

فصل ۵

ویژگی‌های ماده

ایجاد انگیزه

تصویر شروع فصل می‌تواند آغاز خوبی برای درگیر کردن ذهن دانش‌آموزان با برخی از مفاهیم فصل ۵ باشد و از طرفی می‌تواند به عنوان ایجاد انگیزه نیز مورد توجه قرار گیرد. این تصویر، تغییر حالت ماده را به عنوان راه‌حلی برای ایجاد نقش و نگارهای متنوع بر روی برخی از فلزها نشان می‌دهد.

علاوه بر این می‌توانیم هم از تجربه‌های شخصی خود و هم از موارد دیگری که در ادامه آمده است برای ایجاد انگیزه و درگیر کردن ذهن دانش‌آموزان استفاده کنیم.

– چرا حرکت ذره‌های گرد و غبار موجود در هوا درهم و برهم است؟

– چرا بوی عطر یا بوی غذا پس از مدتی در هوای اتاق

پخش می‌شود؟

– چگونه ممکن است یک سوزن ته گرد فلزی بر روی

سطح آب بماند؟

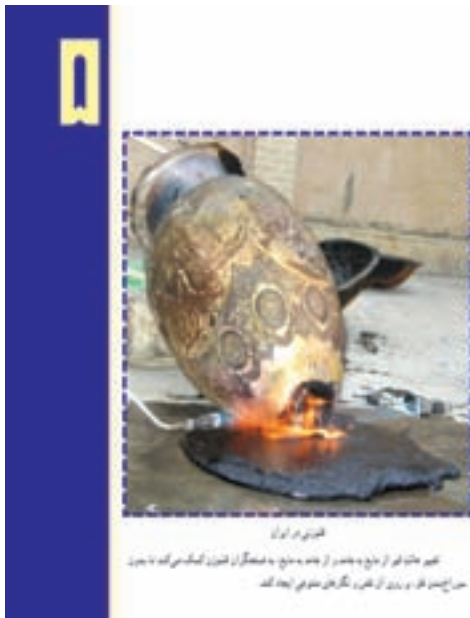
– چگونه رطوبت و آب موجود در خاک از طریق ریشه‌ی

گیاهان و درختان به شاخه‌ها و ساقه‌ها منتقل می‌شود؟

راهنمای تدریس: پس از ایجاد انگیزه و درگیر کردن

ذهن دانش‌آموزان با عنوان فصل و برخی از مفاهیم فصل، توصیه می‌شود توجه دانش‌آموزان را به مقدمه‌ی فصل و هم‌چنین شکل ۱-۵ معطوف کنیم. با توجه به این که دانش‌آموزان برای پاسخ

به پرسش‌های مطرح شده می‌توانند از تجربه‌های روزمره‌ی خود و هم‌چنین مفاهیمی که در کتاب‌های علوم راهنمایی یاد گرفته استفاده کنند، اجازه دهیم دانش‌آموزان پس از بحث در گروه خود، پاسخ‌های خود را برای پرسش‌های مطرح شده در کلاس



بیان کنند. این پاسخ‌ها می‌تواند نشان‌دهنده‌ی وضعیت فعلی دانش‌آموزان باشد و ما را با آنچه دانش‌آموزان از این مفاهیم تاکنون در ذهن و تجربه‌ی خود دارند آشنا سازد و برای ادامه‌ی آموزش یاری رساند.

توجه: در شرح شکل ۱-۵ آمده است که در عکس برداری این تصویر از رنگ‌های متفاوت استفاده شده است. می‌توانیم دلیل آن را از دانش‌آموزان بخواهیم تا پاسخ دهند. پاسخ مورد انتظار این است که دانش‌آموزان اشاره کنند: برای مشاهده‌ی وضعیت و سطح مایع در هر حالت (لحظه‌های مختلف) این تفکیک رنگ‌ها ضرورت داشته است.

۱-۵- حالت‌های مختلف ماده

هدف: آشنایی با سه حالت مختلف ماده از دیدگاه مولکولی

راهنمای تدریس: دانش‌آموزان هم از دوره‌ی راهنمایی و هم از فصل سوم فیزیک (۱) و آزمایشگاه با اتم و ساختار آن آشنایی دارند. در این جا باید توجه دانش‌آموزان را بیشتر با اندازه‌ی تقریبی اتم‌ها، که حدود $10^{-10} \text{ m} = 1 \text{ \AA}$ است، معطوف کنیم. هم‌چنین به این موضوع اشاره شود که مولکول‌ها از اتم‌ها ساخته می‌شوند و مولکول‌ها به صورت تک اتمی، دو اتمی و ... و یا مثل پلیمرها که از هزاران اتم تشکیل شده‌اند، می‌توانند وجود داشته باشند.

۵-۱-۱ حالت‌های مختلف ماده

می‌دانیم که مولکول‌ها کوچک‌ترین جزء سازنده ماده‌اند. اندازه آنها در حدود یک انگشتروم (10^{-10} m) است. اندازه مولکول‌ها بستگی به این اثر دارد که از چند اتم تشکیل شده است. در فعالیت زیر می‌تواند اندازه یک مولکول روغن را برآورد کنید.

فعالیت ۱-۵

یک قطره روغن را روی سطح آب چکانید. قطره روغن روی سطح آب گسترش می‌یابد. هرچه سطح آب وسیع‌تر باشد، گسترش روغن بیشتر است. این گسترش آنقدر ادامه می‌یابد تا در روی سطح آب لایه‌ای نازکی که ضخامت آن در حدود اندازه یک مولکول است تشکیل شود. با اندازه‌گیری عرضی مساحت روغن در روی سطح آب و نیز اندازه‌گیری حجم قطره در فصل ۶ روستی برای اندازه‌گیری آن داده شده است. می‌تواند ضخامت لایه را برآورد کنید. ضخامت لایه برآوردی از اندازه مولکول روغن است.

ماده‌ها در حالت‌های گاز، مایع و جامد یافت می‌شوند. اکنون به بررسی این حالت‌ها می‌پردازیم.

الف- گاز: در حالت گازی مولکول‌ها آزادانه به اطراف حرکت می‌کنند و با یکدیگر و با دیواره ظرف برخورد می‌کنند. فاصله مولکول‌ها در حالت گاز در حدود چند ده برابر فاصله آن‌ها در مایع و جامد است. ویژگی‌هایی را که در بالا شرح دادیم می‌توان نا محدودی یا انجام فعالیت‌ها و مشاهده‌های زیر یافت.

فعالیت ۳-۵

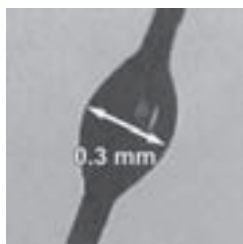
در یک ظرف نوبله پلاستیکی را بپندید و سعی کنید آن را متراکم کنید. سپس آنرا بر آب کبده و دوباره سعی کنید آن را متراکم کنید. در کدام حالت متراکم‌ترین ظرف متشکل بر است؟

اگر در مواردی بود که کوچکترین جزء سازنده ماده که است برای ساختن آن را، مولکول‌ها برای این جزء استفاده کنید.

۱۱۷

فعالیت ۱-۵

هدف اصلی این فعالیت برآورد اندازه‌ی یک مولکول است. برای انجام این فعالیت بهتر است به توصیه‌هایی که در ادامه آمده است، توجه شود. به جای روغن می‌توانید از صابون مایع نیز استفاده کنید. برای جداسازی یک قطره روغن یا صابون مایع و قرار دادن آن بر سطح آب می‌توانیم انتهای یک موی را به آرامی داخل ظرف محتوی روغن یا صابون مایع کرده و آن را خارج کنیم و به آرامی روی سطح آب درون ظرف قرار دهیم. توجه کنید که ضخامت موی انسان حدود 1 mm و قطر قطره‌ی روغنی که در انتهای موی تشکیل می‌شود حدود 3 mm است (شکل ۱-۵).



شکل ۱-۵

هم‌چنین برای آن که گسترش قطره‌ی روغن یا صابون مایع را بر روی سطح آب به خوبی مشاهده کنیم بهتر است به کمک نمک پاش! مقداری فلفل بر روی سطح آب

بیشیم. این کار را پیش از قرار دادن قطره‌ی روغن روی سطح آب انجام می‌دهیم. پس از آن که گسترش سطح قطره‌ی روغن یا صابون مایع بر روی سطح آب به حد کافی رسید و تقریباً متوقف گردید با توجه به اندازه‌گیری قطر لایه‌ی روغن یا صابون مایع بر روی آب می‌توانیم اندازه‌ی تقریبی قطر یک مولکول را با توجه به شکل ۲-۵ پیدا کنیم.



شکل ۲-۵

که اتم‌ها یا مولکول‌های آن دارای ویژگی‌های زیر هستند.
الف) نیروهای بین مولکولی تنها در مدت کوتاه برخورد ذره‌ها با یکدیگر و با دیواره‌های ظرف تأثیر می‌کنند.
ب) بسیار سریع حرکت می‌کنند (با سرعتی حدود 1700 km/h).

پ) وقتی در ظرفی قرار می‌گیرند آزادانه به اطراف حرکت می‌کنند و به سرعت تمام فضای ظرف را اشغال می‌کنند.

لازم به ذکر است در اینجا بحث گازها باید به طور عام مطرح شود و نباید در این قسمت به گازهای کامل اشاره کرد. ویژگی‌هایی که در بالا اشاره شد مربوط به رفتار گازها به طور عام است.

نکته‌ی مهم پیرامون فعالیت ۱-۵: همان‌طور که اشاره شد هدف اصلی این برآورد اندازه‌ی یک مولکول است ولی باید توجه کرد که ضخامت لایه‌ی روغن و یا صابونی که روی سطح آب تشکیل می‌شود نمی‌تواند کمتر از قطر یک مولکول باشد. هر چند نمی‌توان تضمین کرد که لایه از یک مولکول تشکیل شده باشد.

الف - گازها

هدف: آشنایی با ویژگی گازها

راهنمای تدریس: برای شروع تدریس باید مطمئن شویم که دانش‌آموزان با مفاهیم اتم و مولکول آشنا هستند. زیرا در پایان دانش‌آموز باید به این درک برسد که گاز حالتی از ماده است

فعالیت ۲-۵

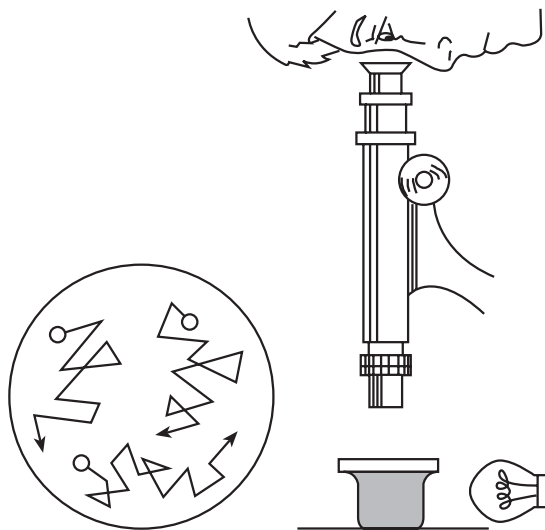
هدف اصلی این فعالیت مقایسه‌ی بین تراکم پذیری گازها و مایع‌هاست. هر چند این فعالیت در ادامه‌ی مبحث گازها مطرح شده است ولی بهتر است پس از بحث مایع‌ها به انجام این فعالیت پرداخته شود.

آورند. برای آن درک دانش‌آموزان را از این پدیده ارزشیابی کنیم پرسش پیشنهادی زیر را مطرح کرده و بگذاریم دانش‌آموزان به طور گروهی بحث کنند و سپس بحث‌های خود را در کلاس مطرح کنند.

در ادامه‌ی درس دانش‌آموزان با مفهوم یا بهتر است بگوییم پدیده‌ی پخش در گازها آشنا می‌شوند. در کتاب درسی مثال‌های خوبی برای معرفی این پدیده آمده است و به نظر می‌رسد دانش‌آموزان به سادگی بتوانند درک درستی از این پدیده به دست

همان‌طور که می‌دانیم هوای اطراف کره‌ی زمین آمیزه‌ای از گازهای مختلف همچون نیتروژن، اکسیژن و کربن‌دی‌اکسید، بخار آب و ... است. اگر پدیده‌ی پخش رخ نمی‌داد آیا زندگی در روی زمین به‌وجود می‌آمد؟

پاسخ: آنچه باید در جمع‌بندی دانش‌آموزان در پاسخ به این پرسش به آن اشاره شود این است که در صورتی که این پدیده رخ نمی‌داد، میدان گرانشی زمین، جو را به چند لایه تقسیم می‌کرد به طوری که پایین‌ترین لایه شامل سنگین‌ترین گاز، یعنی کربن‌دی‌اکسید می‌بود و بالای آن به ترتیب اکسیژن، نیتروژن بخار آب و گازهای بی‌اثر قرار می‌گرفتند.



شکل ۳-۵

ظرفی شیشه‌ای را از دود پر کنید (مثلاً تکه‌ای کاغذ در آن آتش زده و خاموش کنید)، و مطابق شکل ۳-۵ توسط لامپی روشن پرتوهای نور به آن بتابانید. به کمک میکروسکوپ به ذره‌های دود درون ظرف نگاه کنید و به حرکت نامنظم و درهم و برهم آن‌ها توجه کنید. این حرکت کاتوره‌ای را حرکت براونی نیز می‌گویند.

فعالیت پیشنهادی

دانستنی



حرکت براونی

در سال ۱۸۲۸ گیاه‌شناسی به نام رابرت براون، حرکت «درهم و برهم» و بی‌وقفه‌ی گرده‌های گیاهی را در آب توصیف کرد. ذرات کوچکی که او در میکروسکوپ خود مشاهده کرده بود، به‌طور بی‌وقفه در حرکت بودند. آلبرت اینشتین در ماه مه ۱۹۰۵، هنگامی که بیست و شش ساله بود و در اداره‌ی ثبت اختراعات برای دولت سوئیس کار می‌کرد، مقاله‌ی کوتاهی برای Annalen der Physik فرستاد که در آن حرکت براونی به صورت کمی توضیح داده شده بود. او در این مقاله نشان داد که حرکت براونی ذرات، بر اثر نیروهای متغیری است که از برخورد ذرات با مولکول‌ها حاصل می‌شوند. هر چند در آن زمان، حتی وجود مولکول‌ها هم برای همه‌ی دانشمندان مسلم نشده بود.

اما چند سال بعد، ژان پرن با استفاده از نتایج اینشتین توانست جرم مولکول‌ها را از طریق اندازه‌گیری‌هایش در حرکت براونی تعیین کند، و بی‌هیچ تردیدی وجود مولکول را نشان دهد.

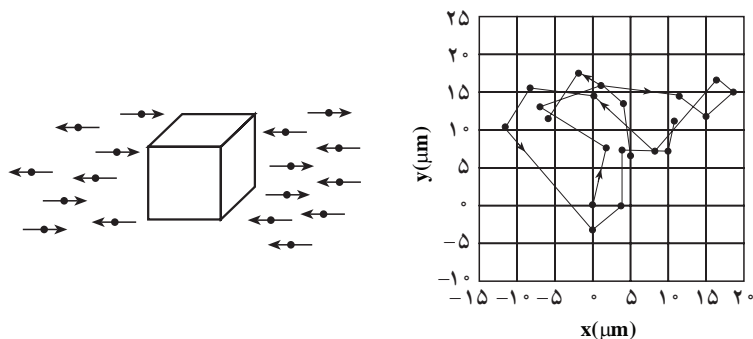
اگر چه براون و پرن ذرات کوچک موجود در آب را مطالعه کردند، اما در این جا حرکت براونی در هوا را که ساده‌تر است به بحث می‌گذاریم. نمودار سمت چپ شکل ۵-۴ مکعبی را نشان می‌دهد که مولکول‌های اکسیژن و نیتروژن موجود در هوا آن را بمباران می‌کنند؛ به خاطر سادگی فقط حرکت در یک بعد را در نظر گرفته‌ایم. فشار وارد بر مکعب از برخورد مولکول‌ها حاصل می‌شود. برخورد مولکول‌ها با مکعب را طی زمانی بسیار کوتاه، که به‌طور متوسط فقط برای 10^9 برخورد با هر وجه مکعب کفایت کند، در نظر می‌گیریم. اما در تعداد این برخوردها افت و خیزهای آماری وجود خواهد داشت؛ گاهی تعداد برخوردها بیشتر و گاهی کمتر است. با در نظر گرفتن نظریه‌ی ساده‌ی آماری، متوسط افت و خیزها در تعداد برخوردها حدود $\sqrt{10^9}$ خواهد بود، یعنی افت و خیز فشار وارد بر هر وجه نسبت به میانگین فشار در حدود 10^9 درصد است. مکعب بر اثر این نیروهای متغیر خنثی نشده، گاهی به چپ، گاهی به راست، گاهی بیشتر و گاهی کمتر به حرکت در خواهد آمد. ولی اگر همان فشار از برخورد 10^9 مولکول بسیار کوچک در همان زمان وارد شود، افت و خیز میانگین فشار 10^9 بار کمتر یعنی فقط 1 درصد خواهد شد و حرکت مکعب حدود 10^9 بار کمتر خواهد بود. بدین‌سان، بزرگی افت و خیزهای فشار و هم‌چنین حرکت براونی ناشی از آن بستگی دارد به تعداد ذرات موجود در حجم معین گاز.

زمانی که افت و خیز فشار بر ذره نیرو وارد می‌آورد، ذره در ابتدا حرکت می‌کند و سپس حرکت آن بر اثر اصطکاک ناشی از گران‌روی کند می‌شود؛ هرچه گران‌روی بیشتر باشد، جابه‌جایی ذره کمتر است. پس از آن، ذره بر اثر افت و خیز بعدی فشار دوباره به حرکت در می‌آید. اما جابه‌جایی کتره‌ای بعدی همان قدر که ممکن است از جابه‌جایی اولی کم کند، ممکن است به آن اضافه کند. در این صورت، ذره «گشتی کتره‌ای» خواهد داشت. چون احتمال حرکت در همه‌ی جهت‌ها یکسان است، جابه‌جایی‌های متعدد در طول زمان تمایل به حذف یکدیگر خواهند داشت و میانگین جابه‌جایی مجموعه‌ای از ذرات صفر خواهد بود. اما مربع این جابه‌جایی‌های انحرافی، $(\Delta x)^2$ ، لزوماً مثبت خواهد بود و با گذشت زمان انباشته خواهد شد؛ در واقع کل مربع جابه‌جایی‌های انحرافی باید متناسب با گذشت زمان باشد. اینشتین دریافت که برای کره‌ای به شعاع a ، داریم

$$\overline{(\Delta x)^2} = \frac{RT/N_A}{3\mu\eta a} \Delta\tau \quad (1)$$

که در η ضریب گران‌روی، $\Delta\tau$ زمان سپری شده، R ثابت گازها، و T دمای مطلق است. در این جا $RT = PV$ است، که در آن P فشار و V حجم هر مول گاز محتوی N_A مولکول است. توجه کنید که میانگین مربعی انحراف $(\Delta x)^2$ با گران‌روی η و هم‌چنین با N_A ، تعداد مولکول‌ها در هر مول گاز، تناسب معکوس دارد.

پرن در آزمایش اولیه‌اش پیرامون حرکت براونی، حرکت کره‌های منفرد کندر رومی را در آب زیر نظر گرفت، و مکان آن‌ها را در هر 20 ثانیه مشخص کرد. کره‌ها کوچک بودند و قطری در حدود طول موج نور آبی رنگ داشتند، ولی جرم آن‌ها حدود 1 میلیارد بار بزرگ‌تر از مولکول اکسیژن یا نیتروژن بود. نمودار سمت راست شکل ۵-۴، شبیه‌سازی رایانه‌ای نوع نتایجی را نشان می‌دهد که پرن با اندازه‌گیری‌های خود با استفاده از میکروسکوپ به‌دست آورده بود. نقطه‌ها نشان‌دهنده [مکان‌های کره در هر یک از] مشاهدات‌اند؛ خطوطی که نقطه‌ها را به هم متصل می‌کنند فقط سلسله مراتب را نشان می‌دهند - ذرات به‌طور کتره‌ای و نامنظم از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر سوق داده می‌شوند.



شکل ۴-۵ - ذره‌ای در هوا با مولکول‌های گاز بمباران می‌شود، و این برخوردها فشار هوا را بر ذره وارد می‌کنند. در سمت راست، شبیه‌سازی مکان‌های ذره‌ی کندر در آب در هر ۳۰S نشان داده شده است.

اگر پرن می‌توانست اندازه‌گیری‌ها را 10^6 بار سریع‌تر یعنی هر $3/10^6$ ثانیه یک بار انجام دهد، نقشی با همان ویژگی گشت کتره‌ای، اما در مقیاس یک دهم، به دست می‌آمد. اگر اندازه‌گیری‌ها هر 3000 ثانیه یک به کار یعنی 10^6 بار آهسته‌تر انجام می‌شد، باز هم نقشی مشابه، اما با مقیاسی ده مرتبه بزرگ‌تر، حاصل می‌شد. حرکت براونی، فراکتال گونه است - یعنی نقش آن در هر مقیاسی یکسان است. هر چه مقیاس کوچک‌تر شود، میانگین سرعت سوق از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر، به نسبت عکس ضریب مقیاس بزرگ‌تر می‌شود. اما این سرعت هنوز هم از میانگین سرعت لحظه‌ای کره‌ها خیلی کوچک‌تر است. برای هر ذره‌ای که با گاز یا مایع در تعادل دمایی باشد، متوسط انرژی جنبشی برابر است با:

$$\overline{(1/2)mv^2} = (3/2)RT/N_A = (3/2)kT$$

که در آن $k = R/N_A$ ثابت بولتزمن است. بنابراین، متوسط انرژی جنبشی کره‌ی کندری با میانگین انرژی هر مولکول هوا برابر می‌شد. با استفاده از این رابطه، میانگین سرعت لحظه‌ای کره‌های کندری در حدود 1 cm/s بود؛ ولی حرکت سوقی چنین کره‌ای در هر 30 ثانیه نوعاً از $1/1000$ سانتی‌متر هم کمتر است.

پرن با استفاده از 20 اندازه‌گیری که در 10 دقیقه انجام شده بود. همانند آنچه در شکل ۴-۵ آمده است، توانست 20 مقدار برای $(\Delta x)^2$ و 20 مقدار برای $(\Delta y)^2$ که به همان اندازه مفید است، به دست آورد. پس از تعیین مقدار میانگین $(\Delta x)^2$ ، با اندازه‌گیری حرکت ذرات بسیار متعددی در تعداد زیادی از بازه‌های 30 ثانیه‌ای، پرن به کمک معادله‌ی (۱) دریافت که در هر یک مول گاز $N_A = 6 \times 10^{23}$ مولکول وجود دارد. عدد N_A را عدد آووگادرو (یا عدد لوشمیت) می‌نامند. پرن با تبعیت از دستاورد نظری اینشتین، ثابت کرده بود که مولکول‌ها وجود دارند و جرم آن‌ها را هم تعیین کرد. او در سال 1926 ، به خاطر این موفقیت، برنده‌ی جایزه‌ی نوبل شد.

ب- مایع

راهنمای تدریس: مطابق پیشنهاد کتاب، برای

معرفی مایع می‌توانید ویژگی‌های آن را با ویژگی‌های گاز مقایسه کنید انجام فعالیت ۵-۲ در این قسمت توصیه می‌شود.

در این مقایسه می‌توانید هم به شباهت‌ها و هم به تفاوت‌ها اشاره کنید. در صورتی که فضای کلاس را آماده می‌بینید بهتر است ابتدا از دانش‌آموزان بخواهید که با توجه به دانش قبلی خود آنچه تاکنون از گازها یاد گرفته‌اند به شباهت‌ها و تفاوت‌ها اشاره کنند. در ادامه به برخی از این شباهت‌ها و تفاوت‌ها اشاره شده است:

تفاوت: فاصله‌ی بین اتم‌ها یا مولکول‌های مایع بسیار کمتر از مولکول‌های گاز است (در حدود 10^{-10} m). اتم‌ها یا مولکول‌های مایع همواره با یکدیگر برهم‌کنش دارند در صورتی که در گازها فقط در حین برخورد با هم برهم‌کنش دارند.

شباهت: حرکت مولکول‌های مایع نیز مانند گازها کاتوره‌ای و درهم و برهم است.

اشاره: در صورتی که مایع از مولکول‌هایی با دو اتم یا بیشتر ساخته شده باشد (مانند آب با مولکول‌های سه اتمی)، برهم‌کنش بین اتم‌های آن بسیار قوی‌تر از برهم‌کنش بین مولکول‌های آن است.

از این فعالیت می‌توان دریافت که فاصله مولکول‌ها در حالت گاز بیش‌تر از فاصله آن‌ها در حالت مایع است.

وقتی یک گل خونی را در آب می‌ریزید و با آن که در یک دقیقه عطر را در اتاق باز می‌کنید، بوی خوش آن‌ها را می‌توانید در تمام اتاق حس کنید. وای توجه این پدیده می‌توان گفت که وقتی مولکول‌ها به مولکول‌های عطر برخورد می‌کنند، مسیر حرکت آن‌ها تغییر می‌دهد. مولکول‌های عطر پس از این برخورد به حرکت خود در امتداد یک خط مستقیم ادامه می‌دهد. برخورد بعدی با یک مولکول دیگر هوا مجدداً مسیر مولکول‌های عطر را تغییر می‌دهد. در نتیجه، مولکول‌های عطر مطابق شکل ۱۹-۵ در مسیر خط شکسته حرکت می‌کنند.

با این ترتیب مولکول‌های عطر در اثر برخورد با مولکول‌های هوا به قسمت‌های مختلف اتاق منتقل می‌شوند. این پدیده پخش مولکول‌های عطر در اتاق نامیده می‌شود. از این مشاهده می‌توان دریافت که مولکول‌ها در هوا آزادانه به اطراف حرکت و با یکدیگر برخورد می‌کنند.

به مایع فاصله مولکول‌ها در مایع در مقایسه با گاز بسیار کم است (در حدود 10^{-10} m). در مایع مولکول‌ها به اطراف خود حرکت می‌کنند و به سهولت روی هم می‌لغزند.



فعالیت ۳-۵
یک قطره جوهر را در داخل آب بریزید. مدتی صبر کنید. چه مشاهده می‌کنید؟ این مشاهده کدام ویژگی مایع را که در بالا شرح داده شد نشان می‌دهد؟

فعالیت ۴-۵
هنگامی که لوسی را که بر آب است کج می‌کنید، آب به راحتی از آن می‌ریزد. این پدیده کدام ویژگی مایع را که در بالا ذکر شد نشان می‌دهد؟

پدیده چاشنی در جامد فاصله مولکول‌ها مانند فاصله آن‌ها در مایع است (یعنی، در حدود 10^{-10} m). آن‌ها نمی‌توانند، مانند وضعیتی که در حالت‌های مایع و گاز دارند، آزادانه به اطراف حرکت کنند. بلکه، در جامد در مکان‌های خاصی قرار می‌گیرند و فقط می‌توانند در اطراف این مکان‌ها حرکت‌های نوسانی (زغنه و برگشتی) بسیار کوچکی انجام دهند.

۱۱۵

فعالیت ۳-۵

هدف اصلی این فعالیت ساده، آشنایی دانش‌آموزان با پدیده پخش در مایع‌هاست.

فعالیت ۴-۵

هدف اصلی این فعالیت ساده آشنایی دانش‌آموزان با حرکت ذرات مایع بر روی یکدیگر است که معمولاً به صورت «لغزیدن ذره‌های مایع بر روی یکدیگر» گفته می‌شود.



آشنایی با دینامیک شماره‌ها

دینامیک شماره‌ها، مطالعه‌ی حرکت مایعات و گازها است. هیدرودینامیک حرکت مایعات را مورد بررسی قرار می‌دهد، و آئرو دینامیک به مطالعه‌ی مکانیک هوا (و سایر گازها) می‌پردازد. مطالعه‌ی این مباحث با یکدیگر همپوشانی دارد و اغلب این واژه‌ها را به جای همدیگر به کار می‌برند. حوزه‌ی کاربرد دینامیک شماره‌ها در علوم و مهندسی بسیار گسترده است و شامل مباحث زیر می‌شود: هواشناسی، اقیانوس‌شناسی، ترابری (مثلاً برای اتومبیل‌ها و هواپیماها)، توربین‌ها، پمپ‌ها، دمنده‌ها، گردش خون در موجودات زنده، طراحی سازه‌ها، فیزیک هسته‌ای، و زمینه‌های ورزشی نظیر بیس‌بال و گلف.



شماره‌ها که شامل مایعات و گازها (و در نتیجه پلاسماها) می‌شوند، موادی هستند که پیوسته و بی‌هیچ محدودیتی بر اثر اعمال نیروی خارجی (تنش‌برشی)، هر چند کوچک، تغییر شکل می‌دهند. جامدات که شماره نیستند، هم بر اثر اعمال تنش برشی تغییر شکل می‌دهند، ولی در برابر تغییر شکل مقاومت زیادی از خود نشان می‌دهند و در مرحله‌ای که حد تغییر شکل است، بر اثر تنش

بیشتر با گسیختگی روبه‌رو می‌شوند. ویژگی متمایزکننده‌ی دیگر شماره‌ها این است که حتی بر اثر اعمال نیروهای خیلی کوچک هم جاری می‌شوند، در حالی که جامدات برای جابه‌جایی نیاز به نیروهای خیلی بیشتری دارند.

گاهی تمایزگذاری بین جامد و شماره به صورت دل‌به‌خواه است. موادی نظیر شیشه و کوه‌های یخ در دوره‌های زمانی بسیار طولانی مانند مایعات جاری می‌شوند. ذرات جامد پودر شده هم، مثل نمکی که از نمک‌پاش پاشیده می‌شود، مانند مایع رفتار می‌کنند؛ خمیردندان بسته به فشار اعمال شده هم خواص جامد دارد و هم خواص مایع. از لحاظ میکروسکوپی، حالت‌های متفاوت ماده را به کمک فاصله‌ی بین مولکول‌ها و نیروهای بین مولکولی می‌توان از یکدیگر متمایز کرد. در مواد جامد، مولکول‌ها خیلی نزدیک به هم قرار گرفته‌اند و نیروهای پیوندی قوی بین آن‌ها برقرار است. در مایعات، فاصله‌ی بین مولکول‌ها معمولاً بیشتر است و مولکول‌ها از طریق نیروی چسبندگی ضعیفی بر هم کنش دارند. در گازها، فاصله‌ی بین مولکول‌ها باز هم بیشتر است، و بین مولکول‌ها یا اصلاً پیوندی وجود ندارد یا پیوند بسیار ضعیفی برقرار است. جنبه‌ی متمایزکننده‌ی دیگر مایعات این است که مولکول‌های تشکیل‌دهنده از هیچ‌گونه نظم و ترتیب دوربردی پیروی نمی‌کنند و چیدمان‌شان آرایش خاصی ندارد، و حتی وقتی مایع (از لحاظ میکروسکوپی) در حالت سکون قرار دارد، موقعیت و سمت‌گیری مولکول‌ها به‌طور مداوم در حال تغییر است.

یکی از وجوه تمایز میکروسکوپی بین مایعات و گازها میزان تراکم‌پذیری آن‌هاست. تراکم‌پذیری به معنی تغییر چگالی بر اثر تغییر فشار اعمال شده روی سیستم است. تراکم‌پذیری نتیجه‌ی مستقیم خواص میکروسکوپی ماده،

یعنی فاصله و نیروهای بین مولکولی، است. مایعات را به تقریب می‌توان تراکم‌ناپذیر دانست. این موضوع به طور کلی در مورد گازها صدق نمی‌کند، اگر چه اغلب به خاطر سهولت در انجام محاسبات آن‌ها را تراکم‌ناپذیر در نظر می‌گیرند. به عنوان مثال، وقتی هوا با سرعتی کمتر از 50 m/s در حال شارش باشد، فرض تراکم‌ناپذیری اغلب نتایج قابل قبولی به دست می‌دهد.



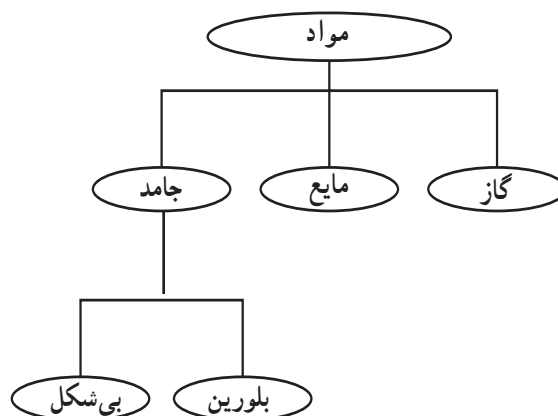
پ – جامد

دو نوع بلورین و بی‌شکل مطرح شود. برای ورود به این بحث پیشنهاد می‌شود که چند نوع جامد مختلف مانند گچ، چوب، آهن و شیشه را مثال بزنید و از دانش‌آموزان بخواهید تا به فرق آن‌ها با یکدیگر اشاره کنند. به احتمال زیاد بیشتر اشاره‌ی دانش‌آموزان به تفاوت‌های ظاهری خواهد بود و کمتر به تفاوت در ساختار داخلی آن‌ها و نحوه‌ی قرار گرفتن اتم‌ها نسبت به یکدیگر اشاره کنند. با این حال، همین موضوع فضای مناسبی را فراهم می‌کند تا توجه دانش‌آموزان را به تفاوت ساختاری جامدها نسبت به یکدیگر جلب و آنچه در کتاب درسی در خصوص جامدهای بلورین و بی‌شکل آمده، برای دانش‌آموزان مطرح کنید.

راهنمای تدریس: در این جا نیز توصیه می‌شود تدریس خود را با مقایسه‌ی بین ویژگی‌های فیزیکی جامد با مایع و گاز شروع کنید و در این مقایسه به شباهت‌ها و تفاوت‌ها اشاره کنید. همان‌طور که در کتاب نیز اشاره شده است مهم‌ترین وجه تمایز جامد با دیگر حالت‌های ماده این است که اتم‌ها یا مولکول‌های جامد در جای خود ثابت‌اند و تنها نوسان بسیار بسیار اندکی نسبت به وضعیت تعادل خود دارند. به عبارت دیگر جاذبه یا برهم کنش بین اتم‌ها یا مولکول‌های جامد آن قدر شدید است که نمی‌گذارد مانند مولکول‌های مایع یا گاز به اطراف حرکت کنند. در ادامه‌ی تدریس باید موضوع تقسیم‌بندی جامدها به

در پایان بحث حالت‌های مختلف ماده، فرصت مناسبی است که از دانش‌آموزان بخواهید تا نقشه‌ی مفهومی «حالت‌های مختلف ماده» را رسم کنند.

پاسخ:

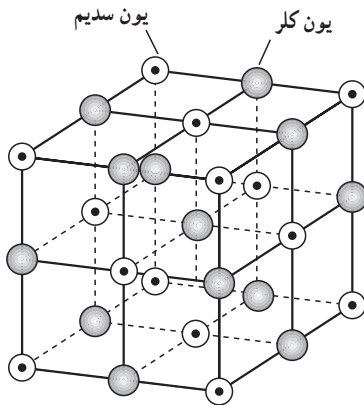




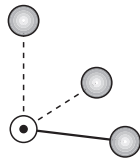
مواد آمورف؛ جامدهای بی‌شکل

مقدمه: تقریباً تمام مواد جامدی که ما امروزه با آن‌ها سروکار داریم، بلورند؛ یعنی به صورت مجموعه‌ای از اتم‌ها یا مولکول‌هایی هستند که به صورت شبکه‌ای منظم و مشخص در کنار هم قرار گرفته‌اند. به عبارت دقیق‌تر، بلور یک آرایه‌ی دوره‌ای سه بعدی از اتم و مولکول‌هاست و فیزیک حالت جامد به عنوان گسترشی از فیزیک اتمی، به مطالعه‌ی آن‌ها و همچنین چگونگی رفتار و برهم کنش الکترون‌های موجود در آن‌ها می‌پردازد.

جامدهای بلورین: یک جامد بلورین ایده‌آل از



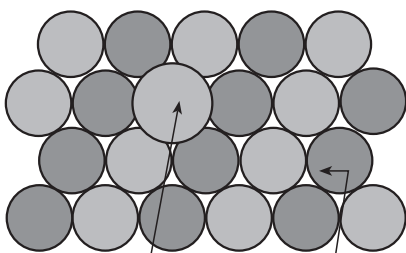
الف - ساختار بلوری سدیم کلرید، در این بلور هر یون توسط ۶ یون همسایه اول بار مخالف احاطه می‌شود.



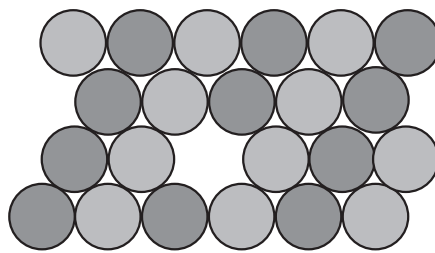
ب - واحد ساختاری بلور سدیم کلرید

شکل ۵-۵

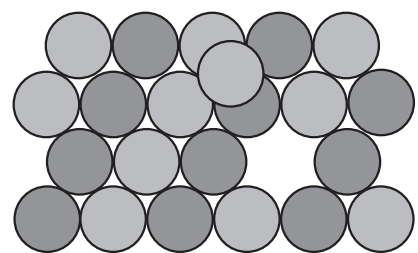
تکرار بی‌پایان واحدهای ساختاری مشابه (بلورک‌های کوچک) در فضا به وجود می‌آید (شکل ۵-۵). فیزیک‌دانان حالت جامد، برای راحتی، عموماً کارشان را به توجیه خواص و ویژگی‌های این‌گونه جامدها محدود کرده‌اند. هر چند بررسی دقیق این مواد نیز می‌تواند فوق‌العاده پیچیده باشد. در ساده‌ترین جامدهای بلورین، مانند مس، نقره، آهن، آلومینیم و فلزات قلیایی به ندرت می‌توان شاهد یک بلور ایده‌آل بود. حتی ساختار شبکه‌ی بلورک‌های کوچک نیز به ندرت کامل است. در بعضی از نواحی این بلورک‌ها، اتم‌ها در محل نادرستی قرار گرفته‌اند (شکل ۵-۶) و یا شاید اصلاً حضور ندارند (شکل ۵-۷)؛ همین‌طور ناخالصی‌هایی از جنس اتم‌های دیگر نیز در آن‌ها یافت می‌شود (شکل ۵-۸). در حالت‌هایی، مثلاً در شیشه و بیساری از بسپارها، نظم آرایش اتم‌ها به چنان فاصله‌های کوتاهی محدود می‌شود



شکل ۵-۸ اتم ناخالصی

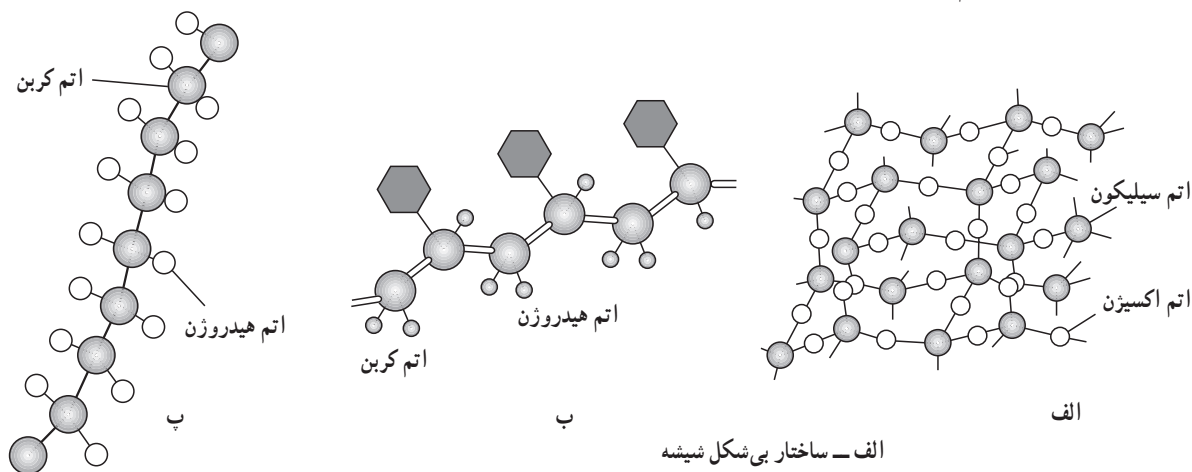


شکل ۵-۷



شکل ۵-۶

که به سختی می‌توان ادعا کرد که ماده دارای ساختار بلوری است (شکل ۵-۹). از همین رو این مواد، مواد آمورف یا جامدهای بی‌شکل نامیده می‌شوند. سرانجام در مراحل پیچیده‌تر، با مواد مهم و متداول دیگری مانند چوب و پشم شیشه سروکار داریم که ماهیت ترکیبی دارند و بررسی ویژگی‌های آن‌ها بسیار دشوار است.



الف - ساختار بی‌شکل شیشه
ب و پ - یک مولکول بسیار را نشان می‌دهد که ساختار بی‌شکل دارند.

شکل ۵-۹

جامدهای بی‌شکل: آرایش اتم‌ها یا مولکول‌ها در جامدهای بی‌شکل، مانند شیشه‌ها و بسیاری از بسپارها، کاملاً منظم نیست و از این نظر با جامدهای بلورین تفاوت دارند. همان‌گونه که پیش از این اشاره کردیم، اتم‌ها در بلور در شبکه‌ی منظمی قرار دارند و در نتیجه، اگر چگونگی نقش اتم‌ها را در یک ناحیه از ماده بدانیم، می‌توانیم به دقت پیش‌بینی کنیم که اتم‌ها در سایر بخش‌های بلور باید کجا باشند. در جامدهای بی‌شکل، اتم‌ها چنین نظمی را در مکان خود ندارند، اما این موضوع به آن معنی نیست که به طور کاتوره‌ای در کنار یکدیگر چیده شده‌اند.

نیروهای بین‌اتمی و پیوندهای بین‌اتم‌ها در جامدهای بی‌شکل نیز شباهت زیادی به نیروها و پیوندها در جامدهای بلورین دارند. این شباهت باعث می‌شود که فاصله‌ی اتم‌ها، تعداد همسایه‌های اول هر اتم به طور میانگین در تمام نقاط نمونه‌ی جسم جامد یکسان باشد. در یک جامد بی‌شکل، پیرامون هر اتم بسیار شبیه به پیرامون هر اتم دیگر است، ولی دقیقاً یکسان نیست. به علت این تغییرات بسیار کوچک در فاصله و سمت‌گیری در تمام ماده این نتیجه به دست می‌آید که مکان دقیق اتم‌های دور را نمی‌توان پیش‌بینی کرد.

انواع جامدهای بی‌شکل: جامدهای بی‌شکل را می‌توان به دو گروه عمده تقسیم‌بندی کرد. گروه اول آن‌هایی هستند که وقتی ساخته می‌شوند ساختار بی‌شکل به خود می‌گیرند. این‌ها همان مواد سازنده‌ی شیشه‌ی طبیعی‌اند. گروه دیگر موادی هستند که معمولاً به صورت ساختار بلورین جامد می‌شوند، ولی آن‌ها را می‌توان با سرد کردن سریع ماده‌ی مذاب و یا از طریق مایع کردن بخار آن بر روی یک سطح سرد به دست آورد.

ماهیت بی‌شکل شیشه‌های طبیعی کاملاً پایدار است، اما موادی که آن‌ها را تنها می‌توان با سرد کردن سریع ماده‌ی مذاب و یا بخار آن‌ها تولید کرد، معمولاً، وقتی تا دمای معینی گرم می‌شوند، به سرعت به شکل بلور درمی‌آیند.

یکی از ساده‌ترین و متداول‌ترین مواد سازنده‌ی شیشه طبیعی، سیلیس بی‌شکل، SiO_2 ، است که به شکل‌های بلورین به صورت کریستوبالیت و کوآرتز نیز یافت می‌شود. شیشه‌های معمولی پنجره (و یا بطری‌ها) عمدتاً از SiO_2

به اضافه ی Na_2O و CaO ساخته می شوند. اما، هزاران فرمول شیشه برای مقاصد خاصی وجود دارد که برای تغییر خواص اپتیکی، الکتریکی، مکانیکی و یا گرمایی، مواد دیگری به آن ها می افزایند. ترکیب های گوگرد، S، سلنیم، Se، یا تلوریم، Te، با عناصری چون آرسنیک، As، و ژرمانیم، Ge، نیز شیشه های دیگری اند که به خاطر نیم رسانا بودن شان مورد توجه اند. این شیشه ها کالکوژیند نامیده می شوند.

گروه دیگری از مواد سازنده ی شیشه های طبیعی آن هایی اند که از مولکول های خیلی بزرگ (ماکرومولکول ها) تشکیل می شوند. این گونه مولکول ها نمی توانند دوران کنند و به راحتی با یکدیگر جور شوند (این خاصیت را ممانعت فضایی می نامند) در نتیجه نمی توانند بلور تشکیل دهند. گلیسرین و گلوکز نمونه های ساده ای از این مورد هستند. اما بسیاری از پلیمرها مانند پلی استیرن و لاستیک ها بی شکل اند.

تهیه ی جامدهای بی شکل : جامدهای بی شکل که از طریق سرمایش سریع به دست می آیند عبارت اند از : فلزات خالص، آلیاژها و عنصرها و ترکیب های نیم رسانا. برای تهیه ی این گونه مواد به صورت جامد بی شکل چند روش متفاوت وجود دارد.

در یک شیوه ی کارآمد، فواره ای از ماده ی مذاب را روی لبه ی یک چرخ مسی که به سرعت می گردد و یا بین دو غلتک چرخان، می افشانند و ماده در آن جا جامد می شود. این جامد را پیوسته بیرون می کشند و به این ترتیب نوار بلندی از ماده ی بی شکل تشکیل می شود. روش دیگر برای تهیه ی نمونه های کوچک از جامدهای بی شکل، سردکردن ماده ی مذاب در آب است. روش های دیگر متضمن رسوب دادن بخار بر روی یک سطح سردند. هدف همه ی این روش ها و تکنیک ها، منجمد کردن اتم ها در مکان های نامنظم در دمایی آن قدر پایین است که انرژی گرمایی برای باز آرایش اتم ها به شکل بلورین کافی نیست.

در واقع، لایه هایی از جامدهای فلزی بی شکل را می توان با سرد کردن بخار آن ها بر روی سطحی که تا دمای نیتروژن مایع یا هلیوم مایع سرد شده است، به دست آورد. لیکن، این ها، هنگامی که تا دمای اتاق گرم می شوند، تقریباً همیشه به صورت بلور درمی آیند.



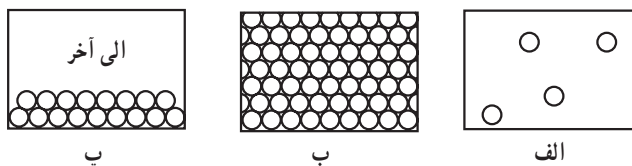
پرسش پیشنهادی ?

- ۱- در کدام یک از سه حالت ماده، ذره های ماده
(الف) منظم اند.
(ب) نامنظم اند.
(پ) با آزادی در جهت های مختلف حرکت می کنند.
(ت) در مکان های ثابتی نوسان می کنند.
- ۲- الف) چگونه می توان حرکت براونی را مشاهده کرد؟

ب) در این آزمایش چه پدیده‌ای را مشاهده می‌کنید؟
 پ) حرکت براونی چه دلیلی برای ذره‌ای بودن ماده ارائه می‌دهد؟
 ت) گاهی هنگام نگاه کردن به ذره‌ای در میکروسکوپ، ذره ناگهان ناپدید می‌شود. چرا چنین است؟

پاسخ: به شکل ۳-۵ و فعالیت پیشنهادی آن توجه کنید.

۳- شکل ۵-۱۰ چگونه قرار گرفتن مولکول‌ها را در جامدها، مایع‌ها و گازها نشان می‌دهد.
 الف) کدام یک از شکل‌ها ترتیب قرار گرفتن مولکول‌های یک جامد را نشان می‌دهد؟
 ب) کدام یک از شکل‌ها ترتیب قرار گرفتن مولکول‌های یک مایع را نشان می‌دهد؟



شکل ۵-۱۰

۵-۲- چگالی

هدف: آشنا شدن دقیق‌تر با مفهوم چگالی به‌طور کیفی و

کمی

راهنمای تدریس: دانش‌آموزان در دوره‌ی راهنمایی با این مفهوم آشنا شده‌اند و بهترین شروع برای بحث چگالی می‌تواند مبتنی بر دانسته‌های قبلی دانش‌آموزان باشد. به همین منظور با مطرح کردن موضوع چگالی در کلاس درس از دانش‌آموزان بخواهید که آن‌چه را درباره‌ی این مفهوم می‌دانند بیان کنند و یا از آن‌ها بخواهید چگال‌ترین و کم‌چگال‌ترین ماده را در اطرافشان نام ببرند. شما نیز بیان دانش‌آموزان را بر روی تابلو یادداشت کنید و با استفاده از آن‌چه دانش‌آموزان مطرح کرده‌اند، بکوشید که مفهوم چگالی را منتقل کنید و اگر کج فهمی در این باره وجود دارد آن را اصلاح کنید. در ابتدا و یا در پایان نیز خوب است به داستان معروف ارشمیدس و تاج پادشاه اشاره کنید.

در جامدهای یورین مولکول‌ها در طرح‌های منظمی مانند شکل‌های الف و ب و پ در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و جامدهای یورین از تکرار این طرح‌ها حاصل می‌شوند. فشرده‌ها و بیشتر سنگ‌ها مانند سنگ‌خام و الماس جامدهای یورین هستند.

جامدهای یورین معمولاً هنگامی تشکیل می‌شوند که مایع را به آهستگی سرد کنند. در این صورت مولکول‌ها فرصت دارند که در طرح منظمی خود را ترتیب دهند.

در جامدهای بی‌شکل مانند شیشه، برخلاف جامدهای یورین، مولکول‌ها مانند شکل الف و ب در طرح منظمی در کنار یکدیگر قرار ندارند. این جامدها، معمولاً از سرد کردن سریع مایع به‌دست می‌آیند. با این حال مولکول‌ها فرصت کافی پیدا نمی‌کنند که خود را در طرح منظمی مرتب کنند. در نتیجه، تا حدود زیادی در وضعیت نامنظمی که در حالت مایع دانسته باقی می‌مانند.

دیده‌ای که فاصله مولکول‌ها در گاز بسیار بیشتر از فاصله آن‌ها در جامد و مایع است، با معرفی نسبت بسیار مهمی به نام چگالی می‌توان درمعرض این امر را تعلق کرد.

۵-۲- چگالی

ما در زندگی روزمره با جامدها، مایع‌ها و گازهای مختلف سروکار داریم. ممکن است بخواهیم جرم آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کنیم و ببینیم مثلاً در میان مایع‌ها جرم یک حجم معین از کدام مایع بیشتر از دیگری است. برای پاسخ دادن به این سؤال لازم است به آزمایش (الف) توجه کنید:

آزمایش ۱-۵

هدف: آشنا شدن با مفهوم چگالی به طور

عملی

این آزمایش ساده را می‌توانید پس از آن که دانش‌آموزان دانسته‌های قبلی خود را در خصوص مفهوم چگالی بیان کردند بخواهید تا به صورت گروهی انجام دهند. در صورتی که مواد ذکر شده در جدول در آزمایشگاه نباشد، می‌توانید مواد دیگری را که انجام آزمایش با آن‌ها بدون خطر باشد جایگزین کنید.

پس از انجام آزمایش از دانش‌آموزان بخواهید که چگالی‌های به دست آمده را با مقدارهای مندرج در جدول ۱-۵ مقایسه کنند و اگر تفاوتی وجود دارد، دلایل آن را مطرح کنند.

آزمایش ۱-۵
وسایل و مواد لازم: یک لیوان، مایع‌های مختلف مانند: آب، الکل صنعتی، روغن، مایع ظرفشویی، ... و ترازو
یک لیوان اختیار کنید و حجم داخلی آن را اندازه‌گیری کنید. سپس در آن مایع‌های مختلف بریزید و جرم آن‌ها را اندازه‌گیری و جدول زیر را تکمیل کنید.

مایع	حجم (V) cm ³	جرم (m) kg	m/V kg/cm ³
آب			
الکل صنعتی			
مایع ظرفشویی			
روغن			

نتیجه را به کلاس گزارش دهید.

جرم یکای حجم از هر جسم، چگالی آن نامیده می‌شود و چگالی را با نماد ρ نمایش می‌دهیم. اگر جرم جسم m و حجم آن V باشد، چگالی آن از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

(شما)
یکای چگالی $\frac{kg}{cm^3}$ است. در آزمایش (شما) ما تقسیم کردن جرم فرمایع به حجم آن چگالی آن مایع را به دست آورده‌اید. چگالی مواد مختلف در سه حالت جامد، مایع و گاز در جدول (شما) آمده است.

چگالی آب را که در آزمایش (شما) به دست آمده است با آنچه که در جدول (شما) برای آب ذکر شده مقایسه و در صورتی که تفاوتی مشاهده می‌کنید علت‌های ممکن را بیان کنید.

فعالیت ۱-۵
در روی بعضی اجناس مانند روغن، شامپو، مایع ظرفشویی و ... جرم یا حجم آن‌ها نوشته نشده است. چگالی آن‌ها را اندازه‌گیری کنید.

پس از آشنا شدن دانش‌آموزان بایکای چگالی در SI، خوب است که آن‌ها را با دیگر یکاهای چگالی نیز آشنا کنید. یکاهایی مانند، g/cm^3 و kg/lit می‌دانیم که $1 g/cm^3 = 10^3 kg/m^3$ و $1 lit = 10^3 cm^3$.

فعالیت ۵-۵

بهرتر است از دانش‌آموزان بخواهید تا این فعالیت را به عنوان کار در منزل انجام دهند و نتیجه‌های به دست آمده را به کلاس درس ارائه دهند.

فعالیت ۵ - ۶

هدف این فعالیت پیدا کردن چگالی چند جسم جامد مانند تکه‌ای سنگ یا تکه‌ای فلز (قاشق) و ... است. برای صرفه‌جویی در زمان پیشنهاد می‌شود از دانش‌آموزان بخواهید این فعالیت را در ادامه‌ی آزمایش ۱-۵ انجام دهند.

فعالیت ۵ - ۷

این فعالیت دارای دو هدف مهم است. هدف اول آن که دانش‌آموزان توجه کنند که اگر حالت ماده‌ی خاصی تغییر کند، مثلاً از جامد به مایع یا از گاز به مایع تبدیل شود، چگالی آن نیز تغییر می‌کند. هدف دوم نیز آن است که دانش‌آموزان به مقادیر مندرج در جدول ۱-۵ توجه کنند و به‌طور کلی نتیجه بگیرند که در چه حالتی از ماده چگالی آن بیشینه و در چه حالتی کمینه است. برای مثال چگالی هوا در حالت گاز $1/29 \text{ kg/m}^3$ و در حالت مایع 920 kg/m^3 است.

فعالیت ۴-۵
چگالی یک جامد مانند فلز، کره و ... را بدست آورید.
وای آن‌ها را توری حجم آن‌ها می‌تواند از یک اسواته طرح جاری آب استفاده کنید. با داخل آن اسواته در آن اسواته حجم آب به اندازه حجم جسم فروزن می‌اند.

جدول ۱-۵ چگالی برخی مواد

نام ماده	چگالی (kg/m^3)	مایع	چگالی (kg/m^3)	گازها	چگالی (kg/m^3)
آلومین	۲۷۰۰	جود	۱۲۴۰	دی‌اکسید کربن	۲
طلا	۱۹۳۰۰	آب (۴°C)	۱۰۰۰	اکسیژن	۱/۲۹
سرب	۱۱۳۰۰	گاز	۸۰۰ - ۹۵۰	هوا	۱/۲۹
نقر	۱۰۵۰۰	هوا (۱۵°C)	۱۲۰	هیدروژن	۰/۰۹
مس	۸۹۰۰	آب (۱۵°C)	۱۰۰۰	هیدروژن	۰/۰۹
آهن (تور)	۷۸۰۰	گاز (تور)	۳۰		
نیکل	۸۹۰۰	هوا (۱۵°C)	۱۲۰		
جود	۱۰۰۰ - ۱۲۰۰				
آلومینوم	۲۷۰۰				
سنگ	۲۰۰۰				

در مواردی که داده ذکر نشده است، چگالی مربوط به دمای ۲۰°C است.

فعالیت ۴-۵
از تغییر چگالی هوا در حالت‌های گاز، مایع و من ظهور در این دو حالت چه نتیجه‌ای می‌توان در مورد رابطه چگالی و حالت‌های گاز و مایع بدست آورد؟

یکی از موارد استفاده از چگالی آن است که می‌توان با استفاده از آن با دانستن وزن یک از دو گیت مورد با حجم دیگری را اندازه گرفت.

مثال ۱-۵
جرم یک لیتر آب چند کیلوگرم است؟
حل: با استفاده از جدول ۱-۵ چگالی آب 1000 kg/m^3 است. یک لیتر برابر با 10^{-3} m^3 است. در نتیجه:
$$m = \rho \times V = 1000 \times 10^{-3} = 1 \text{ kg}$$

که از آن مقدار 1000 kg بدست می‌آید.

فعالیت ۸-۵
اگر وای اندازه‌گیری جرم جسمی در آن را داخل اسواته بنامید، چگونه می‌تواند جرم آن را تعیین کنید؟

فعالیت ۹-۵
حجم داخل یک سطل را با روش‌های مختلف اندازه بگیرید و نتایج را با یکدیگر مقایسه کنید.

نکته ۳-۵ نیروهای چسبندگی
اگر به یک قطره آب که از سر می‌چکد توجه کنید، می‌بینید که قطره پس از جدا شدن از سر در تمام طول مسیر بصورت قطره باقی می‌ماند. مولکول‌های این قطره در حین سقوط از یکدیگر دور نمی‌شوند و متصل به یکدیگر باقی می‌مانند. وای توجه این پدیده می‌تواند گشت که بین مولکول‌های مایع یک نیروی دافعه وجود دارد که نیروی چسبندگی نامیده می‌شود. این نیرو مولکول‌های مایع را در قطره متصل به یکدیگر نگاه می‌دارد. تا آن‌ها در آن نیروی دافعه‌ای مختلف مشاهده کرد. اکنون ممکن است آن سؤال مطرح شود که چرا این نیروی دافعه‌ای باعث نمی‌شود که مولکول‌ها

فعالیت پیشنهادی

از دانش‌آموزان بخواهید تا جدول ۱-۵ را کامل‌تر کنند و چگالی برخی از مواد دیگری را که در این جدول نیامده است یافته و به آن اضافه کنند. بهترین منابع برای این کار کتاب‌های درسی مرجع و معتبر و هم‌چنین جستجو در اینترنت به کمک کلید واژه‌ی «material density» است. در این میان شاید چگالی ماده‌ی هسته‌ای که عددی حدود $2/3 \times 10^{14} \text{ g/cm}^3$ است برای دانش‌آموزان جالب توجه باشد. به عبارت دیگر جرم یک سانتی‌متر مکعب ماده‌ی هسته‌ای خالص 230 میلیون تن است! ماده‌ای هسته‌ای کاملاً متشکل از هسته‌ی اتم و بسیار چگال است. وقتی عمر ستارگان سنگین به پایان برسد همجوشی در آن‌ها متوقف شده و ستاره تحت تأثیر گرانی خود فرومی‌ریزد و به جسمی بسیار چگال تبدیل می‌شود.

فعالیت ۵-۸

هدف این فعالیت استفاده از چگالی ماده برای تعیین جرم آن است! به این منظور می‌توانید دو جسم یکی با شکل هندسی معین و دیگری با شکل هندسی نامعین را در اختیار دانش‌آموزان بگذارید و از آن‌ها بخواهید بدون استفاده از ترازو، جرم آن‌ها را تعیین کنند.

تمرین پیشنهادی



- ۱- چگالی متوسط زمین $55/5 \text{ kg/m}^3$ است. اگر زمین را کره‌ای کامل به شعاع 6400 km فرض کنیم، جرم آن را تعیین کنید.
- ۲- یکی از عواملی که می‌تواند چگالی هر ماده‌ای را تغییر دهد تغییر دمای آن ماده است. در ادامه دو جدول داده شده است. جدول الف مربوط به آب و جدول ب مربوط به هواست (در فشار یک اتمسفر). نمودار تغییرات چگالی بر حسب دما را برای این دو ماده به‌طور جداگانه رسم کنید. (انتخاب مقیاس مناسب در رسم این نمودارها بسیار اهمیت دارد.)

جدول ۵-۱

ب		الف	
$\theta(^{\circ}\text{C})$	$\rho(\text{kg/m}^3)$	$\theta(^{\circ}\text{C})$	$\rho(\text{kg/m}^3)$
-۱۰	۱/۳۴۲	۰/۰	۹۹۹/۸۴۲۵
-۵	۱/۳۱۶	۴/۰	۹۹۹/۹۷۵۰
۰	۱/۲۹۳	۱۵/۰	۹۹۹/۱۰۲۶
۵	۱/۲۶۹	۲۰/۰	۹۹۸/۲۰۷۱
۱۰	۱/۲۴۷	۲۵/۰	۹۹۷/۰۴۷۹
۱۵	۱/۲۲۵	۳۷/۰	۹۹۳/۳۳۱۶
۲۰	۱/۲۰۴	۵۰/۰	۹۸۸/۰۴۰۰
۲۵	۱/۱۸۴	۱۰۰/۰	۹۵۸/۳۶۶۵
۳۰	۱/۱۶۴		

فعالیت ۵-۹

هدف این فعالیت اندازه‌گیری حجم داخل یک سطل است. یک راه ساده برای انجام این کار اندازه‌گیری حجم آب داخل سطل با یک ظرف مدرج یا بشر است. با برعکس می‌توانید به کمک یک پیمانه داخل سطل آب بریزید و حجم آن را با توجه به حجم پیمانه اندازه بگیرید.

تمرین پیشنهادی



در شرایط استاندارد (دما و فشار متعارف) چگالی گاز تک اتمی هیدروژن $0.00008988 \text{ g/cm}^3$ است. یک کیلوگرم از این گاز چه حجمی را اشغال می‌کند؟ (جواب: حدود $11/13 \text{ m}^3$)

دانستنی



آشنایی با چگالی سنج^۱

چگالی سنج، ابزاری برای اندازه‌گیری چگالی یا گرانی ویژه مایعات است. چگالی سنج متشکل است از مخزنی شیشه‌ای که محتوی جسم سنگینی است، و به ساقه‌ی باریک یکنواختی که درجه‌بندی شده است متصل می‌شود. هنگامی که چگالی سنج را در مایع قرار می‌دهند، چنان شناور می‌شود که فقط قسمتی از ساقه‌ی درجه‌بندی شده از مایع بیرون می‌ماند. درجه‌ای که هر تراز با سطح مایع قرار می‌گیرد، مقدار چگالی مایع را نشان می‌دهد.

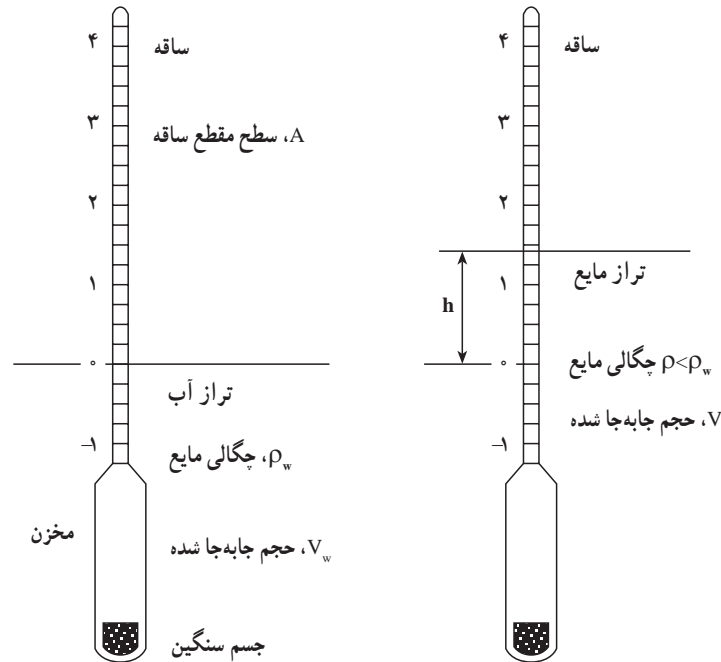
کارکرد چگالی سنج: چگالی سنج بر این اساس کار می‌کند که بر هر جسمی، هنگام غوطه‌ور شدن در مایع، نیروی بالابری وارد می‌شود که مساوی با وزن مایع جابه‌جا شده است (اصل ارشمیدس). وزن مایع جابه‌جا شده برابر است با حاصل ضرب چگالی مایع در حجم مایع جابه‌جا شده در شتاب گرانی g . شکل ۵-۱۱، دو چگالی سنج یکسان را نشان می‌دهد که در دو مایع متفاوت غوطه‌ور شده‌اند: آب با چگالی ρ_w ، و مایع دیگری با چگالی کمتر P . در هر دو مورد، وزن چگالی سنج با نیروی بالابری خنثی شده است. برای خنثی شدن وزن چگالی سنج باید حجم بیشتری از مایع با چگالی کمتر جابه‌جا شود؛ و به این ترتیب، ساقه در شکل سمت راست به مقدار h بیشتر در مایع فرو خواهد رفت. برای یافتن رابطه‌ی بین h و P ، با استفاده از نمادهای به کار رفته در نمودار مراحل زیر را دنبال می‌کنیم: دو نیروی بالابری را با هم مساوی می‌گیریم ($g\rho_w V_w = g\rho V$)؛ از این رابطه، تفاوت حجم‌های $V - V_w$ را به دست می‌آوریم و آن را برابر با تغییر حجم قسمت غوطه‌ور شده‌ی لوله‌ی باریک $h \times A$ ، قرار می‌دهیم. در نتیجه، داریم:

$$h = -\frac{V_w}{A} \left(1 - \frac{\rho_w}{\rho} \right)$$

^۱ - hydrometer

در این جا می توان دید که رابطه ی بین h و ρ غیر خطی است، ولی نمودار h بر حسب $1/\rho$ خطی مستقیم به دست می دهد. با استفاده از داده های تجربی h مربوط به مایعات با چگالی معلوم، می توان برای درجه بندی چگالی سنجی که خود درست کرده ایم از این نمودار بهره گیری کرد.

کاربردها: استفاده از چگالی سنج ها شامل موارد زیر است: آزمودن موادی مانند نفت خام، شیر، و نوشابه های الکلی؛ اندازه گیری غلظت محلول ها؛ آزمودن وضعیت پر و خالی بودن باتری های سرب - اسیدی؛ و آشکارسازی مورد نیاز برای ابزارهای کنترل. برای آن که نتیجه ی دقیقی حاصل شود، مایعات مورد بررسی باید در دمایی باشند که در آن چگالی سنج را درجه بندی کرده ایم.



چگالی سنج های یکسانی در دو مایع متفاوت شناور شده اند. $g\rho_w V_w = g\rho V$ وزن چگالی سنج $g\rho_w V_w = g\rho V$

شکل ۵-۱۱

برچسبی مانند «گرانی ویژه $F(60/60)$ » حاکی از آن است که درجه بندی چگالی سنج، گرانی ویژه ی مایع را در $F(60)$ نسبت به گرانی ویژه ی آب در $F(60)$ نشان می دهد. در اندازه گیری های بسیار دقیق باید اثر کشش سطحی و اثر آلودگی سطحی را در نظر گرفت.

مقیاس ها: ساقه ی چگالی سنج را می توان چنان علامت گذاری کرد که چگالی، گرانی ویژه، یا مستقیماً درصد غلظت را نشان دهد. این مقیاس ها در چگالی سنج های دقیق، به خاطر غیرخطی بودن رابطه ی بین h و ρ ، غیرخطی اند. مقیاس های خطی برای کاربردهای تخصصی موارد زیر را شامل می شوند: مقیاس API که مؤسسه ی نفت امریکا آن را برای اندازه گیری چگالی محصولات نفتی طراحی کرده است، و مقیاس بومه که برای ساختن محلول هایی با غلظت های خاص طراحی شده است. در کتاب های راهنمای مرجع، جدول هایی ارائه می شوند که با استفاده از آن ها می توان این داده های مقیاس خطی را به چگالی یا گرانی ویژه تبدیل کرد.

۵-۳- نیروهای چسبندگی

هدف: آشنایی با نیروی چسبندگی در مایع‌ها
برای شروع پیشنهاد می‌شود ابتدا پرسش زیر را مطرح

کنید.

باکی از حوزة استفاده از چگالی آن است که می‌توان با استفاده از آن با دانش حرکت از دو نسبت جرم با محور دیگری رابطه کرد.

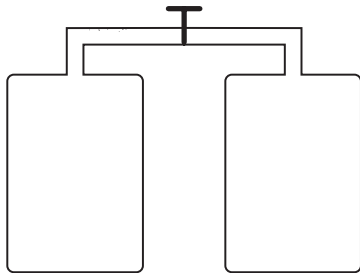
مثال ۱-۵
جرم یک لیتر آب چند کیلوگرم است؟
حلقه با استفاده از جدول چگالی آب $(\rho_{\text{آب}} = 1000 \text{ kg/m}^3)$ است. یک لیتر برابر با 10^{-3} m^3 است. در نتیجه،
$$m = \rho V = 1000 \times 10^{-3} = 1 \text{ kg}$$

که از آن مقدار $m = 1 \text{ kg}$ بدست می‌آید.

فعالیت ۸-۵
اگر برای اندازه‌گیری جرم جسمی وزه در اختیار نداشته باشید، چگونه می‌تواند جرم آن را تعیین کند؟

فعالیت ۹-۵
محور داخل یک حلقه را با ریزش‌های مختلف اندازه بگیرید و نتیجه‌ها را با یکدیگر مقایسه کنید.

شماره ۳- نیروهای چسبندگی
اگر به یک قطره آب که از شیر می‌چکد توجه کنید، می‌بینیم که قطره پس از جدا شدن از شیر در تمام طول مسیر بصورت قطره باقی می‌ماند. مولکول‌های این قطره در حین سقوط از یکدیگر دور نمی‌شوند و متصل به یکدیگر باقی می‌مانند. برای توضیح این پدیده می‌توان گفت که بین مولکول‌های مایع یک نیروی رانشی وجود دارد که نیروی چسبندگی نامیده می‌شود. این نیرو مولکول‌های مایع را در قطره متصل به یکدیگر نگاه می‌دارد. بااین‌حال این نیرو را می‌توان در پدیده‌های مختلف مشاهده کرد. اکنون سعی کنید این سؤال مطرح شده که چرا این نیروی رانشی باعث نمی‌شود که مولکول‌ها



دو ظرف پر از گاز را با لوله‌ی شیرداری به هم وصل می‌کنیم.
الف) اگر شیر لوله را باز کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟
ب) اگر استوانه‌ی اول با جامد یا مایع پر شده بود، با باز کردن شیر لوله چه اتفاقی می‌افتاد؟ تبخیر ناچیزی را که صورت می‌گیرد نادیده بگیرید.
بدون شک پاسخ دانش‌آموزان به هر دو قسمت پرسش پیشنهادی فضای مناسبی را فراهم می‌کند تا علاوه بر مقایسه‌ی نیروهای چسبندگی در سه حالت ماده، موضوع بحث را با تمرکز بیشتری بر نیروهای چسبندگی در مایع‌ها سوق دهیم.

آویزان شدن قطره‌های باران از شاخ و برگ درختان و سیم‌های برق و نیفتادن آن‌ها برای مدتی، مثال‌های مناسبی برای توجه دانش‌آموزان به نیروهای چسبندگی در مایع‌هاست.
در ادامه ضمن اشاره به آن‌چه در کتاب درسی آمده خوب است که دو ویژگی مهم نیروهای بین مولکولی یا همان نیروهای چسبندگی را با تأکید بیشتری مورد توجه قرار دهید.
دو ویژگی مهم نیروهای چسبندگی (نیروهای بین مولکولی)
۱) نیروهای چسبندگی کوتاه‌برد هستند. یعنی، وقتی فاصله‌ی بین مولکول‌ها به چند برابر ابعاد مولکول می‌رسد، بسیار کوچک و عملاً صفر می‌شوند. به همین دلیل است که این نیرو در گازها دیده نمی‌شود.
۲) وقتی فاصله‌ی بین مولکول از حد معینی (نسبت به ابعاد مولکول) کمتر شود نیروی بین مولکول دافعه است. همین موضوع سبب می‌شود که متراکم کردن مایع‌ها (و جامدها) بسیار بسیار دشوار باشد.

فعالیت ۵-۱۰

هدف این فعالیت علاوه بر توجه دانش‌آموزان به حرکت کاتوره‌ای مولکول گاز درون یک ظرف، این است که مولکول‌های گاز تا وقتی که برخورد نکنند نیرویی برهم وارد نمی‌کنند و به راحتی می‌توانند در همهی فضای ظرف حرکت کنند.

۵-۴- کشش سطحی

هدف: در این بخش دانش‌آموزان با پدیده‌های دیگری آشنا می‌شوند که به کمک آن‌ها می‌توان به وجود نیروهای چسبندگی در مایع‌ها پی برد. به همین جهت پیش از هرگونه شرحی در این خصوص از دانش‌آموزان بخواهید آزمایش زیر را انجام دهند. این آزمایش ساده به خوبی پدیده‌ی کشش سطحی را برای دانش‌آموزان نمایش می‌دهد.

درهم فرو روند. برای توضیح دادن این امر می‌توان گفت که وقتی مولکول‌ها باهم بسیار نزدیک می‌شوند یک نیروی رانشی قوی بین آن‌ها ایجاد می‌شود که از نزدیک شدن بیشتر آن‌ها جلوگیری می‌کند. در واقع، این که طرف جلوی آب در فعالیت ۱۰-۳ را به آسانی نمی‌توان مزاحم کرد حاکی از این است که با مزاحم کردن اندک طرف، مولکول‌های آن، آنقدر به یکدیگر نزدیک می‌شوند که نیروی رانشی قوی که در بالا به آن اشاره شد بین مولکول‌ها ایجاد شود. این نیرو مانع مزاحم کردن بیش‌تر آب می‌شود. نیروی رانشی بین مولکول‌ها همانی است که مایع‌ها را تقریباً تراکم‌ناپذیر می‌کند. در نتیجه، با توجه به نکات بالا می‌توان گفت که در فاصله‌های خیلی کوتاه، در مطابقت با فاصله بین مولکول‌ها در حالت مایع، نیروی بین مولکولی رانشی است و در فاصله‌های بیشتر این نیرو رانشی نیست. نیروهای بین مولکولی گوناگون هستند. حتی، وقتی فاصله مولکول‌ها چند برابر فاصله بین مولکولی می‌شود، نیروهای بین مولکولی بسیار کوچک و عملاً صفر می‌شوند.

فعالیت ۱۰-۵
با توجه به مطالبی که در بالا در مورد نیروهای بین مولکولی بیان شد، توضیح دهید چرا مولکول‌های مایع در شکل ۱۰-۳ (الف) با یکدیگر نمی‌شکند؟

۱۰-۴- کشش سطحی
تصور کنید که تشکیل قطره آب وجود نیروهای چسبندگی را نشان می‌دهد. وقتی پدیده‌های دیگری نیز وجود دارند که به کمک آن‌ها می‌توان به وجود نیروهای چسبندگی پی برد. بگو از این پدیده‌ها اثر کشش سطحی است که اکنون به توصیف آن می‌پردازیم.

آزمایش ۱۰-۵
وسایل لازم: سوزن، دستمال کاغذی، یک ظرف آب
سوزن را بر روی یک تکه کوچک دستمال کاغذی قرار دهید و آن‌ها را روی سطح آب بگذارید. پس از مدتی دستمال خشک می‌شود و از سطح آب پایین می‌رود.
سوزن بر روی سطح آب شناور باقی می‌ماند.

اگر به سطح آب توجه کنید، ملاحظه خواهید کرد که مطابق شکل ۱۰-۵ (الف) قطره در سطح آب با یک فرورفتگی ایجاد می‌شود. این پدیده مشابه با کشش سطحی است که در کتاب درسی به آن اشاره شده است.

۱۲۲

آزمایش ۵-۲

هدف: مشاهده‌ی کشش سطحی در مایع‌ها

با گذاشتن سوزن ته‌گرد و یا تیغ بر روی سطح آب، دانش‌آموزان با واقعیت شگفت‌انگیزی مواجه می‌شوند. آن‌ها مشاهده می‌کنند با وجود آن که چگالی آهن یا فولاد بیش از هفت برابر چگالی آب است، سوزن یا تیغ بر روی سطح آب باقی می‌ماند. همین‌جا فرصت مناسبی است تا پدیده‌ی کشش سطحی را به کمک دانش‌آموزان توصیف کنید. هنگام توصیف این پدیده سعی کنید که توجه دانش‌آموزان را به موضوع تعادل اجسام که در فصل سوم همین کتاب با آن آشنا شده‌اند معطوف کنید و با رسم شکل مناسب نتیجه بگیرید که نیروی وزن سوزن یا تیغ که رو به پایین است با نیروی چسبندگی مولکول‌های سطح آب که رو به بالاست خنثی می‌شود. شکل ۵-۴ کتاب درسی که در آن از یک توری نخی برای نگه داشتن پیچ استفاده شده است نیز برای شرح بیشتر موضوع مناسب است.

فعالیت ۵-۱۱

همان‌طور که در شکل الف مشاهده می‌شود، با قرار دادن بیج یک فرورفتگی در بازه نوری ایجاد می‌شود.

شکل ۵-۱۱

همان‌طور که بیج‌های نوری به یکدیگر متصل‌اند و بیج را نگاه می‌دارند، مولکول‌های آب نیز مانند شکل الف مشاهده‌شده با نیروهای چسبندگی یکدیگر را می‌ربایند و باعث می‌شوند که سطح آب مانند یک نوری با پوسته کشیده رفتار کند و سوزن را نگاه دارد. این رفتار سطح را کشش سطحی می‌نامند.

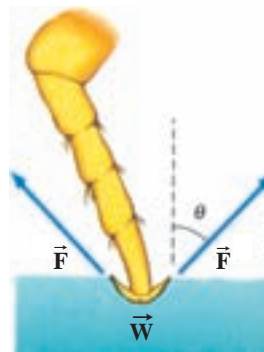
شکل ۵-۱۱

فعالیت ۵-۱۱
در شکل الف مشاهده کنید، چگونه می‌تواند روی آب باشد؟

۵-۱۱-۱ نیروهای چسبندگی سطحی
دیدیم که بین مولکول‌های یک ماده یک نیروی چسبندگی وجود دارد. این نیرو باعث می‌شود که پدیده‌های جالبی رخ دهد که در بحث‌های قبل دیدیم. هنگامی که دو ماده مختلف در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند نیز پدیده‌های اتفاقی می‌افتند که اکنون به توصیف آن‌ها می‌پردازیم.

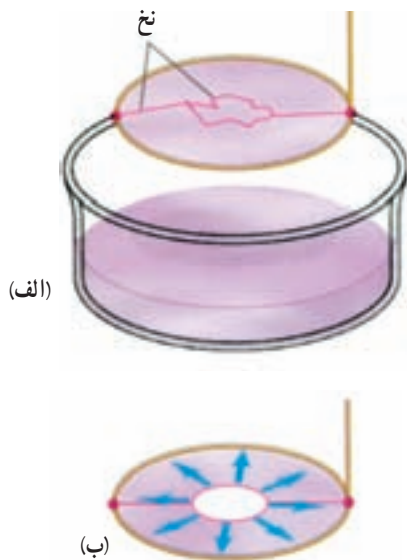
۱۱۲

هدف این فعالیت استفاده از پدیده‌ی کشش سطحی برای توصیف ایستادن حشره بر روی سطح آب است. همان‌طور که در شکل ۵-۱۱ کتاب درسی نیز به خوبی نشان می‌دهد در محل تماس پاهای حشره با سطح آب، فرو رفتگی کمی وجود دارد که ناشی از کشش سطحی آب است و نیروی روبه بالای لازم (\vec{F}) جهت غلبه بر نیروی وزن (\vec{W}) حشره را تأمین می‌کند (شکل ۵-۱۲).



برایند دو نیروی \vec{F} ناشی از سطح آب و نیروی وزن \vec{W} به تعادل می‌رسند.

شکل ۵-۱۲



شکل ۵-۱۳

یک حلقه‌ی فلزی که نخ مسدودی به آن ضمیمه شده است مطابق شکل ۵-۱۳-الف تهیه کنید. این مجموعه را داخل آب صابون فرو برده و بیرون بیاورید. همان‌طور که خواهید دید لایه‌ی نازکی از آب صابون در حلقه‌ی فلزی تشکیل می‌شود که نخ‌ها را درون خود در برمی‌گیرد. اگر لایه‌ی محصور در داخل نخ مسدود را پاره کنید، نخ به شکل دایره‌ی کامل درمی‌آید (شکل ۵-۱۳-ب). دلیل این پدیده آن است که در امتداد شعاع حلقه کشش‌هایی بر نخ وارد می‌شود و آن را به شکل یک دایره‌ی کامل درمی‌آورد. لازم به ذکر است این نیرو پیش از پاره کردن لایه‌ی آب صابون نیز وجود دارد ولی از دو طرف بر نخ وارد و در نتیجه خنثی می‌شود.



بستگی کشش سطحی به دما

در جدول ۲-۵ بستگی کشش سطحی آب به دما نشان داده شده است. همان طور که دیده می‌شود و انتظار نیز داشتیم با افزایش دما کشش سطحی آب کاهش می‌یابد. این موضوع را می‌توانید به عنوان یک طرح (پروژه) برای دانش‌آموزان علاقه‌مند مطرح کنید تا به عنوان فعالیتی خارج از کلاس به آن بپردازند و در صورت امکان نتیجه را به کلاس درس ارائه کنند. توجه کنید که این آزمایش باید بسیار دقیق و براساس راه کار خلاقانه‌ای انجام شود که دانش‌آموزان پیدا می‌کنند.

جدول ۲-۵

کشش سطحی Nm^{-1}	دما ($^{\circ}\text{C}$)
۰/۰۷۵۶	۰
۰/۰۷۲۵	۲۰
۰/۰۶۷۹	۵۰
۰/۰۵۸۸	۱۰۰

۵-۵ - نیروهای چسبندگی سطحی

هدف: آشنایی با نیروی بین مولکول‌های دو جسم متفاوت

در تماس

انجام فعالیت ۱۲-۵ می‌تواند شروع مناسب و خوبی

برای درگیر کردن ذهن دانش‌آموزان با مفهوم نیروی چسبندگی

سطحی باشد.

کج فهمی: دیده شده است که برخی دانش‌آموزان

واژه‌های چسبندگی، چسبندگی سطحی و کشش سطحی را به

اشتباه به جای یکدیگر به کار می‌برند. لازم است توجه آن‌ها را

به این موضوع بیشتر جلب کنید.

فعالیت ۱۲-۵

هدف: آشنایی با نیروی چسبندگی سطحی و مقایسه‌ی آن با نیروی چسبندگی

در انجام این فعالیت تا جایی که امکان دارد باید از تماس مستقیم با جیوه خودداری شود. زیرا جیوه و بخار

آن سمی و برای سلامتی انسان بسیار خطرناک است.

پس از انجام این فعالیت، توجه دانش‌آموزان را در این خصوص به بحث بگذارید و در پایان با توجه به آنچه

در کتاب آمده است به جمع‌بندی موضوع بپردازید.