

## فشار

### فشار:

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

### عوامل مؤثر بر فشار:

#### (۱) مقدار نیرو:

فشار با نیروی وارده بر سطح رابطه مستقیم دارد یعنی هر چه نیرو بیشتر باشد فشار بیشتر است.

یکای اندازه‌گیری نیرو، نیوتن (N) بوده و با حرف **F** نمایش داده می‌شود.

#### (۲) مساحت سطح:

مقدار فشار با مساحت سطح رابطه عکس دارد یعنی هر چه سطح بزرگتر باشد، مقدار فشار کم‌تر است و بر عکس. یکای اندازه‌گیری

مساحت، سانتی‌متر مربع ( $cm^2$ ) یا متر مربع ( $m^2$ ) است و با حرف **A** نمایش داده می‌شود.



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

برای محاسبه فشار از فرمول مقابل استفاده می‌شود:

با توجه به فرمول، یكاهای اندازه‌گیری فشار عبارتند از:

(۱) نیوتن بر سانتی‌متر مربع ( $\frac{N}{cm^2}$ ):

اگر مقدار نیرو بر حسب نیوتن و مساحت سطح بر حسب سانتی‌متر مربع باشد، فشار بر حسب ( $\frac{N}{cm^2}$ ) محاسبه می‌شود.

(۲) پاسکال یا نیوتن بر متر مربع ( $\frac{N}{m^2}$ ):

اگر مقدار نیرو بر حسب نیوتن و مساحت سطح بر حسب متر مربع باشد فشار بر حسب ( $\frac{N}{m^2}$ ) سنجیده می‌شود.

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

$$76 \text{ CmHg} = 760 \text{ mmHg}$$

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

### یکاهای دیگر فشار عبارتند از:

اتمسفر (atm) - میلی متر جیوه (mmHg) - بار (bar)

### مثال:

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

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

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

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

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

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

### فشار مایعات:

مایع موجود در یک ظرف نیز به خاطر وزن خود بر بدنه‌ی ظرف فشار وارد می‌آورد.

## فشار مایعات به عوامل زیر بستگی دارد:

### ۱- چگالی (جرم حجمی):

فشار با چگالی مایع رابطه‌ی مستقیم دارد، یعنی هر چه چگالی مایع بیشتر تر باشد فشار آن نیز بیشتر تر است. جرم واحد حجم از هر جسم را چگالی آن می‌نامند.

- جرم با نماد  $m$  نمایش داده شده و با یکای کیلوگرم ( $kg$ ) و یا گرم ( $g$ ) اندازه‌گیری می‌شود.

- حجم با نماد  $V$  نمایش داده می‌شود و با یکای مترمکعب ( $m^3$ ) و یا سانتی‌مترمکعب ( $cm^3$ ) اندازه‌گیری می‌شود.

- چگالی با نماد  $\rho$  نمایش داده شده و با یکای کیلوگرم بر مترمکعب  $\frac{Kg}{m^3}$  و یا گرم بر سانتی‌مترمکعب  $\frac{g}{cm^3}$  اندازه‌گیری می‌شود.

### چگالی از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

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

توجه: برای آنکه  $\frac{g}{cm^3}$  به  $\frac{Kg}{m^3}$  و یا بر عکس تبدیل کنیم به صورت زیر عمل می‌کنیم.

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

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

### ۲- شتاب جاذبه ( $g$ ):

فشار درون مایع با نیروی جاذبه‌ی ای که در آن قسمت بر مایع وارد می‌شود رابطه‌ی مستقیم دارد.

### ۳- عمق یا ارتفاع مایع ( $h$ ):

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

رابطه‌ی فشار در درون مایعات به صورت زیر محاسبه می‌شود.

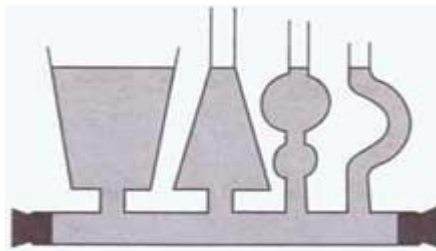
ارتفاع  $\times$  شتاب جاذبه  $\times$  چگالی = فشار در درون مایعات

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

توجه: اگر در بالای مایع هوا وجود داشته باشد، به سطح آزاد مایع نیرو وارد می‌کند 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 می‌گویند.

$$P = \rho gh + p_0$$

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

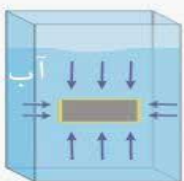


در این شکل اگر چه شکل لوله‌ها با یکدیگر متفاوت است ولی فشار در ته همه لوله‌ها یکسان است. اگر فشار آب در یک لوله با لوله‌های دیگر متفاوت بود، آب در لوله‌ها به حرکت در می‌آمد تا فشار در همه جا مساوی شود.

نکته ۲: به مایع و گازها که روان هستند شاره می‌گویند. شاره‌ها در همه جهات به طور یکسان فشار وارد می‌آورند.

شناگران و غواصان وقتی در آب فرو می‌روند فشار آب را نه تنها بر پشت بلکه بر سینه خود نیز احساس می‌کنند.

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



نکته ۴: وقتی نیرویی از خارج بر شاره وارد می‌شود، فشار اضافی در داخل آن ایجاد شده و فشار در تمام جهات به تمام قسمت‌های مایع و دیواره طرف منتقل می‌شود.

## اصل پاسکال:

فشار وارد بر مایع محصور بدون کاهش به تمام قسمت‌های مایع و دیواره‌های ظرف منتقل می‌شود. 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 شاخه‌های اطراف ظرف منتقل می‌شود. توجه: مایعات به آسانی متراکم نمی‌شوند یعنی هیچ آن‌ها را نمی‌توان کم کرد به همین دلیل فشار را منتقل می‌کنند.

## بیشتر بدانید

### بالابر هیدرولیکی:

این دستگاه بر اساس اصل پاسکال ساخته شده است که از دو طرف استوانه‌ای با دهانه‌های بزرگ و کوچک ساخته شده و با لوله باریکی به یکدیگر مربوط می‌شوند. 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 می‌شود باعث به وجود آمدن نیروی بزرگ ( $F_2$ ) بر سطح بزرگتر می‌شود. 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 می‌توان اجسام سنگین را با نیروی کمی بالا برد.

### مثال:

در یک دستگاه منگنه آبی هنگامی که پیستون‌ها آزاد هستند. اگر پیستون کوچک را  $40 \text{ cm}$  پایین ببریم پیستون بزرگ  $0.4 \text{ cm}$  بالا می‌رود. مزیت مکانیکی این دستگاه چقدر است؟

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

توجه: فشار مایع در زیر دو پیستون برابر است یعنی  $p = p_2$  بنابراین می‌توان نوشت:

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

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

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 می‌آید. بنابراین می‌توانیم بنویسیم:

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

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

مزیت مکانیکی منگنه آبی برابر است با:

$$\text{پاسخ:} \quad \text{مزیت مکانیکی} = \frac{h}{H} = \frac{40}{0.4} = 100$$

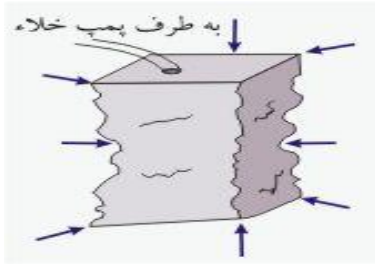
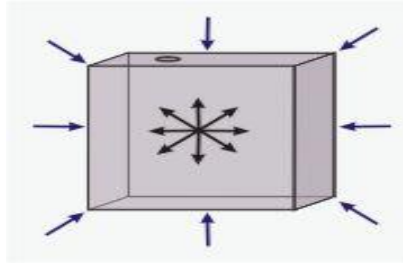
$h = 40 \text{ cm}$   
 $H = 0.4 \text{ cm}$   
 $A = ?$

## فشار گازها:

## الف) فشار هوا:

می‌دانید اطراف زمین را اقیانوسی از هوا گرفته است که اتمسفر یا هواکره نامیده می‌شود، این توده عظیم هوا به علت وزنی که دارد بر سطح زمین و هر چه روی آن است فشار وارد می‌کند. ما فشار هوا را احساس نمی‌کنیم، زیرا این فشار در همه جهات بر درون و بیرون بدن ما وارد می‌شود.

\* فشار هوای درون و بیرون این قوطی حلبی برابر است.



\*\* قوطی پس از تخلیه هوای درون آن.

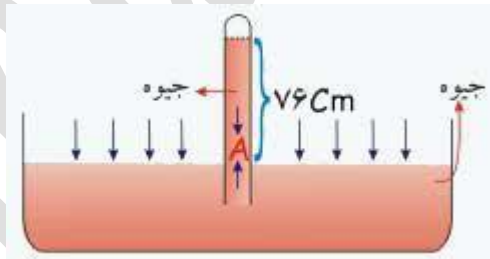
اگر فشار هوا از سطح بدن برداشته شود، فشار خون در رگ‌ها ممکن است رگ و پوست را پاره کند، به همین دلیل در خارج از جو فضانوردان ناگزیرند لباس‌های ویژه‌ای بپوشند که درون فضاهای بسته آن فشار ساختگی وجود داشته باشد.

توجه: هر چه از سطح زمین به طرف بالا می‌رویم، فشار هوا کمتر می‌شود، فشار هوا تقریباً به ازای هر ۱۰ متر یک میلی‌متر جیوه کاهش می‌یابد.

برای اندازه‌گیری هوا از دستگاهی به نام فشارسنج یا بارومتر جیوه‌ای استفاده می‌شود.

به این ترتیب که لوله‌ای به طول یک‌متر که یک سر آن بسته است را پُر از جیوه کرده و به صورت واژگون درون یک ظرف جیوه فرو می‌بریم، آن‌گاه جیوه درون لوله تا آن‌جا پایین می‌آید که فشار ناشی از وزن ستون جیوه برابر فشار هوا شود. اگر این آزمایش در سطح دریای آزاد انجام شود، ارتفاع ستون جیوه ۷۶ سانتی‌متر 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 اندازه‌گیری فشار هوا است. این فشارسنج نخستین بار توسط توریچلی ساخته شده است.



اگر چگالی جیوه  $\frac{Kg}{m^3}$  ۱۳۶۰۰ و شتاب جاذبه  $\frac{m}{s^2}$  ۹/۸۱ ارتفاع ستون جیوه در سطح دریای آزاد برابر ۷۶ سانتی‌متر باشد، فشار که ستون جیوه در سطح **A** ایجاد می‌کند از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P = pgh$$

$$P = 13600 \times 9/81 \times 0/76 = 101396/16 \text{ Pa} = 1/01 \times 10^5 \approx 10^5 \text{ Pa}$$

این فشار یک اتمسفر (atm) نامیده می‌شود.

در نتیجه فشار هوا در سطح دریای آزاد برابر  $10^5$  پاسکال یا یک اتمسفر است.

گاهی اوقات به جای محاسبه **pgh** فشار را بر حسب ارتفاع ستون جیوه بیان می‌کنند. بنابراین فشار هوا در سطح دریای آزاد برابر **۷۶CmHg** (سانتی‌متر جیوه) و یا **۷۶۰ mmHg** (میلی‌متر جیوه) است.

**مثال:**

شهر تهران به طور متوسط در ارتفاع ۱۴۰۰ متری از سطح آزاد دریا قرار دارد، فشار هوا در آن چند میلی‌متر جیوه و چند پاسکال است؟

**پاسخ:**

می‌دانیم که به ازای هر ۱۰ متر یک میلی‌متر جیوه از فشار هوا کم می‌شود.



افزایش ارتفاع  $\uparrow$  ۱۰ m  
۱۴۰۰

کاهش فشار  $\downarrow$  ۱ mmHg  
x

$$\frac{1400 \times 1}{10} = 140 \text{ mmHg} \text{ کاهش فشار}$$

یعنی فشار هوا در تهران ۱۴۰ میلی‌متر جیوه از فشار هوا در سطح آزاد دریا کم‌تر است پس:

$$760 - 140 = 620 \text{ mmHg}$$

برای آنکه فشار را به پاسکال تبدیل کنیم از فرمول زیر استفاده کنیم.

$$P = 13600$$

$$g = 0/98$$

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

$$p = \rho gh$$

$$p = 13600 \times 9/8 \times 0/62 = 82633 \text{ pa}$$

وقتی در یک محیط بسته، مقداری گاز وارد کنیم، مولکول‌های گاز که پیوسته در حال حرکت و جنبش هستند دائماً به دیواره‌های ظرف برخورد می‌کند، برخورد هر مولکول با دیواره‌ی ظرف، نیرویی بر دیواره وارد می‌کند، به عبارت دیگر، می‌توان گفت که عامل ایجاد فشار یک گاز بر دیواره‌های ظرف آن، ضربه‌های متوالی مولکول‌های گاز به دیواره است.

### فشار گازها در یک محیط بسته به عوامل زیر بستگی دارد:

#### (۱) تعداد مولکول‌های گاز درون ظرف:

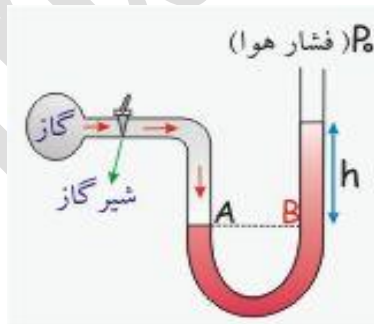
هر چه مقدار گازی که به یک ظرف در بسته وارد می‌کنیم بیشتر باشد، فشار گاز درون آن ظرف بیشتر می‌شود، زیرا با افزایش تعداد مولکول‌ها، تعداد برخوردها با دیواره‌ی ظرف افزایش می‌یابد.

#### (۲) جنبش و حرکت مولکول‌های گاز:

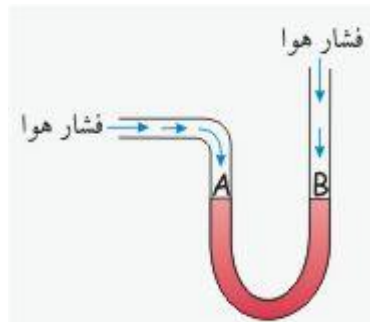
هر چه دمای گاز بیشتر باشد، انرژی جنبشی مولکول‌های گاز بیشتر شده و فشار آن افزایش پیدا می‌کند.

برای اندازه‌گیری فشار گازها از فشارسنج گازی یا مانومتر استفاده می‌کنند.

برای اندازه‌گیری فشار مخزن گازی که فشار آن از فشار هوا بیشتر است، از لوله U شکل ساده‌ای استفاده می‌شود که درون آن جیوه یا یک مایع رنگی با چگالی معین ریخته 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 می‌رود. اختلاف فشار هوا و فشار گاز داخل محفظه باعث می‌شود که مایع از دو طرف لوله U شکل در یک سطح قرار نگیرند، بنابراین از اختلاف ارتفاع در لوله می‌توان 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 :

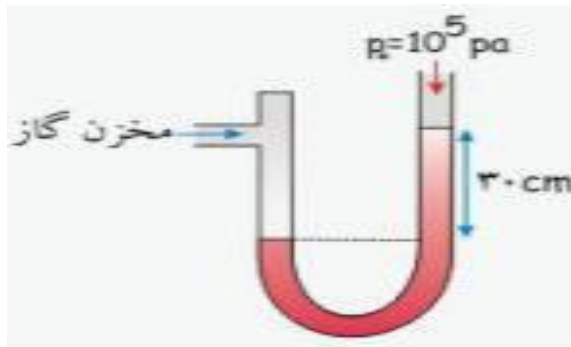
$$P_A = P_B \rightarrow P = \rho gh + p_0 \rightarrow p - p_0 = \rho gh$$

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  $\rho gh$  (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

$$p = \rho gh + p_0$$

$$p = 500 \times 10 \times 0.3 + 10^5$$

$$p = 1500 + 10^5$$

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