

# 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 بروودت 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

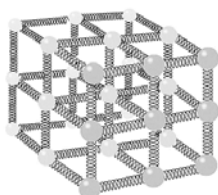
مواد از ذره های ریزی به نام اتم یا مولکول ساخته شده اند. اندازه اتم ها حدود یک تا چند انگستروم ( $1\text{Å} = 10^{-10}\text{m}$ ) است و اندازه مولکول ها بستگی به این دارد که از چند اتم ساخته شده باشند. اندازه برخی از درشت مولکول ها مانند بسیار ها (پلیمرها) می تواند تا ۱۰۰۰ انگستروم نیز باشد. ذره های 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.

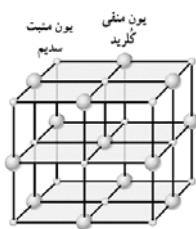
**گاز:** ماده ای است که شکل مشخصی ندارد. اتم ها و مولکول های آن آزادانه و با تندی بسیار زیاد به اطراف حرکت و با یکدیگر و با دیواره های ظرفی که در آن قرار دارند، بر خورد می کنند. فاصله میانگین مولکول های گاز در مقایسه با اندازه آنها خیلی بیشتر است. مثلاً اندازه مولکول های هوا بین ۱ تا ۳ انگستروم است،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



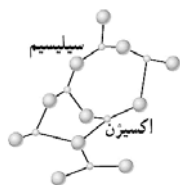
مدلی از ساختار یک جامد که از میلیاردها میلیارد پخش، مانند این تشکیل شده است.

✓ **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.



سیلیسیم  
اکسیژن

**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.



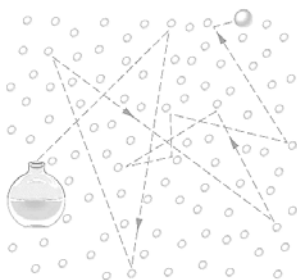
**پدیده پخش در مایعات:** اگر مقداری نمک را در یک لیوان آب بریزیم، پس از مدتی آب، شور می شود. اگر چند قطره جوهر را به آب درون لیوانی اضافه کنیم به تدریج رنگ آب تغییر می کند. به این پدیده ها، پخش ذرات نمک و جوهر در آب می گویند.



**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 زیادی 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؟

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

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

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

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

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

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.

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.

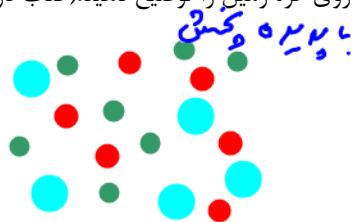
ج) اتم های جامد های ... (بلورین-بی شکل) در طرح های منظمی کنار هم قرار می گیرند.

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؟

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.

(ب) لیوان آب را کج می کنیم و سطح آب افقی می ماند.

(پ) قطره جوهر را در آب می اندازیم و همه آب رنگ جوهر را می گیرد.

(ت) بوی عطری که از یک شیشه عطر منتشر می شود، همه اتاق را فرا می گیرد.

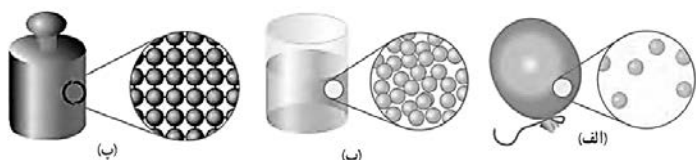
۱۳- صنعتگران قلم زن، چگونه از شل و سفت شدن قیر کمک می گیرند تا بدون سوراخ شدن فلز، بر روی آن نقش و نگارهای متنوعی ایجاد کنند؟ (کتاب درسی)

**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

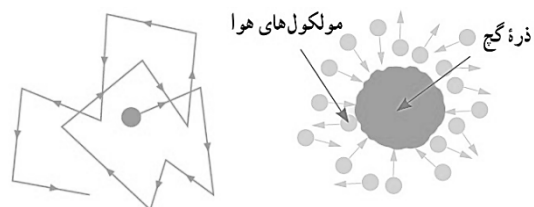
فراگرفته اید بیان کنید. (کتاب درسی)



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 شش دانگ به**  
**ع - روغن برای هس اصطکاک**  
**غاز - 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، شاهدهی بر وجود مولکول های هواست. (کتاب درسی)

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 بادکنک خارج 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

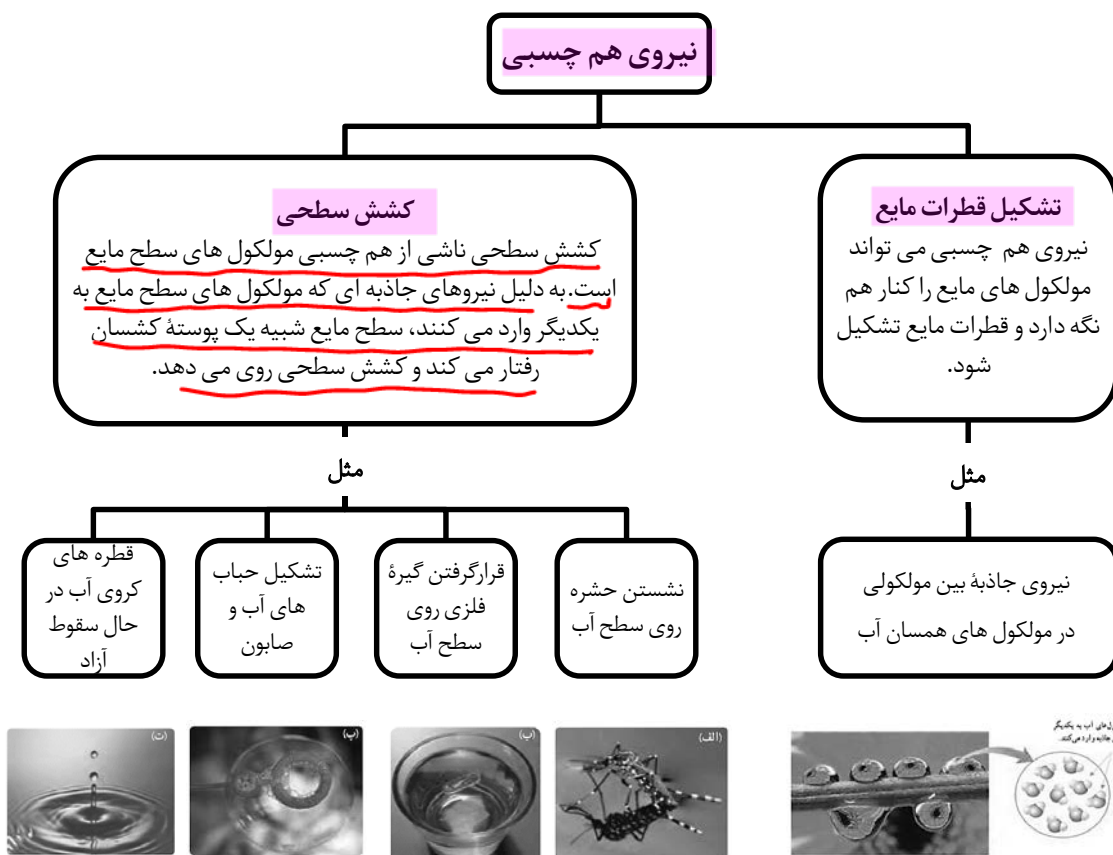
نیروهای بین مولکولی در فواصل کم (در مقایسه با فاصله بین مولکولی) دافعه و در فواصل کمی بیشتر (در مقایسه با فاصله بین مولکولی) جاذبه هستند.

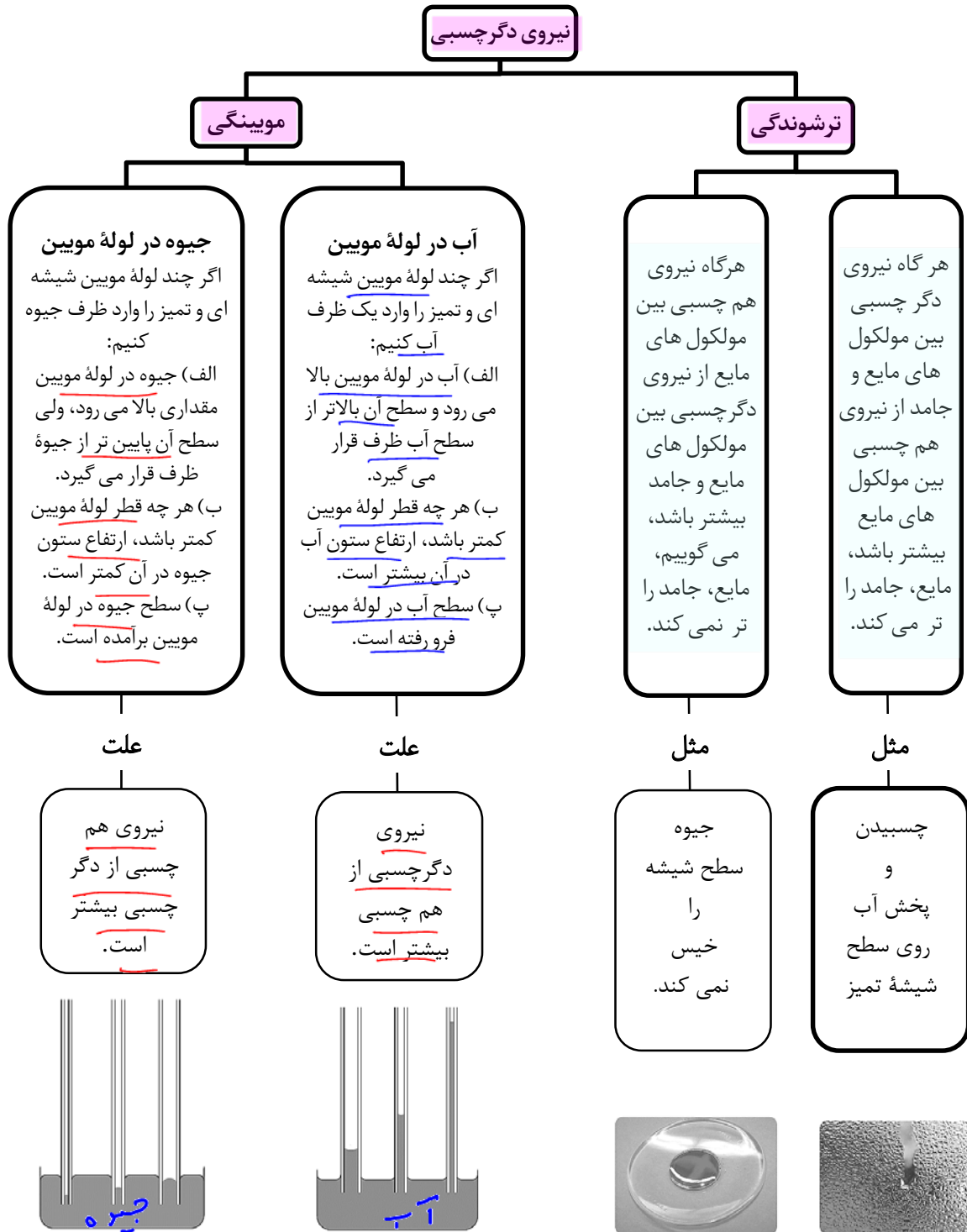
## جاذبه یا دافعه بودن نیروی بین مولکولی در مایع

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 موینگی در لوله های با قطر داخلی بزرگ تر از لوله های موین 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 موینگی هستند.

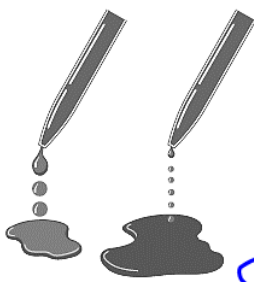
**مثال:** وقتی شیشه می شکند با نزدیک کردن قطعه های آن به هم نمی توان اجزای شیشه را دوباره به هم چسباند؛ ولی اگر قطعه های شیشه را آن قدر گرم کنیم که نرم شوند می توان آنها را به هم چسباند. این پدیده ها را با توجه به کوتاه برد بودن نیروهای بین مولکولی توجیه کنید. (کتاب درسی)

**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.

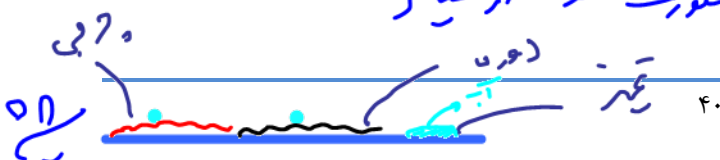


**مثال:** شکل مقابل خروج قطره های روغن با دمای متفاوت را از دهانه دو قطره چکان نشان می دهد. الف) توضیح دهید در کدام شکل دمای قطره های روغن کمتر است؟ ب) افزایش دما چه تأثیری بر نیروی هم چسبی مولکول های یک مایع می گذارد؟ پ) چرا هنگام شستن ظروف، افزون بر استفاده از مایع ظرف شویی، ترجیح می دهیم از آب گرم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

الف) افزایش دما هم چسبی را کاهش می دهد و اندازه حوان روغن کوچکتر می شود. پس شدت چسبندگی روغن کمتر می شود. ب) کاهش دما هم چسبی را افزایش می دهد، اندازه بزرگتر های روغن کوچکتر شده و در آب فرو می آید.

**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)

بزرگی در چسبیدن آب و دوده یا مین آب و برین کمر از بزرگی هم چسبی بین خود مولکول های آب است و آب به صورت قطره بسیار





تمرین ۲

۱۸- مفاهیم زیر را تعریف کنید.

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-دگرچسبی) 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.

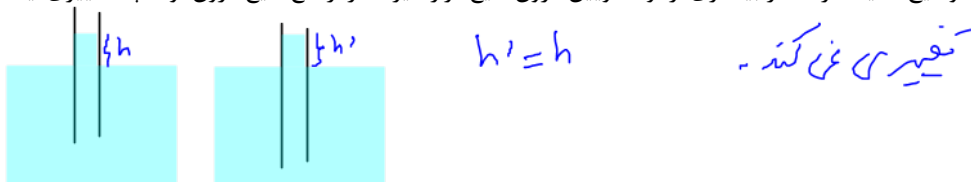
ر) وقتی سطح شیشه چرب شود، آب روی آن به صورت ... (پخش شده-قطره) در می آید، زیرا نیروی دگر چسبی ... (بیشتر-کمتر) از نیروی هم چسبی می شود.

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

الف) کروی بودن قطرات باران:

ب) اثر دما بر اندازه قطره های روغن:

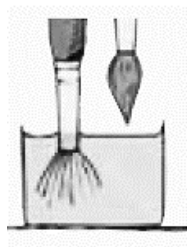
۲۱- توضیح دهید اگر مقدار بیشتری از لوله موئین درون مایع قرار گیرد، در ارتفاع مایع درون لوله چه تغییری ایجاد می شود؟



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.

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)

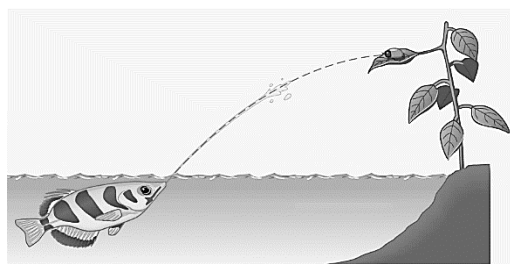
**پاسخ:** وقتی قلم مو را از آب بیرون می کشیم، نیروی هم چسبی مولکول های آب سبب می شود تا لایه ای از آب در اطراف موهای قلم تشکیل شود و موهای قلم به یکدیگر بچسبند.



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 'b' قطر بیشتری دارد.**  
**ب) چون سطح مایع در لوله از سطح مایع در لوله 'a' کمتر 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)



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

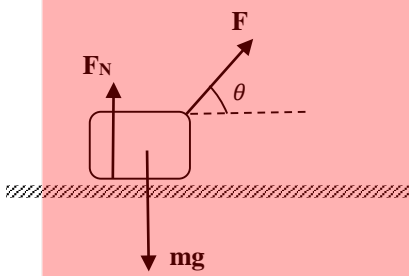
۵ (۴)

۴ (۳)

۳ (۲)

۲ (۱)

نیروی عمودی تکیه گاه

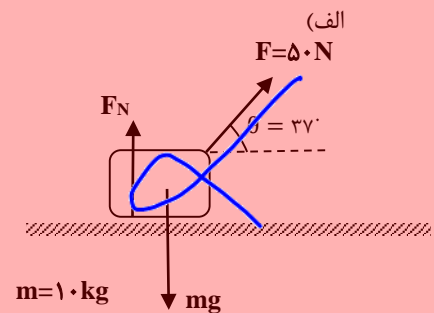


هرگاه جسمی روی یک سطح قرار گیرد، از طرف سطح در راستای عمود بر سطح به جسم نیرویی به طرف خارج سطح وارد می شود، که به آن نیروی عمودی سطح می گویند و با  $F_N$  نمایش می دهند. برای محاسبه این نیرو، وقتی مطابق شکل جسمی روی یک سطح قرار دارد و به آن نیروهایی وارد می شود، به مؤلفه های عمود بر سطح نیروهای وارد 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:

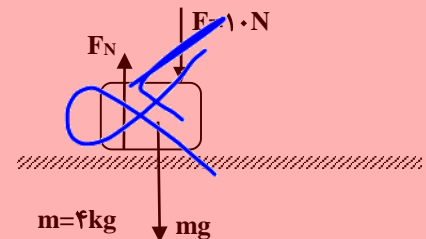
$$\sum F_{\text{عمود بر سطح}} = ma \rightarrow F \sin \theta + F_N - mg = 0 \rightarrow F_N = mg - F \sin \theta$$

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.

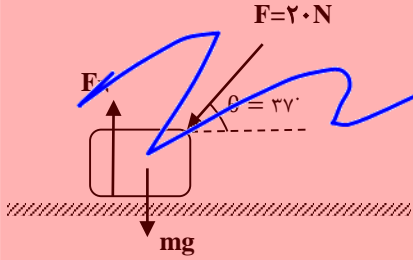
✓ یکی از تبدیل یکه های پر کاربرد، تبدیل یکای  $cm^2$  به  $m^2$  است و  $1 cm^2 = 10^{-4} m^2$  است.

✓ 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 ۵kg روی یک سطح افقی قرار دارد. مساحت سطح تماس جسم با سطح افقی  $20 \text{ cm}^2$  است. فشاری که جسم به سطح تماس وارد می کند، چند پاسکال است؟  $g = 10 \frac{m}{s^2}$

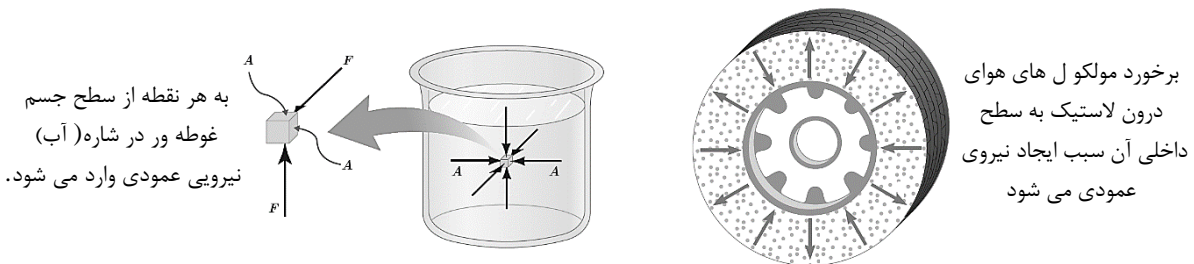
$$P = \frac{mg}{A} \rightarrow P = \frac{5 \times 10}{20 \times 10^{-4}} = 250 \times 10^4 \text{ Pa}$$

**مثال:** در شکل مقابل، جرم جسم ۵kg و مساحت سطح تماس آن با سطح تکیه گاه  $20 \text{ cm}^2$  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:

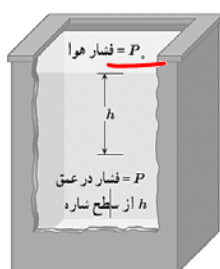
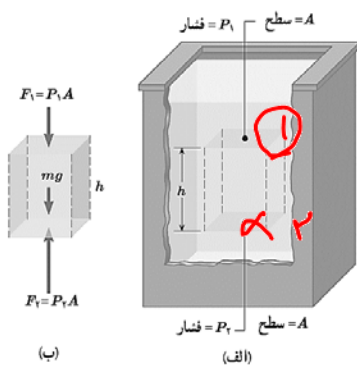
$$P_2 A = P_1 A + mg$$

حجم قسمت مشخص شده از شاره برابر  $V = A \times h$  است. اگر چگالی شاره  $\rho$  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  $P_0$  و فشار در عمق  $h$  از سطح شاره را با  $P$  نمایش دهیم، داریم:

$$P = \rho gh + P_0$$

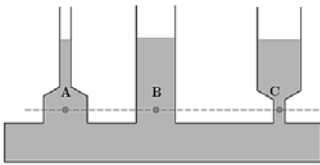
این رابطه نشان می دهد، فشار در عمق  $h$  از سطح شاره به اندازه  $\rho gh$  از فشار  $P_0$  در سطح شاره بیشتر است. در این رابطه چگالی ( $\rho$ )، با یکای  $\frac{kg}{m^3}$ ، شتاب جاذبه گرانشی ( $g$ )، با یکای  $\frac{m}{s^2}$  و فاصله تا سطح شاره ( $h$ )، با یکای متر ( $m$ ) وارد می شود تا فشار بر حسب 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.

$$\Delta P = \rho g \Delta h$$

- ✓ اختلاف فشار بین دو نقطه از شاره از رابطه مقابل محاسبه می شود:
- ✓ 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  $P_0$  معمولاً فشار کل یا فشار مطلق می گویند.
- ✓ با توجه به رابطه  $\rho gh$  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.

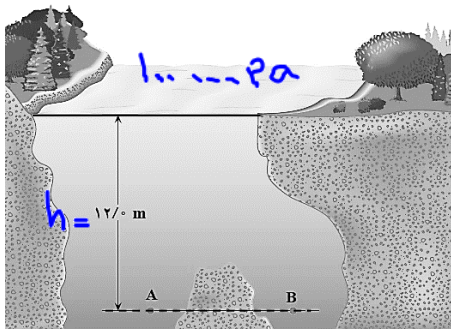
مثال: مساحت هر پنجره یک زیردریایی تفریحی  $0.5 \text{ m}^2$  است. فشار آب در محلی که زیردریایی قرار گرفته است  $9 \times 10^5 \text{ Pa}$  است. بزرگی نیرویی که آب بر سطح خارجی یکی از این پنجره ها وارد می کند، چند نیوتون است؟ (بر اساس کتاب درسی)

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

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 پستیکی پر از آب را در عمق 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؟  $P_A = 10^5 \text{ Pa}$ ،  $\rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  و  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  (کتاب درسی)

$$P = \rho gh + P_0$$

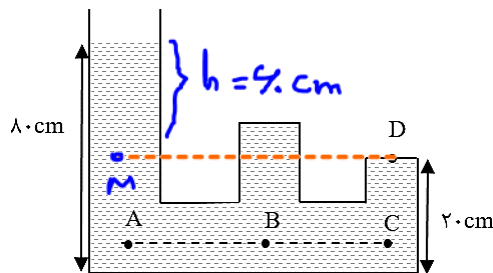
$$P_A = 1000 \times 10 \times 12 + 10^5 = 12 \times 10^4 + 10^5$$

$$P_A = 212 \times 10^3 \text{ Pa}$$

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

$$P_B = P_A = 212 \times 10^3 \text{ Pa}$$

مثال: در ظرفی مطابق شکل، آب با چگالی  $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  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.  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )



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

$$P_A = P_B = P_C$$

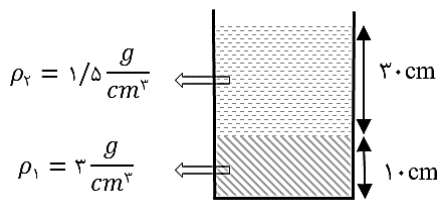
ب) نقطه D و M هم تراز هستند پس

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

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  $1\text{cm}^2$  باشد، بزرگی نیرویی که به پرده گوش این شناگر وارد می شود، چند نیوتون است؟

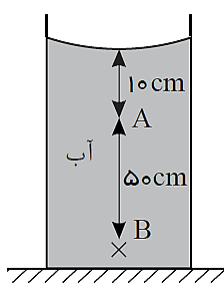
الف)  $P_{\text{کل}} = \rho g h = 1000 \times 10 \times 5 = 50000\text{ Pa}$   
 $P = \rho g h + P_0 = 50000 + 10^5 = 150000\text{ Pa}$

ب)  $P = \frac{F}{A} \rightarrow 150000 = \frac{F}{1 \times 10^{-4}}$   
 $F = 15\text{ N}$



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

$P_{\text{کف}} = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 = 3000 \times 10 \times 1 + 12000 \times 10 \times 1.5$   
 $P_{\text{کف}} = 30000 + 180000 = 210000\text{ Pa}$



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

$P_B = \rho g h_B + P_0$   
 $P_A = \rho g h_A + P_0 \rightarrow \frac{P_B}{P_A} = \frac{1000 \times 10 \times 4 + 99000}{1000 \times 10 \times 1 + 99000} = \frac{1.05}{1.01}$   
 $\frac{P_B}{P_A} = \frac{1.05}{1.01} = \frac{21}{20}$

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

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

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

ریزیم. اگر  $\frac{1}{3}$  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؟  $g = 10 \frac{m}{s^2}$  (سراسری-۹۵)

- ۶۰۰۰ (۱)
- ۶۷۵۰ (۲)
- ۹۰۰۰ (۳)
- ۹۷۵۰ (۴)

مثال: جسمی مکعبی به طول ضلع ۲۰cm 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

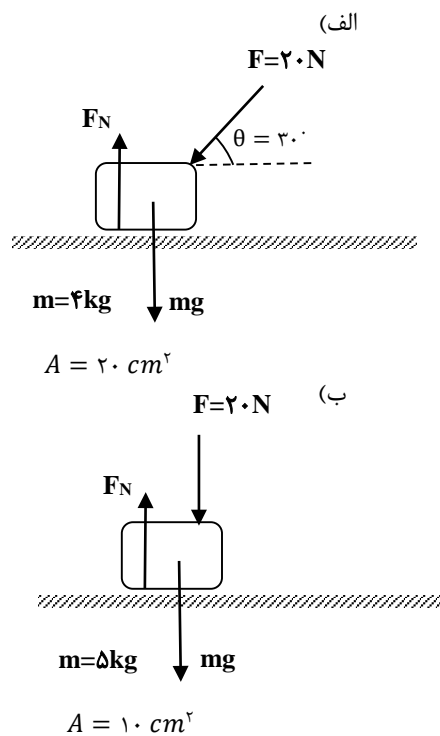
مکعب است؟  $g = 10 \frac{m}{s^2}$  (کتاب درسی)



تمرین ۳

«هر کجا لازم بود  $g = 10 \frac{m}{s^2}$  است.»

۲۹- در هر مورد، نیروی عمودی تکیه گاه و فشاری که جسم به سطح تماس خود وارد می کند را محاسبه کنید. (A مساحت سطح تماس است.)



۳۰- دو استوانه هم جنس و توپُر از طرف قاعده، روی یک سطح افقی قرار دارند. اگر مساحت سطح تماس و ارتفاع یکی از آنها دو برابر مساحت سطح تماس و ارتفاع دیگری باشد، فشار وارد بر سطح تماس از استوانه بزرگتر چند برابر دیگری است؟

۳۱- علت هر یک از پدیده های زیر را توضیح دهید.

(الف) پاشنه نوک تیز به کف چوبی اتاق بیشتر صدمه می زند.

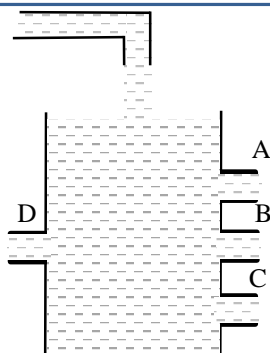
(ب) استفاده از چوب اسکی بر روی برف.

(پ) چاقوی تیز، اجسام را بهتر می بُرد.

(ت) در تانک ها و برخی ماشین های راه سازی، به جای چرخ از زنجیر شنی استفاده می شود.

(ث) زیر بنای ساختمان ها و پل ها را با بتن و میلگرد می پوشانند و سپس پایه های ساختمان را روی آن بنا می کنند.

۳۲- یک مکعب مستطیل به ابعاد  $20\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 5\text{ cm}$  روی یک سطح افقی قرار دارد. اختلاف بیشترین و کمترین فشار مکعب مستطیل بر سطح تماسش، برابر  $4500\text{ Pa}$  است. چگالی آن چند واحد SI است؟



۳۳- در شکل مقابل، آهنگ ورود و خروج آب برابر است و سطح آب در ارتفاع ثابتی قرار دارد. الف) چگونگی خروج آب از سوراخ های A و B و C و D را در شکل نمایش دهید. ب) این آزمایش دو ویژگی از فشار مایع را نشان می دهد، آنها را بیان کنید.

۳۴- فشار در عمق  $h$  از سطح دریا ( $P$ ) را با فشار در عمق  $2h$  از سطح دریا ( $P'$ ) مقایسه کنید.

۳۵- قطر داخلی استوانه بلندی  $2\text{cm}$  است. اگر آن را به طور قائم نگه داشته و  $157\text{cm}^3$  آب در آن بریزیم، فشار حاصل از آب در ته

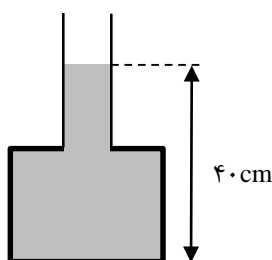
استوانه چند پاسکال می شود؟  $\rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,  $\pi = 3/14$  (سراسری-۸۷)

۱۵۰ (۱)

۳۰۰ (۲)

۲۵۰۰ (۳)

۵۰۰۰ (۴)



۳۶- در شکل مقابل، اگر بیشینه نیرویی که کف ظرف می تواند از طرف جیوه تحمل کند،  $135\text{N}$  باشد، حداکثر چند سانتی متر جیوه می توان به ارتفاع جیوه در لوله اضافه کرد، تا کف ظرف

شکسته نشود؟  $A = 20\text{ cm}^2$  و  $\rho_{\text{جیوه}} = 13500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  (سراسری-۹۱-تجربی)

۵ (۱)

۱۰ (۲)

۲۰ (۳)

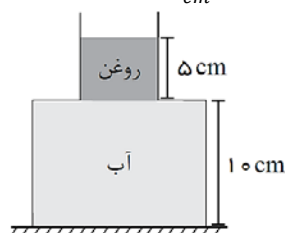
۹۰ (۴)

۳۷- یک لوله استوانه ای قائم تا ارتفاع  $10\text{cm}$  از جیوه پر شده است. اگر قطر داخلی لوله  $2\text{cm}$  باشد، نیرویی که از طرف جیوه بر ته لوله

وارد می شود، تقریباً چند نیوتون است؟  $\pi \approx 3$  و  $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

۳۸- در شکل زیر، ظرف از دو قسمت استوانه ای تشکیل شده است که سطح مقطع استوانه ها  $10\text{ cm}^2$  و  $50\text{ cm}^2$  است. نیرویی که از

طرف مایع ها بر کف ظرف وارد می شود، چند نیوتون است؟ چگالی روغن و آب به ترتیب  $0/8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  و  $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  است.



(خارج از کشور-۹۴)

۵/۴ (۱)

۶/۶ (۲)

۶ (۳)

۷ (۴)