

فصل ۳

تعیین مشخصات مواد شیمیایی



ثابت‌های فیزیکی از قبیل نقطه ذوب، نقطه جوش، جرم حجمی و گرانیوی از جمله فاکتورهایی هستند که برای شناسایی و تشخیص مواد به کار برده می‌شوند.

واحد یادگیری ۳

انجام آزمایش‌های تعیین مشخصات مواد شیمیایی

مقدمه

نمک آشپزخانه و شکر را در نظر بگیرید، هر دو سفید بوده و در آب حل می‌شوند. با این همه کاملاً تفاوت دارند. نمک از یون تشکیل شده است در حالی که شکر از مولکول‌های مجزا تشکیل شده است. اجسامی که از مولکول‌ها تشکیل شده‌اند گستره وسیعی از دماهای ذوب و جوش از خود نشان می‌دهند، بنابراین قدرت نیروهایی که مولکول‌ها را به یکدیگر متصل نگه می‌دارد گستره وسیعی دارد. این نیروها با ساختار درونی یک مولکول تعیین می‌شود. یکی از روش‌های شناسایی ترکیبات آلی تعیین خواص فیزیکی آنهاست. مهم‌ترین خواص فیزیکی عبارت‌اند از نقطه جوش^۱ (bp)، نقطه ذوب^۲ (mp)، چگالی^۳ (d)، گرانیوی^۴ و... که در این فصل با روش‌های اندازه‌گیری آن در آزمایشگاه آشنا می‌شوید.

استاندارد عملکرد

انجام آزمایش‌های تعیین مشخصات مواد شیمیایی طبق دستورالعمل آزمایشگاه پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان به شایستگی‌های زیر دست می‌یابند:

شایستگی‌های فنی:

- ۱ نقطه ذوب یک ماده را اندازه‌گیری کنند،
- ۲ نقطه جوش یک ماده را اندازه‌گیری کنند،
- ۳ چگالی یک ماده را اندازه‌گیری کنند،
- ۴ گرانیوی یک ماده را اندازه‌گیری کنند.

شایستگی‌های غیرفنی:

- ۱ حرفه‌ای: حضور منظم و به موقع، وقت‌شناسی، انجام وظایف و کارهای محوله، پیروی از قوانین آزمایشگاهی
- ۲ مدیریت منابع: مدیریت مؤثر زمان، استفاده از مواد و تجهیزات باروش‌های صحیح
- ۳ کار تیمی: حضوری فعال در فعالیت‌های تیمی، انجام کارها و وظایف محوله
- ۴ مستندسازی: گزارش نویسی فعالیت‌های آزمایشگاهی
- ۵ محاسبه و کاربست ریاضی

۱- Boiling Point

۲- Melting Point

۳- Density

۴- Viscosity

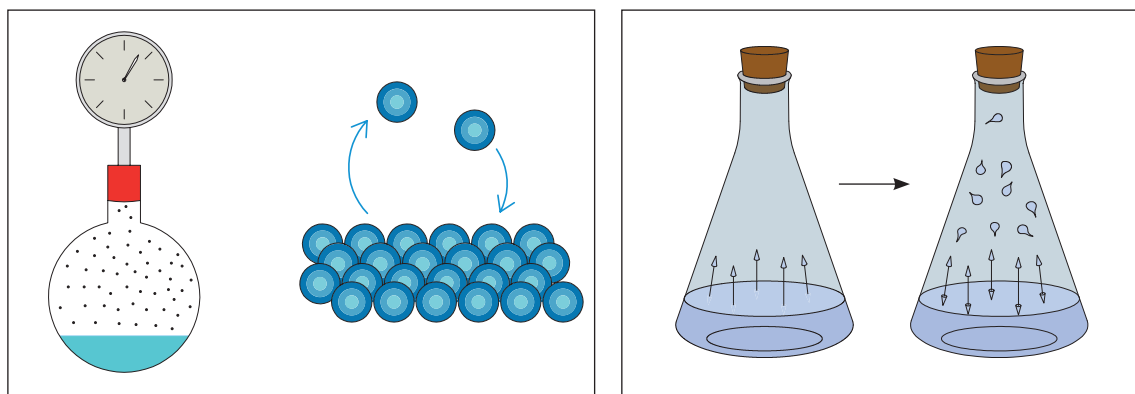
۱-۳- اندازه‌گیری نقطه جوش

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 مؤثر باشد؟ در مورد پاسخ در کلاس بحث کنید.

بحث کلاسی



فشار بخار: مایعی را در ظرف سربسته که هوای داخل آن تخلیه شده را در نظر بگیرید. شکل (۱-۳). مولکول‌های مایع دائماً در حال حرکت هستند و وقتی که به سطح مایع می‌رسند می‌توانند از سطح مایع خارج شده و در فضای بالای آن قرار گیرند. این فعل و انفعال برگشت پذیر است، زیرا مولکول‌هایی که به صورت بخار در آمده‌اند مجدداً بر اثر برخورد به یکدیگر یا بر اثر برخورد با جداره ظرف، انرژی خود را از دست داده و وارد مایع می‌شوند. تا اینکه سیستم به حالت تعادل جنبشی برسد، به عبارت دیگر در هر لحظه تعداد معینی از مولکول‌های مایع تبخیر می‌شوند و در همان لحظه همان تعداد از مولکول‌های تبخیر شده وارد محلول می‌شوند.



شکل ۱-۳. نمایش فشار بخار مایع

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

پرسش



مولکول‌ها در حالت گازی به سرعت حرکت کرده، دائماً به دیواره ظرف برخورد می‌کنند و منجر به وارد کردن فشار به دیواره آن می‌شوند. میزان این فشار در یک درجه حرارت معین را فشار بخار تعادل جسم مایع در آن درجه می‌نامند. با ازدیاد درجه حرارت 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 به زودی در درجه حرارت بالاتر تعادل برقرار می‌شود.



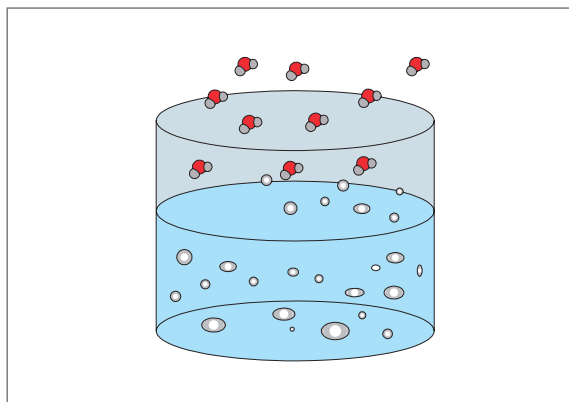
فشار بخار یک مایع به چه عواملی بستگی دارد؟

اکنون نمونه‌ی مایعی را در نظر بگیرید که در یک درجه حرارت معین در ظرف سرگشاده‌ای قرار دارد و مولکول‌های فاز بخار در بالای مایع می‌توانند از محوطه 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 درجه حرارت معین است. اگر درجه حرارت بالا رود (بدین ترتیب 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 درجه حرارت بالا فشار جزئی نمونه درصد بیشتری از فشار کل را تشکیل می‌دهد. با ازدیاد بیشتر درجه حرارت 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 حد سرعت تبخیر به مقدار زیادی افزایش می‌یابد (که با تشکیل حباب در مایع آشکار می‌شود) و این مرحله را عموماً شروع جوشش می‌دانند.

نقطه جوش (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 ۲-۳. آب در حال جوش

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

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

عوامل مؤثر بر دمای جوش

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

بحث کلاسی



جدول ۳-۱. جرم مولکولی و دمای جوش چند هیدروکربن

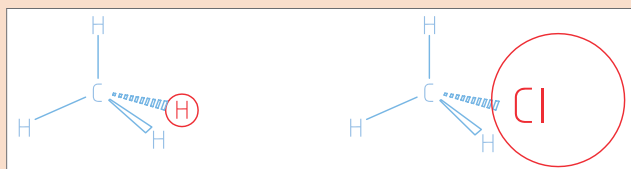
نوع ماده	متان CH_4	اتان C_2H_6	پروپان C_3H_8	بوتان C_4H_{10}
دمای جوش $^{\circ}C$	-۱۶۱/۵	-۸۹	-۴۲	-۱
جرم مولکولی	۱۶	۳۰	۴۴	۵۸

در جدول (۳-۱) جرم مولکولی و دمای جوش چند هیدروکربن گازی نشان داده شده است چه ارتباطی بین دمای جوش و جرم مولکولی این ترکیبات مشاهده می‌کنید؟

پرسش

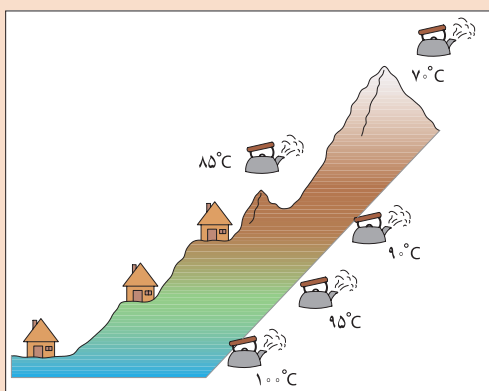


نتیجه: بین جرم مولکولی و دمای جوش.....



نقطه جوش کدام یک بالاتر خواهد بود؟ علت را توضیح دهید.

فکر کنید



به شکل زیر توجه کنید، چرا نقطه جوش آب در قسمت‌های مختلف متفاوت است؟ به نظر شما چه عاملی در دمای جوش مؤثر بوده است؟

بحث کلاسی



فکر کنید



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



آب در 120°C به جوش می‌آید

در یک آزمایش دمای جوش آب خالص برابر 100 درجه سلسیوس و در همان شرایط، دمای جوش محلول‌های سدیم کلرید با مقدارهای مختلف نمک طعام مطابق جدول زیر به دست آمده است :

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

پرسش



چرا نقطه جوش محلول سدیم کلرید با آب خالص تفاوت دارد؟

مهم‌ترین عوامل مؤثر 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 رابطه مستقیم دارد.
- فشار محیط: هرچه فشار محیط بیشتر باشد، دمای جوش ماده 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: اندازه‌گیری نقطه جوش به روش میکرو



▶ نمایش فیلم اندازه‌گیری نقطه جوش

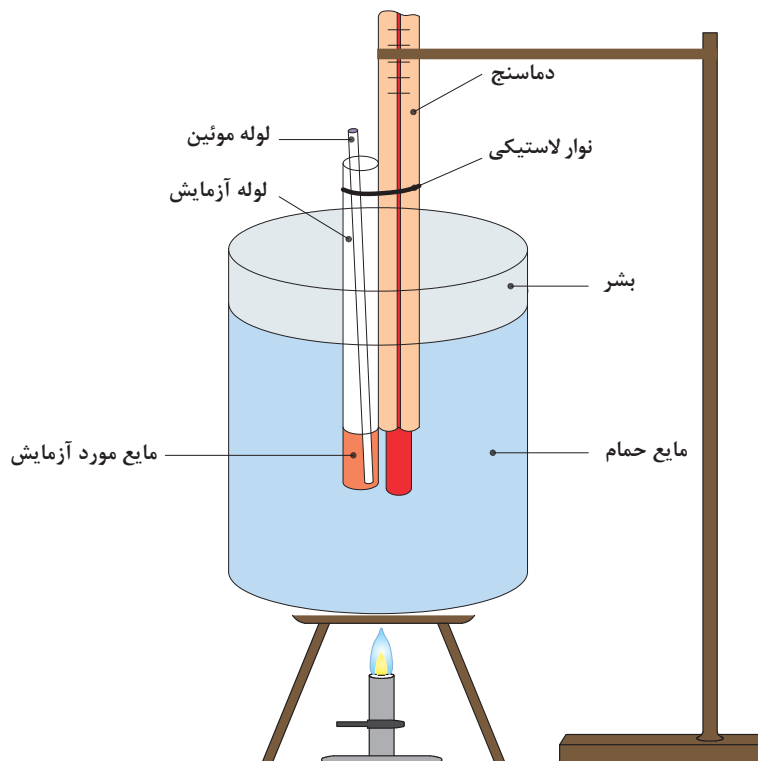
مواد مورد نیاز	وسایل مورد نیاز
گلیسرین یا پارافین، آب مقطر، اتانول، استون	بشر 250mL ، لوله مویین، همزن شیشه‌ای چراغ بونزن یا گرم کن برقی

روش کار:

- ۱) حدود $\frac{2}{3}$ بشر را از مایع گلیسرین یا پارافین پر کنید.
 - ۲) یک لوله موئین انتخاب نموده، یک سر آن را با شعله بسته و آن را از طرفی که بسته نشده، داخل یک لوله آزمایش کوچک ۱۰ سانتی متری کاملاً خشک به نحوی قرار دهید که سر بسته آن بالا باشد.
 - ۳) در لوله آزمایش فوق یک میلی لیتر از مایع مورد آزمایش بریزید.
 - ۴) این مجموعه (لوله آزمایش، مایع و لوله موئین) به یک دماسنج طوری بسته شود که مخزن دماسنج در مقابل مایعی که در لوله آزمایش است، قرار گیرد.
 - ۵) مجموعه را به یک سر گیره وصل کرده و آن را به صورت معلق در حمام مایع قرار داده و به ملایمت حرارت داده شود.
- حرارت باید به اندازه‌ای باشد که هر دقیقه درجه حرارت حمام ۳ تا ۴ درجه سلسیوس افزایش یابد.
- ۶) حرارت دادن را تا خارج شدن سریع حباب‌ها از لوله موئین ادامه دهید. در این هنگام حرارت دادن را قطع نموده، سپس اجازه دهید تا خروج حباب‌ها کند شده و قطع شود. پس از خروج آخرین حباب مایع از لوله موئین بالا می‌رود. در این لحظه دما را به عنوان نقطه جوش ثبت کنید.

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

نکات ایمنی



شکل ۳-۳. سیستم اندازه‌گیری نقطه جوش به روش میکرو



۱. چرا مایع در لوله موئین بالا می‌رود؟
۲. علت استفاده از مایع حمام برای گرم کردن نمونه چیست؟
۳. توضیح دهید چگونه از طریق دمای جوش به خالص بودن ماده آلی پی می‌بریم؟

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

ضرب تصحیح: به علت این که فشار هوا در آزمایشگاه‌ها ممکن است فشار استاندارد (760 mmHg) نباشد، دمای اندازه‌گیری شده باید تصحیح شود تا بتوان دمای به‌دست آمده را با دمای جوش استاندارد مقایسه کرد. برای این کار به ازای هر 10 mmHg اختلاف فشار باید مطابق جدول 2-3 اعداد به‌دست آمده در آزمایش تصحیح گردد. (تغییرات دمایی اعلام شده در جدول با توجه به این که فشار محیط آزمایش بیشتر یا کمتر از فشار استاندارد باشد، ممکن است به دمای جوش اضافه شده یا از آن کم شود.)
ضرب تصحیح دمای جوش خوانده شده و تبدیل آن به دمای جوش استاندارد، چند مایع در جدول (2-3) نشان داده شده است.

جدول 2-3. دمای جوش نرمال و ضرب تصحیح دمای جوش

تغییرات دما با تغییر فشار $\Delta T/10 \text{ mmHg } (^{\circ}\text{C})$	دمای جوش نرمال ($^{\circ}\text{C}$)	نمونه
0.39	56.1	استون
0.37	100.0	آب
0.48	210.9	نیتروبنزن
0.59	237.5	کینولین
0.6	305.9	بنزوفنون

2-3- اندازه‌گیری نقطه ذوب

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

فکر کنید



نقطه ذوب جسم خالص

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

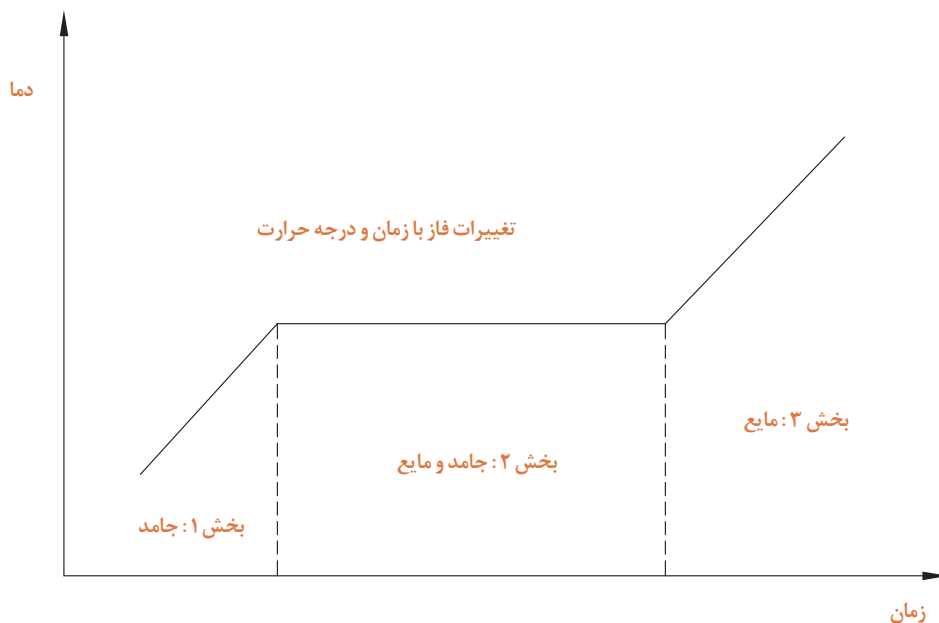
پرسش

چرا نقطه ذوب مواد اهمیت دارد؟ در چه صنایعی این ویژگی از اهمیت بیشتری برخوردار است؟



در شکل (۳-۴) نمودار تغییرات فاز با زمان و درجه حرارت مشاهده می‌شود. با توجه به نمودار در درجه حرارت پایین (زیر نقطه ذوب) ترکیب به حالت جامد وجود دارد و افزایش گرما موجب افزایش درجه حرارت آن می‌شود. (بخش ۱).

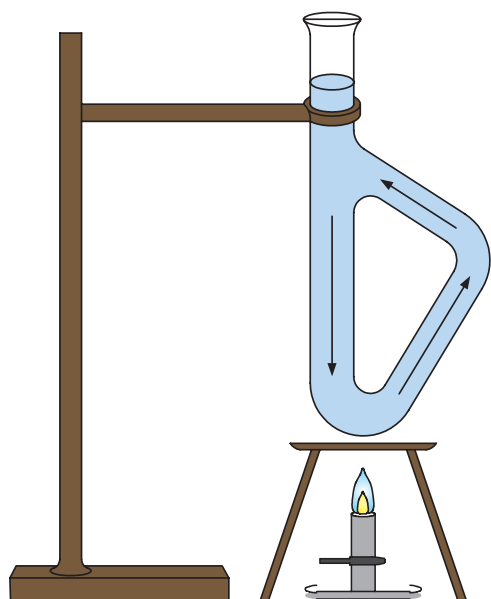
هنگامی که نقطه ذوب فرا می‌رسد، اولین مقدار جزئی مایع ظاهر می‌شود، بین حالت‌های جامد و مایع تعادل برقرار می‌شود. با ادامه حرارت دادن، در طی مدت فرایند ذوب درجه حرارت تغییر نمی‌کند و ماده به هر دو شکل جامد و مایع در حال تعادل وجود دارد و گرمای اضافه شده باعث تبدیل جامد به مایع می‌شود (بخش ۲). پس از ذوب آخرین قسمت ماده جامد، گرمایی که به ماده داده می‌شود موجب افزایش دمای مایع می‌شود. (بخش ۳).



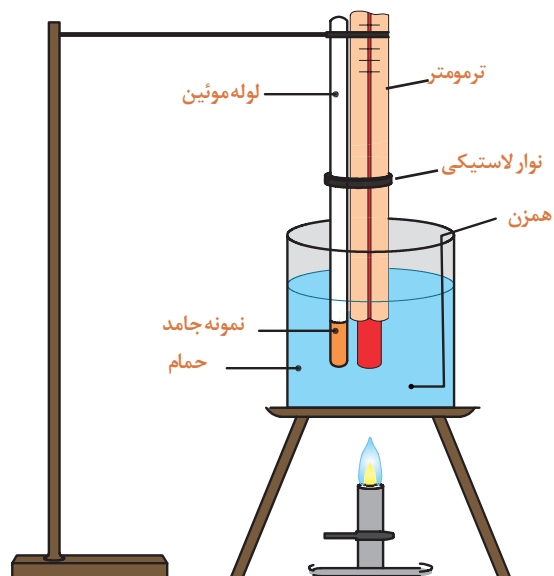
شکل ۳-۴. تغییرات فاز با زمان و درجه حرارت

تعیین نقطه ذوب

برای تعیین نقطه ذوب از دو روش می‌توان استفاده کرد. یک روش استفاده از حمام‌های مایع که برای درجه حرارت‌های نسبتاً پایین مورد استفاده قرار می‌گیرند، به صورت حمام بشر یا دستگاه تیله است. شکل‌های ۳-۵ و ۳-۶، روش دیگر استفاده از دستگاه‌های برقی برای درجه حرارت‌های نسبتاً بالا شکل‌های ۳-۷ است.



شکل ۳-۶. دستگاه تیله



شکل ۳-۵. بشر حمام



شکل ۳-۷. دستگاه‌های برقی برای درجات حرارت نسبتاً بالا

فعالیت آزمایشگاهی: اندازه‌گیری نقطه ذوب چند ماده به کمک حمام مایع



نمایش فیلم اندازه‌گیری نقطه ذوب با حمام مایع

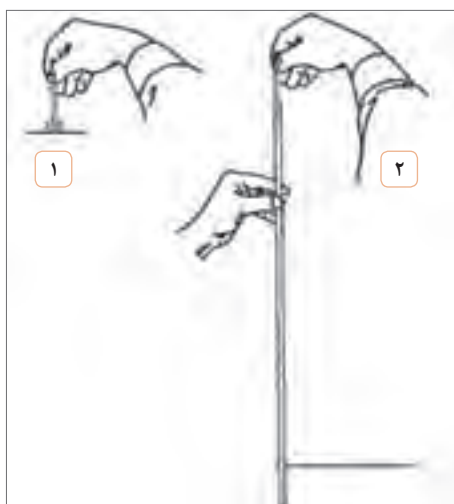
مواد مورد نیاز	وسایل مورد نیاز
ماده جامد (اوره، بنزوئیک اسید، سالیسیلیک اسید، استانیلید) مایع پارافین یا گلیسرین	بشر ۱۰۰mL، لوله موئین با قطر ۲ میلی متر دماسنج با دقت 0.1°C ، نوار لاستیکی، توری و سه پایه فلزی لوله توخالی بلند، شیشه ساعت، هاون، لوله تیله همزن شیشه‌ای، چوب پنبه سوراخ‌دار، چراغ بونزن

روش کار:

- ۱ یک سر لوله موئین به قطر حدود ۱-۲ میلی متر و طول ۱۰-۵ سانتی‌متر را روی شعله چراغ گاز در حالی که به صورت دورانی حرکت می‌دهیم، تا حد سرخ شدن گرم کنید تا بسته شود.
- ۲ حدود ۰/۱ گرم از نمونه مورد آزمایش در داخل هاون ریخته و نرم کنید.
- ۳ لوله موئین را از نمونه پودر شده تا ارتفاع ۲mm پر کنید. برای این کار سر آزاد لوله موئین را داخل پودر نرم شده فرو برده و از درون لوله توخالی بلند رها کنید. این کار را چند بار تکرار کنید تا ماده جامد پودر شده به ارتفاع ۲ میلی‌متر داخل لوله موئین شود. (مطابق شکل ۸-۳)

نکات ایمنی

- * برای محافظت خود از روپوش آزمایشگاه، دستکش مناسب و عینک ایمنی استفاده کنید.
- * هنگام کار با شعله گاز، موارد ایمنی را رعایت کنید.

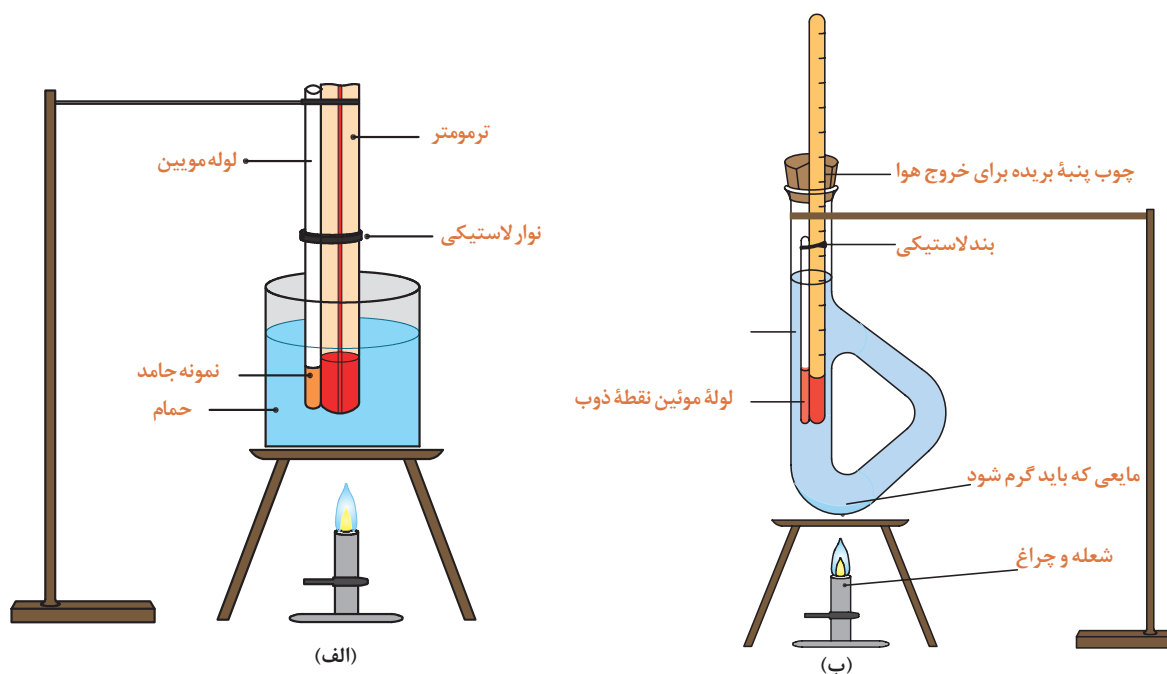


شکل ۸-۳. پرکردن و متراکم کردن لوله موئین.

۴ لوله موئین را به وسیله یک نخ یا نوار لاستیکی باریک طوری به دماسنج متصل کنید که گرد موجود در لوله موئین در مجاورت حباب دماسنج قرار گیرد. (شکل ۳-۹) (نخ یا نوار لاستیکی باید از جنسی باشد که بتواند دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس را تحمل کند).

۵ دماسنج را به کمک چوب پنبه سوراخ داری که یک طرف آن دیدن درجه های دماسنج و خروج هوا برش باریکی داده شده است، در داخل حمام گلیسرین یا پارافین مطابق شکل (۳-۹) الف و ب قرار دهید.

۶ به کمک چراغ بونزن و هم زدن متوالی مایع به وسیله همزن، به آرامی دمای مایع حمام را بالا ببرید. با مشاهده دقیق لوله موئین، نقطه ذوب ماده را ثبت کنید.



شکل ۳-۹

۱. اگر لوله موئین را به صورت ثابت روی شعله چراغ نگهدارید چه اشکالی ایجاد می شود؟
۲. چرا برای اندازه گیری دمای ذوب، جسم را باید به صورت پودر در آوریم؟
۳. چگونه می توان به وسیله آزمایش سریع پی برد که انتهای لوله موئین بسته است؟

پرسش



تحقیق کنید



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



فعالیت آزمایشگاهی: اندازه‌گیری نقطه ذوب به کمک دستگاه برقی

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

در حین کار از مواد و وسایل به طور صحیح استفاده نمایید.

▶ نمایش فیلم طرز کار با دستگاه اندازه‌گیری نقطه ذوب

نکات ایمنی



- * محل اتصال دستگاه به پریز برق را با دست مرطوب نگیرید.
- * دقت کنید در حین کار با دستگاه از ریختن آب و مواد شیمیایی بر روی آن جلوگیری شود.

مواد مورد نیاز	وسایل مورد نیاز
ماده جامد (اوره، بنزوئیک اسید، سالیسیک اسید، استانیلید)	لوله موئین با قطر بیرونی ۲ میلی‌متر دماسنج با دقت 0.1°C لوله توخالی بلند هاون همزن شیشه‌ای

روش کار :

- ۱ نمونه جامد را مطابق روش قبل پودر کرده و داخل لوله موئین بریزید.
- ۲ برای انجام آزمایش با دستگاه، به راهنمای استفاده از دستگاه مورد نظر مراجعه کنید.
- ۳ عمل حرارت دادن به آرامی انجام گیرد.
- ۴ حداقل ۲ الی ۳ بار نقطه ذوب جسم را اندازه‌گیری نموده و دقت شود که تفاوت‌ها بسیار ناچیز باشند.
- ۵ نتایج حاصل از دو روش آزمایش را با هم مقایسه کرده و درباره دقت اندازه‌گیری هر روش بحث کنید.

فکر کنید



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

۳-۳- اندازه‌گیری چگالی

بحث کلاسی



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

فعالیت عملی

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 هر کدام ۱۰ میلی لیتر 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. هر کدام از قطعات جامد در کجا قرار می‌گیرند؟
۴. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌توان گرفت؟

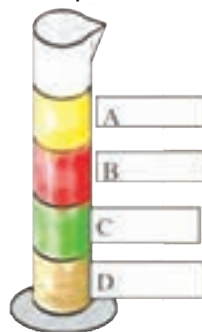
از فعالیت انجام شده می‌توان نتیجه گرفت مواد مختلف با حجم‌های مساوی، برحسب سنگینی، طوری روی هم قرار می‌گیرند که سنگین‌ترین‌ها در پایین‌تر و سبک‌ترین‌ها در بالاتر خواهند بود. به عبارت دیگر می‌توان گفت اگر جرم حجم‌های مساوی از مواد را با هم مقایسه کنیم، آن ماده‌ای که جرم بیشتر دارد سنگین‌تر است و برعکس.

پرسش



اگر جرم ۱ میلی لیتر از هر یک از مواد زیر را داشته باشیم، هر یک از مواد A تا D را مشخص کنید.

جرم برحسب گرم	یک میلی لیتر از مایعات
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 معادله زیر به دست می‌آید:

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

و احد چگالی در سیستم SI کیلوگرم بر مترمکعب و در سیستم C.G.S گرم بر سانتی متر مکعب است. برای یافتن چگالی مواد مختلف، از هر ماده یک سانتی متر مکعب آن را تهیه کرده و جرم هریک را با ترازو اندازه می‌گیرند.

پرسش



۱. یک قطعه فلز به جرم ۷۲ گرم و حجم ۹ سانتی متر مکعب در اختیار داریم. چگالی فلز را بر حسب g/cm^3 به دست آورید.
 ۲. چگالی فلز آلومینیم 2727g/cm^3 است. اگر قطعه فلز آلومینیم به جرم ۳ گرم داشته باشیم، این فلز چه حجمی باید داشته باشد؟

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

جدول ۳-۳. 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



بر اساس جدول (۳-۳) عبارت‌های زیر را کامل کنید :
 و و روی آب قرار می‌گیرند و و در آب فرو می‌روند.



(۱)



(۲)



(۳)

۱. در مورد تصویر شماره «۱» یک جمله علمی بیان کنید.

.....

.....

۲. به چه دلیل وقتی هوای درون بالن را گرم می کنند، بالن بالا می رود؟

۳. چرا کشتی ها با وجود وزن بالایی که دارند، در آب فرو نمی روند؟

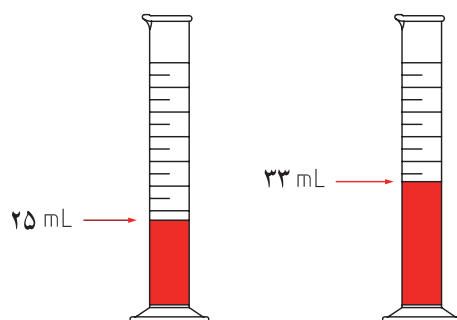
تعیین چگالی جامدها:

▶ نمایش فیلم تعیین چگالی مایعات

الف. اگر جامدی دارای شکل هندسی مشخص باشد: حجم آن را با اندازه گیری ابعاد جسم محاسبه می کنند و جرم آن را از طریق توزین به دست می آورند، سپس با توجه به معادله $d = \frac{m}{V}$ چگالی آن را تعیین می کنند. ب. اگر جامد شکل هندسی مشخصی نداشته و در آب حل نشود: در این حالت تعیین حجم جسم به طور غیرمستقیم و طبق قانون ارشمیدس صورت می گیرد.

در یک استوانه مدرج حجم مشخصی (V_1) از آب را ریخته و جرم آن را اندازه گیری کنید (m_1)، سپس جسم جامد را در آب وارد کنید. جرم استوانه حاوی آب و جسم جامد را با ترازو تعیین کنید (m_2). از مقدار m_2 مقدار عددی m_1 را کم کرده و مقدار جرم جسم m به دست می آید. با داشتن V_1 و V_2 نیز می توان حجم نمونه را به دست آورد.

اگر $m_1 = 60$ گرم و $m_2 = 100$ گرم باشد، خواهیم داشت:



$$m_2 - m_1 = 100 - 60 = 40 \text{ g}$$

$$v_2 - v_1 = 33 - 25 = 8 \text{ mL}$$

$$d = \frac{m}{v} = \frac{40}{8} = 5 \text{ g/mL}$$

اگر جسم جامد مورد نظر، مانند سدیم کلرید، در آب انحلال پذیر باشد، می توان به جای آب از مایع دیگری مانند نفت استفاده کرد.

فعالیت آزمایشگاهی: تعیین چگالی مواد جامد با شکل هندسی منظم



وسایل مورد نیاز	مواد مورد نیاز
خط کش میلی متری ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم	مکعب های از جنس های آهن، سرب، مس، روی، چوب و پلاستیک

روش کار:

- با کمک خط کش به طور دقیق اندازه های مکعبی که در اختیار شما قرار داده شده را اندازه گرفته و با استفاده از معادله (ارتفاع × عرض × طول = حجم) حجم آن را محاسبه کنید. (۷ سانتی متر مکعب)
- با کمک ترازو جرم مکعب مورد نظر را اندازه بگیرید. (m گرم)
- با استفاده از رابطه $d = \frac{m}{v}$ چگالی مکعب مورد نظر را محاسبه کنید.
- مراحل کار را با مکعب با جنس دیگر نیز انجام دهید و نتایج به دست آمده را در جدول زیر ثبت کنید.

چگالی (گرم بر سانتی متر مکعب)	چوب	آهن	مس	سرب	روی	آلومینیم

مواد مورد نیاز	وسایل مورد نیاز
روی یا آلومینیم دانه ای آب	استوانه مدرج ۱۰ میلی لیتری پی ست (آب فشان) ترازو



فعالیت آزمایشگاهی: تعیین چگالی مواد جامد با شکل نامنظم

روش کار:

- ۱ استوانه ۱۰ mL تمیز و خشک را انتخاب کرده و آن را به وسیله آب فشان از آب تا انطباق سطح مقعر آب بر یکی از خط‌های درجه‌بندی استوانه، مثلاً در مقابل عدد ($V_1 = 5\text{mL}$) پر نمائید.
- ۲ جرم استوانه حاوی آب را به دست آورید. (m_1 گرم)
- ۳ روی یا آلومینیم دانه‌ای را به آرامی و به‌طور مایل در استوانه وارد کنید. با انگشت به استوانه مدرج ضربه بزنید تا حباب‌های هوا خارج شود. انحنای جدید آب را روی درجه‌بندی استوانه بخوانید. در این حالت حجم آب را V_2 یادداشت نمایید.
- ۴ مجدداً جرم استوانه و محتویات آن را به‌طور دقیق تعیین کنید. (m_2 گرم)

برای تعیین چگالی داریم:

جرم (استوانه خالی + حجم معین آب) m_1 گرم

جرم (استوانه خالی + حجم آب پس از اضافه کردن روی یا آلومینیم دانه‌ای)

حجم آب در استوانه

حجم آب پس از اضافه کردن روی یا آلومینیم دانه‌ای

جرم فلز

حجم فلز

m_2 g

V_1 mL

V_2 mL

$(m_2 - m_1)$ g

$(V_2 - V_1)$ mL

$$d = \frac{m_2 - m_1}{V_2 - V_1} \text{ g/mL}$$

تعیین چگالی مایعات



نمایش فیلم تعیین چگالی با پیکنومتر

پیکنومتر ظرفی است با حجم مشخص برای اندازه‌گیری چگالی مایعات. درب 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 درب پیکنومتر عددی حک شده است. این دو عدد مشابه برای آن است که درب پیکنومتر با پیکنومترهای دیگر جابه‌جا نشود.

با اندازه‌گیری پیکنومتر در دو حالت پر و خالی و به کمک معادله زیر، جرم ویژه مایع مورد نظر به دست می‌آید.

$T =$ دمای نمونه $^{\circ}\text{C}$

$m =$ جرم پیکنومتر خالی - جرم پیکنومتر پر = جرم نمونه (g)

$V =$ حجم نمونه (mL)

طبق رابطه زیر چگالی به دست می‌آید:

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

فعالیت آزمایشگاهی: تعیین چگالی یک مایع با پیکنومتر



مواد مورد نیاز	وسائل مورد نیاز
آب الکل استون	پیکنومتر ترازو حمام آب گرم دماسنج

روش کار:

- ۱ پیکنومتر را با آب مقطر و سپس با استون به خوبی شستشو داده و در دمای اتاق خشک کنید.
- ۲ جرم پیکنومتر را با ترازو تعیین کنید. (m_1)
- ۳ در صورت لزوم درب پیکنومتر را توسط سیم تمیز نمایید.
- ۴ دمای نمونه را به ۱۰-۵ درجه سلسیوس کمتر از دمای آزمایش برسانید.
- ۵ پیکنومتر را پر نمایید.
- ۶ در صورت وجود حباب، لازم است آنها را با تلنگرزدن به دیواره پیکنومتر یا هر روش دیگری خارج نمایید. سپس درب پیکنومتر را به آرامی بگذارید.
- ۷ مایعات خارج شده 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 مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب با دمای مورد نظر و دقت دمایی ± 0.1 درجه سلسیوس قرار دهید.
- ۹ پیکنومتر را از حمام خارج نموده و دیواره خارجی آن را با استون خالص شسته توسط دستمال کتان بدون کرک پاک کنید.
- ۱۰ جرم پیکنومتر و مایع درون آن را اندازه گیری کنید (m_2).
- ۱۱ با کمک روابط زیر مقدار چگالی نمونه مورد آزمایش را به دست آورید:

$$T = \text{دمای نمونه} \quad , \quad V = \text{حجم نمونه (cm}^3\text{)} \quad , \quad m = m_2 - m_1$$

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

از قراردادن پیکنومتر در آون با دمای بیش از ۵۰ درجه سلسیوس اکیداً خودداری نمایید.

نکات ایمنی



فعالیت آزمایشگاهی: بررسی اثر دما بر چگالی مایعات

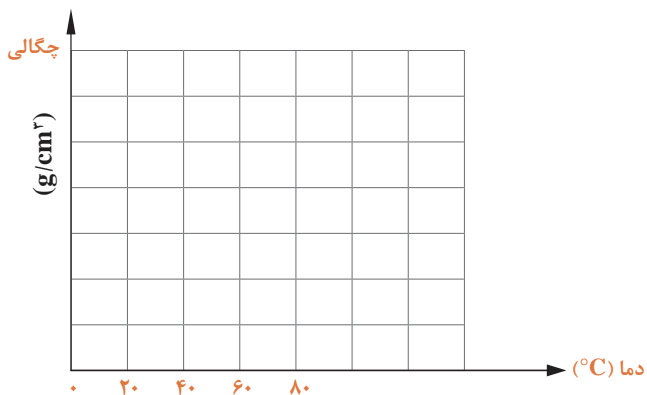


مواد مورد نیاز	وسایل مورد نیاز
الکل آب گلیسرین	پیکنومتر شیشه ای ترازو حمام آب گرم دماسنج

۱ با یک نمونه مایع در دماهای مختلف اندازه گیری چگالی را انجام داده 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 منحنی ها حداقل از ۵ نقطه استفاده کنید).



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


پرسش



۱. دو کاربرد چگالی را بنویسید.
۲. چرا چگالی گاز و مایع در دما و فشار معین گزارش می شود؟
۳. چرا برای تعیین چگالی مواد ابزار اندازه گیری باید دقت زیادی داشته باشد؟

۳-۴- اندازه گیری گرانروی (ویسکوزیته)



فیلم مفهوم ویسکوزیته 

در تصویر زیر مایعاتی مانند آب، روغن موتور، عسل و قیر وجود دارد. چه تفاوتی بین جریان این مایعات مشاهده می کنید؟ در مورد تفاوت های آنها بحث کرده و نتایج را جمع بندی کنید.



گرانروی هر مایع در دمای معین، نشانه مقاومت آن در برابر جاری شدن است. این مقاومت نتیجه اصطکاک مولکول هایی است که بر روی هم می لغزند؛ به عبارت بهتر گرانروی عکس سیالیت است. مایعاتی که گرانروی آنها بالاست، به دشواری جاری می شوند. در مقابل مایعاتی که گرانروی آنها پایین است به آسانی جاری می شوند. واحد گرانروی در سیستم CGS پویز است. برای مثال گرانروی آب در 25°C برابر 0.01002 پویز است. پویز واحد بزرگی است و اغلب از واحد کوچک تر آن به نام سانتی پویز^۱ استفاده می کنند.

$$100 \text{ سانتی پویز} = 1 \text{ پویز}$$

معمولاً گرانروی در دماهای معین اندازه گیری می شود. تغییرات دما موجب تغییر در گرانروی مایعات می شود. حرارت بالا موجب کم شدن گرانروی و پایین آمدن دما باعث افزایش آن خواهد شد. به همین علت در گزارش اعداد گرانروی مایعات باید دمای آزمایش را نیز اعلام کنند.



جدول ۳-۴. ویسکوزیته چند مایع

ویسکوزیته (CP)	دمای آزمایش	نام ماده
۰/۳۰۶	۲۵ درجه سلسیوس	استون
۱/۳۷	"	خون
۱/۰۷۴	"	اتانول
۰/۸۹۴	"	آب
۸۱	"	روغن زیتون
۲۴/۲	"	سولفوریک اسید

برای جاری شدن حجم مساوی از مایعات جدول ۳-۴ در کدام مورد زمان بیشتری مورد نیاز است؟ علت را توضیح دهید.

پرسش



اندازه گیری گرانروی

گرانروی هر مایع را می توان با عبور دادن مقدار معینی از آن مایع از درون یک لوله مناسب (گرانروی سنج) و اندازه گیری زمان دقیق جریان مایع و به کار بردن رابطه زیر محاسبه کرد:

$$\eta = \frac{\pi Pr^4 t}{8Vl}$$

در این رابطه: η گرانروی بر حسب پویز

P فشار راندن مایع در درون لوله بر حسب دین بر سانتی متر مربع (که متناسب با چگالی مایع است).

r شعاع لوله بر حسب سانتی متر.

t زمان جاری شدن مایع در لوله بر حسب ثانیه.

l طول لوله بر حسب سانتی متر.

V حجم مایع بر حسب سانتی متر مکعب که از لوله جاری می شود.

اگر فشار راندن مایع همان نیروی ثقل زمین باشد، داریم:

$p = dhg$ فشار

که h ارتفاع مایع، d چگالی مایع و g شتاب ثقل زمین است.

$$\eta = \frac{\pi r^4 h d g \cdot t}{8 \nu l} \quad \text{پس:}$$

اگر حجم‌های مساوی از دو مایع تحت فشار یکسان از لوله‌ای جریان یابند، نسبت گرانروی‌های این دو مایع را می‌توان چنین نوشت:

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\left(\frac{\pi r^4 h g}{8 \nu l}\right) d_1 t_1}{\left(\frac{\pi r^4 h g}{8 \nu l}\right) d_2 t_2}$$

بنابراین خواهیم داشت :

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{d_1 t_1}{d_2 t_2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

از این دو کمیت (η_1 یا η_2) یکی گرانروی شناخته شده مایع مرجع است. از این رو می‌توان با داشتن گرانروی یک مایع مرجع، و با استفاده از رابطه (۱)، گرانروی مایع دیگر را تعیین کرد. (فرمول‌های این بخش نیازی به حفظ کردن ندارد و تنها از رابطه (۱) استفاده شود.)

فکر کنید



چرا با افزایش دما گرانروی مایعات کاهش می‌یابد؟



شکل ۱۰-۳. چند نوع ویسکوزیومتر

ویسکوزیومتر (استوالد)

▶ نمایش فیلم طرز کار با ویسکوزیومتر

ویسکوزیومتر، یک لوله شیشه‌ای استاندارد با مجرای موئین است، که برای اندازه‌گیری گرانروی سیالات مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای اندازه‌گیری گرانروی، مقدار لازم از مایع مورد نظر را در ویسکوزیومتر ریخته و در حمام با دمای مورد نظر قرار داده، سپس زمان عبور سیال بین دو خط نشانه را با کرونومتر اندازه می‌گیرند.



شکل ۱۱-۳- حمام مجهز به کنترل کننده دما

حمام مورد نیاز برای این آزمایش باید مجهز به کنترل کننده دما و دماسنج مناسب برای انجام دادن آزمایش در دماهای مورد نظر باشد.

در صورتی که حمام مناسب در کارگاه موجود نباشد، اندازه گیری گرانشی فقط در دمای محیط امکان پذیر خواهد بود.

فعالیت آزمایشگاهی: اندازه گیری گرانشی مایعات غیر نفتی

در این روش گرانشی مایعات خالص و محلول‌ها، اندازه گیری می‌شود. در این آزمایش گرانشی آب خالص را مبنای قرار داده و گرانشی سایر مایعات را نسبت به آن می‌سنجیم. گرانشی آب خالص در ۲۵ درجه سلسیوس برابر ۰/۰۰۸۹ پویز است.

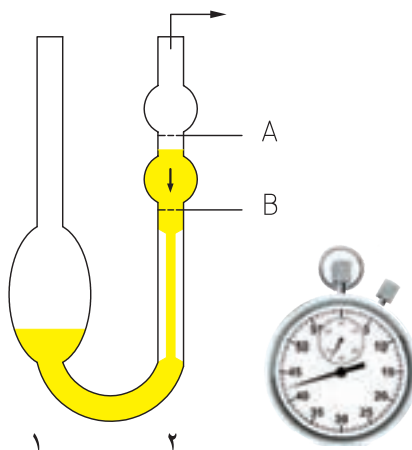


مواد مورد نیاز	وسایل مورد نیاز
آب مقطر مایع مورد آزمایش محلول نمک طعام روغن زیتون	ویسکوزیومتر گیره و پایه چراغ گاز بشر ۱۰۰۰ میلی لیتری دماسنج همزن مغناطیسی یا شیشه‌ای پی پت ۱۰ میلی لیتری

روش کار:

- ۱) ویسکوزیومتر تمیز و خشک را به‌طور عمودی به وسیله گیره به پایه وصل کنید و آن را در بشر پر از آب طوری قرار دهید که سطوح A و B ویسکوزیومتر در درون آب قرار بگیرند. با روشن کردن چراغ گاز بونزن یا گرمکن برقی و همزن دمای آب را در ۲۵ درجه سلسیوس ثابت نگاه دارید.
- ۲) به وسیله پی پت آب خالص به اندازه لازم در مخزن (۱) گرانشی سنج بریزید و ۱۰ دقیقه اجازه دهید که مایع با دمای حمام یکسان شود.
- ۳) با استفاده از پوار (مکنده) که در دهانه لوله متصل به مخزن (۲) نصب می‌کنید آب را از مخزن ۱ به مخزن ۲ انتقال دهید. به طوری که سطح مقعر مایع بالاتر از نقطه A قرار گیرد.

۴ ضمن صفر کردن کرنومتر، هم‌زمان پوار را از ویسکوزیومتر جدا کنید و زمانی که مایع به نقطه A رسید، کرنومتر را به کار بیندازید، وقتی مایع از نقطه B عبور کرد، کرنومتر را متوقف کنید. زمان جاری شدن مایع بین دو نقطه A , B را یادداشت کنید. این عمل را سه بار انجام دهید و میانگین زمان را یادداشت کنید.



۵ ویسکوزیومتر را با اتانول شست‌وشو دهید، سپس آن را با جریان هوا خشک کنید. این بار در همان دما، عملیات یاد شده را به همان ترتیب با مایع مورد آزمایش، تکرار کنید و زمان جاری شدن آن را در بین دو نقطه A , B یادداشت نمایید.

۶ با استفاده از رابطه $\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{d_1 t_1}{d_2 t_2}$ ، گرانروی مایع مورد آزمایش را تعیین کنید. (η_1 گرانروی آب به‌عنوان مایع مرجع و η_2 گرانروی مایع مورد آزمایش است.)

$$\eta_2 = \frac{d_2 \cdot t_2}{d_{\text{آب}} \cdot t_{\text{آب}}} \times \eta_{\text{آب } 25^\circ\text{C}}$$

همین آزمایش را برای محلول‌های غلیظ سدیم کلرید و سدیم سولفات در 25°C انجام دهید. گرانروی آب مقطر را در این دما برابر 0.0089 پویز در نظر بگیرید.

مثال: در یک دمای معین حجم معینی از هپتان در مدت ۶۴ ثانیه و در همین شرایط، همان حجم آب در ۱۰۸ ثانیه از درون ویسکوزیومتر عبور می‌کند. چنانچه چگالی هپتان 0.689 g/mL و گرانروی آب در همان دما 0.0101 پویز باشد، گرانروی هپتان چقدر است؟

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{0.689 \times 64}{1.00 \times 108} \Rightarrow \eta_1 = 0.00412 \quad \text{حل:}$$

$$\eta_2 = \frac{d_2 \cdot t_2}{d_1 \cdot t_1} \times \eta_1$$

$$\eta_2 = \frac{0.689 \times 64}{1.00 \times 108} \times 0.0101 = 0.00412 \quad \text{پویز}$$

ارزشیابی شایستگی تعیین مشخصات

<p>شرح کار:</p> <p>- انتخاب وسایل و مواد مورد نیاز - آماده کردن دستگاه یا سوار کردن سیستم آزمایشگاه - انجام آزمایش طبق دستورالعمل</p> <p>- ثبت گزارش آزمایش - رعایت نکات ایمنی در هر مرحله از انجام کار</p>																													
<p>استاندارد عملکرد:</p> <p>انجام آزمایش های تعیین مشخصات مواد شیمیایی طبق دستورالعمل آزمایشگاه</p> <p>شاخص ها:</p> <p>انجام کار طبق دستورالعمل گزارش نتیجه آزمایش به طور دقیق رعایت نکات ایمنی مربوط به کار</p>																													
<p>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</p> <p>شرایط: مکان آزمایشگاه زمان: یک جلسه آموزشی</p> <p>دستگاه های مورد نیاز ، ابزارآلات شیشه ای ، لوازم ایمنی ابزار و تجهیزات: دستگاه نقطه ذوب ، ویسکوزیتر ، ترازو ، پیکنومتر ، کرومومتر ، ابزارآلات آزمایشگاهی</p>																													
<p>معیار شایستگی:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ردیف</th> <th>مرحله کار</th> <th>حداقل نمره قبولی از ۳</th> <th>نمره هنرجو</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱</td> <td>اندازه گیری نقطه ذوب</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td>اندازه گیری نقطه جوش</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۳</td> <td>اندازه گیری چگالی</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۴</td> <td>اندازه گیری گرانروی</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ایمنی: استفاده از وسایل ایمنی شخصی نگرش: دقت در انجام کار توجهات زیست محیطی: انجام کار با حداقل ریخت و پاش شایستگی های غیر فنی: مدیریت منابع، مستندسازی، اخلاق حرفه ای، کار تیمی</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">میانگین نمرات</td> <td>*</td> </tr> </tbody> </table> <p>* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.</p>		ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو	۱	اندازه گیری نقطه ذوب	۱		۲	اندازه گیری نقطه جوش	۱		۳	اندازه گیری چگالی	۱		۴	اندازه گیری گرانروی	۱			شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ایمنی: استفاده از وسایل ایمنی شخصی نگرش: دقت در انجام کار توجهات زیست محیطی: انجام کار با حداقل ریخت و پاش شایستگی های غیر فنی: مدیریت منابع، مستندسازی، اخلاق حرفه ای، کار تیمی	۲		میانگین نمرات			*
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو																										
۱	اندازه گیری نقطه ذوب	۱																											
۲	اندازه گیری نقطه جوش	۱																											
۳	اندازه گیری چگالی	۱																											
۴	اندازه گیری گرانروی	۱																											
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ایمنی: استفاده از وسایل ایمنی شخصی نگرش: دقت در انجام کار توجهات زیست محیطی: انجام کار با حداقل ریخت و پاش شایستگی های غیر فنی: مدیریت منابع، مستندسازی، اخلاق حرفه ای، کار تیمی	۲																											
میانگین نمرات			*																										