

ویژگی‌های فیزیکی مواد



چرا آب روی گلبرگ‌ها و برگ‌های نیلوفر آبی (نیلوفرهایی 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 پلاسما 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 شاره‌ها، شناوری و اصل برنولی را به همراه برخی از کاربردهای آنها بررسی می‌کنیم.

۱-۲ حالت های ماده

سال های قبل در درس علوم دیدید که به هر چیزی که فضا را اشغال کند (حجم داشته باشد) ماده می گوئیم. مواد از ذره های ریزی به نام اتم یا مولکول ساخته شده اند. اندازه اتم ها حدود یک تا چند انگستروم ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$) است و اندازه مولکول ها به این بستگی دارد که از چند اتم ساخته شده باشند. اندازه برخی از درشت مولکول ها، مانند بسپارها (پلیمرها)، می تواند تا 1000 انگستروم نیز باشد. ذره های سازنده مواد همواره در حرکت اند و به یکدیگر نیرو وارد می کنند. حالت ماده به چگونگی حرکت این ذره ها و اندازه نیروی بین آنها بستگی دارد.

جامد، مایع و گاز سه حالت آشنای ماده هستند که در این فصل به بررسی برخی از ویژگی های فیزیکی آنها خواهیم پرداخت. حالت چهارم ماده، پلازما نامیده می شود که اغلب در دماهای خیلی بالا به وجود می آید. ماده درون ستارگان و بیشتر فضای بین ستاره ای، آذرخش، شفق های قطبی، آتش و ماده داخل لوله تابان لامپ های مهتابی از پلازما تشکیل شده است (شکل ۱-۲).

جامد: هزاران سال است که بشر از مواد جامد بهره می گیرد. اصطلاح های عصر حجر، عصر برنز، و عصر آهن اهمیت مواد جامد را در توسعه تمدن های پیشین نشان می دهد. تجربه روزمره نشان می دهد که جسم جامد، حجم و شکل معینی دارد. ذرات جسم جامد به سبب نیروهای الکتریکی که به یکدیگر وارد می کنند در کنار یکدیگر می مانند. این ذرات در مکان های معینی نسبت به یکدیگر قرار دارند و در اطراف این مکان ها، نوسان های بسیار کوچکی دارند.

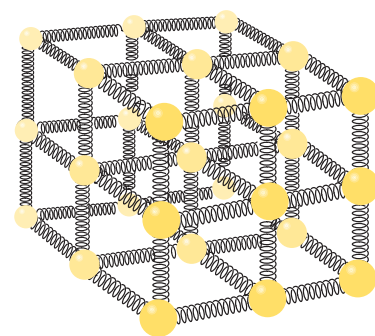
برای درک بهتر ساختار جسم جامد، معمولاً مدلی مطابق شکل ۲-۲ ارائه می دهند و فرض می کنند که ذرات آن توسط فنرهایی به یکدیگر متصل اند. اگر این ذرات نسبت به وضعیت تعادل، به هم نزدیک تر یا از هم دورتر شوند، نیروی کشسانی بین فنرها آنها را به وضع تعادل برمی گرداند و جسم جامد، شکل و اندازه اولیه اش را حفظ می کند.

اتم های برخی از جامدها در طرح های منظمی مانند شکل های ۲-۲ تا ۲-۳ الف کنار هم قرار می گیرند. جامدهایی را که در یک الگوی سه بعدی تکرار شونده از این واحدهای منظم ساخته می شود **جامد بلورین** می نامیم. فلزها، نمک ها، الماس، یخ و بیشتر مواد معدنی جزو جامدهای بلورین اند. وقتی مایعی را به آهستگی سرد کنیم اغلب جامدهای بلورین تشکیل می شوند. در این فرایند سردسازی آرام، ذرات سازنده مایع فرصت کافی دارند تا در طرح های منظم خود را مرتب کنند.

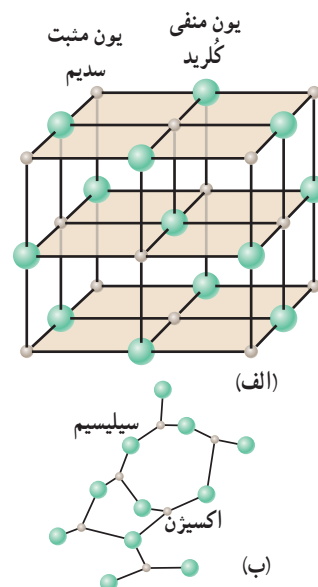
ذرات سازنده **جامدهای بی شکل (آمورف)** برخلاف جامدهای بلورین، در طرح های منظمی کنار هم قرار ندارند. وقتی مایعی به سرعت سرد شود معمولاً جامد بی شکل به وجود می آید. در این فرایند سردسازی سریع، ذرات فرصت کافی ندارند تا در طرحی منظم، مرتب شوند. بنابراین در طرح نامنظمی که در حالت مایع داشتند باقی می مانند. شیشه، مثالی از یک جامد بی شکل است (شکل ۲-۳ ب).



شکل ۱-۲ چهار حالت ماده در این تصویر وجود دارد. یخ (جامد)، آب (مایع)، هوا (گاز) و خورشید (پلازما)



شکل ۲-۲ مدلی از ساختار یک جامد که از میلیاردها میلیارد بخش، مانند این تشکیل شده است.



شکل ۲-۳ الف) ساختار بلورین NaCl، که در آن یون های سدیم و یون های کلرید به صورت یک در میان در گوشه های یک مکعب قرار گرفته اند. ب) ذرات سازنده یک جامد بی شکل، مانند شیشه که در طرحی نامنظم در کنار هم قرار گرفته اند.



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 فلز، بر روی آن نقش و نگارهای متنوعی ایجاد کنند.



شکل ۳-۱ ذرات سازندهٔ جوهر به تدریج در آب پخش می‌شوند.



شکل ۳-۲ طرحی از حرکت نامنظم و کاتوره‌ای یک مولکول آب

مایع: مولکول‌های مایع نظم و تقارن جامدهای بلورین را ندارند و به صورت نامنظم و نزدیک به یکدیگر قرار گرفته‌اند. مایع به راحتی جاری می‌شود و به شکل ظرف خودش درمی‌آید. فاصلهٔ ذرات سازندهٔ مایع و جامد تقریباً یکسان و در حدود یک آنگستروم است.

پدیدهٔ 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 ۲-۴). تجربه‌های ساده‌ای مانند این، نشان می‌دهند که ذرات سازندهٔ 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 ۲-۵) و برخورد آنها با ذرات سازندهٔ نمک و جوهر، این گونه مواد در آب پخش می‌شوند.

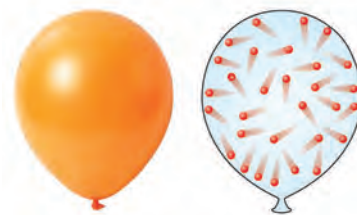
خوب است بدانید

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 دهه‌ها سال پس از کشف، برای دانشمندان کار ساده‌ای نبود. وقتی بلور مایعی بین دو لایهٔ 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 محفظهٔ بلور تیره‌رنگ می‌شود. اگر جریان الکتریکی تنها از برخی از قسمت‌های بلور عبور کند تنها همان قسمت‌ها تیره‌رنگ می‌شوند. در اوایل دههٔ 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: 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. 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 35\AA است (شکل ۲-۶).



شکل ۲-۶ حرکت نامنظم ذرات گاز درون یک بادکنک

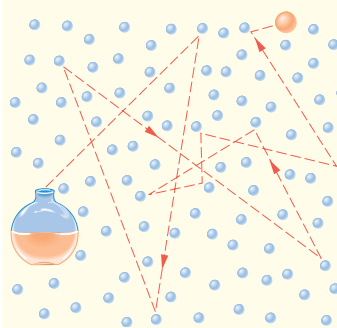
فعالیت ۲-۲



یک سرنگ، مثلاً 10° سی سی، 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

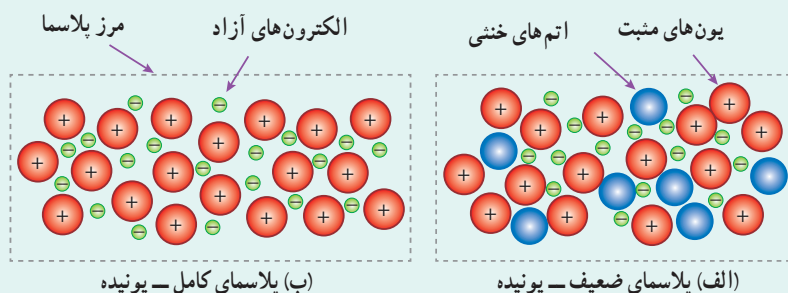


الف) وقتی در شیشه عطری را در گوشه‌ای از اتاق باز می‌کنید، پس از چند ثانیه ذرات عطر در همه جای اتاق پخش و بوی آن حس می‌شود. با توجه به شکل روبه‌رو این پدیده را چگونه توجیه می‌کنید؟ چرا پدیده پخش در گازها سریع‌تر از مایع‌ها رخ می‌دهد؟
 ب) هوای اطراف کره زمین، آمیزه‌ای از نیتروژن (۷۸ درصد)، اکسیژن (۲۱ درصد)، کربن دی‌اکسید، بخار آب و مقدار کمی گازهای بی‌اثر (کربن دی‌اکسید، نئون و هلیم) است. این مولکول‌ها به طور کاتوره‌ای و با تندی زیاد همواره در حرکت‌اند. برخورد مولکول‌های هوا به یکدیگر سبب پخش آنها می‌شود. اهمیت این پدیده را برای حیات روی کره زمین توضیح دهید.

خوب است بدانید

اگر این مطلب را زیر نور لامپ مهتابی می‌خوانید برای یافتن پلازما لازم نیست راه دوری بروید. ماده داخل لوله تابان لامپ مهتابی، پلازماست. 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، پلازما 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 پلاسمای تشکیل شده است. خورشید، ستارگان و بیشتر فضای بین ستاره‌ای، برخی از لایه‌های بالایی جو زمین، آذرخش، شفق‌های قطبی و شعله‌های آتش از جنس پلاسمای هستند. پلاسمای به طور طبیعی روی زمین به ندرت یافت می‌شود. در انفجارهای هسته‌ای، راکتورهای گداخت هسته‌ای و ... پلاسمای 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.

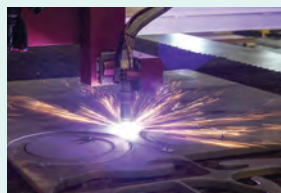
پلاسمای، بر خلاف گاز، رسانای بسیار خوب الکتریسیته و گرماست. بین ذرات پلاسمای نیروی الکتریکی وجود دارد. ماهیت بلندپرو بودن این نیرو، در رفتار پلاسمای نقش مهمی ایفا می‌کند. توجه به ویژگی‌های خاص پلاسمای و بهره‌مندی از آن، سبب کاربردهای فراوانی در صنعت، فناوری، پزشکی، دندانپزشکی و ... شده است. از جمله این 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 پلاسمای به یکی از رشته‌های روبه رشد و پرکاربرد فیزیک تبدیل شده است.



کاربرد پلاسمای در دندانپزشکی



کاربرد پلاسمای در پزشکی



برش کاری با پلاسمای



جوشکاری با پلاسمای

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

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 زدیم 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 بهره‌بردار 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 بُعد کوچک است، اما اگر صرفاً یک بُعد 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 نانو ذره‌ها، به طور قابل توجهی تغییر می‌کند.



سیم‌های آلومینیومی که روی هم پیچیده شده‌اند.

برای مثال، آلومینیم یکی از رساناهای بسیار خوب جریان الکتریکی است. سطح آلومینیم، چه به صورت سیم، قوطی نوشابه یا بال هواپیما باشد، در مجاورت هوا به آلومینیم اکسید^۱ 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 نانومتر 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.

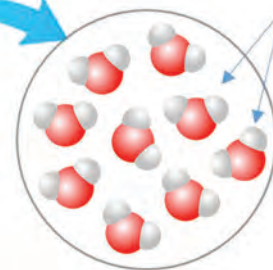
۲-۲ نیروهای بین مولکولی

پیش از این با انجام فعالیت ۲-۲ دیدید که متراکم کردن آب درون سرنگ عملاً امکان‌پذیر نیست. برای توجیه پدیده‌هایی 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 **هم‌چسبی** 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 کوتاه‌برد هستند، یعنی وقتی فاصله بین مولکول‌ها چند برابر فاصله بین مولکولی شود، نیروهای بین مولکولی بسیار کوچک و عملاً صفر خواهند شد.

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



مولکول‌های آب به یکدیگر نیروی جاذبه وارد می‌کنند.

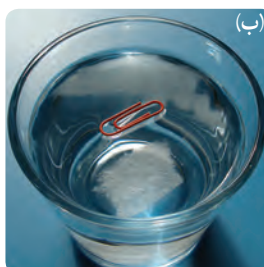


شکل ۷-۲ قطره‌های شبی که روی شاخ و برگ درختان در نور خورشید صبحگاهی می‌درخشند، نشانه‌ای از نیروی جاذبه بین مولکول‌های آب است.

پرسش ۲-۲

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

کشش سطحی: نشستن یا راه رفتن برخی حشره‌ها روی سطح آب (شکل ۸-۲ الف)، شناور ماندن گیره فلزی کاغذی روی سطح آب (شکل ۸-۲ ب) و تشکیل حباب‌های آب و صابون (شکل ۸-۲ 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 ریاضی 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 کروی‌اند (شکل ۸-۲ 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 ۸-۲ (الف) نشستن حشره روی سطح آب، (ب) قرارگرفتن 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.

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.

تَرشوندگی: دیدیم که نیروی هم‌چسبی 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 دگرچسبی** می‌گوییم. هم‌چسبی و دگرچسبی هر دو نیروهایی بین مولکولی هستند. تفاوت آنها در این است که هم‌چسبی، جاذبه بین مولکول‌های همسان و دگرچسبی جاذبه بین مولکول‌های ناهمسان است.

هرگاه مایعی در تماس با جامدی قرار گیرد دو حالت می‌تواند رخ دهد. یکی اینکه دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و جامد از هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع بیشتر باشد. در این صورت می‌گوییم مایع، جامد را تر یا خیس می‌کند. مثلاً در شکل ۲-۹ الف می‌بینیم که آب، سطح شیشه تمیز را خیس کرده و روی آن پهن شده است. اما اگر نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع از نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و جامد بیشتر باشد می‌گوییم مایع جامد را تر نمی‌کند. در شکل ۲-۹ 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 ۲-۹ الف) پخش آب روی سطح شیشه (ب) 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) توضیح دهید در کدام شکل دمای قطره‌های روغن کمتر است.

ب) افزایش دما چه تأثیری بر نیروی هم‌چسبی مولکول‌های یک مایع می‌گذارد؟

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

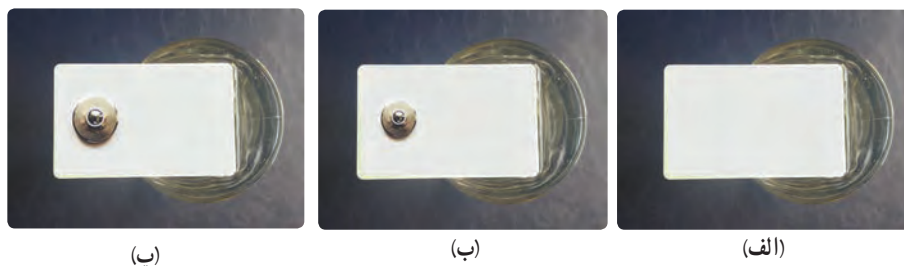


فعالیت ۴-۲

یک طرف یک تکه شیشه کوچک (با ابعادی حدود 10 cm در 10 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.

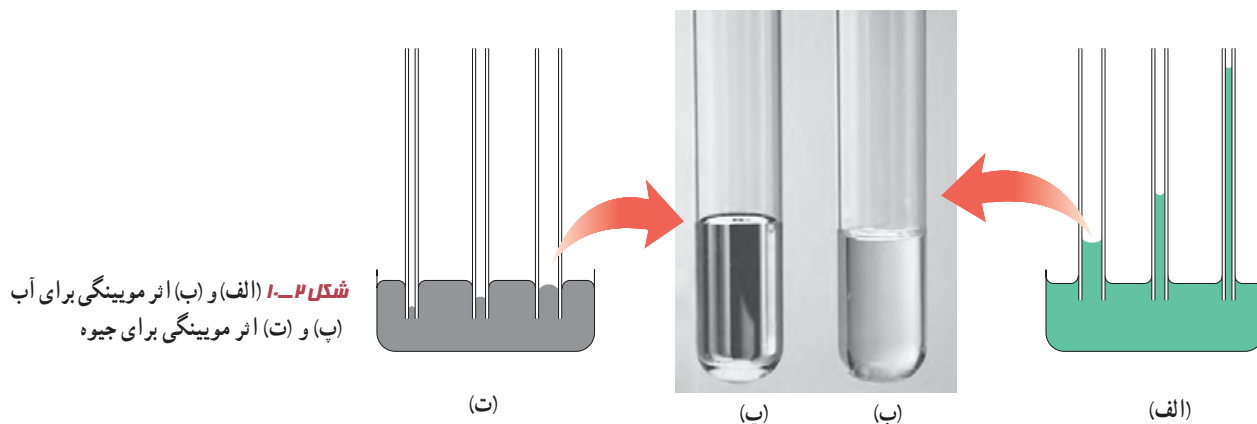
بار دیگر سطح شیشه را به جای دوداندود کردن، با روغن چرب کنید و آزمایش را تکرار کنید. مشاهده خود را توضیح دهید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید. (پس از بحث کافی در خصوص این فعالیت، دوباره به تصویر و پرسش شروع فصل بازگردید و پاسخی قانع‌کننده ارائه دهید.)

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 یا 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 مویینگی: لوله‌هایی که قطر داخلی آنها حدود یک دهم میلی‌متر ($1 \text{ mm} \sim 0.1$) باشد، معمولاً لوله مویین نامیده می‌شوند. واژه مویین به معنی «مُو مانند» است. آزمایش نشان می‌دهد اگر چند لوله مویین شیشه‌ای و تمیز را وارد یک ظرف آب کنیم، آب در لوله‌های مویین بالا می‌رود و سطح آن بالاتر از سطح آب ظرف قرار می‌گیرد. همچنین هرچه قطر لوله مویین کمتر باشد ارتفاع ستون آب در آن بیشتر است. افزون بر اینها سطح آب در بالای لوله‌های مویین فرورفته است.

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



شکل ۲-۱ الف) و ب) اثر مویینگی برای آب
ب) و ت) اثر مویینگی برای جیوه

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 مویین پایین‌تر از سطح جیوه درون ظرف قرار می‌گیرد.

فعالیت ۲-۶



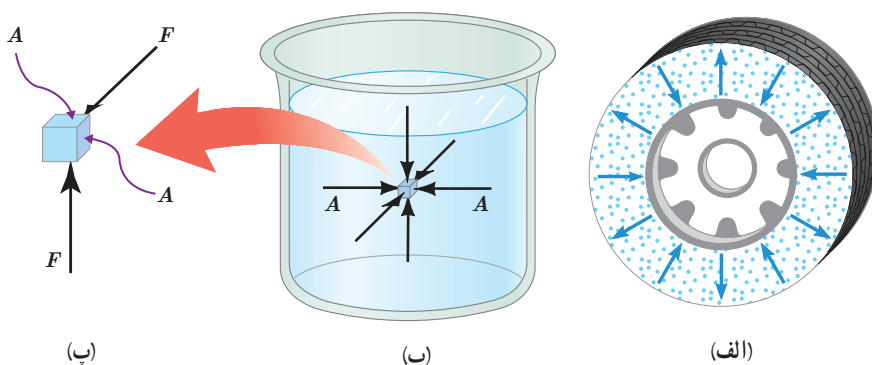
سازه‌های آبی شوشتر که از دوران هخامنشیان تا ساسانیان، جهت بهره‌گیری بیشتر از آب ساخته شده‌اند.

در ساختن دیوارهای ساختمان باید اثر موینگی در نظر گرفته شود، زیرا تراوش آب از منفذهای مویین 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.

۲-۲ 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 پاهای خود را درون یک استخر آب تکان می‌دهید احساس می‌کنید که پاهای شما را فشار می‌دهد.

با وجود اینکه شاره به عنوان یک کل ساکن است، مولکول‌های آن در حال حرکت اند؛ نیرویی که توسط شاره وارد می‌شود ناشی از برخورد مولکول‌ها با اطراف آن است.



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

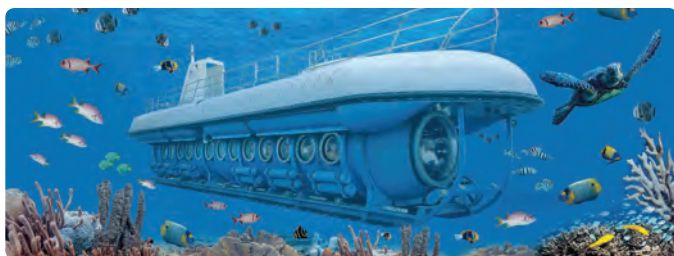
فشار P که به یک سطح فرضی A درون شماره وارد می‌شود به صورت نسبت اندازه نیروی عمودی وارد بر این سطح به مساحت آن تعریف می‌شود:

$$P = \frac{F}{A} \quad (۱-۲)$$

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

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

مثال ۱-۲



یک زیردریایی تفریحی در اعماق اقیانوسی به آرامی حرکت می‌کند (شکل روبه‌رو). این زیردریایی تعدادی پنجره کوچک دایره‌ای شکل به شعاع 0.4 m دارد. اگر فشار آب در محل هر یک از این پنجره‌ها برابر $9 \times 10^5 \text{ Pa}$ باشد، بزرگی نیروی عمودی که آب بر سطح خارجی یکی از این پنجره‌ها وارد می‌کند چقدر است؟

پاسخ: مساحت پنجره برابر است با:

$$A = \pi r^2 = 3.14 \times (0.4 \text{ m})^2 = 0.5 \text{ m}^2$$

به این ترتیب از رابطه (۱-۲) داریم:

$$F = PA = (9 \times 10^5 \text{ Pa}) \times (0.5 \text{ m}^2) = 4.5 \times 10^5 \text{ N}$$

این نیرو تقریباً معادل وزن جسمی به جرم $4.5 \times 10^4 \text{ kg}$ است!

محاسبه فشار در شماره‌ها: در علوم سال نهم دیدید فشار هوا در ارتفاع‌های 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 می‌زنید، با افزایش عمق از سطح آب، افزایش فشار را روی گوش‌های خود احساس می‌کنید. همچنین با انجام آزمایش‌هایی مشابه آزمایش شکل ۱۲-۲ دیدید که با افزایش عمق از سطح شماره، فشار ناشی از شماره نیز افزایش می‌یابد. در ادامه می‌خواهیم یک رابطه کلی برای محاسبه فشار در هر نقطه دلخواه درون یک شماره ساکن به دست آوریم. به این منظور، فرض می‌کنیم شتاب گرانش g و چگالی شماره یکنواخت و برابر ρ باشد. در شکل ۱۳-۲ الف، بخشی از شماره به ارتفاع h نشان داده شده است که بین دو سطح فرضی A قرار دارد. نیروهای در راستای قائم، که بر این بخش از شماره وارد می‌شود در شکل ۱۳-۲ ب نشان داده شده است. چون شماره در حال تعادل است، نیروها متوازنند و برآیند آنها صفر است. بنابراین از قانون دوم نیوتون برای نیروهای در راستای قائم داریم:

$$F_{\uparrow} = F_{\downarrow} + mg$$

$$P_{\uparrow} A = P_{\downarrow} A + mg$$



شکل ۱۳-۲ با باز کردن در بطری، آب از سوراخ‌های ایجادشده در بطری، با فشار متفاوت خارج می‌شود. سرعت خروج آب از کدام سوراخ بیشتر است؟

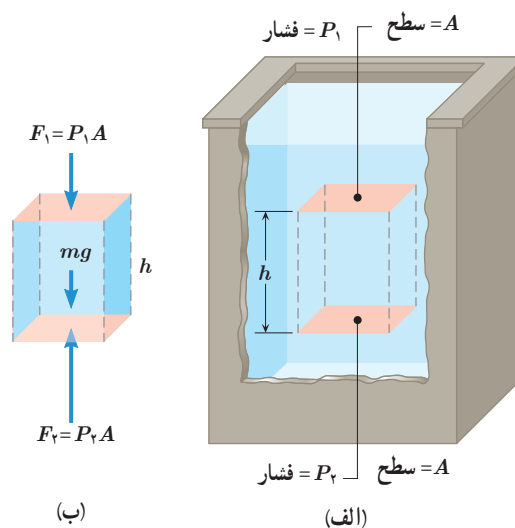
با جایگذاری $m = \rho V = \rho Ah$ در رابطه اخیر و حذف A از طرفین تساوی داریم:

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

معمولاً رابطه ۲-۲ را بر حسب عمق از سطح شماره بیان می‌کنند (شکل ۲-۱۴). 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:

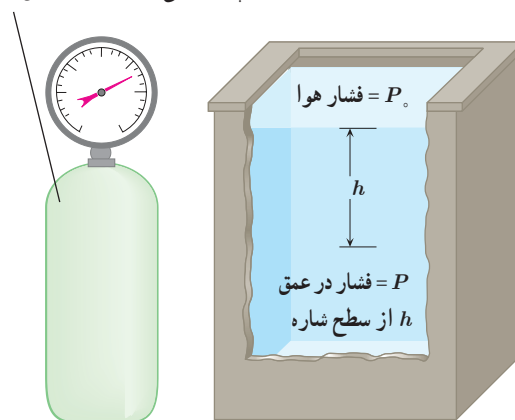
$$P = P_1 + \rho gh \quad (2-3)$$

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 $10^5 \times 1.3 \times 10^3$ پاسکال (Pa) است و به آن ۱ اتمسفر (atm) نیز می‌گویند. رابطه‌های ۲-۲ و ۲-۳ 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 ۲-۱۳ الف) بخشی از شماره ساکن (ب) نیروهای وارد بر این بخش از شماره در راستای قائم.

فشار گاز در تمام نقاط یک محفظه کوچک را می‌توان یکسان فرض کرد.

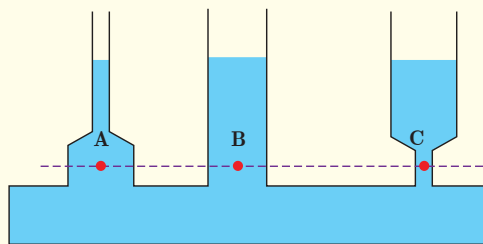


شکل ۲-۱۴

شکل ۲-۱۵

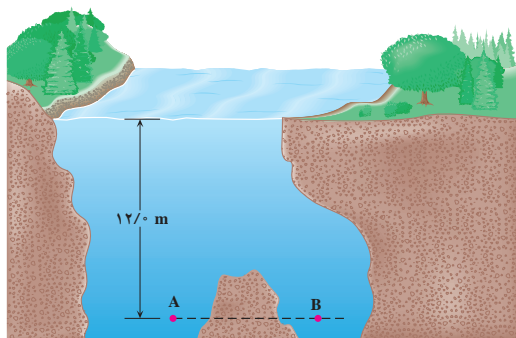
پرسش ۲-۴

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 ۲-۳ توضیح دهید.



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

مثال ۲-۲



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.

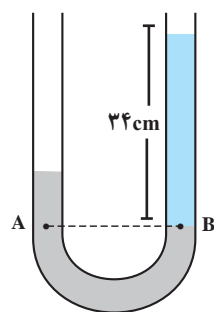
پاسخ: با توجه به رابطه ۲-۳، فشار در نقطه A برابر است با:

$$P = P_0 + \rho gh = 1.01 \times 10^5 (\text{Pa}) + (1000 \text{ kg/m}^3)(9.80 \text{ N/kg})(12.0 \text{ m}) = 2.19 \times 10^5 \text{ Pa}$$

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

مثال ۳-۲

در یک لوله U شکل، مقداری جیوه قرار دارد. در شاخه سمت راست لوله آن قدر آب می‌ریزیم 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.)

مثال ۴-۲



اختلاف بین فشار هوای بالا و پایین برج آزادی، با ارتفاع 45 m ، چقدر است؟ چگالی هوا را تقریباً 1.0 kg/m^3 بگیرید.

پاسخ: با توجه به رابطه ۲-۲ داریم:

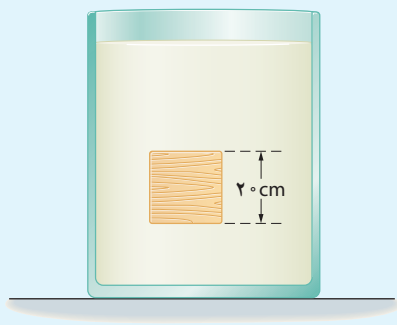
$$P_2 = P_1 + \rho gh \Rightarrow P_2 - P_1 = \rho gh$$

$$= (1.0 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ N/kg})(45 \text{ m}) = 441 \text{ Pa} \approx 4/4 \times 10^2 \text{ Pa}$$

تموین ۱-۲

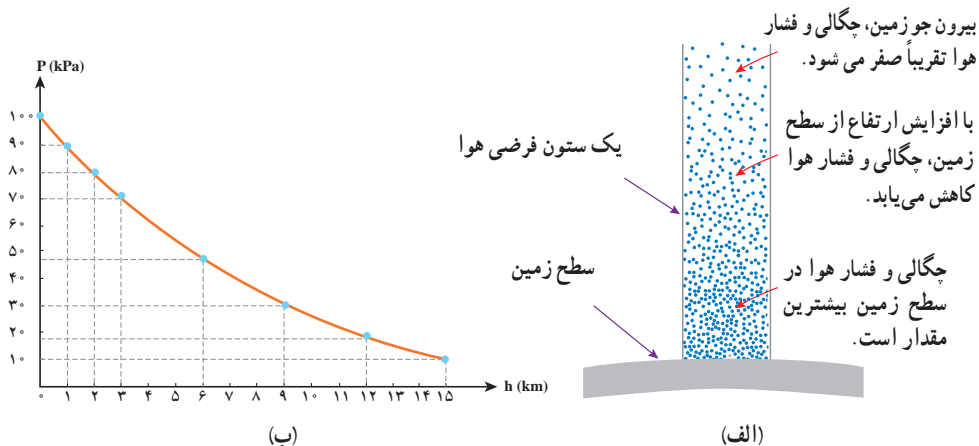
شناگری در عمق ۵/۰ متری از سطح آب دریاچه‌ای شنا می‌کند. فشار در این عمق چقدر است؟ اگر مساحت پرده گوش را یک سانتی متر مربع (1 cm^2) فرض کنیم، بزرگی نیرویی که به پرده گوش این شناگر وارد می‌شود چند نیوتون است؟ فشار هوای محیط را $10^5 \times 1/0$ بگیرد.

تموین ۲-۲



جسمی مکعبی به طول ضلع 2 cm 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، حدود 74 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 بر حسب 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 بر حسب ارتفاع از سطح دریای آزاد.



در هواشناسی و روی نقشه‌های آب و هوا، معمولاً از یکای بار (bar) برای فشار هوا استفاده می‌کنند. به طوری که داریم:

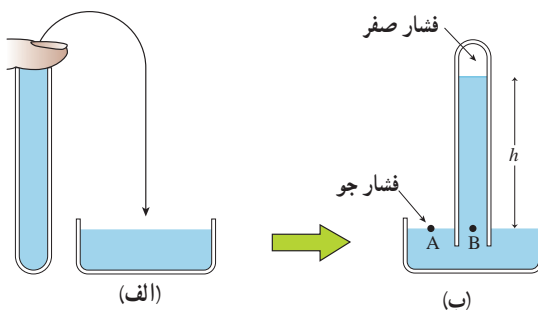
$$1 \text{ bar} = 1/0000 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 1/0000 \times 10^5 \text{ Pa}$$

یک ستون به سطح مقطع 1 m^2 در نظر بگیرید که از سطح دریای آزاد تا بالاترین بخش جو زمین ادامه می‌یابد (شکل روبه‌رو). 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، چند درصد این جرم تا ارتفاع ۹ کیلومتری این ستون فرضی قرار دارد؟

فشارسنج هوا (بارومتر): وسیله‌ای ساده که برای اندازه‌گیری فشار جو به کار می‌رود.

فشارسنج در سال ۱۶۴۳ میلادی توسط توریچلی فیزیک‌دان ایتالیایی اختراع شد.

فشارسنج هوا شامل یک لوله شیشه‌ای بلند (به طول تقریبی ۸۰ سانتی‌متر) 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 می‌شود.



شکل ۲-۱۷ فشارسنج جیوه‌ای که برای اندازه‌گیری فشار جو به کار می‌رود.

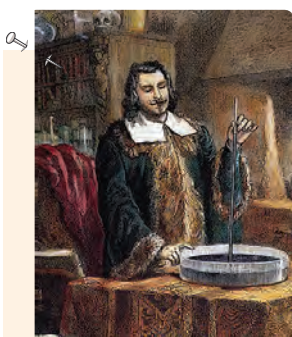
فشار در نقطه B برابر ρgh و در نقطه A برابر P_0 است. چون نقاط A و B هم‌ترازند، می‌توان نوشت:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 = 0 + \rho gh \Rightarrow P_0 = \rho gh \quad (۲-۴)$$

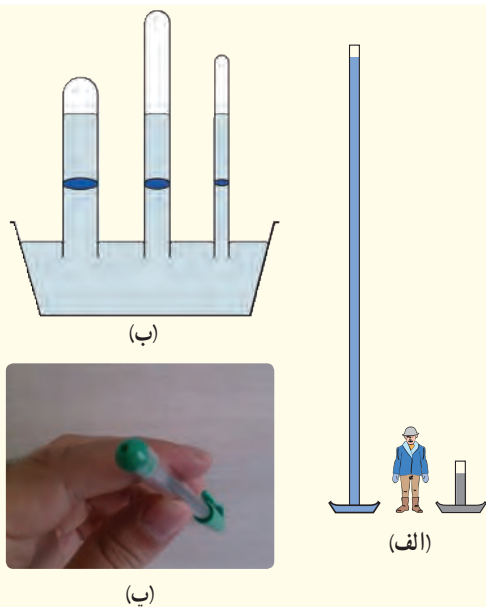
بنابراین فشارسنج هوا، فشار جو را به طور مستقیم از روی ارتفاع ستون جیوه نشان می‌دهد که در سطح دریای آزاد این ارتفاع حدود 760 mm است. به همین دلیل در بسیاری موارد فشار اندازه‌گیری شده برحسب میلی‌متر جیوه (mmHg) یا سانتی‌متر جیوه (cmHg) بیان می‌شود^۱.

۱- چون جیوه و بخار آن بسیار سمی است و می‌تواند جذب پوست یا مخاط تنفسی شود، انجام این کار توصیه نمی‌شود.

۲- به افتخار توریچلی، 1 mmHg را یک تور (torr) می‌نامند.



اونجلیستا توریچلی (۱۶۴۷-۱۶۰۸م) یکی از فیزیک‌دانان و ریاضی‌دانان ایتالیایی و از شاگردان گالیله بود. هرچند توریچلی فعالیت‌هایی 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 می‌شود.



الف) توضیح دهید چرا توریچلی 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) برای لوله‌های غیرمویین، اگر سطح مقطع و طول لوله‌ها متفاوت باشد، ارتفاع ستون جیوه تغییر نمی‌کند (شکل ب). علت را توضیح دهید.

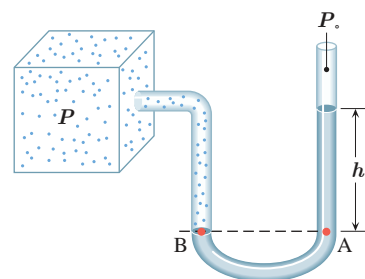
پ) در قلم خودکار، جوهر از طریق یک لوله وارد نوک قلم شده و در آنجا توسط یک گوی فلزی ضد زنگ غلتان، روی ورقه کاغذ پخش می‌شود. در بدنه لاکمی یا درپوش بالایی این نوع قلم‌های خودکار، سوراخ‌ریزی ایجاد می‌کنند (شکل پ). دلیل این کار را توضیح دهید.

فشارسنج شماره‌ها (مانومتر): یکی از وسیله‌های ساده برای اندازه‌گیری فشار یک شماره محصور،

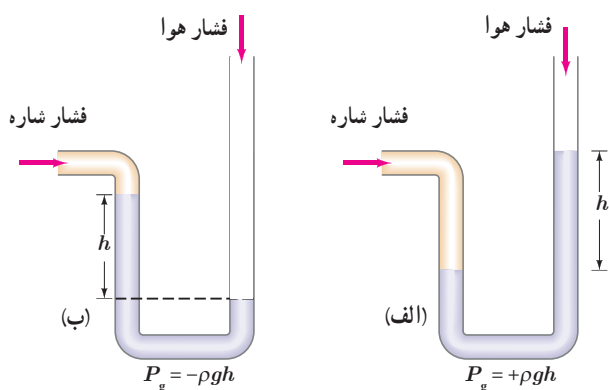
فشارسنج U شکل است. شکل ۲-۱۸ لوله باز U شکلی را نشان می‌دهد که حاوی مایعی به چگالی ρ ، اغلب جیوه یا آب است. انتهای راست لوله، باز و با فشار جو P_0 در ارتباط است. انتهای چپ لوله، به ظرفی که فشار آن P باید اندازه‌گیری شود وصل شده است. فشار در نقطه A برابر $P_0 + \rho gh$ است. فشار در نقطه B برابر P است. 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 ۲-۱۸ فشار پیمانه‌ای را به سادگی می‌توان از رابطه $P_g = \rho gh$ به دست آورد. اگر فشار شماره بیشتر از فشار جو باشد، فشار پیمانه‌ای مثبت است (شکل ۲-۱۹ الف). در خلأ نسبی و شماره‌ای که فشار آن کمتر از فشار جو است، فشار پیمانه‌ای منفی است (شکل ۲-۱۹ ب).



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



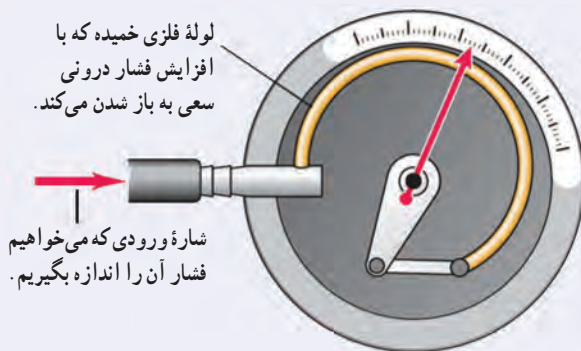
شکل ۲-۱۹ الف) فشار شماره بیشتر از فشار جو است. ب) فشار شماره کمتر از فشار جو است.

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

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

فناوری و کاربرد

فشارسنج بوردون: بسیاری از فشارسنج‌ها برای اندازه‌گیری فشار یک شماره، 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 شناخته می‌شوند معمولاً برای اندازه‌گیری فشار در مخزن‌های گاز و همچنین اندازه‌گیری فشار باد لاستیک وسیله‌های نقلیه به کار می‌روند^۱.



مثال ۲-۵

یکی دیگر از یكاهای 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 ۷۶۰/۰ m تعریف می‌شود (در دمای ۰°C و به ازای $g = ۹/۸ N/kg$). هر اتمسفر، معادل چند پاسکال است؟ چگالی جیوه را برابر $۱۳۶۰۰ kg/m^3$ 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:

$$P_0 = \rho gh = (۱۳۶۰۰ kg/m^3)(۹/۸ N/kg)(۰/۷۶m) = ۱۰۱۲۹۳ Pa \approx ۱/۰ \times ۱۰^5 Pa$$

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

مثال ۲-۶

عمیق‌ترین قسمت خلیج فارس با عمقی حدود ۹۳ متر در نزدیکی جزیره تنب بزرگ قرار دارد. فشار پیمانه‌ای در این عمق چند پاسکال است؟ چگالی آب خلیج فارس را $۱۰۲۸ kg/m^3$ بگیرید.

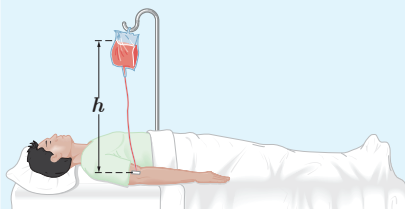
پاسخ: همان‌طور که دیدیم، فشار پیمانه‌ای برابر اختلاف فشار درون شماره با فشار جو است. به این ترتیب داریم:

$$P - P_0 = \rho gh = (۱۰۲۸ kg/m^3)(۹/۸ N/kg)(۹۳m) = ۹۳۶۹۱۹ Pa \approx ۹/۴ \times ۱۰^5 Pa$$

۱- Bourdon gauge

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

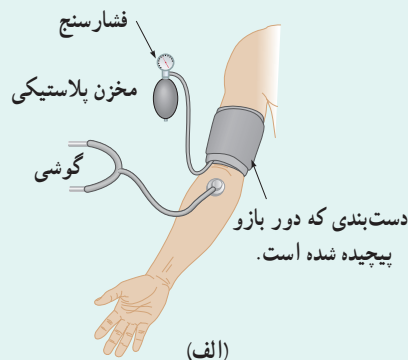
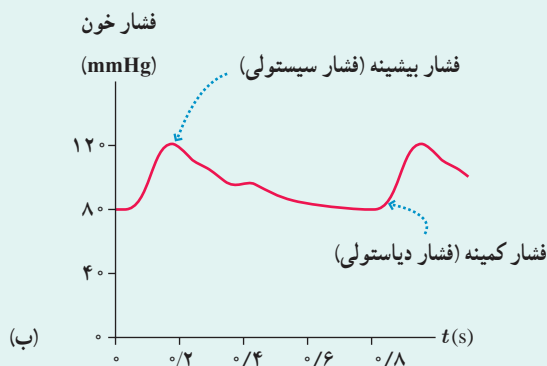
تمرین ۲-۴



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 فشار پیمانهای در سیاهرگ 133° پاسکال باشد، ارتفاع کمیته h چقدر باشد تا محلول در سیاهرگ نفوذ کند؟ چگالی محلول را 1045 kg/m^3 بگیرید.

خوب است بدانید

شکل الف فشارسنجی را نشان می‌دهد که برای اندازه‌گیری فشار خون به کار می‌رود. با چندین بار فشردن مخزن پلاستیکی پر از هوا، فشار دست بند افزایش می‌یابد تا جریان خون در سرخرگ اصلی دست در بازو متوقف شود. سپس دریچه مخزن باز شده، و شخص اندازه‌گیرنده با گوشی به صدای عبور خون از سرخرگ گوش می‌کند. وقتی فشاری که دست بند 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، پُر سر 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 دست بند، صداهای متناوب هنوز شنیده می‌شود تا فشار به زیر فشار کمیته 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.



شناوری ۴-۲

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

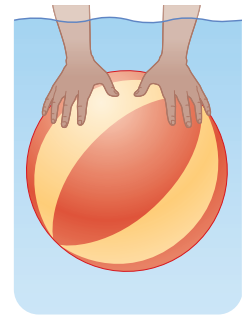
کتاب علوم سال هفتم دیدید وقتی چگالی جسمی بیشتر از چگالی آب باشد در آب فرو می‌رود و ته‌نشین می‌شود، درحالی‌که اگر چگالی جسم کمتر از چگالی آب باشد روی آب شناور می‌ماند. همچنین در حالتی که چگالی جسم و آب یکسان باشد جسم در آب به صورت غوطه‌ور در می‌آید. پیش از پرداختن به دلیل این پدیده‌ها، فعالیت زیر را انجام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



(ب)



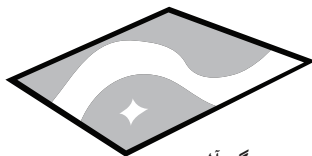
(ب)



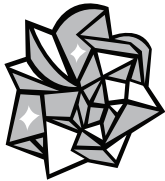
(الف)

شکل ۲-۲۰ (الف) وارد کردن توپ داخل آب، (ب) کشتیرانی در دریای خزر (بندر امیرآباد)، (ب) جابه‌جا کردن یک غواص غوطه‌ور با یک دست

فعالیت ۲-۸

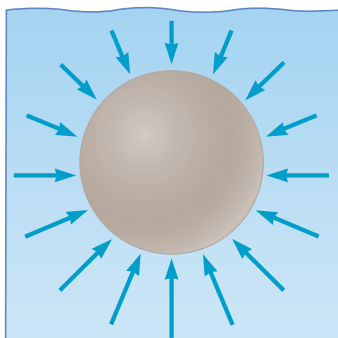


پوش‌برگ آلومینیومی



پوش‌برگ آلومینیومی مجاله‌شده

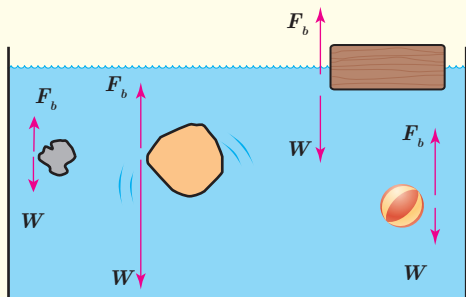
درون یک ظرف مقداری آب بریزید. یک پوش‌برگ (فویل) آلومینیومی به ابعاد تقریبی $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ اختیار کنید و آن را مجاله کنید. پیش‌بینی کنید با قرار دادن پوش‌برگ مجاله شده روی سطح آب، چه اتفاقی می‌افتد؟ آزمایش را انجام دهید. پوش‌برگ دیگری با همان ابعاد اختیار کنید و به جای مجاله کردن، 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.



ارشمیدس دانشمند یونانی دوران باستان، نخستین کسی بود که بی‌برد به جسم‌های درون یک شاره یا غوطه‌ور در آن، همواره نیروی بالاسوی خالصی به نام **نیروی شناوری** از طرف شاره وارد می‌شود. دلیل این نیرو برای جسمی غوطه‌ور درون شاره به طور کیفی در شکل ۲-۲۱ نشان داده شده است.

شکل ۲-۲۱ پیکان‌ها نشان می‌دهند که نیروهای ناشی از فشار وارده بر جسم، به دلیل افزایش عمق، در زیر آن بزرگ‌ترند.

۱- buoyant force



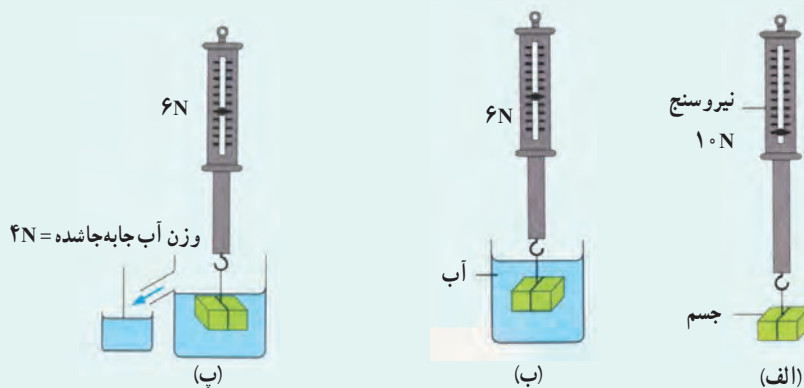
در شکل روبه‌رو، نیروی شناوری F_b و نیروی وزن W وارد بر چند جسم نشان داده شده است. با توجه به نیروی خالص وارد بر هر جسم، وضعیت آن را به کمک یکی از واژه‌های شناوری، غوطه‌وری، فرورفتن و بالارفتن توصیف کنید.

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.

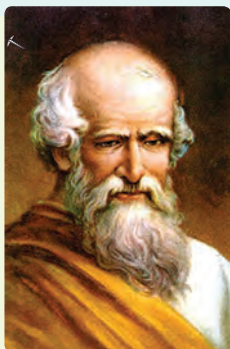
اگر ظرفی لوله‌دار مطابق شکل پ تهیه کنید به طوری که تا سطح لوله دارای آب باشد، با فرو کردن جسم درون آن، آب اضافی از طریق لوله به ظرف دیگری می‌ریزد. وزن آب خارج شده 4 نیوتون است که دقیقاً برابر نیروی شناوری است که از طرف آب به جسم وارد می‌شود.



آزمایشی ساده برای تحقیق اصل ارشمیدس

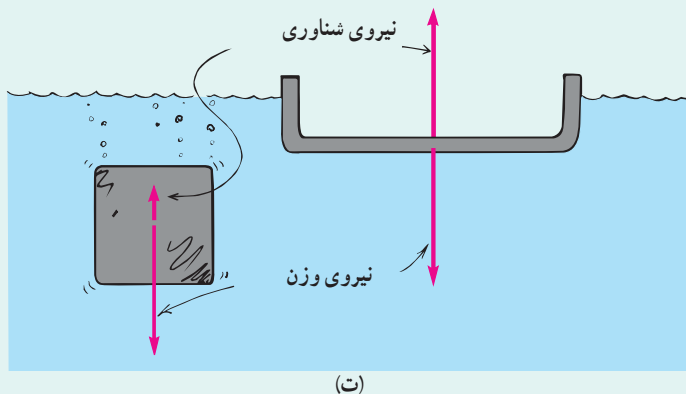
با توجه به آنچه دیدیم اصل ارشمیدس را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

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



ارشمیدس (۲۸۷-۲۱۲ قبل از میلاد) از دانشمندان بزرگ دوران یونان باستان است. شهرت ارشمیدس، بیشتر برای کشف نیروی شناوری است. وی کتابی در مورد اجسام شناور دارد که در برگرفته‌ی نه قضیه است. ارشمیدس این قضایا را بر اساس برهان خلف اثبات می‌کرد؛ یعنی ابتدا خلاف آنها را درست می‌پنداشت و آنگاه نشان می‌داد با توجه به شرایط، فرض او نادرست بوده است. همچنین ارشمیدس در روش خود برای حل مسائل، از آرمانی‌سازی و ساده‌سازی پدیده‌ها بهره می‌گرفت.

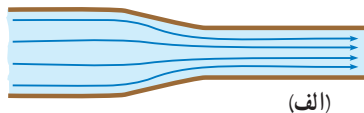
برای مثال با وجود آنکه جرم قطعه‌های آهنی در شکل (ت) با یکدیگر برابر است ولی نیروی بالاسو که از طرف شماره به آنها وارد می‌شود متفاوت است، زیرا همان‌طور که اشاره کردیم این نیرو با وزن شماره‌جا شده توسط جسم برابر است.



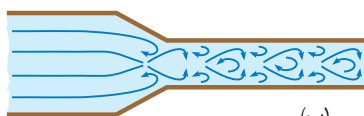
۵-۲ شماره در حرکت و اصل برنولی

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 ۲-۲۲-الف) یا تلاطمی و آشوبناک (شکل ۲-۲۲-ب) باشد. درست مانند هوا، که گاهی به صورت نسیمی ملایم و گاهی به صورت طوفانی پرنرژی می‌وزد.

هنگام حرکت آب در شیلنگ، جریان تند و سریع آب در یک رودخانه (شکل ۲-۲۳-الف)، حرکت خون درون رگ‌ها، حرکت هوا درون سامانه‌های گرمایش و سرمایش، جریان دود در هوا (شکل ۲-۲۳-ب) پدیده‌های جالبی رخ می‌دهد. بررسی این پدیده‌ها اغلب می‌تواند بسیار پیچیده باشد. برای پرهیز از این پیچیدگی‌ها، مدل آرمانی و ساده‌شده‌ای از یک شماره در حال حرکت و بدون تلاطم را بررسی می‌کنیم، افزون بر این فرض می‌کنیم شماره تراکم‌ناپذیر است (یعنی، چگالی آن ثابت است) و اصطکاک داخلی (گران‌روی) ندارد^۱.



(الف)



(ب)

شکل ۲-۲۲ (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)

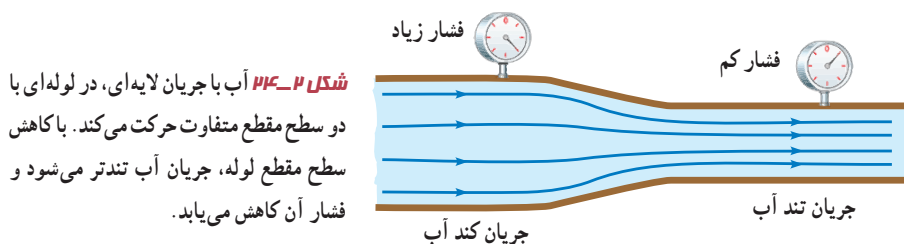


(الف)

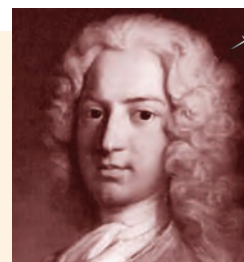
شکل ۲-۲۳ (الف) پل زمان خان (شهر سامان، استان چهارمحال و بختیاری) هنگام عبور آب از مجاری زیر پل. جریان آب در برخی نواحی آشوبناک می‌شود. (ب) جریان لایه‌ای و تلاطم دود. جریان دود از سر چوب عود، در ابتدا لایه‌ای است و سپس در بالا متلاطم می‌شود.

۱- معمولاً از واژه گران‌روی (ویسکوزیته) برای اشاره به اصطکاک داخلی در شماره‌ها استفاده می‌شود.

شکل ۲-۲۴ جریان لایه‌ای آب را، درون لوله‌ای افقی و با دو سطح مقطع متفاوت نشان می‌دهد. در حالت پایا، که همه جای لوله پر 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.

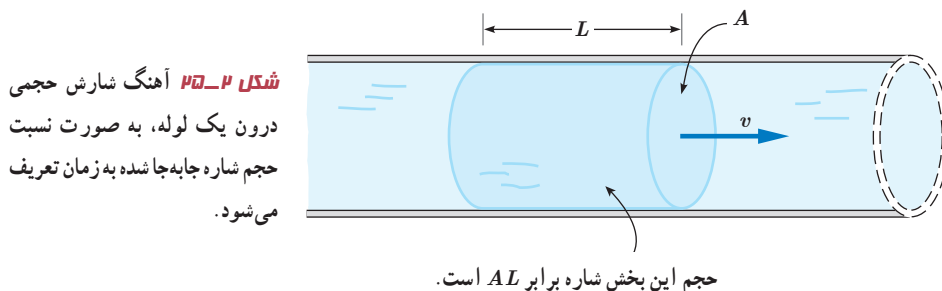


دانیل برنولی، فیزیک‌دان و ریاضی‌دان سوئیسی، متوجه شد که در جاهایی از لوله که جریان آب تندتر است، فشار کمتر است. برنولی همچنین متوجه شد که این اصل نه تنها برای مایع‌ها، بلکه برای گازها نیز برقرار است. **اصل برنولی** برای شماره‌ای که به طور لایه‌ای و در امتداد افق حرکت می‌کند به صورت زیر بیان می‌شود:



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

آهنگ شارش حجمی شماره: شکل ۲-۲۵ جریان یکنواخت شماره‌ای را نشان می‌دهد که با تندی v درون لوله‌ای با سطح مقطع A در حرکت است.

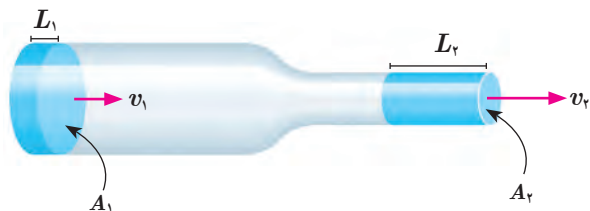


برای شماره تراکم‌ناپذیر، اگر در بازه زمانی Δt ، حجم معینی از شماره $(\Delta V = AL)$ از مقطع A این لوله عبور کند، **آهنگ شارش حجمی شماره** از این مقطع فرضی، از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

دانیل برنولی (۱۷۸۲-۱۷۰۰م) یکی از فیزیک‌دانان و ریاضی‌دانان نامدار سوئیسی است. پدر و برخی دیگر از اعضای فامیل وی، چهره‌های 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 تا کنون در اختیار بشر قرار داده است.

توجه کنید که نسبت مسافت به زمان ($L/\Delta t$) در حرکت یکنواخت شاره، برابر تندی شاره (v) است. **معادله پیوستگی:** شکل ۲-۲۶ 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 شاره، از هر سطح مقطع دلخواه لوله می‌گذرد.

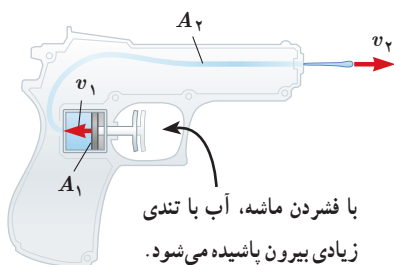


شکل ۲-۲۶ در یک شاره تراکم‌ناپذیر، مقدار شاره‌ای که در بازه زمانی Δt از سطح مقطع A_1 می‌گذرد درست برابر مقدار شاره‌ای است که در همین بازه زمانی از سطح مقطع A_2 می‌گذرد.

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

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (۲-۶)$$

مثال ۲-۲



شکل روبه‌رو یک تفنگ آب‌پاش را نشان می‌دهد که با فشردن ماشه آن، آب با تندی زیادی بیرون می‌آید. اگر $A_1 = 2.0 \text{ cm}^2$ ، $A_2 = 0.10 \text{ mm}^2$ و $v_1 = 0.30 \text{ cm/s}$ باشد تندی خروج آب را به دست آورید.

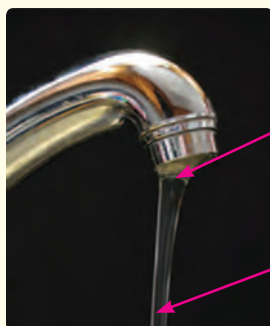
پاسخ: با توجه به فرض‌های مسئله، از معادله پیوستگی به سادگی می‌توان تندی خروج آب از تفنگ را به دست آورد. از معادله ۲-۶ داریم:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$(2.0 \text{ cm}^2)(0.30 \text{ cm/s}) = (0.10 \times 10^{-2} \text{ cm}^2)v_2$$

به این ترتیب تندی خروج آب برابر $v_2 = 6.0 \times 10^2 \text{ cm/s} = 6.0 \text{ m/s}$ است.

پوشش ۲-۲



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 روبه‌رو). دلیل این پدیده را با توجه به معادله پیوستگی توضیح دهید.

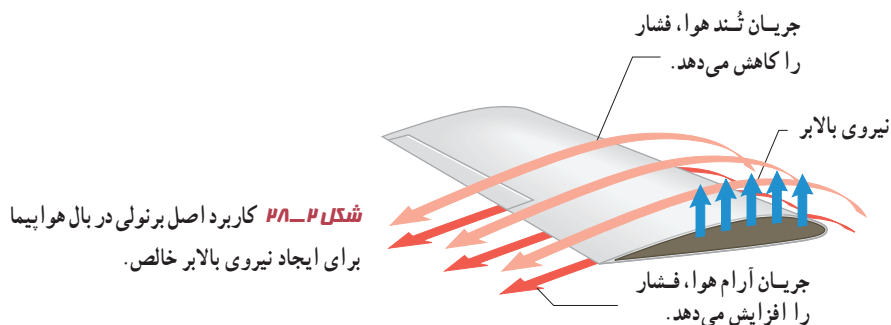
کاربردهایی از اصل برنولی: از بررسی نیروی بالابر وارده به بال‌های هواپیما گرفته تا بررسی

حرکت کات‌دار توپ فوتبال و افشانه‌عطر، از اصل برنولی استفاده می‌شود. شکل ۲-۲۷ آزمایش ساده‌ای را نشان می‌دهد که در علوم ششم 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. با 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 بالابر خالصی به بال هواپیما وارد می‌شود.^۱



پرسش ۲-۸

پوشش برزنتی صاف و تخت است.

کامیون در حال توقف



پوشش برزنتی پُف کرده است.

کامیون در حال حرکت



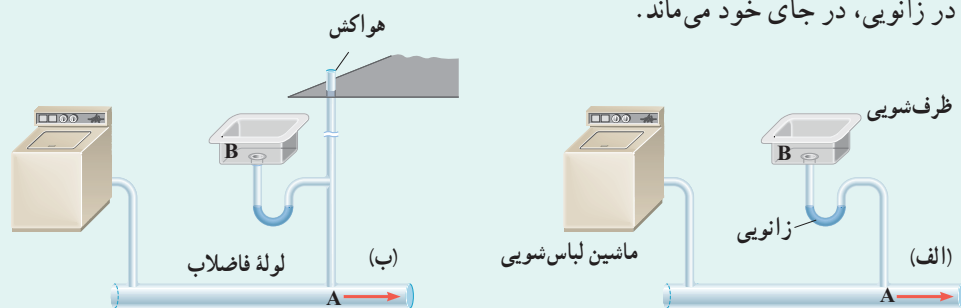
الف) روزهایی که باد می‌وزد، ارتفاع موج‌های دریا یا اقیانوس بالاتر از ارتفاع میانگین می‌شود. با اصل برنولی چگونه می‌توان افزایش ارتفاع موج را توضیح داد؟

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 بالابر که براساس اصل برنولی ایجاد می‌شود، بخش کوچکی از نیروی بالابر هواپیما را تأمین می‌کند. بخش عمده‌تر این نیروی بالابر وارد بر هواپیما، منشأ دیگری دارد که موضوع بحث این کتاب نیست.

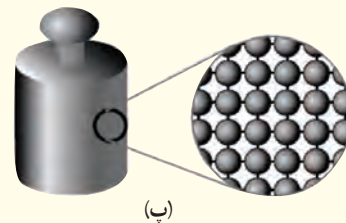
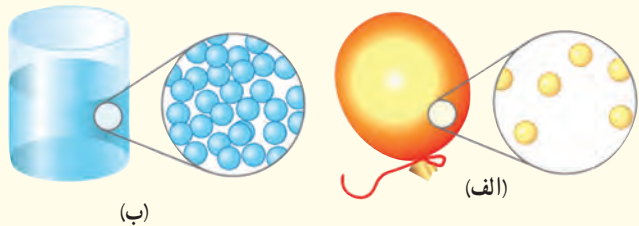
یک مثال عملی از کاربرد اصل برنولی در لوله کشی ساختمان، در شکل زیر نشان داده شده است. ابتدا فرض کنید لوله هواکش در نظر گرفته نشده باشد (شکل الف). جمع شدن آب در زانویی زیر ظرف شویی، مشابه یک درپوش عمل می‌کند. این درپوش، مانع از آن می‌شود که گاز تولید شده در لوله فاضلاب، از خروجی چاهک ظرف شویی بالا آمده و وارد آشپزخانه شود. اما وقتی ماشین لباس شویی آب حاصل از شست 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 زانویی را که مشابه یک درپوش 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 زانویی، در جای خود می‌ماند.



۱-۲ حالت های ماده

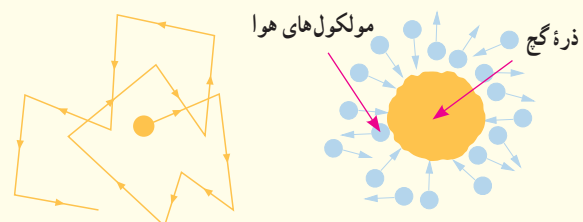
۱ دریافت خود را از شکل های زیر بر اساس مفهیمی که از سه حالت معمول ماده فرا گرفته اید بیان کنید.



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



۳ 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.



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

۴ توضیح دهید چرا

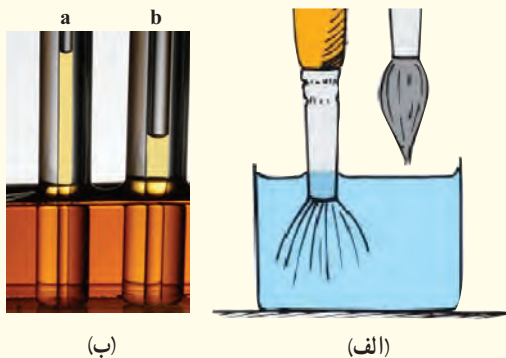
الف) پدیده پخش در گازها، سریع تر از مایع ها انجام می شود. در توضیح خود به چند مثال نیز اشاره کنید.
ب) یک بادکنک پر از باد، حتی اگر دهانه آن نیز کاملاً بسته شده باشد، باز هم رفته رفته کم باد می شود.

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



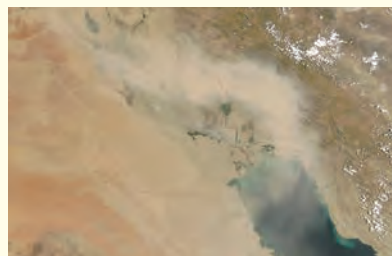
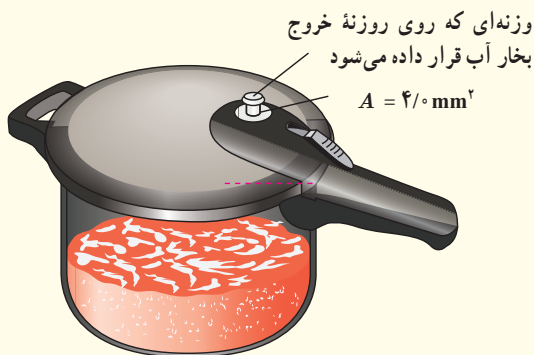
۷ تغییرات اقلیمی سال های اخیر در کشورهای غرب ایران، پدیده خطرناک ریزگردها را به مناطق وسیعی از کشورمان گسترش داده است. چگالی ریزگردها در حالتی که ته نشین شده باشد تقریباً دو برابر چگالی آب است.

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 پاشند؟

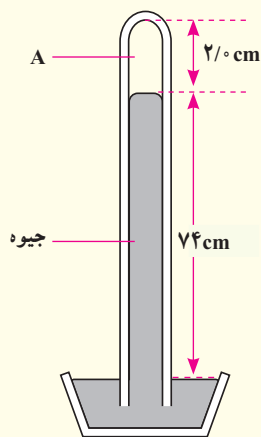
ب) بررسی کنید برای مقابله با این پدیده و مهار آن، چه تدابیری را می‌توان اندیشید.

۲-۳ فشار در شاره‌ها

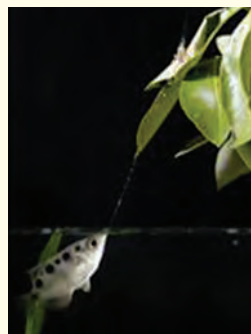
۹) مساحت روزنه خروج بخار آب، روی درب یک زودپز $4/0 \text{ mm}^2$ است (شکل زیر). جرم وزنه‌ای که روی این روزنه باید گذاشت چقدر باشد تا فشار داخل آن در $2/0 \text{ atm}$ نگه داشته شود؟ فشار بیرون دیگ زودپز را $1/0 \text{ atm}$ بگیرید.



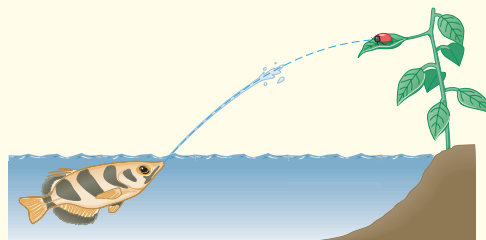
۱۰) شکل زیر یک جوسنج ساده جیوه‌ای را نشان می‌دهد. (ضخامت دیواره شیشه‌ای را نادیده بگیرید.)



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 نشستند، 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.



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

فریدون شهر: ۲۶۱۲m سمیرم: ۲۴۳۴m

بروجن: ۲۲۶۵m شهرکرد: ۲۰۷۲m

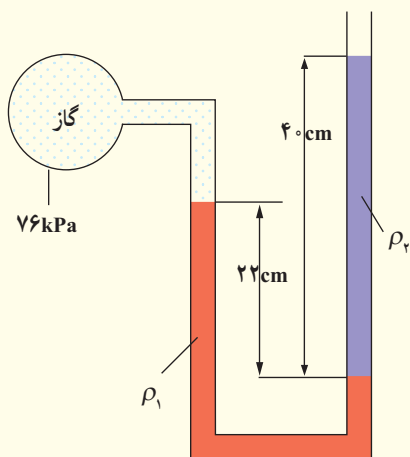
با توجه به نمودار شکل ۲-۱۶، فشار تقریبی هوا را در این چهار شهر بنویسید.

ب) چگالی 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.

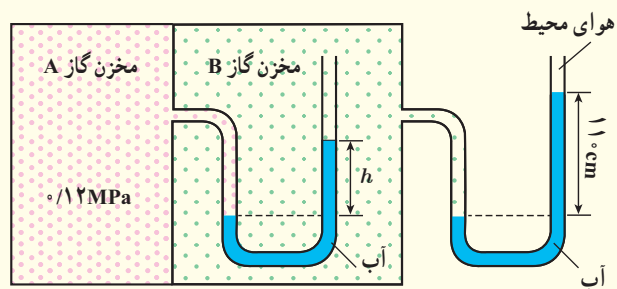
۱۲ غواص‌ها می‌توانند با قرار دادن یک سر لوله‌ای در دهان خود، در حالی که سر دیگر آن از آب بیرون است، تا عمق بیشینه‌ای در آب فرو روند و نفس بکشند (شکل زیر). با گذشتن از این عمق، اختلاف فشار درون و بیرون ریه غواص افزایش می‌یابد و غواص را ناراحت می‌کند. چون هوای درون ریه از طریق لوله با هوای بیرون ارتباط 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 هوا فشرده می‌توانند تا عمق بیشتری در آب فرو روند، زیرا فشار هوای درون ریه آنها با افزایش عمق، همپای فشار آب بر سطح بیرونی بدن زیاد می‌شود.)

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

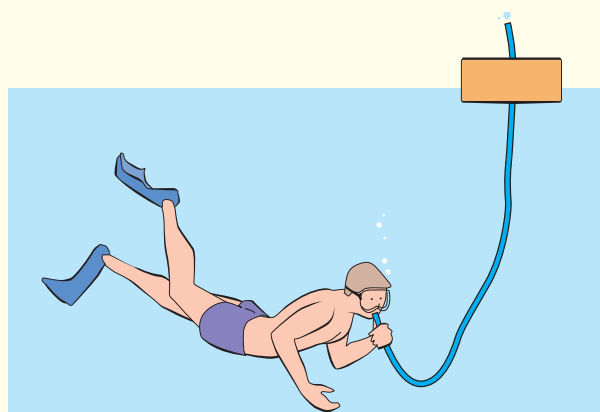
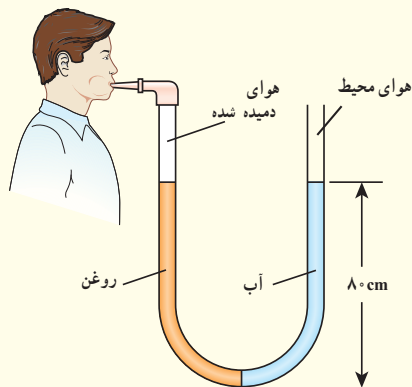
اگر فشار هوای بیرون لوله U شکل 101 kPa باشد، چگالی مایع را تعیین کنید.



۱۴ در شکل زیر مقدار h چند سانتی‌متر است؟ فشار هوای محیط را 101 kPa و چگالی آب را 1000 kg/m^3 بگیرید.



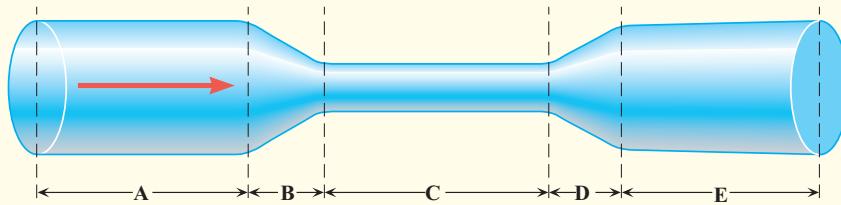
۱۵ لوله U شکلی را در نظر بگیرید که محتوی حجم مساوی از آب و روغن است (شکل زیر).



۲-۵ اشاره در حرکت و اصل برنولی

۱۷ در لوله‌ای پراز آب مطابق شکل زیر، آب از چپ به راست در جریان است. روی این لوله ۵ قسمت (A, B, C, D و E) نشان داده شده است.

الف) در کدام یک از قسمت‌های لوله، تندی آب، در حال افزایش، در حال کاهش، یا ثابت است؟
ب) تندی آب را در قسمت‌های A, C و E لوله با یکدیگر مقایسه کنید.



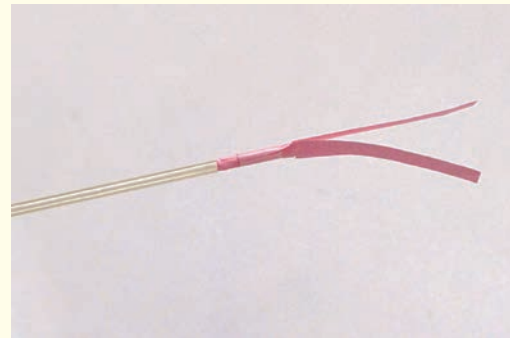
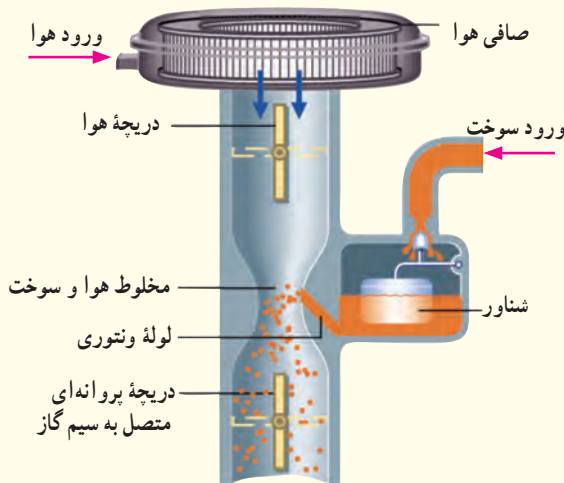
با توجه به اطلاعات روی شکل، فشار پیمانه‌ای هوای درون ربه شخصی که از شاخه سمت چپ لوله درون آن دمیده، چقدر است؟ چگالی روغن را 805 kg/m^3 بگیرد.

۲-۴ شناوری

۱۶ توضیح دهید چرا نیروی شناوری برای جسمی که در یک شماره قرار دارد رو به بالاست.

۱۸ دو نوار کاغذی به طول تقریبی 10 cm را مطابق شکل (الف) به انتهای یک نی نوشابه بچسبانید. وقتی مطابق شکل (ب) به درون نی دمیده می شود نوارهای کاغذی به طرف یکدیگر جذب می شوند. با توجه به اصل برنولی دلیل این پدیده را توضیح دهید.

۱۹ شکل زیر کاربراتور یک موتور بنزینی قدیمی را نشان می دهد. حجم هوایی که وارد کاربراتور می شود توسط دریچه پروانه‌ای که به سیم گاز خودرو وصل شده، قابل تنظیم است. با توجه به کاربرد اصل برنولی در ساختمان یک کاربراتور، توضیح دهید چرا با فشردن بیشتر پدال گاز، دور موتور خودرو افزایش می یابد و خودرو می تواند سریع تر حرکت کند.

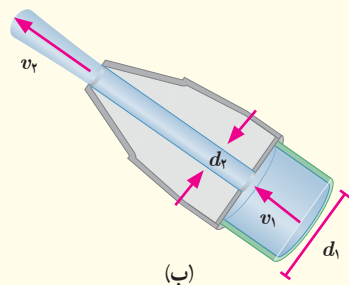


(الف)



(ب)

شده است. اگر آب با تندی $v_1 = 1/50 \text{ m/s}$ از لوله وارد شیر شود و قطر ورودی شیر $d_1 = 9/60 \text{ cm}$ و قطر قسمت خروجی آن $d_2 = 2/50 \text{ cm}$ باشد، تندی خروج آب را از شیر پیدا کنید.



شکل (الف) آتش‌نشانی را در حال خاموش کردن آتش از فاصله نسبتاً دوری نشان می‌دهد. نمایی بزرگ‌شده از شیر بسته‌شده به انتهای لوله آتش‌نشانی در شکل (ب) نشان داده

