



مواد از ذره های ریزی به نام اتم، مولکول و یون ساخته شده اند. ابعاد ذرات سازنده ی مواد معمولا از مرتبه ی آنگستروم ($1\text{\AA} = 10^{-10}\text{m}$) است. البته ابعاد برخی از درشت مولکول ها، مانند بپارها (پلیمرها) می توانند تا ۱۰۰۰ آنگستروم نیز باشند.

توجه: چگونگی حرکت ذرات سازنده ی مواد و اندازه ی نیروی بین آن ها به حالت (فاز) ماده بستگی دارد.

مواد از نظر حالت (فاز) را می توان در دسته های زیر بررسی کرد:

۱- جامد

۲- مایع

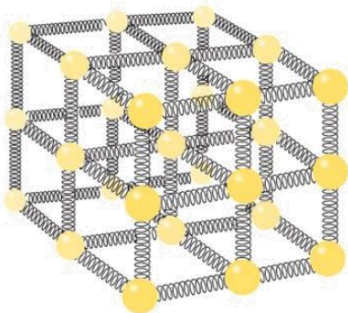
۳- گاز

۴- پلاسما

پلاسما: حالت چهارم ماده پلاسما نامیده می شود که معمولا در دماهای خیلی بالا بوجود می آید. ماده ی درون ستارگان، بیشتر فضای بین ستاره ای، آذرخشی، شفق های قطبی، آتش و داخل لوله ی تابان مهتاب از پلاسما تشکیل شده است.

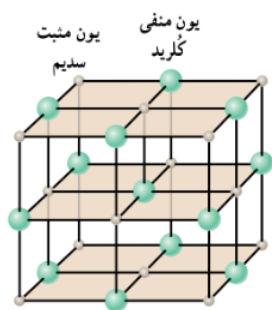
نیروس بین مولکولی

جامد: تجربه نشان می دهد که جم جامد حجم و شکل معینی دارد. اتم های جم جامد، که نیروهای الکتریکی آن ها را کنار هم نگه می دارد، در مکان های مشخصی نسبت به یکدیگر قرار گرفته اند و در اطراف این مکان ها نوسان های بسیار کوچکی انجام می دهند.



توجه: وقتی جم جامد گرما دریافت می کند محدوده و دامنه ی این نوسان ها بیشتر می شود و جم جامد منبسط می شود. برای درک جم جامد معمولا مدلی مطابق شکل زیر ارائه می دهند و فرض می کنند که اتم های در حال نوسان توسط فنرهایی به یکدیگر متصل اند. اگر اتم ها از

حد معینی به هم نزدیکتر یا دورتر شوند، نیروی کشانی بین فنرها آن ها را به وضع اولیه برمی گرداند و جم جامد شکل و اندازه ی اولیه اش را بدست می آورد.



جامدهای بلورین: جامدهای بلورین معمولاً هنگامی تشکیل می شوند که مایع را به آهستگی

سرد کنیم. در این صورت مولکول ها فرصت دارند که در طرح منظمی خود را مرتب کنند.

جامدهای بلورین از تکرار این طرح های منظم حاصل می شوند. فلزها، نمک ها، اغلب مواد معدنی و آلیاژ جامدهای بلورین هستند.

یخ

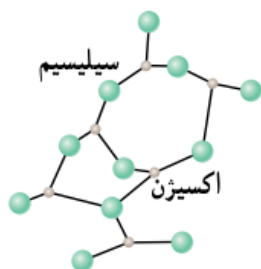
جامدهای بی شکل (آمورف): در جامدهای بی شکل برخلاف جامدهای بلورین،

مولکول ها مانند شکل زیر در طرح منظمی در کنار یکدیگر قرار ندارند. این جامدها معمولاً از سرد

کردن سریع مایع بدست می آیند. با این عمل مولکولها فرصت کافی پیدا نمی کنند که خود را

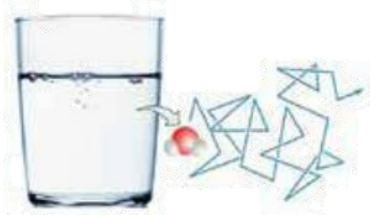
در طرح منظمی مرتب کنند در نتیجه تا حدود زیادی در وضعیت نامنظمی که در حالت مایع داشتند

باقی می مانند. مانند شیشه.



مایع: مولکول های مایع نظم اتمی و تقارن بلوری جامدهای بلورین را ندارند و به صورت نامنظم و نزدیک به یکدیگر قرار گرفته اند. مایع به راحتی جاری می شود و به شکل ظرف خودش در می آید.

توجه: فاصله ی ذرات سازنده ی مایع و جامد تقریباً یکسان و در حدود یک آنگستروم است.



پخش: مولکول های مایع حرکت نامنظم و کاتوره ای دارند. بنابراین اگر

مقداری شکر در آب بریزیم بر اثر برخورد مولکول های شکر با مولکول های

آب، شکر در کل آب پخش می شود و آب شیرین می شود یا اگر قطره ای جوهر در آب بریزیم پس از مدتی رنگ آب تغییر می کند. به این ویژگی مایعات پخش می گوئیم.

گاز: گاز ماده ای است که شکل مشخصی ندارد. اتم ها و مولکول های آن آزادانه و با تندی بسیار زیاد به اطراف حرکت و با یکدیگر و با دیواره های ظرفی که در آن قرار دارند برخورد می کنند.

توجه: فاصله ی میانگین مولکول های گاز در مقایسه با اندازه ی آن خیلی بیشتر است. مثلاً اندازه ی

مولکول های هوا بین ۱ تا ۳ آنگستروم است در حالی که فاصله ی میانگین آن ها در شرایط معمولی در حدود

۳۵Å است.



✓ پرسش: یک بطری پر از آب و یک بطری پر از نوشابه در اختیار داریم. اگر بدنه‌ی ظرف را فشرده‌ییم، کدام بطری فشرده می‌شود؟ چرا؟
 نوشتار: درون نوشابه گاز وجود دارد که تراکم پذیر است. اما آب (مایع) تراکم ناپذیر است.

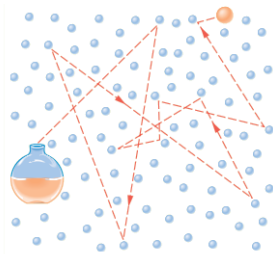
حرکت براونی: اگر مطابق شکل ظرفی محتوی ذرات دود را در زیر میکروسکوپ قرار دهیم، مشاهده می‌شود ذرات دود به طور نامنظم و درهم و برهم و در یک مسیر زنجیراکی حرکت می‌کنند. این حرکت نامنظم و کاتوره ای ذرات دود را حرکت براونی می‌نامند.



مسیر زنجیراکی دود

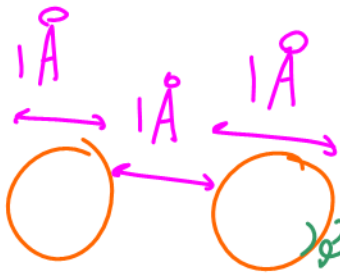
توجه: مشاهدات نشان می‌دهد ذرات دود برخورد بسیار کمی با یکدیگر دارند و علت تغییر مسیر ذرات دود، ذرات مشاهده ناپذیر ریزگی هستند. این ذره های مشاهده ناپذیر، همان مولکول های هوا هستند. نتیجه می‌گیریم مولکول های هوا به صورت کاتوره ای و نامنظم در حرکت اند.

پخش در گازها: زمانیکه در یک شیشه عطر را باز می‌کنیم مولکول های هوا به مولکول عطر برخورد می‌کند و مطابق شکل تغییر مسیر می‌دهند و باعث می‌شود بوی عطر در فضا پخش شود. به این پدیده پخش مولکولهای عطر در اتاق گفته می‌شود.



نیروهای بین مولکولی:

نیروی هم چسبی: در شرایط عادی مولکول های مایع به یکدیگر نیروی جاذبه وارد می‌کنند. این نیروی جاذبه ی بین مولکولی را نیروی هم چسبی می‌نامیم.



✓ پرسش: چرا نیروی هم چسبی باعث نمی‌شود مولکول های مایع در هم فرو روند؟
 زیرا اگر مولکول های خیلی به هم نزدیک شوند نیروی دافعه ایجاد می‌شود.

توجه: نیروهای بین مولکولی کوتاه برد هستند، یعنی وقتی فاصله ی بین مولکول ها چند برابر فاصله ی بین مولکولی شود، نیروهای بین مولکولی بسیار کوچک و عملاً صفر خواهد شد.

نیرو جاذبه (هم چسبی) کوتاه برد است اما نیرو دافعه ی بین مولکول ها از آن کوتاه تر است.



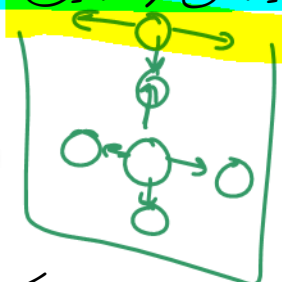
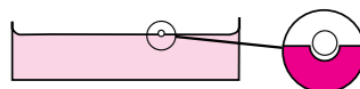
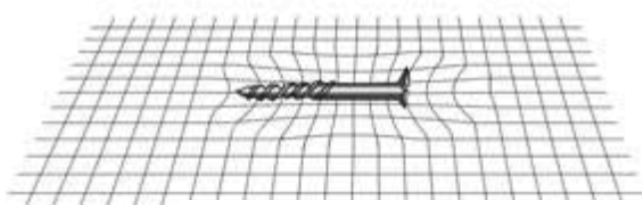
✓پیش: وقتی شیشه می شکند با نزدیک کردن قطعه های آن به هم نمی توان اجزای شیشه را دوباره به

هم چسباند، ولی اگر قطعه های شیشه را آنقدر گرم کنیم که نرم شوند می توان آن ها را به هم چسباند. چرا؟

اگر شیشه نرم شود کس از ویژگی مایع را پیدا می کند مانند هم چسب بیاورین
موکول های شیشه ی دیگر را جذب می کنند.

کشش سطحی: نیروهای هم چسبی که بین مولکولهای سطح یک مایع قرار دارد باعث می شود که سطح مایع مانند یک پوسته از ورود شی خارجی جلوگیری کند که به آن کشش سطحی گفته می شود. قرار گرفتن سوزن روی سطح آب و یا فرو نرفتن حشرات در آب هنگام قرار گیری روی سطح آب یا تشکیل حباب های صابون ناشی از وجود نیروی کشش سطحی است.

👉**توجه:** کشش سطحی ناشی از هم چسبی مولکول های سطح مایع است. سطح مایع مانند یک پوسته ی تحت کشش رفتار می کند و در برابر افزایش ماحت مقاومت می کند. بنابراین زمانی که جسمی بخواهد وارد مایع شود ابتدا می خواهد این ماحت پوسته را افزایش دهد که از طرف سطح با آن مخالفت می شود.



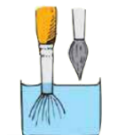
🌟**تذکره:** ماهیت نیروی کشش سطحی الکترومغناطیس است.

✓پیش: چرا قطره های که آزادانه سقوط می کنند کروی اند نه به شکل قطره ی افتاد؟



در حجم یک آن کمترین مساحت مربوط به چیست
کروی است. کشش سطحی باعث کمترین مساحت

✓پیش: توضیح دهید چرا وقتی قلم مویی را از آب بیرون می کشیم موهای آن به هم می چسبند؟





نیروی دگر چسبی: نیروی جاذبه که بین مولکولهای دو یا چند ماده مختلف را دگر چسبی می‌گویند. اگر هم چسبی بین مولکولهای یک مایع کمتر از دگر چسبی آن با ماده دیگر باشد مایع جمع را تر می‌کند. به عنوان مثال اگر یک قطره آب و یک قطره جیوه را روی یک سطح شیشه‌ای قرار دهیم قطره آب روی سطح شیشه‌ای پخش می‌شود زیرا نیروی دگر چسبی بین آب و شیشه بیشتر از نیروی هم چسبی بین مولکولهای خود آب است. ولی قطره جیوه روی سطح پخش نمی‌شود زیرا نیروی هم چسبی بین مولکولهای جیوه بیشتر از نیروی دگر چسبی بین جیوه و شیشه است در این حالت می‌گوییم مایع جامد را تر نمی‌کند.

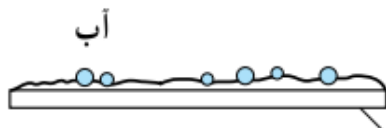
توجه: هر چه قطره بزرگتر باشد نیروی گرانش زمین آن را تخت تر می‌کند.



شیشه را تر
می‌کند



توجه: اگر قطره آب روی شیشه چرب شده قرار گیرد به صورت کروی در می‌آید.



ظرف شیشه‌ای چرب شده

پرسش: در شکل روبه‌رو خروج قطره‌های روغن با دمای متفاوت را از دهانه‌ی دو قطره چکان نشان می‌دهد.



الف) توضیح دهید در کدام شکل دمای قطره‌های روغن کمتر است؟

شکل چپ - زیرا هم چسبی بیشتر است.

ب) افزایش دما چه تاثیری بر روی نیروی هم چسبی مولکول‌های یک مایع می‌گذارد؟

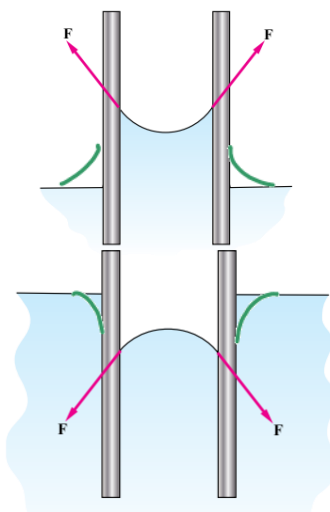
افزایش دما نیروی هم چسبی را کاهش می‌دهد.

پ) چرا هنگام شستن ظروف، افزودن بر استفاده از مایع ظرفشویی، ترجیح می‌دهیم از آب گرم نیز استفاده کنیم؟

زیرا نیروی هم چسبی و دگر چسبی را کاهش می‌دهد.

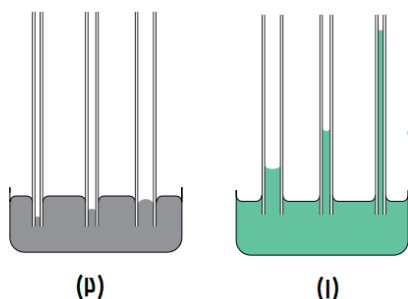


مویینگی: اگر یک لوله باریک که چسبندگی سطحی آن از چسبندگی مایع بیشتر است درون مایع قرار بگیرد مایع تا جایی در لوله مویین بالا می‌رود که وزن آن با اختلاف چسبندگی سطحی و چسبندگی خشی شود. به عنوان مثال اگر یک لوله شیشه‌ای را درون یک ظرف آب قرار دهیم سطح آب در لوله از سطح آب در ظرف بالا تر آمده و سطح آب درون لوله به صورت کُمو خواهد بود.



اگر چسبندگی سطحی بین لوله و مایع کمتر از چسبندگی بین مولکولهای مایع باشد سطح مایع در لوله پایین تر از سطح مایع درون ظرف قرار می‌گیرد. به عنوان مثال اگر لوله را درون یک ظرف حاوی جیوه قرار دهیم سطح جیوه پایین تر رفته و به صورت کُثر خواهد بود.

✓ پرسش: در شکل (۱) آب در لوله‌های مویین و در شکل (۲) جیوه در لوله‌های مویین قرار دارد. استنباط

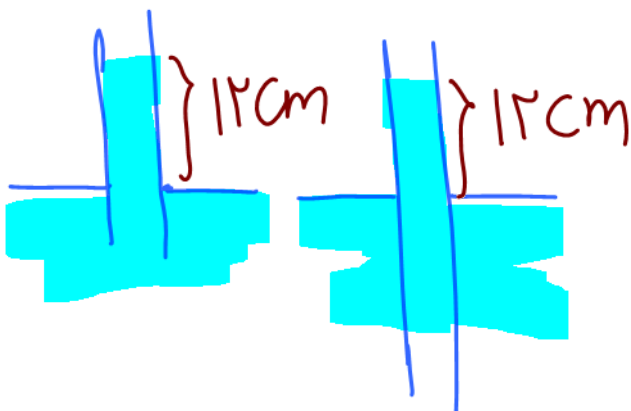


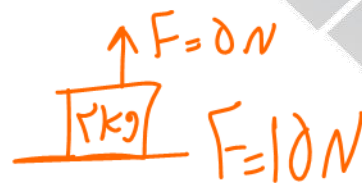
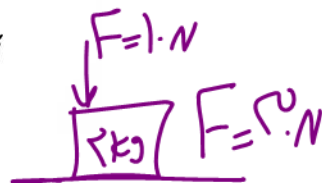
خود را از تصویر زیر بیان کنید.
در شکل ۱: هر چه لوله باریک‌تر باشد، مایع مویینی بیشتر بالا می‌رود.
در شکل ۲: هر چه لوله باریک‌تر باشد، مایع مویینی بیشتر پایین تر می‌رود.
و جیوه پایین تر می‌رود.

عوامل موثر در بالا رفتن مایع در لوله مویین عبارتند از:

- ۱- قطر لوله
- ۲- چسبندگی مایع
- ۳- شتاب گرانش

✓ مثال: یک لوله مویین به طول ۸۰ سانتی متر را که دو سر آن باز است به طور قائم داخل ظرف آب قرار می‌دهیم، طوری که ۸ سانتی متر آن داخل آب قرار می‌گیرد. در داخل لوله، آب ۱۲ سانتیمتر نسبت به سطح آزاد آب ظرف بالا می‌آید. اگر طول لوله را ۸۲ سانتیمتر گرفته و ۱۰ سانتیمتر آن را داخل آب کنیم، ارتفاع آب بالا آمده در لوله نسبت به سطح آزاد آب چند سانتی متر می‌شود؟





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

نیروی عمودی
سطح

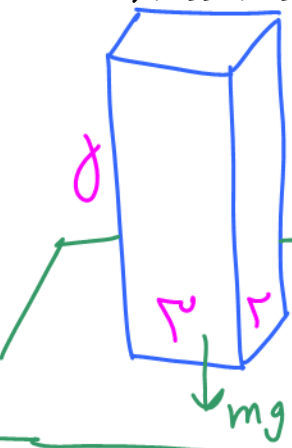


$$F = mg = 20\text{ N}$$

فشار: نیروی عمودی وارد بر واحد سطح را فشار می‌نامند.

توجه: در رابطه فوق F بزرگی نیروی وارد بر سطح (N) است. فشار کمیتی نرده ای است.

مثال: قطعه سنگ متطیل شکلی به ابعاد ۲ و ۳ و ۵ متر و چگالی $2 \frac{g}{cm^3}$ در اختیار داریم. فشار بیشینه و کمینه وارد شده



$$V = 2 \times 3 \times 5 = 30\text{ m}^3$$

$$m = \rho V = 2000 \times 30 = 6 \times 10^4\text{ kg} \Rightarrow F = mg = 6 \times 10^5\text{ N}$$

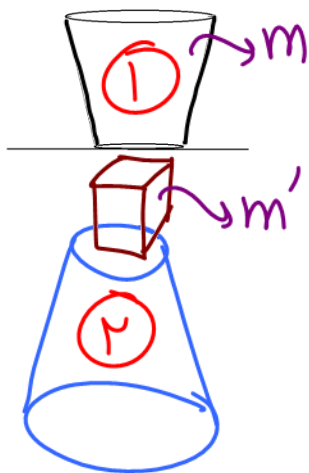
$$P_{max} = \frac{F}{A_{min}} = \frac{6 \times 10^5}{5} = 1.2 \times 10^6\text{ Pa}$$

$$P_{min} = \frac{F}{A_{max}} = \frac{6 \times 10^5}{10} = 6 \times 10^4\text{ Pa}$$

مثال: مخروط ناقصی مطابق شکل روی سطح افقی قرار دارد و شعاع قاعده بزرگ ۲ برابر شعاع قاعده کوچک است. اگر

آن را روی قاعده بزرگ بگذاریم و بخواهیم فشار وارد بر سطح تغییر نکند، وزنهای چند برابر وزن مخروط را باید روی

آن قرار دهیم؟



$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \text{ و } A_2 = 4A_1$$

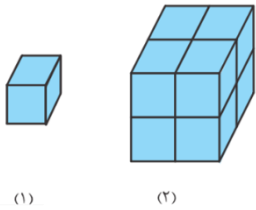
$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{4A_1} \Rightarrow \frac{mg}{1} = \frac{(m+m')g}{4} \Rightarrow 4m = m+m'$$

$$m' = 3m$$

$$\left. \begin{array}{l} r=2 \Rightarrow 12 \times 9 \\ r=6 \Rightarrow 12 \times 36 \end{array} \right\} \frac{108}{36} = 3$$



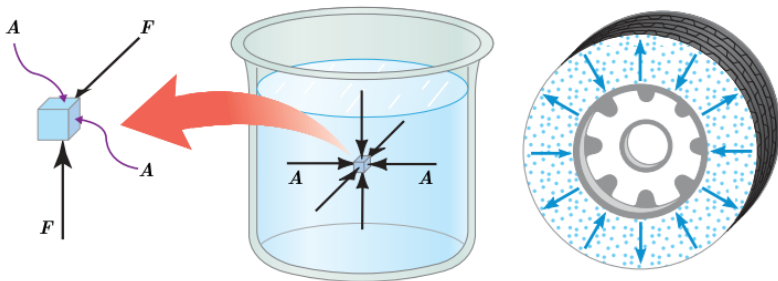
مثال: در شکل روبه‌رو، مکعب شکل (۱) مشابه هر یک از مکعب‌های شکل (۲) است. فشاری که مکعب‌های شکل (۲) بر سطح افقی وارد می‌کنند، چند برابر فشار حاصل از مکعب شکل (۱) است؟ (سراسری تجربی ۹۲)



$m_2 = 8m_1$
 $\Rightarrow F_2 = 8F_1$
 $A_2 = 4A_1$

$\frac{P_2}{P_1} = \frac{F_2}{F_1} \times \frac{A_1}{A_2} = 1 \times \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$

فشار در شاره‌ها، وقتی شاره ای ساکن است، به هر سطحی که با آن در تماس باشد، مانند جداره‌ی یک ظرف یا سطح جمی که در شاره غوطه‌ور است، نیرویی عمودی وارد می‌کند. با وجود اینکه شاره به عنوان یک کل ساکن است، مولکول‌های آن در حال حرکت است. نیرویی که توسط شاره وارد می‌شود ناشی از برخورد مولکول‌ها با اطراف آن است.



فشار P که به یک سطح فرضی A درون شاره وارد می‌شود به صورت اندازه‌ی نیروی عمودی وارد بر این سطح به مساحت آن تعریف می‌شود:

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

$F = P \times A$

وارد شده از طرف
 سیال یا شاره

بر حسب
 پاسکال

بر حسب
 متر مربع



مثال ۵: ابعاد پنجره آشپزخانه خانه ای ۲×۳ متر است. بر اثر عبور طوفان شدیدی فشار هوای بیرون به $۰/۹۶$ اتمسفر

کاهش می یابد ولی فشار داخل همان ۱ اتمسفر باقی می ماند. چه نیروی خاصی پنجره را به بیرون می فشارد؟

$$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$F_1 = P_1 \times A = 0.996 \times 1.013 \times 6 = 6 \times 0.996 \times 1.013 \text{ N}$$

$$F_2 = P_2 \times A = 1.013 \times 6 = 6 \times 1.013 \text{ N}$$

$$F = F_2 - F_1$$

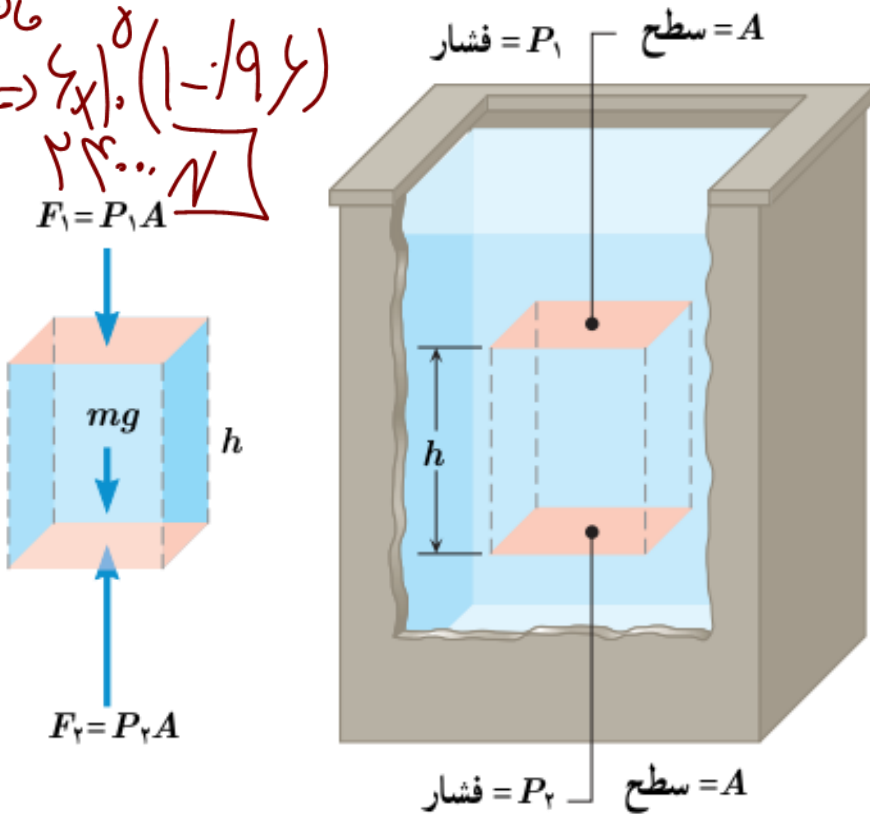
$$\Rightarrow 6 \times 1.013 \times (1 - 0.996)$$

$$24000 \text{ N}$$

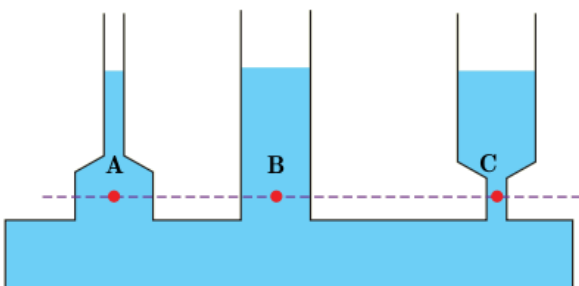
$$F_1 = P_1 A$$

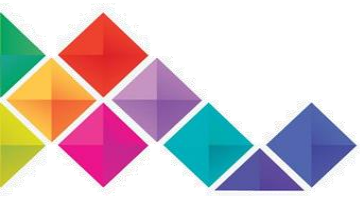
$$F_2 = P_2 A$$

محاسبه ی فشار در شاره ها:



- نکته: در محفظه های کوچک گاز با توجه به اینکه چگالی گاز خیلی کم است، اختلاف فشار در نقاط مختلف داخل محفظه ناچیز است و می توان فشار تمام نقاط را با هم برابر در نظر گرفت.
- نکته: فشار در نقاط هم تراز یک مایع ساکن یکسان است و به شکل ظرف بستگی ندارد.





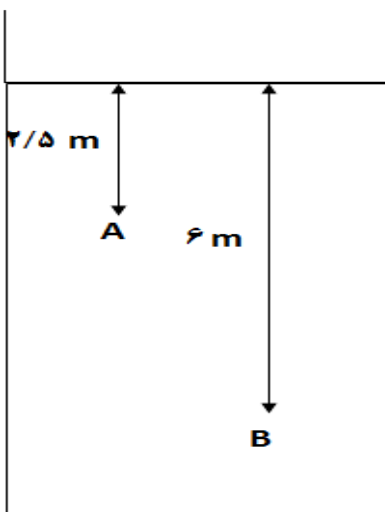
توجه: اگر فشار هوا (P_0) را هم به حساب آوریم فشار کل وارد به نقطه ای در عمق h عبارتست از:

مثال: مخزن شکل روبرو از مایعی به چگالی 4 گرم بر سانتیمتر مکعب پر شده است. اگر فشار هوا در محل آزمایش

۱. اتمفر باشد:

الف) فشار در نقاط A و B را بدست آورید.

ب) اختلاف فشار بین نقاط A و B چند پاسکال است؟



مثال: شناگری در عمق 5 متری از سطح آب شنا می کند. اگر فشار هوای محیط را یک اتمفر در نظر بگیریم:

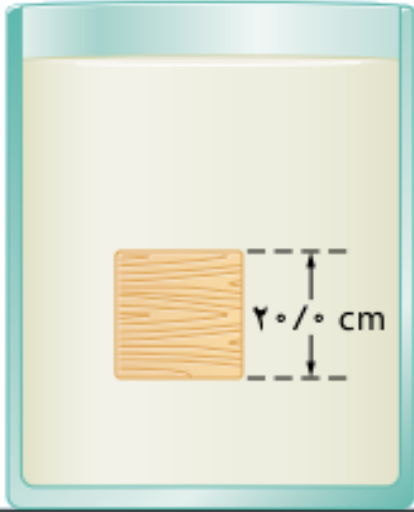
الف) فشار ناشی از آب و همچنین فشار کل در این عمق چقدر است؟

ب) اگر مساحت پرده شناگری را یک سانتی متر مربع فرض کنیم، بزرگی نیروی وارد بر پرده شناگر چند

نیوتن است؟

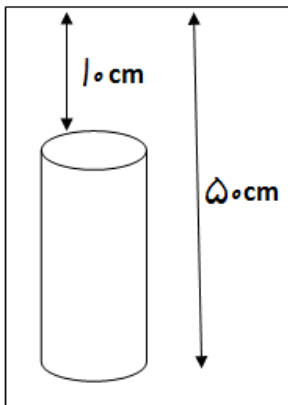


مثال: یک جسم مکعبی به طول ضلع 20 cm درون شاره ای غوطه ور و در حال تعادل است. فشار در بالا و زیر جسم به ترتیب برابر 105 و $106/8$ کیلوپاسکال است. چگالی شاره چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟



مثال: ظرف مکعبی شکلی پر از مایع است اگر ابعاد ظرف را دو برابر کرده و دوباره از همان مایع پر کنیم فشار وارد از طرف مایع بر ته ظرف نسبت به حالت قبل چند برابر می شود؟

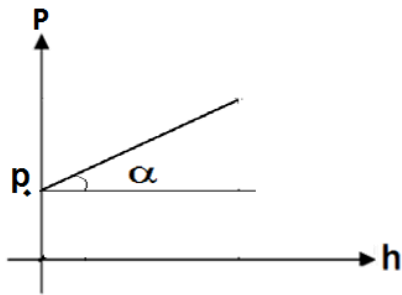
مثال ۱۰: استوانه ای توپر که سطح قاعده آن 20 سانتیمتر مربع است مطابق شکل درون آب به چگالی 1000 کیلوگرم بر متر مکعب قرار دارد. اختلاف نیروهای که از طرف آب به قاعده های پایین و بالای استوانه وارد می شود چند نیوتن است؟





مثال ۱: دو مایع A و B را که پخش آن ها $\rho_A = 1/2 \frac{g}{cm^3}$ و $\rho_B = 0/2 \frac{g}{cm^3}$ است را با یکدیگر مخلوط کرده و در یک ظرف استوانه ای می ریزیم. اگر حجم مخلوط از مایع A و بقیه ی آن از مایع B و ارتفاع مخلوط در ظرف ۷۵ سانتی متر باشد، فشار وارد از طرف مخلوط بر کف ظرف چقدر است؟ (سراسری ریاضی ۹۵)

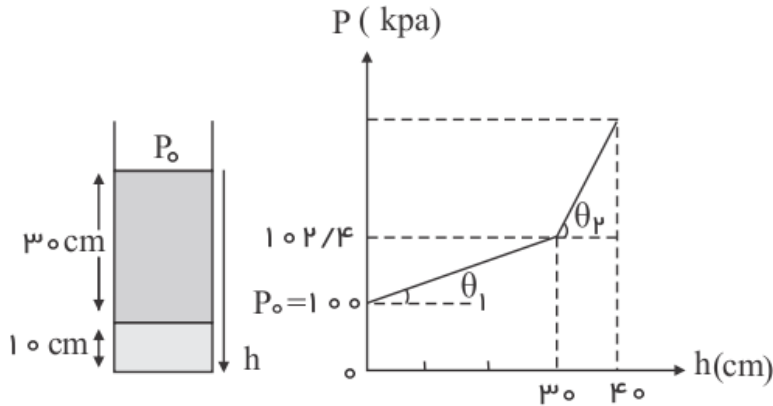
(۱) ۶۰۰ (۲) ۶۷۵۰ (۳) ۹۰۰ (۴) ۹۷۵۰



نکته: نمودار فشار وارد به جرمی در عمق h به صورت زیر است:



مثال: در ظرفی مطابق شکل زیر، دو مایع مخلوط نشدنی وجود دارد. اگر نمودار تغییرات فشار بر حسب عمق (دو مایع مطابق شکل زیر و $\tan \theta_2 = 17 \tan \theta_1$ باشد، ρ_1 و ρ_2 کدامند؟ (سراسری ۹۶ خارج از کشور)



(۱) ۱۰۲۰۰ و ۶۰۰

(۲) ۱۲۷۵۰ و ۷۵۰

(۳) ۱۳۵۰۰ و ۸۰۰

(۴) ۱۳۶۰۰ و ۸۰۰

نکته: فشار هوا به دلیل وزن هوا ایجاد می شود بنابراین افزایش ارتفاع سبب کاهش فشار هوا خواهد شد.
فشار هوا در ارتفاع h برابر است با:

$$P_h = P_o - \rho gh$$



مثال: در نمودار مقابل تغییرات فشار هوا بر حسب ارتفاع از سطح دریاهای آزاد نشان داده شده است. اگر

شیب خط AB، $\frac{5}{4}$ شیب خط BC باشد، فشار هوا در ارتفاع ۵ km از سطح دریاهای آزاد چند کیلوپاسکال است؟

۴۶ (۴

۵۰ (۳

۵۴ (۲

۶۰ (۱

