

فصل ۲

ویژگی های فیزیکی مواد



از نیتروژن مایع در موارد بسیاری می توان استفاده کرد، مثلاً از آن به صورت متداولی در محیط های آزمایشگاهی و بروود شناسی استفاده می شود. از دیگر کاربردهای نیتروژن مایع می توان به عنوان خنک کننده در صنایع مختلف و همچنین کاربردهای پزشکی (به عنوان مثال حذف ضایعات پوستی) اشاره نمود. آشنایی با ویژگی های فیزیکی مواد در تمام شاخه های علوم، مهندسی و پزشکی اهمیت زیادی دارد. مطالعه هر یک از حالت های ماده، منجر به کاربردهای فراوانی در فناوری، صنعت و زندگی روزمره شده است. شاره ها (واژه ای که برای مایع ها و گازها به کار می بریم) در بسیاری از جنبه های زندگی ما نقش مهمی دارند. جامدها بخش بزرگی از محیط فیزیکی پیرامون ما را می سازند و آنها را به هر شکلی که بخواهیم در می آوریم. خورشید، که به زمین نور و گرما می بخشد، از حالت چهارم ماده به نام پلاسما ساخته شده است.

۱-۲ حالت های ماده

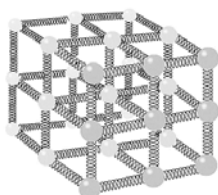
مواد از ذره های ریزی به نام اتم یا مولکول ساخته شده اند. اندازه اتم ها حدود یک تا چند انگستروم ($1\text{Å} = 10^{-10}\text{m}$) است و اندازه مولکول ها بستگی به این دارد که از چند اتم ساخته شده باشند. اندازه برخی از درشت مولکول ها مانند بسیار ها (پلیمرها) می تواند تا ۱۰۰۰ انگستروم نیز باشد. ذره های سازنده مواد همواره در حرکت اند و به یکدیگر نیرو وارد می کنند. حالت ماده به چگونگی حرکت ذره ها و اندازه نیروی بین آنها بستگی دارد.

جامد: جسم جامد حجم و شکل معینی دارد. ذرات جسم جامد به سبب نیروهای الکتریکی کنار هم هستند و در مکان های معینی کنار هم قرار دارند و اطراف این مکان ها نوسان های بسیار کوچکی دارند. جامدها دو دسته هستند: ۱- جامد بلورین ۲- جامد بی شکل (آمورف)

مایع: مولکول های مایع نظم و تقارن جامدهای بلورین را ندارند و به صورت نامنظم و نزدیک به هم قرار گرفته اند. مایع به راحتی جاری می شود و به شکل ظرف خودش در می آید. فاصله ذرات سازنده مایع و جامد تقریباً یکسان و در حدود یک انگستروم است.

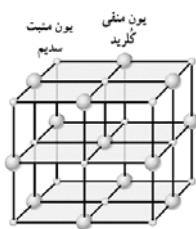
گاز: ماده ای است که شکل مشخصی ندارد. اتم ها و مولکول های آن آزادانه و با تندی بسیار زیاد به اطراف حرکت و با یکدیگر و با دیواره های ظرفی که در آن قرار دارند، بر خورد می کنند. فاصله میانگین مولکول های گاز در مقایسه با اندازه آنها خیلی بیشتر است. مثلاً اندازه مولکول های هوا بین ۱ تا ۳ انگستروم است، در حالیکه فاصله میانگین آنها در شرایط معمولی در حدود ۳۵ انگستروم است.

پلازما: اغلب در دماهای خیلی بالا به وجود می آید. ماده درون ستارگان، بیشتر فضای بین ستاره ای، آذرخش، شفق های قطبی، آتش و ماده داخل لوله تابان لامپ های مهتابی از پلازما تشکیل شده اند. در حالت پلازما، ماده شامل الکترون های آزاد، یون ها و اتم های خنثی است.



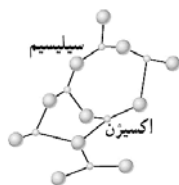
مدلی از ساختار یک جامد که از میلیاردها میلیارد پخش، مانند این تشکیل شده است.

✓ **جسم جامد با گرفتن گرما منبسط می شود و شکل خود را حفظ می کند.** وقتی جامدی مانند یک تکه آهن، گرما می گیرد، محدوده و دامنه نوسان هایی که اتم های جامد داشته اند بیشتر می شود و جسم جامد منبسط می شود. برای درک بهتر معمولاً مدلی مطابق شکل مقابل ارائه می دهند و فرض می کنند که ذرات آن توسط فنرهایی به یکدیگر متصل اند. اگر این ذرات نسبت به وضعیت تعادل به هم نزدیکتر یا از هم دور تر شوند، نیروی کشسانی بین فنرها، آنها را به وضعیت تعادل بازمی گرداند و جسم جامد شکل و اندازه اولیه اش را حفظ می کند.



یون منفی
کریستال
یون مثبت
سدیم

جامدهای بلورین: اتم های برخی از جامد ها در طرح های منظمی کنار هم قرار گرفته و جسم جامد در یک الگوی سه بعدی تکرار شونده از این واحدهای منظم، ساخته می شوند. به این جامدها، جامد بلورین می گویند. فلزها، نمک ها، الماس، یخ و بیشتر مواد معدنی جزو جامد های بلورین اند. وقتی مایعی را به آهستگی سرد کنیم، اغلب جامد های بلورین تشکیل می شود. در این فرایند سردسازی آرام، ذرات سازنده مایع فرصت کافی دارند تا در طرح های منظم خود را مرتب کنند.



جامدهای بی شکل (آمورف): ذرات سازنده جامدهای بی شکل، بر خلاف جامدهای بلورین، در طرح های منظمی کنار هم قرار ندارند. وقتی مایعی به سرعت سرد شود، معمولاً جامد بی شکل به وجود می آید. در این سرد سازی سریع، ذرات فرصت کافی ندارند تا در طرحی منظم، مرتب شوند. بنابراین در طرح نامنظمی که در حالت مایع داشتند، باقی می مانند. شیشه مثالی از یک جامد بی شکل است.



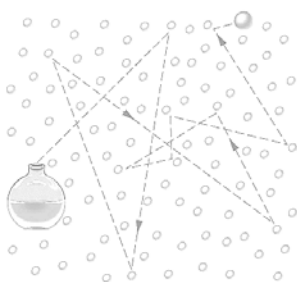
پدیده پخش در مایعات: اگر مقداری نمک را در یک لیوان آب بریزیم، پس از مدتی آب، شور می شود. اگر چند قطره جوهر را به آب درون لیوانی اضافه کنیم به تدریج رنگ آب تغییر می کند. به این پدیده ها، پخش ذرات نمک و جوهر در آب می گویند.



دلیل پدیده پخش در مایعات: به دلیل حرکت نامنظم و کاتوره ای (تصادفی) مولکول های آب و برخورد آنها با ذرات سازنده نمک و جوهر این گونه مواد در آب پخش می شوند.

مثال: آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد فاصله مولکولها در گازها بیشتر از مایعات است؟ (کتاب درسی)

پاسخ: یک سرنگ اختیار می کنیم، پیستون آن را می کشیم تا هوا وارد سرنگ شود. دهانه خروجی سرنگ را مسدود می کنیم و پیستون را حرکت می دهیم تا هوای درون آن متراکم شود. بار دیگر همین آزمایش را با آب انجام می دهیم. هوای درون سرنگ را خالی می کنیم و سپس آن را تا نیمه پر از آب می کنیم. با مسدود کردن انتهای سرنگ، سعی در متراکم کردن مایع درون آن می کنیم. مشاهده می شود در حالی که سرنگ از هوا پر شده بود، با حرکت پیستون می توانستیم هوا را بسیار فشرده کنیم، ولی وقتی با آب پر شده بود عملاً نمی توان آن را متراکم کرد. که نشان می دهد فاصله بین مولکولهای گاز بیشتر از مایع است و مولکولها می توانند در حالت گاز به یکدیگر نزدیک تر شوند.



پدیده پخش در گازها: وقتی در شیشه عطری را در گوشه ای از اتاق باز می کنید، پس از چند ثانیه ذرات عطر در همه جای اتاق پخش و بوی آن حس می شود. این رخ داد نشان می دهد که پدیده پخش در گازها نیز اتفاق می افتد.

دلیل پدیده پخش در گازها: ذرات هوا که با تندی بسیار زیاد در حرکت اند، (در دمای اتاق حدود $500 \frac{m}{s}$ است). با برخورد به مولکول های عطر، سبب می شوند که مولکول های عطر در مدت چند ثانیه از یک سوی اتاق به سوی دیگر اتاق پراکنده شوند.

✓ از آنجا که تندی میانگین مولکول های مایع در مقایسه با تندی میانگین ذرات هوا بسیار اندک است و به عبارتی تنها روی هم می لغزند، پدیده پخش در گازها سریع تر از مایع انجام می شود.

تمرین ۱

۱- در هر مورد ویژگی های حالت ماده را بیان کنید.

الف) جامد:

در جامد

ب) مایع:

پ) گاز:

ت) پلاسما:

۲- توضیح دهید چرا با دادن گرما به یک قطعه فلزی آن قطعه منبسط می شود و شکل خود را حفظ می کند؟

در رساننده

۳- جامد بلورین را تعریف کنید. چگونگی تشکیل آن را توضیح دهید و چند جامد بلورین مثال بزنید. در رساننده

۴- جامد بی شکل (آمورف) را تعریف کنید. چگونگی تشکیل آن را توضیح دهید و یک مثال از جامد بی شکل بزنید. **درسام**

۵- پدیده پخش در مایعات را با ذکر یک مثال توضیح دهید و علت آن را بیان کنید. **درسام**

۶- با انجام آزمایشی نشان دهید که گازها نسبت به مایعات بسیار تراکم پذیرترند. **سزنگ درسام**

۷- توضیح دهید چرا پدیده پخش در گازها سریع تر از مایع ها انجام می شود؟ **درسام**

۸- وقتی در شیشه عطری را در گوشه ای از اتاق باز می کنید، پس از چند ثانیه ذرات عطر در همه جای اتاق پخش و بوی آن حس می شود. علت این پدیده را توضیح دهید و با رسم یک شکل ساده این پدیده را نشان دهید. **درسام**



۹- جای خالی را با عبارت مناسب تکمیل کنید.

(الف) اندازه اتم ها حدود یک تا چند ... است. (نانو متر-انگسترم)

(ب) ... (حالت ماده-اندازه مولکول ها) به چگونگی حرکت ذره های ماده و اندازه نیروی بین آنها بستگی دارد.

(پ) حالت چهارم ماده ... (بسیار-پلازما) نامیده می شود و معمولاً در دماهای ... (بالا-پایین) به وجود می آید.

(ت) اتم های ... (جامد-مایع) در مکان های مشخصی نسبت به یکدیگر قرار دارند و حول این مکان ها نوسان های کوچکی دارند.

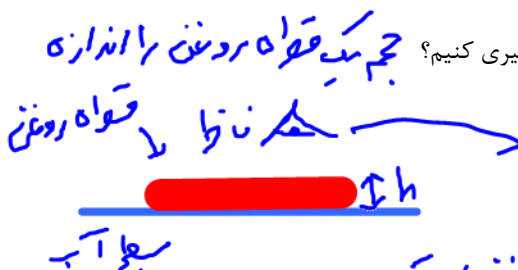
(ث) جامد های ... (بلورین-بی شکل) از سرد کردن سریع مایع به دست می آیند.

(ج) اتم های جامد های ... (بلورین-بی شکل) در طرح های منظمی کنار هم قرار می گیرند.

(چ) دلیل پخش ذرات نمک یا جوهر در آب حرکت کاتوره ای ... (مولکول های آب-مولکول های نمک یا جوهر) است.

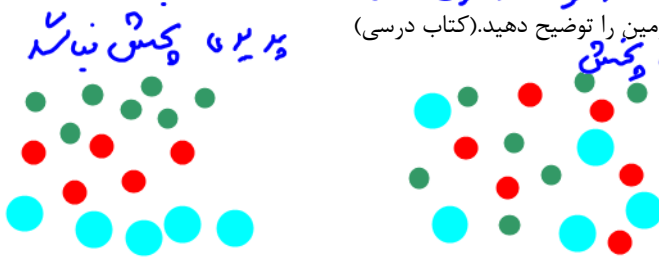
(ح) فاصله میانگین مولکول های هوا در حدود ... (۱ تا ۳-۳۵) انگستروم است.

۱۰- آزمایشی طراحی کنید که به وسیله آن بتوانیم اندازه تقریبی مولکول های روغن را اندازه گیری کنیم؟



می گیریم و یک قطره روغن را در آب می اندازیم
 $A = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2$ مساحت کبره روغن
 $V = A \times h$
 قطره روغن را اندازه می گیریم
 و ضخامت کبره را می بینیم. حتی می تونه بر آوردن از اندازه مولکول روغن است.

۱۱- اهمیت پدیده پخش در جو زمین، برای حیات روی کره زمین را توضیح دهید. (کتاب درسی)



به علت پدیده پخش، ذرات مختلف جو زمین در همه جا پخش می شوند.

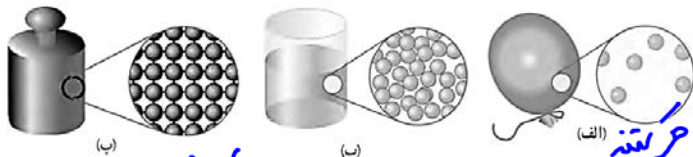
۱۲- علت پدیده های زیر را بیان کنید.

الف) لیوانی را که پر از آب است، کج می کنیم و آب به راحتی از آن می ریزد. **مانع به راحتی جاری می شود چون مولکول ها در آن روی**
 ب) لیوان آب را کج می کنیم و سطح آب افقی می ماند. **مولکول های مانع هم می نزنند**
 پ) قطره جوهر را در آب می اندازیم و همه آب رنگ جوهر را می گیرد. **سبب به راحتی روی هم می نزنند**
 ت) بوی عطری که از یک شیشه عطر منتشر می شود، همه اتاق را فرا می گیرد.

۱۳- صنعتگران قلم زن، چگونه از شل و سفت شدن قیر کمک می گیرند تا بدون سوراخ شدن فلز، بر روی آن نقش و نگارهای متنوعی ایجاد کنند؟ (کتاب درسی)

پاسخ: برای قلم زنی نخست داخل یا زیر ظرف یا سینی مورد نظر را که معمولاً از جنس نقره یا طلا است از محلول قیر و گچ پُر می کنند تا سروصدای قلم کمتر به گوش برسد و همچنین مانع از سوراخ شدن ظرف در حین کار شود. سپس نقش مورد نظر را روی ظرف رسم کرده و قلم مناسب را انتخاب کرده و روی سطح ظرف قرار می دهند و با چکش بر انتهای قلم می کوبند تا شیارها و نقش ها با تغییر شدت ضربه روی ظرف ایجاد شوند. به منظور جدا کردن قیر از بوم های فلزی تخت، قیر را سرد می کنند و می شکنند. اما در بوم های مدور و گلدانی شکل، قیر را حرارت می دهند و جدا می کنند.

۱۴- دریافت خود را از شکل های مقابل بر اساس



مفاهیمی که از سه حالت معمول ماده فرا گرفته اید بیان کنید. (کتاب درسی)

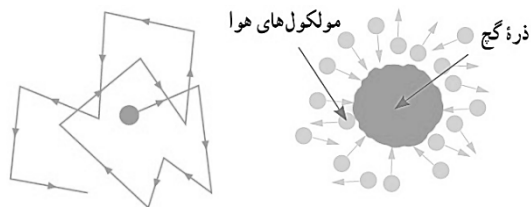
در گاز دانسیته و چگالی (ب) مولکول ها در حال حرکتند و به هم می نزنند ولی در شکل (ب) صم صم ذرات ساکنند در ضمن خود ذرات هم می نزنند
در گازها خاصیت مولکول ها از چگالی و جاذبه بسیار سبب است.

۱۵- توضیح دهید از سه حالت مختلف ماده در چه بخش هایی از یک دوچرخه به چه دلیلی استفاده



شده است؟ (کتاب درسی) **جامه - به نه چون با بدنه شکل ششگانه دانسیته**

مانع - روغنی برای کاهش اصطکاک
گاز - بار لاستیک به علت تراکم پذیری



۱۶- هنگام پاک کردن تخته سیاه، ذرات گچ به طور نامنظم در هوای اطراف پراکنده شده و حرکت می کنند. این حرکت نامنظم ذرات گچ، مطابق شکل روبه رو مدل سازی شده است. الف) چه عاملی باعث حرکت نامنظم ذره های گچ می شود؟ ب) مولکول های هوا بسیار کوچک تر و و سبک تر از ذره های گچ هستند و توسط

میکروسکوپ هم دیده نمی شوند. توضیح دهید چگونه این تجربه ساده، شواهدی بر وجود مولکول های هواست. (کتاب درسی)

الف) حرکت مولکول های هوا و برخورد آن با ذره های گچ
ب) مده می شود که ذرات گچ بدون برخورد با خودشان مسیرشان منحرف می شود پس باید به مولکول های هوا برخورد کرده باشند

۱۷- یک بادکنک پر از باد، حتی اگر دهانه آن نیز کاملاً بسته شده باشد، باز هم رفته رفته کم باد می شود. (کتاب درسی)

مولکول های هوا به تدریج از بند بازگشتند خنک می شود

۲-۲ نیروهای بین مولکولی

متراکم کردن آب درون سرنگ عملاً امکان پذیر نیست. برای توجیه پدیده هایی مشابه این، باید به نیروهای بین مولکولی در یک مایع توجه کنیم.

✓ نیروهای بین مولکولی کوتاه بُرد هستند، یعنی وقتی فاصله بین مولکول ها چند برابر فاصله بین مولکولی شود، نیروهای بین مولکولی بسیار کوچک و عملاً صفر خواهند شد.

تأثیر فاصله بین مولکولی در جاذبه یا دافعه بودن نیروهای بین مولکولی

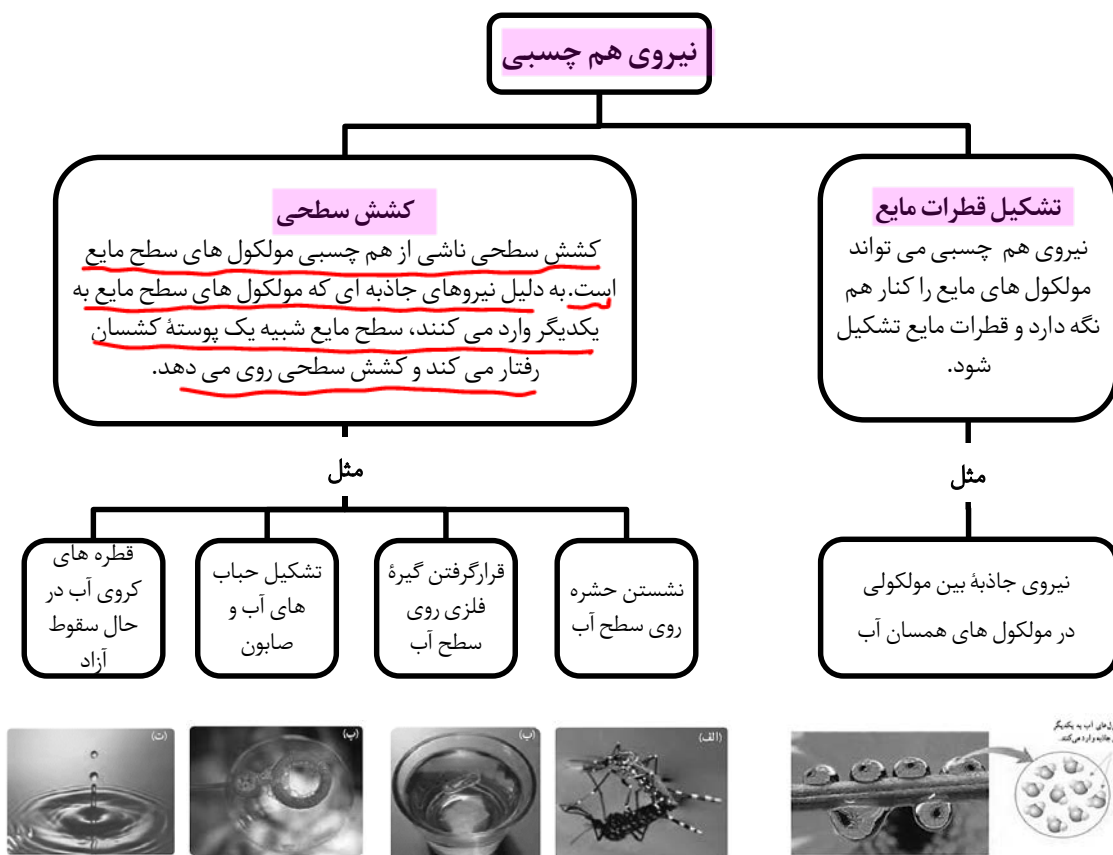
نیروهای بین مولکولی در فواصل کم (در مقایسه با فاصله بین مولکولی) دافعه و در فواصل کمی بیشتر (در مقایسه با فاصله بین مولکولی) جاذبه هستند.

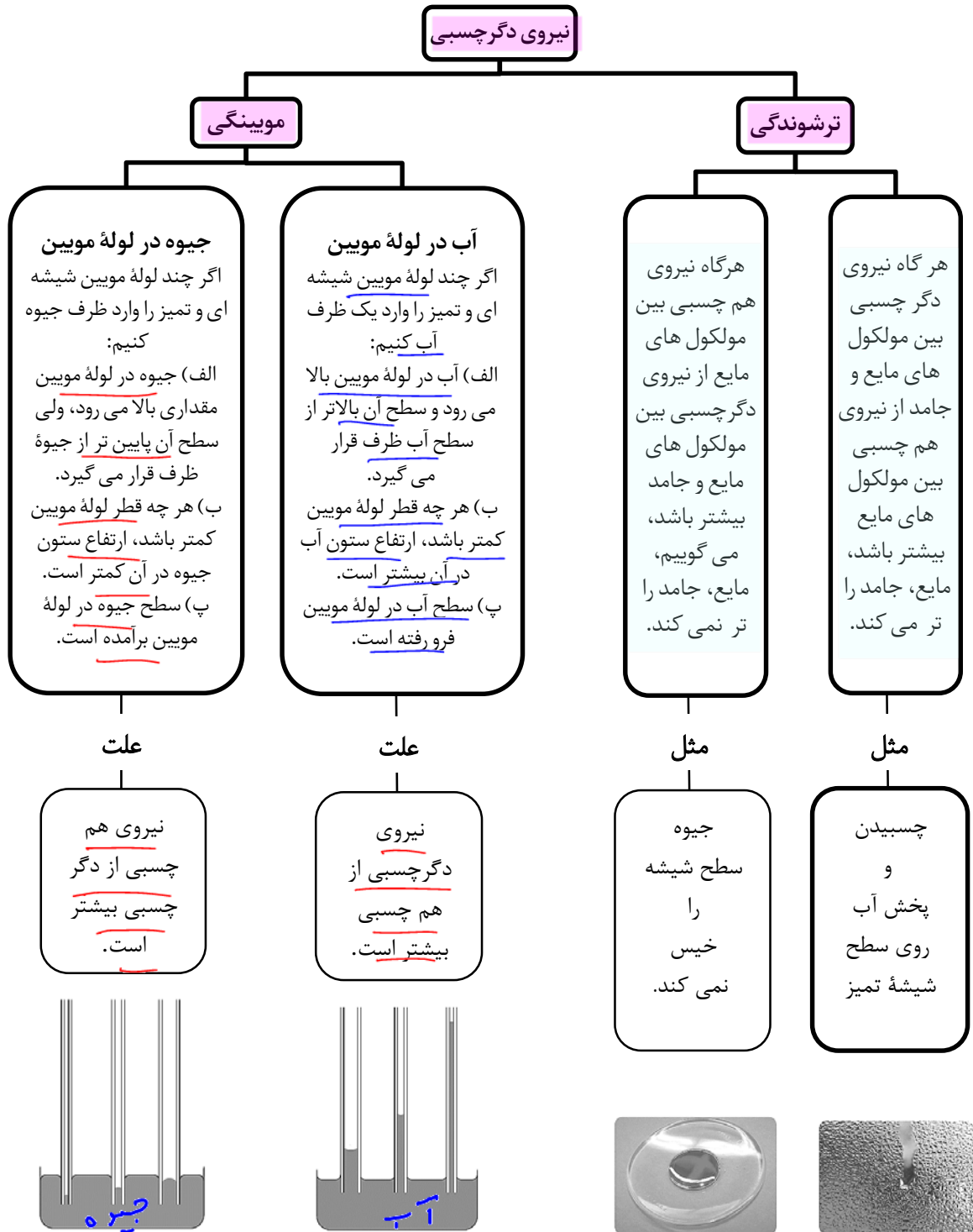
جاذبه یا دافعه بودن نیروی بین مولکولی در مایع

وقتی سعی می کنیم فاصله بین مولکول های مایع را کم کنیم نیروی دافعه بزرگی بین آنها ظاهر می شود که از تراکم پذیری مایع جلوگیری می کند. وقتی فاصله بین مولکول های مایع را کمی زیاد کنیم، نیروی جاذبه بین آنها ظاهر می شود. این جاذبه در قطره آب آویزان از شاخه درخت دیده می شود.

نیروهای هم چسبی و دگر چسبی

نیروی جاذبه بین مولکول های همسان را نیروی هم چسبی و نیروی جاذبه بین مولکول های ناهمسان را نیروی دگر چسبی می نامند. هر یک از نیروهای هم چسبی و دگر چسبی اثرات جالبی دارند که در نمودارهای بعدی بیان شده اند.





- ✓ با کشش سطحی می توان توضیح داد که چرا قطره هایی که آزادانه سقوط می کنند تقریباً کروی اند. به ازای حجمی معین، کره نسبت به هر شکل هندسی دیگری، کوچکترین مساحت سطح را دارد. سطح قطره ای که آزادانه سقوط می کند مانند یک پوسته کشیده شده، تمایل به کمینه کردن مساحتش دارد بنابراین به صورت یک قطره کروی سقوط می کند.
- ✓ لوله هایی که قطر داخلی آنها حدود یک دهم میلی متر باشد، معمولاً لوله مویب نامیده می شوند. واژه مویب به معنی «مو مانند» است.
- ✓ جیوه روی سطح شیشه به صورت قطره در می آید. اگر قطره کوچک باشد به شکل کره نزدیکتر است، ولی هر چه قطره بزرگ تر باشد نیروی گرانش زمین، آن را تخت تر می کند.

جیوه مویب

✓ اثر مویبندی در لوله های با قطر داخلی بزرگ تر از لوله های مویب نیز قابل مشاهده است. (شکل های زیر)

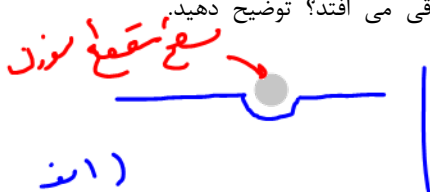


✓ توانایی حوله در جذب آب، با کشیدن آن به داخل مجراهای باریکی که بین تار و پود پارچه وجود دارند و توانایی خاک در کشیدن آب به داخل منافذی که بین ذرات کوچک و به هم فشرده آن وجود دارند، از نمونه های متداول مویبندی هستند.

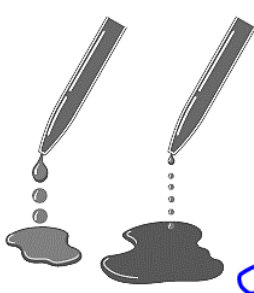
مثال: وقتی شیشه می شکند با نزدیک کردن قطعه های آن به هم نمی توان اجزای شیشه را دوباره به هم چسباند؛ ولی اگر قطعه های شیشه را آن قدر گرم کنیم که نرم شوند می توان آنها را به هم چسباند. این پدیده ها را با توجه به کوتاه برد بودن نیروهای بین مولکولی توجیه کنید. (کتاب درسی)

پاسخ: نیروهای بین مولکولی کوتاه برد هستند، وقتی قطعه های یک شیشه شکسته را به هم نزدیک می کنیم همچنان فاصله بین مولکول های قسمت شکسته شده مربوط به هر قطعه با قطعه دیگر بسیار بیشتر از ابعاد یک مولکول شیشه است و نیروهای بین مولکولی در این فاصله عمل نمی کنند. با گرم کردن شیشه و نرم شدن آن، فاصله بین مولکول های مجاور دو قطعه به چند مولکول می رسد و نیروهای بین مولکولی عمل می کنند و دو قطعه به هم می چسبند.

مثال: یک سوزن ته گرد را روی سطح آب شناور می کنیم. الف) با رسم یک شکل ساده، نحوه قرار گیری این قطعه را بر روی سطح آب نشان دهید. ب) اگر یکی دو قطره مایع شوینده را به آرامی به آب درون ظرف بیفزایید، چه اتفاقی می افتد؟ توضیح دهید. (بر اساس کتاب درسی)



ب) کسین سطحی کم شد و سوزن در آب فرو می رود.

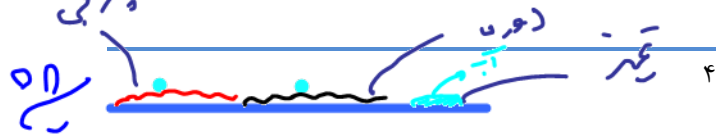


مثال: شکل مقابل خروج قطره های روغن با دمای متفاوت را از دهانه دو قطره چکان نشان می دهد. الف) توضیح دهید در کدام شکل دمای قطره های روغن کمتر است؟ ب) افزایش دما چه تأثیری بر نیروی هم چسبی مولکول های یک مایع می گذارد؟ پ) چرا هنگام شستن ظروف، افزودن بر استفاده از مایع ظرف شویی، ترجیح می دهیم از آب گرم نیز استفاده کنیم؟

الف) افزایش دما هم چسبی را کاهش می دهد و اندازه حوض روغن کوچکتر می شود. پس شدت چسبندگی روغن کمتر است. ب) کاهش دما هم چسبی را افزایش می دهد، اندازه حوض روغن کوچکتر می شود و در آب سرد تر پارگی می کند.

مثال: الف) اگر چند قطره آب روی یک شیشه دود اندود شده توسط شعله شمع بریزیم، آنچه اتفاق می افتد را با ذکر دلیل بیان کنید. ب) اگر چند قطره آب را روی یک شیشه که سطح آن با روغن چرب شده بریزیم، آنچه اتفاق می افتد را با ذکر دلیل بیان کنید. (کتاب درسی)

نزدیکی در چسبیدن آب و دوده یا مین آب و بر این نکته از نزدیکی هم چسبی بین خود مولکول های آب است و آب به صورت حوض بسیار



تمرین ۲

۱۸- مفاهیم زیر را تعریف کنید. **در تمام**

الف) نیروی هم چسبی:

ب) کشش سطحی:

پ) نیروی دگر چسبی:

۱۹- جای خالی را با عبارت مناسب تکمیل کنید.

الف) نیروی بین مولکول های مایع در حالت های عادی به صورت ... (ربایشی-رانشی) است ولی اگر مولکول ها خیلی به هم نزدیک شوند این نیرو به صورت ... (ربایشی-رانشی) در می آیند.

ب) مایع ها ... (تراکم پذیرند-تراکم ناپذیرند) زیرا نیروی بین مولکولی در فاصله خیلی نزدیک ... (رانشی-ربایشی) است.

پ) تشکیل قطره های آب، نشان دهنده وجود نیروی ... (هم چسبی-دگر چسبی) مولکول هاست. پدیده ... (کشش سطحی-موینگی) نیز در اثر همین نیرو مشاهده می شود.

ت) نیروی جاذبه بین مولکول های هم نوع را نیروی ... (هم چسبی-دگر چسبی) و نیروی جاذبه بین مولکول های غیر هم نوع را نیروی ... (هم چسبی-دگر چسبی) می گوئیم.

ث) خاصیت موینگی آب در لوله موئین شیشه ای تمیز در اثر قوی تر بودن نیروی ... (هم چسبی-دگر چسبی) آب و شیشه، نسبت به نیروی ... (هم چسبی-دگر چسبی) مولکول های آب است.

ج) درون لوله موئین، سطح آب به شکل ... (فرورفته-برآمده) و از سطح آب در ظرف ... (بالا تر-پایینتر) است و هر چه لوله باریک تر باشد سطح آب در آن ... (بالا تر-پایینتر) است.

چ) درون لوله شیشه ای باریک (مویین) سطح جیوه به شکل ... (فرورفته-برآمده) و از سطح جیوه در ظرف ... (بالا تر-پایینتر) است و هر چه لوله باریک تر باشد سطح جیوه در آن ... (بالا تر-پایینتر) است.

ح) اگر به آب، مایع ظرفشویی یا صابون اضافه کنیم نیروی ... (همچسبی-دگر چسبی) بین مولکول های آن کاهش می یابد، در نتیجه قدرت نفوذ آب به منافذ لباس ها ... (بیشتر-کمتر) می شود و قدرت پاک کنندگی آب افزایش می یابد.

خ) شناور شدن سوزن بر سطح آب به دلیل ... (کشش سطحی-تفاوت چگالی) است و قرار گرفتن یک کشتی، بر روی آب به این دلیل است که چگالی کشتی از چگالی آب ... (بیشتر-کمتر) است.

د) نیروهای بین مولکولی ... (کوتاه برد-بلند برد) هستند، یعنی وقتی فاصله مولکول ها چند برابر فاصله بین مولکولی می شود، نیروهای بین مولکولی بسیار ... (قوی-ضعیف) می شود.

ذ) در آوندهای گیاهان، آب و مواد غذایی بر اساس خاصیت ... (موینگی-کشش سطحی) بالا می روند.

ر) وقتی سطح شیشه چرب شود، آب روی آن به صورت ... (پخش شده-قطره) در می آید، زیرا نیروی دگر چسبی ... (بیشتر-کمتر) از نیروی هم چسبی می شود.

۲۰- در هر مورد توضیح کوتاهی بر اساس نیروهای بین مولکولی بیان کنید.

الف) کروی بودن قطرات باران: **کره به ازای حجم معین کمترین سطح را دارد. کس سطحی ناست از**

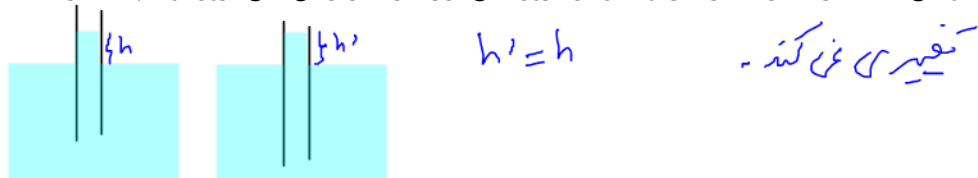
هم چسبی عمایل به مکنه کردن سطح قطره دارد. پس قطرات باران تقریباً به شکل کره صاف می کنه.

ب) اثر دما بر اندازه قطره های روغن:

با کاهش دما، هم چسبی مولکول های روغن بیشتر می شود و اندازه قطره های

روغن بیشتر می شود چون تعداد مولکول های روغن که کنار هم قرار می گیرند بیشتر می شود.

۲۱- توضیح دهید اگر مقدار بیشتری از لوله موئین درون مایع قرار گیرد، در ارتفاع مایع درون لوله چه تغییری ایجاد می شود؟

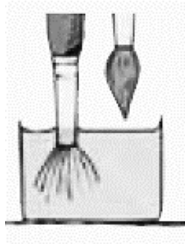


۲۲- آزمایشی طراحی کنید که در آن سطح آب داخل لوله موئین برآمده باشد و ارتفاع آب درون لوله موئین پایین تر از سطح آب درون ظرف باشد.

داخل لوله موئین را خوب می کشیم. نیروی درونی بین آب و چربی نکته از هم جدا می بیند مولکول های آب می شود و این اتفاق می افتد.

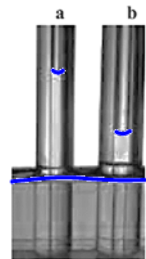
۲۳- تحقیق کنید در معماری سنتی ایران به جای قیراندود کردن، چگونه از نفوذ آب به داخل سازه ها جلوگیری می کردند؟ (کتاب درسی)

پاسخ: با ترکیبی از خاک رس و آهک، گلی سفت می ساختند و آن را چند روز ورز می دادند. از این گل که ساروج نامیده می شد برای ساخت بناهایی که در معرض آب بودند استفاده می کردند.



۲۴- توضیح دهید چرا وقتی قلم موئی را از آب بیرون می کشیم، موهای آن به هم می چسبند؟ (کتاب درسی)

پاسخ: وقتی قلم مو را از آب بیرون می کشیم، نیروی هم چسبی مولکول های آب سبب می شود تا لایه ای از آب در اطراف موهای قلم تشکیل شود و موهای قلم به یکدیگر بچسبند.

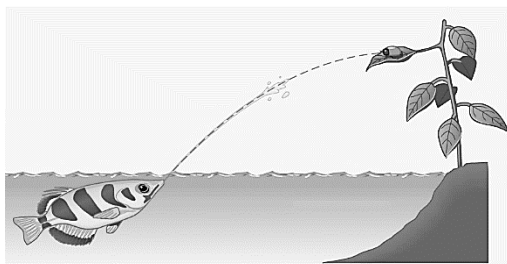


۲۵- الف) شکل مقابل دو لوله موئین هم جنس را نشان می دهد که درون مایعی قرار دارند. چرا ارتفاع مایع درون لوله 'b' از لوله دیگر کمتر است؟ ب) با توجه به شکل، نیروی هم چسبی مایع را با نیروی دگرچسبی مایع و لوله های موئین مقایسه کنید. (کتاب درسی)

الف) چون لوله 'a' مایع را جذب می دارد. ب) چون سطح مایع در لوله 'a' از سطح مایع در لوله 'b' بالاتر است پس دگرچسبی از هم چسبی بیشتر است.

۲۶- چرا بادهای نسبتاً ضعیف قادرند توده های بزرگی از ریزگردها را به حرکت درآورند، در حالی که توفان های شدید دریایی تنها مقدار اندکی آب را به صورت قطره های ریز به طرف بالا می پاشند؟ (کتاب درسی)

هم چسبی بین مولکول های آب بسیار بیشتر از هم چسبی بین ذرات ریزگردها است.



۲۷- نوعی ماهی به نام ماهی کمان گیر با جمع کردن آب در دهان خود و پرتاب آن به سوی حشراتی که در بیرون از آب، روی گیاهان نشست هاند، آنها را شکار می کند و می خورد. کدام ویژگی فیزیکی آب این امکان را به ماهی کمان گیر برای شکار می دهد؟ (کتاب درسی)

هم چسبی بین مولکول های آب

۲۸- چه تعداد از موارد زیر، نمونه هایی از وجود کشش سطحی در آب هستند؟

الف) کروی بودن قطره های آب در سقوط آزاد ✓

ب) تشکیل حباب های آب و صابون ✓

پ) تر شدن سطح شیشه تمیز توسط آب ✗

ت) قرار گرفتن گیره فلزی روی سطح آب ✓

ث) بالا رفتن آب در لوله موئین ✗

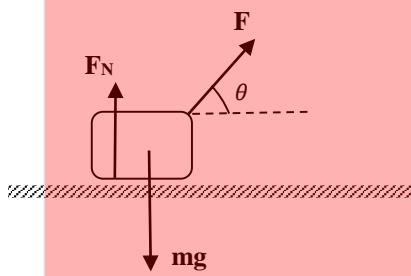
۵ (۴)

۴ (۳)

۳ (۲ ✓)

۲ (۱)

نیروی عمودی تکیه گاه

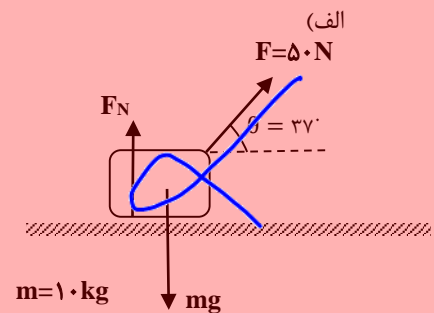


هرگاه جسمی روی یک سطح قرار گیرد، از طرف سطح در راستای عمود بر سطح به جسم نیرویی به طرف خارج سطح وارد می شود، که به آن نیروی عمودی سطح می گویند و با F_N نمایش می دهند. برای محاسبه این نیرو، وقتی مطابق شکل جسمی روی یک سطح قرار دارد و به آن نیروهایی وارد می شود، به مؤلفه های عمود بر سطح نیروهای وارد بر جسم و چگونگی حرکت جسم و سطح در راستای عمود بر سطح توجه داریم. وقتی جسم و سطح در راستای عمود بر سطح شتاب نداشته باشند، برآیند نیروهای عمود بر سطح (عمود بر سطح $\sum F$) برابر صفر است و طبق قانون دوم نیوتون، داریم:

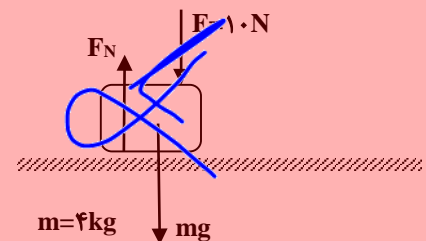
$$\sum F_{\text{عمود بر سطح}} = ma \rightarrow F \sin \theta + F_N - mg = 0 \rightarrow F_N = mg - F \sin \theta$$

مثال: در شکل های الف و ب نیروی عمودی تکیه گاه وارد بر جسم از طرف سطح تکیه گاه را محاسبه کنید. $g = 10 \frac{m}{s^2}$ و $\sin 37^\circ = 0.6$

اگر جسمی به جرم m روی سطح افقی وارد شتاب باشد. این جسم نیروی هم اندازه وزن خود به سطح تکیه گاه وارد می کند. $وزن = m \times g$



(ب)



۳-۲ فشار و فشار در شاره ها

اندازه نیروی عمود بر واحد سطح را فشار می گویند. فشار کمیتی عددی است. فشار را با حرف P نمایش می دهند. اگر اندازه نیروی عمود بر سطح را با F_N و مساحت سطح را با A نمایش دهیم داریم:

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

یکای SI فشار نیوتون بر متر مربع ($\frac{N}{m^2}$) است که به آن پاسکال می گویند و با Pa نمایش می دهند.

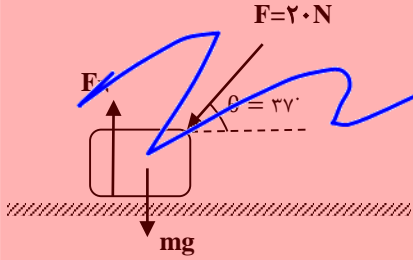
✓ یکی از تبدیل یکاهای پر کاربرد، تبدیل یکای cm^2 به m^2 است و $10^{-4} m^2 = 1 cm^2$ است.

✓ وقتی جسمی روی یک سطح قرار می گیرد، سطح تکیه گاه به جسم نیروی F_N را وارد می کند و طبق قانون سوم نیوتن، واکنش آن (F'_N) از طرف جسم، به سطح تکیه گاه وارد می شود، بنابراین برای محاسبه فشاری که جسم به سطح تکیه گاه وارد می کند، باید نیروی عمودی تکیه گاه (F_N) را محاسبه کرد.

مثال: جسمی به جرم 5kg روی یک سطح افقی قرار دارد. مساحت سطح تماس جسم با سطح افقی 20 cm^2 است. فشاری که جسم به سطح تماس وارد می کند، چند پاسکال است؟ $g = 10 \frac{m}{s^2}$

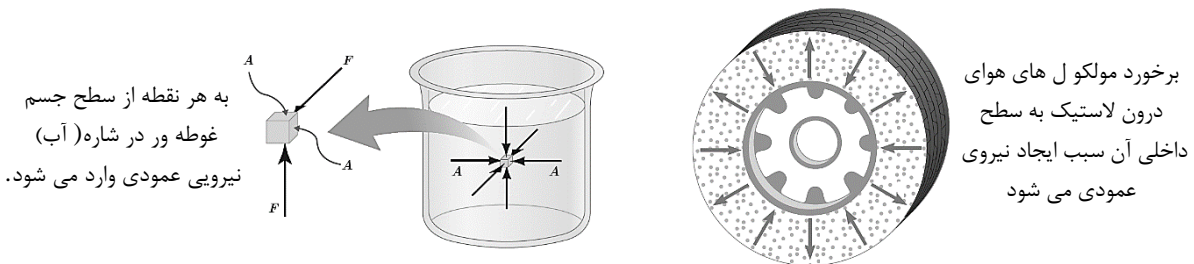
$$P = \frac{mg}{A} \rightarrow P = \frac{20 \times 10}{20 \times 10^{-4}} = 200 \times 10^4 \text{ Pa}$$

مثال: در شکل مقابل، جرم جسم 5kg و مساحت سطح تماس آن با سطح تکیه گاه 20 cm^2 است. فشاری که جسم به سطح تماس وارد می کند چند پاسکال است؟ $g = 10 \frac{m}{s^2}$ و $\sin 37^\circ = 0.6$



فشار در شاره ها (مایع و گاز)

یک شاره ساکن، به هر سطحی که با آن در تماس است، مانند جداره یک ظرف یا سطح جسمی که در شاره غوطه ور است، نیرویی عمودی وارد می کند. مطابق شکل های زیر:



این نیرو سبب می شود که در شاره ها هم به بررسی فشار بپردازیم.

محاسبه فشار در شاره ها (مایع و گاز)

در شکل (الف)، بخشی از شاره به ارتفاع h که بین دو سطح فرضی با مساحت مقطع A قرار دارد، نشان داده شده است و در شکل (ب)، نیروهایی که در راستای قائم به این بخش از شاره وارد می شود، نشان داده شده است. چون شاره ساکن است، برآیند این نیروها صفر است، بنابراین:

$$F_2 - F_1 - mg = 0 \rightarrow F_2 = F_1 + mg$$

با توجه به رابطه فشار $(P = \frac{F}{A})$ می توانیم به جای F عبارت $P \times A$ را در هر مورد، جایگذاری کنیم:

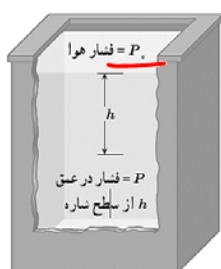
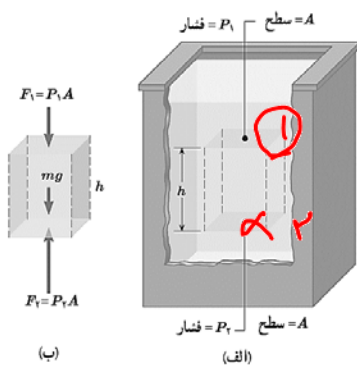
$$P_2 A = P_1 A + mg$$

حجم قسمت مشخص شده از شاره برابر $V = A \times h$ است. اگر چگالی شاره ρ باشد، داریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V \rightarrow m = \rho \times Ah$$

$$P_2 A = P_1 A + \rho Ahg \rightarrow P_2 = P_1 + \rho gh$$

بنابراین:



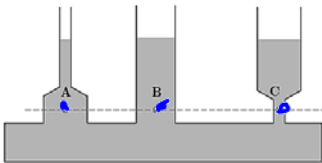
P_2 فشار شاره در نقطه ۲ و P_1 فشار شاره در نقطه ۱ است. اگر نقطه ۱ را سطح شاره که با هوا در تماس است، در نظر بگیریم و فشار هوا در این سطح را با P و فشار در عمق h از سطح شاره را با P نمایش دهیم، داریم:

$$P = \rho gh + P$$

این رابطه نشان می دهد، فشار در عمق h از سطح شاره به اندازه ρgh از فشار P در سطح شاره بیشتر است. در این رابطه چگالی (ρ)، با یکای $\frac{kg}{m^3}$ ، شتاب جاذبه گرانشی (g)، با یکای $\frac{m}{s^2}$ و فاصله تا سطح شاره (h)، با یکای متر (m) وارد می شود تا فشار بر حسب پاسکال (Pa) به دست آید.



- ✓ رابطه به دست آمده هم برای مایع ها و هم برای گازها معتبر است.
- ✓ در مایع ها، نیروی که به سطوح وارد می شود، بیشتر ناشی از وزن مایع است.
- ✓ در گازها، به ویژه، در ظرف ها و مخزن های کوچک مانند شکل مقابل، به علت چگالی کم گازها نیرویی که گاز به سطوح وارد می کند، بیسر ناشی از برخورد مولکول های گاز با آنها است.
- ✓ اختلاف فشار بین دو نقطه از شاره از رابطه مقابل محاسبه می شود: $\Delta P = \rho g \Delta h$
- ✓ با توجه به اینکه چگالی گازها خیلی کم است، در محفظه های کوچک گاز، مانند شکل مقابل، اختلاف فشار در نقاط مختلف داخل محفظه ناچیز است.
- ✓ در رابطه $P = \rho gh + P_0$ ، به P معمولاً فشار کل یا فشار مطلق می گویند.
- ✓ با توجه به رابطه ρgh در شاره ها و شکل مقابل در می یابیم:
 - ۱- فشار با فاصله از سطح شاره نسبت مستقیم دارد.
 - ۲- فشار به شکل ظرف و مساحت کف ظرف حاوی شاره بستگی ندارد.
 - ۳- در نقاط هم تراز در یک شاره، فشار شاره یکسان است.



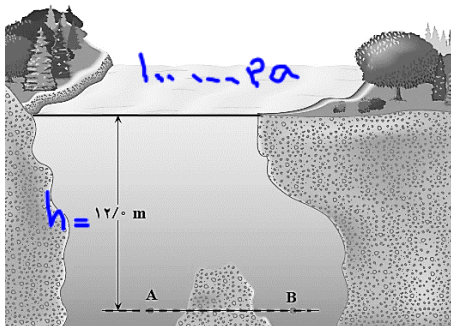
مثال: مساحت هر پنجره یک زیردریایی تفریحی $0.5 m^2$ است. فشار آب در محلی که زیردریایی قرار گرفته است $9 \times 10^5 Pa$ است. بزرگی نیرویی که آب بر سطح خارجی یکی از این پنجره ها وارد می کند، چند نیوتون است؟ (بر اساس کتاب درسی)

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow 9 \times 10^5 = \frac{F}{0.5} \rightarrow F = 4.5 \times 10^5 N$$

مثال: آزمایشی طراحی و اجرا کنید که نشان دهد با افزایش عمق در یک شاره، فشار شاره افزایش می یابد؟ (بر اساس کتاب درسی)



یک بطری پلاستیکی پر از آب را در محوطه های مختلف سوراخ می کنیم. مگ هده می شود که از سوراخ های با عمق بیشتر، آب با فشار بیشتر خارج می شود.



مثال: نقاط A و B در عمق یکسانی (۱۲m)، از سطح آب یک دریاچه قرار گرفته اند. فشار در نقطه A چه قدر است؟ در نقطه B چطور؟ $P_A = 10^5 Pa$ ، $\rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{kg}{m^3}$ و $g = 10 \frac{m}{s^2}$ (کتاب درسی)

$$P = \rho gh + P_0$$

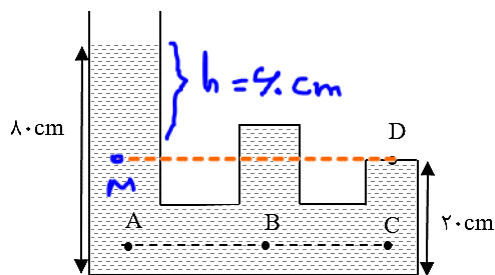
$$P_A = 1000 \times 10 \times 12 + 10^5 = 12 \times 10^4 + 10^5$$

$$P_A = 2.2 \times 10^5 Pa$$

نقطه A و B، نقطه هم تراز در یک سطح هستند پس

$$P_B = P_A = 2.2 \times 10^5 Pa$$

مثال: در ظرفی مطابق شکل، آب با چگالی $1000 \frac{kg}{m^3}$ ریخته ایم. فشار آب را در نقاط A و B و C با هم مقایسه کنید. (ب فشار ناشی از آب را در نقطه D محاسبه کنید. $g = 10 \frac{m}{s^2}$)



الف) A و B و C نقطه هم تراز در یک سطح هستند و

$$P_A = P_B = P_C$$

ب) نقطه D و M هم تراز هستند پس

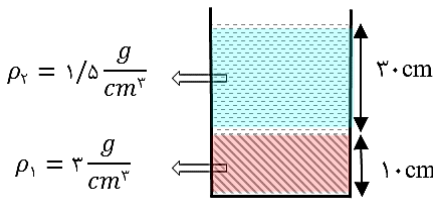
$$P_D = P_M = \rho gh = 1000 \times 10 \times 9 = 9 \times 10^4 Pa$$

مثال: الف) شناگری در عمق ۵ متری آب دریاچه ای شنا می کند. فشار ناشی از آب و همچنین فشار کل در این عمق چند پاسکال است؟
 ب) اگر مساحت پرده گوش 1cm^2 باشد، بزرگی نیرویی که به پرده گوش این شناگر وارد می شود، چند نیوتون است؟

$P = 1.0^5 \text{ Pa}$ ، $\rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ و $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ (بر اساس کتاب درسی)

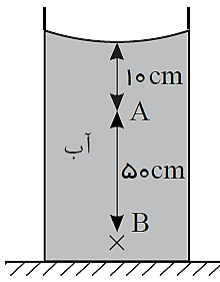
الف) $P_{\text{کل}} = \rho g h = 1000 \times 10 \times 5 = 50000 \text{ Pa}$
 $P_{\text{کل}} = \rho g h + P_0 = 50000 + 1.0^5 = 105000 \text{ Pa}$

ب) $P = \frac{F}{A} \rightarrow 105000 = \frac{F}{1 \times 10^{-4}}$
 $F = 105 \text{ N}$



مثال: در شکل مقابل فشار ناشی از دو مایع در کف ظرف چند پاسکال است؟ $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$P_{\text{کف}} = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 = 3000 \times 10 \times 1 + 1200 \times 10 \times 3 = 48000 \text{ Pa}$
 $P_{\text{کف}} = 48000 + 10000 = 58000 \text{ Pa}$



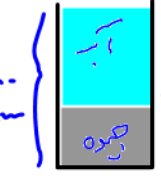
مثال: در شکل مقابل، فشار در نقطه B چند برابر فشار در نقطه A است؟ (سراسری-۸۹)

$\rho_{\text{آب}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ، $P_0 = 9/9 \times 10^4 \text{ Pa}$ و $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$P_B = \rho g h_B + P_0$
 $P_A = \rho g h_A + P_0 \rightarrow \frac{P_B}{P_A} = \frac{1000 \times 10 \times 4 + 99000}{1000 \times 10 \times 7 + 99000} = 1.5$
 $\frac{P_B}{P_A} = \frac{1.5}{1} = 1.5$

- ۶ (۱)
- ۵ (۲)
- ۴ (۳)
- ۲ (۴)

مثال: در یک ظرف استوانه ای مقدار ۴۰۰ گ جیوه و ۱۰۰۰ گ آب ریخته ایم. مجموع ارتفاع این دو مایع در ظرف ۱۰۰ cm است. فشار ناشی



از دو مایع در کف ظرف چند پاسکال است؟ $\rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ، $\rho_{\text{جیوه}} = 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ و $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\rho_1 V_1}{\rho_2 V_2} \rightarrow \frac{1000}{13600} = \frac{1}{136} \times \frac{A \times h_1}{A \times h_2} \rightarrow \frac{h_1}{h_2} = \frac{136}{1} = 136$
 $h_1 + h_2 = 100 \rightarrow 136 h_2 + h_2 = 100 \rightarrow h_2 = \frac{100}{137} \text{ cm}$
 $h_1 = \frac{136}{137} \times 100 \text{ cm}$
 $P_{\text{کف}} = 13600 \times 10 \times \frac{100}{137} + 1000 \times 10 \times \frac{100}{137} = 13700 \text{ Pa}$

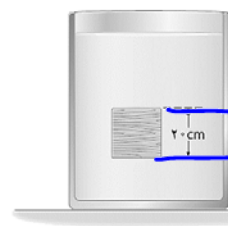
مثال: دو مایع A و B را که چگالی آنها $\rho_A = 1/2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ و $\rho_B = 0/6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ است را با یکدیگر مخلوط کرده و در یک ظرف استوانه ای می

ریزیم. اگر $1/3$ حجم مخلوط از مایع A و بقیه آن از مایع B و ارتفاع مخلوط در ظرف ۷۵ سانتی متر باشد، فشار وارد از طرف مخلوط بر کف

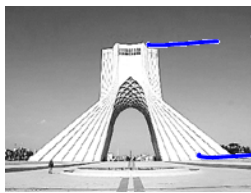
ظرف چند پاسکال است؟ $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ (سراسری-۹۵)

$P_{\text{کف}} = \rho_A h_A + \rho_B h_B = 0.5 \times 50 + 0.6 \times 25 = 23.75 \text{ g/cm}^3$
 $P_{\text{کف}} = 23750 \text{ Pa}$
 $P_{\text{کف}} = \rho g h = 23750 \times 10 \times \frac{75}{100} = 17812.5 \text{ Pa}$

مثال: جسمی مکعبی به طول ضلع ۲۰ cm درون شاره ای غوطه ور و در حال تعادل است (شکل مقابل). فشار در بالا و زیر جسم به ترتیب برابر ۱۰۰ و ۱۰۵ کیلوپاسکال است. چگالی شاره چند کیلوگرم بر متر



$P_1 = 100 \text{ kPa}$
 $P_2 = 105 \text{ kPa}$
 $P_2 - P_1 = \Delta P = \rho g h = 5000 \text{ Pa}$
 $\Delta P = \rho g \Delta h \rightarrow 5000 = \rho \times 10 \times 0.2$
 $\rho = \frac{5000}{2} = 2500 \text{ kg/m}^3$



مثال: اختلاف بین فشار هوای بالا و پایین برج آزادی، با ارتفاع ۴۵ متر چقدر است؟ چگالی هوا را تقریباً

$$\Delta P = \rho g \Delta h = 1 \times 10 \times 45 = 450 \text{ Pa}$$

در نظر بگیرید. $g = 10 \frac{m}{s^2}$ (کتاب درسی)

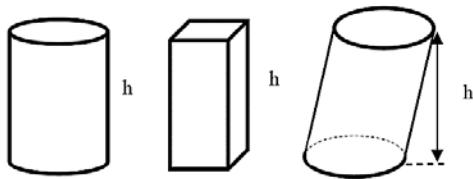
مثال: در شکل زیر، سه مایع مخلوط نشدنی با چگالی های مشخص، قرار دارد و ارتفاع هر لایه از مایع ها ۲۰ cm است. اگر $AB = 40 \text{ cm}$ و $BC = 10 \text{ cm}$ باشد، اختلاف فشار بین دو نقطه A و B چند پاسکال است؟ $g = 10 \frac{m}{s^2}$ (خارج از کشور - ۹۹ - تجربی)

$P_A + 10 \times 10 \times 0.8 + 10 \times 10 \times 1 + 20 \times 10 \times 2 = P_B$ (۱)
 2600 (۲)
 $P_B - P_A = 100 + 2000 = 2100 = 210 \text{ Pa}$ (۳)
 4800 (۴) ✓

مثال: مساحت کف ظرفی 20 cm^2 است و در ظرف تا ارتفاع ۱۰ cm مایعی به چگالی $3000 \frac{kg}{m^3}$ ریخته ایم. نیرویی که مایع به کف ظرف وارد می کند چند نیوتون است؟ $g = 10 \frac{m}{s^2}$

$$P_{\text{میع}} = \rho g h = 3000 \times 10 \times 0.1 = 3000 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{میع}} = \frac{F_{\text{میع}}}{A} \rightarrow F_{\text{میع}} = 3000 \times 20 \times 10^{-4} = 6 \text{ N}$$



✓ در ظرف های منشوری شکل، مانند شکل های مقابل، نیروی وارد بر کف ظرف از طرف مایع با وزن مایع درون ظرف هم اندازه است.

مثال: ابعاد ظرف استوانه ای B دو برابر ابعاد ظرف استوانه ای A است. ظرف A را پر از آب می کنیم (هم جرم با آب در استوانه B جیوه می ریزیم. فشاری که آب بر کف ظرف وارد می کند، چند برابر فشاری است که جیوه بر کف ظرف B، وارد می کند؟ $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \rho_{\text{آب}}$ (خارج از کشور - ۹۶ -)

$F_A = F_B$ (همان وزن مایع است)
 $\frac{P_A}{P_B} = \frac{F_A}{F_B} = 4$
 $\frac{1}{4}$ (۲)
 $\frac{1}{13/6}$ (۱)
 4 (۴) ✓
 $13/6$ (۳)

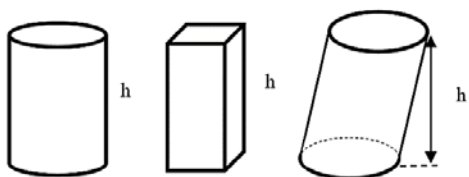
مثال: در سه ظرف مطابق شکل، که مساحت کف آنها با هم برابر است، تا ارتفاع مساوی آب ریخته ایم. (الف) وزن مایع درون ظرف ها را با هم مقایسه کنید. (ب) فشار آب در کف ظرف ها را با هم مقایسه کنید. (پ) نیروی وارد بر کف هر ظرف را با وزن مایع درون آن ظرف مقایسه کنید.

(الف)

$$W_2 > W_1 > W_3$$

(ب) $P = \rho g h \Rightarrow P_1 = P_2 = P_3$

(پ) $F_1 = W_1$ و $F_2 < W_2$ و $F_3 > W_3$



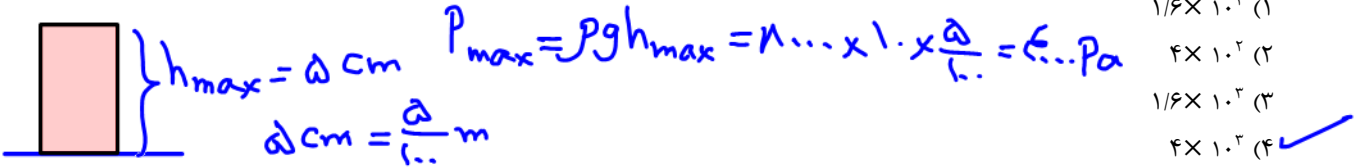
✓ برای اجسام جامد منشوری شکل، مطابق شکل های مقابل، وقتی روی یک سطح افقی قرار می گیرند، نیز می توان فشار ناشی از وزن جسم بر سطح تماس اش با سطح تکیه گاه را از رابطه $P = \rho g h$ محاسبه کرد. یکاهای SI در رابطه فوق فراموش نشود.

$$P = \frac{m g}{A}$$

مثال: یک مکعب چوبی به چگالی 1000 kg/m^3 و طول ضلع 20 cm روی یک سطح افقی قرار دارد. فشاری که مکعب بر سطح تماس خود وارد می کند، چند پاسکال است؟ $g = 10 \frac{m}{s^2}$



مثال: مکعب فلزی تو پُری به ابعاد $5 \text{ cm} \times 4 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$ و چگالی $8 \frac{g}{cm^3}$ از طرف یکی از وجه هایش روی سطح افقی قرار می گیرد. بیشترین فشاری که مکعب می تواند بر سطح وارد کند، چند پاسکال است؟ $g = 10 \frac{m}{s^2}$ (سراسری-۹۸-ریاضی)



یکای سانتی متر جیوه (cmHg) ✓

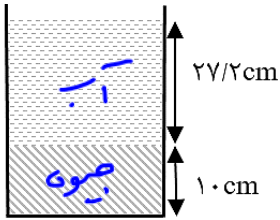
یکی از یکاهایی که برای فشار استفاده می شود، سانتی متر جیوه (cmHg) است. مثلاً وقتی می گوئیم، فشاری 10 cmHg است به این معنا است که فشار مورد نظر، معادل فشار وارد بر کف ظرفی است که تا ارتفاع 10 cm در آن جیوه ریخته شده است. برای

تبدیل فشار، از پاسکال به سانتی متر جیوه و بر عکس همواره از رابطه مقابل استفاده می کنیم $P_{(Pa)} = (\rho g h)_{Hg}$

توجه داریم که در این رابطه، h بر حسب متر وارد و یا به دست می آید.

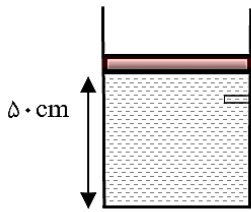
مثال: الف) 95200 پاسکال برابر چند cmHg است؟ ب) 20 cmHg برابر چند پاسکال است؟ $g = 10 \frac{m}{s^2}$

الف) $95200 \text{ Pa} = (\rho g h)_{Hg} \rightarrow 95200 = 13600 \times 10 \times h_{Hg} \rightarrow h_{Hg} = 0.7 \text{ m} = 70 \text{ cm} \rightarrow P = 70 \text{ cmHg}$
 ب) $P_{(Pa)} = (\rho g h)_{Hg} \rightarrow P = 13600 \times 10 \times 0.2 = 27200 \text{ Pa}$



مثال: در ظرفی مطابق شکل، جیوه و آب ریخته ایم. فشار ناشی از این دو مایع بر کف ظرف چند سانتی

متر جیوه است؟ $\rho_{\text{آب}} = 1 \frac{g}{cm^3}$ و $\rho_{\text{جیوه}} = 13.6 \frac{g}{cm^3}$
 $P_{\text{جیوه}} = 10 \text{ cmHg}$
 $P_{\text{آب}} = 7 \text{ cmHg} \rightarrow (\rho g h)_{\text{آب}} = (\rho g h)_{\text{جیوه}} \rightarrow 1 \times 27.2 = 13.6 \times h_{\text{جیوه}} \rightarrow h_{\text{جیوه}} = 2 \text{ cm} \rightarrow P_{\text{آب}} = 2 \text{ cmHg}$
 $P_{\text{کف}} = 2 + 10 = 12 \text{ cmHg}$



مثال: در شکل مقابل جرم پیستون 3 kg و شعاع آن 4 cm است. الف) فشار حاصل

از پیستون و مایع درون ظرف، در کف ظرف چند پاسکال است؟ ب) این فشار برابر

چند سانتی متر جیوه است؟ $\pi \approx 3$ و $\rho_{\text{جیوه}} = 13.6 \frac{g}{cm^3}$

$P = P_{\text{مایع}} + P_{\text{پیستون}} \rightarrow P = \rho g h + \frac{mg}{A} = 19 \times 10 \times 0.05 + \frac{3 \times 10}{3 \times 16 \times 10^{-4}}$
 $P = 27200 \text{ Pa}$

ب) $P = (\rho g h)_{Hg} \rightarrow 27200 = 13600 \times 10 \times h_{Hg} \rightarrow h_{Hg} = 0.2 \text{ m} = 20 \text{ cm} \rightarrow P = 20 \text{ cmHg}$

مثال: لوله بلندی به صورت قائم نگه داشته شده و در آن تا ارتفاع 4 cm جیوه ریخته شده است. اگر فشار هوا $1.0334 \times 10^5 \text{ Pa}$ باشد،

ارتفاع جیوه درون لوله را به چند سانتی متر برسانیم تا فشار در ته لوله دو برابر شود؟ $g = 10 \frac{m}{s^2}$ و $\rho_{\text{جیوه}} = 13.6 \frac{g}{cm^3}$ (سراسری-۹۷)

$1.0334 \text{ Pa} = ? \text{ cmHg} \rightarrow 1.0334 \times 10^5 = 13600 \times 10 \times h_{Hg} \rightarrow h_{Hg} = 0.74 \text{ m} = 74 \text{ cm}$
 $P_1 = 74 \text{ cmHg}$

$P = P_{\text{جیوه}} + P_0 = 4 + 74 = 78 \text{ cmHg}$ و $P' = 2P = 156 \text{ cmHg}$ و $P' = P_{\text{جیوه}} + P_0 \rightarrow 156 = P_{\text{جیوه}} + 74$