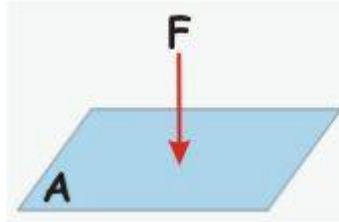


## فشار

### فشار

مقدار نیرویی است که به طور عمود بر واحد سطح وارد می شود.



### عوامل موثر بر فشار:

#### (۱) مقدار نیرو:

فشار با نیروی وارده بر سطح رابطه مستقیم دارد یعنی هر چه نیروی بیشتر باشد فشار بیشتر است. یکای اندازه گیری نیرو، نیوتن (N) بوده و با حرف F نمایش داده می شود.



#### (۲) مساحت سطح:

مقدار فشار با مساحت سطح رابطه عکس دارد یعنی هر چه سطح بزرگتر باشد، مقدار فشار کم تر است و بر عکس. یکای اندازه گیری مساحت، سانتی متر مربع ( $\text{cm}^2$ ) یا متر مربع ( $\text{m}^2$ ) است و با حرف A نمایش داده می شود.



برای محاسبه فشار از فرمول زیر استفاده می شود:

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{یا} \quad \text{فشار} = \frac{\text{مقدار نیرو}}{\text{مساحت سطح}}$$

با توجه به فرمول بالا، یکای اندازه گیری فشار عبارتند از:

(۱) نیوتن بر سانتی متر مربع  $(N/cm^2)$  = اگر مقدار نیرو بر حسب نیوتن و مساحت سطح بر حسب  $cm^2$  باشد، فشار بر حسب  $(N/cm^2)$  محاسبه می شود.

(۲) پاسکال یا نیوتن بر مترمربع  $(N/m^2)$  = اگر مقدار نیرو بر حسب نیوتن و مساحت سطح بر حسب  $m^2$

باشد فشار بر حسب  $N/m^2$  سنجیده می شود.

$$1 \frac{N}{cm^2} = 10000 \frac{N}{m^2}$$

یکاهای دیگر فشار عبارتند از: اتمسفر (atm) - میلی متر جیوه (mmHg) - سانتی متر جیوه (CmHg) بار (bar)

$$1 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ pa}$$

**مثال:** وزن پسر ۷۰۰ نیوتن است. سطح کف هر دو کفش او  $250 \text{ cm}^2$  است. فشاری که این پسر بر سطح زمین وارد می کند چند پاسکال است؟

**نکته:** برای آنکه سانتی متر مربع را به متر مربع تبدیل کنیم فقط کافی است عدد مورد نظر را در  $10^{-4}$  ضرب کنیم.

$$250 \text{ cm}^2 \times 10^{-4} = 0.025 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{700}{0.025} \text{ pa}$$

**نکته:** اگر راستای نیروی  $F$  بر راستای عمود بر سطح زاویه  $\theta$  (تتا) بسازد، فشار از رابطه ای زیر به دست می آید.

$$P = \frac{F}{A} \cos \theta$$

### فشار مایعات:

مایع موجود در یک ظرف نیز به خاطر وزن خود بر بدنه ی ظرف فشار وارد می آورد.

### فشار مایعات به عوامل زیر بستگی دارد:

#### ۱- چگالی (جرم حجمی):

فشار با چگالی مایع رابطه ی مستقیم دارد، یعنی هر چه چگالی مایع بیش تر باشد فشار آن نیز بیش تر است. جرم واحد حجم از هر جسم را چگالی آن می نامند.

- جرم با نماد  $m$  نمایش داده شده و بایکای کیلوگرم (kg) و یا گرم (g) اندازه گیری می شود.

- حجم با نماد  $V$  نمایش داده می شود و با یکای متر مکعب  $(m^3)$  و یا سانتی متر مکعب  $(\text{Cm}^3)$  اندازه گیری می شود.

- چگالی با نماد  $\rho$  نمایش داده شده و با یکای کیلو گرم بر متر مکعب  $(\text{kg}/m^3)$  و یا گرم بر سانتی متر مکعب  $(\text{g}/\text{Cm}^3)$  اندازه گیری می شود.

#### چگالی از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{یا} \quad \text{چگالی} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}}$$

**توجه:** برای آنکه  $\text{g}/\text{Cm}^3$  به  $\text{kg}/m^3$  و یا برعکس تبدیل کنیم به صورت زیر عمل می کنیم.

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

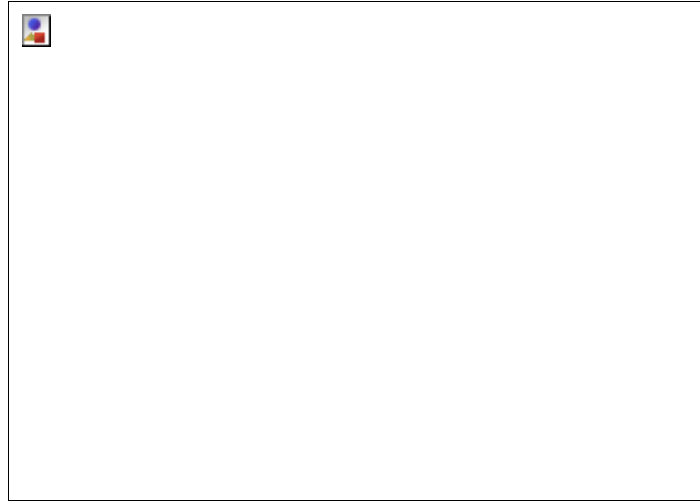
$$\frac{kg}{m^3} \div 1000 = \frac{g}{cm^3}$$

## ۲- شتاب جاذبه (g):

فشار درون مایع با نیروی جاذبه ای که در آن قسمت بر مایع وارد می شود رابطه ی مستقیم دارد.

## ۳- عمق یا ارتفاع مایع (h):

هر چه عمق یا ارتفاع مایع بیشتر باشد فشار آن نیز بیش تر است.



رابطه ی فشار در درون مایعات به صورت زیر محاسبه می شود.

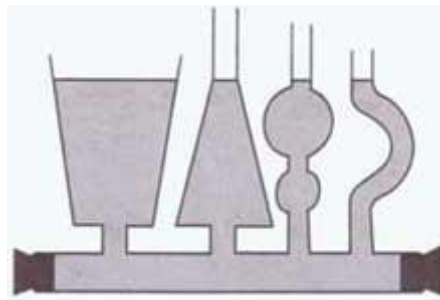
**ارتفاع × شتاب جاذبه × چگالی = فشار در درون مایعات**

$$P = h \cdot g \cdot \rho$$

**توجه:** اگر در بالای مایع هوا وجود داشته باشد، به سطح آزاد مایع نیرو وارد می کند در نتیجه فشار حاصل از آن، که همان فشار هوا است، را نیز باید در رابطه بالا منظور کنیم این فشار را فشار کل یا فشار مطلق در عمق h از سطح مایع می گویند.

$$P = \rho gh + p_0$$

**نکته ۱:** مقدار فشار آب در هر لوله، فقط به ارتفاع آب بستگی دارد و به مقدار کلی آب در لوله و سطح قاعده ی آن بستگی ندارد.

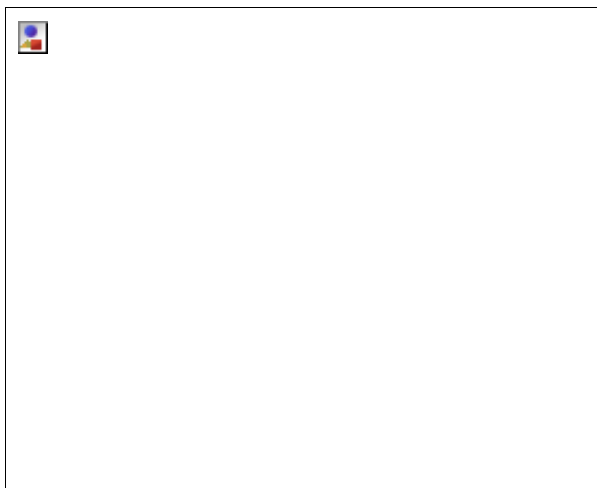


در این شکل اگر چه شکل لوله ها با یکدیگر متفاوت است ولی فشار در ته همه لوله ها یکسان است. اگر فشار آب در يك لوله با لوله های دیگر متفاوت بود، آب در لوله ها به حرکت در می آمد تا فشار در همه جا مساوی شود.

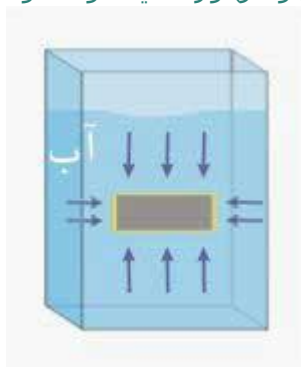
**نکته ۲:** به مایع و گازها که روان هستند شاره می گویند. شاره ها در همه جهت ها به طور یکسان فشار وارد می آورند.

شناگران و غواصان وقتی در آب فرو می روند فشار آب را نه تنها بر پشت بلکه بر سینه خود نیز احساس

می کنند.



**نکته ۳:** فشاری که از طرف شاره (مایع و گاز) وارد می شود عمود بر سطح آن است.

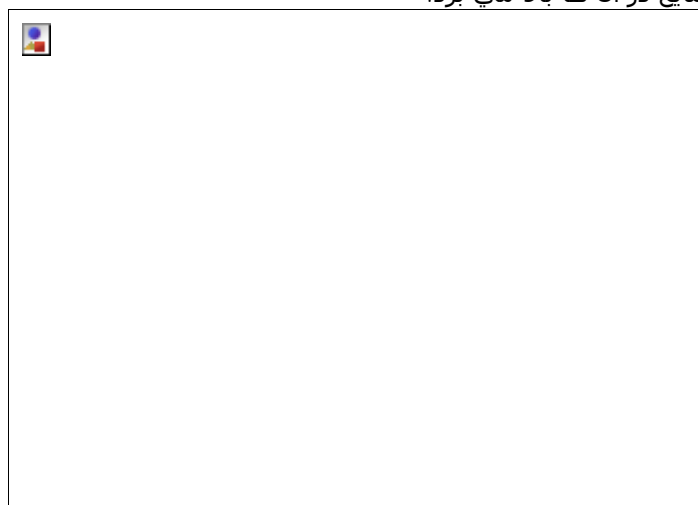


**نکته ۴:** وقتی نیرویی از خارج بر شاره وارد می شود، فشار اضافی در داخل آن ایجاد شده و فشار در تمام جهات به تمام قسمت های مایع و دیواره ظرف منتقل می شود.

#### اصل پاسکال:

فشار وارد بر مایع محصور بدون کاهش به تمام قسمت های مایع و دیواره های ظرف منتقل می شود. از کاربردهای مهم اصل پاسکال، بالابر هیدرولیکی، ترمزهای روغنی، منگنه آبی و ... است.

در شکل مقابل با وارد کردن نیروی  $F$  به قسمتی از مایع در ظرف محصور، نیروی  $F$  به شاخه های اطراف ظرف منتقل شده و مایع در آن ها بالا می برد.



**توجه:** مایعات به آسانی متراکم نمی شوند یعنی حجم آن ها را نمی توان کم کرد به همین دلیل فشار را منتقل می کنند.

### بالا بر هیدرولیکی:

این دستگاه براساس اصل پاسکال ساخته شده است که از دو طرف استوانه ای با دهانه های بزرگ و کوچک ساخته شده و با لوله ی باریکی به یکدیگر مربوط می شوند. داخل هر استوانه یک پیستون متحرک قرار دارد و فضای داخل ظرف از مایعی پر شده است. هرگاه بر پیستون کوچک نیروی کوچک ( $F_1$ ) وارد می شود باعث به وجود آمدن نیروی بزرگ ( $F_2$ ) بر سطح بزرگتر می شود. فشار حاصل از این دو نیرو با یکدیگر برابر هستند.

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

بر طبق این رابطه اگر  $A_2$  خیلی بزرگتر از  $A_1$  باشد،  $F_2$  نیز باید بسیار بزرگتر از  $F_1$  باشد، در نتیجه می توان اجسام سنگین را با نیروی کمی بالا برد.



**مثال:** در یک دستگاه منگنه آبی هنگامی که پیستون ها آزاد هستند. اگر پیستون کوچک را ۴۰ cm پایین ببریم پیستون بزرگ ۴/۰۱ cm بالا می رود. مزیت مکانیکی این دستگاه چقدر است؟

**توجه:** فشار مایع در زیر دو پیستون برابر است یعنی  $p_1 = p_2$  بنا بر این می توان نوشت:

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

نسبت  $\frac{A}{a}$  مزیت مکانیکی منگنه آبی است. اگر شعاع قاعده پیستون ها را  $r$  و  $R$  فرض کنیم، داریم:

$$A = \pi R^2, \quad a = \pi r^2 \quad \frac{F}{f} = \frac{\pi R^2}{\pi r^2} \quad \frac{F}{f} = \frac{R^2}{r^2}$$

اگر پیستون کوچک به اندازه  $h$  پایین برود از حجم مایع پیستون کوچک به اندازه  $ah$  کاسته شده و به همین اندازه به طرف دیگر اضافه شده است. بنابراین پیستون بزرگ به اندازه  $H$  بالا می آید. بنا بر این می توانیم بنویسیم

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

مزیت مکانیکی منگنه آبی برابر است با:

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

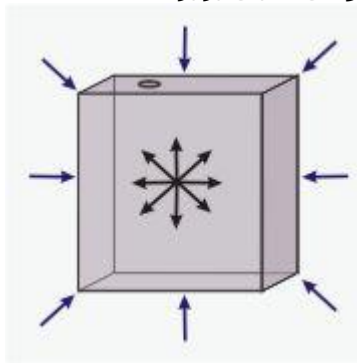
پاسخ:

$$\begin{aligned} h &= 40 \text{ cm} & \text{مزیت مکانیکی} &= \frac{h}{H} = \frac{40}{0.4} = 100 \\ H &= 0.4 \text{ cm} \\ A &= ? \end{aligned}$$

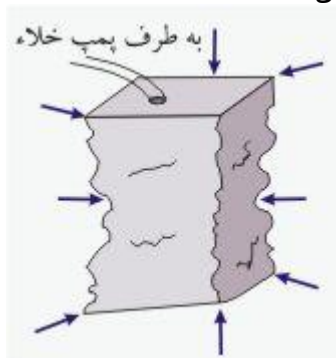
**فشار هوا**

می دانید اطراف زمین را اقیانوسی از هوا گرفته است که اتمسفر یا جو نامیده می شود، این توده عظیم هوا به علت وزنی که دارد بر سطح زمین و هر چه روی آن است فشار وارد می کند. ما فشار هوا را احساس نمی کنیم، زیرا این فشار در همه جهت ها بر درون و بیرون بدن ما وارد می شود.

الف) فشار هوای درون و بیرون این قوطی حلبی برابر است.



ب) قوطی پس از تخلیه هوای درون آن.



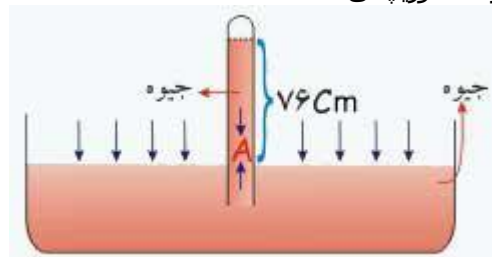
اگر فشار هوا از سطح بدن برداشته شود، فشار خون در رگها ممکن است رگ و پوست را پاره کند، به همین دلیل در خارج از جو فضانوردان ناگزیرند لباس های ویژه ای بپوشند که درون فضاهای بسته آن فشار ساختگی وجود داشته باشد.

**توجه:** هر چه از سطح زمین به طرف بالا می رویم، فشار هوا کمتر می شود، فشار هوا تقریباً به ازای هر ۱۰ متر یک میلی متر جیوه کاهش می یابد.

برای اندازه گیری هوا از دستگاهی به نام فشارسنج یا بارومتر جیوه ای استفاده می شود.

به این ترتیب که لوله ای به طول یک متر که سر آن بسته است را پر از جیوه کرده و به صورت واژگون درون جیوه یک ظرف فرو می بریم، آن گاه جیوه درون لوله تا آنجا پایین می آید که فشار ناشی از وزن ستون جیوه برابر فشار هوا شود. اگر این آزمایش در سطح دریای آزاد انجام شود، ارتفاع ستون جیوه ۷۶ سانتی متر خواهد بود ولی اگر در محلی که بالاتر از سطح دریای آزاد قرار دارد انجام شود، ارتفاع ستون جیوه کمتر خواهد شد.

چون ارتفاع ستون جیوه به فشار هوا بستگی دارد پس معیار خوبی برای اندازه گیری فشار هوا است. این فشارسنج نخستین بار توسط توریچلی ساخته شده است.



اگر چگالی جیوه  $13600 \text{ kg/m}^3$  و شتاب جاذبه  $\frac{9.81}{1000}$  و ارتفاع ستون جیوه در سطح دریای آزاد برابر ۷۶ سانتی متر باشد، فشار که ستون جیوه در سطح A ایجاد می کند از رابطه زیر به دست می آید.

$$P = \rho gh$$

$$P = 12600 \times 9/81 \times 0/76 = 1/01 \times 10^5 \text{ pa} = 10^5 \text{ pa}$$

این فشار يك اتمسفر (atm) نامیده مي شود.

در نتیجه فشار هوا در سطح درياي آزاد برابر  $10^5$  پاسکال يا يك اتمسفر است. گاهی اوقات به جای محاسبه  $\rho gh$  فشار را بر حسب ارتفاع ستون جيوه بيان مي کنند. بنابراین فشار هوا در سطح درياي آزاد برابر  $76\text{cmHg}$  (سانتي متر جيوه) و يا  $760\text{mmHg}$  (ميلي متر جيوه) است.

**مثال:** شهر تهران به طور متوسط در ارتفاع  $1400$  متری از سطح آزاد دريا قرار دارد، فشار هوا در آن چند ميلي متر جيوه و چند پاسکال است.  
**پاسخ:** مي دانيم که به ازاي هر  $10$  متر يك ميلي متر جيوه از فشار هوا کم مي شود.

|  |   |
|--|---|
| $\uparrow 10 \text{ m}$<br>افزایش ارتفاع<br>$1400$                         | $\downarrow 1 \text{ mmHg}$<br>کاهش فشار<br>$x$ |
| $\frac{1400 \times 1}{10} = 140 \text{ mmHg}$ کاهش فشار $140 \text{ mmHg}$ |   |

يعني فشار هوا در تهران  $140$  ميلي متر جيوه از فشار هوا در سطح آزاد دريا کم تر است پس  
 $760 - 140 = 620 \text{ mmHg}$   
 براي آنکه فشار را به پاسکال تبديل کنيم از فرمول زیر استفاده کنيم.

$$\rho = 12600$$

$$g = 9/8$$

$$h = 620 \text{ mm} = 0/62 \text{ m}$$

$$p = \rho gh$$

$$p = 12600 \times 9/8 \times 0/62 = 82633 \text{ pa}$$

### فشار گازها

وقتي در يك محيط بسته، مقداري گاز وارد کنيم، مولکول هاي گاز که پيوسته در حال حرکت و جنبش هستند دائماً به ديواره هاي ظرف برخورد مي کند، برخورد هر مولکول با ديواره ي ظرف، نيروي بر ديواره وارد مي کند، به عبارت ديگر، مي توان گفت که عامل ايجاد فشار يك گاز بر ديواره هاي ظرف آن، ضربه هاي متوالي مولکول هاي گاز به ديواره است.

### فشار گازها در يك محيط بسته به عوامل زیر بستگی دارد:

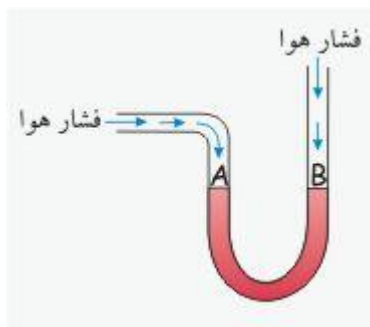
#### (1) تعداد مولکولهاي گاز درون ظرف:

هر چه مقدار گازی که به يك ظرف در بسته وارد مي کنيم بيش تر باشد، فشار گاز درون آن ظرف بيش تر مي شود، زیرا با افزایش تعداد مولکول ها، تعداد برخورد آن ها با ديواره ي ظرف افزایش مي يابد.

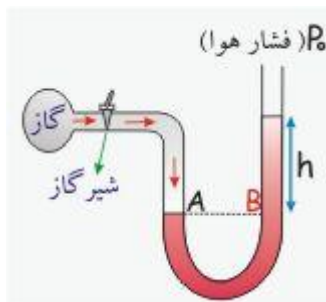
#### (2) جنبش و حرکت مولکول هاي گاز:

هر چه دماي گاز بيش تر باشد، انرژی جنبشي مولکول هاي گاز بيش تر شده و فشار آن افزایش پيدا مي کند.

براي اندازه گيري فشار گازها از فشارسنج گازی يا مانومتر استفاده مي کنند. براي اندازه گيري فشار مخزن گازی که فشار آن از فشار هوا بيش تر است، از لوله u شکل ساده اي استفاده مي شود که درون آن جيوه با يك مایع رنگي با چگالي معين ريخته شده است.



در ابتدا چون فشار هوا در هر دو طرف لوله U شکل برابر است پس فشار در نقاط A و B برابر است.

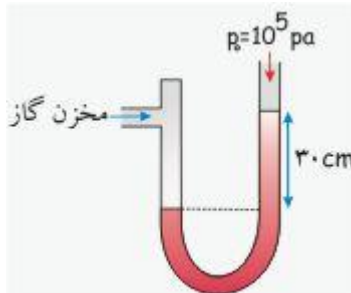


با باز شدن شیر گاز و ورود آن به شاخه A در اثر فشار گاز، مایع داخل لوله از شاخه دیگر (B) بالا می رود. اختلاف فشار هوا و فشار گاز داخل محفظه باعث می شود که مایع از دو طرف لوله U شکل در یک سطح قرار نگیرند، بنابراین از اختلاف ارتفاع در لوله می توان اختلاف فشار را به دست آورد. فشار در نقاط A و B برابر است زیرا درون یک مایع و هم سطح هستند. فشار در نقطه B برابر است با مجموع فشار ستون مایع به ارتفاع h و فشار وارد از طرف هوا پس

$$P_A = P_B \rightarrow P = pgh + p_0 \rightarrow p - p_0 = pgh$$

به این ترتیب فقط با اندازه گیری h و داشتن  $p_0$  (فشار هوا در محل) می توان فشار گاز داخل مخزن P را اندازه گیری کرد. مقدار  $pgh$  (یعنی فزونی فشار مخزن نسبت به فشار جو) را فشار پیمانه ای می نامند. در اندازه گیری فشار خون و یا فشار هوا داخل لاستیک های اتومبیل فشار پیمانه ای اندازه گیری می شود.

**مثال:** در شکل مقابل فشارسنجی را نشان می دهد که حاوی مایعی به چگالی  $500 \text{ kg/m}^3$  است. این فشارسنج به مخزن گاز آزمایشگاه متصل شده و شیر مخزن گاز باز است. اختلاف ارتفاع بین سطح مایع در دو لوله برابر  $30 \text{ cm}$  است. فشار مخزن گاز چند پاسکال است.



فشار هوا + فشار ستون مایع - فشار گاز

$$p = pgh + p_0$$

$$p = 500 \times 10 \times 30 + 10^5$$

$$p = 1500 + 10^5$$

$$p = 101500 \text{ pa}$$