پودمان ۳

تعیین مشخصات مواد شیمیایی

ثابت‌های فیزیکی از قبیل نقطهٔ ذوب، نقطهٔ جوش و چگالی از جمله متغیرهایی هستند که برای شناسایی و تشخیص مواد به‌کار برده می‌شوند.

واحد یادگیری ۳

انجام آزمایش‌های تعیین مشخصات مواد شیمیایی

مقدمه

نمک آشپزخانه و شکر را در نظر بگیرید، هر دو سفید رنگ هستند و در آب حل می‌شوند. با این همه کاملاً با هم تفاوت دارند. نمک از یون‌های مثبت و منفی درحالی‌که شکر از مولکول‌ها تشکیل شده است. ترکیب‌های مولکولی گسترهٔ وسیعی از دماهای ذوب و جوش از خود نشان می‌دهند، بنابراین قدرت نیروهایی که مولکول‌ها را به یکدیگر متصل نگه می‌دارد گسترهٔ وسیعی دارد. این نیروها با ساختار درونی یک مولکول تعیین می‌شود.
یکی از روش‌های شناسایی ترکیب‌های آلی تعیین خواص فیزیکی آنهاست. از مهم‌ترین خواص فیزیکی مواد می‌توان نقطهٔ جوش (bp)[۱]، نقطهٔ ذوب (mp)[۲] و چگالی (d)[۳] را نام برد که در این پودمان با روش‌های اندازه‌گیری آن در آزمایشگاه آشنا می‌شوید.

استاندارد عملکرد

انجام آزمایش‌های تعیین مشخصات مواد شیمیایی طبق دستور کار آزمایشگاه

پس از گذراندن این واحد یادگیری هنرجویان به شایستگی‌های زیر دست می‌یابند:

شایستگی‌های فنی:

۱ نقطهٔ ذوب یک مادّه را اندازه‌گیری کنند،
۲ نقطهٔ جوش یک مادّه را اندازه‌گیری کنند،
۳ چگالی یک مادّه را اندازه‌گیری کنند.

شایستگی‌های غیرفنی:

۱ **حرفه‌ای:** حضور منظم و به موقع، وقت‌شناسی، انجام وظایف و کارهای سپرده شده، پیروی از قوانین آزمایشگاهی
۲ **مدیریت منابع:** مدیریت مؤثّر زمان، استفاده از مواد و تجهیزات با روش‌های صحیح
۳ **کار گروهی:** حضوری فعّال در فعالیت‌های گروهی، انجام کارها و وظایف سپرده شده
۴ **مستندسازی:** گزارش‌نویسی فعالیت‌های آزمایشگاهی
۵ محاسبه و کاربست ریاضی

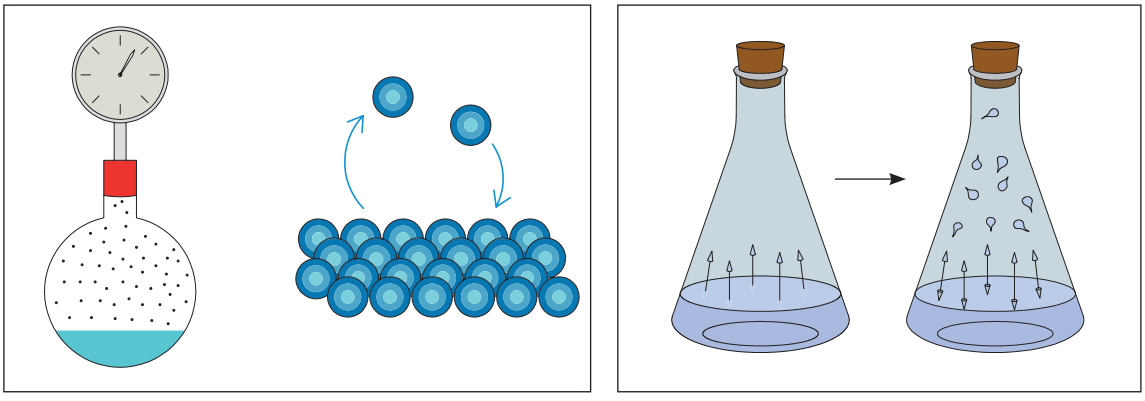
۱ـ Boiling Point
۲ـ Melting Point
۳ـ Density

۱ـ۳ـ اندازه‌گیری نقطهٔ جوش

بحث گروهی ۱

آیا شرایط کار، نگهداری و حمل و نقل مایعاتی چون آب، الکل، گلیسیرین، بنزین و نفت یکسان است؟ کدام ویژگی این مایعات می‌تواند در شرایط کار با آنها مؤثّر باشد؟
در مورد پاسخ در کلاس بحث کنید.

فشار بخار: مایعی را در ظرف سربسته که هوای داخل آن تخلیه شده است، درنظر بگیرید شکل (۱ـ۳). مولکول‌های مایع دائماً در حال حرکت هستند و وقتی که به سطح مایع می‌رسند می‌توانند از سطح مایع خارج شوند و در فضای بالای آن قرار گیرند. این فرایند برگشت‌پذیر است، زیرا مولکول‌هایی که به‌صورت بخار درآمده‌اند دوباره بر اثر برخورد به‌یکدیگر یا بر اثر برخورد با جدارهٔ ظرف، انرژی خود را از دست می‌دهند و وارد مایع می‌شوند. تا اینکه سامانه به‌حالت تعادل جنبشی برسد، به عبارت دیگر در هر لحظه تعداد معینی از مولکول‌های مایع تبخیر می‌شوند و در همان لحظه همان تعداد از مولکول‌های تبخیرشده وارد محلول می‌شوند.



شکل ۱ـ۳ـ نمایش فشار بخار مایع

پرسش ۱

۱. کدام یک از مایعات الکل، گلیسیرین، آب، استون زودتر به جوش می‌آید؟ برچه مبنایی این تشخیص را می‌دهید؟

مولکول‌ها در حالت گازی به سرعت حرکت کرده، دائماً به دیوارهٔ ظرف برخورد می‌کنند و منجر به وارد کردن فشار به دیوارهٔ ظرف می‌شوند. میزان این فشار در یک دمای معین را فشار بخار تعادل جسم مایع در آن درجه می‌نامند. با ازدیاد دما، انرژی جنبشی متوسط مولکول‌ها افزایش می‌یابد و فرار آنها از حالت مایع به حالت گازی آسان می‌شود. سرعت برگشت مجدد مولکول‌ها به حالت مایع نیز افزایش می‌یابد و به‌زودی در دمای بالاتر تعادل برقرار می‌شود.

فکر کنید ۱

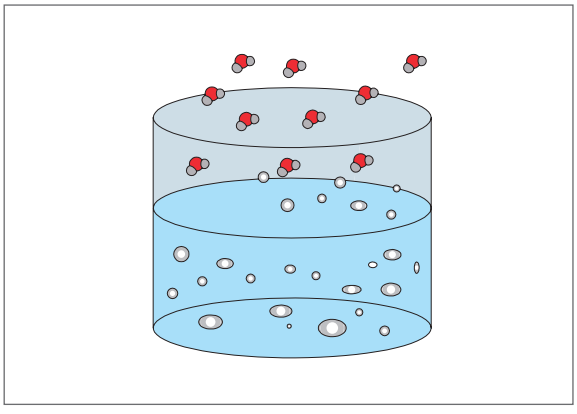
فشار بخار یک مایع به چه عواملی بستگی دارد؟

اکنون نمونهٔ مایعی را در نظر بگیرید که در یک دمای معین در ظرف سرگشاده‌ای قرار دارد و مولکول‌های فاز بخار در بالای مایع می‌توانند از محوطهٔ ظرف خارج شوند. بخاری که در بالای این نمونه است از مولکول‌های هوا و نمونه تشکیل شده است. طبق قانون فشارهای جزئی دالتون، فشار کل (خارجی) در حجم ثابت در بالای مایع برابر با فشارهای جزئی نمونه و هوا است:

$$P_{\text{کل}} = P_{\text{هوا}} + P_{\text{نمونه}}$$

فشار جزئی نمونه برابر با فشار بخار تعادل آن در دمای معین است. اگر دما بالا رود (بدین‌ترتیب فشار بخار تعادل نمونه زیاد می‌شود)، تعداد مولکول‌های نمونه در فضایی که در بالا و نزدیک مایع است افزایش می‌یابد و در نتیجه مقداری از هوا جابه‌جا می‌شود. در دمای بالا فشار جزئی نمونه درصد بیشتری از فشار کل را تشکیل می‌دهد. با ازدیاد بیشتر دما این عمل ادامه می‌یابد تا فشار بخار تعادل با فشار خارجی برابر شود و در این حال تمام هوا کاملاً از ظرف خارج می‌شود. تبخیر بیشتر باعث جابه‌جا شدن مولکول‌های گازی نمونه خواهد شد. در این حدّ سرعت تبخیر به مقدار زیادی افزایش می‌یابد (که با تشکیل حباب در مایع آشکار می‌شود) و این مرحله را عموماً شروع جوشش می‌دانند.

نقطهٔ جوش[۱] (b.p): دمایی که در آن فشار بخار مایع برابر فشار محیط شود، دمای جوش آن مایع در آن فشار نامیده می‌شود. دمای جوش یک مایع خالص تا زمانی که تمام مایع تبخیر شود ثابت می‌ماند.



شکل ۲ـ۳ـ آب در حال جوش

از آنجا که نقطهٔ جوش مشاهده شده مستقیماً به فشار خارجی بستگی دارد، لذا باید در گزارش نقطهٔ جوش، فشار خارجی هم قید شود (مثلاً نقطهٔ جوش ۱۵۲ درجهٔ سلسیوس در فشار ۷۵۲ میلی‌متر جیوه). معمولاً نقطه جوش استاندارد را در فشار اتمسفر ۷۶۰ mmHg تعیین می‌کنند.

۱. Boiling Point

دمای جوش استاندارد: دمای جوش استاندارد هر مایع، دمایی است که در آن فشار بخار مایع برابر ۷۶۰ mmHg باشد.

عوامل مؤثّر بر دمای جوش

بحث‌گروهی ۲

چه عواملی دمای جوش مایع خالص را افزایش یا کاهش می‌دهد؟

جدول ۱ـ۳ـ جرم مولکولی و دمای جوش چند هیدروکربن

نوع ماده	متان CH_4	اتان C_2H_6	پروپان C_3H_8	بوتان C_4H_{10}
دمای جوش $^\circ C$	-۱۶۱/۵	-۸۹	-۴۲	-۱
جرم مولکولی	۱۶	۳۰	۴۴	۵۸

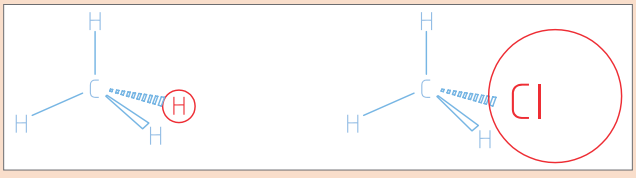
پرسش ۲

در جدول (۱ـ۳) جرم مولکولی و دمای جوش چند هیدروکربن گازی نشان داده شده است چه ارتباطی بین دمای جوش و جرم مولکولی این ترکیبات مشاهده می‌کنید؟

نتیجه: بین جرم مولکولی و دمای جوش.....

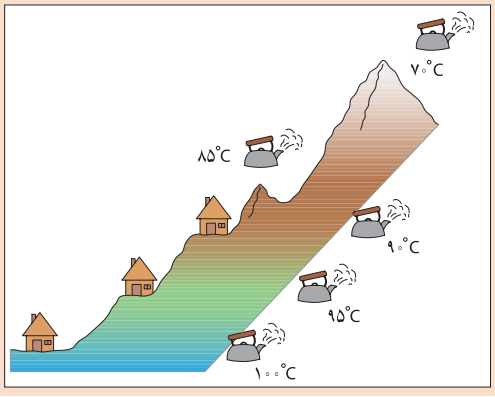
فکر کنید ۲

نقطهٔ جوش کدام یک بالاتر خواهد بود؟
علّت را توضیح دهید.



بحث‌گروهی ۳

به شکل روبه‌رو توجّه کنید، چرا نقطهٔ جوش آب در قسمت‌های مختلف متفاوت است؟
به نظر شما چه عاملی در دمای جوش مؤثّر بوده است؟



فکر کنید ۳

شکل روبه‌رو نحوهٔ عملکرد دیگ زودپز را نشان می‌دهد. بررسی کنید چرا در این وسیله زمان پختن غذا کوتاه می‌شود؟

آب در ۱۲۰°C به جوش می‌آید.

در یک آزمایش دمای جوش آب خالص برابر ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس و در همان شرایط، دمای جوش محلول‌های سدیم‌کلرید با مقدارهای مختلف نمک‌طعام مطابق جدول زیر به‌دست آمده است :

سدیم کلرید (گرم بر لیتر)	۵/۸۵	۱۱/۷۰	۱۷/۵۵
نقطهٔ جوش (درجهٔ سلسیوس)	۱۰۰/۱	۱۰۰/۲	۱۰۰/۳

پرسش ۳

چرا نقطهٔ جوش محلول سدیم‌کلرید با آب خالص تفاوت دارد؟

مهم‌ترین عوامل مؤثّر در دمای جوش را می‌توان چنین نام برد:

- جرم مولکولی: هرچه جرم مولکولی مواد بزرگ‌تر باشد، دمای جوش آن نیز بالاتر خواهد بود.
- نیروهای بین مولکولی: دمای جوش مواد با نیروهای بین مولکولی آن رابطهٔ مستقیم دارد.
- فشار محیط: هرچه فشار محیط بیشتر باشد، دمای جوش مادّه نیز بالاتر خواهد بود. بنابراین در مناطق کوهستانی که فشار محیط کمتر از سطح دریاست، دمای جوش نیز کمتر خواهد بود.
- ناخالصی: ناخالصی‌ها موجب افزایش دمای جوش می‌شوند.

روش‌های اندازه‌گیری دمای جوش به مقدار نمونه‌ای که در اختیار دارید بستگی دارد. برای مقادیر کم از روش لوله مویین و برای مقادیر زیاد از روش تقطیر ساده می‌توان استفاده کرد.

فعالیت آزمایشگاهی ۱

اندازه‌گیری نقطهٔ جوش به روش میکرو

نمایش فیلم اندازه‌گیری نقطهٔ جوش

مواد موردنیاز	وسایل مورد نیاز
گلیسیرین یا پارافین،آب مقطّر ،اتانول ،استون	بشر ۲۵۰mL ،لولهٔ مویین ،همزن شیشه‌ای چراغ گازی یا گرم‌کن برقی

روش کار :

۱ حدود $\frac{۲}{۳}$ بشر را از مایع گلیسیرین یا پارافین پر کنید.

۲ یک لولهٔ مویین انتخاب کنید، یک سر آن را روی حرارت شعله ببندید و آن را از طرفی که باز است، داخل یک لولهٔ آزمایش کوچک ۱۰ سانتی‌متری کاملاً خشک به نحوی قرار دهید که سر بسته آن بالا باشد.

۳ در لولهٔ آزمایش فوق یک میلی‌لیتر از مایع مورد آزمایش بریزید.

۴ این مجموعه (لولهٔ آزمایش، مایع و لولهٔ مویین) به یک دماسنج طوری بسته شود که مخزن دماسنج در مقابل مایعی که در لولهٔ آزمایش است، قرار گیرد.

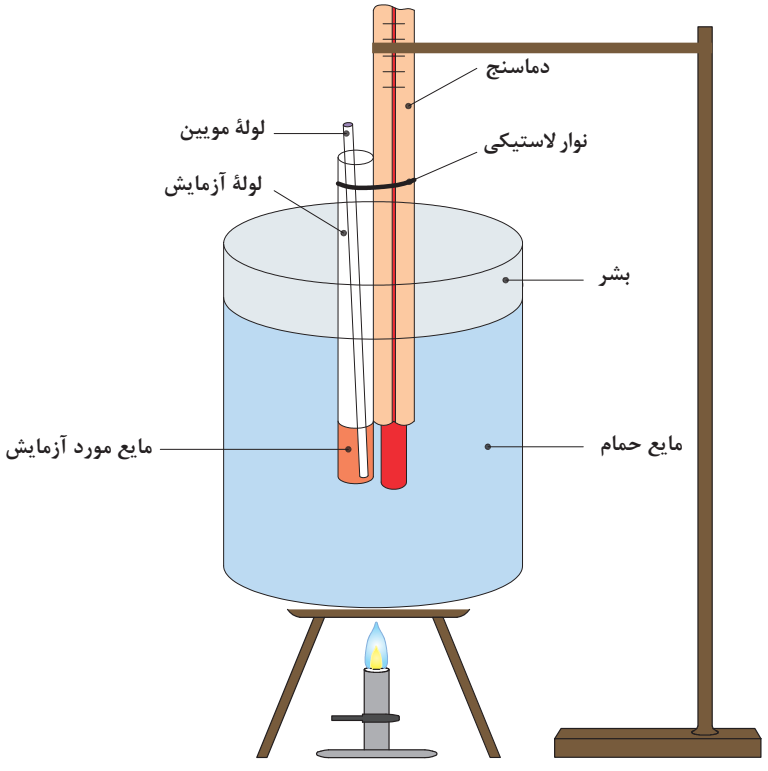
۵ مجموعه را به یک سر گیره وصل کنید و آن را به صورت معلّق در حمام مایع قرار دهید و به ملایمت گرما دهید.

گرما باید به‌اندازه‌ای باشد که هر دقیقه دمای حمام ۳ تا ۴ درجهٔ سلسیوس افزایش یابد.

۶ گرما دادن را تا خارج شدن سریع حباب‌ها از لولهٔ مویین ادامه دهید. در این هنگام گرما دادن را قطع کنید، سپس اجازه دهید تا خروج حباب‌ها کند شده و قطع شود. پس از خروج آخرین حباب، مایع از لولهٔ مویین بالا می‌رود. در این لحظه دما را به‌عنوان نقطهٔ جوش ثبت کنید.

نکات ایمنی ۱

هنگام کار با موادی که فشار بخار بالایی دارند، از تهویهٔ مناسب محیط کار اطمینان حاصل کنید.



شکل ۳ـ۳ـ سامانهٔ اندازه‌گیری نقطهٔ جوش به روش میکرو

پرسش ۴

۱. چرا مایع در لولهٔ مویین بالا می‌رود؟
۲. علّت استفاده از مایع حمام برای گرم‌کردن نمو نه چیست؟
۳. توضیح دهید چگونه از طریق دمای جوش به خالص بودن مادهٔ آلی پی می‌بریم؟

در اندازه‌گیری نقطهٔ جوش به روش میکرو، چون مقدار مایع اندک است، در صورت افزایش ناگهانی گرما احتمال بخار شدن آن زیاد است و در نتیجه در مشاهدهٔ دمای جوش دچار خطا خواهید شد.

ضریب تصحیح : به علّت اینکه فشار هوا در آزمایشگاه‌ها ممکن است فشار استاندارد (۷۶۰ mmHg) نباشد، دمای اندازه‌گیری‌شده باید تصحیح شود تا بتوان دمای به‌دست‌آمده را با دمای جوش استاندارد مقایسه کرد.
برای این کار به ازای هر ۱۰ mmHg اختلاف فشار باید مطابق جدول ۲ـ۳ اعداد به‌دست‌آمده در آزمایش تصحیح شود. (تغییرات دمایی اعلام‌شده در جدول با توجّه به‌اینکه فشار محیط آزمایش بیشتر یا کمتر از فشار استاندارد باشد، ممکن است به دمای جوش اضافه یا از آن کم شود.)
ضریب تصحیح دمای جوش خوانده‌شده و تبدیل آن به دمای جوش استاندارد، چند مایع در جدول (۲ـ۳) نشان داده شده است.

جدول ۲ـ۳ـ دمای جوش نرمال و ضریب تصحیح دمای جوش

نمونه	دمای جوش نرمال (°C)	تغییرات دما با تغییر فشار $\Delta T/10\ mmHg$ (°C)
استون	۵۶/۱	۰/۳۹
آب	۱۰۰/۰	۰/۳۷
نیتروبنزن	۲۱۰/۹	۰/۴۸
کینولین	۲۳۷/۵	۰/۵۹
بنزوفنون	۳۰۵/۹	۰/۶
اتانول	۷۸/۴	۰/۳۷

۲ـ۳ـ اندازه‌گیری نقطهٔ ذوب

فکر کنید ۴

در تصویرهای زیر سه مادهٔ آلی «سالیسیلیک اسید»، «استئاریک اسید» و «اوره» را مشاهده می‌کنید. چگونه می‌توانید با یک آزمایش از بین آنها اوره را تشخیص دهید؟

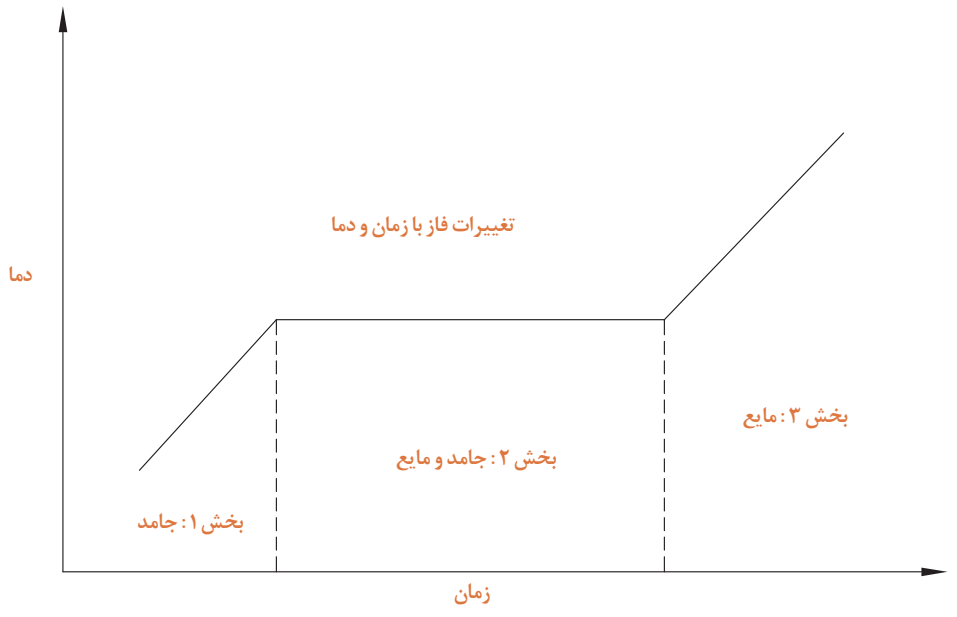
نقطه ذوب جسم خالص

نقطه ذوب یک جسم خالص دمایی است که در آن فازهای مایع و جامد بدون تغییر دما در حال تعادل با یکدیگر باشند. چنانچه در نقطهٔ ذوب به مخلوط فازهای جامد و مایع یک جسم خالص گرما داده شود، افزایشی در دما صورت نمی‌گیرد تا تمام جامد به مایع تبدیل شود (ذوب شود)، چنانچه گرما از چنین مخلوطی دور شود، دما کاهش نمی‌یابد تا تمام مایع به جامد تبدیل شود (منجمد شود)، بنابراین نقطهٔ ذوب و انجماد یک جسم خالص یکسان است.

پرسش ۵

چرا نقطهٔ ذوب مواد اهمیّت دارد؟ در چه صنایعی این ویژگی از اهمیّت بیشتری برخوردار است؟

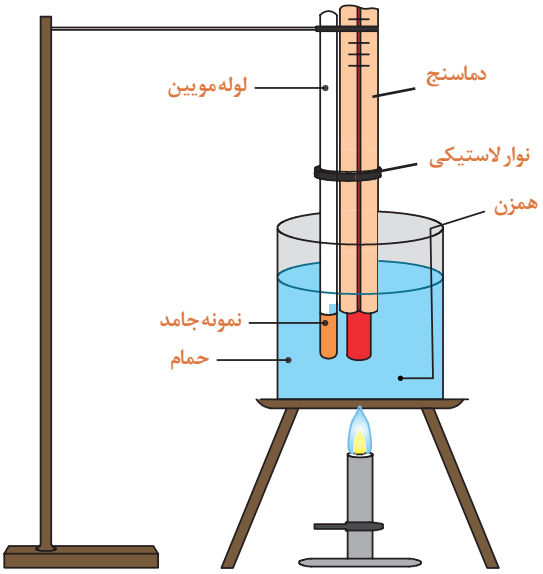
شکل (۴ـ۳) نمودار تغییرات فاز با زمان و دما را نشان می‌دهد. با توجّه به نمودار در دمای پایین (زیر نقطهٔ ذوب) ترکیب به حالت جامد وجود دارد و افزایش گرما موجب افزایش دمای آن می‌شود. (بخش ۱).
هنگامی‌که نقطهٔ ذوب فرا می‌رسد، اولین مقدار جزئی مایع ظاهر می‌شود، بین حالت‌های جامد و مایع تعادل برقرار می‌شود. با ادامه گرما دادن، در طی مدّت فرایند ذوب دما تغییر نمی‌کند و مادّه به هر دو شکل جامد و مایع در حال تعادل وجود دارد و گرمای اضافه شده باعث تبدیل جامد به مایع می‌شود(بخش ۲). پس از ذوب آخرین قسمت مادهٔ جامد، گرمایی که به مادّه داده می‌شود موجب افزایش دمای مایع می‌شود. (بخش ۳).



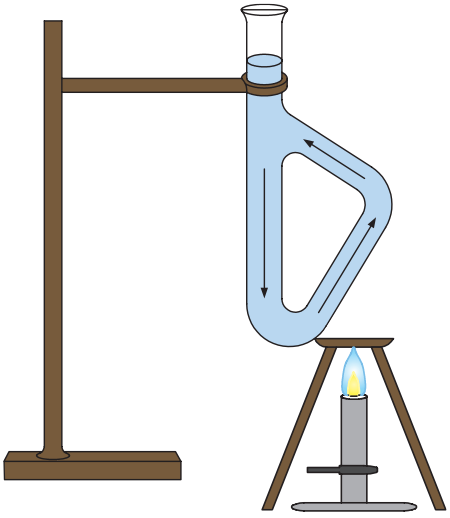
شکل ۴ـ۳ـ تغییرات فاز با زمان و دما

تعیین نقطهٔ ذوب

برای تعیین نقطهٔ ذوب از دو روش می‌توان استفاده کرد. یک روش استفاده از حمام‌های مایع (برای دماهای نسبتاً پایین) به‌صورت حمام بشر یا لولهٔ تیل[1] است (شکل‌های۵ـ۳ و ۶ـ۳). روش دیگر استفاده از دستگاه‌های برقی برای دماهای نسبتاً بالا شکل‌های ۷ـ۳ است.



شکل ۵ـ۳ـ بشر حمام



شکل ۶ـ۳ـ دستگاه تیل

شکل ۷ـ۳ـ دو نمونه دستگاه الکتریکی برای اندازه‌گیری نقطهٔ ذوب

فعالیت آزمایشگاهی۲

اندازه‌گیری نقطهٔ ذوب چند ماده به کمک حمام مایع

۱- Thiele tube

نمایش فیلم اندازه‌گیری نقطهٔ ذوب با حمام مایع

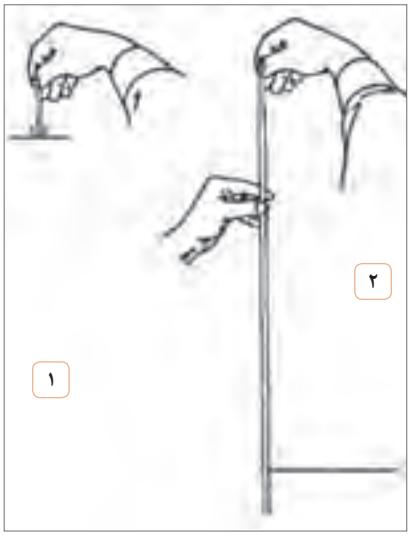
مواد مورد نیاز	وسایل مورد نیاز
مادهٔ جامد (اوره، بنزوئیک اسید، سالیسیلیک اسید، استانیلید) مایع پارافین یا گلیسیرین	بشر ۱۰۰mL ،لولهٔ مویین باقطر ۲ میلی‌متر دماسنج با دقّت ۰/۱ °C ، نوار لاستیکی ،توری و سه پایهٔ فلزی لولهٔ توخالی بلند، شیشهٔ ساعت، هاون، لولهٔ تیل همزن شیشه‌ای ، چوب‌پنبه سوراخ‌دار، چراغ گاز

روش کار:

۱ یک سر لولهٔ مویین به قطرحدود ۲ـ۱ میلی‌متر و طول ۱۰ـ۵ سانتی‌متر را روی شعلهٔ چراغ گاز در حالی که به صورت دورانی حرکت می‌دهید، تا حد سرخ شدن گرم کنید تا بسته شود.

۲ حدود ۰/۱ گرم از نمونهٔ مورد آزمایش در داخل هاون ریخته و نرم کنید.

۳ لولهٔ مویین را از نمونهٔ پودر شده تا ارتفاع ۲mm پر کنید. برای این کار سر آزاد لوله مویین را داخل پودر نرم شده فرو ببرید و از درون لولهٔ توخالی بلند رها کنید. این کار را چند بار تکرار کنید تا مادّهٔ جامد پودر شده به ارتفاع ۲ میلی‌متر داخل لوله مویین شود. (مطابق شکل ۸ـ۳)



شکل ۸ـ۳ـ پرکردن و متراکم کردن گرد در لولهٔ مویین.

نکات ایمنی۲

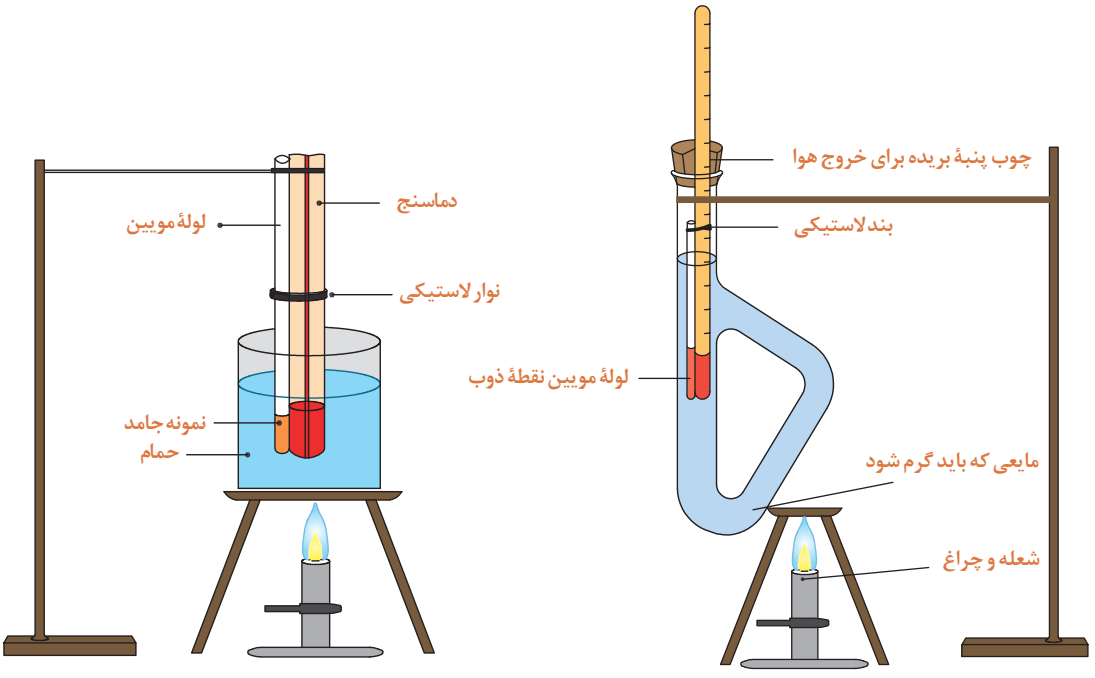
*** برای محافظت خود از روپوش آزمایشگاه، دستکش مناسب و عینک ایمنی استفاده کنید.**

*** هنگام کار با شعلهٔ گاز، موارد ایمنی را رعایت کنید.**

۴ لولهٔ مویین را به وسیلهٔ یک نخ یا نوار لاستیکی باریک طوری به دماسنج متصل کنید که گرد موجود در لولهٔ مویین در مجاورت حباب دماسنج قرار گیرد. (شکل ۹ـ۳) (نخ یا نوار لاستیکی باید از جنسی باشد که بتواند دمای ۲۰۰ درجهٔ سلسیوس را تحمّل کند.)

۵ دماسنج را به کمک چوب پنبهٔ سوراخ‌داری که یک طرف آن برای دیدن درجه‌های دماسنج و خروج هوا برش باریکی داده شده است، در داخل حمام گلیسیرین یا پارافین مطابق شکل (۹ـ۳) الف و ب قرار دهید.

۶ به‌کمک چراغ گاز و هم‌زدن متوالی مایع به وسیلهٔ همزن، به آرامی دمای مایع حمام را بالا ببرید. با مشاهدهٔ دقیق لولهٔ مویین، نقطهٔ ذوب مادّه را ثبت کنید.



شکل ۹ـ۳

پرسش۶

۱. اگر لولهٔ مویین را به‌صورت ثابت روی شعلهٔ چراغ نگهدارید چه اشکالی ایجاد می‌شود؟
۲. چرا برای اندازه‌گیری دمای ذوب، جسم را باید به صورت پودر درآورد؟
۳. چگونه می‌توان به وسیلهٔ آزمایش سریع پی‌برد که انتهای لولهٔ مویین بسته است؟

تحقیق‌کنید۱

۱. مایع مناسب برای حمام چه خصوصیاتی باید داشته باشد؟
۲. چرا در این آزمایش از آب نمی‌توان به عنوان مایع حمام استفاده کرد؟

فعالیت آزمایشگاهی۳

اندازه‌گیری نقطهٔ ذوب به کمک دستگاه برقی

معمولاً دستگاه‌های الکتریکی از یک گرم‌کنندهٔ الکتریکی که مجهّز به همزن است تشکیل می‌شود و جسم به آرامی گرما داده می‌شود. در این دستگاه‌ها به کمک وسایل نوری و با بزرگ‌نمایی، امکان مشاهدهٔ نمونه به راحتی فراهم می‌آید.

در حین کار از مواد و وسایل به‌طور صحیح استفاده نمایید.

نمایش فیلم طرز کار با دستگاه‌اندازه‌گیری نقطهٔ ذوب

نکات ایمنی ۳

* محل اتّصال دستگاه به پریز برق را با دست مرطوب نگیرید.
* دقّت کنید در حین کار با دستگاه آب و مواد شیمیایی بر روی آن نریزید.

مواد مورد نیاز	وسایل مورد نیاز
مادهٔ جامد (اوره، بنزوئیک اسید، سالیسیلیک اسید، استانیلید)	لولهٔ مویین با قطر بیرونی ۲ میلی‌متر دماسنج با دقت ۰/۱°C لولهٔ توخالی بلند هاون همزن شیشه‌ای

روش کار :

۱ نمونهٔ جامد را مطابق روش پیشین پودر کنید و داخل لولهٔ مویین بریزید.
۲ برای انجام دادن آزمایش با دستگاه، به راهنمای استفاده از دستگاه مراجعه کنید.
۳ عمل گرما دادن را به آرامی انجام دهید.
۴ دستِ‌کم ۲ الی ۳ بار نقطهٔ ذوب جسم اندازه‌گیری شود و دقّت کنید که تفاوت‌ها بسیار ناچیز باشند.
۵ نتایج حاصل از دو روش آزمایش را با هم مقایسه کنید و دربارهٔ دقّت اندازه‌گیری هر روش بحث کنید.

فکر کنید ۵

۱. خطاهای احتمالی در این آزمایش کدام‌اند؟
۲. چگونه می‌توان خطاهای موجود در آزمایش را کاهش داد؟
۳. علّت تفاوت دمای ذوب واقعی و دمای ذوب اندازه‌گیری شده را بیان کنید.

۳ـ۳ـ اندازه‌گیری چگالی[۱]

بحث گروهی ۴

چرا چوب پنبه روی آب شناور می‌ماند در حالی که سکّهٔ فلزی در آب فرو می‌رود؟

۱ - Density

فعالیت آزمایشگاهی ۴

۱. چند مایع مختلف مانند آب، روغن مایع و شربت غلیظ آلبالو را به آرامی در یک لیوان بریزید، چه مشاهده می‌کنید؟

۲. از سه مایع بند ۱ هرکدام ۱۰ میلی‌لیتر برداشته و وزن کنید. کدام جرم بیشتر و کدام کمتر دارند؟ از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌توان گرفت؟

۳. در همان ظرفی که سه مایع را ریخته‌ایم، یک کلیپس کاغذ، یک تکه مداد شمعی و چوب بیندازید. هرکدام از قطعات جامد در کجا قرار می‌گیرند؟

۴. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌توان گرفت؟

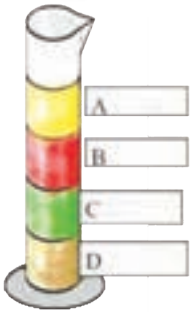
از فعالیت انجام شده می‌توان نتیجه گرفت مواد مختلف با حجم‌های مساوی برحسب سنگینی، طوری روی هم قرار می‌گیرند که سنگین‌ترین‌ها در پایین‌تر و سبک‌ترین‌ها در بالاتر خواهند بود.

به عبارت دیگر می‌توان گفت اگر جرم حجم‌های مساوی از مواد را با هم مقایسه کنید، آن مادّه‌ای که جرم بیشتر دارد سنگین‌تر است و برعکس.

پرسش ۷

جرم ۱ میلی لیتر از هریک از مواد A تا D در جدول داده شده است؛

مواد A تا D را مشخص کنید.



یک میلی لیتر از مایعات	جرم برحسب گرم
	۱/۳۸
	۱/۲
	۰/۹۳
	۱/۱

چگالی یا جرم حجمی عبارت است از جرم واحد حجم که این مقدار از تقسیم جرم به حجم جسم، طبق معادلهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} \quad \text{یا} \quad d = \frac{m}{v}$$

یکای چگالی در سامانه SI کیلوگرم بر مترمکعب و در سامانه C.G.S گرم برسانتی‌متر مکعب است.

برای یافتن چگالی مواد مختلف، از هر کدام یک سانتی‌متر مکعب تهیّه کنید و جرم هریک را با ترازو اندازه بگیرید.

پرسش ۸

۱. اگر یک قطعهٔ فلز به جرم ۷۲ گرم ۹ سانتی‌متر مکعب حجم داشته باشد، چگالی فلز را برحسب g/cm^3 به‌دست آورید.

۲. چگالی فلز آلومینیم $2/73 g/cm^3$ است. اگر قطعهٔ فلز آلومینیم به جرم ۳ گرم داشته باشید، این فلز چه حجمی باید داشته باشد؟

چگالی برخی از مواد در جدول (۳ـ۳) آمده است.

جدول ۳ـ۳ـ جرم واحد حجم اجسام

نام ماده	چگالی (g/cm^3)
سرب	۱۱
یخ	۰/۹۲
چوب بلوط	۰/۵۶
شیشه	۲/۶
چوب پنبه	۰/۲۴
آب خالص	۱

پرسش ۹

بر اساس جدول (۳ـ۳) عبارت‌های زیر را کامل کنید :

..... و..... و..... روی آب قرار می‌گیرند و..... و..... در آب فرو می‌روند.

فکر کنید ۶

(۳)

(۲)

(۱)

۱. در مورد تصویر شمارهٔ«۱» یک جمله علمی‌بیان کنید.

.....

.....

۲. به چه دلیل وقتی هوای درون بالن را گرم می‌کنند، بالن بالا می‌رود؟

۳. چرا کشتی‌ها با وجود وزن بالایی که دارند،در آب فرو نمی‌روند؟

تعیین چگالی جامدها:

نمایش فیلم تعیین چگالی مایعات

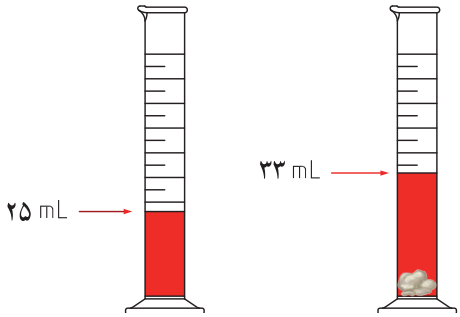
الف. اگر جامدی دارای شکل هندسی مشخص باشد: حجم آن را با اندازه‌گیری ابعاد جسم محاسبه می‌کنند و جرم آن را به کمک ترازو به‌دست می‌آورند، سپس با توجّه به معادلهٔ $d = \frac{m}{v}$ چگالی آن را تعیین می‌کنند.

ب. اگر جامد شکل هندسی مشخصی نداشته و در آب حل نشود : در این حالت تعیین حجم جسم به‌طور غیرمستقیم و طبق قانون ارشمیدس[1] صورت می‌گیرد.

نکته: جامد باید چگالی بزرگ‌تری نسبت به آب داشته باشد تا نمونهٔ جامد در آب معلّق نباشد.

در یک استوانهٔ مدرج حجم مشخصی (V_1) از آب ریخته و جرم آن را اندازه‌گیری کنید (m_1). جسم جامد را در آب وارد کنید. جرم استوانهٔ حاوی آب و جسم جامد را با ترازو تعیین کنید (m_2). از مقدار m_2 مقدار عددی m_1 را کم کنید و مقدار جرم جسم m به‌دست می‌آید. با داشتن V_2 و V_1 نیز می‌توان حجم نمونه را به‌دست آورد.

اگر $m_1 = ۶۰$ گرم و $m_2 = ۱۰۰$ گرم باشد، خواهیم داشت :



$$m_2 - m_1 = ۱۰۰ - ۶۰ = ۴۰ g$$

$$v_2 - v_1 = ۳۳ - ۲۵ = ۸ mL$$

$$d = \frac{m}{v} = \frac{۴۰}{۸} = ۵ g/mL$$

اگر جسم جامد مورد نظر، مانند سدیم‌کلرید، در آب حل‌پذیر باشد، می‌توان به جای آب از مایع دیگری مانند نفت یا روغن استفاده کرد.

فعالیت آزمایشگاهی ۵

تعیین چگالی مواد جامد با شکل هندسی منظّم

مواد لازم	وسایل لازم
مکعب‌هایی از جنس‌های آهن، سرب، مس، روی، چوب و پلاستیک	خط‌کش میلی‌متری ترازو با دقّت ۰/۰۱ گرم

۱. قانون ارشمیدس: هر سیالی به جسمی که در آن قرار گرفته، نیروی شناوری وارد می‌کند. اندازهٔ این نیرو برابر وزن سیال جابه‌جا شده است.

روش کار :

۱ با کمک خط‌کش به‌طور دقیق اندازه‌های مکعبی که در اختیار دارید را اندازه بگیرید و با استفاده از رابطهٔ (ارتفاع × عرض × طول = حجم) حجم آن را محاسبه کنید. (v سانتی‌متر مکعب)

۲ با کمک ترازو جرم مکعب مورد نظر را اندازه بگیرید. (m گرم)

۳ با استفاده از معادلهٔ $d = \frac{m}{v}$ چگالی مکعب را محاسبه کنید.

۴ مراحل کار را با مکعب از جنس دیگر نیز انجام دهید و نتایج به دست آمده را در جدول زیر ثبت کنید.

جنس مکعب	چوب	آهن	مس	سرب	روی	آلومینیم
چگالی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)						

فعالیت آزمایشگاهی ۶

تعیین چگالی مواد جامد با شکل نامنظم

مواد لازم	وسایل لازم
روی یا آلومینیم دانه‌ای آب	استوانهٔ مدرج ۱۰ میلی لیتری پی‌ست (آب فشان) ترازو

روش کار:

۱ استوانهٔ ۱۰mL تمیز و خشک را انتخاب کنید و آن را به وسیلهٔ آب فشان تا انطباق سطح مقعر آب بر یکی از خط‌های درجه‌بندی استوانه، مثلاً در مقابل عدد ($V_1 = 5mL$) پر کنید.

۲ جرم استوانهٔ حاوی آب را به‌دست آورید (m_1 گرم).

۳ روی یا آلومینیم دانه‌ای را به‌آرامی و به‌طور مایل در استوانه وارد کنید. با انگشت به استوانهٔ مدرّج ضربه بزنید تا حباب‌های هوا خارج شود. انحنای جدید آب را روی درجه‌بندی استوانه بخوانید. در این حالت حجم آب را V_2 یادداشت کنید.

۴ دوباره جرم استوانه و محتویات آن را به‌طور دقیق تعیین کنید (m_2 گرم).

برای تعیین چگالی داریم:

جرم (استوانهٔ خالی + حجم معین آب):	m_1 (g)
جرم (استوانهٔ خالی + حجم آب پس از اضافه‌کردن فلز روی یا آلومینیم دانه‌ای):	m_2 (g)
حجم آب در استوانه:	V_1 (mL)
حجم آب پس از اضافه کردن روی یا آلومینیم دانه‌ای:	V_2 (mL)
جرم فلز:	$(m_2 - m_1)$ (g)
حجم فلز:	$(V_2 - V_1)$ (mL)

$$d = \frac{m_2 - m_1}{v_2 - v_1} \quad g/mL$$

تعیین چگالی مایعات

نمایش فیلم تعیین چگالی با پیکنومتر

پیکنومتر ظرفی است با حجم مشخص برای اندازه‌گیری چگالی مایعات. در پیکنومتر دارای سوراخی برای خروج مایعات اضافی است. حجم پیکنومتر بر روی آن و دمایی که در آن حجم اندازه‌گیری شده، ثبت شده است؛ همچنین بر روی گلو و در پیکنومتر عددی حک شده است. این دو عدد مشابه برای آن است که در پیکنومتر با پیکنومترهای دیگر جابه‌جا نشود.

با اندازه‌گیری پیکنومتر در دو حالت پر و خالی و به کمک رابطهٔ زیر، جرم ویژهٔ مایع مورد نظر به‌دست می‌آید.

T = دمای نمونه $^{\circ}C$

m = جرم نمونه (g) = جرم پیکنومتر پر − جرم پیکنومتر خالی و خشک

V = حجم نمونه (mL)

طبق معادلهٔ زیر چگالی به‌دست می‌آید:

$$d_{T(^{\circ}C)} = \frac{m}{V}\ g/cm^3$$

فعالیت آزمایشگاهی ۷

تعیین چگالی یک مایع با پیکنومتر

مواد لازم	وسایل لازم
آب	پیکنومتر
الکل	ترازو
استون	حمام آب گرم
	دماسنج

روش کار:

۱ پیکنومتر را با آب مقطّر و سپس با استون به خوبی شستشو دهید و در دمای اتاق خشک کنید.

۲ جرم پیکنومتر را با ترازو تعیین کنید (m_1).

۳ در صورت لزوم در پیکنومتر را تمیز کنید.

۴ دمای نمونه را به ۱۰ـ۵ درجه سلسیوس کمتر از دمای آزمایش برسانید.

۵ پیکنومتر را پر کنید.

۶ در صورت وجود حباب، لازم است آنها را با تلنگرزدن به دیوارهٔ پیکنومتر یا هر روش دیگری خارج کنید. سپس در پیکنومتر را به‌آرامی بگذارید.

۷ مایعات خارج‌شده را با نوک دستمال کتان بدون کرک یا کاغذ صافی پاک کنید. در طول زمان انبساط مایع درون پیکنومتر نیز لازم است مایعات خارج شده را هر چند وقت پاک کنید.

۸ پیکنومتر را به مدّت ۲۰ دقیقه در حمام آب با دمای مورد نظر و دقّت دمایی $\pm 0/01$ درجهٔ سلسیوس قرار دهید.

۹ پیکنومتر را از حمام خارج کنید و دیوارهٔ خارجی آن را با استون خالص شسته توسط دستمال کتان بدون کرک پاک کنید.

۱۰ جرم پیکنومتر و مایع درون آن را اندازه‌گیری کنید (m_2).

۱۱ با کمک روابط زیر مقدار چگالی نمونهٔ مورد آزمایش را به دست آورید:

$m = m_2 - m_1$ ، V = حجم نمونه (cm^3) ، T = دمای نمونه

$$d_{T(^{\circ}C)} = \frac{m}{V}\ g/cm^3$$

نکات ایمنی ۴

از قراردادن پیکنومتر در آون با دمای بیش از ۵۰ درجهٔ سلسیوس اکیداً خودداری کنید.

فعالیت آزمایشگاهی ۸

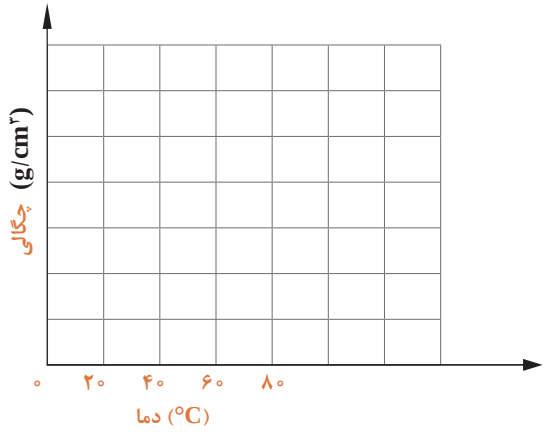
بررسی اثر دما بر چگالی مایعات

مواد لازم	وسایل لازم
الکل آب گلیسیرین	پیکنومتر شیشه‌ای ترازو حمام آب گرم دماسنج

۱ با یک نمونه مایع در دماهای مختلف اندازه‌گیری چگالی را انجام دهید و نتایج آن را در جدول زیر ثبت نمایید.

دما °C	۰	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰
چگالی g/cm^3					

۲ منحنی تغییرات چگالی را برحسب دما رسم کنید. (برای رسم این منحنی‌ها دست کم از ۵ نقطه استفاده کنید.)



۳ با توجّه به نتایج آزمایش و رسم نمودار، اثر دما بر چگالی را بیان کنید.

پرسش ۱۰

۱. دو کاربرد چگالی را بنویسید.
۲. چرا چگالی گاز و مایع در دما و فشار معیّن گزارش می‌شود؟
۳. چرا برای تعیین چگالی مواد ابزار اندازه‌گیری باید دقّت زیادی داشته باشد؟

ارزشیابی شایستگی تعیین مشخصات مواد شیمیایی

شرح کار:

ـ انتخاب وسایل و مواد لازم
ـ آماده کردن دستگاه یا سوارکردن سامانهٔ آزمایشگاه
ـ انجام دادن آزمایش طبق دستور کار
ـ ثبت گزارش آزمایش
ـ رعایت نکات ایمنی در هر مرحله از کار

استاندارد عملکرد:

انجام آزمایش‌های تعیین مشخصات مواد شیمیایی طبق دستورکار آزمایشگاه

شاخص ها:

انجام دادن کار طبق دستورکار
گزارش نتیجه آزمایش به‌طور دقیق
رعایت نکات ایمنی مربوط به کار

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط: مکان آزمایشگاه
زمان : یک جلسه آموزشی
دستگاه‌های مورد نیاز، ابزارآلات شیشه ای ، لوازم ایمنی فردی
ابزار و تجهیزات: دستگاه نقطه ذوب، ترازو، پیکنومتر، زمان‌سنج، ابزارآلات آزمایشگاهی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	اندازه‌گیری نقطهٔ ذوب	۱	
۲	اندازه‌گیری نقطهٔ جوش	۱	
۳	اندازه‌گیری چگالی	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجّهات زیست محیطی و نگرش: ایمنی : استفاده از وسایل ایمنی شخصی نگرش :دقّت در انجام کار توجهات زیست محیطی : انجام کار با حداقل ریخت و پاش شایستگی‌های غیر فنی : مدیریت منابع ، مستندسازی، اخلاق حرفه‌ای ، کار گروهی	۲	
	میانگین نمرات		*

* کمترین میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.