جمع‌بندی فصل اول در یک نگاه

اندازه‌گیری

کمیت‌ها

تقسیم‌بندی از دیدگاه اصلی یا فرعی

کمیت‌ها و یکاهای اصلی

طول	(m)
جرم	(gr)
زمان	(s)
دما	(K)
مقدار ماده	(mol)
جریان الکتریکی	(A)
شدت روشنایی	(cd)

کمیت‌های فرعی

هرکمیتی به‌جز هفت کمیت اصلی

تقسیم‌بندی از دیدگاه برداری یا نرده‌ای

برداری

دارای راستا وجهت هستند و از جمع برداری تبعیت می‌کنند مانند نیرو، سرعت، میدان الکتریکی و ...

نرده‌ای

دارای جهت نیستند و فقط دارای اندازه هستند مانند طول، دما، جرم، فشار، انرژی، کار و ...

خطا

وسایل درجه‌بندی

$\pm \frac{1}{2}$ (دقت)

وسایل دیجیتالی (رقمی)

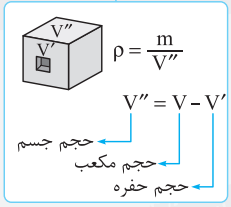
± 1 (دقت)

چگالی

رابطهٔ اصلی

$$\rho = \frac{m}{V}$$

محاسبهٔ حجم حفره



$$\rho = \frac{m}{V''}$$

$$V'' = V - V'$$

- حجم جسم
- حجم مکعب
- حجم حفره

چگالی مخلوط

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_{\text{کل}}}{V_{\text{کل}}} = \frac{m_1 + m_2 + \dots}{V_1 + V_2 + \dots}$$

پیشوند یکاها

ترا	$(T)10^{12}$	
گیگا	$(G)10^{9}$	
مگا	$(M)10^{6}$	
کیلو	$(k)10^{3}$	
هکتو	$(h)10^{2}$	
دکا	$(da)10^{1}$	
دسی	$(d)10^{-1}$	
سانتی	$(c)10^{-2}$	
میلی	$(m)10^{-3}$	
میکرو	$(\mu)10^{-6}$	
نانو	$(n)10^{-9}$	
پیکو	$(p)10^{-12}$	

فصل اول
فیزیک و اندازه‌گیری

مرحلهٔ (۱) معرفی دانش بنیادی فیزیک

تعاریف اولیه

فیزیک از بنیادی‌ترین دانش‌ها و شالودهٔ تمامی مهندسی‌ها و فناوری‌هایی است که به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم در زندگی ما نقش دارند.

فیزیک‌دانان، پدیده‌های گوناگون طبیعت را مشاهده می‌کنند و می‌کوشند الگوها و نظم‌های خاصی میان این پدیده‌ها بیابند. دانشمندان فیزیک برای توصیف پدیده‌های مورد بررسی از قوانین، اصول و مدل‌ها استفاده می‌کنند که در ادامه با آن‌ها آشنا می‌شویم.

الف) **قانون:** رابطهٔ بین چند کمیت فیزیکی است. قوانین دربرگیرندهٔ وسیعی از پدیده‌های گوناگون طبیعت معتبر هستند. مانند قانون بقای انرژی و یا قانون‌های نیوتون.

ب) **اصل:** برای توصیف دامنهٔ محدودتری از پدیده‌های فیزیکی که عمومیت کمتری دارند، اغلب از اصطلاح اصل استفاده می‌شود. مانند اصل پاسکال یا اصل ارشمیدس. در ادامه با مدل‌ها و چگونگی مدل‌سازی در فیزیک آشنا می‌شوید.

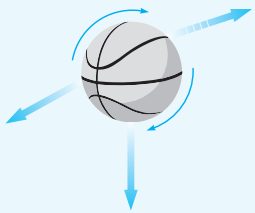
مدل‌سازی

مدل‌سازی فرایندی است که طی آن یک پدیدهٔ فیزیکی، آن‌قدر ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود.

نکته هنگام مدل‌سازی یک پدیدهٔ فیزیکی، باید اثرهای جزئی‌تر را نادیده گرفته، امّا اثرهای مهم و تعیین‌کننده را در نظر بگیریم.

در ادامه با یک مثال مهم از مدل‌سازی آشنا می‌شویم:

مثال **حرکت توپ بسکتبال در هوا:**

شکل واقعی: 	پیچیدگی‌ها: ۱) توپ هنگام حرکت می‌چرخد. ۲) وزن توپ با تغییر ارتفاع تغییر می‌کند. ۳) مقاومت هوا و باد به توپ نیرو وارد می‌کنند. ۴) توپ یک کرهٔ کامل نیست و درزها و برجستگی‌هایی دارد.
شکل مدل:	فرض‌ها: ۱) از چرخش توپ صرف‌نظر می‌کنیم. ۲) وزن توپ را ثابت فرض می‌کنیم. ۳) اثر مقاومت هوا و باد را نادیده می‌گیریم. ۴) از ابعاد توپ صرف‌نظر کرده و آن را مانند یک نقطه (یک ذره) در نظر می‌گیریم.

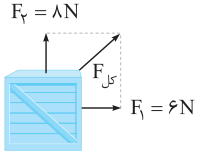
مرحلهٔ (۲) معرفی کمیت‌ها و یکاها

به هر پدیده‌ای که در فیزیک قابل اندازه‌گیری است، کمیت گفته می‌شود. در ادامه با انواع مختلف کمیت‌ها آشنا می‌شویم.

کمیت‌های نرده‌ای و برداری

الف) **کمیت‌های نرده‌ای:** کمیت‌هایی هستند که برای بیان آن‌ها تنها از یک عدد و یکای مناسب استفاده می‌شود. نام دیگر کمیت‌های نرده‌ای، کمیت‌های عددی یا اسکالر است. برای جمع کردن کمیت‌های عددی از جمع جبری استفاده می‌شود. بطور مثال، جرم یک کمیت عددی است. (هنگامی که از مادر خود می‌پرسید: چند کیلو خیار بخرم؟ او در جواب می‌گوید: ۴kg . بنابراین کمیت جرم با یک عدد و یک یکای مناسب گزارش می‌شود.)

ب) **کمیت‌های برداری:** کمیت هایی که علاوه‌بر اندازه، دارای جهت نیز هستند، کمیت‌های برداری نام دارند. برای بدست آوردن برایند کمیت‌های برداری از جمع برداری استفاده می‌شود. به‌طور مثال نیرو کمیتی برداری است و هنگام گزارش این کمیت علاوه‌بر یک عدد و یکای مناسب آن، جهت نیرو نیز بیان می‌شود. به‌طور مثال در شکل مقابل به جعبه نیروی $F_1 = ۶N$ در جهت شرق و نیروی $F_2 = ۸N$ در جهت شمال وارد می‌شود که برایند آن‌ها به‌صورت زیر از جمع برداری محاسبه می‌شود:



$$F_{کل} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{۶^2 + ۸^2} = ۱۰N$$

! نکات

۱) برای نوشتن کمیت‌های برداری مانند نیرو، از علامت پیکان بالای نماد آن کمیت استفاده می‌کنیم ($\vec{F}$) . اگر علامت پیکان حذف شود مانند F ، و یا علامت کمیت در قدر مطلق قرار بگیرد مانند $|\vec{F}|$ ، تنها اندازهٔ کمیت مورد نظر است.

۲) در ادامه با چند کمیت نرده‌ای و برداری مهم آشنا می‌شوید که در فیزیک پایه‌های دهم، یازدهم و دوازدهم مطرح می‌شوند.

الف) فشار کمیتی نرده‌ای است و دارای جهت نمی‌باشد.

ب) تمام کمیت‌هایی که دارای یکای ژول می‌باشند، کمیت نرده‌ای هستند. مانند کار، انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل، گرما و ...

ج) تمام میدان‌ها کمیت برداری هستند. مانند میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی.

کمیت‌های اصلی و فرعی

الف) **کمیت‌های اصلی:** کمیت‌هایی هستند که یکای سایر کمیت‌های فرعی برحسب یکای آن‌ها معرفی می‌شود.

در جدول زیر هفت کمیت اصلی به همراه یکای آن‌ها نشان داده شده‌اند. لطفاً این هفت کمیت را خیلی خوب به خاطر بسپارید. هر کمیتی به غیر از این هفت کمیت، یک کمیت فرعی است.

کمیت‌های اصلی و یکای آن‌ها

کمیت	نام یکا	نماد یکا
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
دما	کِلوین	K
مقدار ماده	مُول	mol
جریان الکتریکی	آمپر	A
شدت روشنایی	کَندِلا (شمع)	cd

برای انجام اندازه‌گیری‌های درست و قابل اطمینان به یکاهای اندازه‌گیری نیازمندیم که تغییر نکنند و دارای قابلیت باز تولید در مکان‌های مختلف باشند.

در ادامه با سه کمیت اصلی مهم و یکای آن‌ها بیشتر آشنا می‌شویم:

۱) **طول**

یکای طول در دستگاه بین‌المللی متر (m) است.

در گذشته یک متر به‌صورت یک ده میلیونیم فاصلهٔ استوا تا قطب شمال تعریف می‌شد.

امروزه یک متر برابر مسافتی تعریف می‌شود که نور در مدت زمان $\frac{۱}{۲۹۹۷۹۲۴۵۸}$ ثانیه در خلأ طی می‌کند.

نمونهٔ یکای طول، فاصلهٔ میان دو خط نازک حک شده در نزدیکی دو سر میله‌ای از جنس آلیاژ پلاتین - ایریدیوم در دمای $۰^{\circ}C$ است.

۲) **جرم**

یکای جرم در دستگاه بین‌المللی، کیلوگرم (kg) است.

نمونهٔ یکای جرم، به‌صورت استوانه‌ای فلزی از جنس آلیاژ پلاتین - ایریدیوم تعریف شده است. این استوانه در موزه‌ای در فرانسه نگه‌داری می‌شود.

۳) **زمان**

یکای زمان در دستگاه بین‌المللی، ثانیه (s) است.

در گذشته یک ثانیه به‌صورت $\frac{۱}{۸۶۴۰۰}$ میانگین روز خورشیدی تعریف می‌شد.

استاندارد کنونی زمان بر اساس دقت بسیار زیاد ساعت‌های اتمی تعریف شده است.

ب) **کمیت‌های فرعی:** کمیت‌هایی هستند که به کمک روابط و تعاریف فیزیکی برحسب کمیت‌های اصلی تعریف می‌شوند. به‌طور مثال تندی متوسط به‌صورت نسبت مسافت به زمان تعریف می‌شود. بدین ترتیب یکای تندی متوسط که یک کمیت فرعی است برحسب دو یکای اصلی متر و ثانیه به صورت $(\frac{m}{s})$ تعریف می‌شود.

! نکته برای برخی از یکاهای فرعی پرکاربرد، نامی مخصوص قرار داده شده است. بطور مثال یکای نیرو $(\frac{kgm}{s^۲})$ را نیوتون (N) نامیده‌اند. این امر نباید باعث شود که شما کمیت نیرو را به‌عنوان یک کمیت اصلی در نظر بگیرید. هر کمیتی به غیر از هفت کمیت اصلی، یک کمیت فرعی خواهد بود.

پیشوندهای یکاها

اگر در بیان کمیت‌ها با اندازه‌های بسیار بزرگ‌تر یا بسیار کوچک‌تر از یکای اصلی آن کمیت مواجه شویم، برای بیان کمیت از پیشوندهایی که در جدول زیر مشخص شده‌اند استفاده می‌کنیم.

پیشوندهای یکاها					
ضریب	پیشوند	نماد	ضریب	پیشوند	نماد
10^{24}	یوتا	Y	10^{-24}	یوکتو	y
10^{21}	زِتا	Z	10^{-21}	زِپتو	z
10^{18}	اِگزا	E	10^{-18}	اَتو	a
10^{15}	پِتا	P	10^{-15}	فِمتو	f
10^{12}	تِرا	T	10^{-12}	پیکو	p
10^{9}	گیگا (جیگا)	G	10^{-9}	نانو	n
10^{6}	مِگا	M	10^{-6}	میکرو	μ
10^{3}	کیلو	k	10^{-3}	میلی	m
10^{2}	هِکتو	h	10^{-2}	سانتی	c
10^{1}	دِکا	da	10^{-1}	دِسی	d

تبدیل یکاها

برای تبدیل یکاهای متفاوت یک کمیت به یک‌دیگر می‌توان از دو روش زیر استفاده کرد:

الف) روش تبدیل زنجیره‌ای: در این روش، اندازهٔ کمیت را در یک ضریب تبدیل ضرب می‌کنیم. ضریب تبدیل نسبتی از یکاها است که برابر ۱ می‌باشد. دقت کنید که ضریب تبدیل به صورتی نوشته می‌شود که یکای ناخواسته حذف شده و عدد مورد نظر بر حسب یکای خواسته شده بدست آید. بطور مثال عدد ۲۰cm را به‌صورت مقابل بر حسب متر بدست می‌آوریم:

$$20\,cm = (20\,cm)(1) = 20\,cm \times \underbrace{\left(\frac{1\,m}{100\,cm}\right)}_{\text{ضریب تبدیل}} = 0/2\,m$$

ب) روش تبدیل مستقیم: در این روش ابتدا تفاوت توان‌های پیشوندی مورد نظر را بدست می‌آوریم.

بطور مثال می‌خواهیم 5cm را بر حسب km بنویسیم:

پیشوند سانتی‌متر به‌صورت 10^{-2} و پیشوند کیلومتر به‌صورت 10^{3} است و تفاوت آن‌ها به اندازهٔ 10^{5} است. دقت کنید که اگر یکای مورد نظر بزرگ شود باید توان عدد ۱۰، منفی باشد و اگر یکای موردنظر کوچک شود باید توان عدد ۱۰، مثبت باشد. به تبدیل‌های زیر دقت کنید:

$$5\,cm = 5\times10^{-5}\,km$$

$$5\,km = 5\times10^{5}\,cm$$

نکات

۱) اگر یکای کمیتی دارای توان باشد، ضریب تبدیل بدست آمده را به توان مورد نظر می‌رسانیم.

به مثال زیر دقت کنید.

$$5\,cm^2 = \boxed{5\times(10^{-5})^2}\,km^2 = 5\times10^{-10}\,km^2$$

$$6\,km^3 = \boxed{6\times(10^{5})^3}\,cm^3 = 6\times10^{15}\,cm^3$$

۲) اگر یکای کمیت مورد نظر به‌صورت کسری بود، صورت و مخرج را به‌صورت جداگانه تبدیل کرده و حاصل را بدست می‌آوریم. به مثال زیر دقت کنید.

$$4\,\frac{m}{s} = \frac{4\times10^{-3}\,km}{10^{3}\,ms} = 4\times10^{-6}\,\frac{km}{ms}$$

$$7\,\frac{g}{cm^3} = \frac{7\times10^{-3}\,kg}{(10^{-2})^3\,m^3} = 7\times10^{3}\,\frac{kg}{m^3}$$

۳ برای کمیت طول علاوه‌بر یکای SI یکاهای دیگری نیز به‌صورت زیر تعریف می‌شود که هیچ لزومی ندارد آن‌ها را به‌خاطر بسپارید.

یکای نجومی (AU): $1AU = 1/5 \times 10^{11} m$

سال نوری (ly): مسافتی است که نور در مدت یک سال طی می‌کند

فوت (ft) و اینچ (in): $1ft = 12in$, $1in = 2/54cm$

مایل در خشکی (mi): $1mi = 1609m$

مایل دریایی (mi): $1mi = 1852m$

1 ذرع $= 104cm$

1 فرسنگ $= 6000$ ذرع

۴ برای کمیت جرم علاوه بر یکای SI یکاهای دیگری نیز به‌صورت زیر تعریف می‌شود که باز هم هیچ لزومی ندارد آن‌ها را به‌خاطر بسپارید.

1 خروار $= 100$ من تبریز

1 من تبریز $= 40$ سیر $= 640$ مثقال

1 مثقال $= 24$ نخود $= 96$ گندم

1 قیراط $= 200mg$

۵ برای کمیت زمان علاوه‌بر یکای SI یکاهای دیگری نیز به‌صورت زیر تعریف می‌شود که بهتر است به خاطر بسپارید.

دقیقه (min): $1min = 60s$

ساعت (h): $1h = 3600s$

۶ برای مساحت علاوه‌بر یکای SI می‌توان از هکتار استفاده کرد که به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

هکتار $= 1 = 10^4 m^2$

۷ برای کمیت تندی یا سرعت علاوه‌بر یکای SI از کیلومتر بر ساعت استفاده می‌شود که به‌صورت زیر به یکای SI تبدیل می‌شود. لطفاً این تبدیل را حتماً به‌خاطر بسپارید.

کیلومتر بر ساعت $(\frac{km}{h})$: $1\frac{km}{h} = \frac{1}{3/6}\frac{m}{s}$

سازگاری یکاها

هنگام قرار دادن مقدار کمیت‌های مختلف در روابط فیزیکی باید تمام یکاها را بر حسب SI جایگذاری کنیم تا یکاها در طرفین رابطه سازگار باشند. به‌طور مثال در رابطهٔ $F = ma$ اگر بخواهیم نیرو (F) را بر حسب یکای SI (نیوتون) بدست آوریم باید مقدار جرم (m) را برحسب کیلوگرم و مقدار شتاب (a) را بر حسب متر بر مجذور ثانیه جایگذاری کنیم.

نکته اگر در یک رابطهٔ فیزیکی چند عبارت با یک‌دیگر جمع شوند، باید یکای تمام آن‌ها یکسان باشد. بطور مثال در سال دوازدهم با رابطهٔ سرعت متحرک در حرکت شتاب‌دار با شتاب ثابت آشنا می‌شوید که به‌صورت $v = at + v_0$ است. یکای کمیت‌های مختلف این رابطه در زیر مشخص شده است.

$v = at + v_0$

(سرعت اولیه) + (زمان)(شتاب) = سرعت نهایی

$\frac{m}{s} = \frac{m}{s^2}(s) + \frac{m}{s}$

نمادگذاری علمی

در برخی از مواقع در فیزیک با اعداد بسیار بزرگ و یا بسیار کوچک روبه‌رو می‌شویم. برای سهولت در نوشتن و انجام محاسبات این اعداد را به‌صورت زیر می‌نویسند که به آن نماد علمی گویند.

$a \times 10^n$

$(1 \le a < 10)$

a عددی بین یک تا ۱۰ است.

n یک عدد صحیح با علامت مثبت یا منفی است که نشان‌دهندهٔ تعداد رقم‌هایی است که ممیز جابه‌جا می‌شود.

برای نماد علمی کردن عددهای بسیار بزرگ n مثبت و برای نماد علمی کردن عددهای بسیار کوچک n منفی است.

به مثال زیر توجه کنید:

نوع عدد	مقدار عدد	مقدار a $(1 \le a < 10)$	مقدار n (تعداد رقم جابه‌جایی اعشار)	عدد به‌صورت نماد علمی
بسیار بزرگ	۵۲۳۰۰۰۰۰۰۰	۵/۲۳	$n = 9$	$5/23 \times 10^9$
بسیار کوچک	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱۴۵	۱/۴۵	$n = 8$	$1/45 \times 10^{-8}$

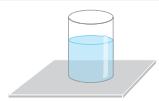
جمع‌بندی فصل سوم در یک نگاه

فشار

فشار ناشی از جامدات

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

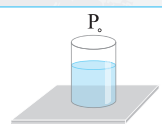
فشار ناشی از مایع بر کف ظرف



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

فشار ناشی از شاره‌ها

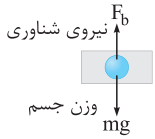
فشارکل وارد بر کف ظرف



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

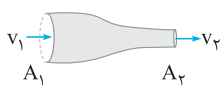
ارشمیدس

وقتی تمام یا قسمتی از یک جسم در شاره‌ای فرو رود، شاره نیرویی بالاسو بر آن وارد می‌کند که با وزن شارهٔ جابه‌جا شده توسط جسم برابر است.



- $mg > F_b$: جسم پایین می‌رود.
- $mg = F_b$: جسم غوطه‌ور می‌شود. اگر در سطح مایع باشد شناور می‌شود.
- $mg < F_b$: جسم بالا می‌رود.

معادلهٔ پیوستگی



آهنگ شارش شاره $= Av$

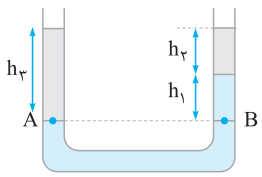
معادلهٔ پیوستگی: $A_1v_1 = A_2v_2$

اصل برنولی

در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد.

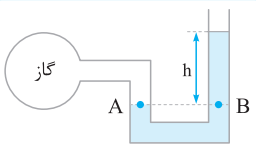
فشار ناشی از مایعات

محاسبهٔ فشار مایعات



$$P_A = P_B$$
$$\rho_3 gh_3 = \rho_1 gh_1 + \rho_2 gh_2$$

لوله‌های U شکل



$$P_A = P_B$$
$$P_{گاز} = \rho gh + P_\circ$$
$$\text{فشار پیمانه‌ای} = P_{گاز} - P_\circ = \rho gh$$

مانومتر

فصل سوم
ویژگی‌های فیزیکی مواد

حالت‌های ماده

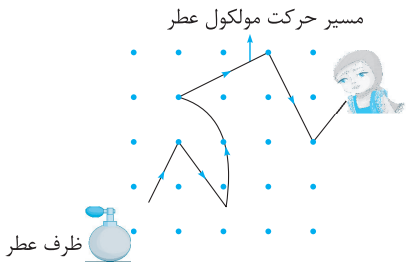
هر ماده‌ای که در دمای بالا تجزیه نشود، می‌تواند در سه حالت جامد، مایع و گاز وجود داشته باشد. تفاوت این سه حالت در فاصلهٔ بین مولکول‌ها، نیروی بین مولکول‌ها، شکل‌پذیری ماده و مقدار حجم آن‌هاست. پس از مطالعهٔ این درسنامه باید تفاوت هر حالت ماده را برای موارد فوق بررسی کنید. ابتدا به بررسی گازها می‌پردازیم:

گازها

۱) فاصلهٔ بین مولکول‌ها بسیار بیشتر از حالت مایع یا جامد است.

۲) نیروی بین مولکولی عملاً ناچیز است *(البته واسه موقعی که بهم دیگه نخورن، اگه به هم برخورد کنن نیروی بینشون زیاده)*

۳) به دلیل ناچیز بودن نیروی بین مولکولی گازها ویژگی انبساط‌پذیری دارند. یعنی در هر ظرفی قرار گیرند کل فضای آن را اشغال می‌کنند. به همین ترتیب خاصیت تراکم‌پذیری آن‌ها نیز توجیه می‌شود. به عبارت ساده‌تر می‌توان گفت که گازها همواره شکل ظرفی که در آن قرار دارند را به خود می‌گیرند پس نه حجم ثابتی دارند و نه شکل ثابتی.



۴) مولکول‌های گاز دائماً به یکدیگر و دیوارهٔ ظرف برخورد می‌کنند و تغییر جهت می‌دهند این حرکت را حرکت کاتوره‌ای می‌نامند و پدیدهٔ پخش بوی عطر در یک اتاق این حرکت نامنظم مولکول‌ها را نمایش می‌دهد. به عبارت دیگر حرکت مولکول‌های گاز انتقالی است.

مایعات

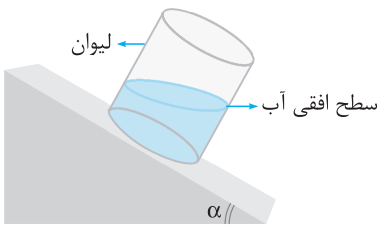
۱) فاصلهٔ بین مولکول‌ها بسیار کمتر از گازهاست و مولکول‌ها آزادی عمل بسیار کمتری دارند. مولکول‌ها همچنان دارای حرکت انتقالی هستند اما روی هم می‌لغزند و آزادانه نمی‌توانند حرکت کنند. این پدیده باعث می‌شود که مایعات بتوانند جاری شوند.

۲) فاصلهٔ بین ذرات در حدود یک آنگستروم $(1\mathring{A} = 10^{-10}m)$ است.

۳) به دلیل این فاصلهٔ کم بین مولکول‌ها نمی‌توان آن‌ها را بیشتر از این به هم نزدیک کرد. به عبارت دیگر مایعات برخلاف گازها تراکم ناپذیرند و حجم ثابتی دارند اگر چه که هر دو شکل ثابتی ندارند.

۴) در مایعات مانند گازها حرکت مولکول‌ها به شکل انتقالی است (اگرچه که در مایعات حرکت ارتعاشی هم دارند.) پس پدیدهٔ پخش در مایعات هم مشاهده می‌شود. به عنوان مثال اگر یک قطره جوهر درون لیوان آب بیفتد با گذشت زمان درون آن پخش می‌شود، توجه کنید که سرعت پخش نسبت به گازها بسیار کمتر است.

۵) به دلیل خاصیت جاری شدن مایعات، سطح آن‌ها همواره به شکل افقی قرار می‌گیرد. زیرا مایعات هیچ نیرویی را به موازات سطح خود تحمل نمی‌کنند. به عنوان مثال در شکل مقابل اگر یک لیوان آب روی سطح شیبدار قرار گیرد، سطح آب درون آن به موازات افق خواهد بود.



! نکته نیروهای بین مولکولی دو رفتار متناقض دارند. هنگامی که فاصلهٔ بین مولکول‌ها از حد معینی $(1\mathring{A})$ کمتر شود این نیروها به شکل دافعه (رانشی) عمل می‌کنند و اگر فاصلهٔ بین مولکول‌ها از این حد بیشتر شود به شکل جاذبه (ربایشی) عمل می‌کنند. البته اگر این فاصله بسیار زیاد باشد این نیرو از بین می‌رود. به بیان دیگر نیروی بین مولکولی کوتاه برد است و در فاصله‌های بسیار کوچک ظاهر می‌شوند. برای درک بهتر این مطلب به شکل‌های زیر توجه کنید. نیروی بین مولکولی مانند نیروی فنر عمل کند.

جامدات

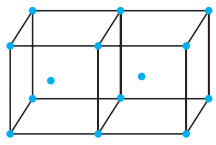
۱ فاصلهٔ بین مولکول‌ها تقریباً برابر با فاصلهٔ بین مولکول‌ها در مایعات ($1\mathring{A}$) است. پس مانند مایعات تراکم ناپذیرند.

۲ نیروی بین مولکولی بسیار قوی است و مانع حرکت انتقالی مولکول‌ها می‌شود.

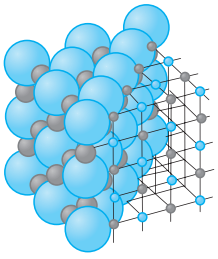
مولکول‌ها تنها با دامنهٔ محدودی در محل خود ارتعاش می‌کنند. این مطلب باعث می‌شود که جامدات شکل ثابتی داشته باشند.

۳ بر اساس شکل، کنار هم قرار گرفتن مولکول‌های جامدات را به دو دسته می‌توان تقسیم کرد:

الف) **جامدات بلورین:** در این مواد که از سرد کردن آرام و تدریجی مایعات به‌دست می‌آیند مولکول‌ها در طرح‌های منظم ۳ بعدی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و تشکیل یک شبکهٔ بلورین می‌دهند فلزات و اکثر سنگ‌ها (مانند نمک طعام و الماس) از دستهٔ این جامدات هستند.

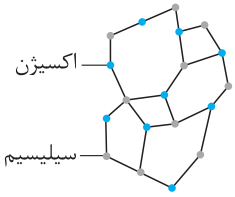


آهن



نمک طعام

ب) **جامدهای بی‌شکل (آمورف):** این جامدات از سرد کردن سریع مایعات به دست می‌آیند. به دلیل اینکه مولکول‌ها فرصت کافی برای آرایش منظم ندارند به شکل تصادفی در کنار هم قرار می‌گیرند. شیشه و اکثر پلاستیک‌ها از این نوع جامدات هستند. جامدهای بی‌شکل را در برخی از کتاب‌ها، مایع سفت نیز می‌گویند.



شیشه
(یک جامد بی‌شکل)

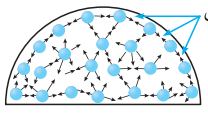
برای جمع‌بندی مطالب گفته شده می‌توانید از جدول زیر کمک بگیرید.

حالت ماده	فاصلهٔ بین مولکول‌ها	حرکت و انرژی	نوع حرکت مولکول‌ها	نیروی بین مولکولی	شکل	حجم	تراکم‌پذیری
گاز	زیاد $d > 1\mathring{A}$	زیاد	انتقالی	ناچیز	شکل ثابت ندارند.	حجم ثابت ندارند.	متراکم می‌شوند
مایع	$d \simeq 1\mathring{A}$	متوسط	انتقالی و ارتعاشی	متوسط	به شکل ظرف در می‌آیند.	حجم ثابت است.	تراکم ناپذیر
جامد	$d \simeq 1\mathring{A}$	ناچیز	ارتعاشی	زیاد	شکل ثابت دارند.	حجم ثابت است.	تراکم ناپذیر

نیروهای چسبندگی (نیروهای بین مولکولی)

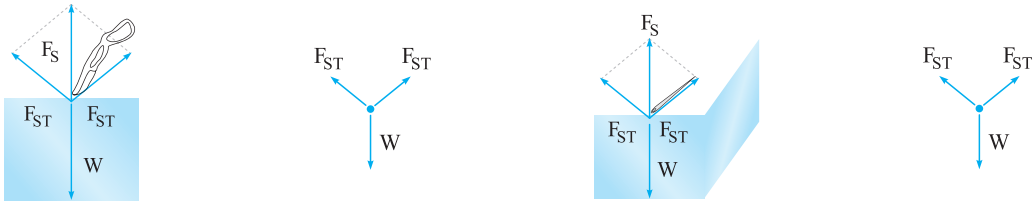
هنگامی که یک شیر آب چکه می‌کند، ذرات آب تشکیل قطره می‌دهند. دلیل این مطلب نیروی هم‌چسبی است. به نیروی ربایشی بین مولکول‌های هم‌نوع نیروی هم‌چسبی و به نیروی ربایشی بین دو مولکول متفاوت (از دو جنس مختلف) نیروی چسبندگی (دگرچسبی) گفته می‌شود. همان‌گونه که در ابتدای درسنامه گفته شد این نیروها کوتاه برد هستند و با افزایش فاصلهٔ مولکول‌ها از حد معینی از بین می‌روند.

کشش سطحی: پدیدهٔ کشش سطحی نشان‌دهندهٔ نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های سطح یک مایع است. مطابق شکل مقابل مولکول‌هایی که در سطح یک مایع قرار دارند به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند و باعث می‌شوند سطح مایع مانند یک پوسته کشیده عمل کند.



به دلیل وجود پدیدهٔ کشش سطحی اگر یک سنجاقک (یا سوزن) روی سطح آب قرار گیرد در آب فرو نمی‌رود.

دلیل ثابت ماندن حشره یا سوزن روی سطح آب این است که برایند نیروهای کشش سطحی (F_S) که به حشره یا سوزن وارد می‌شود وزن آن‌ها را خنثی می‌کند.

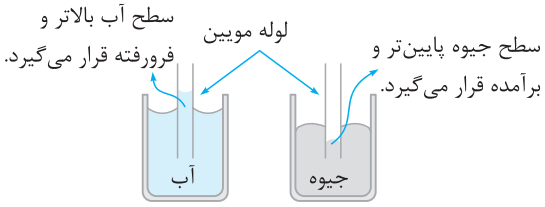


نکات ۱) برای کاهش نیروی کشش سطحی دو روش وجود دارد ۱) گرم کردن مایع ۲) افزودن ناخالصی مانند صابون به آب *(واسه همینه که لباسا رو با آب گرم و صابون می‌شورن، می‌فوان کشش سطحی کم بشه تا آب راحت داخل لباس نفوذ کنه)*

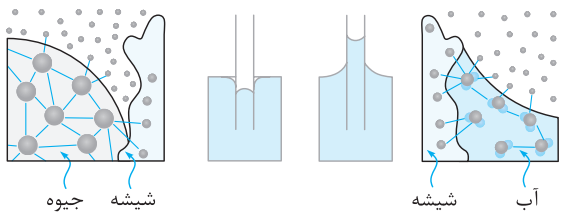
۲) هنگامی که دو قطره، آب و جیوه را روی سطح شیشه قرار می‌دهیم، آب سطح شیشه را تر می‌کند (روی آن پخش می‌شود) زیرا نیروی چسبندگی بین مولکول‌های آب و شیشه بیشتر از نیروی هم‌چسبی مولکول‌های آب است. اما جیوه به شکل قطره باقی می‌ماند زیرا نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های جیوه بیشتر از نیروی چسبندگی بین مولکول‌های جیوه و شیشه است.

اگر سطح شیشه آغشته به روغن باشد آب به شکل قطره باقی می‌ماند زیرا نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب از نیروی چسبندگی بین مولکول‌های آب و روغن بیشتر است.

مویینگی: پدیدهٔ مویینگی به دلیل وجود نیروی چسبندگی به وجود می‌آید. اگر یک لولهٔ نازک شیشه‌ای را درون مایعی وارد کنیم، سطح مایع درون لوله نسبت به سطح مایع درون ظرف بالاتر یا پایین‌تر قرار می‌گیرد. سطح آب در لولهٔ مویین بالاتر از سطح آب در ظرف قرار می‌گیرد و سطح آن فرو رفته (مقعر) است. سطح جیوه در لولهٔ مویین پایین‌تر از سطح جیوه در ظرف است و به شکل برآمده (محدب) است.



دلیل اینکه سطح آب در لولهٔ مویین بالاتر از سطح آب در ظرف است را بدین شکل می‌توان توجیه کرد که نیروی چسبندگی بین مولکول‌های آب و شیشه بیشتر از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب است. به همین ترتیب به دلیل اینکه نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های جیوه از نیروی چسبندگی بین مولکول‌های جیوه و شیشه بیشتر است سطح جیوه پایین‌تر و برآمده قرار می‌گیرد.

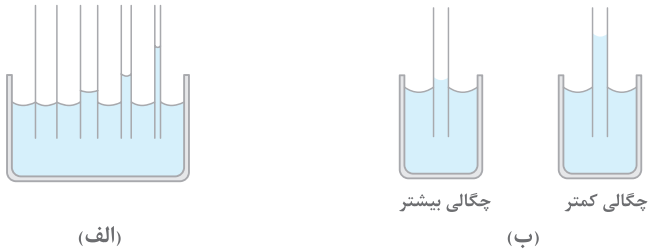


نکات ۱) اگر سطح داخلی لولهٔ مویین را چرب کنیم سطح آب درون آن پایین‌تر از سطح ظرف و به شکل برآمده قرار می‌گیرد زیرا نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب از نیروی چسبندگی بین مولکول‌های آب و روغن بیشتر است.

۲) سطح آب در لولهٔ مویین تا جایی بالا می‌رود که وزن ستون مایع برابر با نیروی چسبندگی بین مولکول‌های آب و شیشه باشد. از این مطلب دو نتیجه حاصل می‌شود.

نتیجه ۱) هر چه قدر ضخامت لوله کمتر باشد (لوله نازک‌تر) سطح آب در آن بیشتر بالا می‌آید (شکل الف).

۲) هر چه قدر چگالی مایع کمتر باشد سطح مایع درون لولهٔ مویین بیشتر بالا می‌آید (شکل ب).



۳) آب در لولهٔ مویین هرگز سرریز نمی‌شود به عبارت دیگر اگر مقطع لوله نسبت به ارتفاع آن بسیار کوچک باشد آب حداکثر تا انتهای لوله بالا می‌آید.

همان‌طور که می‌دانید در یک لولهٔ مویین به دلیل وجود نیروی چسبندگی سطحی بین مولکول‌های آب و شیشه، آب در لوله بالا می‌رود. حفره‌های ریز موجود در آجر هم، مانند لوله‌های مویین عمل می‌کنند و نیروی چسبندگی سطحی بین آب و مولکول‌های آجر باعث می‌شود آب به قسمت‌های مختلف آجر نفوذ کند.

۱ گزینهٔ ۲

اگر برای یک ماده معین، متوسط اندازهٔ نیروی بین مولکولی را در حالت گازی با F_g، در حالت مایع با F_l و در حالت جامد با F_s نشان دهیم، کدام رابطه صحیح است؟ (تجربی داخل ۷۹)

۱) $F_s = F_l = F_g$ ۲) $F_s > F_l > F_g$ ۳) $F_s < F_l = F_g$ ۴) $F_s = F_l > F_g$

حل در حالت جامد، مولکول‌ها با نیروی زیادی یکدیگر را جذب می‌کنند و ذرات جامد در فاصلهٔ کمی و در وضعیت ثابتی نسبت به هم قرار می‌گیرند. در مایعات نیرویی که ذرات به هم وارد می‌کنند کمی کاهش می‌یابد و این امر باعث می‌شود که ذرات مایع با آزادی بیشتری نسبت به یکدیگر حرکت کنند و در نهایت در حالت گاز، مولکول‌ها نیروی بسیار ناچیزی به هم وارد می‌کنند و بسیار آزادند! بنابراین داریم: $F_s > F_l > F_g$

۲ گزینهٔ ۳

کدام عامل مایع‌ها را تقریباً تراکم ناپذیر می‌کند؟ (ریاضی داخل ۸۳)

۱) وجود پیوندهای یونی بین مولکولی ۲) نیروی جاذبهٔ بین مولکول‌ها در فواصل نزدیک

۳) نیروی رانشی بین مولکول‌ها در فواصل خیلی نزدیک ۴) آزاد بودن مولکول‌های مایع در جابه‌جایی بین مولکولی

حل ذرات مایع در فاصله‌ای حدود $1\,\mathring{A}$ در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. اگر فاصلهٔ بین ذرات از این مقدار کمتر شود، نیروی رانشی قوی‌ای ایجاد خواهد شد که مانع نزدیک شدن ذرات به یکدیگر می‌شود و در نتیجه مایعات نمی‌توانند متراکم شوند.

۳ گزینهٔ ۴

خورشید، ستارگان و بیشتر فضای بین ستاره‌ای از کدام نوع ماده ایجاد شده‌اند؟

۱) جامد ۲) مایع ۳) بخار ۴) پلاسما

حل اگر متن کتاب درسی را به دقت مطالعه کرده باشید، می‌دانید که گازهای بسیار داغ که شامل الکترون‌های آزاد هستند مانند خورشید، ستارگان، آذرخش، شفق‌های قطبی و آتش از جنس پلاسما هستند.

۴ گزینهٔ ۳

کدام یک از گزینه‌های زیر در مورد مواد در مقیاس نانو نادرست است؟

۱) ویژگی‌های فیزیکی مواد از قبیل نقطهٔ ذوب، رسانندگی الکتریکی، شفافیت و رنگ اغلب در مقیاس نانو تغییر می‌کند.

۲) اگر فقط یک بُعد ماده‌ای را در مقیاس نانو محدود کنیم، یک نانولایه به وجود می‌آید.

۳) ویژگی‌های فیزیکی گازها در مقیاس نانو تغییر نمی‌کند.

۴) علوم نانو شاخه‌ای از علوم است که تغییر در ویژگی‌های فیزیکی مواد را بر حسب اندازهٔ آن‌ها بررسی و توصیف می‌کند.

حل ویژگی‌های فیزیکی تمام مواد، شامل جامدها، مایع‌ها و گازها در مقیاس نانو تغییر می‌کند.

۵ گزینهٔ ۱

کدام مورد درست است؟ (ریاضی خارج ۹۸)

۱) ویژگی‌های مواد در مقیاس نانو، به‌طور قابل توجهی تغییر می‌کند. ۲) هرچه ابعاد یک جسم کاهش می‌یابد ویژگی‌های آن نیز به‌تدریج تغییر می‌کند.

۳) ویژگی‌های مواد در مقیاس مگا و بالاتر، به‌طور قابل توجهی تغییر می‌کند. ۴) هرچه ابعاد یک جسم افزایش می‌یابد همهٔ خواص فیزیکی آن نیز تغییر می‌کند.

حل در مقیاس نانو ویژگی‌های ماده به‌طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند.

۶ گزینهٔ ۳

نقطهٔ ذوب طلا: (ریاضی داخل ۹۸)

۱) فقط در مقیاس نانوذره خیلی کاهش می‌یابد. ۲) فقط در مقیاس نانوذره خیلی افزایش می‌یابد.

۳) هم در مقیاس نانوذره و هم در مقیاس نانو لایه خیلی کاهش می‌یابد. ۴) هم در مقیاس نانوذره و هم در مقیاس نانو لایه خیلی افزایش می‌یابد.

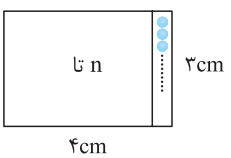
حل نقطهٔ ذوب طلا در مقیاس نانوذره و نانولایه خیلی کاهش می‌یابد.

۷ گزینهٔ ۱

یک نانولایه به ضخامت یک نانومتر و طول و عرض ۴cm و ۳cm در اختیار داریم. اگر قطر هر اتم آن $10^{-10}\,m$ باشد، این نانو لایه از چند اتم تشکیل شده است؟

۱) 12×10^{17} ۲) 12×10^{16} ۳) 12×10^{8} ۴) 12×10^{9}

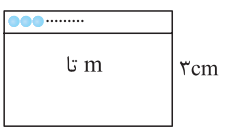
حل ابتدا باید تعداد اتم‌هایی که می‌توانند در عرض این نانو لایه قرار بگیرند را به دست آوریم. به شکل مقابل دقت کنید.



$$n = \frac{3cm}{10^{-10}m} = \frac{3\times10^{-2}m}{10^{-10}m} = 3\times10^{8}$$

همان‌طور که مشاهده کردید برای به دست آوردن تعداد اتم‌ها کافی است عرض مستطیل را بر قطر اتم‌ها تقسیم کنیم.

به همین ترتیب تعداد اتم‌هایی که در طول نانو لایه می‌تواند قرار بگیرند را نیز به دست می‌آوریم:



$$m = \frac{4cm}{10^{-10}m} = \frac{4\times10^{-2}m}{10^{-10}m} = 4\times10^{8}$$

بنابراین تعداد اتم‌های موجود در این صفحه برابر است با: تعداد اتم‌های یک صفحه $= n \times m = ۳ \times ۱۰^{۸} \times ۴ \times ۱۰^{۸} = ۱۲ \times ۱۰^{۱۶}$

ضخامت لایه موردنظر ما برابر ۱ نانومتر است. باید تعداد اتم‌هایی که در این راستا قرار می‌گیرند را نیز به دست می‌آوریم.

$$k = \frac{۱nm}{۱۰^{-۱۰}m} = \frac{۱۰^{-۹}m}{۱۰^{-۱۰}m} = ۱۰$$

به عبارت دیگر ضخامت این لایه به اندازه ۱۰ اتم می‌باشد. پس این لایه می‌تواند از ۱۰ صفحه تشکیل شده باشد که هر صفحه هم ۱۲×۱۰^{۱۶} اتم دارد. پس تعداد کل اتم‌های این صفحه برابر است با: تعداد اتم‌ها $= m \times n \times k = ۱۲ \times ۱۰^{۱۶} \times ۱۰ = ۱۲ \times ۱۰^{۱۷}$

۸ گزینهٔ ۳ **بین دو مولکول از یک ماده به ترتیب در فاصلهٔ خیلی کم چه نیرویی ایجاد می‌شود و در فاصلهٔ زیادتر از هم چه نیرویی ایجاد می‌شود؟ (فاصله‌های ذکرشده در حد مولکولی است.)** (ریاضی داخل ۸۶)

۱) پیوسته رانشی ۲) پیوسته رایشی ۳) رانشی و رایشی ۴) رایشی و رانشی

حل هنگامی که مولکول‌های ماده از فاصلهٔ مشخصی به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شوند، نیروی رانشی قوی بین آن‌ها ایجاد می‌شود و آن‌ها را به فاصلهٔ قبلی برمی‌گرداند و اگر فاصلهٔ آن‌ها از حد مشخصی بیشتر شود، نیروی رایشی ایجاد شده و دوباره آن‌ها را به فاصلهٔ اولیه باز می‌گرداند.

۹ گزینهٔ ۴ **یک تیغ از پهنا می‌تواند روی آب شناور شود، زیرا .....** (ریاضی داخل ۸۵)

۱) حجم تیغ بسیار کم است. ۲) جرم تیغ بسیار کم است.

۳) چگالی تیغ کمتر از چگالی آب است. ۴) در سطح آب کشش سطحی وجود دارد.

حل بدون شرح!

۱۰ گزینهٔ ۳ **عامل نگهدارندهٔ سوزن فولادی کوچک روی آب، نیروی ..... و ماهیت آن نیروی ..... است.**

۱) کشش سطحی - گرانشی ۲) اصطکاک - الکتریکی ۳) کشش سطحی - الکتریکی ۴) اصطکاک - گرانشی

حل حتماً می‌دانید که عامل نگهدارندهٔ سوزن فولادی، کشش سطحی است، این را هم بدانید که ماهیت تمام نیروهای بین مولکولی، الکتریکی است.

۱۱ گزینهٔ ۴ **مقداری جیوه روی سطح افقی شیشه‌ای می‌ریزیم. ملاحظه می‌شود با آن که جیوه مایع است ولی روی شیشه پخش نمی‌شود، علت چیست؟** (تجربی داخل ۷۶)

۱) بین مولکول‌های جیوه و شیشه نیروی دافعه ایجاد می‌شود.

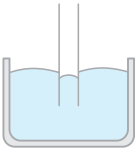
۲) نیروی چسبندگی بین مولکول‌های جیوه بیشتر از نیروی چسبندگی بین مولکول‌های شیشه است.

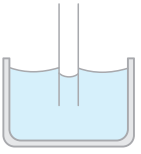
۳) نیروی چسبندگی بین مولکول‌های جیوه و شیشه کوچک‌تر از نیروی جاذبهٔ بین آب و شیشه است.

۴) نیروی جاذبهٔ بین مولکول‌های جیوه بزرگ‌تر از نیروی چسبندگی بین مولکول‌های جیوه و شیشه است.

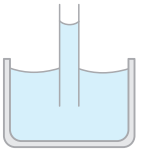
حل نیروی هم‌چسبی مولکول‌های جیوه بزرگ‌تر از نیروی دگرچسبی بین جیوه و شیشه است و جیوه شکل کروی خود را حفظ می‌کند و روی شیشه پخش نمی‌شود.

۱۲ گزینهٔ ۴ **کدام شکل، آب را در لولهٔ شیشه‌ای مویین به‌درستی نشان می‌دهد؟** (تجربی داخل ۸۳)

۱) 

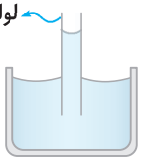
۲) 

۳)

۴) 

حل در لولهٔ مویین، سطح آب به صورت مقعر و بالاتر از سطح آزاد آب داخل ظرف قرار می‌گیرد.

۱۳ گزینهٔ ۴ **از مشاهدهٔ آزمایش روبه‌رو، به کدام نتیجه می‌توان دست یافت؟** (ریاضی خارج ۸۵ ـ با تغییر)



۱) در سطح مایعات، کشش سطحی وجود دارد.

۲) چگالی لولهٔ مویین، کمتر از چگالی مایع است.

۳) بزرگی نیروی هم‌چسبی مولکول‌های مایع، بیشتر از بزرگی نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و لوله است.

۴) بزرگی نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و لوله، بیشتر از بزرگی نیروی هم‌چسبی مولکول‌های مایع است.

حل شکل فوق می‌تواند مربوط به آب باشد. در این حالت نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و شیشه بزرگ‌تر از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب است و مولکول‌های شیشه، مولکول‌های آب را به سمت خود به طرف بالا می‌کشند.

فشار ناشی از جامدات

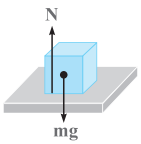
فشار وارد بر یک سطح عبارت است از اندازه نیرویی که به‌صورت عمودی، بر واحد آن سطح وارد می‌شود.

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

توجه کنید که نیرو یک کمیت برداری است اما فشار یک کمیت نرده‌ای است.

! نکات

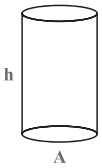
۱ با توجه به تعریف گفته شده برای فشار، برای تعیین فشار باید مؤلفهٔ عمود بر سطح (نیروی F_N) را در رابطه قرار داد. به نمونهٔ مقابل توجه کنید.



$$N = mg \Rightarrow P = \frac{mg}{A}$$

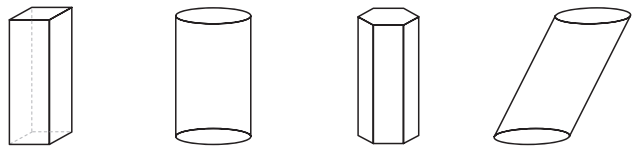
۲ چون فشار یک کمیت نرده‌ای است، فشار کل همواره برابر مجموع تمام فشارهاست.

۳ برای اجسام همگن و یکنواخت (جسمی که در راستای ارتفاعش مساحت مقطع آن عوض نشود.) می‌توان فشار را از رابطهٔ $P = \rho gh$ به دست آورد.

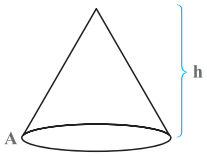


$$P = \frac{mg}{A} \xrightarrow[V=Ah]{m=\rho V} P = \frac{\rho Ahg}{A} = \rho gh$$

اجسام همگن

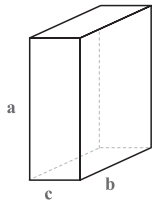


۴ برای مخروط از رابطهٔ فوق نمی‌توان استفاده کرد.



$$P = \frac{mg}{A} = \frac{\rho Vg}{A} = \frac{\rho \times \frac{1}{3} Ahg}{A} = \frac{1}{3}\rho gh$$

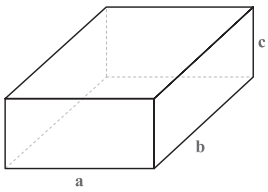
۵ برای یک مکعب به اضلاع a و b و c که $a > b > c$ است، بیشترین فشار مربوط به حالتی است که بزرگ‌ترین ضلع ارتفاع باشد، در این حالت کوچک‌ترین سطح با افق در تماس است.



$$P_{max} = \rho gh_{max} = \rho ga$$

$$P_{max} = \frac{mg}{A_{min}} = \frac{mg}{bc}$$

کمترین فشار مربوط به حالتی است که کوچک‌ترین ضلع ارتفاع باشد. در این حالت بزرگ‌ترین سطح با افق در تماس است.



$$P_{min} = \rho gh_{min} = \rho gc$$

$$P_{min} = \frac{mg}{A_{max}} = \frac{mg}{a.b}$$

۶ اگر جسمی درون یک آسانسور در حال حرکت قرار داشته باشد، برای بررسی فشار آن می‌توان از حرکت آن صرف نظر کرد و به جای g از g' استفاده کرد به گونه‌ای که خواهیم داشت:

$$g' = g \pm a \quad \begin{matrix} \oplus a \uparrow \\ \ominus a \downarrow \end{matrix}$$

۱۴ مکعبی چوبی به ضلع ۲۰cm روی کف اتاق قرار دارد. هنگامی که شخصی به وزن ۸۰۰N روی مکعب می‌ایستد، فشاری که از طرف شخص بر کف اتاق وارد می‌شود چند کیلو پاسکال است؟ (ریاضی داخل ۸۶)

گزینهٔ ۱

۱) ۲۰ ☐ ۲) ۴۰ ☐ ۳) ۲۰۰۰ ☐ ۴) ۴۰۰۰ ☐

حل ابتدا مساحت کف مکعب را به دست می‌آوریم:

$$A = a^2 = ۰/۲ \times ۰/۲ = ۰/۰۴ m^2$$

حالا به سراغ رابطهٔ $P = \frac{F}{A}$ می‌رویم:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{۸۰۰}{۰/۰۴} = ۲۰۰۰۰Pa = ۲۰kPa$$

دقت کنید که طراح محترم فشار وارد شده از طرف شخص را می‌خواهد، بنابراین به جای F، وزن شخص را قرار می‌دهیم.