

جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده



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 توجیه 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 توجیه 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 توجیه است.

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

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

۱- جامدهای بلورین:

۲- جامدهای بی شکل:

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 آن ها ایجاد می شود که مانع نزدیک شدن آن ها 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.

جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده



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 دگر چسبی:

بین مولکول های دو ماده ی مختلف هم نیروی جاذبه وجود دارد که نیروی دگر چسبی 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.

جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده



۵-۶- مویینگی:

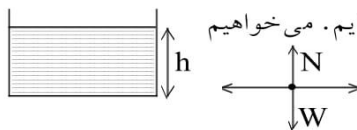
- یکی از آثار نیروهای دگرچسبی، مویینگی است. با وارد کردن یک لوله ی شیشه‌ای مویین درون یک ظرف مایع، مایع درون لوله بالا می‌آید ولی برای مایعات مختلف شرایط متفاوت است. مثلاً در مقایسه‌ی آب و جیوه می‌توان گفت:
- ۱- سطح آب در لوله‌ی مویین دارای فرورفتگی است ولی سطح جیوه دارای برآمدگی است.
 - ۲- سطح آب در 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.

جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده

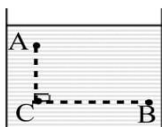


۶-۸- محاسبه ی فشار در مایعات (بدون اثر فشار هوا)

فرض کنید درون استوانه ای به سطح مقطع A تا ارتفاع h مایعی به چگالی ρ 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 ρgh خواهیم رسید. در این رابطه P ، فشار ناشی از وزن مایع در عمق h است که اگر چگالی مایع (ρ) را بر حسب $\frac{kg}{m^3}$ و عمق نقطه ی مورد نظر (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.

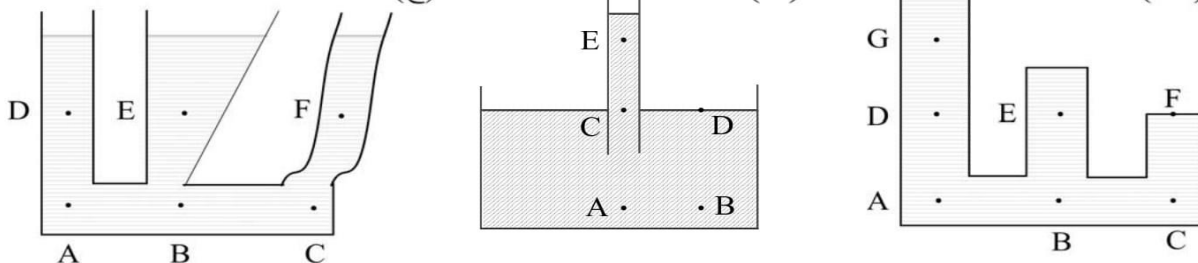


مثال: در ظرف مقابل مقداری آب وجود دارد. اختلاف فشار بین نقطه ی A و B چند پاسکال است؟ ($BC=20cm$, $AC=10cm$) در عمق یکسانی قرار دارند.
حل:

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

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

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:

جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده

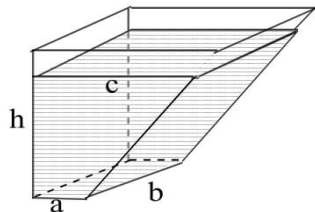
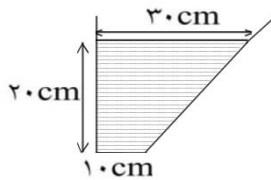


$$P_A = P_B > P_C = P_D > P_E \quad (\text{ب})$$

(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 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:

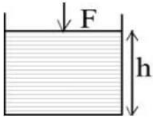
$$\left. \begin{array}{l} V = S \cdot b \\ S = \frac{a+c}{2} \cdot h \end{array} \right\} \Rightarrow V = \left(\left(\frac{10+30}{2} \right) \times 20 \right) \times 40 = 16000 \text{ cm}^3$$

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

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

جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده

۷-۹- اثر فشار هوا:



فرض کنید درون یک ظرف استوانه‌ای شکل تا ارتفاع h مایعی به چگالی ρ 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 ρgh ساده کرده‌ایم و $\frac{F}{A}$ فشار ناشی از نیروی F

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

است. بنابراین:

• (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 ρ در حالت کلی (با در نظر گرفتن اثر فشار هوا) از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$P = P_0 + \rho gh$$

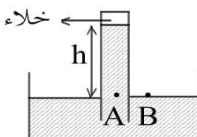
فشار هوا در نقاط مختلف متفاوت است ولی هرچه از سطح زمین دور می‌شویم، فشار هوا کم‌تر می‌شود. البته این تغییر در تغییر ارتفاع کم محسوس نیست و بسیار ناچیز می‌باشد.

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

مبحث: درسنامه فصل سوم فیزیک دهم تجربی فشار و ویژگی های فیزیک مواد

جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده



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

$$P_B = P_A \Rightarrow P_1 = \rho gh$$

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 ρ و اندازه گیری h می توان فشار هوا را اندازه گیری کرد. هرچقدر چگالی مایع کم تر باشد، مایع ارتفاع بیشتری 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

$$P_1 = \rho_{\text{جیوه}} \times g \times h = 13600 \times 9.81 \times 0.76 = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa} \approx 1.0^5 \text{ Pa}$$

مکان می توان نوشت:

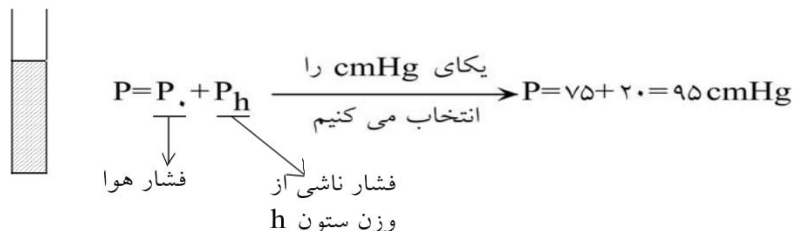
این مقدار یک اتمسفر (atm) نامیده می شود.

دیدیم که در این حالت فشار هوا با ρgh یعنی فشار ناشی از ستونی از جیوه به ارتفاع 76cm 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 cmHg) بیان می شود. واضح است که برای آن که این مقدار را به پاسکال تبدیل کنیم، باید چگالی جیوه برای ما معلوم باشد.

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

$$P = \rho gh \Rightarrow 1.0^5 = 1000 \times 10 \times h \Rightarrow h = 10 \text{ m}$$

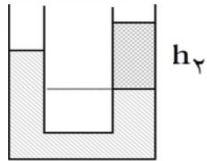
مثال: در شکل مقابل در لوله ی آزمایش تا ارتفاع 20cm جیوه ریخته ایم. اگر فشار هوا 75 cmHg باشد، فشار در ته لوله چقدر است؟



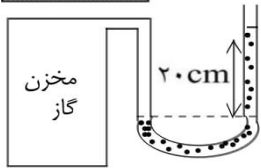
لوله های U شکل:

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:

جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده

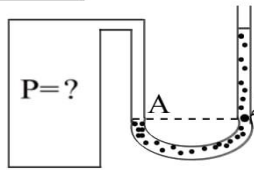


$$\Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$



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 cmHg باشد. فشار گاز درون مخزن چقدر است؟

حل:



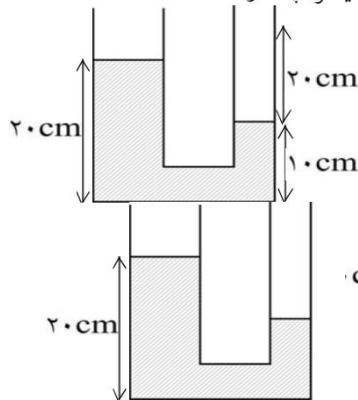
$$P_A = P_B \Rightarrow P = P_0 + P_{\text{ستون جیوه}} \xrightarrow{\text{بر حسب cmHg}} P = 75 + 20 = 95 \text{ cmHg}$$

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) $\frac{g}{\text{cm}^3}$ است. چگالی مایع دیگر چقدر است؟



حل:

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

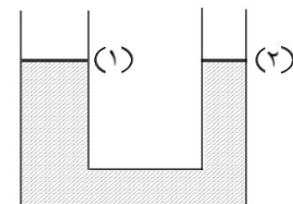
با توجه به شکل مقابل نقاط A و B هم فشارند:

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

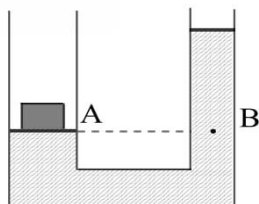
$$\rho_1 = \frac{h_2}{h_1} \times \rho_2 \Rightarrow \rho_1 = 4 \frac{g}{\text{cm}^3}$$

مثال: در شکل مقابل جرم و اصطکاک پیستون ها ناچیز است و چگالی مایع درون لوله $\frac{g}{\text{cm}^3}$ است. هرگاه بر روی پیستون ۱ که مساحت آن 200 cm^2 است یک وزنه ی 480 گرمی قرار دهیم، پس از تعادل پیستون ۲ چند سانتی متر بالاتر از پیستون ۱ قرار می گیرد؟

حل:



جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده



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

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

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.

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

جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده

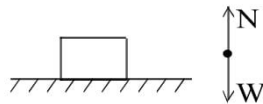
۸- ۷- فشار:

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 کمترین سطح خود قرار گرفته است، بیشترین 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 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.

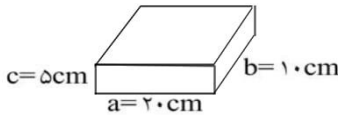
توجه داشته باشید که فشار یک کمیت نرده ای (اسکالر) بوده و یکای آن در SI، نیوتن بر مترمربع ($\frac{N}{m^2}$) می باشد که پاسکال (Pa) نام دارد.

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 kg و ابعاد



و کمترین 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 $10 \frac{g}{cm^3}$ است.

(الف) فشار وارد بر سطح چند پاسکال است؟

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

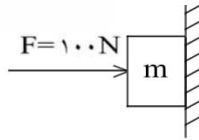
$$P = \frac{N'}{A} = \frac{N}{A} = \frac{W}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{\rho Vg}{A} = \frac{\rho(abc)g}{ab} = \rho cg \Rightarrow P = 10000 \times 0.05 \times 10 = 5000 \text{ Pa}$$

دقت کنید که چگالی جسم $10000 \frac{Kg}{m^3}$ 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:

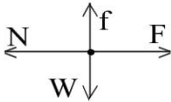
$$P = \frac{N'}{A} = \frac{W + F}{A} = \frac{W}{A} + \frac{F}{A} \Rightarrow P = 5000 + \frac{200}{0.2 \times 0.1} = 15000 \text{ Pa} = 15 \text{ KPa}$$

جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده



مثال: در شکل مقابل سطح تماس جسم با دیوار 200 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.



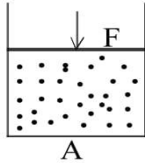
$$P = \frac{N'}{A} = \frac{N}{A} = \frac{F}{A} = \frac{100}{200 \times 10^{-4}} = 5000 \text{ Pa}$$

مبحث : درسنامه فصل سوم فیزیک دهم تجربی فشار و ویژگی های فیزیک مواد

جزوه ی فیزیک - فشار و ویژگی های ماده



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.