



وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

فیزیک (۱) - پایه دهم دوره دوم متوسطه - ۱۴۰۲

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

احمد احمدی، روح‌الله خلیلی‌پورجنتی، محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر، محمدرضا شریف‌زاده‌کیانانی،

سید هدایت سجادی، سروان مردوخ و علیرضا نیکنام (اعضای شورای برنامه‌ریزی و گروه تألیف) -

سید اکبر میرجعفری و کاظم بهنیا (دوراستار ادبی)

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - مجید ناگزی یونسی (مدیر هنری) - محمد مهدی ذبیحی

(طراح جلد) - راحله زاهدفتح‌اله (طراح گرافیک و صفحه‌آرا) - فاطمه رئیس‌یان فیروزیاد، کبری اجاباتی

سیف‌الله بیگ‌محمد دلوند، شاداب ارشادی، زینت بهشتی‌شیرازی و حمید ثابت‌کلاچاهی (امور آماده‌سازی)

تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن: ۸۸۳۱۱۶۱۰۹ دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶ کد پستی: ۱۵۸۴۷۷۳۵۹

وبگاه: www.chap.sch.ir و www.intextbook.ir

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱

(دورپخش): تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۰، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵، ۱۴۹

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

چاپ دوم ۱۴۰۳

نام کتاب:

پیداآوردند:

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

مدیریت آماده‌سازی هنری:

شناسه افزوده آماده‌سازی:

نشانی سازمان:

ناشر:

چاپخانه:

سال انتشار و نوبت چاپ:

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۷۴۲-۹

ISBN: 978-964-05-2742-9



وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

فیزیک (۱) - پایه دهم دوره دوم متوسطه - ۱۴۰۲

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری

احمد احمدی، روح‌الله خلیلی‌پورجنتی، محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر، محمدرضا شریف‌زاده‌کیانانی،

سید هدایت سجادی، سروان مردوخ و علیرضا نیکنام (اعضای شورای برنامه‌ریزی و گروه تألیف) -

سید اکبر میرجعفری و کاظم بهنیا (دوراستار ادبی)

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - مجید ناگزی یونسی (مدیر هنری) - محمد مهدی ذبیحی

(طراح جلد) - راحله زاهدفتح‌اله (طراح گرافیک و صفحه‌آرا) - فاطمه رئیس‌یان فیروزیاد، کبری اجاباتی

سیف‌الله بیگ‌محمد دلوند، شاداب ارشادی، زینت بهشتی‌شیرازی و حمید ثابت‌کلاچاهی (امور آماده‌سازی)

تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن: ۸۸۳۱۱۶۱۰۹ دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶ کد پستی: ۱۵۸۴۷۷۳۵۹

وبگاه: www.chap.sch.ir و www.intextbook.ir

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱

(دورپخش): تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۰، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵، ۱۴۹

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

چاپ دوم ۱۴۰۴

نام کتاب:

پیداآوردند:

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

مدیریت آماده‌سازی هنری:

شناسه افزوده آماده‌سازی:

نشانی سازمان:

ناشر:

چاپخانه:

سال انتشار و نوبت چاپ:

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۷۴۲-۹

ISBN: 978-964-05-2742-9

۲-۱-۱ مدل‌سازی در فیزیک



پدیده‌هایی مانند پرتاب توپ، افتادن برگ درخت، تشکیل رنگین کمان، آذرخش و... ممکن است برای ما عادی شده باشند؛ ولی بررسی و تحلیل آنها در فیزیک معمولاً با پیچیدگی‌هایی همراه است. به همین دلیل فیزیک‌دانان برای بررسی پدیده‌ها، از مدل‌سازی استفاده می‌کنند. مدل‌سازی در فیزیک فرایندی است که طی آن یک پدیده فیزیکی، آن قدر ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود.

برای شناخت بهتر فرایند مدل‌سازی در فیزیک، حرکت یک توپ پرتاب شده را بررسی می‌کنیم (شکل ۲-۱-۱ الف). ممکن است در نگاه اول، بررسی و تحلیل حرکت توپ، ساده به نظر برسد، ولی واقعیت برخلاف این است. توپ، یک کره کامل نیست (درزها و برجستگی‌هایی روی توپ وجود دارد) و در حین حرکت به دور خود می‌چرخد، باد و مقاومت هوا بر حرکت آن اثر می‌گذارد. وزن توپ با تغییر فاصله آن از مرکز زمین تغییر می‌کند. اگر بخواهیم تمام این موارد را هنگام بررسی و تحلیل حرکت توپ در نظر بگیریم، تحلیل ما پیچیده خواهد شد.

با مدل‌سازی حرکت توپ، می‌توانیم تا حدود زیادی این پیچیدگی‌ها را کاهش دهیم و بررسی و تحلیل حرکت توپ را به‌طور ساده، امکان‌پذیر سازیم. با چشم پوشیدن از اندازه و شکل توپ، آن را به‌صورت یک جسم نقطه‌ای یا ذره در نظر می‌گیریم. همچنین با فرض اینکه توپ در خلأ حرکت می‌کند، از مقاومت هوا و اثر وزش باد صرف‌نظر می‌کنیم. سرانجام فرض می‌کنیم با تغییر فاصله توپ از مرکز زمین، وزن آن ثابت می‌ماند (شکل ۲-۱-۱ ب). اینک مسئله ما به قدر کافی ساده شده است و می‌توانیم حرکت آن را بررسی و تحلیل کنیم.

توجه داریم هنگام مدل‌سازی یک پدیده فیزیکی، باید اثرهای جزئی‌تر را نادیده بگیریم نه اثرهای مهم و تعیین‌کننده را. برای مثال، اگر به جای مقاومت هوا، نیروی جاذبه زمین را نادیده می‌گرفتیم، آن گاه مدل ما پیش‌بینی می‌کرد که وقتی تویی به بالا پرتاب شود در یک خط مستقیم بالا می‌رود!



۲-۱-۱ مدل‌سازی در فیزیک



پدیده‌هایی مانند پرتاب توپ، افتادن برگ درخت، تشکیل رنگین کمان، آذرخش و... ممکن است برای ما عادی شده باشند؛ ولی بررسی و تحلیل آنها در فیزیک معمولاً با پیچیدگی‌هایی همراه است. به همین دلیل فیزیک‌دانان برای بررسی پدیده‌ها، از مدل‌سازی استفاده می‌کنند. مدل‌سازی در فیزیک فرایندی است که طی آن یک پدیده فیزیکی، آن قدر ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود.

برای شناخت بهتر فرایند مدل‌سازی در فیزیک، حرکت یک توپ پرتاب شده را بررسی می‌کنیم (شکل ۲-۱-۱ الف). ممکن است در نگاه اول، بررسی و تحلیل حرکت توپ، ساده به نظر برسد، ولی واقعیت برخلاف این است. توپ، یک کره کامل نیست (درزها و برجستگی‌هایی روی توپ وجود دارد) و در حین حرکت به دور خود می‌چرخد، باد و مقاومت هوا بر حرکت آن اثر می‌گذارد. وزن توپ با تغییر فاصله آن از مرکز زمین تغییر می‌کند. اگر بخواهیم تمام این موارد را هنگام بررسی و تحلیل حرکت توپ در نظر بگیریم، تحلیل ما پیچیده خواهد شد.

با مدل‌سازی حرکت توپ، می‌توانیم تا حدود زیادی این پیچیدگی‌ها را کاهش دهیم و بررسی و تحلیل حرکت توپ را به‌طور ساده، امکان‌پذیر سازیم. با چشم پوشیدن از اندازه و شکل توپ، آن را به‌صورت یک جسم نقطه‌ای یا ذره در نظر می‌گیریم. همچنین با فرض اینکه توپ در خلأ حرکت می‌کند، از مقاومت هوا و اثر وزش باد صرف‌نظر می‌کنیم. سرانجام فرض می‌کنیم با تغییر فاصله توپ از مرکز زمین، وزن آن ثابت می‌ماند (شکل ۲-۱-۱ ب). اینک مسئله ما به قدر کافی ساده شده است و می‌توانیم حرکت آن را بررسی و تحلیل کنیم.

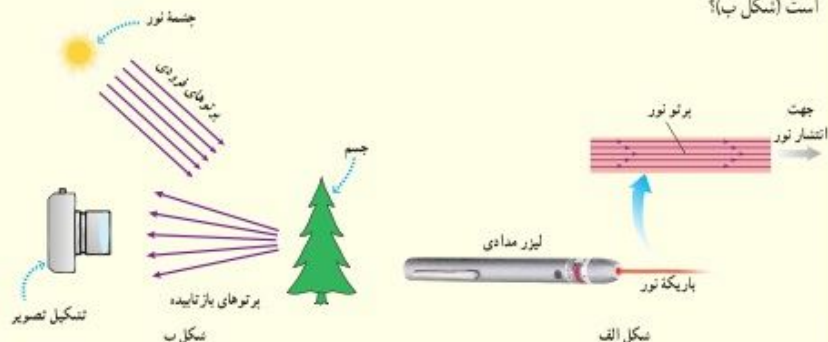
توجه داریم هنگام مدل‌سازی یک پدیده فیزیکی، باید اثرهای جزئی‌تر را نادیده بگیریم نه اثرهای مهم و تعیین‌کننده را. برای مثال، اگر به جای مقاومت هوا، نیروی جاذبه زمین را نادیده می‌گرفتیم، آن گاه مدل ما پیش‌بینی می‌کرد که وقتی تویی به بالا پرتاب شود در یک خط مستقیم بالا می‌رود!



فصل ۱

پرسش ۱-۱

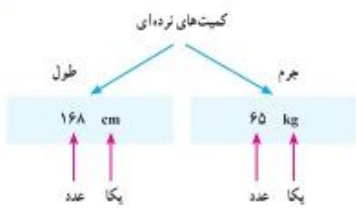
شکل الف براساس آنچه در علوم سال هشتم در زمینه نورشناسی خواندید آمده است. اجزای این شکل را توضیح دهید و بگویید که در آن، چه چیزی مدل سازی شده است. این مدل سازی چگونه در تشکیل تصویر در یک دوربین عکاسی به کار رفته است (شکل ب)؟



۳-۱ اندازه گیری و کمیت های فیزیکی

همان طور که پیش از این گفتیم فیزیک علمی تجربی است و هدف آن بررسی پدیده های فیزیکی در جهان پیرامون است. اساس تجربه و آزمایش، اندازه گیری است و برای بیان نتایج اندازه گیری، به طور معمول از عدد و یکای مناسب آن استفاده می کنیم. در فیزیک به هر چیزی که بتوان آن را اندازه گرفت، مانند طول، جرم، تندی، نیرو و زمان سقوط یک جسم، کمیت فیزیکی گفته می شود.

برای بیان برخی از کمیت های فیزیکی، تنها از یک عدد و یکای مناسب آن استفاده می شود. این گونه کمیت ها، **کمیت ترده ای** نامیده می شوند. برای مثال، وقتی می گوئیم جرم و طول قد شخصی به ترتیب، 65 kg و 168 cm است، از دو کمیت فیزیکی ترده ای برای توصیف این شخص استفاده کرده ایم (شکل ۳-۱). برای بیان برخی دیگر از کمیت های فیزیکی، افزون بر یک عدد و یکای مناسب آن، لازم است به جهت آن نیز اشاره کنیم. این دسته از کمیت ها را، **کمیت برداری** می نامند. یا برخی از این کمیت ها مانند جابه جایی، سرعت، شتاب و نیرو در علوم سال نهم آشنا شدند. برای مثال، وقتی می گوئیم جابه جایی دوجرخه سواری 42 km به طرف شمال و سرعت متوسط آن 25 km/h به طرف شمال است، از دو کمیت برداری برای توصیف حرکت این دوجرخه سوار استفاده کرده ایم (شکل ۳-۱). برای نوشتن کمیت های برداری، مانند نیرو $\vec{F}$ و شتاب $\vec{a}$ ، از علامت پیکان بالای نماد آن کمیت استفاده می کنیم. اگر علامت پیکان بالای یک کمیت برداری نیاید، مانند F و a ، تنها اندازه آن کمیت برداری (شامل عدد و یکا) بیان شده است.



شکل ۳-۱ هر کمیت ترده ای را باید با عدد و یکای مناسب آن بیان کنیم. بیان یک کمیت فیزیکی، بدون ذکر یکای آن، معنایی ندارد.

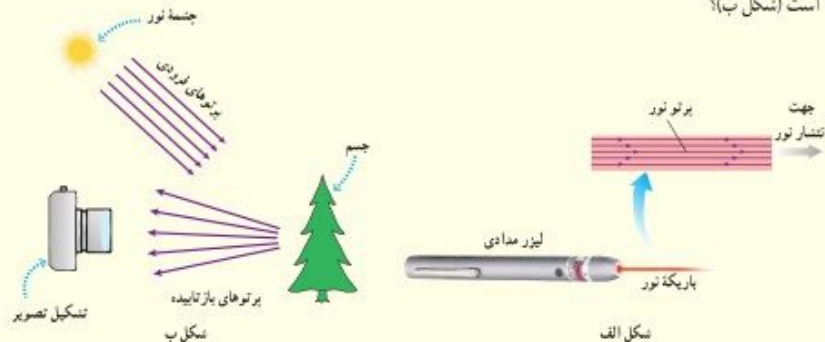


شکل ۳-۱ هر کمیت برداری را باید با عدد و یکای مناسب و جهت آن بیان کنیم. بیان یک کمیت فیزیکی برداری بدون ذکر یکا و جهت آن، معنایی ندارد.

فصل ۱

پرسش ۱-۱

شکل الف براساس آنچه در علوم سال هشتم در زمینه نورشناسی خواندید آمده است. اجزای این شکل را توضیح دهید و بگویید که در آن، چه چیزی مدل سازی شده است. این مدل سازی چگونه در تشکیل تصویر در یک دوربین عکاسی به کار رفته است (شکل ب)؟

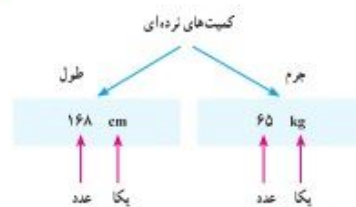


۳-۱ اندازه گیری و کمیت های فیزیکی

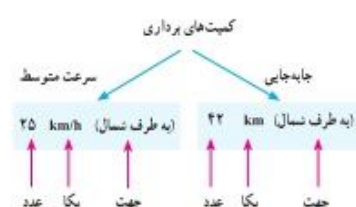
همان طور که پیش از این گفتیم فیزیک علمی تجربی است و هدف آن بررسی پدیده های فیزیکی در جهان پیرامون است. اساس تجربه و آزمایش، اندازه گیری است و برای بیان نتایج اندازه گیری، به طور معمول از عدد و یکای مناسب آن استفاده می کنیم. در فیزیک به هر چیزی که بتوان آن را اندازه گرفت، مانند طول، جرم، تندی، نیرو و زمان سقوط یک جسم، کمیت فیزیکی گفته می شود.

برای بیان برخی از کمیت های فیزیکی، تنها از یک عدد و یکای مناسب آن استفاده می شود. این گونه کمیت ها، **کمیت ترده ای** نامیده می شوند. برای مثال، وقتی می گوئیم جرم و طول قد شخصی به ترتیب، 65 kg و 168 cm است، از دو کمیت فیزیکی ترده ای برای توصیف این شخص استفاده کرده ایم (شکل ۳-۱). برای بیان برخی دیگر از کمیت های فیزیکی، افزون بر یک عدد و یکای مناسب آن، لازم است به جهت آن نیز اشاره کنیم. این دسته از کمیت ها را، **کمیت برداری** می نامند. یا برخی از این کمیت ها مانند جابه جایی، سرعت، شتاب و نیرو در علوم سال نهم آشنا شدند. برای مثال، وقتی می گوئیم جابه جایی دوجرخه سواری 42 km به طرف شمال و سرعت متوسط آن 25 km/h به طرف شمال است، از دو کمیت برداری برای توصیف حرکت این دوجرخه سوار استفاده کرده ایم (شکل ۳-۱). برای نوشتن کمیت های برداری، مانند نیرو $\vec{F}$ و شتاب $\vec{a}$ ، از علامت پیکان بالای نماد آن کمیت استفاده می کنیم. اگر علامت پیکان بالای یک کمیت برداری نیاید، مانند F و a ، تنها اندازه آن کمیت برداری (شامل عدد و یکا) بیان شده است.

۱- جمع و ضرب کمیت های برداری از قوانین جمع و ضرب بردارها تبعیت می کند.



شکل ۳-۱ هر کمیت ترده ای را باید با عدد و یکای مناسب آن بیان کنیم. بیان یک کمیت فیزیکی، بدون ذکر یکای آن، معنایی ندارد.



شکل ۳-۱ هر کمیت برداری را باید با عدد و یکای مناسب و جهت آن بیان کنیم. بیان یک کمیت فیزیکی برداری بدون ذکر یکا و جهت آن، معنایی ندارد.

طول: به لحاظ تاریخی، در اواخر قرن هجدهم، یکای طول (متر) به صورت یک ده میلیون فاصله استوا تا قطب شمال تعریف شد (شکل ۶-۱). تا سال ۱۹۶۰ میلادی، فاصله میان دو خط نازک حک شده در نزدیکی دو سر میله‌ای از جنس پلاتین - ایریدیوم، وقتی میله در دمای صفر درجه سلسیوس قرار داشت، برابر یک متر تعریف شده بود. بنابر آخرین توافق جهانی مجمع عمومی وزن‌ها و مقیاس‌ها در سال ۱۹۸۳ میلادی، یک متر برابر مسافتی تعریف شد که نور در مدت زمان $\frac{1}{299792458}$ ثانیه در خلأ طی می‌کند. این تعریف، تخصصی است و برای اندازه‌گیری‌های بسیار دقیق به کار می‌رود^۱. در جدول ۳-۱ مقادیر تقریبی برخی طول‌ها آمده است.



شکل ۶-۱ اولین تعریف متر در سال ۱۷۹۱ میلادی

جدول ۳-۱ مقادیر تقریبی برخی طول‌های اندازه‌گیری شده		
طول (m)	طول (m)	
9×10^{-1}	طول زمین فوئال	فاصله منظومه شمسی تا نزدیک‌ترین کهکشان $2/8 \times 10^{21}$
5×10^{-4}	طول بدن نوعی مگس	فاصله منظومه شمسی تا نزدیک‌ترین ستاره 4×10^{16}
1×10^{-7}	اندازه ذرات کوچک گرد و خاک	یک سال نوری 9×10^{15}
1×10^{-5}	اندازه پخته‌های بیشتر موجودات زنده	شعاع مدار میانگین زمین به دور خورشید $1/5 \times 10^{11}$
2×10^{-6}	اندازه بیشتر میکروب‌ها	فاصله میانگین ماه از زمین $3/84 \times 10^8$
$1/06 \times 10^{-10}$	قطر اتم هیدروژن	شعاع میانگین زمین $6/4 \times 10^6$
$1/75 \times 10^{-15}$	قطر هسته اتم هیدروژن (قطر پروتون)	فاصله ماهواره‌های مخابراتی از زمین $3/6 \times 10^7$



اگر مطابق شکل روبه‌رو، یکای طول را به صورت فاصله نوک بینی تا نوک انگشتان دست کشیده‌شده بگیریم، چه مزایا و چه معایبی دارد؟

تورن ۱-۱

الف) یکای نجومی^۲ برابر میانگین فاصله زمین تا خورشید است ($1 \text{ AU} \approx 1/5 \times 10^{11} \text{ m}$). با توجه به جدول ۳-۱، فاصله منظومه شمسی تا نزدیک‌ترین ستاره، بر حسب یکای نجومی چقدر است؟
 ب) مسافتی را که نور در مدت یک سال در خلأ می‌پیماید یک سال نوری می‌نامند و آن را با نماد ly نمایش می‌دهند^۳. این فاصله را بر حسب متر محاسبه کنید. تبدی نور را در خلأ^۴ $3/0 \times 10^8$ متر بر ثانیه بگیرید.
 پ) اخترشناسان دورترین اجرام شناخته‌شده از منظومه شمسی هستند و به عبارتی در دورترین محل قابل مشاهده کیهان قرار دارند. فاصله اخترشناسان از منظومه شمسی $1/0 \times 10^{22}$ متر برآورد شده است. این فاصله را بر حسب سال نوری بیان کنید.

۱- نیازی به حفظ کردن این تعریف تخصصی نیست.

۲- Astronomical Unit

۳- light year

۴- Quasars

طول: به لحاظ تاریخی، در اواخر قرن هجدهم، یکای طول (متر) به صورت یک ده میلیون فاصله استوا تا قطب شمال تعریف شد (شکل ۶-۱). تا سال ۱۹۶۰ میلادی، فاصله میان دو خط نازک حک شده در نزدیکی دو سر میله‌ای از جنس پلاتین - ایریدیوم، وقتی میله در دمای صفر درجه سلسیوس قرار داشت، برابر یک متر تعریف شده بود. بنابر آخرین توافق جهانی مجمع عمومی وزن‌ها و مقیاس‌ها در سال ۱۹۸۳ میلادی، یک متر برابر مسافتی تعریف شد که نور در مدت زمان $\frac{1}{299792458}$ ثانیه در خلأ طی می‌کند. این تعریف، تخصصی است و برای اندازه‌گیری‌های بسیار دقیق به کار می‌رود^۱. در جدول ۳-۱ مقادیر تقریبی برخی طول‌ها آمده است.



شکل ۶-۱ اولین تعریف متر در سال ۱۷۹۱ میلادی

جدول ۳-۱ مقادیر تقریبی برخی طول‌ها		
طول (m)	طول (m)	
9×10^{-1}	طول زمین فوئال	فاصله منظومه شمسی تا نزدیک‌ترین کهکشان $2/8 \times 10^{21}$
5×10^{-4}	طول بدن نوعی مگس	فاصله منظومه شمسی تا نزدیک‌ترین ستاره 4×10^{16}
1×10^{-7}	اندازه ذرات کوچک گرد و خاک	یک سال نوری 9×10^{15}
1×10^{-5}	اندازه پخته‌های بیشتر موجودات زنده	شعاع مدار میانگین زمین به دور خورشید $1/5 \times 10^{11}$
2×10^{-6}	اندازه بیشتر میکروب‌ها	فاصله میانگین ماه از زمین $3/84 \times 10^8$
$1/06 \times 10^{-10}$	قطر اتم هیدروژن	شعاع میانگین زمین $6/4 \times 10^6$
$1/75 \times 10^{-15}$	قطر هسته اتم هیدروژن (قطر پروتون)	فاصله ماهواره‌های مخابراتی از سطح زمین $3/6 \times 10^7$



اگر مطابق شکل روبه‌رو، یکای طول را به صورت فاصله نوک بینی تا نوک انگشتان دست کشیده‌شده بگیریم، چه مزایا و چه معایبی دارد؟

تورن ۱-۱

الف) یکای نجومی^۲ برابر میانگین فاصله زمین تا خورشید است ($1 \text{ AU} \approx 1/5 \times 10^{11} \text{ m}$). با توجه به جدول ۳-۱، فاصله منظومه شمسی تا نزدیک‌ترین ستاره، بر حسب یکای نجومی چقدر است؟
 ب) مسافتی را که نور در مدت یک سال در خلأ می‌پیماید یک سال نوری می‌نامند و آن را با نماد ly نمایش می‌دهند^۳. این فاصله را بر حسب متر محاسبه کنید. تبدی نور را در خلأ^۴ $3/0 \times 10^8$ متر بر ثانیه بگیرید.
 پ) اخترشناسان دورترین اجرام شناخته‌شده از منظومه شمسی هستند و به عبارتی در دورترین محل قابل مشاهده کیهان قرار دارند. فاصله اخترشناسان از منظومه شمسی $1/0 \times 10^{22}$ متر برآورد شده است. این فاصله را بر حسب سال نوری بیان کنید.

۱- نیازی به حفظ کردن این تعریف تخصصی نیست.

۲- Astronomical Unit

۳- light year

۴- Quasars

فیزیک و اندازه‌گیری



فصل ۷-۱ استاندارد ملی کیلوگرم که نسخه دقیقی از استاندارد بین‌المللی بیور فرانسه است. این نمونه، در مرکز اندازه‌سناسی در سازمان ملی استاندارد ایران نگهداری می‌شود.

جرم: یکای جرم در SI، کیلوگرم (kg) نامیده می‌شود. تا پیش از بیست‌وششمین مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها، یک کیلوگرم به‌صورت جرم استوانه‌ای فلزی از جنس آلیاژ پلاتین – ایریدیوم تعریف شده بود. این استوانه به دقت درون دو حباب شیشه‌ای جای گرفته است و در موزه بیور فرانسه نگهداری می‌شود.^۱ نسخه‌های کاملاً مشابهی از این نمونه ساخته و برای کشورهای دیگر ارسال شده است (شکل ۷-۱).

در علوم سال هفتم با ابزارهای اندازه‌گیری جرم آشنا شدید. مقادیر تقریبی برخی جرم‌ها در جدول ۷-۱ آمده است.

جدول ۷-۱ مقادیر تقریبی برخی جرم‌های اندازه‌گیری شده		
جرم (kg)	جرم (kg)	عالم قابل مشاهده
7×10^{-1}	1×10^{25}	انسان
1×10^{-9}	7×10^{21}	کهکشان راه شیری
1×10^{-3}	2×10^{30}	خورشید
1×10^{-15}	6×10^{24}	زمین
$1/67 \times 10^{-27}$	$7/34 \times 10^{22}$	ماه
$9/11 \times 10^{-31}$	1×10^2	کوسه

فیزیک و اندازه‌گیری



فصل ۷-۱ استاندارد ملی کیلوگرم که نسخه دقیقی از استاندارد بین‌المللی بیور فرانسه است. این نمونه، در مرکز اندازه‌سناسی در سازمان ملی استاندارد ایران نگهداری می‌شود.

جرم: یکای جرم در SI، کیلوگرم (kg) نامیده می‌شود. تا پیش از بیست‌وششمین مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها، یک کیلوگرم به‌صورت جرم استوانه‌ای فلزی از جنس آلیاژ پلاتین – ایریدیوم تعریف شده بود. این استوانه به دقت درون دو حباب شیشه‌ای جای گرفته است و در موزه بیور فرانسه نگهداری می‌شود.^۱ نسخه‌های کاملاً مشابهی از این نمونه ساخته و برای کشورهای دیگر ارسال شده است (شکل ۷-۱).

در علوم سال هفتم با ابزارهای اندازه‌گیری جرم آشنا شدید. مقادیر تقریبی برخی جرم‌ها در جدول ۷-۱ آمده است.

جدول ۷-۱ مقادیر تقریبی برخی جرم‌ها		
جرم (kg)	جرم (kg)	عالم قابل مشاهده
7×10^{-1}	1×10^{25}	انسان
1×10^{-9}	7×10^{21}	کهکشان راه شیری
1×10^{-3}	2×10^{30}	خورشید
1×10^{-15}	6×10^{24}	زمین
$1/67 \times 10^{-27}$	$7/34 \times 10^{22}$	ماه
$9/11 \times 10^{-31}$	1×10^2	کوسه

زمان: در طول سال‌های ۱۲۶۸ تا ۱۳۴۶ ه.ش، یکای زمان، ثانیه (s) به‌صورت $\frac{1}{86400}$ میانگین روز خورشیدی تعریف می‌شد.^۱ استاندارد کنونی زمان که از سال ۱۳۴۶ ه.ش به‌کار گرفته شد براساس دقت بسیار زیاد ساعت‌های اتمی تعریف شده است که در کتاب‌های پیشرفته‌تر فیزیک می‌توانید با آن آشنا شوید.^۲

در بسیاری موارد نیاز به اندازه‌گیری مدت زمان بین شروع و پایان یک رویداد داریم. این مدت زمان را بازه زمانی می‌نامیم. مقادیر تقریبی برخی بازه‌های زمانی در جدول ۷-۱ آمده است.

جدول ۷-۱ مقادیر تقریبی برخی از بازه های زمانی	
ناتیه	
5×10^{-12}	سن عالم
$1/23 \times 10^{-12}$	سن زمین
2×10^{-9}	میانگین عمر یک انسان
$3/15 \times 10^{-2}$	یک سال
$8/6 \times 10^{-2}$	یک روز
8×10^{-1}	زمان بین دو ضربان عادی قلب

در خصوص چگونگی اندازه‌گیری زمان از دوران باستان تا عصر حاضر مطالبی را به‌طور مستند تهیه کنید.^۳

مطالب تهیه‌شده را با توجه به مهارت و علاقه‌مندی افراد گروه خود، به یکی از شکل‌های روزنامه دیواری، پاورپوینت، قطعه فیلم کوتاه و... به کلاس درس ارائه دهید.

زمان: در طول سال‌های ۱۲۶۸ تا ۱۳۴۶ ه.ش، یکای زمان، ثانیه (s) به‌صورت $\frac{1}{86400}$ میانگین روز خورشیدی تعریف می‌شد.^۱ استاندارد کنونی زمان که از سال ۱۳۴۶ ه.ش به‌کار گرفته شد براساس دقت بسیار زیاد ساعت‌های اتمی تعریف شده است که در کتاب‌های پیشرفته‌تر فیزیک می‌توانید با آن آشنا شوید.^۲

در بسیاری موارد نیاز به اندازه‌گیری مدت زمان بین شروع و پایان یک رویداد داریم. این مدت زمان را بازه زمانی می‌نامیم. مقادیر تقریبی برخی بازه‌های زمانی در جدول ۷-۱ آمده است.

جدول ۷-۱ مقادیر تقریبی برخی از بازه‌های زمانی اندازه‌گیری شده	
ناتیه	سن عالم
5×10^{-12}	سن زمین
$1/23 \times 10^{-12}$	میانگین عمر یک انسان
2×10^{-9}	یک سال
$3/15 \times 10^{-2}$	یک روز
$8/6 \times 10^{-2}$	زمان بین دو ضربان عادی قلب

در خصوص چگونگی اندازه‌گیری زمان از دوران باستان تا عصر حاضر مطالبی را به‌طور مستند تهیه کنید.^۳

مطالب تهیه‌شده را با توجه به مهارت و علاقه‌مندی افراد گروه خود، به یکی از شکل‌های روزنامه دیواری، پاورپوینت، قطعه فیلم کوتاه و... به کلاس درس ارائه دهید.

۱- در بیست‌وششمین مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها که در آبان ۱۳۴۷ برگزار شد تعریف یکاهای کیلوگرم، آمپر، کلوین و مول تغییر کرد. براساس تعریف‌های جدید کیلوگرم براساس ثابت پلانک (h)، آمپر براساس بار بنیادی (e)، کلوین براساس ثابت بولتزمن (k) و مول براساس ثابت آووگادرو (N_A) باز تعریف شدند.

۲- یک روز خورشیدی، زمانی بین قاهرشدن‌های متوالی خورشید در بالاترین نقطه آسمان در هر روز است.

۳- ساعت‌های اتمی پس از چندین میلیون سال، تنها یک ثانیه جلو یا عقب می‌افتند!

۴- خوب است نگاهی به وبگاه موزه علوم و فناوری www.irstm.ir نیز داشته باشید.

۱- در بیست‌وششمین مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها که در آبان ۱۳۴۷ برگزار شد تعریف یکاهای کیلوگرم، آمپر، کلوین و مول تغییر کرد. براساس تعریف‌های جدید کیلوگرم براساس ثابت پلانک (h)، آمپر براساس بار بنیادی (e)، کلوین براساس ثابت بولتزمن (k) و مول براساس ثابت آووگادرو (N_A) باز تعریف شدند.

۲- یک روز خورشیدی، زمانی بین قاهرشدن‌های متوالی خورشید در بالاترین نقطه آسمان در هر روز است.

۳- ساعت‌های اتمی پس از چندین میلیون سال، تنها یک ثانیه جلو یا عقب می‌افتند!

۴- خوب است نگاهی به وبگاه موزه علوم و فناوری www.irstm.ir نیز داشته باشید.

فصل ۱

نمادگذاری علمی: در پاره‌ای از اندازه‌گیری‌ها با مقدارهای خیلی بزرگ یا خیلی کوچک سرو کار داریم؛ مثلاً برای نوشتن جرم زمین برحسب کیلوگرم باید تعداد ۲۲ صفر را بعد از عدد ۵۹۸ بنویسیم یا برای نوشتن جرم یک الکترون برحسب کیلوگرم باید بعد از ممیز، ۳۰ عدد صفر قرار دهیم و پس از آن عدد ۹۱۰۹ را بنویسیم.

بدیهی است نوشتن چنین عددهایی به صورت اعشاری یا با صفرهای زیاد، علاوه بر دشواری در خواندن و نوشتن، احتمال اشتباه را نیز افزایش می‌دهد. از این رو، با استفاده از روشی که آن را نمادگذاری علمی می‌نامند، نوشتن و محاسبه مقدارهای خیلی بزرگ یا خیلی کوچک ساده‌تر می‌شود.

اندازه هر کمیت فیزیکی، که به صورت نمادگذاری علمی بیان می‌شود، باید شامل سه قسمت باشد. قسمت‌های اول و دوم، در برگرفته حاصل ضرب عددی از ۱ تا ۱۰ در توان صحیحی از ۱۰ است و در قسمت سوم، یکای آن کمیت نوشته می‌شود. برای آشنایی بیشتر با نمادگذاری علمی، به مثال‌های جدول ۷-۱ توجه کنید.

جدول ۷-۱ پیشوندهای یکاها					
ضریب	پیشوند	نماد	ضریب	پیشوند	نماد
$۱۰^{۱۲}$	یوتا	Y	$۱۰^{-۱۲}$	یوکتو	y
$۱۰^{۲۱}$	زتا	Z	$۱۰^{-۲۱}$	زپتو	z
$۱۰^{۱۸}$	اِکِزا	E	$۱۰^{-۱۸}$	آتو	a
$۱۰^{۱۵}$	پِتا	P	$۱۰^{-۱۵}$	فمتو	f
$۱۰^{۱۲}$	ترا	T	$۱۰^{-۱۲}$	پیکو	p
$۱۰^۹$	گیگا (جیگا)	G	$۱۰^{-۹}$	نانو	n
$۱۰^۶$	مِگا	M	$۱۰^{-۶}$	میکرو	μ
$۱۰^۳$	کیلو	k	$۱۰^{-۳}$	میلی	m
$۱۰^۰$	هکتو	h	$۱۰^{-۲}$	سانتی	c
$۱۰^{-۱}$	دِکا	da	$۱۰^{-۱}$	دِسی	d

پیشوندهایی که کاربرد بیشتری دارند و بهتر است آنها را به خاطر بسپارید با رنگ قرمز نشان داده شده‌اند.

جدول ۷-۱ بیان اندازه چند کمیت به صورت نمادگذاری علمی		
نمونه	اندازه کمیت (شامل عدد و یکا)	بیان به صورت نمادگذاری علمی
حجم بترین مصرفی در ایران در سال ۱۳۹۴	۲۶۰۰۰۰۰۰۰۰ L	$۲/۶۰ \times ۱۰^{۱۰} \text{ L}$
تندی تور در هوا	۳۰۰۰۰۰۰۰۰ m/s	$۳/۰۰ \times ۱۰^{-۶} \text{ m/s}$
طول کل خطوط انتقال نفت خام، گاز و سایر فراورده‌های سوختی در ایران	۲۸۹۰۰۰۰ m	$۲/۸۹ \times ۱۰^{-۷} \text{ m}$
حجم یک بشکه نفت	۱۵۹ L	$۱/۵۹ \times ۱۰^{-۴} \text{ L}$
قطر موی انسان	۸۰۰۰۰۰۰۸ m	$۸/۰۱ \times ۱۰^{-۷} \text{ m}$
قطر اتم هیدروژن	۱۰۶ m	$۱/۰۶ \times ۱۰^{-۱۰} \text{ m}$

فصل ۱

نمادگذاری علمی: در پاره‌ای از اندازه‌گیری‌ها با مقدارهای خیلی بزرگ یا خیلی کوچک سرو کار داریم؛ مثلاً برای نوشتن جرم زمین برحسب کیلوگرم باید تعداد ۲۲ صفر را بعد از عدد ۵۹۸ بنویسیم یا برای نوشتن جرم یک الکترون برحسب کیلوگرم باید بعد از ممیز، ۳۰ عدد صفر قرار دهیم و پس از آن عدد ۹۱۰۹ را بنویسیم.

بدیهی است نوشتن چنین عددهایی به صورت اعشاری یا با صفرهای زیاد، علاوه بر دشواری در خواندن و نوشتن، احتمال اشتباه را نیز افزایش می‌دهد. از این رو، با استفاده از روشی که آن را نمادگذاری علمی می‌نامند، نوشتن و محاسبه مقدارهای خیلی بزرگ یا خیلی کوچک ساده‌تر می‌شود.

اندازه هر کمیت فیزیکی، که به صورت نمادگذاری علمی بیان می‌شود، باید شامل سه قسمت باشد. قسمت‌های اول و دوم، در برگرفته حاصل ضرب عددی از ۱ تا ۱۰ در توان صحیحی از ۱۰ است و در قسمت سوم، یکای آن کمیت نوشته می‌شود. برای آشنایی بیشتر با نمادگذاری علمی، به مثال‌های جدول ۷-۱ توجه کنید.

جدول ۷-۱ پیشوندهای یکاها					
ضریب	پیشوند	نماد	ضریب	پیشوند	نماد
$۱۰^{۱۲}$	یوتا	Y	$۱۰^{-۱۲}$	یوکتو	y
$۱۰^{۲۱}$	زتا	Z	$۱۰^{-۲۱}$	زپتو	z
$۱۰^{۱۸}$	اِکِزا	E	$۱۰^{-۱۸}$	آتو	a
$۱۰^{۱۵}$	پِتا	P	$۱۰^{-۱۵}$	فمتو	f
$۱۰^{۱۲}$	ترا	T	$۱۰^{-۱۲}$	پیکو	p
$۱۰^۹$	گیگا (جیگا)	G	$۱۰^{-۹}$	نانو	n
$۱۰^۶$	مِگا	M	$۱۰^{-۶}$	میکرو	μ
$۱۰^۳$	کیلو	k	$۱۰^{-۳}$	میلی	m
$۱۰^۰$	هکتو	h	$۱۰^{-۲}$	سانتی	c
$۱۰^{-۱}$	دِکا	da	$۱۰^{-۱}$	دِسی	d

پیشوندهایی که کاربرد بیشتری دارند و بهتر است آنها را به خاطر بسپارید با رنگ قرمز نشان داده شده‌اند.

جدول ۷-۱ بیان اندازه چند کمیت به صورت نمادگذاری علمی		
نمونه	اندازه کمیت (شامل عدد و یکا)	بیان به صورت نمادگذاری علمی
حجم بترین مصرفی در ایران در سال ۱۴۰۲	۴۲۰۰۰۰۰۰۰۰ L	$۴/۲۰ \times ۱۰^{۱۰} \text{ L}$
تندی تور در هوا	۳۰۰۰۰۰۰۰۰ m/s	$۳/۰۰ \times ۱۰^{-۶} \text{ m/s}$
طول تقریبی خطوط انتقال نفت خام، گاز و سایر فراورده‌های سوختی در ایران	۴۰۹۰۰۰۰ m	$۴/۰۹ \times ۱۰^{-۷} \text{ m}$
حجم یک بشکه نفت	۱۵۹ L	$۱/۵۹ \times ۱۰^{-۴} \text{ L}$
قطر موی انسان	۸۰۰۰۰۰۰۸ m	$۸/۰۱ \times ۱۰^{-۷} \text{ m}$
قطر اتم هیدروژن	۱۰۶ m	$۱/۰۶ \times ۱۰^{-۱۰} \text{ m}$

نتیجه اندازه‌گیری (شامل دقت ابزار و خطای آن) توسط آنها آشنا خواهید شد. شکل‌های (الف) و (ب)، به ترتیب یک ریزسنج و یک کولیس رقمی را نشان می‌دهد. دقت هر یک از این وسیله‌ها را مشخص کنید.



(الف)



(ب)

(ب) مایل، یکی دیگر از پکاهای متداول طول در دستگاه برناتیایی است. یک مایل دریایی برابر ۱۸۵۲ متر است. تندی کنشی قسمت (الف) را بر حسب مایل بر ساعت به دست آورید.

۱۲ ذرع و فرسنگ از جمله پکاهای قدیمی ایرانی برای طول است. هر ذرع ۱۰۴ سانتی‌متر و هر فرسنگ ۶۰۰۰ ذرع است. قسم، بزرگ‌ترین جزیره خلیج فارس است که مساحت آن از بیش از بیست کشور جهان بزرگ‌تر است. طول این جزیره حدود ۱۲۰ کیلومتر برآورد شده است. این طول را بر حسب ذرع و فرسنگ بیان کنید.



اسه چکالی

۱۷ الف) قطعه فلزی به شما داده شده است و ادعا می‌شود که از طلای خالص ساخته شده است. چگونه می‌توانید درستی این ادعا را بررسی کنید؟

(ب) بزرگ‌ترین شمش طلا با حجم $1.0 \times 10^3 \text{ cm}^3$ و جرم 250 kg توسط یک شرکت ژاپنی ساخته شده است (شکل زیر). چگالی این شمش طلا را به دست آورید.

(پ) نتیجه به دست آمده در قسمت (ب) را با چگالی طلا در جدول ۸-۱ مقایسه کنید و دلیل تفاوت این دو عدد را بیان کنید.



۱۲ در بسیاری از کارگاه‌های صنعتی، مانند تراشکاری‌ها، اندازه‌گیری طول با ابزارهای دقیق‌تر از خط‌کش میلی‌متری انجام می‌شود. این ابزارها، کولیس و ریزسنج نام دارند که به دو صورت مدرج و رقمی (دیجیتال) ساخته می‌شوند. در درس آزمایشگاه علوم، با نحوه کار کولیس و ریزسنج مدرج و ثبت



۱- هر مایل در خشکی ۱۶۰۹ متر است.

نتیجه اندازه‌گیری (شامل دقت ابزار و خطای آن) توسط آنها آشنا خواهید شد. شکل‌های (الف) و (ب)، به ترتیب یک ریزسنج و یک کولیس رقمی را نشان می‌دهد. دقت هر یک از این وسیله‌ها را مشخص کنید.



(الف)



(ب)



اسه چکالی

۱۷ الف) قطعه فلزی توپ به شما داده شده است و ادعا می‌شود که از طلای خالص ساخته شده است. چگونه می‌توانید درستی این ادعا را بررسی کنید؟

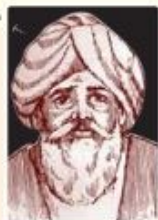
(ب) بزرگ‌ترین شمش طلا با حجم $1.0 \times 10^3 \text{ cm}^3$ و جرم 250 kg توسط یک شرکت ژاپنی ساخته شده است (شکل زیر). چگالی این شمش طلا را به دست آورید.

(پ) نتیجه به دست آمده در قسمت (ب) را با چگالی طلا در جدول ۸-۱ مقایسه کنید و دلیل تفاوت این دو عدد را بیان کنید.



۱۲ در بسیاری از کارگاه‌های صنعتی، مانند تراشکاری‌ها، اندازه‌گیری طول با ابزارهای دقیق‌تر از خط‌کش میلی‌متری انجام می‌شود. این ابزارها، کولیس و ریزسنج نام دارند که به دو صورت مدرج و رقمی (دیجیتال) ساخته می‌شوند. در درس آزمایشگاه علوم، با نحوه کار کولیس و ریزسنج مدرج و ثبت

۱- هر مایل در خشکی ۱۶۰۹ متر است.



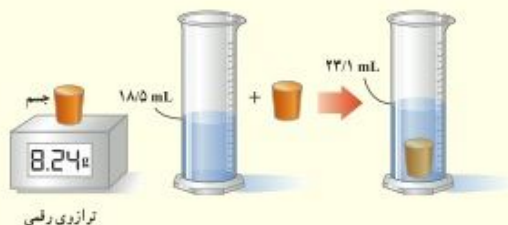
ایویکر محمدین حسین کرچی

ابوبکر محمد بن حسین کرمی از دانشمندان ایرانی قرن چهارم و پنجم هجری است هر چند اطلاع دقیقی از سال تولد و وفات وی در دست نیست.

روی تحصیلات خود را در شهر ری که آن زمان مرکز رفت و آمد دانشندان اسلامی بود به اتمام رساند و سپس برای آشنایی با دانشندان دیگر و تحصیلات بیشتر راهی بغداد شد. کرجی در بغداد، در زمان تصرف این شهر به دست آل بویه، به تحصیل مشغول بود؛ در آنجا کتاب «الفقری فی صناعة الجبر» (المقاله) را به نام قضا الملوک فی صناعة الجبر تألیف کرد. کرجی در بغداد سال ۴۲۰ هجری توفیق یافت که زادگاه خود کرج بازگشت و

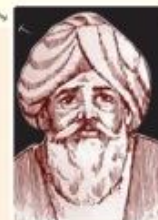
کتاب: «بایات المبادء الخفیه» (یعنی استخراج آهای پنهان زمین) را تألیف کرد. از نوشته‌های تجربی می‌توان به میزان دانش وی درباره ویژگی‌های فیزیکی خاک و کاربرد مهندسی پی برد. به عنوان نمونه، از بهروری خاک ژس برای آبیاری و ساختن دیوارهای خاکی و نیز روش‌های فشرده کردن خاک سخن گفته است. همچنین در ارائه روش‌ها و ساختن ابزارهای اندازه‌گیری در تاریخ مهندسی جایگاه والایی دارد. او در کتاب بررسی ابزارهای اندازه‌گیری درازا (طول)، بلندی (ارتفاع)، زاویه و دینورهای نقشه برداری و گزینش راه، قنات، به شرح استخراج‌های خود که دربرگیرنده ترازو و بهر وسیله اندازه‌گیری دیگر است، در این کتاب می‌پردازد.

۱۸ برای تعیین جگالی یک جسم جامد، ابتدا جرم و حجم آن را مطابق شکل زیر پیدا کرده‌ایم. با توجه به داده‌های روی شکل، جگالی جسم را برحسب g/cm^3 و kg/m^3 حساب کنید.



الف) ستاره‌های کوتوله سفید بسیار چگال هستند و چگالی آنها در SI حدود 10^9 میلیون است. اگر شما یک قوطی کبریت از ماده تشکیل دهنده این ستاره‌ها در اختیار داشتید، جرم آن چند کیلوگرم می‌شد؟ ابعاد قوطی کبریت را با خط کش اندازه‌گیری کنید.

ب) اگر جمعیت کره زمین حدود ۸ میلیارد نفر، جرم میانگین هر نفر 60 کیلوگرم و ماده تشکیل دهنده انسان‌ها از جنس ستاره‌های کوتوله سفید فرض شود (فرضی ناممکن!!)، ابعاد یک اتاقی حقدر باشد تا همه انسان‌ها در آن جای گیرند؟



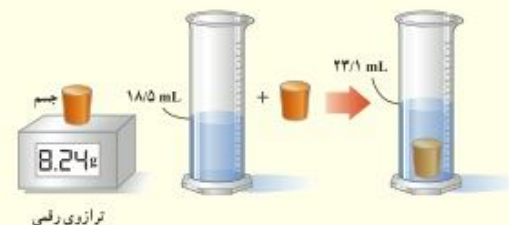
یو یکر محمد بن حسین کرچی

یوکر محمد بن حسین کرجی از دانشمندان ایرانی
 در چهارم و پنجم هجری است هر چند اطلاع دقیقی
 از سال تولد و وفات وی در دست نیست.

ری تحصیلات خود را در شهر ری که آن زمان مرکز رفت و آمد دانشمندان اسلامی بود به اتمام رساند و سپس برای آشنایی با دانشمندان دیگر تحصیلات بیشتر را هم بغداد شد. کرمی در بغداد، در زمان تصرف این شهر به دست آل بویه، به تحصیل مشغول بود؛ در آنجا کتاب الفقهی ریاضه الجیر و المقابلة را به نام فرد الملوك نیز به پایان برد. همچنین کرمی در بغداد سال ۴۰۰ هجری قمری به زادگاه خود کرج بازگشت و

کتاب «باط الحیاة الخفیه» (یعنی استخراج احوال) همان زمین را تألیف کرد. از نوشته‌های کریمی‌زاده به میزان دشتی و درباره ویژگی‌های فیزیکی خاک و کاربرد مهندسی پی برده. به عنوان نمونه، به بررسی خاک رس برای آسپندوی و ساختن سازه‌های خاکی و نیز روش‌های فشرده کردن خاک سخن گفته است. کریمی‌زاده همچنین در ارائه روش ساختن ابزارهای اندازه‌گیری در تاریخ مهندسی جایگاه والا می‌دارد. او در کنار بررسی ابزارهای اندازه‌گیری درازا (طول)، بلندی (ارتفاع)، زاویه، دستورهای نقشه‌برداری و گزینش راه، قنات، به تشریح اختراعاتی خود که در پیروانه ترازو و پیوند وسیله اندازه‌گیری دیگر است، در این کتاب می‌نویسد.

برای تعیین چگالی یک جسم جامد، ابتدا جرم و حجم آن را مطابق شکل زیر پیدا کرده‌ایم. با توجه به داده‌های روی شکل، چگالی جسم را بر حسب g/L و g/cm^3 حساب کنید.



الف) ستاره‌های کوتوله سفید بسیار چگال هستند و چگالی آنها در SI حدود 10^9 میلیون است. اگر شما یک قوطی کبریت از ماده تشکیل دهنده این ستاره‌ها در اختیار داشتید، جرم آن چند کیلوگرم می‌شد؟ ابعاد قوطی کبریت را با خط کش اندازه‌گیری کنید.

ب) اگر جمعیت کره زمین حدود 8 میلیارد نفر، جرم میانگین هر نفر 60 کیلوگرم و ماده تشکیل دهنده انسان‌ها از جنس ستاره‌های کوتوله سفید فرض شود (فرضی ناممکن!)، ابعاد یک اتای حقدور باشد تا همه انسان‌ها در آن جای گیرند؟



فصل ۲ ویژگی‌های فیزیکی مواد



چرا آب روی گلبرگ‌ها و برگ‌های نیلوفر آبی (نیلوفرهای) که در آب رشد می‌کنند به صورت قطره‌های ریز و درشتی درمی‌آید؟

آشنایی با ویژگی‌های فیزیکی مواد در تمام شاخه‌های علوم، مهندسی و پزشکی اهمیت زیادی دارد. مطالعه هر یک از حالت‌های ماده، منجر به کاربردهای فراوانی در فناوری، صنعت و زندگی روزمره شده است. شماره‌ها (واژه‌ای که برای مایع‌ها و گازها به کار می‌بریم) در بسیاری از جنبه‌های زندگی ما نقش مهمی دارند. جامدها بخش بزرگی از محیط فیزیکی پیرامون ما را می‌سازند و آنها را به هر شکلی که بخواهیم در می‌آوریم. خورشید، که به زمین نور و گرما می‌بخشد، از حالت چهارم ماده به نام پلازما ساخته شده است.

در این فصل ضمن آشنایی با برخی از ویژگی‌های فیزیکی سه حالت آشنای ماده، نگاهی به نیروهای بین مولکولی خواهیم داشت. پس از آن فشار در شماره‌ها، شناوری و اصل برنولی را به همراه برخی از کاربردهای آنها بررسی می‌کنیم.



فصل ۲ ویژگی‌های فیزیکی مواد



چرا آب روی گلبرگ‌ها و برگ‌های نیلوفر آبی (نیلوفرهای) که در آب رشد می‌کنند به صورت قطره‌های ریز و درشتی درمی‌آید؟

آشنایی با ویژگی‌های فیزیکی مواد در تمام شاخه‌های علوم، مهندسی و پزشکی اهمیت زیادی دارد. مطالعه هر یک از حالت‌های ماده، منجر به کاربردهای فراوانی در فناوری، صنعت و زندگی روزمره شده است. شماره‌ها (واژه‌ای که برای مایع‌ها و گازها به کار می‌بریم) در بسیاری از جنبه‌های زندگی ما نقش مهمی دارند. جامدها بخش بزرگی از محیط فیزیکی پیرامون ما را می‌سازند و آنها را به هر شکلی که بخواهیم در می‌آوریم. خورشید، که به زمین نور و گرما می‌بخشد، از حالت چهارم ماده به نام پلازما ساخته شده است.

در این فصل ضمن آشنایی با برخی از ویژگی‌های فیزیکی سه حالت آشنای ماده، نگاهی به نیروهای بین مولکولی خواهیم داشت. پس از آن فشار در شماره‌ها، شناوری و اصل برنولی را به همراه برخی از کاربردهای آنها بررسی می‌کنیم.

فصل ۲



شکل ۴-۲ چهار حالت ماده در این تصویر وجود دارد: یخ (جامد)، آب (مایع)، هوا (گاز) و خورشید (پلازما)

۱-۲ حالت‌های ماده

سال‌های قبل در درس علوم دیدید که به هر چیزی که فضا را اشغال کند (حجم داشته باشد) ماده می‌گوییم. مواد از ذره‌های ریزی به نام اتم یا مولکول ساخته شده‌اند. اندازه اتم‌ها حدود یک تا چند انگستروم ($1\text{Å} = 10^{-10}\text{m}$) است و اندازه مولکول‌ها به این بستگی دارد که از چند اتم ساخته شده باشند. اندازه برخی از درشت مولکول‌ها، مانند نسپارها (پلیمرها)، می‌تواند تا 1000 انگستروم نیز باشد. ذره‌های سازنده مواد همواره در حرکت‌اند و به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. حالت ماده به چگونگی حرکت این ذره‌ها و اندازه نیروی بین آنها بستگی دارد.

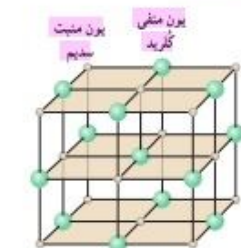
جامد، مایع و گاز سه حالت آشنای ماده هستند که در این فصل به بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیکی آنها خواهیم پرداخت. حالت چهارم ماده، پلازما نامیده می‌شود که یکی از روش‌های تولید آن گرم کردن گاز تا دماهای بسیار بالاست به طوری که اتم‌ها به یون‌های مثبت و الکترون‌ها تجزیه شوند. ماده درون ستارگان و بیشتر فضای بین ستاره‌ای، آذرخش، شفق‌های قطبی، شعله‌های آتش یا دمای بسیار بالا و ماده داخل لوله تابان لامپ‌های مهنایی از پلازما تشکیل شده است (شکل ۱-۲).

جامد: هزاران سال است که بشر از مواد جامد بهره می‌گیرد. اصطلاح‌های عصر حجر، عصر برنز، و عصر آهن اهمیت مواد جامد را در توسعه تمدن‌های پیشین نشان می‌دهد. تجربه روزمره نشان می‌دهد که جسم جامد، حجم و شکل معینی دارد. ذرات جسم جامد به سبب نیروهای الکتریکی که به یکدیگر وارد می‌کنند در کنار یکدیگر می‌مانند. این ذرات در مکان‌های معینی نسبت به یکدیگر قرار دارند و در اطراف این مکان‌ها، نوسان‌های بسیار کوچکی دارند.

برای درک بهتر ساختار جسم جامد، معمولاً مدلی مطابق شکل ۲-۲ ارائه می‌دهند و فرض می‌کنند که ذرات آن توسط فترهایی به یکدیگر متصل‌اند. اگر این ذرات نسبت به وضعیت تعادل، به هم نزدیک‌تر یا از هم دورتر شوند، نیروی کشسانی بین فترها آنها را به وضع تعادل برمی‌گرداند و جسم جامد، شکل و اندازه اولیه‌اش را حفظ می‌کند.

اتم‌های برخی از جامدها در طرح‌های منظمی مانند شکل‌های ۲-۳، الف کنار هم قرار می‌گیرند. جامدهایی را که در یک الگوی سه‌بعدی تکرار شونده از این واحدهای منظم ساخته می‌شود **جامد بلورین** می‌نامیم. فلزها، نمک‌ها، الماس، یخ و بیشتر مواد معدنی جزو جامدهای بلورین‌اند. وقتی مایعی را به آهستگی سرد کنیم اغلب جامدهای بلورین تشکیل می‌شوند. در این فرایند سردسازی آرام، ذرات سازنده مایع فرصت کافی دارند تا در طرح‌های منظم خود را مرتب کنند.

ذرات سازنده **جامدهای بی‌شکل (آمورف)** برخلاف جامدهای بلورین، در طرح‌های منظمی کنار هم قرار ندارند. شیشه، مثالی از یک جامد بی‌شکل است (شکل ۲-۳، ب). ماهیت آمورف شیشه‌های طبیعی کاملاً پایدار است. گروه دیگری از مواد هستند که وقتی در حالت مایع یا پخار به سرعت سرد شوند جامد بی‌شکل به وجود می‌آید. فلزات مثالی از این دسته مواد هستند. در این فرایند سردسازی سریع، ذرات فرصت کافی ندارند تا در طرحی منظم، مرتب شوند. بنابراین در طرح نامنظمی که در حالت مایع داشتند باقی می‌مانند. ولی وقتی این مواد تا دمای معینی گرم شوند به سرعت ساختار بلورین پیدا می‌کنند.



شکل ۴-۳ الف) ساختار بلورین NaCl، که در آن یون‌های سدیم و یون‌های کلرید به صورت یک در میان در گره‌های یک مکعب قرار گرفته‌اند. ب) ذرات سازنده یک جامد بی‌شکل، مانند شیشه که در طرح نامنظم در کنار هم قرار گرفته‌اند.

فصل ۲



شکل ۴-۲ چهار حالت ماده در این تصویر وجود دارد: یخ (جامد)، آب (مایع)، هوا (گاز) و خورشید (پلازما)

۱-۲ حالت‌های ماده

سال‌های قبل در درس علوم دیدید که به هر چیزی که فضا را اشغال کند (حجم داشته باشد) ماده می‌گوییم. مواد از ذره‌های ریزی به نام اتم یا مولکول ساخته شده‌اند. اندازه اتم‌ها حدود یک تا چند انگستروم ($1\text{Å} = 10^{-10}\text{m}$) است و اندازه مولکول‌ها به این بستگی دارد که از چند اتم ساخته شده باشند. اندازه برخی از درشت مولکول‌ها، مانند نسپارها (پلیمرها)، می‌تواند تا 1000 انگستروم نیز باشد. ذره‌های سازنده مواد همواره در حرکت‌اند و به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. حالت ماده به چگونگی حرکت این ذره‌ها و اندازه نیروی بین آنها بستگی دارد.

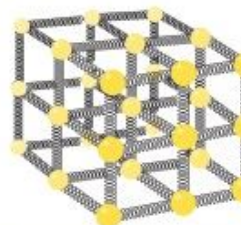
جامد، مایع و گاز سه حالت آشنای ماده هستند که در این فصل به بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیکی آنها خواهیم پرداخت. حالت چهارم ماده، پلازما نامیده می‌شود که اغلب در دماهای خیلی بالا به وجود می‌آید. ماده درون ستارگان و بیشتر فضای بین ستاره‌ای، آذرخش، شفق‌های قطبی، آتش و ماده داخل لوله تابان لامپ‌های مهنایی از پلازما تشکیل شده است (شکل ۱-۲).

جامد: هزاران سال است که بشر از مواد جامد بهره می‌گیرد. اصطلاح‌های عصر حجر، عصر برنز، و عصر آهن اهمیت مواد جامد را در توسعه تمدن‌های پیشین نشان می‌دهد. تجربه روزمره نشان می‌دهد که جسم جامد، حجم و شکل معینی دارد. ذرات جسم جامد به سبب نیروهای الکتریکی که به یکدیگر وارد می‌کنند در کنار یکدیگر می‌مانند. این ذرات در مکان‌های معینی نسبت به یکدیگر قرار دارند و در اطراف این مکان‌ها، نوسان‌های بسیار کوچکی دارند.

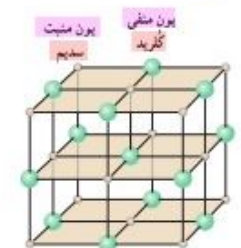
برای درک بهتر ساختار جسم جامد، معمولاً مدلی مطابق شکل ۲-۲ ارائه می‌دهند و فرض می‌کنند که ذرات آن توسط فترهایی به یکدیگر متصل‌اند. اگر این ذرات نسبت به وضعیت تعادل، به هم نزدیک‌تر یا از هم دورتر شوند، نیروی کشسانی بین فترها آنها را به وضع تعادل برمی‌گرداند و جسم جامد، شکل و اندازه اولیه‌اش را حفظ می‌کند.

اتم‌های برخی از جامدها در طرح‌های منظمی مانند شکل‌های ۲-۳، الف کنار هم قرار می‌گیرند. جامدهایی را که در یک الگوی سه‌بعدی تکرار شونده از این واحدهای منظم ساخته می‌شود **جامد بلورین** می‌نامیم. فلزها، نمک‌ها، الماس، یخ و بیشتر مواد معدنی جزو جامدهای بلورین‌اند. وقتی مایعی را به آهستگی سرد کنیم اغلب جامدهای بلورین تشکیل می‌شوند. در این فرایند سردسازی آرام، ذرات سازنده مایع فرصت کافی دارند تا در طرح‌های منظم خود را مرتب کنند.

ذرات سازنده **جامدهای بی‌شکل (آمورف)** برخلاف جامدهای بلورین، در طرح‌های منظمی کنار هم قرار ندارند. شیشه، مثالی از یک جامد بی‌شکل است (شکل ۲-۳، ب). ماهیت آمورف شیشه‌های طبیعی کاملاً پایدار است. گروه دیگری از مواد هستند که وقتی در حالت مایع یا پخار به سرعت سرد شوند جامد بی‌شکل به وجود می‌آید ولی وقتی این مواد تا دمای معینی گرم شوند به سرعت ساختار بلورین پیدا می‌کنند. فلزات مثالی از این دسته مواد هستند. در این فرایند سردسازی سریع، ذرات فرصت کافی ندارند تا در طرحی منظم، مرتب شوند. بنابراین در طرح نامنظمی که در حالت مایع داشتند باقی می‌مانند.



شکل ۴-۳ الف) مدلی از ساختار یک جامد که از میلیاردها میلیارد بخش، مانند این تشکیل شده است.



شکل ۴-۳ الف) ساختار بلورین NaCl، که در آن یون‌های سدیم و یون‌های کلرید به صورت یک در میان در گره‌های یک مکعب قرار گرفته‌اند. ب) ذرات سازنده یک جامد بی‌شکل، مانند شیشه که در طرح نامنظم در کنار هم قرار گرفته‌اند.

ویژگی‌های فیزیکی مواد



فعالیت ۱-۲

قلم‌زنی یکی از هنرهای صنعتی ایران و با قدمتی چندین هزار ساله است. تحقیق کنید صنعتگران قلم‌زن، چگونه از شُل و سفت شدن قیر کمک می‌گیرند تا بدون سوراخ شدن قلم، بر روی آن نقش و نگارهای متنوعی ایجاد کنند.



شکل ۴-۲ ذرات سازنده جوهر به تدریج در آب پخش می‌شوند.



شکل ۴-۳ طرحی از حرکت نامنظم و کاتوره‌ای یک مولکول آب

مایع: فاصله ذرات سازنده مایع و جامد تقریباً یکسان و در حدود یک آنگستروم است، اما مولکول‌های مایع نظم و تقارن جامدهای بلورین را ندارند. مایع به راحتی جاری می‌شود و به شکل ظرف خودش درمی‌آید.

پدیده پخش در مایع‌ها: اگر مقداری نمک را در یک لیوان آب بریزید، پس از مدتی آب، شور می‌شود. اگر چند قطره جوهر را به آب درون لیوانی اضافه کنید، به تدریج رنگ آب تغییر می‌کند (شکل ۴-۲). تجربه‌های ساده‌ای مانند این، نشان می‌دهند که ذرات سازنده نمک و جوهر در آب درون لیوان پخش شده‌اند. دلیل پخش ذرات نمک و جوهر در آب، به حرکت مولکول‌های آب مربوط می‌شود. در واقع به دلیل حرکت‌های نامنظم و کاتوره‌ای (تصادفی) مولکول‌های آب (شکل ۴-۳) و برخورد آنها با ذرات سازنده نمک و جوهر، این گونه مواد در آب پخش می‌شوند.

خوب است بدانید

بلورهای مایع موادی هستند که ویژگی‌های فیزیکی آنها چیزی بین خواص مایع‌ها و بلورهای جامد است. این بلورها در سال ۱۸۸۸ میلادی توسط گیاه‌شناس و شیمی‌دان اتریشی به نام فردریک رینیتزر^۱ کشف شدند. شناخت رفتار فیزیکی بلورهای مایع تا ده‌ها سال پس از کشف، برای دانشمندان کار ساده‌ای نبود. وقتی بلور مایعی بین دو لایه شفاف شیشه‌ای باشد در شرایط معمولی، مولکول‌های آن به صورت نسبتاً منظم، در یک صف قرار گرفته‌اند و نور را به خوبی از خود عبور می‌دهند. اما وقتی یک جریان ضعیف الکتریکی از آن می‌گذرد، مولکول‌های بلور مایع نظم ذاتی خود را از دست می‌دهند و محفظه بلور تیره‌رنگ می‌شود. اگر جریان الکتریکی تنها از برخی از قسمت‌های بلور عبور کند تنها همان قسمت‌ها تیره‌رنگ می‌شوند. در اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی اولین دسته از بلورهای مایع پایدار به صورت تجاری ساخته و از آن در تولید صفحه‌های نمایشگرهای بلور مایع (LCD) استفاده شد. در سال ۱۹۹۱ میلادی پیر ژیل دو ژن، فیزیک‌دان فرانسوی به خاطر تحقیقاتش در یافتن روش‌های استفاده از بلورهای مایع، جایزه نوبل فیزیک را دریافت کرد. بخش کوچکی از کاربردهای بلور مایع در ابزارهای نشان داده شده در شکل روبه‌رو آمده است.

۱- Friedrich Reinitzer (1827-1927)

ویژگی‌های فیزیکی مواد



فعالیت ۱-۲

قلم‌زنی یکی از هنرهای صنعتی ایران و با قدمتی چندین هزار ساله است. تحقیق کنید صنعتگران قلم‌زن، چگونه از شُل و سفت شدن قیر کمک می‌گیرند تا بدون سوراخ شدن قلم، بر روی آن نقش و نگارهای متنوعی ایجاد کنند.



شکل ۴-۲ ذرات سازنده جوهر به تدریج در آب پخش می‌شوند.



شکل ۴-۳ طرحی از حرکت نامنظم و کاتوره‌ای یک مولکول آب

مایع: فاصله ذرات سازنده مایع و جامد تقریباً یکسان و در حدود یک آنگستروم است، اما مولکول‌های مایع نظم و تقارن جامدهای بلورین را ندارند. مایع به راحتی جاری می‌شود و به شکل ظرف خودش درمی‌آید.

پدیده پخش در مایع‌ها: اگر مقداری نمک را در یک لیوان آب بریزید، پس از مدتی آب، شور می‌شود. اگر چند قطره جوهر را به آب درون لیوانی اضافه کنید، به تدریج رنگ آب تغییر می‌کند (شکل ۴-۲). تجربه‌های ساده‌ای مانند این، نشان می‌دهند که ذرات سازنده نمک و جوهر در آب درون لیوان پخش شده‌اند. دلیل پخش ذرات نمک و جوهر در آب، به حرکت مولکول‌های آب مربوط می‌شود. در واقع به دلیل حرکت‌های نامنظم و کاتوره‌ای (تصادفی) مولکول‌های آب (شکل ۴-۳) و برخورد آنها با ذرات سازنده نمک و جوهر، این گونه مواد در آب پخش می‌شوند.

خوب است بدانید

بلورهای مایع موادی هستند که ویژگی‌های فیزیکی آنها چیزی بین خواص مایع‌ها و بلورهای جامد است. این بلورها در سال ۱۸۸۸ میلادی توسط گیاه‌شناس و شیمی‌دان اتریشی به نام فردریک رینیتزر^۱ کشف شدند. شناخت رفتار فیزیکی بلورهای مایع تا ده‌ها سال پس از کشف، برای دانشمندان کار ساده‌ای نبود. وقتی بلور مایعی بین دو لایه شفاف شیشه‌ای باشد در شرایط معمولی، مولکول‌های آن به صورت نسبتاً منظم، در یک صف قرار گرفته‌اند و نور را به خوبی از خود عبور می‌دهند. اما وقتی یک جریان ضعیف الکتریکی از آن می‌گذرد، مولکول‌های بلور مایع نظم ذاتی خود را از دست می‌دهند و محفظه بلور تیره‌رنگ می‌شود. اگر جریان الکتریکی تنها از برخی از قسمت‌های بلور عبور کند تنها همان قسمت‌ها تیره‌رنگ می‌شوند. در اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی اولین دسته از بلورهای مایع پایدار به صورت تجاری ساخته و از آن در تولید صفحه‌های نمایشگرهای بلور مایع (LCD) استفاده شد. در سال ۱۹۹۱ میلادی پیر ژیل دو ژن، فیزیک‌دان فرانسوی به خاطر تحقیقاتش در یافتن روش‌های استفاده از بلورهای مایع، جایزه نوبل فیزیک را دریافت کرد. بخش کوچکی از کاربردهای بلور مایع در ابزارهای نشان داده شده در شکل روبه‌رو آمده است.

۱- Friedrich Reinitzer (1827-1927)

گاز: گاز، ماده‌ای است که شکل مشخصی ندارد. اتم‌ها و مولکول‌های آن آزادانه و با تندی بسیار زیاد به اطراف حرکت و با یکدیگر و با دیواره‌های ظرفی که در آن قرار دارند برخورد می‌کنند.^۱ فاصله میانگین مولکول‌های گاز در مقایسه با اندازه آنها، خیلی بیشتر است. مثلاً اندازه مولکول‌های هوا بین ۱ تا ۳ آنگستروم است در حالی که فاصله میانگین آنها در شرایط معمولی در حدود ۳۵ Å است (شکل ۲-۶).



شکل ۲-۶ حرکت نامنظم ذرات گاز درون یک بادکنک

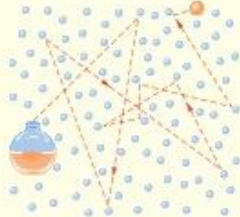
فعالیت ۲-۲

یک سرنگ، مثلاً ۱۰ سی‌سی، اختیار کنید. پیستون آن را بکشید تا هوا وارد سرنگ شود. انگشت خود را محکم روی دهانه خروجی سرنگ قرار دهید و تا جایی که می‌توانید پیستون را حرکت دهید تا هوای درون سرنگ متراکم شود. هوای درون سرنگ را خالی و آن را تا نیمه از آب پر کنید. با مسدود نمودن انتهای سرنگ سعی کنید تا جایی که ممکن است مایع درون آن را متراکم کنید. از این آزمایش ساده چه نتیجه‌ای در مورد تراکم پذیری گازها و مایع‌ها می‌گیرید؟ توضیح دهید.



پرسش ۱-۲

وقتی در نیشته عطری را در گوشه‌ای از اتاق باز می‌کنید، پس از چند ثانیه ذرات عطر در همه جای اتاق پخش و بوی آن حس می‌شود. با توجه به شکل زیر این پدیده را چگونه توجیه می‌کنید؟ چرا پدیده پخش در گازها سریع‌تر از مایع‌ها رخ می‌دهد؟



خوب است بدانید

اگر این مطلب را زیر نور لامپ مهتابی می‌خوانید برای یافتن پلاسما لازم نیست راه دوری بروید. ماده داخل لوله تابان لامپ مهتابی، پلاسماست. وقتی گازی تا دماهای خیلی زیاد (چندین هزار درجه سلسیوس به بالا) گرم شود، یک یا چند الکترون از هر اتم آزاد می‌شود. ماده حاصل، مجموعه‌ای از الکترون‌های آزاد، یون‌ها و اتم‌های خنثی خواهد بود. این حالت یونیده و شبه‌خنثای ماده، که حاوی مقادیر مساوی از بارهای مثبت و منفی است، پلاسما نامیده می‌شود که معمولاً از آن به عنوان حالت چهارم ماده نیز یاد می‌کنند (شکل‌های الف و ب).

۱- تندی مولکول‌های هوا در دمای اتاق حدود 500 m/s است.

گاز: گاز، ماده‌ای است که شکل مشخصی ندارد. اتم‌ها و مولکول‌های آن آزادانه و با تندی بسیار زیاد به اطراف حرکت و با یکدیگر و با دیواره‌های ظرفی که در آن قرار دارند برخورد می‌کنند.^۱ فاصله میانگین مولکول‌های گاز در مقایسه با اندازه آنها، خیلی بیشتر است. مثلاً اندازه مولکول‌های هوا بین ۱ تا ۳ آنگستروم است در حالی که فاصله میانگین آنها در شرایط معمولی در حدود ۳۵ Å است (شکل ۲-۶).



شکل ۲-۶ حرکت نامنظم ذرات گاز درون یک بادکنک

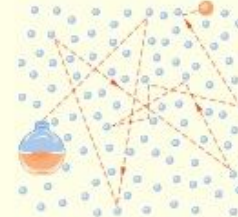
فعالیت ۲-۲

یک سرنگ، مثلاً ۱۰ سی‌سی، اختیار کنید. پیستون آن را بکشید تا هوا وارد سرنگ شود. انگشت خود را محکم روی دهانه خروجی سرنگ قرار دهید و تا جایی که می‌توانید پیستون را حرکت دهید تا هوای درون سرنگ متراکم شود. هوای درون سرنگ را خالی و آن را تا نیمه از آب پر کنید. با مسدود نمودن انتهای سرنگ سعی کنید تا جایی که ممکن است مایع درون آن را متراکم کنید. از این آزمایش ساده چه نتیجه‌ای در مورد تراکم پذیری گازها و مایع‌ها می‌گیرید؟ توضیح دهید.



پرسش ۱-۲

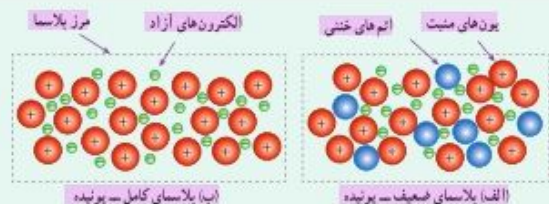
وقتی در نیشته عطری را در گوشه‌ای از اتاق باز می‌کنید، پس از چند ثانیه ذرات عطر در همه جای اتاق پخش و بوی آن حس می‌شود. با توجه به شکل زیر این پدیده را چگونه توجیه می‌کنید؟ چرا پدیده پخش در گازها سریع‌تر از مایع‌ها رخ می‌دهد؟



خوب است بدانید

پلاسما: اگر این مطلب را زیر نور لامپ مهتابی می‌خوانید برای یافتن پلاسما لازم نیست راه دوری بروید. ماده داخل لوله تابان لامپ مهتابی، پلاسماست. وقتی گازی تا دماهای خیلی زیاد (چندین هزار درجه سلسیوس به بالا) گرم شود، یک یا چند الکترون از هر اتم آزاد می‌شود. ماده حاصل، مجموعه‌ای از الکترون‌های آزاد، یون‌ها و اتم‌های خنثی خواهد بود. این حالت یونیده و شبه‌خنثای ماده، که حاوی مقادیر مساوی از بارهای مثبت و منفی است، پلاسما نامیده می‌شود که معمولاً از آن به عنوان حالت چهارم ماده نیز یاد می‌کنند (شکل‌های الف و ب).

۱- تندی مولکول‌های هوا در دمای اتاق حدود 500 m/s است.



قسمت عمده‌ای از جهان قابل مشاهده، از پلاسما تشکیل شده است. خورشید، ستارگان و بیشتر فضای بین ستاره‌ای، برخی از لایه‌های بالایی جو زمین، آذرخش، شفق‌های قطبی و شعله‌های آتش از جنس پلاسما هستند. پلاسما به طور طبیعی روی زمین به ندرت یافت می‌شود. در انفجارهای هسته‌ای، راکتورهای گداخت هسته‌ای و ... پلاسما را می‌توان به طور مصنوعی ایجاد کرد. افزون بر اینها پلاسمای درون لامپ‌های نئون و مهتابی (حاوی گازهای جیوه و آرگون)، که بر اثر تخلیه الکتریکی تابش می‌کند، سال‌هاست به عنوان چشمه‌های نور در زندگی روزمره ما به کار می‌روند.

پلاسما، بر خلاف گاز، رسانایی بسیار خوب الکتریسته و گرماست. بین ذرات پلاسما نیروی الکتریکی وجود دارد. ماهیت بلندپرو بودن این نیرو، در رفتار پلاسما نقش مهمی ایفا می‌کند. توجه به ویژگی‌های خاص پلاسما و بهره‌مندی از آن، سبب کاربردهای فراوانی در صنعت، فناوری، پزشکی، دندانپزشکی و ... شده است. از جمله این کاربردها می‌توان به نمایشگرهای صفحه تخت، ابزارهای جوش، برش و سوراخ کاری، چشمه‌های نور و مبدل‌های انرژی، سوزن‌های پلاسمایی و ... اشاره کرد (شکل‌های زیر). در چند دهه اخیر، فیزیک پلاسما به یکی از رشته‌های رویه رشد و برکاربرد فیزیک تبدیل شده است.

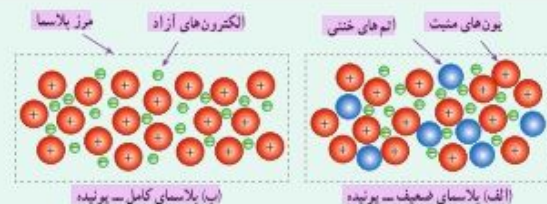


خوب است بدانید

ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو

علم نانو یکی از شاخه‌های جدید علوم است که به دلیل تأثیر شگرفی که در فناوری ایفا می‌کند از توجه روزافزونی در دنیای امروز برخوردار است. ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو، به طور قابل توجهی تغییر می‌کند.

مثلاً نقطه ذوب طلا (1064°C) را می‌توان در هر کتاب مرجع مربوط به فلزها پیدا کرد و درستی آن را با قرار دادن یک قطعه طلا در کوره‌ای با دمای بالا تأیید کرد. وقتی دما به 1064°C می‌رسد طلای جامد تغییر حالت می‌دهد و به شکل توده‌ای از طلای مایع درمی‌آید. اگر این آزمایش را دوباره انجام دهیم، ولی به جای یک قطعه بزرگ طلا، که می‌توانیم آن را ببینیم و به راحتی لمس کنیم، قطعه‌ای را که قطر آن تنها چند نانومتر ($1\text{nm} = 1 \times 10^{-9}\text{m}$) است در کوره بگذاریم و ذوب کنیم (بدیهی است برای انجام این کار به تجهیزات و روش‌های خاص نیاز داریم، اما شدنی است) با شگفتی درمی‌یابیم که دمای ذوب طلا فقط 427°C است. آیا اشتباه



اغلب گفته می‌شود ۹۹ درصد از جهان قابل مشاهده، از پلاسما تشکیل شده است. خورشید، ستارگان و بیشتر فضای بین ستاره‌ای، برخی از لایه‌های بالایی جو زمین، آذرخش، شفق‌های قطبی و شعله‌های آتش با دمای بسیار بالا، از جنس پلاسما هستند. پلاسما به طور طبیعی روی زمین به ندرت یافت می‌شود. در انفجارهای هسته‌ای، راکتورهای گداخت هسته‌ای و ... پلاسما را می‌توان به طور مصنوعی ایجاد کرد. افزون بر اینها پلاسمای درون لامپ‌های نئون و مهتابی (حاوی گازهای جیوه و آرگون)، که بر اثر تخلیه الکتریکی تابش می‌کند، سال‌هاست به عنوان چشمه‌های نور در زندگی روزمره ما به کار می‌روند.

پلاسما، بر خلاف گاز، رسانایی بسیار خوب الکتریسته و گرماست. بین ذرات پلاسما نیروی الکتریکی وجود دارد. ماهیت بلندپرو بودن این نیرو، در رفتار پلاسما نقش مهمی ایفا می‌کند. توجه به ویژگی‌های خاص پلاسما و بهره‌مندی از آن، سبب کاربردهای فراوانی در صنعت، فناوری، پزشکی، دندانپزشکی و ... شده است. از جمله این کاربردها می‌توان به نمایشگرهای صفحه تخت، ابزارهای جوش، برش و سوراخ کاری، چشمه‌های نور و مبدل‌های انرژی، سوزن‌های پلاسمایی و ... اشاره کرد (شکل‌های زیر). در چند دهه اخیر، فیزیک پلاسما به یکی از رشته‌های رویه رشد و برکاربرد فیزیک تبدیل شده است.



خوب است بدانید

ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو

علم نانو یکی از شاخه‌های جدید علوم است که به دلیل تأثیر شگرفی که در فناوری ایفا می‌کند از توجه روزافزونی در دنیای امروز برخوردار است. ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو، به طور قابل توجهی تغییر می‌کند.

مثلاً نقطه ذوب طلا (1064°C) را می‌توان در هر کتاب مرجع مربوط به فلزها پیدا کرد و درستی آن را با قرار دادن یک قطعه طلا در کوره‌ای با دمای بالا تأیید کرد. وقتی دما به 1064°C می‌رسد طلای جامد تغییر حالت می‌دهد و به شکل توده‌ای از طلای مایع درمی‌آید. اگر این آزمایش را دوباره انجام دهیم، ولی به جای یک قطعه بزرگ طلا، که می‌توانیم آن را ببینیم و به راحتی لمس کنیم، قطعه‌ای را که قطر آن تنها چند نانومتر ($1\text{nm} = 1 \times 10^{-9}\text{m}$) است در کوره بگذاریم و ذوب کنیم (بدیهی است برای انجام این کار به تجهیزات و روش‌های خاص نیاز داریم، اما شدنی است) با شگفتی درمی‌یابیم که دمای ذوب طلا فقط 427°C است. آیا اشتباه

فصل ۲

کرده‌ایم؟ آزمایش‌های بیشتر نشان می‌دهند که اشتباهی رخ نداده است. با این آزمایش در واقع در می‌یابیم که دمای ذوب ذره‌های طلا در مقیاس نانو، تفاوت زیادی با دمای ذوب طلا در اندازه‌های معمولی دارد.

به کمک مثالی که زدم می‌توان گفت علوم نانو، شاخه‌ای از علوم است که تغییر در ویژگی‌های فیزیکی مواد را در مقیاس نانو بررسی می‌کند. ویژگی‌های فیزیکی هر ماده‌ای، مانند نقطه ذوب طلا، با کم شدن اندازه آن تقریباً ثابت می‌ماند. اما اگر اندازه آن ماده به مقیاس نانو کاهش یابد (بسته به نوع ماده و ویژگی فیزیکی مورد اندازه‌گیری، این اندازه می‌تواند حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد) چه اتفاقی می‌افتد؟ ویژگی‌های فیزیکی مواد از قبیل: نقطه ذوب، رسانندگی الکتریکی و گرمایی، شفافیت، استحکام، رنگ و... اغلب می‌تواند به طور چشمگیری در مقیاس نانو تغییر کند. فناوری نانو در واقع از ویژگی‌های خاصی از مواد بهره‌برداری می‌کند که در مقیاس نانو تغییر می‌کنند. لازم نیست که همه ابعاد یک ماده در مقیاس نانو باشند. برای نمونه، یک نانوذره (مانند ذره‌های کوچک طلا با دمای ذوب کم که پیش از این توصیف شدند) در هر سه بعد کوچک است، اما اگر صرفاً یک بعد ماده‌ای را در مقیاس نانو محدود کنیم در این صورت یک نانولایه داریم که لایه‌ای به ضخامت نانو مقیاس است. آزمایش نشان می‌دهد که ویژگی‌های فیزیکی نانولایه‌ها نیز همچون نانوذره‌ها، به طور قابل توجهی تغییر می‌کند.



سیم‌های آلومینیمی که روی هم پیچیده شده‌اند.

برای مثال، آلومینیم یکی از رساناهای بسیار خوب جریان الکتریکی است. سطح آلومینیم، چه به صورت سیم، قوطی نونسایه یا بال هواپیما باشد، در مجاورت هوا به آلومینیم اکسید تبدیل می‌شود. از آنجا که آلومینیم اکسید، عایق بسیار خوبی است و رسانای الکتریسیته نیست پس چرا وقتی دو سیم آلومینیمی را مطابق شکل روبه‌رو به هم وصل می‌کنیم، جریان الکتریکی از یک سیم به سیم دیگر جریان می‌یابد؟ برای پاسخ به این پرسش باید به ضخامت لایه‌ای توجه کنیم که روی سطح آلومینیم تشکیل می‌شود. بررسی‌های تجربی نشان می‌دهند که وقتی قطعه‌ای آلومینیمی در مجاورت هوا قرار می‌گیرد لایه‌ای بسیار نازک از اکسید آلومینیم روی سطح آن تشکیل می‌شود که ضخامت آن از مرتبه نانو متر است. در این مقیاس، ویژگی‌های الکتریکی اکسید آلومینیم تغییر می‌کند و به یک رسانا تبدیل می‌شود. بنابراین هنگام اتصال دو سیم آلومینیمی، الکترون‌ها به طور آزادانه از یک سیم به سیم دیگر می‌روند.

۲-۲ نیروهای بین مولکولی

پیش از این با انجام فعالیت ۲-۱ دیدیم که متراکم کردن آب درون سرنگ عملاً امکان‌پذیر نیست. برای توجیه پدیده‌های مشابه این، باید به نیروهای بین مولکولی در یک مایع توجه کنیم. به طور کلی، نیروهای بین مولکول‌های همسان مانند نیروهای بین مولکول‌های آب را نیروی هم‌جسی می‌نامیم (شکل ۲-۷). وقتی سعی می‌کنیم فاصله بین مولکول‌های مایع را کم کنیم نیروی دافعه بزرگی بین آنها ظاهر می‌شود که از تراکم‌پذیری مایع جلوگیری می‌کند. همین‌طور وقتی مولکول‌های مایع را کمی از هم دور کنیم، نیروی جاذبه بین آنها ظاهر می‌شود. این جاذبه در قطره آب آویزان از شاخه درخت دیده می‌شود. نیروهای بین مولکولی کوته‌اثر هستند، یعنی وقتی فاصله بین مولکول‌ها چند برابر فاصله بین مولکولی شود، نیروهای بین مولکولی بسیار کوچک و عملاً صفر خواهند شد.

۱- بافتن سرخ نام دیگر آلومینیم اکسید است که یکی از سنگ‌های بارزش در جواهرسازی است.

فصل ۲

کرده‌ایم؟ آزمایش‌های بیشتر نشان می‌دهند که اشتباهی رخ نداده است. با این آزمایش در واقع در می‌یابیم که دمای ذوب ذره‌های طلا در مقیاس نانو، تفاوت زیادی با دمای ذوب طلا در اندازه‌های معمولی دارد.

به کمک مثالی که زدم می‌توان گفت علوم نانو، شاخه‌ای از علوم است که تغییر در ویژگی‌های فیزیکی مواد را در مقیاس نانو بررسی می‌کند. ویژگی‌های فیزیکی هر ماده‌ای، مانند نقطه ذوب طلا، با کم شدن اندازه آن تقریباً ثابت می‌ماند. اما اگر اندازه آن ماده به مقیاس نانو کاهش یابد (بسته به نوع ماده و ویژگی فیزیکی مورد اندازه‌گیری، این اندازه می‌تواند حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد) چه اتفاقی می‌افتد؟ ویژگی‌های فیزیکی مواد از قبیل: نقطه ذوب، رسانندگی الکتریکی و گرمایی، شفافیت، استحکام، رنگ و... اغلب می‌تواند به طور چشمگیری در مقیاس نانو تغییر کند. فناوری نانو در واقع از ویژگی‌های خاصی از مواد بهره‌برداری می‌کند که در مقیاس نانو تغییر می‌کنند. لازم نیست که همه ابعاد یک ماده در مقیاس نانو باشند. برای نمونه، یک نانوذره (مانند ذره‌های کوچک طلا با دمای ذوب کم که پیش از این توصیف شدند) در هر سه بعد کوچک است، اما اگر صرفاً یک بعد ماده‌ای را در مقیاس نانو محدود کنیم در این صورت یک نانولایه داریم که لایه‌ای به ضخامت نانو مقیاس است. آزمایش نشان می‌دهد که ویژگی‌های فیزیکی نانولایه‌ها نیز همچون نانوذره‌ها، به طور قابل توجهی تغییر می‌کند.



سیم‌های آلومینیمی که روی هم پیچیده شده‌اند.

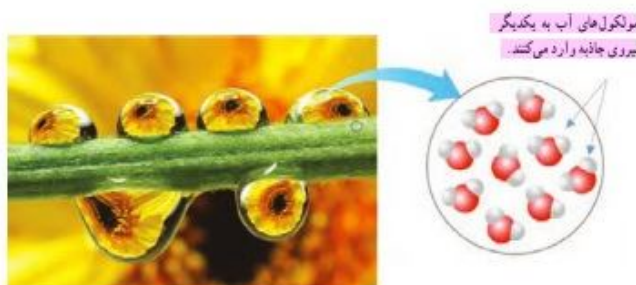
برای مثال، آلومینیم یکی از رساناهای بسیار خوب جریان الکتریکی است. سطح آلومینیم، چه به صورت سیم، قوطی نونسایه یا بال هواپیما باشد، در مجاورت هوا به آلومینیم اکسید تبدیل می‌شود. از آنجا که آلومینیم اکسید، عایق بسیار خوبی است و رسانای الکتریسیته نیست پس چرا وقتی دو سیم آلومینیمی را مطابق شکل روبه‌رو به هم وصل می‌کنیم، جریان الکتریکی از یک سیم به سیم دیگر جریان می‌یابد؟ برای پاسخ به این پرسش باید به ضخامت لایه‌ای توجه کنیم که روی سطح آلومینیم تشکیل می‌شود. بررسی‌های تجربی نشان می‌دهند که وقتی قطعه‌ای آلومینیمی در مجاورت هوا قرار می‌گیرد لایه‌ای بسیار نازک از اکسید آلومینیم روی سطح آن تشکیل می‌شود که ضخامت آن از مرتبه نانو متر است. در این مقیاس، ویژگی‌های الکتریکی اکسید آلومینیم تغییر می‌کند و به یک رسانا تبدیل می‌شود. بنابراین هنگام اتصال دو سیم آلومینیمی، الکترون‌ها به طور آزادانه از یک سیم به سیم دیگر می‌روند.

۲-۲ نیروهای بین مولکولی

پیش از این با انجام فعالیت ۲-۱ دیدیم که متراکم کردن آب درون سرنگ عملاً امکان‌پذیر نیست. برای توجیه پدیده‌های مشابه این، باید به نیروهای بین مولکولی در یک مایع توجه کنیم. وقتی سعی می‌کنیم فاصله بین مولکول‌های مایع را کم کنیم نیروی دافعه بزرگی بین آنها ظاهر می‌شود که از تراکم‌پذیری مایع جلوگیری می‌کند. همین‌طور وقتی مولکول‌های مایع را کمی از هم دور کنیم، نیروی جاذبه بین آنها ظاهر می‌شود. نیروهای جاذبه بین مولکول‌های همسان مانند نیروهای جاذبه بین مولکول‌های آب را نیروی هم‌جسی می‌نامیم. در شکل ۲-۷ این جاذبه در قطره آب آویزان از شاخه درخت دیده می‌شود. نیروهای بین مولکولی کوته‌اثر هستند، یعنی وقتی فاصله بین مولکول‌ها چند برابر فاصله بین مولکولی شود، نیروهای بین مولکولی بسیار کوچک و عملاً صفر خواهند شد.

۱- بافتن سرخ نام دیگر آلومینیم اکسید است که یکی از سنگ‌های بارزش در جواهرسازی است.

ویژگی‌های فیزیکی مواد



شکل ۲-۱۱ قطره‌های شبنمی که روی شاخ و برگ درختان در نور خورشید صبحگاهی می‌درخشند، نشانه‌ای از نیروی جاذبه بین مولکول‌های آب است.

پرسش ۲-۲

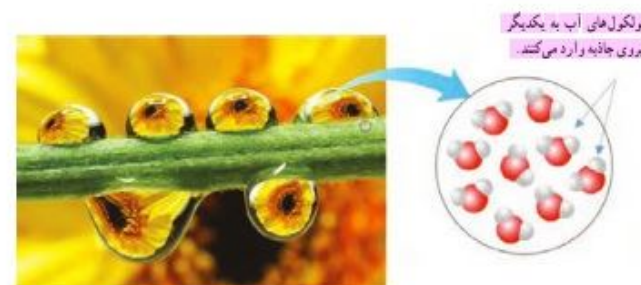
وقتی شیشه می‌شکند یا تزدک کردن قطعه‌های آن به هم نمی‌توان اجزای شیشه را دوباره به هم چسباند؛ ولی اگر قطعه‌های شیشه را آنقدر گرم کنیم که نرم شوند می‌توان آنها را به هم چسباند. این پدیده‌ها را با توجه به کوتاه‌تر بودن نیروهای بین مولکولی توجیه کنید.

کشش سطحی: نتسستن با راه رفتن برخی حشره‌ها روی سطح آب (شکل ۲-۸ الف)، شناور ماندن گیره فلزی کاغذی روی سطح آب (شکل ۲-۸ ب) و تشکیل حباب‌های آب و صابون (شکل ۲-۸ پ) تنها نمونه‌هایی از وجود کشش سطحی هستند. کشش سطحی ناشی از هم‌چسبی مولکول‌های سطح مایع است و آن را می‌توان با نیروهای بین مولکولی توضیح داد. به دلیل نیروهای رابطنی که مولکول‌های سطح مایع به یکدیگر وارد می‌کنند سطح مایع شبیه یک پوسته تحت کشش رفتار می‌کند و کشش سطحی روی می‌دهد. با کشش سطحی همچنین می‌توان توضیح داد که چرا قطره‌هایی که آزادانه سقوط می‌کنند تقریباً کروی اند (شکل ۲-۸ ت). به ازای حجمی معین، کره نسبت به هر شکل هندسی دیگری، کوچک‌ترین مساحت سطح را دارد. به این ترتیب سطح قطره‌ای که آزادانه سقوط می‌کند مانند یک پوسته کشیده شده، تمایل به کمینه کردن مساحتش را دارد.



شکل ۲-۸ الف) نتسستن حشره روی سطح آب، ب) قرار گرفتن گیره فلزی روی سطح آب، پ) تشکیل حباب‌های آب و صابون و ت) قطره‌های کروی آب در حال سقوط آزاد، جلوه‌هایی از کشش سطحی هستند.

ویژگی‌های فیزیکی مواد



شکل ۲-۱۱ قطره‌های شبنمی که روی شاخ و برگ درختان در نور خورشید صبحگاهی می‌درخشند، نشانه‌ای از نیروی جاذبه بین مولکول‌های آب است.

پرسش ۲-۲

وقتی شیشه می‌شکند یا تزدک کردن قطعه‌های آن به هم نمی‌توان اجزای شیشه را دوباره به هم چسباند؛ ولی اگر قطعه‌های شیشه را آنقدر گرم کنیم که نرم شوند می‌توان آنها را به هم چسباند. این پدیده‌ها را با توجه به کوتاه‌تر بودن نیروهای بین مولکولی توجیه کنید.

کشش سطحی: نتسستن با راه رفتن برخی حشره‌ها روی سطح آب (شکل ۲-۸ الف)، شناور ماندن گیره فلزی کاغذی روی سطح آب (شکل ۲-۸ ب) و تشکیل حباب‌های آب و صابون (شکل ۲-۸ پ) تنها نمونه‌هایی از وجود کشش سطحی هستند. کشش سطحی ناشی از نیروهای بین مولکولی در سطح مایع است. به دلیل نیروهای رابطنی که مولکول‌های سطح مایع به یکدیگر وارد می‌کنند سطح مایع شبیه یک پوسته تحت کشش رفتار می‌کند و کشش سطحی روی می‌دهد. با کشش سطحی همچنین می‌توان توضیح داد که چرا قطره‌هایی که آزادانه سقوط می‌کنند تقریباً کروی اند (شکل ۲-۸ ت). به ازای حجمی معین، کره نسبت به هر شکل هندسی دیگری، کوچک‌ترین مساحت سطح را دارد. به این ترتیب سطح قطره‌ای که آزادانه سقوط می‌کند مانند یک پوسته کشیده شده، تمایل به کمینه کردن مساحتش را دارد.



شکل ۲-۸ الف) نتسستن حشره روی سطح آب، ب) قرار گرفتن گیره فلزی روی سطح آب، پ) تشکیل حباب‌های آب و صابون و ت) قطره‌های کروی آب در حال سقوط آزاد، جلوه‌هایی از کشش سطحی هستند.

فصل ۱۰

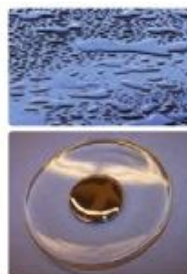
فعالیت ۳-۲



الف) سعی کنید یک سوزن ته گرد یا گیره کاغذ را مطابق شکل روی سطح آب شناور کنید. برای این منظور می‌توانید از یک تکه دستمال کاغذی استفاده کنید.
ب) پس از شناور شدن سوزن یا گیره، سطح آب را به دقت مشاهده کنید و مشاهدات خود را به کلاس گزارش دهید.
پ) اکنون یکی دو قطره مایع شوینده را به آرامی به آب درون ظرف بیفزایید. مشاهدات خود را به کلاس گزارش کنید و دلیلی برای آن ارائه دهید.

توسوندگی: دیدیم که نیروی هم‌جسبی بین مولکول‌های یک ماده سبب بروز پدیده‌های جالبی می‌شود. هنگامی که دو ماده مختلف در تماس با یکدیگر قرار گیرند نیز جاذبه مولکولی مشابهی بین مولکول‌های آنها ظاهر می‌شود که به آن **نیروی دگرجسبی** می‌گوییم. هم‌جسبی و دگرجسبی هر دو نیروهایی بین مولکولی هستند. تفاوت آنها در این است که هم‌جسبی، جاذبه بین مولکول‌های همسان و دگرجسبی جاذبه بین مولکول‌های ناهمسان است.

هرگاه مایعی در تماس با جامدی قرار گیرد دو حالت می‌تواند رخ دهد. یکی اینکه دگرجسبی بین مولکول‌های مایع و جامد از هم‌جسبی بین مولکول‌های مایع بیشتر باشد. در این صورت می‌گوییم مایع، جامد را تر یا خیس می‌کند. مثلاً در شکل ۱-۲ الف می‌بینیم که آب، سطح شیشه تمیز را خیس کرده و روی آن پهن شده است. اما اگر نیروی هم‌جسبی بین مولکول‌های مایع از نیروی دگرجسبی بین مولکول‌های مایع و جامد بیشتر باشد می‌گوییم مایع جامد را تر نمی‌کند. در شکل ۱-۲ ب می‌بینیم که سطح شیشه با جیوه خیس نشده و جیوه به شکل قطره روی سطح شیشه باقی مانده است (هرچه قطره بزرگ‌تر باشد نیروی گرانش زمین، آن را تخت‌تر می‌کند).



شکل ۱-۲ الف) پخش آب روی سطح شیشه (آب قطره‌ای شدن جیوه) روی سطح شیشه

پرسش ۳-۲



شکل روبه‌رو خروج قطره‌های روغن با دمای متفاوت را از دهانه دو قطره‌چکان نشان می‌دهد. الف) افزایش دما چه تأثیری بر نیروی هم‌جسبی مولکول‌های یک مایع می‌گذارد؟
ب) توضیح دهید در کدام شکل دمای قطره‌های روغن کمتر است.
پ) چرا هنگام سستن ظروف، افزون بر استفاده از مایع ظرف‌شویی، ترجیح می‌دهیم از آب گرم نیز استفاده کنیم؟

فعالیت ۴-۲

یک طرف یک تکه شیشه کوچک (با ابعادی حدود ۱۰ cm در ۱۰ cm) را کمی بالاتر از شعله یک شمع بگیرید تا سطح شیشه به طور کامل دوداندود شود. شیشه را از طرف تمیز آن روی سطحی افقی قرار دهید و سپس روی سطح دوداندود شده آن چند قطره آب بریزید. آنچه را مشاهده می‌کنید در گروه خود به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.
بار دیگر سطح شیشه را به جای دوداندود کردن، با روغن چرب کنید و آزمایش را تکرار کنید. مشاهده خود را توضیح دهید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید. (پس از بحث کافی در خصوص این فعالیت، دوباره به تصویر و پرسش شروع فصل بازگردید و پاسخی قانع‌کننده ارائه دهید.)

فصل ۱۰

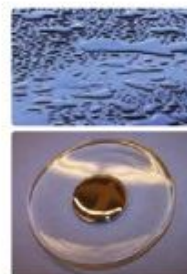
فعالیت ۳-۲



الف) سعی کنید یک سوزن ته گرد یا گیره کاغذ را مطابق شکل روی سطح آب شناور کنید. برای این منظور می‌توانید از یک تکه دستمال کاغذی استفاده کنید.
ب) پس از شناور شدن سوزن یا گیره، سطح آب را به دقت مشاهده کنید و مشاهدات خود را به کلاس گزارش دهید.
پ) اکنون یکی دو قطره مایع شوینده را به آرامی به آب درون ظرف بیفزایید. مشاهدات خود را به کلاس گزارش کنید و دلیلی برای آن ارائه دهید.

توسوندگی: دیدیم که نیروی هم‌جسبی بین مولکول‌های یک ماده سبب بروز پدیده‌های جالبی می‌شود. هنگامی که دو ماده مختلف در تماس با یکدیگر قرار گیرند نیز جاذبه مولکولی مشابهی بین مولکول‌های آنها ظاهر می‌شود که به آن **نیروی دگرجسبی** می‌گوییم. هم‌جسبی و دگرجسبی هر دو نیروهایی بین مولکولی هستند. تفاوت آنها در این است که هم‌جسبی، جاذبه بین مولکول‌های همسان و دگرجسبی جاذبه بین مولکول‌های ناهمسان است.

هرگاه مایعی در تماس با جامدی قرار گیرد دو حالت می‌تواند رخ دهد. یکی اینکه دگرجسبی بین مولکول‌های مایع و جامد از هم‌جسبی بین مولکول‌های مایع بیشتر باشد. در این صورت می‌گوییم مایع، جامد را تر یا خیس می‌کند. مثلاً در شکل ۱-۲ الف می‌بینیم که آب، سطح شیشه تمیز را خیس کرده و روی آن پهن شده است. اما اگر نیروی هم‌جسبی بین مولکول‌های مایع از نیروی دگرجسبی بین مولکول‌های مایع و جامد بیشتر باشد می‌گوییم مایع جامد را تر نمی‌کند. در شکل ۱-۲ ب می‌بینیم که سطح شیشه با جیوه خیس نشده و جیوه به شکل قطره روی سطح شیشه باقی مانده است (هرچه قطره بزرگ‌تر باشد نیروی گرانش زمین، آن را تخت‌تر می‌کند).



شکل ۱-۲ الف) پخش آب روی سطح شیشه (آب قطره‌ای شدن جیوه) روی سطح شیشه

پرسش ۳-۲



شکل روبه‌رو خروج قطره‌های روغن با دمای متفاوت را از دهانه دو قطره‌چکان نشان می‌دهد. الف) افزایش دما چه تأثیری بر نیروی هم‌جسبی مولکول‌های یک مایع می‌گذارد؟
ب) توضیح دهید در کدام شکل دمای قطره‌های روغن کمتر است.
پ) چرا هنگام سستن ظروف، افزون بر استفاده از مایع ظرف‌شویی، ترجیح می‌دهیم از آب گرم نیز استفاده کنیم؟

فعالیت ۴-۲

یک طرف یک تکه شیشه کوچک (با ابعادی حدود ۱۰ cm در ۱۰ cm) را کمی بالاتر از شعله یک شمع بگیرید تا سطح شیشه به طور کامل دوداندود شود. شیشه را از طرف تمیز آن روی سطحی افقی قرار دهید و سپس روی سطح دوداندود شده آن چند قطره آب بریزید. آنچه را مشاهده می‌کنید در گروه خود به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.
بار دیگر سطح شیشه را به جای دوداندود کردن، با روغن چرب کنید و آزمایش را تکرار کنید. مشاهده خود را توضیح دهید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید. (پس از بحث کافی در خصوص این فعالیت، دوباره به تصویر و پرسش شروع فصل بازگردید و پاسخی قانع‌کننده ارائه دهید.)

فعالیت ۲-۵

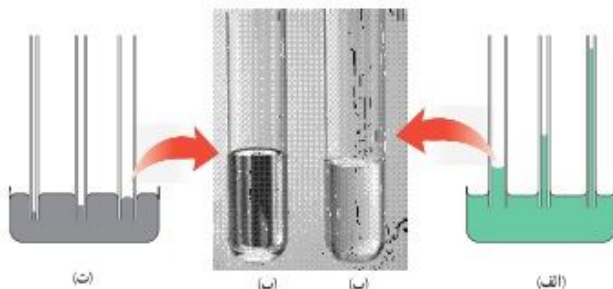
این فعالیت به شما کمک می‌کند تا درک بهتری از نیروی دگرچسبی به دست آورید. به این منظور از یک لیوان پر از آب، یک کارت بانکی و تعدادی وزنه چند گرمی با سکه‌های پول استفاده کنید. ابتدا مطابق شکل الف، کارت را طوری روی لبه لیوان قرار دهید که تنها نیمی از آن با آب در تماس باشد. وزنه‌های چند گرمی را روی قسمتی از کارت قرار دهید که با آب در تماس نیست (ابتدا وزنه ۵ گرمی، سپس ۱۰ گرمی و...). نتیجه مشاهده خود را با توجه به مفاهیمی که تاکنون فرا گرفته‌اید توضیح دهید. یکی دو قطره مایع شوینده به آب اضافه کنید و آزمایش را تکرار کنید. نتیجه مشاهده خود را در گروه خود به بحث بگذارید.



اثر موینگی: لوله‌هایی که قطر داخلی آنها حدود یک دهم میلی‌متر ($\approx 0.1 \text{ mm}$) باشد، معمولاً لوله

موین نامیده می‌شوند. واژه موین به معنی «مؤ مانند» است. آزمایش نشان می‌دهد اگر چند لوله موین شیشه‌ای و تمیز را وارد یک ظرف آب کنیم، آب در لوله‌های موین بالا می‌رود و سطح آن بالاتر از سطح آب ظرف قرار می‌گیرد. همچنین هرچه قطر لوله موین کمتر باشد ارتفاع ستون آب در آن بیشتر است. افزون بر اینها سطح آب در بالای لوله‌های موین فرو رفته است.

اگر همین آزمایش‌ها را با جیوه انجام دهیم مشاهده می‌کنیم که جیوه در لوله‌های موین مقداری بالا می‌رود ولی سطح آن پایین‌تر از سطح جیوه ظرف قرار می‌گیرد. همچنین هرچه قطر لوله موین کمتر باشد ارتفاع ستون جیوه در آن کمتر است. افزون بر اینها سطح جیوه در لوله موین برآمده است. اثر موینگی در لوله‌های با قطر داخلی بزرگ‌تر از لوله‌های موین نیز قابل مشاهده است. شکل‌های ۱-۲، الف و ب، اثر موینگی را برای آب و شکل‌های ۳-۴، پ و ت اثر موینگی را برای جیوه در چنین لوله‌هایی نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴ الف و ب) اثر موینگی برای آب
پ و ت) اثر موینگی برای جیوه

فعالیت ۲-۵

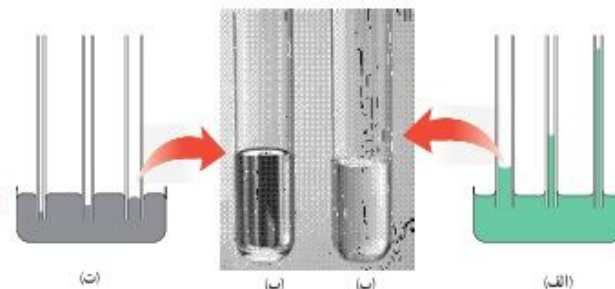
این فعالیت به شما کمک می‌کند تا درک بهتری از نیروی دگرچسبی به دست آورید. به این منظور از یک لیوان پر از آب، یک کارت بانکی و تعدادی وزنه چند گرمی با سکه‌های پول استفاده کنید. ابتدا مطابق شکل الف، کارت را طوری روی لبه لیوان قرار دهید که تنها نیمی از آن با آب در تماس باشد. وزنه‌های چند گرمی را روی قسمتی از کارت قرار دهید که با آب در تماس نیست (ابتدا وزنه ۵ گرمی، سپس ۱۰ گرمی و...). نتیجه مشاهده خود را با توجه به مفاهیمی که تاکنون فرا گرفته‌اید توضیح دهید. یکی دو قطره مایع شوینده به آب اضافه کنید و آزمایش را تکرار کنید. نتیجه مشاهده خود را در گروه خود به بحث بگذارید.



اثر موینگی: لوله‌هایی که قطر داخلی آنها حدود یک دهم میلی‌متر ($\approx 0.1 \text{ mm}$) باشد، معمولاً لوله

موین نامیده می‌شوند. واژه موین به معنی «مؤ مانند» است. آزمایش نشان می‌دهد اگر چند لوله موین شیشه‌ای و تمیز را وارد یک ظرف آب کنیم، آب در لوله‌های موین بالا می‌رود و سطح آن بالاتر از سطح آب ظرف قرار می‌گیرد. همچنین هرچه قطر لوله موین کمتر باشد ارتفاع ستون آب در آن بیشتر است. افزون بر اینها سطح آب در بالای لوله‌های موین فرو رفته است.

اگر همین آزمایش‌ها را با جیوه انجام دهیم مشاهده می‌کنیم که جیوه در لوله‌های موین مقداری بالا می‌رود ولی سطح آن پایین‌تر از سطح جیوه ظرف قرار می‌گیرد. همچنین هرچه قطر لوله موین کمتر باشد ارتفاع ستون جیوه در آن کمتر است. افزون بر اینها سطح جیوه در لوله موین برآمده است. اثر موینگی در لوله‌های با قطر داخلی بزرگ‌تر از لوله‌های موین نیز قابل مشاهده است. شکل‌های ۱-۲، الف و ب، اثر موینگی را برای آب و شکل‌های ۳-۴، پ و ت اثر موینگی را برای جیوه در چنین لوله‌هایی نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴ الف و ب) اثر موینگی برای آب
پ و ت) اثر موینگی برای جیوه

فصل ۲

برای توجیه فیزیکی تفاوت اثر موینگی آب و جیوه، باید به نیروهای هم‌چسبی و دگرچسبی توجه کرده و اندازه آنها را با یکدیگر مقایسه کنیم. آب تمایل به چسبیدن به دیواره‌های شیشه‌ای دارد زیرا نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و مولکول‌های شیشه بیشتر از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب است. در نتیجه آب سطح شیشه را خیس می‌کند و مانند شکل ۲-۱ الف در لوله بالا می‌رود. در مورد جیوه نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های جیوه و مولکول‌های شیشه کمتر از نیروی هم‌چسبی بین خود مولکول‌های جیوه است. در نتیجه جیوه سطح شیشه را خیس نمی‌کند و مانند شکل ۲-۱ ب سطح جیوه در لوله موین پایین‌تر از سطح جیوه درون ظرف قرار می‌گیرد.

فعالیت ۲-۶

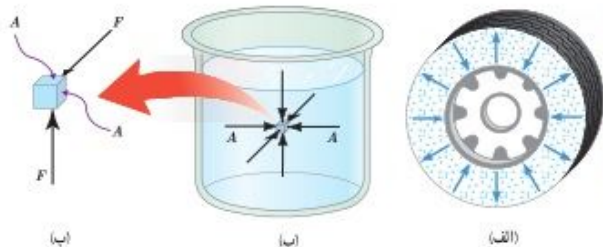


سازه‌های آبی فونستر که از دوران هخامنشیان تا ساسانیان، جهت بهره‌گیری بیشتر از آب ساخته شده‌اند.

در ساختن دیوارهای ساختمان باید اثر موینگی در نظر گرفته شود، زیرا تراوش آب از منفذهای موین در این دیوارها می‌تواند سبب خسارت در داخل ساختمان شود. برای جلوگیری از این خسارت، دیوارهای داخل یا خارج ساختمان را معمولاً با مواد ناتراوا (مانند قیر) می‌پوشانند. تحقیق کنید در معماری سنتی ایران به جای قیراندود کردن، چگونه از نفوذ آب به داخل سازه‌ها جلوگیری می‌کردند.

۳-۲ فشار در شاره‌ها

وقتی شاره‌ای (مایع یا گاز) ساکن است، به هر سطحی که با آن در تماس باشد، مانند جداره یک ظرف یا سطح جسمی که در شاره غوطه‌ور است، نیرویی عمودی وارد می‌کند (شکل ۲-۱۱). این همان نیرویی است که وقتی درون آب استخری قرار دارید روی برده گوش احساس می‌کنید. با وجود اینکه شاره به عنوان یک کل ساکن است، مولکول‌های آن در حال حرکت‌اند؛ نیرویی که توسط شاره به دیواره داخلی ظرف یا به جسم درون شاره وارد می‌شود به دلیل این حرکت‌ها و نیروهای تماسی بین مولکولی است. برای گازهای رقیق، به علت اینکه فاصله متوسط بین مولکول‌ها زیاد است، تقریباً تمام این نیرو ناشی از برخورد مولکول‌های گاز است.



شکل ۲-۱۱ الف) برخورد مولکول‌های هوای درون لاستیک به سطح داخلی آن سبب ایجاد نیروی عمودی می‌شود. ب) به هر نقطه از سطح جسم غوطه‌ور در شاره (آب) نیرویی عمودی وارد می‌شود. پ) برای سادگی تنها نیروهای وارد بر دو سطح نشان داده شده است.

فصل ۲

برای توجیه فیزیکی تفاوت اثر موینگی آب و جیوه، باید به نیروهای هم‌چسبی و دگرچسبی توجه کرده و اندازه آنها را با یکدیگر مقایسه کنیم. آب تمایل به چسبیدن به دیواره‌های شیشه‌ای دارد زیرا نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و مولکول‌های شیشه بیشتر از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب است. در نتیجه آب سطح شیشه را خیس می‌کند و مانند شکل ۲-۱ الف در لوله بالا می‌رود. در مورد جیوه نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های جیوه و مولکول‌های شیشه کمتر از نیروی هم‌چسبی بین خود مولکول‌های جیوه است. در نتیجه جیوه سطح شیشه را خیس نمی‌کند و مانند شکل ۲-۱ ب سطح جیوه در لوله موین پایین‌تر از سطح جیوه درون ظرف قرار می‌گیرد.

فعالیت ۲-۶

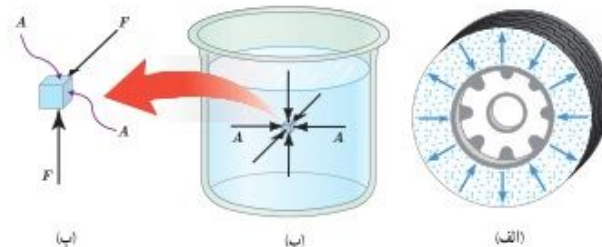


سازه‌های آبی فونستر که از دوران هخامنشیان تا ساسانیان، جهت بهره‌گیری بیشتر از آب ساخته شده‌اند.

در ساختن دیوارهای ساختمان باید اثر موینگی در نظر گرفته شود، زیرا تراوش آب از منفذهای موین در این دیوارها می‌تواند سبب خسارت در داخل ساختمان شود. برای جلوگیری از این خسارت، دیوارهای داخل یا خارج ساختمان را معمولاً با مواد ناتراوا (مانند قیر) می‌پوشانند. تحقیق کنید در معماری سنتی ایران به جای قیراندود کردن، چگونه از نفوذ آب به داخل سازه‌ها جلوگیری می‌کردند.

۳-۲ فشار در شاره‌ها

وقتی شاره‌ای (مایع یا گاز) ساکن است، به هر سطحی که با آن در تماس باشد، مانند جداره یک ظرف یا سطح جسمی که در شاره غوطه‌ور است، نیرویی عمودی وارد می‌کند (شکل ۲-۱۱). این همان نیرویی است که وقتی درون آب استخری قرار دارید روی برده گوش احساس می‌کنید. با وجود اینکه شاره به عنوان یک کل ساکن است، مولکول‌های آن در حال حرکت‌اند؛ نیرویی که توسط شاره به دیواره داخلی ظرف یا به جسم درون شاره وارد می‌شود به دلیل این حرکت‌ها و نیروهای تماسی بین مولکولی است. برای گازهای رقیق، به علت اینکه فاصله متوسط بین مولکول‌ها زیاد است، تقریباً تمام این نیرو ناشی از برخورد مولکول‌های گاز است.



شکل ۲-۱۱ الف) برخورد مولکول‌های هوای درون لاستیک به سطح داخلی آن سبب ایجاد نیروی عمودی می‌شود. ب) به هر نقطه از سطح جسم غوطه‌ور در شاره (آب) نیرویی عمودی وارد می‌شود. پ) برای سادگی تنها نیروهای وارد بر دو سطح نشان داده شده است.

ویژگی های فیزیکی مواد

فشار P که به یک سطح فرضی A درون شاره وارد می شود به صورت نسبت اندازه نیروی عمودی وارد بر این سطح به مساحت آن تعریف می شود:

$$P = \frac{F}{A} \quad (۱-۲)$$

یکای SI فشار، پاسکال (Pa) است که در علوم سال نهم با آن آشنا شدید، به طوری که داریم:

$$۱Pa = ۱N/۱m^2$$

مثال ۱-۲



یک زیردریایی تفریحی در اعماق اقیانوسی به آرامی حرکت می کند (شکل روبه رو). این زیردریایی تعدادی پنجره کوچک دایره ای شکل به شعاع $۰/۴m$ دارد. اگر فشار آب در محل هر یک از این پنجره ها برابر $۹/۰ \times ۱۰^۵ Pa$ باشد، بزرگی نیروی عمودی که آب بر سطح خارجی یکی از این پنجره ها وارد می کند چقدر است؟ پاسخ: مساحت پنجره برابر است با:

$$A = \pi r^2 = 3/۱۴ \times (۰/۴m)^2 = ۰/۵m^2$$

به این ترتیب از رابطه (۱-۲) داریم:

$$F = PA = (۹/۰ \times ۱۰^۵ Pa) \times (۰/۵m^2) = ۴/۵ \times ۱۰^۵ N$$

این نیرو تقریباً معادل وزن جسمی به جرم $۴/۵ \times ۱۰^۵ kg$ است!

محاسبه فشار در شاره ها: در علوم سال نهم دیدید فشار هوا در ارتفاع های بالا کمتر از فشار در سطح دریاست، به همین دلیل باید در حین پرواز، فشار هوای کابین هواپیما را برای سلامت سرنشینان تنظیم کنند. وقتی به درون قسمت عمیق استخری شیرجه می زنید، با افزایش عمق از سطح آب، افزایش فشار را روی گوش های خود احساس می کنید. همچنین با انجام آزمایش هایی مشابه آزمایش شکل ۱۳-۲ دیدید که با افزایش عمق از سطح شاره، فشار ناشی از شاره نیز افزایش می یابد. در ادامه می خواهیم یک رابطه کلی برای محاسبه فشار در هر نقطه دلخواه درون یک شاره ساکن به دست آوریم. به این منظور، فرض می کنیم شتاب گرانش g و چگالی شاره، یکنواخت و برابر ρ باشد.

در شکل ۱۳-۲ الف، بخشی از شاره به ارتفاع h نشان داده شده است که بین دو سطح فرضی A قرار دارد. نیروهای در راستای قائم، که بر این بخش از شاره وارد می شود در شکل ۱۳-۲ ب نشان داده شده است. چون شاره در حال تعادل است، نیروها متوازن اند و برآیند آنها صفر است. بنابراین از قانون دوم نیوتون برای نیروهای در راستای قائم داریم:

$$F_1 = F_2 + mg$$

$$P_1 A = P_2 A + mg$$

ویژگی های فیزیکی مواد

فشار P که به یک سطح فرضی A درون شاره وارد می شود به صورت نسبت اندازه نیروی عمودی وارد بر این سطح به مساحت آن تعریف می شود:

$$P = \frac{F}{A} \quad (۱-۲)$$

یکای SI فشار، پاسکال (Pa) است که در علوم سال نهم با آن آشنا شدید، به طوری که داریم:

$$۱Pa = ۱N/۱m^2$$

مثال ۱-۲



یک زیردریایی تفریحی در اعماق اقیانوسی به آرامی حرکت می کند (شکل روبه رو). این زیردریایی تعدادی پنجره کوچک دایره ای شکل به شعاع $۰/۴m$ دارد. اگر فشار آب در محل هر یک از این پنجره ها برابر $۹/۰ \times ۱۰^۵ Pa$ باشد، بزرگی نیروی عمودی ناشی از این فشار بر سطح خارجی هر پنجره چقدر است؟ پاسخ: مساحت پنجره برابر است با:

$$A = \pi r^2 = 3/۱۴ \times (۰/۴m)^2 = ۰/۵m^2$$

به این ترتیب از رابطه (۱-۲) داریم:

$$F = PA = (۹/۰ \times ۱۰^۵ Pa) \times (۰/۵m^2) = ۴/۵ \times ۱۰^۵ N$$

این نیرو تقریباً معادل وزن جسمی به جرم $۴/۵ \times ۱۰^۵ kg$ است!

محاسبه فشار در شاره ها: در علوم سال نهم دیدید فشار هوا در ارتفاع های بالا کمتر از فشار در سطح دریاست، به همین دلیل باید در حین پرواز، فشار هوای کابین هواپیما را برای سلامت سرنشینان تنظیم کنند. وقتی به درون قسمت عمیق استخری شیرجه می زنید، با افزایش عمق از سطح آب، افزایش فشار را روی گوش های خود احساس می کنید. همچنین با انجام آزمایش هایی مشابه آزمایش شکل ۱۳-۲ دیدید که با افزایش عمق از سطح شاره، فشار ناشی از شاره نیز افزایش می یابد. در ادامه می خواهیم یک رابطه کلی برای محاسبه فشار در هر نقطه دلخواه درون یک شاره ساکن به دست آوریم. به این منظور، فرض می کنیم شتاب گرانش g و چگالی شاره، یکنواخت و برابر ρ باشد.

در شکل ۱۳-۲ الف، بخشی از شاره به ارتفاع h نشان داده شده است که بین دو سطح فرضی A قرار دارد. نیروهای در راستای قائم، که بر این بخش از شاره وارد می شود در شکل ۱۳-۲ ب نشان داده شده است. چون شاره در حال تعادل است، نیروها متوازن اند و برآیند آنها صفر است. بنابراین از قانون دوم نیوتون برای نیروهای در راستای قائم داریم:

$$F_1 = F_2 + mg$$

$$P_1 A = P_2 A + mg$$



شکل ۱۳-۲ الف یا باز کردن در بطری، آب از سوراخ های ایجاد شده در بطری، با فشار متفاوت خارج می شود. مرصع خروج آب از کدام سوراخ بیشتر است؟



شکل ۱۳-۲ ب یا باز کردن در بطری، آب از سوراخ های ایجاد شده در بطری، با سرعت های متفاوت خارج می شود. مرصع خروج آب از کدام سوراخ بیشتر است؟ اگر بخوانید با انگشتان خود هم زمان سوراخ ها را ببندید، کدام انگشت فشار بیشتری را حس می کند؟

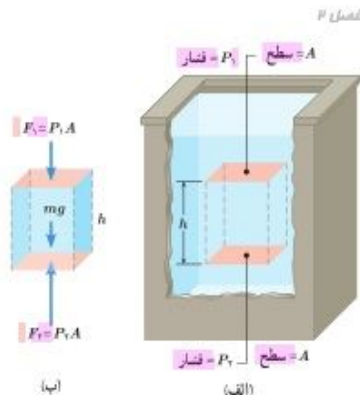
با جایگذاری $m = \rho V = \rho Ah$ در رابطه اخیر و حذف A از طرفین تساوی داریم:

$$P_2 = P_1 + \rho gh \quad (2-2)$$

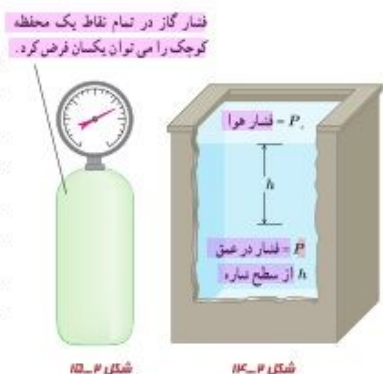
معمولاً رابطه ۲-۲ را بر حسب عمق از سطح شماره بیان می‌کنند (شکل ۱۴-۲). به این منظور نقطه ۱ را در سطح شماره می‌گیرند که فشار برابر P_1 است. نقطه ۲ را در هر جایی درون شماره می‌توان گرفت. فشار در این نقطه را با P نمایش می‌دهیم. به این ترتیب داریم:

$$P = P_1 + \rho gh \quad (3-2)$$

این رابطه نشان می‌دهد فشار در عمق h از سطح شماره، به اندازه ρgh از فشار P_1 در سطح شماره بیشتر است. همان‌طور که خواهیم دید فشار در سطح دریای آزاد، حدود 1.013×10^5 پاسکال (Pa) است و به آن ۱ اتمسفر (atm) نیز می‌گویند. رابطه‌های ۲-۲ و ۳-۲ برای همه شماره‌های ساکن و در حال تعادل کاربرد دارد. یعنی هم برای مایع‌ها و هم برای گازها می‌توان از آن استفاده کرد. مثلاً می‌توان اختلاف فشار آب در عمق‌های متفاوت یک اقیانوس یا اختلاف فشار هوای بالا و پایین یک ساختمان را با استفاده از این رابطه‌ها حساب کرد. با توجه به اینکه چگالی گازها خیلی کم است، در محفظه‌های کوچک گاز، مانند شکل ۲-۱۵، اختلاف فشار در نقاط مختلف داخل محفظه ناچیز است.



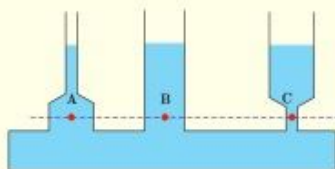
شکل ۲-۱۴ (الف) بخشی از شماره ساکن (ب) نیروهای وارد بر این بخش از شماره در راستای قائم.



شکل ۲-۱۵ (الف) فشار گاز در تمام نقاط یک محفظه کوچک را می‌توان یکسان فرض کرد.

پرسش ۲-۳

در علوم سال نهم دیدید که فشار در نقاط هم‌تراز یک مایع ساکن مانند نقاط A، B و C در شکل یکسان است و به شکل ظرف بستگی ندارد. سازگاری این موضوع را با رابطه ۳-۲ توضیح دهید.



۱- زیرنویس صفر برای عمق صفر است. معمولاً فشار هوا را در سطح آزاد دریا یا زیرنویس صفر نمایش می‌دهند.

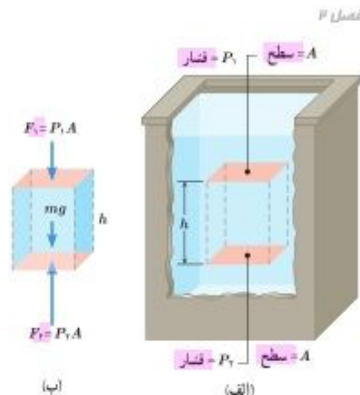
با جایگذاری $m = \rho V = \rho Ah$ در رابطه اخیر و حذف A از طرفین تساوی داریم:

$$P_2 = P_1 + \rho gh \quad (2-2)$$

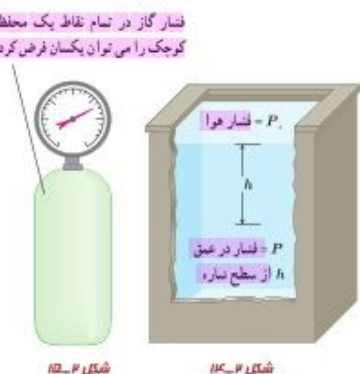
معمولاً رابطه ۲-۲ را بر حسب عمق از سطح شماره بیان می‌کنند (شکل ۱۴-۲). به این منظور نقطه ۱ را در سطح شماره می‌گیرند که فشار برابر P_1 است. نقطه ۲ را در هر جایی درون شماره می‌توان گرفت. فشار در این نقطه را با P نمایش می‌دهیم. به این ترتیب داریم:

$$P = P_1 + \rho gh \quad (3-2)$$

این رابطه نشان می‌دهد فشار در عمق h از سطح شماره، به اندازه ρgh از فشار P_1 در سطح شماره بیشتر است. همان‌طور که خواهیم دید فشار در سطح دریای آزاد، حدود 1.013×10^5 پاسکال (Pa) است و به آن ۱ اتمسفر (atm) نیز می‌گویند. رابطه‌های ۲-۲ و ۳-۲ برای همه شماره‌های ساکن و در حال تعادل کاربرد دارد. یعنی هم برای مایع‌ها و هم برای گازها می‌توان از آن استفاده کرد. مثلاً می‌توان اختلاف فشار آب در عمق‌های متفاوت یک اقیانوس یا اختلاف فشار هوای بالا و پایین یک ساختمان را با استفاده از این رابطه‌ها حساب کرد. با توجه به اینکه چگالی گازها خیلی کم است، در محفظه‌های کوچک گاز، مانند شکل ۲-۱۵، اختلاف فشار در نقاط مختلف داخل محفظه ناچیز است.



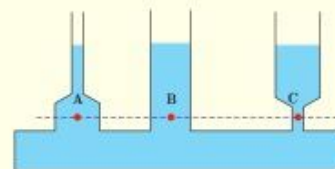
شکل ۲-۱۴ (الف) بخشی از شماره ساکن (ب) نیروهای وارد بر این بخش از شماره در راستای قائم.



شکل ۲-۱۵ (الف) فشار گاز در تمام نقاط یک محفظه کوچک را می‌توان یکسان فرض کرد.

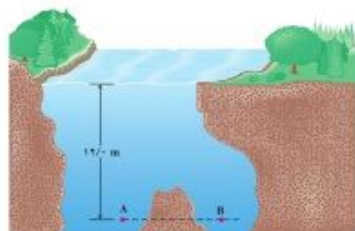
پرسش ۲-۳

در علوم سال نهم دیدید که فشار در نقاط هم‌تراز یک مایع ساکن مانند نقاط A، B و C در شکل یکسان است و به شکل ظرف بستگی ندارد. سازگاری این موضوع را با رابطه ۳-۲ توضیح دهید.



۱- زیرنویس صفر برای عمق صفر است. معمولاً فشار هوا را در سطح آزاد دریا یا زیرنویس صفر نمایش می‌دهند.

ویژگی‌های فیزیکی مواد



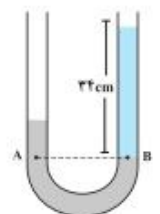
نقاط A و B در عمق یکسانی از سطح آب یک دریاچه قرار گرفته‌اند. فشار در نقطه A چقدر است؟ در نقطه B چطور؟ چگالی آب دریاچه را 1000 kg/m^3 و فشار هوا در سطح دریاچه را $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ در نظر بگیرید.

پاسخ: با توجه به رابطه ۲-۲، فشار در نقطه A برابر است با:

$$P = P_0 + \rho gh = 1.01 \times 10^5 (\text{Pa}) + (1000 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ N/kg})(1.2 \text{ m}) = 2.19 \times 10^5 \text{ Pa}$$

چون نقطه A با نقطه B هم‌تراز است، فشار در این نقطه با فشار در نقطه A برابر است.

مسئله ۲-۳



در یک لوله U شکل، مقداری جیوه قرار دارد. در شاخه سمت راست لوله آن قدر آب می‌ریزم تا ارتفاع آب به 34 cm برسد (شکل روبه‌رو). اختلاف ارتفاع جیوه در دو شاخه چند سانتی‌متر است؟ (مقیاس‌ها در این شکل واقعی نیست.)

پاسخ: در شکل روبه‌رو، نقاط A و B که درون جیوه انتخاب شده‌اند، هم‌ترازند، بنابراین $P_A = P_B$ است. به این ترتیب می‌توان نوشت:

$$P_0 + \rho_m gh_m = P_0 + \rho_w gh_w \Rightarrow \rho_m h_m = \rho_w h_w$$

$$(13600 \text{ kg/m}^3) \times h_m = (1000 \text{ kg/m}^3) \times 34 \text{ cm} \Rightarrow h_m = 2.5 \text{ cm}$$

(توجه کنید که در روابط بالا زیرنویس m برای جیوه و زیرنویس w برای آب انتخاب شده‌اند.)

مسئله ۲-۴



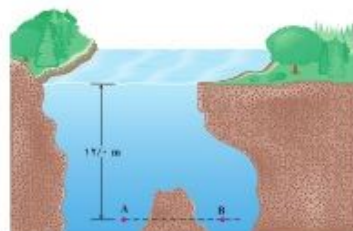
اختلاف بین فشار هوای بالا و پایین برج آزادی، با ارتفاع 45 متر، چقدر است؟ چگالی هوا را تقریباً 1.2 kg/m^3 بگیرید.

پاسخ: با توجه به رابطه ۲-۲ داریم:

$$P_1 = P_2 + \rho gh \Rightarrow P_1 - P_2 = \rho gh$$

$$= (1.2 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ N/kg})(45 \text{ m}) = 529.2 \text{ Pa} \approx 5.3 \times 10^2 \text{ Pa}$$

ویژگی‌های فیزیکی مواد



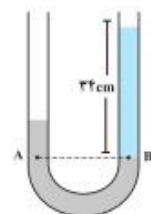
نقاط A و B در عمق یکسانی از سطح آب یک دریاچه قرار گرفته‌اند. فشار در نقطه A چقدر است؟ در نقطه B چطور؟ چگالی آب دریاچه را 1000 kg/m^3 و فشار هوا در سطح دریاچه را $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ در نظر بگیرید.

پاسخ: با توجه به رابطه ۲-۲، فشار در نقطه A برابر است با:

$$P = P_0 + \rho gh = 1.01 \times 10^5 (\text{Pa}) + (1000 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ N/kg})(1.2 \text{ m}) = 2.19 \times 10^5 \text{ Pa}$$

چون نقطه A با نقطه B هم‌تراز است، فشار در این نقطه با فشار در نقطه A برابر است.

مسئله ۲-۳



در یک لوله U شکل، مقداری جیوه قرار دارد. در شاخه سمت راست لوله آن قدر آب می‌ریزم تا ارتفاع آب به 34 cm برسد (شکل روبه‌رو). اختلاف ارتفاع جیوه در دو شاخه چند سانتی‌متر است؟ (مقیاس‌ها در این شکل واقعی نیست.)

پاسخ: در شکل روبه‌رو، نقاط A و B که درون جیوه انتخاب شده‌اند، هم‌ترازند، بنابراین $P_A = P_B$ است. به این ترتیب می‌توان نوشت:

$$P_0 + \rho_m gh_m = P_0 + \rho_w gh_w \Rightarrow \rho_m h_m = \rho_w h_w$$

$$(13600 \text{ kg/m}^3) \times h_m = (1000 \text{ kg/m}^3) \times 34 \text{ cm} \Rightarrow h_m = 2.5 \text{ cm}$$

(توجه کنید که در روابط بالا زیرنویس m برای جیوه و زیرنویس w برای آب انتخاب شده‌اند.)

مسئله ۲-۴



اختلاف بین فشار هوای بالا و پایین برج آزادی، با ارتفاع 45 متر، چقدر است؟ چگالی هوا را تقریباً 1.2 kg/m^3 بگیرید.

پاسخ: با توجه به رابطه ۲-۲ داریم:

$$P_1 = P_2 + \rho gh \Rightarrow P_1 - P_2 = \rho gh$$

$$= (1.2 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ N/kg})(45 \text{ m}) = 529.2 \text{ Pa} \approx 5.3 \times 10^2 \text{ Pa}$$

فصل ۲

تمرین ۱-۲

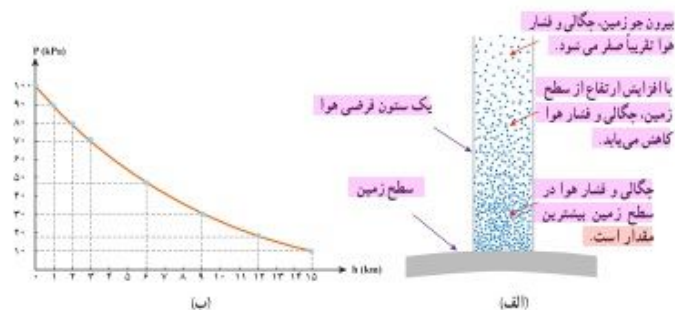
شناگری در عمق ۵/۰ متری از سطح آب دریاچه‌ای شنا می‌کند. فشار در این عمق چقدر است؟ اگر مساحت برده گوش را یک سانتی متر مربع (1cm^2) فرض کنیم، بزرگی نیروی که به برده گوش این شناگر وارد می‌شود چند نیوتون است؟ فشار هوای محیط را $10^5\text{Pa} \times 1/01$ بگیرید.

تمرین ۲-۲

جسم مکعبی به طول ضلع 20cm درون شاره‌ای غوطه‌ور و در حال تعادل است (شکل روبه رو). فشار در بالا و زیر جسم به ترتیب برابر 10^5 و 10^5 کیلوپاسکال است. چگالی شاره چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟ (راهنمایی: از رابطه ۲-۲ استفاده کنید.)



برای محاسبه اختلاف فشار بین دو نقطه از هوا که اختلاف ارتفاع قابل توجهی دارند، دیگر نمی‌توان از رابطه ۲-۲ استفاده کرد. برای مثال، اختلاف فشار قله دماوند و سطح دریا با استفاده از این رابطه و در نظر گرفتن چگالی $1/29\text{ kg/m}^3$ برای هوا، 71 kPa به دست می‌آید در حالی که مقدار واقعی آن نزدیک به 50 kPa است! برای یافتن دلیل تفاوت آشکار بین این مقادیر، باید توجه کنیم که با افزایش ارتفاع از سطح زمین، چگالی هوا کاهش می‌یابد (شکل ۲-۱۶ الف). محاسبه‌های دقیق‌تر نشان می‌دهند که تغییر فشار برحسب ارتفاع از سطح زمین، مطابق نمودار شکل ۲-۱۶ ب است. نیروی جاذبه زمین سبب می‌شود که لایه‌های زیرین هوا نسبت به لایه‌های بالایی هوا متراکم‌تر شوند. در نتیجه هرچه به سطح زمین نزدیک‌تر می‌شویم، چگالی و فشار هوا بیشتر می‌شود.



شکل ۲-۱۶ الف) با افزایش ارتفاع از سطح زمین، چگالی و فشار هوا کاهش می‌یابد.

می‌یابد. (ب) نمودار فشار هوا برحسب ارتفاع از سطح دریای آزاد.

فصل ۲

تمرین ۱-۲

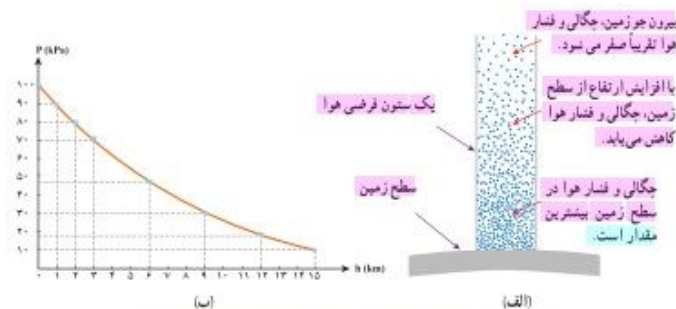
شناگری در عمق ۵/۰ متری از سطح آب دریاچه‌ای شنا می‌کند. الف) فشار در این عمق چقدر است؟ ب) اگر مساحت برده گوش را یک سانتی متر مربع (1cm^2) فرض کنیم، بزرگی نیروی ناشی از این فشار که به برده گوش این شناگر وارد می‌شود چند نیوتون است؟ فشار هوای محیط را $10^5\text{Pa} \times 1/01$ بگیرید.

تمرین ۲-۲

جسم مکعبی به طول ضلع 20cm درون شاره‌ای غوطه‌ور و در حال تعادل است (شکل روبه رو). فشار در بالا و زیر جسم به ترتیب برابر 10^5 و 10^5 کیلوپاسکال است. چگالی شاره چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟ (راهنمایی: از رابطه ۲-۲ استفاده کنید.)



برای محاسبه اختلاف فشار بین دو نقطه از هوا که اختلاف ارتفاع قابل توجهی دارند، دیگر نمی‌توان از رابطه ۲-۲ استفاده کرد. برای مثال، اختلاف فشار قله دماوند و سطح دریا با استفاده از این رابطه و در نظر گرفتن چگالی $1/29\text{ kg/m}^3$ برای هوا، 71 kPa به دست می‌آید در حالی که مقدار واقعی آن نزدیک به 50 kPa است! برای یافتن دلیل تفاوت آشکار بین این مقادیر، باید توجه کنیم که با افزایش ارتفاع از سطح زمین، چگالی هوا کاهش می‌یابد (شکل ۲-۱۶ الف). محاسبه‌های دقیق‌تر نشان می‌دهند که تغییر فشار برحسب ارتفاع از سطح زمین، مطابق نمودار شکل ۲-۱۶ ب است. نیروی جاذبه زمین سبب می‌شود که لایه‌های زیرین هوا نسبت به لایه‌های بالایی هوا متراکم‌تر شوند. در نتیجه هرچه به سطح زمین نزدیک‌تر می‌شویم، چگالی و فشار هوا بیشتر می‌شود.



شکل ۲-۱۶ الف) با افزایش ارتفاع از سطح زمین، چگالی و فشار هوا کاهش می‌یابد. (ب) نمودار فشار هوا برحسب ارتفاع از سطح دریای آزاد.

می‌یابد. (ب) نمودار فشار هوا برحسب ارتفاع از سطح دریای آزاد.

تمرین ۲-۳

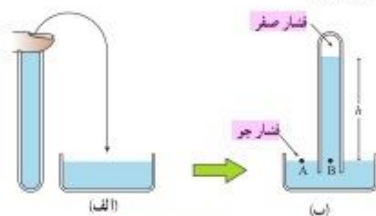
در هواشناسی و روی نقشه های آب و هوا، معمولاً از یکای بار (bar) برای فشار هوا استفاده می کنند. به طوری که داریم:

$$1 \text{ bar} = 1/000 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 1/000 \times 10^5 \text{ Pa}$$

یک ستون فرضی از هوا به سطح مقطع 1 m^2 در نظر بگیرید که از سطح دریای آزاد تا بالاترین بخش جوی زمین ادامه می یابد (شکل روبه رو). اگر فشار هوا را در سطح دریا 1 bar در نظر بگیریم، چند کیلوگرم هوا در این ستون فرضی وجود دارد؟ با توجه به شکل ۲-۱۶ ب، چند درصد این جرم تا ارتفاع ۹ کیلومتری این ستون فرضی قرار دارد؟



فشارسنج هوا (بارومتر): وسیله ای ساده که برای اندازه گیری فشار جو به کار می رود. این فشارسنج در سال ۱۶۴۳ میلادی توسط توریچلی فیزیک دان ایتالیایی اختراع شد. فشارسنج هوا شامل یک لوله شیشه ای بلند (به طول تقریبی ۸۰ سانتی متر) با یک سر بسته است که از جیوه پر شده (شکل ۲-۱۷ الف) و سپس در یک ظرف محتوی جیوه به طور وارون قرار گرفته است (شکل ۲-۱۷ ب). فضای خالی بالای ستون جیوه تنها محتوی بخار جیوه است که فشار آن ناچیز بوده و در عمل برابر صفر فرض می شود.



شکل ۲-۱۷ فشارسنج جیوه ای که برای اندازه گیری فشار جو به کار می رود.

فشار در نقطه B برابر ρgh و در نقطه A برابر P است. چون نقاط A و B هم ترازند، می توان نوشت:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_A = 0 + \rho gh \Rightarrow P_A = \rho gh \quad (2-4)$$

بنابراین فشارسنج هوا، فشار جو را به طور مستقیم از روی ارتفاع ستون جیوه نشان می دهد که در سطح دریای آزاد این ارتفاع حدود 760 mm است. به همین دلیل در بسیاری موارد فشار اندازه گیری شده برحسب میلی متر جیوه (mmHg) یا سانتی متر جیوه (cmHg) بیان می شود.^۱

۱- چون جیوه و بخار آن بسیار سمی است و می تواند جذب پوست یا مخاط تنفسی شود، انجام این کار توصیه نمی شود.
۲- به اختصار توریچلی، 1 mmHg را یک تور (torr) می نامند.



اونجلیستا توریچلی (۱۶۴۷-۱۶۶۰م) یکی از فیزیک دانان و ریاضی دانان ایتالیایی و از شاگردان گالیله بود. هرچند توریچلی فعالیت های در ریاضیات و نورشناسی نیز داشته است ولی شهرت اصلی وی برای اختراع بارومتر یا جوسنج است. وی به کمک این جوسنج ساده توانست نشان دهد که فشار هوا به ارتفاع از سطح دریا بستگی دارد. توریچلی همچنین به کمک این ابزار ساده توانست در بالای ستون جیوه درون لوله، خلأ نسبی ایجاد کند که به خلأ توریچلی شناخته می شود.

تمرین ۲-۳

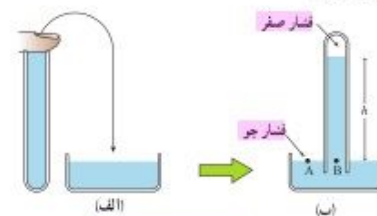
یکی از یکاهای مرسوم برای سنجش فشار بار (bar) است. به طوری که:

$$1 \text{ bar} = 1/000 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 1/000 \times 10^5 \text{ Pa}$$

یک ستون فرضی از هوا به سطح مقطع 1 m^2 در نظر بگیرید که از سطح دریای آزاد تا بالاترین بخش جوی زمین ادامه می یابد (شکل روبه رو). اگر فشار هوا را در سطح دریا 1 bar در نظر بگیریم، چند کیلوگرم هوا در این ستون فرضی وجود دارد؟ با توجه به شکل ۲-۱۶ ب، چند درصد این جرم تا ارتفاع ۹ کیلومتری این ستون فرضی قرار دارد؟



فشارسنج هوا (بارومتر): وسیله ای ساده که برای اندازه گیری فشار جو به کار می رود. این فشارسنج در سال ۱۶۴۳ میلادی توسط توریچلی فیزیک دان ایتالیایی اختراع شد. فشارسنج هوا شامل یک لوله شیشه ای بلند (به طول تقریبی ۸۰ سانتی متر) با یک سر بسته است که از جیوه پر شده (شکل ۲-۱۷ الف) و سپس در یک ظرف محتوی جیوه به طور وارون قرار گرفته است (شکل ۲-۱۷ ب). فضای خالی بالای ستون جیوه تنها محتوی بخار جیوه است که فشار آن ناچیز بوده و در عمل برابر صفر فرض می شود.



شکل ۲-۱۷ فشارسنج جیوه ای که برای اندازه گیری فشار جو به کار می رود.

فشار در نقطه B برابر ρgh و در نقطه A برابر P است. چون نقاط A و B هم ترازند، می توان نوشت:

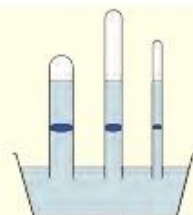
$$P_A = P_B \Rightarrow P_A = 0 + \rho gh \Rightarrow P_A = \rho gh \quad (2-4)$$

بنابراین فشارسنج هوا، فشار جو را به طور مستقیم از روی ارتفاع ستون جیوه نشان می دهد که در سطح دریای آزاد این ارتفاع حدود 760 mm است. به همین دلیل در بسیاری موارد فشار اندازه گیری شده برحسب میلی متر جیوه (mmHg) یا سانتی متر جیوه (cmHg) بیان می شود.^۱

۱- چون جیوه و بخار آن بسیار سمی است و می تواند جذب پوست یا مخاط تنفسی شود، انجام این کار توصیه نمی شود.
۲- به اختصار توریچلی، 1 mmHg را یک تور (torr) می نامند.

فصل ۲

پرسش ۵-۲



(ب)



(ب)



(الف)

الف) توضیح دهید چرا توربجلی در آزمایش خود ترجیح داد به جای آب از جیوه استفاده کند؟ (ممکن است شکل الف بتواند در پاسخ به این پرسش به شما کمک کند.)

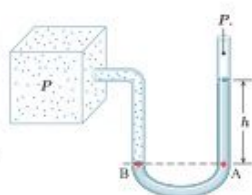
ب) در آزمایش توربجلی از لوله‌های غیرمویین استفاده می‌شود. شکل (ب) این آزمایش را با سه لوله با سطح مقطع و طول متفاوت نشان می‌دهد. توضیح دهید چرا ارتفاع ستون جیوه در سه لوله برابر است.

پ) در قلم خودکار، جوهر از طریق یک لوله وارد نوک قلم شده و در آنجا توسط یک گوی فلزی ضد زنگ غلطان، روی ورقه کاغذ پخش می‌شود. در بدنه لاک یا درپوش بالایی این نوع قلم‌های خودکار، سوراخ‌ریزی ایجاد می‌کنند (شکل پ). دلیل این کار را توضیح دهید.

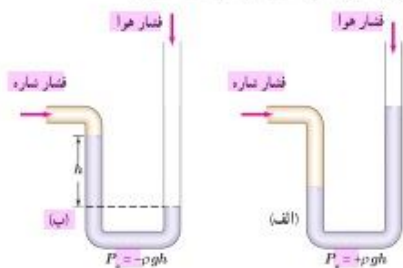
فشارسنج شاره‌ها (مانومتر): یکی از وسیله‌های ساده برای اندازه‌گیری فشار یک شاره محصور، فشارسنج لائشکل است. شکل ۱۸-۲ لوله باز لائشکلی را نشان می‌دهد که حاوی مایعی به جگالی ρ ، اغلب جیوه یا آب است. انتهای راست لوله، باز و با فشار جو P_0 در ارتباط است. انتهای چپ لوله، به طرفی که فشار P آن باید اندازه‌گیری شود وصل شده است. فشار در نقطه A برابر $P_0 + \rho gh$ است. فشار در نقطه B برابر P است. چون نقاط A و B هم‌ترازند، فشار آنها با یکدیگر برابر است. به این ترتیب داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P = P_0 + \rho gh \Rightarrow P - P_0 = \rho gh$$

در رابطه اخیر فشار P را **فشار مطلق** و $P - P_0$ که تفاوت بین فشار مطلق و فشار جو است را **فشار پیمانه‌ای** می‌نامند و معمولاً آن را با نماد P_g نشان می‌دهند. بدین ترتیب در شکل ۱۸-۲ فشار پیمانه‌ای را به سادگی می‌توان از رابطه $P_g = \rho gh$ به دست آورد. اگر فشار شاره بیشتر از فشار جو باشد، فشار پیمانه‌ای مثبت است (شکل ۱۹-۲الف). در خلأ نسبی و شاره‌ای که فشار آن کمتر از فشار جو است، فشار پیمانه‌ای منفی است (شکل ۱۹-۲ب).



شکل ۱۸-۲ فشارسنج با لوله باز که برای اندازه‌گیری فشار یک شاره محصور استفاده می‌شود.

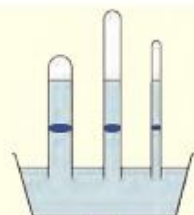


شکل ۱۹-۲ الف) فشار شاره بیشتر از فشار جو است. ب) فشار شاره کمتر از فشار جو است.

۱- نماد g از سر حرف واژه gauge به معنای پیمانه (سنجه) گرفته شده است.

فصل ۲

پرسش ۵-۲



(ب)



(ب)



(الف)

الف) توضیح دهید چرا توربجلی در آزمایش خود ترجیح داد به جای آب از جیوه استفاده کند؟ (ممکن است شکل الف بتواند در پاسخ به این پرسش به شما کمک کند.)

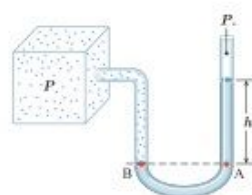
ب) در آزمایش توربجلی از لوله‌های غیرمویین استفاده می‌شود. شکل (ب) این آزمایش را با سه لوله با سطح مقطع و طول متفاوت نشان می‌دهد. توضیح دهید چرا ارتفاع ستون جیوه در سه لوله برابر است.

پ) در قلم خودکار، جوهر از طریق یک لوله وارد نوک قلم شده و در آنجا توسط یک گوی فلزی ضد زنگ غلطان، روی ورقه کاغذ پخش می‌شود. در بدنه لاک یا درپوش بالایی این نوع قلم‌های خودکار، سوراخ‌ریزی ایجاد می‌کنند (شکل پ). دلیل این کار را توضیح دهید.

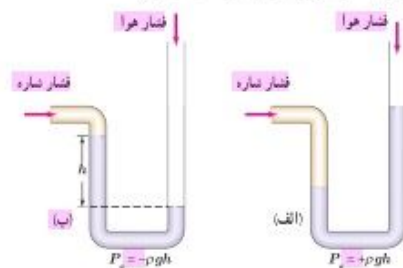
فشارسنج شاره‌ها (مانومتر): یکی از وسیله‌های ساده برای اندازه‌گیری فشار یک شاره محصور، فشارسنج لائشکل است. شکل ۱۸-۲ لوله باز لائشکلی را نشان می‌دهد که حاوی مایعی به جگالی ρ ، اغلب جیوه یا آب است. انتهای راست لوله، باز و با فشار جو P_0 در ارتباط است. انتهای چپ لوله، به طرفی که فشار P آن باید اندازه‌گیری شود وصل شده است. فشار در نقطه A برابر $P_0 + \rho gh$ است. فشار در نقطه B برابر P است. چون نقاط A و B هم‌ترازند، فشار آنها با یکدیگر برابر است. به این ترتیب داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P = P_0 + \rho gh \Rightarrow P - P_0 = \rho gh$$

در رابطه اخیر فشار P را **فشار مطلق** و $P - P_0$ که تفاوت بین فشار مطلق و فشار جو است را **فشار پیمانه‌ای** می‌نامند و معمولاً آن را با نماد P_g نشان می‌دهند. بدین ترتیب در شکل ۱۸-۲ فشار پیمانه‌ای را به سادگی می‌توان از رابطه $P_g = \rho gh$ به دست آورد. اگر فشار شاره بیشتر از فشار جو باشد، فشار پیمانه‌ای مثبت است (شکل ۱۹-۲الف). در خلأ نسبی و شاره‌ای که فشار آن کمتر از فشار جو است، فشار پیمانه‌ای منفی است (شکل ۱۹-۲ب).



شکل ۱۸-۲ فشارسنج با لوله باز که برای اندازه‌گیری فشار یک شاره محصور استفاده می‌شود.



شکل ۱۹-۲ الف) فشار شاره بیشتر از فشار جو است. ب) فشار شاره کمتر از فشار جو است.

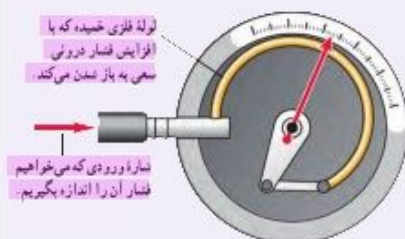
۱- نماد g از سر حرف واژه gauge به معنای پیمانه (سنجه) گرفته شده است.

فعالیت ۲-۲

آزمایشی طراحی و سپس اجرا کنید که به کمک آن بتوان نشان داد فشار در یک عمق معین از مایع به جهت گیری سطحی که فشار به آن وارد می‌شود بستگی ندارد.

فناوری و کاربرد

فشارسنج بوردون: بسیاری از فشارسنج‌ها برای اندازه‌گیری فشار یک‌نواره، از یک لوله خمیده یک سر بسته و قابل انعطاف استفاده می‌کنند (شکل روبه‌رو). انتهای این لوله به عقربه‌ای متصل است که فشار را روی صفحه‌ای مدرج نشان می‌دهد. تغییر فشار پیمانه‌ای شماره درون لوله سبب تغییر شکل لوله و در نتیجه حرکت عقربه روی صفحه مدرج می‌شود. این فشارسنج‌ها که به فشارسنج بوردون^۱ شناخته می‌شوند معمولاً برای اندازه‌گیری فشار در مخزن‌های گاز و همچنین اندازه‌گیری فشار باد لاستیک وسیله‌های نقلیه به کار می‌روند^۲.



مثال ۲-۵

یکی دیگر از یکاهای متداول فشار، اتمسفر یا جو است که با نماد atm نمایش داده می‌شود. فشار یک اتمسفر، به صورت فشار معادل ستونی از جیوه به ارتفاع ۷۶۰ mm^۲ تعریف می‌شود (در دمای ۰°C و به ازای ۹/۸ N/kg = g). هر اتمسفر، معادل چند پاسکال است؟ چگالی جیوه را برابر ۱۳۶۰۰ kg/m^۳ بگیرید.

پاسخ: رابطه ۲-۴، فشار جو را بر حسب ارتفاع ستون جیوه به ما می‌دهد. با جایگذاری مقادیر داده شده در این رابطه داریم:

$$P = \rho gh = (13600 \text{ kg/m}^3) (9/8 \text{ N/kg}) (0/76 \text{ m}) = 101293 \text{ Pa} \approx 1/0 \times 10^5 \text{ Pa}$$

همان‌طور که دیده می‌شود ۱ atm تنها اندکی از ۱ bar بیشتر است.

مثال ۲-۶

عمیق‌ترین قسمت خلیج فارس با عمقی حدود ۹۴ متر در نزدیکی جزیره تنب بزرگ قرار دارد. فشار پیمانه‌ای در این عمق چند پاسکال است؟ چگالی آب خلیج فارس را ۱۰۲۸ kg/m^۳ بگیرید.

پاسخ: همان‌طور که دیدیم، فشار پیمانه‌ای برابر اختلاف فشار درون شماره با فشار جو است. به این ترتیب داریم:

$$P - P_0 = \rho gh = (1028 \text{ kg/m}^3) (9/8 \text{ N/kg}) (94 \text{ m}) = 936919 \text{ Pa} \approx 9/4 \times 10^5 \text{ Pa}$$

۱- Bourdon gauge

۲- در اغلب این فشارسنج‌ها از یکای psi برای نشان دادن فشار استفاده می‌کنند به‌طوری‌که ۱ psi = ۶۹۰ Pa است. (psi به معنای پوند- نیرو بر اینچ مربع pound-force per square inch است.)

فعالیت ۲-۲

آزمایشی طراحی و سپس اجرا کنید که به کمک آن بتوان نشان داد فشار در یک عمق معین از مایع به جهت گیری سطحی که فشار به آن وارد می‌شود بستگی ندارد.

فناوری و کاربرد

فشارسنج بوردون: بسیاری از فشارسنج‌ها برای اندازه‌گیری فشار یک‌نواره، از یک لوله خمیده یک سر بسته و قابل انعطاف استفاده می‌کنند (شکل روبه‌رو). انتهای این لوله به عقربه‌ای متصل است که فشار را روی صفحه‌ای مدرج نشان می‌دهد. تغییر فشار پیمانه‌ای شماره درون لوله سبب تغییر شکل لوله و در نتیجه حرکت عقربه روی صفحه مدرج می‌شود. این فشارسنج‌ها که به فشارسنج بوردون^۱ شناخته می‌شوند معمولاً برای اندازه‌گیری فشار در مخزن‌های گاز و همچنین اندازه‌گیری فشار باد لاستیک وسیله‌های نقلیه به کار می‌روند^۲.



مثال ۲-۵

یکی دیگر از یکاهای متداول فشار، اتمسفر یا جو است که با نماد atm نمایش داده می‌شود. فشار یک اتمسفر، به صورت فشار معادل ستونی از جیوه به ارتفاع ۷۶۰ mm^۲ تعریف می‌شود (در دمای ۰°C و به ازای ۹/۸ N/kg = g). هر اتمسفر، معادل چند پاسکال است؟ چگالی جیوه را برابر ۱۳۶۰۰ kg/m^۳ بگیرید.

پاسخ: رابطه ۲-۴، فشار جو را بر حسب ارتفاع ستون جیوه به ما می‌دهد. با جایگذاری مقادیر داده شده در این رابطه داریم:

$$P = \rho gh = (13600 \text{ kg/m}^3) (9/8 \text{ N/kg}) (0/76 \text{ m}) = 101293 \text{ Pa} \approx 1/0 \times 10^5 \text{ Pa}$$

همان‌طور که دیده می‌شود ۱ atm تنها اندکی از ۱ bar بیشتر است.

مثال ۲-۶

عمیق‌ترین قسمت خلیج فارس با عمقی حدود ۹۴ متر در نزدیکی جزیره تنب بزرگ قرار دارد. فشار پیمانه‌ای در این عمق چند پاسکال است؟ چگالی آب خلیج فارس را ۱۰۲۸ kg/m^۳ بگیرید.

پاسخ: همان‌طور که دیدیم، فشار پیمانه‌ای برابر اختلاف فشار درون شماره با فشار جو است. به این ترتیب داریم:

$$P - P_0 = \rho gh = (1028 \text{ kg/m}^3) (9/8 \text{ N/kg}) (94 \text{ m}) = 936919 \text{ Pa} \approx 9/4 \times 10^5 \text{ Pa}$$

۱- Bourdon gauge

۲- در اغلب این فشارسنج‌ها از یکای psi برای نشان دادن فشار استفاده می‌کنند به‌طوری‌که ۱ psi = ۶۹۰ Pa است. (psi به معنای پوند- نیرو بر اینچ مربع pound-force per square inch است.)

فصل ۲

تمرین ۲-۴



شکل روبه‌رو یک کیسه پلاستیکی حاوی محلولی را نشان می‌دهد که در حال تزریق به یک بیمار است. سوزن سرنگی را به قسمت خالی از مایع بالای این کیسه وارد می‌کنند طوری که فشار هوا در این بخش از کیسه همواره با فشار هوای بیرون برابر بماند. اگر ارتفاع کیسه نسبت به دست بیمار ۱۲ cm باشد، فشار پیمانه‌ای این مایع در محل تزریق چند میلی‌متر جیوه است؟ چگالی محلول را 1050 kg/m^3 بگیری.

خوب است بدانید

شکل الف فشارسنجی را نشان می‌دهد که برای اندازه‌گیری فشار خون به کار می‌رود. با چندین بار فشردن مخزن پلاستیکی بر از هوا، فشار دست‌بند افزایش می‌یابد تا جریان خون در سرخرگ اصلی دست در بازو متوقف شود. سپس درجه مخزن باز شده، و شخص اندازه‌گیرنده با گوشی به صدای عبور خون از سرخرگ گوش می‌کند. وقتی فشاری که دست‌بند به سرخرگ اصلی دست وارد می‌کند در حال کاهش باشد، درست زمانی که فشار به زیر بیشینه فشار خونی که قلب تولید می‌کند (فشار سیستولی) فرو افتد، سرخرگ برای یک لحظه در هر ضربان قلب باز می‌شود. در این شرایط، جریان خون متلاطم، بزرگ و صدا و با تندی زیاد است و می‌توان آن را با گوشی شنید. فشارسنج طوری درجه‌بندی شده است که فشار را بر حسب mmHg نشان می‌دهد، و مقدار به دست آمده حدود 120 mmHg برای قلب معمولی است. با کاهش بیشتر فشار دست‌بند، صداهای متناوب هنوز شنیده می‌شود تا فشار به زیر فشار کمینه قلب (فشار دیاستولی) فرو افتد. در این وضعیت صداهای مداوم شنیده می‌شود. در قلب عادی، این گذار در فشاری حدود 80 mmHg رخ می‌دهد. فشار خون را معمولاً بر حسب نسبت فشار سیستولی به فشار دیاستولی بیان می‌کنند، که برای قلب سالم $120/80$ است.



۴-۲ ستوری

ممکن است بارها تجربه کرده باشید که وقتی توبی را وارد آب می‌کنید، پس از حذف نیروی دست، توب به طرف بالا جھیده و روی آب شناور می‌شود (شکل ۲-۲). همچنین شناور ماندن کشتی‌های فولادی روی آب، پدیده‌ای آشناست با وجود آنکه می‌دانیم چگالی فولاد حدود ۸ برابر چگالی آب است (شکل ۲-۲). افزون بر اینها، جابه‌جا کردن یک جسم سنگین غوطه‌ور داخل آب، خیلی آسان‌تر از انجام همین کار در خارج آب است (شکل ۲-۲). همان‌طور که در

فصل ۲

تمرین ۲-۴



شکل روبه‌رو یک کیسه پلاستیکی حاوی محلولی را نشان می‌دهد که در حال تزریق به یک بیمار است. سوزن سرنگی را به قسمت خالی از مایع بالای این کیسه وارد می‌کنند طوری که فشار هوا در این بخش از کیسه همواره با فشار هوای بیرون برابر بماند. اگر ارتفاع کیسه نسبت به دست بیمار ۱۲ cm باشد، فشار پیمانه‌ای این مایع در محل تزریق چند میلی‌متر جیوه است؟ چگالی محلول را 1050 kg/m^3 بگیری.

خوب است بدانید

شکل الف فشارسنجی را نشان می‌دهد که برای اندازه‌گیری فشار خون به کار می‌رود. با چندین بار فشردن مخزن پلاستیکی بر از هوا، فشار دست‌بند افزایش می‌یابد تا جریان خون در سرخرگ اصلی دست در بازو متوقف شود. سپس درجه مخزن باز شده، و شخص اندازه‌گیرنده با گوشی به صدای عبور خون از سرخرگ گوش می‌کند. وقتی فشاری که دست‌بند به سرخرگ اصلی دست وارد می‌کند در حال کاهش باشد، درست زمانی که فشار به زیر بیشینه فشار خونی که قلب تولید می‌کند (فشار سیستولی) فرو افتد، سرخرگ برای یک لحظه در هر ضربان قلب باز می‌شود. در این شرایط، جریان خون متلاطم، بزرگ و صدا و با تندی زیاد است و می‌توان آن را با گوشی شنید. فشارسنج طوری درجه‌بندی شده است که فشار را بر حسب mmHg نشان می‌دهد، و مقدار به دست آمده حدود 120 mmHg برای قلب معمولی است. با کاهش بیشتر فشار دست‌بند، صداهای متناوب هنوز شنیده می‌شود تا فشار به زیر فشار کمینه قلب (فشار دیاستولی) فرو افتد. در این وضعیت صداهای مداوم شنیده می‌شود. در قلب عادی، این گذار در فشاری حدود 80 mmHg رخ می‌دهد. فشار خون را معمولاً بر حسب نسبت فشار سیستولی به فشار دیاستولی بیان می‌کنند، که برای قلب سالم $120/80$ است.



۴-۲ ستوری

ممکن است بارها تجربه کرده باشید که وقتی توبی را وارد آب می‌کنید، پس از حذف نیروی دست، توب به طرف بالا جھیده و روی آب شناور می‌شود (شکل ۲-۲). همچنین شناور ماندن کشتی‌های فولادی روی آب، پدیده‌ای آشناست با وجود آنکه می‌دانیم چگالی فولاد حدود ۸ برابر چگالی آب است (شکل ۲-۲). افزون بر اینها، جابه‌جا کردن یک جسم سنگین غوطه‌ور داخل آب، خیلی آسان‌تر از انجام همین کار در خارج آب است (شکل ۲-۲). همان‌طور که در

ویژگی‌های فیزیکی مواد

کتاب علوم سال هفتم دبید وقتی چگالی جسمی بیشتر از چگالی آب باشد در آب فرو می‌رود و نه نشین می‌شود، درحالی که اگر چگالی جسم کمتر از چگالی آب باشد روی آب شناور می‌ماند. همچنین در حالتی که چگالی جسم و آب یکسان باشد جسم در آب به‌صورت غوطه‌ور در می‌آید. پیش از پرداختن به دلیل این پدیده‌ها، فعالیت زیر را انجام دهید.



شکل ۴-۲ (الف) وارد کردن توپ داخل آب، (ب) کشتیرانی در دریای خزر (بندر امیر آباد)، (پ) جابه‌جا کردن یک غواص غوطه‌ور با یک دست

فعالیت ۲-۸

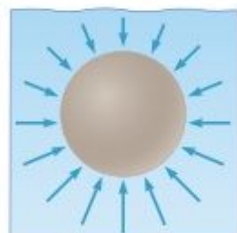


پوش‌برگ آلومینیومی



پوش‌برگ آلومینیومی مجاله شده

درون یک ظرف مقداری آب بریزید. یک پوش‌برگ (فویل) آلومینیومی به ابعاد تقریبی $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ اختیار کنید و آن را مجاله کنید. پیش‌بینی کنید با قرار دادن پوش‌برگ مجاله شده روی سطح آب، چه اتفاقی می‌افتد؟ آزمایش را انجام دهید. پوش‌برگ دیگری با همان ابعاد اختیار کنید و به جای مجاله کردن، آن را چندین بار (دست‌کم ۵ بار) روی هم تا کنید. اگر این پوش‌برگ چند لایه را، روی سطح آب قرار دهید، پیش‌بینی کنید چه اتفاقی می‌افتد؟ آزمایش را انجام دهید. پیش‌بینی‌ها و نتایج مشاهده (آزمایش) خود را در گروه‌تان به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.



شکل ۴-۳ بیگانه‌ها نشان می‌دهند که نیروهای ناشی از فشار وارده بر جسم، به دلیل افزایش عمق، در زیر آن بزرگ‌ترند.

۱- buoyant force

ویژگی‌های فیزیکی مواد

کتاب علوم سال هفتم دبید وقتی چگالی جسمی بیشتر از چگالی آب باشد در آب فرو می‌رود و نه نشین می‌شود، درحالی که اگر چگالی جسم کمتر از چگالی آب باشد روی آب شناور می‌ماند. همچنین در حالتی که چگالی جسم و آب یکسان باشد جسم در آب به‌صورت غوطه‌ور در می‌آید. پیش از پرداختن به دلیل این پدیده‌ها، فعالیت زیر را انجام دهید.



شکل ۴-۲ (الف) وارد کردن توپ داخل آب، (ب) کشتیرانی در دریای خزر (بندر امیر آباد)، (پ) جابه‌جا کردن یک غواص غوطه‌ور با یک دست

فعالیت ۲-۸

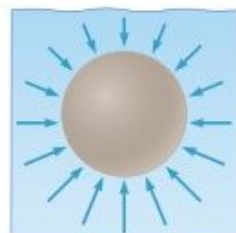


پوش‌برگ آلومینیومی



پوش‌برگ آلومینیومی مجاله شده

درون یک ظرف مقداری آب بریزید. یک پوش‌برگ (فویل) آلومینیومی به ابعاد تقریبی $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ اختیار کنید و آن را مجاله کنید. پیش‌بینی کنید با قرار دادن پوش‌برگ مجاله شده روی سطح آب، چه اتفاقی می‌افتد؟ آزمایش را انجام دهید. پوش‌برگ دیگری با همان ابعاد اختیار کنید و به جای مجاله کردن، آن را چندین بار (دست‌کم ۵ بار) روی هم تا کنید. اگر این پوش‌برگ چند لایه را، روی سطح آب قرار دهید، پیش‌بینی کنید چه اتفاقی می‌افتد؟ آزمایش را انجام دهید. پیش‌بینی‌ها و نتایج مشاهده (آزمایش) خود را در گروه‌تان به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

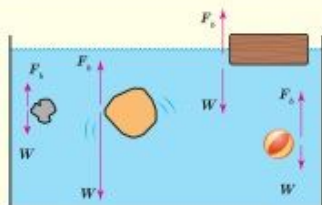


شکل ۴-۳ بیگانه‌ها نشان می‌دهند که نیروهای ناشی از فشار وارده بر جسم، به دلیل افزایش عمق، در زیر آن بزرگ‌ترند.

۱- buoyant force

فصل ۲

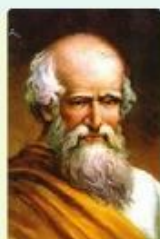
پرسش ۲



در شکل روبه‌رو، نیروی شناوری F_b و نیروی وزن W وارد بر چند جسم نشان داده شده است. با توجه به نیروی خالص وارد بر هر جسم، وضعیت آن را به کمک یکی از واژه‌های شناوری، غوطه‌وری، فرورفتن و بالارفتن توصیف کنید.

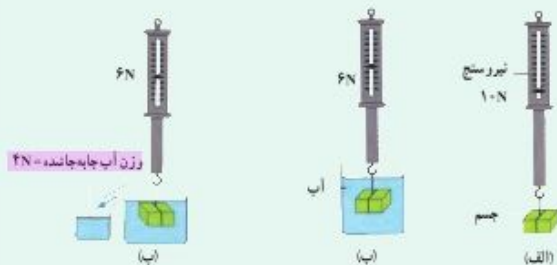
خوب است بدانید

اصل ارشمیدس



اصل ارشمیدس را به سادگی می‌توان به طور تجربی بررسی کرد. شکل الف یک جسم فلزی آویزان‌شده به یک نیروسنج فنری را نشان می‌دهد که وزن آن 10 نیوتون است. وقتی این جسم مطابق شکل ب به طور کامل درون آب قرار می‌گیرد، نیروسنج فنری عدد 6 نیوتون را نشان می‌دهد. در واقع این کاهش 4 نیوتونی عددی که نیروسنج فنری نشان می‌دهد، ناشی از نیروی شناوری است که از طرف شماره به جسم وارد شده است.

اگر ظرفی لوله‌دار مطابق شکل پ تهیه کنید به طوری که تا سطح لوله دارای آب باشد، با فرو کردن جسم درون آن، آب اضافی از طریق لوله به ظرف دیگری می‌ریزد. وزن آب خارج شده 4 نیوتون است که دقیقاً برابر نیروی شناوری است که از طرف آب به جسم وارد می‌شود.



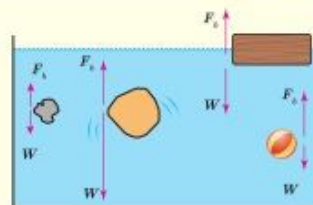
آزمایشی ساده برای تحقیق اصل ارشمیدس

با توجه به آنچه دیدیم اصل ارشمیدس را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

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

فصل ۲

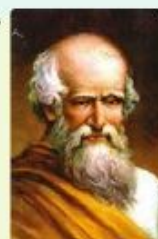
پرسش ۲



در شکل روبه‌رو، نیروی شناوری F_b و نیروی وزن W وارد بر چند جسم نشان داده شده است. با توجه به نیروی خالص وارد بر هر جسم، وضعیت آن را به کمک یکی از واژه‌های شناوری، غوطه‌وری، فرورفتن و بالارفتن توصیف کنید.

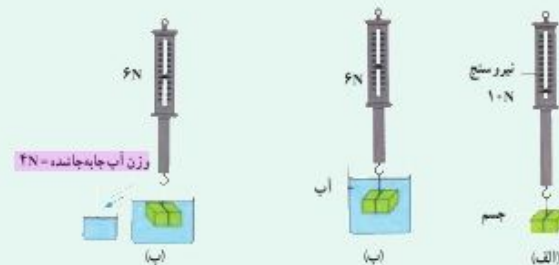
خوب است بدانید

اصل ارشمیدس



اصل ارشمیدس را به سادگی می‌توان به طور تجربی بررسی کرد. شکل الف یک جسم فلزی آویزان‌شده به یک نیروسنج فنری را نشان می‌دهد که وزن آن 10 نیوتون است. وقتی این جسم مطابق شکل ب به طور کامل درون آب قرار می‌گیرد، نیروسنج فنری عدد 6 نیوتون را نشان می‌دهد. در واقع این کاهش 4 نیوتونی عددی که نیروسنج فنری نشان می‌دهد، ناشی از نیروی شناوری است که از طرف شماره به جسم وارد شده است.

اگر ظرفی لوله‌دار مطابق شکل پ تهیه کنید به طوری که تا سطح لوله دارای آب باشد، با فرو کردن جسم درون آن، آب اضافی از طریق لوله به ظرف دیگری می‌ریزد. وزن آب خارج شده 4 نیوتون است که دقیقاً برابر نیروی شناوری است که از طرف آب به جسم وارد می‌شود.



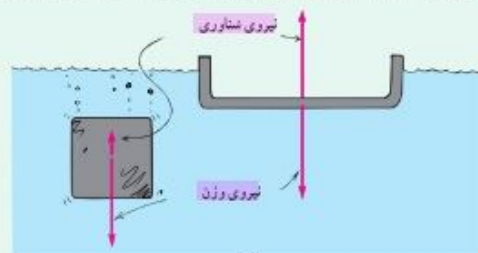
آزمایشی ساده برای تحقیق اصل ارشمیدس

با توجه به آنچه دیدیم اصل ارشمیدس را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

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

ویژگی‌های فیزیکی مواد

برای مثال با وجود آنکه جرم قطعه‌های آهنی در شکل (ت) با یکدیگر برابر است ولی نیروی بالاسو که از طرف شماره به آنها وارد می‌شود متفاوت است، زیرا همان‌طور که اشاره کردیم این نیرو با وزن شماره‌ها جابه‌جا شده توسط جسم برابر است.



(ت)

۵-۲ شماره در حرکت و اصل برنولی

تا اینجا به بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیکی شماره‌های ساکن پرداختیم. اکنون آماده‌ایم تا یک شماره در حال حرکت را بررسی کنیم. وقتی شماره‌ای حرکت می‌کند، این حرکت می‌تواند یکنواخت و لایه‌ای (شکل ۲۲-۲ الف) یا تلاطمی و آشوبناک (شکل ۲۲-۲ ب) باشد. درست مانند هوا، که گاهی به صورت تسمی ملایم و گاهی به صورت طوفانی پراثر می‌وزد.

هنگام حرکت آب در نیلینگ، جریان شد و سریع آب در یک رودخانه (شکل ۲۳-۲ الف)، حرکت خون درون رگ‌ها، حرکت هوا درون سامانه‌های گرمایش و سرمایش، جریان دود در هوا (شکل ۲۳-۲ ب) پدیده‌های جالبی رخ می‌دهد. بررسی این پدیده‌ها اغلب می‌تواند بسیار پیچیده باشد، برای برهیز از این پیچیدگی‌ها، مدل آرمانی و ساده‌شده‌ای از یک شماره در حال حرکت و بدون تلاطم را بررسی می‌کنیم، در شماره بدون تلاطم، حرکت شماره پایاست (یعنی سرعت در هر نقطه از شماره با گذشت زمان ثابت است). افزون بر این فرض می‌کنیم شماره تراکم‌ناپذیر است (یعنی، جگالی آن ثابت است) و اصطکاک داخلی (گران‌زوی) ندارد.



(الف)



(ب)

شکل ۲۲-۲ الف) حرکت لایه‌ای شماره. نقش

کلی جریان شماره، با گذر زمان تغییر نمی‌کند.

ب) حرکت تلاطمی شماره. نقش کلی جریان

شماره و مسیر حرکت ذرات آن، به طور مداوم

تغییر می‌کند.



(ب)

(الف)

شکل ۲۳-۲ الف) پل زمان خان (شهر سامان، استان چهارمحال و بختیاری) هنگام عبور آب از مجاری زیر پل.

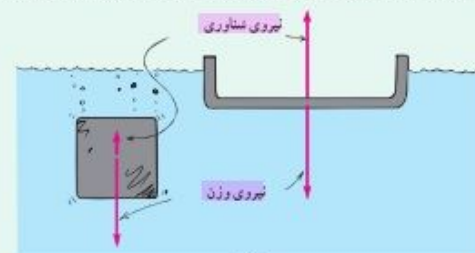
جریان آب در برخی نواحی آشوبناک می‌شود.

ب) جریان لایه‌ای و تلاطم دود. جریان دود از سر جوب عود، در ابتدا لایه‌ای است و سپس در بالا متلاطم می‌شود.

۱- معمولاً از واژه گران‌زوی (ویسکوزیته) برای اشاره به اصطکاک داخلی در شماره‌ها استفاده می‌شود. همچنین در بررسی‌های دقیق‌تر، غیرجرم‌ناپذیری بودن شارش نیز در نظر گرفته می‌شود.

ویژگی‌های فیزیکی مواد

برای مثال با وجود آنکه جرم قطعه‌های آهنی در شکل (ت) با یکدیگر برابر است ولی نیروی بالاسو که از طرف شماره به آنها وارد می‌شود متفاوت است، زیرا همان‌طور که اشاره کردیم این نیرو با وزن شماره‌ها جابه‌جا شده توسط جسم برابر است.



(ت)

۵-۲ شماره در حرکت و اصل برنولی

تا اینجا به بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیکی شماره‌های ساکن پرداختیم. اکنون آماده‌ایم تا یک شماره در حال حرکت را بررسی کنیم. وقتی شماره‌ای حرکت می‌کند، این حرکت می‌تواند یکنواخت و لایه‌ای (شکل ۲۲-۲ الف) یا تلاطمی و آشوبناک (شکل ۲۲-۲ ب) باشد. درست مانند هوا، که گاهی به صورت تسمی ملایم و گاهی به صورت طوفانی پراثر می‌وزد.

هنگام حرکت آب در نیلینگ، جریان شد و سریع آب در یک رودخانه (شکل ۲۳-۲ الف)، حرکت خون درون رگ‌ها، حرکت هوا درون سامانه‌های گرمایش و سرمایش، جریان دود در هوا (شکل ۲۳-۲ ب) پدیده‌های جالبی رخ می‌دهد. بررسی این پدیده‌ها اغلب می‌تواند بسیار پیچیده باشد، برای برهیز از این پیچیدگی‌ها، مدل آرمانی و ساده‌شده‌ای از یک شماره در حال حرکت و بدون تلاطم را بررسی می‌کنیم، در شماره بدون تلاطم، حرکت شماره پایاست (یعنی سرعت در هر نقطه از شماره با گذشت زمان ثابت است). افزون بر این فرض می‌کنیم شماره تراکم‌ناپذیر است (یعنی، جگالی آن ثابت است) و اصطکاک داخلی (گران‌زوی) ندارد.



(الف)



(ب)

شکل ۲۲-۲ الف) حرکت لایه‌ای شماره. نقش

کلی جریان شماره، با گذر زمان تغییر نمی‌کند.

ب) حرکت تلاطمی شماره. نقش کلی جریان

شماره و مسیر حرکت ذرات آن، به طور مداوم

تغییر می‌کند.



(ب)

(الف)

شکل ۲۳-۲ الف) پل زمان خان (شهر سامان، استان چهارمحال و بختیاری) هنگام عبور آب از مجاری زیر پل.

جریان آب در برخی نواحی آشوبناک می‌شود.

ب) جریان لایه‌ای و تلاطم دود. جریان دود از سر جوب عود، در ابتدا لایه‌ای است و سپس در بالا متلاطم می‌شود.

۱- معمولاً از واژه گران‌زوی (ویسکوزیته) برای اشاره به اصطکاک داخلی در شماره‌ها استفاده می‌شود. همچنین در بررسی‌های دقیق‌تر، غیرجرم‌ناپذیری بودن شارش نیز در نظر گرفته می‌شود.

شکل ۲-۲ جریان لایه‌ای آب را، درون لوله‌ای افقی و با دو سطح مقطع متفاوت نشان می‌دهد. در حالتی که همه جای لوله بر از آب است، مقدار آبی که در یک مدت زمان معین از یک مقطع لوله می‌گذرد با مقداری که از هر مقطع دیگر لوله در همان مدت زمان می‌گذرد برابر است. در نتیجه با توجه به تغییر اندازه سطح مقطع لوله، جریان آب کند یا تند می‌شود.



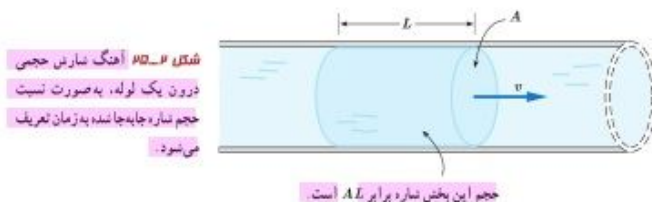
دانیل برنولی، فیزیک‌دان و ریاضی‌دان سوئیسی، متوجه شد که در جاهایی از لوله که جریان آب تندتر است، فشار کمتر است. برنولی همچنین متوجه شد که این نتیجه نه تنها برای مایع‌ها، بلکه برای گازها نیز برقرار است. بیان ساده اصل برنولی برای شاره‌ای که به طور لایه‌ای و در امتداد افق حرکت می‌کند به صورت زیر است:



دانیل برنولی (۱۷۸۲-۱۷۰۰م) یکی از فیزیک‌دانان و ریاضی‌دانان نامدار سوئیسی است. پدر و برخی دیگر از اعضای قایل وی، جبهه‌های سرشناسی در دانش ریاضیات زمان خود بودند. هرچند برنولی در ریاضیات، پزشکی و آمار تلاش‌هایی داشته است اما دلیل اصلی شهرت وی، اصلی موسوم به اصل برنولی است که در اثر معروفش به نام هیدرودینامیکا به آن پرداخته است. این اصل امکان درک گسترده‌تری از پدیده‌های مختلف را تاکنون در اختیار بشر قرار داده است.

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

آهنگ شارش حجمی شاره: شکل ۲-۲ جریان یکنواخت شاره‌ای را نشان می‌دهد که با تندی v درون لوله‌ای با سطح مقطع A در حرکت است.



برای شاره تراکم‌ناپذیر، اگر در بازه زمانی Δt ، حجم معینی از شاره ($\Delta V = AL$) از مقطع A این لوله عبور کند، **آهنگ شارش حجمی شاره** از این مقطع فرضی، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$(۵-۲) \quad \text{آهنگ شارش حجمی شاره} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{AL}{\Delta t} = Av$$

- ۱- اگرچه در صفحه ۳۳ فشار برای شاره‌ای تعریف شده است، اما این تعریف برای شاره در حال حرکت نیز به کار می‌رود.
- ۲- معادله برنولی که برای بررسی حرکت لایه‌ای شاره‌آزمایی است، حرکت غیرافقی شاره را نیز شامل می‌شود و رابطه ریاضی بین فشار، جگالی، تندی و ارتفاع شاره در هر نقطه از مسیر حرکت شاره را نشان می‌دهد.

شکل ۲-۲ جریان لایه‌ای آب را، درون لوله‌ای افقی و با دو سطح مقطع متفاوت نشان می‌دهد. در حالتی که همه جای لوله بر از آب است، مقدار آبی که در یک مدت زمان معین از یک مقطع لوله می‌گذرد با مقداری که از هر مقطع دیگر لوله در همان مدت زمان می‌گذرد برابر است. در نتیجه با توجه به تغییر اندازه سطح مقطع لوله، جریان آب کند یا تند می‌شود.



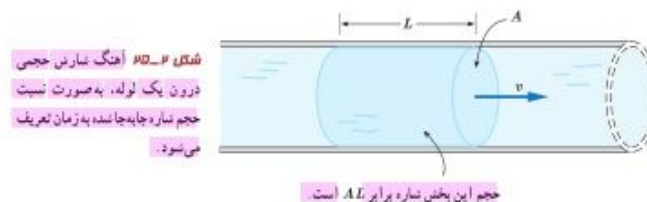
دانیل برنولی، فیزیک‌دان و ریاضی‌دان سوئیسی، متوجه شد که در جاهایی از لوله که جریان آب تندتر است، فشار کمتر است. برنولی همچنین متوجه شد که این نتیجه نه تنها برای مایع‌ها، بلکه برای گازها نیز برقرار است. بیان ساده اصل برنولی برای شاره‌ای که به طور لایه‌ای و در امتداد افق حرکت می‌کند به صورت زیر است:



دانیل برنولی (۱۷۸۲-۱۷۰۰م) یکی از فیزیک‌دانان و ریاضی‌دانان نامدار سوئیسی است. پدر و برخی دیگر از اعضای قایل وی، جبهه‌های سرشناسی در دانش ریاضیات زمان خود بودند. هرچند برنولی در ریاضیات، پزشکی و آمار تلاش‌هایی داشته است اما دلیل اصلی شهرت وی، اصلی موسوم به اصل برنولی است که در اثر معروفش به نام هیدرودینامیکا به آن پرداخته است. این اصل امکان درک گسترده‌تری از پدیده‌های مختلف را تاکنون در اختیار بشر قرار داده است.

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

آهنگ شارش حجمی شاره: شکل ۲-۲ جریان یکنواخت شاره‌ای را نشان می‌دهد که با تندی v درون لوله‌ای با سطح مقطع A در حرکت است.

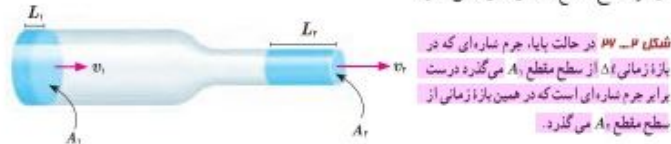


برای شاره تراکم‌ناپذیر، اگر در بازه زمانی Δt ، حجم معینی از شاره ($\Delta V = AL$) از مقطع A این لوله عبور کند، **آهنگ شارش حجمی شاره** از این مقطع فرضی، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$(۵-۲) \quad \text{آهنگ شارش حجمی شاره} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{AL}{\Delta t} = Av$$

- ۱- اگرچه در صفحه ۳۳ فشار برای شاره‌ای تعریف شده است، اما این تعریف برای شاره در حال حرکت نیز به کار می‌رود.
- ۲- معادله برنولی که برای بررسی حرکت لایه‌ای شاره‌آزمایی است، حرکت غیرافقی شاره را نیز شامل می‌شود و رابطه ریاضی بین فشار، جگالی، تندی و ارتفاع شاره در هر نقطه از مسیر حرکت شاره را نشان می‌دهد.

توجه کنید که نسبت مسافت به زمان ($L/\Delta t$) در حرکت یکنواخت شماره، برابر تندی شماره (v) است. **معادله پیوستگی:** شکل ۲-۶ شماره‌ای با جریان لایه‌ای را نشان می‌دهد که در لوله‌ای با دو سطح مقطع متفاوت، در حرکت است. در حالت پایا و در مدت زمان یکسان، جرم یکسانی از شماره، از هر سطح مقطع دلخواه لوله می‌گذرد.

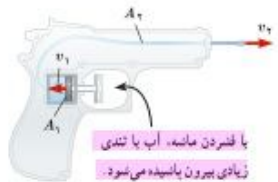


شکل ۲-۶ در حالت پایا، جرم شماره‌ای که در بازه زمانی Δt از سطح مقطع A_1 می‌گذرد درست برابر جرم شماره‌ای است که در همین بازه زمانی از سطح مقطع A_2 می‌گذرد.

از این موضوع، به سادگی می‌توان به معادله پیوستگی برای شماره تراکم‌ناپذیر دست یافت که به صورت زیر بیان می‌شود:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2-6)$$

مثال ۲-۷



شکل رویه‌رو یک تفنگ آب‌پاش را نشان می‌دهد که با فشردن ماشه آن، آب با تندی زیادی بیرون می‌آید. اگر $v_1 = 0.30 \text{ cm/s}$ و $A_1 = 2.0 \text{ cm}^2$ باشد تندی خروج آب را به دست آورید.

پاسخ: با توجه به فرض‌های مسئله، از معادله پیوستگی به سادگی می‌توان تندی خروج آب از تفنگ را به دست آورد. از معادله ۲-۶ داریم:

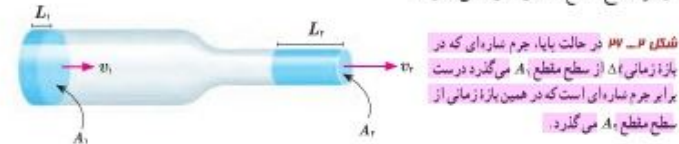
$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \\ (2.0 \text{ cm}^2)(0.30 \text{ cm/s}) = (0.10 \times 10^{-4} \text{ cm}^2) v_2 \\ \text{به این ترتیب تندی خروج آب برابر } v_2 = 6.0 \times 10^{-4} \text{ cm/s} = 6.0 \text{ m/s} \text{ است.}$$

پرسش ۲-۷



وقتی شیر آبی را کمی باز کنید و آب به آرامی جریان یابد، مشاهده می‌شود که باریکه آب با نزدیک‌تر شدن به زمین، باریک‌تر می‌شود (شکل رویه‌رو). دلیل این پدیده را با توجه به معادله پیوستگی توضیح دهید.

توجه کنید که نسبت مسافت به زمان ($L/\Delta t$) در حرکت یکنواخت شماره، برابر تندی شماره (v) است. **معادله پیوستگی:** شکل ۲-۶ شماره‌ای با جریان لایه‌ای را نشان می‌دهد که در لوله‌ای با دو سطح مقطع متفاوت، در حرکت است. در حالت پایا و در مدت زمان یکسان، جرم یکسانی از شماره، از هر سطح مقطع دلخواه لوله می‌گذرد.



شکل ۲-۶ در حالت پایا، جرم شماره‌ای که در بازه زمانی Δt از سطح مقطع A_1 می‌گذرد درست برابر جرم شماره‌ای است که در همین بازه زمانی از سطح مقطع A_2 می‌گذرد.

از این موضوع، به سادگی می‌توان به معادله پیوستگی برای شماره تراکم‌ناپذیر دست یافت که به صورت زیر بیان می‌شود:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2-6)$$

مثال ۲-۷



شکل رویه‌رو یک تفنگ آب‌پاش را نشان می‌دهد که با فشردن ماشه آن، آب با تندی زیادی بیرون می‌آید. اگر $v_1 = 0.30 \text{ cm/s}$ و $A_1 = 2.0 \text{ cm}^2$ باشد تندی خروج آب را به دست آورید.

پاسخ: با توجه به فرض‌های مسئله، از معادله پیوستگی به سادگی می‌توان تندی خروج آب از تفنگ را به دست آورد. از معادله ۲-۶ داریم:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \\ (2.0 \text{ cm}^2)(0.30 \text{ cm/s}) = (0.10 \times 10^{-4} \text{ cm}^2) v_2 \\ \text{به این ترتیب تندی خروج آب برابر } v_2 = 6.0 \times 10^{-4} \text{ cm/s} = 6.0 \text{ m/s} \text{ است.}$$

پرسش ۲-۷



وقتی شیر آبی را کمی باز کنید و آب به آرامی جریان یابد، مشاهده می‌شود که باریکه آب با نزدیک‌تر شدن به زمین، باریک‌تر می‌شود (شکل رویه‌رو). دلیل این پدیده را با توجه به معادله پیوستگی توضیح دهید.

فصل ۲

کاربردهایی از اصل برنولی: از بررسی نیروی بالا بر وارده به بال‌های هواپیما گرفته تا بررسی حرکت کات‌دار توپ فوتبال و افشانه عطر، از اصل برنولی استفاده می‌شود. شکل ۲-۲۷ آزمایش ساده‌ای را نشان می‌دهد که در علوم نشتم با آن آشنا شدید. وقتی یک ورق کاغذ را جلو دهانتان می‌گیرید و در سطح بالای آن می‌دمید، کاغذ به طرف بالا حرکت می‌کند. دلیل این پدیده را با توجه به اصل برنولی می‌توان به سادگی توضیح داد.



شکل ۲-۲۷: تندی جریان هوا در بالای کاغذ بیشتر از زیر آن است. یا توجه به اصل برنولی، فشار هوا در بالای کاغذ کمتر از زیر آن است.

شکل ۲-۲۸ قسمتی از بال یک هواپیما را نشان می‌دهد. بال‌های هواپیما طوری طراحی شده‌اند که تندی هوا در بالای بال بیشتر از زیر آن است. در نتیجه، فشار هوای بالای بال، کمتر از فشار هوای زیر آن است. به این ترتیب نیروی روبه بالا به بال هواپیما وارد می‌شود.



شکل ۲-۲۸: کاربرد اصل برنولی در بال هواپیما برای ایجاد نیروی رو به بالا.

پرسش ۲-۸

پوشش برزنتی صاف و تخت است.

کامیون در حال توقف



پوشش برزنتی پُف کرده است.

کامیون در حال حرکت



الف) روزهایی که باد می‌وزد، ارتفاع موج‌های دریا یا اقیانوس بالاتر از ارتفاع میانگین می‌شود. با اصل برنولی چگونه می‌توان افزایش ارتفاع موج را توضیح داد؟
ب) شکل روبه‌رو کامیونی را در دو وضعیت سکون و در حال حرکت نشان می‌دهد. با استفاده از اصل برنولی توضیح دهید چرا وقتی کامیون در حال حرکت است پوشش برزنتی آن پُف می‌کند.

۱- در واقع این نیروی روبه بالا که براساس اصل برنولی ایجاد می‌شود، بخش کوچکی از نیروی بالا بر هواپیما را تأمین می‌کند. بخش عمده نیروی بالا بر هواپیما، منشأ دیگری دارد که موضوع بحث این کتاب نیست.

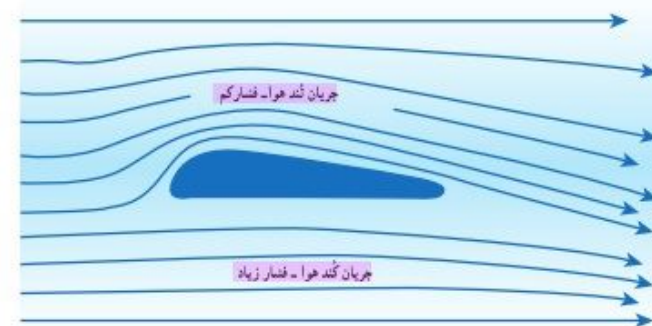
فصل ۲

کاربردهایی از اصل برنولی: از بررسی نیروی بالا بر وارده به بال‌های هواپیما گرفته تا بررسی حرکت کات‌دار توپ فوتبال و افشانه عطر، از اصل برنولی استفاده می‌شود. شکل ۲-۲۷ آزمایش ساده‌ای را نشان می‌دهد که در علوم نشتم با آن آشنا شدید. وقتی یک ورق کاغذ را جلو دهانتان می‌گیرید و در سطح بالای آن می‌دمید، کاغذ به طرف بالا حرکت می‌کند. دلیل این پدیده را با توجه به اصل برنولی می‌توان به سادگی توضیح داد.



شکل ۲-۲۷: تندی جریان هوا در بالای کاغذ بیشتر از زیر آن است. یا توجه به اصل برنولی، فشار هوا در بالای کاغذ کمتر از زیر آن است.

شکل ۲-۲۸ قسمتی از بال یک هواپیما را نشان می‌دهد. بال‌های هواپیما طوری طراحی شده‌اند که تندی هوا در بالای بال بیشتر از زیر آن است. در نتیجه، فشار هوای بالای بال، کمتر از فشار هوای زیر آن است. به این ترتیب نیروی روبه بالا به بال هواپیما وارد می‌شود.



شکل ۲-۲۸: کاربرد اصل برنولی در بال هواپیما برای ایجاد نیروی رو به بالا.

۱- در واقع این نیروی روبه بالا که براساس اصل برنولی ایجاد می‌شود، بخش کوچکی از نیروی بالا بر هواپیما را تأمین می‌کند. بخش عمده نیروی بالا بر هواپیما، منشأ دیگری دارد که موضوع بحث این کتاب نیست.

خوب است بدانید

یک مثال عملی از کاربرد اصل برنولی در لوله کشی ساختمان، در شکل زیر نشان داده شده است. ابتدا فرض کنید لوله هواکش در نظر گرفته نشده باشد (شکل الف). جمع شدن آب در زائویی زیر ظرف شویی، مشابه یک دریوش عمل می‌کند. این دریوش، مانع از آن می‌شود که گاز تولید شده در لوله فاضلاب، از خروجی چاهک ظرف شویی بالا آمده و وارد آشپزخانه شود. اما وقتی ماشین لباس شویی آب حاصل از سست و شو را به درون لوله فاضلاب تخلیه می‌کند، طبق اصل برنولی فشار در این لوله (نقطه A) به کمتر از فشار هوا کاهش می‌یابد. از آنجا که فشار در خروجی چاهک ظرف شویی (نقطه B) برابر فشار هواست، این اختلاف فشار، آب جمع شده در زائویی را که مشابه یک دریوش عمل می‌کند، خالی کرده و به درون لوله فاضلاب می‌ریزد. به این ترتیب، مانع ورود گاز فاضلاب به آشپزخانه برداشته شده و این گاز با بوی نامطبوع وارد فضای آشپزخانه می‌شود. با اضافه کردن لوله هواکش، که با هوای بیرون ساختمان مرتبط است، این مشکل رفع می‌شود (شکل ب). زیرا وقتی آب ماشین لباس شویی در لوله فاضلاب تخلیه می‌شود، کاهش فشار در لوله سبب می‌شود تا هوا از طریق هواکش وارد شود. این هوای ورودی، فشار در لوله هواکش و در طرف سمت راست لوله تخلیه ظرف شویی را نزدیک به فشار جو نگه می‌دارد، به طوری که آب جمع شده در زائویی، در جای خود می‌ماند.



برش ۲

الف) روزهایی که باد می‌وزد، ارتفاع موج‌های دریا با اقیانوس بالاتر از ارتفاع میانگین می‌شود. با اصل برنولی چگونه می‌توان افزایش ارتفاع موج را توضیح داد؟
ب) شکل روبه‌رو کامیونی را در دو وضعیت سکون و در حال حرکت نشان می‌دهد. با استفاده از اصل برنولی توضیح دهید چرا وقتی کامیون در حال حرکت است پوشش برزنی آن پف می‌کند.



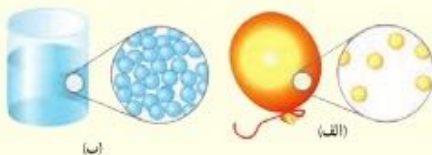
خوب است بدانید

یک مثال عملی از کاربرد اصل برنولی در لوله کشی ساختمان، در شکل زیر نشان داده شده است. ابتدا فرض کنید لوله هواکش در نظر گرفته نشده باشد (شکل الف). جمع شدن آب در زائویی زیر ظرف شویی، مشابه یک دریوش عمل می‌کند. این دریوش، مانع از آن می‌شود که گاز تولید شده در لوله فاضلاب، از خروجی چاهک ظرف شویی بالا آمده و وارد آشپزخانه شود. اما وقتی ماشین لباس شویی آب حاصل از سست و شو را به درون لوله فاضلاب تخلیه می‌کند، طبق اصل برنولی فشار در این لوله (نقطه A) به کمتر از فشار هوا کاهش می‌یابد. از آنجا که فشار در خروجی چاهک ظرف شویی (نقطه B) برابر فشار هواست، این اختلاف فشار، آب جمع شده در زائویی را که مشابه یک دریوش عمل می‌کند، خالی کرده و به درون لوله فاضلاب می‌ریزد. به این ترتیب، مانع ورود گاز فاضلاب به آشپزخانه برداشته شده و این گاز با بوی نامطبوع وارد فضای آشپزخانه می‌شود. با اضافه کردن لوله هواکش، که با هوای بیرون ساختمان مرتبط است، این مشکل رفع می‌شود (شکل ب). زیرا وقتی آب ماشین لباس شویی در لوله فاضلاب تخلیه می‌شود، کاهش فشار در لوله سبب می‌شود تا هوا از طریق هواکش وارد شود. این هوای ورودی، فشار در لوله هواکش و در طرف سمت راست لوله تخلیه ظرف شویی را نزدیک به فشار جو نگه می‌دارد، به طوری که آب جمع شده در زائویی، در جای خود می‌ماند.



۱-۲ حالت های ماده

۱ توضیح دهید چرا
(الف) پدیده پخش در گازها، سریع تر از مایع ها انجام می شود. در توضیح خود به چند مثال نیز اشاره کنید.
(ب) یک بادکنک بر از باد، حتی اگر دهانه آن نیز کاملاً بسته شده باشد، باز هم رفته رفته کم باد می شود.



۲-۲ نیروهای بین مولکولی

۵ شیشه گران برای چسباندن تکه های شیشه به یکدیگر، آنها را آن قدر گرم می کنند که نرم شوند. این کار را با توجه به کوتاه برد بودن نیروی جاذبه بین مولکولی توضیح دهید.

۶ (الف) توضیح دهید چرا وقتی قلم مویی را از آب بیرون می کشیم (شکل الف)، موهای آن به هم می چسبند. (اشاره: به پدیده کشش سطحی در مایع ها توجه کنید).

(ب) شکل (ب) دو لوله موین هم جنس را نشان می دهد که درون مایعی قرار دارند. چرا ارتفاع مایع درون لوله a از لوله دیگر کمتر است؟ با توجه به شکل، نیروی هم چسبی مایع را با نیروی دگر چسبی مایع و لوله های موین مقایسه کنید.



۱ توضیح دهید از سه حالت مختلف ماده در چه بخش هایی از یک دوچرخه و به چه دلیلی استفاده شده است.



۲ 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 زیر مدل سازی شده است.



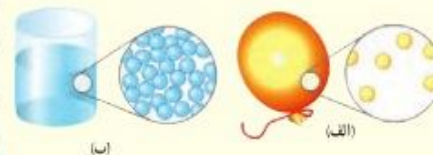
۷ تغییرات اقلیمی سال های اخیر در کشورهای غرب ایران، پدیده خطرناک ریزگردها را به مناطق وسیعی از کشورمان گسترش داده است. جگالی ریزگردها در حالتی که ته نشین شده باشد تقریباً دو برابر جگالی آب است.

(الف) 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 یابند؟

(الف) چه عاملی باعث حرکت نامنظم ذره های گچ می شود؟
(ب) مولکول های هوا بسیار کوچک تر و سبک تر از ذره های گچ هستند و توسط میکروسکوپ هم دیده نمی شوند. توضیح دهید چگونه این تجربه ساده، شاهدهی پر وجود مولکول های هواست.

۱-۲ حالت های ماده

۱ توضیح دهید چرا
(الف) پدیده پخش در گازها، سریع تر از مایع ها انجام می شود. در توضیح خود به چند مثال نیز اشاره کنید.
(ب) یک بادکنک بر از باد، حتی اگر دهانه آن نیز کاملاً بسته شده باشد، باز هم رفته رفته کم باد می شود.

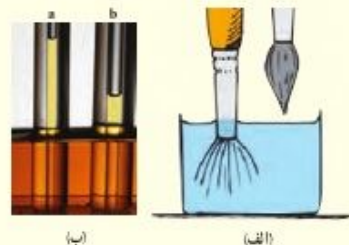


۲-۲ نیروهای بین مولکولی

۵ شیشه گران برای چسباندن تکه های شیشه به یکدیگر، آنها را آن قدر گرم می کنند که نرم شوند. این کار را با توجه به کوتاه برد بودن نیروی جاذبه بین مولکولی توضیح دهید.

۶ (الف) توضیح دهید چرا وقتی قلم مویی را از آب بیرون می کشیم (شکل الف)، موهای آن به هم می چسبند. (اشاره: به پدیده کشش سطحی در مایع ها توجه کنید).

(ب) شکل (ب) دو لوله موین هم جنس را نشان می دهد که درون مایعی قرار دارند. چرا ارتفاع مایع درون لوله a از لوله دیگر کمتر است؟ با توجه به شکل، نیروی هم چسبی مایع را با نیروی دگر چسبی مایع و لوله های موین مقایسه کنید.



۱ توضیح دهید از سه حالت مختلف ماده در چه بخش هایی از یک دوچرخه و به چه دلیلی استفاده شده است.



۲ 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 زیر مدل سازی شده است.



۷ تغییرات اقلیمی سال های اخیر در کشورهای غرب ایران، پدیده خطرناک ریزگردها را به مناطق وسیعی از کشورمان گسترش داده است. جگالی ریزگردها در حالتی که ته نشین شده باشد تقریباً دو برابر جگالی آب است.

(الف) 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 یابند؟

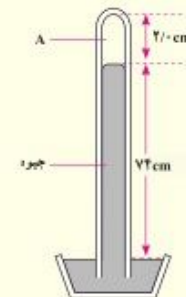
(الف) چه عاملی باعث حرکت نامنظم ذره های گچ می شود؟
(ب) مولکول های هوا بسیار کوچک تر و سبک تر از ذره های گچ هستند و توسط میکروسکوپ هم دیده نمی شوند. توضیح دهید چگونه این تجربه ساده، شاهدهی پر وجود مولکول های هواست.

ب) بررسی کنید برای مقابله با این پدیده و مهار آن، چه تدابیری را می‌توان اندیشید.

۱ مساحت روزنه خروج بخار آب، روی درب یک زودپز $4/0 \text{ mm}^2$ است (شکل زیر). جرم وزنه‌ای که روی این روزنه باید گذاشت چقدر باشد تا فشار داخل آن در $2/0 \text{ atm}$ نگه داشته شود؟ فشار بیرون دیگ زودپز را $1/0 \text{ atm}$ بگیرید.



۸ نوعی ماهی به نام ماهی کمان‌گیر^۱ با جمع کردن آب در دهان خود و پرتاب آن به سوی حشراتی که در بیرون از آب، روی گیاهان نشسته‌اند، آنها را شکار می‌کند و می‌خورد. هدف‌گیری آنها به اندازه‌ای دقیق است که معمولاً در این کار اشتباه نمی‌کنند. کدام ویژگی فیزیکی آب این امکان را به ماهی کمان‌گیر برای شکار می‌دهد؟



الف) در ناحیه A چه چیزی وجود دارد؟
ب) چه عاملی جیوه را درون لوله نگه می‌دارد؟
پ) فشار هوای محیطی که این جوسنج در آنجا قرار دارد چقدر است؟
ت) اگر این جوسنج را بالای کوهی ببریم چه تغییری در ارتفاع ستون جیوه درون لوله رخ می‌دهد؟ دلیل آن را توضیح دهید.



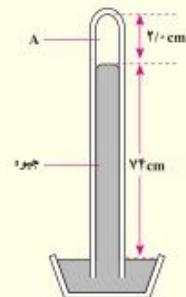
۱- Archerfish

ب) بررسی کنید برای مقابله با این پدیده و مهار آن، چه تدابیری را می‌توان اندیشید.

۱ مساحت روزنه خروج بخار آب، روی درب یک زودپز $4/0 \text{ mm}^2$ است (شکل زیر). جرم وزنه‌ای که روی این روزنه باید گذاشت چقدر باشد تا فشار داخل آن در $2/0 \text{ atm}$ نگه داشته شود؟ فشار بیرون دیگ زودپز را $1/0 \text{ atm}$ بگیرید.



۸ نوعی ماهی به نام ماهی کمان‌گیر^۱ با جمع کردن آب در دهان خود و پرتاب آن به سوی حشراتی که در بیرون از آب، روی گیاهان نشسته‌اند، آنها را شکار می‌کند و می‌خورد. هدف‌گیری آنها به اندازه‌ای دقیق است که معمولاً در این کار اشتباه نمی‌کنند. کدام ویژگی فیزیکی آب این امکان را به ماهی کمان‌گیر برای شکار می‌دهد؟



الف) در ناحیه A چه چیزی وجود دارد؟
ب) چه عاملی جیوه را درون لوله نگه می‌دارد؟
پ) فشار هوای محیطی که این جوسنج در آنجا قرار دارد چقدر است؟
ت) اگر این جوسنج را بالای کوهی ببریم چه تغییری در ارتفاع ستون جیوه درون لوله رخ می‌دهد؟ دلیل آن را توضیح دهید.



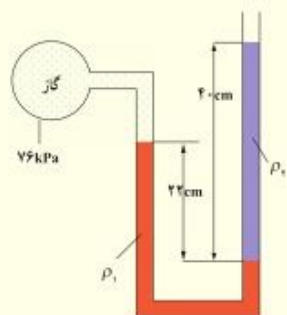
۱- Archerfish

الف) ارتفاع چهار شهر مرتفع ایران از سطح دریا، به شرح زیر است:

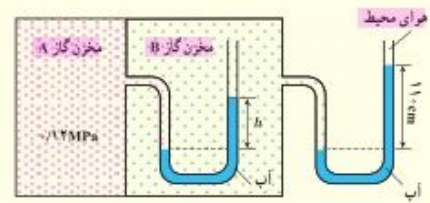
فریدن شهر: 2612m سمیرم: 2424m

بروجن: 2260m شهرکرد: 2072m

با توجه به نمودار شکل ۲-۱۶، فشار تقریبی هوا را در این چهار شهر بنویسید.



ب) جگالی متوسط هوا تا ارتفاع ۳ کیلومتری از سطح دریای آزاد حدود $1/0\text{kg/m}^3$ است. فشار هوا را در این شهرها حساب کنید و مقادیر به دست آمده را با نتیجه قسمت الف مقایسه کنید.



۱۲) درون لوله U شکلی که به یک مخزن محتوی گاز وصل شده است جیوه ($\rho_1 = 13600\text{kg/m}^3$) و مایعی با جگالی نامعلوم ρ_2 وجود دارد (شکل زیر).

اگر فشار هوای بیرون لوله U شکل 10kPa باشد، جگالی مایع را تعیین کنید.



۱۳) غواص‌ها می‌توانند با قرار دادن یک سر لوله‌ای در دهان خود، در حالی که سر دیگر آن از آب بیرون است، تا عمق بیشینه‌ای در آب فرو روند و نفس بکشند (شکل زیر). با گذشتن از این عمق، اختلاف فشار درون و بیرون ریه غواص افزایش می‌یابد و غواص را ناراحت می‌کند. چون هوای درون ریه از طریق لوله با هوای بیرون ارتباط دارد، فشار هوای درون ریه، همان فشار جو است در حالی که فشار وارد بر قفسه سینه او، همان فشار در عمق آب است. در عمق $6/15\text{m}$ از سطح آب، اختلاف فشار درون ریه غواص با فشار وارد بر قفسه سینه او چقدر است؟ (خوب است بدانید که غواص‌های مجهز به مخزن هوای فشرده می‌توانند تا عمق بیشتری در آب فرو روند، زیرا فشار هوای درون ریه آنها با افزایش عمق، همبای فشار آب بر سطح بیرونی بدن می‌شود.)

۱۴) در شکل زیر مقدار h چند سانتی‌متر است؟ فشار هوای محیط را 10kPa و جگالی آب را 1000kg/m^3 بگیرید.

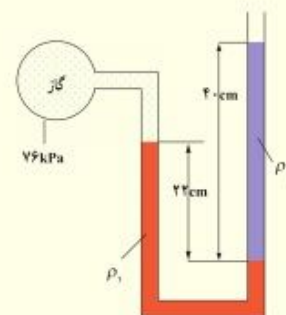


الف) ارتفاع چهار شهر مرتفع ایران از سطح دریا، به شرح زیر است:

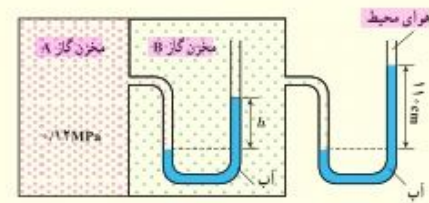
فریدن شهر: 2612m سمیرم: 2424m

بروجن: 2260m شهرکرد: 2072m

با توجه به نمودار شکل ۲-۱۶، فشار تقریبی هوا را در این چهار شهر بنویسید.



ب) جگالی متوسط هوا تا ارتفاع ۳ کیلومتری از سطح دریای آزاد حدود $1/0\text{kg/m}^3$ است. فشار هوا را در این شهرها حساب کنید و مقادیر به دست آمده را با نتیجه قسمت الف مقایسه کنید.



۱۲) درون لوله U شکلی که به یک مخزن محتوی گاز وصل شده است جیوه ($\rho_1 = 13600\text{kg/m}^3$) و مایعی با جگالی نامعلوم ρ_2 وجود دارد (شکل زیر).

اگر فشار هوای بیرون لوله U شکل 10kPa باشد، جگالی مایع را تعیین کنید.

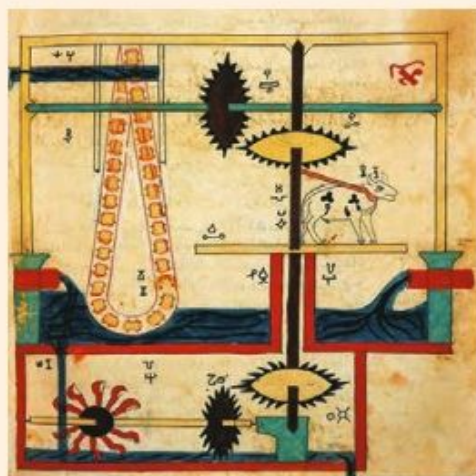




اسماعیل جزیری

بدیع الزمان ابوالعز اسماعیل بن رزّاز جزیری مشهور به اسماعیل جزیری، از مهندسان بنام اسلام در سده ششم هجری قمری است. تنها اثر به جا مانده از او کتابی به نام «الجامع بین العلم والعمل النافع فی صناعة الحیل» می باشد که به اختصار «الحیل» نامیده شده است. این کتاب به زبان عربی است و سندی مهم در تاریخ فناوری محسوب می شود. مختصر اطلاعاتی که از زندگانی جزیری در اختیار داریم مبتنی بر مطالب خود او در مقدمه کتابش است. تاریخ تولد او مشخص نیست، ولی از قرائن چنین برمی آید که او در سال ۶۰۲ هجری قمری در گذشته است.

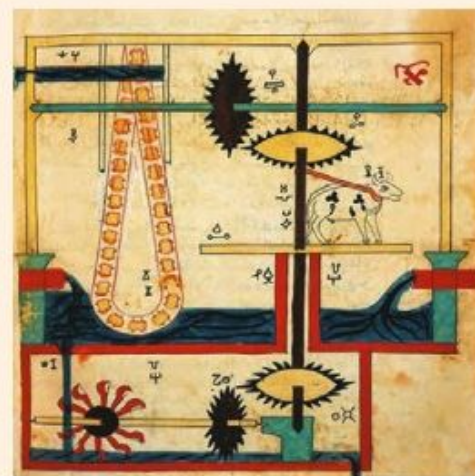
جزیری در شهر «آمد» می زیست که فرمانروایان آن در دیار بکر حکومت می کردند و همان طور که در مقدمه کتاب خود آورده است، کتاب «الحیل» را به دستور ناصرالدین محمود فرمانروای آن ملک، بین سال های ۵۹۷ تا ۶۰۲ هجری قمری نوشته است. کتاب «الحیل» یکی از مهم ترین و برجسته ترین کتاب های مهندسی مکانیک در تاریخ تمدن اسلامی محسوب می شود. کتاب شش بخش دارد. بخش اول شامل شرح شش نوع ساعت آفتابی و چهار ساعت شمعی؛ بخش دوم شرح ده دستگاه خودکار توزیع توشیذی؛ بخش سوم شرح چهار آفتابه و ظرف خودکار برای ریختن آب و نستشوی دست و شش نشت اندازه گیری خون هنگام رگ زنی؛ بخش چهارم شرح شش فواره است که در فاصله های زمانی مشخص به طور خودکار تغییر شکل می دهند؛ بخش پنجم شرح پنج دستگاه آب کشی از آبگیر و بخش ششم توصیفی از دری ریخته گری شده از جنس برنج و نیز شرح وسیله ای هندسی برای یافتن مرکز دایره گذرنده بر هر سه نقطه دلخواه واقع بر یک صفحه یا سطح یک کره است. جزیری برای هر دستگاه یک تصویر اصلی رسم کرده است که نشان دهنده شکل کلی دستگاه است، مثلاً شکل زیر تصویری از دستگاهی است که برای بالا آوردن آب آبگیر یک چاه به کمک یک چارپا رسم شده است. واضح است برای طراحی این دستگاه به محاسبات دقیقی نیاز است؛ از جمله قطر چرخ دنده ها، تعداد دنده ها، استحکام چرخ دنده ها و محورها و به ویژه بار ناشی از وزن آب درون ملاقه ها، که نخست به محور و از آنجا به چرخ دنده های آن و سپس به چرخ دنده های قطعی وارد می شود. البته مهندسان آن دوره روش ترسیم سه بعدی تصاویر را نمی دانستند و رسم فنی به شکل امروزی وجود نداشت، ولی این نقص مانع از درک عملکرد دستگاه ها نمی شد و دستگاه هایی که در این کتاب توضیح داده شده است همگی از نظر فنی درست و قابل ساخت هستند. سه نمونه از دستگاه ها در جشنواره جهانی اسلام در سال ۱۳۵۵ هجری شمسی به نمایش درآمده است. همچنین در کتاب جزیری واژه ها و اصطلاحات فنی بسیاری به زبان فارسی وجود دارد که نشان دهنده تأثیر عمیق ایرانیان بر فناوری جهان اسلام است.



اسماعیل جزیری

بدیع الزمان ابوالعز اسماعیل بن رزّاز جزیری مشهور به اسماعیل جزیری، از مهندسان بنام اسلام در سده ششم هجری قمری است. تنها اثر به جا مانده از او کتابی به نام «الجامع بین العلم والعمل النافع فی صناعة الحیل» می باشد که به اختصار «الحیل» نامیده شده است. این کتاب به زبان عربی است و سندی مهم در تاریخ فناوری محسوب می شود. مختصر اطلاعاتی که از زندگانی جزیری در اختیار داریم مبتنی بر مطالب خود او در مقدمه کتابش است. تاریخ تولد او مشخص نیست، ولی از قرائن چنین برمی آید که او در سال ۶۰۲ هجری قمری در گذشته است.

جزیری در شهر «آمد» می زیست که فرمانروایان آن در دیار بکر حکومت می کردند و همان طور که در مقدمه کتاب خود آورده است، کتاب «الحیل» را به دستور ناصرالدین محمود فرمانروای آن ملک، بین سال های ۵۹۷ تا ۶۰۲ هجری قمری نوشته است. کتاب «الحیل» یکی از مهم ترین و برجسته ترین کتاب های مهندسی مکانیک در تاریخ تمدن اسلامی محسوب می شود. کتاب شش بخش دارد. بخش اول شامل شرح شش نوع ساعت آفتابی و چهار ساعت شمعی؛ بخش دوم شرح ده دستگاه خودکار توزیع توشیذی؛ بخش سوم شرح چهار آفتابه و ظرف خودکار برای ریختن آب و نستشوی دست و شش نشت اندازه گیری خون هنگام رگ زنی؛ بخش چهارم شرح شش فواره است که در فاصله های زمانی مشخص به طور خودکار تغییر شکل می دهند؛ بخش پنجم شرح پنج دستگاه آب کشی از آبگیر و بخش ششم توصیفی از دری ریخته گری شده از جنس برنج و نیز شرح وسیله ای هندسی برای یافتن مرکز دایره گذرنده بر هر سه نقطه دلخواه واقع بر یک صفحه یا سطح یک کره است. جزیری برای هر دستگاه یک تصویر اصلی رسم کرده است که نشان دهنده شکل کلی دستگاه است، مثلاً شکل زیر تصویری از دستگاهی است که برای بالا آوردن آب آبگیر یک چاه به کمک یک چارپا رسم شده است. واضح است برای طراحی این دستگاه به محاسبات دقیقی نیاز است؛ از جمله قطر چرخ دنده ها، تعداد دنده ها، استحکام چرخ دنده ها و محورها و به ویژه بار ناشی از وزن آب درون ملاقه ها، که نخست به محور و از آنجا به چرخ دنده های آن و سپس به چرخ دنده های قطعی وارد می شود. البته مهندسان آن دوره روش ترسیم سه بعدی تصاویر را نمی دانستند و رسم فنی به شکل امروزی وجود نداشت، ولی این نقص مانع از درک عملکرد دستگاه ها نمی شد و دستگاه هایی که در این کتاب توضیح داده شده است همگی از نظر فنی درست و قابل ساخت هستند. سه نمونه از دستگاه ها در جشنواره جهانی اسلام در سال ۱۳۵۵ هجری شمسی به نمایش درآمده است. همچنین در کتاب جزیری واژه ها و اصطلاحات فنی بسیاری به زبان فارسی وجود دارد که نشان دهنده تأثیر عمیق ایرانیان بر فناوری جهان اسلام است.

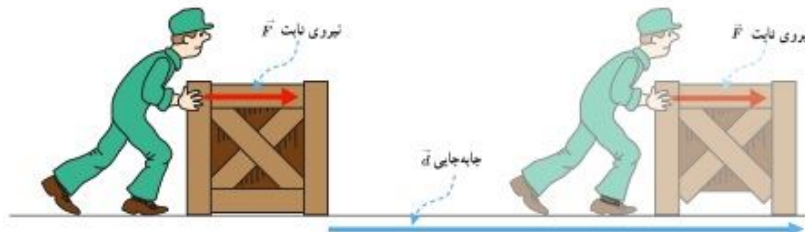


فصل ۱۱

در این رابطه F اندازه نیروی وارد بر جسم و d اندازه جابه جایی آن است. کار، همان یکای انرژی را دارد و کمیتی زده ای است. برای استفاده از این رابطه به منظور محاسبه کار باید به دو نکته توجه کرد. اول آنکه، نیروی ثابت وارد بر جسم، باید با جابه جایی آن هم جهت باشد و دوم آنکه، باید بتوان از هرگونه چرخش یا تغییر شکل جسم صرف نظر کرد.

مثال ۲-۳

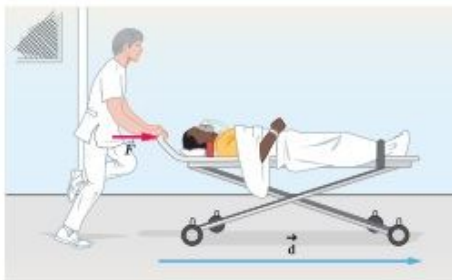
شکل زیر کارگری را در حال هل دادن جعبه ای با نیروی ثابت 250 N نشان می دهد. اگر جعبه 14 m در امتداد نیرو جابه جا شود، کار انجام شده توسط این نیرو چقدر است؟



پاسخ: اندازه نیروی وارد شده به جعبه، ثابت و با جابه جایی جعبه هم جهت است. بنابراین، از رابطه ۲-۳ داریم:

$$W = Fd = (250\text{ N})(14\text{ m}) = 3500\text{ J}$$

مثال ۲-۳



بیماری به جرم 72 kg روی تختی به جرم 15 kg دراز کشیده است. پرستاری این تخت را با نیروی ثابت و افقی $\vec{F}$ روی سطحی هموار و با اصطکاک ناچیز هل می دهد. مجموعه تخت و بیمار با شتاب 0.6 m/s^2 حرکت می کند.

الف) اندازه نیروی $\vec{F}$ چقدر است؟

ب) اگر تخت 10 m در جهت این نیرو جابه جا شود، کار انجام شده توسط نیروی $\vec{F}$ را حساب کنید.

پاسخ: الف) جرم کل بیمار و تخت برابر 87 kg است. با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:

$$F = ma = (87\text{ kg})(0.6\text{ m/s}^2) = 52\text{ N}$$

ب) چون نیرو و جابه جایی در یک جهت اند، با استفاده از رابطه (۲-۳) کار نیروی F برابر است با:

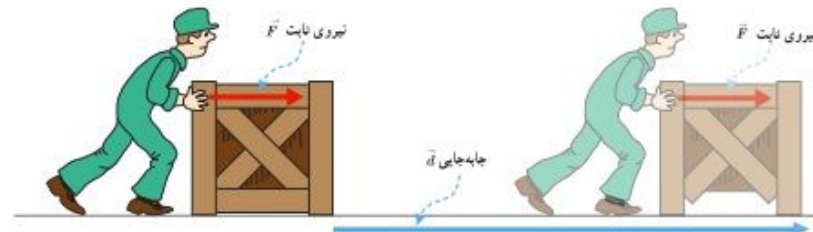
$$W = Fd = (52\text{ N})(10\text{ m}) = 520\text{ J}$$

فصل ۱۱

در این رابطه F اندازه نیروی وارد بر جسم (برحسب نیوتن) و d اندازه جابه جایی آن (برحسب متر) است. کار، همان یکای انرژی (ژول) را دارد و کمیتی زده ای است. برای استفاده از این رابطه به منظور محاسبه کار باید به دو نکته توجه کرد. اول آنکه، نیروی ثابت وارد بر جسم، باید با جابه جایی آن هم جهت باشد و دوم آنکه، باید بتوان از هرگونه چرخش یا تغییر شکل جسم صرف نظر کرد.

مثال ۲-۳

شکل زیر کارگری را در حال هل دادن جعبه ای با نیروی ثابت 250 N نشان می دهد. اگر جعبه 14 m در امتداد نیرو جابه جا شود، کار انجام شده توسط این نیرو چقدر است؟



پاسخ: اندازه نیروی وارد شده به جعبه، ثابت و با جابه جایی جعبه هم جهت است. بنابراین، از رابطه ۲-۳ داریم:

$$W = Fd = (250\text{ N})(14\text{ m}) = 3500\text{ J}$$

مثال ۲-۳



بیماری به جرم 72 kg روی تختی به جرم 15 kg دراز کشیده است. پرستاری این تخت را با نیروی ثابت و افقی $\vec{F}$ روی سطحی هموار و با اصطکاک ناچیز هل می دهد. مجموعه تخت و بیمار با شتاب 0.6 m/s^2 حرکت می کند.

الف) اندازه نیروی $\vec{F}$ چقدر است؟

ب) اگر تخت 10 m در جهت این نیرو جابه جا شود، کار انجام شده توسط نیروی $\vec{F}$ را حساب کنید.

پاسخ: الف) جرم کل بیمار و تخت برابر 87 kg است. با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:

$$F = ma = (87\text{ kg})(0.6\text{ m/s}^2) = 52\text{ N}$$

ب) چون نیرو و جابه جایی در یک جهت اند، با استفاده از رابطه (۲-۳) کار نیروی F برابر است با:

$$W = Fd = (52\text{ N})(10\text{ m}) = 520\text{ J}$$

فصل ۱۰

پاسخ:

کار انجام شده توسط هر نیرو را به طور جداگانه محاسبه می‌کنیم. برای محاسبه کار نیروی F_1 ، اطلاعات داده شده و $\cos \theta = \cos 30^\circ = \sqrt{3}/2$ را در رابطه ۳-۳ جایگذاری می‌کنیم. به این ترتیب داریم:

$$W_1 = (F_1 \cos \theta) d = (150 \text{ N} \times \sqrt{3}/2)(10 \text{ m}) = 1/30 \times 10^3 \text{ J}$$

چون پسر جعبه را در جهت جابه‌جایی هل می‌دهد، کار انجام شده توسط نیروی F_1 برابر است با:

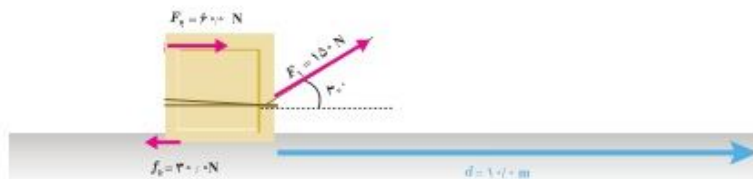
$$W_1 = F_1 d = (60 \text{ N})(10 \text{ m}) = 600 \text{ J}$$

برای محاسبه کار نیروی f_k ، اطلاعات داده شده و $\cos \theta = \cos 180^\circ = -1$ را در رابطه ۳-۳ جایگذاری می‌کنیم. پس:

$$W_f = (f_k \cos \theta) d = (30 \text{ N} \times (-1))(10 \text{ m}) = -300 \text{ J}$$

همان‌طور که گفتیم کار کل (W) انجام شده با جمع جبری مقدار کار انجام شده توسط تک تک نیروها برابر است. توجه کنید که کار نیروی وزن و نیروی عمودی نکیه‌گاه صفر است. به این ترتیب داریم:

$$W_t = W_1 + W_f + W_g = 1/30 \times 10^3 \text{ J} + 600 \text{ J} + (-300 \text{ J}) = 1/60 \times 10^3 \text{ J}$$



تمرین ۳-۵

کشاورزی توسط تراکتور، سورت‌های پراز قطعه‌های چوبی برش داده شده برای کارخانه را روی سطح افقی و در مسیر مستقیم به اندازه 200 m جابه‌جا می‌کند (شکل زیر). وزن کل سورت‌ها و بار آن 15000 N است. تراکتور نیروی ثابت $F = 5500 \text{ N}$ را در زاویه $\theta = 45^\circ$ بالای افق به سورت‌ها وارد می‌کند. نیروی اصطکاک جنبشی $f_k = 3500 \text{ N}$ است که برخلاف جهت حرکت به سورت‌ها وارد می‌شود. کار کل انجام شده روی سورت‌ها را محاسبه کنید.



فصل ۱۰

پاسخ:

کار انجام شده توسط هر نیرو را به طور جداگانه محاسبه می‌کنیم. برای محاسبه کار نیروی F_1 ، اطلاعات داده شده و $\cos \theta = \cos 30^\circ = \sqrt{3}/2$ را در رابطه ۳-۳ جایگذاری می‌کنیم. به این ترتیب داریم:

$$W_1 = (F_1 \cos \theta) d = (150 \text{ N} \times \sqrt{3}/2)(10 \text{ m}) = 1/30 \times 10^3 \text{ J}$$

چون پسر جعبه را در جهت جابه‌جایی هل می‌دهد، کار انجام شده توسط نیروی F_1 برابر است با:

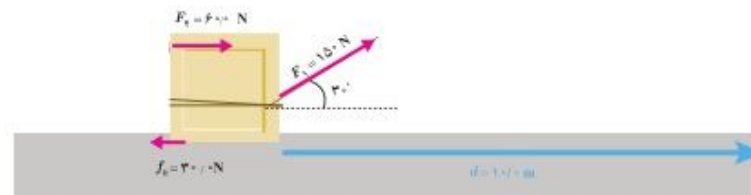
$$W_1 = F_1 d = (60 \text{ N})(10 \text{ m}) = 600 \text{ J}$$

برای محاسبه کار نیروی f_k ، اطلاعات داده شده و $\cos \theta = \cos 180^\circ = -1$ را در رابطه ۳-۳ جایگذاری می‌کنیم. پس:

$$W_f = (f_k \cos \theta) d = (30 \text{ N} \times (-1))(10 \text{ m}) = -300 \text{ J}$$

همان‌طور که گفتیم کار کل (W) انجام شده با جمع جبری مقدار کار انجام شده توسط تک تک نیروها برابر است. توجه کنید که کار نیروی وزن و نیروی عمودی نکیه‌گاه صفر است. به این ترتیب داریم:

$$W_t = W_1 + W_f + W_g = 1/30 \times 10^3 \text{ J} + 600 \text{ J} + (-300 \text{ J}) = 1/60 \times 10^3 \text{ J}$$



تمرین ۳-۵

کشاورزی توسط تراکتور، سورت‌های پراز قطعه‌های چوبی برش داده شده برای کارخانه را روی سطح افقی و در مسیر مستقیم به اندازه 200 m جابه‌جا می‌کند (شکل زیر). وزن کل سورت‌ها و بار آن 15000 N است. تراکتور نیروی ثابت $F = 5500 \text{ N}$ را در زاویه $\theta = 45^\circ$ بالای افق به سورت‌ها وارد می‌کند. نیروی اصطکاک جنبشی $f_k = 3500 \text{ N}$ است که برخلاف جهت حرکت به سورت‌ها وارد می‌شود. کار کل انجام شده روی سورت‌ها را محاسبه کنید.



کار، انرژی و توان

به این ترتیب، کار نیروی مقاومت هوا برابر است با:

$$W_{\text{مقاومت هوا}} = -5/87 \times 10^5 \text{ J} \Rightarrow W_{\text{مقاومت هوا}} = 810 \text{ J} + 5/88 \times 10^5 \text{ J}$$

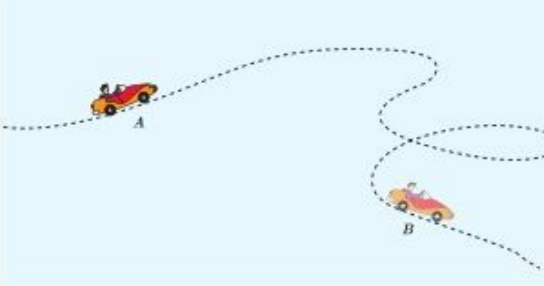
توجه کنید برای اینکه چترپاز به طور ایمن و با تندی نسبتاً کمی به زمین برسد، کار نیروی مقاومت هوا اثر کار نیروی وزن را تقریباً خنثی کرده است.

تمرین ۳-۶



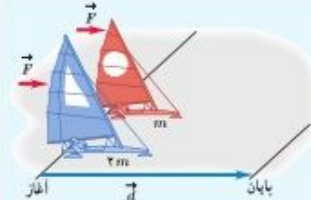
شکل رویه‌رو شخصی را نشان می‌دهد که با وارد کردن نیروی ثابت 150 N ، جعبه‌ای به جرم 10 kg را از حال سکون در امتداد قائم جابه‌جا می‌کند.
الف) کار انجام شده توسط شخص و کار انجام شده توسط نیروی وزن را روی جعبه تا ارتفاع $1/5 \text{ m}$ به طور جداگانه حساب کنید.
ب) کار کل انجام شده روی جعبه تا ارتفاع $1/5 \text{ m}$ چقدر است؟
پ) با استفاده از قضیه کار-انرژی جنبشی، تندی نهایی جعبه را در ارتفاع $1/5 \text{ m}$ حساب کنید.

تمرین ۳-۷



جرم یک خودروی الکتریکی به همراه راننده 840 kg است. وقتی این خودرو از موقعیت A به موقعیت B می‌رود، کار کل انجام شده روی خودرو 73500 J است. اگر تندی خودرو در موقعیت A برابر 54 km/h باشد، تندی آن در موقعیت B چند متر بر ثانیه است؟

تمرین ۳-۸



دو قایق بادبانی مخصوص حرکت روی سطوح یخ‌زده، دارای جرم‌های m و $2m$ ، روی دریاچه‌ای افقی و بدون اصطکاک قرار دارند و نیروی ثابت و یکسان $\vec{F}$ با وزیدن باد به هر دو وارد می‌شود (شکل رویه‌رو). هر دو قایق از حال سکون شروع به حرکت می‌کنند و پس از جابه‌جایی $\vec{d}$ ، از خط پایان می‌گذرند. انرژی جنبشی و تندی قایق‌ها را درست پس از عبور از خط پایان، با هم مقایسه کنید.

۱- iceboat

کار، انرژی و توان

به این ترتیب، کار نیروی مقاومت هوا برابر است با:

$$W_{\text{مقاومت هوا}} = -5/87 \times 10^5 \text{ J} \Rightarrow W_{\text{مقاومت هوا}} = 810 \text{ J} + 5/88 \times 10^5 \text{ J}$$

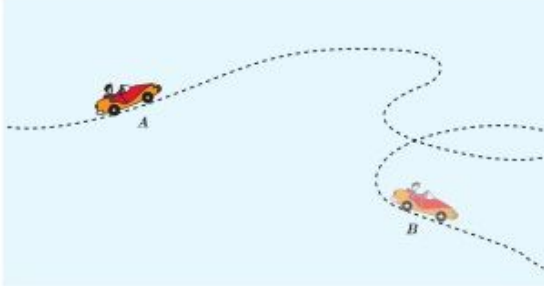
توجه کنید برای اینکه چترپاز به طور ایمن و با تندی نسبتاً کمی به زمین برسد، کار نیروی مقاومت هوا اثر کار نیروی وزن را تقریباً خنثی کرده است.

تمرین ۳-۶



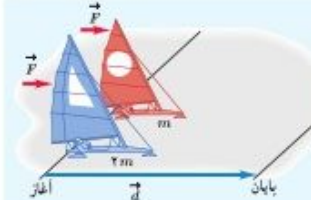
شکل رویه‌رو شخصی را نشان می‌دهد که با وارد کردن نیروی ثابت 150 N ، جعبه‌ای به جرم 10 kg را از حال سکون در امتداد قائم جابه‌جا می‌کند.
الف) کار انجام شده توسط شخص و کار انجام شده توسط نیروی وزن را روی جعبه تا ارتفاع $1/5 \text{ m}$ به طور جداگانه حساب کنید.
ب) کار کل انجام شده روی جعبه تا ارتفاع $1/5 \text{ m}$ چقدر است؟
پ) با استفاده از قضیه کار-انرژی جنبشی، تندی نهایی جعبه را در ارتفاع $1/5 \text{ m}$ حساب کنید.

تمرین ۳-۷



جرم یک خودروی الکتریکی (جرم خودرو و راننده اش) 840 kg است. وقتی این خودرو از موقعیت A به موقعیت B می‌رود، کار کل انجام شده روی خودرو 73500 J است. اگر تندی خودرو در موقعیت A برابر 54 km/h باشد، تندی آن در موقعیت B چند متر بر ثانیه است؟

تمرین ۳-۸



دو قایق بادبانی مخصوص حرکت روی سطوح یخ‌زده، دارای جرم‌های m و $2m$ ، روی دریاچه‌ای افقی و بدون اصطکاک قرار دارند و نیروی ثابت و یکسان $\vec{F}$ با وزیدن باد به هر دو وارد می‌شود (شکل رویه‌رو). هر دو قایق از حال سکون شروع به حرکت می‌کنند و پس از جابه‌جایی $\vec{d}$ ، از خط پایان می‌گذرند. انرژی جنبشی و تندی قایق‌ها را درست پس از عبور از خط پایان، با هم مقایسه کنید.

۱- iceboat

فصل ۳

تمرین ۳-۱۱



انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) یک هواپیمای مسافربری به جرم 10^4 kg که با تندی 864 km/h در ارتفاع 10^3 m حرکت می‌کند چقدر است؟ مقدار این انرژی‌ها را با هم مقایسه کنید.

تمرین ۳-۱۲



جرم موتورسواری با موتور 150 kg است. این موتورسوار، پرشی مطابق شکل روبه‌رو انجام می‌دهد. الف) انرژی پتانسیل گرانشی موتورسوار به همراه موتور را روی هر یک از تپه‌ها حساب کنید ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$). ب) کار نیروی وزن موتورسوار به همراه موتور را در این جابه‌جایی به دست آورید.

فصل ۳

تمرین ۳-۱۱



انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) یک هواپیمای مسافربری به جرم 10^4 kg که با تندی 864 km/h در ارتفاع 10^3 m حرکت می‌کند چقدر است؟ مقدار این انرژی‌ها را با هم مقایسه کنید.

تمرین ۳-۱۲



جرم موتورسواری با موتور 150 kg است. این موتورسوار، پرشی مطابق شکل روبه‌رو انجام می‌دهد. الف) انرژی پتانسیل گرانشی موتورسوار را روی هر یک از تپه‌ها حساب کنید ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$). ب) کار نیروی وزن موتورسوار به همراه موتور را در این جابه‌جایی به دست آورید.

۵-۳ پایستگی انرژی مکانیکی

شکل ۷-۳ جسمی را در حال سقوط به طرف زمین نشان می‌دهد. فرض کنید مقاومت هوا در برابر حرکت جسم ناچیز است و تنها نیروی وزن به آن وارد می‌شود. در قسمتی از مسیر انرژی جنبشی جسم از K_1 به K_2 و انرژی پتانسیل آن از U_1 به U_2 تغییر کرده است. همان‌طور که دیدیم مطابق رابطه ۶-۳، کار نیروی وزن هنگام جابه‌جایی از موقعیت ۱ به موقعیت ۲ برابر است با:

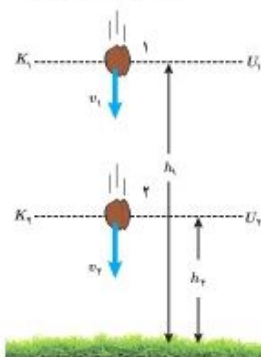
$$W_{\text{وزن}} = -(U_2 - U_1)$$

از آنجا که در طول مسیر تنها نیروی وزن به جسم وارد می‌شود کار کل انجام شده روی جسم برابر کار نیروی وزن است. به این ترتیب، بنا به قضیه کار-انرژی جنبشی (رابطه ۴-۳) داریم:

$$W_f = W_{\text{وزن}} = K_2 - K_1$$

از مقایسه دو رابطه اخیر می‌توان نوشت:

$$K_2 - K_1 = -(U_2 - U_1)$$



شکل ۷-۳: با نزدیک‌تر شدن جسم به زمین، انرژی پتانسیل گرانشی کاهش و انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد.



گالیلئو گالیلئو (۱۵۶۴-۱۶۴۲)، فیزیکدان، اخترشناس و ریاضیدان ایتالیایی. نخستین دانشمندی بود که در قرن هفدهم، پایستگی انرژی مکانیکی را برای حرکت یک جسم بر اثر گرانش زمین بیان کرد. گالیلئو ادامه فعالیت‌های گالیله در خصوص قوانین آونگ ساده را ارائه داد و ساعت‌های آونگی را اختراع کرد. وی همچنین ساخت عدسی‌های تلسکوپ را بهبود بخشید و برای نخستین بار حلقه‌های سیاره زحل را مشاهده و گزارش کرد.

فصل ۳



گالیلئو گالیلئو (۱۵۶۴-۱۶۴۲)، فیزیکدان، اخترشناس و ریاضیدان ایتالیایی. نخستین دانشمندی بود که در قرن هفدهم، پایستگی انرژی مکانیکی را برای حرکت یک جسم بر اثر گرانش زمین بیان کرد. گالیلئو ادامه فعالیت‌های گالیله در خصوص قوانین آونگ ساده را ارائه داد و ساعت‌های آونگی را اختراع کرد. وی همچنین ساخت عدسی‌های تلسکوپ را بهبود بخشید و برای نخستین بار حلقه‌های سیاره زحل را مشاهده و گزارش کرد.

۵-۳ پایستگی انرژی مکانیکی

شکل ۷-۳ جسمی را در حال سقوط به طرف زمین نشان می‌دهد. فرض کنید مقاومت هوا در برابر حرکت جسم ناچیز است و تنها نیروی وزن به آن وارد می‌شود. در قسمتی از مسیر انرژی جنبشی جسم از K_1 به K_2 و انرژی پتانسیل آن از U_1 به U_2 تغییر کرده است. همان‌طور که دیدیم مطابق رابطه ۶-۳، کار نیروی وزن هنگام جابه‌جایی از موقعیت ۱ به موقعیت ۲ برابر است با:

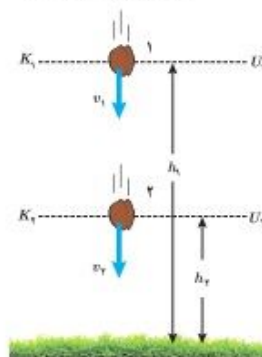
$$W_{\text{وزن}} = -(U_2 - U_1)$$

از آنجا که در طول مسیر تنها نیروی وزن به جسم وارد می‌شود کار کل انجام شده روی جسم برابر کار نیروی وزن است. به این ترتیب، بنا به قضیه کار-انرژی جنبشی (رابطه ۴-۳) داریم:

$$W_f = W_{\text{وزن}} = K_2 - K_1$$

از مقایسه دو رابطه اخیر می‌توان نوشت:

$$K_2 - K_1 = -(U_2 - U_1)$$



شکل ۷-۳: با نزدیک‌تر شدن جسم به زمین، انرژی پتانسیل گرانشی کاهش و انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد.



شکلی ۳-۸ وقتی خودرویی ترمز می‌گیرد د کار نیروهایی که بر خلاف جهت جابه‌جایی خودرو به آن وارد می‌شوند، انرژی جنبشی خودرو را کاهش می‌دهند.

خودروی را در نظر بگیرید که با تندی « روی سطح جاده‌ای افقی در حرکت است. ناگهان راننده مانعی را می‌بیند و ترمز می‌کند طوری که جرخ‌های خودرو قفل می‌شوند و روی آسفالت جاده کشیده و ساییده می‌شوند و خط ترمز به وجود می‌آید (شکل ۸-۳). در این فرایند نیروی اصطکاک که برخلاف جهت جابه‌جایی خودرو به آن وارد می‌شود، روی خودرو کار منفی انجام می‌دهد. حال این برشش مطرح می‌شود که پس از توقف خودرو، انرژی جنبشی آن کجا رفته است؟ برای پاسخ به این برشش، نوع دیگری انرژی را معرفی می‌کنیم که انرژی درونی نامیده می‌شود. انرژی درونی یک جسم، مجموع انرژی‌های ذره‌های تشکیل دهنده آن جسم است. در اینجا می‌توانیم بگوییم که انرژی جنبشی خودرو به انرژی درونی آن تبدیل شده است. در ادامه خواهیم دید که این تبدیل انرژی درونی به صورت گرما و صدا انجام می‌گیرد.

معمولاً با گرم‌تر شدن یک جسم، انرژی درونی آن بالا می‌رود. انرژی درونی یک جسم، هم به تعداد ذرات جسم و هم به انرژی هر ذره بستگی دارد. به‌طوری‌که هرچه تعداد ذرات سازنده یک جسم و انرژی هر ذره آن بیشتر باشد، انرژی درونی آن نیز بیشتر است. چون در حین ترمز گرفتن خودرو، لاستیک‌های آن و سطح جاده گرم‌تر شده‌اند، می‌توان نتیجه گرفت که انرژی درونی هر دو افزایش یافته است. در نتیجه می‌توان گفت که در اثر کار نیروی اصطکاک، انرژی جنبشی خودرو به انرژی درونی، لاستیک‌های آن و سطح جاده تبدیل شده است.

در این گونه موارد، اصطلاحاً می‌گویم انرژی تلف شده است. در واقع، همان‌طور که اشاره شد، در این حالت انرژی از بین رفته است بلکه به انرژی درونی لاستیک‌ها و سطح جاده تبدیل شده است. چون این انرژی را در اغلب موارد و در عمل نمی‌توان دوباره مورد استفاده قرار داد، معمولاً از اصطلاح انرژی تلف شده استفاده می‌شود.

پوسٹ ۴-۴



شخصی توپ در حال حرکتی را با دست خود می‌گیرد (شکل روبه‌رو). پس از توقف توپ، انرژی جنبشی آن کجا رفته است؟

شکل ۳-۱ جسمی را نشان می‌دهد که پس از طی مسیری انرژی مکانیکی آن از E_1 به E_2 تغییر کرده است. اگر در طول مسیر نیروهای اصطکاک و مقاومت هوا، به جسم وارد شوند و روی جسم کار منفی انجام دهند، بخشی از انرژی مکانیکی جسم را به انرژی درونی جسم، سطح مسیر و هوا تبدیل می‌کنند. اگر کار انجام شده توسط این نیروها که معمولاً به نیروهای اتلافی نیز شناخته می‌شوند را با W_f نمایش دهیم در این صورت $W_f = E_1 - E_2$ است.^۱

۱- در حالت کلی، به جز نیروهای مانند نیروی گرانشی که برای آنها انرژی پتانسیل تعریف می‌شود و نیروهای الافی نظیر اصطکاک و مقاومت هوا ممکن است نیروهای دیگری نیز روی جسم کار انجام دهد. کار این نیروها به جمله دیگری در این رابطه می‌تواند که همواره در آن خارج از دامنه درس این کتاب است. معمولاً از حرف کار جک برای نشان دادن نیروهای الافی مانند اصطکاک و مقاومت هوا استفاده می‌شود.



شکل ۳-۸ وقتی خودرویی ترمز می‌گیرد کار نیروهای که بر خلاف جهت جابه‌جایی خودرو به آن وارد می‌شوند، انرژی جنبشی خودرو را کاهش می‌دهند.

خودروی را در نظر بگیرید که با تندی « v » روی سطح جاده‌ای افقی در حرکت است. ناگهان راننده مانعی را می‌بیند و ترمز می‌کند طوری که جرخ‌های خودرو قفل می‌شوند و روی آسفالت جاده کشیده و ساییده می‌شوند و خط ترمز به وجود می‌آید (شکل ۳-۸). در این فرایند نیروی اصطکاک که برخلاف جهت جابه‌جایی خودرو به آن وارد می‌شود، روی خودرو کار منفی انجام می‌دهد. حال این برش مطروح می‌شود که پس از توقف خودرو، انرژی جنبشی آن کجا رفته است؟ برای پاسخ به این پرسش، نوع دیگری انرژی را معرفی می‌کنیم که انرژی درونی نامیده می‌شود. انرژی درونی یک جسم، مجموعه انرژی‌های ذره‌های تشکیل‌دهنده

معمولاً با گرم‌تر شدن یک جسم، انرژی درونی آن بالا می‌رود. انرژی درونی یک جسم، هم به تعداد ذرات جسم و هم به انرژی هر ذره بستگی دارد. به‌طوری که هرچه تعداد ذرات سازنده یک جسم و انرژی هر ذره آن بیشتر باشد، انرژی درونی آن نیز بیشتر است. چون در حین ترمز گرفتن خودرو، لاستیک‌های آن و سطح جاده گرم‌تر شده‌اند، می‌توان نتیجه گرفت که انرژی درونی هر دو افزایش یافته است. در نتیجه می‌توان گفت که در اثر کار نیروی اصطکاک، انرژی جنبشی خودرو به انرژی درونی لاستیک‌های آن و سطح جاده تبدیل شده است.

در این گونه موارد، اصطلاحاً می‌گوییم انرژی تلف شده است. در واقع، همان‌طور که اشاره شد، در این حالت انرژی از بین رفته است بلکه به انرژی درونی لاستیک‌ها و سطح جاده تبدیل شده است. چون این انرژی را در اغلب موارد و در عمل نمی‌توان دوباره مورد استفاده قرار داد، معمولاً از اصطلاح انرژی تلف شده استفاده می‌شود.

سبب ۴-۳



شخصی توپ در حال حرکتی را با دست خود می‌گیرد (اشکل رویه‌رو). پس از توقف توپ، انرژی جنبشی، آن کجا رفته است؟

شکل ۹-۳ جسمى را نشان مى‌دهد که پس از طى مسيرى انرژى مکانیکی آن از E_1 به E_2 تغيير کرده است. اگر در طول مسير نیروهاى اصطکاک و مقاومت هوا، به جسم وارد شوند و روى جسم کار منفى انجام دهند، بخشى از انرژى مکانیکی جسم را به انرژى دروتى جسم، سطح مسير و هوا تبديل مى‌کنند. اگر کار انجام شده توسط اين نیروها که معمولاً به نیروهاى اتلافى نیز شناخته مى‌شوند را با W_f نمايش دهيم در اين صورت $W_f = E_1 - E_2$ است.^۱

۱- در حالت کلی، به جز نیروهای مانند نیروی گرانش که برای آنها انرژی تبانیس تعریف می‌شود، و نیروهای الای نظیر اصطکاک و مغناطیس که ممکن است نیروهای دیگری نیز روی جسم کار انجام دهند. این نیروها به جمله دیگری در این رابطه می‌انجامد. معمولاً از حرف کوچک *f* برای نشان دادن نیروهای الای مانند اصطکاک و مغناطیس استفاده می‌شود.

فصل ۱۵

پاسخ : با توجه به رابطه ۳-۴، کار کل انجام شده توسط موتور خودرو، برابر تغییر انرژی جنبشی آن است. به این ترتیب، با آوردن انرژی جنبشی خودرو در دو وضعیت داده شده و محاسبه کار کل موتور خودرو داریم:

$$W_f = K_f - K_i = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

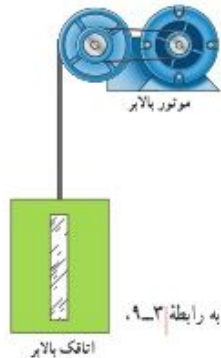
$$= \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) = \frac{1}{2}(1300 \text{ kg})[(18 \text{ m/s})^2 - (13 \text{ m/s})^2] = 100750 \approx 1/0 \times 10^5 \text{ J}$$

با جایگذاری مقدار به دست آمده در رابطه ۳-۹، کمترین توان متوسط موتور خودرو برای انجام این کار برابر است با:

$$P_{av} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{100750 \text{ J}}{3 \text{ s}} \approx 3/4 \times 10^4 \text{ W} = 45 \text{ hp}$$

در واقع با وجود نیروهای اتلافی (مانند مقاومت هوا) در حین حرکت خودرو، توان مورد نیاز از این مقدار بیشتر است.

مثال ۳-۱۵



جرم اتاقک بالابری به همراه بار آن 500 kg است (شکل روبه‌رو). اگر این بالابر در مدت 10 s از طبقه همکف به طبقه دوم در ارتفاع $6/0 \text{ m}$ برود، توان متوسط موتور این بالابر چند اسب بخار است؟ نیروهای اتلافی را نادیده بگیرید.

پاسخ : با توجه به رابطه ۳-۴، کار کل انجام شده روی اتاقک بالابر (شامل کار نیروی وزن و کار نیروی موتور بالابر) برابر تغییر انرژی جنبشی آن است. به این ترتیب داریم:

$$W_{وزن} + W_{موتور} = K_f - K_i$$

$$-mg(h_f - h_i) + W_{موتور} = 0 - 0$$

$$W_{موتور} = mg(h_f - h_i) = (500 \text{ kg})(9/8 \text{ m/s}^2)(6/0 \text{ m} - 0) = 29400 \text{ J} \approx 2/9 \times 10^4 \text{ J}$$

در محاسبه بالا، مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را سطح زمین (طبقه همکف) گرفته‌ایم. با توجه به رابطه ۳-۹، توان متوسط موتور بالابر برابر است با:

$$P_{av} = \frac{W_{موتور}}{\Delta t} = \frac{29400 \text{ J}}{10 \text{ s}} \approx 2/9 \times 10^3 \text{ W} = 3/9 \text{ hp}$$

تمرین ۳-۱۶



هر یک از دو موتور جت یک هواپیمای مسافربری، پشیرانه‌ای (نیروی جلوبر هواپیمای) برابر $2/0 \times 10^5 \text{ N}$ ایجاد می‌کند. اگر هواپیمای در هر دقیقه 15 km در امتداد این نیرو حرکت کند، توان متوسط هر یک از موتورهای هواپیمای چند اسب بخار است؟

فصل ۱۵

پاسخ : با توجه به رابطه ۳-۴، کار کل انجام شده توسط موتور خودرو، برابر تغییر انرژی جنبشی آن است. به این ترتیب، با به دست آوردن انرژی جنبشی خودرو در دو وضعیت داده شده و محاسبه کار کل موتور خودرو داریم:

$$W_f = K_f - K_i = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

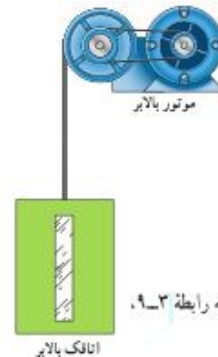
$$= \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) = \frac{1}{2}(1300 \text{ kg})[(18 \text{ m/s})^2 - (13 \text{ m/s})^2] = 100750 \approx 1/0 \times 10^5 \text{ J}$$

با جایگذاری مقدار به دست آمده در رابطه ۳-۹، کمترین توان متوسط موتور خودرو برای انجام این کار برابر است با:

$$P_{av} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{100750 \text{ J}}{3 \text{ s}} \approx 3/4 \times 10^4 \text{ W} = 45 \text{ hp}$$

در واقع با وجود نیروهای اتلافی (مانند مقاومت هوا) در حین حرکت خودرو، توان مورد نیاز از این مقدار بیشتر است.

مثال ۳-۱۵



جرم اتاقک بالابری به همراه بار آن 500 kg است (شکل روبه‌رو). اگر این بالابر در مدت 10 s از طبقه همکف به طبقه دوم در ارتفاع $6/0 \text{ m}$ برود، توان متوسط موتور این بالابر چند اسب بخار است؟ نیروهای اتلافی را نادیده بگیرید.

پاسخ : با توجه به رابطه ۳-۴، کار کل انجام شده روی اتاقک بالابر (شامل کار نیروی وزن و کار نیروی موتور بالابر) برابر تغییر انرژی جنبشی آن است. به این ترتیب داریم:

$$W_{وزن} + W_{موتور} = K_f - K_i$$

$$-mg(h_f - h_i) + W_{موتور} = 0 - 0$$

$$W_{موتور} = mg(h_f - h_i) = (500 \text{ kg})(9/8 \text{ m/s}^2)(6/0 \text{ m} - 0) = 29400 \text{ J} \approx 2/9 \times 10^4 \text{ J}$$

در محاسبه بالا، مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را سطح زمین (طبقه همکف) گرفته‌ایم. با توجه به رابطه ۳-۹، توان متوسط موتور بالابر برابر است با:

$$P_{av} = \frac{W_{موتور}}{\Delta t} = \frac{29400 \text{ J}}{10 \text{ s}} \approx 2/9 \times 10^3 \text{ W} = 3/9 \text{ hp}$$

تمرین ۳-۱۶



هر یک از دو موتور جت یک هواپیمای مسافربری، پشیرانه‌ای (نیروی جلوبر هواپیمای) برابر $2/0 \times 10^5 \text{ N}$ ایجاد می‌کند. اگر هواپیمای در هر دقیقه 15 km در امتداد این نیرو حرکت کند، توان متوسط هر یک از موتورهای هواپیمای چند اسب بخار است؟

۳-۴ کار و انرژی پتانسیل

۷ اگر مطابق شکل زیر سطحی را در دست نگه دارید، آیا نیروی دست شما هنگامی که با تندی ثابت در مسیر افقی قدم می‌زنید روی سطح کاری انجام می‌دهد؟ اگر تندی حرکت شما در طول مسیر کم و زیاد شود چطور؟ پاسخ خود را در هر مورد توضیح دهید. از مقاومت هوا در مقابل حرکت سطح، چشم‌پوشی کنید.

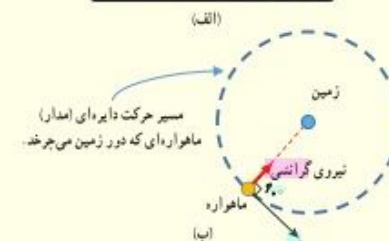
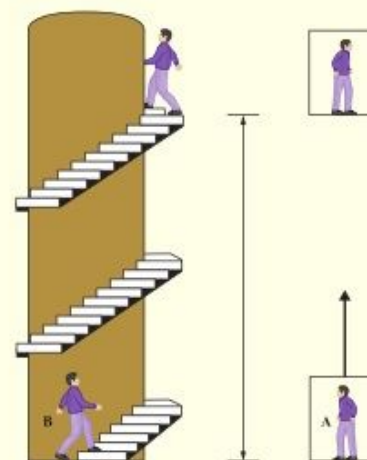


الف) در طبقه سوم، انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) شخص A از شخص B کمتر است، زیرا آرام‌تر بالا رفته است. ب) در طبقه سوم، انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) شخص A کمتر از شخص B است، زیرا برای رسیدن به طبقه سوم ساختمان مسافت کمتری پیموده است.

پ) کار نیروی وزن برای هر دو شخص در طول مسیر یکسان است. ت) انرژی پتانسیل گرانشی هر دو شخص در طبقه سوم ساختمان یکسان است.

۸ شخصی گلوله‌ای برقی به جرم 15g را از روی زمین برمی‌دارد و تا ارتفاع 18cm از سطح زمین بالا می‌برد و سپس در همان ارتفاع آن را با تندی 12m/s پرتاب می‌کند. کار انجام شده توسط شخص روی گلوله پرف چقدر است؟

۹ ماهواره‌ها در مدارهای معین و با تندی ثابتی دور زمین می‌چرخند. حرکت یک ماهواره به دور زمین شکل (الف) را می‌توان مطابق شکل (ب) مدل‌سازی کرد. همان‌طور که دیده می‌شود نیروی گرانشی همواره بر ماهواره وارد می‌شود که جهت آن رو به مرکز زمین است. چگونه امکان دارد با وجود وارد شدن این نیرو به ماهواره، انرژی جنبشی آن ثابت بماند؟



۳-۴ کار و انرژی پتانسیل

۷ اگر مطابق شکل زیر سطحی را در دست نگه دارید، آیا نیروی دست شما هنگامی که با تندی ثابت در مسیر افقی قدم می‌زنید روی سطح کاری انجام می‌دهد؟ اگر تندی حرکت شما در طول مسیر کم و زیاد شود چطور؟ پاسخ خود را در هر مورد توضیح دهید. از مقاومت هوا در مقابل حرکت سطح، چشم‌پوشی کنید.

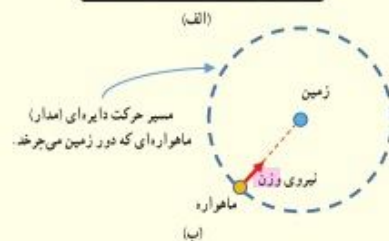
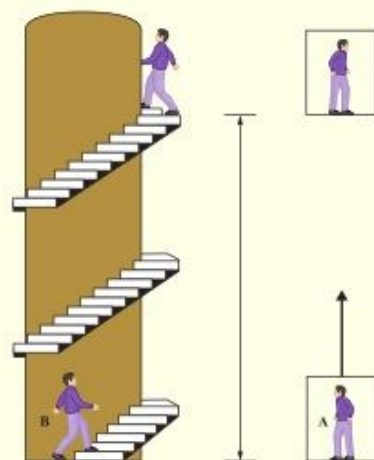


الف) در طبقه سوم، انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) شخص A از شخص B کمتر است، زیرا آرام‌تر بالا رفته است. ب) در طبقه سوم، انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) شخص A کمتر از شخص B است، زیرا برای رسیدن به طبقه سوم ساختمان مسافت کمتری پیموده است.

پ) کار نیروی وزن برای هر دو شخص در طول مسیر یکسان است. ت) انرژی پتانسیل گرانشی هر دو شخص در طبقه سوم ساختمان یکسان است.

۸ شخصی گلوله‌ای برقی به جرم 15g را از روی زمین برمی‌دارد و تا ارتفاع 18cm از سطح زمین بالا می‌برد و سپس در همان ارتفاع آن را با تندی 12m/s پرتاب می‌کند. کار انجام شده توسط شخص روی گلوله پرف چقدر است؟

۹ ماهواره‌ها در مدارهای معین و با تندی ثابتی دور زمین می‌چرخند. حرکت یک ماهواره به دور زمین شکل (الف) را می‌توان مطابق شکل (ب) مدل‌سازی کرد. همان‌طور که دیده می‌شود نیروی خالصی (نیروی وزن) همواره بر ماهواره وارد می‌شود. چگونه امکان دارد با وجود وارد شدن این نیرو به ماهواره، انرژی جنبشی آن ثابت بماند؟



دما و گرما



شکل ۱۸-۴ تصویری از سیستم خنک کننده خودرو

می‌دهد و بار دیگر، از طریق لوله‌های برگشت، به مخزن برمی‌گردد و در هر چرخه باز همین عمل تکرار می‌شود. از آب برای خنک کردن موتور خودروها نیز استفاده می‌شود (شکل ۱۸-۴). بدین منظور، در محفظه سیلندر و سرسیلندر، مسیرهای عبور آب در نظر گرفته شده است که به وسیله تلمبه آب (واتر پمپ)، آب به سرعت در درون این مسیرها گردش می‌کند و گرما را از موتور به رادیاتور خودرو می‌برد. در اثر عبور هوا از میان پره‌های رادیاتور، هوا با آب درون رادیاتور تبادل گرمایی می‌کند، آب انرژی خود را از دست می‌دهد و دوباره به موتور برمی‌گردد و این عمل تکرار می‌شود.

دما و گرما



شکل ۱۸-۴ تصویری از سیستم خنک کننده خودرو

می‌دهد و بار دیگر، از طریق لوله‌های برگشت، به مخزن برمی‌گردد و در هر چرخه باز همین عمل تکرار می‌شود. از آب برای خنک کردن موتور خودروها نیز استفاده می‌شود (شکل ۱۸-۴). بدین منظور، در محفظه سیلندر و سرسیلندر، مسیرهای عبور آب در نظر گرفته شده است که به وسیله تلمبه آب (واتر پمپ)، آب به سرعت در درون این مسیرها گردش می‌کند و گرما را از موتور به رادیاتور خودرو می‌برد. در اثر عبور هوا از میان پره‌های رادیاتور، هوا با آب درون رادیاتور تبادل گرمایی می‌کند، آب انرژی خود را از دست می‌دهد و دوباره به موتور برمی‌گردد و این عمل تکرار می‌شود.

پیش ۳-۴



گوی‌ها بسته به جنس خود، ورقه پارافین را در زمان‌های متفاوت جذب می‌کنند.

چند گوی فلزی از جنس‌های مختلف، مثلاً از آلومینیم، فولاد، برنج، مس، سرب و ... را اختیار می‌کنیم که همگی جرم یکسانی داشته باشند. گوی‌ها را توسط ریسمان‌هایی داخل ظرف آبی قرار می‌دهیم که آب در حال جوشیدن است و پس از مدتی گوی‌ها را بیرون آورده و آنها را روی یک ورقه پارافین قرار می‌دهیم. به نظر شما کدام گوی، پارافین بیشتری را ذوب می‌کند و علت آن چیست؟ این آزمایش را نخستین بار فیزیکدان ایرلندی، جان تیندال^۱ (۱۸۹۳-۱۸۹۲ م.) طراحی و اجرا کرد.



گوی‌ها در حال فرو رفتن در پارافین

چند گوی فلزی هم‌اندازه از جنس‌های مختلف، مثلاً از آلومینیم، فولاد، برنج، مس، سرب و ... را اختیار می‌کنیم که همگی جرم یکسانی داشته باشند. گوی‌ها را توسط ریسمان‌هایی داخل ظرف آبی قرار می‌دهیم که آب آن در حال جوشیدن است و پس از مدتی گوی‌ها را بیرون آورده و آنها را روی یک ورقه ضخیم پارافین قرار می‌دهیم. به نظر شما کدام گوی، بیشتر در پارافین فرو می‌رود و علت آن چیست؟

خوب است بدانید

گرمای ویژه مولی: وقتی مقدار ماده به جای جرم برحسب مول بیان شود باید به جای ظرفیت گرمایی واحد جرم از ظرفیت گرمایی واحد مول (C/m) استفاده کنیم که به آن ظرفیت گرمایی مولی یا **گرمای ویژه مولی** گفته می‌شود. در واقع گرمای ویژه مولی یک ماده، مقدار گرمایی است که باید به یک مول از آن ماده بدهیم تا در شرایط فیزیکی تعیین شده، دمای آن 1 K افزایش یابد. اگر گرمای ویژه مولی مواد بلورین مختلف را با هم مقایسه کنیم (در حجم ثابت)، به نظم شگفت‌انگیزی بی‌می‌یابیم و درمی‌یابیم برای بیشتر فلزها، مقدار آن تقریباً مساوی با $25\text{ J/mol}\cdot\text{K}$ است.^۲ این نظم با آنکه تقریبی است به نام قاعده «دولن و پتی»^۳ مشهور است که بیان می‌دارد گرمای لازم برای بالا بردن دمای یک مول از هر کدام از این فلزها، مقدار یکسانی است و به جنس آنها بستگی ندارد.

خوب است بدانید

گرمای ویژه مولی: وقتی مقدار ماده به جای جرم برحسب مول بیان شود باید به جای ظرفیت گرمایی واحد جرم از ظرفیت گرمایی واحد مول (C/m) استفاده کنیم که به آن ظرفیت گرمایی مولی یا **گرمای ویژه مولی** گفته می‌شود. در واقع گرمای ویژه مولی یک ماده، مقدار گرمایی است که باید به یک مول از آن ماده بدهیم تا در شرایط فیزیکی تعیین شده، دمای آن 1 K افزایش یابد. اگر گرمای ویژه مولی مواد بلورین مختلف را با هم مقایسه کنیم (در حجم ثابت)، به نظم شگفت‌انگیزی بی‌می‌یابیم و درمی‌یابیم برای بیشتر فلزها، مقدار آن تقریباً مساوی با $25\text{ J/mol}\cdot\text{K}$ است.^۲ این نظم با آنکه تقریبی است به نام قاعده «دولن و پتی»^۳ مشهور است که بیان می‌دارد گرمای لازم برای بالا بردن دمای یک مول از هر کدام از این فلزها، مقدار یکسانی است و به جنس آنها بستگی ندارد.

^۱ John Tyndall

^۲ Rule of Dulong-Petit

^۳ محدوده دمایی برای فلزات مختلف، متفاوت است. مثلاً برای مس از 500 تا 700 کلوین است.

^۲ Rule of Dulong-Petit

^۳ محدوده دمایی برای فلزات مختلف، متفاوت است. مثلاً برای مس از 500 تا 700 کلوین است.

ترمودینامیک



کت رامفور

کت رامفور با نام اصلی بنیامین تامپسون در سال ۱۷۵۳ میلادی در ماساچوست آمریکا، که آن زمان مستعمره انگلستان بود، به دنیا آمد. نخست به ارتش پیوست و در این دوران شروع به آزمایش‌هایی با باروت کرد و در قدرت مواد منفجره سلاح‌های جنگی غیرات چشمگیری به وجود آورد.

و به همین خاطر به عضویت انجمن سلطنتی برگزیده شد. چندی نگذشت که به مقام‌های وزارت جنگ و وزارت کشور و خزانه‌داری نائل آمد. در ژانویه سال ۱۷۹۸ در انجمن سلطنتی لندن سخنرانی درباره «ایجاد گرما بر اثر مالش» ایراد کرد که بسیار مورد توجه دانشمندان قرار گرفت. این سخنرانی جالب نتیجه مشاهداتی بود که سال‌ها پیش روی توب جنگی انجام داده بود. کت رامفور اکتشافات و مشاهدات خود را در کتابی تحت عنوان «روش‌های انتقال گرما، چاپ و منتشر کرد و ثابت نمود نظریهٔ لاوازیه در مورد وجود شاره‌ای به نام کالریک، به عنوان عامل انتقال انرژی گرمایی نادرست است.

رامفور، یک مؤسسه علمی در لندن دایر کرد و هدف او از تأسیس این سازمان، تشویق مردم برای پژوهش‌های علمی بود. کارهایی که در این مؤسسه انجام می‌شد اکثراً علمی بود و گاهی شایعی به دست می‌آمد که نشان می‌داد تجربیات عملی همواره از مطالعات نظری ناشی می‌گردد. بنیامین تامپسون در سال ۱۸۱۴ دیده از جهان فروست. او نایفه و تجربه‌گر ماهری بود و برای نخستین بار اصول علم ترمودینامیک را بنا نهاد.

خوب است بدانید

سوخت و ساز بدن و قانون اول ترمودینامیک



وقتی غذا می‌خوریم انرژی شیمیایی ذخیره شده در مواد غذایی به بدن ما انتقال می‌یابد. از طرفی وقتی فعالیت انجام می‌دهیم انرژی درونی بدن کاهش می‌یابد و طبق قانون اول ترمودینامیک به کار و گرما تبدیل می‌شود. بنا به تعریف، آهنگ سوخت و ساز بدن، آهنگ تبدیل انرژی شیمیایی

مواد غذایی جذب شده و اکسیژن به انرژی درونی بدن برای جبران کاهش انرژی درونی است و معمولاً برحسب کیلوکالری بر ساعت (kcal/h^1) یا برحسب وات بیان می‌شود. جدول زیر آهنگ سوخت و ساز بدن را در برخی از فعالیت‌ها برای شخصی به جرم متوسط 65kg نشان می‌دهد.

آهنگ سوخت و ساز بدن برای شخصی با جرم متوسط 65kg		
نوع فعالیت	آهنگ تقریبی سوخت و ساز	
	Watt	kcal/h
خوابیدن	۷۰	۶۰
نشستن	۱۱۵	۱۰۰
فعالیت‌های سبک (خوردن، لباس پوشیدن و ...)	۲۳۰	۲۰۰
فعالیت‌های متوسط (تنیس، راه رفتن و ...)	۴۶۰	۴۰۰
دویدن (15 km/h)	۱۱۵۰	۱۰۰۰
دوچرخه‌سواری سرعت	۱۲۷۰	۱۱۰۰

۴-۵ برخی از فرایندهای ترمودینامیکی

همان‌طور که گفتیم دستگاه‌های ترمودینامیکی می‌توانند فرایندهای مختلفی را طی کنند. در بین این فرایندها، فرایندهای خاصی وجود دارد که کاربرد آنها وسیع‌تر است؛ از جمله: **فرایند هم‌حجم**^۱، **فرایند هم‌فشار**^۲، **فرایند هم‌دما**^۳ و **فرایند بی‌دررو**^۴. در ادامه به توصیف این فرایندها می‌پردازیم.

الف) فرایند هم‌حجم: حجم گاز طی این فرایند ثابت می‌ماند و بنابراین کاری انجام نمی‌شود. در این فرایند، گاز با محیط فقط تبادل گرما می‌کند و تغییر انرژی درونی گاز برابر با گرمایی است که با محیط (منبع گرما) مبادله می‌کند.

$$\Delta U = Q + W = Q + 0 = Q$$

۱- در علوم تغذیه معمولاً kcal را با Cal نشان می‌دهند و آن را کالری بزرگ می‌خوانند. هر کالری بزرگ 1000 کلوژول است.

۲ - Isochoric

۳ - Isobaric

۴ - Isothermal

۵ - Adiabatic

ترمودینامیک



کت رامفور

کت رامفور با نام اصلی بنیامین تامپسون در سال ۱۷۵۳ میلادی در ماساچوست آمریکا، که آن زمان مستعمره انگلستان بود، به دنیا آمد. نخست به ارتش پیوست و در این دوران شروع به آزمایش‌هایی با باروت کرد و در قدرت مواد منفجره سلاح‌های جنگی غیرات چشمگیری به وجود آورد.

و به همین خاطر به عضویت انجمن سلطنتی برگزیده شد. چندی نگذشت که به مقام‌های وزارت جنگ و وزارت کشور و خزانه‌داری نائل آمد. در ژانویه سال ۱۷۹۸ در انجمن سلطنتی لندن سخنرانی درباره «ایجاد گرما بر اثر مالش» ایراد کرد که بسیار مورد توجه دانشمندان قرار گرفت. این سخنرانی جالب نتیجه مشاهداتی بود که سال‌ها پیش روی توب جنگی انجام داده بود. کت رامفور اکتشافات و مشاهدات خود را در کتابی تحت عنوان «روش‌های انتقال گرما، چاپ و منتشر کرد و ثابت نمود نظریهٔ لاوازیه در مورد وجود شاره‌ای به نام کالریک، به عنوان عامل انتقال انرژی گرمایی نادرست است.

رامفور، یک مؤسسه علمی در لندن دایر کرد و هدف او از تأسیس این سازمان، تشویق مردم برای پژوهش‌های علمی بود. کارهایی که در این مؤسسه انجام می‌شد اکثراً علمی بود و گاهی شایعی به دست می‌آمد که نشان می‌داد تجربیات عملی همواره از مطالعات نظری ناشی می‌گردد. بنیامین تامپسون در سال ۱۸۱۴ دیده از جهان فروست. او نایفه و تجربه‌گر ماهری بود و برای نخستین بار اصول علم ترمودینامیک را بنا نهاد.

خوب است بدانید

سوخت و ساز بدن و قانون اول ترمودینامیک



وقتی غذا می‌خوریم انرژی شیمیایی ذخیره شده در مواد غذایی به بدن ما انتقال می‌یابد. از طرفی وقتی فعالیت انجام می‌دهیم انرژی درونی بدن کاهش می‌یابد و طبق قانون اول ترمودینامیک به کار و گرما تبدیل می‌شود. بنا به تعریف، آهنگ سوخت و ساز بدن، آهنگ تبدیل انرژی شیمیایی

مواد غذایی جذب شده و اکسیژن به انرژی درونی بدن برای جبران کاهش انرژی درونی است و معمولاً برحسب کیلوکالری بر ساعت (kcal/h^1) یا برحسب وات بیان می‌شود. جدول زیر آهنگ سوخت و ساز بدن را در برخی از فعالیت‌ها برای شخصی به جرم متوسط 65kg نشان می‌دهد.

آهنگ سوخت و ساز بدن برای شخصی با جرم متوسط 65kg		
نوع فعالیت	آهنگ تقریبی سوخت و ساز	
	Watt	kcal/h
خوابیدن	۷۰	۶۰
نشستن	۱۱۵	۱۰۰
فعالیت‌های سبک (خوردن، لباس پوشیدن و ...)	۲۳۰	۲۰۰
فعالیت‌های متوسط (تنیس، راه رفتن و ...)	۴۶۰	۴۰۰
دویدن (15 km/h)	۱۱۵۰	۱۰۰۰
دوچرخه‌سواری سرعت	۱۲۷۰	۱۱۰۰

۴-۵ برخی از فرایندهای ترمودینامیکی

همان‌طور که گفتیم دستگاه‌های ترمودینامیکی می‌توانند فرایندهای مختلفی را طی کنند. در بین این فرایندها، فرایندهای خاصی وجود دارد که کاربرد آنها وسیع‌تر است؛ از جمله: **فرایند هم‌حجم**^۱، **فرایند هم‌فشار**^۲، **فرایند هم‌دما**^۳ و **فرایند بی‌دررو**^۴. در ادامه به توصیف این فرایندها می‌پردازیم.

الف) فرایند هم‌حجم: حجم گاز طی این فرایند ثابت می‌ماند و بنابراین کاری انجام نمی‌شود. در این فرایند، گاز با محیط فقط تبادل گرما می‌کند و تغییر انرژی درونی گاز برابر با گرمایی است که با محیط (منبع گرما) مبادله می‌کند.

$$\Delta U = Q + W = Q + 0 = Q$$

۱- در علوم تغذیه معمولاً kcal را با Cal نشان می‌دهند و آن را کالری بزرگ می‌خوانند. هر کالری بزرگ 1000 کلوژول است.

۲ - Isochoric

۳ - Isobaric

۴ - Isothermal

۵ - Adiabatic