$$

حالت (۲): فشار هوای محیط کـم تـر از فشـار هـوای محبـوس در بـالای سـتون مـایع اسـت. در ایـن حالت فشار هوای حـبس شـده، مـایع درون لولـه را بـه پـایین رانـده و مـایع درون لولـه، پـایین تـر از سطح آزاد درون ظرف، به تعادل می‌رسد.

▪ **نکته**: اگر فشار بر حسب سانتی‌متر جیوه خواسته شود، باید h_{Hg} فشار ستون مایع به ارتفاع h از رابطه ($ph = P_{Hg}\, h_{Hg}$) برحسب سانتی‌متر جیوه محاسبه گردد.



$P_N = P_M$

$P_o + P_{\text{مایع}} = P'$

$P' > P_o$

• فشار پیمانه‌ای و فشارسنج

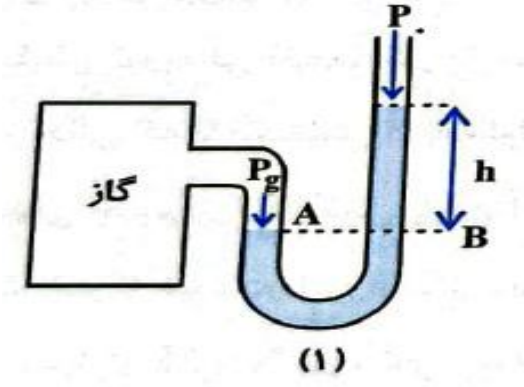
فشارسنج، وسیله‌ای است که برای اندازه‌گیری فشار گاز مخازن استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری فشار داخل یک محفظه، آن را به یک لوله U شکل مطابق شکل‌های زیر وصل می‌کنیم. لوله، حاوی یک مایع (معمولاً جیوه) با چگالی p است. اختلاف فشار هوا و فشار گاز داخل محفظه باعث می‌شود که مایع در دو طرف لوله U شکل در یک سطح قرار نگیرد. این اختلاف فشار (بین مخزن گاز و هوا) که به آن فشار پیمانه‌ای می‌گوییم، برابر با فشار حاصل از ارتفاع h مایع است. ($\Delta P = P - P_o = pgh$)

$P_A = P_B$

$\Rightarrow P_g = pgh + P_o$

فشار پیمانهای گاز $P = \Delta P = P_g - P_o = pgh$

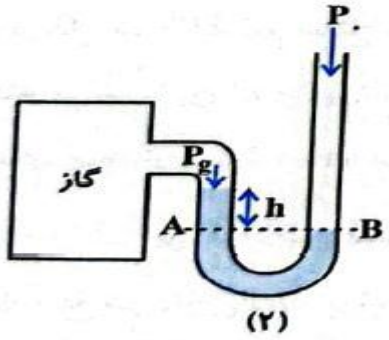
▪ **نکته ۱**: اگر فشار مخزن گاز بیشتر از فشار هوای محیط باشد، مایع درون لوله مطابق شکل (۱) خواهد بود. در این صورت فشار پیمانه‌ای مثبت است.



$\Delta P = + pgh$

$P_{\text{پیمانه ای}} = + pgh$

▪ **نکته ۲**: اگر فشار مخزن گاز کم‌تر از فشار هوای محیط باشد، مایع مطابق شکل (۲) به تعادل خواهد رسید. در این صورت، فشار پیمانه‌ای منفی است.



$\Delta P = -pgh$

$P_{\text{پیمانه‌ای}} = -pgh$

▪ **نکته ۳**: در هر حالت برای محاسبه فشار مخزن گاز داریم $\Delta P = P_g - P_o \Rightarrow P = P_o + \Delta P$

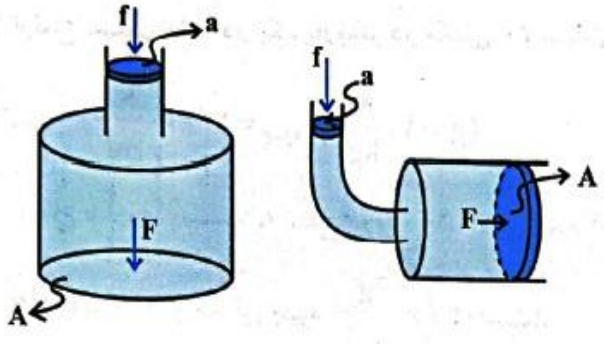
دقت کنید که ΔP با علامت جبری آن جایگذاری می‌شود.

▪ نکته: فشارخون که توسط فشارسنج پزشکی و فشار هوای درون لاستیک خودرو که اندازه‌گیری می‌شود، همان فشار پیمانه‌ای (اختلاف فشارخون یا هوای درون لاستیک با فشار هوا) است.

▪ نکته: psi و bar یکاهای دیگر فشار هستند که در صنعت به کار می‌روند و داریم

$1\text{bar} = 10^5\ \text{Pa} = 1\ \text{atm}$ و $1\text{psi} = 6890\ \text{Pa}$

• اصل پاسکال و بالابر هیدرولیکی



طبق اصل پاسکال

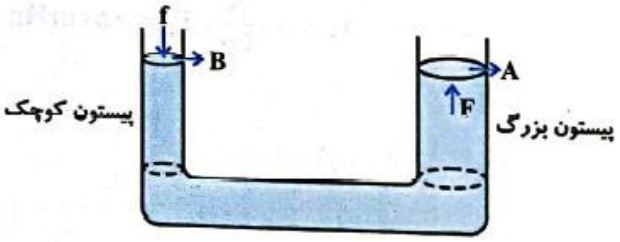
۱- افزایش فشار وارد بر مایع محصور در یک نقطه بدون کاهش یافتن به تمام قسمت‌های مایع و دیواره‌های طرف منتقل می‌شود.

۲- اگر به سطح معینی از مایع نیرو وارد شود، فشار اضافه شده به مایع، به قسمت‌ها و سطح‌های دیگر آن و به طور یکسان منتقل می‌شود؛ بنابراین اختلاف فشار بین دو نقطه معین در یک مایع، در حال تعادل مقدار ثابتی است.

$\Delta P_a = \Delta P_A \Rightarrow \frac{f}{a} = \frac{F}{A}$

a

بالابر هیدرولیکی



بالابر هیدرولیکی، دستگاهی است که بر اساس اصل پاسکال کار می‌کند و برای افزایش نیرو به کار می‌رود.

در این دستگاه وقتی بر سطح کوچک a نیروی f وارد می‌شود، فشاری معادل $P = \frac{f}{a}$ به ما تحمیل می شود که عینا بر سطح بزرگ A منتقل می شود $P' = \frac{F}{A}$ بنابران خواهیم داشت

$$P = P' \Rightarrow \frac{f}{a} = \frac{F}{A}$$

به عبارتی با اعمال نیروی کوچک f می‌توان نیروی بزرگ F را به دست آورد. اگر شعاع پیستون بزرگ و کوچک به ترتیب R و r باشد

$$\frac{F}{f} = \frac{A}{a} = \left(\frac{R}{r}\right)^2$$

باتوجه‌به این که $a = \pi r^2$ و $A = \pi R^2$ است، خواهیم داشت

از طرفی چون حجم مایع جابه‌جاشده در دو طرف برابر است، خواهیم داشت

$$V_1 = V_2 \Rightarrow a.h = AH \Rightarrow \frac{A}{a} = \frac{h}{H}$$

در نهایت می‌توان نوشت:

$$\frac{F}{f} = \frac{A}{a} = \left(\frac{R}{r}\right)^2 = \frac{h}{H}$$